

OpTaliX®

レンズ設計、光学薄膜設計、照明系設計、
最適化、および解析のためのソフトウェア

リファレンスマニュアル
バージョン 12.40jp



info@optenso.com

<https://www.optenso.com/>

Fritz Blechinger (English version)
Yasunori Murata (Japanese version)

July 2025

著作権

Optenso[®] による著作権 1986 - 2024. 無断複写・転載を禁じます。
本マニュアルおよびソフトウェアのいかなる部分も、著者の書面による明示的な許可なく、いかなる方法によっても複製、頒布、転写、送信、または検索システムに保存することを禁じます。本マニュアルに記載されている情報、ソフトウェアは、予告なく変更されることがあります。

商標

Optenso[®] は Optenso 光学エンジニアリングソフトウェア社の登録商標です。
OpTaliX[®] は Optenso[®] の登録商標です。
Microsoft Windows, Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10 および Windows 11 は Microsoft 社の登録商標です。
OSLO is は Lambda Research 社の登録商標です。
ZEMAX 社は Ansys グループに属する会社です。
CODE V は Synopsys 社の登録商標です。
ProSource は Radiant Vision Systems の登録商標です。
POV-RayTM の著作権は POV-Ray TeamTM に帰属します。

免責事項

Optenso[®] は、そのソフトウェアおよび出版物を変更する権利を有しますが、そのような変更をいかなる個人または組織にも通知する義務はありません。
本ソフトウェアは現状有姿のまま提供され、いかなる保証も行いません。Optenso[®] は、パッケージ内のバグを発見し修正するよう努めていますが、いかなる場合においても、Optenso[®] は特別損害、結果的損害またはその他の損害を含むこれに限定されない利益の損失またはいかなる商業的損害に対しても責任を負いません。



Optenso, Optical Engineering Software
Herbstweg 9
86859 Igling
Germany
E-mail : info@optenso.com
Web : <https://www.optenso.com/>

このページは空白です。

目次

1 OpTaliXの開始と終了 - Starting and Exiting OpTaliX -	29
1.1 プログラムグループからの OpTaliX の起動 (Starting OpTaliX from the Program Group)	29
1.2 Windows Explorer からの OpTaliX の起動 Starting OpTaliX from Windows Explorer)	30
1.3 DOS ウィンドウからの OpTaliX の起動 (Starting OpTaliX from a DOS Window)	30
1.4 OpTaliX の通常終了 (Normal Exit from OpTaliX)	30
1.5 OpTaliX の強制終了 (Forced Exit from OpTaliX)	30
2 表記の規則 - Notational Conventions -	33
3 プログラムの基本設定 - Program Preferences -	35
3.1 パス (Paths)	35
3.2 操作 (Operations)	36
3.3 ウィンドウ (Windows)	37
3.4 色 (Colours)	39
3.5 その他の設定 (Miscellaneous)	40
4 中間ファイルの保存場所 - File Locations -	41
4.1 Windows XP	41
4.2 Windows Vista / Windows 7 / Windows 10 / Windows 11	41
4.3 Description of user-specific Files	41
5 定義 - Definitions -	43
5.1 符号の規則 (Sign Conventions)	43
5.2 座標系 (Coordinate System(s))	43
5.2.1 グローバル座標系 (Global Coordinate System)	43
5.2.2 物体面の座標系 (Object Coordinate System)	45

5.2.3	傾斜角度 (Tilt Angles)	45
5.3	光線の座標 (Ray Coordinates)	45
5.4	近軸計算の規則 (Paraxial Conventions)	47
6	コマンドラインの用法 - The Command Line -	49
6.1	概要 (General)	49
6.2	コマンド構文 (Command Syntax)	49
6.2.1	修飾子 (Qualifiers)	50
6.2.2	特別な面修飾子 (Special Surface Qualifiers)	51
6.2.3	変数の修飾子 (Variable Qualifiers)	51
6.2.4	データの入力と変更 (Entering and Changing Data)	51
6.3	面ポインター (Surface Pointer)	52
6.4	関数と算術式 (Functions and Arithmetic Expressions)	53
6.5	レンズデータベース項目 (Lens Database Items)	53
6.6	疑問符記号 (The Question Mark Symbol (?))	54
6.7	コマンド入力のルール (Rules for Command Entry)	55
7	構成およびシステムデータ - Configuration and System Data -	57
7.1	光学系データの新規設定 (Setting up a new lens system)	57
7.2	レンズデータの保存と復元 (Saving and Restoring Lens Data)	58
7.3	全般光学系構成データ (General Lens Data (Configuration Data))	58
7.3.1	視野 / 物点に関する定義 (Fields / Object Points)	59
7.3.2	非点収差をもつ物体 (Astigmatic Objects)	62
7.3.3	波長の定義 (Wavelength Definition)	63
7.3.4	光学スペクトル (Optical Spectrum)	63

7.3.5	システム開口 (System Aperture)	65
7.3.6	瞳のアポダイゼーション (Pupil Apodization)	67
7.3.7	デフォーカス (Defocus)	69
7.3.8	備考とコメント (Remarks and Comments)	70
7.4	レイエイミング方法 (Ray Aiming Methods)	70
7.4.1	ENP: 近軸入射瞳モード (Paraxial entrance pupil mode:)	72
7.4.2	STO: 絞り面モード (Stop Surface Mode)	72
7.4.3	TEL: テレセントリックモード (Telecentric Mode)	73
7.4.4	OMN: 全方向性モード (Omni-directional Mode)	73
7.5	アフォーカル系 (Afocal Systems)	74
7.6	ビネッティング (Vignetting)	75
8	面データ - Surface Data -	77
8.1	面エディタ (Surface Editor)	77
8.2	面パラメーターの元に戻す (Undo) とやり直し (Redo) (Undo and Redo of Surface Parameter)	78
8.3	面パラメーター (Surface Parameters)	79
8.4	無限値を意味する数値 (Infinity Values)	82
8.5	面データの略式入力方法 (Surface Shorthand Entry)	82
8.6	面タイプ (Surface Type)	82
8.7	非球面 (Aspheric Surfaces)	84
8.7.1	偶数次非球面 (“EVEN” Power Asphere)	86
8.7.2	奇数次非球面 (“ODD9” Power Asphere)	87
8.7.3	EVEN および ODD9 非球面モデルにおける長軸または短軸の楕円	88
8.7.4	拡張奇数次非球面 (“ODD30” Power Asphere)	88

8.7.5	XY 多項式非球面 (“XY” Polynomial Asphere)	90
8.7.6	アナモルフィック (二円錐) 非球面 (Anamorphic (Biconic) Asphere)	91
8.7.7	シリンドリカル面 (Cylindrical Surfaces)	93
8.7.8	トロイダル面 (Toroidal Surfaces)	94
8.7.9	Q タイプ多項式 (Q-Type Polynomials)	95
8.7.10	Qbfs 多項式 (SPS QBF)	95
8.7.11	Qcon 多項式 (SPS QCN)	97
8.7.12	X 自由曲面非球面 (Xfreeform Asphere)	99
8.8	面と光線とのもうひとつの交点 (Alternate Intersection Point)	100
8.9	アキシコン (Axicon)	100
8.9.1	「EVEN」パワー非球面でモデル化されたアキシコン	100
8.9.2	「ODD30」拡張奇数次非球面でモデル化されたアキシコン (Axicon modelled by “ODD30” Power Asphere)	101
8.10	ホログラム面 (Hologram Surface)	101
8.10.1	非対称な位相関数 (Asymmetric Phase Function)	104
8.10.2	対称な位相関数 (Symmetric Phase Function)	105
8.10.3	スウェットモデル (高屈折率法による回折素子モデル) (Sweatt Model)	105
8.10.4	2点光源ホログラム (Two-Point Hologram)	106
8.11	回折格子面 (グレーティング面) (Diffraction Grating Surface)	108
8.11.1	直線不等間隔回折格子面 (Variable Line Spacing (VLS) Grating Surface)	109
8.11.2	VLS 格子の係数変換 (Conversion of Coefficients for a VLS Grating)	110
8.11.3	回折効率計算 (Diffraction Efficiency Calculation)	111
8.11.3.1	鋸歯形状 (キノフォーム) (Sawtooth Profile (Kinoform))	111
8.11.3.2	正弦波プロファイル	112
8.11.3.3	階段近似 (Step Approximation)	112

8.11.3.4	回折効率の例 (Diffraction Efficiency Example)	113
8.12	フレネル面 (Fresnel Surface)	113
8.13	全反射面 (Total Internal Reflection (TIR) Surface)	114
8.14	ノンシーケンシャル面 (Non-Sequential Surface)	117
8.14.1	シーケンシャル面をノンシーケンシャル面への変換 (Converting Sequential Surfaces to Non-sequential Surfaces)	118
8.14.2	ノンシーケンシャル座標系 (Non-Sequential Coordinate System)	119
8.14.3	ノンシーケンシャル面の硝材指定 (Glass Specification for Non-Sequential Surfaces)	119
8.14.4	ノンシーケンシャル面範囲内の光線追跡 (Transfer between Non-Sequential Surfaces)	120
8.14.5	吸収 (遮蔽) 面特性 (Absorbing (obstructing) Surface Property)	120
8.14.6	ノンシーケンシャル面光線追跡の一般的な注意事項 (General Notes on Non-Sequential Ray Tracing)	120
8.15	ピックアップ面 (Pickup Surfaces)	121
8.15.1	グループピックアップ (Group Pickups)	122
8.15.2	個別ピックアップ (Individual Pickups)	123
8.15.3	ピックアップとソルブの関係 (Pickups vs. Solves)	123
8.15.4	ピックアップのリスト (Listing Pickups)	124
8.16	ソルブ (Solves)	124
8.17	ティルトおよびディセンター (Tilted and Decentered Surfaces)	127
8.17.1	ティルト面に関する符号規約 (Sign Convention for Tilted Surfaces)	129
8.18	偏心面モード (Tilt Modes)	129
8.18.1	偏心面モード 0: ディセンター・アンド・リターン (DAR) (Decenter and Return (DAR))	129
8.18.2	偏心面モード 1: 面法線が新しい軸を定義 (Surface Normal defines new Axis (NAX))	130
8.18.3	偏心面モード 2: ベンド面 (BEN) (Bend Surface (BEN))	131
8.18.4	ベンド面の複合ティルト (Compound Tilts on a BEND Surface)	131

8.18.5 偏心の逆変換 (Reverse Decenter and Tilts (REV))	132
8.19 偏心の適用順序 (Tilt Sequence)	132
8.20 変換マトリックス (Transformation Matrix)	133
8.20.1 変換行列の入力 (Entering Transformation Matrices)	134
8.21 GRIN 材料特性のティルト (Tilting GRIN Material Properties)	134
8.22 グローバル参照 (Global Referencing)	135
8.23 光線追跡除外面 (No-Raytrace) (NOR) Surface	137
8.24 屈折率分布面 (GRIN 面) (Gradient Index Surface)	139
8.24.1 各面の屈折率分布係数の編集 (Editing GRIN Coefficients on a Surface)	142
8.24.2 GRIN 材料内での光線追跡法 (Ray-Tracing Method)	143
8.24.3 日本板硝子社のセルフロック TM レンズ (SELFOC TM Lens (SEL))	144
8.24.4 Gradient Lens 社製ロッドレンズ (GLC) (Gradient Lens Corporation (GLC))	144
8.24.5 Grintech 社製ロッドレンズ (GRT) (Grintech Radial Gradient (GRT))	145
8.24.6 Grintech 社製シリンダリカル型 GRIN レンズ (GRC) (Grintech Cylindrical Gradient (GRC))	145
8.24.7 軸上線形 GRIN レンズ (AXG) (Linear Axial Gradient) (AXG)	145
8.24.8 ライトパス・テクノロジーズ社製の軸上 GRIN レンズ (LPT) (LightPath Technologies Gradient) (LPT)	146
8.24.9 ロチェスター大学型の GRIN(URN) (University of Rochester Gradient) (URN)	146
8.24.10 ルーネベルグ型の GRIN(LUN) (Luneberg Gradient) (LUN)	147
8.24.11 球面型の GRIN(SPG) (Spherical Gradient) (SPG)	147
8.24.12 マクスウェルの魚眼型の GRIN(MAX) (Maxwell's Fisheye) (MAX)	147
8.24.13 ユーザー定義の屈折率分布面 (UDG) (User-Defined Gradient Index) (UDG)	147
8.24.14 デフォルトの usergrn サブルーチン (Default usergrn Subroutine)	148
8.24.15 usergrn のコンパイルとリンク (Compiling and Linking usergrn)	149

8.24.16 GRIN - 係数の概要 (GRIN - Coefficients Overview)	150
8.25 ライトパイプ、ステップインデックスファイバー (Light Pipe, Step Index Fiber)	151
8.26 アレイ素子 (Array Element)	153
8.27 動径スプライン・デフォメーション面 (Radial Spline Deformation Surfaces)	156
8.28 2次元干渉デフォメーション面 (Two-Dimensional Interferometric Deformation on Surfaces)	158
8.28.1 デフォメーションデータの保存 (Saving Deformation Data)	160
8.28.2 符号の規則 (Sign Conventions)	161
8.28.3 干渉デフォメーションデータ (Interferometric Deformation Data)	162
8.28.4 波面収差 (Wavefront Perturbations)	163
8.28.5 面の強度アポダイゼーション (Surface Intensity Apodization (Intensity Filter))	163
8.28.6 Orbscan II トポグラフィシステムからのデフォメーション (Deformations from Orbscan II Topography System)	164
8.28.7 データ欠落領域における光線の振る舞い (Behaviour of Rays in Regions of No Data)	165
8.28.8 干渉による波面形状の表示 (Display Interferometric Deformation)	166
8.29 ゼルニケ面 (Zernike Surface)	166
8.29.1 ゼルニケスプレッドシートエディタ (Zernike Spreadsheet Editor)	170
8.29.2 ゼルニケ多項式の定義 (Definition of Zernike Polynomials)	171
8.29.3 フリンジ・ゼルニケ多項式の項 (Fringe Zernike Polynomial Terms)	172
8.29.4 拡張フリンジ・ゼルニケ多項式の項 (Extended Fringe Zernike Polynomial Terms)	173
8.29.5 標準ゼルニケ多項式の項 (Standard Zernike Polynomial Terms)	174
8.30 ゼルニケ位相面 (Zernike Phase Surface)	176
8.31 ユーザー定義面 (User-Defined Surface)	177
8.31.1 ユーザー定義サブルーチンの作成 (Creating a User-Defined Subroutine)	177
8.31.2 サポートされている言語とコンパイラ (Languages and Compilers Supported)	178

8.31.3	Lahey/Fujitsu Fortran 90 でのコンパイル (Compiling with Lahey/Fujitsu Fortran 90)	179
8.31.4	Intel FORTRAN Parallel Studio および Intel oneAPI Fortran でのコンパイル (Compiling with Intel FORTRAN Parallel Studio and Intel oneAPI Fortran)	180
8.31.5	Microsoft Visual Studio 2012 以降でのコンパイル (Compiling with Microsoft Visual Studio 2012 and higher)	181
8.32	レンズモジュール (Lens Modules)	183
8.33	面のアパーチャ (Surface Apertures)	185
8.33.1	多角形アパーチャ (Polygon Apertures)	187
8.33.1.1	多角形アパーチャのダイアログベースの編集 (Dialog-based editing of polygon apertures)	188
8.33.1.2	多角形アパーチャをファイルから読み込む (Reading polygon apertures from a file)	188
8.33.2	ホールアパーチャ (穴開口) (Hole Aperture)	189
8.33.3	固定アパーチャ (高さ) (Fixed Apertures (Heights))	190
8.33.4	面エディタでの固定アパーチャの編集 (Editing Fixed Apertures in the Surface Editor)	192
8.34	面のコメント (Surface Comments)	192
8.35	面の挿入、反転、コピー、移動、削除 (Insert, Invert, Copy, Move and Delete Surfaces)	193
8.36	コーティング / 多層膜 (Coatings / Multilayer Stacks)	195
8.36.1	面へのコーティングの付加 (Attach Coatings to Surfaces)	195
8.36.2	コーティングの向き (Coating Orientation)	195
8.37	像面の再定義 (Image Surface Definition)	196
9	リストおよびレポートの作成 - Listings, Reports -	199
9.1	レンズ構成データのリスト出力 (List Prescription Data)	199
9.2	代替ガラスのリスト (List Alternative Glasses)	201
9.3	標準リスト出力の説明 (Description of Standard Listing Output)	202
9.4	グローバル座標とグローバル行列のリスト (List Global Coordinates and Global Matrices)	203
9.5	ユーザー定義変数のリスト (List User-Defined Variables)	205

9.6 ユーザー定義関数のリスト (List User-Defined Functions)	205
10 レンズ配置の描画 - Lens Layout Plot -	207
10.1 POV レンダリングエンジンの使用 (Using POV Rendering Engine)	210
10.2 光線の描画 (Plot Rays)	210
11 ズームと多重構成 - Zoom and Multi-Configuration -	213
11.1 ズーム位置の数 (Number of Zoom Positions)	213
11.2 ズームパラメータの定義 (Define Zoom Parameter)	214
11.3 表形式のズームエディタ (Spreadsheet Zoom Editor)	215
11.4 ズーム位置の挿入、コピー、削除 (Insert, Copy, Delete Zoom Positions)	217
11.5 テキスト形式のズームエディタ (Text based Zoom Editor)	217
11.6 ズーム光学系におけるソルブ (近軸解) (Solves in Zoom Systems)	218
12 ツールとユーティリティ - Tools and Utilities -	219
12.1 オートフォーカス (Autofocus)	219
12.2 スケーリング (Scaling)	220
12.3 光学系の反転 (Invert System)	220
12.4 仮想ガラスを実際のカタログガラスに変換 (Convert fictitious Glasses to real Catalogue Glasses)	220
12.5 代替ガラスの検索 (Find Alternative Glasses)	221
12.6 重量と体積 (Weight and Volume)	222
12.7 最大入射角 (Maximum Incidence Angles)	225
12.8 勾配屈折率面の最適コーティング屈折率 (Optimal Coating Indices for Gradient Index Surfaces)	225
12.9 面のサグ (Surface Sag)	226
12.10 ユーザー定義グラフィックス (UGR) (User Defined Graphics (UGR))	226
12.10.1 ユーザー定義グラフィックスにおける変数パラメータ (Variable Parameters in User-defined Graphics)	230

12.10.2 ユーザー定義グラフィックスにおける関数とマクロ (Functions and Macros in User-defined Graphics)	230
12.10.3 UGR コマンド例 (UGR Command Example)	231
12.11 光学系の解析的なデータ作成 (Analytical Setup)	231
12.11.1 最良形状単レンズ (Lens of best Form)	232
12.11.2 色消しダブルット (Achromatic Doublet)	232
12.11.3 ルーリー・ホートン望遠鏡 (Lurie-Houghton Telescope)	232
12.11.4 反射望遠鏡 (Reflecting Telescopes)	233
12.11.4.1 古典的カセグレンおよびグレゴリー形式 (Classical Cassegrain and Gregory Form)	234
12.11.4.2 アプラナティック望遠鏡およびリッチー・クレチアン形式 (The Aplanatic Telescope and its Ritchey-Chretien Form)	235
12.12 スライダーコントロール (Slider Control)	235
12.13 ECHO コマンドライン (ECHO Command Line)	236
12.14 CLS (画面クリア) (CLS (Clear Screen))	237
12.15 時刻 (Time)	237
12.16 日付 (Date)	237
12.17 ファイル名 (File Name)	237
12.18 ファイルパス (File Path)	237
12.19 オペレーティングシステムのコマンド (Operating System Command)	238
12.20 光線データの記録 (ファイルに保存) (Logging Ray Data)	238
13 硝材 - Materials, Glasses -	241
13.1 分散 (Dispersion)	243
13.1.1 旧 Schott (Laurent) 式 (Old Schott (Laurent) Formula)	243
13.1.2 セルマイアの分散式 (Sellmeier Formula)	243
13.1.3 拡張セルマイアの分散式 (Extended Sellmeier Formulas)	244

13.1.4	簡略化セルマイアの分散式 (Reduced Sellmeier Formulas)	244
13.1.5	ニコンの分散式 (Nikon Dispersion Formula)	244
13.1.6	ヘルツベルガーの分散式 (Herzberger Formula)	244
13.1.7	ハルトマンの分散式 (Hartmann Formula)	245
13.1.8	コーシーの分散式 (Cauchy Formula)	245
13.1.9	コンラディーの分散式 (Conrady Formula)	245
13.1.10	光学ハンドブック 1 の分散式 (Handbook of Optics 1 Formula)	245
13.1.11	光学ハンドブック 2 の分散式 (Handbook of Optics 2 Formula)	245
13.1.12	主分散 (Primary Dispersion)	245
13.1.13	部分分散比 (Partial Dispersion)	246
13.2	dn/dT (温度による屈折率変化)	246
13.3	定義済みガラスカタログ (Pre-defined Glass Catalogues)	246
13.4	ユーザー定義 (外部) ガラスカタログ (User-defined (external) Glass Catalogues)	247
13.5	プライベートガラス (Private Glasses)	248
13.5.1	波長データペアで定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Wavelength-Data Pairs)	248
13.5.2	ローレンツ (Laurent) 分散係数で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Laurent Dispersion Coefficients)	249
13.5.3	セルマイアの分散式で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Sellmeier Dispersion Coefficients)	249
13.5.4	ハルトマンの分散係数で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Hartmann Dispersion Coefficients)	249
13.5.5	コーシーの分散係数で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Cauchy Dispersion Coefficients)	249
13.6	仮想ガラス (Fictitious Glasses)	251
13.7	特別な光学材料 (Special Materials)	252
13.7.1	赤外領域の光学材料、プラスチック (Infra-red Materials, Plastics)	252
13.7.2	ショットフィルターガラス (Schott Filter Glasses)	256

13.7.3 ショット放射線耐性ガラス (Schott Radiation Resistant Glasses)	256
13.7.4 屈折率分布型ガラス (GRIN) (Gradient Index (GRIN) Glasses)	256
13.7.5 液体およびゲル (Liquids and Gels)	258
13.8 空気と真空 (Air, Vacuum)	259
13.9 屈折率および分散のオフセット (Index and Dispersion Offsets)	260
13.10 部分分散のオフセット (Partial Dispersion Offsets)	261
14 結像評価 - Image Evaluation -	263
14.1 幾何光学的解析 (Geometrical Analysis)	263
14.1.1 近軸解析 (Paraxial Analysis)	263
14.1.2 単光線追跡 (Single Ray Tracing)	265
14.1.3 光線エイミング (Ray Aiming)	266
14.1.4 単光線縦収差 (Single Ray Longitudinal Aberration)	266
14.1.5 ファン収差曲線 (Fan Aberration Curves (RIM Rays))	266
14.1.6 スポットダイアグラム (Spot Diagrams)	267
14.1.7 スポットダイアグラムの重心 (Spot Gravity Center)	269
14.1.8 面上の光線交点プロット (Surface Ray Intersection Plot)	269
14.1.9 瞳強度マップ (Pupil Intensity Map)	270
14.1.10 歪曲収差 (Distortion)	273
14.1.11 グリッド歪曲プロット (Grid Distortion Plot):	274
14.1.12 視野収差 - 非点収差と歪曲解析 (Field Aberrations - Astigmatism and Distortion Analysis)	275
14.1.13 一次解析 (近軸解析) (First Order Analysis)	276
14.1.14 三次収差 (ザイデル収差) (Third Order Analysis (Seidel Aberrations))	277
14.1.15 2次スペクトル (2次の色収差) (Secondary Spectrum)	279

14.1.16 倍率色収差 (横色収差) (Lateral Colour)	279
14.1.17 ゴースト像解析 (Ghost Image Analysis)	280
14.1.17.1 近軸ゴースト解析に関する注意 (Notes on paraxial ghost analysis:)	282
14.1.17.2 ゴースト像のリアルなレンダリング (CG) 描画 (Photo-realistic rendering of Ghost Effects:)	284
14.1.17.3 ゴーストデータのファイル出力 (ASCII または Excel) (Writing Ghost Data to Files (ASCII or Excel))	285
14.1.18 ビネット (ケラレ) 解析 (Vignetting Analysis)	286
14.1.19 幾何光学的変調伝達関数 (Geometric Modulation Transfer Function)	287
14.1.20 幾何光学的点像強度分布 (Geometric Point Spread Function (GPSF))	288
14.1.21 エンサークルドエネルギー (Encircled Energy (Geometric))	289
14.1.22 四分割ディテクタ解析 (Quadrant Detector Analysis)	291
14.1.23 両眼解析 (Biocular Analysis)	293
14.2 波動光学的評価 (Diffraction Analysis)	297
14.2.1 波動光学的 MTF (Diffraction Modulation Transfer Function (MTF))	297
14.2.2 点像強度分布 (Point Spread Function (PSF))	299
14.2.2.1 パッチサイズ (Patch Size)	300
14.2.2.2 PSF データのエクスポート (Exporting PSF-Data)	301
14.2.3 PSF の X および Y 方向の直径と楕円率 (PSF Diameter in X and Y, Ellipticity)	302
14.2.4 対角視野 PSF (Diagonal Field PSF)	302
14.2.5 全視野グリッド PSF (Grid Field PSF)	303
14.2.6 PSF の X および Y 方向の断面図 (X/Y Cross Sections of PSF)	305
14.2.7 広がりをもつ物体を対象とした画像解析 (フーリエ法) (Extended Objects (Fourier Method))	305
14.2.8 ナイフエッジ関数 (Knife Edge Function (KEF))	309
14.2.9 エンサークルドエネルギー/エンスクエアエネルギー (Encircled / Ensquared Energy (Diffraction based))	310

14.2.10	ストレール比 (Strehl Ratio)	310
14.2.11	波面収差 (光路差) (Wavefront Aberration (Optical Path Difference))	311
14.2.12	コンラディー D-d 色収差 (Conrady D-d Chromatic Aberration)	312
14.2.13	単経路干渉縞 (Single-Path Interferogram)	313
14.2.14	二経路干渉縞 (Dual-Path Interferogram)	313
14.3	ガウシアンビーム (Gaussian Beams)	315
14.4	ファイバー結合効率 (Fiber Coupling Efficiency)	319
14.4.1	シングルモードファイバー (Single-Mode Fibers)	324
14.4.2	マルチモードファイバー (Multi-Mode Fibers)	325
14.4.3	ファイバーモードの表示 (Display Fiber Modes)	327
14.4.4	ファイバー結合の例 1 (Fiber Coupling Example 1)	327
14.4.5	ファイバー結合の例 2 (Fiber Coupling Example 2)	329
15	照明解析 – Illumination Analysis –	331
15.1	照明光源の定義コマンド (Commands for Defining Illumination Sources)	331
15.2	照明光源の座標定義 (Illumination Sources Coordinate Definition)	335
15.3	GUIでの照明光源の定義 (Defining Illumination Sources in the GUI)	336
15.3.1	光源の放射特性の制御 (Controlling Source Emittance Characteristics)	337
15.3.2	レンズレイアウトプロットにおける光源光線の制御 (Controlling Source Rays in the Lens Layout Plot)	338
15.3.3	平面発光光源 (Flat Emitting Sources)	339
15.3.4	ガウシアンプロファイルを持つ平面光源 (Flat Source with Gaussian Profile)	339
15.3.5	光線によって定義された光源 (Sources Defined by Rays)	340
15.3.6	システム入射瞳に向けられた光源光線 (Source Rays aimed to System Entrance Pupil)	341
15.3.7	光線光源ビューア (Ray Source Viewer)	343

15.3.8	光線データの変換 (Transforming Ray Data)	345
15.4	照明解析オプション (Illumination Analysis Options)	346
16	物理光学伝搬 - Physical Optics Propagation -	349
16.1	角スペクトルの伝搬 (Propagation of the Angular Spectrum)	349
16.2	フレネル近似を用いた伝搬 (Propagation using the Fresnel Approximation)	351
16.3	光学界面を通る伝搬 (Propagation through Optical Interfaces)	351
16.3.1	複素場の情報から光線への変換 (Converting Field into Rays)	352
16.3.2	光学境界面での伝達 (Transfer at Optical Interfaces)	352
16.3.3	光線情報を複素場に変換する (Converting Rays into Field)	353
16.4	伝搬の制御 (Propagation Control)	353
16.5	コマンド概要 (Command Overview)	355
16.6	伝搬パラメータ (Propagation Parameters)	355
16.7	解析例 (Examples)	358
16.7.1	自由空間における伝搬 (Free-Space Propagation)	358
16.7.2	タルボットの干渉縞 (Talbot Imaging)	359
16.7.3	結合効率の例 (Coupling Efficiency Example)	359
16.8	制限事項 (Restrictions)	361
17	透過解析 - Transmission Analysis -	363
17.1	コーティング/接合面の透過率への影響 (Effect of Coatings/Cement on Transmission)	364
17.2	主光線に沿った透過率 (Transmission along Chief Ray)	365
17.3	開口全体で統合された透過率 (Transmission Integrated over Aperture)	367
17.4	相対照度 (Relative Irradiance)	368
17.5	カラーコード (Colour Contribution Index)	369

18 偏光解析 – Polarization Analysis –	371
18.1 偏光光線の追跡 (Tracing a Polarization Ray)	371
18.2 入射光の偏光の定義 (Defining Input Polarization)	372
18.2.1 完全無偏光（自然光） (Completely Unpolarized (Natural) Light)	373
18.2.2 完全偏光 (Completely Polarized Light)	373
18.2.3 いくつかの等価な表現 (Some Equivalent Representations)	373
18.3 偏光度 (The Degree of Polarization)	374
18.3.1 コヒーレンス行列による偏光度の表現 (Polarization Expressed by Coherence Matrix)	374
18.3.2 ストークスペクトルによる偏光度の表現 (Polarization Expressed by Stokes Vectors)	374
18.4 全反射 (Total Internal Reflection)	374
19 最適化 – Optimization –	377
19.1 KT 最適化 (KT-Optimization)	377
19.2 LM 最適化 (LM-Optimization)	378
19.3 グローバル最適化 (Global Optimization (GO))	379
19.4 変数の編集 (Editing Variables)	380
19.4.1 コマンドラインでの変数編集 (Editing Variables in the Command Line)	380
19.4.2 面エディタでの変数編集 (Editing Variables in the Surface Editor)	381
19.4.3 ダイアログボックスでの変数編集 (Editing Variables in a Dialog Box)	382
19.5 変数の定義 (Definition of Variables (VAR))	383
19.6 目標（ターゲット）と制約 (Targets and Constraints (TAR))	384
19.6.1 コマンドラインでの目標と制約の定義 (Defining Targets/Constraints in the Command Line)	385
19.6.2 ダイアログベースでの目標と制約の編集 (Dialog based editing of Targets/Constraints)	385
19.6.3 ファイルから目標をインクルード (Include Targets from File)	386

19.6.4 レンズデータベース項目を使用した目標設定 (Targets using Lens Database Items)	387
19.6.5 ユーザー定義の制約 (User-defined Constraints)	387
19.6.6 デフォルト制約 (Default Constraints)	388
19.6.7 誤差関数の重み付け (Weights on Error Functions)	390
19.6.8 重み付き制約 (Weighted Constraints)	391
19.7 目標と制約の概要 (Targets/Constraints Overview)	392
19.8 コントラストと解像度の制御 (Controlling Contrast vs. Resolution)	397
19.9 ガラス最適化とガラスマップ境界点 (Glass Optimization and Glass Map Boundary Points)	398
19.10 局所最適化の実行 (Run the Local Optimization (OPT))	400
19.10.1 適切な局所最適化手法の選択 (Selecting the appropriate local Optimization Method)	401
19.10.2 MTF 最適化 (MTF Optimization)	402
19.11 許容公差の最適化 (Optimizing for Tolerance Sensitivity)	403
19.11.1 許容感度項目 (Tolerance Sensitivity Items)	403
19.11.2 最適化における許容感度項目の使用 (Using Tolerance Sensitivity Items in Optimization)	406
19.12 出力の説明 (Description of Output)	407
19.12.1 アクティブな制約の一覧 (List of Active Constraints)	408
19.13 最適化の終了 (Terminating Optimization)	408
19.14 最適化の取り消し (Undo Optimization)	409
19.15 最適化パラメータ (Optimization Parameters)	409
19.15.1 局所最適化のパラメータ (KT および LM) (Optimization Parameters for local Optimizers KT and LM)	410
19.15.2 グローバル最適化のパラメータ (Optimization Parameters for Global Optimizer GO)	411
19.16 グローバル最適化：実例 (Global Optimization: A worked Example)	412

20 コーティング - Coatings -	415
20.1 コーティングデータの編集 (Editing Coating Data)	415
20.2 コーティング構成 (Coating Configuration)	416
20.3 コーティングコマンドライン (Coating Command Line:)	416
20.4 新しいコーティングの作成 (Composing a new Coating)	421
20.5 光学面へのコーティングの指定 (Specifying Coatings on Surfaces)	422
20.5.1 デフォルト (単層 $M_g F_2$) コーティング (Default (Single Layer $M_g F_2$) Coating)	422
20.6 コーティングによる位相変化 (Phase Changes introduced by Coatings)	423
20.7 コーティング厚さの変動 (Coating Thickness Variation)	423
20.7.1 放射状厚さ変動 (Radial Thickness Variation)	424
20.7.2 非対称厚さ変動 (Non-symmetrical Thickness Variation)	425
20.8 光学コーティングにおける位相の考慮 (Accounting for the Phase in an Optical Coating)	425
20.9 薄膜の最適化 (リファインメント) (Thin Film Optimization (Refinement))	426
20.9.1 変数 (Variables)	426
20.9.2 目標 (Targets)	426
20.9.3 コーティング最適化の実行 (Run Coating Optimization)	427
20.10 コーティング材料エディタ (Coating Material Editor)	427
20.11 コーティング屈折率プロファイル (Coating Index Profile)	428
20.12 コーティング性能データのエクスポート (Export Coating Performance Data)	429
20.13 基本的な関係式 (Basic Relations)	430
21 環境解析 - Environmental Analysis -	433
21.1 温度分布 (Temperature)	433
21.1.1 ズームされたパラメータへの温度の影響 (Temperature Effects on "zoomed" Parameters (Multiconfiguration))	435

21.1.2	グローバル参照における膨張係数 (Expansion Coefficients on Global References)	435
21.2	環境圧力 (Pressure)	436
22	公差解析 - Tolerancing -	437
22.1	面公差項目 (Surface Tolerance Items)	437
22.1.1	公差エディタ (Tolerance Editor)	440
22.1.2	デフォルト公差 (Default Tolerances)	441
22.1.3	テストプレート適合の公差 (Tolerance on Test-Plate Fit (DLF))	441
22.1.4	不規則面偏差の公差 (Tolerance on Irregular Surface Deviation (IRR))	441
22.1.5	対称非球面偏差の公差 (Tolerance on Symmetrical Aspherical Surface Deviation (SYM))	442
22.1.6	軸方向厚さの公差 (Tolerance on Axial Thickness (DLT))	442
22.1.7	グローバル厚さの公差 (Tolerance on Global Thickness (DTR))	443
22.1.8	面傾斜の公差 (Tolerance on Surface Tilt (DLA, DLB, DLG))	443
22.1.9	屈折率均一性の公差 (Tolerance on Homogeneity (HOM))	443
22.2	公差/性能基準 (Tolerance/Performance Criteria)	444
22.3	公差項目のコンペンセータ (Tolerance Compensators)	444
22.3.1	バックフォーカス補正項目 (Back Focus Compensator)	445
22.3.2	最適化を使用した補正 (Compensation using Optimization)	445
22.4	感度解析 (Sensitivity Analysis)	445
22.5	最適化における公差感度 (Tolerance Sensitivity in Optimization)	447
22.6	逆公差解析 (Inverse Tolerancing)	448
22.7	モンテカルロ解析 (Monte Carlo Analysis)	448
22.7.1	統計パラメータと分布 (Statistical Parameters and Distributions)	448
22.7.1.1	均等分布 (Even Distribution)	449

22.7.1.2	ガウス分布 (Gaussian Distribution)	449
22.7.1.3	ベータ分布 (Beta Distribution)	450
23	製造サポート - Manufacturing Support -	451
23.1	フットプリント解析 (Footprint Analysis)	451
23.2	非球面変形 (基準球面とのサグ量の差) (Aspheric Deformation)	453
23.2.1	放射方向の非球面化 (Aspherization in radial Direction)	454
23.2.2	2D 表面変形としての非球面化 (Aspherization as 2D Surface Deformation)	457
23.3	ホログラム位相 (Hologram Phase)	457
23.3.1	対称ホログラム係数の他プログラムへの変換 (Converting Symmetric Hologram Coefficients to other Programs)	458
23.3.1.1	Code V への変換 (To Code V)	458
23.3.1.2	Zemax への変換 (To Zemax)	458
23.3.2	ホログラムゾーン計算 (Hologram Zone Calculation)	458
23.4	エッジ厚さ (Edge Thickness)	459
23.4.1	傾斜/偏心面でのエッジ厚さの計算 (Calculating Edge Thickness at Tilted/Decentered Surfaces)	459
23.5	原器合わせ/テストプレートフィッティング (Test Plate Fitting)	460
23.6	原器リストの追加 (Adding a Test Plate List)	462
23.7	ISO に準拠したレンズ図面 (ISO Element Drawing)	462
23.8	カム計算 (CAM Calculation)	465
24	ガラスマネージャ - Glass Manager -	469
24.1	ガラスカタログの使用方法 (Use of Glass Catalogs)	469
24.2	ガラスマップ (Glass Map)	470
24.3	部分分散図 (Partial Dispersion Plots)	471
24.4	アサーマルマップ (Athermal Map)	471

24.5	アサーマルガラスの選択 (Athermal Glass Selection)	473
24.6	薄レンズアポクロマト用ガラスの選択 (Glass Selection for Thin-Lens Apochromats)	474
24.6.1	2枚のガラスを用いたアポクロマト (Two-Glass Apochromats)	474
24.6.2	3枚のガラスを用いたアポクロマト (Three-Glass Apochromats)	475
24.7	勾配屈折率プロファイル (Gradient Index Profile)	475
24.8	ガラスカタログの表示と編集	476
24.9	溶解ガラス (メルトガラス) (Melt Glasses)	477
25	プリントとプロット - Printing and Plotting -	481
25.1	コマンドラインからのプリントとプロット (Printing and Plotting from the Command Line)	481
25.2	プリンターおよびプロッターデバイス単位 (Printer and Plotter Device Units)	482
25.2.1	グラフィックのプリント/プロット (Printing/Plotting Graphics)	483
25.2.2	ビットマップサイズの制御 (Controlling Bitmap Size)	484
25.2.3	テキスト出力の印刷 (Printing Text Output)	484
25.3	GUIからのプリント/プロット (Printing/Plotting from the GUI)	485
25.3.1	GUIからのテキスト印刷 (Printing Text from the GUI)	485
25.3.2	GUIからのグラフィック印刷 (Printing Graphics from the GUI)	486
25.3.3	例 (Examples)	486
26	マクロ言語 - Macro Language -	489
26.1	RUN 文 (RUN Statement)	490
26.2	算術式 (Arithmetic Expressions)	490
26.3	レンズデータベース項目 (Lens Database Items)	492
26.4	PRINT 文 (PRINT Statement)	493
26.5	書式付きの出力 (Formatted Output)	493

26.6	READ 文 (READ Statement)	495
26.7	変数で定義された書式文 (Format Statements defined in Variables)	495
26.8	文字列の連結 (CONCATENATION of Strings)	495
26.9	評価文 EVA コマンド (Evaluate Statement "EVA")	496
26.10	ファイルのインクルード (File Inclusion)	496
26.11	変数 (Variables)	497
26.11.1	代入文 (Assignment Statement)	498
26.12	INPUT 文 (INPUT Statement)	498
26.13	OPEN 文 (OPEN Statement)	499
26.14	CLOSE 文 (CLOSE Statement)	500
26.15	SELECT 文 (SELECT Statement)	501
26.16	ユーザー定義関数 (User-defined Functions)	502
26.17	制御文 (Control Statements)	502
26.17.1	DO 構文 (繰り返し処理) (DO Construct)	502
26.17.2	WHILE 構文 (条件による繰り返し処理) (WHILE Construct)	503
26.17.3	IF 構文 (条件分岐処理) (IF Construct)	504
26.18	Return 文 (Return Statement)	505
26.19	コメント (Comments)	506
26.20	論理行の分離 (いわゆるマルチステートメントのこと) (Logical Line Separation)	506
26.21	論理行の継続 (いわゆる継続行のこと) (Logical Line Continuation)	506
27	レンズデータベースリファレンス - Lens Database Reference -	507
28	色名 - Colour Names -	519
28.1	定義済みの色 (Predefined colours)	519

28.2	視野プロットにおけるデフォルトの色 (Default Colours in Field Plots)	520
28.3	コーティング解析におけるデフォルトの色 (Default Colours in Coating Analysis)	520
28.4	エンサークルドエネルギー (ECG) 解析におけるデフォルトの色 (Default Colours in Encircled Energy Geometric (ECG) Analysis)	520
29	レンズおよびコーティングデータのインポート - Importing Lens and Coating Data -	521
29.1	CODE-V シーケンシャルファイルのインポート (Import of CODE-V Sequential Files)	521
29.2	ZEMAX ファイルのインポート (Import of ZEMAX Files)	521
29.3	OSLO ファイルのインポート (Import of OSLO Files)	522
29.4	MODAS ファイルのインポート (Import of MODAS Files)	522
29.5	ATMOS ファイルのインポート (Import of ATMOS Files)	522
29.6	WinLens ファイルのインポート (Import of WinLens Files)	523
29.7	Accos ファイルのインポート (Import of Accos Files)	523
29.8	Kidger-Optics からの Sigma ファイルのインポート (Import of Sigma Files from Kidger-Optics)	523
29.9	"The Essential MacLeod" 薄膜パッケージからのコーティングのインポート (Import Coatings from "The Essential MacLeod" Thin-Film Package)	524
29.10	"TFCalc" 薄膜パッケージからのコーティングのインポート (Import Coatings from the "TFCalc" Thin-Film Package)	524
29.11	"Optilayer" 薄膜パッケージからのコーティングのインポート (Import Coatings from the "Optilayer" Thin-Film Package)	524
29.12	レンズカタログからのインポート (Import from Lens Catalogs)	524
30	レンズデータのエクスポート - Exporting Lens Data -	527
30.1	Code V へのエクスポート (Export to Code V)	527
30.2	ZEMAX へのエクスポート (Export to ZEMAX)	527
30.3	OSLO へのエクスポート (Export to OSLO)	528
30.4	ASAP へのエクスポート (Export to ASAP)	528
30.4.1	ASAP への特殊面のエクスポート (Exporting Special Surfaces to ASAP)	528
30.5	MODAS へのエクスポート (Export to MODAS)	529

30.6	ATMOS へのエクスポート (Export to ATMOS)	529
30.7	ABERRATOR への波面収差のエクスポート (Export of Wavefront to ABERRATOR)	529
30.8	Persistence of Vision (POV) へのエクスポート (Export to Persistence of Vision (POV))	530
30.9	IGES へのエクスポート (Export to IGES)	530
30.9.1	IGES エクスポートオプションの例 (Illustration of IGES Export Options)	531
30.9.2	対応 IGES エンティティ (Supported IGES Entities)	532
30.9.3	IGES エクスポートの制限事項 (IGES Export Limitations)	532
30.9.4	IGES トラブルシューティング (IGES Trouble Shooting)	533
30.10	MicrosoftExcel TM ファイルへのエクスポート (Export to MicrosoftExcel TM File)	534
31	設計サンプルのライブラリ - Examples Library -	535
32	ファイル形式 - File Formats -	537
32.1	OpTaliX 設定ファイル "optix.cfg" (OpTaliX Configuration File "optix.cfg")	537
32.2	レンズ設計データファイル形式 ".otx" (Lens Prescription Format ".otx")	538
32.3	多層膜ファイル形式 ".otc" (Multilayer File Format ".otc")	543
32.4	ゼルニケ変形ファイル形式 ".zrn" (Zernike Deformation File Format ".zrn")	546
32.5	動径スプライン・デフォメーションファイル形式 (Radial Spline Deformation File Format)	546
32.6	ニュートン原器に関するファイル形式 ".tpl" (Test Plate File Format ".tpl")	547
32.7	ガラスカタログファイル形式 ".csv" (Glass Catalogue File Format ".csv")	547
32.8	溶融ガラスファイル形式 ".ind" (Melt Glass File Format ".ind")	550
32.9	GRIN レンズの屈折率分散に関するファイル形式 (GRIN Dispersion Coefficients File Format)	551
32.10	GRIN カタログガラスファイル形式 (grin.asc) (GRIN Catalogue Glasses File Format (grin.asc))	551
32.11	INT ファイル形式 ".int" (INT File Format ".int")	552
32.12	PSF ファイル形式 (PSF File Format)	553

32.13 光線ファイル形式 (Ray File Format)	555
32.13.1 一般的な光線データ形式 (General Ray Format)	555
32.13.2 ASCII 形式の光線データ (Ray Data in ASCII Format)	555
32.13.3 バイナリ形式の光線データ (Ray Data in Binary Format)	556
Bibliography	556
Index	560
日本語索引	561
アルファベット 索引	585

このページは空白です。

第1章

OpTaliXの開始と終了 – Starting and Exiting OpTaliX –

OpTaliX は Microsoft Windows でのみ起動できます。Windows では、プログラムグループの *OpTaliX* メニュー項目をクリックするか、*OpTaliX* デスクトップショートカットアイコンをダブルクリックするか、又は Windows エクスプローラーでレンズファイルをダブルクリックすることで起動できます。さらに Windows の DOS プロンプトから実行することもできます。

1.1 プログラムグループからの OpTaliX の起動 (Starting OpTaliX from the Program Group)

Windows XP/Win7/Win10 で *OpTaliX* を起動するには、スタートボタンをクリックし、プログラムをクリックし、*OpTaliX* プログラムグループをクリックして *OpTaliX* メニュー項目をクリックします。(図 1.1 を参照)

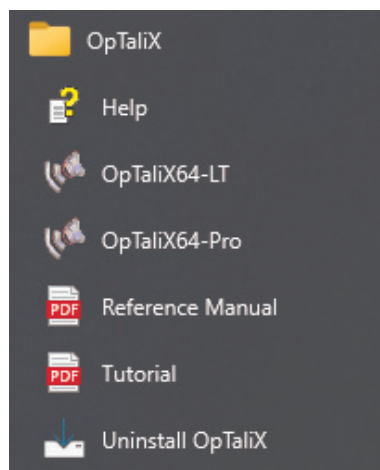


図 1.1. *OpTaliX* プログラム・グループメニュー

OpTaliX プログラムグループには、HTML ヘルプ、リファレンスマニュアル、チュートリアル、および *OpTaliX* のアンインストールのためのメニュー項目も含まれています。

1.2 Windows ExplorerからのOpTaliXの起動 (Starting OpTaliX from Windows Explorer)

OpTaliX ファイル形式はプログラムのインストール時に Windows に登録されています。これにより、Windows Explorer でファイル (拡張子.otx) をダブルクリックすることで、特定のレンズで *OpTaliX* を起動できます。

1.3 DOS ウィンドウからのOpTaliXの起動 (Starting OpTaliX from a DOS Window)

プログラムグループの MS-DOS プロンプトメニュー項目をクリックして DOS ウィンドウを開きます。

スタート -> **プログラム**を使用してアクセスします。64 ビットオペレーティングシステムの DOS プロンプトから、次のコマンドを入力して *OpTaliX* を起動します。


```
C:> c:\Program Files\optalix-pro\optalix64p mylens.otx
```

ネットワークライセンスをお持ちの場合は、次のコマンドを入力します。

```
C:> c:\Program Files\optalix-pro\optalix64pn mylens.otx
```

OpTaliX が `c:\Program Files\optalix-pro` 以外のディレクトリにインストールされている場合は、*OpTaliX* 実行ファイルへのパスを適宜変更する必要があります。*OpTaliX* レンズファイル (mylens.otx) の指定は任意です。指定しない場合、*OpTaliX* は最近使用したレンズ (つまり、最後のセッションで使用されていた光学設計) で起動します。指定した場合、*OpTaliX* が起動し、「mylens.otx」が自動的に読み込まれます。

1.4 OpTaliXの通常終了 (Normal Exit from OpTaliX)

- ファイルメニューから「終了」を選択するか、*OpTaliX* メインウィンドウの右上隅にある閉じるボタン  をクリックします。
- メインウィンドウを選択 (メインウィンドウのタイトルバーをクリック) し、ESC キーを押します。
- コマンドラインで EXI または QUIT と入力し、リターンキーを押します。

いずれの場合も、終了を確認するダイアログが表示されます。*OpTaliX* を終了すると、オペレーティングシステムに戻ります。

1.5 OpTaliXの強制終了 (Forced Exit from OpTaliX)

通常、終了要求は終了確認ダイアログを表示しますが、コマンドラインまたはマクロから次のように入力することで、確認ダイアログをスキップして即座に終了できます。

EXI Y

または

EXI Yes

これにより、プログラムは即座に終了します。

このページは空白です。

第2章

表記の規則 – Notational Conventions –

以下の規則はこのマニュアル全体で使用されます：

- 構文の説明では、[角括弧] は選択可能なオプションの項目を囲みます。
- 構文の説明では、垂直線 | は選択可能なリスト内の要素を区切ります。
- アポストロフィ ' 文字は空白を含む文字列を囲みます。文字列に空白が含まれていない場合、アポストロフィは省略できます。
- *OpTaliX* コマンドは *courier* フォントで強調されます。
- イタリック体は GUI (グラフィカルユーザーインターフェイス) のメニュー項目を指します。
- アイテムの後に続く省略記号 "...” は、同じ形式の項目がさらに現れる可能性があることを示します。
- コマンド内で使用される疑問符 "?" 文字は、追加のダイアログボックス情報や設定を有効にします。
- セミコロン ";" 文字はコマンドラインでコマンドエントリを区切ります。つまり、1 行に複数のコマンド文字列を入力できます。詳細な説明はマクロセクションに記載されています。
- 垂直線 "|" はコマンドには入力されず、Yes|No のように「または」を意味します。つまり、Yes **または** No を入力します。
- ドル記号 "\$" の後に文字が続くと、ディレクトリパスまたはその一部の短縮形を示します。これらのディレクトリはインストール時に作成されます。
 - \$i はインストールパスを示し、たとえば `c:\optalix` または `c:\programs\optalix` を指します。
 - \$t は一時ディレクトリを示し、`c:\optalix\temp` を指します。
 - \$c はコーティングファイルが保存されるディレクトリを示し、`c:\optalix\coatings` を指します。
 - \$g はガラスが保存されるディレクトリを示し、`c:\optalix\glasses` を指します。
- アスタリスク "*" は、指定された文字列内でワイルドカードパターンマッチングを行います。

このページは空白です。

第3章

プログラムの基本設定 – Program Preferences –

プログラムの基本設定 (Program preferences) は *OpTaliX* プログラムそのものに関連するデータ設定であり、光学系レンズデータには関連しません。これらの設定を変更するのは、ここに記述されていることを理解している場合に限りです。とくに、ディレクトリを変更する場合はそれらのディレクトリがあらかじめ存在している必要があります。変更は即座に反映され、プログラムを再起動する必要はありません。

プログラムの基本設定 (Program preferences) はメインメニューの *File* → *Preferences* からアクセスするか、コマンドラインで "EDI PREF" (引用符なし) を入力してアクセスします。基本設定は、パス (Paths) の定義、プログラムの操作 (Operations)、ウィンドウ (Windows)、色 (Colours)、その他の設定 (Miscellaneous) など、いくつかのカテゴリに分かれています。

3.1 パス (Paths)

ここで設定したパス情報は、ファイルが最初に検索されるデフォルトの参照として使用されません。図 3.1 は対応するダイアログボックスを示しています。

POV レンダーエンジン

(POV-Render Engine、3 D C G 画像作成ツール) :

OpTaliX は POV-Ray (Persistence of Vision) レンダーへのインターフェイスを提供します。これは光学系を写真画質で画像を描画するために使用されます。POV-Ray は *OpTaliX* とは別のプログラムであり、<http://www.povray.org> からダウンロードして別途インストールする必要があります。インストールが完了したら、POV-Ray の実行ファイルが存在するパスをパスフィールドに入力する必要があります。通常、POV-Ray の実行ファイルは次のパスにインストールされます。

C:\Program Files\POV-Ray\v3.7\bin\pvengine64.exe

設定ダイアログの「参照 (Browse)」ボタンを使用してパスを選択してください。

ユーザーガラスカタログ

(User Glass Catalogues) :

ユーザー定義のガラスカタログへのパスを指定します。これらは通常、Zemax AGF ガラスカタログを *OpTaliX* 互換のカンマ区切りファイル (*.csv) に変換したものです。変換にはセクション 13.4 で説明されている CONVAGF コマンドツールを使用します。

コーティング

(Coatings) :

このフィールドは *OpTaliX* のインストール時にすでに定義されています。薄膜コーティングファイルがすべて含まれています。

一時ディレクトリ

(Temp Dir) :

OpTaliX が中間データやその他の目的で使用する作業ディレクトリへのパスを定義します。このディレクトリ内のファイルは通常、プログラムの実行中にのみ使用されますが、プログラム終了後も削除されません。

マクロ

(Macros) :

マクロファイルを含むディレクトリへのパスを定義します。デフォルトの拡張子は *.mac です。空の場合、マクロはデフォルトで現在アクティブなディレクトリ（つまり、現在のシステムのディレクトリ）から保存および読み込まれます。

ユーザー定義グラフィックス

(User defined graphics) :

ユーザー定義グラフィックス (UGR) ファイルを含むディレクトリへのパスを定義します。デフォルトの拡張子は *.ugr です。空の場合、ユーザー定義グラフィックス (UGR) はデフォルトで現在アクティブなディレクトリ（つまり、現在のシステムのディレクトリ）から保存および読み込まれます。

3.2 操作 (Operations)

「操作」タブの設定はプログラムの動作を決定します (図 3.2)。

終了時に現在の設計をデフォルトとして保存

(Save current design as default on exit) :

プログラムが終了すると、現在のシステムが自動的に「デフォルト」システムとして保存されます。次回プログラムを開始するときメモリに復元されます。これにより、連続するセッション間で設計データが保持されます。

プログラム起動時に常に面エディタを表示

(Always show surface editor on program start) :

面エディタは、光学設計のほとんどのパラメーターを編集するための重要なウィンドウです。そのため、コマンドライン入力を補完し、編集を容易にします。デフォルトでは、面エディタはプログラムの起動時に表示されず、メニューの「ファイル」→「設定」から手動でアクティブにする必要があります。このオプションをチェックすると、プログラムの起動時に面エディタが自動的に表示されます。

ガラスが廃止されている場合に警告

(Warn if glasses are obsolete) :

廃止されたガラスが入力された場合に警告メッセージを發します。これらは、指定されたガラスメーカーによってもはや製造されていないガラスです。

光線収差図を水平に整列

(Align ray fans horizontally) :

通常、横方向の光線収差図と OPD 波面収差図は瞳座標が垂直にプロットされます。適切なボックスにチェックを入れることで、瞳座標を水平にプロットすることも可能です。このオプションを選択することは、より詳細な情報を提供するというよりも、個人的な好みの問題です。

光線収差を絞り面の物理座標に基づいて参照

(Refer fan aberrations to the physical coordinates of the stop surface) :

光線収差図と OPD 波面収差図をプロットする際、瞳座標はデフォルトで入射瞳に基づいて参照されます。つまり、光線が (仮想の) 入射瞳で交差する場所です。このボックスにチェックを入れると、プロット座標が絞り面上の物理的な光線交点座標に基づいて参照されます。

光路差 OPD を基準波長に基づいて参照

(Refer OPD to reference wavelength):

このオプションは、複数の波長を持つシステムに関連しています。光路差 (OPD) は、個々の波長に対して、または基準波長に対してのみ表現できます。このオプションをチェックすると、すべての波長の OPD が基準波長に対して一様に参照されます。

すべてのフィールドに対してスルーフォーカス MTF を重ね合わせ表示

(Overlay through-focus MTF for all fields):

スルーフォーカス MTF (ディフォーカス特性) プロットは通常、フィールドによって変化します。デフォルトでは、*OpTaliX* は各フィールドに対して個別のプロットを表示します。これにより、MTF 曲線を比較するのが面倒になることがあります。このオプションをチェックすると、すべてのフィールドの曲線を 1 つのプロットにオーバーレイします。この場合の欠点は、各フィールドの曲線を区別するのが難しくなることです。

面の開口を自動的に調整

(Adjust surface apertures automatically) :

システムパラメーター (フィールド、システム開口) が変更された場合や、最適化後に光学レイアウトが変更された場合など、面の開口を調整する必要があることがあります。開口は、SET MHT コマンドを使用して、光学システムを通過する光線に必要なすべての面に手動で設定できます。このタスクは自動的に実行され、面の開口が常に十分に大きくなるようにします。オーバーサイズ係数は、開口がどれだけ大きく設定されるかを決定します。たとえば、係数 1.05 は、必要な開口に対して開口を 5% 大きくします。

空白行のコマンドラインがテキスト出力ウィンドウに反映される

(Blank command lines are mirrored in Text Output Window) :

このチェックボックスが有効になっている場合、2 つのコマンドラインのいずれかに空の (空白の) 行を入力すると、テキスト出力ウィンドウに空白行が生成されます。このようにして、コマンドラインへのユーザー入力がテキスト出力ウィンドウに反映され、テキスト出力ウィンドウに追加の空白行を追加できます。このオプションは、コマンド履歴ウィンドウには影響しません。このオプションのデフォルト設定は無効であり、空のコマンドラインはテキスト出力に影響しません。

コマンドラインをテキスト出力ウィンドウにエコー表示する

(Echo command lines in Text Output Window):

コマンドラインに入力されたコマンドは、テキスト出力ウィンドウに繰り返し (エコー) 表示できます。このオプションを有効にすると、コマンドとその直後の出力をテキスト出力ウィンドウで一緒に確認できます。これにより、どのコマンドがどの出力を生成したかを再構築できます。

面エディタで選択された表面がレンズレイアウトプロットで強調表示される

(Selected surfaces in surface editor are highlighted in lens layout plot) :

このボックスにチェックを入れると、表面エディタでフォーカスされた表面にしたがってレンズレイアウトプロットで表面が強調表示されます。つまり、表面エディタの任意の行 (=表面) をクリックすると、レイアウトプロットで対応する表面が異なる色 (通常は青) で表示されます。この機能は、表面エディタで表面を識別するのに役立ちます。

3.3 ウィンドウ (Windows)

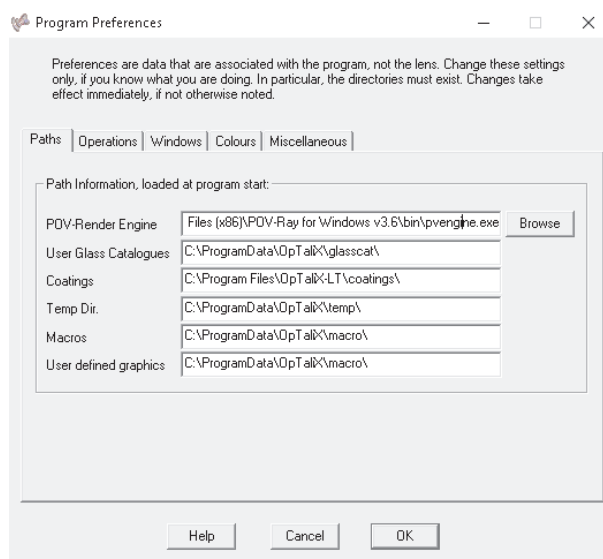


図 3.1. 設定: プログラムのデフォルトパス設定。

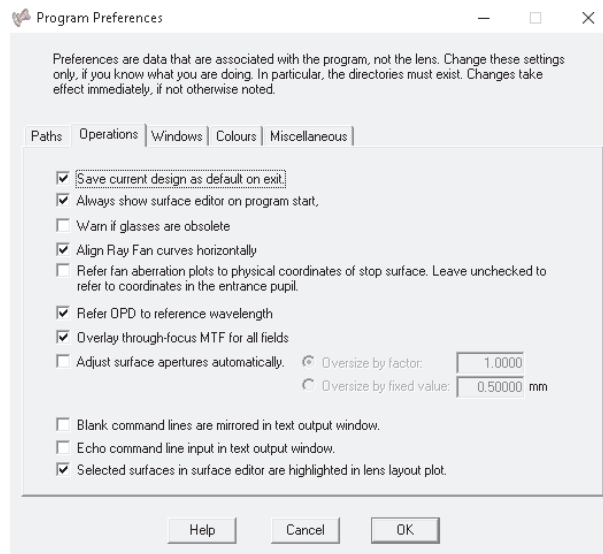


図 3.2. 設定: 操作、プログラムの動作を決定します。

終了時にウィンドウの位置とサイズを保存

(Save position and size of windows on exit):

ウィンドウのサイズ、位置はインタラクティブに変更でき、最小化や最大化も可能です。このボタンをチェックすると、プログラム終了時にすべてのウィンドウの現在の設定が保存されます。次回プログラムを実行する際にウィンドウ設定が復元されます。

新しい出力が生成されたときにテキストウィンドウを前面に表示

(Put text window to foreground when new output is generated) :

光学解析は、テキストウィンドウに追加の数値出力や情報メッセージ、警告メッセージを生成することがあります。このチェックボックスが有効になっている場合、テキストウィンドウが前面に表示され、ユーザーに対して即座に注意を促します。これにより、特定のウィンドウをクリックすることなく、追加情報がすぐに見えるようになります。

新しい光学システムを復元する際にすべての開いているウィンドウを閉じる

(Close all open windows on restoring a new optical system) :

新しい光学システムを復元する前に、現在開いているすべてのウィンドウが自動的に閉じられます。

フォントサイズ

(Font size):

これは、テキスト出力ウィンドウおよび履歴ウィンドウで使用されるポイント (pt) 単位のフォントサイズです。

3.4 色 (Colours)

グラフィックウィンドウの背景色

(Graphics window background colour) :

これはユーザーの個人的な好みに合わせてオプションです。すべてのグラフィックウィンドウの背景色をデフォルト (白) 以外の色に設定することで、コントラストを減らしたり、淡い色 (たとえば黄色) をより見やすくできます。

グラフィック・ウィンドウの文字色を反転

(Graphics windows invert text colour) :

一部のユーザーは、背景に黒や暗い色を好むため、黒い文字色の読み取りが困難または不可能になります。このオプションをチェックすると、文字色が黒から白に反転し、暗い背景でも必要なコントラストが得られ、読みやすくなります。

3.5 その他の設定 (Miscellaneous)

使用するスレッド数

(Number of threads used):

現代のコンピューターには、複数の数値計算エンジン（コア、スレッド）を持つプロセッサが搭載されています。これらは、数値アルゴリズムを並列（同時）に実行することで計算速度を向上させることを目的としています。利用可能なスレッドの数を設定（制限）することで、他の（それほど重要でない）タスクのためにいくつかのコアを残しておくことができます。

スポットダイアグラムのマーカのサイズ

(Spot marker size) :

スポットダイアグラムで使用されるマーカのサイズを調整します。マーカサイズは標準的な A4 用紙のサイズに基づいてプロット単位 (mm) で定義されます。セッション中に一時的にスポットマーカのサイズを変更するには、[SPMS](#) コマンドも参照してください。

等高線スタイル

(Contour Style) :

等高線プロットのレンダリング方法を「線のみ」または「線+エリア塗りつぶし」の2つのスタイルから選択します。このオプションは個人的な好みの問題と考えているため、一般的な設定に含まれており、各プロットごとに調整することはできません。

コーティング基板の屈折率差が超えた場合に警告

(Warn if coating substrate index difference exceeds):

このオプションは、レンズ設計に付随するコーティング設計に関連しています。設計の両方の形式（コーティングとレンズ）において、基板の屈折率とガラスの屈折率は理想的には等しいべきです。ただし、ある程度の許容差が認められており、それは用途に依存します。

第4章

中間ファイルの保存場所 – File Locations –

OpTaliX は実行中に必要な中間ファイルを作成し、それらは各オペレーティングシステムに固有のディレクトリに保存されます：

4.1 Windows XP

ユーザー固有のデータは Windows XP では次の場所に保存されます：

c:\Documents and Settings\All Users\Application Data\OpTaliX.

4.2 Windows Vista / Windows 7 / Windows 10 / Windows 11

ユーザー固有のデータは、Windows VistaTM、Windows 7TM、Windows 10TM、および Windows 11TM では次の場所に保存されます：

c:\ProgramData\OpTaliX

4.3 Description of user-specific Files

各ユーザーディレクトリには、オペレーティングシステムに応じて、基本的な *OpTaliX* のインストールには次のファイルが含まれます：

default	このファイルには拡張子はありません。 <i>OpTaliX</i> が終了した時点で使用されていた光学系設定データが含まれています。 <i>OpTaliX</i> を再起動すると、この default ファイルデータが自動的に再読み込みされます。ファイル形式は ASCII です。
optix.cfg	<i>OpTaliX</i> 設定ファイル (ASCII 形式)。セクション 32.1 で説明されているように、ユーザー定義の設定を保存します。
coatp.asc	ユーザー定義のコーティング材料を保存する標準 ASCII ファイル。コーティングファイル形式の詳細な説明はセクション 32.3 に記載されています。
osp_priv.dat	ユーザー定義の光学スペクトル (画像性能を計算するための波長に対する重み付け) を保存する ASCII 形式ファイル。

このページは空白です。

第5章

定義 – Definitions –

5.1 符号の規則 (Sign Conventions)

規則は、光学系を設定し、結果に使用される基準を定義するため重要です。これらの規則は、*OpTaliX* パッケージ全体で一貫して適用されます。また、曲率や厚さ（間隔）に関して厳密な符号の規則を守ることも重要であり、これらは以下のルールにしたがって決定されます：

- 曲面の曲率半径は、曲率の中心が曲面の右側にある場合に正となり、そうでない場合は負となります。この規則は光の進行方向に依存しません。すなわち、光が左から右に進む場合（デフォルトの条件）でも、鏡面で反射した後に右から左に進む場合でも同様です。
- 連続する2つの面の厚さ（間隔）は、次の面が現在の面の右側にある場合に正となります。左側にある場合は負となります。
- 傾斜（ティルト）および偏心（ディセンター）した曲面の場合、符号の規則は現在の面のローカル座標系に適用されます。
- 正の傾斜（ティルト）は反時計回りの回転を意味し、負の傾斜（ティルト）は時計回りの回転を意味します。

5.2 座標系 (Coordinate System(s))

OpTaliX で使用される座標系は左手系であり、(図 5.1 参照) に示す通り光軸が Z 軸と一致するように定義されています。各面の頂点は Z 軸上に正確に位置していると仮定されます。各面間の間隔は Z 軸に沿っています。

5.2.1 グローバル座標系 (Global Coordinate System)

グローバル座標系は常に面 1 の頂点に位置しています。面 1 に適用される偏心（ディセンター）/ 傾斜（ティルト）はグローバル座標系を変更しません。図 5.2 はこの条件を示しています。

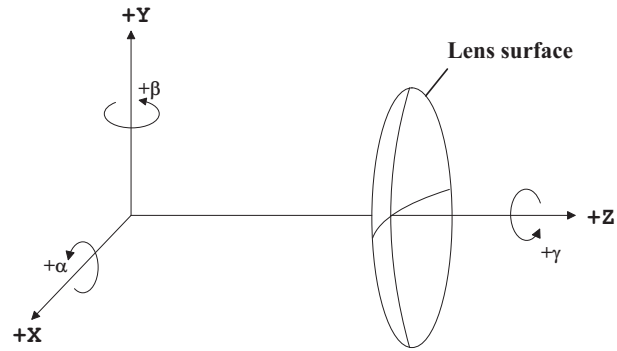


図 5.1. *OpTaliX* で使用される左手系座標系

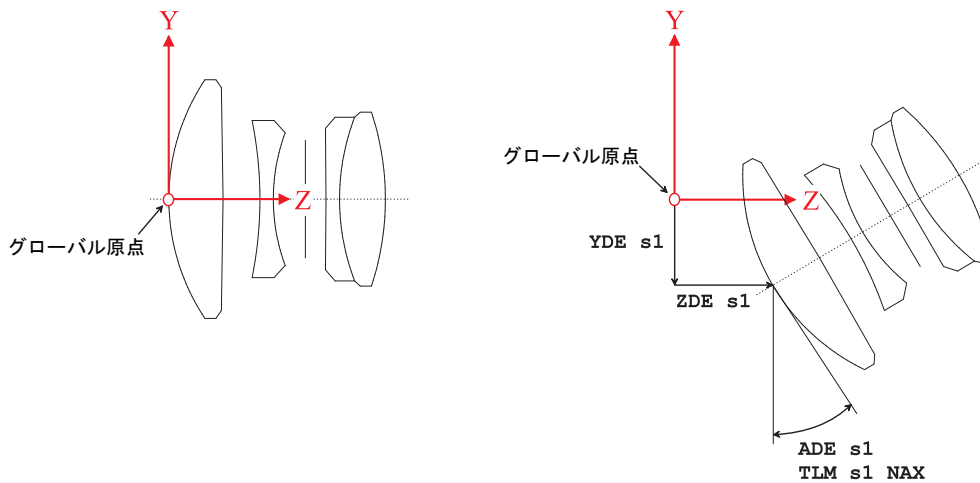


図 5.2. グローバル座標系は常に面 1 の頂点に位置しています。もし、面 1 (s1) に偏心 (ディセンター) や傾斜 (ティルト) を設定しても、グローバル座標系が移動することはありません。(この図の右側を参照)。

5.2.2 物体面の座標系 (Object Coordinate System)

物体面の座標系は、[グローバル座標系](#)を基準座標系とする相対座標系です。たとえば、物点（視野）は常に物体面の座標系上で定義されます。この方法で、物体面の位置と向きを変更することで変更できます。（面0に適用されるXDE、YDE、ZDE、ADE、BDE、CDEコマンドを使用します）。

物体面の座標系を使用することは、[照明計算](#)において点光源ではなく拡張光源を定義する際にも有用です。

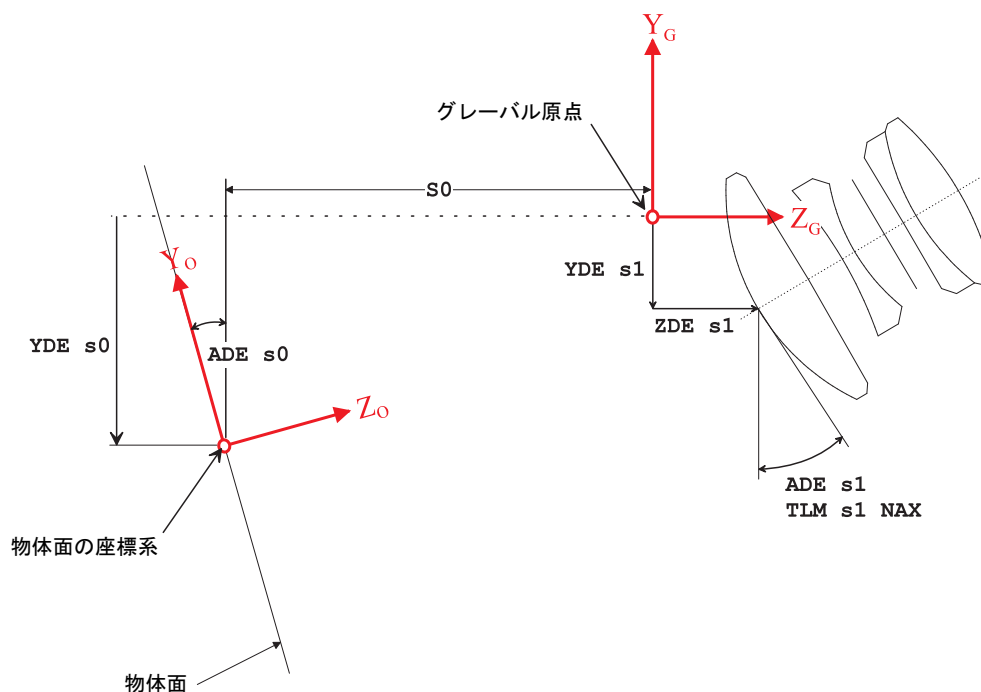


図 5.3. グローバル座標系に基づく物体座標系

物体面の座標系は任意の面のローカル座標系のように考えることができます。ここでは、照明源を定義する際の重要性を強調するために説明しています。

5.2.3 傾斜角度 (Tilt Angles)

傾斜座標系における傾斜角度は常に度単位で与えられます。傾斜角度の符号は数学的な慣習に従い、反時計回りの回転は正、時計回りの回転は負となります。オイラー角系が使用されます。各3つの傾斜角度 α, β, γ は直前の傾斜の傾斜座標系で行われます。したがって、傾斜は非可換であり、傾斜を元に戻すには逆の順序で適用する必要があります。

傾斜（ティルト）と偏心（ディセンター）は常に面のローカル座標系に適用されます。

5.3 光線の座標 (Ray Coordinates)

光線は、始点 (X,Y,Z) と方向座標 (CX,CY,CZ) を持つ単位ベクトルで記述されます。入射角 i は常に光線の交点における局所的な面の法線に対して参照されます（図 5.5 参照）。

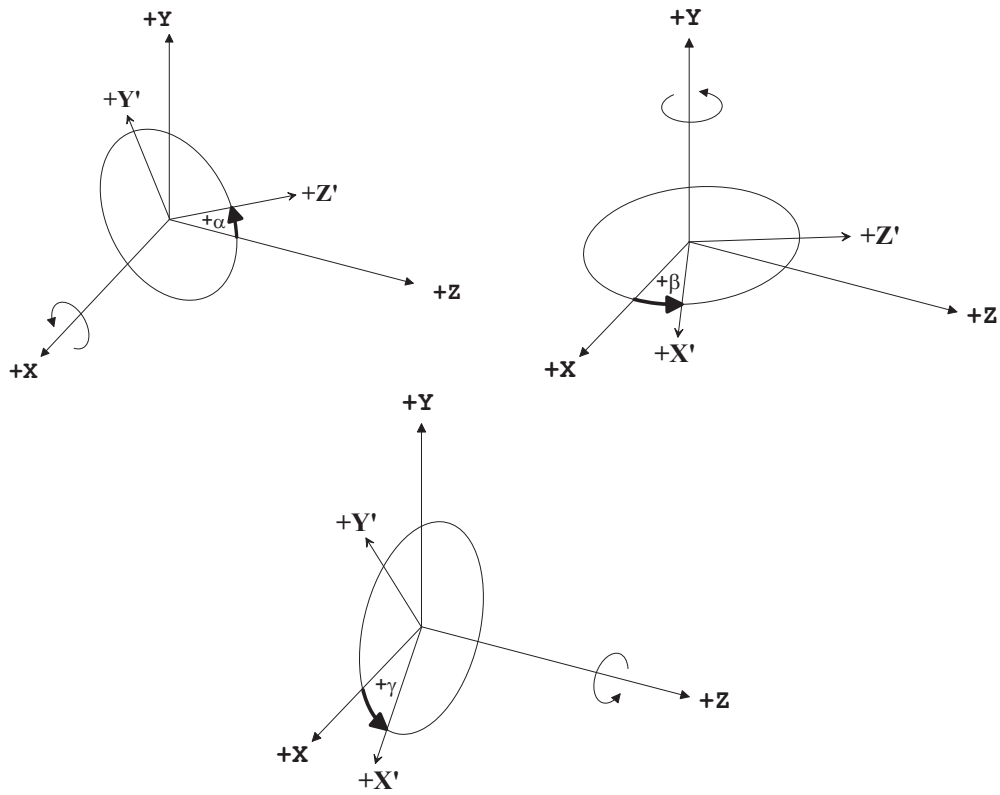


図 5.4. x 軸、y 軸、z 軸周りの回転における傾斜角度と符号の規則

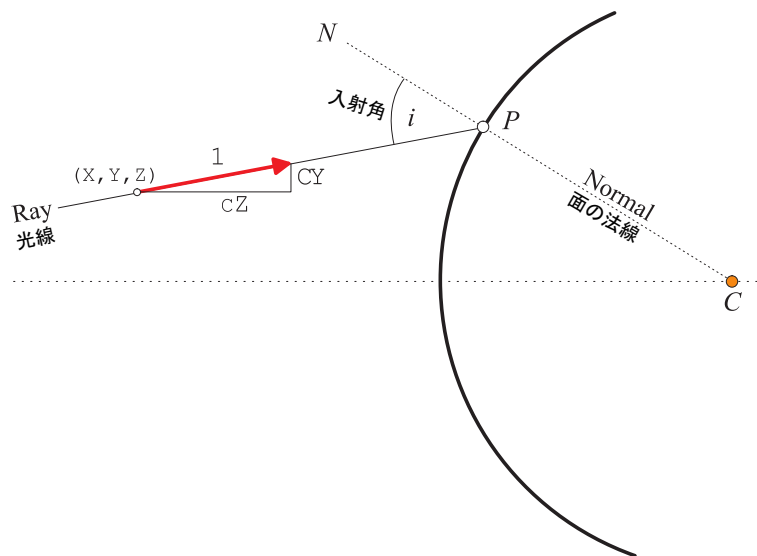


図 5.5. 光線の定義

5.4 近軸計算の規則 (Paraxial Conventions)

「近軸」という用語は「軸の近く」を意味します。この近軸領域では、線形化されたスネルの法則が使用されます：

$$n' \cdot u' = n \cdot u \quad (5.1)$$

ここで、 n は屈折率、 u は光軸に対する角度（ラジアン単位）です。近軸計算の要素（たとえば、焦点距離、倍率など）の計算は、ABCD 行列を使用して行われます。これは次のように定義されます（図 5.6 も参照）：

$$\begin{pmatrix} n'u' \\ h' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} nu \\ h \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

いくつかの光学部品（たとえば、屈折率勾配レンズ、一般化された非球面レンズ）は、一次理論（近軸理論）ではうまく説明できないか、非常に複雑な方程式が必要となります。このような場合、*OpTaliX* は「パラバサル」光線（"parabasal" rays）を使用します。「パラバサル」光線とは、光学系において基準光線（主光線）に非常に近い角度で進む実際の光線のことを指します。これらは光軸（または基準光線）に対して非常に小さな角度を持つ実際の光線です。近軸要素の定義は図 5.6 に示されています。

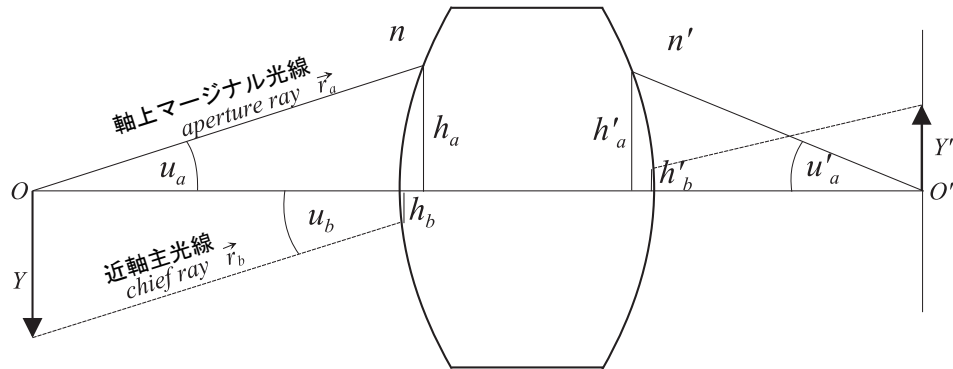


図 5.6. 近軸要素の定義

このページは空白です。

第6章

コマンドラインの用法 - The Command Line -

6.1 概要 (General)

*OpTaliX*には2つの操作モードがあります。メインウィンドウのメニューバーから操作する方法と、コマンドラインから操作する方法です。メニューは使いやすく学びやすいインターフェイスを提供します。一方、テキスト出力ウィンドウのフッターにあるコマンドラインと、デスクトップ上で自由に配置できる浮動ウィンドウ内のコマンドラインの2つが提供されています(つまり、*OpTaliX*のメインウィンドウに限定されません)。図6に示すように、これらは機能的に完全に同等です。コマンドを学ぶ便利な方法は、メニューと併用して履歴ウィンドウを使用することです。メニューからのほとんどの操作は履歴ウィンドウに報告されます。

コマンドラインの構文はプログラム全体で統一されており、プログラムの制御、最適化制約の定義、およびマクロ言語でも使用されます。

デフォルトでは、コマンドラインに入力されたコマンドは履歴ウィンドウに反映されます。コマンドは「ECHO Y」コマンドを有効にすると、テキストウィンドウにも反映されます。

コマンドラインには任意の数のコマンドをセミコロン「;」で区切って入力できます。たとえば、システムデータをリストし、光線収差図を描画する2つの簡単なコマンドは次の通りです：

```
lis  
fan
```

または、セミコロン「;」で区切って1行にまとめて書くこともできます。

```
lis ; fan
```

6.2 コマンド構文 (Command Syntax)

*OpTaliX*で使用されるコマンド構文は実装可能な範囲でCODE-Vコマンドと互換性を有しています。さらに、CODE-Vにはない*OpTaliX*特有の機能を有するいくつかのコマンドもあります。

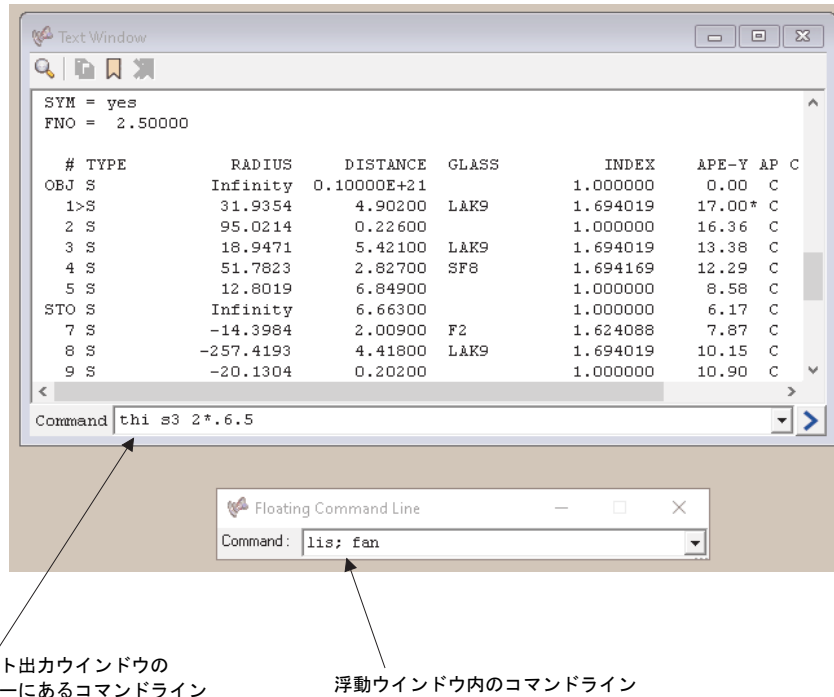


図 6.1. テキスト出力カウインドウの下部にあるコマンドラインと、パラメータに数値式を使用する方法を示しています。浮動コマンドウインドウに示されているように、セミコロンで区切られた複数のコマンドを単一のコマンドラインで使用する方法に注目してください。

6.2.1 修飾子 (Qualifiers)

多くのコマンドは、面、視野、波長、ズーム位置、光線、係数、瞳、光源などのパラメーターを受け入れます。一般的な構文は次の通りです：

sk si..j	面 (sk) 面の範囲 (面 i から j まで)、 また、光源番号も定義します。面番号と光源番号の区別はコマンドの文脈内で行われます。
fk fi..j	視野 (fk) 視野の範囲 (視野番号 i から j まで)
wk wi..j	波長 (wk) 波長の範囲 (色番号 i から j まで)
zk zi..j	ズーム位置 (zk) ズームの範囲 (ズーム位置 i から j まで)
ck ci..j	係数 (ck) 係数の範囲 (範囲 i から j まで、ホログラム (HOE)、ユーザー定義面 (UDC)、およびユーザー定義勾配 (UDG) に使用されます。)
pk pi..j	瞳番号 (pk) 瞳の範囲 (=面の開口) i から j まで
lk li..j	コーティング層 (lk) 層の範囲 i から j まで
gi	グローバル参照面番号 i

したがって、面番号、波長番号、視野番号、ズーム番号、瞳番号、コーティング層などは、適切な修飾子をスペースなしで前置する必要があります。(例：面には s、波長には w、視野には f、ズームには z など)。面、視野、波長、光線、係数、または瞳の範囲は、2つの連続したドット「..」で指定されます。

面、視野、波長、ズーム位置などのいずれかに範囲が指定されている場合、パラメーターは指定された範囲内のすべてのコマンド項目に適用されます。

例：

```
rdy s1..3 10.0      ! 面 1 から 3 の曲率半径を 10.0 に設定
yan f2..4 2.5       ! 視野 2 から 4 の Y 角度を 2.5 度に設定
spd f3 w2 z3..4     ! 視野 3、波長番号 2、ズーム位置 3 から 4 での (RMS) スポット
                   ! 直径を解析
y s7 f1 w1 g2 0 1   ! 面 7、視野 1、波長 1 での光線の Y 座標を出力し、面 2 のローカ
                   ! 座標系に基づくグローバル座標で表示
```

6.2.2 特別な面修飾子 (Special Surface Qualifiers)

物体面、絞り面、像面、およびすべての面に対して特別な面修飾子があります。これらは次のように指定できます：

```
so    物体面 (Object Surface)
ss    絞り面 (Stop Surface)
si    像面 (Image Surface)
sa    すべての面 (All Surface)
```

子次のコマンドは同義です：

```
thi so 100          thi so 100
cir s5 12           cir ss 12    ! 面 5 が絞り面の場合
rdy s8 -300         rdy si -300  ! 面 8 が像面の場合
```

6.2.3 変数の修飾子 (Variable Qualifiers)

面、視野、波長、またはズーム位置の修飾子は、変数と組み合わせることもできます。たとえば、面 s2 の厚さは次のように定義できます。

```
$x = 2
thi s$x ...
```

この機能は、”s” (引用符なし) と \$x の値を連結するものと理解できます。上記の例では、

```
s$x は s2 として解釈されます
f$x は f2 として解釈されます
w$x は w2 として解釈されます
z$x は z2 として解釈されます
```

これらの構文は、コマンド、マクロ、およびレンズデータベース項目 (LDI) 内で使用できます。

6.2.4 データの入力と変更 (Entering and Changing Data)

データの入力と変更は、CODE-V コマンドに多くの点で (すべてではありませんが) 類似した自由形式のコマンド構文によって行われます。コマンド構文の主な特徴は次の通りです：

- *OpTaliX* 全体で統一されており、可能な限り CODE-V と互換性があります。

- 将来のニーズに対応できる柔軟性があります。
- 空白を区切り文字として一貫して使用します。
- コマンドパラメーターは任意の順序で使用できます。
- 複数のコマンドをセミコロン (;) で区切って一行に記述できます。

すべてのコマンドは大文字と小文字を区別しません。つまり、次のコマンドはすべて同じ意味です：

```
RDY S1 34.5
rdy s1 34.5
Rdy S1 34.5
```

すべてのパラメーターは少なくとも1つの空白で区切られます。複数の空白は1つの空白として扱われます。つまり、次のコマンド

```
RDY S1 34.5
rdy      S1          34.5
```

は同じ意味です。

6.3 面ポインター (Surface Pointer)

名前が示すように、面ポインターは光学系内の指定された面を指します。面ポインターを使用することで、曲率半径や厚さなどの構造データの入力の際、省略形を使えます。面ポインターは次のコマンドで設定されます：

```
sk
```

ここで、kは面番号を示します。したがって、skはs4やs17のように入力する必要があり、4や17は所望の面番号です。面ポインターの実際の位置は、規定のリスト（LIS コマンド参照）で面番号の右側にある>記号で示されます。たとえば、次のコマンド

```
s3
lis
```

は次の出力を生成します。

#	TYPE	RADIUS	DISTANCE	GLASS	INDEX	APE-Y	AP	CP	DP	TP	MP	GLB
1	S	31.9354	4.90200	LAK9	1.694019	17.00*	C	0	0	0	0	0
2	S	95.0214	0.22600		1.000000	16.36	C	0	0	0	0	0
3	>S	18.9471	5.42100	LAK9	1.694019	13.38	C	0	0	0	0	0
4	S	51.7823	2.82700	SF8	1.694169	12.29	C	0	0	0	0	0
5	S	12.8019	6.84900		1.000000	8.58	C	0	0	0	0	0

面ポインターが示している同じ面番号への2回目以降の参照では、必要に応じて面修飾子を省略できます。たとえば、

```
s3
rdy 100
```

thi 5.2

は完全に次と同等です

```
rdy s3 100
thi s3 5.2
```

つまり、面修飾子がない場合、前の sk コマンドで指定された面が使用されます。新しい光学系データをファイルから読み込むと、面ポインターは面 1 に設定されることに注意してください。面ポインターの現在の設定を調べるには、次のコマンドで照会できます

```
s?
```

6.4 関数と算術式 (Functions and Arithmetic Expressions)

コマンドラインに入力された数値は、算術式や関数でもかまいません。この機能はあたかも電卓のように動作します。たとえば、次の入力

```
rdy s1 100
rdy s1 2*(40+20)-20
rdy s1 sqrt(10**4)
```

すべて同じ意味です。算術式内では、括弧で囲まれている場合を除き、空白文字は許可されていないことに注意してください。式はクリップボードから直接コマンドラインにコピーすることもできます。認識される関数と演算子は表 6.1 に示されています：

コマンドラインでは、括弧と正しい演算順序も認識されます。三角関数では、引数は常にラジアンで入力し、逆三角関数は角度をラジアンで返されます。たとえば、 $\sin(30^\circ)$ を計算するには、 $\sin(30*3.14159/180)$ と入力する必要があります。この形式は、定数や変数を定義して算術式で使用することで簡略化できます。

```
#define rad 3.14159/180
sin(30*rad)
```

または

```
@rad == 3.14159/180
sin(30*@rad)
```

詳細は、章 26 (マクロ言語) に記載されています。

6.5 レンズデータベース項目 (Lens Database Items)

レンズデータベース項目 (LDI) は、現在の光学系から取得できる値の特性値です。コマンドラインに入力できるほぼすべてのものに対応するレンズデータベース項目があります (章 27 も参照)。レンズデータベース項目へのすべての参照は、修飾子がない場合でも角括弧 [] で囲む必要があります。角括弧内では、データベース項目の構文はコマンドライン入力で使用される構文と同じです。

例：

関数	演算子
cos	+
sin	-
tan	*
exp	/
log	**
log10	^
logn	
sqrt	
acos	
asin	
atan	
cosh	
sinh	
tanh	
besj0	
besj1	
besjn	
anint	
aint	
abs	

表 6.1. *OpTaliX* が認識する関数と演算子。セクション 26.2 も参照

```
thi s2 [EPD]      ! 面 2 の面間隔を入射瞳径に設定
cuy s3 -[cuy s4] ! 面 3 の曲率を面 4 の曲率に逆符号の値として設定
```

データベース項目は算術演算子と組み合わせて、数値データ入力期待される場所で算術式を形成できます。

```
fno [EFL]/[EPD] ! F ナンバー (口径比) を設定
thi s3 2*sqrt(3)*[thi s1]
```

定義済み関数 (sin、tan、sqrt など) とレンズデータベース項目参照の指定は大文字と小文字を区別しないことに注意してください。たとえば、次の式は大文字、小文字、またはその混合で与えられても有効です：

```
thi s3 2*sqrt(3)*[thi s1]
THI S3 2*SQRT(3)*[THI S1]
thi S3 2*SqrT(3)*[thi S1]
```

マクロ機能の詳細な説明は章 26、レンズデータベースの参照は章 27 を参照してください。

6.6 疑問符記号

(The Question Mark Symbol (?))

ほとんどのコマンドは「?」記号を受け入れます。これにより、関連するパラメーターの対話型変更が可能になります。たとえば、収差図を描画するには次の 2 つの方法があります：

FAN スケーリングパラメータを尋ねずにファン横収差図をプロットしま
す (デフォルトまたは以前に適用されたスケーリング係数が使用さ
れます)。
Fan ? 横収差図を描画する前に収差スケーリング係数を編集するためのダイ
アログボックスを呼び出します。

6.7 コマンド入力のルール (Rules for Command Entry)

- *OpTaliX* の指示の各部分は、1 つ以上の空白文字 (ブランク) で区切ります。
- コマンドワード、修飾子、範囲、または数値の間にスペースを入れないでください。たとえば、LIS や S3 は正しい入力です。しかし、L IS や S 3 は空白を含むため正しく解釈されません。
- 大文字と小文字を区別しません。そのため、THI と tHi と thi は等価です。
- $2*3+5$ のような算術式には、括弧で囲まれている場合を除き、空白を含めないでください。たとえば、 $2*3+5$ と $(2*3 + 5)$ は同じ意味です。しかし、 $2*3 + 5$ (括弧なし) は 2 つの別々の式として解釈されます。
- 数値内にスペースを含めないでください。
- 数値入力は次のように定義されます: 符号 (+、-) や先行ゼロの有無にかかわらず、整数または浮動小数点値。たとえば、+0.5、.5、5E-1 や -2D-10 など (セクション 26.2 も参照)。
- 面番号、視野番号、ズーム番号、波長番号などの前には、対応する修飾子プレフィックス (面には S、波長には W、ズーム位置には Z など) をスペースなしで付けてください。S3、W5 は有効な入力です。しかし、S 3 は空白を含むため正しくありません。0 (物体面)、S (絞り面)、I (像面) は有効な面番号です。例: S0、SI、SS。加算、減算、乗算、除算は面修飾子にのみ使用できます。たとえば、SI-1、SS+4、S3*2 など。
- コマンドや修飾子ワードに追加の文字を加えないでください。LIS は正しいコマンド名ですが、それに追加文字を加えた LIST は正しくありません。
- 空白、セミコロン「;」、またはアンパサンド「!」を含む文字列は、シングルクォートまたはダブルクォートで囲む必要があります。
- アンパサンド文字「&」を使用したコマンドの継続は、マクロ内でのみ可能です。この機能はコマンドラインでは利用できません。
- コマンドライン内の複数のコマンドは、セミコロン「;」で区切る必要があります。

:

第7章

構成およびシステムデータ - Configuration and System Data -

マニュアル全体で使用される用語での、システムデータまたは構成データとは、レンズ系全体に関連するデータや、その使用条件を設定するデータを指します。たとえば、典型的なシステム/構成データには、絞り、視野、波長などがあります。これらはレンズデータに付随し、面データと共にファイルに保存されます。

7.1 光学系データの新規設定 (Setting up a new lens system)

光学系データを新規に設定するという事は、以前のシステムがメモリから削除され、すべての古いレンズデータが破棄されることを意味します。「空の」システムが作成され、これには物体面、絞り面、および像面の3つの面のみが含まれます。適切なデフォルト値が初期化されます。ライブラリからレンズを復元する前に LEN コマンドは必要ありません。これはプログラムによって内部的に行われます。光学面は INS コマンドによって適切に追加できます。

LEN	光学系データを新規に設定します。 すべての面パラメータとデフォルト値を初期化します。 すべての古いレンズデータが破棄されます。
DIM I/M	光学パラメータの入力単位。 M = ミリメートル (デフォルト)、I = インチ
RDM yes/no	曲率半径モードまたはその逆数である曲率モードを使用するかを選択します。基本形状の表現として曲率 (no) ではなく曲率半径 (yes) を使用します (デフォルト = yes)。このオプションはコマンドモードでのみ機能します。面スプレッドシートエディターでは曲率半径のみが受け入れられます。

7.2 レンズデータの保存と復元 (Saving and Restoring Lens Data)

RES [file_spec]	file_spec からレンズデータを復元します。 例: res c:/optix/test.otx
SAV [file_spec]	file_spec にレンズデータを保存します。完全なパス（ディレクトリとファイル名）を指定する必要があります。file_spec が省略された場合、既存のファイルが上書きされます。 例: sav c:/optix/test.otx sav !既存のファイルを上書きします。
WRL file_spec	レンズデータを Code V シーケンシャル形式で保存します。セクション 30.1 も参照してください。

7.3 全般光学系構成データ (General Lens Data (Configuration Data))

全般光学系構成データは、光学系の全系に関わる使用方法を定義します。これには、視野、波長、絞りに関する仕様、およびアフォーカル系への設定切替やレイエーミング方法（光線追跡用の参照座標値決定方法）などの特別なデータが含まれます。

全般光学系構成データを編集/定義するためのコマンドは以下の通りです：

EDI CNF, または EDI CFG	構成パラメーターを編集するダイアログボックスが開きます。
EDI FLD	視野パラメーターを編集するダイアログボックスが開きます。
EDI LAM	波長パラメーターを編集するダイアログボックスが開きます。
AFO yes no	アフォーカル光学系を前提とした光学特性評価に切り替えるスイッチ。これは出射ビームが名目上平行であるアフォーカルシステムであることを指定します（画像は無限遠にあります）。このモデルは、最後の面の後に完璧なレンズが配置されることを前提としています（ユーザーがこの理想的なレンズを明示的に指定する必要はなく、内部的に自動的に行われます）。理想的なレンズの焦点距離は 1000mm に設定されており、つまり 1mm の収差は画像空間で 1 ミリラジアン (mrad) に相当します。

次のページに続く

前のページからの続き	
SET MAG mag_value	光学系の近軸倍率を設定します。mag_value の近軸倍率を満たすために必要な物体距離が自動的に設定されます。これは静的（1 回限り）の調整です。倍率を永久に（システムが変化するにつれて動的に）調整するには、RED ソルブを使用します（ページ 125）。

7.3.1 視野 / 物点に関する定義 (Fields / Object Points)

光学設計において、「視野」という用語は、光学系の性能を計算するために使用される物点の集合を表します。したがって、「視野」または視野ポイントは、物体面で定義された（無限小の）物点の位置にすぎません（それぞれ [物体面の座標系](#)）

物体を定義するためのもうひとつの方法は、主に[照明解析](#)で使用される広がりをもった面積光源（拡張発光源）を定義することです。このタイプの光源の詳細な説明については、[章 15](#)（ページ 331）を参照してください。

定義可能な視野点（物点あるいは像点）の数には制限がありません。必要な数だけ定義できます。初期設定では最大 30 視野ポイントが想定されていますが、この値は MAXFLD コマンドを使用して任意の値に増やすことができます。

視野は、

物体空間における物点の高さ (XOB, YOB)、角度 (XAN, YAN)、または像空間における近軸像高 (XIM, YIM)、実像高 (XRI, YRI)、

の観点から、X 方向および Y 方向に独立して指定できます。図 7.1 は、視野を定義する 4 つの方法を示しています。

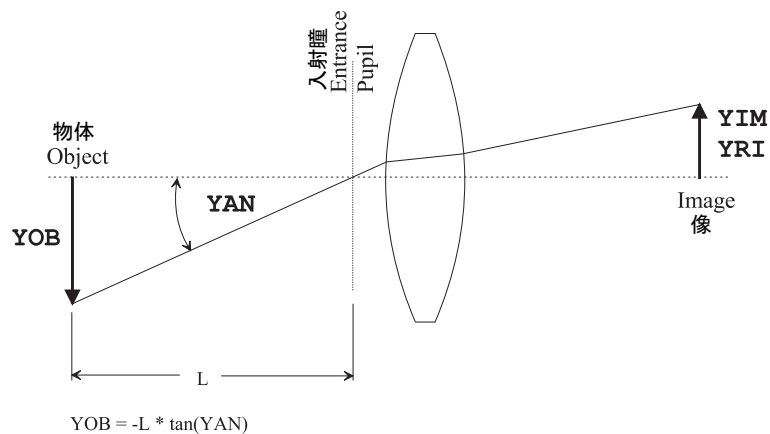


図 7.1. 視野指定の異なる形式間の関係。ここでは Y 方向のみを示しています。

EDI FLD	ダイアログボックスを呼び出して、X 視野、Y 視野、視野タイプ、および視野の数を入力します。コマンドラインから入力する際は、この表に記載された各コマンドで行います。
次のページに続く	

前のページからの続き	
NFI num_fields_used	光学特性の評価に使用する視野の数。このコマンドを MAXFLD (以下参照) と混同しないでください。また、システムを保存する前に NFI を最大視野数に設定する必要があります。そうしないと、num_fields_used を超える視野のデータが失われます。
MAXFLD max_fields	設定可能な視野の数の最大数。このコマンドは光学特性評価に使用される視野の数には影響しません (NFLD コマンド参照)。単に割り当てられた視野の最大数を設定します。
XAN [fi..j] x_angle1 x_angle2 ... x_angle_n	Z 軸に対して X 方向の視野角度 (度単位)。入力された視野角度の数は、光学特性評価の視野数も設定します。
YAN [fi..j] y_angle1 y_angle2 ... y_angle_n	Z 軸に対して Y 方向の視野角度 (度単位)。入力された視野角度の数は、光学特性評価の視野数も設定します。
XOB [fi..j] x_obj1 x_obj2 ... x_obj_n	有限物体距離のためのオブジェクト座標 (X)。入力された視野角度の数は、光学特性評価の視野数も設定します。オブジェクトが無限遠にある場合、XOB データは X フィールド角度として解釈されます。以下の注意事項も参照してください。
YOB [fi..j] y_obj1 y_obj2 ... y_obj_n	有限物体距離のためのオブジェクト座標 (Y)。入力されたフィールド角度の数は、光学特性評価の視野数も設定します。オブジェクトが無限遠にある場合、YOB データは Y フィールド角度として解釈されます。以下の注意事項も参照してください。
XIM [fi..j] x_image1 x_image2 ... x_image_n	近軸領域で定義された画像座標 (X)。入力された視野の数は、光学特性評価の視野数も設定します。
YIM [fi..j] y_image1 y_image2 ... y_image_n	近軸領域で定義された画像座標 (Y)。入力された視野の数は、光学特性評価の視野数も設定します。
XRI fi..j x_real_img_ht ... n	実像高さに基づいて X 物点高さを計算します。レンズが変化するにつれて物点高さが連続的に調整されます。実主光線 (基準波長で) が指定された像高さで像面に当たることを保証します。アフォーカル系設定 (AFO Y) では適用されません。
YRI fi..j y_real_img_ht ... n	実像高さに基づいて Y 物点高さを計算します。レンズが変化するにつれて物点高さが連続的に調整されます。実主光線 (基準波長で) が指定された像高さで像面に当たることを保証します。アフォーカル系設定 (AFO Y) では適用されません。
次のページに続く	

前のページからの続き	
FTYP field_type	視野タイプ。これは視野タイプ指定（例：XAN、YAN、XOB、YOB、XIM、YIM）を変更するための補完コマンドです。 視野タイプは次のように定義されます： 1 = 角度を指定（XAN、YAN） 2 = 物体の座標を指定（XOB、YOB） 3 = 近軸像座標を指定（XIM、YIM） 4 = 実像座標を指定（XRI、YRI）。計算負荷が高い！
FWGT [fi..j] fweight1 fweight2 ... または WTF [fi..j] fweight1 fweight2 ...	各視野点に対する相対重み。像面全画面に渡る収差の重み付き平均を計算する際に使われます。0 から 100 の整数値。
FACT [fi..j] 0/1	視野の活性化可否。特定の設定済視野を一時的に無効にする。0 = 無効、1 = 有効。
CLS FLD [fk fi..j] [colour...n]	グラフィカル出力（例：VIE による光路図の出力など）で使用される各視野の描画色を選択します。フィールド数より少ない色を入力すると、残りのフィールドには最後に入力された色が使用されます。色が指定されていない場合、色はデフォルト設定に戻ります。 例： cls fld red gre blu! 最初の3つのフィールドに赤、緑、青を定義します。 cls fld! 色が指定されていない場合、デフォルトのフィールド色が選択されます。 cls fld f3 red! フィールド3のプロット色を赤に変更します。 定義済みの色の名前とその定義については、セクション 28.1、ページ 519 を参照してください。

注意事項:

- 無限遠にある物体（具体的には、物体距離が $\geq 10^{20}$ ）の場合、物体の座標（XOB、YOB コマンドで入力されたもの、または 'FTYP 2' コマンドで定義されたもの）は特別に処理されます。物体の値は実際の物体の高さ座標ではなく、視野角度に変換されます。無限遠の物体の場合、物体の高さ座標が非常に大きくなることは明らかです（ここで、THI so が $\geq 1.E20$ の場合）。たとえば、 30° の見かけの視野角度は、 $\tan(30) * 10^{20} = 5.77E19$ の物体高さ（OBY）を必要とします。これにより内部計算精度が失われる可能性があるため、プログラムは無限遠の物体の視野座標値を視野角度（度単位）に変換します。
- 視野の指定は任意の順序で入力できます。昇順または降順である必要はありません。
- レンズ系が回転対称である場合、Y 方向視野の指定のみを使用する必要があります。つまり、X 方向成分はゼロです。プログラムは Y 軸に対する対称条件をチェックして計算

時間を短縮します。

- 物体空間視野指定 (XOB/YOB または XAN/YAN) は、偏心面を持つレンズ系に推奨されます。
- 近軸像空間視野指定 (XIM/YIM) は、ズーム位置全体で画像サイズが一定のズームレンズ系に有用です。これにより、視野指定をズームする必要がなくなります。
- 実像空間視野指定 (XRI/YRI) は、正確に像点を決定する場合に有用です。歪曲収差 (ディストーション) を含むすべての幾何収差の影響が考慮されるので、ズーム位置によって歪曲収差が変化するズームレンズ系にとくに有用です。

7.3.2 非点収差をもつ物体 (Astigmatic Objects)

レーザーダイオードなどの一部の光源は放出される光に非点収差を持っています。この非点収差の影響をシミュレートするための機能について説明します。このオプションは有限物体共役に対してのみ利用可能です。

ASF delta_f_microns	光源が有する非点収差量をミクロン単位で設定します。タンジェンシャル光源 (Y/Z 平面) の位置からのサジタル光源 (X/Z 平面) 位置のシフト量を指定します。ASF に 0 度 (デフォルト設定) を入力すると、非点収差のシフトは無効になります。非点収差の焦点は常にミクロン単位で定義され、常に主光線に沿って測定されます。
ASO angle_degree	光源が持つ非点収差の方位角度を設定します。方位角 0 度は、X 軸方向と一致している状態の光源を表しています。(デフォルト設定は 0 度)

利得誘導型レーザーダイオードでは、光は方向によって異なる点から出てくるように見えます。活性層に垂直な光はダイオードの前面から放出されますが、活性層の平面内の光は、発光窓の $20\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ 後方 (Z 軸に沿って負の方向) にある仮想点から放出されます。

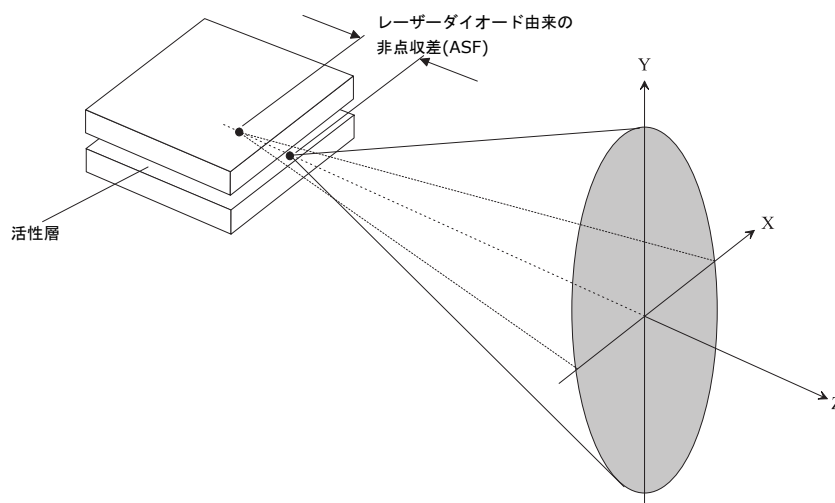


図 7.2. レーザーダイオードにおける非点収差による焦点シフトの幾何的状態

7.3.3 波長の定義 (Wavelength Definition)

波長の数は 11 に制限されています。波長の順序と配列は任意です。常に基準波長として機能する特定の波長があります。これは近軸量（一次特性）、瞳の定義、像面の位置などを決定するための基準波長として用いられます。

EDI LAM	ダイアログボックスを呼び出して、波長、重み、波長の数、および基準波長を入力します。ダイアログボックスは図 7.3 に示されています。
WL lam1 lam2 lam3 ... lam11	波長定義。任意の順序で最大 11 個の波長 (単位: μm) を入力します。入力した波長値の数によって、光学系の評価に使う波長の数 NWL の値が自動的に更新されます。 例:w1 0.546 0.48 0.7 は 3 つの波長 (色) を設定します。
NWL no_of_wavelengths	光学系の評価で使用される波長の数を設定します。
REF ref_w	基準波長を設定します。これは、すべての近軸量（一次特性）および単色収差の基準波長として機能する WL 波長のどれであるかを指定します。 例: REF 2
WTW weight	対応する波長の重み（相対スペクトル強度を指定）。値は整数で、0 から 100 の範囲です。 例: WTW 50 100 75 注: 波長の重みは、上記のコマンド EDI LAM を使用してダイアログボックスで編集することもできます。

7.3.4 光学スペクトル (Optical Spectrum)

波長/重みのペアを明示的に入力する代わりに、波長データを**光学スペクトル**として保存できます。光学スペクトルは、あとで再利用するためにユーザーが定義可能な名前前で保存された波長、重み、および基準波長の集合です。この機能は、異なるスペクトルチャネルを利用するズーム/マルチ構成システムでとくに有用です。異なる光学スペクトル（すなわち、波長/重みの組み合わせ）は、単一のコマンドで各ズーム位置に割り当てることができます。

OSP spectrum_name [?]	<p>事前に定義された光学スペクトルを読み込み、波長、対応する波長の重み、および基準波長を自動的に設定します。使用する波長の数は、事前に NWL コマンドで設定されている必要があります（上記参照）。利用可能な光学スペクトルのリストは以下に示されています。</p> <p>例:</p> <p><code>osp photopic</code> ! 可視（昼光、フォトピック）スペクトルを選択します。</p> <p><code>osp ?</code> ! ダイアログボックスを呼び出して、光学スペクトルを対話的に設定します（図 7.3 参照）。</p>
OSP PLANCK temp_degK	<p>プランクの法則を使用して、黒体放射のスペクトル放射に基づいて光学スペクトルを設定します。第三のパラメータとして、ケルビン単位の黒体の温度が必要です。このコマンドは現在定義されている波長を使用し、波長の重みのみを設定します！ このオプションは現在コマンドラインからのみ利用可能です。</p> <p>例:</p> <p><code>osp planck 6000</code> ! 6000K の黒体放射スペクトルに基づいて波長の重みを設定します。</p>
SAV OSP spectrum_name	<p>光学スペクトル（波長、重み、および基準波長）を <code>spectrum_name</code> の下に保存します。OSP コマンドを使用して、保存されたスペクトルをシステム構成データに割り当てます。</p>

定義済み光学スペクトルの一覧:

スペクトル名	説明
Pan	典型的なパンクロマチックフィルムのスペクトル感度。
Photopic	昼光照明（明所視）に対する人間の目の相対感度。
Scotopic	暗順応条件下（暗所視）での人間の目の相対感度。
MWIR	中波赤外線、 $3\mu\text{m}$ - $5\mu\text{m}$ の波長帯域。
VLAM	「Photopic」と同じ。

ダイアログボックスを使った光学スペクトルの編集:

波長、重み、および基準波長は、メインメニューの *Edit/Configuration* からアクセスし、*wavelengths* タブを選択することでダイアログボックスで編集することもできます（図 7.3 参照）。波長と対応する重みの集合は「光学スペクトル」を構成します。これは波長範囲を定義し、その範囲内の相対スペクトル強度（重み）も定義します。重みは整数で指定され、0 から 100 の範囲が推奨されますが、他の正の数値も受け付けられます。

定義済みの光学スペクトルの設定値は、ダイアログの右側にあるコンボボックスから直接選択することもできます。定義済みのスペクトルの 1 つを選択することで、各波長/重みのペアを手動で入力する手間を省くことができます。適切なスペクトルを選択したら、スペクトルのグラフィカル表示の下にある「Set」ボタンを押すことで、波長、重み、および基準波長が自動的に設定されます。

光学スペクトルの固定:

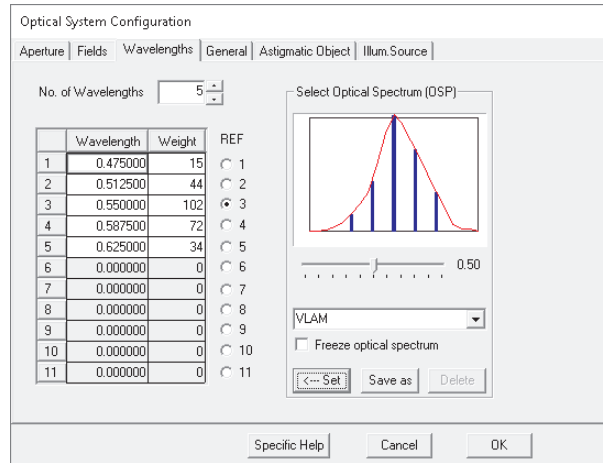


図 7.3. 波長と光学スペクトルの編集

光学スペクトルが選択されてシステム構成に適用されると、通常、すべての波長はスペクトルの範囲内で等間隔にスケールされます。定義および保存された通りに波長を正確に適用したい場合は、「光学スペクトルの固定」(Freeze optical spectrum) チェックボックスをオンにしてください。

7.3.5 システム開口 (System Aperture)

システム開口は、レンズ全体に使用される開口を定義します。この定義は、面開口と混同してはなりません (ページ 185 の 8.33 を参照)。

システム開口は、たとえば以下の方法で定義できます。

- NA、像側開口数
- NAO、物体側開口数
- EPD、入射瞳孔径
- FNO、F 値 (F ナンバー、口径比)
- 物理的な実絞り半径

図 7.4 はこれらのオプションを示しています。

コマンド:

FNO [zi..j zk] F_number	像空間で F 値によって開口を定義します。レンズが変更されると、F 値を満たすように絞り径が調整されます。注: F 値は倍率 = 0 (無限遠の物体) で定義により計算されます。
DEL FNO	以前の F 値設定を削除し、絞り径が自動的に調整されなくなります。
次のページに続く	

前のページからの続き	
EPD [zi..j zk] entrance_pupil_diam	入射瞳径 (EPD)。このコマンドは、入射瞳径の条件を満たすように絞り面の開口寸法を設定します。長方形の開口の場合、EPD は長方形の対角線、すなわち周囲の円として定義されます。楕円形の開口の場合、EPD は楕円軸の最大値です。
DEL EPD	以前の EPD (入射瞳径) 設定を削除し、絞り径の後続の調整がなくなります。
NA [zi..j zk] num_aperture_image	像側開口数 (NA) を設定します。物体位置が無限遠であるか有限距離であるかに関わらず、実際の共役関係における (実使用倍率における) 像側開口数が設定されます。レンズが変更されると、num_aperture_image の要件を満たすように自動的に絞り径が調整されます。
DEL NA	以前の数値開口設定を削除し、絞り径の後続の調整がなくなります。
NAO [zi..j zk] num_aperture_object	物体側開口数を設定します。実際の共役関係における (実使用倍率における) 物体側開口数が設定されます。レンズが変更されると、num_aperture_object の要件を満たすように絞り径が自動的に調整されます。
DEL NAO	以前の数値開口設定 (物体空間) を削除します。
POF oversize_factor	光線グリッドのためにシステム開口の寸法を oversize_factor の係数で増加させます。デフォルトの係数は 1 です。POF は、広角レトロフォーカスシステムなど、瞳の歪みが顕著なシステムでのみ変更する必要があります。
関連コマンド	
NRD num_rays_diam	瞳径に沿った光線の数。入射瞳内の (長方形の) 光線グリッドのサイズを定義します。NRD は 2^n ステップで調整可能です。すなわち、光線グリッドは 4^2 、 8^2 、 16^2 、 32^2 、 64^2 、 128^2 、 256^2 、 512^2 、および 1024^2 のサイズを持つことができます。num_rays_diam が高いほど、結果はより正確になります。しかし、num_rays_diam が増加するにつれて計算時間は二乗的に増加します。プログラムは 1024^2 の光線を受け入れますが、実際のメモリ制限によりこのオプションは現実的ではありません。実際には、 64^2 または 128^2 の光線グリッドが必要とされることは非常にまれであり、 32×32 の光線 (OpTaliX のデフォルト) は精度と速度の最良の妥協点です。光線グリッドは、幾何学および回折解析 (例: スポット、波面、PSF、MTF など) で使用されます。

注意: いったんシステム開口に (NA, NAO, EPD, FNO) が設定されると、絞り径は永続的に自動調整されます。ただし、DEL NA, DEL NAO, DEL EPD または DEL FNO のいずれかのコマンドでシステム開口調整が無効化されると、絞り開口は固定されたままになります。

非円形のシステム開口

(長方形、楕円形または多角形のシステム開口の場合) NA, NAO, FNO、または EPD の仕様は常に非円形システム開口の外接円によって定義されます。この規則は、図 7.5 に長方形および多角形のシステム開口の例で示されています。

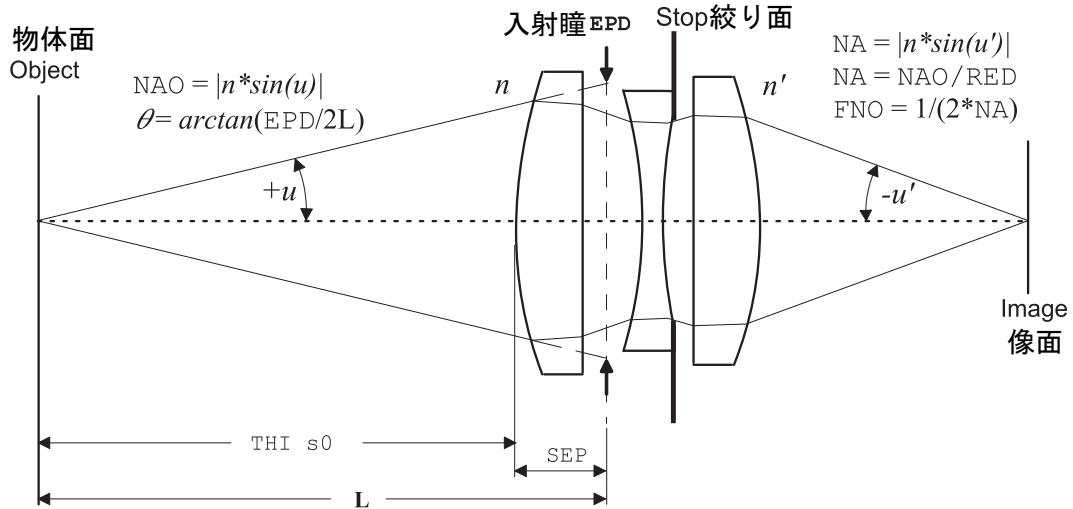


図 7.4. システム開口の定義

7.3.6 瞳のアポダイゼーション
(Pupil Apodization)

入射瞳面上でガウス分布を持つ光束の指定です。この機能は、入射瞳で特定の強度レベルに切り取られたレーザービームをシミュレートするために必要となります。

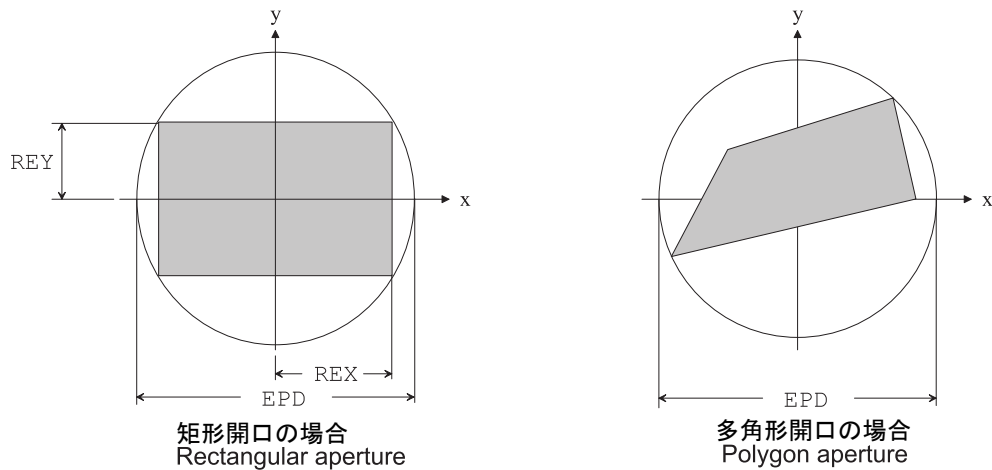


図 7.5. システム開口の定義 (面開口ではありません)。同様に、これは楕円形の開口にも適用されます。NA、NAO、FNO、および EPD は常に複雑なシステム開口形状の外接円に基づいています。

PUI intensity	ガウス分布を持つ近軸入射瞳全体における強度のアポダイゼーション（強度分布調整）。強度 intensity は相対的な瞳座標 PUX、PUY で定義されます。開口中心（PUX=PUY=0）でのピーク強度は1です。デフォルト設定は PUI 1.0 で、これはフラット（アポダイズされていない）強度分布に対応します。
PUX rel_ape_radius_X	PUI 値が達成される相対 X 瞳座標（入射瞳半径に正規化）。デフォルトは PUX 1.0 です。
PUY rel_ape_radius_Y	PUI 値が達成される相対 Y 瞳座標（入射瞳半径に正規化）。デフォルトは PUY 1.0 です。

楕円形の強度分布は、PUX と PUY の異なる値で定義できます。コマンド PUI, PUX, PUY で定義されたガウス強度アポダイゼーションは、次のように評価されます：

$$I(x_p, y_p) = e^{-(\ln PUI) \left[\left(\frac{x_p}{X} \right)^2 + \left(\frac{y_p}{Y} \right)^2 \right]} \quad (7.1)$$

以下のように定義されます

$I(x_p, y_p)$	強度
x_p, y_p	入射瞳座標
X	PUX * (入射瞳半径)
Y	PUY * (入射瞳半径)

式 7.1 は、中心 ($x_p = y_p = 0$) でガウスアポダイゼーションを 1 に正規化し、PUX、PUY で定義された楕円輪郭で PUI の値に正規化します。PUX と PUY が等しい値の場合、円形のアポダイゼーションを指定します。PUX と PUY は 0 以外の任意の値を持つことができます。

例:

入射瞳の縁で強度が 0.135 の円形ガウス強度分布は、次のように指定されます

```
PUI 0.135
PUX 1.
PUY 1.
```

相対瞳座標 X = 1、Y = 0.7 で強度が 0.5 の楕円形ガウス強度分布は次のように指定されます

```
PUI 0.5
PUX 1.
PUY 0.7
```

入射瞳アポダイゼーションに関する注意事項:

- 入射瞳アポダイゼーションは、レンズではなく入射ビームの特性と見なすべきです。
- レンズ内部の面で発生するアポダイゼーションは、セクション 8.28.5 で説明されているように、'面強度フィルター' として INT ファイル に保存されるべきです。
- 入射瞳（および面ベースの INT）アポダイゼーションは、すべての幾何学および回折解析オプションに含まれます。
- PUX、PUY は、特定の視野で主光線に垂直な平面上に定義されます。軸上の物点の場合、アポダイジング平面も光軸に垂直ですが、軸外の視野点の場合、アポダイジング平面はその視野に対応する主光線と同じ方向に同じ量だけ傾きます。

7.3.7 デフォーカス
(Defocus)

<p>DEF defocus THI si defocus</p>	<p>デフォーカス値。デフォーカスは物理的な像面の位置を近軸焦点からのオフセットとして定義します。DEF の負の値は、物理的な焦点が近軸焦点よりも内側（左側）にあることを意味し、その逆も同様です。</p> <p>デフォーカスは「PIM yes」の場合にのみ考慮されます。近軸像解決がオフになっている場合 (PIM no)、DEF (デフォーカス) は影響しません。ただし、情報として近軸像面までの距離は表示されます！ DEF と関連データ BFL および IMD の表現については、図 7.6 および 7.7 も参照してください。</p> <p>デフォーカスは像面上の距離 (THI si) としても定義できることに注意してください。その場合、DEF と THI si は同一です。</p>
---------------------------------------	---

通常、「デフォーカス」は、光学系における球面収差等を考慮して最適な焦点を見つけるために使用されます。以下の図 7.6 に示すように、レンズはかなりの量の球面収差を示します。正確な近軸バックフォーカス BFL を選択しても、収差が最小化される最適な焦点は得られません。適切なデフォーカス項を導入することで、物理的な最良特性評価面を近軸像面から最小錯乱円の位置に移動させます。

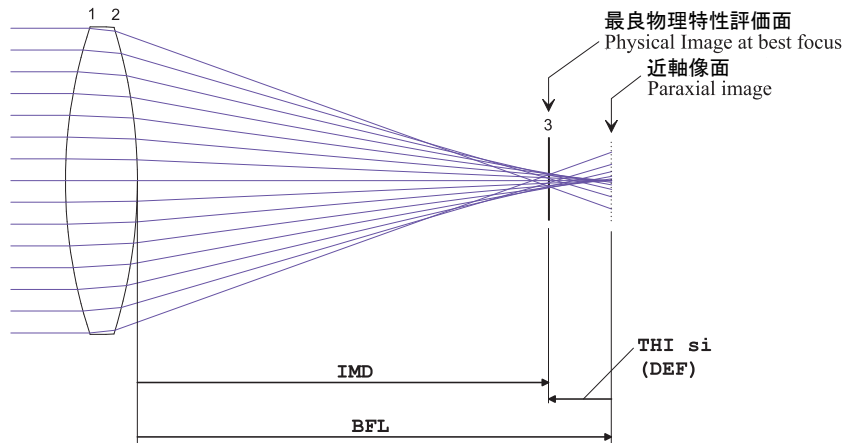


図 7.6. 近軸像に対する「デフォーカス」の表現。デフォーカス (DEF) は常に使用される共役で近軸像から物理的な像面まで測定されます。像距離 (IMD) は常に最後の面から物理的な最良特性評価面まで測定されます。

像距離 (IMD) およびデフォーカス (DEF = THI si) は、図 7.7 に示すように面エディタ (EDI SUR を呼び出して表示) に表示されます。デフォーカス値は「PIM Y」が設定されている場合にのみ変更できます。そうでない場合 (PIM N)、デフォーカス設定は効果がありません。

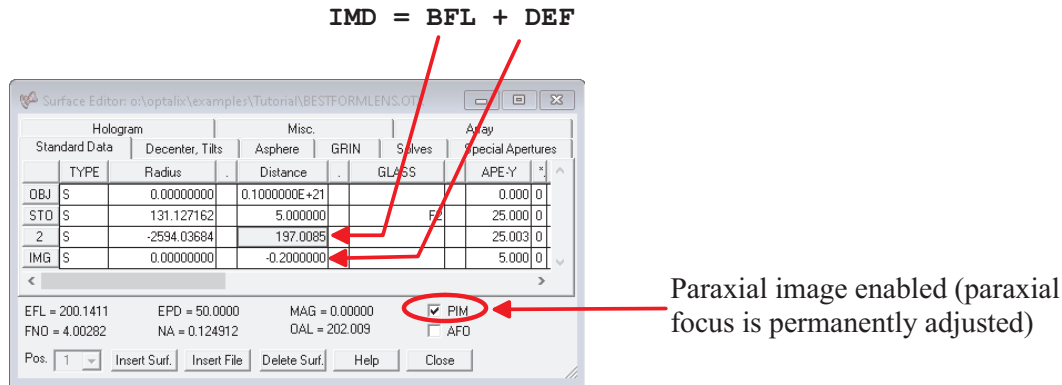


図 7.7. 面エディタにおける像距離 (IMD) およびデフォーカス (DEF) の表示。

7.3.8 備考とコメント (Remarks and Comments)

REM	REM コマンドを使用すると、レンズシステムに保存される最大 4 行のテキストを入力できます。コメントはシステムデータリストおよびレンズ断面図と共に表示されます。
TIT 'string'	アポストロフィで囲まれたレンズシステムのタイトルを入力できます。'string' には最大 256 文字まで入力可能です。
COM si..j comment_string	各面 (si..j) ごとに説明文 (最大 80 文字) を入力します。
SLB si..j comment_string	上記と同様に、各面 (si..j) ごとに最大 80 文字の説明文 (コメント) を入力します。このコマンドは COM コマンドと同等ですが、Code V との互換性のために追加されました。

7.4 レイエイミング方法 (Ray Aiming Methods)

レイエイミングは、光学系を通過する光束を決定するために、各視野ごとに光線追跡用の参照座標値 (光線が狙う方向の座標値) を設定する方法です。レイエイミングは、RAIM、RAIT、および RAIS の 3 つのパラメーターで制御できます。RAIO コマンドは廃止されていますが (従来バージョンとの互換を保つためまだ使用可能です)、使用は推奨されません。一般に、これら 3 つのパラメーターのデフォルト設定を変更する必要はありませんが、いくつかの特殊なレンズ系ではレイエイミングの設定を変更するほうが望ましい場合があります。

<p>RAIM [ENP STO TEL OMN]</p>	<p>レイエイミングモード: ENP 物点からの光線は近軸入射瞳に向けられます。 STO 物点からの光線は実絞り面に向けられます。これがデフォルトモードです。 TEL テレセントリックレイエイミング。物点からの主光線が光軸と平行に射出します。 OMN 全方位放射モード (Omni-directional)、すなわち光線は点光源から任意の方向に 4π 方向空間内で放出されます。このモードでは物点は有限距離に配置されなければなりません。以下の OMN MIN および OMN MAX コマンドも参照してください。 レイエイミング法の詳細な説明は以下に示されています。</p>
<p>RAIT tolerance</p>	<p>レイエイミングの光線探査公差。これは RAIM STO にのみ適用されます。デフォルトのレイエイミング公差は 0.001 倍で、これは開口半径の一部として理解されます。たとえば、5mm の開口での RAIT 0.001 は、望ましい光線座標の誤差が $< 0.001 \cdot 5mm$、すなわち $< 0.005mm$ の場合に光線反復を終了します。</p>
<p>RAIS max_search_step</p>	<p>レイエイミングの光線探査最大幅です。光線の開始座標を見つけるための反復中の光線探査幅の最大値を制限します。max_search_step は入射開口の一部として定義されます。すなわち、1.0 は入射瞳半径に等しいステップに対応します。小さい値は光線の見つけやすさを向上させます。とくに大きな瞳収差を持つシステム（たとえば広角システム）では有効ですが、収束速度が低下する可能性があります。大きな値は光線反復速度を加速しますが、光学系によってはレイエイミングが失敗する可能性があります。そのような場合は RAIS を減少させてください。デフォルト値は RAIS 5 です。</p>
<p>RAIO 0 1</p>	<p>レイエイミングオプション、このコマンドは従来バージョンとの互換性のために残されています。このコマンドに代えてより実用性の高い RAIS コマンドを使用することを推奨します。RAIO 1 は RAIS 0.2 に相当します。この RAIO コマンドにより、通常のレイエイミングモード (RAIO 0) とより正確（しかし大幅に遅い）モード (RAIO 1) のいずれかを設定できます。デフォルト設定は RAIO 0 です。RAIO 1 モードは、通常の光線反復モードが失敗した場合にのみ有効にする必要がありますが、これは非常にまれなケースです。RAIO 1 はより細かい検索を行い、誤った収束条件もチェックします。たとえば、いくつかの広角システムでは、RAIO 1 に切り替えることが推奨される場合があります。このスイッチは慎重に使用してください！ この設定は全般光学系構成データと共に保存されます。</p>
<p>次のページに続く</p>	

前のページからの続き	
OMN MIN MAX angle_deg	<p>全方向性レイエーミングモードで光線を放射させる最小(MIN)および最大(MAX)角度を度単位で指定します。ここでの設定を有効にするには、RAIM OMN コマンドを用いて光線追跡座標の決定方法を全方位モードに設定されている必要があります。そうでない場合、このコマンドは効果がありません。</p> <p>例: OMN MIN -80! 最小全方向性角度は -80° OMN MAX 130! 最大全方向性角度は 130°</p>
EPX Y N	<p>絞り面の前に偏心または傾斜した面がある場合、入射瞳が歪む可能性があり、レイエーミングが失敗することがあります。EPX コマンドは、絞りから物体側への逆光線追跡を最初に行うことで光線反復の収束をサポートし、より良い開始座標を見つけることができます。</p> <p>EPX Y! 光線反復で瞳の歪みを考慮します。 EPX N! 瞳の歪みを無視します。</p> <p>絞り面の前に偏心または傾斜した面がある場合、反復の利点はなく、このオプションをオフにすることを推奨します (EPX N)。</p>

レイエーミングモードは、物体空間での光線初期条件の生成方法を決定します。デフォルトでは、使用されるすべての波長に対してレイエーミングが実行されます。このことにより瞳の色収差が大きな光学系であっても正確に光線追跡が行われます。ただし、すべての波長に対するレイエーミングは時間がかかります。瞳の色収差が小さな光学系であれば、基準波長に対してのみレイエーミングを実行することで計算時間を短縮できます。基準波長にレイエーミングを限定するオプションが設定ダイアログに用意されています。メインメニューから *Edit - Configuration* を選択します。Aperture タブで、チェックボックス「すべての波長に対するレイエーミング」を無効にします。これにより、レイエーミングは基準波長に対してのみ実行されます。

現在、物体点からシステムの瞳に向かう開始光線を定義するために利用可能なモードは4つあります：

7.4.1 ENP: 近軸入射瞳モード (Paraxial entrance pupil mode:)

光線は近軸入射瞳に向けられます。このモードは瞳収差を考慮せず、システム内の傾斜および偏心面を考慮しません。近軸量のみが使用されるため、もっとも高速なモードです。そのため、近軸レイエーミングは、広角系レンズや大きな開口数 (NA) を持ったレンズ系など、顕著な瞳収差があるシステムでは失敗することがあります。その場合は、次のセクションで説明する STO レイエーミング法を使用してください。

7.4.2 STO: 絞り面モード (Stop Surface Mode)

この STO モードでは、絞り面の形状が円形、楕円形、長方形などに関係なく光線は絞り面の物理的な境界（絞り開口の輪郭部）に向けられます。これは反復プロセス（逐次法）であるため、より多くの時間を消費します。また、傾斜および偏心面や開口、さらに小さすぎる面開口

によって引き起こされるビネット効果（口径食）も考慮されます。
レイエイミングモード「STO」の効果は、強い瞳収差を示す広角レンズでよく観察されます。図 7.8 はこの効果の例を示しています。光線が近軸入射瞳に向けられる場合、すなわち RAIM ENP の場合、いくつかの視野角では実際の絞り面にまったく当たりません。これは、入射瞳の軸位置が視野角によって大きく変化するためです。近軸量は視野依存の効果を考慮しないため、近軸入射瞳にのみ照準を合わせると、ほとんどの広角システムでは失敗します。

したがって、RAIM STO を使用することで、光線の正確な開始座標が反復プロセスで正確に追跡され、絞りのサイズと位置が常に正確に見つかります。

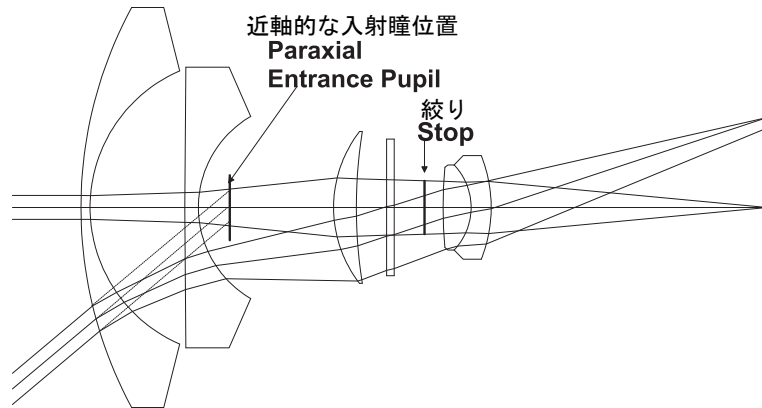


図 7.8. レイエイミング法。近軸入射瞳に照準を合わせた光線（RAIM ENP）は、対応する座標で絞り面に当たりません。RAIM STO は、中心および偏心システムにおける瞳収差を考慮し、正確な開始座標を反復して求めます。

7.4.3 TEL: テレセントリックモード (Telecentric Mode)

無限遠の入射瞳を持つシステムは、テレセントリックモードでもっともよくモデル化されます。物体空間における主光線の初期方向は常に光軸に平行です。テレセントリックモードは有限の物体距離を持つシステムを必要とし、物体から出るビームの角度は開口数によって定義されなければなりません。とくに物体側開口数 NAO による設定を推奨します。（NAO コマンドを参照）。テレセントリック光学系的主光線は必ずしも絞りの中心を通過するわけではないことに注意してください。絞り面は常に光線を制限します（絞り面の FHY 設定に関係なく）。そのため、絞り面が光線を望ましくない方法で切断する可能性があります。このような効果を避けたい場合は、絞りの寸法を適切に大きくする必要があります。

7.4.4 OMN: 全方向性モード (Omni-directional Mode)

光学系によっては、絞り位置やシステム開口の定義（NA、EPD、FNO など）に関係なく、任意の方向に光線を発射する必要があります。これは、照明光学系のコンデンサーレンズ系などの、光源が全方位（ 4π 角度空間）に放射する照明光学系などで有用なオプションです。

たとえば、図 7.9 は、点光源から $\pm 90^\circ$ を超える角度で光線が発射される楕円反射器を示しています。つまり、光線は正の Z 軸方向とは反対の方向にも発射されます。これは、上記で説明した標準的なレイエイミング（生成）方法 ENP、STO、および TEL では通常不可能です。

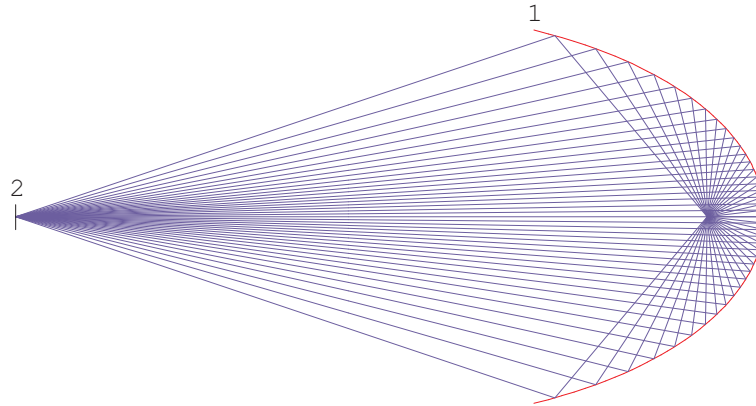


図 7.9. 全方向性レイエーミングの例。例のディレクトリ\examples\mirror\ellipsoid_1.otx を参照してください。

全方向性ビームを定義するために必要な唯一のパラメータは、点光源から光線を発射できる最小角度と最大角度（グローバル座標系に基づく）です。図 7.10 は任意の条件を示しています。許容される最小および最大の光源光線角度の範囲は、 0° から $\pm 180^\circ$ です。

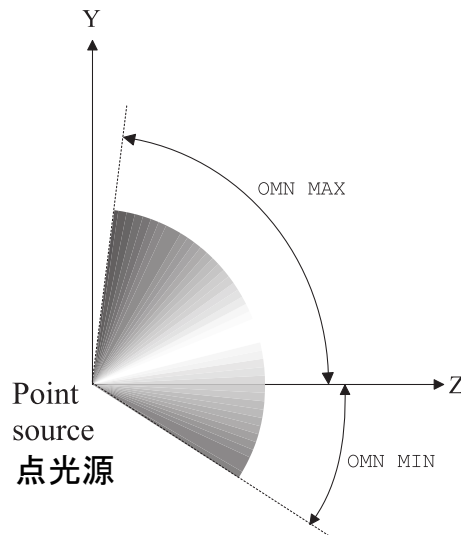


図 7.10. 全方向性レイエーミングにおける点光源から放射されるビーム角度の定義。

全方向性モードでは、光線は球体との交点が等距離になるように生成されます。これは、地球の経度と緯度のようなものです。これにより、いくつかの種類の解析結果を表示する際に不都合が生じます。たとえば、光線交点プロットや照明プロットの結果は常に特定の面の接平面に基づいています。球面座標に基づく座標系を平面に変換することは不可能であるため、点光源から放射される規則的な光線グリッドの歪みは常に平面上で歪を伴った状態で表現されます。

7.5 アフォーカル系 (Afocal Systems)

アフォーカル系では、主点と焦点が無限遠にあります。これは物体と像が無限遠にあることを意味しません。この条件は、光線追跡に特別な手順を必要とします。なぜなら、無限遠への

追跡は数値的な問題を引き起こすからです。物体空間での無限遠と像空間での無限遠を区別します。多くのシステムでは、**物体空間での無限遠**は非常に一般的ですが、**像空間での無限遠**は有限の像面での横光線収差の代わりに**角度**光線収差で処理されます。

ほぼ平行な周辺光線は、レンズ系が有する収差により、光軸に対して角度 α で光学系を出ます。像が無限遠にあると仮定されるため（像空間での無限遠）、光線の横収差も無限大になります。ここで、システムの出口に配置され、光線の角度収差を有限の測定値に変換するのに役立つ仮想の「理想」レンズの概念を導入します。単純化するため、理想レンズの焦点距離は 1000mm と仮定し、角度 $\alpha = 1\text{mrad}$ を横収差 $y' = 1\text{mm}$ に変換します。

「理想レンズ」概念の素晴らしい点は、横収差の領域で扱うことが可能になることです。レンズ系が像空間で無限遠である場合、仮定された「理想」レンズの焦点面での 1mm の横収差は 1mrad の角度光線偏差に対応します。

レンズ系が無限遠（像空間）である場合、*OpTaliX*はこの変換を内部的に自動的に行います。光学系の後に理想レンズを追加する必要はありません。レンズ系を無限遠にするために必要な唯一のコマンドは

AFO yes

です。焦点が実際に無限遠にあるかどうかに関係なく、すべての性能解析（スポット、ファン、MTF、PSF など）は横収差（mm）ではなく角度収差（mrad）で表示されます。

光路差（OPD）はシステムの射出瞳内の平面波に基づいて参照されます。内部で使用される理想レンズの焦点距離は常に 1000mm であるため、視野の像面湾曲もジオプターで表示されます。

7.6 ビネッティング (Vignetting)

光学系におけるビネッティングは、絞り面の形状と寸法、および **FHY** コマンドを使用して他の面に設定された固定アパーチャ（固定絞り）によって定義されます。光学系内の面の数だけ固定アパーチャを設定できます。固定アパーチャは、システムリスト（**LIS** コマンドを参照）で、アパーチャ径の直後にアスタリスク（*）文字が付いていることで示されます。

SET VIG	固定アパーチャ（固定絞り）面の設定にしたがって、ビネッティングファクター VUX, VLX, VUY, VLY を計算します。Code V との互換性のために含まれています。以下の注意事項も参照してください。
DEL VIG [fi..j]	フィールド i から j までのビネッティングファクターを削除します。

関連コマンドについては、**SET MHT** および **FHY** を参照してください。詳細は、ページ 190 のセクション 8.33.3 を参照してください。

SET VIG コマンドに関する注意事項:

OpTaliX における光学系を通過する光線束は、固定アパーチャ（固定絞り）面で設定された有効径情報のみから規定されます。SET VIG コマンドを使用することでビネッティングファクター（ビネッティング量）を評価できますが、これは評価結果の情報提供のみを目的として出力されるだけで、光束のサイズや形状には影響しません。

光束は常に実際の開口を使用して計算されるため、ビネッティングファクターと光束形状とが不整合を起こす心配はありません。*OpTaliX* は常に正しい光束を計算します。とくに、レンズ断面図に表示される光線は、すべての性能解析オプションで使用される光束の限界を実際に表しています。

SET VIG コマンドの典型的な出力は次のとおりです：

VIGNETTING FACTORS:

Field	VUX	VLX	VUY	VLY	UX	LX	UY	LY
1	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	6	6	6	6
2	-0.00002	-0.00002	-0.00003	-0.00010	6	6	6	6
3	0.00043	0.00043	0.17753	0.13093	6	6	11	1

ビネッティングファクターは、各フィールドごとに個別に示されます。UX、LX、UY、LY 列は、光束を制限する面を示します。上記の例では、フィールド3で、面11が光束の上部Y部分（UY）を制限し、面1が光束の下部Y部分（LY）を制限しています。

第8章

面データ – Surface Data –

面データには、曲率半径、厚さ（軸方向の間隔）、硝材などの典型的なレンズ設計データが含まれます。番号付けの順序は、物体面を0（ゼロ）として開始します。光学系の最初の面は面1であり、通常のシーケンシャル（順次）システムでは、光線が当たる順序で面番号が単調に増加します。

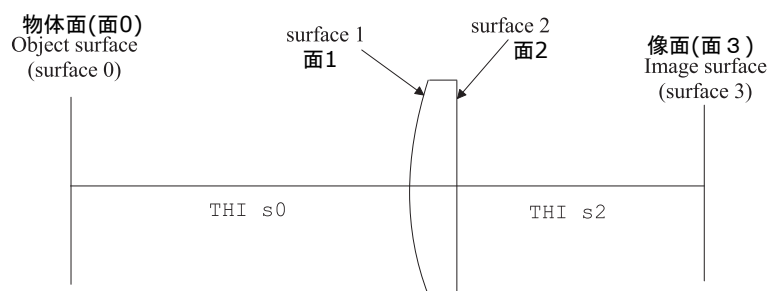



図 8.1. 面の番号


反射面を含む光学系では、次の面までの面間隔が通常負であることに注意してください。これは、反射面の後に光路内の次の面が通常反射面から負のZ方向に位置するためです。したがって、面間隔は光路長として定義するのではなく、現在の面に対して次の面がZ軸上のどこに位置するのかを配置位置として定義することに注意してください。

光学特性を評価するための像面に関する間隔 (THI SI) は特別です。像面 (SI) の前の面 (SI-1) から像面 (SI) までの実際の像距離は、近軸像距離とデフォーカス項 (THI SI) の合計です。これは、近軸像解法 (PIM) とデフォーカス項を使用するためです。近軸像解法が使用されていない場合、像面の厚さ (THI SI) は自動的に更新され、近軸焦点との差を示します。

面データを入力および変更する方法は2つあります。1つ目は、編集->面メニューまたは適切なツールバーアイコンから面エディタを呼び出す方法です。2つ目は、メインメニューの下と画面のどこにでも配置できるフローティングダイアログとして存在するコマンドラインから面データに関するコマンドで直接入力する方法です。また、コマンドラインから EDI SUR と入力して面エディタを呼び出す方法もあります。

8.1 面エディタ (Surface Editor)

面エディタは、グラフィカルユーザーインターフェイス (GUI) から面のパラメーターを編集するための複数のスプレッドシートを含むタブ付きダイアログです。これにより、GUIからの

面エディタからほとんどすべての面に関する情報を入力することができ、**コマンドライン** (セクション 6) でデータを入力する代わりとなります。面エディタは、メインメニューの編集 → 面データから、またはツールバーの  アイコンをクリックするか、コマンドラインで EDI SUR と入力することで呼び出されます。面のパラメーターは、図 8.2 に示すように、いくつかのタブにグループ化されています。

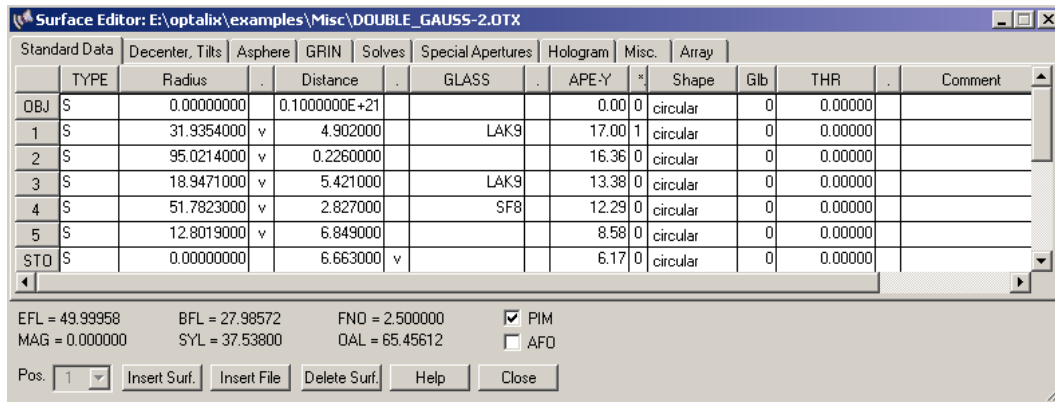


図 8.2. コマンド EDI SUR で呼び出される面エディタ画面

8.2 面パラメーターの元に戻す (Undo) とやり直し (Redo) (Undo and Redo of Surface Parameter)

ほぼすべてのパラメーター変更は、さまざまなエディターやコマンドラインから入力されたものを含めて、元に戻したり (Undo) やり直したり (Redo) できます。ただし、マクロからパラメーターに対して行われた変更は元に戻すことができません。

元に戻す操作は、プログラムのメインウィンドウの左側にある左向き矢印のシンボル (Undo) をクリックすることで行います。やり直し操作は、対応する右向き矢印のシンボル (Redo) をクリックすることで行います。元に戻すおよびやり直しのシンボルを含むツールバーの位置は、図 8.3 に示されています。

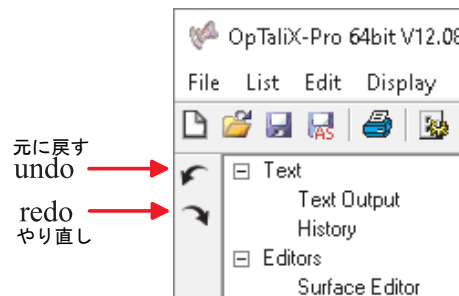


図 8.3. 元に戻す (Undo) およびやり直し (Redo) の機能

コマンドラインからは、以下のコマンドで元に戻すおよびやり直しを行います：

UNDO	パラメーター変更を元に戻します。
REDO	パラメーター変更をやり直します。

8.3 面パラメーター (Surface Parameters)

次の表は、コマンドラインから一般的なレンズパラメーターを定義または編集するためのコマンドを一覧にしたものです。ホログラム、フレネル面、偏心面や傾斜面などの特殊な面のパラメーターについては、後の小節で詳しく説明します。

S rad thi gla	現在の面ポインターの位置に新しい面を挿入します。その面の rad は曲率半径、thi は面間隔、gla は硝材です。詳細な説明については、セクション 8.5 を参照してください
ASP [si..j]	面を非球面に定義 (面タイプを非球面に変更)
SPH [si..j]	面を球面に定義 (面タイプを球面に変更)
NOR [si..j]	”光線追跡をしない”面を定義します。光学系の偏心を定義する際に座標変換の便宜のために使用します
K [si..j] value	円錐定数 (コーニック定数)
A [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 4 次の非球面定数
B [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 6 次の非球面定数
C [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 8 次の非球面定数
D [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 10 次の非球面定数
E [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 12 次の非球面定数
F [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 14 次の非球面定数
G [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 16 次の非球面定数
H [si..j] value	非球面方程式 8.1 で定義される 18 次の非球面定数
CON [si..j]	円錐面を定義 (面タイプをコーニック面に変更)。コーニック面とは円錐面 (楕円・放物面・双曲面・偏球面を含む 2 次曲面)
YTO [si..j]	面を Y 方向のトーリック面に定義 (面タイプをトーリック面に変更) セクション 8.7.8 トロイダル面を参照
STO si STO i	面 i を絞り面にします。”s”修飾子は必須ではありません。以下の例はどちらも有効です: STO s3, STO 3
SUT [si..j] ABCD	最大 6 文字の文字列で定義される面の種類 ”cccccc”。 例: SUT s1 AD: 面 1 は非球面で偏心しています。 SUT s2..3 si: 面 2 から 3 は s (球面) で i (屈折率分布面) です。 利用可能な面の種類の修飾子のリストについては、以下の (ページ 82) を参照してください。
CPI si..j sx	曲率ピックアップ (ここでのピックアップとは面と面に従属関係を持たせる機能です)。面 si..j を面 sx にピックアップします。sx に負の符号が付いている場合、反対の曲率を持つ面をピックアップします。 例: CPI s5 -3: 面 5 の曲率は面 3 から反対符号でピックアップされます。
次のページに続く	

前のページからの続き	
DPI si..j sx	面間隔ピックアップ。面 si..j を面 sx にピックアップします。sx に負の符号が付いている場合、反対の面間隔を持つ面をピックアップします。 例： DPI s5 -3: 面 5 の面間隔は面 3 から反対符号でピックアップされます。
MPI si..j sx	硝材ピックアップ。面 sx の硝材特性が面 si..j にピックアップ（従属関係に設定）されます。
TPI si..j sx	面偏心（ティルトとシフト）のピックアップ。面 si..j は面 sx と同じ量だけ面偏心されます。
TPF si factor	面偏心ピックアップ係数。factor が 1.0 でない場合、面偏心（ティルトとシフト）のピックアップ値は factor 倍されます。
CUX [si..j] curvature_x	X/Z 平面の曲率。このパラメーターはトーリック面にのみ有効で、面の種類が“A”（非球面）である必要があります。
CUY [si..j] curvature_y	Y/Z 平面の曲率。面タイプが球面の場合、この値がデフォルトの曲率として使われます。曲率の代わりに半径を指定するコマンド RDY も参照してください。
CIY [si..j] curvature_incr	面の曲率 Y 成分（CUY）を即座に増加させます。曲率の値を意識することなくそのパワーを変更させたいときに便利です。
RDX [si..j] radius_x	X/Z 平面の曲率半径。このパラメーターはトーリック面にのみ有効で、面の種類が“A”（非球面）である必要があります。
RDY [si..j] curvature_y	Y/Z 平面の曲率半径。面タイプが球面の場合、この値がデフォルトの曲率半径として使われます。曲率の代わりに曲率半径を指定する場合は CUY コマンドを使います。注意：半径値が 0 の場合、物理的に不可能であるため、曲率 0（平面）として解釈されます。
THI [si..j] [zi..j zk] thickness	面頂点から次の面頂点までの軸方向の面間隔
TIN [si..j] thickness_incr	面間隔（THI）に対する増分を指定。現状の面間隔に thickness_incr が即座に加えられて新たな面間隔になります。
THM [si..j sk] mirr_thickness	指定したミラー面の中心厚さを mirr_thickness に設定。値は常に正です。
次のページに続く	

前のページからの続き	
THR [si..j] reference_thickness	参照される面までの軸上間隔を設定します。グローバル参照と併用します。このコマンドと THI (後続面までの面間隔) を混同しないでください。THR は前の面を参照し、THI は常に次の面を参照します。したがって、1つの面には THI と THR の両方のパラメータを持つことができます。注意：グローバルに参照される面は別途 GLB si..j k コマンドで指定します。グローバル参照の概念の詳細については、セクション 8.22 を参照してください。
GRO [si..j] ival	グレーティング次数で整数値を設定します。このコマンドは旧バージョンとの互換のために残されています。GRO に代えて HOR コマンドを使用してください。
HOR [si..j] ival	ホログラム素子の回折次数、整数値を設定。
GRX [si..j] grating_freq_x	X 軸に平行な溝のグレーティング周波数 (溝/mm)
GRY [si..j] grating_freq_y	Y 軸に平行な溝のグレーティング周波数 (溝/mm)
NSS [si..j]	面 si..j をノンシーケンシャル面 (非順次面) に指定します。
MXH [si..j] n_hits	ノンシーケンシャル面 (非順次面) で許容される最大の光線ヒット数 (デフォルト: n_hits = 10)
REFL [si..j]	鏡面 (ミラー面) に指定します。この面に到達したすべての光線が反射します。
REFR [si..j]	屈折面に指定します。この面に到達したすべての光線を屈折させます。ただし、全反射 (TIR) は失敗と見なされます。
TIR [si..j]	全反射面に指定します。この面は鏡面 (REFL) と同様に機能しますが、TIR 条件を満たさない光線は失敗としてメッセージが出力されます。
RMD [si..j] REFR REFL TIR	屈折/反射モードを指定するためのコマンドです。利用可能なモードは下記の REFR、REFL、TIR デフォルトは屈折面 REFR モードです。 REFR = 面 si..j で全ての光線を屈折させる REFL = 面 si..j で全ての光線を反射させる TIR = TIR 条件を満たす光線のみを反射させる 例： RMD s2 REFL ! 面 2 を鏡面に指定する。
MFL si module_efl	モジュール焦点距離。si はモジュール範囲の最初の面です。
SPG [si..j sk] spec_gravity	硝材の比重 (g/cm^3) です。指定がない場合はガラスカタログから取得されますが、SPG コマンドで比重値を指定した場合はその値が優先されて使われます。

8.4 無限値を意味する数値 (Infinity Values)

無限値はコンピューターで正確に表現することができないため、*OpTaliX*では以下の規約が適用されます：

距離および面間隔：

10^{10} を超える距離は無限値と見なされます。この規則はとくに無限遠の物体距離に適用されます。無限遠の物体を確実にするために、物体距離 (THI so) が 10^{10} を超えていることを確認してください。

曲率半径および曲率：

10^{10} を超える曲率半径は無限と見なされます。つまり、その面は完全に平坦であると仮定されます。特別なケースとして、面の曲率半径が0の場合があります。たとえば、RDY sk oです。このコマンドは自動的に無限の曲率半径 (曲率 = 0、つまり CUY sk o) を持つ平坦な面にデフォルト設定されます。

8.5 面データの略式入力方法 (Surface Shorthand Entry)

球面であれば、略式入力方法を使って、次のコマンドで簡便に指定できます。：

```
S rad_curv thickness glassname
ここで
```

```
rad_curv   Y方向の曲率半径や曲率です。曲率半径や曲率の入力はRDMコマンドで
            定義されます (セクション 7.1 ページ 57 を参照)、
thickness  面頂点の右側の軸方向の間隔です
glassname  ガラスメーカーの指定です
```

面の略式入力のデフォルトの面タイプは球面です。

8.6 面タイプ (Surface Type)

面タイプ (面の種類) は、各面に割り当てられる6文字の文字列で設定・変更できます。面タイプは次のコマンドで定義されます：

```
SUT si..j cccccc
```

ここで、ccccccは面のタイプを表す文字の並びです。面タイプは2種類に分類されます。ひとつは省略不能の必須タイプです。もうひとつはオプションとして任意に指定できるタイプです。以下の表に示すように、分類されます。

必須の面タイプ		任意の面タイプ (順序は任意)	
S	球面	D	偏心面 (ディセンタ/ティルト)
A	非球面、セクション 8.7.1 から 8.7.5 を参照。	M	鏡面 (ミラー面)

次のページに続く

前のページからの続き	
L レンズモジュール (理想レンズ)	G グレーティング面
X 「光線追跡なし」面。この面は実際に光線を追跡せずに面の座標を変換するだけです。セクション 8.23 を参照。	H ホログラフィック面
U ユーザー定義の面	F フレネル面
	I 屈折率分布型 (GRIN) 面
	N ノンシーケンシャル面 (NSS)、面タイプ「D」と組み合わせて使用する必要があります
	P パイプ (ライトパイプ、ステップインデックスファイバー)。テーパーパープ/ファイバーのテーパースタイルは、最終面のアパーチャー半径によって定義されます
	R 同一面形状の組み合わせからなる (レンズアレイ)
	T 全反射 (TIR) 面 (セクション 8.13、ページ 114 を参照)
	Z ゼルニケ面
	C 回転対称スプライン面
	W 格子データで与えられた2次元面形状
	E 純粋な2次元スプライン (非対称)、ベース面なし。準備中。

必須の面タイプ (「A」、「S」、「X」、「U」または「L」) のいずれかを必ず指定する必要があります。「A」と「S」は基本面 (非球面と球面) を表します。面タイプ「L」 (レンズモジュール) は基本面を指定しません。なぜなら、それは変換特性のみを持つためです。「L」はこの規則の例外でもあります。「L」文字に加えて任意の面タイプを指定することはできないからです。

任意の面記述子は、複雑な面を構築するために任意に組み合わせることができます。たとえば、

```
SUT s1..3 DAM
面 1 から 3 の面タイプを次のように設定し
ます：
D = 偏心面、
A = 非球面、
M = 鏡面 (ミラー面)
```

面タイプ修飾子の順序は重要ではありません。すなわち、

```
SUT s1..3 DAM
SUT s1..3 AMD
SUT s1..3 MDA
```

は同等です。

注意: 屈折率分布型面およびステップインデックスファイバーは、面タイプを定義するための修飾子と材料特性（GRIN またはステップインデックス）を定義するための修飾子の2つを必要とします。たとえば、

SI は屈折率分布型材料を持つ球面を示し、
SP はステップインデックス特性を持つ球面を示します。

8.7 非球面 (Aspheric Surfaces)

非球面は一般的に、1次元の多項式表現で定義され、その後、Z軸（光軸）を中心に回転させて面を形成します。以下の種類の多項式非球面が利用可能です：

- 偶数次多項式非球面、最大 18 次まで
- 奇数次多項式非球面、最大 9 次まで
- 特殊奇数次多項式非球面、最大 30 次まで
- XY 多項式面、最大 10 次まで
- アナモルフィック（二円錐）面、最大 10 次まで
- トロイダル面
- シリンドリカル面（円筒面）
- Qcon 多項式
- Qbf 多項式
- X 自由形状非球面、アナモルフィック、偶数次および XY 多項式非球面の組み合わせ、さらに標準ゼルニケ係数を含む

非球面は、タイプ指定コマンド ASP sk または面タイプを「A」に変更することで定義されます。面の形状は、さまざまな種類の係数によってさらに定義されます。

非球面コマンドの概要:

ASP si..j sk EVEN ODD9 ODD30 XYP AAS CYL QCN QBF XFF
面 si..j sk を非球面タイプに変換します。対応する係数は適切に変換されます。係数の順序が一致しない場合、警告メッセージが表示されます。例えば、ASP EVEN タイプの非球面を ASP ODD30 非球面に変換することはできますが、逆の変換（ASP ODD30 から ASP EVEN）は、奇数次の係数が ASP EVEN タイプの面ではモデル化できないため、係数の損失を招く可能性があります。以下の ATY コマンドも参照してください。

<p>ATY si..j sk EVEN ODD9 ODD30 XYP AAS CYL QCN QBF XFF</p>	
<p>非球面タイプのみを変更し、係数は変換しません。高次多項式のタイプは次のように定義されます：</p> <p>EVEN = 式 8.1 に従った偶数次多項式</p> <p>ODD9 = 式 8.5 に従った奇数次および偶数次多項式の混合</p> <p>ODD30 = 拡張された奇数次および偶数次多項式</p> <p>XYP = 10 次までの XY 多項式</p> <p>AAS = アナモルフィック (2 円錐) 非球面 (高次係数は設定できません)</p> <p>QBF = Qbf 非球面</p> <p>QCN = Qcon 非球面</p> <p>CYL = シリンドリカル面 (円筒面)</p> <p>XFF = X 自由形状面</p> <p>EVEN および ODD9 非球面タイプの係数は A,B,C,D,E,F,G,H コマンドで入力されますが、ODD30 および XYP 非球面タイプの係数は SCO コマンドを使用して入力する必要があります (下欄参照)。代わりに、EDI SPS コマンドによるダイアログベースの入力も提供されています。</p>	

Code V 互換コマンド	
<p>SPS ODD XYP QCN QBF XFF ZFR ZFE ZRN si..j sk</p>	<p>非球面タイプを ODD、XYP、QCN または QBF 特殊非球面に変更します。自動的に面タイプを「A」に設定し、非球面タイプを次のように設定します</p> <p>ATY odd30 は SPS ODD に対応</p> <p>ATY xyp は SPS XYP に対応。</p> <p>SPS 面タイプは曲率 (RDY または CUY) および SCO 係数によって決定されます。面が「EVEN」または「ODD9」タイプの非球面から SPS 面に変更される場合、対応する面パラメータは保持され、適切な SCO 係数に保存されます。それ以外のすべての SCO 係数はゼロに設定されます。</p> <p>ZFR ZFE ZRN : 面範囲 si..j sk でゼルニケ係数を有効にします。詳細は ZTYP コマンド (ページ 167) を参照してください。</p>
<p>SCO si..j sk ci coefficient</p>	<p>SPS ODD XYP QCN QBF 面の係数 si..j sk を記述します。係数の意味はそれぞれの ODD XYP タイプによって異なります。詳細はセクション 8.7.4 および 8.7.5 を参照してください。</p>
<p>YTO si..j sk</p>	<p>Y 方向のトロイダル面に変換します。この面は YZ 平面では ODD9 あるいは EVEN 非球面ですが、Xz 平面では常に球面と見なされます。Y トロイドは CUX = CUY (または CUX = 0) および K = A = B = C = D = E = F = G = H = 0 の場合、球面に退化します。</p>
<p>CYL si..j sk</p>	<p>シリンドリカル面 (円筒面) に変換します。詳細はセクション 8.7.7 (ページ 93) を参照してください。</p>
<p>次のページに続く</p>	

前のページからの続き	
IC sk si..j Yes No	<p>光線と面の交点を選択します。光線が面と交差する点が複数ある場合、このオプションを使用して通常使用される交差点とは異なる交差する点を選択できます。このオプションは通常、光線が面の通過点における法線に対して高角度である場合にのみ必要です。通常は必要ありません。</p> <p>IC Yes = デフォルト、 IC No = 通常の交差点ではない側を選択。</p> <p>面エディタでは、ICは「Misc」タブで設定できます。</p> <p>代替交差点に関する注意事項については、セクション 8.8 を参照してください。</p>

非球面は常に面タイプ (SUT) "A" を必要とし、これは面タイプ "S"、"L"、"U" または "X" を置き換える必要があります。たとえば、面タイプ "SA"、"LA" または "XA" の同時指定は許可されていません。面タイプの詳細な説明については、セクション 8.6 (ページ 82) を参照してください。

8.7.1 偶数次非球面 ("EVEN" Power Asphere)

偶数次非球面は次式によって定義されます

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2h^2}} + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12} + F \cdot h^{14} + G \cdot h^{16} + H \cdot h^{18} \quad (8.1)$$

$$\text{ここで: } \begin{cases} c & = \text{頂点曲率 (単位: } mm^{-1} \text{)、つまり近軸曲率半径 (mm) の逆数} \\ K & = \text{コーニック係数 (円錐係数)} \\ A, B, C, D, E, F, G, H & = \text{非球面係数} \\ h^2 & = x^2 + y^2 \text{ (単位: mm)} \\ x, y & = \text{面の座標 (単位: mm)} \end{cases}$$

偶数次非球面は回転対称面であり、式 8.1 で定義された円錐/多項式断面形状が Z 軸を中心に回転して形成されます。

コーニック係数 (円錐係数) K は円錐断面の面を記述します:

$$\begin{array}{ll} K < -1 & \text{双曲線} \\ K = -1 & \text{放物線} \\ -1 < K < 0 & \text{長軸方向の楕円 (長円)} \\ K > 0 & \text{短軸方向の楕円 (短円)} \\ K = 0 & \text{球面} \end{array}$$

表 8.4. コーニック係数 (円錐係数) K の幾何学的意味

式 8.1 の別のバリエーションが時折使用されます:

$$z = \rho h^2 / \left(1 + \sqrt{1 + (1 - \kappa \rho^2 h^2)} \right) + A \cdots h^4 + B \cdots h^6 + \cdots \quad (8.2)$$

K と κ の両方が円錐係数と呼ばれ、両方の式が類似の形式を持つため、混同されやすいです。明確にするために、*OpTaliX* では一貫して式 8.1 を使用します。数値偏心率 ε と円錐係数 k は次のように関連しています：

$$K = -\varepsilon^2 \quad \text{長軸方向の楕円} \quad (8.3)$$

$$\frac{K}{K+1} = \varepsilon^2 \quad \text{短軸方向の楕円} \quad (8.4)$$

式 8.3 は双曲線にも有効です。

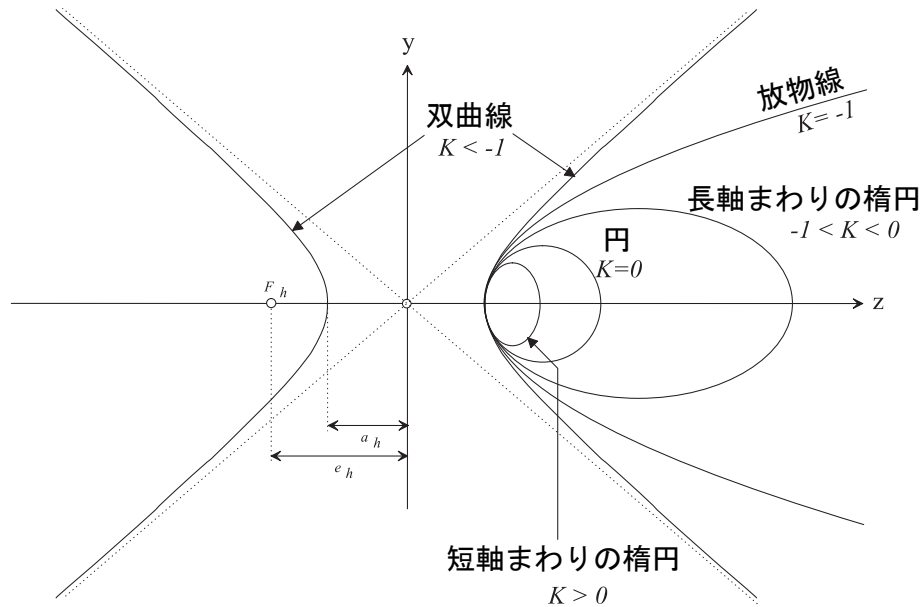


図 8.4. 非球面の円錐断面形状

8.7.2 奇数次非球面 ("ODD9" Power Asphere)

前のセクションで定義された偶数次非球面に対して、ここで定義する奇数次非球面は、非球面係数が拡張されていることが特徴です。非球面係数に偶数次だけでなく奇数次も含まれます。この奇数次非球面は、9次までの奇数次および偶数次の係数が含まれます。もっとも低次の項は4次ではなく2次から始まります。

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2h^2}} + A \cdot h^2 + B \cdot h^3 + C \cdot h^4 + D \cdot h^5 + E \cdot h^6 + F \cdot h^7 + G \cdot h^8 + H \cdot h^9 \quad (8.5)$$

$A \cdot h^2$ 項は近軸量に影響を与えます。二次項は頂点曲率 $2 \cdot A$ をもつので、近軸解析で使用される実効的な曲率は $c = c_0 + 2 \cdot A$ に換算されます。

奇数次非球面は回転対称面であり、式 8.5 で定義された円錐/多項式断面形状が Z 軸を中心に回転して形成されます。

8.7.3 EVEN および ODD9 非球面モデルにおける長軸または短軸の楕円

前のセクションで使用された「長軸または短軸の楕円」という用語は、しばしば混乱を招きます。EVEN および ODD9 非球面は、主に回転対称面です。 $c_x = CUX = 0$ （トーリック面の特殊ケース）と仮定すると、面は Y/Z 平面の 2 次元曲線（円錐または多項式）を Z 軸の周りに回転させることによって生成されます。

この概念は、EVEN および ODD9 非球面モデルで楕円面がどのように形成されるかを理解するために重要です。式 8.1 や 8.5 は、Y/Z 平面におけるサグ（たわみ）を定義するだけです。これらの曲線を Z 軸の周りに回転させると、 $-1 < K < 0$ の場合（長軸の楕円）には楕円体が記述されますが、短軸の楕円断面（ $K > 0$ ）の場合にはそうなりません。

図 8.5 および 8.6 は、その違いを示しています。

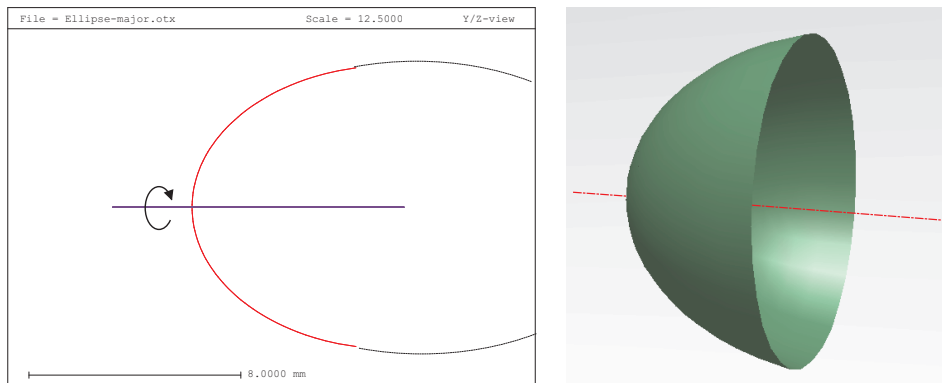


図 8.5. 長軸の楕円断面の定義 ($-1 < K < 0$)。左：楕円の断面。右：結果として得られる面の透視図。



図 8.6. 短軸の楕円断面の定義 ($K > 0$)。左：楕円の断面。右：結果として得られる面の透視図。

したがって、短軸で定義された楕円断面は、Z 軸に沿った「真の」楕円体を記述しません。短軸に沿った真の楕円体をモデル化する必要がある場合は、セクション 8.7.6 で説明されているように、アナモルフィック（二円錐）面モデルを使用してください。

8.7.4 拡張奇数次非球面 (“ODD30” Power Asphere)

「ODD30」タイプの拡張奇数次非球面は、「ODD9」タイプの非球面を 30 次まで拡張したもので、奇数次および偶数次の非球面係数を含みます。これは純粋に回転対称の面です。受け入れられる係数の数が多いため、Code V の用語では特殊非球面 (SPS) として扱われます。基本的

に、**特殊面** (SPS) は「ユーザー定義面」(UDS) のように扱われます。なぜなら、同じ係数領域を使用するためです。これら2つの違いは、特殊面の係数が SCO コマンドで入力され、ユーザー定義面の係数が UCO コマンドで入力されることです。ユーザー定義面と特殊面は、面タイプによって区別されます。

- A 特殊面 (EVEN、ODD9、ODD30、XYP)
- U ユーザー定義面

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K + 1)c^2h^2}} + C_2 \cdot h + C_3 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^3 + C_5 \cdot h^4 + C_6 \cdot h^5 + \dots + C_{31} \cdot h^{30} \quad (8.6)$$

ここで: $\begin{cases} c = \text{頂点曲率 (単位: mm}^{-1}\text{)} \\ K = \text{円錐係数} \\ C_i = h^{i-1} \text{ の係数, } 2 \leq i \leq 31 \text{ の場合} \\ h^2 = x^2 + y^2 \text{ (単位: mm)} \\ x, y = \text{面の座標 (単位: mm)} \end{cases}$

すべての C_i 係数がゼロの場合 (デフォルト)、純粋な円錐面が得られます。展開に使用する項の最大数は係数 C_{32} (C32) で指定できます。計算を高速化するために、C32 が 0 の場合、すべての 31 係数が使用されます。

以下の表は、ATY ODD30 非球面タイプの面パラメーターに対する係数番号を示しています (代わりに SPS ODD コマンドを使用します)。

係数	定義
C1	円錐係数
C2	1 次非球面係数
C3	2 次非球面係数
C4	3 次非球面係数
C5	4 次非球面係数
C6	5 次非球面係数
C7	6 次非球面係数
C8	7 次非球面係数
C9	8 次非球面係数
C10	9 次非球面係数
C11	10 次非球面係数
C12	11 次非球面係数
C13	12 次非球面係数
C14	13 次非球面係数
C15	14 次非球面係数
⋮	⋮
C31	30 次非球面係数
C32	展開に使用する項の数

係数 C1 から C32 の入力は、ページ 85 で説明されている SCO コマンドによって行われます。面エディタでは、SPS ODD 面が「Asph.Type」列の「Asphere」タブから選択されます。図 8.7 に示すように、プルダウンメニューを使用して適切な非球面タイプを定義します。

SPS ODD 面には K、A、B、C、... 列が意味を持たないため、グレーアウトされていることに注意してください。エディターの代わりに、SPS/UDS エディターを呼び出して ODD/ODD30 係数を編集します。これは、メインメニューの Edit -> SPS/UDS Coefficients から、またはコマンドラインで EDI UDS と入力することで実行されます。

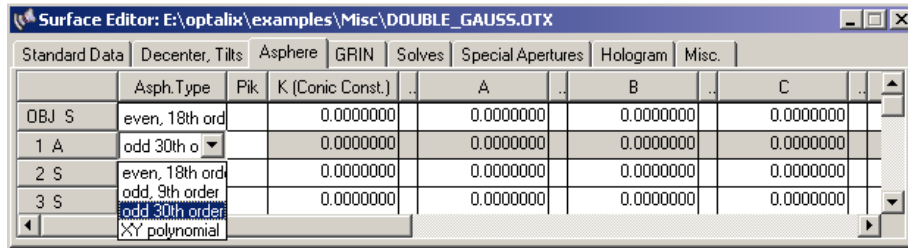


図 8.7. 拡張奇数次非球面 (SPS ODD) の設定画面

8.7.5 XY 多項式非球面 ("XY" Polynomial Asphere)

XY 多項式非球面は、ベースとなるコーニック面に追加された 10 次の多項式面です。多項式は $x^m y^n$ の単項式に展開され、 $m + n \leq 10$ となります。方程式は次の通りです。

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K + 1)c^2 h^2}} + \sum_{i=2}^{66} C_i x^m y^n \quad (8.7)$$

ここで: $\left\{ \begin{array}{l} c = \text{頂点曲率 (単位: } mm^{-1}\text{)} \\ K = \text{円錐係数} \\ C_i = \text{単項式 } x^m y^n \text{ の係数} \\ h^2 = x^2 + y^2 \text{ (単位: mm)} \\ x, y = \text{面の座標 (単位: mm)} \end{array} \right.$

展開に使用する項の最大数は C67 で指定でき、計算を高速化します。C67 が 0 の場合、すべての 66 項が使用されます。

係数	定義	係数	定義
C1	円錐係数	C34	$x^2 y^5$
C2	x	C35	xy^6
C3	y	C36	y^7
C4	x^2	C37	x^8
C5	xy	C38	$x^7 y$
C6	y^2	C39	$x^6 y^2$
C7	x^3	C40	$x^5 y^3$
C8	$x^2 y$	C41	$x^4 y^4$
C9	xy^2	C42	$x^3 y^5$
C10	y^3	C43	$x^2 y^6$
C11	x^4	C44	xy^7
C12	$x^3 y$	C45	y^8
C13	$x^2 y^2$	C46	x^9
C14	xy^3	C47	$x^8 y$
C15	y^4	C48	$x^7 y^2$
C16	x^5	C49	$x^6 y^3$
C17	$x^4 y$	C50	$x^5 y^4$
C18	$x^3 y^2$	C51	$x^4 y^5$
C19	$x^2 y^3$	C52	$x^3 y^6$
C20	xy^4	C53	$x^2 y^7$

次のページに続く

C21	y^5	C54	xy^8
C22	x^6	C55	y^9
C23	x^5y	C56	x^{10}
C24	x^4y^2	C57	x^9y
C25	x^3y^3	C58	x^8y^2
C26	x^2y^4	C59	x^7y^3
C27	xy^5	C60	x^6y^4
C28	y^6	C61	x^5y^5
C29	x^7	C62	x^4y^6
C30	x^6y	C63	x^3y^7
C31	x^5y^2	C64	x^2y^8
C32	x^4y^3	C65	xy^9
C33	x^3y^4	C66	y^{10}
		C67	項の数

係数 C1 から C67 の入力は、ページ 85 で説明されている SCO コマンドによって行われます。

面エディタでは、SPS XYP 面が「Asph.Type」列の「Asphere」タブから選択されます。図 8.8 に示すように、プルダウンメニューを使用して適切な非球面タイプを定義します。

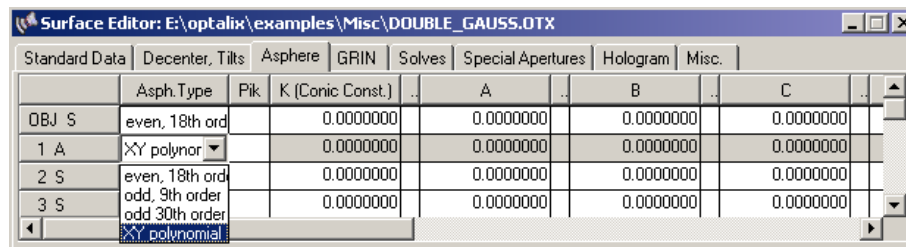


図 8.8. SPS ODD または SPS XYP 非球面の定義。K、A、B、C、... 係数がグレーアウトされているのは、面エディタでは編集できないことを示しています。SPS ODD または SPS XYP 係数を編集するには、EDI UDS コマンドを使用してください。

K、A、B、C、... 列は SPS ODD または SPS XYP 面はグレーアウトされて値が設定できない状態になります。代わりに、SPS/UDS エディターを呼び出して XYP 係数を編集します。これは、メインメニューの *Edit -> SPS/UDS Coefficients* からやコマンドラインで EDI UDS と入力することで実行されます。

8.7.6 アナモルフィック (二円錐) 非球面 (Anamorphic (Biconic) Asphere)

アナモルフィック非球面は、XZ 断面/YZ 断面の 2 断面でそれぞれ対称な非球面でその面形状方程式は次の通りです：

$$z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x)c_x^2 x^2 - (1 + K_y)c_y^2 y^2 + A_R [(1 - A_P)x^2 + (1 + A_P)y^2]^2 + B_R [(1 - B_P)x^2 + (1 + B_P)y^2]^3 + C_R [(1 - C_P)x^2 + (1 + C_P)y^2]^4 + D_R [(1 - D_P)x^2 + (1 + D_P)y^2]^5}} \quad (8.8)$$

ここで：

変数	コマンド	説明
z	SAG	面上の任意の座標におけるサグ量（たわみ量）
c_x, c_y	CUX, CUY	X および Y の曲率
K_x, K_y	KX, KY	X および Y のコーニック係数（円錐係数）。 K_y の定義は、表 8.4（ページ 86）に示される円錐係数 K と同等です。
A_R	AR	回転対称非球面係数、4 次
B_R	BR	回転対称非球面係数、6 次
C_R	CR	回転対称非球面係数、8 次
D_R	DR	回転対称非球面係数、10 次
A_P	AP	非回転対称非球面係数、4 次
B_P	BP	非回転対称非球面係数、6 次
C_P	CP	非回転対称非球面係数、8 次
D_P	DP	非回転対称非球面係数、10 次

アナモルフィック面は、次の条件が満たされると標準的な偶数次非球面（セクション 8.7.1 参照）と等価になります。

変数	コマンド
$c_x = c_y$	CUX = CUY
$k_x = k_y$	KX = KY
$A_P = B_P = C_P = D_P = 0$	AP = BP = CP = DP = 0

コマンド：

AAS sk si..j	アナモルフィック非球面を定義するためのパラメータは X 方向曲率/X 方向曲率半径 (CUX/RDX)、 Y 方向曲率/Y 方向曲率半径 (CUY/RDY)、 X 方向コーニック係数 (KX)、 Y 方向コーニック係数 (KY)、 4 次から 10 回の回転対称非球面係数 (AR, BR, CR, DR)、 4 次から 10 回の非回転対称非球面係数 (AP, BP, CP, DP)。
ATY sk si..j AAP	上記のように、非球面タイプ (ATY) をアナモルフィック非球面に設定します
次のページに続く	

前のページからの続き	
KX sk si..j X_conic_const	X 方向コーニック係数
KY sk si..j Y_conic_const	Y 方向コーニック係数、K と同じ
AR sk si..j coeff	4 次回転対称非球面係数
BR sk si..j coeff	6 次回転対称非球面係数
CR sk si..j coeff	8 次回転対称非球面係数
DR sk si..j coeff	10 次回転対称非球面係数
AP sk si..j coeff	4 次非回転対称非球面係数
BP sk si..j coeff	6 次非回転対称非球面係数
CP sk si..j coeff	8 次非回転対称非球面係数
DP sk si..j coeff	10 次非回転対称非球面係数

8.7.7 シリンドリカル面 (Cylindrical Surfaces)

シリンドリカル面は、シリンダーの母線（シリンダー面の稜線）方向に応じて CUX/RDX または CUY/RDY のみを設定することで定義します。デフォルトでは、シリンダーの母線は X 軸に沿っていると定義されます（つまり、CUY/RDY \neq 0 かつ CUX/RDX = 0）。任意の方向に母線を合わせるには、シリンドリカル面を Z 軸周りに γ 回転（CDE）させてください。

CYL sk si..j	シリンドリカル面を定義します。デフォルトでは、母線（シリンドリカル面の稜線）は X 軸に沿っていると定義されます。つまり、CUY/RDY \neq 0、CUX/RDX = 0 です。面のローカル座標における Y/Z 断面の形状は球面または偶数次非球面であるのに対し、面のローカル座標における X/Z 平面では球面断面のみが許可されます（シリンドリカル面の特殊ケースとしてのトロイダル面も参照、ページ 94）。シリンダー面の母線の任意の向きの設定には、 γ 回転（CDE）を使用します。
ASP CYL sk si..j	上記と同様です。補完的な構文です。

注意:

- シリンドリカル面は、通常の偶数次 (EVEN) または ODD9 非球面タイプを使用して定義することもできます。この場合、CUX/RDX \neq 0 としてトロイダル面を定義し、X 方向に非常に大きな曲率半径 (RDX > 10^{10}) を設定すると、X 方向の断面を平面とみなしたトロイダル面が得られます。
- シリンドリカル面は、Y/Z 断面では偶数次非球面タイプに従った任意の形状 (式 8.1、ページ 86 参照) が許可されますが、X/Z 断面では形状は直線です。シリンドリカル面の母線 (稜線) の向きを任意の方向に設定するには、 γ 回転 (CDE) を使用します。

例:

X 軸に沿った母線を持つシリンドリカル面: CYL s1

```

RDY s1 100

Y軸に沿った母線を持つシリンドリカル面:
CYL s1
RDX s1 100

任意の母線方向を持つシリンドリカル面:
CYL s1
RDY s1 100
CDE s1 45 !γ回転45°

```

シリンドリカル面は、通常の EVEN または ODD9 非球面タイプを使用して定義することもできます (セクション 8.7.1 および 8.7.2 参照)。この場合、 $CUX/RDX \neq 0$ はトロイダル面を定義し、非常に大きな曲率半径 ($RDX \geq 10^{10}$) では X 方向の断面を実質的に平面とみなします。

8.7.8 トロイダル面 (Toroidal Surfaces)

トロイダル面は、X 方向と Y 方向で異なる曲率半径/曲率を示します。トロイダル面は、一般的な非球面 (タイプ EVEN または ODD9、セクション 8.7.1 および 8.7.2 を参照) の部分集合であり、X 方向の曲率がゼロでない ($CUX \neq 0$) ことによって回転対称の非球面と区別されます。トロイダル面は、面タイプ「A」(非球面) でなければなりません。X 平面および Y 平面の曲率や曲率半径を入力するためのコマンドは次の通りです。

```

CUX si..j curv !X方向の曲率
RDX si..j radius !X方向の曲率半径
CUY si..j curv !Y方向の曲率
RDY si..j radius !Y方向の曲率半径

```

トロイダル面は、非球面方程式 8.1 に次の拡張を加えることで記述されます。

$$z = F(y) + \frac{c_x}{2} (x^2 + z^2 - F(y)^2) \quad (8.9)$$

ここで、 c_x は X/Z 平面の曲率であり、 $F(y)$ はそれぞれ方程式 8.1 および 8.5 に相当します。方程式 8.9 は、次のように標準形に変換できます。

$$0 = x^2 - \left(F(y)^2 - \frac{2}{c_x} F(y) \right) + z^2 - \frac{2}{c_x} z + \frac{1}{c_x^2} - \frac{1}{c_x^2} \quad (8.10)$$

$$0 = x^2 - \left(F(y) - \frac{1}{c_x} \right)^2 + \left(z - \frac{1}{c_x} \right)^2 \quad (8.11)$$

したがって、X/Z 平面における非球面のトロイド変形は、球面のみとなります。Y/Z 平面における非球面の変形は、方程式 8.1 および 8.5 で記述される通りです。

シリンドリカル面は、 $\rho_x = 10^{-10}$ のトロイダル面の特殊なケースです。EVEN/ODD 面はより一般的ですが、特別な非球面タイプ「CYLINDER」(ページ 93) があり、この特別な面/非球面タイプのデータ入力を簡素化します。

8.7.9 Qタイプ多項式 (Q-Type Polynomials)

G.Forbes によって記述された Q タイプ多項式を使用した非球面は、セクション 8.7.1 で示される古典的な単項式に比べていくつかの利点を提供します。主な利点は次のとおりです：

- 係数には物理的な意味があります。とくに、非球面の Q タイプ多項式は長さの単位を持ち、その値が表面形状の変化にどれだけ影響を与えるかを直接示します。
- 多項式の項は大きい順に並んでおり、どの係数が重要でなくなるかを簡単に見分けられます。
- Q タイプ多項式の係数には、製造者が理解しやすい公差を設定できます。
- 非球面の項は直交しています（正規化半径内）。各項は一意であり、公差設定を簡素化します。
- 製造性の向上のための面形状の傾斜制約の定義が容易です。
- 必要な精度の桁数が少なくて済みます。これにより、非球面レンズのデータを光学製造に移す際の数値的負担が軽減されます。
- 項の数を減らすのに役立ちます。

2つの Q タイプ多項式の記述が利用可能です：

- Qbfs（「最適適合」）多項式形式は、最適適合球面（ベストフィット球面）からの RMS 傾斜偏差（最適適合球面からの平均的な傾きのずれ）によって特徴付けられます。この偏差の RMS 傾斜は、非球面検査のしやすさを評価する合理的な指標です。これは Qbfs 係数から簡単に計算でき、平均フリッジ密度（単位面積あたりに現れる干渉縞の平均的な数）に比例します。通常、「穏やかな」非球面に使用されます。
- Qcon（「円錐」）形式は、基準となる円錐面からのサグ量（ずれ量）によって特徴付けられます。

8.7.10 Qbfs 多項式 (SPS QBF)

SPS QBF 面は、最大 30 次の Qbfs 多項式を使用して対称非球面を記述します。非球面の偏差は、最適適合球に基づいて定義されます。面のサグ量 Z は次のように定義されます。

$$z = \frac{c_{bfs} r^2}{1 + \sqrt{1 - c_{bfs}^2 \cdot r^2}} + \frac{u^2(1 - u^2)}{\sqrt{1 - c_{bfs}^2 r_n^2 u^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{bfs}(u^2) \quad (8.12)$$

ここで

- z 頂点接線面に垂直な面のサグ量（ z 軸に平行）
- c_{bfs} 最適適合球の曲率
- r 頂点からの半径距離 = $\sqrt{x^2 + y^2}$
- r_n 正規化半径
- u = r/r_n
- a_m m 次の Q_m^{bfs} 係数
- Q_m^{bfs} m 次の Q_m^{bfs} 多項式

関係 $u^4 \cdot u^{2m} = u^{2m+4}$ により、 Q^{bfs} 多項式の次数は $2m+4$ です。 m の範囲 0-13 は、次数 4-30 を生成します。

明示的な表記では、最初の 6 つの Qbfs 基底要素は次の通りです。

項	Qbfs 多項式の表現
1	1
2	$\frac{1}{\sqrt{19}} (13 - 16u^2)$
3	$\sqrt{\frac{2}{95}} [29 - 4x (25 - 19u^2)]$
4	$\sqrt{\frac{2}{2545}} \{207 - 4u^2 [315 - u^2 (577 - 320u^2)]\}$
5	$\frac{1}{3\sqrt{131831}} (7737 - 16u^2 \{4653 - 2u^2 [7381 - 8u^2 (1168 - 509u^2)]\})$
6	$\frac{1}{3\sqrt{6632213}} [66657 - 32u^2 (28338 - u^2 \{135325 - 8u^2 [35884 - u^2 (34661 - 12432u^2)]\})]$

以下の表は、SPS QBF 非球面タイプの面パラメーターに対する係数番号を示しています。(代わりに ATY QBF コマンドを使用します)。

係数	定義
C1	円錐係数
C2	正規化半径 (NRAD)。正規化半径が定義されていない場合、クリア Y 半径 (例: CIR、REY など) が代わりに使用されます。
C3	4 次 Qbfs 係数 (a_0)
C4	6 次 Qbfs 係数 (a_1)
C5	8 次 Qbfs 係数 (a_2)
C6	10 次 Qbfs 係数 (a_3)
C7	12 次 Qbfs 係数 (a_4)
C8	14 次 Qbfs 係数 (a_5)
C9	16 次 Qbfs 係数 (a_6)
C10	18 次 Qbfs 係数 (a_7)
C11	20 次 Qbfs 係数 (a_8)
C12	22 次 Qbfs 係数 (a_9)
C13	24 次 Qbfs 係数 (a_{10})
C14	26 次 Qbfs 係数 (a_{11})
C15	28 次 Qbfs 係数 (a_{12})
C16	30 次 Qbfs 係数 (a_{13})
...	...
C32	展開に使用する項の数 (>2、<13)。0 の場合、OpTaliX はもっとも高次の非ゼロ係数を検索して項の数を自動的に決定します。

係数 C1 から C32 の入力、ページ 85 で説明されている SCO コマンドによって行われます。とくに Qbfs 面に対して必要なコマンドは次の通りです：

SPS QBF si..j sk	面形状を QBF 特殊非球面に変更します。
次のページに続く	

前のページからの続き	
SCO si..j sk ci..j coefficient(s)	SPS QBF 面の係数を定義します。複数の係数を入力する場合、すべての係数を同じコマンドラインで指定する必要があります。例： SCO s3 c3..5 0.1 0.2 0.3

8.7.11 Qcon 多項式
(SPS QCN)

SPS QCN 面は、Forbes [63] によって記述された Qcon 多項式を使用して対称非球面を最大 30 次まで記述します。非球面の偏差は基準となる円錐面に基づいて定義されます。面のサグ量 Z は次のように定義されます。

$$z = \frac{c \cdot r^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)c^2 r^2}} + u^4 \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{con}(u^2) \quad (8.13)$$

ここで

- z 頂点接線面に垂直な面のサグ量 (z 軸に平行)
- c 頂点曲率 (CUY)
- k 円錐係数
- r 頂点からの半径距離 = $\sqrt{x^2 + y^2}$
- r_n 正規化半径 (NRAD)
- u = r/r_n
- a_m m 次の Q^{con} 係数
- Q_m^{con} m 次の Q^{con} 多項式

特定の $x = u^2$ における Q ベクトルは、次の再帰関係によって計算されます。

$$Q(0, x) = 1$$

$$Q(1, x) = 6x - 5$$

$$Q(n, x) = \frac{(2n + 3)((n + 1)(n + 2)(2x - 1) - 4)Q(n - 1, x) - (n - 1)(n + 2)(n + 3)Q(n - 2, x)}{n(n + 1)(n + 4)} \quad (8.14)$$

明示的な表記では、最初の 6 つの Qcon 基底要素は次の通りです。

項	Qcon 多項式
1	1
2	$6u^2 - 5$
3	$15 - 14u^2(3 - 3u^2)$
4	$-\{35 - 12u^2 [14 - u^2 (21 - 10u^2)]\}$
5	$70 - 3u^2 \{168 - 5u^2 [84 - 11u^2 (8 - 3u^2)]\}$
6	$-\{126 - u^2 (1260 - 11u^2 \{420 - u^2 [720 - 13u^2 (45 - 14u^2)]\})\}$

以下の表は、SPS QCN 非球面タイプの面パラメーターに対する係数番号を示しています。(代わりに ATY QCN コマンドを使用します)。

係数	定義
C1	円錐係数
C2	正規化半径 (NRAD)。正規化半径が定義されていない場合、クリア Y 半径 (例: CIR、REY など) が代わりに使用されます。
C3	4 次 Qcon 係数 (a_0)
C4	6 次 Qcon 係数 (a_1)
C5	8 次 Qcon 係数 (a_2)
C6	10 次 Qcon 係数 (a_3)
C7	12 次 Qcon 係数 (a_4)
C8	14 次 Qcon 係数 (a_5)
C9	16 次 Qcon 係数 (a_6)
C10	18 次 Qcon 係数 (a_7)
C11	20 次 Qcon 係数 (a_8)
C12	22 次 Qcon 係数 (a_9)
C13	24 次 Qcon 係数 (a_{10})
C14	26 次 Qcon 係数 (a_{11})
C15	28 次 Qcon 係数 (a_{12})
C16	30 次 Qcon 係数 (a_{13})
...	...
C32	展開に使用する項の数 (>2、<13)。0 の場合、 <i>OpTaliX</i> はもっとも高次の非ゼロ係数を検索して項の数を自動的に決定します。

係数 C1 から C32 の入力は、ページ 85 で説明されている SCO コマンドによって行われます。とくに Qcon 面に対して必要なコマンドは次の通りです：

SPS QCN si..j sk	面プロファイルを QCN 特殊非球面に変更します。
SCO si..j sk ci..j coefficient(s)	SPS QCN 面の係数を定義します。

Forbes [63] によって記述されたテストケース、カルテシアンオーバル (デカルトの楕円) は、*OpTaliX* の例ライブラリに `$i\examples\misc\qcon_cartesian_oval.otx` として見つけることができます。対応するレイアウトは図 8.9 に示されています。

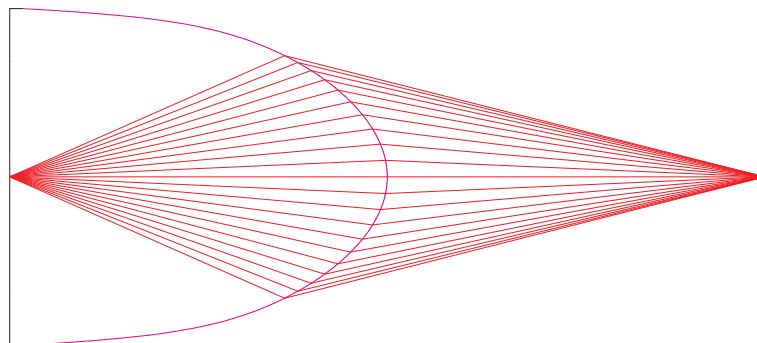


図 8.9. Qcon パラメータを使用したカルテシアンオーバル (デカルトの楕円)

8.7.12 X 自由曲面非球面
(Xfreeform Asphere)

X 自由曲面の面タイプは、アナモルフィック（二円錐）非球面、偶数次非球面多項式、拡張版の XY 多項式、およびゼルニケ標準項の部分の組み合わせとして面を定義します。面のサグ量 z は次のように定義されます：

$$\begin{aligned}
 z = & \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x)c_x^2 x^2 - (1 + K_y)c_y^2 y^2}} && \text{二円錐} \\
 & + \sum_{i=1}^8 a_i r^{2i} && \text{偶数次非球面} \\
 & + \sum_{n=1}^{n < 231} a_n Z_n(\rho, \varphi) && \text{ゼルニケ多項式} \\
 & + \sum_{j=0, k=0, j+k \geq 1}^{j \leq 20, k \leq 20} \frac{a_{jk} x^j y^k}{N^{j+k}} && \text{XY 多項式}
 \end{aligned} \tag{8.15}$$

X 自由曲面のパラメーターは次のように定義されます：

係数	定義
1	X 方向の曲率半径 = $1/c_x$
2	X 方向の円錐係数 = K_x
3	Y 方向の円錐係数 = K_y
4	2 次の偶数次非球面係数 (a_1)
5	4 次の偶数次非球面係数 (a_2)
6	6 次の偶数次非球面係数 (a_3)
7	8 次の偶数次非球面係数 (a_4)
8	10 次の偶数次非球面係数 (a_5)
9	12 次の偶数次非球面係数 (a_6)
10	14 次の偶数次非球面係数 (a_7)
11	16 次の偶数次非球面係数 (a_8)
12	ゼルニケの X 方向のディセンター
13	ゼルニケの Y 方向のディセンター
14	最大ゼルニケ項数
15	最大多項式項数
16	正規化半径
17 - 256	ゼルニケおよび多項式項、ゼルニケ項が先に現れます。

X 自由曲面の最大係数数は 256 です。標準的なゼルニケ項（最大 231）および XY 多項式（最大 230）の数は、視野番号 14 および 15 でユーザー入力によって自由に変更できますが、ゼルニケ項と多項式項の合計は次の条件を満たす必要があります：

$$N_{Zernike} + N_{polynom} \leq 256 - 16$$

ゼルニケ項が先に現れるため、多項式項の数は上記の式にしたがって制限されます。

8.8 面と光線とのもうひとつの交点 (Alternate Intersection Point)

とくに光線が局所面軸に対して高角度である場合、光線と面の交点を常に正しく選択できるとはかぎりません。たとえば、円錐面（放物線）の場合、2つの交点が見つかることがあります（図 8.10）。通常、プログラムは交点 P_1 を選択しますが、これは正しいです。しかし、光線が放物線の「内側」から発生する場合、適切な交点として P_2 を選択するべきです。このような場合には IC コマンドを使用し「IC sk No」を設定すれば、実際になかった交点を選択できます。

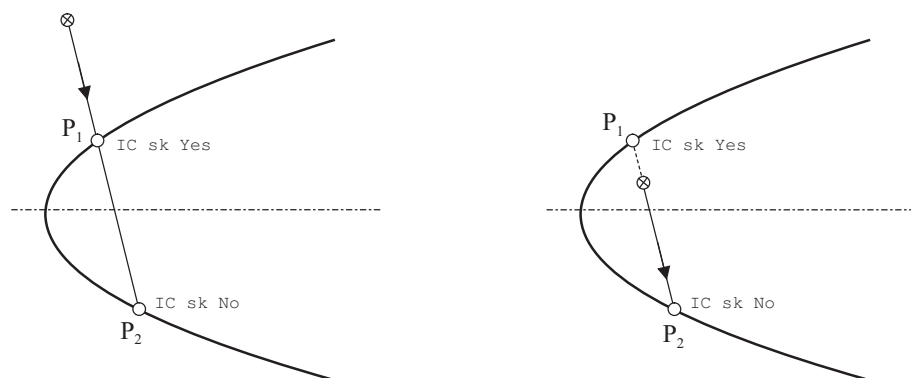


図 8.10. IC コードの幾何学的意味と代替交点の選択。左：面の「外側」から始まる光線、右：面の「内側」から始まる光線。

8.9 アキシコン (Axicon)

アキシコン面は Z 軸に対して回転対称であり、円錐の先端が面の頂点にあるような形状をしています。アキシコンは非球面（面タイプ「A」）としてモデル化されます。以下の例は、「EVEN」パワー多項式非球面および「ODD30」パワー（30 次）多項式非球面を使用してアキシコン面を定義する方法を示しています。

8.9.1 「EVEN」パワー非球面でモデル化されたアキシコン

「EVEN」パワー多項式非球面では、曲率半径と円錐係数 K のみを定義する必要があります。曲率半径は小さな値に設定され、円錐係数は -2 （双曲線）です。ガイドラインとして、曲率半径は面の最小径より少なくとも 1 桁小さくする必要があります。曲率半径がゼロでないことを確認してください！

曲率半径がゼロでないため、円錐の先端付近ではアキシコンの傾斜に対してわずかな偏差があります。この偏差は、十分に小さな曲率半径を選択することで任意に小さくできます。

実際の観点から見ると、もっとも興味深いパラメータは円錐角度であり、必要な唯一のパラメータです。円錐角度 θ は、頂点接線面（すなわち、Z 軸に垂直な平面）とアキシコン面との間の角度として定義されます。この角度は、曲率半径がゼロに近づく（曲率が無限大になる）場合の標準非球面サグ（式 8.1）の極限ケースを取ることで、円錐係数 K に簡単に変換できます：

$$K = - \left(\frac{1}{\tan^2 \theta} + 1 \right) \quad (8.16)$$

コマンド入力の例：

```
sut s2 a    ! 非球面を定義します
rdy s2 0.1 ! 曲率半径は小さくする必要があります (ただしゼロではないこと)
k s2 -2    ! 円錐係数 (双曲線)
```

8.9.2 「ODD30」 拡張奇数次非球面でモデル化されたアキシコン (Axicon modelled by "ODD30" Power Asphere)

アキシコン面を定義する別の方法は、30 次までの係数を受け入れる拡張奇数次非球面 (式 8.6 参照) を使用することです。この方法の利点は、ODD30 非球面が線形項 (1 次の非球面係数が傾斜を定義) も含むため、アキシコンの先端が正確にモデル化されることです。

```
sps odd s2    ! 拡張奇数次非球面を面 2 に設定します
sco s2 c2 0.2 ! 拡張奇数次非球面係数 C2 (1 次の非球面係数) を面 2 に設定します
```

円錐の頂角 θ と係数 C_2 とは次式で示す関係があります。

$$\tan(\theta) = C_2 \quad (8.17)$$

8.10 ホログラム面 (Hologram Surface)

ホログラム面の光学特性は、光線の局所交点で見られる有効格子間隔での回折に基づいています。一般的に、ホログラム面は回折面とも呼ばれます。回折レンズは、無限の焦点距離を持つ理想的な薄い屈折レンズのように振る舞います。

$$f(\lambda) = \frac{\lambda_0 f_0}{m\lambda} \quad (8.18)$$

ここで、 f_0 は設計波長 λ_0 での焦点距離、 m は回折次数です。この結果は、回折レンズの非常に分散性の高い性質を示しています。これらの効果をモデル化するために、*OpTaliX* ではいくつかのタイプの回折面が利用可能です。

- 線形格子 (section 8.11),
- 不等間隔 (VLS) 格子 (section 8.11.1),
- 二つの光線の干渉によって形成される光学ホログラム (section 8.10.4),
- ユーザー指定の放射対称位相分布を持つコンピューター生成ホログラム (CGH) (section 8.10.2),
- ユーザー指定の非対称 (二次元) 位相分布を持つコンピューター生成ホログラム (CGH) (section 8.10.1),
- スウェットモデル (section 8.10.3).(高屈折率法による回折素子モデル)

位相分布 $\Phi(x, y)$ で表される回折面は、光線が回折面に当たると位相を追加します。入射光線の方向余弦 K, L, M は、ベクトルが局所面法線に沿った Z 軸を持つ直交座標系で解決される場合、したがって古典的な格子方程式にしたがって変化します。

$$K' = K + m \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial x} \quad (8.19)$$

$$L' = L + m \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial y} \quad (8.20)$$

$$M' = \sqrt{1 - (K'^2 + L'^2)} \quad (8.21)$$

ここで、 λ は波長、 m は回折次数です。関数 $\Phi(x, y)$ の偏微分は局所的な格子周波数 ν_x, ν_y に比例します。

$$\nu_x = \frac{\Phi(x, y)}{x}, \quad \nu_y = \frac{\Phi(x, y)}{y} \quad (8.22)$$

そして、次のようになります。

$$K' = K + m \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \nu_x \quad (8.23)$$

$$L' = L + m \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \nu_y \quad (8.24)$$

ここで、位相関数 Φ は設計波長 **HWL** を単位とする**絶対光路差 (OPD)** で表されていることに注意してください。一般的なホログラムに関するベクトル光線追跡のより詳細な処理は、Welford [58] によって提供されています。

他のいくつかのプログラムでは、位相関数を正規化することなく物理的な距離そのもので定義しているものもあります。そのような場合、ホログラム係数は *OpTaliX* で使用する前に設計波長に正規化する必要があります。これは次の関係によって達成されます。

$$c_i(\text{OpTaliX}) = \frac{c_i(\text{other})}{\lambda_0} = \frac{c_i(\text{other})}{\text{HWL}} \quad (8.25)$$

ここで、 λ_0 は、 μm 単位で与えられた設計波長 **HWL** です。

なお、ホログラム、格子 (グレーティング) などの回折素子による回折光の強度は、波長、入射/回折角度、回折次数、および格子構造に応じて大きく変化することにも注意してください。この効果は透過解析 (ページ ??) で考慮されています。関連する理論の詳細な説明は、セクション 8.11.3 (ページ 111) に記載されています。

ホログラムデータの入力:

ホログラム面の命名法は、一般的な線形 (等間隔直線格子) グレーティングを含むすべてのタイプのホログラムで統一されています。

HCO si..j ci..j coeff	面範囲 si..j のホログラム係数 (HOE 係数) ci..j
	次のページに続く

前のページから続く	
H <i>C</i> <i>i</i> <i>si..j</i> coeff	HOE 係数の入力の別形式で、"i" は係数番号を示します。例えば、HC12 は係数番号 12 です。この形式は、最適化で係数を変数として定義する場合に便利です。 以下のコマンドは同義です： HC7 s4 0.1234e-3 HCO s4 c7 0.1234e-3
HOT [<i>si..j</i>] htype	ホログラムのタイプを指定し、使用される位相関数を指定します。 htype = 0: 線形格子、セクション 8.11 を参照、 htype = 1: 式 8.26 で定義される軸対称位相関数、 htype = 2: セクション 8.10.1 で定義される非対称 (二次元) 位相関数。 htype = 3: 物点 (参照点光源) と像点によって定義される 2 点光源ホログラム。 htype = 4: 直線不等間隔回折格子 VLS (セクション 8.11.1 を参照)。
HWL sk design_wavel	面 sk でのホログラム設計波長 (μm 単位)。
HOR [sk <i>si..j</i>] order	ホログラム次数を整数値で指定します。HOE の向きがセットアップ間で変わり、局所表面法線が反対方向を向く場合、ホログラム次数の符号を変更する必要があることに注意してください。
GRO [sk <i>si..j</i>] order	格子次数を整数値で指定します。。このコマンドは廃止されていますが、まだ利用可能です。代わりに HOR を使用してください。
GRX [sk <i>si..j</i>] grooves_per_mm_X	ミリメートルあたりの溝数、X 方向に回折します。
GRY [sk <i>si..j</i>] grooves_per_mm_Y	ミリメートルあたりの溝数、Y 方向に回折します。
HX1 <i>si..j</i> obj_source_x	ホログラフィック面の物点光源の X 座標。obj_source_x はホログラム面のローカル座標系に対して与えられます。
HY1 <i>si..j</i> obj_source_y	ホログラフィック面の物点光源の Y 座標。obj_source_y はホログラム面のローカル座標系に対して与えられます。
HZ1 <i>si..j</i> obj_source_z	ホログラフィック面の物点光源の Z 座標。obj_source_y はホログラム面のローカル座標系に対して与えられます。
HX2 <i>si..j</i> ref_source_x	ホログラフィック面の参照点光源の X 座標。ref_source_x はホログラム面のローカル座標系に対して与えられます。
HY2 <i>si..j</i> ref_source_y	ホログラフィック面の参照点光源の Y 座標。ref_source_y はホログラム面のローカル座標系に対して与えられます。
HZ2 <i>si..j</i> ref_source_z	ホログラフィック面の参照点光源の Z 座標。ref_source_y はホログラム面のローカル座標系に対して与えられます。
HV1 <i>si..j</i> rea vir	指定された面の物点光源を実 (REA、発散ビーム) または仮想 (VIR、収束ビーム) として定義します。
HV2 <i>si..j</i> rea vir	指定された面の参照点光源を実 (REA、発散ビーム) や仮想 (VIR、収束ビーム) として定義します。
次のページに続く	

前のページから続く	
SUT [si..j] SG	面タイプを設定して、(球面) 基底面に格子を配置します。左の例コマンドを参照してください。また、SUT コマンドの完全な説明も参照してください (ページ 79)。
SUT [si..j] SH	面タイプを設定して、一般的なホログラム (格子を含む) を球面基底面に配置します。左の例コマンドを参照してください。SUT コマンドの完全な説明も参照してください (ページ 79)。
BLD [sk si..j] depth	ブレード深さを (ミリメートル単位) で定義します。透過/効率計算に必要です。
BLT [sk si..j] [IDL KIN STE SIN]	回折効率計算を行う際に使用するブレードタイプ回折構造を下記から選択して指定します。 IDL : すべての波長で指定された格子次数 (GRO/HOR) に回折エネルギーの全て (100%) が分配されるものとして解析されます。 KIN : キノフォーム (鋸歯状) 形状として解析, STE : キノフォーム形状を階段型のステップ形状に近似して解析, SIN : 正弦波形状として解析.
BLN [sk si..j] levels	キノフォーム回折形状を階段形状近似にした際の階段ステップ数。これは、BLT 設定で STE を選択した場合に指定します。
HPH [sk si..j]	ホログラム位相をプロットします。
HPHN sj xabs yabs	回折/ホログラフィック面 sj の位相 (波単位) を返します。
HZO [sk si..j]	放射状ホログラムのゾーンを計算します。
VLS [si..j] c_3 c_4 c_10	面に不等間隔 (VLS) 格子の特性を追加します。つまり、面を VLS 格子に変換します。面タイプとホログラムタイプは自動的に設定され、追加のユーザー操作は不要です。係数 c_3 から c_10 はそれぞれ式 8.34 および 8.35 で定義されています。たとえば、c_3 は溝の一定の格子周波数 (溝/ミリメートル) を定義します。

8.10.1 非対称な位相関数 (Asymmetric Phase Function)

一般的に非対称位相の関数は、下記に示すように最大 28 の係数を持つ多項式関数で定義されます:

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) = & a_1 \\ & a_2x + a_3y \\ & a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2 \\ & a_7x^3 + a_8x^2y + a_9xy^2 + a_{10}y^3 \\ & a_{11}x^4 + a_{12}x^3y + a_{13}x^2y^2 + a_{14}xy^3 + a_{15}y^4 \\ & a_{16}x^5 + a_{17}x^4y + a_{18}x^3y^2 + a_{19}x^2y^3 + a_{20}xy^4 + a_{21}y^5 \\ & a_{22}x^6 + a_{23}x^5y + a_{24}x^4y^2 + a_{25}x^3y^3 + a_{26}x^2y^4 + a_{27}xy^5 + a_{28}y^6 \end{aligned}$$

位相は x と y の関数であり、 z の関数ではありません。したがってこの式で定義される位相関数は基板の形状には依存しません。個々の係数 a_i は、コマンド HCi または HOC で入力されます (コマンドの詳細な説明についてはセクション 8.10 も参照してください)。

また、位相は絶対 (レンズ) 単位 (通常は mm 単位) で定義されていることにも注意してください。例:

```
sut s2 SH          ! 基底面を球面とするホログラム面を指定
HC3 s1 0.123      ! 面 1 のホログラム係数 c3 ( $a_3$  項) は 0.123 です
HOC s1 c3 0.123   ! 上記と同じ別表現
```

8.10.2 対称な位相関数 (Symmetric Phase Function)

軸対称性を有するホログラム面 HOE の位相関数は、半径座標 h のべき級数展開によって与えられます。

$$\Phi(x, y) = a_1 + a_2h + a_3h^2 + a_4h^3 + a_5h^4 + a_6h^5 + \dots \quad (8.26)$$

ここで、 $h = \sqrt{x^2 + y^2}$ です。

近軸領域では、軸対称性 HOE の特性は a_3 項によって完全に記述され、回折レンズのパワー φ_{diff} は次のように与えられます。

$$\varphi_{diff} = \frac{1}{f} = -2ma_3\lambda \quad (8.27)$$

ここで、 m は回折次数です。

プレース深さ d 、すなわち放射状溝形状のサジタ (サグ量) は [62] によって次のように計算されます。

$$d = \frac{\lambda_0}{n_0 - 1} \quad (8.28)$$

ここで、 λ_0 は基準波長、 n_0 は基準波長での屈折率です。回折構造に関連する製造面および回折ゾーンの計算については、セクション 23.3 も参照してください。このセクションでは、ホログラム係数を他のプログラムに変換する方法についても説明しています。

8.10.3 スウェットモデル (高屈折率法による回折素子モデル) (Sweatt Model)

前のセクションで説明した位相モデルの代替として、いわゆるスウェットモデルを使用できます。スウェット [52, 53] およびクラインハンス [26] によって、屈折率が無限大になると、回折レンズは数学的に薄い屈折レンズと同等であることが示されています。実際の計算では、非常に高い屈折率 ($n = 10000$) が使用されます。これにより、レンズの厚さを著しく減少させても実質的に光路長の整合性が取れるレンズモデルを作成できます。この方法の利点は、既存の光線追跡ルーチンを使用して回折レンズを設計できることです。回折レンズの色収差特性は次のようにモデル化されます。

$$n_s(\lambda, m) = m \frac{\lambda}{\lambda_0} [n_s(\lambda_0) - 1] + 1 \quad (8.29)$$

ここで、下付き文字 s は「スウェット」モデルを指し、 λ_0 は設計波長です。屈折率は波長に比例します。設計次数が一次であることが暗黙の前提となっています。

設計波長での特定のレンズパワー φ に対する等価「スウェット」モデルのレンズ曲率は次のように与えられます。

$$c_{1,2} = c_s \pm \frac{\varphi_0}{2[n_s(\lambda_0) - 1]} \quad (8.30)$$

ここで、 c_s は回折素子基板の曲率です。回折面位相多項式の高次項は、基底面の非球面化によってモデル化されます。

「スウェット」モデルの設定を簡素化するために、材料（ガラス）SWEATT が利用可能です。コマンドラインで `gla sk sweatt` と入力して、面 `sk` を「スウェット」モデルに変換します。あるいは、面スプレッドシートエディターの適切な行/列に材料（ガラス）名を入力します。

例:

```
sut s2 S      ! 基底面は球面です。スウェットモデルでは面タイプ「H」を
               指定する必要ありません。
gla s2 sweatt ! 高屈折率ガラス「SWEATT」を定義。
hwl s2 0.633  ! スウェットモデルで使用する設計波長を 0.633  $\mu\text{m}$  に定義。
```

8.10.4 2点光源ホログラム (Two-Point Hologram)

このタイプのホログラム面は、2つの点光源、すなわち2つの球面波の干渉パターンを記述します。平面波面はその極限ケースに含まれます。局所的な格子周波数は、結果として生じる干渉縞の位置と方向によって決定されます。2点光源ホログラムをモデル化するには、2つの光源の位置と光源ビームの波長を指定する必要があります。ホログラムを記録するために使用される光源は、ホログラム面のローカル座標系に対して X、Y、および Z 座標で指定されます。パラメーターは、物点光源の場合は $HX1, HY1, HZ1$ 、参照点光源の場合は $HX2, HY2, HZ2$ です。

パラメーター $HV1$ および $HV2$ は、構築中に各ビームがどの側から指向されるかを定義します。点光源は、ビームが光源から発散している場合は実、光源に向かって収束している場合は仮想と見なされます。

ホログラム面を通る光線を追跡する際には、ホログラムの形成の幾何学に関する情報が使用されます。位相モデルとは異なり、局所的な縞間隔は明示的に計算されません。ホログラムは任意の形状の面に適用できます。

Welford [58] の表記法に従い、 n をホログラム面の局所法線に沿った単位ベクトルとします（図 8.11 参照）。ホログラムは、物点光源と参照点光源から発生する2つの球面波面によって記録され、ベクトル r_o と r_r で表されます。単位ベクトル r'_o と r'_r は、交点 P での再構成および画像光線を表します。画像光線 r'_r は次の式で得られます。

$$n \times (r'_o - r'_r) = \frac{m\lambda'}{\lambda} n \times (r_o - r_r) \quad (8.31)$$

ここで、 m は回折次数、 λ は記録波長（設計波長 `HWL`）、 λ' は再構成波長です。

座標系が P での局所表面法線に対して Z 軸を持つように配置されている場合、ベクトルは2つの成分に分解されます。

$$K'_0 - K'_r = \frac{m\lambda'}{\lambda}(K_0 - K_r) \quad (8.32)$$

$$L'_0 - L'_r = \frac{m\lambda'}{\lambda}(L_0 - L_r) \quad (8.33)$$

典型的な単位ベクトル (K,L,M) の成分です。

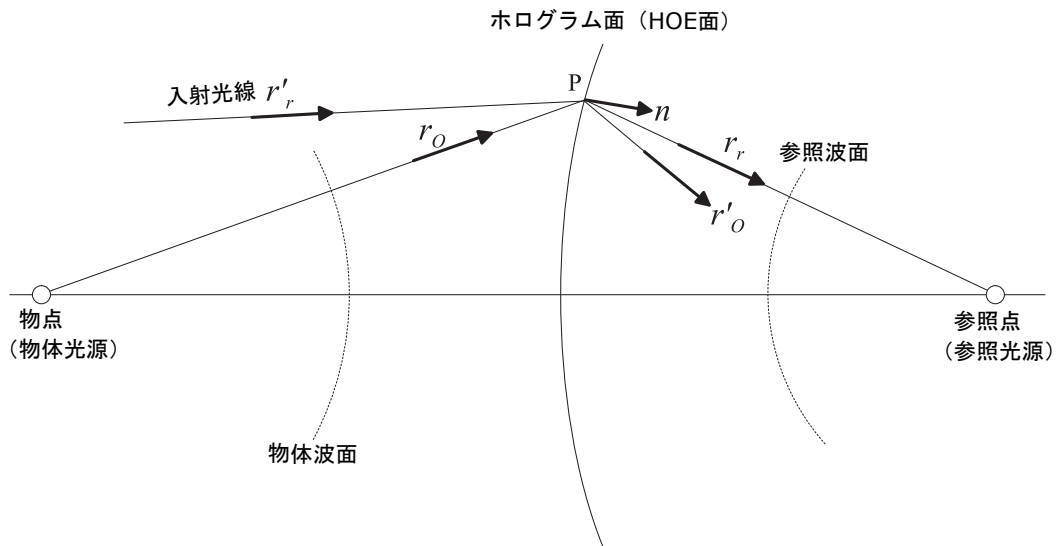


図 8.11. ホログラム面での光線追跡の表記法

2点モデルを使用した例:

- sut s2 SH ! 基底面はホログラムを重ねた球面です
- hot s2 3 ! ホログラムタイプは「二光源点」ホログラムを指定します
- hz1 s2 -1.e20 ! 物点光源は無限遠にあり、オブジェクト波面は平面です。
- hz2 s2 50 ! 参照点光源は表面頂点に対して+50 mm の位置にあります。
- hv1 rea ! 実際の物点光源。
- hv2 rea ! 実際の参照点光源。

すべての他の点光源パラメーター (HX1,HY1, HX2,HY2) は初期状態ではゼロであることに注意してください。

設計例:

ホログラフィックレンズの例は、ディレトリ `$i\examples\diffraction\two-point-hoe.otx` にあります。

回折光学素子 (DOE:Diffraction Optical Element) は、波長 $0.6328\mu\text{m}$ の He-Ne レーザーで記録されます。点光源の位置は、ホログラム光学素子 (HOE:Holographic Optical Element) のローカル座標系で指定されます。

また、ホログラムの構成パラメーターは LIS コマンドで確認できます。(LIS コマンドを参照)。

```
# Hologram coefficients :
1 HOT 3 HOR -1 HWL 0.63300
  HX1 0.0000 HX2 0.0000
  HY1 0.0000 HY2 0.0000
```

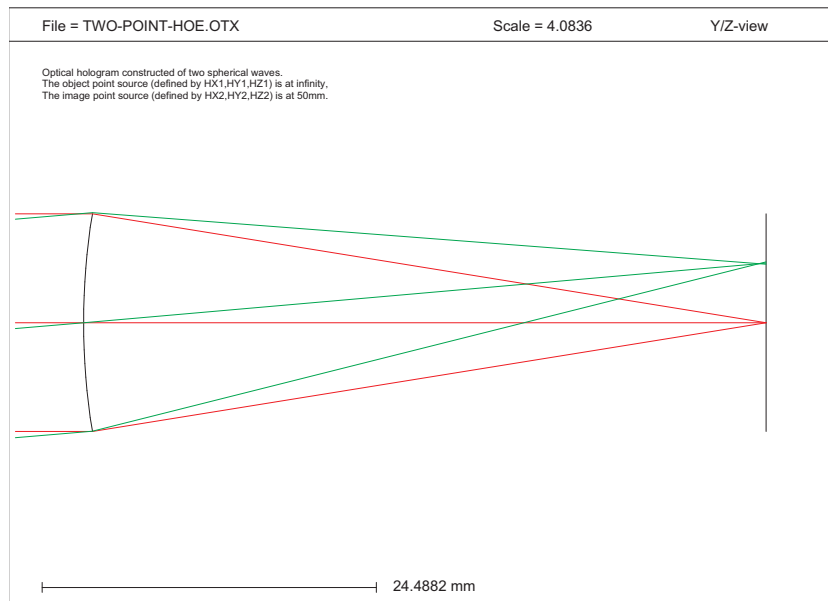


図 8.12. 曲率をもつ基板上に生成した 2 点光源ホログラム。詳細はサンプルファイル、`$i\examples\diffraction\two-point-hoe.otx` を参照。

```

HZ1  -0.10000E+21      HZ2   50.000
HV1  REA              HV2  REA

```

これは軸上レンズであるため、記録レーザービームの点光源の位置は $HX1 = HY1 = 0$ 、および $HX2 = HY2 = 0$ です。点光源 1 は無限遠 ($HZ1 = \infty$) にあり、実際にはホログラム表面で平面波です。点光源 2 は焦点に位置し、HOE の右側 50mm の位置にあります ($HZ2 = 50.0$)。基本的なホログラフィー理論に基づくと、ホログラムに入射する平面波は焦点に収束する球面（軸上）波に回折され、完全な画像を構築します。

また、ホログラム表面の曲率にも注目してください。軸上イメージングの場合、ホログラム表面が曲面であるかどうかは関係ありません。なぜなら、ホログラムは軸上に位置する 2 つの（完全な）点光源によって記録されるからです。この場合、再構成系の幾何学的関係は記録系の幾何学的関係とまったく同一です。しかし、軸外イメージングの場合、曲面ホログラム基板は薄肉レンズをバンディングさせた場合と同様に、コマ収差のないアプラナティックな結像状態を実現します。

8.11 回折格子面（グレーティング面） (Diffraction Grating Surface)

直線状の等間隔回折格子はホログラム面の一部であり、直線等間隔回折格子をモデル化するために使用されます。これにより、複雑なホログラムを完全に指定する必要がなく、データ入力が簡素化されます。しかし、格子は非対称ホログラム面（セクション 8.10.1 参照）によっても指定できます。この場合、線形係数 $a2, a3$ が X 方向および Y 方向の格子周波数を直接与えます。直線等間隔回折格子は基底面（またはローカル座標系）に対して任意の方向を持つことができます。方向は X 方向および Y 方向の格子周波数 (GRX, GRY) を適切に設定することで定義されます。格子周波数は常に接平面上でミリメートルあたりの線（溝）として定義されます。

GRX [si..j] grooves_per_mm_X	ミリメートルあたりの溝数、X方向に回折します。
GRY [si..j] grooves_per_mm_Y	ミリメートルあたりの溝数、Y方向に回折します。
HOR [si..j] order	ホログラムの回折次数、整数値で定義。
SUT [si..j] SG	面タイプを設定して、(球面) 基底面に格子を配置します。左の例コマンドを参照してください。また、SUT コマンドの詳細な説明は (ページ 82) を参照してください。

例:

```
sut s2 SG ! 面タイプを基底面を球面とした回折格子 (グレーティング) を指定
hor s2 1 ! 回折次数は+1 を設定
gry s2 100 ! 格子周波数は Y 方向に 100 本/mm
grx s2 55 ! 格子周波数は X 方向に 55 本/mm
```

8.11.1 直線不等間隔回折格子面 (Variable Line Spacing (VLS) Grating Surface)

直線不等間隔回折格子 (VLS 格子) は、直線等間隔回折格子の特別な形式です (前のセクションを参照)。位相は多項式関数で記述されます。

$$\Phi(y) = a_3y + a_4y^2 + a_5y^3 + a_6y^4 + a_7y^5 + a_8y^6 + a_9y^7 + a_{10}y^8 \quad (8.34)$$

格子周波数 ν_y は Φ の一階微分です。

$$\nu_y = a_3 + 2a_4y + 3a_5y^2 + 4a_6y^3 + 5a_7y^4 + 6a_8y^5 + 7a_9y^6 + 8a_{10}y^7 \quad (8.35)$$

VLS 格子は Y 方向にのみ定義されることに注意してください。溝の任意の方向は、面に Z 回転を適用することでシミュレートできます (CDE コマンドを参照)。また、係数の番号付けは 3 から始まることに注意してください。これは、従来の格子 (セクション 8.11) および非対称位相関数 (セクション 8.10.1) の定義との一貫性を確保するためです。

格子周波数 ν_y は常に面の接平面上で定義されます。 a_3 のみが指定されている場合、VLS 格子は一定の溝間隔を持つ直線ルール格子のように振る舞います (格子周波数 = a_3 溝/mm)。

VLS 格子は非対称位相ホログラムと同様に *OpTaliX* で追跡されます。したがって、表面タイプは「H」でなければなりません。

例:

```
sut s2 SH ! 基底面は球面「S」 プラスホログラム「H」 です
hor s2 1 ! 回折次数は+1 です
hot s2 4 ! ホログラムタイプは VLS 格子です
hco s2 c3 100 ! ホログラム係数 3 (格子周波数 = 100 溝/mm に相当)。
hc3 s2 100 ! 上記と同じ別の表現。
```

VLS 格子を入力/定義する簡略化された形式は、次のコマンドで提供されます。

VLS [si..j] c_3 c_4 c_10	不等間隔 (VLS) 格子の特性を面に追加します。つまり、面を VLS 格子に変換します。面タイプとホログラムタイプは自動的に設定され、追加のユーザー操作は不要です。係数 c_3 から c_10 はそれぞれ式 8.34 および 8.35 で定義されています。たとえば、c_3 は溝の一定の格子周波数 (溝/mm) を定義します。
-------------------------------	--

8.11.2 VLS 格子の係数変換 (Conversion of Coefficients for a VLS Grating)

曲面基板上の VLS 格子を記述する別の形式が時折使用されます。これは Kita らによって示されています [25]

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{\left(1 + \frac{2b_2w}{R} + \frac{3b_3w^2}{R^2} + \frac{4b_4w^3}{R^3}\right)} \quad (8.36)$$

ここで、溝間隔 σ は格子の中心から測定されたローカル座標 w および凹面格子表面の曲率半径 R の関数として定義されます。係数 b_2, b_3, b_4 は *OpTaliX* で使用される形式に簡単に変換できます (式 8.35)。

Kita の論文では、溝間隔 σ は格子の中心から測定されたローカル座標 w および凹面格子表面の曲率半径 R の関数として定義されていますが、*OpTaliX* では溝間隔は格子周波数 ν で表されます。

$$\nu_y = a_3 + 2a_4y + 3a_5y^2 + 4a_6y^3 + \dots \quad (8.37)$$

溝間隔と (局所的な) 格子周波数は $\nu = 1/\sigma$ の関係にあります。これを式 8.36 に代入し、整理すると次のようになります。

$$\nu = \nu_0 + \frac{2\nu_0b_2}{R}y + \frac{3\nu_0b_3}{R^2}y^2 + \frac{4\nu_0b_4}{R^3}y^3 \quad (8.38)$$

さらに分析すると、Kita の論文で使用されている座標軸の規約と *OpTaliX* で使用されているものが異なることがわかります。明らかに $w = -y$ です。したがって、式 8.38 を次のように修正します。

$$\nu = \nu_0 - \frac{2\nu_0b_2}{R}y + \frac{3\nu_0b_3}{R^2}y^2 - \frac{4\nu_0b_4}{R^3}y^3 \quad (8.39)$$

式 8.35 と式 8.39 を比較すると、変換式は次のように直接得られます。

$$\begin{aligned} a_3 &= \nu_0 &= 1/\sigma_0 \\ a_4 &= -\frac{\nu_0b_2}{R} &= -\frac{b_2}{\sigma_0R} \\ a_5 &= \frac{\nu_0b_3}{R^2} &= \frac{b_3}{\sigma_0R^2} \\ a_6 &= -\frac{\nu_0b_4}{R^3} &= -\frac{b_4}{\sigma_0R^3} \end{aligned} \quad (8.40)$$

数値例:

Kita の論文 8.36 で与えられたデータを使用します: $R = 5649\text{mm}$, $\sigma_0 = 1/1200\text{mm}$, $b_2 = -20$, $b_3 = 4.558 \cdot 10^2$, $b_4 = -1.184 \cdot 10^4$ 。次の表は、解析的に変換された係数を示しています。

<i>OpTaliX</i> 係数	計算結果 式 8.40 から計算
a_3	1200
a_4	4.2485
a_5	$1.714 \cdot 10^{-2}$
a_6	$7.882 \cdot 10^{-5}$

8.11.3 回折効率計算 (Diffraction Efficiency Calculation)

OpTaliX は、ホログラムやグレーティングのように回折構造を持つ面のスカラー回折効率を計算します。回折効率は、回折構造を通過する際に光線に関連するエネルギーの量を解析します。回折効率は、波長、入射角、回折次数、および回折構造の形状に依存します。現在 *OpTaliX* に実装されている回折効率の理論はスカラー近似モデルのため、偏光状態による影響を考慮することはできません。

回折効率計算の結果は、透過解析に反映されます (設定 TRA Y および POL Y が必要です)。

現在利用可能な回折構造の形状は次のとおりです:

- 鋸歯形状 (キノフォームブレードタイプ)
- 鋸歯形状を階段近似した形状
- 正弦波形状

8.11.3.1 鋸歯形状 (キノフォーム) (Sawtooth Profile (Kinoform))

鋸歯形状 (キノフォーム) の m 次回折次数における回折効率は、次の式で近似されます (図 8.13)。

$$\eta(m) = \left(\frac{\sin[\pi(\alpha - m)]}{\pi(\alpha - m)} \right)^2 \quad (8.41)$$

ここで:

$$\alpha = \frac{d_1 (n_1 \cdot \cos\theta_1 - n_2 \cdot \cos\theta_2)}{\lambda}$$

m = 回折次数 (GRO または HOR)
 d_1 = ブレード深さ (BLD)
 n_1 = 回折前の屈折率
 n_2 = 回折後の屈折率
 λ = 波長
 θ_1 = 光線の局所入射角
 θ_2 = 光線の局所回折角

鋸歯形状の各周期において、回折面の形状は空間座標 x の線形関数です。局所格子構造のブレード深さ d_1 (BLD コマンド) は常に光線入射点における局所面法線に沿って測定されます。

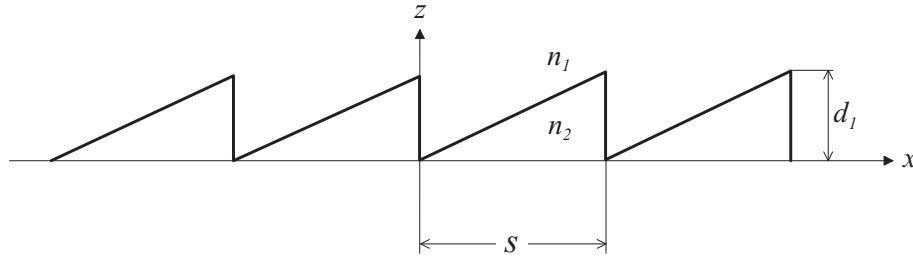


図 8.13. 鋸歯形状をもつ回折面の微細構造（キノフォーム構造）

8.11.3.2 正弦波プロファイル

正弦波プロファイルの m 次回折次数における回折効率、次の式で近似されます（図 8.14）。

$$\eta(m) = [J_m(\pi \cdot \alpha)]^2 \quad (8.42)$$

ここで、 $\alpha = \frac{d_1 (n_1 \cdot \cos\theta_1 - n_2 \cdot \cos\theta_2)}{\lambda}$ 、 J_m は第一種ベッセル関数、次数 m です。

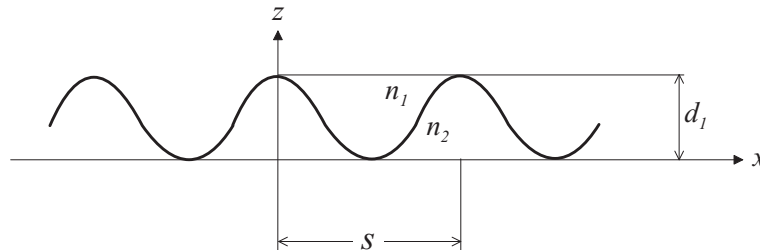


図 8.14. 回折構造の正弦波形

8.11.3.3 階段近似 (Step Approximation)

BLT STE コマンドを使用すると、鋸歯形状（キノフォーム）を階段形状に近似できます。その様相は図 8.15 に示されています。鋸歯形状（キノフォーム）を階段形状に近似する際の m 次回折次数の回折効率は、次の式で近似されます。

$$\eta(m) = \left[\frac{\sin(m\pi/N)}{m\pi} \right]^2 \cdot \left[\frac{\sin(\pi(\alpha - m))}{\sin(\pi(\alpha - m)/N)} \right]^2 \quad (8.43)$$

ここで：

- N = 各格子周期の離散的な階段数 (BLN コマンド)。
 α = $\frac{d_1 (n_1 \cdot \cos\theta_1 - n_2 \cdot \cos\theta_2)}{\lambda}$
 m = 回折次数 (GRO または HOR コマンド)
 d_1 = ブレーズ深さ (BLD コマンド)
 n_1 = 回折前の屈折率
 n_2 = 回折後の屈折率
 λ = 波長
 θ_1 = 光線の局所入射角
 θ_2 = 光線の局所回折角

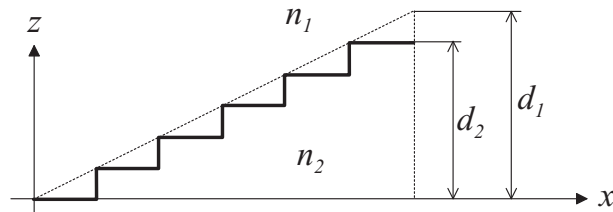


図 8.15. キノフォーム回折構造を離散的な階段形状に近似した形状

8.11.3.4 回折効率の例 (Diffraction Efficiency Example)

回折構造 (ホログラム、格子など) における回折効率の効果は、透過率解析と波長の関係でもっともよく示されます。その一例が

`$i\examples\spectrometer\rowland-grating.otx` にあります。

光学系は、図 8.16 に示すように、曲面上の線形格子を含みます。回折効率の効果解析するために必要なパラメーターは、ブレーズタイプ (BLT) とブレーズ深さ (BLD) です：

```
BLT s1 KIN      ブレーズタイプはキノフォーム
BLD s1 0.00027  ブレーズ深さは 0.00027 mm
```

波長に対する透過解析は、次のコマンドで実行されます：

```
TRA LAM
```

対応する透過率曲線については、図 8.17 を参照してください。

8.12 フレネル面 (Fresnel Surface)

フレネルレンズでは、レンズの曲面が環状ゾーンに圧縮され、薄いプレートになります。図 8.18 に示すように、これはレンズの厚さや重量を持たずに屈折効果を持ちます。このようなレンズは、オーバーヘッドプロジェクター、スポットライト、信号灯のコンデンサーとしてよく使用されます。

フレネルレンズは、屈折面の曲率半径 R (従来のレンズで定義されるように) と環状ゾーンの深さ d によって定義されます (図 8.18 参照)。

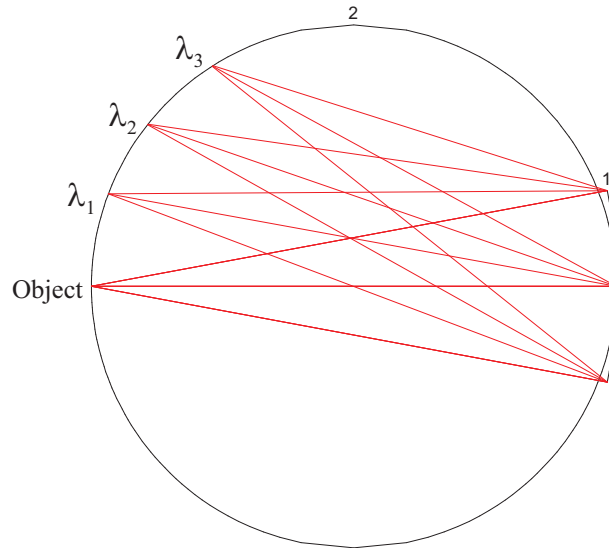


図 8.16. ローランド格子

FTH fresnel_depth	フレネルの厚さ、つまり環状リングの深さまたは厚さ。FTH の値が小さいほど、環状隔が細かくなります。このオプションは現在コマンドラインでのみ利用可能です。メニューから設定することはできません。面タイプ (SUT) は、面形状の修飾子「S」または「A」と組み合わせて「F」でなければならないことに注意してください (S = 球面、A = 非球面)。
-------------------	---

輪帯が有限の深さをもつことによる「遮蔽」効果は、光線追跡中に考慮されないことに注意してください。

入力例:

```
sut s1 SF ! 球面基底曲率を持つフレネル面を定義します
rdy s1 30 ! 屈折率を制御する基板の曲率半径を定義します
fth s1 1 ! 環状ゾーンの深さ
```

8.13 全反射面 (Total Internal Reflection (TIR) Surface)

全反射 (TIR) は、高屈折率の媒質内で入射角が臨界角 θ_c を超えると、ガラスと空気の界面で発生します。その条件下では、屈折光は存在せず、すべての光線が図 8.19 に示すように全反射します。

臨界角は次の式で計算されます。

$$\sin(\theta_c) = \frac{n}{n'} \quad (8.44)$$

TIR 面は常に鏡面のように振る舞いますが、TIR 条件を計算して光線が有効かブロックされるかを判断します。したがって、TIR 条件を満たさない光線 (すなわち、入射角が θ_c 未満の光線) はブロックされ、 $\theta > \theta_c$ の光線は反射されます。

TIR 面は次のコマンドで定義されます。

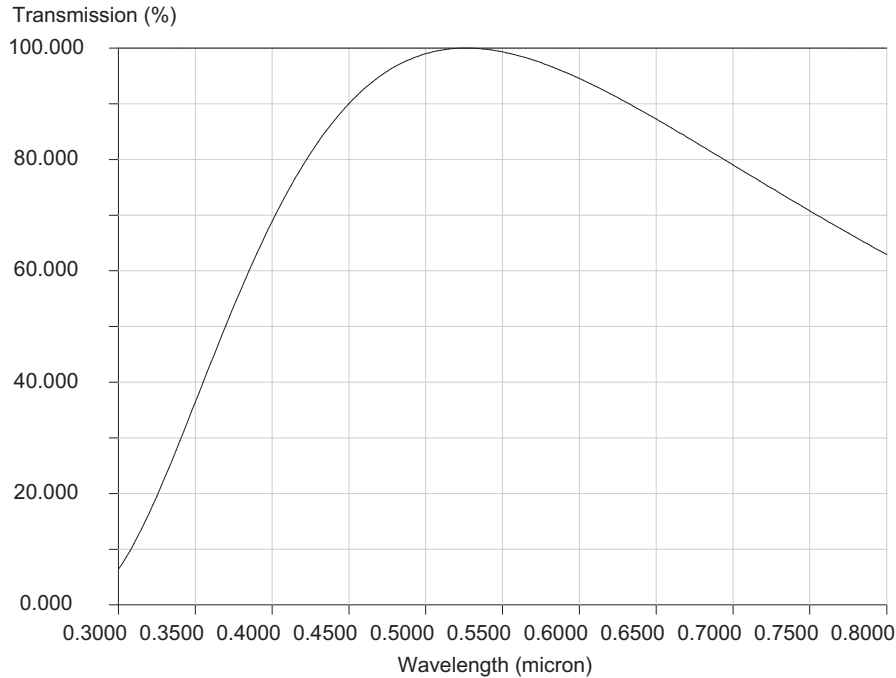


図 8.17. キノフォームプロファイルを持つローランド格子の回折効率計算

<p>TIR sk si..j または RMD TIR sk si..j</p>	<p>全反射表面 (TIR) を定義します。面タイプに「T」を追加します。TIR 表面は鏡面のように振る舞いますが、光線は TIR 条件が満たされた場合のみ通過します。詳細は RMD TIR、REFL および REFR を参照してください。これらは表面を反射モードまたは屈折モードに変換します。</p> <p>TIR 条件の計算には、GL1 および GL2 の両方の材料の適切な定義が必要です。式 8.44 に従い、$n = \text{GL1}$ の屈折率、$n' = \text{GL2}$ の屈折率です。デフォルトでは、$n' = 1$ です。</p> <p>非順次面 (ノンシーケンシャル面) では、TIR フラグは無視されません。TIR 条件は常にチェックされ、対応する光線の方向が自動的に選択されます。</p>
--	--

TIR 条件が式 8.44 にしたがって満たされる場合、光は完全に反射されます ($R = 1$)。ただし、反射時には入射角、波長、および S 成分と P 成分 (偏光光) によって異なる位相変化が生じます。位相変化は [4] によって次のように計算されます。

$$\tan \frac{\delta_1}{2} = -\frac{\sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{n^2 \cos \theta_i} \quad (8.45)$$

$$\tan \frac{\delta_2}{2} = -\frac{\sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\cos \theta_i} \quad (8.46)$$

ここで、下付き文字 (1) は S 偏光 (ドイツ語: *senkrecht*)、(2) は P 偏光 (ドイツ語: *parallel*) を意味します。

TIR では光の損失はありませんが、波面 (すなわち位相) は式 8.45 および 8.46 にしたがって変化します。非偏光光の場合、波面への影響 Δw は次のように与えられます。

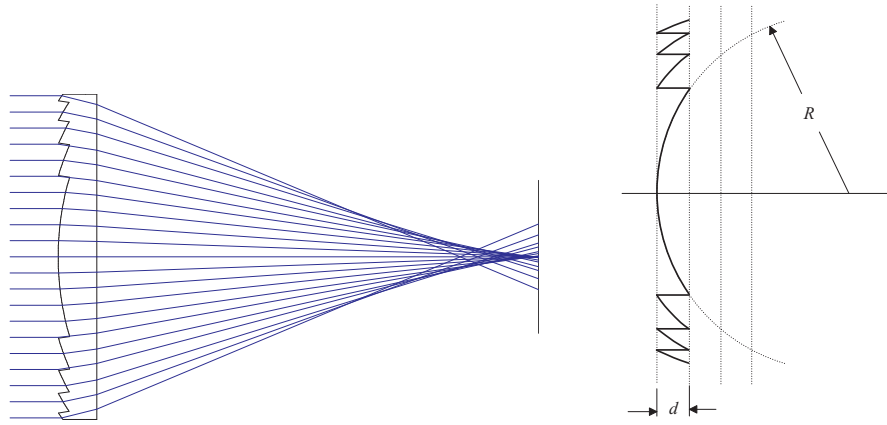


図 8.18. フレネルレンズと環状ゾーンの構築方法

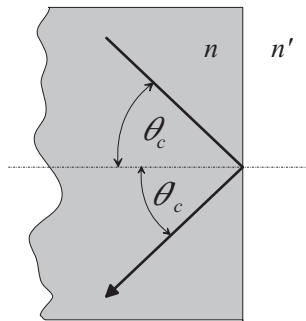


図 8.19. 全反射 (TIR) の条件

$$\Delta w = \frac{(\delta_1 - \delta_2) \lambda}{2\pi} \quad (8.47)$$

位相変化は、偏光光線追跡が有効かどうかに関係なく常に適用されます (POL を参照)。

波面への影響を示す例は、`$i\examples\misc\tir.otx` にあります。結果は図 8.20 に示されています。

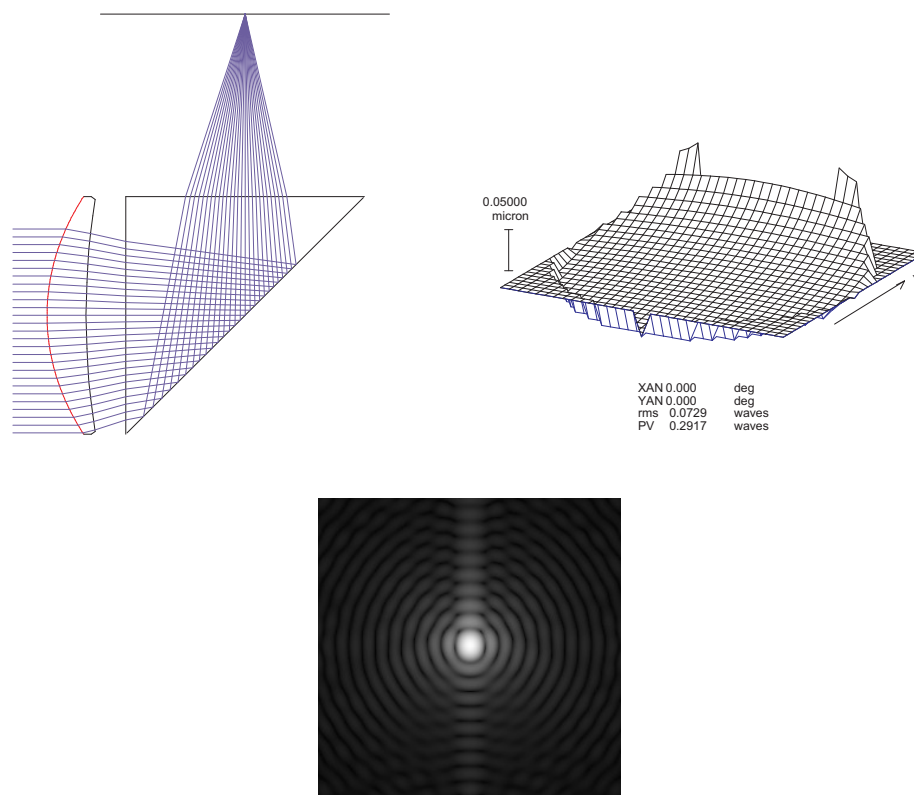


図 8.20. 全反射の例。光学レイアウト (左)、波面 (右)、および点広がり関数 (下) を示します。詳細は `$i\examples\misc\tir.otx` を参照してください。

非球面レンズはほぼ完璧な画像を提供するはずですが、図 8.20 の PSF に現れるコマのような尾は、瞳全体の入射角変動に伴う波面 (位相) 変動によって引き起こされます。とくに、臨界角 θ_c の近くで TIR 面に当たる光線によって引き起こされます。図 8.20 の焦点スポットが光軸上に中心を持たず、シフトしていることに注意してください。このシフトはグース・ハンシェン効果として知られています。同様に、この効果はフーリエ変換理論の言葉で、線形位相因子によって波面を乗じることによって説明できます。この効果の詳細な説明については、Mansuripur [36] も参照してください。表面

8.14 ノンシーケンシャル面 (Non-Sequential Surface)

通常のシーケンシャル面の光線追跡は、あらかじめ定義された順序で光線が面に当たるという前提で実行されます。しかし、ノンシーケンシャル面 (NSS) 設定は、レンズ系全体のうちの特別な部分系の処理機能であり、ノンシーケンシャル面設定された部分系では光線が次にどの面に当たるかを光線自体によって決定されます。つまり、プログラムが次にどの面に当たるかを自動的に判断します。

コマンド概要：

NSS si..j	一連の設定済みのシーケンシャル面の範囲を指定すると、この範囲が同じ配置からなる NSS の範囲に変換されます。このコマンドは、入射ポートと出射ポートに正しく偏心面タイプを自動的に設定します。ノンシーケンシャル面範囲には、物体面も含めることができます (例: NSS so..8)。ただし、この場合、光線追跡が正しく機能しない可能性があります。NSS so..k オプションは、主に定義済みの光線を使用する照明光学系で有用です (照明解析も参照、ページ 340 の光源光線も参照)。
DEL NSS si..j	一連のノンシーケンシャル面をシーケンシャル面に変換します。傾斜 (ティルト) と平行偏心 (ディセクター) は、シーケンシャルモデルを反映するように適切に変更されます。光学系に複数の NSS 範囲がある場合、各範囲は個別に変換する必要があります。したがって、複数の NSS 範囲を含む全面範囲を一括変換することはできません。
GL1 si..j glass-name	面 si..j の「左側」(局所 Z 軸が負の側) にあるガラスを定義します。
GL2 si..j gl-name	面 si..j の「右側」(局所 Z 軸が正の側) にあるガラスを定義します。
MXH si..j max_hits	NSS 範囲内の各面に対して光線の到達回数最大値。すべてのノンシーケンシャル面に異なる MXH 値を割り当てることができます。光線追跡は、吸収 (遮断) 特性を持つ面に当たった場合にも終了します。

面タイプに「N」を追加して、ノンシーケンシャル面を指定します (SUT 参照)。OpTaliX では、ノンシーケンシャル面は常に偏心面として扱われます。指定された面のすべての平行偏心 (ディセクター) / 傾斜 (ティルト) データがゼロであっても同様です。したがって、ノンシーケンシャル面と一緒に面タイプ修飾子「D」を常に指定する必要があります。連続するノンシーケンシャル面は NSS 範囲で定義されます。光学系内の NSS 範囲の数に制限はありません。図 8.21 は、シーケンシャル面の環境内でのノンシーケンシャル面の定義を示しています。NSS 範囲は、入口ポート面と出口ポート面によって定義されます。入口ポート面はシーケンシャル面であり、シーケンシャル範囲の最後の面です。出口ポート面はノンシーケンシャル面であり、NSS 範囲の最後の面です。入口ポート面と出口ポート面の間に入力されたすべての面はノンシーケンシャル面です。指定された NSS 範囲内では、任意の順序で入力でき、任意に傾斜 (ティルト) や平行偏心 (ディセクター) させることができます。入口ポート面と出口ポート面は偏心面モード NAX でなければなりません。NSS 範囲内の他のすべての面には偏心面モード DAR を選択する必要があります。NSS 範囲内では NAX および BEN の偏心面モードは使用できません!

8.14.1 シーケンシャル面をノンシーケンシャル面への変換 (Converting Sequential Surfaces to Non-sequential Surfaces)

一連のシーケンシャル面は、コマンド NSS si..j によってノンシーケンシャル面に変換されます。この変換は自動的に次の処理を実行します:

- ガラス GL1 と GL2 を設定する。
- NSS 範囲内のすべての面を偏心面モード (TLM: ティルトモード) を DAR に設定する。
- 入口ポートと出口ポートの偏心面モード (TLM: ティルトモード) を NAX に設定する。

- すべてのアパーチャを固定する（つまり NSS 範囲内の面のすべての光線がアパーチャ内を通過するか（有効）または外を通過するか（無効）がチェックされる）。
- 入射ポートの面位置を基準に、すべてのノンシーケンシャル面の頂点座標が参照される。

また、範囲内のすべての面がシーケンシャル面でなければならないことに注意してください。つまり、NSS 範囲をネストすることはできない（入れ子にできない）ことに注意してください。シーケンシャル面とノンシーケンシャル面の両方を含む範囲は、明確に変換できないため、予期しない結果を招く可能性があります。

8.14.2 ノンシーケンシャル座標系 (Non-Sequential Coordinate System)

index[idxa]Non-sequential!coordinate system

入口ポート面は、NSS 範囲内のすべての後続表面に対して新しい（ローカル）座標系を定義します。原点は入口ポート面の頂点にあります。指定された NSS 範囲内のすべてのノンシーケンシャル面は、この（ローカル）座標系に対して X、Y、および Z の偏心（XDE、YDE、ZDE）とオイラー回転角（ADE、BDE、CDE）を指定して入力されます。NSS に対しては分離（THI コマンド）は意味がないため、すべてのノンシーケンシャル面に対してゼロに設定されます。NSS 範囲内では THI 値は無視されます。ノンシーケンシャル面の Z 位置を入口ポート座標系に対して指定するには、ZDE コマンドを使用します。

出口ポート面はノンシーケンシャルタイプであり、後続のシーケンシャル面に対して新しい座標系を定義します。原点は出口ポート面の頂点にあります。入口ポート面と出口ポート面はミラー面であってはなりません。像面はシーケンシャル面でなければなりません。NSS 範囲は重複してはなりません。

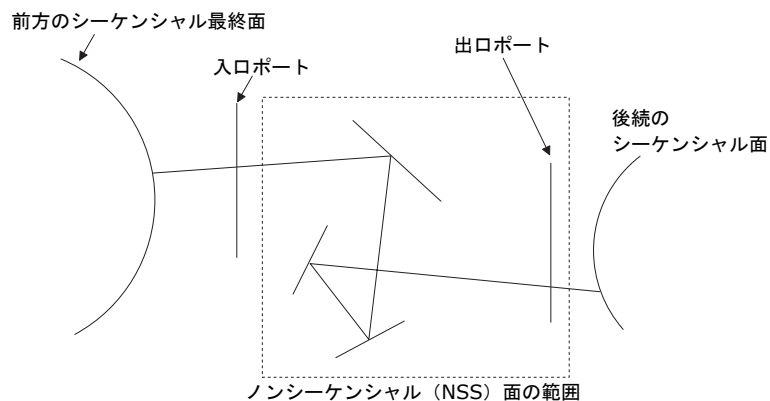


図 8.21. ノンシーケンシャル面範囲の定義

8.14.3 ノンシーケンシャル面の硝材指定 (Glass Specification for Non-Sequential Surfaces)

NSS 範囲では、各ノンシーケンシャル面に対して2つの硝材を指定する必要があります。GL1 コマンドは、面の「左側」（負の局所 Z 軸を含む側）の硝材を指定します。GL2 は反対側（正の局所 Z 軸）の硝材を指定します。

8.14.4 ノンシーケンシャル面範囲内の光線追跡 (Transfer between Non-Sequential Surfaces)

光線がある NSS 面から出る際に、プログラムは NSS 範囲内の他のすべての面との光線の交点を追跡します。この情報に基づいて、光線がある NSS 面から次の NSS 面に到達するか、次の基準によって決定されます：

光路長 (OPD) は常に正でなければなりません。NSS 範囲内での光路長が負になる「仮想」光線追跡は許可されていません。正の光路長 (OPD を) 持つ面が複数存在する場合、最小の光路長 (OPD) を持つ面が選択されます。アパーチャにより光線が規制されます。つまり、光線が有効なアパーチャ定義の外を通過することはできません。光線の交点は常に有効なアパーチャ定義内に存在する場合のみ有効です。光線は他の面に到達することなく同じ面に連続して 2 回以上当たることができます。

入口ポート面：	この入力ポート面は常にシーケンシャル面（シーケンシャル範囲の最後の面）であり、面タイプは「SD」または「AD」です。これは、NSS 範囲内のすべての後続面に対して新しい軸と新しい原点を定義します。偏心面モード（ティルトモード）は TLM = 1 が設定され、(NAX) 設定で新しい座標系が定義され、その原点は入口ポート面の頂点にあります。
出口ポート面：	この出口ポート面は常にノンシーケンシャル面（NSS 範囲の最後の表面であるため）であり、偏心面設定されています (TLM = 1)。
NSS 範囲に属するポート以外のすべての面：	これらの面は常に入口ポート面の原点（局所頂点座標）に対してその位置と傾きが定義されます。

8.14.5 吸収（遮蔽）面特性 (Absorbing (obstructing) Surface Property)

吸収特性は、ノンシーケンシャル面に対して主アパーチャ（瞳）p1 を遮蔽として宣言することで割り当てることができます。たとえば、

```
cir s3 obs
```

は、円形アパーチャのタイプ（特性）の遮蔽に設定します。吸収（遮蔽）面に当たった光線は、その面で終了します。

8.14.6 ノンシーケンシャル面光線追跡の一般的な注意事項 (General Notes on Non-Sequential Ray Tracing)

物体面および像面は、ノンシーケンシャル面範囲に含めることはできません。

ノンシーケンシャル面範囲を設定する際に、入射した光線が出口に到達できないようにすることが可能です。無限の光線追跡ループを避けるために、特定の面での最大ヒット数を指定できます。一定数の面ヒット後にノンシーケンシャル面光線追跡を終了する手段を提供する **MXH** コマンドを参照してください。

絞りがノンシーケンシャル面である場合、またはノンシーケンシャル面に続く場合、瞳の検出が予測不可能になることがあります。可能な限り、絞りはノンシーケンシャル面範囲の前に配置することをオススメします。

8.15 ピックアップ面 (Pickup Surfaces)

面のパラメーターは、他の面の設定に依存させることができます。これは、二重通過や対称システムにおいて、曲率、厚さ、傾斜/偏心、材料そして非球面係数などの面パラメーターが前の面のパラメーターと線形関係で指定される場合にとくに有用です。もっとも単純な場合、パラメーターの値を他の（前の）面から直接コピー（ピックアップ）できますが、その値を反転させたり、係数でスケーリングしたりすることもできます。

ピックアップは、特定の面パラメーター（たとえば曲率半径）を他の同種の面パラメーター（たとえば別の曲率半径）の値で指定するために使用されます。ピックアップされるパラメーターは**独立**パラメーターであり、その値は独立して指定できます。ピックアップ面で定義されたパラメーターは**従属**パラメーターであり、その値は独立パラメーターの変更に応じて常に更新されます。

ピックアップは、面パラメーターのグループに適用することもできます。たとえば、偏心面パラメーターのディセンター/ティルト（XDE、YDE、ZDE、ADE、BDE、CDE）のすべてを一括して指定することも、単一のパラメーター（たとえばXDEのみ）を個別に指定することもできます。

面ピックアップは次のコマンドで指定されます：

<p>PIK XXX sk sj [A [B]] または PIK DEC sk sj [A] または PIK ASP sk sj</p>	<p>面 sk のピックアップパラメータ XXX を面 sj から取得します。オプションのパラメータ： A: 値 A で乗算（デフォルトは 1.0） B: オフセット B を追加（デフォルトは 0.0） DEC: 傾斜/偏心データをグループとしてピックアップ ASP: 非球面係数をグループとしてピックアップ。 例： PIK THI s4 s3 PIK CUY s4 s3 -1.0 PIK GLA s4 s3</p>
<p>LIS PIK [sk si..j] または PKL</p>	<p>ピックアップをリストします。</p>
<p>DEL PIK XXX [sk si..j]</p>	<p>指定された面範囲内の XXX パラメーターによって示されるすべてのピックアップを削除します。</p>

注意事項:

- 従属面がまだ偏心していない場合、自動的に偏心面に変換されます（[面タイプ](#)に「D」修飾子が追加されます。セクション [8.6](#) を参照）。
- 従属面がまだ非球面面でない場合、自動的に非球面面に変換されます（[面タイプ](#)に「A」修飾子が追加されます。セクション [8.6](#) を参照）。

ピックアップは任意の順序で入力でき、チェーンできます。つまり、従属パラメーターが他のピックアップの独立パラメーターになることができます。たとえば、独立ピックアップ

PIK CUY s3 s1

PIK CUY s5 s1

は、次のようにチェーンされたピックアップと同等です

PIK CUY s3 s1

PIK CUY s5 s3

ピックアップは逆順でも定義できます。たとえば、

PIK THI s3 s4

循環ピックアップは許可されていません。たとえば、

PIK CUY s3 s2

PIK CUY s2 s3

その他の例:

PIK CUY s5 s4

面5の曲率は面4からピックアップされます。

PIK THI s3 s2 -1.0

面3の距離は面2からピックアップされ、面2の符号が反転されます。

PIK ASP s3 s1

面3のすべての非球面係数 A,B,C,D,E,F,G,H および X 曲率半径 (円錐定数 K を除く) は面1からピックアップされます。これはグループピックアップであり、すべての非球面係数 (CUX を含む) が指定された面 (面1) からピックアップされます。

PIK D s3 s1

非球面係数 D のみをピックアップします。以前に有効にされていた場合、面3のグループピックアップを無効にします。

PIK GLA s4 s1

上記と同様に、面5の材料特性は面1からピックアップされます。

8.15.1 グループピックアップ (Group Pickups)

個別のピックアップは、1つのグループとしてまとめることができます。これは、偏心面 (ティルト/ディセクター) ピックアップおよび非球面ピックアップにのみ適用されます。グループピックアップは、次のようにコマンドラインで入力されます。

PIK DEC s3 s1

面3のすべての偏心面パラメーターを面1に従属させる (グループピックアップ)

PIK ASP s4 s2

面4のすべての非球面係数を面2に従属させる (グループピックアップ)

面エディタから偏心面をグループピックアップするには「Decenter, Tilts」タブを選択し、図 8.22 に示すように「Pik」列に従属すべき対称面の番号を入力することで指定されます。

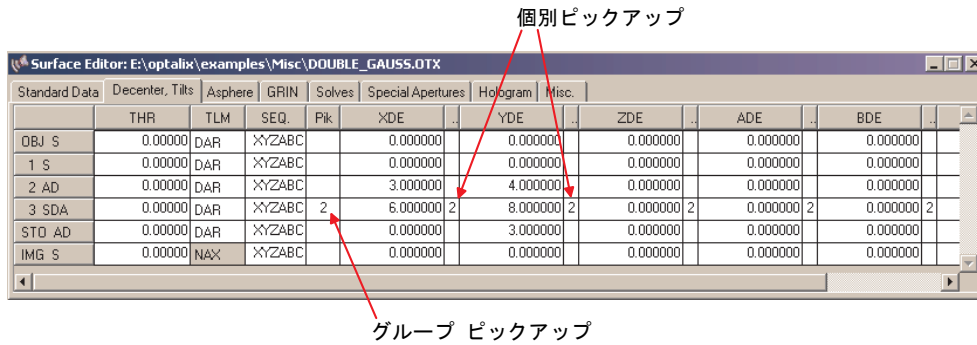


図 8.22. 面偏心（ディセセンター/ティルト）パラメータのグループピックアップの定義

個別のピックアップ（各パラメーター列の右側の列に表示される）は、グループピックアップの設定を反映することに注意してください。個別のピックアップを指定すると（セクション 8.15.3 参照）、その特定の面でグループピックアップが自動的に削除されます。

8.15.2 個別ピックアップ (Individual Pickups)

個別ピックアップは、偏心面パラメーターおよび非球面パラメーターにのみ適用されます。個別ピックアップは、単一のパラメーターに対してのみピックアップを指定します。たとえば、

- PIK E s3 s1 面 3 の非球面係数 E のみを面 1 からピックアップします（個別ピックアップ）
- PIK YDE s3 s1 面 3 の平行偏心値 YDE のみを面 1 からピックアップします（個別ピックアップ）

個別ピックアップを入力すると、その特定の面でグループピックアップが自動的に削除されます。

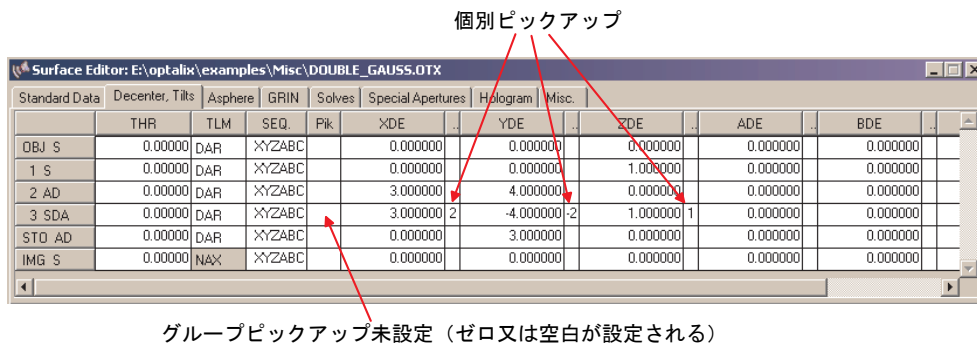


図 8.23. 偏心面（ディセセンター/ティルト）パラメータの個別ピックアップの定義

8.15.3 ピックアップとソルブの関係 (Pickups vs. Solves)

ピックアップの機能はソルブの前に評価されます。つまり、同じ面でピックアップパラメーターに影響を与えるソルブは、ピックアップ値を上書きします。次の例を考えてみましょう：

```
cpi s3 1
sol umy s3 -0.1
```

最初のコマンド `cpi s3 1` は、面 3 の曲率を面 1 からピックアップします。しかし、2 番目のコマンドは、面 3 の曲率を変更（ソルブ）して、面 3 の近軸マージナル光線角度が -0.1 になるようにします。このため、面 3 のピックアップは無効になります。

アパーチャデータはピックアップできないことに注意してください。これは、面に複数のアパーチャが許可されているためです。

8.15.4 ピックアップのリスト (Listing Pickups)

ピックアップのリストは、コマンド `LIS PIK` で実行されます。以下は出力の一例です：

```
PICKUPS :
#           Factor      Offset
2  PIK  DEC    3  1.0000    0.0000
3  PIK  CUY    2  0.0000    0.0000
3  PIK  ASP    2
3  PIK  THI    1  0.0000    0.0000
3  PIK  GLA    1
```

8.16 ソルブ (Solves)

面のパラメーターを反映させるだけのリンク（ピックアップ）の機能とは対照的に、ソルブは近軸特性による面データを制御できます。ソルブを指定する条件としては、近軸光線角度、近軸光線高さまたは特定の近軸光線入射角を指定値に保持することが挙げられます。ソルブはこれらの要件を満たし続けます。たとえば、面での近軸光線角度ソルブは、指定された光線角度を維持するために曲率半径を変更します。ソルブは近軸量にのみ適用されることに注意してください。最適化（自動設計）では、これにより独立変数の数を減らすことも可能になります。

<p>SOL sk solve_type param1 param2</p>	<p>面 sk にソルブを設定します。solve_type は任意の 3 文字の文字列で指定できます。</p> <p>UMX 面 sk でマージナル光線射出角度 u' が param1 になるよう X 方向の曲率をソルブします。</p> <p>UMY 面 sk でマージナル光線射出角度 u' が param1 になるよう Y 方向の曲率をソルブします。</p> <p>HMX 面 sk+1 の X/Z 平面での近軸マージナル光線高 param1 が得られるように、面 sk における軸上面間隔/厚さをソルブします。</p> <p>HMY 面 sk+1 の Y/Z 平面での近軸マージナル光線高 param1 が得られるように、面 sk における軸上面間隔/厚さをソルブします。</p> <p>UCY 面 si..j およびズーム位置 zi..j での主光線の近軸方向角度 (ラジアン単位) を、基準入力視野角 1.0 ラジアンに基づいてソルブします。</p> <p>HCY 面 si..j およびズーム位置 zi..j での主光線の近軸高さをソルブします。</p> <p>AMY 面 sk で Y 方向曲率をソルブし、近軸マージナル光線に対してアプラナティックにします。</p> <p>IMY 面 sk で Y 方向曲率をソルブし、マージナル光線の入射角度 (param1) を生成します。(param2 は使用されません)。</p> <p>ET 面 sk で軸方向の厚さをソルブし、半径 param2 でのエッジ厚さ param1 を生成します。</p>
<p>DEL SOL sk solve_type</p>	<p>面 sk での solve_type ソルブを削除します。 例： DEL SOL S4 UMY</p>
<p>LIS SOL [si..j]</p>	<p>ソルブをリストします。</p>
<p>PIM yes no</p>	<p>近軸像ソルブ。yes はバックフォーカス距離を近軸像位置に調整し、no はバックフォーカスを固定します。</p>
<p>RED reduction_ratio</p>	<p>縮小比ソルブ。光学系が変化するにつれて動的に (つまり、光学系が変化するにつれて) 次の条件を満たすために必要な近軸物体距離を設定します。</p> $RED = \frac{ImageHeight}{-ObjectHeight} = -m \quad (8.48)$ <p>ここで、m は光学倍率です。無限遠の物体に対しては $m = 0$ であり、他の値は有限共役系を確立します。静的に倍率を調整する (つまり、一度だけの調整) SET MAG コマンドも参照してください (ページ 59)。</p>
<p>DEL RED</p>	<p>縮小比ソルブを削除します。物体距離をソルブしないままにします。</p>

例:

sol umy s3 -0.1	面3の曲率をソルブし、マージナル光線角度を -0.1 (ラジアン) にします。
sol s3 et 0.1 15	面3で軸方向の厚さをソルブし、半径 15 mm でエッジ厚さ 0.1 mm を達成します。
sol et s4 0 15	面4で軸方向の厚さをソルブし、半径 15 mm でエッジ接触を 0 mm にします。
red 2.0	光学倍率 -2.0 を満たすために物体距離をソルブします。
pim y	最終面の面間隔を近軸像位置ソルブにより自動的に設定します。

注意事項:

- ズーム系では、ソルブは最初のズーム位置にのみ適用されます。その結果得られた値がすべてのズーム位置で使用されます。
- 有限共役システムでは、システムアパーチャは入射瞳径 (EPD) や絞り面の半径のみで定義する必要があります。FNO や NA のようなシステムアパーチャ定義は避けてください。
- 有限共役システムでは、システムアパーチャは物体側開口数 (NAO) や絞り面の半径のみで定義する必要があります。
- 最後の面での近軸光線高さソルブ (HMY) は、PIM と併用してはなりません。なぜなら、PIM は常に像面を近軸焦点に設定し、HMY ソルブを上書きするためです。
- 近軸光線高さソルブ (HMY) と、面間隔ピックアップ DPI と併用してはなりません。近軸光線高さソルブは常に対応する面間隔ピックアップを上書きします。
- 近軸光線角度ソルブ (UMY) は、曲率ピックアップ CPI と併用してはなりません。近軸光線角度ソルブは常に対応する曲率ピックアップを上書きします。
- 最適化では、ソルブパラメーターを制約として使用してはなりません。たとえば、同じ面で UMY ソルブと UMY 制約を使用すると、計算負荷が増加し、制約が無視されます。
- 近軸光線ソルブがシステムに同時に設定されている場合、RED ソルブは受け入れられません。例外：ET ソルブ (エッジ厚さ)。

ソルブは、近軸光線追跡が必要な場合に毎回更新されます。選択されたパラメーター (曲率、間隔など) はシステムパラメーターに依存する変数として強制され、直接解決されます。反復は必要ありません。図 5.6 の近軸量に関連する方程式は次のとおりです。

近軸周辺光線角度 ($UMY = u'$) の場合、曲率 c を解くと、

$$c = -\frac{u' - u}{(n' - n)h_a} \quad (8.49)$$

次の面での近軸マージナル光線高さ ($HMY = h'$) の場合、軸方向の間隔 d を解くと、

$$d = \frac{h' - h}{u} \quad (8.50)$$

アプラナティック条件 (AMY) の場合、曲率 c を解くと、

$$c = \frac{\left(\frac{1+n'}{n}\right) \cdot u}{h} \quad (8.51)$$

入射角度 (IMY = i) の場合、曲率 c を解くと、

$$c = -\frac{i+u}{n \cdot h} \quad (8.52)$$

8.17 ティルトおよびディセクター (Tilted and Decentered Surfaces)

デフォルトの条件は、すべての面が光軸に沿って並んだ軸対称の光学系であることを前提としています。しかし、どの面も 3次元空間内の任意の位置に配置できます。これは、面が記述される座標系に対して、ティルト (傾斜偏心) あるいはディセクター (平行偏心) させることによって実現されます。この座標系の平行偏心の位置は XDE、YDE、ZDE パラメーターによって指定されます。傾斜偏心ティルトは ADE、BDE、CDE パラメーターによって指定されます。デフォルトでは、ローカル座標系の位置/向きは常にグローバル座標系に対して定義されます (DAR 面、セクション 8.18.1 を参照)。後続の面のローカル座標系を定義する他の形式には、NAX (新しい軸) および BEN (ミラーでの折り曲げ) があります。ティルト (傾斜偏心) の方向は一般的な数学の定義に従います。つまり、正の傾斜は反時計回りです (傾斜の向きの詳細な定義については、セクション 5.2.3 を参照してください)。

傾斜偏心ティルトと平行偏心ディセクターは非可換操作です。つまり、先にティルトしてからディセクターすると、先にディレクターしてからティルトする場合とは異なる座標系になります。したがって、面に対してティルトとディセクターを適用する順序を指定することが重要です。デフォルトの条件は、最初にディセクターを与え (XDE → YDE → ZDE)、その後にティルト (ADE → BDE → CDE) させます。

ADE [si..j sk] [zi..j zk] alpha_tilt	X 軸周りのティルト (度単位)。正のティルトは反時計回りです。
BDE [si..j] [zi..j zk] beta_tilt	Y 軸周りのティルト (度単位)。正のティルトは反時計回りです。
CDE [si..j] [zi..j zk] gamma_tilt	Z 軸周りのティルト (度単位)。正のティルトは反時計回りです。
XDE [si..j] [zi..j zk] x_dec	X 方向の平行偏心
YDE [si..j] [zi..j zk] y_dec	Y 方向の平行偏心
ZDE [si..j] [zi..j zk] z_dec	Z 方向の平行偏心
GADE [si..j]	X 軸周りの GRIN ティルト (これは、面頂点に対する GRIN 材料軸の「ADE」ティルト)
GBDE [si..j]	Y 軸周りの GRIN ティルト (これは、面頂点に対する GRIN 材料軸の「BDE」ティルト)
GCDE [si..j]	Z 軸周りの GRIN ティルト (これは、面頂点に対する GRIN 材料軸の「CDE」ティルト)
TLT si..j	面範囲 si..j をティルトさせます。このコマンドは、面のグループをティルトさせます。ティルト角度と参照点はダイアログボックスで指定します。

次のページに続く

前のページから続く	
TLM [si..j] mode DAR NAX BEN	<p>偏心面モードは、面 si..j 面に続く面の光軸がどのように定義されるかを示します：</p> <p>mode = 0 : ローカルな偏心（偏心して戻る、以下の DAR を参照）</p> <p>mode = 1 : 面法線が新しい光軸を定義します（NAX を参照）</p> <p>mode = 2 : 光軸はミラーでの反射の法則に従います（BEN を参照）</p> <p>mode でなく、偏心面モード名で設定することもできます。偏心面モード名は頭文字で設定します。例えば、 TLM s4 NAX TLM s4 BEN など。</p>
TSEQ [si..j] sequence	<p>ティルトシーケンスは平行偏心ディセンターと傾斜偏心ティルトが適用される順序を指定します。sequence は最大 6 文字の文字列です。許可される文字は次のとおりです：</p> <p>X = X 方向の平行偏心 Y = Y 方向の平行偏心 Z = Z 方向の平行偏心 A = X 軸周りのティルト B = Y 軸周りのティルト C = Z 軸周りのティルト</p> <p>ディセンター/ティルト操作の順序は、文字の順序によって指定されます。例えば、BX は Y 軸周りのティルトを最初に行い、その後 X 方向に平行偏心します。XYZABC がデフォルト設定です。つまり、最初に平行偏心ディセンターを与え（XDE → YDE → ZDE）、その後傾斜偏心ティルト（ADE → BDE → CDE）させます。</p>
TMAT si..j sk glb_ref param1..12	<p>変換行列 $M_{i,j}$ によって面の平行偏心と傾斜偏心を定義します。座標変換は、glb_ref で定義された前の面の座標系に基づいて参照されます。直前の面を参照する場合は 0 を入力します。12 個のパラメーター param1..12 は、変換行列 $M_{i,j}$ の要素を定義します。行列要素 $m_{i,j}$ は行ごとに入力されます。セクション 8.20.1 に例があります。変換行列の詳細な説明については、セクション 8.20 も参照してください。ヒント：システムで定義されたグローバル変換行列は、GSM コマンドでリストできます（ページ 203）。</p>
DAR [si..j]	面の平行偏心と戻り（同等のコマンドは TLM 0 です）。
BEN [si..j]	バンド面、光軸はミラーでの反射の法則に従います（同等のコマンドは TLM 2 です）。
NAX [si..j]	新しい光軸。面法線は、すべての後続面に対して新しい光軸を定義します（同等のコマンドは TLM 1 です）。

注意事項:

面の平行偏心と傾斜偏心は、面タイプ修飾子「D」が面タイプに指定されている場合にのみ有効です。たとえば、コマンド SUT s3 SD で設定すると、この面は偏心した球面であると認識され

ます。面タイプの詳細については、ページ 82 のセクション 8.6 も参照してください。
 したがって、特定の面に対して傾斜偏心と平行偏心を無効にするには、面タイプ文字列から「D」修飾子を削除します。
 CODE V とは異なり、**DAR** は *OpTaliX* のデフォルトのティルトモードです。
 近軸解析は非軸対称光学系（偏心系）に対して正確でない場合があります。これは、近軸光線追跡が定義上、平行偏心および傾斜偏心を考慮しないためです。

8.17.1 ティルト面に関する符号規約 (Sign Convention for Tilted Surfaces)

ティルト角度 ADE, BDE, CDE は、それぞれ X 軸、Y 軸、および Z 軸周りの回転を指します。ティルト角度の符号は数学的な規約に従い、正の符号は反時計回りの回転を意味し、負の符号は時計回りの回転を意味します（図 5.1、ページ 44 参照）。

8.18 偏心面モード (Tilt Modes)

面のティルトやディセンタの方法は、偏心面モードによって指定されます。3 種類のタイプの偏心面モードが提供されています。これらは次のコマンドで指定できます：

TLM si..j tilt_mode	面の偏心面モードを定義します。 tilt_mode = 0 : 光軸は変更されません (DAR コマンド参照)、 tilt_mode = 1 : 現在の面の法線が新しい光軸となります (NAX コマンド参照)、 tilt_mode = 2 : 新しい光軸は、追加の傾斜ダミー面を必要とせずに、ミラー面での反射の法則に従います。 (BEN コマンド参照)。ミラー面にのみ使用します！！
BEN si..j	ベンド面。新しい軸は反射の法則に従います。ミラー面にのみ使用します。TLM 2 の指定と等価です。詳細な説明はセクション 8.18.3 を参照してください。
DAR si..j	ディセンタ・アンド・リターン偏心です。TLM 0 指定と等価です。ローカル座標系はいったん指定通りに偏心しますが、面をその位置に残したまま、座標系自体は偏心前の状態に戻ります。詳細な説明はセクション 8.18.1 を参照してください。
NAX si..j	新しい軸。TLM 1 の指定と等価です。後続するすべての面に対して新しい軸を定義します。詳細な説明はセクション 8.18.2 を参照してください。

以下のセクションでは、偏心面モードの定義について詳しく説明します。

8.18.1 偏心面モード 0 : ディセンタ・アンド・リターン (**DAR**) (Decenter and Return (**DAR**))

DAR (偏心面モード = 0) は、*OpTaliX* におけるデフォルトの偏心面モードです。このオプションの意味は、指定された偏心量はその面に対してのみ影響を及ぼし、後続のどの面もその指定

には影響されないことです。後続の面は、先行するもっとも近い TLM = 1 (NAX 偏心) または TLM = 2 (BEN 偏心) の面の座標系を参照します。例 (図 8.24) :

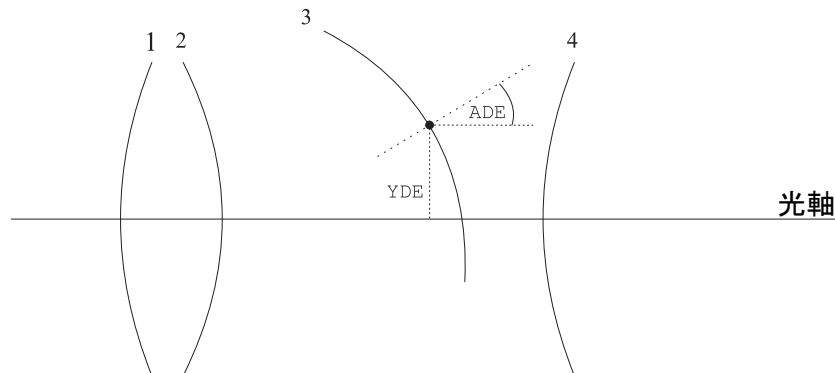


図 8.24. 偏心面モード 0 (TLM=0、DAR 偏心) のティルト/平行偏心面の定義例。後続面の光軸は、面 3 の偏心の影響を受けません。

(図 8.24) には面 3 に DAR 偏心が定義された光学系の例を示しました。この例を実現するためのコマンド入力例を以下に示します。:

```
SUT S3 SD !面タイプは球面 (S) で偏心 (D) しています
TLM S3 0 !偏心面モードは 0 です (最初は必要ありませんが、面が異なる偏
          心面モード (1 または 2) にある場合、このコマンドを明示的に指
          定してこのモードに設定する必要があります)。
DAR S3 !ディセンタ・アンド・リターン面。このコマンドは上記の「TLM
        S3 0」と同義です。
YDE S3 2.5 !面 3 の Y 方向の平行偏心ディセンタは+2.5mm です
ADE S3 30. !X 軸周りのティルトは 30 度です (ティルトが正なので反時計回り)。
```

後続の面 4 は再び光軸上にあります。これは、面 3 が光軸を変更しないためです。以前の面 (たとえば面 2) が TLM=1 または TLM=2 の面である場合、面 4 (図 8.24 の例) は以前の面 2 を参照します。DAR 面 (「ディセンタ・アンド・リターン」) は最初に指定する必要はありません (デフォルトであるため) が、次のように明示的に指定することもできます:

```
TLM si..j 0 または
DAR si..j
```

8.18.2 偏心面モード 1: 面法線が新しい軸を定義 (Surface Normal defines new Axis (NAX))

面 s_i に偏心面モード 1 (NAX 偏心) が指定されると、この面の座標系は後続のすべての面に対して面 s_i のローカル座標系によって参照される基準座標系として新しく定義されます。新しい光軸は面 s_i の頂点を通る法線と一致します。

図 8.25 の配置を生成するためのコマンド入力例は次のとおりです:

```
SUT S3 SD !面タイプは球面 (S) で偏心 (D) しています
TLM S3 1 !偏心モードは 1 です (軸は前の面の法線に従います)
YDE S3 2.5 !面 3 の Y 方向の平行偏心ディセンタは+2.5mm です
ADE S3 30. !X 軸周りのティルトは 30 度です (ティルトが正なので反時計回り)。
```

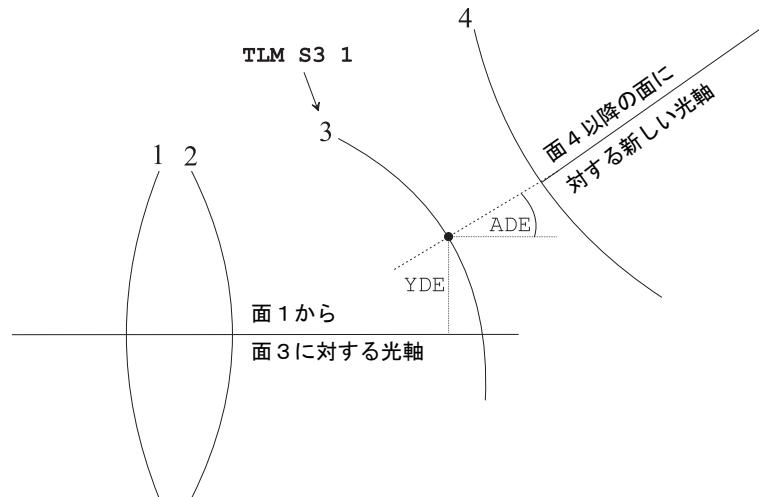


図 8.25. 偏心面モード 1 (TLM=1、NAX 偏心) のティルト/平行偏心面の定義例。後続面の光軸は後続する各面に先行する面 3 の法線に従います。

8.18.3 偏心面モード 2: ベンド面 (BEN) (Bend Surface (BEN))

光軸はミラーによる反射に従います。新しい光軸を生成するために、ローカル座標系をいったん指定どおりに偏心させますが、反射後に ADE, BDE のティルトが再度適用されます (図 8.26 参照)。

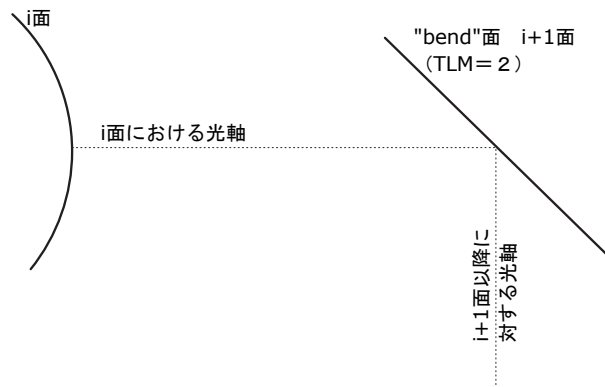


図 8.26. 偏心面モード 2 (TLM=2、BEN 偏心) のティルト/平行偏心面の定義例。光軸はあたかもミラーで反射したかのように変換されます。

8.18.4 ベンド面の複合ティルト (Compound Tilts on a BEND Surface)

BEN タイプの面に複合ティルト (ADE と BDE) が適用されると、座標系を適切に維持するために CDE ティルト角度が自動的に適用されます。これにより、ベンド前のメリジオナル光線が BEN 面以降も引き続きメリジオナル面のままになるように座標系が回転します。OpTaliX は CDE を自動的に生成しますが、手動で入力することはできません。CDE と (ADE、BDE) の関係は次のとおりです。

$$\cos(CDE) = \frac{\cos(ADE) + \cos(BDE)}{1 + \cos(ADE)\cos(BDE)} \quad (8.53)$$

計算された CDE データは LIS コマンドで出力されます (LIS コマンドを参照)。偏心光学系などで CDE が明示的に必要な場合は、この面から BEN を削除し、対応する偏心/回転を追加のダミー面に適用する必要があります。

8.18.5 偏心の逆変換 (Reverse Decenter and Tilts (REV))

REV コマンドは、面のディセクター/ティルト情報を取得し、逆符号で適用します。

REV [si..j]	ディセクター/ティルトを逆符号および逆順序で適用します。
-------------	------------------------------

8.19 偏心の適用順序 (Tilt Sequence)

任意の偏心の適用順序を指定できます。デフォルトの順序は表 8.22 に示されています。

順序	傾斜/偏心	識別子	記号
最初	XDE (X 方向の偏心)	X	Δx
2 番目	YDE (Y 方向の偏心)	Y	Δy
3 番目	ZDE (Z 方向の偏心)	Z	Δz
4 番目	ADE (X 軸周りの傾斜)	A	α
5 番目	BDE (Y 軸周りの傾斜)	B	β
6 番目	CDE (Z 軸周りの傾斜)	C	γ

表 8.22. デフォルトの偏心の適用順序と識別文字。

偏心の適用順序は、ティルト/ディセクターの順序を説明する 6 文字の文字列で指定されます。デフォルトの順序では、偏心の適用順序は「XYZABC」となり、これはディセクター $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ とオイラー角 α, β, γ に対応します。つまり、ディセクターがティルトの前に適用されます。ティルト/ディセクターの順序は次のコマンドで入力されます：

TSEQ [si..j] string	偏心の適用順序。ティルトやディセクターの順序を 6 文字の文字列で指定します。デフォルトの順序は XYZABC です。
---------------------	---

他の光学設計プログラムとは異なり、ディセクターとティルトの順序を変更するだけでなく (たとえば、ティルト後のディセクターまたはディセクター後の傾斜ティルト)、ティルトまたはディセクターの任意の順序 (たとえば、最初に Z 軸周り⇒次に X 軸周り⇒最後に再び Z 軸周り) およびティルトとディセクターの混合順序も許可します。

ティルトとディセクターの順序が重要であることに注意してください。たとえば、ティルトの順番 α, β, γ は、 β, α, γ や $-\alpha, -\beta, -\gamma$ と同じ結果になりません。同じティルト/回転角度でも、他の任意の組み合わせでも同様です。

ティルトは内部的に指定された順序で連続的な行列の乗算によって実行されます。たとえば、デフォルトのティルトの適用順序 (つまり、最初に X 軸周り、次に Y 軸周り、最後に Z 軸周り

のティルト) は次の行列の乗算 (右から左へ) を生成します¹

$$M_z \cdot M_y \cdot M_x = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Z軸周りの回転 Y軸周りの回転 X軸周りの回転

(8.54)

上述のとおり 1つの面で一連の偏心を設定する代わりに、複数のダミー面を用意してそれぞれの面に偏心の指定を分散させる方法でも可能です。

8.20 変換マトリックス (Transformation Matrix)

面の偏心 (ティルトやディセクター) は、いわゆる変換行列によっても定義できます。変換行列は、他の面のグローバル座標系に対する面の位置と方向を一意的に表現します。面行列は **TMAT** コマンドで入力できます。変換行列を入力する前に、次の形式の 3x4 行列である変換行列の定義について説明します。

$$M_{i,j} = \begin{bmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & m_{1,3} & m_{1,4} \\ m_{2,1} & m_{2,2} & m_{2,3} & m_{2,4} \\ m_{3,1} & m_{3,2} & m_{3,3} & m_{3,4} \end{bmatrix} \quad (8.55)$$

変換行列は、他の座標系 (前の面の座標系またはグローバル座標系) に対する面の頂点法線 (つまり、ローカル座標系) のティルトとディセクターを記述します。

座標変換は、ローカル X 軸 (α)、Y 軸 (β)、Z 軸 (γ) 周りのティルトおよびディセクター (X, Y, Z) によって実行されます。ローカルまたはグローバル座標系の定義については、セクション 5.2 (ページ 43) も参照してください。また、ティルトは可換ではないことに注意してください。つまり、ティルトの順序が重要です。

X 軸周りの面のティルト:

$$M_{i,j} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \end{bmatrix} \quad (8.56)$$

Y 軸周りの面のティルト:

$$M_{i,j} = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \end{bmatrix} \quad (8.57)$$

Z 軸周りの面のティルト:

$$M_{i,j} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (8.58)$$

¹面のティルトとディセクターを完全に記述するには 3x4 行列のみが必要です。OpTaliX では、これらの行列は 4x4 行列に拡張されます。これはわずかなオーバーヘッドですが、コンピュータに適した形で行列操作を大幅に簡素化します。

横方向のシフト（平行偏心）：

$$M_{i,j} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -X \\ 0 & 1 & 0 & -Y \\ 0 & 0 & 1 & -Z \end{bmatrix} \quad (8.59)$$

例：

X 軸周りの 20 度のティルトと Y 方向への 5mm の平行偏心は、次の変換行列になります。

$$M_{i,j} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8660254 & 0.5 & -5 \\ 0 & 0.5 & 0.8660254 & 0 \end{bmatrix} \quad (8.60)$$

8.20.1 変換行列の入力 (Entering Transformation Matrices)

X 軸周りの 20° のティルトと Y 方向への 5mm のディセンタは次のように入力されます：

```
tmat s4 0 1 0 0 0 0.8660254 0.5 -5 0 -0.5 0.8660254 0
```

これは変換行列を入力する非常に難解な形式で、入力ミスを生じやすいためおすすめしません。より好ましい入力方法は、TMAT コマンドをマクロ機能を介して利用する方法です。たとえば、下記のコマンドをマクロファイルに入れて、データをマトリックスのように配置し、次のテキストをファイル（たとえば tmat.mac）に定義します。

```
tmat s4 0 1.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 &
0.0000000 0.8660254 0.5000000 -5.0000000 &
0.0000000 -0.5000000 0.8660254 0.0000000
```

そして、コマンドラインから次のようにマクロを実行します。

```
run tmat.mac
```

上記のマクロ例では、行継続のための演算子 (&) に注意してください。

ヒント：システムで定義されたグローバル変換行列は、GSM コマンド（ページ 203）でリスト/制御することもできます。

8.21 GRIN 材料特性のティルト (Tilting GRIN Material Properties)

GRIN 材料の屈折率分布の方位は、GRIN 材料特性を指定する面の偏心面モードによって定義されます。デフォルトでは GRIN 分布は光軸に沿って定義されていますが、GXDE、GYDE、GZDE コマンドを使用して横方向や軸方向にシフトさせることができます。また、GADE、GBDE、GCDE コマンドを使用して異なる方向に回転させることもできます。さらに、GRIN 材料特性を保持する面の偏心面モード（DAR または NAX）も GRIN 媒体の方位に影響を与えます。面のティルト/平行偏心と GRIN のティルト/平行偏心の組み合わせは複雑な作用をもたらすことがあります。図 8.27 および図 8.28 は、さまざまな偏心面モードにおける GRIN 分布の絶対方位を示しています。

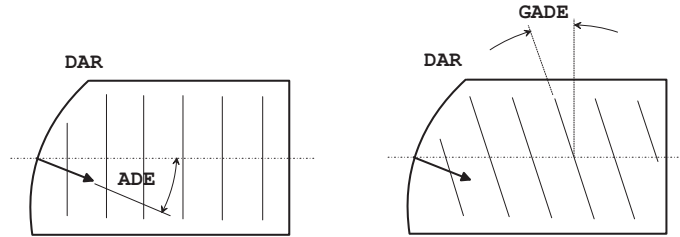


図 8.27. DAR 面での GRIN 分布の方位。左：DAR 面は光軸を変更しないため、GRIN 媒体の屈折率分布も光軸に沿って分布します。右：GADE、GBDE、GCDE を使用して、光軸に対して GRIN 分布を傾けさせます。

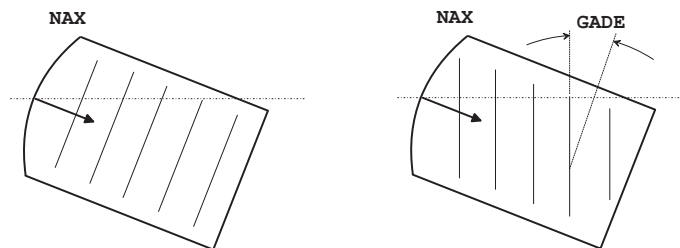


図 8.28. NAX 面での GRIN 分布の方位。左：NAX 面の頂点法線が新しい光軸を定義します。したがって、GRIN 媒体の分布も新しい光軸に沿って傾きます。右：GADE、GBDE、GCDE を使用して、新しい光軸に対して GRIN 分布をさらに傾けさせます。

BEN ベンド面は GRIN 媒体と併用できないことに注意してください。GRIN 媒体内でベンド機能が明示的に必要な場合は、追加のダミー面に適用する必要があります。

8.22 グローバル参照 (Global Referencing)

任意のどの面も先行する面のローカル座標を参照できます。つまり、どの面も先行する面のローカル座標を基準に記述できるということです。このグローバル参照方法により、光線追跡が通常のシーケンシャルであるにもかかわらず、面順序指定の厳格さを破ることが可能です。

参照される面は常に NAX 面でなければなりません。これは、後続の面が参照される面のローカル座標系を参照することを意味します。グローバル参照面 (GLB コマンド) を入力すると、参照した面の偏心面モードは自動的に 1 (NAX モード) に設定されます (NAX、TLM を参照)。

GLB Si..j k	グローバル参照面を指定します。座標データ (XDE、YDE、ZDE、ADE、BDE、CDE) は、 先行面 k の座標系に対して面 i..j に対して解釈されます。つまり、面 i から面 j のティルトやディセンタは、面の物理的位置を保持するために再計算されます。すでにグローバル参照されている面に対して、別の (先行) 面基準で参照し直す場合には、そのまま GLB コマンドをその面に対して適用し直してください。グローバル参照を解除するには、GLB si..j 0 で解除できます。
THR si..j ref_thi	面 i..j の参照面間隔を面 k に対して ref_thi とします。参照面間隔は、参照される面 (k) から参照する面 (i..j) までの距離です。参照される面 k は、参照する面 i よりも小さい番号でなければなりません。

グローバル参照の概念を説明するために、可動レンズを持つ単純光学系を考えてみましょう (図 8.29 参照)。このレンズデータファイルは \$i\examples\misc\global_references.otx にあります。

通常のシーケンシャルモデルでは、像面 (面 7) は前の面 (面 6) の座標によって定義されますが、ここでは、像面 (面 7) が前の面 (面 6) ではなく、面 1 のローカル座標系を基準に定義できます。この例では、面 7 が**参照する面**であり、面 1 が**参照される面**です。これは次の 2 つのコマンドで実現されます：

```
GLB s7 1      ! 面 7 (参照する面) は面 1 (参照される面) の座標系によって定義
               ! することを宣言。
```

```
THR s7 162.935 ! 参照される面 1 から面 7 までの面間隔を 162.935mm とする。つまり、
               ! 面 7 は面 1 のローカル頂点から 162.935mm 離れています
```

面 6 の面間隔は**従属変数**となるため、ユーザーが自由に変更することはできません。その値は、面 1 から面 5 までの面間隔値と、面 7 (参照する面) の絶対位置 (THR S7 で設定した値) から計算されます。面スプレッドシートエディターでは、面 6 の面間隔はグレー表示されます。

注意点：

- グローバル参照された面の位置は、この面の THR 値によってのみ決定されます。
- THR は**独立変数**であり、常に参照される面から参照する面までの距離として指定されます。“参照される面”は、“参照する面”に先行しなくてはなりません。この点に注意してください。また、シーケンシャルな面間隔を指定する THI が、直後の面位置を指定するのは明らかに異なります。
- グローバル参照された面の前の面間隔は常に**従属変数**です (面エディタではグレー表示されます)。

また、“参照する面”の面間隔として参照面間隔 (reference thickness) THR を指定することは、OpTaliX で使用される通常的面間隔 THI とは対照的であることに注意してください (面間隔 THI は常にローカルな面から次の面までの距離として定義されます)。

このグローバル参照の THR コマンドを使用すると、ダブルレットと負レンズの間の面間隔 (面 4) を変更しても、像面の位置に影響を与えずに済みます (厳密に連続する面の面間隔のモデルではそうなります)。したがって、レンズ系の任意の面間隔を変更したとしても、レンズ系全体の長さを一定に保つ簡潔な方法が得られます。このような機能は、ズーム (多重構成) 光学系でとくに有用であり、レンズ群の前後の面間隔ではなく、1 つのパラメーターのみを制御すればよいからです。

次に具体的な例を説明します。面 4 の面間隔を変更して負レンズを移動します：

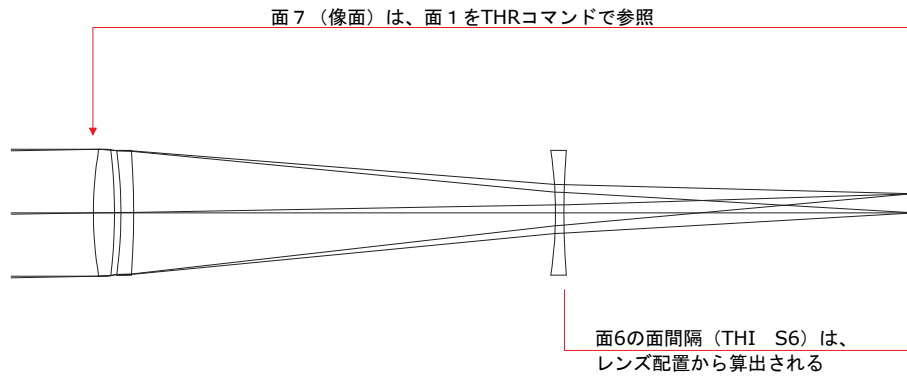


図 8.29. 面参照の定義

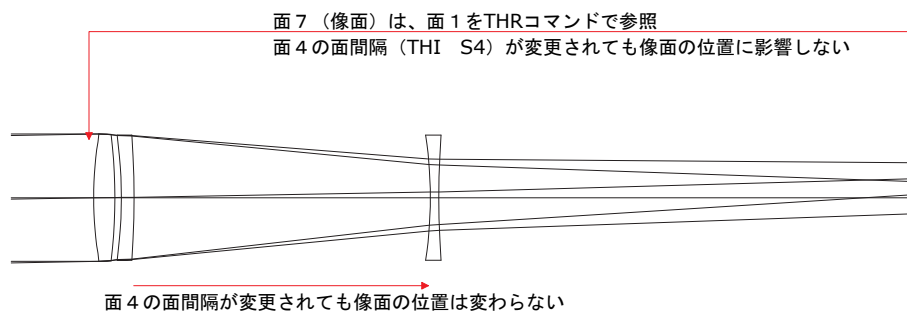


図 8.30. 面参照の定義。

レンズの位置は面4に対して変わりましたが、像面(面7)の位置は変わりません。なぜなら、像面の位置(面7)は面1の頂点に参照されているからです(図8.30)。

これらの結果から、参照面には2つの軸上面間隔、THRとTHIを持っていることが分かります。THRは面の頂点を別の(先行)面の頂点を基準に定義します。つまり、参照される面から参照する面までの面間隔を定義します。

THIはその面から次の面までの面間隔を定義します。

8.23 光線追跡除外面 (No-Raytrace) (NOR) Surface

「光線追跡除外面」(NOR)は、面と光線の座標を変換するだけで、実際にはこの面での光線追跡をしない特別な面です。NOR面は、ティルトやシフトの面の偏心を含む光学系にとくに有用ですが、共軸系でも適用できます。NOR面は、非光学的な参照点であるフランジ、ポリゴンスキャナーの回転軸などの機械的な部品を光学モデルの1要素として定義するために使用できます。

NOR面には、必須の面タイプ(SUT)「X」が必要です。面タイプの修飾子「S」、「A」または「L」は、面タイプの定義に含めてはなりません。コマンド

NOR si..j

は、面を「光線追跡除外面」(NOR)に変換するために必要なすべての操作を行います。NOR面は、共軸面にも偏心面にも適用できます。したがって、NOR面は共軸面では「X」、偏心面では「XD」の面タイプによってのみ定義されます。他の面タイプ(オプションの修飾子M、I、H、Gなど)は許可されていますが、光線追跡には影響しません。

NOR 面は、光線と面との交点座標を求めることはできません。したがって、光線交点プロット機能 (SPO RIS) や、単一光線追跡解析 (RSI)、またはフットプリント解析 (FOO) では、光線は指定された面に実際には追跡されないため、光線交点座標は NOR 面上で利用できません。

NOR 面は、グローバル参照された面とともに、機構的な構造と光学系光線データを効果的にモデル化するための強力な手段を提供します。その使用方法は、図 8.31 に示すポリゴンスキャナーの例で説明されています。このレンズデータは `$i\examples\misc\F-Theta-Scanner.otx` にあります。ポリゴン面を所望の回転をモデル化するために、グローバル参照と NOR 面の両方を使用します。このモデルでは、面 1 ($F\theta$ レンズの最初の面) は、絞り面である面 1 にグローバル参照されています。 $F\theta$ レンズは、面 1 で入射ビームに対して 90° ティルトしているため、所望の位置は次のコマンドによって達成されます。

```
glo s5 1    ! 面 5 が面 1 を基準にグローバル参照します。面 5 は自動的
            ! に偏心面タイプ (ティルトモード NAX) に変換されます。
ade s5 90   ! 面 5 を面 1 に対して  $90^\circ$  ティルトさせます。
yde s5 50   ! 面 5 を 50mm だけ Y 方向にシフトします。
```

面 2 はポリゴンの回転軸に位置しています。Z 位置 (光軸に沿った位置) は `THI s1` で定義され、Y 位置は `YDE s2` コマンドで入力されます。面 2 は偏心面タイプ NAX であるため、面 3 と 4 は面 2 を参照します。面 3 は実際には必要ありませんが、この例ではポリゴンの中心をクロスでプロットしてより視覚化しやすくするために使用されています。面 4 はポリゴンの 1 つのミラー面を表しています。その傾きティルトと平行偏心シフトの値は面 2 を参照して適切に設定されています。

面 5 は面 1 を基準としたグローバル参照によりその偏心した座標位置が定義されています。そのため、シーケンシャルな光学モデルとは異なり、 $F\theta$ レンズの幾何的な配置を保持するためにダミー面を用意して面 4 の偏心を打ち消すような追加の偏心指定をする必要がありません。

面 2 と 3 は `NOR s2..3` コマンドによって NOR 面にされているため、光線がポリゴンのミラー面 (面 4) を「通過して」面 2,3 にプロットされることを避けられます。面 2 と 3 は変換目的のみに使用され、実際の光線によって追跡されることはありません。

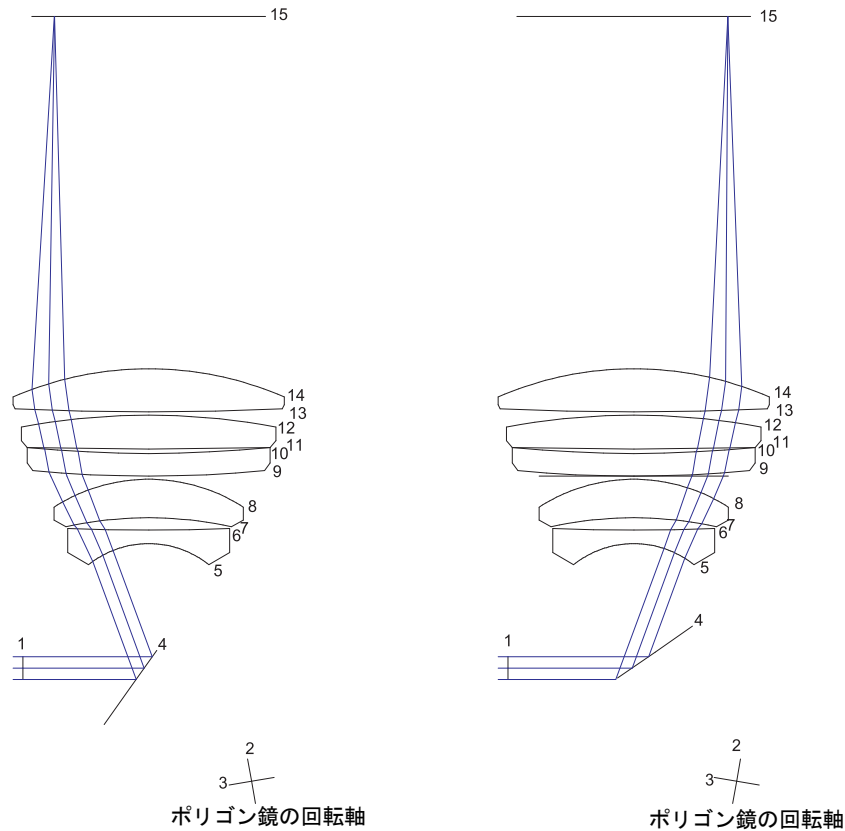


図 8.31. ポリゴンスキャナーのモデリングにおけるグローバル座標と NOR 面の使用例

8.24 屈折率分布面 (GRIN 面) (Gradient Index Surface)

不均質または屈折率分布材料では、光線はもはや直線的に伝播しません。図 8.32 に示すように、光線は屈折率の変化にしたがって曲がります。屈折率は媒質内の光線の位置に応じて変化します。光軸方向の屈折率勾配は軸上勾配 (Axial Gradient) と呼ばれ、光軸に垂直な方向の屈折率勾配は動径勾配 (Radial Gradient) と呼ばれます。もちろん、屈折率が材料内の軸方向および動径方向の位置の関数である混合勾配も可能です。この場合の屈折率は、軸方向と動径方向のそれぞれの位置の関数として定義されます。屈折率勾配を持つ材料は、屈折率分布材料または GRIN (Gradient Index) 材料と呼ばれます。また屈折率分布材料が作る面を屈折率分布面 (GRIN 面) といいます。

図 8.32 に示すレンズ設計ファイルは `$i\examples\grin\slw10_2.otx` にあります。

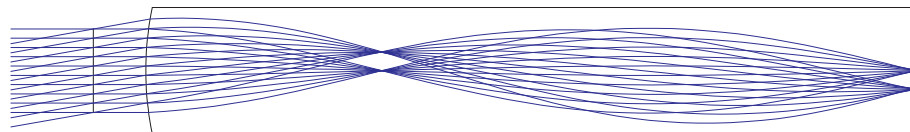


図 8.32. 動径方向屈折率分布に対する勾配屈折率の光線追跡

屈折率分布面の完全な仕様は、面の特性だけでなく材料の特性も考慮する必要があります。屈折率分布材料への屈折がどのように行われるかを OpTaliX に指示するために、面タイプに修飾子「I」を追加する必要があります。材料特性は、あらかじめ定義された屈折率分布ガラス (例:

GradiumTM ガラスの G14SFN) を指定するか、定義された各波長に対して屈折率分布係数を入力することで定義できます。

正確な光線経路を見つけるための数値解法には、ステップサイズ ds の選択が含まれます。 ds の値を小さくすると数値精度が向上しますが、計算時間も増加します。

SUT si..j string	面 i..j の面タイプ (SUT) は文字列 "string" です。面タイプには少なくとも S (球面) または A (非球面) を含める必要があります。例: sut s3 ai (非球面 + GRIN)
GLA si..j name	ガラス名。ガラス名 (光学材料名) の指定は、基本屈折率の指定よりも優先されます。これにより、すべての指定された波長に対して基本屈折率と屈折率分布係数が自動的に設定されます。ガラス名が省略された場合、少なくとも基本屈折率 (すなわち光軸上の屈折率) を指定する必要があります。屈折率分布タイプ LPT、NSG、GLC のために定義されたガラスがあります (以下の GIT コマンドを参照)。係数を手動で入力して屈折率分布特性を定義する他のすべてのタイプの屈折率分布については、汎用ガラス "GRIN" を使用する必要があります。例: gla s2 g41sfn (LightPath Gradium TM ガラス) gla s2 grin (汎用屈折率分布ガラス、GIC コマンドで係数を入力)
GIC si..j ci..j val	index[idxa]GIC@GIC 屈折率分布係数屈折率分布係数。屈折率分布タイプ (GIT) に依存する係数 c_1 , c_2 , c_3 , ... の定義は、表 8.24.16 に示されています。GIC の指定を機能させるためには、ガラスタイプ (GLA) が GRIN である必要があります。他の屈折率分布ガラス (例: LightPath の G51SFN や日本板硝子株式会社の SLW18 など) は、OpTaliX にあらかじめ定義された特性係数を持ち、変更することはできません。
GDISP sk disp_name	屈折率分布分散名。屈折率分布材料に割り当てられるユーザー定義の分散特性を定義します。面 sk のガラスタイプ (GLA コマンド参照) は GRIN である必要があります。このコマンドは、OpTaliX にあらかじめ定義された屈折率分布材料では機能しません。分散係数は GLASSES ディレクトリ内のファイル grindisp.asc で定義され、グローバルに利用可能です。ファイル形式の定義については、セクション 32.9 も参照してください。現在、選択可能な分散モデルは LPT、URN、SEL、GLC、GRT のみです。disp_name が空白のままの場合、面 sk の屈折率分布材料から分散特性が削除されます。
GIS si..j step	屈折率分布勾配ステップサイズ ds 。 ds は光路に沿った光線要素の長さです。光路を ds ごとの微少な光線要素に分割しながら光線追跡を行います。パラメーター step は光線経路に沿った積分ステップです。この表の直後に記載された注記も参照してください。
GZO si..j val	屈折率分布 Z オフセット、軸上勾配 (Axial Gradient) のみに適用されます。入射面の頂点の軸方向屈折率関数のゼロ点からの軸方向オフセットを記述します。

次のページに続く

前のページから続く	
GADE [si..j] val	屈折率分布の X 軸回転 (これは、前の面に対する屈折率分布の軸だけの"ADE" 回転です)。
GBDE [si..j] val	屈折率分布の Y 軸回転 (これは、前の面に対する屈折率分布の軸だけの"BDE" 回転です)。
GCDE [si..j] val	屈折率分布の Z 軸回転 (これは、前の面に対する屈折率分布の軸だけの"CDE" 回転です)。
GIT si..j string	<p>屈折率分布タイプ。以下の屈折率分布特性タイプが利用可能です：</p> <p>SEL： SELFOC 屈折率分布 GLC： Gradient Lens Corporation 屈折率分布 (EndoGRINTM) GRT： Grintech, Jena のラジアル型屈折率分布 LPT： LightPath GRADIUM 軸上屈折率分布 AXG： 線形軸上屈折率分布 URN： ロチェスター大学屈折率分布 LUN： ルーネベルグレンズ SPG： 球状屈折率分布 MAX： マクスウェルの魚眼</p> <p>例： git s3 lpt ! LightPath GradiumTM ガラス</p>
MXG si..j sk max_grin_iterations	<p>面 si..j sk に定義された屈折率分布媒体内の最大反復ステップ数。屈折率分布光線追跡は、不適切な係数が指定された場合、とくにユーザー定義のプロファイルでは無限ループに陥る可能性があります。無限ループに陥った場合に備えるために、最大反復ステップ数を制限できます。各屈折率分布面には異なる MXG 値を割り当てることができます。MXG si..j sk 0 は、その特定の面での制限チェックを無効にします。</p>

屈折率分布勾配ステップ (GIS) に関する注意: 屈折率分布の光線追跡の精度と速度は、ステップ長の選択によって決まります。デフォルトのステップサイズは 0.1mm に設定されており、多くの場合において妥当な設定であると思われます。しかし、個別の光学系への適用にあたっては、所望の光線追跡精度を得るための適切な勾配ステップサイズをテストし、必要に応じて調整することをオススメします。ガイドラインとして、弱い勾配の場合、ステップサイズは 1mm まで大きくしても幾何学的解析の精度を犠牲にすることなく使用できます。一般的に、波動光学的解析の場合、通常はより小さなステップサイズが必要です。大きなステップサイズ (>0.1mm) が選択された場合、OpTaliX はすべての波動光学的解析でステップサイズを一時的に 0.1mm に減らし、解析の後ユーザーが選択した元のステップサイズに戻します。この処理は自動的に行われます。

屈折率分布面のアパーチャのチェックは、GRIN レンズの最初の面に固定アパーチャフラグ FHY (セクション 8.33.3 参照) を割り当てることで実行できます。勾配材料内の光線の光軸からの高さ (動径座標) が、入口面のアパーチャを超えるとその光線の追跡は中止されます。

コマンド例:

SUT s3 AI ! 面3の面タイプはAI (A=非球面、I=屈折率分布)
 GLA s3 SLN20 ! 面3の光学材料をSLN20に設定
 GIT s3 SEL ! 面3の屈折率分布タイプは、SEL (=セルフオックレンズ)
 GIC s3 c4 0.42 ! 面3の4番目の屈折率分布係数を0.42に設定
 GZO s3 1.2 ! 屈折率分布のZオフセット = 1.2 mm
 MXG s3 200 ! 面3に定義された屈折率分布媒体内の反復回数を200に制限

例 1: LightPath 社の GRADIUMTM 型屈折率勾配の設定:

LightPath 社の GRADIUMTM 型の屈折率勾配を定義するには、LightPath のガラス名を指定するだけです。たとえば、

GLA s2 G14SFN

この指定により、他のすべてのパラメーター（屈折率分布タイプ、面タイプ）は自動的に設定されます。そして、LightPath 社の GRADIUM 型ガラスから均質ガラスに切り替えると、屈折率分布タイプと面タイプは自動的にリセットされます。

例 2: 係数を用いた屈折率分布材料の定義:

OpTaliX に事前定義された屈折率分布材料が存在しない場合や、ユーザーが指定する屈折率分布特性をシミュレートする場合、屈折率分布係数を直接入力することで屈折率分布特性を定義できます。係数は選択された屈折率分布タイプに依存し、式 8.67 から 8.86 および表 8.24.16 (ページ 150) で説明されています。たとえば、「ロチェスター大学 (URN)」の屈折率分布は軸上勾配および動径勾配の係数で構成されており、混合勾配の定義が可能です。

gic s3 c1 1.65 1 番目の屈折率分布係数（基本屈折率 n_{00} ）を 1.65 に設定します
 gic s3 c2 -0.035 2 番目の屈折率分布係数（線形軸方向勾配 n_{01} ）を -0.035 に設定します

8.24.1 各面の屈折率分布係数の編集 (Editing GRIN Coefficients on a Surface)

GDISP コマンドを使用して独自の屈折率分布モデルを選択することに加えて、係数は面エディタから呼び出されるダイアログで簡単に編集することもできます。GDISP オプションとの主な違いは、屈折率分布材料がレンズ内の特定の面にのみ定義され、OpTaliX に事前定義された屈折率分布材料のカタログレンズに影響をあたえない、そして他のレンズや面に定義されたものの屈折率分布材料にも何らの影響を与えません。

この機能を有効にするには、面のガラス名を「GRIN」に設定する必要があります。他の名前は許可されません。その後、面エディタで GRIN タブを選択し、「Coeff」列の適切なボタンをクリックします。これにより、図 8.33 に示すダイアログが開きます。ここで、事前定義された分散特性（カタログ GRIN の場合は '\$ i\glasses\grin.asc'、ユーザー定義の分散の場合は '\$ i\glasses\grindisp.asc' に定義されています）を選択するか、リストボックスで「USER」オプションを選択できます。「USER」が選択されている場合、分散係数を編集できますが、事前定義された分散の場合は係数の編集欄が無効（グレーアウト）になります。リストボックス内の「USER」という名前は任意に変更できます。

上記の方法で定義した「USER」定義の分布係数と分散係数は、ダイアログが呼び出された特定の面に関与します。「USER」定義は光学系と共に保存されるため、その特定の光学系内でのみ「ローカル」に利用可能です。

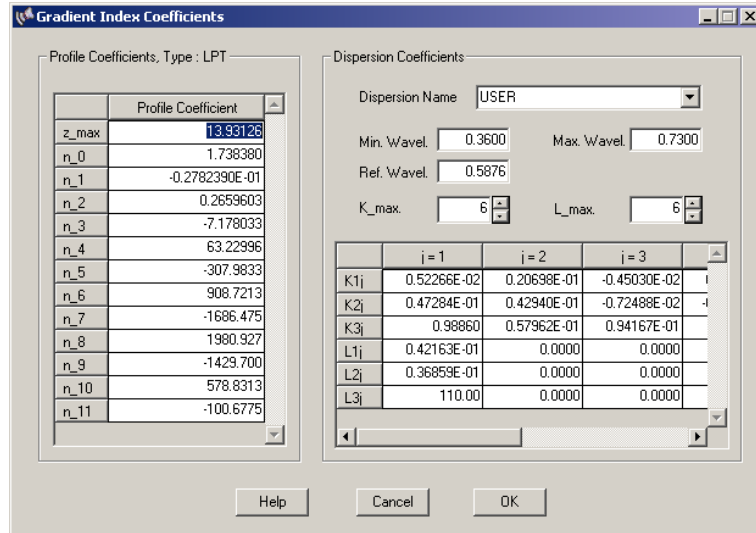


図 8.33. 個々の面での GRIN 係数 (屈折率分布係数および分散係数) の編集

注意事項: GRIN 材料の屈折率分布係数や分散係数の変更は慎重に行ってください。不適切なデータの場合、OpTaliX が無限ループに陥る可能性があります。新しい係数をテストまたは実行する前に、その面の屈折率分布ステップの最大許容数を減らすことが賢明です。詳細は **MXG** コマンドを参照してください。

8.24.2 GRIN 材料内での光線追跡法 (Ray-Tracing Method)

GRIN (屈折率分布) 材料内での光線追跡は、光線方程式を解くことによって得られます [49] :

$$\frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = n \nabla n \quad (8.61)$$

次の条件で

$$t = \int \frac{ds}{n}; \quad dt = \frac{ds}{n} \quad (8.62)$$

ここで、 \mathbf{r} は光線上の点の位置ベクトル、 ds は光線に沿った弧の要素です。式 8.61 には 3 つの成分があり、3 要素の配列を使用して同時に解くことができます :

$$\mathcal{R} \equiv \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (8.63)$$

$$\mathcal{T} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} dx/ds \\ dy/ds \\ dz/ds \end{pmatrix} \quad (8.64)$$

そして

$$\mathcal{D} = n \begin{pmatrix} \partial n / \partial x \\ \partial n / \partial y \\ \partial n / \partial z \end{pmatrix} \quad (8.65)$$

ベクトル \mathcal{T} の成分が光線の3つの光学方向余弦 α, β, γ であることは明らかです。式 8.61 は次の行列方程式として書くことができます：

$$\frac{d^2 R}{dt^2} = \mathcal{D}(R) \quad (8.66)$$

式 8.66 は、初期条件 $\mathcal{R} = R_0(x_0, y_0, z_0), \mathcal{T} = T_0$ であることを前提に、Sharma 法 [49] によって解かれます。既知の点 (R_0, T_0) から始めて、順次 $(R_1, T_1), (R_2, T_2), \dots, (R_n, T_n)$ を生成できます。つまり、Runge-Kutta アルゴリズムを使用して媒質内を光線追跡できます。

8.24.3 日本板硝子社のセルフオックTM レンズ (SELFOCTM Lens (SEL))

SELFOCTM レンズの動径屈折率分布は次のように与えられます：

$$n(r) = n_0 \left(1 - \frac{A}{2} r^a \right) \quad (8.67)$$

ただし

$$\begin{aligned} a &= 2 \\ A &= \frac{2 \cdot \Delta n}{n_0 \cdot r_k^a} \end{aligned} \quad (8.68)$$

SELFOCTM 材料では、屈折率は放物線状に減少し、これは式 8.67 において $a = 2$ で定義されます。式 8.68 を式 8.67 に代入し、いくつかの簡単な操作を行うと、より一般的な形が得られます。

$$n(r) = n_0 - \underbrace{\frac{2 \cdot \Delta n}{n_0 \cdot r_k^a}}_A \cdot \frac{n_0 r^a}{2} \quad (8.69)$$

OpTaliX に登録済の日本板硝子社製 GRIN レンズの一覧表が、セクション 13.7.4 にありますので参照してください。

SELFOCTM ガラスの波長依存性（分散）は、次の式で与えられます [39]：

$$n_0(\lambda) = c_1 + \frac{c_2}{\lambda^2} \quad (8.70)$$

$$\sqrt{A}(\lambda) = k_{11} + \frac{k_{12}}{\lambda^2} + \frac{k_{13}}{\lambda^4} \quad (8.71)$$

8.24.4 Gradient Lens 社製ロッドレンズ (GLC) (Gradient Lens Corporation (GLC))

Gradient Lens Corporation が提供する「EndoGRIN」ロッドレンズの動径屈折率分布は次の通りです：

$$n(r) = n_{00} + n_{10} r^2 + n_{20} r^4 \quad (8.72)$$

ここで、 $r^2 = x^2 + y^2$ です。

屈折率分布係数 n_{00}, n_{10}, n_{20} は波長依存性があります：

$$n_{ij}(\lambda) = A + B\lambda^2 + \frac{C}{\lambda^2} + \frac{D}{\lambda^4} \quad (8.73)$$

ここで、 λ は nm 単位で与えられます。各 n_{00}, n_{10}, n_{20} に対して、別々のパラメーター A, B, C, D が存在します。OpTaliX に登録済みの Gradient Lens 社製の利用可能な GRIN レンズの一覧表が、セクション 13.7.4 にありますので参照してください。

8.24.5 Grintech 社製ロッドレンズ (GRT) (Grintech Radial Gradient (GRT))

ドイツのイエナにある Grintech 社が製造するロッドレンズの動径屈折率分布は次のように定義されます：

$$n(r) = n_0 \cdot \operatorname{sech}(gr) = \frac{n_0}{\cosh(gr)} \quad (8.74)$$

ここで、 $r^2 = x^2 + y^2$ であり、 g は材料定数です。 n_0 の分散は次の式で高精度にモデル化されます：

$$n_0(\lambda) = 1.61189 + \frac{7614[\text{nm}^2]}{\lambda^2} \quad (8.75)$$

OpTaliX に登録済みの利用可能な Grintech 社製の GRIN レンズの一覧表が、セクション 13.7.4 (ページ 256) にありますので参照してください。

8.24.6 Grintech 社製シリンダリカル型 GRIN レンズ (GRC) (Grintech Cylindrical Gradient (GRC))

ドイツのイエナにある Grintech 社が製造する円筒形レンズの屈折率分布は次のように定義されます：

$$n(y) = n_0 \cdot \operatorname{sech}(g \cdot y) = \frac{n_0}{\cosh(g \cdot y)} \quad (8.76)$$

ここで、 y は Y 方向の高さであり、 g は材料定数です。X 方向では、 g 係数はゼロと仮定され、屈折率は n_0 です。 n_0 の分散は次の式で高精度にモデル化されます：

$$n_0(\lambda) = 1.61189 + \frac{7614[\text{nm}^2]}{\lambda^2} \quad (8.77)$$

OpTaliX に登録済みの利用可能な Grintech 社製の GRIN レンズの一覧表が、セクション 13.7.4 (ページ 256) にありますので参照してください。

8.24.7 軸上線形 GRIN レンズ (AXG) (Linear Axial Gradient) (AXG)

軸上線形 GRIN レンズの屈折率は、面頂点から Z 軸に沿った軸方向距離 z の線形関数です。

$$n(z) = n_0 + a \cdot z \quad (8.78)$$

ここで：
 n_0 = 光軸上の基準屈折率
 a = 軸上線形係数

8.24.8 ライトパス・テクノロジーズ社製の軸上 GRIN レンズ (LPT) (LightPath Technologies Gradient) (LPT)

LightPath Technologies 社によって開発された GRADIUMTM 型の軸上 GRIN レンズは 11 次の項までの多項式で表される軸上屈折率分布を持ちます。

$$n(z) = \sum_{i=0}^{11} n_i \left(\frac{z}{z_m} \right) = n_0 + n_1 \left(\frac{z}{z_m} \right)^1 + n_2 \left(\frac{z}{z_m} \right)^2 + n_3 \left(\frac{z}{z_m} \right)^3 + n_4 \left(\frac{z}{z_m} \right)^4 + \dots + n_{11} \left(\frac{z}{z_m} \right)^{11} \quad (8.79)$$

ここで、係数 n_0 から n_{11} は波長 $\lambda_{ref} = 587.6nm$ で昇順に与えられます。 z は高屈折率面または低屈折率面からの距離です。 z の値は 0 から最大値 z_m までの範囲です。

波長依存性は改良された Sellmeier 式でモデル化されます

$$n(\lambda)^2 - n(\lambda_{ref})^2 = \sum_i \frac{K_i \lambda^2}{\lambda^2 - L_i} \quad (8.80)$$

ここで $n(\lambda_{ref})$ は基準波長での屈折率であり、定数は n の関数です

$$K_i = \sum_{j=1}^k K_{ij} [n(z, \lambda_0)]^{j-1} \quad (8.81)$$

および

$$L_i = \sum_{j=1}^k L_{ij} [n(z, \lambda_0)]^{j-1} \quad (8.82)$$

波長 λ はミクロン単位で与えられます。OpTaliX に登録済みの利用可能な LightPath Technologies 社製の GRIN レンズの一覧表が、セクション 13.7.4 にありますので参照してください。

8.24.9 ロチェスター大学型の GRIN(URN) (University of Rochester Gradient) (URN)

$$n(r, z) = n_{00} + n_{01}z + n_{02}z^2 + n_{03}z^3 + n_{04}z^4 + n_{10}r^2 + n_{20}r^4 + n_{30}r^6 + n_{40}r^8 \quad (8.83)$$

ここで：

$$\begin{aligned} r(x, y)^2 &= x^2 + y^2 \\ n_{00} &= \text{基準屈折率} \\ n_{0i} &= \text{軸上係数} \\ n_{i0} &= \text{動径係数} \end{aligned}$$

分散特性は、**GDISP** コマンドで指定された**分散名**を指定することによってロチェスター大学型の GRIN レンズ (URN) に割り当てることができます。LightPath 材料と同じ分散係数セットが使用されます。とくに、式 8.80 から 8.82 が適用されます。分散係数は、GLASSES ディレクトリ内のファイル **grindisp.asc** に保存する必要があります。

屈折率分散モデリングを使用して一般的な URN 型の GRIN レンズを設定する例：

gla s1 GRIN ! 屈折率分布ガラス名として GRIN を設定する
 git s1 URN ! 屈折率分布タイプは URN
 gic s1 c1 1.678 ! 1 番目の分布係数 (基準屈折率) を設定
 gic s1 c2 0.00345 ! 2 番目の分布係数 (軸上線形項) を設定
 gic ... ! 必要に応じて係数の入力を繰り返す
 gdisp s1 GLAK ! 分散名は GLAK (ファイル grindisp.asc に存在する必要があります)。

8.24.10 ルーネベルグ型の GRIN(LUN)
(Luneberg Gradient) (LUN)

$$n^2(p) = n_0^2 \left(2 - \frac{p^2}{a^2} \right) \quad (8.84)$$

ここで: $p^2 = x^2 + y^2 + (z - r)^2$

8.24.11 球面型の GRIN(SPG)
(Spherical Gradient) (SPG)

$$n(p) = n_0 + n_1(r - p) + n_2(r - p)^2 + n_3(r - p)^3 + n_4(r - p)^4 \quad (8.85)$$

ここで: $p^2 = x^2 + y^2 + (z - r)^2$

8.24.12 マクスウェルの魚眼型の GRIN(MAX)
(Maxwell's Fisheye) (MAX)

$$n(p) = \frac{n_0}{1 + \frac{p^2}{a^2}} \quad (8.86)$$

ここで: $p^2 = x^2 + y^2 + (z - r)^2$

8.24.13 ユーザー定義の屈折率分布面 (UDG)
(User-Defined Gradient Index) (UDG)

ユーザー定義の屈折率分布は、FORTRAN または C でユーザーが作成したサブルーチンでプログラムできます。ユーザー定義の屈折率分布のデフォルト名は "usergrn" です。

usergrn サブルーチンは、ガラス内の任意の点 (x,y,z) で屈折率を計算する必要があります。すなわち、 $n = n(x, y, z)$ です。このサブルーチンは、屈折率の導関数 dn/dx 、 dn/dy 、および dn/dz も明示的に評価する必要があります。

ユーザー定義屈折率分布の係数は UDG コマンドで指定されます：

<pre>UDG si..j sk ci..j ck coeff_1 coeff_2 ...</pre>	<p>ユーザー定義の係数 c..j を面 si..j に、それぞれ面 sk に入力します。その面には "I" 型 (gradient Index) の面タイプが必要です。</p>
--	---

OpTaliX は、FORTRAN および C プログラミング言語のサンプルサブルーチンを提供しています。これらは以下のディレクトリにあります。

```
C:\ProgramData\optalix\dll\usergrn\Fortran  for FORTRAN
C:\ProgramData\optalix\dll\usergrn\C        for C/C++
```

Lahey/Fujitsu FORTRAN、Intel FORTRAN、および Microsoft Visual C コンパイラ用の適切なサブディレクトリがあります。サブルーチン名は小文字で正確に"usergrn"でなければならず、他の名前は許可されません。必要に応じて、usergrn サブルーチンは他のサブルーチンを呼び出したり、データファイルを読み込んだりすることもできます。FORTRAN または C で作成する usergrn サブルーチンは、以下の引数としたパラメーターを持つ必要があります。

```
usergrn(isur,sdata,x,y,z,wvl,rindx,gx,gy,gz,i_err)
```

ここで、各引数の意味を説明します：

isur	屈折率とその屈折分布を評価するための現在の面番号です。個々の異なる面にそれぞれ異なる屈折率分布タイプ（屈折率分布式）を使用される場合にこのパラメーターが必要です。UDG タイプの面が1つだけ使用される場合、このパラメーターは通常必要ありません。後述の注記も参照してください。
sdata	<i>OpTaliX</i> と usergrn <i>OpTaliX</i> から usergrn サブルーチンヘデータを渡すための 91 要素のデータ配列です。data の要素は UDG 係数 C1 から C91 に対応します。
x,y,z	光線に沿った点の座標で、z は光軸に沿っています。
wvl	波長（ミクロン単位）。
rindx	点 (x,y,z) で計算された屈折率。
gx,gy,gz	点 (x,y,z) で算出された屈折率勾配 $\nabla(n)$ の x, y, z 成分を持つ 3 要素の出力ベクトル。
i_err	エラーフラグ。エラーが発生しない場合は 0 に設定し、そうでない場合は 1 に設定します。

注記:

- 一度にリンクできる usergrn サブルーチンは 1 つだけです。したがって、光学系内のすべてのユーザー定義の屈折率分布は同じ usergrn サブルーチンを使用する必要があります。ただし、同じ usergrn サブルーチン内で異なる係数を使用して複数の UDG 記述をプログラムすることは可能です。パラメーター isur は、屈折率とその屈折率分布を評価するために現在使用されている面番号を指定します。
- ユーザー定義の屈折率分布に軸方向 (z) の依存性がある場合、反射面の後方では屈折率分布が負の値に反転します。

8.24.14 デフォルトの usergrn サブルーチン (Default usergrn Subroutine)

OpTaliX のデフォルトの UDG は「ロチェスター大学型の GRIN」です。この屈折率分布は、ページ 146 の式 8.83 によって示されます。usergrn サブルーチンの FORTRAN ソースコードは以下の通りです：

```
subroutine usergrn(isur,sdata,x,y,z,wvl,rindx,gx,gy,gz,i_err)
!
! ユーザー定義の GRIN 面の屈折率とその屈折率分布を評価します。サンプルソースコードです。
! 屈折率 n は n(x,y,z) の形式であり、(x,y,z) は屈折率分布形状の頂点を原点とするの直交座標です。
!
```

```

!   例として、"ロチェスター大学型"の屈折率分布を示します：
!   rindx = sdata(1) + sdata(2)*z + sdata(3)*z^2 + sdata(4)*z^3 + sdata(5)*z^4 +
!           sdata(6)*r^2 + sdata(7)*r^4 + sdata(8)*r^6 + sdata(9)*r^8
!   ここで r^2 = x^2 + y^2
!
!   パラメータ：
!   -----
!   isur      : 面番号                      (入力)
!   sdata(91) : ユーザー定義の GRIN パラメータを含む配列 (入力)
!               例えば、sdata(1) はコマンド UCO C1 で入力された値です。
!   x,y,z     : 面の原点に対する光線の現在位置の座標 (入力)
!   wvl       : 波長 (ミクロン単位)          (入力)
!   rindx     : 座標 (x,y,z) で計算された屈折率          (出力)
!   gx,gy,gz  : 座標 (x,y,z) での屈折率勾配 (導関数)      (出力)
!               すなわち dn/dx, dn/dy, dn/dz
!   i_err     : エラーフラグ (0 = エラーなし, 1 = エラーあり) (出力)
!               注：エラーフラグはユーザーが適切に設定する必要があります
!
!   注記：
!   -----
!   ユーザーは通常、特定の面に対して独自の FORTRAN コードを置き換えます。
!
!   このサブルーチンには複数の面の記述をプログラムすることができます。
!   "isur" パラメータを使用して面を区別し、"sdata" に格納された係数の解釈を決定します。
!
!   dll_export usergrn
!   integer      :: i_err,isur
!   double precision :: x,y,z,gx,gy,gz,rindx,wvl,sdata(91)
!   double precision :: rad2,t1,t2,tabl
!
!   i_err = 0
!
!               ロチェスター大学型の屈折率分布
!   rad2 = x*x + y*y
!
!   屈折率を求める：
!   t1 = z *(z *(z *(z *sdata(5)+sdata(4))+sdata(3))+sdata(2))
!   t2 = rad2*(rad2*(rad2*(rad2*(rad2*sdata(9)+sdata(8))+sdata(7))+sdata(6))
!   rindx = sdata(1) + T1 + T2
!   if(rindx.lt.1.0d0) then
!       i_err = 1
!       rindx = 1.0d0
!   endif
!
!   屈折率勾配を求める：
!   t1 = rad2*(rad2*(rad2*8.d0*sdata(9) + 6.d0*sdata(8)) + 4.d0*sdata(7))
!   tabl = t1 + 2.d0*sdata(6)
!   gx = tabl * x
!   gy = tabl * y
!   gz = z*(z*(z*4.d0*sdata(5) + 3.d0*sdata(4)) + 2.d0*sdata(3)) + sdata(2)
!
!   return
!   end

```

8.24.15 usergrn のコンパイルとリンク (Compiling and Linking usergrn)

OpTaliX は、Lahey/Fujitsu FORTRAN、Compaq Visual FORTRAN、Intel FORTRAN、および Microsoft Visual C++ コンパイラをサポートしています。サポートされているすべてのコンパイラは 32 ビットバージョンです。16 ビットバージョンはサポートされていません。すべてのコンパイラは、以下に示すバージョン番号以上である必要があります。コンパイラ固有の指示に関する参照は、最後の列に示されています。

メーカー	コンパイラバージョン	セクション参照
Lahey Fujitsu	FORTRAN-95, バージョン 5.7 以降	8.31.3
Intel	FORTRAN-95, バージョン 7.1 以降	8.31.4
Microsoft	Visual C/C++, バージョン 5.0 以降	8.31.5

8.24.16 GRIN - 係数の概要 (GRIN - Coefficients Overview)

パラメーター C1 から C10 は、屈折率分布材料の屈折率特性を記述する係数です。これらは [GIC](#) コマンドと併用されます。各屈折率分布係数の意味は GRIN タイプによって異なり、以下のよう定義されます。

Type	Equation	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
SEL	$n_0(\lambda) = c_1 + \frac{c_2}{\lambda^2}$ $\sqrt{A}(\lambda) = k_{11} + \frac{k_{12}}{\lambda^2} + \frac{k_{13}}{\lambda^4}$	c_1	c_2	k_{11}	k_{12}	k_{13}					
GLC	$n(r) = n_0 + n_1 r^2 + n_2 r^4$	n_0	n_1	n_2							
GRT	$n(r) = n_0 \cdot \operatorname{sech}(gr)$	n_0	g								
GRC	$n(y) = n_0 \cdot \operatorname{sech}(gy)$	n_0	g								
AXG	$n(z) = n_0 + a \cdot z$	n_0	a								
LPT	$n(z) = n_0 + n_1 \left(\frac{z}{z_m}\right)^1 +$ $n_2 \left(\frac{z}{z_m}\right)^2$ $+ n_3 \left(\frac{z}{z_m}\right)^3 + \dots +$ $n_{11} \left(\frac{z}{z_m}\right)^{11}$	z_m	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8
URN	$n(r, z) = n_{00} + n_{01}z + n_{02}z^2$ $+ n_{03}z^4 + n_{04}z^4 + n_{10}r^2$ $+ n_{20}r^4 + n_{30}r^6 + n_{40}r^8$	n_{00}	n_{01}	n_{02}	n_{03}	n_{04}	n_{10}	n_{20}	n_{30}	n_{40}	

continued on next page

continued from previous page											
LUN	$n^2(p) = n_0^2 \left(2 - \frac{p^2}{a^2} \right)$ <p>ここで $p^2 = x^2 + y^2 + (z - r)^2$</p>	n_0	a	r							
SPG	$n(p) = n_0 + n_1(r - p) + n_2(r - p)^2 + n_3(r - p)^3 + n_4(r - p)^4$	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4					
MAX	$n(p) = \frac{n_0}{\left(1 + \frac{p^2}{a^2} \right)}$ <p>ここで $p^2 = x^2 + y^2 + (z - r)^2$</p>	n_0	a	r							

8.25 ライトパイプ、ステップインデックスファイバー (Light Pipe, Step Index Fiber)

ライトパイプとステップインデックスファイバーは同じ方法で扱われます。光線はチューブ（硝材または中空）に入り、壁から何度も反射して出てきます。円形および矩形の断面がサポートされています。両端の表面は任意の形状（球面、非球面、回折格子付き、面の変形付きなど）を持つことができ、任意に傾けることもできます。

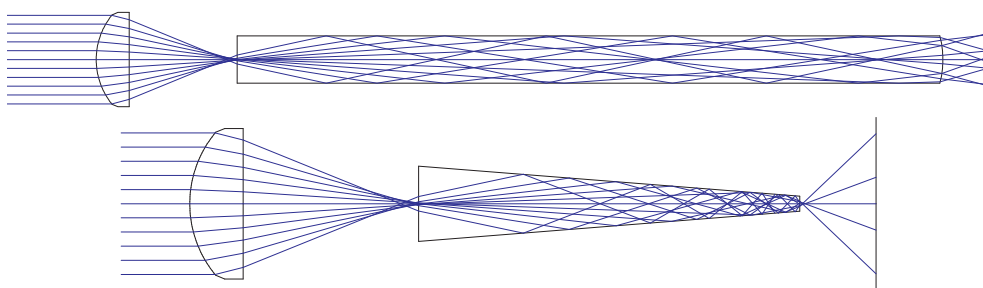


図 8.34. ライトパイプ（上）とテーパファイバー（下）。対応するサンプルファイルは `$\examples\LightPipe` ディレクトリにあり、`LIGHTPIPE1.OTX`、`TAPERED_FIBER.OTX` として見つけることができます。

ファイバーとライトパイプは押し出し面によって形成されます。入口面の開口境界がチューブの直径（= 2*開口半径）を定義し、次の面（終端面）までの軸方向の間隔がチューブの長さを定義します。したがって、ロッドは入口面の開口形状（円形または矩形）に従います。さらに、コアとクラッドのために入口面に2つの材料（ガラス）を提供する必要があります（`GLA` および `GL2` コマンドを使用）。ライトパイプとステップインデックスファイバーの唯一の違いはクラッドの材料です。ライトパイプでは、クラッドの屈折率は1（空気に相当）ですが、ステップインデックスファイバーではそれが1より大きいです。

ライトパイプの入口面は、“S”（球面）または“A”（非球面）の基本形状に加えて、面タイプ“P”を持つ必要があります。例：`sut s3 sp`

テーパファイバーでは、入口面と出口面の半径によって円錐角が定義されます。矩形の開口の場合、ロッドの X および Y 断面がそれぞれ独立したテーパ角を指定できます。

中空ライトパイプは、内壁（終端面ではなく）にミラーを定義することでシミュレートできます。これは PMI（パイプミラー）コマンドで実現できます。これにより、全内部反射（TIR）のチェックを省略できます。これは次のコマンドで実現されます

PMI si..j yes no	パイプミラー。内壁の反射特性を有効 (yes) または無効 (no) にします。有効にすると、TIR 条件は無視され、光線は常に内壁で反射します。
------------------	---

例:

ステップインデックスファイバーおよびライトパイプは、以下のコマンドシーケンスで完全に定義されます（ロッド/ファイバーの入口が面 3 にあると仮定します）:

```
sut s3 SP      面タイプを S（球面）にし、P（パイプ）を定義します
gla s3 sf6     コア材料を定義します
gl2 s3 bk7     クラッド材料を定義します（gl2 s3 air はクラッドなしのファイバーです）
thi s3 100     ファイバー/パイプの長さは 100mm です
cir s3..4 2.5  ロッドの直径は 5mm（=2*開口半径）です
```

円形開口のテーパファイバーは、入口面と出口面の半径が異なることを除いて、同じコマンドを使用します:

```
sut s3 SP      面タイプを S（球面）にし、P（パイプ）を定義します
thi s3 100     ファイバー/パイプの長さは 100mm です
cir s3 2.5     入口開口の直径は 5mm です
cir s4 1.0     出口開口の直径は 2mm です。出口直径が入口直径と異なるため、パイプ/ファイバーはテーパされています。
```

上記の 2 番目の例におけるテーパファイバーの半円錐角 θ は $\theta = \tan^{-1}[(2.5 - 1.0)/100]$ となります。

矩形（テーパ）ライトパイプは、両端面に矩形の開口を持ちます。これらは以下のコマンドで定義されます:

```
sut s3 SP      面タイプを S（球面）にし、P（パイプ）を定義します
thi s3 100     ファイバー/パイプの長さは 100mm です
rex s3 2.5     矩形の開口、入口開口の X 直径は 5mm です
rey s3 2.5     矩形の開口、入口開口の Y 直径は 5mm です
rex s4 1.0     矩形の開口、出口開口の X 直径は 2mm です
rey s4 1.0     矩形の開口、出口開口の Y 直径は 2mm です。出口開口の寸法が入口開口の寸法と異なるため、パイプ/ファイバーはピラミッド形状になります。
```

シアード矩形ライトパイプ:

矩形ライトパイプの端面開口は、シアー（横方向に変位）することもできます。これは端面の開口オフセット（コマンド [ADX](#)、[ADY](#) を参照）によって実現されます。側壁は自動的に調整

されます。端面開口のシアーは光軸をシフトしないことに注意してください。円筒形ライトパイプでは開口オフセットは無視されるため、この機能は使えません。

8.26 アレイ素子 (Array Element)

アレイ面は、光学素子（面）を規則的なグリッドに配置します。つまり、指定された X/Y 位置に対して面のローカル座標に基づいて何度も繰り返されます。これ以降、これを**アレイセル**または**チャンネル面**と呼びます。

ここでのセルやチャンネルとは、光の通り道を指します。単一の光学素子や集合としての光学素子は、**セル**や**チャンネル**と見なすことができます。各セルやチャンネルはアレイ全体の一部として機能し、特定の光学的役割を果たします。アレイ面の開口限界は、AMX、AMY パラメーターによって定義されます。開口寸法とセル/チャンネルの間隔（ARX、ARY）に応じて、一部のチャンネル（アレイ素子）が切り捨てられることがあります。個々のチャンネルは、チャンネル面全体に均一なグリッドで分布されます。チャンネルの中心は、X 間隔（ARX）および Y 間隔（ARY）で定義された（ローカル）X/Y 座標に位置します。

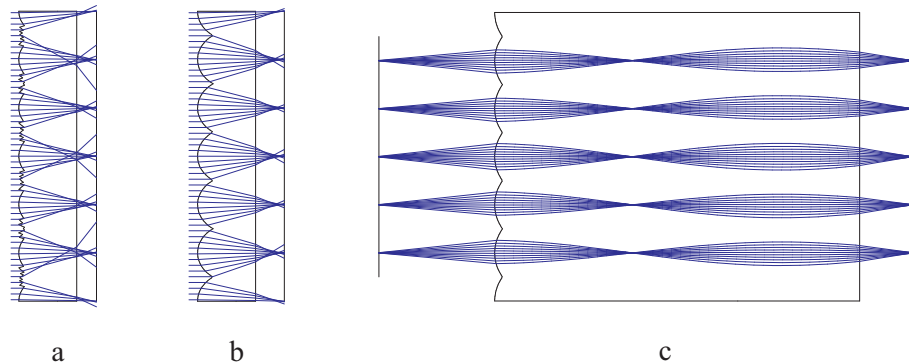


図 8.35. アレイ素子の例、a) フレネルレンズアレイ、b) 球面レンズアレイ、c) GRIN ロッドアレイ。対応するサンプルファイルは `$i\examples\array` ディレクトリにあり、SPHERE-ARRAY.OTX, FRESNEL-ARRAY.OTX および SELFOC-ARRAY.OTX として見つけることができます。

アレイ面は、繰り返される面の形状を記述する他の修飾子（例：“S” または “A”）に加えて、**面タイプ**修飾子 “R” によって定義されます。

ARR	si..j	x_spacing	y_spacing	x_offset	y_offset	max_x	max_y
面範囲 si..j を規則的なグリッドパターンのアレイ面（チャンネル面）に変換します。各チャンネルの座標（配置位置）は以下によって決定されます							
	x_spacing	チャンネル間のグリッド間隔（X 方向）。					
	y_spacing	チャンネル間のグリッド間隔（Y 方向）。					
	x_offset	X 方向の面頂点からの中心チャンネルのオフセット。					
	y_offset	Y 方向の面頂点からの中心チャンネルのオフセット。					
	max_x	X 方向のグリッドの ± 限界					
	max_y	Y 方向のグリッドの ± 限界					

ARH sk si..j Y N	アレイの六角形配置。 ARH sk Y: 六角形セルの配置 (図 8.37), ARH sk N: 長方形グリッドに配置されたセル (図 8.36).
ARX sk si..j x_spacing	各アレイチャンネルの X 方向の間隔。
ARY sk si..j Y_spacing	各アレイチャンネルの Y 方向の間隔。
ARX0 sk si..j X_offset	ローカル面座標系に対するアレイチャンネル全体の X 方向オフセット量。
ARY0 sk si..j Y_offset	ローカル面座標系に対するアレイチャンネル全体の Y 方向のオフセット量。
AMX sk si..j max_x	X 方向のグリッドの ± 限界
AMY sk si..j max_y	Y 方向のグリッドの ± 限界
AADE sk si..j angle_deg	各アレイセルの α 傾斜角 (度単位)。
ABDE sk si..j angle_deg	各アレイセルの β 傾斜角 (度単位)。
ACDE sk si..j angle_deg	各アレイセルの γ 傾斜角 (度単位)。

アレイの特性は、任意の面の種類 (球面:S、非球面:A、フレネル:F、GRIN:I など) と組み合わせることができます。たとえば、以下のコマンドは、さまざまな有効なアレイ面の組み合わせを定義します:

```
sut s1 SR 球面 S のアレイの面タイプを定義
sut s1 AR 非球面 A のアレイの面タイプを定義
sut s1 SFR 球面ベース S の曲率を持つフレネル面 F のアレイの面タイプを定義
sut s1 SIR 球面ベース S の曲率を持つ GRIN 面 I のアレイの面タイプを定義
```

光学系として定義されている面の数だけアレイを持つことができます。複数の面 (つまり素子) にまたがるレンズアレイは、前の面からアレイパラメーターを繰り返すことで生成できます。アレイチャンネルの開口は、面の開口によって定義されます (コマンド CIR、REX、REY、ELX、ELY を参照)。

指定された面で x_spacing と y_spacing の両方がゼロの場合、アレイ特性は無視され、レンズは連続した (非アレイ) 面として動作します。

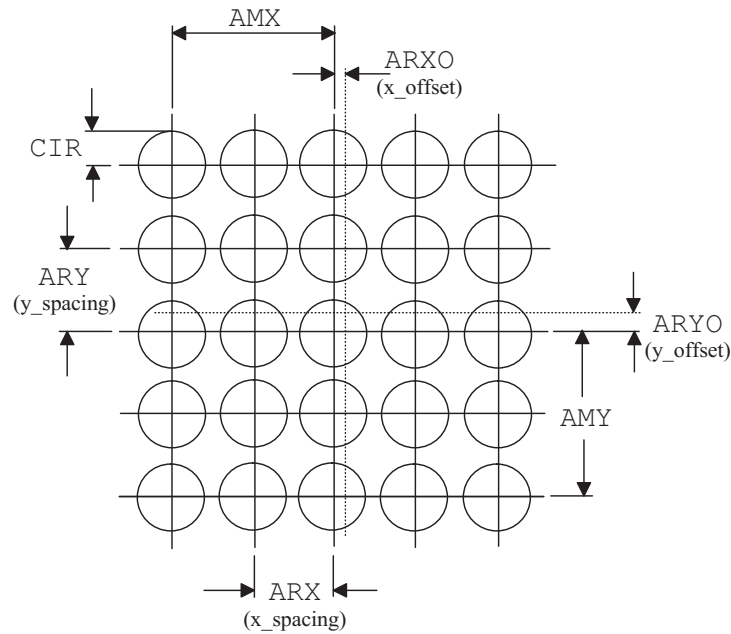


図 8.36. 正方形の規則的なグリッドに対して示されたアレイパラメータの定義。破線は基準面の頂点を示します。

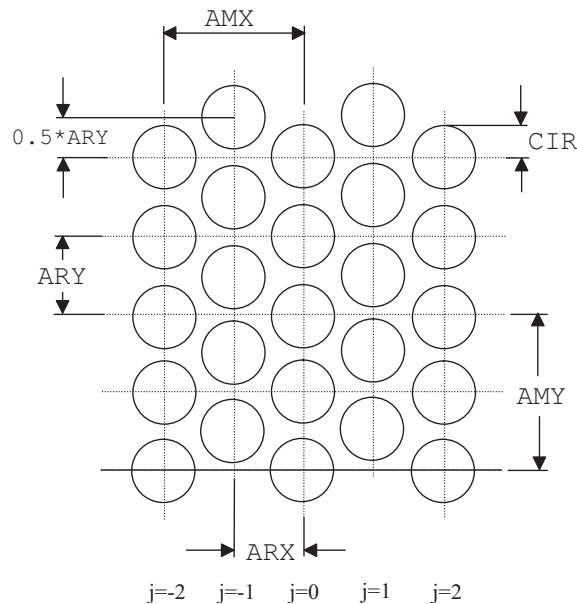


図 8.37. アレイセルの六角形配置。奇数列はすべて Y 方向に $0.5 \cdot \text{ARY}$ だけシフト（ずらし）されています。セルの最適な配置は、 $\text{ARX} = \cos(30^\circ) \cdot \text{ARY} = 0.866 \cdot \text{ARY}$ で達成されます。

制約:

1. アレイパラメータはズーム化できません。曲率、厚さなどのチャンネル面のパラメータはズームできます。
2. アレイパラメータは最適化における変数（可変要素）として使用できません。

例:

図 8.35(b) に示すような球面チャンネル面のアレイは、平凸レンズから始めると簡単に作成できます。レンズの最初の面は次の ARR コマンドでアレイに変換されます。

```
arr s1 5 5 0 0 15 15
```

ここで、チャンネル中心の間隔は X 方向、Y 方向にそれぞれ 5mm です。修飾子 "R" は、ユーザーの操作を必要とせずに自動的に面タイプに追加されます。X および Y オフセットはゼロです。これにより、中心チャンネルが基準面の頂点に配置されます。アレイの存在範囲は ± データペア (15 15) によって与えられます。また、ARR コマンドを用いた上記の設定を、個別のコマンドで下記のように入力することもできます:

```
sut s1 sr
arx s1 5
ary s1 5
arxo s1 0
aryo s1 0
amx s1 15
amy s1 15
```

次に、効果を強調するために面 1 の曲率半径を減少させます。

```
rdy s1 3
```

また、レンズレイアウトプロットで光線の屈折をよりよく視覚化するために、Y 方向に 31 本の光線のファンを定義します (VIE コマンドも参照)。

```
set fan y 31
```

出力は図 8.35(b) のようになります。

8.27 動径スプライン・デフォメーション面 (Radial Spline Deformation Surfaces)

デフォメーション (変形) は理想的な光学面の形状 (設計基準状態) からの微少なずれ (誤差) を基準面の形状に加算して表現します。

動径スプライン・デフォメーション面は、基準面の頂点を中心に回転対称です。動径スプラインは、頂点から面の外縁までの動径方向のデフォメーション座標によって定義されます。各デフォメーション座標は、頂点からの動径距離 (SPLR) と基準面に垂直なデフォメーション値 (SPLZ) の 2 つの値のペアで記述されます。基準面は、*OpTaliX* で利用可能な任意の面タイプ (球面 S や非球面 A) にできます。スプライン関数が基準面に追加されるため、面タイプ (SUT) は 2 文字で構成される必要があります。たとえば、

SC = 球面基準面 S + スプライン C

AC = 非球面基準面 A + スプライン C

1 つの面につき最大 20 点の動径デフォメーション座標を設定できます。現在のレンズ系の面の数だけスプライン面を持つことができます。デフォメーション座標は「スプライン」補間法によってフィットされ、面全体にわたって連続した動径関数が得られます。デフォメーション座標は正確にシミュレートされますが、すべての中間座標は一般的に望ましくない「オーバーシュート」効果を示すことがあります。スプライン補間は「滑らかな」曲線 (すなわち、隣接する 2 つのセグメントの 1 次および 2 次導関数が一致する) を生成しようとするため、面の勾

配を直接制御することはできません。この挙動はスプラインフィッティング法に固有のものであり、実装上の欠陥ではありません。このような場合には、より細かい（小さい）サンプリング間隔を選択する必要があります。また、境界効果を避けるために、有効範囲の外側に追加のサンプリングポイントを提供することが良い対策方法です。スプラインデフォメーションが非常に急峻な場合、局所面の正確な法線入射で正確な面頂点を通過する光線追跡が適切に行われない場合があります。これは境界効果でもあり、面の頂点近くに追加のサンプリングポイントを追加することで軽減（またはほとんどの場合、排除）できます。これにより、この面頂点での勾配がゼロに向かいます。

SPLN si..j n_spline_points	面 si..j における（動径）スプラインデフォメーション点の数
SPLR si..j ci..j rad_dist1 ... rad_dist_n	面 si..j の頂点からの動径距離。動径距離は頂点接平面に沿って測定されます。 例： splr s3 c1..5 0 2 4 7 13 ここで、変形点は面の頂点から 0、2、4、7、13mm の位置にあります。
SPLZ si..j ci..j def_1 def_2 ... def_n	基準面からの変形、基準面の法線に垂直に測定されます。 たとえば：splz s3 c1..5 0.0 0.001 -0.002 0.003 -0.004
SPL si..j file file_spec	ファイル "file_spec" からスプラインデフォメーションを読み込みます。動径スプラインファイル形式の詳細な説明はセクション 32.5 に記載されています。 例： spl s4 file c:/temp/spline_def.dat

例:

プリセット設計はファイル `$i\examples\spline\sinusoidal-spline.otx` にあります。効果を簡単に視覚化するために、おおよそ正弦波形の周期的なデフォメーションを適用します。まず、コマンドラインでデータを手動で入力し、後でファイルに保存されたスプラインデフォメーションをインポート（読み込み）する方法を学びます。6つのサンプリングポイントを仮定すると、コマンド列は次のようになります（"!" よりも右側の記述はコメントですので入力の必要はありません。）

```
spln 6                                ! サンプルポイントの数を定義
splr s1 c1..6 0 0.001 10 20 30 40    ! 動径距離を定義
splz s1 c1..6 0 0 .001 -.001 .001 -.001 ! デフォメーションを定義
```

2番目のサンプリングポイントが最初のサンプリングポイントに非常に近く設定されていることに注意してください。これにより、スプライン補間で頂点の勾配がゼロになります。

また、*OpTaliX* の外部で別のテキスト（ASCII）エディターでデータを編集し、ファイルに保存することもできます。その後、単一のコマンドで読み込まれます。上記のコマンド列と同じ内容を持つファイルは次のようになります（コメントを含む）

```
! スプラインデフォメーションファイル
0 0
0.001 0 ! これは追加のデータポイントです
10 0.001
20 -0.001
```

```
30 0.001
40 -0.001
! ファイルの終わり
```

動径スプラインファイル形式の詳細な説明については、セクション 32.5 も参照してください。ファイルはコマンド `SPL s1 file 'c:\program files\examples\spline\wave.spl'` で読み込まれます。パスとファイル名は実際のファイル名に合わせて適宜変更してください。

動径スプラインのサンプリングポイントは、LIS コマンドまたはメインメニューの *List -> Surfaces* から表示できます。スプライン曲線の形状は、セクション 23.2 で説明されているように、ASD コマンドで確認できます。

8.28 2次元干渉デフォーメーション面 (Two-Dimensional Interferometric Deformation on Surfaces)

干渉デフォーメーションは、2次元のグリッドデータとして指定されます。この方法を使用すると、回転対称でないデフォーメーションをモデル化できます。通常、このようなデータはレンズ面や完全な光学系の干渉測定から得られるか、適切なデータファイルを生成する外部プログラムから得られます。面タイプ (SUT) は、2次元デフォーメーション/アポダイゼーションデータを有効にするために修飾子"W"を持つ必要があります。

干渉図ファイルのデータは、面のデフォーメーション、波面収差データ、または強度アポダイゼーションデータを表すことができます：

- **面のデフォーメーションデータ** は、レンズで定義された任意の面形状に追加されます。デフォーメーションデータは常に基準となる面に垂直に測定されます。光線追跡中、光線の収差と波面収差の両方が適切に評価されます。面のデフォーメーションデータは常に屈折面または反射面に関連付けられ、ダミー面（面の両側が同じ媒体）には影響しません。
- **波面収差データ** は、光線収差と光路差 (OPD) に影響します。しかし、(屈折/反射) 面に関連付けられているにもかかわらず、面形状には影響しません。
- **強度アポダイゼーションデータ** は、光学系の透過特性に影響しますが、面形状や光線の方向には影響しません。

干渉デフォーメーションは、デフォーメーションのスケーリング (ISF) が可能であり、その起点を面上の特定の X,Y 位置に配置できます (INX および INY コマンド)。

ファイル読み込み機能があり、2次元データセットの読み取り (インポート) が可能です。このデータ (面のデフォーメーション、波面収差、またはフィルター) は、その後、指定された面に割り当てられます。

INT sk file int_file_name	ファイル int_file_name に指定された面のデフォーメーションデータを面 sk に割り当てます。ファイル名に特定の拡張子は必要ありませんが、".int" が推奨されます。ファイル形式はセクション 32.11 で指定された特定の構造に従う必要があります。
次のページに続く	

前のページから続く	
ORB sk file orb_file_name	このコマンドは上記の "INT" コマンドと機能的に同等ですが、Bausch & Lomb の "Orbscan II" トポグラフィシステムによって生成される形式の面のデフォメーションデータを前提としている点が異なります。データは "Recorder" オプションを使用してデカルト形式 (直交グリッドデータ) でエクスポートされている必要があります。読み込まれたファイル orb_file_name の面のデフォメーションデータは、面 sk に添付されます。
ISF si..j scale_factor	測定されたデフォメーションを指定されたスケールファクターでスケールリングします。たとえば、スケールファクター 0.5 は、ダブルパス干渉計で取得された面データのスケールリングによく使用されます。スケールリングファクター -1.0 を使用すると、デフォメーションデータを "凹 (くぼみ)" から "凸 (隆起)" に反転させることもできます。
INX sk x_offset	デフォメーションデータの中心が配置される面 sk 上の X 座標。
INY sk y_offset	デフォメーションデータの中心が配置される面 sk 上の Y 座標。
IRX sk x_extension	面 sk 上の X 方向のデフォメーションアレイの物理的拡張。拡張はデフォメーションデータの中心からの土値として意味されます。
IRY sk y_extension	面 sk 上の Y 方向のデフォメーションアレイの物理的拡張。拡張はデフォメーションデータの中心からの土値として意味されます。
PLO INT [sk]	面 sk に割り当てられた 2 次元デフォメーションをプロットします。セクション 8.28.8 も参照してください。
RAW2INT file raw_file	"raw" 形式の 2 次元グリッドデータを INT 形式に変換します。これは、"raw" データのみしか手元にない場合に便利なユーティリティコマンドです。ファイル raw_file は、完全なパス指定で ASCII 形式で提供される必要があります。パラメータ "file" は必須です。RAW 形式のデータは、空白文字、コンマ、タブ、または引用符 " で区切ることができます。ASCII ファイルの 1 行はデータグリッドの 1 行に対応します。したがって、ファイル内の行数はデータ配列の行数と同じです。ファイルにはヘッダーやコメント行を含めてはいけません。配列サイズはデータ自体から抽出されます。 例: raw2int file c:\mydata.txt 変換されたデータは、同じディレクトリ内の別のファイルに書き込まれ、拡張子 .int が追加されます。上記の例から、出力 (変換された) ファイルは c:\mydata.txt.int となります。

8.28.1 デフォメーションデータの保存 (Saving Deformation Data)

現在の光学系の面に関連付けられたデフォメーションデータは、2つの方法で保存できます。

- a) デフォメーションデータは別のファイルに保持され、この保存されたデフォメーションデータを含むファイルへの「リンク」のみをレンズデータと共に保存する方式です。この方法では小さなレンズデータファイルサイズの保存に有効ですが、絶対パスが保存されます。そのため、コンピューターの構成が変更された場合、絶対パスは更新できません。この方法ではデフォメーションファイルの場所を変更（移動）したり、設計データを他の誰かに送信（インターネット/イントラネット経由）した場合、その人のコンピューターには異なるディレクトリ構造がある可能性が高いので、*OpTaliX* はデフォメーションファイルを見つけることができません。安定した一貫したファイル構造に依存できる場合にのみ、リンクの保存が推奨されます。
- b) 2番目のオプションは、ファイル構造に依存せず、デフォメーションデータをレンズデータの一部として保存します。関連付けられた面の数やデフォメーションデータ自体の配列サイズに応じて、大きなファイルサイズになることがあります。

デフォメーションデータの保存を、コマンドラインから制御する場合は、次のようにします。

ILN Yes No	<p>干渉デフォメーション、波面、またはフィルターデータをファイルへのリンクとして、個別に保存するかどうかを設定します。ILN YES を設定した場合、これらのデフォメーションデータはレンズデータとは別のファイルに保存されます。そうでない場合 (ILN NO)、デフォメーションデータはレンズデータと共に保存されます。どちらの方法を選択するかには特定の利点/欠点がありますので使い分けて下さい。</p> <p>ILN YES :</p> <p>INT、BMP、PCX、PNG の形式で定義されたデフォメーション、波面、強度フィルタのデータは、リンクファイルとしてレンズデータとは個別に保存されます。レンズデータを <i>OpTaliX</i> に読み込む際に、ファイルが存在し、パスとファイル名でアクセス可能である必要があります。ファイルを移動すると、アクセスできないファイルのためにデータが失われる可能性があります。</p> <p>ILN NO :</p> <p>すべてのデータをレンズデータと共に保存します。対応する <i>OpTaliX</i> ファイルは、摂動やフィルター特性を記述するために関連するデータ量に応じて非常に大きくなる可能性があります。この方法では、摂動データは常に利用可能ですが、新しいデータを再読み込みする以外に変更することはできません。</p>
------------	--

デフォメーションデータの保存方法を変更は、メニューバーから次のように操作することによっても行えます。メインメニューから *Edit* → *Configuration Data* を選択して呼び出される構成ダイアログから行います。General タブで、”Store 2-dim deformation with prescription data” オプションをチェックします (図 8.38 参照)。

注意: 2次元デフォメーションデータがレンズデータと共に保存され、構成ダイアログの適切なチェックボックスがチェックされた後は、チェックを外すことは推奨されません。チェックを

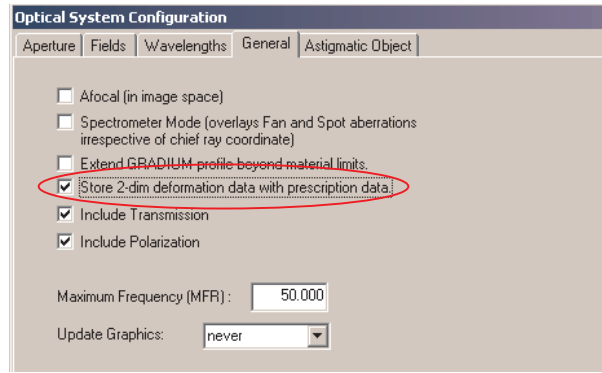


図 8.38. 干渉デフォーメーションデータ、波面、またはフィルターデータを保存するオプション。データをレンズデータと共に保存する場合はチェックを入れ、データを別ファイルに保持しリンクでアクセスする場合はチェックを外します。

外すと、プログラムはデフォーメーションデータを保存する場所がわからなくなり、元のファイルを作成できないため、データが失われます。つまり、プログラムはデフォーメーションデータの処理と保存のために2つの方法を提供しますが、一度選択された後は保存方法を変更しないでください。

8.28.2 符号の規則 (Sign Conventions)

データファイル内の正のデフォーメーションは、光の方向に関係なく、面のローカルZ軸の方向にあります。したがって、物理的な意味は光学要素のどちら側を考慮するかによって異なります。たとえば、単レンズの場合、最初の面の正のデフォーメーションは面に対する凹の増加（「くぼみ」）を意味し、2番目の（「後ろの」）面の正のデフォーメーションは面に対する凸の増加（「隆起」）を意味します。

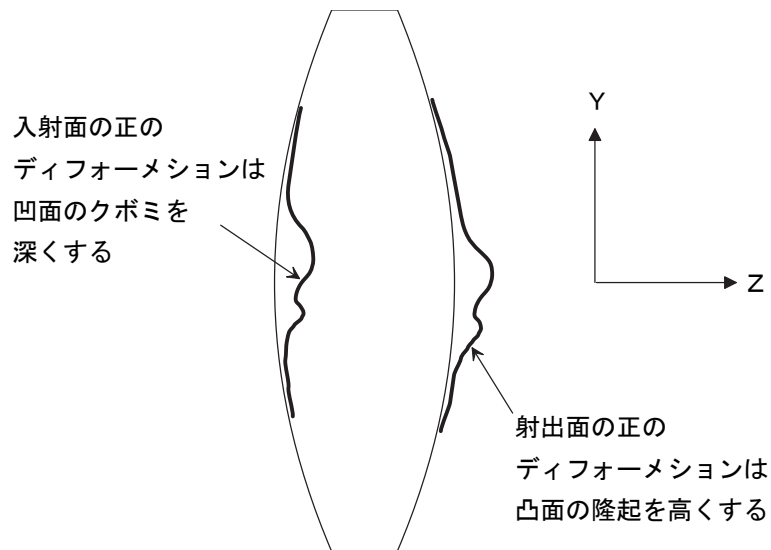


図 8.39. 面上の2次元デフォーメーションの符号規則

デフォーメーションデータの座標軸 (X,Y) の正しい向きを確認するために、マークされた部分でテストすることは一般的に良い考えです。図 8.40 に示すようなデフォーメーションデータのプ

ロットは、*OpTaliX* 座標系でデータを視覚化するのに役立ちます。このプロットは、面 1 の例で次のコマンドによって生成されます。

```
plo int s1
```

またはメニューから：*Display* → *Plot 2-dim. Surface Deformation*

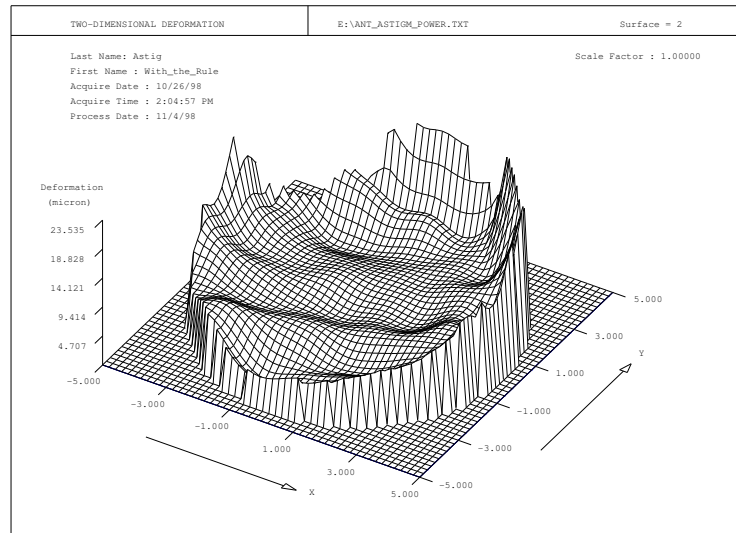


図 8.40. *OpTaliX* 座標系における 2 次元面デフォーメーションのプロット。デフォーメーションは常に正の Z 軸の方向に示されます。ミラー面やティルトした面を持たない光学系では、正の Z 方向は光の進行方向（レンズ断面図では左から右）と同じです。The corresponding example file can be found in the `$i\examples\Misc\Simple_Achromat_INT_Deformation.otx`.

8.28.3 干渉デフォーメーションデータ (Interferometric Deformation Data)

干渉計測定（たとえば ZYGO など）や他の外部プログラム（たとえば NASTRAN など）から得られた面のデフォーメーションは、**INT** コマンドによって読み込まれます。ファイル形式は Code V INT ファイルと互換性があり、その詳細はセクション 32.11 に記載されています。

Code-V INT ファイルの固有の構造により、データの横方向の X および Y の拡張、つまり X/Y サンプルポイントの座標を指定するための規定はありません。したがって、ファイルデータの単位長さと面上の実際の測定物の物理的長さの関係は別途指定する必要があります。特定の面で正しい X/Y 拡張を制御するには、**PLO INT** コマンドを使用します。

OpTaliX では、デフォーメーションデータの読み込み/割り当て時に、ファイルデータを面の開口にマッピングすることが確認されます（図 8.41 参照）。

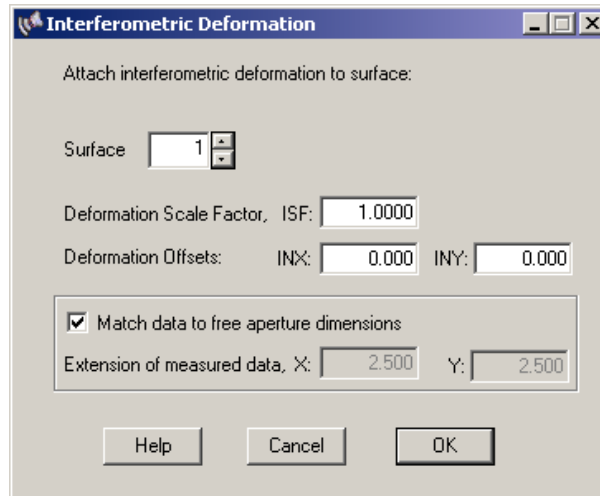


図 8.41. Code V 互換の INT ファイルから指定面に 2 次元デフォーメーションを割り当て、スケーリング係数と X/Y オフセットを指定します。単位長（最大配列サイズ）と面上の物理的な範囲を対応させるには、データを光線が通過できる面開口部に一致させる（デフォルト）か、干渉計データの X/Y 範囲を明示的に指定することによって達成されます。

8.28.4 波面収差 (Wavefront Perturbations)

波面収差データは、Code V で定義された INT ファイル形式で提供される必要があります（セクション 32.11 を参照）。これにより、Code V INT ファイルを直接読み込み、修正なしで面に関連付けることができます。

波面収差は、光線の方向と光路差（OPD）を変化させますが、面の形状には影響しません。波面収差は通常、ダミー面に配置されます。波面収差データは、PLO INT コマンドを使用して表示できます。

8.28.5 面の強度アポダイゼーション (Surface Intensity Apodization (Intensity Filter))

強度アポダイゼーションデータは、INT ファイル またはビットマップファイル（BMP、PCX、PNG）から読み込まれ、指定の面に割り当てられます。面上のアポダイゼーションは、光線経路に沿った強度透過のみを変更するだけで、面の形状や光線の方向には何の影響も与えません。つまり、強度アポダイゼーションは空間強度フィルターとして理解できます。

デフォルトでは、データが欠落している領域を除いて、光線は遮断されません（セクション 8.28.7 を参照）。ただし、フィルターに IBZ 属性が割り当てられている場合、強度がゼロの領域で光線を遮断させることができます。（セクション 8.28.7 を参照）。

強度アポダイゼーションは、任意の面（物体面と像面を除く）に割り当てることが可能ですが、通常はダミー面に割り当てます。アポダイゼーション機能を用いてビームの強度プロファイル（分布）を表現する際には、アポダイゼーションデータが割り当てられる面範囲とビームの到達領域との整合性が重要です。ビームプロファイルに対するアポダイゼーションの効果は、それを定義した面上の領域とビームが到達する面範囲に依存します。

INT ファイルまたは BMP/PCX/PNG ファイルのアポダイゼーションフィルターデータは透過率を示し、0 より大きい任意の値を定義できます。INT ファイル形式の詳細な説明については、セクション 32.11 を参照してください。アポダイゼーションフィルターは、ビットマップファイ

ル (BMP、PCX、PNG) でも定義でき、透過率は0 (透過なし) から 255 (完全透過=1.0) までのグレーレベルでグレースコード化されます。

アポダイゼーションフィルターは、**INX** および **INY** コマンドを使用して、X および Y オフセットを指定することで、面上の特定の位置に配置できます。強度データの反転とスケーリングはできません。**PLO INT** コマンドを使用して、面上のアポダイゼーションデータの正しい配置とスケーリングを制御します。システムの透過率に対する強度アポダイゼーションの影響は、セクション 14.1.9 で説明されているように、瞳強度マップ (**PMA**) によって描画して確認できます。

強度アポダイゼーションフィルターの効果を確認するために、透過解析 (**TRA yes|no**) や偏光解析 (**POL yes|no**) を有効にする必要はありません。強度アポダイゼーションフィルターは、一度面に割り当てられると、常に有効です。

8.28.6 Orbscan II トポグラフィシステムからのデフォメーション (Deformations from Orbscan II Topography System)

Bausch & Lomb (ボシュロム社製) の "Orbscan II" トポグラフィシステムは眼科用の角膜形状の測定に使用されます。この装置から得られた面のデフォメーションデータは、**ORB** コマンドを使用して面に割り当てられます。これは **INT** コマンドと機能的に同等ですが、**ORB** コマンドは専用のファイル形式を前提としています。

Orbscan II データは、"Recorder" オプションを使用して直行座標形式 (グリッドデータ) で提供される必要があります (Orbscan マニュアルを参照)。このオプションは一般的な ASCII ファイルを書き込みます。Orbscan トポグラフィデータは、コマンドラインまたはメニューを選択して読み込み、光学面に割り当てることができます。たとえば、Orbscan II デフォメーションデータのインポートは、コマンドラインで次のように実行されます

```
orb s3 file c:\temp\def_data.txt
```

ファイルには任意の拡張子を付けることができます。コマンドで "file" という表現を使用することに注意してください。これは、後続の文字列をパスおよびファイル指定として識別するために必要です。メニュー項目を使用すると、同じファイルが次のクリックで面 3 に割り当てられます

File -> Import -> Orbscan Map Data

ファイル選択ボックスからデフォメーションデータを含むファイルを選択します。面の関連付けは、図 8.42 に示すように、後続のダイアログボックスで実行されます。これにより、デフォメーションデータの符号を変更するために使用される (干渉図の) スケーリングファクター **ISF** およびデフォメーションが面に配置される X および Y オフセット (**INX**, **INY**) の定義も可能です。

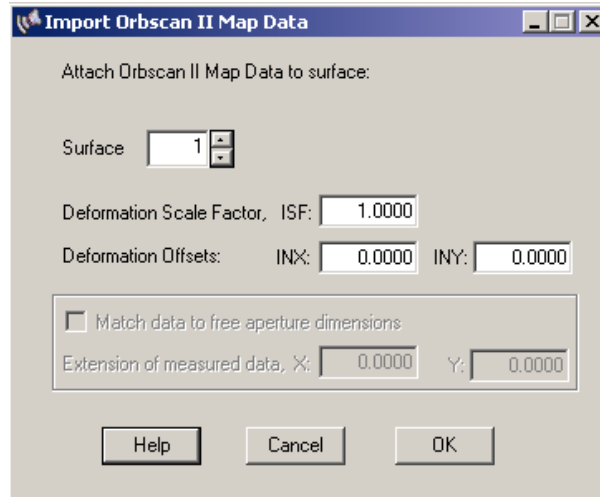


図 8.42. Orbscan マップデータ (2次元デフォメーション) を面に割り当て、スケーリングファクターと X/Y オフセットを指定します。横方向の X/Y の実際の寸法との対応付けは、Orbscan ファイルに明示的に提供されているため、指定する必要がないのでグレーアウトされています。

Orbscan マップデータは左手系の座標系で定義および保存されます。OpTaliX で使用される座標系も左手系であるため、データの反転やミラーリングなどの特別な注意は必要ありません。とくに、ISF は+1.0 である必要があります。

8.28.7 データ欠落領域における光線の振る舞い (Behaviour of Rays in Regions of No Data)

干渉計の画像データや特定の条件で処理されたデータには、データが欠落している領域が存在することがあります。考えられる理由としては、測定サンプルの輪郭部によるデータの取り込みや、測定サンプルの一部が隠れてしまうこと、干渉計検出器のノイズや信号が弱すぎることで、その他の理由が考えられます。欠落データは、NDA ファイルに記載された特定の値によってファイルに示されます。「データ欠落」領域に当たる光線は、その面が固定開口面と指定されているかどうかに関係なくブロックされます。つまり、「データ欠落」領域を通過しようとする光線は通過できず、その光線追跡は行われません。オプションとして、強度フィルターを持つ面では、強度がゼロ (正確には < 0.001) に達した場合にも光線をブロックできます。IBZ フラグは、そのような領域での光線の挙動を制御します：

IBZ si..j sk Yes No	<p>このオプションは強度フィルターを持つ面にのみ適用されます。強度がゼロの領域で光線の追跡を中止します。このフラグが設定されている場合 (IBZ sk YES)、強度がゼロに近づく領域 (< 0.001) に当たる光線の追跡が中止されます。フィルターが設定された強度に関係なく光線を通過させるには、IBZ sk NO を指定してください。</p> <p>IBZ オプションは、非常に複雑な開口形状をモデル化するのに特に便利です。INT ファイルまたはビットマップファイル (BMP、PCX、PNG) で提供される任意の形状を強度フィルターとして添付できます。その面で IBZ YES を設定すると、強度がゼロのすべての光線がブロックされるため、複雑な開口が定義できます。</p>
---------------------	---

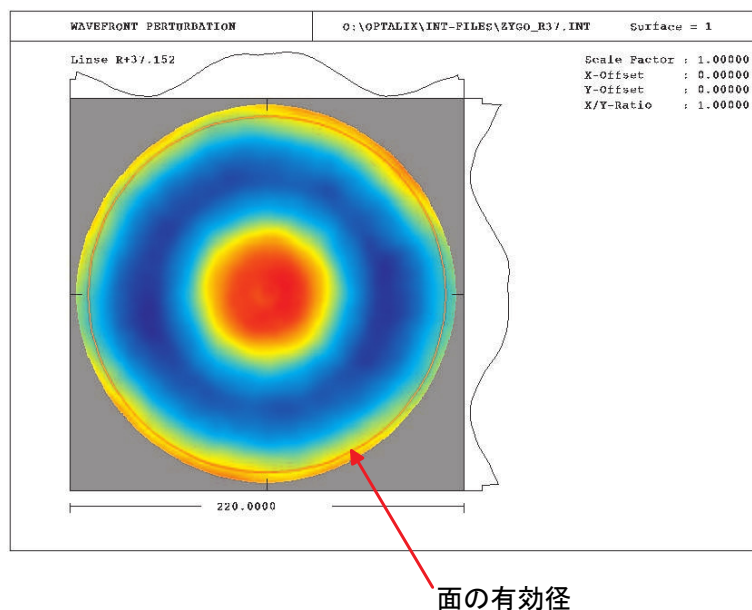
8.28.8 干渉による波面形状の表示 (Display Interferometric Deformation)

面に割り付けられた干渉による波面形状は、PLO INT コマンドで表示できます：

PLO INT sk [?]	面に割り付けられた干渉による波面形状を表示します。クエスチョンマーク（オプション）は、表示パラメータを編集するためのダイアログボックスが表示されます。
----------------	---

干渉計の波面形状データをレンズデータの該当する面の開口サイズに割り当てて表示することができます。その例を図 8.43（ページ 166）に示しています。

この表示方法を使って、干渉計の波面形状データを面の開口サイズに対応させることができます。波面形状データを読み込んだり割り当てたりする際に、干渉計の寸法が確認されますが、IRX、IRY コマンドを使って寸法を変更することも可能です。



面の有効径

図 8.43. 面に割り付けられた干渉による波面形状を表示します面の開口は赤色で示されており、測定された波面形状の寸法と直接比較できます。対応するサンプルデータファイルは \$i\examples\Misc\Simple_Achromat_INT_Deformation.otx にあります。

干渉による波面形状の表示は、ワイヤグリッドプロット、グレースケールプロット、疑似カラープロット、および X/Y セクションの 4 つのスタイルで表示できます。現在、プロットスタイルはオプションダイアログボックス（PLO INT ?）内でしか定義できません。

8.29 ゼルニケ面 (Zernike Surface)

ゼルニケ面は、面タイプ「Z」によって定義され、他の任意の基本面（例：球面、非球面、トロイド面など）に追加することができます。ゼルニケ面は常に「フリッジ・ゼルニケ多項式」によって定義されます。ゼルニケ面は、面変形または位相変形として定義できます。

- ゼルニケ面変形: 面の変形を定義します。つまり、光線に沿った方向と光路が屈折の法則によって変わります。ゼルニケ面変形は、空気/ガラスまたはガラス/空気の界面を持つ面に適用するのが望ましいです。
- ゼルニケ位相変形: 光路（波面）に追加の位相成分を導入します。光線の方向は、光線が常に位相添加物に垂直になるように変更されます。ゼルニケ位相面は、面の両側に同じ媒体がある面（できれば空気/空気の界面）に定義する必要があります。

コマンド概要:

ZRN [si..j sk] SUR PHA	指定面 si..j における、面上のゼルニケ面変形 (SUR)、または面上の位相/波面変形 (PHA) を定義します。ゼルニケ面変形 (SUR) は、空気/ガラス、またはガラス/空気の界面に適用するのが望ましく、ゼルニケ位相変形 (PHA) は空気/空気の界面 (ダミー面) のみに適用する必要があります。
ZTYP ZFR ZFE ZRN [si..j sk]	ゼルニケタイプ、すなわちゼルニケ多項式の形式に応じた係数の順序を定義します。現在、以下のゼルニケ定義 (タイプ) がサポートされています: ZFR: フリンジ・ゼルニケ多項式 ZFE: 拡張フリンジ・ゼルニケ多項式 ZRN: 標準ゼルニケ多項式
SPS ZFR ZFE ZRN [si..j sk]	ZTYP コマンド (上記参照) に対応する Code V 互換コマンドです。以下のゼルニケ定義 (タイプ) を設定します: ZFR: フリンジ・ゼルニケ多項式 ZFE: 拡張フリンジ・ゼルニケ多項式 ZRN: 標準ゼルニケ多項式
ZRN [si..j sk] ci..j SCO [si..j sk] ci..j	面 si..j 上のゼルニケ係数 ci..j を設定します。
ZRN si..j sk FIL f_name	ゼルニケ変形係数をファイル f_name から読み込み、特定の面 sk または面の範囲 si..j に添付します。ゼルニケ係数ファイル形式の説明はセクション 32.4 に記載されています。
ZRN WAV [fi]	基準波長での画角 (フィールド) fi における波面収差にゼルニケ多項式を当てはめます。波面の適切なゼルニケ係数が有効になっていることを確認してください (下記の ZWACT コマンドを参照)。波面に当てはめられたゼルニケ係数を取得するには WZRN コマンドも参照してください。
PLO ZRN si	面 si に対応するゼルニケ係数に基づいて、ゼルニケ多項式を用いた波面収差をプロットします。
EDI ZRN si	面 si に対応するゼルニケ係数を編集するためのダイアログボックスを開きます。
次のページに続く	

前のページから続く	
INR [si..j sk] radius	<p>ゼルニケデータの単位円を、面 si..j sk の実際の開口サイズに対応させます。入力された値はその面の開口の半径です。INR のデフォルト値は面の有効開口の半径です。</p> <p>注意: 指定された半径の値がゼルニケ変形の実際の半径より小さい場合、INR 半径の外側のデータは推定値が外挿されるため、誤った結果をもたらす可能性があります。このような状況は避けるべきです。</p>
ZACT si..j sk ci..j act1 act2 ...	<p>特定の面(または面の範囲)のゼルニケ係数を有効化/無効化します。係数を有効化することは、これらの係数が解析において考慮されることを意味します。"act" は 0 または 1 の整数で、0 は係数を無効化し、1 は有効化します。係数指定子 "c" がない場合、一連の整数値が期待されます(下記の3つ目の例を参照)。</p> <p>例:</p> <pre>zact s2 c1 1 ! 面 2 のゼルニケ係数 1 を有効化 zact s2..3 c1..5 1 ! 面 2 から 3 のゼルニケ係数 1 から 5 を有効化 zact s2 1 0 1 0 1 ! 係数 1, 3, 5 を有効化し、係数 2, 4 を無効化</pre> <p>または、ゼルニケスプレッドシートエディタで係数を有効化/無効化することもできます。これは EDI ZRN コマンドで呼び出されます(上記参照)。ゼルニケ係数の定義についてはセクション 8.29.2 を参照してください。</p>
ZWACT ci..j act1 [act2 ...]	<p>波面をゼルニケ係数にフィッティングする際に用いられる係数の有効化/無効化を設定します。係数を有効化すると、波面フィッティングに使用されることを意味します。"act" は 0 または 1 の整数で、0 は係数を無効化し、1 は有効化します。係数指定子 "c" がない場合、一連の整数値が期待されます(下記の3つ目の例を参照)。面修飾子は必要ありません。ZWACT は常に波面ゼルニケ係数に適用されます。</p> <p>例:</p> <pre>zwact c1 1 ! 波面フィッティングに使用するゼルニケ係数 1 を有効化 zwact c1..5 1 ! 波面フィッティングに使用するゼルニケ係数 1 から 5 を有効化 zwact 1 0 1 0 1 ! 係数 1, 3, 5 を有効化し、係数 2, 4 を無効化</pre> <p>または、波面係数をゼルニケスプレッドシートエディタで有効化/無効化することもできます。これは EDI ZRN コマンドで呼び出されます(上記参照)。特定の画角(フィールド)で波面収差に係数を実際に適合させるには、WAV ZRN コマンドを使用します。ゼルニケ係数の定義についてはセクション 8.29.2 を参照してください。</p>
次のページに続く	

前のページから続く	
WZRN Ci..j	波面のゼルニケ係数 $c_{i..j}$ を設定します。特定の画角（フィールド）で実際の波面にゼルニケ係数を適合させるには、ZRN WAV コマンドを使用し（上記参照）、その後 EDI ZRN コマンドで編集します。
WZRN Ck fk	マクロまたはコマンドラインから特定の波面ゼルニケ係数を取得します。ck は k 番目の係数、fk はフィールド k です。 例: eva [wzrn c3 f1]

例 1:

製造誤差によって引き起こされる典型的な面の不規則性は、特定の面にゼルニケ変形を追加することでシミュレートできます。研磨工具とレンズの回転速度の条件が不適切な場合、レンズの輪帯部や周辺部が高くなったり低くなったりします。球面の製造における可能性のある現象は、図 8.44 に示すように、1つのフリッジ・ゼルニケ項 Z_9 のみを使用して良好に近似できます。633nm で測定された不規則性 $\tau = 0.5 \text{ waves PV}$ をこの欠陥のみを示す面で仮定します。単位円内では $-0.5 < Z_9 < 1.0$ であるため、単位円内の Z_9 の PV 値は 1.5 であり、係数 Z_9 は次のように計算されます。

$$Z_9 = \frac{\tau \cdot \lambda_{633}}{PV_{\text{unit-circ}}} = \frac{0.5 \cdot 0.000633}{1.5} = 2.11 \cdot E^{-4} \quad (8.87)$$

λ_{633} は干渉計（He-Ne レーザー）の波長（633nm）です。この変形は以下のコマンドで入力されます（感嘆符とその右側のテキストはコメントなので入力しないでください）:

```
SUT s2 SZ          ! 面タイプを球面 S + ゼルニケ Z に設定
ZRN s2 c9 2.11e-4 ! 面 2 にゼルニケ係数 Z9 を入力
```

または、ゼルニケスプレッドシートエディタで係数を入力することもできます。これは EDI ZRN コマンドで呼び出されます。ゼルニケスプレッドシートエディタの詳細な説明は、セクション 8.29.1、ページ 170 に記載されています。面タイプはサーフェススプレッドシートエディタ（コマンド EDI SUR で起動）で変更できます。

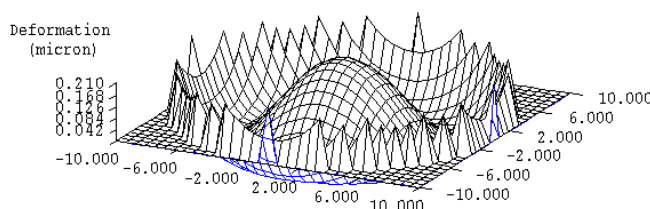


図 8.44. 係数 9 のみを使用したフリッジ・ゼルニケ変形。

例 2:

特定のフィールドで実際の波面収差にゼルニケ多項式を適合させるには、ZRN WAV コマンドを使用します。例えば、画角（フィールド）2 でゼルニケ項を確認したい場合、まず適合プロセスに含める（有効化する）係数を指定する必要があります。その後、適合を実行できます。これらの操作は、例えば以下のコマンドで行います

ZWACT 0 1 1 1 1 1 1 1 ! フリンジ・ゼルニケ係数 2-8 を波面フィッティングのためにアクティブ化します。係数 1 および 9-36 はフィッティングから除外されます。

ZRN WAV f2 ! フィールド 2 でシステム波面のフリンジ・ゼルニケフィッティングを実行します。

そして、画角 (フィールド) 2 で適合したフリンジ・ゼルニケ係数の以下の出力を得ます (基準波長番号は 2):

Zernike polynomial fit of wavefront at field 2 colour 2

#	coefficient (unit = micron)	coefficient (unit = wave)	Description of Fringe Zernike Coeff.
2	-0.817072827	-1.39053	Y-Tilt
3	1.184744104	2.01624	Defocus
4	-1.401898817	-2.38580	Astigmatism 3rd Order, 0 and 90 deg.
5	0.000000000	0.00000	Astigmatism 3rd Order, +/- 45 deg.
6	0.000000001	0.00000	X-Coma and Tilt, 3rd Order
7	-2.191878576	-3.73022	Y-Coma and Tilt, 3rd Order
8	1.450299352	2.46817	Spherical and Focus, 3rd Order

8.29.1 ゼルニケスプレッドシートエディタ (Zernike Spreadsheet Editor)

ゼルニケ係数の編集は、ゼルニケスプレッドシートエディタ (図 8.45 参照) を使用することで、より便利に行うことができます。これはコマンドラインから **EDI ZRN** を使用して起動し、面上のゼルニケ変形係数の入力や波面収差のフィッティングを可能にします。光学系内の任意の面 (物体面および像面を除く) を選択できます。「波面」が選択された場合、射出瞳内の波面収差に関するゼルニケ係数を指定できます。この場合、係数を入力することはあまり意味がありません (係数を入力してもそれに対応する波面が生成されるわけではありません)、このオプションは既存の波面にゼルニケ多項式をフィットさせるために使用されます。フィットに含める係数は、2 列目で選択 (有効化) します。

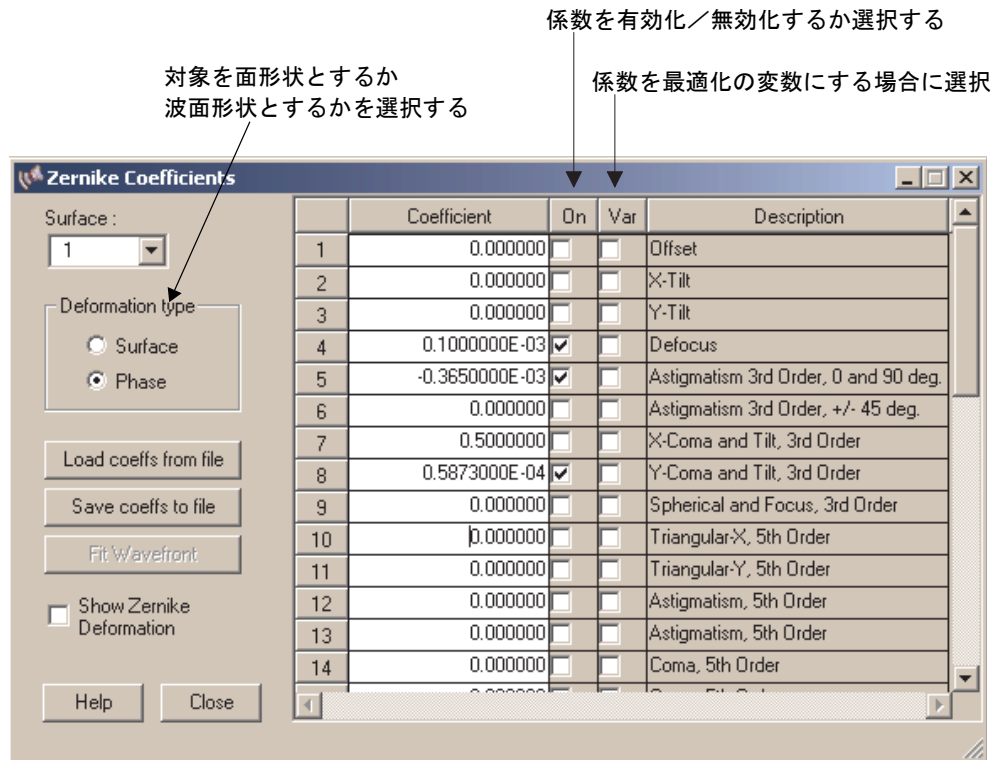


図 8.45. 面上のゼルニケ係数の編集、および波面収差のフィッティング。

ゼルニケ係数はファイルから読み込むことも、ファイルに保存することもできます。後者は特にフィッティングされた波面収差に有用です。

8.29.2 ゼルニケ多項式の定義 (Definition of Zernike Polynomials)

ゼルニケ多項式は、半径と方位角における極座標系の多項式です。これらは単位円内で直交し、正規化可能であるため、波面の表現に適しています。これは各項が他の項から独立していることを意味します。したがって、特定の項を含めるか除外するかは、他の項の値に影響を与えません。これは連続データに対してのみ厳密に当てはまりますが、円形開口上に均一に配置されたデータ、つまり円形の開口内で均等に分布したデータに対してもほぼ当てはまります。ゼルニケ多項式は一般的に以下の形式を持ちます。

$$Z_n^m(r, \phi) = R_n^m(r) [\cos m\phi + \sin m\phi] \quad (8.88)$$

ここで、 r と ϕ は単位円内の極座標です。通常、波面データは光学系の瞳内で直角座標 x_p, y_p で表されます。 $[r, \phi]$ と x_p, y_p の関係は次の通りです：

$$x_p = r \cos \phi \quad (8.89)$$

$$y_p = r \sin \phi \quad (8.90)$$

以下の説明では、フリッジ・ゼルニケ多項式、拡張フリッジ・ゼルニケ多項式、および Born 博士と Wolf 博士による標準ゼルニケ多項式について取り扱います [4]。

8.29.3 フリンジ・ゼルニケ多項式の項 (Fringe Zernike Polynomial Terms)

OpTaliX でのフリンジ・ゼルニケ多項式は、36 項に制限されており、より高次の半径項（拡張フリンジ係数の第 49 項）が第 37 項として追加されています。

表 8.34. フリンジ・ゼルニケ多項式 (ZFR)

項	n	m	フリンジ・ゼルニケ多項式	意味
1	0	0	1	オフセット
2	1	1	$R \cos(\phi)$	X-ティルト
3	1	1	$R \sin(\phi)$	Y-ティルト
4	2	0	$2R^2 - 1$	デフォーカス
5	2	2	$R^2 \cos(2\phi)$	3 次の非点収差 $\phi = 0$ または 90° で
6	2	2	$R^2 \sin(2\phi)$	3 次の非点収差 $\phi = \pm 45^\circ$ で
7	3	1	$(3R^3 - 2R) \cos(\phi)$	3 次の X-コマ収差と ティルト
8	3	1	$(3R^3 - 2R) \sin(\phi)$	3 次の Y-コマ収差と ティルト
9	4	0	$6R^4 - 6R^2 + 1$	3 次の球面収差と デフォーカス
10	3	3	$R^3 \cos(3\phi)$	5 次の X 方向三角アス
11	3	3	$R^3 \sin(3\phi)$	5 次の Y 方向三角アス
12	4	2	$(4R^4 - 3R^2) \cos(2\phi)$	5 次の非点収差
13	4	2	$(4R^4 - 3R^2) \sin(2\phi)$	5 次の非点収差
14	5	1	$(10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(\phi)$	5 次のコマ収差
15	5	1	$(10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(\phi)$	5 次のコマ収差
16	6	0	$20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1$	5 次の球面収差
17	4	4	$R^4 \cos(4\phi)$	7 次の X 方向平方アス
18	4	4	$R^4 \sin(4\phi)$	7 次の Y 方向平方アス
19	5	3	$(5R^5 - 4R^3) \cos(3\phi)$	7 次の X 方向三角アス
20	5	3	$(5R^5 - 4R^3) \sin(3\phi)$	7 次の Y 方向三角アス
21	6	2	$(15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2\phi)$	7 次の非点収差
22	6	2	$(15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2\phi)$	7 次の非点収差
23	7	1	$(35R^7 - 60R^5 + 30R^3 - 4R) \cos(\phi)$	7 次のコマ収差
24	7	1	$(35R^7 - 60R^5 + 30R^3 - 4R) \sin(\phi)$	7 次のコマ収差
25	8	0	$70R^8 - 140R^6 + 90R^4 - 20R^2 + 1$	7 次の球面収差
26	5	5	$R^5 \cos(5\phi)$	9 次の 5 重アス
27	5	5	$R^5 \sin(5\phi)$	9 次の 5 重アス
28	6	4	$(6R^6 - 5R^4) \cos(4\phi)$	9 次の四角アス
29	6	4	$(6R^6 - 5R^4) \sin(4\phi)$	9 次の四角アス
30	7	3	$(21R^7 - 30R^5 + 10R^3) \cos(3\phi)$	9 次の三角アス
31	7	3	$(21R^7 - 30R^5 + 10R^3) \sin(3\phi)$	9 次の三角アス
32	8	2	$(56R^8 - 105R^6 + 60R^4 - 10R^2) \cos(2\phi)$	9 次の非点収差
33	8	2	$(56R^8 - 105R^6 + 60R^4 - 10R^2) \sin(2\phi)$	9 次の非点収差
34	9	1	$(126R^9 - 280R^7 + 210R^5 - 60R^3 + 5R) \cos(\phi)$	9 次のコマ収差

次のページに続く

前のページから続く				
35	9	1	$(126R^9 - 280R^7 + 210R^5 - 60R^3 + 5R) \sin(\phi)$	9 次のコマ収差
36	10	0	$252R^{10} - 630R^8 + 560R^6 - 210R^4 + 30R^2 - 1$	9 次の球面収差
37	12	0	$924R^{12} - 2772R^{10} + 3150R^8 - 1680R^6 + 420R^4 - 42R^2 + 1$	11 次の球面収差 5 次

8.29.4 拡張フリッジ・ゼルニケ多項式の項
(Extended Fringe Zernike Polynomial Terms)

拡張フリッジ・ゼルニケ係数 1 - 36 は、フリッジ・ゼルニケ係数と同一であり、同じ順序を持ちます (表 8.34 参照)。したがって、ここでは繰り返しません。拡張フリッジ係数の第 49 項は、フリッジ係数の第 37 項と同一です。

表 8.35. 拡張フリッジ・ゼルニケ多項式 (ZFE)

項	n	m	拡張フリッジゼルニケ多項式	意味
37	6	6	$R^6 \cos(6\phi)$	X を主軸とする 6 枚羽状
38	6	6	$R^6 \sin(6\phi)$	Y を主軸とする 6 枚羽状
39	7	5	$R^5(7R^2 - 6) \cos(5\phi)$	X を主軸とする 2 次の 5 枚羽状
40	7	5	$R^5(7R^2 - 6) \sin(5\phi)$	Y を主軸とする 2 次の 5 枚羽状
41	8	4	$R^4(28R^4 - 42R^2 + 15) \cos(4\phi)$	X を主軸とする 3 次の 4 枚羽状
42	8	4	$R^4(28R^4 - 42R^2 + 15) \sin(4\phi)$	Y を主軸とする 3 次の 4 枚羽状
43	9	3	$R^3(84R^6 - 168R^4 + 105R^2 - 20) \cos(3\phi)$	X を主軸とする 4 次の 4 枚羽状
44	9	3	$R^3(84R^6 - 168R^4 + 105R^2 - 20) \sin(3\phi)$	Y を主軸とする 4 次の 4 枚羽状
45	10	2	$R^2(210R^8 - 504R^6 + 420R^4 - 140R^2 + 15) \cos(2\phi)$	五次の非点収差、0 度ま たは 90 度
46	10	2	$R^2(210R^8 - 504R^6 + 420R^4 - 140R^2 + 15) \sin(2\phi)$	五次の非点収差、±45 度
47	11	2	$R(462R^{10} - 1260R^8 + 1260R^6 - 560R^4 + 105R^2 - 6) \cos(\phi)$	X を主軸とする 5 次のコ マ収差
48	11	2	$R(462R^{10} - 1260R^8 + 1260R^6 - 560R^4 + 105R^2 - 6) \sin(\phi)$	Y を主軸とする 5 次のコ マ収差
49	12	0	$924R^{12} - 2772R^{10} + 3150R^8 - 1680R^6 + 420R^4 - 42R^2 + 1$	五次の球面収差
50	7	7	$R^7 \cos(7\phi)$	X を主軸とする一次の 7 枚羽状
51	7	7	$R^7 \sin(7\phi)$	Y を主軸とする一次の 7 枚羽状
52	8	6	$R^6(8R^2 - 7) \cos(6\phi)$	X を主軸とする 2 次の 6 枚羽状

次のページに続く

前のページから続く				
53	8	6	$R^6(8R^2 - 7) \sin(6\phi)$	Y を主軸とする 2 次の 6 枚羽状
54	9	5	$R^5(36R^4 - 56R^2 + 21) \cos(5\phi)$	X を主軸とする 3 次の 5 枚羽状
55	9	5	$R^5(36R^4 - 56R^2 + 21) \sin(5\phi)$	Y を主軸とする 3 次の 5 枚羽状
56	10	4	$R^4(120R^6 - 252R^4 + 168R^2 - 35) \cos(4\phi)$	X を主軸とする 4 次の 4 枚羽状
57	10	4	$R^4(120R^6 - 252R^4 + 168R^2 - 35) \sin(4\phi)$	Y を主軸とする 4 次の 4 枚羽状
58	11	3	$R^3(330R^8 - 840R^6 + 756R^4 - 280R^2 + 35) \cos(3\phi)$	X を主軸とする 5 次の 3 枚羽状
59	11	3	$R^3(330R^8 - 840R^6 + 756R^4 - 280R^2 + 35) \sin(3\phi)$	Y を主軸とする 5 次の 3 枚羽状
60	12	2	$R^2(792R^{10} - 2310R^8 + 2520R^6 - 1260R^4 + 280R^2 - 21) \cos(2\phi)$	6 次の非点収差、0 度または 90 度
61	12	2	$R^2(792R^{10} - 2310R^8 + 2520R^6 - 1260R^4 + 280R^2 - 21) \sin(2\phi)$	6 次の非点収差、 ± 45 度
62	13	1	$R(1716R^{12} - 5544R^{10} + 6930R^8 - 4200R^6 + 1260R^4 - 168R^2 + 7) \cos(\phi)$	X を主軸とする 6 次のコマ収差
63	13	1	$R(1716R^{12} - 5544R^{10} + 6930R^8 - 4200R^6 + 1260R^4 - 168R^2 + 7) \sin(\phi)$	Y を主軸とする 6 次のコマ収差
64	14	0	$(-1 + 2R^2)(1 - 54R^2 + 648R^4 - 2904R^6 + 5742R^8 - 5148R^{10} + 1716R^{12})$	6 次の球面収差

8.29.5 標準ゼルニケ多項式の項 (Standard Zernike Polynomial Terms)

標準ゼルニケ多項式は、Born 博士と Wolf 博士によって定義されており [4]、最初の 53 の拡張フリンジゼルニケ項と同一ですが、異なる順序で配置されています。

表 8.36. Born 博士と Wolf 博士による標準ゼルニケ多項式 (ZRN)

項	標準ゼルニケ多項式	意味
1	1	オフセット
2	$R \cos(\phi)$	X-ティルト
3	$R \sin(\phi)$	Y-ティルト
4	$R^2 \cos(2\phi)$	3 次の非点収差 0 度または 90 度
5	$2R^2 - 1$	デフォーカス
6	$R^2 \sin(2\phi)$	3 次の非点収差 ± 45 度
7	$R^3 \cos(3\phi)$	5 次の X 方向三角アス
8	$(3R^3 - 2R) \cos(\phi)$	3 次の X-コマ収差とティルト
9	$(3R^3 - 2R) \sin(\phi)$	3 次の Y-コマ収差とティルト
10	$R^3 \sin(3\phi)$	5 次の Y 方向三角アス
11	$R^4 \cos(4\phi)$	7 次の X 方向平方アス

次のページに続く

前のページから続く		
12	$(4R^4 - 3R^2) \cos(2\phi)$	5 次の非点収差
13	$6R^4 - 6R^2 + 1$	3 次の球面収差とデフォーカス
14	$(4R^4 - 3R^2) \sin(2\phi)$	5 次の非点収差
15	$R^4 \sin(4\phi)$	7 次の Y 方向平方アス
16	$R^5 \cos(5\phi)$	9 次の 5 重アス
17	$(5R^5 - 4R^3) \cos(3\phi)$	7 次の X 方向三角アス
18	$(10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(\phi)$	5 次のコマ収差
19	$(10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(\phi)$	5 次のコマ収差
20	$(5R^5 - 4R^3) \sin(3\phi)$	7 次の非点収差
21	$R^5 \sin(5\phi)$	9 次の 5 重アス
22	$R^6 \cos(6\phi)$	6 次のヘキサフォイル、一次 X
23	$(6R^6 - 5R^4) \cos(4\phi)$	9 次の四角アス
24	$(15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2\phi)$	7 次の非点収差
25	$20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1$	5 次の球面収差
26	$(15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2\phi)$	7 次の非点収差
27	$(6R^6 - 5R^4) \sin(4\phi)$	9 次の四角アス
28	$R^6 \sin(6\phi)$	6 次のヘキサフォイル、一次 Y
29	$R^7 \cos(7\phi)$	7 次のヘプタフォイル、一次 X
30	$R^5(7R^2 - 6) \cos(5\phi)$	5 次のペンタフォイル、二次 X
31	$(21R^7 - 30R^5 + 10R^3) \cos(3\phi)$	9 次の三角アス
32	$(35R^7 - 60R^5 + 30R^3 - 4R) \cos(\phi)$	7 次のコマ収差
33	$(35R^7 - 60R^5 + 30R^3 - 4R) \sin(\phi)$	7 次のコマ収差
34	$(21R^7 - 30R^5 + 10R^3) \sin(3\phi)$	9 次の三角アス
35	$R^5(7R^2 - 6) \cos(5\phi)$	5 次のペンタフォイル、二次 Y
36	$R^7 \sin(7\phi)$	7 次のヘプタフォイル、一次 Y
37	$R^8 \cos(8\phi)$	8 次のオクタフォイル、一次 X
38	$R^6(8R^2 - 7) \cos(6\phi)$	6 次のヘキサフォイル、二次 X
39	$R^4(28R^4 - 42R^2 + 15) \cos(4\phi)$	4 次のテトラフォイル、三次 X
40	$(56R^8 - 105R^6 + 60R^4 - 10R^2) \cos(2\phi)$	9 次の非点収差、0 度または 90 度
41	$70R^8 - 140R^6 + 90R^4 - 20R^2 + 1$	7 次の球面収差
42	$(56R^8 - 105R^6 + 60R^4 - 10R^2) \sin(2\phi)$	9 次の非点収差、±45 度
43	$R^4(28R^4 - 42R^2 + 15) \sin(4\phi)$	4 次のテトラフォイル、三次 Y
44	$R^6(8R^2 - 7) \sin(6\phi)$	6 次のヘキサフォイル、二次 Y
45	$R^8 \sin(8\phi)$	8 次のオクタフォイル、一次 Y
46	$R^9 \cos(9\phi)$	9 次のノナフォイル、一次 X
47	$R^6(8R^2 - 7) \cos(7\phi)$	7 次のヘプタフォイル、二次 X
48	$(36R^9 - 56R^7 + 21R^5) \cos(5\phi)$	5 次のペンタフォイル、三次 X
49	$(84R^9 - 168R^7 + 105R^5 - 20R^3) \cos(3\phi)$	3 次のトレフォイル、四次 X
50	$(126R^9 - 280R^7 + 210R^5 - 60R^3 + 5R) \cos(\phi)$	9 次の非点収差、X
51	$(126R^9 - 280R^7 + 210R^5 - 60R^3 + 5R) \sin(\phi)$	9 次の非点収差、Y
52	$(84R^9 - 168R^7 + 105R^5 - 20R^3) \sin(3\phi)$	3 次のトレフォイル、四次 Y
53	$(36R^9 - 56R^7 + 21R^5) \sin(5\phi)$	5 次のペンタフォイル、三次 Y
54	$R^6(8R^2 - 7) \sin(7\phi)$	7 次のヘプタフォイル、二次 Y
55	$R^9 \sin(9\phi)$	9 次のノナフォイル、一次 Y
次のページに続く		

前のページから続く		
56	$R^{10} \cos(10\phi)$	10 次のデカフォイル、一次 X
57	$(10R^{10} - 9R^8) \cos(8\phi)$	8 次のオクタフォイル、二次 X
58	$(45R^{10} - 72R^8 + 28R^6) \cos(6\phi)$	6 次のヘキサフォイル、三次 X
59	$(120R^{10} - 252R^8 + 168R^6 - 35R^4) \cos(4\phi)$	4 次のテトラフォイル、四次 X
60	$(210R^{10} - 504R^8 + 420R^6 - 140R^4 + 15R^2) \cos(2\phi)$	9 次のアスティグマティズム、 0 度または 90 度
61	$252R^{10} - 630R^8 + 560R^6 - 210R^4 + 30R^2 - 1$	4 次の球面
62	$(210R^{10} - 504R^8 + 420R^6 - 140R^4 + 15R^2) \sin(2\phi)$	9 次のアスティグマティズム、 ± 45 度
63	$(120R^{10} - 252R^8 + 168R^6 - 35R^4) \sin(4\phi)$	4 次のテトラフォイル、四次 Y
64	$(45R^{10} - 72R^8 + 28R^6) \sin(6\phi)$	6 次のヘキサフォイル、三次 Y
65	$(10R^{10} - 9R^8) \sin(8\phi)$	8 次のオクタフォイル、二次 Y
66	$R^{10} \sin(10\phi)$	10 次のデカフォイル、一次 Y

8.30 ゼルニケ位相面 (Zernike Phase Surface)

ゼルニケ位相面は、光学系の公称波面収差に項を追加します。これは、測定された干渉計データを含めるのに最も有用です。ゼルニケ位相面は、両側が同じ媒質である面（できれば空気/空気の界面）に定義する必要があります。

以下の例は、面 4 を仮定してゼルニケ位相面の定義を示しています。

コマンドラインで:

```
zrn pha s4           ! ゼルニケ位相面を定義
inr s4 10           ! ゼルニケ単位円を物理的なアパーチャに接続
zrn s4 c5 0.00123   ! 面 s4 のゼルニケ係数 c5 を 0.00123 に設定
zact s4 c5 1        ! 面 s4 の係数 c5 を有効化
```

ユーザーダイアログで:

メニューの *Edit / Zernike Coefficients* から、またはコマンドラインで "EDI ZRN" (引用符なし) を入力してゼルニケエディタを呼び出します。ダイアログボックスが表示されます。ダイアログの一部は図 8.46 に示されています。

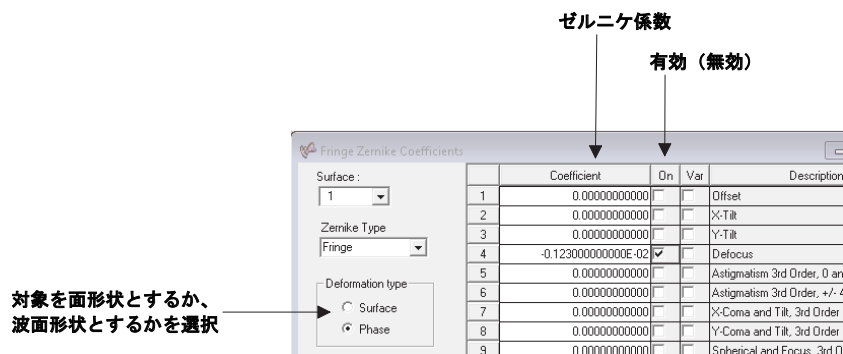


図 8.46. ゼルニケ位相係数の編集。

ラジオボタン "phase" をチェックし、適切な係数を入力します。各係数の "On" フィールドをチェックして、係数を有効化することを忘れないでください。

8.31 ユーザー定義面 (User-Defined Surface)

ユーザー定義面 (UDS) を使用すると、*OpTaliX* 内部の光線追跡アルゴリズムを中断し、光線追跡を制御することができます。内部的には、光線の軌跡はユーザー定義面の直前の面まで計算され、指定されたユーザー作成のサブルーチン呼び出し、その後、残りの面を通して光線追跡を完了します。

面をユーザー定義面として指定するには、その面に UDS コマンドを入力するか、面タイプ (SUT sk U) を直接設定します。ユーザー定義面の係数がある場合は、UCO コマンドで定義します。

UDS si..j sk	面 si..j または sk をユーザー定義面に変更します。または、面タイプを "U" に設定することもできます (ページ 82 の SUT コマンドを参照)。UDS 面の形状は、UCO 係数 (下記参照) と DLL に含まれるユーザー作成のサブルーチン "usersur.f90" によって完全に定義されます。
UCO si..j sk ci..j coefficient	ユーザー定義サブルーチン "usersur.f90" を使用して、面 si..j sk 上のユーザー定義面 (UDS) タイプを記述するための係数。係数の最大数は 91 です。

8.31.1 ユーザー定義サブルーチンの作成 (Creating a User-Defined Subroutine)

ユーザーは、連続的な面、すなわち面上のあらゆる位置で微分可能な面形状と、その法線ベクトルを、それぞれ "usersur.f90" または "usersur.c" という名前の FORTRAN または C 言語でプログラミングするだけです。

注意: サブルーチン名は正確に "usersur" でなければならず、他の名前は許可されていません。

OpTaliX は、プログラミングインターフェースを示すために、FORTRAN と C の両方のプログラミング言語でサンプルサブルーチンを提供しています。このサンプルサブルーチンは、放物面を定義する簡単なものです。サンプルサブルーチンは以下のディレクトリにあります。

```
C:\ProgramData\optalix\dll\usersur\Fortran   for FORTRAN
C:\ProgramData\optalix\dll\usersur\C         for C/C++
```

Lahey/Fujitsu FORTRAN、および Microsoft Visual C コンパイラ用の適切なサブディレクトリがあります。usersur サブルーチンのソースコードは、各言語およびコンパイラに対してセクション 8.31.3 から 8.31.5 に記載されています。

必要に応じて、usersur サブルーチンは他のサブルーチン呼び出ししたり、データファイルを読み取ったりすることもできます。usersur サブルーチンは、光線と UDS タイプの面との交点を反復的に計算するために順次呼び出されます。光線と面との交点を計算した後、その点での面の法線 (法線ベクトル) が決定されます。変数 icalc は、面の交点座標を計算するか、または面の法線ベクトルを計算するか、を識別するために usersur サブルーチン内で使用されます。

FORTRAN または C で作成する usersur サブルーチンは、次のパラメータを持つ必要があります:

```
usersur(icalc, isur, curv, sdata, x, y, z, xn, yn, zn, i_err)
```

ここで

icalc	入力用引数：面形状を計算するか、面の法線ベクトルを計算するかを示す計算モード。 1 = 座標 x,y での面の z 座標（サグ量）を計算 2 = 座標 x,y,z での方向余弦 xn,yn,zn を計算
isur	入力用引数：関数を評価する現在の面番号。異なる面で異なる計算方法を区別するための入力パラメータです。UDS タイプ面が1つだけ使用されて場合、このパラメータは通常必要ありません。下記の注意も参照してください。
curv	入力用引数：面頂点の曲率。このパラメータは <code>usersur</code> サブルーチンで使用する必要はありませんが、その値は光学系の近軸量や3次収差を計算する際に使用されます。
sdata	入力用引数： <code>OpTaliX</code> と <code>usersur</code> サブルーチン間でデータを渡すための91要素のデータ配列。dataの要素はUC0係数C1からC91に対応します。
x,y,z	出力用引数：面の原点座標に対する、光線に沿った点の座標。
xn,yn,zn	出力用引数：座標 (x,y,z) における (UDS) 面の法線の方向余弦。
i_err	出力用引数：エラーフラグ。エラーが発生しない場合は0に設定し、そうでない場合は1に設定します。

注意：一度に `OpTaliX` にリンクできる `usersur` サブルーチンは1つだけです。したがって、光学系内のすべての UDS タイプの面は同じ `usersur` サブルーチンを使用する必要があります。ただし、同じ `usersur` サブルーチン内で異なる係数を使用して複数の UDS 面の記述をプログラムすることは可能です。パラメータ `isur` は、面の交点または面の法線ベクトルを求めるために現在使用されている面番号を指定します。以下の FORTRAN のサンプルコードはこれを示しています：

```

if(isur .eq. 3) then
  ! 面3のコードを記述
elseif(isur .eq. 7) then
  ! 面7の他のコードを記述
endif

```

この技術を使用することで、光学系内の異なるユーザー定義面の種類の数に事実上制限はありません。

8.31.2 サポートされている言語とコンパイラ (Languages and Compilers Supported)

FORTRAN と C の両方のプログラミング言語がサポートされています。以下のセクションでは、さまざまなコンパイラの詳細について説明します。サンプルサブルーチンは、Fortran と C の両方の言語で `OpTaliX` に付属しています。これらのサンプルサブルーチンは、`\optalix\usersur` ディレクトリにあり、使用するプログラミング言語とコンパイラに応じたサブディレクトリに配置されています。

ユーザー定義面の作成については、以下のコンパイラに対して説明されています：

- Lahey/Fujitsu FORTRAN

- Intel oneAPI Fortran
- Microsoft Visual Studio

すべてのサポートされているコンパイラは、32ビットおよび64ビットバージョンです。16ビットバージョンはサポートされなくなりました。すべてのコンパイラは、以下に示すバージョン番号以上である必要があります：

Lahey Fujitsu	FORTRAN-95、バージョン 5.7 以降
Intel oneAPI Fortran	バージョン 18 以降
Microsoft Visual Studio	2012 以降

8.31.3 Lahey/Fujitsu Fortran 90 でのコンパイル Compiling with Lahey/Fujitsu Fortran 90)

Lahey/Fujitsu コンパイラ用の特定の指示を含む、FORTRAN でのユーザー定義面 (UDS) のソースコード例：

```

subroutine usersur(icalc,isur,curv,sdata,x,y,z,xn,yn,zn,i_err)
!
!   ユーザー定義面の関数とその導関数を評価します
!
!   パラメータ:
!   -----
!   icalc  = 1 : 座標 x,y での面の z 座標を計算 (入力)
!             = 2 : 座標 x,y,z での方向余弦 xn,yn,zn を計算
!   isur   : 面番号 (入力)
!   curv   : 曲率 (入力)
!   sdata(91) : ユーザー定義パラメータを含む配列 (入力)
!               例えば、sdata(1) はコマンド UCO C1 で入力された値です。
!   x,y,z   : 面の原点に対する光線の現在位置の座標 (入力)
!   xn,yn,zn : 座標 (x,y,z) における面の導関数 (出力)
!   i_err   : エラーフラグ (0 = エラーなし, 1 = エラー) (出力)
!
!   注意:
!   ----
!   以下の例では、曲率 "curv" に基づいて放物面の座標と導関数を計算します。
!   ユーザーは通常、特定の面に対して独自の FORTRAN コードを代入します。
!
!   このサブルーチン内で複数の面の記述をプログラムすることができます。
!   "isur" パラメータを使用して面を区別し、
!   "sdata" に格納された係数の解釈を決定します。
!
  dll_export usersur
!
  integer          :: icalc,i_err,isur
  double precision :: x,y,z,xn,yn,zn,curv,sdata(91)
  double precision :: fnorm
!
  i_err = 0
!
  z = 0.5d0*curv*(x*x + y*y)      ! 面の z 値、放物面
!
  if(icalc.ge.2) then             ! 座標 x,y,z での面の導関数を計算
    xn = x*curv
    yn = y*curv
    fnorm = dsqrt(xn*xn + yn*yn + 1.0d0)
    xn = xn/fnorm
    yn = yn/fnorm
    zn = -1.0d0/fnorm
  endif
!
  return
end

```

usersur.f90 のパラメータリストは固定されており、ユーザーが変更してはいけません。Lahey/Fujitsu FORTRAN-95 を使用して動的リンクライブラリ (DLL) をコンパイルおよび作成するには、バージョン 5.7 以降が必要です。Lahey/Fujitsu FORTRAN の以前のバージョンでは、互換性のある DLL およびライブラリを作成できません。

Lahey/Fujitsu LF95 を使用して 32 ビット Windows DLL を作成するには、-dll スイッチを使用する必要があります。例：

```
LF95 usersur.f90 -dll -win -ml LF90
```

DLL インターフェースを介してプロシージャを参照するためには、コンパイラにプロシージャ名を通知し、DLL 内の外部名をどのように 'デコレート' するかを指示する必要があります。プロシージャ名は 'usersur.f90' 内の 'dll_export' ステートメントによって定義されます。'dll_export' ステートメント内のプロシージャ名 'usersur' は大文字と小文字を区別します。OpTaliX メインプログラムによって認識されるためには、小文字で記述する必要があります。

8.31.4 Intel FORTRAN Parallel Studio および Intel oneAPI Fortran でのコンパイル (Compiling with Intel FORTRAN Parallel Studio and Intel oneAPI Fortran)

このセクションでは、"Intel Fortran Parallel Studio" (以前は "Intel Visual Fortran Compiler" と呼ばれていた) バージョン 11.xx 以降、または Intel oneAPI Fortran バージョン 18.0 以降のユーザー定義面のコーディングについて説明します。以下に、Intel Fortran Parallel Studio でのユーザー定義面 (UDS) のソースコード例を示します：

```

subroutine usersur(icalc,isur,curv,sdata,x,y,z,xn,yn,zn,i_err)
!
!----- Intel Visual Fortran Composer, > V9.xx 用 ---- および -----
!----- Intel oneAPI Fortran コンパイラ, > V18.xx 用 -----
!
!   ユーザー定義面の関数とその導関数を評価します
!
!   パラメータ:
!   -----
!   icalc   = 1 : 座標 x,y での面の z 座標を計算 (入力)
!             = 2 : 座標 x,y,z での方向余弦 xn,yn,zn を計算
!   isur    : 面番号 (入力)
!   curv    : 曲率 (入力)
!   sdata(91) : ユーザー定義パラメータを含む配列 (入力)
!               例えば、sdata(1) はコマンド UCO C1 で入力された値です。
!   x,y,z   : 面の原点に対する光線の現在位置の座標 (入力)
!   xn,yn,zn : 座標 (x,y,z) における面の導関数 (出力)
!   i_err   : エラーフラグ (0 = エラーなし, 1 = エラー) (出力)
!
!   注意:
!   -----
!   以下の例では、曲率 "curv" に基づいて放物面の座標と導関数を計算します。
!   ユーザーは通常、特定の面に対して独自の FORTRAN コードを代入します。
!
!   このサブルーチン内で複数の面の記述をプログラムすることができます。
!   "isur" パラメータを使用して面を区別し、
!   "sdata" に格納された係数の解釈を決定します。
!
!   !DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT:: USERSUR
!
!   integer          :: icalc,i_err,isur
!   double precision :: x,y,z,xn,yn,zn,curv,sdata(81)
!   double precision :: fnorm
!
!   i_err = 0
!
!   z = 0.5d0*curv*(x*x + y*y)    ! 面の z 値、放物面
!
!   if(icalc.ge.2) then          ! 座標 x,y,z での面の導関数を計算

```

```

        xn = x*curv
        yn = y*curv
        fnorm = dsqrt(xn*xn + yn*yn + 1.0d0)
        xn = xn/fnorm
        yn = yn/fnorm
        zn = -1.0d0/fnorm
    endif
!
    return
end

```

usersur.f90 のパラメータリストは固定されており、ユーザーが変更してはいけません。

Intel Fortran Parallel Studio を使用して動的リンクライブラリ (DLL) をコンパイルおよび作成するには、バージョン 13.xx 以降が必要です。Intel oneAPI コンパイラの場合は、バージョン 18.xx 以降が必要です。DLL はコマンドラインで作成されます：

```
ifort /dll usersur.f90
```

プロシージャ名は '!DEC\$ ATTRIBUTES DLLEXPORT:: USERSUR' ディレクティブによって定義されます。

8.31.5 Microsoft Visual Studio 2012 以降でのコンパイル (Compiling with Microsoft Visual Studio 2012 and higher)

C で書かれたプログラムは、FORTRAN と C の間で関数、サブルーチン、および引数の命名規則を橋渡しする必要があります。OpTaliX は FORTRAN パッケージであるため、以下の例では C 側をそれに応じて変更します。

FORTRAN からサブルーチン USERSUR への呼び出しは、外部シンボル `_USERSUR_` を必要とします。C で書かれたサブルーチンの場合、エントリポイント名は `USERSUR_` でなければなりません (先頭のアンダースコアがないことに注意してください。これは C コンパイラによって追加されます)。

通常、FORTRAN では引数は参照渡しされます。一方、C コンパイラはスカラー変数を値渡しします。これは本質的に、C 関数がすべての引数を参照渡し (C の用語では「ポインタ」) として受け取るように設定されるべきであることを意味します (したがって、変数名の前に「*」が付いています)。

また、すべての C 配列は 0 から始まるのに対し、FORTRAN 配列は通常 1 から始まることにも注意してください。パラメータ調整 `-sdata` はこの事実を考慮しています。

C++ に関する注意事項：C++ は関数のオーバーロードを許可します。したがって、関数は従来の C とは異なり、*.lib ファイルに格納されます。ここでは関数のオーバーロードを行っていないため、C++ コンパイラに従来の C を使用するよう指示します。次のコード抜粋に注意してください。

```

#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

```

usersur 宣言の前とソースコードの最後に記述します。

```

#ifdef __cplusplus
}
#endif

```

これにより、使用する C コンパイラに関係なく、リンカが関数を正しく格納します。以下は usersur.c または usersur.cpp のサンプルコードです：

```

#include <math.h>
#include <string.h>
#include <windows.h>
#define PI 3.14159265359

/* サブルーチン */
#define usersur_ USERSUR

#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

int __declspec(dllexport) usersur_(int *icalc, int *isur, double *curv, double *sdata, double *x, double *y,
                                   double *z__, double *xn, double *yn, double *zn, int *i_err__) {
    /* 組み込み関数 */
    /* math.h ファイルに宣言されていない場合のみ、以下の行をコメント解除します */
    /* double sqrt(); */

    /* ローカル変数 */
    double fnorm;

    /* ユーザー定義面の関数とその導関数を評価します */

    /* パラメータ: */
    /* ----- */
    /* icalc = 1 : 座標 x,y での面の z 座標を計算 (入力) */
    /*          = 2 : 座標 x,y,z での方向余弦 xn,yn,zn を計算 */
    /* isur      : 面番号 (入力) */
    /* curv      : 曲率 (入力) */
    /* sdata(81) : ユーザー定義パラメータを含む配列 (入力) */
    /*           例えば、sdata(1) はコマンド UCO C1 で入力された値です。 */
    /* x,y,z__   : 面の原点に対する光線の現在位置の座標 (入力) */
    /* xn,yn,zn  : 座標 (x,y,z) における面の導関数 (出力) */
    /* i_err__   : エラーフラグ (0 = エラーなし, 1 = エラー) (出力) */

    /* 注意: */
    /* ----- */
    /* 以下の例では、曲率 "curv" に基づいて放物面の座標と導関数を計算します。 */
    /* ユーザーは通常、特定の面に対して独自の C コードを代入します。 */

    /* このサブルーチン内で複数の面の記述をプログラムすることができます。 */
    /* "isur" パラメータを使用して面を区別し、 */
    /* "sdata" に格納された係数の解釈を決定します。 */

    /* パラメータ調整 */
    --sdata;

    /* 関数本体 */
    *i_err__ = 0;

    *z__ = *curv * .5 * (*x * *x + *y * *y);

    /* 面の z 値 (放物面) */
    if (*icalc >= 2) {
        /* 座標 x,y,z での面の導関数を計算 */
        *xn = *x * *curv;
        *yn = *y * *curv;
        fnorm = sqrt(*xn * *xn + *yn * *yn + 1.);
        *xn /= fnorm;
        *yn /= fnorm;
        *zn = -1. / fnorm;
    }

    return 0;
}

#ifdef __cplusplus
}

```

#endif

usersur.c または usersur.cpp のパラメータリストは固定されており、ユーザーが変更してはいけません。コメント行 /* Function Body */ 以降のすべてのエントリは、ユーザーが自由に変更できます。

Microsoft Visual Studio 2012 以降を推奨します。新しいバージョンでは、プロセッサ固有の最適化が向上しています。Microsoft Visual Studio を使用して DLL を作成する手順は以下の通りです：

1. Microsoft Visual Studio から File → New → Project を選択します。
2. Win32Project を選択します。
3. プロジェクト名を usersur とします。
4. Windows Desktop Project ウィンドウでアプリケーションタイプを Dynamic Link Library (.dll) に設定します。
5. "Precompiled Header" のチェックを外します。
6. "Security Development Lifecycle (SDL)" のチェックを外します。
7. *Solution Explorer* → *usersur* → *Source Files* で usersur.cpp コードを見つけて削除します。
8. *Source Files* フォルダを右クリックし、Add → *Existing item* を選択し、OpTaliX-PRO\usersur\C\MS-Visual-Studio_2015 ディレクトリからコピーしたテンプレート usersur.cpp ソースコードを追加します。
9. *Configuration Manager* を選択し、プラットフォーム設定が使用する OpTaliX エディションに対応していることを確認します。つまり、64 ビット版の場合は x64、32 ビット版の場合は Win32 です。
10. *Build* → *Build usersur* (または *Build* → *Rebuild usersur*) を選択してコードをコンパイルします。コンパイルが成功すると、Output ウィンドウに作成されたライブラリの場所が報告されます。
11. 上記の場所にある usersur.lib と usersur.dll ファイルを見つけて、ディレクトリ C:\ProgramData\OpTaliX\DLL にコピーします。

8.32 レンズモジュール (Lens Modules)

レンズモジュールは、光学系への入射および射出する光線の情報のみが定義された光学パラメータを持つブラックボックスです。レンズモジュールはブラックボックスレンズ、または理想レンズとも呼ばれますが、内部の特性や構造は隠されています。レンズモジュールは、詳細な光学パラメータが不明な場合や、光学システムの概念的なレイアウトのみが必要な場合に通常選択されます。レンズモジュールによってモデル化できるのは、レンズの近軸量のみです。最小限のパラメータとして、モジュール焦点距離 (MFL) を提供する必要があります。

MOD sk si..j	2つの面の面タイプをレンズモジュールに変換します。面は存在している必要があります。1つの面のみが指定された場合、面skとsk+1が変換されます。
MFL sk mod_focal_length	モジュールフォーカルレングス (Module Focal Length) 焦点距離です。skはモジュール範囲の最初の面です。
MRD sk red_ratio	モジュールリダクション (Module ReDuction) 縮小率です。MRDはモジュールの負の倍率であることに注意してください。デフォルトではMRD=0です。
MCO sk ci..j	モジュール係数 (将来の版のために予約されています)

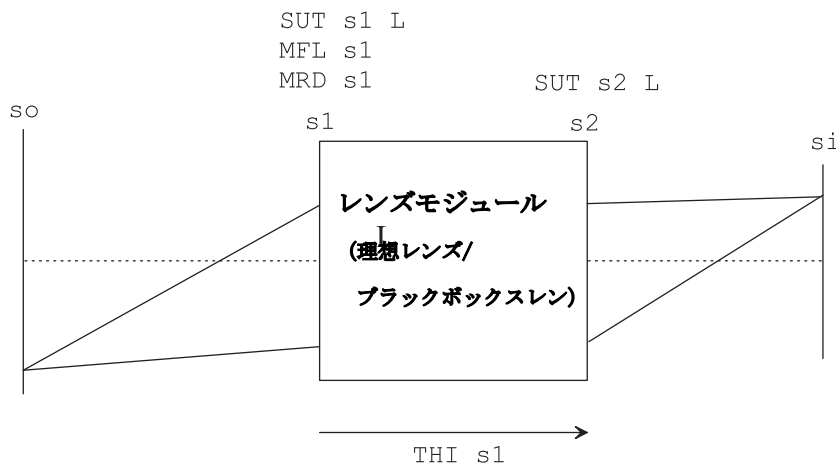


図 8.47. レンズモジュール (ブラックボックスレンズ/理想レンズ)

レンズモジュールは、MRD で定義された特定の倍率でのみ**理想レンズ**として動作します。レンズモジュールは常に2つの連続する面タイプ”L”の面で定義されなければなりません。これらの面はレンズモジュールの入射面と射出面を定義します。入射面と射出面はモジュールの主平面を表します。厚いレンズやレンズシステムの場合、主平面の間隔は入射面に割り当てられた厚さによって定義されます。すべてのモジュールパラメータ (MFL、MRD) は入射面で指定する必要があります。

レンズモジュールは有限共役のみ適用できます。無限共役 (物体空間または像空間) は近似されます。例えば、縮小率がゼロ (物体距離が無限) の場合は内部的に 10^{-16} でモデル化されます。同様に、無限倍率 (像距離無限とする射出光が平行) の場合は 10^{+16} として扱われます。

レンズモジュールの設定例:

```
ins s3..4      ! モジュールを定義する2つの面を挿入
sut s3..4 L   ! 面3から4を面タイプ”L”に設定してモジュール面にする、
              ! またはMOD s3 コマンドを使用
mfl s3 100    ! モジュール焦点距離は100 mm
mrd s3 1      ! モジュール縮小率 = 1 (モジュール倍率 = -1)
```

8.33 面のアパーチャ (Surface Apertures)

面のアパーチャは、光学系を通過する光束の開口形状を定義したり、制限したりするために使用されます。最大 10 種類の基本的なアパーチャ形状（矩形、楕円形、円形、多角形）を面に定義することができます。

面のアパーチャはシステムアパーチャと定義が異なるので、混同しないように注意してください。システムアパーチャの定義についての詳細な説明は、セクション 7.3.5（ページ 65）を参照してください。

個々の面の各基本アパーチャは、透過または遮蔽のいずれかであり、ローカルな面頂点から X 方向および Y 方向に偏心（オフセット）させたり、さらに回転させることができます。基本アパーチャは .and. および .or. 演算子をつかうことによって論理的に組み合わせることができます。識別子 p は、特定の面上の異なる基本アパーチャを指定するために使用されます。

以下のコマンドは、面のアパーチャを定義します：

<pre>REX si..j pi..j [OBS HOL EDG .or .and.] x_height</pre>	<p>矩形アパーチャ。x_height は X 方向の半開口（辺の長さの半分）です。欄外の注意も参照してください。</p>
<pre>REY si..j pi..j [OBS HOL EDG .or .and.] y_height</pre>	<p>矩形アパーチャ。y_height は Y 方向の半開口（辺の長さの半分）です。欄外の注意も参照してください。</p>
<pre>ELX si..j pi..j [OBS HOL EDG .or .and.] x_half_width</pre>	<p>楕円形アパーチャ。x_half_width は X 方向の半開口（半幅）です。欄外の注意も参照してください。</p>
<pre>ELY si..j pi..j [OBS HOL EDG .or .and.] y_half_width</pre>	<p>楕円形アパーチャ。y_half_width は Y 方向の半開口（半幅）です。欄外の注意も参照してください。</p>
<pre>CIR si..j sk pi..j [OBS HOL EDG .or .and.] radius</pre>	<p>円形アパーチャを定義します。radius は円の半開口（半径）です。欄外の注意も参照してください。</p>
<pre>REC si..j sk pi..j [OBS HOL EDG .or .and.] x_height y_height</pre>	<p>矩形アパーチャを定義します。x_height と y_height はそれぞれ X 方向と Y 方向の半開口（辺の長さの半分）を表します。x_height のみが指定された場合、正方形のアパーチャと見なされます。</p>
<pre>APT si..j cir rec ell pol</pre>	<p>アパーチャタイプ、すなわち面のアパーチャの形状を設定します。それは circular（円形）、rectangular（矩形）、elliptical（楕円形）、または polygon（多角形）です。このコマンドは "CIR"、"ELX"、"ELY"、"REX"、"REY" コマンドと同義です。ズーム/マルチコンフィギュレーション環境でのアパーチャ形状定義を容易にするために導入されました。</p>

次のページに続く

前のページから続く	
ADX si..j pi..j x_offset	アパーチャ中心の X 方向オフセット
ADY si..j pi..j y_offset	アパーチャ中心の Y 方向オフセット
ARO si..j pi..j rot_angle	面 si..j 上の指定されたアパーチャを回転させます。回転は ADX、ADY の後に行われます。
PLG si..j pi..j ck xk_vertex yk_vertex PLG si..j pi..j file data.plg	<p>多角形アパーチャ。多角形の頂点を定義するための2つの形式が可能です：最初の形式は、面 si..j、アパーチャ要素 pi..j、および頂点（係数）ck 上の単一の多角形頂点を定義します。xk_vertex, yk_vertex は多角形頂点の座標です。</p> <p>例：plg s3 p2 c4 12.0 3.0</p> <p>2番目の形式は、ファイル data.plg からすべての多角形頂点を読み込みます。コマンド内の"file"修飾子は、後続の文字列をファイル名として解釈するために必須です。ファイル形式は INT ファイル の規約に従います（ページ 552 を参照）。多角形データのダイアログベースの入力（セクション 8.33.1）およびファイルからの多角形データの読み込み（セクション 8.33.1.2）の詳細な説明も参照してください。</p>
DEL APE sk si..j pi..j EDG	面 si..j 上のアパーチャ定義 pi..j を削除します。代替形式 DEL APE sk si..j EDG は、指定された面上のエッジを削除します。

注意:

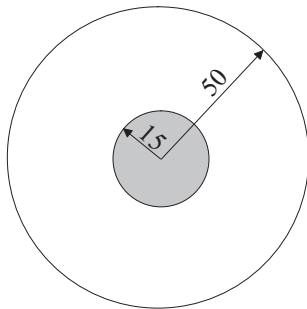
- 各面における最初の基本アパーチャに対する識別子 p は省略可能です。すなわち、以下のコマンドは同一です。

```
cir s1 p1 30
cir s1 30
```

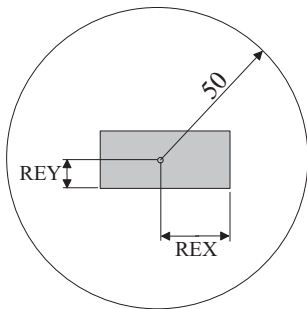
- OBS は遮蔽アパーチャを意味します。遮蔽アパーチャ要素の内側に当たる光線は遮蔽されます。
- HOL は指定されたアパーチャに穴があることを示します。穴の内側の光線は屈折や反射の影響を受けずに通過します。HOL アパーチャ要素は、シーケンシャル面およびノンシーケンシャル面のいずれでも適用されます（セクション [8.33.2](#) も参照）。
- EDG はレンズの外形サイズを設定するために使われます。指定された面に続く要素のエッジを意味します。すなわち、要素の最初の面に対してのみ EDG を指定する必要があります。要素の後面に指定された EDG 値は無視されます。要素のエッジはレンズレイアウトプロットに表示され、重量計算やレンズ要素の図面に使用されます。つまり、光線有効径の制約には何ら影響をあたえません。光線有効径に制約を与えたい場合は、[FHY](#) コマンドを使用してください。

- EDG アパーチャは、ゼロ値を定義することで削除されます。例えば CIR EDG s4 0、またはコマンド DEL APE sk|si..j EDG を使用します。
- REX、REY、ELX、ELY、CIR、または REC コマンドで使用される EDG オプションを、レンズ断面図でエッジがどのように描画されるかを定義する EDG コマンドと混同しないでください (VIE)。EDG コマンドはレンズ断面図でエッジ部の描画を定義するためのもので、レンズの外形寸法そのものには関係ありません。
- デフォルトでは、遮蔽 (OBS) プロパティが指定されている場合を除き、アパーチャは光線束を制限または遮蔽しません。しかし、FHY コマンドを使用してアパーチャを「固定」と定義することで、光線束を制限または遮蔽することができます (セクション 8.33.3、ページ 190 を参照)。その場合、アパーチャ境界外の面に当たる光線は遮蔽されます。

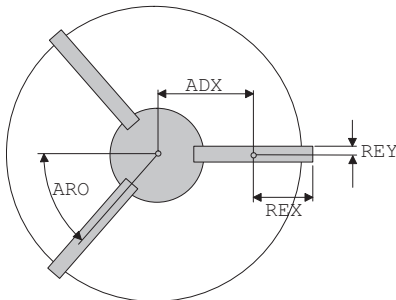
以下のコマンドの使用例として、アパーチャ形状の例を示します：



中央遮蔽のある円形アパーチャ：
 cir s1 50
 cir s1 p2 obs 15



矩形遮蔽のある円形アパーチャ：
 cir s1 50
 rex s1 p2 obs 20
 rey s1 p2 obs 5



中央遮蔽と3本のバネ付きスパイダーのある円形アパーチャ：
 cir s1 50
 cir s1 p2 20 obs
 rex s1 p3 30 obs
 rey s1 p3 5 obs
 adx s1 p3 25
 aro s1 p3 0
 ⋮

8.33.1 多角形アパーチャ (Polygon Apertures)

多角形アパーチャ要素は最大 50 個の頂点から構成され、ほぼ任意のアパーチャ形状を可能にします。多角形の頂点は (X,Y) データペアとして与えられ、光学面の頂点に基づいています。多角形全体は ADX、ADY、および ARO コマンドでシフトおよび回転させることができます。

多角形アパーチャは閉じている必要があります。すなわち、最後の頂点は最初の頂点と同じ座標を持つ必要があります。多角形アパーチャは凸である必要はなく、任意の形状が許可されます (図 8.48 参照)。各面に最大 10 個の多角形アパーチャが許可されていますが、光学系全体での多角形アパーチャの総数は 50 個に制限されています。

8.33.1.1 多角形アパーチャのダイアログベースの編集 (Dialog-based editing of polygon apertures)

多角形アパーチャは、面スプレッドシートエディタを使用すると簡単に編集できます。面スプレッドシートエディタはコマンドラインから、EDI SUR コマンドを入力すると起動します。エディタが起動したら "special apertures" タブを選択します。このタブの最初の列 "Shape" でアパーチャタイプを "polygon" に設定します。最後の列 "polygon" のチェックボックスがアクティブになります。このチェックボックスをクリックすると、図 8.48 に示すようなダイアログボックスが表示されます。

新しい頂点が入力されると、多角形の形状 (ただしその絶対サイズではない) が常に更新され、多角形アパーチャの形状が図示されます。ダイアログの "Scale polygon data" ボタンをクリックし、スケーリング係数を入力すると、すべての座標値が一様にスケーリングされます。また、"Import from File" をクリックすると、多角形データを所望のファイルからインポートすることができます。

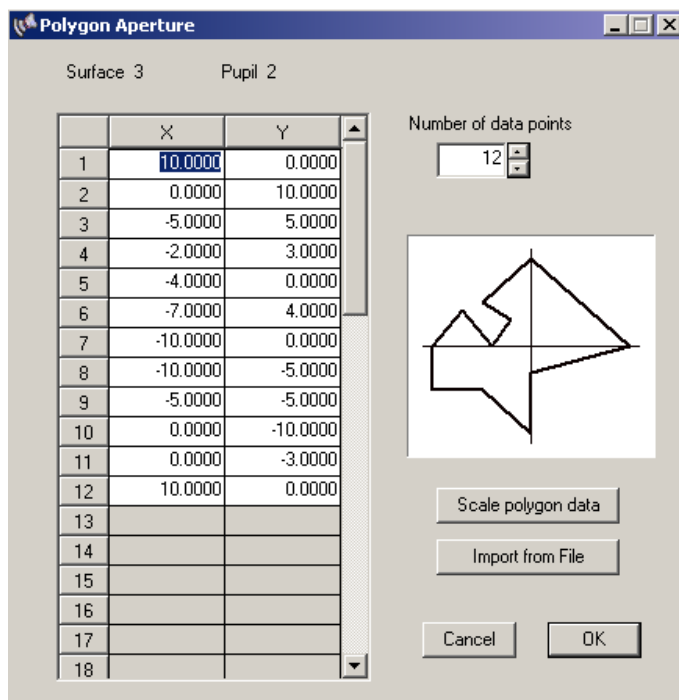


図 8.48. ダイアログベースの多角形アパーチャの編集

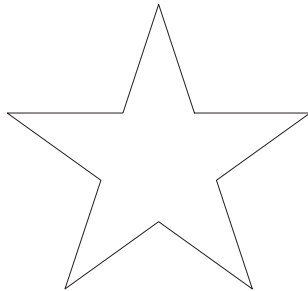
8.33.1.2 多角形アパーチャをファイルから読み込む (Reading polygon apertures from a file)

複雑な多角形の形状も ASCII ファイルから読み込むことができます。データは (X,Y) データペアとして保存され、ファイル形式はセクション 32.11、ページ 552 で定義されている INT ファイルの定義に準拠している必要があります。ファイル拡張子は .plg が推奨されますが、他の

拡張子も受け入れられます。図 8.49 は星型の例を示しています（ファイルの最初の 2 行は必須です）：

コマンド:

plg s3 p2 file c:\star.plg



ファイル star.plg の内容:

```
星型
SSZ 1.0 ! スケーリングファクター
11 ! 多角形の頂点数
0 1
-0.2245 0.309
-0.9511 0.309
-0.3633 -0.118
-0.5878 -0.809
0 -0.382
0.5878 -0.809
0.3633 -0.118
0.9511 0.309
0.2245 0.309
0 1
```

図 8.49. ファイル star.plg から星型の多角形アパーチャを定義し、面 3、瞳番号 2 に割り当てる。

8.33.2 ホールアパーチャ（穴開口） (Hole Aperture)

ホールアパーチャ（穴開口）を設定すると、指定されたホールアパーチャ内の光線は影響を受けずに通過します。つまり、その面で屈折、反射、回折は行われません。ホールアパーチャはシーケンシャル面とノンシーケンシャル面の両方に適用できます。ホールアパーチャは面の基本アパーチャ（つまり、アパーチャ要素 p1）には適用できません。p2 以上を使用してください。以下はホールアパーチャを入力するための簡潔なコマンドシーケンスです：

```
cir s3 p2 5.0 hol ! 面 3、アパーチャ要素 p2 に半径 5mm の円形の穴を定義します。
rex s4 p2 4.0 hol ! 面 4、アパーチャ要素 p2 に X 高さ 4mm の矩形の穴を定義します。
rey s4 p2 2.0 hol ! 面 4、アパーチャ要素 p2 に Y 高さ 2mm の矩形の穴を定義します。
```

遮蔽 (OBS)、穴 (HOL)、多角形 (PLG) などの特別なアパーチャは、指定された面に「固定アパーチャ」(FHY) 属性が割り当てられている場合のみアクティブになることに注意してください。各面に「固定アパーチャ」を設定するには、FHY コマンドを使用します。「固定アパーチャ」の詳細な説明はセクション 8.33.3 に記載されています。

シーケンシャルシステムのみで、ホールアパーチャは光学系の主な特性（焦点距離、焦点位置、アパーチャ比など）の計算およびすべての光線照準目的には無視されます。この動作は、シーケンシャルモデルが主に伝統的なシステムに基づいており、イメージング機能が遮蔽されていないレンズ/ミラーによって決定され、ホールアパーチャが追加機能をモデル化するために追加されたことを前提としています。したがって、システムパラメータ (EFL、BFL など) の決定にはホール（穴）は無視されますが、すべての解析オプションではホール（穴）が正しく考慮されます。

ホールアパーチャの作用を示すために、簡単な例が用意されています。OpTaliX のサンプルディレクトリからファイル

\$i\examples\Complex_Aperture\hole.otx を読み込んでください。単一のレンズが示されており（図 8.50 参照）、面 2 と 3 に 2 つのホールアパーチャがあります。

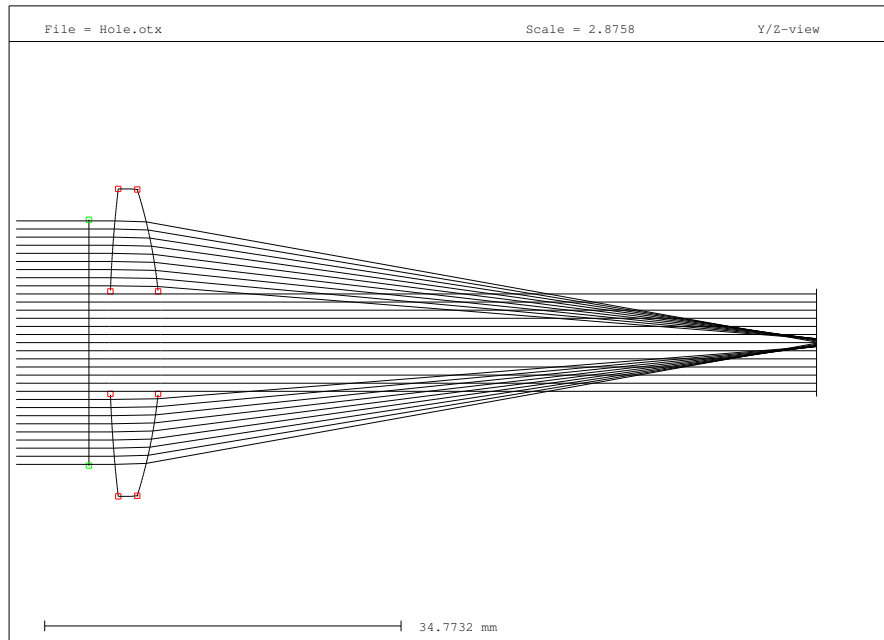


図 8.50. ホールアパーチャの設定例。シーケンシャルモデルへの適用例でもあるに関わらず、ホールアパーチャの内側を通る光線は、面での屈折作用を受けず、そのまま直進します。

8.33.3 固定アパーチャ（高さ） (Fixed Apertures (Heights))

時には、面のアパーチャ半径を固定値に設定する必要があります。レンズデータの、アパーチャが特定の寸法に「凍結」されると言えます。これは FHY コマンドで実現できます。固定アパーチャを持つ面は、レンズデータリスト (LIS コマンド) および面エディタの APE-Y 列の右に* (アスタリスク) でマークされます。FHY でマークされた面のアパーチャの外側の光線は遮断されます。

<p>FHY [si..j] 0/1</p>	<p>面 si..j のアパーチャを固定または浮動に設定します。FHY = 1 でマークされた面は、アパーチャ半径を超えるすべての光線を遮断します。また、これらの面のアパーチャ値はプログラムによって変更されません。例えば、アパーチャを自動的に設定するモジュール (SET MHT コマンド参照) などを実行しても、固定アパーチャについてはその径が変更されることはありません。</p>
<p>SET MHT [si..j, fi..j, zi..j, over_x, over_y]</p>	<p>面範囲 si..j 内の各面が必要とするアパーチャを自動的に決定します。プログラムは絞り面および FHY でマークされたすべての面のアパーチャを考慮し、レンズ系を通過する光線を計算します。FHY でマークされていないすべてのアパーチャは、光線に応じて変更されます。注意：最大アパーチャの決定中に光線の失敗が報告される場合があります。例えば、光線の屈折面で全反射が発生する場合などです。しかし、実際に光学系を通過する光線が存在する場合は解決されます。over_x および over_y は面の有効系に対してレンズ径をどの程度大きく描画するかを指定するものです。1.0 を指定すると光線有効系とレンズ面の描画径は一致します。この機能は描画に対してのみ有効で光学的な評価には関係しません。)</p>

例:

図 8.51 に示す光学系に入る光線は、絞り面 (面 5) の径で規制されるだけでなく、固定アパーチャが指定された面 2 と面 7 でも規制されます。このように、すべての軸外光線がビネットの影響を受けます。

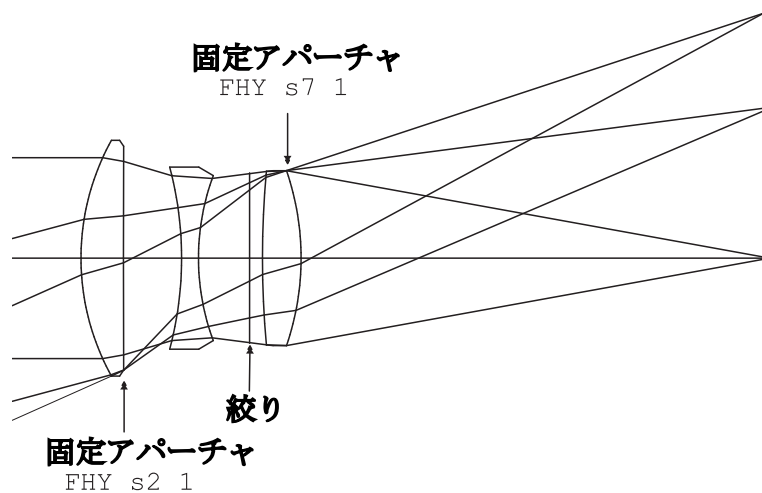


図 8.51. 固定アパーチャを使用してビネット特性を定義する。

8.33.4 面エディタでの固定アパーチャの編集 (Editing Fixed Apertures in the Surface Editor)

固定アパーチャ (FHY) プロパティは、面エディタの APE-Y (アパーチャ高さ) 列の右の列で編集できます：

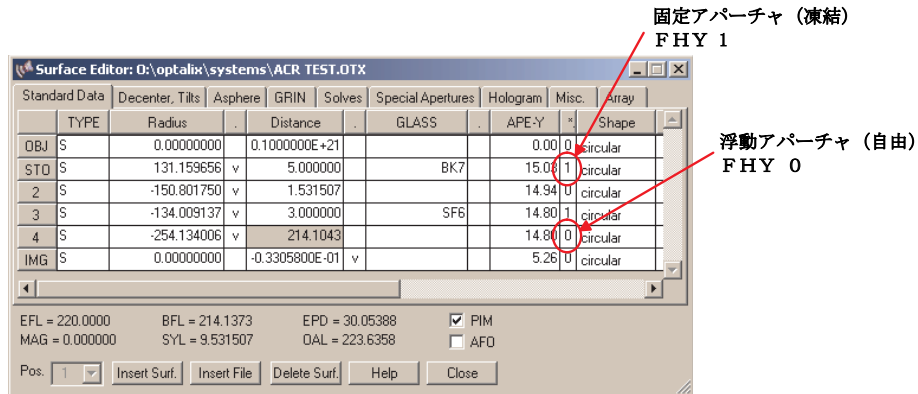


図 8.52. 面エディタで固定 (凍結) アパーチャを定義する。

固定 (凍結) アパーチャ高さは、APE-Y の右の*-列に 1 を設定することで定義されます (コマンド FHY sk 1 に対応)。浮動アパーチャは、APE-Y の右の*-列に 0 を設定することで定義されます (コマンド FHY sk 0 に対応)。

8.34 面のコメント (Surface Comments)

各面にはコメントフィールドが用意されており、最大 80 文字のユーザーテキストを受け付けます。このフィールドはレンズデータの可読性を向上させるために使用され、レンズ解析には影響しません。面のコメントは”COM” コマンドを使用して入力します。例えば：

```
COM s3..4 this is my comment
COM s1..2 "this is my comment"
```

面のコメントは LIS COM コマンドまたは LIS ALL と共にリストされます。

8.35 面の挿入、反転、コピー、移動、削除
(Insert, Invert, Copy, Move and Delete Surfaces)

<p>INS si..j target_surf [file file_spec]</p>	<p>面 si..j に面を挿入します。 オプションのパラメータ [file file_spec] を用いると、指定面 target_surf の前に指定したファイル [file file_spec] から面を挿入することができます。 例 1： ins s3..4 面 3～面 4 に面を挿入します。 挿入される面のデフォルト値は、 Radius=0、Distance=0、GLASS=空白、です。 例 2： ins s3..4 1 file c:/temp/mylens.otx ファイル c:/temp/mylens.otx の面 3～面 4 のデータのコピーを現在のレンズ系の面 1 の前に挿入します。</p>
<p>INS MIR sk</p>	<p>面 sk の前に反射面を挿入します。 符号規約に基づき、反射面の後の面では半径、厚さ、非球面係数の符号が反転します。これを手動で行うのは面倒です。このコマンドは自動的に面を挿入し、それを反射面に変換し、後続の面の必要な符号をすべて反転します。 例：ins mir s3</p>
<p>COP si..j target_surf [file file_spec]</p>	<p>面 si..j の面データをコピーして、指定面 target_surf の前に挿入します。 指定面 target_surf は存在している必要があります。オプションのパラメータ [file file_spec] を使用するとファイルから面をコピーします。デフォルトでは、現在のディレクトリが検索されます。ファイルが別のディレクトリにある場合は、フルパスを指定してください。例： cop s3..4 8 ! 面 3～4 をコピーし面 8 の前に挿入 cop s3..4 8 file mylens.otx ファイル mylens.otx から面 3～4 をコピーして面 8 の前に挿入 cop s3..4 8 file c:\temp\mylens.otx ! 上記と同様ですが、ファイルは現在のディレクトリ以外のディレクトリにあります。フルパスを指定する必要があります。</p>
<p>MOV si..j target_surf</p>	<p>面 si..j を面 target_surf の位置に移動します。</p>
<p>DEL si..j</p>	<p>面 si..j を削除します</p>
<p>DEL MIR sk</p>	<p>反射面 sk を削除します。 このコマンドは 2 つの操作を組み合わせます：指定された面 sk を削除し、後続の面の必要な符号をすべて反転します。面 sk は反射面でなければなりません、そうでない場合はコマンドは無視されます。 例：del mir s3</p>
<p>次のページに続く</p>	

前のページから続く	
INV si..j	面 si..j を反転します

長い形式 (例: `INS si..j target_surf [file file_spec]`) では、INS コマンドと COP コマンドは機能的に同一です。この場合、si..j の面データは file_spec で指定されたファイル内のレンズデータからコピーされます。一方、短い形式 (file 修飾子なしの INS コマンド) では、si..j の面データは現在のレンズデータからコピーされます。

8.36 コーティング / 多層膜 (Coatings / Multilayer Stacks)

薄膜コーティングの設計、解析、および最適化のための完全なパッケージが *OpTaliX* に実装されています。このセクションでは、事前に定義されたコーティングを光学面に割り当てる（つまり、付加する）方法について説明します。

8.36.1 面へのコーティングの付加 (Attach Coatings to Surfaces)

コマンドラインでは、光学面にコーティング定義を付加するには、次のコマンドを使用します。:

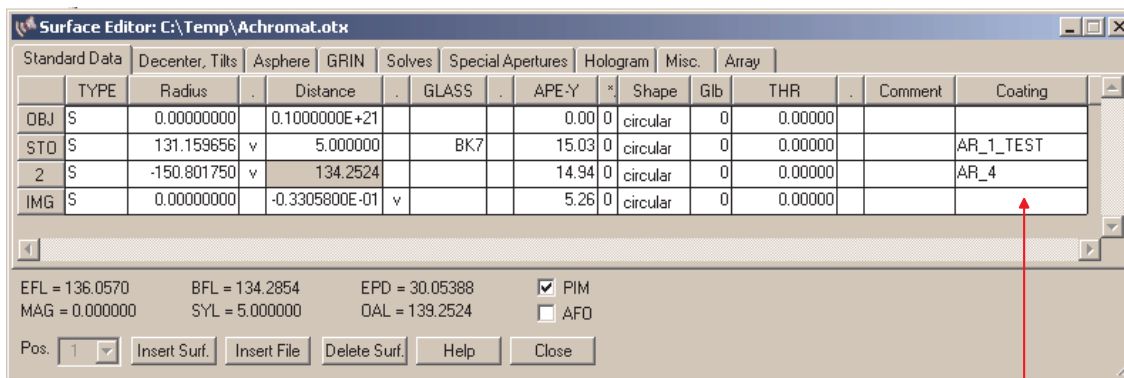
ATT si..j [FILE coating_name]	多層コーティングを面 si..j に付加します。coating_name はコーティングデータを含むファイルを指します。それは存在しなければなりません。オプション [FILE coating_name] がいない場合、デフォルトのコーティング（あらかじめ読み込まれている場合）が付加されます。
COO si..j aut nor inv	光学面にコーティングを付加する際のコーティングの向き。 aut = コーティング膜の向きが自動的に決定されます。 nor = 通常の向き、つまりコーティングファイルに定義された通り、 inv = コーティングが反転されます（例えばガラス-空気界面の場合）。 例: COO s1..3 aut
DEL COA si..j	面 si..j から多層コーティングを削除します。

面エディタでは、コーティング（または多層膜）を面エディタの「コーティング」列にコーティングファイル名を入力することで簡単に面に付加できます。図 8.53 に示すように。対応するコーティングファイルは、現在のディレクトリ（つまり、現在の光学設計が保存されている場所）またはプログラム設定（ページ 35）で定義された一般的なコーティングディレクトリに存在する必要があります。

8.36.2 コーティングの向き (Coating Orientation)

コーティングは対応するコーティングファイルに定義された通りに面に付加されます。OpTaliX でのコーティングの通常の向きは **空気 - 層 - 基板** であり、接着面の場合は **接着剤 - 層 - 基板** です。

特定の面にコーティングを付加する際、OpTaliX はコーティングの正しい向きを自動的に検出します。例えば、空気-ガラス界面では、コーティングは通常の向きで付加されます。つまり、コーティングファイルに保存されている通りに、ガラス-空気界面では、コーティングは自動的に反転されます。これにはユーザーの操作は必要ありません。



コーティング名（拡張子 .otcを除く）を最初に現在のディレクトリで検索し、見つからなければプログラム設定で定義されたコーティングディレクトリで検索されます。

図 8.53. 光学面にコーティング名を入力します。コーティング名はコーティングファイル名（拡張子 .otc を除く）に対応します。コーティング（ファイル）は最初に現在のディレクトリ（つまり、現在の光学系が存在する場所）で検索され、見つからない場合は、プログラム設定（ページ 35）で定義されたコーティング定義ディレクトリで検索されます。

しかし、特別な場合には、曖昧さを避けるためにコーティングの向きを明示的に指定することが望ましいです。例えば、接着面は自動決定を上書きする良い例です。コーティングファイルに定義された層の順序に応じて、“COO NOR” または “COO INV” コマンド（ダブルコートなし）を使用します。

コーティングの作成、変更、および最適化に関する詳細な説明は、ページ 415 の章 20 に記載されています。

8.37 像面の再定義 (Image Surface Definition)

像面は通常、光学系の最後の面ですが、IMG コマンドを使用すれば、どの面であっても像面として自由に再定義することができます：

IMG sk	像面番号を定義します。sk は光学系の総面数以下でなければなりません。IMG コマンドはシステムの総面数を変更しません。IMG より大きい面は「非アクティブ」な面（つまり、光線追跡に含まれない）ですが、IMG 設定に関係なく常に保存/復元されます。
--------	--

像面番号の定義は、中間像を持つシステムで特に有用です。IMG コマンドは、像面を再定義し、新しい面での解析と最適化を単一のコマンドで可能にします。

IMG コマンドは総面数を変更しないことに注意してください。つまり、像面をより低い面番号に移動しても、IMG より大きいすべての面のデータはメモリに保持されます。また、光学システムの保存/復元時にも、IMG 設定に関係なくシステムの総面数は保持されます。

例えば、図 8.54 に示すシステムは中間像を持っています。中間像と最終像の両方を、各ズーム位置ごとに像面番号を別々に定義することで、同時に解析/最適化することができます。

面エディタでは、IMG より大きい面は青色で表示され、これらの面が現在アクティブでないことを示します。図 8.55 に例を示します。非アクティブな面のパラメータは常に編集可能であることを注意してください。

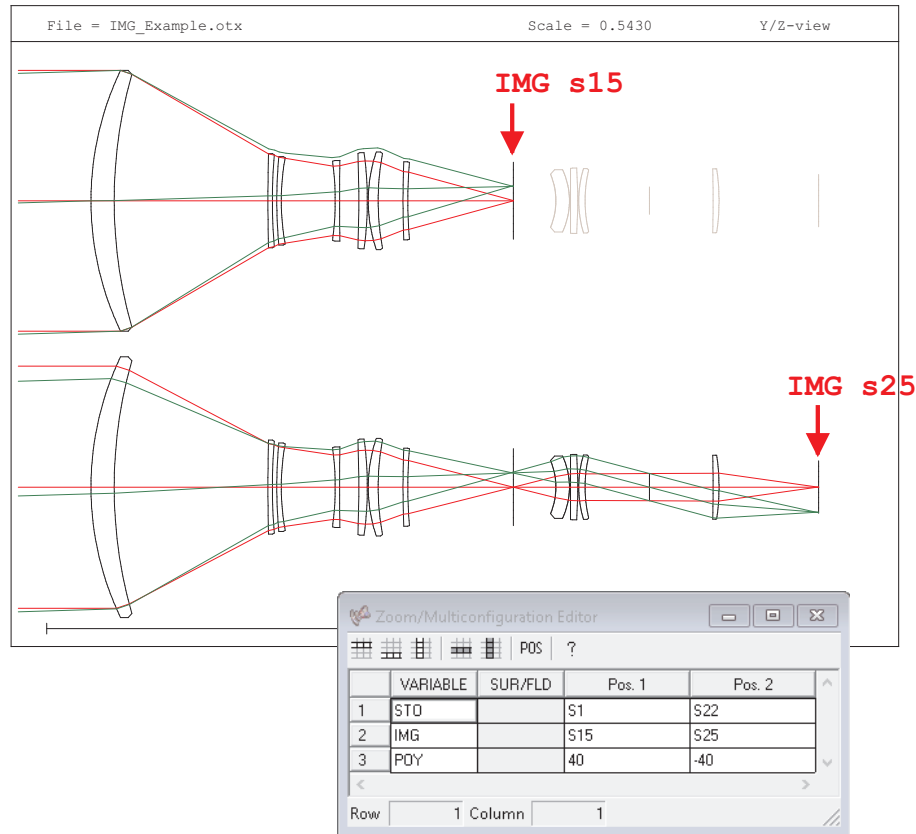


図 8.54. ズーム/マルチ構成システムにおける像面番号 (IMG コマンド) の再定義。上: 中間面に像面が定義されています (IMG s15)。下: システムの最後の面に像面が定義されています (IMG si)。対応するズーム定義は右下隅 (ダイアログボックス) に示されています。例ファイルは次の場所にあります: `$i\examples\zoom_Multiconfiguration\IMG_Example.otx`

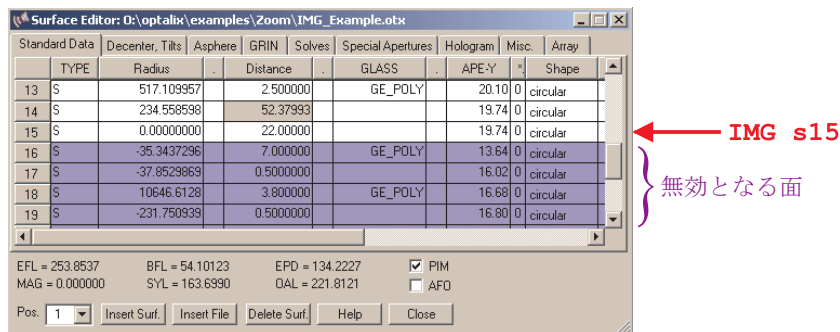


図 8.55. 面エディタで青色で表示される非アクティブな面 (つまり、IMG sk より大きい面) は編集可能です。

IMG コマンドにはいくつかの制約があります:

- IMG 面番号は光学系の総面数以下でなければなりません。
- IMG 面番号は最初の面またはオブジェクト面であってはなりません。
- IMG 面番号は常に絞り面 (STOP 面) 番号より大きくなければなりません。もし逆にしている場合は、絞り面を IMG より小さな面番号を持つ面に移動します。そのために例え

ば、STOP コマンドを使用して、絞り面をズーム化（多重構成化）する方法があります。

第9章

リストおよびレポートの作成 – Listings, Reports –

LIS コマンドは、光学系のすべてのレンズ構成や特性について詳細な情報を出力します。このリストには、FIR コマンドから得られる一次特性（近軸量）も含まれます。

9.1 レンズ構成データのリスト出力 (List Prescription Data)

レンズ構成データのリスト およびレポートは、以下のコマンドで取得できます：

```
LIS [si..j] [ri..j] [options]
```

または：

```
LIS [options] > prn|filespec
```

ここで、options は以下のパラメータのいずれかです

```
RAY|GLA|ALG|IND|PIK|CNF|TXT|MUL|OPT|APE|TOL|TPL|COM|  
CAM|OSP|PAR|DNDT|EXC|ALL
```

各オプションの説明：

ALL	すべてのオプション、すべてをリスト
ALG	基本ガラスに対する代替ガラス。詳細は下記のセクション 12.5 を参照。
APE	面の開口（高さ）、有効径（半径で表現）
CAM	ズームレンズ等のカム軌跡データ。
COM	面に付与したコメント
CNF	光学系の構成データ
DNDT	選択されたガラスの絶対屈折率の温度変化係数 dn/dT 。詳細は下記の注釈を参照。
EXC	選択されたガラスの線膨張係数。
次のページに続く	

前のページから続く	
GLA	<p>指定された文字列に一致するガラスカタログ内のすべてのガラスをリストします。例えば、 gla bk* = "bk" で始まるすべてのガラス GLA sch:bk* = SCHott 社の "bk" で始まるすべてのガラス GLA sch:* = Schott 社のすべてのガラス</p> <p>アスタリスク記号 "*" の使用に注意してください。これはワイルドカードマッチングを行います。例えば、パターン sf* は "sf" で始まるすべてのガラスをリストします。したがって、SF1、SF2、SF11、SF6 などがリストされます。アスタリスクなしの "sf" パターンは "sf" ガラスを検索しますが、実際には "sf" というガラスは存在しません。</p>
IND	現在のシステムで使用されている屈折率
MUL	多層膜の定義
OPT	最適化（自動設計）に関するデータ
OSP	光学スペクトル
PAR	近軸量（パラキシャルシステムデータ）詳細は FIR （ページ 276）を参照。
PIK	面のピックアップ一覧表（詳細は PKL surface pickups を参照）
RAY	すべての光線
REM	備考
TOL	設定された公差
TPL	ニュートン原器のリスト

注釈:

- リダイレクト記号 ">" は、テキスト出力をプリンタ (prn) またはグラフィックス出力をプリンタ/プロッタ (plt) またはファイル (filespec) に即座に変更（リダイレクト）することを可能にします。
注: 出力ユニットのリダイレクトは単一のコマンドに対してのみ有効です。次の出力はデフォルトの出力デバイス（画面）に再び表示されます。
- LIS DNDT コマンドは追加のパラメータ、環境温度 (°C) を受け入れます。この温度で dn/dT が計算されます。例えば、Schott BK7 ガラスの dn/dT データを 50°C でリストするには:

```
lis dndt bk7 50
```

温度パラメータを省略すると、デフォルトの環境温度 20°C が使用されます。

dn/dT データは常に光学系システムデータで定義された波長に対してリストされます。 dn/dT データが利用できないガラスや波長は -999 を返します。

コマンド例:

```
lis all          ! すべての関連する面データをリスト
lis > prn       ! 面のリストをプリンタ (prn) にリダイレクト
lis s1..5      ! 面 1 から 5 をリスト
lis ra         ! すべての光線をリスト
lis r1..5     ! 光線 1 から 5 をリスト
lis gla sf*    ! "sf" で始まるすべてのガラスをリスト
lis dndt bk* 50 ! "bk" で始まるすべてのガラスの絶対 dn/dT を 50°C でリスト
```

9.2 代替ガラスのリスト (List Alternative Glasses)

代替ガラス（置換ガラス）は、基準ガラスに対して屈折率や分散特性が類似しているガラスです。そのため、光学系で基準ガラスの代わりとして使用できます。代替ガラスの選択は、指定された屈折率の差 (Δn_d) と分散の差 ($\Delta \nu_d$) に基づいて行われます。

代替ガラスをリストするための構文は以下の通りです：

<pre>LIS ALG base_glass [delta_n delta_V]¹</pre>	<p>指定された <code>base_glass</code> に対して代替ガラスをリストします。デフォルトでは、代替ガラスの選択基準は屈折率の差 $\Delta n_d = 0.001$ と分散の差 $\Delta \nu_d = 0.8\%$ に基づきます。ただし、<code>delta_n</code> と <code>delta_V</code> を指定することで上書き可能です。また、直接コマンド '<code>ALG</code>' (ページ 221) も参照してください。</p>
---	---

代替ガラスの選択は、あくまでも d 線における屈折率 Δn_d と アッベ数 $\Delta \nu_d$ の差に基づいてのみ行われます。設計者は、部分分散、熱膨張係数 (TCE)、 dn/dT などの特性を考慮し、特定の用途に応じて他のガラス特性を考慮する責任があります。このリストは、設計者が複数のガラスメーカーの類似ガラス材料を選択する際の支援を目的としています。

例:

LIS ALG N-BK7

次の出力が生成されます:

代替ガラスリスト:

Base glass	n _d	V _d	P(g,F)	P(C,s)	TCE	dndT	Melt	Price
SCH:N-BK7	1.516798	64.141	0.5350	0.5612	7.10	1.160	1	1.00
Alternative glasses:								
SCO:BK7	1.516798	64.141	0.5350	0.5612	7.10	1.160	0	0.00
SCO:UBK7	1.516800	64.264	0.5349	0.5603	7.00	1.102	0	0.00
OHA:S-BSL7	1.516328	64.116	0.5353	0.5601	7.20	0.000	1	1.00
OHA:L-BSL7	1.516328	64.039	0.5334	0.5646	5.80	0.000	0	0.00
OHA:BSL7Y	1.516329	64.218	0.5343	0.5636	6.80	0.000	1	0.00
COR:B1664	1.516802	64.198	0.5352	0.5609	6.80	0.000	0	0.00
SUM:SU-BK7	1.516328	64.022	0.5346	0.5594	0.90	0.000	0	0.00
HIK:H-E-BK7	1.516798	64.083	0.5358	0.5594	9.20	0.000	0	0.00
HOY:BSC7	1.516797	64.172	0.5343	0.5615	7.50	0.541	1	0.00
CDG:H-K9L	1.516797	64.172	0.5343	0.5615	7.50	0.000	0	0.00
Tolerance on nd : 0.001								
Tolerance on Vd : 0.8 %								

注釈:

- dndT の値は常に 10^{-6} 単位で表されます。
- Melt はガラスメーカーの溶解頻度を示します。1 は非常に高い溶解頻度を意味し、5 は非常に低い溶解頻度を意味します。0 は情報が利用できないか、ガラスが廃止されたことを意味します。
- Price は SCHOTT BK7 を基準とした相対価格で示されます。情報がない場合、相対価格は 0.00 となります。

¹以前のコマンド '`LIS ALT`' は廃止されましたが、後方互換性のために引き続きサポートされています。

9.3 標準リスト出力の説明 (Description of Standard Listing Output)

LIS コマンドで出力されるデータは、あらかじめ設定された桁数で表示されます。この桁数が特定のデータ項目に対して不十分な場合、EVA コマンドを使用することで完全な精度を取得できます（詳細はページ 496 を参照してください）。LIS コマンドにはセクション 9.1 で説明されているように多くのオプションがありますが、最も簡単な形式は単に LIS です。このコマンドには修飾子やデータは必要ありません（ただし、LIS DNDT は例外で、ページ 200 を参照してください）。また、OUT コマンド（ページ 481）を使用して出力をファイルにリダイレクトすることもできます。

LIS コマンドでリストされる個々のデータは、セクション 9.1 で説明されているように、個別にリストすることも可能です。標準リストは LIS コマンドによって呼び出され、以下の3つの部分に分かれています。

1. システムデータ（光学系全系に関わる波長、視野、開口など）
2. 面データ（標準）
3. 近軸（一次）データ

例として、ダブルガウスレンズ（Examples Library から）のリスト出力は、以下に示すように3つの部分に分かれています：

Part 1, システムデータ（光学系全系に関わる波長、視野、瞳など）：

```
FILE = DOUBLE_GAUSS.OTX                               11.Jul.2004   15:49

Remarks:
  DOUBLE GAUSS - U.S. PATENT 2,532,751

Wavelength :      0.65630      0.58760      0.48610
Weight      :              1              1              1
REF = 2

XAN      0.00000      0.00000      0.00000
YAN      0.00000     10.00000     14.00000
FWGT      100          100          100
FACT      1            1            1

PIM = yes      ←近軸像位置セット
SYM = yes      ←対称非球面イレギュラリティ公差設定
EPD = 25.0000  ←開口情報
```

Part 2, 面データ（標準）：

#	TYPE	RADIUS	DISTANCE	GLASS	INDEX	APE-Y	AP	CP	DP	TP	MP	GLB
OBJ	S	Infinity	0.10000E+21		1.000000	0.00	C	0	0	0	0	0
1>	S	28.7249	4.37333	BSM24	1.617644	15.00*	C	0	0	0	0	0
2	S	94.2300	0.14909		1.000000	14.60	C	0	0	0	0	0
3	S	17.4436	6.21211	SK1	1.610248	12.71	C	0	0	0	0	0
4	S	Infinity	1.88848	F15	1.605648	12.26	C	0	0	0	0	0
5	S	10.7346	7.55393		1.000000	8.48	C	0	0	0	0	0
STO	S	Infinity	6.46060		1.000000	7.74	C	0	0	0	0	0
7	S	-13.5175	1.88848	F15	1.605648	8.44	C	0	0	0	0	0
8	S	Infinity	5.41696	SK16	1.620408	10.45	C	0	0	0	0	0
9	S	-17.4934	0.14909		1.000000	11.06	C	0	0	0	0	0
10	S	293.3702	3.42909	SK16	1.620408	11.94	C	0	0	0	0	0
11	S	-31.5576	31.52335		1.000000	12.00*	C	0	0	0	0	0
IMG	S	Infinity			1.000000	12.62	C	0	0	0	0	0

Part 3, 近軸 (一次) データ:

PARAXIAL DATA AT INFINITE CONJUGATES:			
EFL	50.00024	SH1 (Princ.Plane 1)	34.36081
FNO	2.00001	SH2 (Princ.Plane 2)	-18.43131
PARAXIAL DATA AT USED CONJUGATE:			
MAG (Magnification)	0.00000	SEP (Entr.Pup.Loc.)	27.93312
NAO (Num.ape.object)	0.00000	EPD (Entr.Pup.Dia.)	25.00000
NA (Num.ape.image)	0.25000	APD (Exit Pup.Dia.)	28.68792
BFL	31.56893	SAP (Exit Pup.Loc.)	-25.80720
DEF (Defocus)	-0.04558	PRD pupil relay dist	-16.21914
IMD (Image distance)	31.52335	OAL (S1->Image)	69.04452
OID (Object->Image)	0.10000E+21	SYL (System Length)	37.52117

9.4 グローバル座標とグローバル行列のリスト
(List Global Coordinates and Global Matrices)

通常、光学系は各面ごとのローカル座標系が順番につながり、逐次光線追跡（シーケンシャルモデル）されます。しかし、各面の頂点座標をグローバル座標系で取得する必要がある場合もあります。以下のコマンドは、面の頂点座標と、それに対応する変換行列を指定した面を基準に出力します。

参考として、別の面を基準にした面データを入力するための関連コマンド（[GLO コマンド](#)、[ページ 135](#)）も参照してください。

GSC [si..j]	グローバルな面座標を、GLO コマンドで定義された参照面を基準として出力します（以下を参照）。
GSM [si..j]	index[idxa]GSM@GSM global surface matrix グローバル面行列を、GLO コマンドで定義された参照面を基準として出力します（以下参照）。グローバル面行列は、面頂点のグローバルな傾きとオフセットを記述する 3×4 の行列です。
GLO sk [yes no]	グローバル座標解析を有効/無効に設定します。 SIN 、 RSI 、および GSC（上記参照）の X/Y/Z 座標は、GLO で定義された一つの固定されたグローバル原点に基づいて表現されます。GLO が定義されていない場合、sk はデフォルトで s1 になります。sk が指定されている場合、グローバル面座標の出力は面 sk に基づきます。指定されていない場合は s1 が使用されます。 例: glo s3 ! グローバル面座標は基準面 s3 に基づきます glo y ! グローバル面出力を有効に設定。基準面は s1 です。 glo yes ! 上記と同じく、グローバル面出力を有効に設定。基準面は s1 です。 glo ! 前回の sk を復元します。前回の GLO がない場合は s1 を使用します。 glo no ! グローバル座標出力を無効にします。

面頂点のグローバル座標は、[レンズデータベース](#)、[EVA コマンド](#)（[ページ 26.9](#)）、[マクロ](#)（[ページ 489](#)）、および[最適化制約](#)（[ページ 19.7](#)）からも取得できます：

XSC, YSC, ZSC - グローバル頂点座標 (GLO sk で定義された面を基準とする)。
 XSG, YSG, ZSG - グローバル頂点座標 (常にグローバルシステムを基準とし、面参照なし)。
 CXG, CYG, CZG - 面法線のグローバル方向余弦。
 ASC, BSC, CSC - 面法線のグローバルオイラー角 (GLO sk で定義された面を基準とする)。

例: グローバル面座標の出力 (GSC)

コマンド: gsc

```
***** ABSOLUTE VERTEX COORDINATES REFERRED TO SURFACE 1 *****
      Surface vertex coordinates      : Direction cosine of surface normal
-----+-----
#          X          Y          Z :          NX          NY          NZ
      Alpha          Beta          Gamma
1   0.000000   0.000000   0.000000 :   0.00000000   0.0392598   0.9992290
      2.25000   0.00000   0.00000
2   0.000000  -116.19792  -1476.43457 :   0.00000000  -0.0155134   0.9998797
      -0.88889   0.00000   0.00000
3   0.000000  -308.74461   273.85521 :  -0.00000020  -0.1651447   0.9862693
      -9.50564   0.00012   0.00000
```

GSC コマンドは、各面の頂点の X/Y/Z 座標を任意の基準面 (GLO コマンドを参照) に基づいて出力します。また、面法線方向余弦と、グローバルな α, β, γ のオイラー傾斜角 (順序は α, β, γ) も出力します。

例: グローバル面行列の出力 (GSM)

コマンド: gsm

GLOBAL SURFACE VERTEX COORDINATES AND TRANSFORMATION MATRICES:

Reference surface = 1

#	M11	M12	M13	X	Alpha	Beta	Gamma
	M21	M22	M23	Y			
	M31	M32	M33	Z			
1	1.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000	2.25000	0.00000	0.00000
	0.00000000	0.9992290	0.0392598	0.000000			
	0.00000000	-0.0392598	0.9992290	0.000000			
2	1.00000000	0.00000000	0.00000000	0.000000	-0.88889	0.00000	0.00000
	0.00000000	0.9998797	-0.0155134	116.197921			
	0.00000000	0.0155134	0.9998797	1476.434571			
3	1.00000000	0.00000000	-0.00000020	0.000000	-9.50564	0.00012	0.00000
	-0.00000003	0.9862693	-0.1651447	308.744609			
	0.00000020	0.1651447	0.9862693	-273.855207			

面の傾斜と偏心は、次の形式の 3×4 行列で簡単に記述できます:

$$\begin{bmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & m_{1,3} & -X \\ m_{2,1} & m_{2,2} & m_{2,3} & -Y \\ m_{3,1} & m_{3,2} & m_{3,3} & -Z \end{bmatrix} \quad (9.1)$$

ここで、 $m_{i,k}$ の係数は傾斜 (ティルト量) を表し、第 4 列には基準面に対する面頂点の X/Y/Z 平行偏心 (ディセンタ量) が含まれます。行列表記による傾斜の詳細な説明については、セクション 8.19 (ページ 132) を参照してください。

さらに、 α, β, γ のオイラー傾斜角 (順序は α, β, γ) が右端の 3 列にリストされます。

9.5 ユーザー定義変数のリスト (List User-Defined Variables)

LVR	ユーザー定義変数に関する情報を出力します。現在の変数名と、それに関連付けられた引数（数値または文字列）をリストします。変数の定義については、セクション 26.11 （ページ 497 ）も参照してください。
-----	--

9.6 ユーザー定義関数のリスト (List User-Defined Functions)

LFC	ユーザー定義関数に関する情報を出力します。現在の関数名と、それに関連付けられた関数定義をリストします。関数の定義については、セクション 26.16 （ページ 502 ）も参照してください。
-----	--

第10章

レンズ配置の描画 – Lens Layout Plot –

光学系のレンズ配置を断面図または3D立体図として描画します。このコマンドは、描画形式を指定するためのオプションパラメーターを指定できます。プリンターへの出力や他のグラフィック形式へのエクスポートについては、[GRA](#) コマンド（セクション [25.1](#)、ページ [482](#)）を参照してください。

VIE [sec si..j zk scale ?]	レンズ配置の断面図または3D立体図を描画します。 sec は描画形式を示す単一文字（オプション）： X: X/Z 平面の断面図 Y: Y/Z 平面の断面図 P: 3D 立体図（ワイヤースケルトン） si..j = 面の範囲（例：s3..7、オプション） zk = ズーム位置（オプション） scale = プロットスケール（オプション） ? プロットパラメータを編集するためのダイアログボックスを呼び出します。 例：vie Y s3..7 z4 0.5
VPT azimuth elevation	3D 立体図の方位角アジマスと仰角エレベーション（度単位）を定義します。方位角アジマスは X/Z 平面で -180° から $+180^\circ$ の範囲で測定され、 0° は $-X$ 軸を指します。仰角エレベーションは X/Y 平面で -180° から $+180^\circ$ の範囲で測定されます。透視距離は常に無限大（平行投影）です。3D 立体図を含むグラフィックウィンドウは、開いている場合、自動的に更新されます。
LDS	VIE と同じですが、レイアウトプロットはグラフィック出力ユニットの他の設定に関係なく、常に画面ウィンドウに描画されます。他のグラフィック出力ユニットの設定については、 GRA コマンド（ページ 482 ）も参照してください。

次のページに続く

前のページから続く	
REN	レンズ配置をリアルな 3DCG 画像としてレンダリングします。レンダリング情報は <i>OpTaliX</i> の一時ディレクトリ (通常は/optix/temp) 内の”optix.pov” ファイルに書き込まれ、その後 POV レンダリングエンジンが呼び出されます。 <i>OpTaliX</i> を POV に接続する方法については、セクション 10.1 を参照してください。
	レンズ配置をリアルな 3DCG 画像としてレンダリング画像を作成します。レンダリング情報は <i>OpTaliX</i> の一時ディレクトリ (通常は/optix/temp) 内の”optix.pov” ファイルに書き込まれ、その後 POV レンダリングエンジンが呼び出されます。 <i>OpTaliX</i> を POV に接続する方法については、セクション 10.1 を参照してください。このレンダリング情報 (POV ファイル) は、EXP POV コマンドを使用して特定のファイルに個別に書き出す (エクスポートする) こともできます (ページ 530 を参照)。
RSP	レンズ配置 Y/Z 断面図において 1 本の光線を追跡し描画します。ダイアログボックス内のスライダーバーを使って視野や開口で対話的に調整できます。このコマンドは光線追跡データを出力しません。正確な光線座標を取得するには、ページ 265 の RSI コマンドを使用してください。
AAP yes no	非対称開口を描画します。レンズ配置図では、面の実際に使用された開口部のみを描画します。ただし、AAP no を使用すると、光線が実際に使用する面の領域に関係なく、面の全体的な開口をローカルローカル軸に対して対称的に描画されます。一方、AAP yes を使用すると、ローカル軸に対して非対称な開口部が描画されます。AAP no がデフォルトです。
POX,POY,POZ [zi..j zk]	プロットのオフセット (紙面座標で) を設定します。レンズ配置図を用紙上で x 方向および y 方向に移動 (Plot Offsets) します。多重化されたズーム光学系の場合、POX、POY、POZ の値をズームポジション毎に個別に指定できます。この場合、プロットオフセットは Z00 修飾子の後に指定し、ズームセクション (ページ 214) で説明されているように指定する必要があります。
EDI LDR	レンズレイアウトプロットの描画パラメーターを編集します。ダイアログボックスが呼び出されます。
PPOS plot_pos	ズーム位置をプロットします。これは、特定のズーム位置を設定するための POS コマンドを拡張した機能です。plot_pos が指定されると (1 から最大定義ズーム位置までの整数値) の場合、その位置のレイアウトのみ描画されます。plot_pos が 0 のとき、すべての位置がプロットされます。
次のページに続く	

前のページから続く																							
EDG [si..j yes no] edge_type_no または EDG [si..j yes no] edge_string	エッジ描画。レンズコバ部のエッジをどのように描画するかを指定します。エッジは番号 (edge_type_no) または説明文字列 (edge_string) で指定できます。さまざまなエッジタイプの説明については、図 10.1 も参照してください。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>edge type</th> <th>edge string</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>yes</td> <td>edge_type_no が 0 以外に設定されているすべてのエッジについて描画を行います。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>no</td> <td>面指定なしの場合、すべてのエッジ描画を省略し、面のみが描画されます。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>no</td> <td>面指定ありの場合、指定された面のエッジ描画のみを省略します。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>lin</td> <td>エッジを直線的に接続します。</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ang</td> <td>エッジを角度付き面取りコバ形状で描画されます (デフォルト)。</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>rec</td> <td>エッジを矩形 (平面取) のコバ形状で描画されます。</td> </tr> </tbody> </table> <p>例: edg s5 3 または edg s5 rec ! レンズ s5 面のエッジを矩形 (平面取) として描画します。</p>	edge type	edge string			yes	edge_type_no が 0 以外に設定されているすべてのエッジについて描画を行います。		no	面指定なしの場合、すべてのエッジ描画を省略し、面のみが描画されます。	0	no	面指定ありの場合、指定された面のエッジ描画のみを省略します。	1	lin	エッジを直線的に接続します。	2	ang	エッジを角度付き面取りコバ形状で描画されます (デフォルト)。	3	rec	エッジを矩形 (平面取) のコバ形状で描画されます。
edge type	edge string																						
	yes	edge_type_no が 0 以外に設定されているすべてのエッジについて描画を行います。																					
	no	面指定なしの場合、すべてのエッジ描画を省略し、面のみが描画されます。																					
0	no	面指定ありの場合、指定された面のエッジ描画のみを省略します。																					
1	lin	エッジを直線的に接続します。																					
2	ang	エッジを角度付き面取りコバ形状で描画されます (デフォルト)。																					
3	rec	エッジを矩形 (平面取) のコバ形状で描画されます。																					

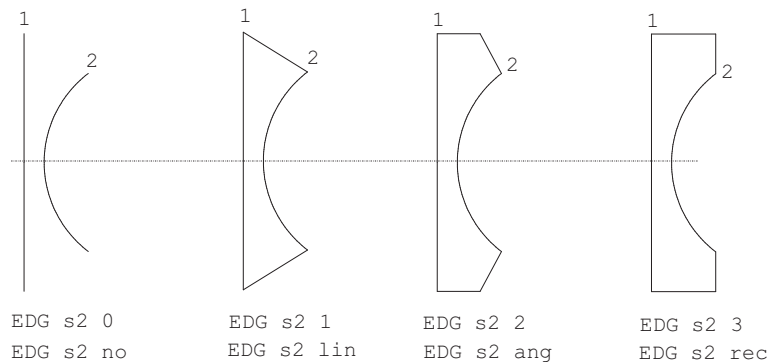


図 10.1. エッジタイプによるレンズ面取り形状描画。

例:

vie y s1..5 2.5	レンズ描画、Y/Z 断面、面 1~5、スケール=2.5
vie 1.5	レンズ描画、スケール=1.5。他のパラメータは前回の設定から取得されます。
vie o	プロットスケールは自動的に調整されます。プログラムが内部的にスケールを調整し、レイアウトプロットを用紙に収めます。
vie ?	レイアウトプロット前にプロットパラメータを調整するためのダイアログボックスを呼び出します。
edg s5 3	レンズ s5 面のエッジを矩形（平面取）として描画します。
edg s5 rec	上記と同様に、レンズ s5 面のエッジを矩形（平面取）として描画します。

10.1 POV レンダリングエンジンの使用 (Using POV Rendering Engine)

写真のようなリアルな 3DCG 画像の作成は、Persistence of Vision (POV) レンダラーを呼び出すことで実現されます。POV は無料で提供されており、<http://www.povray.org> からダウンロードできます。POV は別途インストールする必要があり、*OpTaliX* はエクスポートモジュールを介して POV とのインターフェイスを提供します。

OpTaliX に POV の場所を知らせるためには、レンダリングエンジンへのパスを *OpTaliX* の設定ファイル `optix.cfg` 内で変更する必要があります。この操作は以下の 2 つの方法で実行できます：

1. *OpTaliX* のインストールディレクトリにある `optix.cfg` ファイルを直接編集します。キーワード `RENDER` を検索し、適切なパスに変更します。空白を含むパス名はアポストロフィで囲む必要があります。典型的な例は以下の通りです：

```
RENDER = "c:/pov31a/bin/pvengine.exe"
```

2. メインメニューから `FILE` → `PREFERENCES` を選択します。ダイアログボックスが表示され、デフォルトの検索パスを変更できます。POV へのパスは、適切なフィールドに直接入力するか、フィールド右側のボタンをクリックして検索できます。

1. `optix.cfg` ファイルを編集します。このファイルは *OpTaliX* のインストールディレクトリ内にあります。キーワード `RENDER` を検索し、適切なパスに変更します。空白を含むパス名はアポストロフィで囲む必要があります。典型的な例は以下の通りです：

```
C:\Program Files (x86)\POV-Ray for Windows v3.6\bin\pvengine.exe
```

2. メインメニューから `FILE` → `PREFERENCES` を選択します。ダイアログボックスが表示され、デフォルトの検索パスを変更できます。POV へのパスは、適切なフィールドに直接入力するか、フィールド右側のボタンをクリックして検索できます。

情報: POV インターフェイスを使用するには、*OpTaliX* が書き込み可能な媒体にインストールされている必要があります。もし *OpTaliX* が書き込み不可の媒体（例: CD-ROM）から実行されている場合、*OpTaliX* の全ディレクトリ構造を書き込み可能な媒体にコピーする必要があります。

10.2 光線の描画 (Plot Rays)

レンズ配置図を描画する目的のみに使用される特別な 1 組の光線（以下、**プロット光線**と呼びます）を生成し、光学系とともに保存できます。ただし、これらの光線は、*OpTaliX* が画像解

析のために内部的に生成する光線とは完全に独立しています。

プロット光線は、以下のコマンドによって生成されます：

SET RAY	標準的な1組のプロット光線を生成します。通常、各視野点に対して以下の5本の光線が生成されます： - 絞り中心（または光線エイミング方法に応じて入射瞳中心）を通る主光線 - 子午面（接線方向）の上限光線 - 子午面（接線方向）の下限光線 - サジタル面の上限光線 - サジタル面の下限光線
SET FAN [Y] [num_fan_rays]	Y方向に光線のファンを設定します。光線の本数 (num_fan_rays) は入射瞳全体に均等に分布します。ケラレた光線 (Vignetted rays) は表示されません。オプションパラメーター Y または num_fan_rays を省略した場合、前回の設定またはデフォルト設定 (Y方向に11本の光線) が使用されます。
SET FAN [X] [num_fan_rays]	X方向に光線のファンを設定します。光線の本数 (num_fan_rays) は入射瞳全体に均等に分布します。ケラレた光線 (Vignetted rays) は表示されません。オプションパラメーター X または num_fan_rays を省略した場合、前回の設定またはデフォルト設定 (Y方向に11本の光線) が使用されます。
SET FAN [XY] [num_fan_rays]	X方向およびY方向に光線のファンを設定します。光線の本数 (num_fan_rays) は入射瞳全体に均等に分布します。ケラレた光線 (Vignetted rays) は表示されません。オプションパラメーター XY または num_fan_rays を省略した場合、前回の設定またはデフォルト設定 (Y方向に11本の光線) が使用されます。
SET FAN [C] [num_circ_rays]	使用される開口の周囲に均等に分布する光線のファンを設定します。入射光線のビネットが考慮されるため、プロット光線は楕円形になる場合があります。オプションパラメーター C または num_fan_rays を省略した場合、前回の設定またはデフォルト設定 (Y方向に11本の光線) が使用されます。
RAYX ri..j abs_X_value	プロット光線 i..j の入射瞳内の絶対開始座標 X を設定します。
RAYY ri..j abs_Y_value	プロット光線 i..j の入射瞳内の絶対開始座標 Y を設定します。
RAYCX ri..j cosine_x	プロット光線 i..j の入射瞳内の X 方向の方向余弦を設定します。
RAYCY ri..j cosine_x	プロット光線 i..j の入射瞳内の Y 方向の方向余弦を設定します。
DEL ri..j	プロット光線 i..j を削除します。

次のページに続く

前のページから続く	
DEL ra	すべてのプロット光線を削除します。

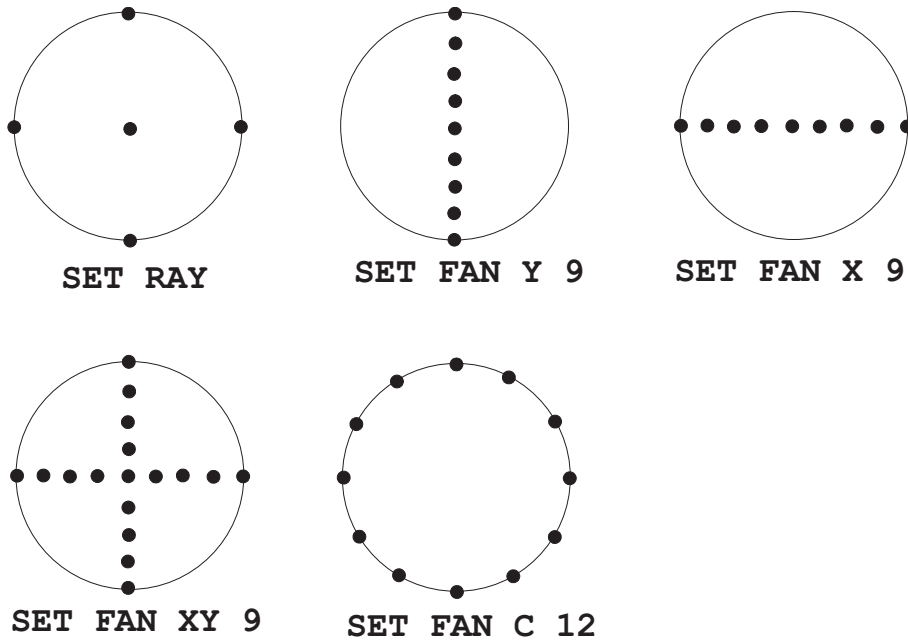


図 10.2. プロット光線生成の例。

注意: レンズレイアウトプロットで自動光線生成が有効になっている場合、光線の定義が上書きされることがあります (コマンド [EDI LDR](#) を参照してください)。

第11章

ズームと多重構成 - Zoom and Multi-Configuration -

「ズーム」という用語は、このマニュアル全体を通して、多重構成「マルチコンフィギュレーション」システムの一般的な同義語として使用されています（ただし、従来のズームシステムは主にレンズ間の空気間隔を変更するのに対し、真のマルチコンフィギュレーションシステムでは**任意の**パラメータを変更できる点に注意してください）。したがって、「真の」マルチコンフィギュレーションシステムでは、レンズは異なる波長、異なる傾斜/スキャン角度、異なる物体視野などで使用することができます。

ズーム機能の特徴は以下の通りです：

- 編集可能なほぼすべてのレンズデータパラメータをズーム可能
- すべてのズームデータはレンズの一部として保存される
- レンズデータを選択したズーム位置の設定に復元「デズーム」することが可能

ズームまたは多重構成マルチコンフィギュレーションシステムは、以下の手順で設定されます：

1. 構成の数を定義します。
2. 各ズーム構成のパラメータを定義します。
3. 各構成の最適化パラメータを定義します（該当する場合：自動設計の場合のみ）。

各手順については、以下のセクションで詳細に説明します。

11.1 ズーム位置の数 (Number of Zoom Positions)

OpTaliX におけるズーム位置の数は理論的には無制限ですが、ハードウェア構成によって実際には制限される場合があります。ズーム位置の数は以下のコマンドで設定されます：

```
ZOO n_pos index[idxa]ZOO@ZOO
```

ここで、*n_pos* はズーム位置の数を表します。

11.2 ズームパラメータの定義 (Define Zoom Parameter)

ズームされたパラメータは、コマンドラインから入力する場合、常に先行する Z00 修飾子が必要です。例えば、ズーム/マルチコンフィギュレーションシステムで面3の厚みを可変にするには、以下のコマンドを使用します：

```
Z00 THI S3 1.0 12.0 16.0
```

パラメータの数は、Z00 n_pos コマンドで設定されたズーム位置の数と一致する必要があります。入力された変数の数がズーム位置の数より少ない場合、残りの変数はゼロ (0) と見なされます。

また、ズーム/マルチコンフィギュレーションパラメータを定義するための便利な表形式のエディタを呼び出すコマンド EDI Z00 もあります (セクション 11.3 を参照)。

コマンド構文は以下の通りです：

Z00 n_pos	ズーム位置の数を定義します。
EDI Z00	ズームパラメータを編集します。表形式のエディタを起動します。
Z00 operand parameter_1 ... parameter_n	ズーム化されていないパラメータをズームパラメータに変換します。"operand" は任意の <i>OpTaliX</i> コマンドであり、"parameter" はオペランドに適した任意の値です。以下の表に例を示します。
ZED	テキストベースのエディタでズームパラメータを編集します。このオプションは、ズーム位置が 100 以上、またはズームパラメータの行数が 250 以上の場合にのみ推奨されます。それ以外の場合は、上記の "EDI Z00" コマンドを使用してください。ZED コマンドは、ズーム位置パラメータをコマンド形式で修正するための ASCII エディタを起動します。
POS zoom_pos	ズームシステムをズーム位置 "zoom_pos" に設定します。この位置が現在のズーム位置となります。その後の性能解析 (例：MTF、PSF など) は、現在選択されているズーム位置で実行されます。なお、ズーム位置を変更しても全体のズームパラメータが失われることはありません (DEZ コマンドの場合については後述)。 例： POS 3 は現在のズーム位置 3 を選択します。その後のシステムリスト (LIS コマンド) や MTF 解析はズーム位置 3 で実行されます。 特定のズーム位置のみをプロットするには、ページ 208 の PPOS コマンドを参照してください。
DEZ zoom_pos	デズーム (ズーム解除)：ズーム化 (多重構成) 設定された光学系を、指定されたズーム位置 "zoom_pos" に固定し、ズーム化されていない単一位置の光学系に変換 (固定) します。指定されたズーム位置 "zoom_pos" 以外のすべてのズームパラメータは失われます。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
ZOO POX value(z1) ... value(zn) ZOO POY value(z1) ... value(zn) ZOO POZ value(z1) ... value(zn)	各ズーム位置のプロットオフセットを、用紙のプロットエリアの中心に対して設定します。オフセット値は mm 単位で指定します。これらのコマンドは、各ズーム位置ごとにレンズレイアウトプロット（レンズ図）を用紙上に個別に配置するために導入されました。 例： zoo poy 80 40 0 -40 -80 ! ズーム位置 1~5 のレンズレイアウトプロットを Y 方向に垂直に用紙上に配置します。つまり、位置 1 は用紙中心の 80mm 上にプロットされ、位置 2 は 40mm 上にプロットされる、というように描画します。

例:

ZOO 3	3つのズーム位置を設定します。
ZOO THI s2 2 4 6	面2の厚みをズーム化します。ズーム位置1~3でそれぞれ2mm、4mm、6mmです。
ZOO ADE s3..6 10 20 30	面3~6のX方向の傾きをズーム化します。ズーム位置1~3でそれぞれ10度、20度、30度です。
DEZ 2	ズーム解除します。その際、ズーム位置のデータが変換されます。上記の例では、以下の固定設定が選択されます：THI s2 4 および ADE s3..6 20。
ZOO STO s1 s4 s6	絞り面位置をズーム化設定します。
ZOO STO 1 4 6	上記と同じですが、明示的な面指定子はありません。
ZOO GLA s1 bk7 sf6 f2	面1のガラスをズーム化設定します。

11.3 表形式のズームエディタ (Spreadsheet Zoom Editor)

ズームされたパラメータは、表形式のエディタを使用して簡単に入力することができます。ズーム表形式エディタウィンドウでは、最大 50 のズーム/マルチコンフィギュレーション位置を表示および編集することが可能です。50 以上の位置が必要な場合は、コマンドラインでズームパラメータを入力するか、テキストベースのズームエディタ（ZED コマンド）を使用してください。ズームエディタ表形式は、以下のコマンドで起動されます：

EDI ZOO

エディタ内の各パラメータは、個別のセルに表示されます。例えば、3つのフィールド（YAN）と3つの軸方向間隔（THI）が以下の例ファイルでズームされています：

\$i\examples\Zoom_Multiconfiguration\laikin-35-1.otx

コマンドラインでは、ズームパラメータは以下のように入力されます：

```

ZOO 4
ZOO yan f1 0 0 0 0
ZOO yan f2 15.0 7.0 3.0 1.5
ZOO yan f3 28.0 14.0 6.5 3.05
ZOO thi s5 0.1330000E+01 0.2435000E+02 0.4013000E+02 0.5095000E+02
ZOO thi s10 0.5688000E+02 0.3234000E+02 0.1431000E+02 0.1000000E+00
ZOO thi s15 0.4300000E+00 0.1950000E+01 0.4210000E+01 0.7600000E+01
ZOO poy 70 20 -20 -70

```


表形式のズームエディタでの例を図 11.1 に示します。

	VARIABLE	SUR/FLD	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4
1	YAN	F1	0	0	0	0
2	YAN	F2	15.0	7.0	3.0	1.5
3	YAN	F3	28.0	14.0	6.5	3.05
4	THI	S5	0.1330000E+01	0.2435000E+02	0.4013000E+02	0.5095000E+02
5	THI	S10	0.5688000E+02	0.3234000E+02	0.1431000E+02	0.1000000E+00
6	THI	S15	0.4300000E+00	0.1950000E+01	0.4210000E+01	0.7600000E+01
7	POY		70	20	-20	-70

図 11.1. ズームエディタ表示例。以下の例でズームパラメータを表示しています：
\$i\examples\Zoom_Multiconfiguration\laikin-35-1.otx

注意: 表形式のスプレッドシートズームエディタに入力できるズームパラメータ行数には上限があります。現在、最大 120 行のズームパラメータが許容されています。この制限は、システムリソースを制限し、メモリが限られたコンピュータでも *OpTaliX* を実行できるようにするために設けられています。

最初の列「VARIABLE」には、常にズーム化されるパラメータが記載されます。これには、曲率 (CUY)、曲率半径 (RDY)、距離 (THI)、傾斜 (ティルト) / 偏心 (ディセンター) (XDE、ADE など)、波長 (WL)、絞り (EPD、NA、NAO) など、光学系を記述する任意のパラメータが含まれます。コマンドラインで変更可能なパラメータは、ズームエディタでも使用することができます。

2 列目「SUR/FLD」には、面番号、視野番号、または波長番号を指定します。ズームエディタ内のセルは、コマンドラインで入力された文字列パラメータを直接表しています。そのため、対応する面、視野、または波長の記号を先頭に付ける必要があります。例えば、コマンドラインと同様に、面 3 は「s3」、視野番号 2 は「f2」、波長番号 4 は「w4」と指定します (引用符なし)。

以降の列には、各ズーム位置のパラメータデータが含まれます。

すべての後続の列には、各ズーム位置のパラメータデータが含まれます。

注意:

視野や面、または波長に依存しないいくつかのパラメータがあります。

これらには、「PIM」、「POX」、「POY」、「POZ」、「DEF」、「EPD」、「FNO」、「NA」、「NAO」、「MAG」、「RED」、「STO」、「WRX」、「WRY」、「ZWX」、「ZWY」、「RCX」、「RCY」、「M2」、「MFR」が含まれます。これらの場合、2 列目の対応するセルはグレー表示され、入力が不要であることを示します。

MTF や PSF などの解析オプションは、常に現在選択されているズーム/マルチコンフィギュレーション位置で計算されます。したがって、所望のズーム位置で性能解析を行うには、解析を実行する前に対応するズーム位置を選択する必要があります。ズーム位置は、「POS i」コマンドで設定され、「i」はズーム位置を表します。

スポットダイアグラム (SPO)、横収差図 (FAN)、レンズ断面図描画 (VIE) などのいくつかのオプションは、すべての位置を 1 つのグラフに描画するよう設計されています。

11.4 ズーム位置の挿入、コピー、削除 (Insert, Copy, Delete Zoom Positions)

INS zi..j	ズーム位置 zi..j を挿入します。挿入する位置よりも後ろのズーム位置データは、自動的に順番がずれて調整されます。
DEL zi..j	ズーム位置 zi..j を削除します。削除した位置より後にあるズームデータは、自動的に順番がずれて調整されます。
COP zk target_pos	ズーム位置 zk を target_pos にコピーします。このコマンドは、新しい位置 (target_pos) のデータを上書きします。誤ってデータを消失させないため、ズーム位置データをコピーする前に新しいズーム位置 (INS zi..j) を挿入しておくことをお勧めしますなお、1回の操作でコピーできるのは1つの位置のみです。

ズーム位置は、ズームエディタウィンドウ内で適切なアイコンをクリックすることで挿入または削除できます。これらのアイコンは、図 11.1 に示されています。以下にアイコンの説明を示します。



新しいズームパラメータ行を挿入します。



選択した位置 (列) の前にズーム位置を挿入します。ズーム位置を選択するには、目的の列 (位置) の任意のセルにカーソルを置きます。



ズームパラメータ行を削除します。



ズーム位置 (エディターのカーソル位置の列) を削除します。

11.5 テキスト形式のズームエディタ (Text based Zoom Editor)

表形式のズームエディタに加えて、ズーム/マルチコンフィギュレーションデータ用のテキスト形式エディタも利用可能です。このオプションは、表形式ズームエディタが現在 120 個のパラメータ定義 (行数) に制限されているため提供されています。この制限は、グリッドエディタ内のセル数がシステムリソースに対応しているためです。グリッドが大きくなるほど、より多くのシステムリソースが必要になります。そのため、メモリが限られたコンピュータでも *OpTaliX* を実行できるよう、この制限が意図的に設けられています。

しかし、テキスト形式のズームエディタでは、編集可能なズーム/マルチコンフィギュレーションパラメータの数の制限はありません。テキスト形式のズームエディタは、以下のコマンドで起動されます：

ZED テキスト形式のズーム/マルチコンフィギュレーションエディタを起動します。表形式ズームエディタが開いている場合は、自動的に閉じられます。

このコマンドは、図 11.2 に示されているようなエディタウィンドウを開きます。

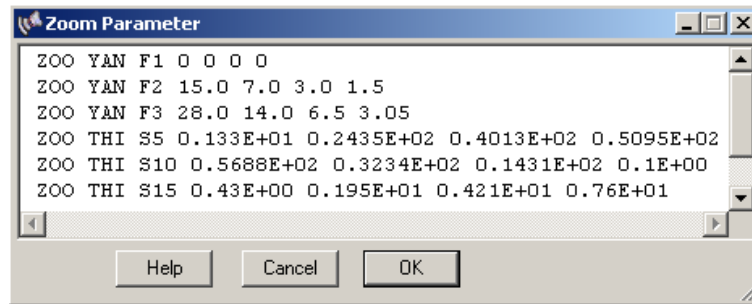


図 11.2. テキスト形式のズームエディタ。以下の例でズームパラメータを表示しています：
\$i\examples\zoom\laikin-35-1.otx。また、スプレッドシート形式のズームエディタを表示する
コマンド "EDI ZOO" も参照してください（デフォルト）。

11.6 ズーム光学系におけるソルブ（近軸解） (Solves in Zoom Systems)

ソルブ（近軸解）は、最初のズーム位置でのみ有効です。ソルブされたパラメータは、その後のズーム位置では変更されません。注意してください。

第12章

ツールとユーティリティ - Tools and Utilities -

12.1 オートフォーカス (Autofocus)

光学系のバックフォーカス距離や他の選択可能な軸方向の間隔を調整することで、最適なフォーカス位置を見つけます。これにより、像面を簡単かつ迅速にフォーカスに合わせることができ、フォーカスを決定するための関数タイプには、最小rms スポットサイズ (X方向またはY方向のみも含む)、最小波面誤差、最大MTF、または最大結合効率などがあります。最適なフォーカス位置は、選択された基準に依存します。フォーカスは、選択された視野や波長で行うことも、全視野の平均で行うことも可能です。ズーム光学系の場合、フォーカスは常に現在選択されているズーム位置で実行されます (POS コマンドを参照)。

軸方向の間隔のみが変更されるため、オートフォーカスは傾いた像面を考慮しません。像面の傾きも調整するには (例えば非軸対称光学系の場合)、適切な面の傾きを変数として設定し、最適化を行う必要があります。これには、ADE、BDE、CDE などのコマンドを使用します。

AF function_type [fi..j | wi..j | si | ?]

選択された視野や波長で、軸方向の間隔 (厚み) を調整することで最適なフォーカス (オートフォーカス) を検索します。デフォルトではバックフォーカスが調整されます。"PIM yes" の場合、デフォーカス (DEF) 量が変更されます。"PIM no" の場合、オートフォーカスは最後の面の軸方向間隔を使用します。特定の面が指定されている場合 (例: sk)、その面の軸方向間隔 (厚み) が最適なフォーカスを調整するために使用されます。

function_type は以下の3文字の文字列のいずれかです:

- SPD スポット径、rms
- SPX スポット径、rms (X方向のみ)
- SPY スポット径、rms (Y方向のみ)
- WAV 波面誤差、rms
- MTF 変調伝達関数 (MTF)。MTF オートフォーカスが実行される空間周波数は、AFR コマンドで設定されます (219 ページ参照)。
- CEF 結合効率。

AFR autofocus_frequency

AF コマンド (上記参照) で使用される空間周波数を設定します。焦点系では Lp/mm、無限遠系 (アフォーカル系) では Lp/mrad で指定されます。

例:

af	パラメータを指定しないオートフォーカスは、現在選択されているズーム位置で、すべての波長と視野に対してデフォルトでバックフォーカスを調整します。
af ?	ダイアログボックスを呼び出し、さまざまなオートフォーカスオプションを選択します。
af spd f1..3 w3	視野 1~3 および波長番号 3 で、最小 rms スポット径に基づいて最適なフォーカスを決定します。
af mtf s4 f1	視野点 1 で最大 MTF に基づいて最適なフォーカスを検索し、S4 の面間隔を変数として使用します。
afr freq	オートフォーカス最適化の空間周波数を freq に設定します。焦点系では Lp/mm、無限遠系（アフォーカル系）では Lp/mrad で指定されます。この設定は、MFR、MFRD、MFRF などの解析に用いる周波数には影響を与えません。

12.2 スケーリング (Scaling)

光学系（またはその一部）を指定された係数でスケールリングします。このコマンドの構文は以下の通りです。

SCA si..j scale_factor	面 si..j の範囲を scale_factor でスケールリングします。
SCA sa scale_factor	光学系全体 (sa = 全面) を scale_factor でスケールリングします。
SCA [EFL OID SYL EPD OAL] target_value	光学系全体をスケールリングし、EFL、OID、SYL、EPD、または OAL のいずれかの目標値を指定します。 例: sca efl 100 ! 光学系全体をスケールリングし、焦点距離 (EFL) が 100mm になるようにします。

12.3 光学系の反転 (Invert System)

光学系（またはその一部）を反転します。ただし、システムの使用法を示すパラメータ（開口、視野など）は変更されません。

INV si..j	面 si..j の範囲を反転（逆方向に）します。
-----------	--------------------------

12.4 仮想ガラスを実際のカatalogueガラスに変換 (Convert fictitious Glasses to real Catalogue Glasses)

仮想ガラスを実在するカatalogueガラス（「通常の」ガラス、"Regular"Glass）に変換します。仮想ガラスは、ページ 251 で説明されている 6 桁の MIL 番号、または DNO や DVO オフセット

(ページ 260 参照) によって特徴付けられます。この変換では、 n_d と ν_d に基づいてガラスカタログ内の最も近いガラスを検索します。部分分散は考慮されません。

特定のガラス (例えば、勾配屈折率ガラスや「赤外線」ガラス) には有効な MIL 表現が存在しない場合があります。この場合、プログラムは適切な結果を出すことができないことがあります。

<pre>REG [si..j cat_code1 ... cat_code10 ?]</pre>	<p>仮想ガラスをカタログガラスに変換し、$n-\nu$ 領域 (ガラスマップ) 内で最も近いガラスを検索します。cat_code は製造元を識別する 3 文字の短縮コードです。許可される短縮コードは表 13.3 (ページ 247) に記載されています。最大 10 個のカタログコードを同時に指定できます。</p> <p>例:</p> <p>REG sa SCH: すべての仮想ガラスを最も近いショット (Schott) ガラスに置き換えます。</p> <p>REG s2..5 HOY HIK: 面 2 から 5 の仮想ガラスをホヤ (Hoya) またはヒカリ (Hikari) のカタログガラスに置き換えます。</p>
--	--

検索するカタログは、メインメニュー「Tools」 --> 「Fictitious glass to catalogue glass」からアクセスできるダイアログで便利に選択できます。図 12.1 に示すように、適用されるすべてのガラスカタログを選択してください。

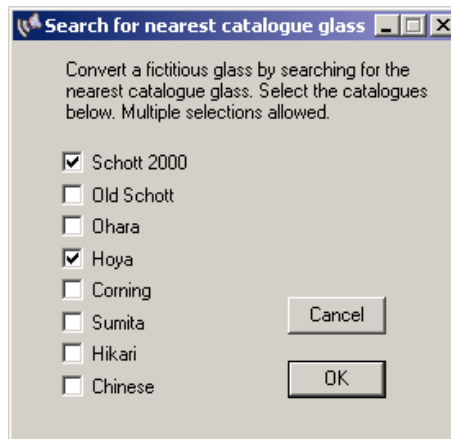


図 12.1. 仮想ガラスをカタログガラスに変換するためのガラスカタログを選択します。

12.5 代替ガラスの検索 (Find Alternative Glasses)

異なる光学ガラスメーカーからの代替ガラス (交換可能なガラス) を基準ガラス (元となるガラス) に対して検索します。代替ガラスは、基準ガラスと比較して屈折率および分散特性が類似しているガラスであり、光学系内で基準ガラスの代わりとして使用することができます。代替ガラスの選択は、指定された屈折率差 (Δn_d) および分散差 ($\Delta \nu_d$) に基づいて行われます。そのため、代替ガラスの検索は可視光 (400-700nm) スペクトル範囲にのみ有効です。

ALG base_glass [delta_n delta_V]	基準ガラスに対して代替（交換可能な）ガラスを見つけます。デフォルトでは、代替ガラスを選択する際の許容範囲は屈折率差 $\Delta n_d = 0.001$ および分散差 $\Delta \nu_d = 0.8\%$ となっています。ただし、delta_n および delta_V を指定することでこれらの許容範囲を変更することができます。
----------------------------------	--

代替ガラスの選択は、 Δn_d および $\Delta \nu_d$ の差異のみに基づいて行われることに注意してください。設計者は、特定の用途に応じて部分分散、TCE、 dn/dT などの他のガラス特性を考慮する責任があります。このリストは、異なる光学ガラスメーカーからのガラスを選択する際の補助として提供されるものです。

12.6 重量と体積 (Weight and Volume)

このオプションは、光学系内のレンズの重量、体積、および重心を計算します。システム全体の中で、ガラス重量のみが含まれ、機械的スペーサーやハウジング部品は無視されます。円形開口を持つ球面レンズの体積は解析的に計算されます。非球面や長方形または楕円形の開口を持つレンズは数値的に積分されます。重量は、ガラスカタログに保存されている材料の比重に基づいて計算されます。

レンズの直径は、最大面開口（セクション 8.33 参照）から取得され、固定開口であるかどうかに関係なく適用されます。小さい開口を持つ面のエッジは、大きい開口まで垂直に平面取形状にレンズ径が整えられます。

エッジが指定されている場合（セクション 8.33 の EDG オプションを参照）、それらは囲まれた体積を定義します。EDG 開口を使用することで、「エッジ余裕」を定義したり、鏡筒設計から割り当てられた値に一致させることができます。

前面反射ミラーの重量は、THM および SPG コマンドを使用してミラーの厚さと比重が供給されている場合に計算できます（以下の表を参照）。前面反射ミラーの裏面は常に平面であると仮定されます。

WEI [sk si..j]	レンズの重量と体積を計算します。開口の遮蔽や穴を考慮して計算します。傾斜面はサポートされていません。ミラー面については、ミラーの厚さと比重を設定するための THM および SPG コマンドも確認してください。
SPG [sk si..j] gravity	比重を g/cm^3 単位で指定します。このコマンドを使用すると、ガラスカタログに保存されている既定の値が新たに定義された値で置き換えられます。その後、重量の計算には新しい比重が使用されます。ユーザー定義の比重データを削除する場合は、SPG sk si..j o を入力してください。
THM [sk si..j] mirror_thickness	ミラーの中心厚さ。このコマンドは構造パラメータに影響を与えませんが、重量計算およびミラーの ISO 要素図を作成する際に必要になります。

例 1:

以下の例は、標準的なダブルガウスレンズを示しています。これは、例題ライブラリ `\optix\examples\misc\double_gauss.otx` から取得され、図 12.3 に示されています。また、WEI オプションでエッジがどのように仮定されるかも示しています。

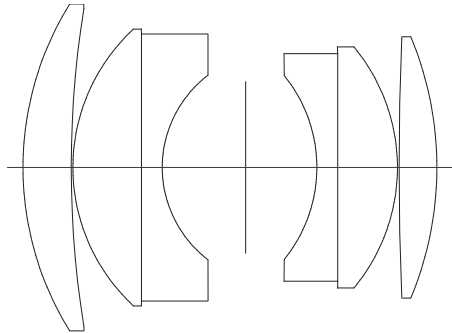


図 12.2. 重量計算に使用されるエッジを示すダブルガウスの例。

出力表には、面番号と要素番号、体積、比重、重量、および重心が含まれています。個々のレンズに対する重心は、それぞれのレンズの前面頂点を基準としています。システム全体の重心はシステムの最初の面 S1 を基準としています。

WEIGHT CALCULATION:

Surf.	Element Number	Volume (cm ³)	Gravity (g/cm ³)	Weight (g)	---- Center of Gravity ----		
					X	Y	Z
1-2	1	2.05929	6.300	12.974	0.000	0.000	3.280
3-4	2	1.84480	3.560	6.567	0.000	0.000	4.052
4-5	3	2.34401	3.480	8.157	0.000	0.000	2.676
7-8	4	1.31742	3.480	4.585	0.000	0.000	-0.163
8-9	5	1.35685	3.580	4.858	0.000	0.000	1.947
10-11	6	0.96652	3.580	3.460	0.000	0.000	1.299
Total :		9.88889		40.600	0.000	0.000	16.629

Notes: Center of gravity of lenses are referred to the front surface of each element.
Center of gravity of total system is referred to first surface.

次に、すべての面を非球面にします (コマンド `sut sa a` を使用)。これにより 2 次元数値積分が強制されます。数値積分のため、要素の体積と重量がわずかに異なります。

WEIGHT CALCULATION:

Surf.	Element Number	Volume (cm ³)	Gravity (g/cm ³)	Weight (g)	---- Center of Gravity ----		
					X	Y	Z
1-2	1	2.05960	6.300	12.975	0.000	0.000	3.280
3-4	2	1.84512	3.560	6.569	0.000	0.000	4.052
4-5	3	2.34416	3.480	8.158	0.000	0.000	2.676
7-8	4	1.31743	3.480	4.585	0.000	0.000	-0.163
8-9	5	1.35702	3.580	4.858	0.000	0.000	1.947
10-11	6	0.96664	3.580	3.461	0.000	0.000	1.299
Total :		9.88996		40.605	0.000	0.000	16.628

Notes: Center of gravity of lenses are referred to the front surface of each element.
Center of gravity of total system is referred to first surface.

例 2:

この例では、(前面反射) ミラーを含むシステムの重量を計算する方法を示します。適切な重量値を得るためには、ミラー面に中心厚さとミラー材料の比重を割り当てる必要があります。これは、**THM** および **SPG** コマンドを使用して実現されます。

例題ライブラリ

\optix\examples\mirror\cassegrain.otx からカセグレイン望遠鏡を復元 (ロード) し、主鏡と副鏡に以下の厚さを割り当てます：

```
thm s1 10.0
thm s2 5.0
```

ミラー厚さは常に正の値として指定されることに注意してください。次に、ミラーの比重 ρ を指定する必要があります。例えば、

```
spg s1 3.1
spg s2 2.5
```

これにより、 ρ が g/cm^3 単位で指定されます。すべての関連データが入力されたら、**WEI** コマンドを使用して重量と重心を出力します。

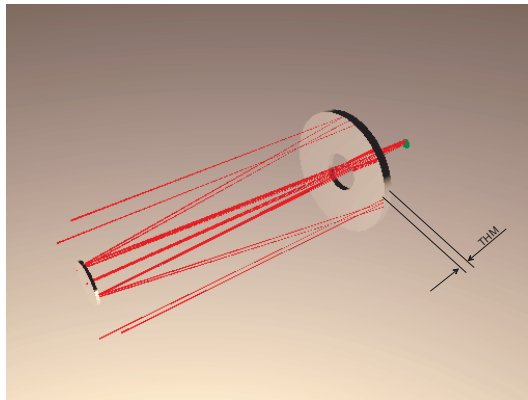


図 12.3. 反射ミラー厚さ THM の指定

WEIGHT CALCULATION:

Surf.	Element Number	Volume (cm ³)	Gravity (g/cm ³)	Weight (g)	---- Center of Gravity ----		
					X	Y	Z
1-2	1	349.23284	3.100	1082.622	0.000	0.000	3.812
	(379.59602	circular, transmit)				
	(-30.36318	circular, obstruct)				
2-3	2	13.46352	2.500	33.659	0.000	0.000	-2.731
	Total :	362.69636		1116.281	0.000	0.000	-12.279

Notes: Center of gravity of lenses are referred to the front surface of each element.
Center of gravity of total system is referred to first surface.

主鏡 (面 1) の中央部に遮蔽が割り当てられているため、重量計算は遮蔽部がない完全な主鏡部の重量と、中央の遮蔽部に対応する仮想的な重量が表示されます。これらのうち、中央の遮蔽部に対応する仮想的な重量は完全な主鏡の重量から差し引かれます。

12.7 最大入射角 (Maximum Incidence Angles)

このオプションは、指定された視野範囲およびズーム位置に対して光学系を通過する光線束を追跡します。出力には、各面における最大光線入射角/屈折角および平均（平均値）入射角/屈折角が報告されます。この解析は全開口光線追跡に基づいているため、結果の精度は **NRD**（直径に沿った光線数: Number of Rays across Diameter）を増加させることで向上する可能性があります。

光線入射角の範囲を把握することは、光学面の使用用途に適した多層コーティングを設計する際に役立ちます。

MAXAOI [fk fi..j zk zi..j]	すべての光学面における最大入射角を計算します。指定された視野番号 fi..j およびズーム位置 zi..j の範囲に対して計算されます。出力の説明は以下に示されています。関連コマンド: AOI, AOR, NRD 。
-------------------------------	---

出力の説明:

RAY INCIDENCE ANGLES:

Analysis is based on a full-aperture ray trace with 32 x 32 rays in the entrance pupil for each field and zoom position.

Average values are given with consideration of uniform and apodized intensity in the entrance pupil.

All incidence angles are given in degrees.

Zoom Positions : 1 - 1
Fields : 1 - 1

Sur	Average(deg) (uniform)	Average(deg) (apodized)	Maximum(deg)	Surface comment
1	0.00000	0.00000	0.00000	
2	2.87489	1.64474	4.37264	Lens 1
3	9.62708	5.50348	14.70824	
4	1.77709	1.01125	2.78751	Lens 2
5	8.90122	5.09164	13.55067	
6	6.74561	3.85643	10.30278	

平均入射角は2つのバリエーションで計算されます。「uniform」とラベル付けされた列は、瞳内のすべての光線が同一の強度（すなわち均一な強度分布）を持つと仮定しています。一方、「apodized」とラベル付けされた列の値は、瞳のアポダイゼーションを考慮しています。後者は、開口全体でガウス強度分布を持つレーザー光線を使用するシステムでよく指定されます。

12.8 勾配屈折率面の最適コーティング屈折率 (Optimal Coating Indices for Gradient Index Surfaces)

このオプションは、勾配屈折率レンズ（前面および裏面）に反射防止膜 AR コーティングを施す際に使用する最適な屈折率を決定します。特に、曲率が急な場合には屈折率が大きく変化する可能性があります（これは光学設計過程で意図されたものです）。しかし、コーティング基板には一意の屈折率を決定する必要があります。一般的に受け入れられている推定値は、光線有効径（クリア開口）の70%の位置での屈折率が使用されることがあります。また、より良い方法として、面積加重による屈折率が計算される方法があります。以下の式で計算されます。

$$n = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (r_i^2 - r_{i-1}^2)}{r_{max}^2} \quad (12.1)$$

両方のケースが計算され、さらに面頂点および光線有効径（クリア開口）での屈折率が示されます。コマンド構文は以下の通りです。

CIND sk[ape1 ape2]	勾配屈折率面 sk の AR コーティングに使用する屈折率を出力します。前面および裏面のクリア開口 ape1 および ape2 内で計算されます。ape1 および ape2 が省略された場合、現在設定されている開口が使用されます。 例: cind s2 10 9 !クリア開口 10mm（前面）および 9mm（裏面）での最適屈折率を計算します。
--------------------	--

テキストウィンドウの典型的な出力は次のようになります。

Refractive index values for AR-coating of gradient index lenses:

Wavelength : 0.58760

Surf	Area weighted	70% aperture	on-axis	full aperture	Clear aperture
1	1.7062033	1.7071323	1.7173626	1.6962368	12.500
2	1.6816796	1.6816665	1.6815213	1.6818191	11.255

12.9 面のサグ (Surface Sag)

面のサグ量（沈み量：z 方向の変化量）は、光学系内の任意の面上の任意の点において計算します。コマンド構文は以下の通りです。

SAG sk x_height y_height [?]	面 sk におけるサグ (z 成分) を、面頂点から傾きや偏心を考慮せずに、面座標 x_height、y_height で計算します。
------------------------------	---

12.10 ユーザー定義グラフィックス (UGR) (User Defined Graphics (UGR))

プログラムで事前定義されたグラフィックスに加えて、ユーザーが定義したグラフィックスを作成できます。これらは、任意の変数パラメータと、*OpTaliX* が認識する任意の性能指標との間の 2 次元プロットです。パラメータや関数は、コマンドラインで入力するように、任意のコマンド、算術式、関数、またはマクロから構築できます。例えば、ファイバー結合光学系におけるファイバーの横方向変位を変更するには、以下のコマンドを使用します。

```
FRY .001
```

これは、受光ファイバーを画像面の主光線交点から $1 \mu\text{m}$ オフセットします。ユーザー定義グラフィックス (UGR) では、このミスアライメント（ずれ）を単に 'fry' と記述することで変数

パラメータにすることができます。このパラメータに依存する関数は、コマンド入力操作の一部としても使用できます。例えば、'SPD f3' は視野番号3における rms スポット径を表します。ファイバーのミスアライメント（ずれ）に対する結合効率のプロットを作成したいと仮定します。この場合に必要なコマンドは以下の通りです。

```
UGR X 'fry' LIM -0.005 0.005 0.001
UGR Y 'cef' LIM 0 1.0
```

最初の行は、X 軸にプロットされる変数パラメータ 'fry' を定義します。2 行目は、Y 軸にプロットされる従属関数 'cef' を定義します。LIM トークンに続く値は、X 軸および Y 軸の下限と上限、および変数ステップをそれぞれ定義します。これがユーザー定義グラフィックス (UGR) を定義するために必要なすべてです。また、プロットに軸ラベルやタイトルを追加することもできます。

```
UGR TIT 'Coupling efficiency vs. fiber misalignment'
UGR XLAB 'fiber decenter'
UGR YLAB 'CEF'
```

プロットは以下のコマンドで作成されます。

```
UGR go
```

ここでは、UGR に関連するすべてのコマンドをまとめています。

<pre>UGR X var_string [LIM xlow xhigh xstep]</pre>	<p>UGR で使用する変数を定義します。var_string は変数定義を含む文字列（アポストロフィで囲む）です。LIM はオプションです。指定された場合、プロットの範囲が明示的に設定されます。LIM を省略すると、X 軸が自動的にスケーリングされます。例:</p> <pre>ugr x 'thi s4' ! 面4の厚さを UGR で変数として使用。 ugr x '\$myvar' ! ユーザー定義変数を UGR で変数として作成。 ugr x 'yde s3 ! 明示的な範囲を持つ UGR 変数定義。 lim 0 30 .5'</pre>
<pre>UGR Y func_string [LIM ylow yhigh]</pre>	<p>UGR で使用する関数を定義します。func_string は関数定義を含む文字列（アポストロフィで囲む）です。LIM はオプションです。指定された場合、プロットの範囲が明示的に設定されます。LIM を省略すると、Y 軸が自動的にスケーリングされます。例:</p> <pre>ugr y 'efl' ! EFL を計算し、関数値としてプロット。 ugr y 'efl lim ! 固定範囲 (100 - 200 mm) 内で EFL 100 200' をプロット。</pre>
<p>次のページに続く</p>	

前のページから続く	
UGR TIT title_string	<p>ユーザー定義グラフィックスに表示されるタイトル文字列。title_string は、文字列に空白文字が含まれる場合はアポストロフィで囲む必要があります。それ以外の場合はアポストロフィを省略できます。例:</p> <pre> ugr tit 'My ! タイトルとして 'My Title' をプロット。 Title' ugr tit stuff ! タイトルとして 'stuff' をプロット。 </pre>
UGR XLAB x_label_string	<p>ユーザー定義グラフィックスに表示される X ラベル。x_label_string は、文字列に空白文字が含まれる場合はアポストロフィで囲む必要があります。それ以外の場合はアポストロフィを省略できます。例:</p> <pre> ugr xlab 'X ! X ラベルとして 'X variable' をプロッ variable' ト。 ugr xlab x-value ! X ラベルとして 'x-value' をプロット。 </pre>
UGR YLAB y_label_string	<p>ユーザー定義グラフィックスに表示される Y ラベル。y_label_string は、文字列に空白文字が含まれる場合はアポストロフィで囲む必要があります。それ以外の場合はアポストロフィを省略できます。例:</p> <pre> ugr ylab 'spd ! Y ラベルとして 'spd fl' をプロット。 f1' ugr xlab spd ! Y ラベルとして 'spd' をプロット。 </pre>
UGR LOG floor	対数表示を選択します。

変数パラメータおよび関数の文字列フィールドは、各コマンドで指定された構文ルール内で編集および拡張することができます。事前定義された変数や関数は限られていますが、関連する下向き矢印をクリックすることでアクセスできます。各変数/関数文字列には簡潔な説明文が付けられており、感嘆符「!」で区切られています。感嘆符以降のテキストはコメントとして扱われ、無視されます。これは変数/関数定義の一部ではありません。

UGR の定義は、拡張子 *.ugr を持つマクロファイルに保存または復元 (ロード) することができます。

ユーザー定義グラフィックスで作成できるプロットの数が多いため、独立変数や従属関数に対するインテリジェントなデフォルトはありません。不明な場合は、UGR オプションで使用する前にコマンドラインでコマンドと結果の関数値をテストすることをお勧めします。

また、一部の変数は対応するシステムパラメータが適切に定義されている場合にのみ機能することに注意してください。例えば、変数デセクター (XDE または YDE) は、面がデセクター可能であることを必要とします (必要に応じて面タイプに「D」を追加してください)。

よりユーザーフレンドリーな方法としては、メニューの *TOOLS* -> *User Defined Graphics* からアクセスできます。これにより、必要なすべてのパラメータを入力するためのダイアログボックスが表示されます。上記で説明した例や生成されるプロットは、図 12.4 および図 12.5 のようになります。

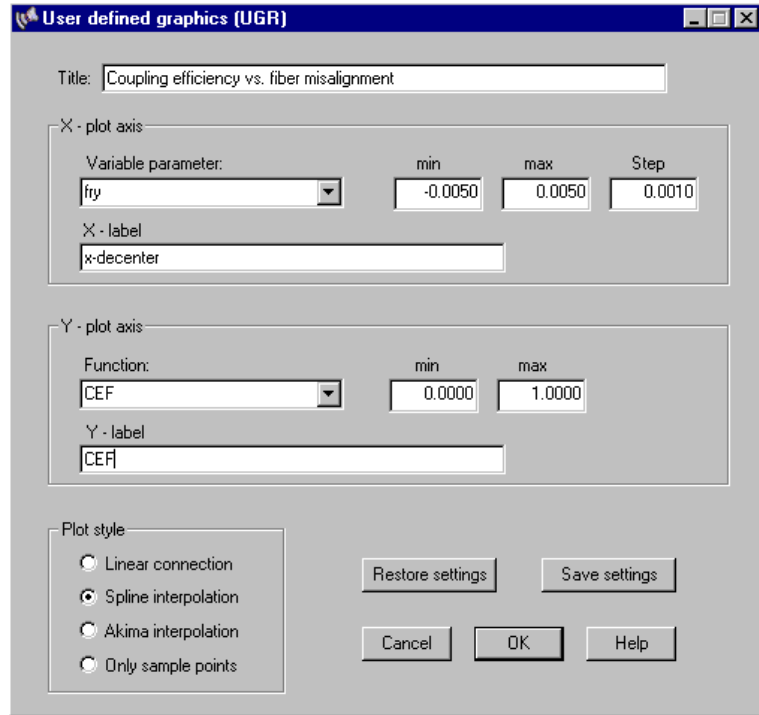


図 12.4. ユーザー定義グラフィックスを作成するためのダイアログボックス。

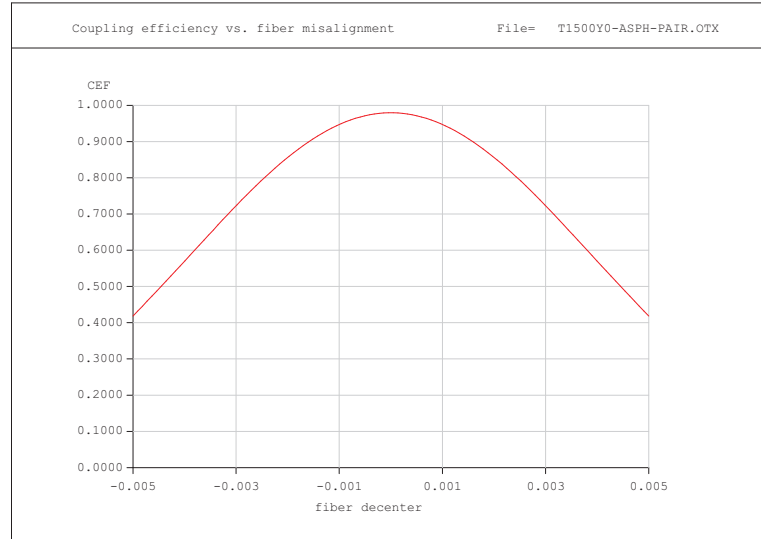


図 12.5. ユーザー定義グラフィックスの例出力: ファイバーのミスアライメントに対する結合効率。

変数パラメータおよび関数の文字列フィールドは、各コマンドで指定された構文ルール内で編集および拡張することができます。事前定義された変数や関数は限られていますが、変数関数をプルダウンメニューをクリックすることでアクセスできます。各変数/関数文字列には簡潔な説明文が付けられており、感嘆符「!」で区切られています。感嘆符以降のテキストはコメントとして扱われ、無視されます。これは変数/関数定義の一部ではありません。

UGR の定義は、拡張子*.ugr を持つマクロファイルに保存または復元 (ロード) することができます。

ユーザー定義グラフィックスで作成できるプロットの数が多いため、独立変数や従属関数に対するインテリジェントなデフォルトはありません。不明な場合は、UGR オプションで使用する前にコマンドラインでコマンドと結果の関数値をテストすることをお勧めします。

また、一部の変数是对应するシステムパラメータが適切に定義されている場合にのみ機能することに注意してください。例えば、変数デセクター (XDE または YDE) は、面がデセクター可能であることを必要とします (必要に応じて面タイプに「D」を追加してください)。

12.10.1 ユーザー定義グラフィックスにおける変数パラメータ (Variable Parameters in User-defined Graphics)

ユーザー定義グラフィックス (UGR) における変数パラメータは以下のように指定できます：

- コマンドラインで入力/編集可能な任意の構築パラメータを UGR で変数として指定できます。例えば、THI s4 (面 4 の厚さ)。パラメータは引用符やアポストロフィなしでそのまま入力してください。

Variable parameter:

コマンドラインやマクロで入力するのと同様に、任意の構築パラメータを UGR で変数として指定します。

- 任意の有効なユーザー定義変数を指定します。注意：ユーザー定義変数は必ず"\$"文字で始まり、少なくとも1つの英数字を含む必要があります。

Variable parameter:

ユーザー定義変数を直接入力します。変数は事前に存在している必要はなく、UGR 実行中に作成されます。

12.10.2 ユーザー定義グラフィックスにおける関数とマクロ (Functions and Macros in User-defined Graphics)

ユーザー定義グラフィックス (UGR) では、グラフの Y 軸にプロットする関数値を以下のさまざまな方法で定義できます：

- **レンズデータベース項目 (LDI)** は、レンズ構造パラメータに最も簡単にアクセスする方法を提供します。例えば、図 12.4 では結合効率 (CEF) を求めています。このパラメータの名前を関数フィールドに角括弧で囲んで入力してください。例として、

Function:

レンズデータベース項目 (LDI) を直接指定します。この例では、関数値は「等価焦点距離」(EFL) です。

- 変数やレンズデータベース項目 (LDI) を含む算術式を指定します。

Function:

LDI を含む算術式を定義します。

- 別のコマンドやマクロで事前に定義された関数を指定します。例えば、関数「myfunc == \$x 2」(引用符なし)を定義した場合、変数 \$x の二乗が返されます。

Function:

関数値を計算するために、事前に定義された関数を使用します。

- 値を返すマクロを指定します。マクロでは、(関数) 値を RETURN 文を使用して呼び出し元モジュールに渡すことができます(ページ 505 を参照)。

Function:

関数値を評価して返すマクロを実行します。また、RETURN (ページ 505)、および RUN (ページ 490) も参照してください。マクロファイルは通常、設定 (ページ 35) で定義されたマクロディレクトリにあると仮定されます。典型的には c:\programs\optalix\macro です。異なる場所にある場合は、明示的にパスを指定する必要があります。

12.10.3 UGR コマンド例 (UGR Command Example)

メニューを使用したユーザー定義パラメータの入力に加え、前のセクションで説明したように、このセクションでは、コマンドラインまたはマクロからユーザー定義グラフィックスを定義する方法を簡潔に説明します。

```
ugr X 'thi s2' LIM 0.5 1.0 0.05
```

独立パラメータ (変数) の範囲を UGR プロット用に定義します。この場合、変数パラメータは面 2 の厚さ ('THI s2') です。変数パラメータ (thi s2) は、0.5 から 0.1 の範囲で 0.05 刻みで変化します。

```
ugr Y 'spd f1 w1' LIM 0 0.1
```

従属パラメータ (つまり関数値) を指定します。この場合、フィールド 1、波長 1 でのスポット直径 (spd f1 w1) が計算されます。プロットの範囲 (つまり Y 軸方向) は 0.0 から 0.1 の間です。これらの範囲は、定義されたパラメータや関数に応じて変更される場合があります。

```
ugr tit 'My UGR Graphics'
```

12.11 光学系の解析的なデータ作成 (Analytical Setup)

いくつかの光学系は、焦点距離、開口、視野角などの基本的なシステムパラメータを入力することでゼロから作成することができます。それらは三次理論に基づいて自動的に生成されます。つまり、生成されたシステムの収差は三次まで補正され、高次収差は無視されます。しかし、

これらのシステムはさらなる改良の出発点や、より複雑なシステムを構築するための構築要素 (初期データ) として役立ちます。

12.11.1 最良形状単レンズ (Lens of best Form)

最良形状レンズを構築します。このレンズでは、三次球面収差が、与えられた物体距離 s とパワー φ に対して最小になります。三次理論を繰り返すことなく、まず補助変数を定義します。

$$A = \frac{2n+1}{n-1}, \quad B = \frac{n+1}{n}, \quad C = \frac{n+2}{n} \quad (12.2)$$

その後、レンズの曲率は次の式で得られます。

$$c_1 = \frac{A\varphi + 4B \cdot \frac{1}{s}\varphi}{2C} \quad (12.3)$$

$$c_2 = \left(c_1 - \frac{1}{n-1} \right) \varphi \quad (12.4)$$

コマンド構文:

SETUP SLE	このコマンドは、3次球面収差を最小化するように設計された単レンズを設定するためのダイアログボックスを開きます。
-----------	---

12.11.2 色消しダブルット (Achromatic Doublet)

色消しダブルットは、2つの異なる屈折率を持つ材料から

選択された材料と指定された焦点距離から薄肉 j レンズの色消しダブルットを構築します。アルゴリズムは Laikin [29] に記載されています。

コマンド構文:

SETUP ACR	このコマンドは、薄肉レンズの色消しダブルット設定するためのダイアログボックスを起動します。
-----------	---

12.11.3 ルーリー・ホートン望遠鏡 (Lurie-Houghton Telescope)

ルーリー・ホートン形式の反射屈折望遠鏡を構築 (設計) します。「ルーリー・ホートン」望遠鏡は、ルーリーが提案したオリジナル設計 [31] (全口径補正用二枚レンズ) とホートン望遠鏡の特徴である [21] (球面補正レンズ) の設計要素を組み合わせたものです。これらの設計改良により製造が大幅に簡素化されますが、その代償として非点収差が発生し易くなる課題があります。この設計形式の大きな利点は、他の反射屈折望遠鏡 (シュミット・ニュートンやライト) と比較してコマ収差の補正が改善される点です。ルーリー・ホートン設計形式の設計例は、/examples/catadiop ディレクトリにあります。

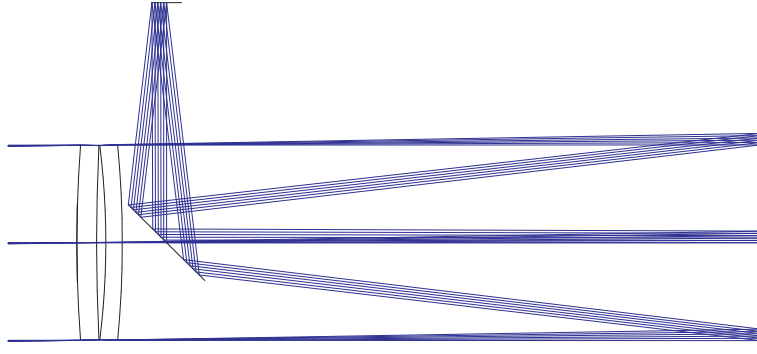


図 12.6. ルーリー・ホートン設計形式。

ルーリー・ホートン設計形式の解析的設定は、いくつかの簡単な方程式で実現されます。補助変数から

$$A = \frac{n+2}{n(n-1)^2}, \quad B = \frac{2(2n+1)}{(n-1)^2}, \quad C = \frac{2(n+1)}{n(n-1)} \quad (12.5)$$

$$D = d \cdot \varphi, \quad L = \frac{(D-2)(2A-B)}{C}, \quad Q = \frac{(2-D)L^2}{2C} \quad (12.6)$$

補正レンズの曲率半径を次のように求めます。

$$r_1 = -r_3 = \frac{2L(n-1)}{(Q+1)\varphi} \quad (12.7)$$

$$r_2 = -r_4 = \frac{2L(n-1)}{(Q-1)\varphi} \quad (12.8)$$

ここで、

φ 主鏡の光学パワー = $2/r_m$

d 補正レンズの最後の面から主鏡までの距離

コマンド構文:

SETUP LURIE	ルーリー・ホートン望遠鏡の設定するための、ダイアログボックスが起動されます。
-------------	--

12.11.4 反射望遠鏡 (Reflecting Telescopes)

このセクションでは、基本的な反射望遠鏡（例：パラボラ、カセグレン、グレゴリー、リッチー・クレチアンなど）の設定理論について説明します。

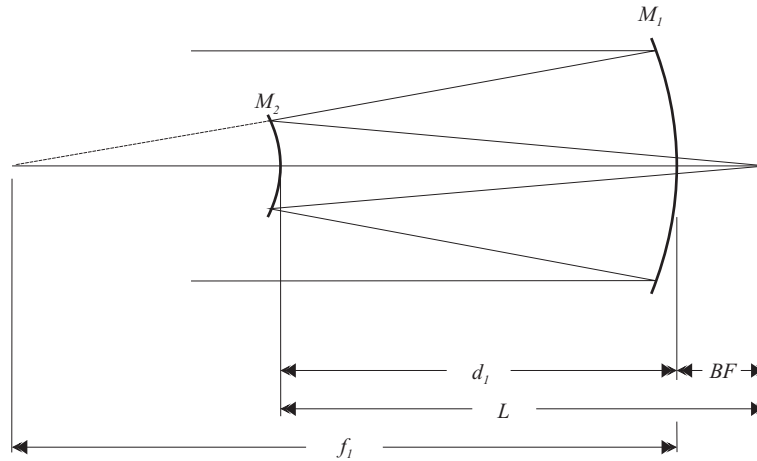


図 12.7. 複合望遠鏡における近軸量

コマンド構文:

SETUP TEL	カセグレン、リッチー・クレチアン、グレゴリー、またはパラボラなどの複合反射望遠鏡の設定を行うためのダイアログボックスが起動され、各種設計形式を選択できます。
-----------	--

ここで提示される方程式と公式は、R.N.Wilson [61] に基づいて導き出されています。図 12.7 に示される変数は以下のように定義されます。

- d_1 主鏡と副鏡の間の距離
- L 副鏡から焦点までの距離
- BF バックフォーカス（主鏡から焦点までの距離）
- f_1 主鏡の焦点距離
- f_2 副鏡の焦点距離
- m_2 副鏡の倍率

なお、符号規則は第 2 章で定義されたものに従っています。

12.11.4.1 古典的カセグレンおよびグレゴリー形式 (Classical Cassegrain and Gregory Form)

これらの形式は、放物面形状の主鏡 ($K_1 = -1$) によって定義されます。副鏡の位置は次の式で定義されます。

$$d_1 = \frac{m_2 f_1 + BF}{1 - m_2} \quad (12.9)$$

副鏡のパワー Φ_2 は次のように表されます。

$$\Phi_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{BF - d_1} - \frac{1}{f_1 - d_1} \quad (12.10)$$

副鏡の円錐定数は、副鏡の倍率 m_2 の関数として次のように表されます。

$$K_2 = - \left(\frac{m_2 - 1}{m_2 + 1} \right)^2 \quad (12.11)$$

12.11.4.2 アプラナティック望遠鏡およびリッチー・クレチアン形式
(The Aplanatic Telescope and its Ritchey-Chretien Form)

リッチー・クレチアン (RC) 形式は、カセグレン望遠鏡の重要な改良版です。RC 解法は、2 枚鏡望遠鏡の視野コマ収差を解消し、アプラナティック条件ではゼロになります。非球面円錐定数の解法は次の式で得られます。

$$K_1 = -1 + \frac{2L}{d_1 m_2^3} \quad (12.12)$$

$$K_2 = - \left[\left(\frac{m_2 - 1}{m_2 + 1} \right)^2 + \frac{2f'}{d_1 (m_2 + 1)^3} \right] \quad (12.13)$$

副鏡 M_2 のパワーは式 12.10 から得られます。

12.12 スライダーコントロール
(Slider Control)

スライダーは、任意の構築パラメータまたは面パラメータを対話的に変更するために使用されます。システムの配置や性能への影響は、任意の解析ウィンドウで即座に確認できます。つまり、光学系の設計値を変更すると、その影響が開いている解析ウィンドウに即座に表示されます。

スライダーは、コマンド SLID またはメインメニューの *Tools - Sliders* から起動されます。最大 5 つのスライダーコントロールを表示するダイアログが表示されます (図 12.8 を参照)。

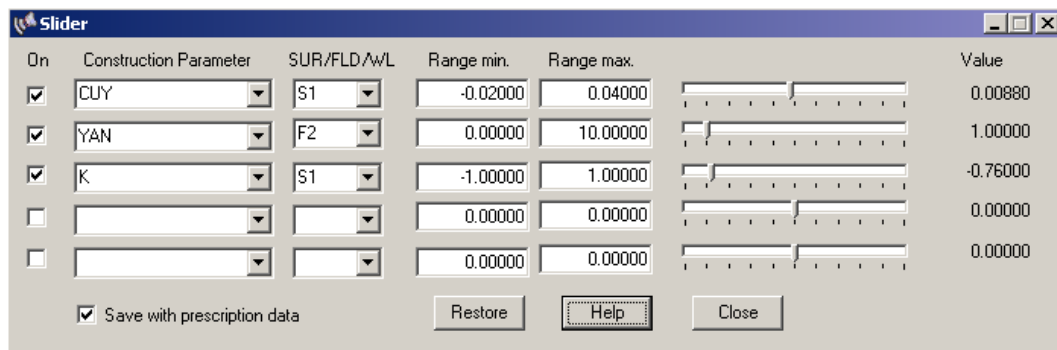


図 12.8. スライダーダイアログ。任意の構築パラメータを定義し、開いているウィンドウで解析結果を即座に確認しながら対話的に調整できます。

スライダーコントロールの説明:

On	特定のコントロールをオン/オフにします。
構築 パラメータ	これは、コマンドラインで入力可能な任意の構築またはシステムパラメータです。プルダウンメニューには、事前定義された（主に使用される）パラメータの選択肢が提供されますが、最初のメニュー項目（初期状態では空白）に個別のパラメータを入力することもできます。
SUR/FLD/WL	このフィールドには、S3、F2、W4 のような面、視野、または波長の修飾子を入力します。現在の光学系で許容される面/視野/波長修飾子の範囲は、プルダウンメニューから選択できます。
Range min.	構築またはシステムパラメータの最小許容値。
Range max.	構築またはシステムパラメータの最大許容値。

注意事項:

- スライダーコントロールで行った変更は、面エディタに即座に反映されます。ただし、面エディタで直接行った変更（例: 面の挿入や削除）は、スライダーダイアログに更新されません。光学系が変更された場合、新しいパラメータを更新するためにスライダーダイアログを閉じて再度開く必要があります。
- 長い計算時間を必要とする解析ウィンドウ（例: MTF、PSF など）は、ウィンドウの更新を大幅に遅くする可能性があります。必要に応じて、計算負荷の高い解析ウィンドウを閉じてください。
- スライダーダイアログを表示する前に、変更対象のデータのコピーが作成されます。「復元」ボタンを使用すると、スライダーダイアログを起動する前の光学システムの状態に戻すことができます。
- スライダー設定は、ダイアログの左下にある「設計データと一緒に保存」チェックボックスをチェックすることで、現在のシステムと一緒に保存できます。これにより、スライダー設定は現在のシステムに固有のものとなります。
- スライダーコントロールダイアログを閉じると、現在のスライダー設定がすべての後続の解析に使用されます。スライダーダイアログを終了する前に「復元」ボタンをクリックすると、スライダーダイアログを起動する前のシステムに戻ることができます。

12.13 ECHO コマンドライン (ECHO Command Line)

ECHO Y N	コマンドラインで入力されたコマンドをテキスト出力ウィンドウにエコー表示します。「Y」で有効化され、「N」で無効化されます。デフォルト設定は「ECHO N」です。ECHO コマンドは、特定の <i>OpTaliX</i> セッションでのみ有効です。ECHO はマクロ内で実行されるコマンドには適用されません。すべてのテキスト出力を無効化したい場合は、「 OUT SILENT 」オプション（484 ページ）を使用してください。
----------	---

12.14 CLS (画面クリア) (CLS (Clear Screen))

CLS	テキストウィンドウの内容をクリアします(「画面クリア」)。Code V 互換性のために、CLS コマンドはプロットカラーを定義するためにも使用できます。フィールドカラーの定義についてはセクション 7.2 (61 ページ)、コーティングカラーの定義についてはセクション 20.1 (418 ページ)を参照してください。
-----	--

12.15 時刻 (Time)

TIM	現在の時刻を 24 時間形式 (HH:MM:SS) で文字列として出力します。
-----	---

12.16 日付 (Date)

DAT	現在の日付を DD MMMM YYYY 形式で文字列として出力します。
-----	-------------------------------------

12.17 ファイル名 (File Name)

FNAME	in-	ファイル名 (パスを含まない) を含む文字列を出力します。
dex[idxa]FNAME@		FNAME,
file name		
FPNAME		ファイルパスと名前を含む文字列を出力します。

12.18 ファイルパス (File Path)

FPATH	ファイルパスのみを含む文字列を出力します。
-------	-----------------------

12.19 オペレーティングシステムのコマンド (Operating System Command)

<p>SYS ['cmd_string' ?]</p>	<p>コマンドウィンドウ (DOS ボックス) を開き、オペレーティングシステム (OS) のコマンドを実行します。制御はオペレーティングシステムに移され、OS コマンドウィンドウが閉じられる (終了する) まで <i>OpTaliX</i> は待機します。Windows NT/2000/XP/7/10/11 ではデフォルトで <i>cmd.exe</i> が呼び出されます。オプションのパラメータ <i>cmd_string</i> は OS コマンドで、アポストロフィで囲む必要があります。質問符 "?" を付けると OS コマンドウィンドウが開いたままになり、質問符を省略すると <i>cmd_string</i> がサイレントモードで実行されます。ただし、SYS がパラメータなしで指定された場合を除きます。</p>
---------------------------------	---

例:

SYS OS コマンドウィンドウを起動します。ウィンドウは開いたままになります。OS コマンドウィンドウを閉じて *OpTaliX* に制御を戻すには、'exit' (アポストロフィなし) と入力します。

SYS 'dir *.*' ? OS コマンドウィンドウを起動し、システムコマンド 'dir *.*' を実行して、追加の OS コマンドを待機します。OS コマンドウィンドウを閉じて *OpTaliX* に制御を戻すには、'exit' (アポストロフィなし) と入力します。

SYS 'copy a.txt b.txt' OS コマンドを実行し、*OpTaliX* に即座に制御を戻します。

OS コマンドは [マクロ](#) 内でも使用できます。質問符 "?" を付けない形式を使用すると、中断のない実行が保証されます。

12.20 光線データの記録 (ファイルに保存) (Logging Ray Data)

光線データにアクセスする必要がある場合があります。特に、多数の光線が関係する場合 (例: スポットダイアグラムや照明計算) です。光線データはファイルに記録 (書き込み) され、後で再利用することができます。

<pre>RAYLOG sk off FIL log_file</pre>	<p>特定の面 sk で光線データをファイル log_file に記録 (書き込み) することを有効にします。光線データを記録する面 sk の指定は必須です。省略された場合、このコマンドは無視されます。"off" オプションまたは so は光線記録を無効にします。光線データはヘッダーなしの一般的な ASCII ファイルに書き込まれます。光線ファイル形式の説明についてはセクション 32.13 を参照してください。</p> <p>例:</p> <pre>raylog s4 fil rays.txt !以降のコマンドで計算されたすべての光線を記録します。 raylog off !光線記録を無効にします。 raylog so !上記と同じく、光線記録を無効にします。</pre>
---------------------------------------	---

このコマンドは慎重に使用してください! PSF、MTF、スポット、照明計算など、多くの解析オプションは膨大な量の光線データを生成するため、ログファイルが非常に大きくなる可能性があります。また、光線データを取得した後は、"RAYLOG off" コマンドで光線記録を無効にすることを忘れないでください。そうしないと、光線が意図せずファイルに書き込まれ、ハードディスク容量を過剰に使用し、ハードディスク書き込みによって計算が遅くなる可能性があります。

RAYLOG コマンドはマクロ環境で使用するのが適しています。例えば、画像面 (ターゲット面) での照明計算から得られる光線データをファイルに保存する次のような状況を考えてみます。

```
raylog si fil my_rays.txt    ! 光線記録を有効にする
ill ?                       ! 照明パラメータを編集するための
                             照明ダイアログを起動
raylog off                  ! 光線記録を無効にする
```

上記の例では、光線データはファイル my_rays.txt に保存されます。光線ファイル形式の説明については、セクション 32.13 (555 ページ) も参照してください。

第13章

硝材 – Materials, Glasses –

OpTaliX では、多くの光学材料が利用可能です。屈折材料の光学および物理的定数は、いくつかのカタログファイルに保存されています。現在利用可能な光学材料カタログは以下の通りです:

識別子	メーカー
SCH	Schott ショット、
OHA	Ohara オハラ
COR	Corning コーニング
SUM	Sumita 住田光学
HIK	Hikari 光ガラス
HOY	Hoya ホーヤ
CAR	Cargille 液体
APE	Mitsui Chemicals の Apel シリーズ 三井化学
CDG	CDGM Glass Co. 成都光明
EPS	EP シリーズ 三菱ガス化学
LPT	LightPath、軸方向 GRIN レンズ
NHG	HuBei New HuaGuang Information Materials
SEL	NSG、Selfoc TM ラジアル型 GRIN レンズ 日本板硝子
GEL	Geltec
GLC	Gradient Lens Corp.
GRT	Grintech、Jena
ARC	Archer OpTx
OGC	Osaka Gas Chemicals 大阪ガスケミカル
RPO	Rochester Precision Optics
RUS	ロシアのガラスカタログ
SPE	特殊材料 (赤外線、UV、プラスチック材料、液体)
OBS	各種ベンダーの廃止材料

光学材料は、屈折率が均一または不均一である場合があります。異なる供給元からの標準材料は、200nm から 30 μ m のスペクトル範囲で利用可能です。屈折率情報に加えて、多くの追加の光学および物理的特性が提供されています。

- 部分分散
- 線膨張係数
- 転移温度および融点

- 熱伝導率
- 比重
- 硬度
- 弾性率 (E モジュール)
- 化学的特性
- 屈折率の温度係数
- 内部透過率

これらのデータのほとんどは、ガラスマネージャーで表示および一部編集することができます (セクション 24、ページ 469 を参照)。

コマンド概要:

GLA [si..j] [zi..j zk] [man:]glass_name	メーカーのガラス名 (例: BK7)。man は省略可能なオプションで、メーカー (manufacturer) を指定します。ガラス名の前にメーカーの略称を付け、その後にコロンを付けることで、ガラスメーカーを指定することもできます (例: SCH:BK7)。ガラス名の長さは、メーカーの略称を含めて 64 文字に制限されています。メーカーの略称一覧については、セクション 13.3 を参照してください。
GL1 [si..j] gl1_name	面の前側にあるガラス (gl1_name は古典的 (すなわち順次的なシーケンシャル) システムにおける GLA と同一)。
GL2 [si..j] gl2_name	面の裏側にあるガラス (非順次的ノンシーケンシャルの場合のみ必要)。
AIR [si..j]	媒質は空気
REFL [si..j]	媒質は反射 (鏡) 面であることを示す
REFR [si..j]	媒質は屈折 (レンズ) 面であることを示す
RMD [si..j] REFR REFL TIR	屈折/反射モード。利用可能なモードは以下の通り: REFR = 面 si..j で全ての光線を屈折させる (デフォルトモード)。 REFL = 面 si..j で全ての光線を反射させる。 TIR = TIR 条件を満たす光線のみを反射させる。 このコマンドは REFR、REFL、TIR コマンドを組み合わせることで動作を拡張・補足します。
IND [si..j wi..j] val_1 val_2 val_n	定義された波長に対応する屈折率 (通常)。詳細はページ 63 の 波長定義 を参照してください。プライベートガラスにのみ有効です (セクション 13.5 を参照)。 例: ind s3 1.541 1.540 1.490 ! 最初の 3 つの波長に対する屈折率を定義 ind s3 w2 1.540 ! 波長番号 2 での屈折率を定義。
	次のページに続く

前のページからの続き	
INE [si..j] val_1 val_2 val_n	定義された波長に対する異常光線 (extraordinary ray) の屈折率。
DVO [si..j] delta_nue	分散シフト $\Delta\nu$ (絶対値 ν 単位)。例: DVO s3..5 4.2。一次分散の定義についてはセクション 13.1.12 を参照してください。
DNO [si..j] delta_n	基準波長での屈折率シフト Δn 。注意: 基準波長は REF コマンドで定義されます。
PGO [si..j] delta_P(g,F)	部分分散 $P_{g,F}$ のカタログ値からのオフセット ($P_{g,F}$ の定義についてはセクション 13.1.13 を参照)。
PCO [si..j] delta_P(C,s)	部分分散 $P_{C,s}$ のカタログ値からのオフセット ($P_{C,s}$ の定義についてはセクション 13.1.13 を参照)。

13.1 分散 (Dispersion)

分散は、波長の関数として屈折率が変化する現象を表します。これは光学材料を選択する際に非常に重要な要素の1つです。「旧 Schott」式や Sellmeier 式などが使用されます。この分散を計算するための必要な係数はガラスカタログファイルに保存されており、ガラス名を指定するだけで、適切な波長領域内で指定されたすべての波長に対して、これらの係数から十分な精度を持つ屈折率が計算されます。

13.1.1 旧 Schott (Laurent) 式 (Old Schott (Laurent) Formula)

以前、Schott はスペクトルの可視部分における屈折率を ローレンツ (Laurent) 級数で記述しました。この式は「Schott 式」とも呼ばれることがあります。

$$n^2(\lambda) = A_0 + A_1 \cdot \lambda^2 + A_2 \cdot \lambda^{-2} + A_3 \cdot \lambda^{-4} + A_4 \cdot \lambda^{-6} + A_5 \cdot \lambda^{-8} \quad (13.1)$$

ここで、 λ は波長 (単位: μm)、 n は屈折率を表します。

13.1.2 セルマイアの分散式式 (Sellmeier Formula)

セルマイアのは最近、Schott や他のガラスメーカーに採用されました。

$$n^2(\lambda) - 1 = \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2\lambda^2}{\lambda^2 - C_2} + \frac{B_3\lambda^2}{\lambda^2 - C_3} \quad (13.2)$$

ここで、 λ は波長 (単位: μm) を表します。

13.1.3 拡張セルマイアの分散式 (Extended Sellmeier Formulas)

標準的な Sellmeier 式 (式 13.2) を拡張するために、係数を追加する 2 つの形式があります。

Sellmeier 3:

$$n^2(\lambda) - 1 = \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2\lambda^2}{\lambda^2 - C_2} + \frac{B_3\lambda^2}{\lambda^2 - C_3} + \frac{B_4\lambda^2}{\lambda^2 - C_4} \quad (13.3)$$

Sellmeier 5:

$$n^2(\lambda) - 1 = \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2\lambda^2}{\lambda^2 - C_2} + \frac{B_3\lambda^2}{\lambda^2 - C_3} + \frac{B_4\lambda^2}{\lambda^2 - C_4} + \frac{B_5\lambda^2}{\lambda^2 - C_5} \quad (13.4)$$

ここで、 λ は波長 (単位: μm) を表します。

13.1.4 簡略化セルマイアの分散式 (Reduced Sellmeier Formulas)

Sellmeier 2:

$$n^2(\lambda) - 1 = A + \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2}{\lambda^2 - C_2} \quad (13.5)$$

Sellmeier 4:

$$n^2(\lambda) = A + \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2\lambda^2}{\lambda^2 - C_2} \quad (13.6)$$

ここで、 λ は波長 (単位: μm) を表します。

13.1.5 ニコンの分散式 (Nikon Dispersion Formula)

この形式はニコンによって使用されています。

$$n^2(\lambda) = A_0 + A_1 \cdot \lambda^2 + A_2 \cdot \lambda^4 + A_3 \cdot \lambda^{-2} + A_4 \cdot \lambda^{-4} + A_5 \cdot \lambda^{-6} + A_6 \cdot \lambda^{-8} + A_7 \cdot \lambda^{-10} + A_8 \cdot \lambda^{-12} \quad (13.7)$$

ここで、 λ は波長 (単位: μm) を表します。

13.1.6 ヘルツベルガーの分散式 (Herzberger Formula)

ヘルツベルガー方程式は、Sellmeier 項とべき級数項を組み合わせたものです。この方程式は最初、ガラスのために開発され、その後赤外線結晶材料にも適用されました。

$$n = A + \frac{B}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)} + \frac{C}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)^2} + D\lambda^2 + E\lambda^4 + F\lambda^6 \quad (13.8)$$

ここで、定数 $\lambda_0^2 = 0.028$ の選択は任意であり、すべての材料に適用されます。波長 λ は μm 単位で与えられます。

13.1.7 ハルトマンの分散式
(Hartmann Formula)

$$n = A_0 + \frac{A_1}{(A_2 - \lambda)^{1.2}} \quad (13.9)$$

波長 λ は μm 単位で与えられます。

13.1.8 コーシーの分散式
(Cauchy Formula)

$$n = A_0 + \frac{A_1}{\lambda^2} + \frac{A_2}{\lambda^4} \quad (13.10)$$

波長 λ は μm 単位で与えられます。

13.1.9 コンラディーの分散式
(Conrady Formula)

$$n = n_0 + \frac{A_1}{\lambda} + \frac{A_2}{\lambda^{3.5}} \quad (13.11)$$

波長 λ は μm 単位で与えられます。

13.1.10 光学ハンドブック 1 の分散式
(Handbook of Optics 1 Formula)

$$n^2 = A_0 + \frac{A_1}{(\lambda^2 - A_2)} - A_3\lambda^2 \quad (13.12)$$

波長 λ は μm 単位で与えられます。

13.1.11 光学ハンドブック 2 の分散式
(Handbook of Optics 2 Formula)

$$n^2 = A_0 + \frac{A_1 + \lambda^2}{(\lambda^2 - A_2)} - A_3\lambda^2 \quad (13.13)$$

波長 λ は μm 単位で与えられます。

13.1.12 主分散
(Primary Dispersion)

F 線と C 線に対応する波長での屈折率の差を、d 線の波長に基づいて測定したものを主分散と呼びます。これはアッペ数によって表されます。

$$\nu = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \quad (13.14)$$

ここで、 n_d は $0.5876\mu\text{m}$ における屈折率、 n_F は $0.4861\mu\text{m}$ における屈折率、 n_C は $0.6563\mu\text{m}$ における屈折率を表します。

13.1.13 部分分散比 (Partial Dispersion)

部分分散比は以下の比率で表されます。

$$P_{x,y} = \frac{n_x - n_y}{n_F - n_C} \quad (13.15)$$

ここで、 x と y は選択された2つの波長です。OpTaliX では、スペクトルの可視および近赤外部分で一般的に使用される部分分散比は次の通りです。

$$P_{g,F} = \frac{n_g - n_F}{n_F - n_C}, \quad P_{C,s} = \frac{n_C - n_s}{n_F - n_C} \quad (13.16)$$

13.2 dn/dT (温度による屈折率変化)

基本的な Schott モデルは、標準温度と圧力での屈折率からの絶対的な屈折率変化に使用されます。これは次式で表されます。

$$\frac{dn_{abs}(\lambda, T)}{dT} = \frac{n^2(\lambda, T_0) - 1}{2 \cdot n(\lambda, T_0)} \cdot \left(D_0 + 2 \cdot D_1 \cdot \Delta T + 3 \cdot D_2 \cdot \Delta T^2 + \frac{E_0 + 2 \cdot E_1 \cdot \Delta T}{\lambda^2 - \lambda_{TK}^2} \right) \quad (13.17)$$

次のように定義されます：

- T_0 = 基準温度 (20°C)
- T = 温度 (°C 単位)
- ΔT = T_0 に対する温度差
- λ = 真空中の波長 (μm 単位)
- λ_{TK} = 平均共鳴波長 (μm 単位)

一部のガラスメーカーは、離散的な点（波長や温度）でのみ dn/dT データを提供する場合があります。そのような場合、データは式 13.2 に従ってフィッティングされ、 dn/dT の連続的な表現を提供します。これにより、温度計算でカタログデータとの間に小さな（実質的に無視できる）差異が生じる場合があります。これは、 dn/dT (DNDDT) データをリストする際（[LIS DNDDT](#) コマンド、[ページ 199](#) を参照）や、レンズデータベース項目として [DNDDT](#) を照会する際（[ページ 507](#) を参照）に発生する可能性があります。

13.3 定義済みガラスカタログ (Pre-defined Glass Catalogues)

ガラスメーカーのガラスは、英数字コードで識別されます。このコード（文字列）は、ガラス名およびメーカーの略称（3文字の文字列）を含む場合があります。メーカーの略称とガラス名の両方が指定されている場合、それらはコロンで区切られます。一般的な構文は以下の通りです。

```
gla si..j [manuf:]name           メーカーのカタログからの英数字  
                                コード（最大64文字）を入力します。
```

例:

```
gla s1..3 BK7
gla s4 lak9
gla s2 sch:bk7
```

メーカーの略称は、メーカー名の最初の3文字から派生したもので、以下の表に示されています。

略称	ガラスメーカー
SCH	Schott 2000
SCO	Schott (旧カタログ)
OHA	Ohara
HOY	Hoya
COR	Corning
SUM	Sumita
CAR	Cargille (液体)
LPT	LightPath (Gradium ガラス)
GRT	GrinTech, Jena, 勾配屈折率ガラス
NSG	日本板硝子株式会社
GLC	Gradient Lens Corp.
CHI	中国カタログ
ARC	Archer OpTx
SPE	特殊材料 (赤外線、プラスチックなど)

ガラス名とメーカーの略称は大文字小文字を区別しません。例えば、BK7 と bk7 は同一のガラスとして扱われます。

13.4 ユーザー定義 (外部) ガラスカタログ (User-defined (external) Glass Catalogues)

OpTaliX は外部ガラスカタログを *OpTaliX* で使用される形式に変換する機能を提供します。現在、Zemax ガラスカタログ (拡張子 .agf) を *OpTaliX* 形式 (拡張子 .csv) に変換できます。ガラスカタログを変換するコマンドは表 13.2 に示されています：

CONVAGF agf_filename csv_filename vendor_string	Zemax AGF 形式のガラスカタログを OpTaliX CSV 形式に変換します。必要に応じて、フルパス情報を提供する必要があります。ファイル名に空白文字が含まれている場合は、アポストロフィで囲んでください。パラメーター vendor_string は最低3文字の文字列で、ベンダーを識別します (例：SCH は Schott、OHA は Ohara など)。
CONVAGF ?	上記と同様に、AGF ガラスカタログを変換します。クエスチョンマーク "?" は、ファイル名の対話的編集のためのダイアログボックスを呼び出します。

表 13.2. AGF ガラスカタログを変換するためのコマンド。

変換されたガラスカタログ (*OpTaliX* CSV 形式) は、**USER Glass Catalogues** ディレクトリに保存する必要があります。デフォルトでは、このディレクトリは C:\ProgramData\OpTaliX\glasscat\ です。このディレクトリは設定でのみ再定義できます。詳細はセクション 3 を参照してください。

警告: 外部ガラスカタログの変換は、*OpTaliX* に組み込まれているガラスカタログと競合を引き起こし、ガラス名の重複エントリが発生する可能性があります。これを避けるために、対応す

るガラスカタログを *OpTaliX* で無効にできます。これは、メインメニュー項目 Glass Manager
--> Select Glass Catalogues で行うか、コマンド LOAD GCAT ? を使用して行います。

例:

Zemax ガラスカタログ apel.agf を *OpTaliX* ガラスカタログ apel.csv に変換します。ガラスカタログはオプションのベンダー文字列 APEL で指定されます。convagf c:\temp\apel.agf
c:\ProgramData\OpTaliX\glasscat\apel.csv APEL

13.5 プライベートガラス (Private Glasses)

多くの場合、屈折率はガラス名を指定することで暗黙的に定義されます。屈折率はガラスカタログに保存された係数から計算されます。正しい屈折率を得るために、ガラス名以外のユーザー操作は必要ありません。ただし、場合によっては、正確な係数が利用できない場合や、*OpTaliX* に含まれていない材料のデータを入力するために、特定の波長に対して屈折率を明示的に入力する必要があります。

プライベートガラスを使用すると、独自のガラス名と関連する屈折率データを入力できます。プライベートガラスはメモリ内のレンズの一部であり、そのレンズにのみ適用されます。プライベートガラスデータはレンズデータと共に保存されます。

プライベートガラスは、ガラスマネージャーのセクション 24.9 (ページ 477) で説明されているメルトガラスと混同してはいけません。メルトガラスも波長/屈折率のペアで定義されますが、別のガラスカタログファイルに保存され、*OpTaliX* 環境内でグローバルに利用可能です。

プライベートガラスは現在のレンズにのみ保持されます。複数のレンズでプライベートガラスを使用できるようにするには、すべてのガラスに対するプライベートガラスコマンドを含むシーケンス (.SEQ ファイル) を作成し、各レンズでこのシーケンスを実行します。プライベートガラスは、面で指定される前に定義する必要があります。

プライベートガラスの定義は、以下の3つの方法で行うことができます。

- 波長と屈折率のペアを入力する方法
- ローレンツ (Laurent) 分散係数を使用する方法
- ガラスメーカーの Sellmeier 分散係数を使用する方法

13.5.1 波長データペアで定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Wavelength-Data Pairs)

すべてのプライベートガラスデータは、PRV コマンドと END コマンドで囲まれます。以下の例は、波長-屈折率データペアを使用してプライベートガラス (myBK7) を定義する方法を示しています。

```
PRV
PWL      0.435      0.479      0.547      0.587      0.656
'myBK7'  1.527      1.523      1.519      1.5168     1.514
END
```

13.5.2 ローレンツ (Laurent) 分散係数で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Laurent Dispersion Coefficients)

Laurent 係数を使用するプライベートガラスは、ガラス名、分散式の種類、および分散係数を入力することで定義されます。Laurent 分散式は、ガラス名の右側に LAU 指定子を使用します。

```
PRV
'myBK7' LAU A0 A1 A2 A3 A4 A5
END
```

LAU 係数の順序は式 13.1 に従います。

13.5.3 セルマイアの分散式で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Sellmeier Dispersion Coefficients)

Sellmeier 分散式は、ガラス名の右側に GMS (ガラスメーカーの Sellmeier) 指定子を使用します。

```
PRV
'myBK7' GMS B1 C1 B2 C2 B3 C3
END
```

GMS 係数の順序は式 13.2 に従います。

13.5.4 ハルトマンの分散係数で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Hartmann Dispersion Coefficients)

ハルトマン分散式は、ガラス名の右側に HAR 指定子を使用します。

```
PRV
'myBK7' HAR A0 A1 A2
END
```

HAR 係数の順序は式 13.9 に従います。

13.5.5 コーシーの分散係数で定義されたプライベートガラス (Private Glass defined by Cauchy Dispersion Coefficients)

コーシー分散式は、ガラス名の右側に CAU 指定子を使用します。

```
PRV
'myBK7' CAU A0 A1 A2
END
```

CAU 係数の順序は式 13.10 に従います。

これらのコマンドシーケンスは、マクロファイルに保存して RUN コマンドで実行することもできます。波長/屈折率ペアは、波長の昇順または降順に並べる必要はありません。波長値はマイクロメートル (*OpTaliX* のデフォルト) で指定する必要がありますが、Code V 互換性をサポートするためにナノメートルでも認識されます。波長データが > 100 の場合、ナノメートル (nm) として解釈され、それ以外はマイクロメートル (μm) として解釈されます。

プライベートガラスは、他のカタログガラスと同様に面で指定できますが、ガラス名をアポストロフィで囲む必要があります。例:

```
gla s2 'MYBK7'
```

また、プライベートガラスに付けられた名前は大文字小文字を区別することに注意してください。例えば、'MYBK7' と 'mybk7' は別々のガラスとして扱われます。

PRV	プライベートガラスの設定を開始します。この PRV コマンドに続いて、PWL コマンドや 'glass_name' の入力を受け付け、END コマンドで終了します。PRV ... END 環境内では、他の <i>OpTaliX</i> コマンドも使用できます。END コマンドについては以下を参照してください。
PWL wavel_1... wavel_20	波長 (単位: μm) を入力します。このコマンドは次の波長-屈折率データペアにのみ必要です。最大 20 個の波長を受け付けます。波長データはナノメートル (nm) でも入力可能で、Code V 互換性をサポートします。値が > 100 の場合はナノメートルとして解釈され、それ以外はマイクロメートル (μm) として解釈されます。 プライベート波長データは、システムデータで定義された計算に使用される波長を少なくともカバーする必要があります。必要に応じて補間が行われますが、範囲外の外挿は行われますが、精度は保証されません。
'glass_name' index_1... index_20	波長-屈折率データペアの場合 、ユーザー定義の 'glass_name' に対して、事前の PWL コマンドに対応する順序と数で最大 20 個の屈折率を入力します。'glass_name' がカタログガラスと一致する場合、カタログガラスが常に優先され、プライベートガラスデータは無視されます。
'glass_name' LAU GMS HAR CAU coeff_1... coeff_6	分散係数の場合 、ユーザー定義の 'glass_name' に対して最大 6 個の係数を入力します。'glass_name' がカタログガラスと一致する場合、カタログガラスが常に優先され、プライベートガラスデータは無視されます。
END	PRV で開始されたプライベートガラスデータのエントリを終了します。
IND sk [wk]	マクロやレンズデータベースクエリで、面 sk と波長番号 wk における屈折率を返します。wk を省略すると、基準波長での屈折率を返します。IND は直接屈折率指定にも使用できます (以下の廃止コマンドを参照)。
廃止されたコマンド:	
次のページに続く	

前のページからの続き	
IND sk si..j index_1... index_11	現在使用中の波長 (WL コマンドを参照) に対して、モデルに基づかない屈折率を直接指定します。面 sk si..j に入力された屈折率は、システム波長に対応している必要があります。必須のガラス名は 'PRI' (アポストロフィなし) である必要があります。このコマンドはまだ利用可能ですが、使用は推奨されません。上記の PRV - END 構造を使用してください。直接屈折率指定の問題は、波長が変更された場合 (例: WL コマンドや EDI CNF コマンドを使用) に発生します。この場合、面に割り当てられた屈折率データは更新されません。したがって、この波長と屈折率の関係を管理するのはユーザーの責任です。
GLA sk si..j PRI	直接屈折率指定を使用してプライベートガラスを定義します。屈折率はシステム波長に対応している必要があります。IND コマンドを使用して入力する必要があります。

プライベートガラスに関する一般的な注意事項:

既存のプライベートガラスと同じ名前で作成されたプライベートガラスは、指定されたガラスのデータを変更します。ガラス名がカタログガラスと一致するプライベートガラスの場合、カタログガラスが常に優先され、プライベートガラスデータは無視されます。

各システム波長における屈折率は、旧 Schott 式 (式 13.1 を参照) に従ってフィッティングされます。

**13.6 仮想ガラス
(Fictitious Glasses)**

実在するガラスは有限の種類しか存在しないのとは対照的に、仮想ガラスは連続的なガラスモデルで定義されており、理論上は無数の種類のガラスが利用可能です。仮想ガラスの分散は内部で定義されており、アッベ数 ν と部分分散 $P_{g,f}$ および $P_{C,s}$ に基づいています。仮想ガラスは以下の2つのパラメータで定義されます。

- d線 (波長 $\lambda = 587.56nm$) における屈折率 n_d
- アッベ数 (F線波長 $\lambda = 486.13nm$ および C線波長 $\lambda = 656.27nm$ における屈折率 n_F 、 n_C 、 n_d を用いて定義される値) (セクション 13.1.12 も参照)

仮想ガラスは以下の形式の数値文字列で表されます。

xxx.yyy ここで xxx = $n_d - 1$ および yyy = $10\nu_d$
 または: xxxyyy ここで xxx = $n_d - 1$ および yyy = $10\nu_d$
 or: x.xxxx:yy.y where x.xxxx = n_d and yy.y = ν_d

6桁の表記は MIL 番号 としても知られています。文字列の長さは10文字に制限されています。仮想ガラスは小数点 (文字列内の任意の位置) または最初の文字が数値であることで識別されます。そのため、小数点または数値を最初の文字として他のガラスコードに使用することはできません。仮想ガラスは汎用的であるため、屈折率や分散以外の特性は利用できません。仮想ガラスモデルは「可視」波長領域、すなわち 400nm から 700nm の間に制限されています。短波長および長波長への拡張は精度が低下する場合があります。

例:

GLA S3 514.642	面 3 に仮想ガラスを定義します。 $n_d = 1.514$ かつ $\nu_d = 64.2$
GLA S3 514642	SCHOTT コード番号 (MIL 番号) を入力して仮想ガラスを定義します。
GLA S3 2.1123:18.0	Extended form of defining a fictitious glass, especially needed for $n_d > 2$. Here: $n_d = 2.1123$ and $\nu_d = 18.0$.

注意:

- 仮想ガラス (または MIL 番号ガラス) は実在するガラスの近似です。定義によれば、仮想ガラスは可視範囲でのみ使用する必要があります。可視波長範囲外 (紫外線または赤外線) では、仮想ガラスモデルは精度が低くなるため、使用を避けるべきです。
- 仮想ガラスは、セクション 12.4 (ページ 220) で説明されているように、自動的に最も近い (通常の) カタログガラスに変換することができます。

13.7 特別な光学材料 (Special Materials)

「特別な光学材料」とは、プラスチック、結晶、液体、半導体などのすべての材料を指します。また、Schott Glass フィルターは特別なカタログに含まれています。SPECIAL カタログで使用されるデータは、さまざまな文献や材料メーカーのデータシートから取得されています。提供されている多くのデータは比較的不正確であるか、十分に小さいスペクトル間隔で測定されていない場合があります。また、文献間で体系的な違いが存在することもあります。測定の不確実性に加えて、多くのデータは 20°C 以外の温度で取得されています。そのため、システムが 20°C で解析される場合に、屈折率の基準が異なる温度であると、誤った結果を引き起こす可能性があります。ユーザーはこの点に注意する必要があります。

13.7.1 赤外領域の光学材料、プラスチック (Infra-red Materials, Plastics)

材料名	スペクトル範囲 (μm)	説明	参考文献
AIR	0.2 - 15	空気	Kohlrauch [28]、セクション 13.8 を参照、ページ 259。
AGCL	0.5 - 14	塩化銀	JOSA Vol.40, No.8, p.540
AGCL_IR	6.0 - 20.0	赤外帯域の塩化銀	JOSA Vol.40, No.8, p.540
ALON	0.4 - 2.3	アルミニウムオキシナイトライド (ALON) スピネル	光学ハンドブック、第 2 版、Vol2、1995 年
AMTIR1	7.0 - 12.0	$\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$	P.Klocek、赤外光学材料ハンドブック
AMTIR1A	1.5 - 12.0	$\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$	アモルファス材料、(www.amorphousmaterials.com)

continued on next page

<i>continued from previous page</i>			
AQUEOUS	0.36 - 1.1	眼球内媒質	Navarro ら、JOSA A、Vol2、No.8、pp.1274
AS2S3	1.0 - 9.0	硫化ヒ素	光学ハンドブック、1978年
B270	0.36 - 1.06	Desag フロートガラス、スーパーホワイト	Desag データシート
BAF2	0.4 - 10.0	フッ化バリウム	JOSA Vol.40、No.8、p.540
BATIO3	0.4 - 0.7	チタン酸バリウム (BaTiO ₃)	光学ハンドブック、第2版、Vol2、1995年
BGG	0.4 - 5.5	バリウムガロゲルマネートガラス	応用光学、Vol.41、No.7、2002年3月、pp.1366
CAF2	0.42 - 5.0	フッ化カルシウム	応用光学、Vol.2、No.11、p.1103
CAF2_IR	3.0 - 9.0	赤外帯域のフッ化カルシウム	応用光学、Vol.2、No.11、p.1103
CAF2_UV	0.15 - 2.0	紫外帯域のフッ化カルシウム	Schott Lithotec データシート
CAF2_VIS	0.365 - 1.06	可視帯域のフッ化カルシウム、補間精度向上	応用光学、Vol.2、No.11、p.1103
CERAM-Z	0.4 - 1.6	クリアセラム-Z	ゼロ膨張ガラスセラミックス、Ohara データシート
CERAM-ZHS	0.4 - 1.6	クリアセラム-Z HS	ゼロ膨張ガラスセラミックス、Ohara データシート
CDTE	1.0 - 30.3	テルル化カドミウム	Palik、光学定数ハンドブック、Academic Press 1985年
CLEARTRAN	0.45 - 10.0	”Cleartran” (水晶透明 ZnS)	Rohm & Haas Advanced Materials データシート (www.cvdmaterials.com)
COR9754	0.42 - 5.2	ゲルマネートガラス	Corning、フランス、データシート
CORNEA	0.36 - 1.1	眼球媒質	Navarro ら、JOSA A、Vol2、No.8、pp.1274
CSBR	0.5 - 22.0	臭化セシウム	米国標準局研究ジャーナル、Vol.51、No.3、1953年、p.123
CSJ	0.3 - 26.0	ヨウ化セシウム	JOSA、Vol.45、No.11、p.987
CSJ_IR	9.0 - 40	赤外帯域のヨウ化セシウム	JOSA、Vol.45、No.11、p.987
DIAMOND	0.3 - 20	CVD ダイヤモンド	ダイヤモンド材料、www.diamond-materials.com
EYELENS	0.36 - 1.1	眼球媒質	Navarro ら、JOSA A、Vol2、No.8、pp.1274
GASIR1	2.0 - 14.0	Ge ₂₂ As ₂₀ Se ₅₈	Umicore 技術データシート
GASIR2	2.0 - 14.0	Ge ₂₂ Sb ₁₅ Se ₆₅	Umicore 技術データシート
GERMANIUM	2.99 - 13.2	多結晶ゲルマニウム	JOSA、Vol.48、1958年8月、p.579、Salzberg & Villa
GE_POLY	2.99 - 13.2	多結晶ゲルマニウム	JOSA、Vol.48、1958年8月、p.579、Salzberg & Villa
GE_MONO	2.9 - 22.0	単結晶ゲルマニウム	JOSA、Vol.48、1958年8月、p.579、Salzberg & Villa
HERASIL	0.22 - 2.3	石英ガラス	Heraeus データシート

continued on next page

<i>continued from previous page</i>			
HOMOSIL	0.22 - 2.3	石英ガラス	Heraeus データシート
INFRASIL	0.22 - 2.3	石英ガラス	Heraeus データシート
IRG2	0.405 - 4.59	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRG3	0.656 - 4.59	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRG7	0.486 - 3.3	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRG9	0.404 - 3.3	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRGN6	0.486 - 3.3	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRG100	1.0 - 14.0	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRG11	0.58 - 4.59	カルコゲナイドガラス	Schott データシート
IRTRAN1	1.1 - 6.2	MgF ₂	P.Klocek、赤外光学材料ハンドブック
KBR	0.5 - 12.0	臭化カリウム	SPIE、Vol.400, p.141
KCL	0.5 - 12.0	塩化カリウム	SPIE、Vol.400, p.141
KRS5	1.0- 22.0	臭化ヨウ化タリウム	JOSA、Vol.46, No.11, p.956
LIF	0.19 - 5.5	フッ化リチウム	赤外ハンドブック、IRIA、William L. Wolfe
LIF_IR	5.0 - 11.0	赤外帯域のフッ化リチウム	物理学ハンドブック
LIF_UV	0.19 - 1.2	紫外帯域のフッ化リチウム	物理学ハンドブック
LU-MICERA	0.40 - 0.7	ルミセラ、透明セラミックス	村田製作所データシート、〒527-8558 滋賀県東近江市東沖野 4-4-1
MACROLON	0.36 - 1.06	”Bayer” の商標名	
MGF2	0.2 - 7.0	マグネシウムフルオライト、通常の屈折率、広いスペクトル範囲、Sellmeier 方程式	Appl.Optics, Vol.23, No.12, p.1980
MGF2_O	2.2 - 7.0	マグネシウムフルオライト、通常の屈折率	Appl.Optics, Vol.23, No.12, p.1980
MGF2_E	2.2 - 7.0	マグネシウムフルオライト、異常屈折率	Appl.Optics, Vol.23, No.12, p.1980
MGF2_VO	0.2 - 3.0	マグネシウムフルオライト	Appl.Optics, Vol.23, No.12, p.1980
MGO	0.5 - 5.1	酸化マグネシウム	E.D. Palik, Handbook of Optical Constants of Solids II
MGO_IR	2.5 - 5.55	酸化マグネシウム	E.D. Palik, Handbook of Optical Constants of Solids II
NACL	0.5 - 12.0	塩化ナトリウム	
NOA61	0.36 - 2.3	ノーランド接着剤セメント	Norland データシート
PBF2	0.4 - 10.0	フッ化鉛	
PMMA	0.36 - 1.06	ポリメチルメタクリレート (ルーサイト、プレキシガラス)	Photonics design and applications handbook, 1996
POLYCARB	0.36 - 1.06	ポリカーボネート (レキサン、マーロン)	Germanow Simon Corp. データシート

continued on next page

<i>continued from previous page</i>			
QUARTZ	0.2 - 3.5	融解石英	Suprasil に相当、Heraeus データシートからのデータ
QUARTZ_IR	0.9 - 3.4	融解石英	Heraeus データシート
SAPPHIRE	0.27 - 5.4	サファイア	JOSA, Vol.52, No.12, p.1377
SILICA	0.2 - 3.5	融解石英 (Suprasil)	Heraeus データシート
SILICON	2.43 - 11.2	シリコン	Applied Optics, Vol.19, No.24, pp.4130, (1980), Salzberg & Villa のデータ。これらのデータは Code V でも使用されているようです。
SILICON2	1.4 - 9.0	シリコン	Eagle Pitcher データシート
SILICON3	1.5 - 12.0	シリコン	H.H.Li, シリコンとゲルマニウムの屈折率およびその波長と温度の微分、J.Phys.Chem. Ref.Data, Vol.9, No.3, 1980
STYRENE	0.36 - 1.06	ポリスチレン (ダイレン、スチロン、ラスレックス)	Germanow Simon Corp. データシート
SUPRASIL	0.27 - 3.5	融解石英	Heraeus データシート
TGG	0.38 - 1.6	テルビウムガリウムガーネット	U.Schlarb, B. Sugg, "テルビウムガリウムガーネットの屈折率", physica status solidi (b) 182, K91 (1994)
TOPAS5013	0.4 - 1.07	環状オレフィン共重合体 (COC)	Ticona データシート
VACUUM	0.2 - 1.1	真空	F.Kohlrauch, "Praktische Physik", 1968, Vol.1, p.408
VITREOUS	0.36 - 1.1	眼球媒質	Navarro ら、JOSA A, Vol2., No.8, pp.1274
WATER	0.38 - 0.72	水	
WATER2	0.40 - 0.80	dn/dt データを含む水	R.C.Millard, G.Seaver [38]
SEAWATER	0.40 - 0.80	dn/dt データを含む海水	R.C.Millard, G.Seaver [38]
ZEONEX330R	0.36 - 0.80	環状オレフィンポリマー	Zeon-Europe
ZEONEXE48R	0.36 - 1.7	環状オレフィンポリマー	Zeon-Europe
ZEONEX480R	0.40 - 1.0	環状オレフィンポリマー	Zeon-Europe
ZERODUR	0.4 - 0.7	ゼロデュア	Schott データシート、および Schott TIE-43 "ゼロデュアの光学特性"
ZNS	0.4 - 0.8	硫化亜鉛、可視および中赤外 (商標名: Cleartran)	Morton データシート
ZNS_IR	3.0 - 12.0	硫化亜鉛、赤外	Morton データシート
ZNS_M	0.4 - 8.0	硫化亜鉛、多波長	Morton データシート
ZNS_M_IR	3.0 - 12.0	硫化亜鉛、多波長赤外	Morton データシート
ZNSE	0.54 - 10.2	セレン化亜鉛	Morton データシート
ZNSE_IR	7.8 - 18.2	セレン化亜鉛、赤外	Morton データシート

13.7.2 ショットフィルターガラス (Schott Filter Glasses)

BG3	FG03	GG385	KG01	NG01	OG515	RG09	UG01	VG06	WG225
BG4	FG13	GG395	KG02	NG03	OG530	RG610	UG05	VG09	WG280
BG7		GG400	KG03	NG04	OG550	RG630	UG11	VG14	WG295
BG12		GG420	KG04	NG05	OG570	RG645			WG305
BG18		GG435	KG05	NG09	OG590	RG665			WG320
BG20		GG455		NG10		RG695			
BG23		GG475		NG11		RG715			
BG24		GG495		NG12		RG780			
BG25						RG830			
BG26						RG850			
BG28						RG1000			
BG34									
BG36									
BG38									
BG39									
BG40									
BG42									

13.7.3 ショット放射線耐性ガラス (Schott Radiation Resistant Glasses)

高エネルギーの光子および粒子放射線の影響により、光学ガラスのスペクトル透過率が低下します。例えば、この効果は 10^3 rad (1.25 MeV) のガンマ線放射線で、ガラスの褐色化としてすでに観察されます。この色の変化の強度は、放射線の種類やその線量だけでなく、電離放射線のエネルギーにも依存します。

CeO_2 を添加することで、ガラスの着色に対する耐性が向上します。通常、着色が始まる閾値は約 10^6 rad に引き上げられますが、その代償として青色の透過率が低下します。

CeO_2 を添加したガラスの名前には、酸化セリウム量を示す2桁の数字とともに、文字 "G" が付加されます。例えば、BaK1 G12 は 1.2% の酸化セリウムを含むことを意味します。

Schott 社の利用可能な放射線耐性ガラス:

BK7G18	SSK5G06	BK7G25
LAK9G15	K5G20	LF5G15
BAK1G12	F2G12	SK4G13
SF5G10	SK5G06	SF6G05
SK10G10	SF8G07	KZFS4G20
GG375G34		

13.7.4 屈折率分布型ガラス (GRIN) (Gradient Index (GRIN) Glasses)

ガラスカタログには、日本板硝子 (NSG)、Gradient Lens Corporation (GLC)、および LightPath (LPT) による、半径方向および軸方向の屈折率分布を持つ光学材料が保存されています。以下の材料が利用可能です:

メーカー	コード	名称	z_{max}	n(587nm)	プロファイル	備考/製品コード
LightPath	LPT	G14SFN	5.800	1.8049	軸方向	
LightPath	LPT	G14SFP	5.800	1.6489	軸方向	
LightPath	LPT	G22SFN	9.100	1.7860	軸方向	
LightPath	LPT	G22SFP	9.100	1.6569	軸方向	
LightPath	LPT	G23SFN	9.400	1.7758	軸方向	
LightPath	LPT	G23SFP	9.400	1.6561	軸方向	
LightPath	LPT	G32SFN	12.100	1.7666	軸方向	
LightPath	LPT	G32SFP	12.100	1.6731	軸方向	
LightPath	LPT	G41SFN	12.10	1.7443	軸方向	
LightPath	LPT	G41SFP	12.10	1.6961	軸方向	
LightPath	LPT	G51SFN	14.800	1.7446	軸方向	
LightPath	LPT	G51SFP	14.800	1.6982	軸方向	
LightPath	LPT	G4LAKN	13.931	1.7384	軸方向	
LightPath	LPT	G4LAKP	13.931	1.6726	軸方向	
NSG	SEL	SLN20	-	1.5845	半径方向	
NSG	SEL	SLS10	-	1.5477	半径方向	
NSG	SEL	SLS20	-	1.5477	半径方向	
NSG	SEL	SLW10	-	1.5868	半径方向	
NSG	SEL	SLW18	-	1.5868	半径方向	
NSG	SEL	SLW20	-	1.5868	半径方向	
NSG	SEL	SLW30	-	1.5868	半径方向	
NSG	SEL	SLH18	-	1.6294	半径方向	
NSG	SEL	SLA06	-	1.5238	半径方向	
NSG	SEL	SLA09	-	1.5845	半径方向	
NSG	SEL	SLA12	-	1.5930	半径方向	
NSG	SEL	SLA06A	-	1.5238	半径方向	
NSG	SEL	SLA09A	-	1.5845	半径方向	
NSG	SEL	SLA12A	-	1.5900	半径方向	
NSG	SEL	SLA20A	-	1.6098	半径方向	
Gradient Lens	GLC	EG10	-	1.5204	半径方向	
Gradient Lens	GLC	EG20	-	1.5204	半径方向	
Gradient Lens	GLC	EG27	-	1.5204	半径方向	
Gradient Lens	GLC	EG31	-	1.5204	半径方向	

GrinTech ロッド: GrinTech 製品コードは短縮形式で表されます。'GT050'、'GT100'、または 'GT180' の文字列内の数字は焦点距離を示します (例: 050 = 0.5mm の焦点距離)。接尾記号は対象の波長を示します: 06 = 670nm、08 = 810nm、13 = 1310nm、15 = 1550nm。

Grintech	GRT	GT050-06	-	1.62885	半径方向	GT-LFRL-050-025-50-CC (670nm)
Grintech	GRT	GT100-06	-	1.62885	半径方向	GT-LFRL-100-025-50-CC (670nm)
Grintech	GRT	GT180-06	-	1.62885	半径方向	GT-LFRL-180-025-50-CC (670nm)
Grintech	GRT	GT050-08	-	1.623	半径方向	上記と同様、810nm で
Grintech	GRT	GT100-08	-	1.623	半径方向	上記と同様、810nm で
Grintech	GRT	GT180-08	-	1.623	半径方向	上記と同様、810nm で
Grintech	GRT	GT050-13	-	1.616	半径方向	上記と同様、1310nm で
Grintech	GRT	GT100-13	-	1.616	半径方向	上記と同様、1310nm で
Grintech	GRT	GT180-13	-	1.616	半径方向	上記と同様、1310nm で
Grintech	GRT	GT050-15	-	1.615	半径方向	上記と同様、1550nm で

次のページに続く

前のページからの続き

Grintech	GRT	GT100-15	-	1.615	半径方向	上記と同様、1550nm で 上記と同様、1550nm で
Grintech	GRT	GT180-15	-	1.615	半径方向	
Grintech	GRT	GT100	-	1.530	半径方向	
Grintech	GRT	GT180	-	1.530	半径方向	
			-			
Grintech	GRC	GC050-06	-	1.524	円筒方向	GT-LFCL-050-024-20 (670nm)
Grintech	GRC	GC100-06	-	1.524	円筒方向	GT-LFCL-100-024-20 (670nm)
Grintech	GRC	GC130-06	-	1.524	円筒方向	GT-LFCL-130-024-20 (670nm)
Grintech	GRC	GC050-08	-	1.624	円筒方向	GT-LFCL-050-024-50-CC (810)
Grintech	GRC	GC100-08	-	1.624	円筒方向	GT-LFCL-100-024-50-CC (810)
Grintech	GRC	GC130-08	-	1.624	円筒方向	GT-LFCL-130-024-50-CC (810)
Grintech	GRC	GC050-09	-	1.621	円筒方向	GT-LFCL-050-024-50-CC (940)
Grintech	GRC	GC100-09	-	1.621	円筒方向	GT-LFCL-050-024-50-CC (940)
Grintech	GRC	GC130-09	-	1.621	円筒方向	GT-LFCL-050-024-50-CC (940)

13.7.5 液体およびゲル (Liquids and Gels)

いくつかの特殊な光学液体が *Cargille Laboratories Inc.*[8] によって提供されており、ガラスデータベースに保存されています。これらは、メーカーの推奨に基づいて用途別に分類されています:

- 浸透液 : 浸透液は、透明および半透明材料の欠陥検出や、応力およびひずみ効果の検査を可能にします。
- レーザー用 : レーザー波長用の高透過率で高安定性の液体。
- EC シリーズ : 高屈折率、異常分散液体。安定性は低い。
- E, H, M シリーズ : 超高屈折率、毒性および腐食性あり。
- マッチング液 : 融解石英の屈折率に正確に一致し、その分散を近似する液体。
- ゲル : 光ファイバー用の光学結合ゲルで、内部反射を減少または排除するため、またはモードストリッピング用。

名称	用途	$n_D(589.3nm)$ at 20.0°C
CG1050_1	浸透液	1.400
CG1050_2	浸透液	1.425
CG1050_3	浸透液	1.458
CG5040_4	浸透液	1.475
CG5040_5	浸透液	1.500
CG5040_6	浸透液	1.535
CG5040_7	浸透液	1.570
CG4550	浸透液	1.452
CG433	レーザー用	1.295
CG3421_1	レーザー用	1.320
CG3421_2	レーザー用	1.400
CG1056_1	レーザー用	1.400
CG1056_2	レーザー用	1.455
CG5610	レーザー用	1.475
CG5763_1	レーザー用	1.600
CG5763_2	レーザー用	1.630

次のページに続く

前のページからの続き

CGEC_164	EC シリーズ	1.640
CGM_178	M シリーズ	1.780
CGH_181	H シリーズ	1.810
CGE_155	E シリーズ	1.550
CG50350	マッチング液	1.4587
CG06350	マッチング液	1.4587
CG0607	ゲル	1.457
CG0608	ゲル	1.457

液体の屈折率は温度に非常に依存することに注意が必要です。通常、液体の dn/dT 値は光学ガラスの約 100 倍大きいです。ガラスカタログに保存されている分散係数は常に 25.0°C に基づいています。

13.8 空気と真空 (Air, Vacuum)

OpTaliX には、2つの事前定義された光学「材料」、空気と真空があります。物理的には、空気の屈折率は通常温度 (20°C) および通常圧力 ($0.101325 \cdot 10^6$ パスカル) で $n_{air} = 1.000273$ です。しかし、標準的な慣習に従い、空気の屈折率はその真の値ではなく、1.0 と見なされます。このアプローチは、大多数の光学システムが通常の大気条件 (海面高度) で設計および使用されるため、正当化されます。さらに、すべての標準ガラスカタログは、屈折率を 1.0 を基準として表しています。真空で使用される設計は非常に少数です。したがって、媒質「空気」を入力すると、指定されたすべての波長に対して屈折率は一律に 1.000 に設定されます。

空気の屈折率は、標準的な物理モデルに従って温度と圧力によって変化します。波長依存性も考慮した良い近似は以下の通りです [28, 48] :

$$n_{Air}(\lambda, T, p) = 1 + \frac{n_{Air}(\lambda, 15C, p_0) - 1}{1 + 3.4785 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 15)} \cdot \frac{p}{p_0} \quad (13.18)$$

$$n_{Air}(\lambda, 15degC, p_0) = 1 + \left\{ 6432.8 + \frac{2949810 \cdot \lambda^2}{146 \cdot \lambda^2 - 1} + \frac{25540 \cdot \lambda^2}{41 \cdot \lambda^2 - 1} \right\} \cdot 10^{-8} \quad (13.19)$$

以下の変数を使用します :

- p_0 = $0.101325 \cdot 10^6$ Pa (通常圧力、パスカル単位)
- p = 空気の圧力 (パスカル単位)
- λ = 真空中の波長 (μm 単位)
- T = 温度 (°C 単位)

空気の屈折率の温度依存性は以下の式で与えられます [48] :

$$\frac{dn_{Air}(\lambda, T)}{dT} = -0.00367 \cdot \frac{n_{Air}(\lambda, T, p) - 1}{1 + 0.00367 \cdot T} \quad (13.20)$$

13.9 屈折率および分散のオフセット (Index and Dispersion Offsets)

屈折率および分散のオフセットは、事前定義されたカタログ材料および仮想材料に適用できます。これらは DNO および DVO コマンドで入力されます:

DNO delta_ind	屈折率のオフセット。
DVO delta_nue	分散のオフセット。値 delta_nue はアッベ数 ν_d (V 値とも呼ばれる) を絶対値で示します。例: Schott BK7 の ν_d 値は 64.17 です。分散オフセット DVO 3.0 は、新しい分散 $\nu_d = 67.17$ を生じさせます。特殊材料 (例: 赤外線材料) の場合、DVO を指定する際には実際の合成 ν 値を考慮する必要があります。以下の仮想ガラスモデルのオプションも参照してください。
DVOM 1 2	DVO コマンドで使用される分散オフセットの計算モデルを定義します。例: DVOM 1 : 分散オフセットは、部分分散ガラス図に定義されたアッベ標準線に正確に基づいて計算されます (セクション 24.3、またはコマンド NFNC を参照)。ガラスの異常分散が存在する場合、それは無視されます。 DVOM 2 : DVO 分散オフセットを適用する際に、特殊ガラスの異常分散特性が維持されます。

DNO および DVO コマンドは慎重に適用する必要があります。これらの n および ν オフセットは標準 MIL ガラス (すなわち、Schott ガラス図「nd- ν d ダイアグラム」のいわゆるアッベ標準線に準拠) に基づいています。これらは通常、多くのガラスの異常分散特性を考慮しません。さらに、DNO および DVO は最適化中に変数として使用でき、屈折率および分散を変化させることができます。

DNO および DVO オフセットが割り当てられた名前付きカタログガラスは、面エディタで赤色で表示されます。(LIS) による出力では、ガラス名の後にアスタリスクが付加されます。例は図 13.1 および以下のリストに示されています。

	TYPE	Radius	Distance	GLASS	APE-Y	Shape	Gb	THR
OBJ	S	0.0000000	0.100000E+21		0.00	circular	0	0.00000
STO	S	131.159656	5.000000	BK7*	15.03	circular	0	0.00000
2	S	-150.801750	1.531507		14.94	circular	0	0.00000
3	S	-134.009137	3.000000	SF6	14.80	circular	0	0.00000
4	S	-254.134006	213.0849		14.80	circular	0	0.00000
IMG	S	0.0000000	-0.3305800E-01		5.26	circular	0	0.00000

図 13.1. DNO、DVO オフセットが割り当てられたガラスは赤色で表示されます。

#	TYPE	RADIUS	DISTANCE	GLASS	INDEX	APE-Y	AP	CP	DP	TP	MP	GLB
OBJ	S	Infinity	0.100000E+21		1.000000	0.00	C	0	0	0	0	0
STO>	S	131.1597	5.00000	BK7*	1.520304	15.03	C	0	0	0	0	0
2	S	-150.8018	1.53151		1.000000	14.94	C	0	0	0	0	0
3	S	-134.0091	3.00000	SF6	1.812665	14.80	C	0	0	0	0	0
4	S	-254.1340	213.03629		1.000000	14.80	C	0	0	0	0	0
IMG	S	Infinity			1.000000	5.26	C	0	0	0	0	0

GLASS OFFSETS:

#	DNO Index-offset	DVO Nue-offset	PG0 P(g,F)-offset	PC0 P(C,s)-offset	MIL-Code
1	0.001500000	-2.347000000	0.000000000	0.000000000	5183.6181

13.10 部分分散のオフセット (Partial Dispersion Offsets)

部分分散オフセットは、実在するガラスまたは仮想ガラスの異常分散特性をシミュレーションすることを可能にします。入力される値がオフセットであるため、PGO および PCO は以下を指します：

- 実在するガラスの場合（つまり、カタログにあるガラス）、実際の部分分散
- 仮想ガラスの場合、アッベ標準線

部分分散オフセットは、屈折率分布型ガラス（GRIN）には適用できないことに注意してください。

コマンド構文:

PGO delta_P(g,F)	部分分散 $P_{(g,F)}$ の名目値（カタログ値）からのオフセット、仮想ガラスの場合はアッベ標準線からのオフセット量を指定します。
PCO delta_P(C,s)	部分分散 $P_{(C,s)}$ の名目値（カタログ値）からのオフセット、仮想ガラスの場合はアッベ標準線からのオフセット量を指定します。

第14章

結像評価 – Image Evaluation –

14.1 幾何光学的解析 (Geometrical Analysis)

14.1.1 近軸解析 (Paraxial Analysis)

標準的な近軸量の一覧は、[LIS コマンド \(199 ページを参照\)](#) によって出力されます。これらの量は、[図 14.1](#) に示されているように、レンズ系全体にわたる特性を出力します。また、近軸量は、表に記載されているように、面の範囲 (si..j) またはズーム範囲 (zi..j) を指定することで所望の範囲に対する特性値だけを取得することも可能です。

FIR	焦点距離、倍率などの近軸量（一次特性値）を評価します。
EFL [si..j wi..j zi..j]	面の範囲またはズーム位置の範囲に対して等価焦点距離を取得します。パラメータが指定されていない場合、システム全体の EFL が参照波長で、すべてのズーム位置に対して返されます。 例: EFL ! 参照波長での焦点距離、すべてのズーム位置 EFL z1 ! 参照波長での焦点距離、ズーム位置 1 EFL s1..4 z2 ! 面 1-4、ズーム位置 2、波長 3 での焦点距離。 w3
BFL [wk wi..j zi..j]	後焦点距離（最後の面から像面までの距離） 使用された共役点で 。オプションは波長番号 i から j、ズーム位置 i から j に対応します。波長修飾子 (wk) が省略された場合、BFL は参照波長で返されます。
SEP [zi..j]	入射瞳の位置を最初の面に基づいて評価します（未実装）。
SAP [zi..j]	射出瞳の位置を最後の面に基づいて評価します。ズーム位置 zi..j でオプション。
	次のページに続く

前のページから続く	
SAPI [zi..j]	射出瞳の位置の逆数を評価します。つまり、 $SAPI = 1/SAP$ 。この機能は、射出瞳の位置が無限大に近づく最適化でとくに有用であり、SAP 関数が不連続になる場合があります。ズーム位置 zi..j はオプションです。
PRD [zi..j]	瞳間距離、すなわち入射瞳と射出瞳の間の軸方向距離を評価します。ズーム位置 zi..j でオプション。
PRDI [zi..j]	瞳間距離の逆数を評価します。つまり、 $PRDI = 1/PRD$ 。この機能は、入射瞳と射出瞳の距離が無限大に近づく最適化でとくに有用であり、PRD 関数が不連続になる場合があります。
OAL si..j zi..j	全長：ズーム位置 zi..j で面 si..j 間の中心厚さ。パラメーターが指定されていない場合、OAL のデフォルト設定は、無限遠物体の場合は最初の面から像まで、有限物体の場合は物体から像面までの距離です。
OBD object_distance	物体距離。これは、システム内の物体面から最初の面までの分離距離です。
SYL si..j	システム長 (=厚さの合計) を面範囲 si..j について評価します。面範囲が指定されていない場合、最初の面から最後の面 (物体と像を除く) が仮定されます。
OID [si..j]	軸方向距離。物体面から像面までの軸方向距離を計算します。面範囲 si..j が指定されている場合、面 si..j 間の軸方向距離が計算されます。無限遠物体の場合、最初の面から像面までが仮定されます。注：以前使用されていたコマンド OOS は廃止されましたが、後方互換性のために保持されています。
SH1 [si..j] [zi..j]	指定された面 si..j の最初の (前) 主平面の位置を評価します。si..j が省略された場合、システム全体の最初の主平面が計算されます。
SH2 [si..j] [zi..j]	指定された面 si..j の第二 (後) 主平面の位置を評価します。si..j を省略した場合には、システム全体の第二 (後) 主平面を計算します。
関連コマンド	
UMY si..j zi..j	周辺絞り光線の近軸方向角度 (125 ページ参照)。
HMY si..j zi..j	周辺絞り光線の refref 近軸高さ (125 ページ参照)。
UCY si..j zi..j	主光線の近軸方向角度。125 ページ参照。
HCY si..j zi..j	主光線の近軸高さ。125 ページ参照。

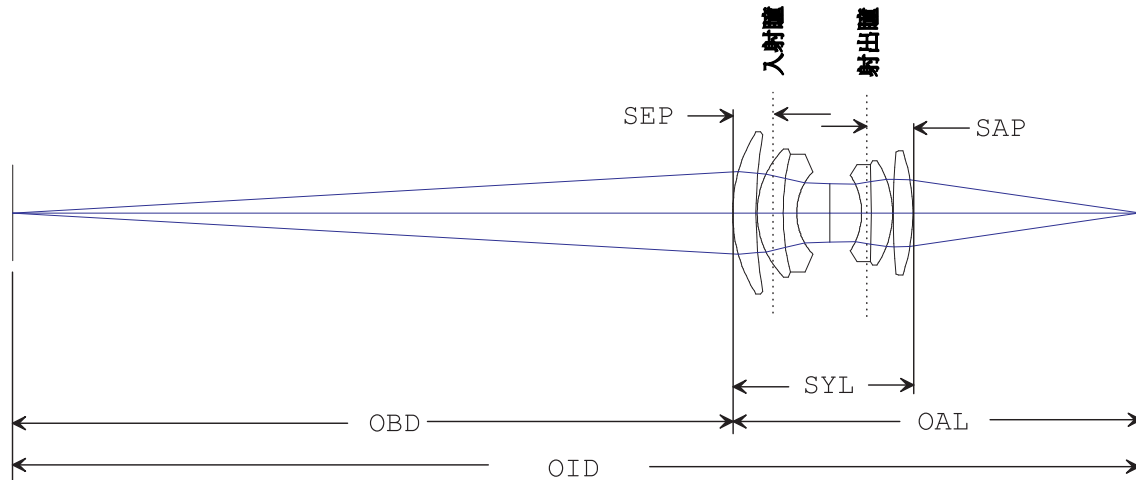


図 14.1. システムデータの定義

14.1.2 単光線追跡 (Single Ray Tracing)

レンズ系内を通過する光線のうち、着目する単一の光線を追跡することを単光線追跡と呼びます。単光線追跡を行うには、以下のコマンドを使用します：

```
sin [ si..j | gk | wi..j | zi..j | fi..j ] ape_absX ape_absY
```

または

```
rsi [ si..j | gk | wi..j | zi..j | fi..j ] ape_relX ape_relY
```

'sin' コマンドは、レンズ系の入射瞳における絶対座標を指定して単一の光線を追跡します。一方、'rsi' コマンドは、レンズ系の入射瞳における相対座標を基に単一の光線を追跡します。オプションのパラメーターとして、指定されたズーム位置、波長、視野、面範囲、および開口を設定できます。各面での光線座標は、各面のローカル座標系（すなわち面頂点）に対して相対的に計算されます。

グローバル参照面 gk を指定すると、gk の座標系に基づいた光線座標が出力されます。グローバル座標が有効化されている場合 (GLO コマンドを参照)、光線座標は GLO コマンドで指定された面の座標系に基づきます。

グローバル座標出力に関する注意:

GLO sk コマンドは永続的なコマンドです。一度 GLO sk が指定されると、すべての光線座標は常に面 sk に基づいて参照されます。GLO N を指定すると、グローバル座標出力が無効になります。一方、rsi gk コマンド (または sin gk コマンド) では、グローバル出力はその特定のコマンドにのみ有効であり、GLO Y|N|sk の設定に関係なく動作します。

瞳座標の定義:

- ape_relX X 方向の入射瞳座標 (瞳 X 半径の割合)。値は -1 から +1 の間。
- ape_relY Y 方向の入射瞳座標 (瞳 Y 半径の割合)。値は -1 から +1 の間。
- ape_absX X 方向の入射瞳座標 (絶対座標)。値は mm 単位の絶対値。
- ape_absY Y 方向の入射瞳座標 (絶対座標)。値は mm 単位の絶対値。

例:

<code>rsi f1 w1 g3 0 1</code>	視野 1、波長 1 でのマージナル光線。グローバル光線座標は面 3 に基づく。
<code>rsi f1 w1 0 1</code>	視野 1、波長 1 でのマージナル光線。光線座標はローカル面座標に基づく。
<code>sin f1 w1 0 15</code>	視野 1、波長 1 での絶対入射瞳座標 (X/Y = 0/15) におけるマージナル光線。光線座標はローカル面座標に基づく。

14.1.3 光線エイミング (Ray Aiming)

`aim si [wi..j | zi..j | fi..j] ape_relX ape_rely`

指定された面 `si` において、特定の (相対的な) 開口座標に光線が到達するように調整します。また、指定されたズーム位置、波長、および視野に基づいて調整を行います。各面での光線座標は、各面のローカル座標系に対して相対的に計算されます。グローバル座標が有効化されている場合 (GLO コマンドを参照)、光線座標は GLO コマンドで指定された面の座標系に基づきます。

14.1.4 単光線縦収差 (Single Ray Longitudinal Aberration)

<code>LAX [wi..j zi..j fi..j] ape_relX ape_rely</code>	単一光線の X 平面 (サジタル面) における縦収差を計算します。この収差は常に像面を基準として計算されます。
<code>LAY [wi..j zi..j fi..j] ape_relX ape_rely</code>	単一光線の Y 平面 (タンジェンシャル面) における縦収差を計算します。この収差は常に像面を基準として計算されます。

注意:

縦収差は光軸に沿った収差として定義されます。`ape_relX = 0` および `ape_rely = 0`、すなわち開口の中心を通過する光線の場合、LAX および LAY は指定された視野および波長におけるサジタルおよびタンジェンシャル非点収差に対応します。

14.1.5 ファン収差曲線 (Fan Aberration Curves (RIM Rays))

ファン光線は、瞳全体にわたってタンジェンシャル方向またはサジタル方向に (扇子/ファンの骨組みを広げるように) 追跡されます。収差は、横収差、縦収差、光路差としてプロットすることもできます。

<code>FAN [scale ?]</code>	ファン光線の横収差。オプションのパラメーター "scale" はプロットの収差スケールを設定します。指定されていない場合、前回のスケール値が使用されます。"? " はプロットスケールを入力するダイアログボックスを呼び出します。
次のページに続く	

前のページから続く	
RIM [scale ?]	上記と同様ですが、CODE V との互換性モードとして実装されています。
FANL [scale ?]	ファン光線の縦収差。オプションのパラメーター"scale"はプロットの収差スケールを設定します。指定されていない場合、前回のスケール値が使用されます。"? "はプロットスケールを入力するダイアログボックスを呼び出します。
OPDFAN [scale ?]	光路差 (OPD)。収差は基準波長の分数 (波単位) で示されます。オプションのパラメーター"scale"はプロットの収差スケールを設定します。指定されていない場合、前回のスケール値が使用されます。"? "はプロットスケールを入力するダイアログボックスを呼び出します。

ファン収差表示における瞳軸、すなわち相対的な瞳座標を表す軸は、ユーザーの好みに応じて水平または垂直に表示できます。この動作は、プログラム設定で設定できます (36 ページを参照)。メインメニューの *File* → *Preferences* を選択し、操作タブで「Align ray fan curves horizontally」をチェックまたはチェック解除してください。

14.1.6 スポットダイアグラム (Spot Diagrams)

スポットダイアグラムは、単一の物体点からでた光線を光学系の瞳面上で等間隔に分割した格子に基づいて光線追跡し、それらの光線が光学系を通過した際に生じる像面上の交点 (横収差) を図に示します。回折は無視されます。追跡される光線の数、入射瞳内の格子 (グリッド) のサイズの二乗にほぼ比例します。このグリッドは *NRD* コマンド (66 ページ参照) で定義されます。NRD を増加させるとスポットの精度が向上しますが、計算時間も増加します。

スポットダイアグラムは、視野、波長、またはズーム位置の関数として表示できます。オプションパラメータ「?」は、プロットスケール、すなわち収差が表示されるスケールを変更するダイアログボックスを呼び出します。また、プロットスケールを追加のパラメータとして明示的に指定することも可能で、これはマクロ言語で実行する際に便利です。

SPO [plot_scale]	視野に対するスポットダイアグラム。これがデフォルトです。
SPO FLD [?] [plot_scale]	
SPO LAM [?] [plot_scale]	波長 (色) に対するスポットダイアグラム
SPO THF [?] [plot_scale] [def_range]	焦点を通過するスポットダイアグラム。plot_scale はプロット内の収差ボックスのサイズで、def_range は光軸に沿った土デフォーカス範囲です。
SPO RIS [?] [plot_scale]	面上の光線交点をプロットします。セクション 14.1.8 も参照してください。
SPO ZOO [?] [plot_scale]	ズーム位置に対するスポットダイアグラム
次のページに続く	

前のページから続く	
SPO FF [?] [plot_scale] [num_fields]	視野全体にわたるスポットダイアグラムの配列をプロットします。plot_scale はスポットの収差スケール、num_fields は X 方向および Y 方向の視野点数 (デフォルト=3) です。 例: spo ff 0.02 5! 5x5 のスポット配列をプロット、スケールは 0.02mm
SPR [fi..j, wi..j, zi..j] SPD [fi..j, wi..j, zi..j]	rms スポット半径 (SPR) または rms スポット直径を視野 fi..j、波長 wi..j、ズーム位置 zi..j で評価します。結果は数値で表示されます。
SPR FLD [plot_scale] [?]	視野に対する rms スポット直径をプロットします。ズームシステムの場合、現在選択されているズーム位置 (POS コマンドを参照) が使用されます。視野定義の最大値が使用されます。質問マーク「?」はプロットスケール、X または Y 視野の設定、主光線またはスポット重心への参照を入力するダイアログボックスを呼び出します。
SPR LAM plot_scale [fi..j] [?]	波長 (LAM は λ を表す) に対する rms スポット直径を視野 fi..j でプロットします。ズームシステムの場合、現在選択されているズーム位置 (POS コマンドを参照) が使用されます。波長範囲は、使用される最小および最大波長によって定義されます (WL コマンドを参照)。質問マーク「?」は X または Y 視野の設定、主光線またはスポット重心への参照を設定するためのダイアログボックスを呼び出します。 将来のリリースで実装されます!
SPO [fi..j wi..j zi..j] FILE file_name	スポット収差を ASCII ファイルに書き出します。グラフィック出力は生成されません。修飾子「FILE」は必須です。file_name が省略された場合、ユーザーにファイル名が求められます。ファイル名にはデフォルトの拡張子はありません。スポット収差は以下の列を持つ固定フォーマットで書き出されます: pos field colour X-abe Y-abe ここで pos = ズーム位置番号 (整数)、 field = 視野番号 (整数)、 colour = 波長番号 (整数)、 X-abe = 主光線に対する X 収差、 Y-abe = 主光線に対する Y 収差。
次のページに続く	

前のページから続く	
SPMS marker_size	スポットダイアグラムで使用されるマーカーのサイズを一時的に調整します。マーカーサイズは、標準 A4 用紙のサイズに基づくプロット単位 (mm 単位) で定義されます。デフォルトのスポットマーカーサイズは 0.5mm です。スポットマーカーサイズは、設定セクションの「その他」タブで事前定義されています。
IFO incr_in_focus	焦点位置の増分

14.1.7 スポットダイアグラムの重心 (Spot Gravity Center)

このオプションは、光学系で定義されたすべての視野および波長に対して、幾何光学的スポットダイアグラムの重心を計算します。

XGR [fi..j wi..j] YGR [fi..j wi..j]	像面上のスポットダイアグラム重心の X 座標および Y 座標を計算します。XGR と YGR は、像の重心を報告する際には機能的に同一ですが、最適化、ユーザー定義のグラフィック、または公差解析で使用する場合には、X 座標と Y 座標の区別が必要です。この解析には波長の重み付けの影響が含まれます (WTW コマンド、63 ページ参照)。
--	--

コマンド例:

ygr f3

このコマンドは、テキストウィンドウ”Text Window”に以下の出力を生成します:

Field	Wavel.	Rel.Wgt	X-Grav.	Y-Grav.	rel.Grav-X	rel.Grav-Y
3	0.54600	1.00	0.000000	18.147916	0.000000	-0.002189
3	0.45000	1.00	0.000000	18.141295	0.000000	-0.008810
3	0.65000	1.00	0.000000	18.146546	0.000000	-0.003559
Weighted gravity center:			0.000000	18.145252	0.000000	-0.004853

「X-Grav.」および「Y-Grav」列は、像面上の絶対重心座標を像面の頂点に基づいて示しています。「rel.Grav-X」および「rel.Grav-Y」列は、基準波長での主光線座標に基づいた重心を示しています。

14.1.8 面上の光線交点プロット (Surface Ray Intersection Plot)

入射瞳内で均等に間隔を取った光線の格子 (グリッド) を光学系を通して追跡し、指定された面上でのすべての光線の交点をプロットします。図 14.2 を参照してください。すべての視野、波長、およびズーム位置が表されます。ビネット (口径食、ケラレ現象) された光線は描画されません。どの面でビネットが発生したかに関係なく、指定された面での光線の通過範囲の状況が示されます。格子内の光線の数、NRD コマンドによって定義されます。光線交点プロットは、フットプリント解析 (451 ページ参照) と機能的に同等であり、どちらも光線が使用する面上の領域を示します。光線交点プロットは、遮蔽の影響も考慮するため、より一般的です。ただし、光線の有限な離散的サンプリング間隔のため、ビームの正確な境界を決定することはできません。正確なビーム境界が必要な場合は、フットプリントオプションを使用してください。

<pre>SPO RIS [sk plot_extent ?]</pre>	<p>面 sk 上の光線交点をプロットします。sk が指定されていない場合、デフォルト（面 1）が最初のプロットで使用されます。繰り返しプロットの場合、前回指定された面が使用されます。パラメータ plot_extent はオプションで、表示される最大領域を定義します。plot_extent が指定されていない場合や値がゼロの場合、sk 上のプロット範囲が自動的に決定されます。ただし、以前のプロットでプロット範囲がすでに決定されている場合を除きます。光線は参照波長でのみ追跡されます。</p>
---	---

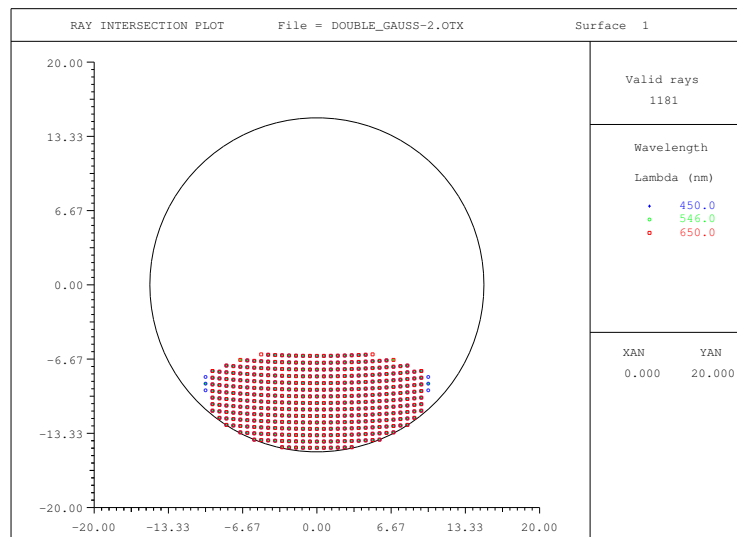


図 14.2. 光線交点プロット。面上で使用される領域を示します。ここでは単一視野の場合を示しています。

14.1.9 瞳強度マップ (Pupil Intensity Map)

瞳強度マップは、指定された視野、波長、およびズーム位置に対して、光学系の射出瞳内の強度分布を計算します。通常、射出瞳全体の強度分布は均一ですが、バルク材料（光学部品の素材）の吸収や光学面での反射損失などの影響により、瞳内の光強度に空間的な変動が生じることがあります。この文脈では、光学系の瞳の非均一な照明は**アポダイゼーション**と見なされる場合があります。この効果を引き起こす他の要因としては、**強度フィルタ**（INT コマンド、158 ページ参照）、光学面のコーティング（干渉計ファイルから読み込まれる）、または光源自体の非均一な特性があります。例えば、レーザービームは通常ガウス強度分布を示し、これにより光学系の瞳内の有効な強度分布が変更されます。

要約すると、瞳強度プロットには以下の影響が含まれます：

- 瞳アポダイゼーション（システム設定ダイアログまたは PUI コマンドで定義、67 ページ参照）、
- 偏光または透過（POL および TRA コマンド、371 および 363 ページ参照）、
- 強度フィルタ（INT 形式参照）、

- コーティングおよび非均一なコーティング厚さの変動 (CTV 参照)。

瞳強度プロットは、射出瞳内の強度分布を制御するために使用されます。これは重要な機能であり、システム透過率の変動が画像性能に影響を与えるためです。例えば、ほとんどの光学系の点広がり関数 (PSF) は、瞳内の位相と振幅 (複素場) のフーリエ変換によって計算されます。振幅変調がある場合、PSF の形状が変化することは明らかです。

瞳強度マップは、光学系全体を通して光線束を追跡し、上記の影響による各光線の強度減少を監視することで得られます。

瞳強度プロットは以下のコマンドで作成されます：

<pre>PMA zk fk wk [WIR GRY FAL CON XY ?]</pre>	<p>瞳マップ。視野番号 fk、波長番号 wk、ズーム位置 zk でシステム瞳全体の強度分布をプロットします。プロットはワイヤグリッド (WIR、デフォルト)、グレーレベル (GRY)、疑似カラー (FAL)、等高線プロット (CON)、または XY スライス (XY) として表示できます。</p>
--	--

コマンド "PMA ?" (引用符なし) は、プロットパラメータを編集するためのダイアログボックスを呼び出します：

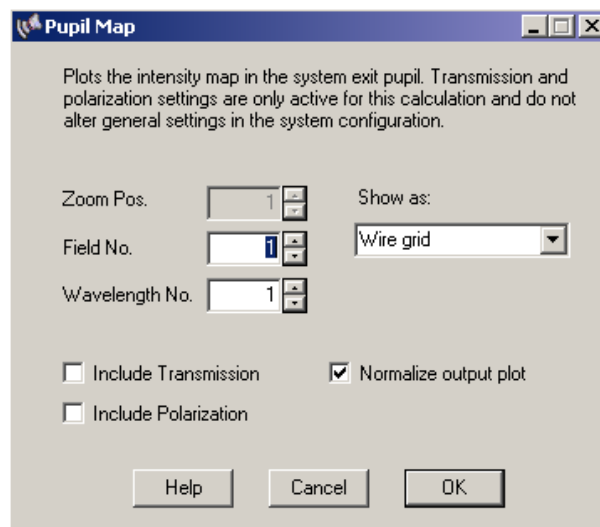


図 14.3. 瞳強度プロットパラメータを編集するためのダイアログボックス。

特定の視野、波長、およびズーム位置のセットに対して、1つのプロットを生成できます。チェックボックス「include transmission」および「include polarization」は、特定のプロットに対してのみ設定を上書きすることを可能にします。例えば、「include transmission」オプションのチェックを外すと、透過解析 (TRA yes|no コマンド参照) が指定されていても、瞳強度プロットでの透過効果は無視します。言い換えれば、このダイアログボックスでの設定は一時的なものであり、システム構成設定データには影響を与えません。

以下の図 (14.4 から 14.6) は、瞳強度マップのさまざまな表現を示しています。

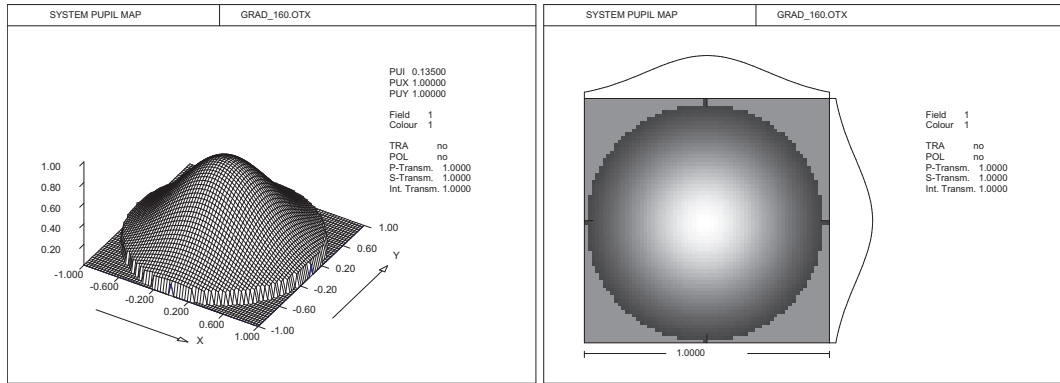


図 14.4. 瞳強度マップをワイヤグリッド (WIR) およびグレースケール (GRY) で表現した例。
 左：ワイヤグリッドプロット、コマンド：PMA z1 f2 w3 WIR、
 右：グレースケールプロット、コマンド：PMA z1 f2 w3 GRY

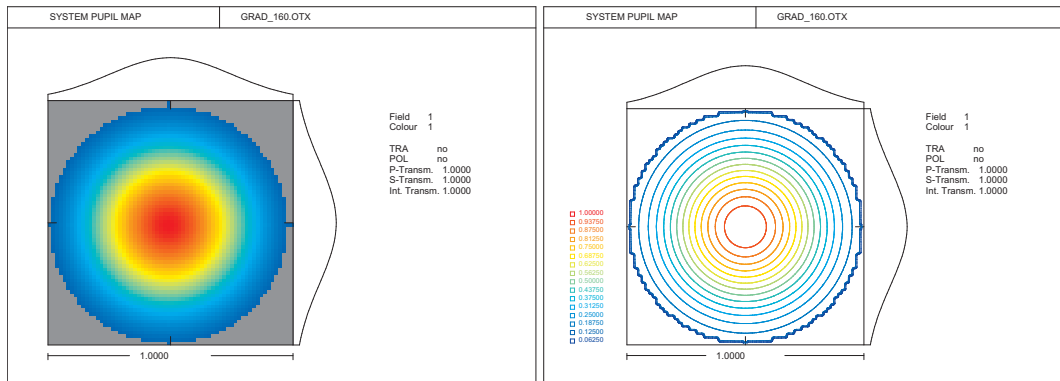


図 14.5. 瞳強度マップを疑似カラー (FAL) および等高線 (CON) で表現した例。
 左：疑似カラープロット、コマンド：PMA z1 f2 w3 FAL
 右：等高線プロット、コマンド：PMA z1 f2 w3 CON

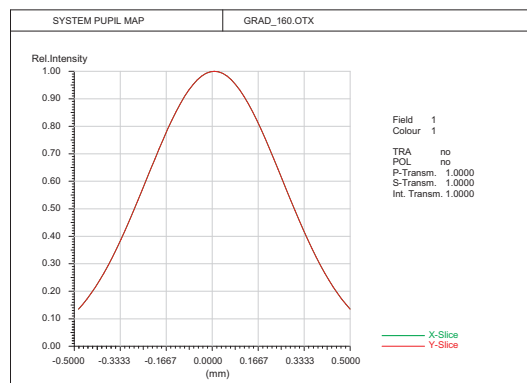


図 14.6. 瞳強度マップを XY スライス (XY) で表現した例。
 コマンド：PMA z1 f2 w3 XY

14.1.10 歪曲収差
(Distortion)

歪曲収差は、実際の像の座標を近軸像の座標に関連付けて表現されます。これはパーセント (%) で示され、主光線歪曲またはスポット重心歪曲として解析されることがあります。

$$D = \frac{y_{chief_ray} - y_{paraxial}}{y_{paraxial}} \cdot 100 \quad (14.1)$$

$$D = \frac{y_{gravity} - y_{paraxial}}{y_{paraxial}} \cdot 100 \quad (14.2)$$

ここで、

- y_{chief_ray} = 実際の主光線の像高
- $y_{gravity}$ = スポット重心の像高
- $y_{paraxial}$ = 近軸像高 (歪曲のない像高として期待される値)

歪曲は常にパーセント (%) で示されます。近軸像高 $y_{paraxial}$ は以下の2つの方法で計算されます：

$y_{paraxial} = \tan(w) \cdot EFL$ 通常の光学系の場合、像座標は視野角の正接 (タンジェント) に比例します。

$y_{paraxial} = w \cdot EFL$ F-Theta システムの場合、視野座標は視野角 (ラジアン単位) に比例します。この定義はポリゴンミラーと組み合わせたスキャニングシステムで広く使用されます。

アフォーカル光学系 (すなわち物体と像が無限遠にある場合) は、上記の歪曲収差定義式では適切に記述されません。この場合、出射光線の基準となる角度 (歪曲のない角度) からの角度偏差として角度歪曲を定義する方が適切です。

$$D_{\alpha} = \frac{\alpha_{real} - \alpha_{paraxial}}{\alpha_{paraxial}} \cdot 100 \quad (14.3)$$

ここで α は光軸に対する角度です。

いわゆる F-Theta 歪曲 (F- θ ディストーション) は、無限遠に物体があるシステムでのみ意味があります。この場合、像高は視野角に比例し、これは主にスキャニングシステム (光学式走査システム) で必要とされます。厳密に言えば、歪曲は共軸回転対称系で平面像面を持つシステムにのみ有効です。近軸像高の計算には、偏心や像面湾曲などの特殊な影響を考慮しません。主光線歪曲ではビネット係数は無視されますが、スポット重心歪曲ではビネットが考慮され、歪曲に影響を与える可能性があります。

コマンド構文:

数値歪曲解析
次のページに続く

前のページから続く	
DISX [fi..j, zi..j, GRAV]	X方向の視野およびズーム位置における歪曲解析。オプションパラメータ GRAV は、スポット重心に基づく歪曲を出力します。 例: DISX f1..3 視野1から3でのX方向の歪曲を計算 DISX GRAV f3 w2 視野3、波長2でのスポット重心に基づくX方向の歪曲を計算
DISY [fi..j, zi..j, GRAV]	Y方向の歪曲解析。
FDISX [fi..j, zi..j, GRAV]	F-Theta システムにおけるX方向の歪曲。
FDISY [fi..j, zi..j, GRAV]	F-Theta システムにおけるY方向の歪曲。
歪曲プロット	
PLO DISY	Y方向の視野における歪曲をプロットします。視野全体がプロットされます。
PLO DISX	X方向の視野における歪曲をプロットします。視野全体がプロットされます。
PLO FDISY	F-Theta システムにおけるY方向の歪曲をプロットします。視野全体がプロットされます。
PLO FDISX	F-Theta システムにおけるX方向の歪曲をプロットします。視野全体がプロットされます。
PLO DIG	歪曲グリッドをプロットします。これは、歪曲によって変形された長方形の物体グリッドを示します。視野全体がプロットされます。詳細は以下を参照してください。

14.1.11 グリッド歪曲プロット (Grid Distortion Plot):

グリッド歪曲プロットは、非回転対称の光学系にも対応します。DISX、DISY、FDISX、FDISY は Y/Z 平面でのみ計算されるため、これらの光学系には対応しません。グリッド歪曲の計算では、物体面上の完全な長方形グリッドを仮定します。このグリッドが光学系を通過して像面に投影される際の歪曲がプロットされます (図 14.7 参照)。

この解析は、X 方向および Y 方向の視野全体に対して実行されます。Y 視野のみが指定された場合 (すべての X 視野座標がゼロの場合)、視野全体は円形であると仮定され、最大 Y 視野が視野円の半径となります。この円に内接する正方形の物体視野が定義され、その対角線 (左下隅から右上隅まで) が視野円の最大値に等しくなります。像の最大範囲は、近軸量から導き出されます。極端な広角システム (フィッシュアイ) では、視野角が 180° に近づくと近軸像サイズが無限大になる可能性があり、プロット図に問題を引き起こすことがあります。この問題を回避するために、ユーザーが最大像範囲を指定する必要があります。コマンド構文は以下の通りです:

PLO DIG [CHF|GRA|PSF]
[enlargement_factor]

長方形の物体グリッドの像をプロットします。enlargement_factor は、歪曲（理想的なグリッドからの偏差）をプロット内で拡大する倍率です。歪曲グリッドは、主光線（CHF）、スポット重心（GRA）、または PSF 重心（PSF）に基づいて参照されます。デフォルトの参照は主光線（CHF）です。

例:
plo dig 10.0! 像面で歪曲グリッドをプロットし、倍率 10 で拡大します。
plo dig gra 10! 上記と同様ですが、グリッドはスポットの重心に基づいて参照されます。

歪曲が小さい場合、ユーザー定義の倍率で歪曲収差をプロット内で拡大することができます。これにより、歪曲の形状をより明確に把握することが可能です。歪曲の拡大は以下の式で定義されます：

$$x_{plot} = d_f (x_{ideal} - x_{real}) \quad (14.4)$$

ここで d_f は enlargement_factor です。つまり、歪曲収差のみが拡大スケールでプロットされ、理想的なグリッドは常に同じサイズでプロットされます。

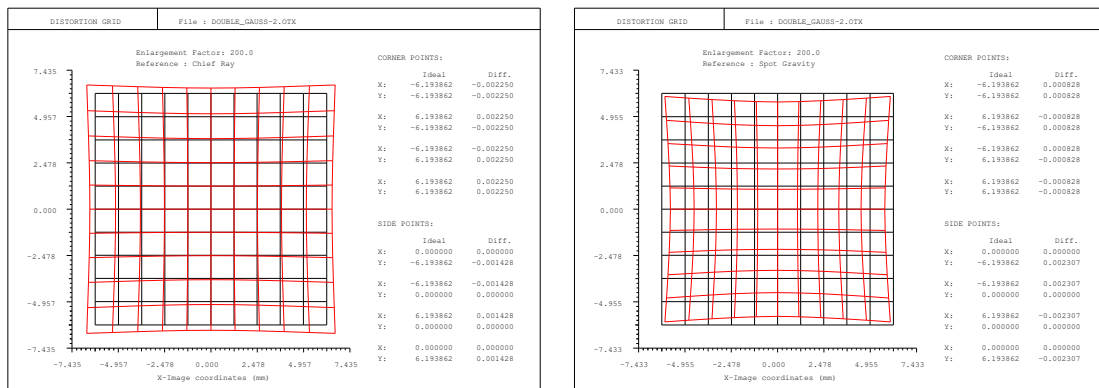


図 14.7. グリッド歪曲プロット。左：主光線に基づく歪曲。右：スポット重心に基づく歪曲。

14.1.12 視野収差 - 非点収差と歪曲解析 (Field Aberrations - Astigmatism and Distortion Analysis)

視野収差オプションは、歪曲、非点収差曲線、およびオプションで縦収差を計算します。これにより、これら3種類の収差を組み合わせたプロットが提供されます。球面収差（縦収差）は視野に依存しませんが、従来からの慣習で非点収差曲線、歪曲収差と共に併記されます。

FIE [LSA] [?]	視野依存の収差（非点収差と歪曲）をプロットします。オプションパラメータ LSA を指定すると、縦収差もプロットされます。質問マーク「?」は、収差スケールを設定するダイアログボックスを呼び出します（自動スケールには0を入力）。ズームシステムの場合、現在選択されているズーム位置が使用されます（POS コマンド参照）。図 14.8 にプロットのレイアウトを示します。
---------------	---

歪曲は、視野に応じた倍率の変化を表します。主光線を追跡して計算され、近軸視野高さに対するパーセント (%) で測定されます。非点収差は、さまざまな視野高さにおける接線面 (Y) およびサジタル面 (X) の縦方向の焦点ずれとして表されます。

組み合わせプロットに加えて、収差は個別にプロットすることもできます。歪曲についてはセクション 14.1.10 (273 ページ)、縦収差についてはセクション 14.1.5 (266 ページ) を参照してください。

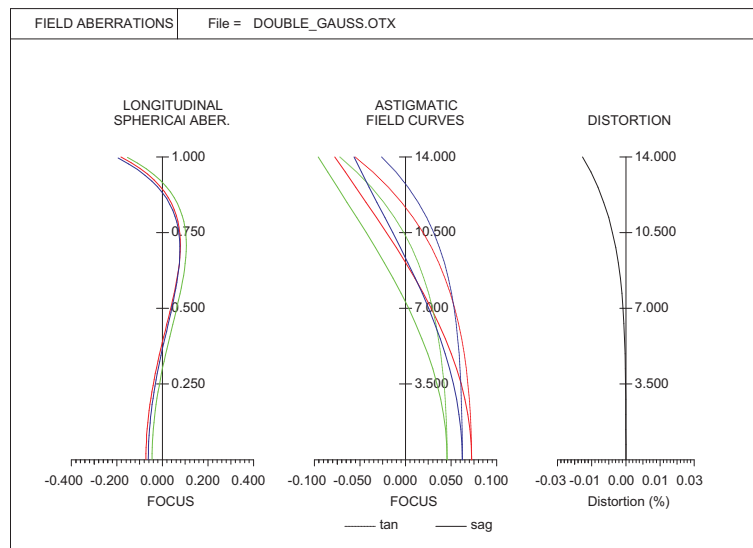


図 14.8. 視野収差：球面収差（縦収差）図、非点収差図、歪曲収差図を組み合わせた出力例。

14.1.13 一次解析（近軸解析） (First Order Analysis)

FIR	すべてのズーム位置における一次（近軸）解析量（例：EFL、OAL など）の一覧表を出力します。近軸量は LIS コマンドでも出力されます。詳細については LIS PAR オプション (199 ページ) を参照してください。
FIO [sk si..j zk zi..j]	指定された面 sk si..j およびズーム位置 zk zi..j に対する周辺光線および主光線の近軸データを出力します。

OpTaliX で光学系を評価するために使用される光線追跡方程式は正確ですが、複雑であり、像形成プロセスへの洞察をほとんど提供しません。簡略化された解析結果を得るために、一次近似はしばしば良い出発点となり、多くの用途で十分な精度を持ちます。これは、共通の光軸が存在し、光線が軸に対して小さな角度を持つ場合に特に有効です。このような光線は近軸光線と呼ばれ、この領域での計算は近軸計算と呼ばれます。

近軸近似は 17 世紀初頭にはすでに知られており、ケプラーが望遠鏡の理論を初めて定式化した際に使用されました。近軸計算はスネルの法則 $n \cdot \sin\theta = n' \cdot \sin\theta'$ から導き出されます。サイン関数が級数展開できることを思い出してください：

$$\sin\theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots \quad (14.5)$$

θ が小さい値であると仮定すると、 $\sin\theta \approx \theta$ と近似できます。これがいわゆる一次または近軸理論の領域です。

近軸量は、LIS、LIS PAR、または FIR コマンドによって表示されます。出力値の詳細な説明については、セクション 9.1 (199 ページ) を参照してください。

14.1.14 三次収差 (ザイデル収差) (Third Order Analysis (Seidel Aberrations))

三次収差は、実光線 (スキュー光線) 追跡で得られる収差の近似値です。三次収差¹の利点は、近軸量に基づいて簡単かつ迅速に計算できることです。一方で、正確な光線追跡方程式は複雑であり、角度の三角関数 (正弦: \sin) を含むため、単なる四則演算だけでは済みません。三次近似について話す場合、式 14.5 で示される級数展開を θ^3 項で打ち切り、サイン展開の一次および三次項のみを保持します。この結果得られる方程式と対応する収差は、三次光学の一部です。サイン関数を級数展開したのと同様に、収差も展開できます。展開の最初の項は三次収差 (すなわち、全収差の最初の近似値) として知られています。

この点を説明するために、図 14.9 はレンズの球面収差を実際の光線追跡データに基づいて示しています。三次方程式に基づく収差曲線は太線で示されています。

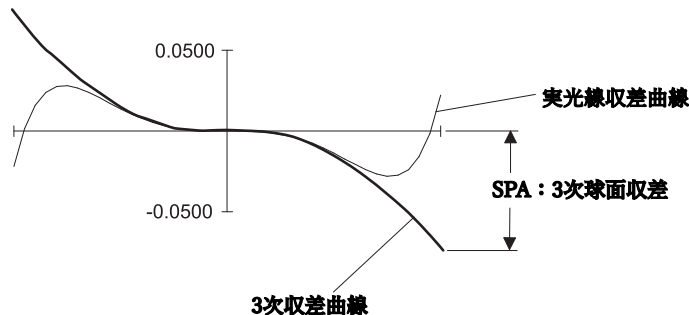


図 14.9. 三次収差と実際の光線追跡データの比較。球面収差の例を示しています。

図 14.9 は、三次収差が実際の収差に対しておおよその近似値しか提供しないことを示しています。特に、大きな開口や視野の場合、この挙動は使用される光学系に依存します。しかし、三次収差の利点は、光学系全体の収差に対する各面の寄与を深く理解できる点にあります。

鋭い読者は、五次収差を含む近似の方が収差をより正確にシミュレートし、さらに深い洞察を得られると主張するかもしれません。しかし、五次収差 (または七次収差) の方程式は、実際の光線追跡方程式とほぼ同じくらい複雑です。高速コンピュータの登場により、すべての次数を含む正確な光線追跡収差が同じ速度で計算できるため、五次収差やそれ以上の次数の収差を使用する説得力のある理由はありません。

コマンド:

THO	三次 (ザイデル) 収差を面ごとの寄与とともに出力します。
-----	-------------------------------

¹時には三次収差とも呼ばれます

三次収差の形式:

セクション 5.4 で確立された近軸量を参照し、いくつかのシステム定数を定義します:

$$H = nu_a h_b - nu_b h_a \quad (\text{ヘルムホルツ-ラグランジュ不変量}) \quad (14.6)$$

$$S = \frac{Y'}{2H} \quad (14.7)$$

$$S_p = \frac{Y' \cdot \Delta\omega}{H} \quad (14.8)$$

$$S_s = \frac{Y'}{H} \cdot \left(\frac{\Delta\omega}{2}\right)^2 \quad (14.9)$$

近軸像高は Y' であり、ブフダール色収差変数 ω は以下のように定義されます ([7],[46] 参照):

$$\omega = \frac{\lambda - \lambda_0}{1 + 2.5(\lambda - \lambda_0)} \quad (14.10)$$

ここで λ_0 は基準波長です。各面について、以下の補助変数を定義します:

$$i = c \cdot h_a + u_a \quad (14.11)$$

$$j = c \cdot h_b + u_b \quad (14.12)$$

$$b_a = \frac{n}{n'} (n - n') h_a (u_a + i) \quad (14.13)$$

$$b_b = \frac{n}{n'} (n - n') h_b (u_b + j) \quad (14.14)$$

$$a = (n - n') (k \cdot c^3 + 8A_4) \quad (14.15)$$

$$d_p = \frac{\partial n}{\partial \omega} - \frac{n}{n'} \cdot \frac{\partial n'}{\partial \omega} \quad (14.16)$$

$$d_s = \frac{\partial^2 n}{\partial^2 \omega} - \frac{n}{n'} \cdot \frac{\partial^2 n'}{\partial^2 \omega} \quad (14.17)$$

これらの定数から、三次（ザイデル）収差の面ごとの寄与を得ることができます:

球面項:	非球面項:
球面収差: $A_i = S \cdot b_a \cdot i^2$	$+ S \cdot a \cdot h_a^4$
コマ収差: $B_i = S \cdot b_a \cdot i \cdot j$	$+ S \cdot a \cdot h_a^3 \cdot h_b$
非点収差: $C_i = S \cdot b_a \cdot j^2$	$+ S \cdot a \cdot h_a^2 \cdot h_b^2$
ペッツバール: $P_i = S \cdot H^2 \cdot \frac{n-n'}{n \cdot n'} \cdot c$	$+ 0$
歪曲収差: $V_i = S \cdot \left[b_b \cdot i \cdot j + H \left(u_b'^2 - u_b^2 \right) \right]$	$+ S \cdot h_a \cdot h_b^3$
軸上色収差: $Fl_i = S_p \cdot d_p \cdot h_a \cdot i$	$+ 0$
横色収差: $Fq_i = S_p \cdot d_p \cdot h_a \cdot j$	$+ 0$

三次収差（ザイデル収差）の全光学系における収差は、光学系内の各面に関連付けられた対応する収差寄与の合計として計算されます。したがって、以下のように表されます:

$$SPA = \sum_{i=1}^n A_i \quad (14.18)$$

$$COMA = \sum_{i=1}^n B_i \quad (14.19)$$

$$ASTI = \sum_{i=1}^n C_i \quad (14.20)$$

$$PETZ = \sum_{i=1}^n P_i \quad (14.21)$$

$$DIST = \sum_{i=1}^n V_i \quad (14.22)$$

$$LCA = \sum_{i=1}^n Fl_i \quad (14.23)$$

$$TCA = \sum_{i=1}^n Fq_i \quad (14.24)$$

$$(14.25)$$

14.1.15 2次スペクトル (2次の色収差) (Secondary Spectrum)

2次スペクトル (縦色収差) は、波長に応じた光軸に沿った近軸焦点の変化を表します。

SSP index[idxa]SSP@SSP	2次スペクトルの数値出力。この解析は近軸計算に基づいているため、非近軸系 (傾斜、偏心、またはオフ軸システム) では結果が意味を持たない場合があります。
PLO SSP [plot_scale ?]	2次スペクトルをプロットします。オプションの「?」は、プロットスケールを入力するダイアログボックスを呼び出します。
SSR [wi..j zi..j]	2次スペクトルの重み付き rms 値。これは、波長wi..j (スペクトル重みを含む) およびズーム位置 zi..j での近軸焦点の rms 変動として計算されます。この解析は近軸計算に基づいているため、非近軸系 (傾斜、偏心、またはオフ軸システム) では結果が意味を持たない場合があります。

14.1.16 倍率色収差 (横色収差) (Lateral Colour)

特定の波長における倍率色収差 (横色収差) は、基準波長に対する像面上の距離として定義されます。各波長について曲線がプロットされます。この解析では主光線が使用されます。

倍率色収差は、最短波長から最長波長の主光線交点までの像面上の距離として定義されることがよくあります。しかし、このアプローチでは多くの情報が失われる可能性があり、最短波長や最長波長が必ずしも最悪の収差を示すわけではないため、誤解を招く可能性があります。この問題は *OpTaliX* では回避されています。

LAC wi..j [fi..j, zi..j]	波長範囲 wi..j 内の倍率色収差を計算します。波長範囲は必須であり、視野およびズーム位置の指定はオプションです。これは、基準波長での主光線交点から各波長の最大横方向偏差を計算します。この解析では波長の重み付けは適用されません。
PLO LAC	倍率色収差を視野に対してプロットします。各波長について、基準波長での主光線交点からの横方向偏差を視野に対してプロットします。プロットスケールを入力するためのダイアログボックスが開きます。

14.1.17 ゴースト像解析 (Ghost Image Analysis)

光学系は、面間の反射によって意図しない像を形成することがあります。すべてのレンズ面は、ガラス自体の屈折率や、これらの面に適用される反射防止コーティングの種類に応じて光を反射します。レンズの内面から反射した光は再び反射され、像面近くに比較的確な像を形成することがあります。このような偽像は**ゴースト像**と呼ばれます。

ゴースト像に寄与する可能性のある面の組み合わせ（ペア）の数は、 $n(n-1)/2$ で表されます。ここで n はレンズ系内のレンズ面の数です。面の数が増えると、ゴースト問題の発生確率も増加します。例えば、10枚のレンズ（20面）を持つズームレンズでは、190個のゴースト像が発生する可能性があります。

ガラス内での光吸収による損失を無視した場合、すべての可能な多重反射を含むレンズの透過率は以下の式で与えられます [22]：

$$t = \frac{1-r}{1+(N-1)r} \quad (14.26)$$

ここで r は各面の反射率、 N は面の数です。したがって、反射部分 $(1-t)$ は像形成に寄与せず、迷光と見なされます。前述の20個の空気-ガラス界面を持つズームレンズの例では、レンズを通過する総放射に対するゴースト放射の割合は、無コーティング面で45%、反射防止コーティング（反射損失1%）を施した場合で約17%です。

このゴースト放射の大部分は、十分に拡散している場合、すなわち像全体に均一に広がっている場合には無害です。しかし、像面近くで焦点を結ぶ場合、反射防止コーティング（ARコーティング）が施されている場合でも、ゴースト像は非常に強くなる可能性があります。したがって、ゴースト放射の量だけでなく、その強度分布も制御することが極めて重要です。

OpTaliX は、ゴースト像の影響を調査するために4種類の解析を提供します。

- 近軸解析: ゴースト像の**近軸**位置と目標面（通常は像面ですが、他の面も指定可能）に対する見かけの直径を求めます。
- ゴースト経路に沿った正確な光線追跡に基づくスポットダイアグラムを計算します（内部の二重反射を含む）。
- ゴースト経路を示す光路を描画します。
- 反射防止コーティングやゴーストスポット分布の影響を含む、ゴースト効果を模擬したリアルな画像を作成します。

GHO SUR si..j	ゴースト解析に含める最初と最後の面を指定します。
GHO TAR sk [x_ext, y_ext]	ゴースト効果を解析する目標面を指定します。オプションのパラメータ x_ext, y_ext は目標面での解析領域の拡張を定義します。
GHO SRC	光源の影響を含めます。つまり、目標面での照射解析には、光源自体による直接的な照射およびゴースト放射による影響が含まれます。直接像とゴースト像の間で予想される強度差が大きい場合、対数表示を推奨します (以下の GHO LOG コマンドを参照)。
GHO LOG [Y N]	ゴースト強度の対数表示を設定します。Y は対数表示を有効にし、N は無効にして線形スケールに戻します (以下の GHO FLOOR コマンドを参照)。
GHO FLOOR i_min	対数表示で表示可能な最低強度レベル I_{min} を定義します (GHO LOG Y が必要です)。 I_{min} は線形または対数値として指定できます: 負の数値は $\log(I_{min})$ として扱われ、正の数値は線形値として扱われます。 例: gho floor -3 ! 最低相対強度は $10^{-3} = 0.001$, gho floor 0.001 ! 最低相対強度は 0.001
GHP si..j target_sur [ALL]	ゴースト像の近軸位置と目標面に対する見かけの直径を求めます。si..j はゴースト反射が発生する最初と最後の面を示します。オプションのパラメータ ALL は、面範囲 si..j 内のすべての可能な面ペアをリストします。以下の近軸ゴーストに関する注意も参照してください。
GHS si..j target_surf GHO SPO si..j target_surf	ゴースト経路に沿った正確な光線追跡に基づくスポットダイアグラムを計算します。si..j はゴースト反射が発生する最初と最後の面を示します。目標面 target_surf は像面を含む任意の面を指定できます。
GHV si..j target_surf GHO VIE si..j target_surf	ゴースト光線追跡を含むレンズレイアウトプロットを表示します。si..j はゴースト反射が発生する最初と最後の面を示します。
GHR si..j target_surf x_rel_aperture y_rel_aperture GHO RAY si..j target_surf x_rel_aperture y_rel_aperture	単一のゴースト光線を追跡します。si..j はゴースト反射が発生する最初と最後の面を示します。
次のページに続く	

前のページから続く	
<p>GHO RGB si..j target_surf [ALL] [FILE file_spec]</p>	<p>ほぼフォトリアリスティックな RGB 画像を計算します。si..j はゴースト反射が発生する最初と最後の面を示します。オプションのパラメータ ALL は、面範囲 si..j 内のすべての可能な面ペアのゴースト寄与を含みます。これにはコーティング効果 (POL Yが必要)、透過効果 (TRA Yが必要)、およびシステムのスペクトル重み付けが含まれます。</p> <p>オプションのパラメータ FILE file_spec は、ゴースト RGB データを指定されたファイルにエクスポートすることを可能にします。現在サポートされている形式はプレーン ASCII と MicrosoftTM Excel です。ファイル形式は拡張子から派生します。例えば、ファイル名 test.xls は Excel ファイルを作成し、他の拡張子は ASCII にデフォルト設定されます。</p> <p>「ゴースト効果のフォトリアリスティックなレンダリング」に関する詳細は、284 ページも参照してください。</p> <p>例: gho rgb s3..7 12 all fil c:\temp\ghostrgb.xls</p>
GHO SAV Y N	ゴースト解析パラメータを光学系設計データと一緒に保存します。

制限事項:

現在のゴースト解析（および基礎となる逆光線追跡）は、球面、非球面、偏心および/または傾斜した面を考慮しています。また、勾配屈折率 (GRIN) 媒体も逆光線追跡で正確にシミュレーションされますが、GRIN 要素の端面は中心に配置されている必要があります。

14.1.17.1 近軸ゴースト解析に関する注意 (Notes on paraxial ghost analysis:)

近軸計算に基づくゴースト解析は、最も影響の大きい面の組み合わせを特定するための非常に迅速な手段を提供します。しかし、近軸ゴースト解析の結果は慎重に観察する必要があります。なぜなら、近軸解析はゴースト経路に沿った幾何光学的収差を考慮していないためです。ゴースト像は、鮮明な像を生成するように補正されていません。そのため、一般的なケースでは、ゴースト像は球面収差、コマ収差、視野湾曲によって大きくぼやけることが多いです。

したがって、近軸解析によって予測されるゴースト像の効果は、正確なゴースト光線追跡と一致しない可能性が高いです。数値開口が小さく、視野も狭い光学系においてのみ、近軸ゴースト量が実際のゴースト効果を合理的に表す場合があります。例えば、以下に示す近軸ゴースト解析では、面ペア 5-7（最初の反射が面 7、次の反射が面 5 で発生）のゴーストスポットが比較的小さいことを示しています。しかし、図 14.10 に示されるように、正確なゴースト光線追跡では、ゴースト経路に沿った重大な（未補正の）球面収差によって像面上の光線が大きく広がるのが明らかになります。

近軸ゴースト解析と実際の光線追跡ゴーストの間でよく観察される不一致は、*OpTaliX* の実装上の欠陥ではなく、近軸理論（すなわち、現実世界の効果の線形近似）の本質的な制限によるものです。

したがって、近軸ゴースト解析をゴースト解析の唯一の手段として信頼しないよう警告します。近軸ゴースト解析は迅速ですが、常に他の方法（例えば、ゴーストスポット、ゴースト光路図、ゴースト RGB 解析）と結果を照合してください。

PARAXIAL GHOST ANALYSIS:

All ghost aberrations are referred to surface 12

1st.Refl	2nd.Refl	GhostNA	GhostDiam	GhostFocus
7	5	0.18700	0.89666	-2.39748

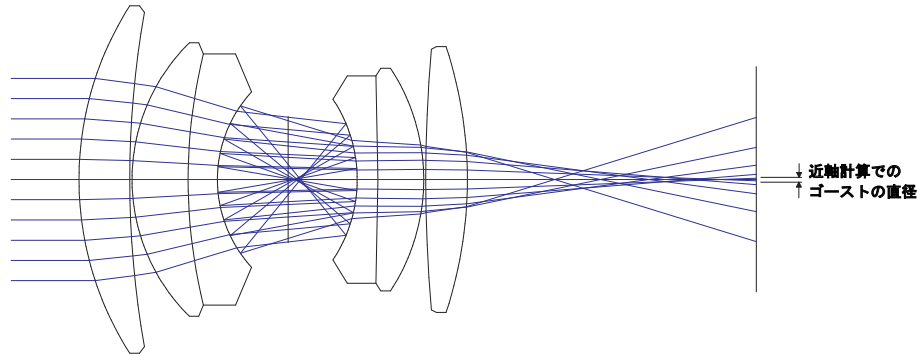


図 14.10. ゴーストイメージング。ゴースト経路に沿った（未補正の）球面収差による像面上の光線の広がり、近軸解析で予測されたゴースト像のサイズの違いに注意してください。

したがって、ユーザーは近軸ゴースト解析の本質的な制限を認識する必要があります。これは「遅い」システムでは適切ですが、大きな開口数値や広い視野を持つシステムでは失敗する可能性があります。

例:

以下の例では、ダブルガウスシステムを使用します (`$i\examples\misc\double_gauss-2.otx` を参照)。最初の反射は面 7 で発生し、光線を後方に向けます。2 回目の反射は面 5 で発生し、ゴースト光線を像面に戻します。ゴースト光線追跡は以下のコマンドで視覚化されます:

```
ghv s5..7 12
```

ここで、`s5..7` は面範囲を定義します。3 番目のパラメータは目標面 (12) です。図 14.11 は、面ペア 5 と 7 に対する標準的なイメージング光線追跡と対応するゴースト光線追跡を示しています。また、両方のケースで面番号が同一であることに注意してください。これは、ゴースト経路を記述する追加の面が必要ないことを示しています。

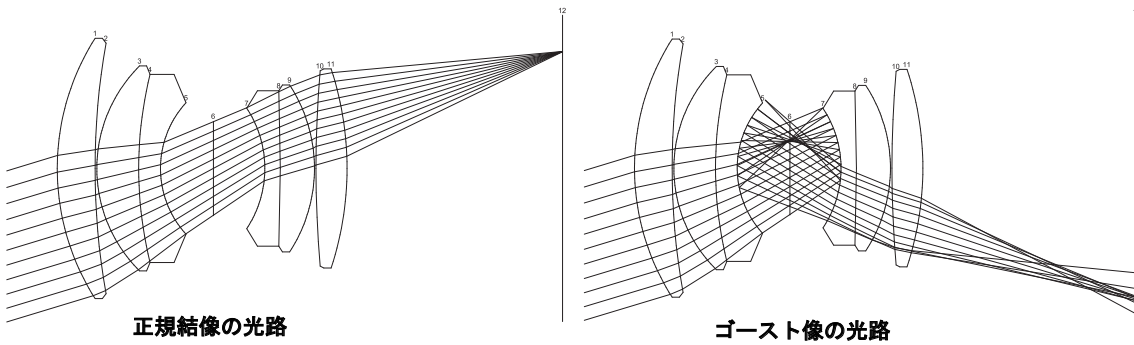


図 14.11. ゴースト像の評価例。
左: 通常の正規結像の光路、右: 面 5 と 7 間のゴースト光路。

14.1.17.2 ゴースト像のリアルなレンダリング (CG) 描画 (Photo-realistic rendering of Ghost Effects:)

”GHO RGB” オプションは、最もリアルで正確なゴースト解析を提供します。このオプションでは、ゴーストに寄与する可能性のあるレンズ内のすべての面ペアの組み合わせを完全に自動で検索します。

有効化されている場合、解析には光学面上の多層コーティングの波長依存効果 (“POL yes”)、材料吸収 (“TRA yes”)、およびビネット効果も含まれます。

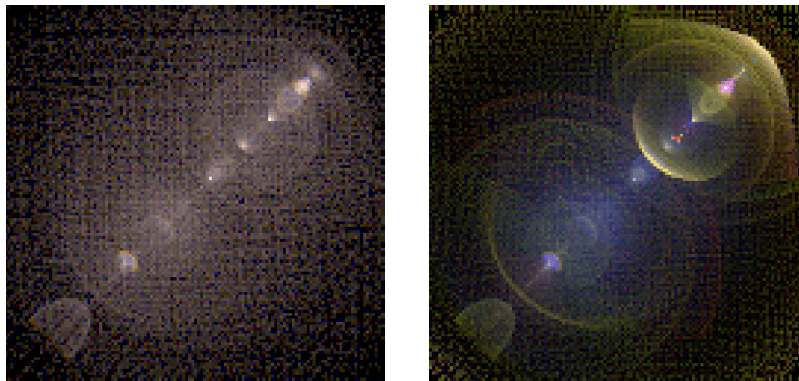


図 14.12. ほぼ実写レベルのリアルなゴースト効果の RGB 画像としてのレンダリング例。
\$i\examples\high_na\ff15_33_ghost.otx を使用した例です。左の画像はコーティングやフレネル反射効果を無視して得られたもので、右の画像はコーティング効果 (POL Y, TRA Y) を含めたより現実的なものです。

RGB プロットの色は、可視スペクトル範囲 (約 400~700nm) のシステムに対してのみ「現実世界」の色再現に近似します。他のスペクトル範囲 (例えば紫外線や赤外線) が使用される場合、プロット内の「青」はそのスペクトル範囲内の短波長を表し、「赤」は長波長を表します。そのような場合、色は「疑似色」としてのみ考慮されるべきです。

レンダリングによるリアルなゴースト像を作成するには、以下の準備作業を推奨します：

- 単一の物体を定義します。この物体は、指定された視野内または視野外にある妨害源と見なされます。

- すべての面の開口を固定します (FHY sa 1 を参照)。これにより、定義された開口外で面に当たるゴースト光線が効果的に遮断されます。
- コーティングを適切に面に付加します (ATT コマンドを参照)。これにより、ゴースト反射を現実的にモデル化します。
- 偏光解析と透過解析を有効にします (それぞれ POL Y, TRA Y)。これにより、ゴースト解析にコーティングの効果が含まれます。ゴースト解析ダイアログ内で POL と TRA を個別に設定することも可能です。偏光計算は計算負荷が高く、計算速度が 1 桁遅くなる可能性があるため、最初のゴースト解析では POL と TRA を無効にして、ゴーストの幾何光学的効果のみを調査することが役立つ場合があります。詳細で正確な解析を行うには、POL と TRA を有効にして、ゴースト像の強度を含めるべきです。コーティングの有効/無効の違いについては、図 14.12 を参照してください。

ゴースト面の各ペアについて、RGB ゴースト解析はゴースト像の位置と相対強度を出力します。この情報は、特定の面の組み合わせからのゴースト像への寄与を特定するのに役立ちます。RGB ゴースト解析の典型的な出力例は以下の通りです：

```
Surface sequence: 0 --> 4 --> 3 --> 21
  WL      Rays    X-grav.    Y-grav.      Rel.Int.
  0.55000   187    2.59402    2.19795      0.000000506
  0.43000   186    2.66335    2.25453      0.000003985
  0.62000   187    2.58922    2.19467      0.000000319
Surface sequence: 0 --> 5 --> 1 --> 21
  WL      Rays    X-grav.    Y-grav.      Rel.Int.
  0.55000   97     2.25870    2.26849      0.000000940
  0.43000   95     2.26453    2.25057      0.000001150
  0.62000   97     2.26605    2.27590      0.000000163
Surface sequence: 0 --> 5 --> 2 --> 21
  WL      Rays    X-grav.    Y-grav.      Rel.Int.
  0.55000   145    -2.21976   -2.28230      0.000001083
  0.43000   145    -2.10141   -2.16481      0.000000826
  0.62000   145    -2.25932   -2.32177      0.000000173
```

出力は、レンズ系で定義された各波長について提供されます。"X-grav" および "Y-grav" 座標は、評価面上のゴースト像の強度重心を示します。これにより、RGB 画像内で特定のゴーストの位置を簡単に特定することができます。相対強度 (Rel.Int.) 列は、光学系に入射する光の強度に対する特定のゴーストの平均強度を示します。Rel.Int. 列は、評価面上のゴーストの照度を示すものではありません。

14.1.17.3 ゴーストデータのファイル出力 (ASCII または Excel) (Writing Ghost Data to Files (ASCII or Excel))

光度分布は、フォトリアリスティックなゴースト RGB (赤-緑-青) 解析の結果としてファイルに書き出すことも可能です。サポートされているファイル形式は、Excel (.XLS) または ASCII (.TXT または .DAT) であり、ファイル形式は拡張子から自動的に決定されます。

エクスポート時には、すべてのチャンネルが順次 1 つのファイルに書き込まれます。具体的には、赤、緑、青の各チャンネルと合成された「白」チャンネルが含まれます。

ASCII 形式:

ゴースト RGB 画像の各チャンネルは、チャンネル名とそのチャンネル内の最大光線強度 (最大値) を示す 2 つのコメント行で始まります。その後、各チャンネルのデータはチャンネルの最大強度に対して正規化された形式で書き込まれます。典型的な出力形式は以下の通りです：

```
! red:
```

```

! max value = 581.4250488281250
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
! green:
! max value = 406.0000000000000
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
! blue:
! max value = 635.9754028320312
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
! white:
! max value = 1623.400390625000
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....
0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 .....

```

Excel 形式:

ゴースト RGB 解析から得られた画像は Excel に書き出すことができます。ゴースト画像の赤、緑、青の各成分は、Excel ファイル内の個別のシートに書き込まれます。4 番目のチャンネル「白」は、3つの RGB チャンネルを合成したものです。

14.1.18 ビネット (ケラレ) 解析 (Vignetting Analysis)

ビネット (ケラレ) は、軸外視野において入射瞳の大きさが縮小する現象を指します。これは、複数の面で軸外光線の横方向の広がりを制限するために発生します。この定義に基づくと、軸上ではビネットは発生しません。ビネットは視野の最周辺に向かって像の照度を低下させる原因となります。また、ビネットは設計段階で収差をより良く制御するためにしばしば使用されます。

OpTaliX では、光学系のビネット特性は、“固定高さ”プロパティが割り当てられた面の開口によってのみ定義されます (FHY コマンド、190 ページを参照)。ビネット解析は常に視野設定の最初の視野 (F1) を基準に行われます。共軸系の場合、これは軸上と見なされます。非共軸

53	4.311024	11.49606	26.86614	31.17717	11.49606	4.311024	4.748032
54	5.748032	12.93307	57.48032	63.22835	12.93307	5.748032	4.311024
55	5.748032	15.80709	177.189	200.1811	15.80709	5.748032	5.748032
56	8.622047	11.93307	43.11024	48.85827	11.93307	8.622047	5.748032
57	7.18504	11.05906	20.11811	24.42913	11.05906	7.18504	5.748032
58	6.18504	10.05906	7.18504	10.05906	10.05906	6.18504	2.437008
59	5.748032	5.748032	5.748032	8.622047	5.748032	5.748032	1.437008
60	2.874016	5.748032	4.311024	8.622047	5.748032	2.874016	1.437008
61	0	0	2.874016	4.311024	0	0	0

|< < > >| \ Tabelle1 \ ~~Tabelle2~~ \ ~~Tabelle3~~ \ **Red** \ ~~Green~~ \ ~~Blue~~ \ ~~White~~ / |> >|
 Bereit

図 14.13. ゴースト画像の RGB 成分は、Excel ファイル内の個別のタブに書き込まれます。「白」チャンネルも含まれます。先行する「Tabelle1」から「Tabelle3」というラベルのタブはダミーシートであり、無視する必要があります。

系、すなわち偏心/傾斜面を含むシステムや非対称視野を持つシステムの場合においても、基準視野は視野リストの最初の位置 (F1) に指定する必要があります。

コマンド:

VIGP	ビネットを視野の関数としてプロットします。ズームシステムの場合、すべてのズーム位置のビネットが単一のプロットに重ねて表示されます。
VIG [fi..j wi..j zi..j]	指定された視野 fi..j、波長 wi..j、およびズーム位置 zi..j でビネットを数値的に評価します。ビネットは常に波長 wi..j にわたって統合され、スペクトル重み付けされます。値は 0 (100%ビネット) から 1 (ビネットなし) の間で返されます。この定義により、相対照度の尺度として機能します。視野が指定されていない場合、最大視野が使用されます。ズーム位置が指定されていない場合、ズーム位置 1 が使用されます。

14.1.19 幾何光学的変調伝達関数 (Geometric Modulation Transfer Function)

幾何光学的変調伝達関数 (MTF) の近似値を計算します。この解析は、波面収差が波長に比べて大きい場合に適しています。この場合、光学伝達関数 (MTF) は以下の式で近似されます [34]:

$$\hat{H}(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{+\infty} A(x, y) e^{i(\Delta x \omega_x + \Delta y \omega_y)} dx, dy \quad (14.27)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \omega_x &= 2\pi f_x \\ \omega_y &= 2\pi f_y \end{aligned} \quad (14.28)$$

Δ_x, Δ_y は横方向収差、 f_x, f_y は対象とする空間周波数、 $A(x, y)$ は各光線に関連付けられた相対振幅を表します。幾何光学的収差 (Δ_x, Δ_y) は、入射瞳全体にわたって矩形グリッドで光線束を追跡することで得られます。この仮定の下で、開口を小さな正方形に分割することで、幾何光学的伝達関数は以下のように表されます:

$$\hat{H}(f_x, f_y) = A(x, y) \left\{ \sum_{i=1}^N \cos(\Delta_x \omega_x + \Delta_y \omega_y) + \sum_{i=1}^N \sin(\Delta_x \omega_x + \Delta_y \omega_y) \right\} \quad (14.29)$$

ここで、合計はスポットダイアグラム上のすべての光線 N に対して行われます。この幾何光学的近似は、収差が波長の数倍以上の場合に驚くほど正確です。非常によく補正されたシステム、例えば幾何光学的収差がエアリーディスク直径以下の場合、幾何光学的 MTF の近似値は物理的に可能な結果よりも良い値を示すことがあります。その場合、回折に基づく MTF を使用するべきです (セクション 14.2.1、ページ 297 を参照)。

MTF FRE FLD DEF [NUM] GEO	幾何光学的 MTF。オプションのパラメータは任意の順序で指定可能です。幾何光学的応答計算では偏光効果は無視されます。 例: MTF FLD GEO ! 視野に対する幾何光学的 MTF、 MTF GEO FLD NUM ! 視野に対する幾何光学的 MTF の数値出力のみ。
GMTFT [fk zk]	視野 fk およびズーム位置 zk におけるタンジェンシャル幾何光学的 MTF。最適化や UGR および EVA コマンドでのみ使用されます。
GMTFS [fk zk]	視野 fk およびズーム位置 zk におけるサジタル幾何光学的 MTF。最適化や UGR および EVA コマンドでのみ使用されます。
GMTFA [fk zk]	視野 fk およびズーム位置 zk における平均幾何光学的 MTF。GMTFA = 0.5(GMTFT + GMTFS)。最適化や UGR および EVA コマンドでのみ使用されます。

14.1.20 幾何光学的点像強度分布 (Geometric Point Spread Function (GPSF))

GPSF 解析は、点光源の像に対する純粋な幾何光学的近似です。光線収差のみが含まれるため、回折効果は完全に無視されます。この解析は、収差が回折限界性能と比較して大きいシステムで有用です。回折効果を考慮する場合は、PSF オプション (299 ページ) を使用してください。この解析には、スペクトル重み付け (システム設定で定義)、透過効果 (POL yes および TRA yes が必要)、および開口のアポダイゼーションが含まれます。

デフォルトでは、計算はシステム設定で定義されたすべての視野および波長に対して実行されます。

<p>GPSF zk fi..j wi..j img_size [VIE CON FAL XY] [?]</p>	<p>幾何光学的点像強度分布。この解析は幾何光学的效果のみに基づいています。収差が大きい場合に最適です。回折効果を含めるには、PSF コマンド (299 ページ) を使用してください。</p> <p>img_size は像面上に設定される領域のサイズです。 表示オプション:</p> <p>VIE: ワイヤグリッド鳥瞰図 FAL: 「疑似カラー」幾何光学的 PSF。PSF の強度が RGB モデルで符号化されます。青は低強度、赤は高強度を表します。 CON: 幾何光学的 PSF の等高線図 XY: X 方向および Y 方向の断面強度分布図</p> <p>GPSF は、指定されたすべての視野および波長に対して光線のグリッド (各格子を通る経路) を追跡し、像面での相対的な強度をプロットします。</p>
<p>GNRD num_rays_diam</p>	<p>幾何光学的 PSF 計算専用の直径に沿った光線数。GNRD は NRD と同等ですが、GPSF 計算中のみ有効です。つまり、GNRD の設定内容が NRD の設定値を変更することはありません。GNRD には正の数値を指定できます。</p>

コマンド例:

GPSF f2..3 0.05 FAL 視野 2-3 に対する幾何光学的 PSF を計算します。強度分布は 0.05mm の像面パッチ上に疑似カラーで表示されます。

GNRD 30 GPSF 計算専用直径に沿った光線数を 30 に設定します。

GPSF ? GPSF を計算する前にパラメータを調整するダイアログボックスを呼び出します。

14.1.21 エンサークルドエネルギー
(Encircled Energy (Geometric))

エネルギーの割合は、光学系を通過するすべての光線 (すなわち、ビネットされていない光線) を数え、指定された領域 (直径で定義) 内で像面に到達する光線を基に計算されます。入射瞳内の均等に間隔を取った矩形グリッドの光線 ([NRD](#) を参照) を指定された波長、視野、およびズーム位置に対して像面まで追跡します。各光線には、波長の重み付け ([WTW](#) を参照)、開口の [アポダイゼーション](#)、および相対透過率 ([transmission](#) を参照) に比例したエネルギーが割り当てられます。

<p>RAD fi..j [wi..j] diam_x [diam_y] [X posx Y posy]</p>	<p>指定された領域 (diam_x, diam_y で定義) 内に含まれるエネルギーの割合を計算します。幾何光学的解析のみに基づいており、回折は無視されます。回折を考慮したエンサークルドエネルギーについては、ECE コマンド (310 ページ) を参照してください。</p> <p>diam_y が省略された場合 (つまり、diam_x のみが指定された場合)、像面の領域は円形と見なされます。長方形または正方形の領域の場合、diam_x と diam_y の両方を指定する必要があります。</p> <p>像面の領域の中心は、像面上の主光線座標の位置にあると仮定されます。ただし、オプションのパラメータセット [X posx Y posy] が指定された場合は例外です (以下を参照)。</p> <p>波長の重み付け (WTW を参照)、透過率、およびアポダイゼーションが含まれます。</p>
<p>ECG fi..j zk image_radius [NUM GRV]</p>	<p>幾何光学的エンサークルドエネルギーをプロットします。完全に光線追跡に基づく解析です。透過率 (TRA/POL を参照) およびアポダイゼーション効果 (PUI/PUX/PUY を参照) を考慮します。NUM オプションを使用して数値値をリストします。オプションのパラメータ GRV は、スポット重心を基準とした解析を指します。省略された場合、指定された視野での主光線基準が使用されます。2つの曲線がプロットされます。1つは定義された円内に含まれる幾何光学的エネルギー (エンサークルドエネルギー)、もう1つは定義された正方形内に含まれるエネルギー (正方形エネルギー) です。期待されるプロットについては、図 14.14 も参照してください。</p>

例:

RAD f3 0.01 0.02

! 視野3における幾何光学的エンサークルドエネルギーを X=0.01mm、Y=0.02mm の長方形領域内で出力します。

eva [RAD f3 0.01 0.02]

! 視野3における幾何光学的エンサークルドエネルギーを X=0.01mm、Y=0.02mm の長方形領域内で評価します。

RAD f1..4 .5 X 0.0 Y 0.0

! 直径 0.5mm の円形領域内で、X=0、Y=0 の固定位置における幾何光学的エンサークルドエネルギー。

ECG f1..2 z3 0.1 NUM

! 視野 1-2、ズーム位置 3、像直径 0.1mm における幾何光学的エンサークルドエネルギーをプロットし、数値値を出力します。

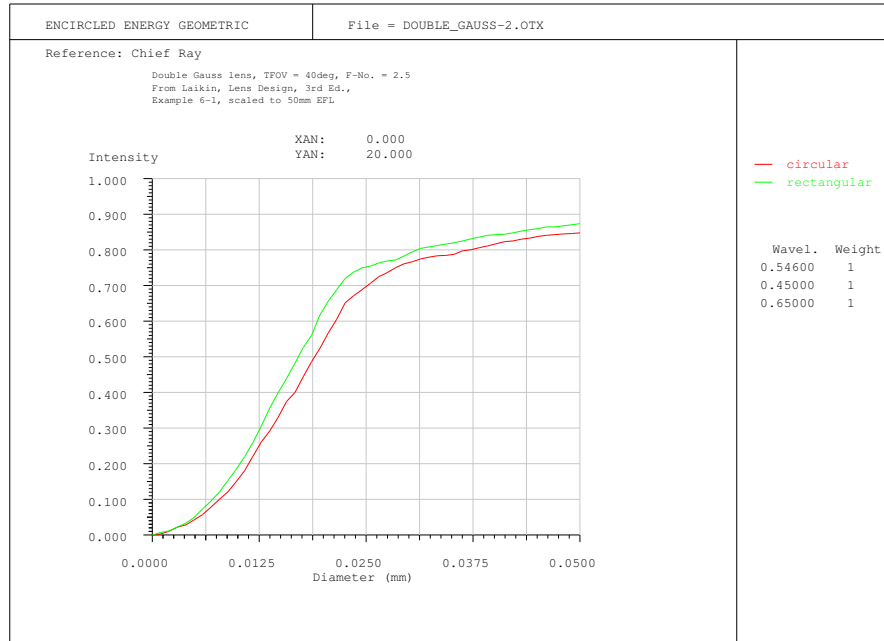


図 14.14. 幾何光学的エンサークルドエネルギー (ECG)。定義された円形または正方形領域内で像面に到達する光線に関連付けられたエネルギーの割合をプロットします。透過効果およびアポダイゼーション効果を含みます。

14.1.22 四分割ディテクタ解析 (Quadrant Detector Analysis)

四分割ディテクタ解析 (QUA) オプションは、各視野における四分割ディテクタのスキャン応答を示します。すべての幾何光学的解析と同様に、回折効果は無視されます。

四分割ディテクタは、4つの感度領域に分割された半導体フォトダイオードです。このようなデバイスは、通常、対向する四分割の照明レベルを比較することでアライメント情報を提供するために使用されます。

計算では、シミュレーションされた四分割ディテクタのスキャン応答を各視野点でリスト化します。スキャンは X 方向および Y 方向の両方で行われ、各半分の四分割が適切に結合されていると仮定します。図 14.15 を参照してください。

QUA [STE scan_step_size] [fi..j] [zk]	四分割ディテクタ解析。視野 fi..j およびズーム位置 zk における四分割ディテクタのスキャン応答を示します。回折効果は無視されます。
QST scan_step_size	像面における四分割ステップサイズ (レンズ単位)。
QSM smooth_diam	ガウス平滑化直径 (レンズ単位)。

注意:

四分割ディテクタ解析は、瞳直径にわたる光線数 (NRD) に基づいており、アポダイゼーションおよび波長の重み付けを考慮します。有効化されている場合 (TRA Y および/または POL Y)、透過および偏光効果も考慮されます。

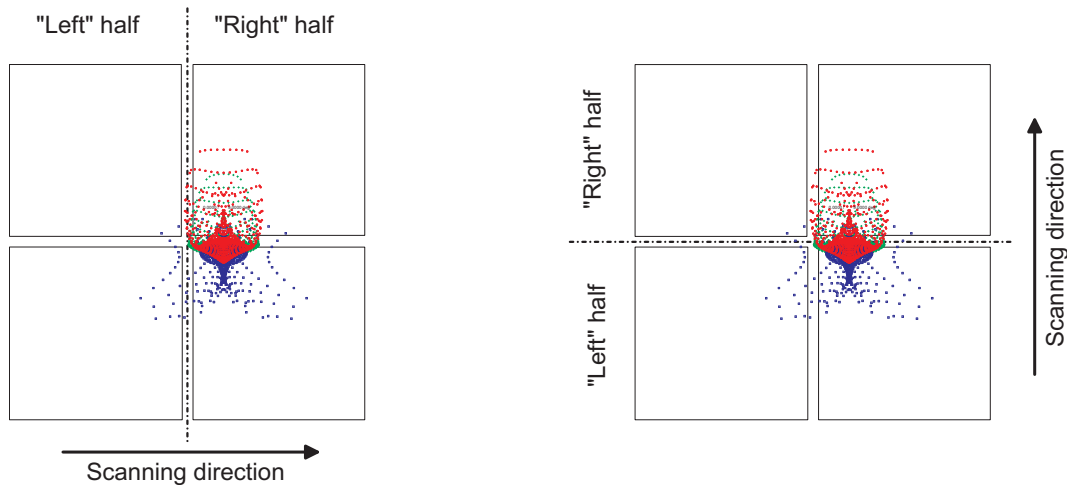


図 14.15. 特定の視野におけるスポットを横切る四分割ディテクタの半分の動き。左は X 方向、右は Y 方向のスキャンを示します。

スキャン応答は、ガウス形状の小さなスポットで平滑化することができます。平滑化ガウスの直径 (QSM) は、ピーク強度の 50% で定義されます。

出力の説明:

プロット出力に加えて、アクティブな各視野についてリストが生成されます (FACT コマンドを参照)。リスト出力には、X 方向および Y 方向の 2 つのディテクタ半分の応答と、スキャン位置の関数としての 2 つの半分の応答比が示されます。

例として、例題ライブラリから「ダブルガウス」ファイルを復元します

(`$i\optalix\examples\double_gauss.otx`)。設定は QST 0.02 および QSM 0.02 です。プロットおよび数値出力は QUA f1 で呼び出されます。

QUADRANT DETECTOR ANALYSIS:

```
Field : 1      X =      0.00000      Y =      0.00000

      X-Shift   Left Half   Right Half      Ratio
-0.06000      0.00000      1.00000      0.000000
-0.04000      0.00250      0.99750      0.002507
-0.02000      0.02293      0.97707      0.023464
 0.00000      0.47937      0.52063      0.920737
 0.02000      0.97707      0.02293      42.618182
 0.04000      0.99750      0.00250      398.833333
 0.06000      1.00000      0.00000     1000000.000000

      Y-Shift   Left Half   Right Half      Ratio
-0.06000      0.00000      1.00000      0.000000
-0.04000      0.00250      0.99750      0.002507
-0.02000      0.02293      0.97707      0.023464
 0.00000      0.47937      0.52063      0.920737
 0.02000      0.97707      0.02293      42.618182
 0.04000      0.99750      0.00250      398.833333
 0.06000      1.00000      0.00000     1000000.000000
```

14.1.23 両眼解析
(Biocular Analysis)

「両眼」という用語は、両目で同時に見ることを指します。この用語は「双眼」システムと混同してはなりません。両眼システムでは、両目が同じ光学系を通して見るのに対し、双眼システムでは、人間の目が2つの同一（鏡像対称）の光学系（望遠鏡）を並列に配置して見るものです。後者は「フィールドグラス」または「双眼鏡」とも呼ばれます。

両眼解析（BIO）は、ディスプレイの拡大画像を提供し、異なる（通常は2つの）目の位置から観察される光学系で有用です。BIO オプションは、視角グリッド上で主光線を計算し、画像の違いを表示します。

基本的に、両眼システムは小さなディスプレイを拡大し、拡大された画像を視覚システムに提示します。両眼システムは両目で同時に観察されます（双眼システムとは対照的です）。BIO オプションの他の典型的な用途には、ヘッドアップディスプレイ（HUD）やシミュレーターがあります。

BIO オプションでは、以下のパラメータを解析できます：

収束: 人間の目が無限遠より近い距離にある物体に焦点を合わせることで、両目が同時に内側に動くことを意味します。

発散: 人間の目が無限遠を超える距離にある物体（すなわち仮想像）に焦点を合わせ、両目が同時に外側に動くことを強いられる状態。これは目が実行できない状況であり、眼精疲労や頭痛を引き起こします。

垂直ずれ: 両目で観察される2つの画像が垂直方向に側方へずれている状態。これも眼精疲労や頭痛を引き起こす可能性があります。

両眼視野角: ディスプレイを両目で同時に観察できる角度範囲。通常、左目または右目で見える視野角は異なり、一部しか重ならないことがあります。「両眼視野角」は重なっている領域のみを指します。

左目と右目の位置は、2つのズーム位置を使用してモデル化されます。絞り位置は通常、光学系の前方にある目の位置にあり、標準的な瞳孔間距離 64mm をモデル化するために偏心しています。最初のズーム位置では、左目のために絞りを X 方向に -32mm 偏心させ、2 番目のズーム位置では、右目のために絞りを X 方向に +32mm 偏心させます。絞りの直径は、目の瞳孔の直径（通常は 5mm）に合わせて設定されます。図 14.16 は推奨される条件を示しています。

BIO FOV CON DIP [? NUM]	両眼解析。 FOV : 両眼視野角をプロットします。 CON : 収束/発散をプロットします。 DIP : 垂直ずれをプロットします。 NUM : オプションパラメータで数値データを出力します。 例: BIO FOV NUM ? : 両眼視野角をプロットし、数値データを出力し、解析パラメータを設定するダイアログボックスを呼び出します。
次のページに続く	

前のページから続く	
BIO FOVX FOVY fov_min fov_max	水平方向 (FOVX) または垂直方向 (FOVY) の視野角 (FOV) を定義します。値は度単位で指定する必要があります。 例: BIO FOVX -15 +15 : 水平方向の視野角を-15 度から+15 度に定義します。 BIO FOVY -12 +12 : 垂直方向の視野角を-12 度から+12 度に定義します。
BIO STPX STPY step_x step_y	水平方向 (STPX) および垂直方向 (STPY) の角度ステップ。これにより、全視野角が FOVX/STPX の水平方向サンプリング点と FOVY/STPY の垂直方向サンプリング点を持つ長方形配列でスキャンされます。
BIO LEFT RIGHT zk	左目または右目を表すズーム/マルチ構成位置を指定します。光学系がズーム/マルチポジションシステムである必要があります。 例: BIO LEFT z1 : 位置 1 を左目として設定します。 BIO RIGHT z2 : 位置 2 を右目として設定します。
BIO FACT scale_factor	ディスプレイでの主光線の違いを角度収差に変換するスケールファクター。すべての視角に対して scale_factor が一定であるため、線形 (完全な) 光学系が基準として仮定されます。

例:

両眼オプションの使用例を示すシステムは、例題ディレクトリ `$i\examples\biocular\biocular_1.otx` にあります。図 14.17 に示すように、これは 2 つの位置を持つズームシステムで、それぞれの位置が左目と右目を表しています。左目の瞳孔は $X=-32\text{mm}$ に偏心し、右目の瞳孔は $X=+32\text{mm}$ に偏心しており、典型的な人間の瞳孔間距離 64mm を与えます。

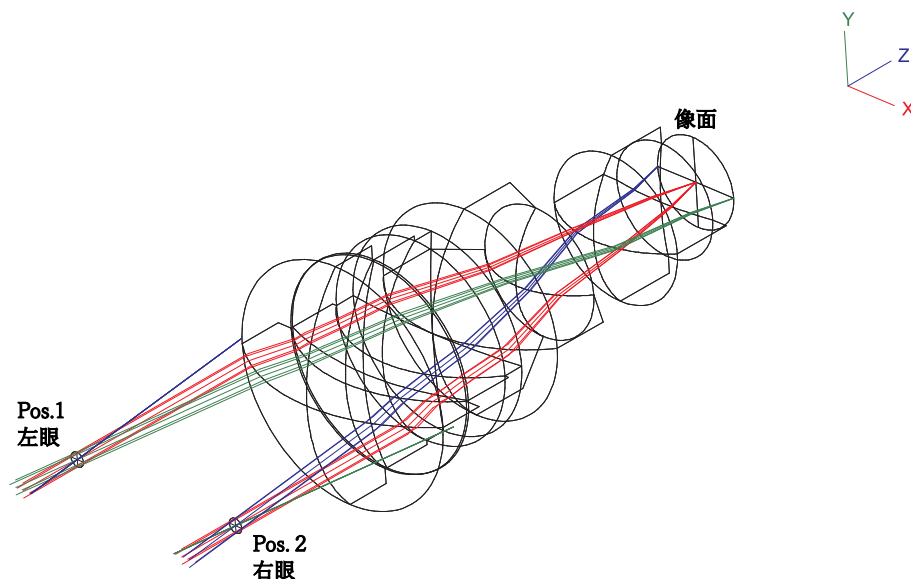


図 14.17. ズーム構成でモデル化された左目と右目を持つ両眼システム。ここでは 3D ワイヤグリッドビューとして示されています。

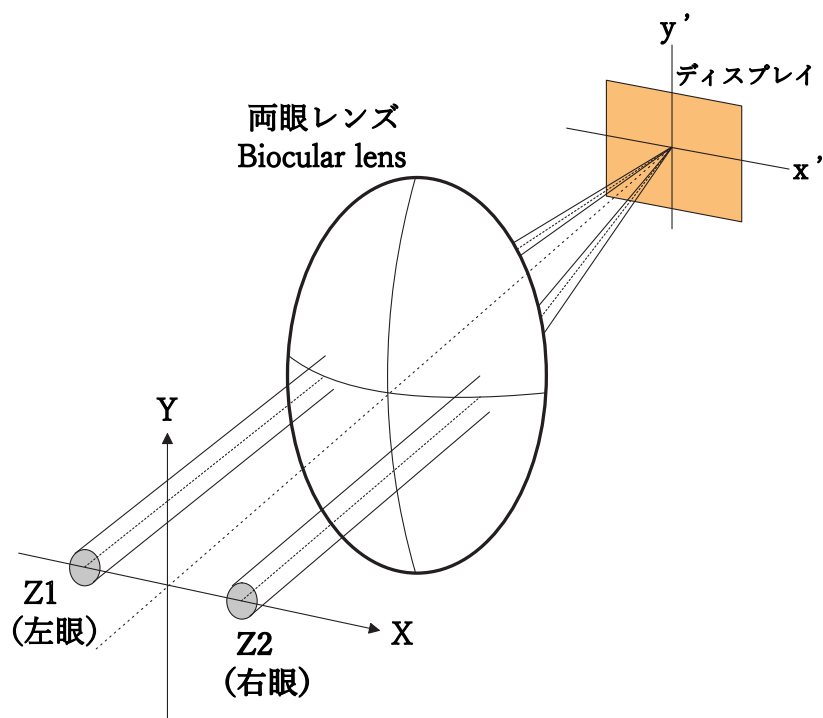


図 14.16. 両眼解析のための光学設定。左目と右目は、2つのズーム位置を介して小さな偏心絞りでモデル化されています。

見かけの視野角 (FOV) は、レンズ直径がサイズに制限されているため (FHY コマンドを参照)、両目の視野が極端な $\pm X$ 方向で光線を遮断します。この条件により、中央視野でのみ両眼視野 (すなわち両目で同時に観察) が可能となりますが、全視野には及びません。左目と右目でそれぞれ見える視野は、視野角 (FOV) プロット (BIO FOV コマンドおよび図 14.18 を参照) で示されています。

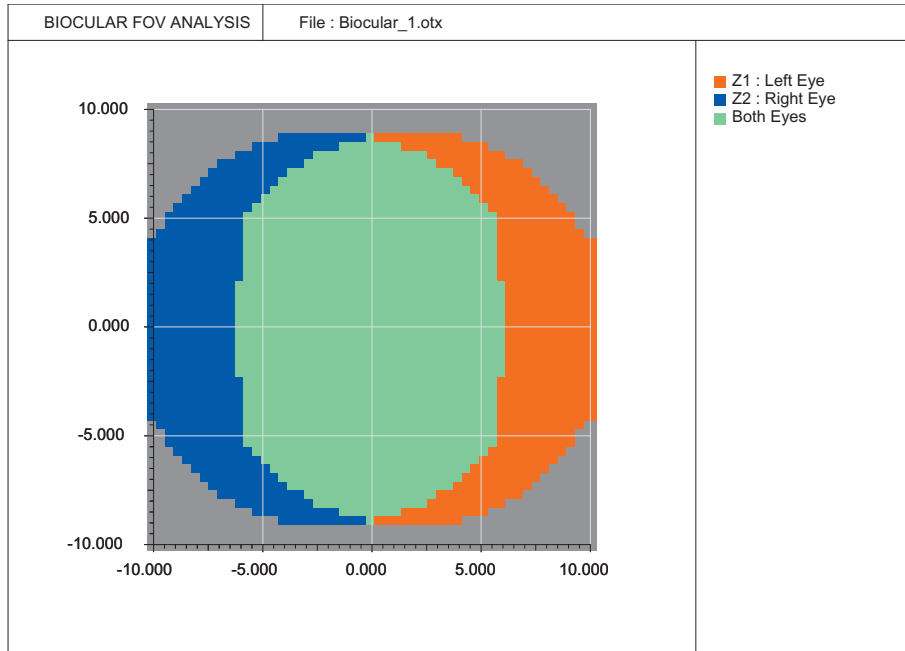


図 14.18. 両眼視野角の例。

収束および発散プロット (図 14.19 参照) は、さまざまな視野点で鮮明な視覚を得るために人間の目が必要とする調節量を示しています。

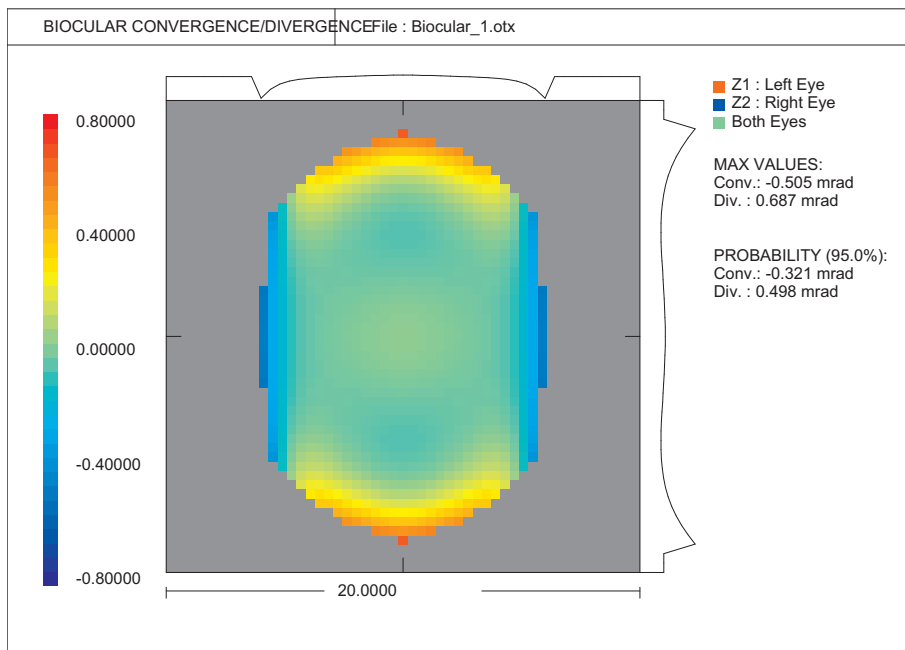


図 14.19. 両眼収束/発散の例。

14.2 波動光学的評価 (Diffraction Analysis)

14.2.1 波動光学的 MTF (Diffraction Modulation Transfer Function (MTF))

波動光学的 MTF は、物体の拡張された性質を考慮に入れます。これは、異なる周波数成分が画像内でどれだけ正確に再現されるかを測定する指標です。デフォルトでは、正弦波 MTF が計算されます。なお、MTF 計算の精度は、レンズ系を通過する光線グリッドの密度にも依存します。[NRD](#)を確認してください。MTF は常に現在のズーム位置で計算されます。異なる位置を選択するには、[POS](#) コマンドを使用してください。

MTF FRE FLD DEF [NUM]	<p>波動光学的 MTF を以下に対してプロットします: FRE = 空間周波数 FLD = 視野 (デフォルト) DEF = デフォーカス</p> <p>オプションパラメータ NUM は、プロットの代わりに数値表を生成します。</p>
MTFA [fi..j wi..j zi]	<p>指定された視野 (fi..j)、波長 (wi..j)、およびズーム位置 (zi) でデジタルおよびタンジェンシャル MTF の平均値を計算します。数値出力のみを生成します。MTF は、以下で定義される空間周波数で計算されます。MFR コマンド (下記参照)。結果の MTF 値は 0 から 1 の範囲です。UGR (ユーザー定義グラフィックス) や最適化で関数として使用する場合、1 つの視野またはズーム位置のみ指定できます。</p>
MTFS [fi..j wi..j zi]	<p>指定された視野 (fi..j)、波長 (wi..j)、およびズーム位置 (zi) でデジタル方向の MTF を計算します。数値出力のみを生成します。MTF は、以下で定義される空間周波数で計算されます。MFR コマンド (下記参照)。結果の MTF 値は 0 から 1 の範囲です。UGR (ユーザー定義グラフィックス) や最適化で関数として使用する場合、1 つの視野またはズーム位置のみ指定できます。</p>
MTFT [fi..j wi..j zi]	<p>指定された視野 (fi..j)、波長 (wi..j)、およびズーム位置 (zi) でタンジェンシャル (メリディオナル) 方向の MTF を計算します。数値出力のみを生成します。MTF は、以下で定義される空間周波数で計算されます。MFR コマンド (下記参照)。結果の MTF 値は 0 から 1 の範囲です。UGR (ユーザー定義グラフィックス) や最適化で関数として使用する場合、1 つの視野またはズーム位置のみ指定できます。</p>
MTF2D [fi zi max_freq]	<p>指定された視野 fi とズーム位置 zi で、最大空間周波数 max_freq に対する 2 次元 MTF をプロットします。パラメータなしで MTF2D を使用すると、視野 1、ズーム位置 1 が使用されます。</p>
次のページに続く	

前のページから続く	
MFR max_freq	空間周波数に対する MTF 解析で使用される最大空間周波数。焦点系では Lp/mm、無焦点系では Lp/mrad で与えられます。また、視野解析に対する最大周波数を定義する MFRF も参照してください。
MFRF max_freq_field	視野に対する MTF 解析で使用される最大空間周波数。焦点系では Lp/mm、無焦点系では Lp/mrad で与えられます。また、周波数解析に対する最大周波数を定義する MFR も参照してください。
MFRD max_freq_defocus	デフォーカスに対する MTF 解析で使用される最大空間周波数。焦点系では Lp/mm、無焦点系では Lp/mrad で与えられます。
IFR frequency_increment	周波数の増分（焦点系では Lp/mm、無焦点系では Lp/mrad）。デフォルトは MFR/20 です。
AFR autofocus_frequency または MFR autofocus_frequency	オートフォーカスオプションで使用される空間周波数。焦点系では Lp/mm、無焦点系では Lp/mrad で与えられます。

変調伝達関数 (MTF) の計算は、Malacara の手法に従います [33]

$$\hat{H}(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{+\infty} \hat{P}(x, y) \hat{P}^*(x - \lambda R f_x, y - \lambda R f_y) dx dy \quad (14.30)$$

ここで、 R は基準となる参照半径、 (f_x, f_y) は x 方向または y 方向の空間周波数を表します。複素量は、対応する記号の上にキャレット記号 $\hat{\cdot}$ を付けて示されます。 $\hat{P}(x, y)$ は、以下で定義される瞳関数です。

$$\hat{P}(x, y) = A(x, y) e^{ik \cdot W(x, y)} \quad (14.31)$$

ここで、 $W(x, y)$ は波面変形 (デフォーメーション)、 $A(x, y)$ は波の振幅、 (x, y) は射出瞳内の座標を表します。したがって、瞳関数は、レンズ系の射出瞳全体にわたる振幅と位相の変化を示します。

位相は波面収差から導き出され、振幅は各光線の強度から計算されます²。

また、振幅と強度の関係は以下の式で示されます。

$$I(x, y) = [A(x, y)]^2 \quad (14.32)$$

ほとんどの光学教科書では、均一に照明された瞳が仮定されており、この条件下では $A(x, y)$ と $I(x, y)$ は開口内のすべての点で一定 (1) であるため、省略可能です。しかし、瞳の透過特性が乱される場合 (例: 瞳の遮蔽やアポダイゼーション) には、振幅因子がこれらの影響を正確にモデル化します。

$$\hat{H}(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{+\infty} \bar{A} \cdot e^{ik \cdot W(x, y)} e^{-ik \cdot W(x - \lambda R f_x, y - \lambda R f_y)} dx dy \quad (14.33)$$

²ここでの強度とは、システムを通過する異なる瞳座標 (x, y) での光線の見かけの強度を指します。瞳全体での強度の変化は、システムが瞳座標の関数として異なる透過特性を示す場合 (例えば、高い開口数を持つシステム) や、光源自体が空間座標に対して均一に放射しない場合 (例: レーザー用途でのアポダイゼーション) に発生します。

ここで、

$$\bar{A} = A(x, y) \cdot A(x - \lambda R f_x, y - \lambda R f_y) \quad (14.34)$$

$$k = 2\pi/\lambda \quad (14.35)$$

式 14.33 の積分を $f_x = f_y = 0$ での値で正規化したものは、**光学伝達関数 (OTF)** と呼ばれます。これは、瞳とその横方向にずらした像との畳み込みを表します。したがって、非干渉照明における周波数応答 $\hat{H}(f_x, f_y)$ は、定数因子を除いて、瞳関数の自己相関関数に相当します。光学伝達関数は複素量であり、その実部は**変調伝達関数 (MTF)** と呼ばれ、虚部は**位相伝達関数 (PTF)** と呼ばれます。

正弦波 MTF : (将来のリリースで使用予定)

正弦波応答は、正弦波をそのフーリエ成分に分解し、各成分に対する正弦波応答を計算することで求められます。

$$S(v) = \frac{4}{\pi} \left[M(v) - \frac{M(3v)}{3} + \frac{M(5v)}{5} - \frac{M(7v)}{7} + \dots \right] \quad (14.36)$$

ここで：

- $S(v)$ = 正弦波 MTF
- $M(v)$ = 正弦波 MTF
- v = 空間周波数

**14.2.2 点像強度分布
(Point Spread Function (PSF))**

波動光学的点像強度分布 (PSF) は、物体空間内の単一の点光源が光学系によって形成する回折像の強度を表します。点像強度分布は、光学系の射出瞳内の波面から、式 14.39 で示される二重フーリエ積分を用いて計算されます。瞳の遮蔽や瞳の非均一な照明 (アポダイゼーション) も考慮されます。多波長解析の場合、単色 PSF は割り当てられた波長の重み付けに従って統合されます。

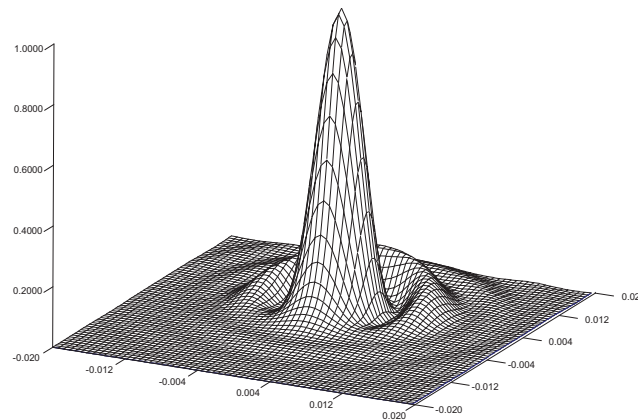


図 14.20. 波動光学的 PSF の立体視図

射出瞳内の振幅分布 $A(x, y)$ と対応する波面収差 $W(x, y)$ は、複素瞳関数 $P(x, y)$ を定義します。射出瞳内の正規化座標は (x, y) です。

$$P(x, y) = \begin{cases} A(x, y)e^{2\pi j \cdot W(x, y)/\lambda} \\ 0 \end{cases} \quad (14.37)$$

瞳関数 P は、瞳の外側ではゼロになります。射出瞳内の強度分布 $I(x, y)$ は以下の式で与えられます。

$$I(x, y) = [A(x, y)]^2 \quad (14.38)$$

画像平面内の座標 (u, v) を持つ点光源オブジェクトの回折照度 $|h(u, v)|^2$ は、以下の式で近似されます。

$$|h(u, v)|^2 = \frac{\left[\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(x, y) e^{-2\pi j(x \cdot u + y \cdot v)} dx dy \right]^2}{\left[\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(x, y) dx dy \right]^2} \quad (14.39)$$

14.2.2.1 パッチサイズ (Patch Size)

高速フーリエ変換 (FFT) は、式 14.39 の積分を計算するために使用されます。フーリエ変換の単位変換特性により、光学系の射出瞳内のサンプリング (光線グリッドで定義される、NRD コマンドを参照) と画像平面でのサンプリング周期の間には関係があります。

したがって、画像平面で計算される領域は、射出瞳内のサンプリング周期、基準波長、および光学系の開口数の3つのパラメータの関数となります。射出瞳内のデフォルトのサンプリングは、32 x 32 光線のグリッド (NRD = 32) です。画像平面で計算可能な最大パッチサイズは、次の式で決定されます。

$$x_{image} = \frac{\lambda N_p}{2 \cdot \sin(u')} \quad (14.40)$$

ここで：

- λ = 波長 (μm 単位)
- u' = 画像空間での開口数
- N_p = 瞳全体のサンプリングポイント数 (NRD コマンドを参照)

必要に応じて、最大許容パッチサイズは、NRD (直径に沿った光線数) を増加させることで拡大できます。デフォルト値 (式 14.40 で計算される値) よりも小さい画像パッチは自由に指定可能です。

PSF を計算する別の手法として、複素瞳関数 (ホイヘンス) の直接積分があります。この方法では、画像パッチを直接指定できますが、計算負荷が高くなります。そのため、この方法は2つの直交断面での断面 PSF にのみ利用可能です (PSF XY コマンドを参照)。

<p>PSF fk [zk] [VIE GRY CON XY ZOO norm log] [img_size]</p>	<p>点像強度分布 (PSF) を計算し、プロットします。パラメータは以下の通りです： PSF VIE： PSF の立体視図をプロットします。 PSF GRY： PSF のグレースケールプロットを作成します。 PSF TRU： 擬似的な真の色で PSF をプロットします。多波長 PSF に寄与する色成分が RGB モデルに符号化され、PSF 内の色収差の影響を直感的に把握しやすいように表示します。 PSF FAL： 「偽色」PSF。PSF の強度が RGB モデルに符号化されます。青は低強度、赤は高強度を表します。 PSF CON： PSF の等高線プロットを作成します。 PSF XY： X 方向および Y 方向の断面プロットを作成します。 PSF ZOO： PSF を希望する画像領域にズーム (再サンプリング) します。 norm： PSF VIE と組み合わせて使用し、ストレーラ比の実際の値に関係なく PSF を正規化します。 log： PSF を対数スケールでプロットします。 img_size： 画像パッチのサイズ。パッチサイズの制限についてはセクション 14.2.2.1 を参照してください。</p>
<p>PSF FF patch [FIL file_name] [?]</p>	<p>全視野 PSF。最大視野内の 9 つの離散視野ポイントでグレースケール PSF を計算します。詳細な説明についてはセクション 14.2.5 を参照してください。</p>
<p>PSF DF [img_size fi..j]</p>	<p>対角視野 PSF。指定されたすべての視野ポイントで PSF を計算し、単一のグレースケールビットマップに表示します。詳細についてはセクション 14.2.4 および図 14.21 を参照してください。</p>
<p>PSF fk [zk] [img_size] FIL file_name</p>	<p>PSF 強度データをファイル file_name に書き込みます。書き込まれるファイルは 4*NRD 列と行を持つ ASCII ファイルです。</p>

14.2.2.2 PSF データのエクスポート (Exporting PSF-Data)

点像強度分布 (PSF) 計算から得られる強度分布は、ファイルに書き出すことも可能です。ファイル形式は、セクション 32.12 で説明されているプレーン ASCII 形式です。

PSF fk [zk] [img_size] FILE file_name	PSF強度データをファイルfile_nameに書き出します。ファイル形式は、拡張子によってASCIIまたはExcelが定義されます（ASCIIの場合は*.txtまたは*.dat、Excelの場合は*.xls）。行と列の数は4*NRDであり、たとえばNRDが32の場合、128 x 128のマトリックスが書き出されます。ファイル形式の詳細についてはセクション 32.12を参照してください。
--	--

14.2.3 PSFのXおよびY方向の直径と楕円率 (PSF Diameter in X and Y, Ellipticity)

PSFの直径は、X方向およびY方向の2つの断面に沿って計算することができます。直径が計算される強度レベルは自由に定義可能です。デフォルトでは、このレベルは $1/e^2$ の強度に設定されています。

PSD fi zi [threshold]	指定された視野fiとズーム位置ziにおけるPSFの直径を計算します。デフォルトでは、直径はY方向で測定され、thresholdで定義される特定の強度レベルで決定されます。thresholdは0から1の値で、オプションであり、デフォルト値は $1/e^2 = 0.135$ です。 例: psd f1 z3 0.135 Y方向でのPSF直径を強度閾値0.135で計算します。
PSDX fi zi [threshold] or PSDY fi zi [threshold]	指定された視野fiとズーム位置ziにおけるX方向またはY方向でのPSF直径を計算します。直径は、thresholdで定義される特定の強度レベルで決定されます。thresholdは0から1の値で、オプションであり、デフォルト値は $1/e^2 = 0.135$ です。
PSE fi zi [threshold]	指定された視野fiとズーム位置ziにおけるPSFの楕円率を計算します。PSFの楕円率は、X方向の直径(PSDX)とY方向の直径(PSDY)の比率として定義されます。thresholdはオプションで、0から1の値を持ちます。完全な(円形の)PSFの楕円率は1です。

14.2.4 対角視野PSF (Diagonal Field PSF)

PSFが単一の物体点ではなく、視野全体でどのように変化していくかを同時に示すことが望ましい場合があります（例えば、PSF GRYコマンドで提供されるように）。これを実現するために、PSFは視野構成（59ページ）で指定されたすべての視野ポイントで計算され、単一のビットマップ画像に表示されます。

通常、回転対称光学系の場合、視野は軸（視野の中心）から最大視野まで、x視野とy視野の対角線に沿って選択されます。したがって、このオプションは「対角視野」PSFと呼ばれます。ただし、非回転対称光学系の解析にも適しており、視野ポイントがx方向およびy方向に適切

に指定されている場合に使用できます。

<p>PSF DF [patch] [FIL file_name] [?]</p>	<p>全視野円の対角線に沿って配置された離散視野ポイントでPSFを計算します。パッチサイズ(patch)は画像平面での領域を指します。省略または0の場合、patchはシステムのNRD、波長、開口数に基づいて自動的に計算されます。</p> <p>結果のビットマップ画像は、ファイル拡張子によってファイル形式が定義されるビットマップファイルに保存できます。例えば、*.bmp = Windows ビットマップ、*.pcx = ZSoft PC Paintbrush、*.png = Portable Network Graphics。</p> <p>例: psf df 0.05 fil c:\psf.bmp</p>
---	--

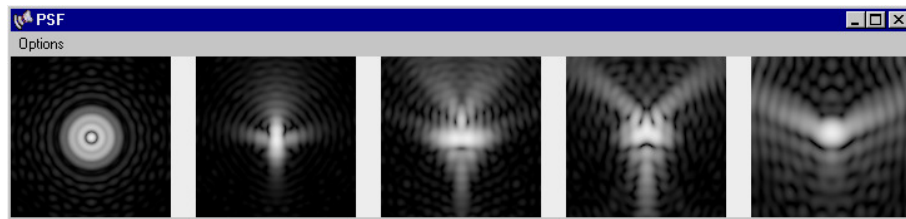


図 14.21. PSF DF コマンドを使用して作成されたグレースケールビットマップとしての対角視野 PSF。

14.2.5 全視野グリッド PSF (Grid Field PSF)

このオプションでは、グリッド状に配置された離散的視野ポイントで回折を考慮した波動光学的 PSF を計算し、結果の PSF をグレースケール画像として単一のビットマップ画像に表示します。ただし、PSF は常にすべての波長と対応する重みを含めて計算されますが、表示はグレースケールのみです。

この計算では、[視野構成 \(59 ページ\)](#) で定義された最大 (全) 視野円を取り、フィールドポイントの正方形グリッドをこの円内に収めます。視野は 3x3 または 5x5 のフィールドポイントでグリッド分割できます。現在、グリッド数はオプションダイアログからのみ定義可能です (PSF FF ? コマンドを使用してダイアログを呼び出します)。

<pre>PSF FF [patch] [FIL file_name] [?] または PSF GRD [patch] [FIL file_name] [?]</pre>	<p>全視野円内にグリッド状に配置された離散視野ポイントでPSFを計算します。パッチサイズ(patch)は画像平面での領域を指します。省略または0の場合、patchはシステムのNRD、波長、開口数に基づいて自動的に計算されます。</p> <p>結果のグリッド画像は、ファイル拡張子によってファイル形式が定義されるビットマップファイルに保存できます。例えば、*.bmp = Windows ビットマップ、*.pcx = ZSoft PC Paintbrush、*.png = Portable Network Graphics。</p> <p>例: psf grd 0.05 fil c:\psf.bmp</p>
---	---

コマンド例:

psf ff	3x3 フィールドグリッドでPSFを計算し、画像領域(パッチ)のスケールを自動的に調整します。
psf ff ?	パラメータを編集するためのダイアログボックスを呼び出します。
psf ff 0.05	3x3 フィールドグリッドでPSFを計算し、画像領域(パッチ)のスケールを固定(0.05mm)します。
psf ff 0.05 fil 'c:\temp\psf.bmp'	3x3 フィールドグリッドでPSFを計算し、画像領域のスケールを固定(0.05mm)し、グリッド画像をファイルc:\temp\psf.bmpに書き出します。ファイル名やフォルダ名に空白が含まれる場合のみ、アポストロフィが必要です。

全視野グリッド PSF の例は、図 14.22 に示されています。

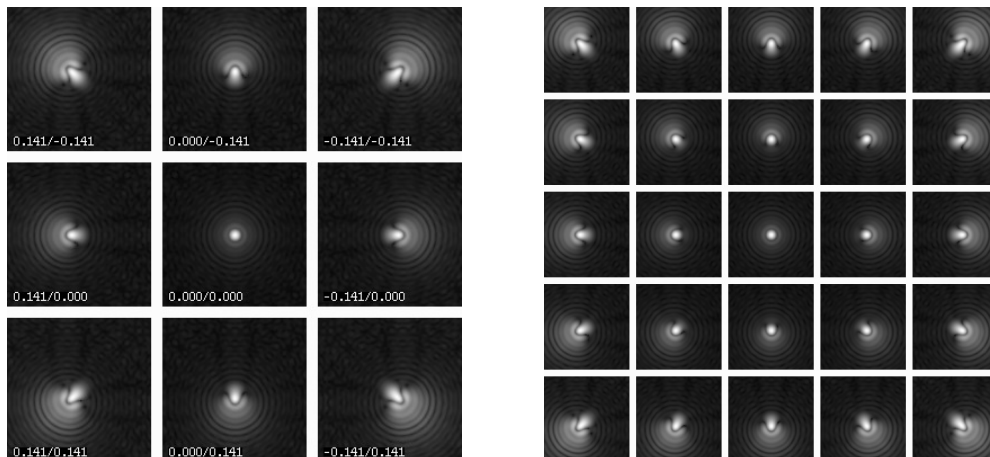


図 14.22. 全視野グリッド PSF。

左: X/Y フィールド座標を持つ 3x3 フィールドグリッド、右: 5x5 フィールドグリッド。

各グリッドポイントでの PSF 画像の描画は、中間像を持つシステムの場合に反転することがあります。このオプションは現在、オプションダイアログボックス(つまり、コマンド PSF GRD ? を使用)からのみ利用可能です。

14.2.6 PSF の X および Y 方向の断面図 (X/Y Cross Sections of PSF)

PSF の X 方向 (サジタル) および Y 方向 (タンジェンシャル) の断面図を、指定された各視野ポイントについてプロットします。PSF は基準波長での主光線の座標に基づいています。無限遠光学系 (AFO YES を参照) の場合、単位はミリラジアン (mrad) で表示されます。

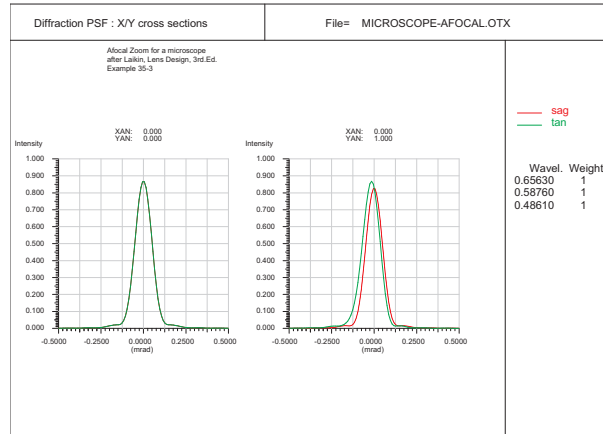


図 14.23. PSF の X/Y 方向断面図

14.2.7 広がりをもつ物体を対象とした画像解析 (フーリエ法) (Extended Objects (Fourier Method))

このセクションでは、空間的にコヒーレントおよび非コヒーレントな有限の広がりを持つ物体の画像解析を扱います。これはフーリエ理論に基づいており、実際の光学系における周波数応答の制限、収差、回折効果を考慮して画像形成を解析します。この解析から有意義な結論を得るためには、J. Goodman の優れた著書 (参考文献 [17]) に記載されているフーリエ光学に精通する必要があります。

拡張物体 (広がりをもつ物体)、または同様に拡張画像について言及する場合、物体領域の空間的な広がりには小さくなくてはなりません。これは、光学系の光学伝達関数 (OTF) が顕著に変化しないようにするためです。したがって、選択された視野ポイントにおいて、対象となる物体は OTF が安定している領域内に限定される必要があります。

```
EIMD fk wk obj_type ext_x ext_y | ? | fil bitmap_file
```

回折解析に基づく拡張物体/画像。フーリエ技術を使用して、視野番号 *fk* および波長番号 *wk* で拡張物体の画像を計算します。

obj_type は、以下の事前定義された物体タイプを指定します：

CIR = トップハット、円形

ELL = トップハット、楕円形

REC = トップハット、矩形 (*ext_x*, *ext_y* は X/Y 方向の幅を定義)

GAU = ガウスプロファイル (*ext_x*, *ext_y* は $1/e^2$ の直径を定義)

GRA = グレーティング (*ext_x* はグレーティング周期を定義)

PIN = ダブルピンホール (*ext_x*, *ext_y* はピンホールの X/Y 間隔を定義)

? 質問マークはオプションで、パラメータを編集するためのダイアログボックスを呼び出します。

fil bitmap_file は、RGB ビットマップファイルを物体として指定します。サポートされるファイル形式は BMP、PCX、PNG、INT です。ビットマップの物理的な拡張 (*ext_x*, *ext_y*) は、常に許容される最大物体拡張より小さくなければなりません (図 14.24 および以下の議論を参照。必要に応じて **NRD** を増加)。

例:

`eimd f3 w2 rec 0.1 0.05` 矩形物体 (幅=0.1mm、高さ=0.05mm) の画像を視野番号 3 および波長番号 2 で計算します。

`eimd f3 w2 fil c:\mybitmap.bmp` ビットマップを物体として使用します。

`eimd ?` すべてのパラメータを編集するためのダイアログボックスを呼び出します。

このオプションで計算された拡張画像は、ファイルにエクスポートすることも可能です。現在、INT 形式 (セクション 32.11 を参照) および「raw」形式が利用可能です。「raw」ファイル内のデータは、数値範囲が 0 から 1 の間に収まります。ただし、INT 形式または「raw」形式へのエクスポートは、拡張画像ウィンドウのオプションダイアログからのみ可能です。

拡張画像の計算に使用されるアルゴリズムは、高速フーリエ変換 (FFT) に基づいています。そのため、物体配列の物理的なサイズ、すなわち拡張物体の最大許容サイズ x_{object} は自由に選択することはできません。フーリエ変換の単位変換特性により、射出瞳内のサンプリング (**NRD** コマンドを参照) と物体/画像平面でのサンプリングは密接に関連しています。したがって、物体/画像領域の最大拡張 x は、瞳内のサンプリングポイント数 ($N_p = \text{NRD}$)、使用波長、および開口数 ($\sin(u)$) によって定義されます。

$$x_{max.object} = \frac{\lambda N_p}{2 \cdot \sin(u)}$$

$$x_{max.image} = \frac{\lambda N_p}{2 \cdot \sin(u')}$$
(14.41)

したがって、最大許容物体/画像パッチを増加させるには、より密な瞳サンプリング (大きな **NRD**) を選択する必要があります。

物体の拡張は、最大配列拡張と混同してはなりません。最大配列拡張は式 14.41 で定義されます。図 14.24 は、物体の拡張の定義を示しており、物体が物体空間または画像空間のいずれに存在するかに関係なく、常に配列の寸法より小さくなければなりません。

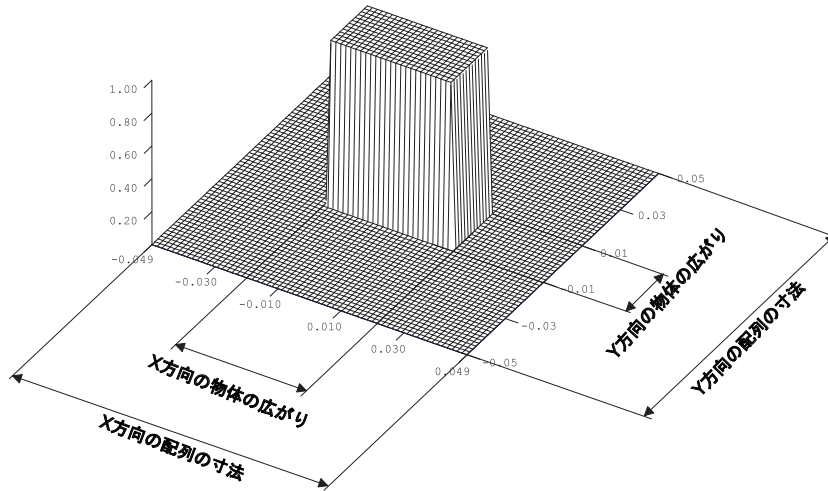


図 14.24. 拡張物体、物体拡張と配列拡張の定義。

理論:

拡張物体（広がりをもつ物体）または拡張画像の画像特性を解析するために、いくつかの仮定が設けられます。光学系のすべての画像形成要素は、入射瞳と射出瞳を含む平面を光学インターフェースとする単一の「ブラックボックス」に統合されます（図 14.25 参照）。さらに、入射瞳と射出瞳の間の光の通過は幾何光学（すなわち光線を使用）によって完全に記述されると仮定されます。

すべての回折効果は、これらの瞳のいずれかに関連付けられ、光学系（ブラックボックス）内部で発生する可能性のある回折は無視されます。この視点は、物理光学的ビーム伝播アプローチ（章 16、ページ 349 参照）との主な違いです。物理光学的アプローチでは、これらの効果を考慮しますが、計算負荷が増加するという代償があります。

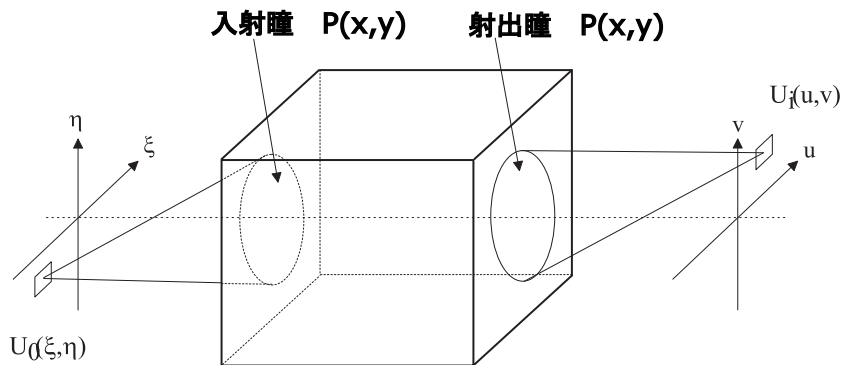


図 14.25. 光学系の一般化されたブラックボックスモデル。

拡張光源イメージングの基礎理論を説明するにあたり、Goodman の優れたフーリエ光学の記述 [17] に従います。このセクションでは簡潔な要約のみを示します。より詳細な説明を希望する読者は、Goodman の著書を参照してください。

画像振幅 $U_i(u, v)$ は、重ね合わせ積分によって表されます。

$$U_i(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} h(u, v) U_0(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (14.42)$$

ここで、 $h(u, v)$ は座標 (ξ, η) における点光源オブジェクトに対する画像平面内の（複素）振幅を表し、 $U_0(\xi, \eta)$ は物体の振幅分布を示します。理想的な（回折限界）システムの場合、 h は単に射出瞳のフラウンホーファー回折パターンであり、座標 $u = m \cdot \xi, v = m \cdot \eta$ (m は倍率) に中心を持ちます。 h の計算については、セクション 14.2.2 および特に式 14.39 を参照してください。

一般的な場合、収差のあるシステムでは、画像は幾何光学によって予測される画像と、振幅透過率 P を持つ開口のフラウンホーファー回折パターンとしてのインパルス応答との畳み込みとして考えることができます。ここで P は次のように定義されます。

$$P(x, y) = A(x, y) e^{jkW(x, y)} \quad (14.43)$$

$W(x, y)$ は基準球に対する光路差（OPD）によって予測される波面収差を表し、 $A(x, y)$ は射出瞳内の相対振幅を示します。式 14.43 は、コヒーレントな場合の光学伝達関数（OTF）に相当します。

フーリエ光学を使用して、各成分の周波数スペクトルを次のように定義します。

$$G_0(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} U_0(u, v) e^{-2\pi j(f_x u + f_y v)} du dv \quad (14.44)$$

$$G_i(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} U_i(u, v) e^{-2\pi j(f_x u + f_y v)} du dv \quad (14.45)$$

$$H(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} h(u, v) e^{-2\pi j(f_x u + f_y v)} du dv \quad (14.46)$$

畳み込み定理を適用すると、次のように表されます。

$$G_i(f_x, f_y) = H(f_x, f_y) G_0(f_x, f_y) \quad (14.47)$$

これにより、周波数領域でのイメージングの効果が表現されます。

コヒーレントな場合:

コヒーレントイメージングでは、光学伝達関数 $H(f_x, f_y)$ は振幅透過率 P と直接関連付けられます。

$$H(f_x, f_y) = P(\lambda z_i f_x, \lambda z_i f_y) \quad (14.48)$$

ここで、 z_i は射出瞳から画像平面までの距離を表します。

インコヒーレントな場合:

$$H(f_x, f_y) = \frac{\mathcal{F}|h(u, v)|^2}{\iint |h(u, v)|^2 du dv} \quad (14.49)$$

これは式 14.46 と同等ですが、点光源画像の複素振幅の位相情報が除外されています。 H は、システムが周波数成分 (f_x, f_y) に適用する複素重み係数を指定します。なお、 $|H|$ の絶対値は変調伝達関数（MTF）として知られています。セクション 14.2.1 も参照してください。ここでは自己相関法を使用して $|H|$ を計算します。

演算子表記:

コヒーレントおよびインコヒーレントなイメージングは、演算子表記でも表現できます。ここで、 \mathcal{F} はフーリエ変換、 \mathcal{F}^{-1} は逆フーリエ変換を表します。

コヒーレントの場合:

$$U_i(u, v) = \mathcal{F}^{-1} [\mathcal{F} [U_0(\xi, \eta)] P(x, y)] \quad (14.50)$$

インコヒーレントの場合 (式 14.49 の正規化積分を明示せずに記述) :

$$U_i(u, v) = \mathcal{F}^{-1} [\mathcal{F} [U_0(\xi, \eta)] \mathcal{F}^{-1} [|h(u, v)|^2]] \quad (14.51)$$

14.2.8 ナイフエッジ関数
(Knife Edge Function (KEF))

ナイフエッジ関数 (Knife Edge Function, KEF) は、「エッジスプレッド関数」または「スラントエッジ関数」とも呼ばれ、画像平面内の「鋭いエッジ」に対する応答を計算します。

KEFS fk	サジタル方向におけるナイフエッジ関数 (KEF) の幅を視野 fk で計算します。通常、幅は KEF の 10% および 90% の強度ポイントによって定義されます。KEF の強度レベルを設定するには、 KEFL および KEFH コマンドを参照してください。
KEFT fk	タンジェンシャル方向におけるナイフエッジ関数 (KEF) の幅を視野 fk で計算します。
KEFL I_low I_high	ナイフエッジ関数の幅を計算するための低強度および高強度レベルを設定します。レベルはパーセント (%) で入力する必要があります。デフォルト値は I_low = 10、I_high = 90 です。
KEFH I_high	ナイフエッジ関数の幅を計算するための高強度レベルを設定します。レベルはパーセント (%) で入力する必要があります。デフォルト値は I_high = 90 です。
PLO KEF fk [?]	サジタルおよびタンジェンシャル方向におけるナイフエッジ関数 (KEF) を視野 fk でプロットします。オプションの質問マーク (?) を使用すると、プロットおよび計算パラメータを編集するためのダイアログボックスが呼び出されます。視野番号 fk を指定しない場合、前回の計算で使用された視野がデフォルトとして使用されます (デフォルトは fk = 1)。

14.2.9 エンサークルドエネルギー/エンスクエアエネルギー (Encircled / Ensquared Energy (Diffraction based))

エンサークルドエネルギーは、点像内の総エネルギーのうち、指定されたサイズの円または正方形内に含まれるエネルギーの割合を表します。この解析は、正方形ピクセルを持つ検出器（たとえば CCD や CMOS イメージセンサ）で、1つのピクセル内に含まれる総エネルギーの割合を判断するのに特に有用です。

エンサークルドエネルギー/エンスクエアエネルギーの計算は、波動光学的点像強度分布 (PSF) の重心を基準として、回折 PSF を積分することに基づいています。

計算の精度は、光線グリッド (NRD、直径に沿った光線数) に依存します。NRD が大きい（つまり、瞳内の光線が密である）ほど、より正確な結果が得られます。

ECE fk diam	視野 fk における直径 diam 内のエンサークルドエネルギーを計算します。計算は PSF 関数の重心を基準としています。以下の EQE コマンドも参照してください。
EQE fk diam	視野 fk における直径 diam 内のエンスクエアエネルギーを計算します。計算は PSF 関数の重心を基準としています。
PLO ECE EQE fk diam [NUM] [?]	視野 fk における直径 diam 内のエンサークルドエネルギーまたはエンスクエアエネルギーをプロットします。計算は PSF 関数の重心を基準としています。オプションの質問マーク (?) を使用すると、プロットおよび計算パラメータを編集するためのダイアログボックスが呼び出されます。視野番号 fk を指定しない場合、前回の PSF または ECE 計算で使用された視野がデフォルトとして使用されます (デフォルトは $fk = 1$)。パラメータ NUM を指定すると、エンサークルドエネルギー/エンスクエアエネルギーのデータがテキストウィンドウに数値として出力されます。エンサークルドエネルギーとエンスクエアエネルギーの2つの曲線が別々にプロットされます。エンスクエアエネルギーの曲線は常にエンサークルドエネルギーの曲線よりも高くなります。

注意:

エンサークルドエネルギー/エンスクエアエネルギーは、回折点像強度分布 (PSF) から計算されます。まず、PSF 関数の重心を検索し、その点を基準に直径に沿った積分を開始します。ただし、非対称な PSF 分布の場合、重心は計算用 FFT グリッドの中心に位置しないため、積分範囲が FFT グリッド内で計算された範囲よりも小さくなる可能性があります。この場合、対応するエンサークルドエネルギープロットは、要求された範囲よりも小さい積分範囲を報告します。

14.2.10 ストレール比 (Strehl Ratio)

ストレール比 (Strehl Ratio、またはストレール定義) は、PSF のピーク値と、同等の理想的な (収差のない) システムの PSF のピーク値との比率を表します。ストレール比は 0 から 1 の間の値を取り、1 は理想的なシステムを意味します。

STREHL [zi..j fi..j wi..j]	ズーム位置 zi..j、視野 fi..j、および波長 wi..j に対するストレール比を数値出力します。
PLO STREHL FLD	ストレール比を視野に対してプロットします。
PLO STREHL LAM [y-min y-max]	ストレール比を波長に対してプロットします。オプションのパラメータ y-min、y-max を使用して Y 軸のプロット範囲 (0~1) を調整できます。

ストレール比は、複素瞳関数 $P(x, y)$ を用いて次の式で計算されます。

$$STREHL = \frac{\left[\iint P(x, y) dx dy \right]^2}{\left[\iint A(x, y) dx dy \right]^2} \quad (14.52)$$

ここで、積分は射出瞳内の座標 (x, y) にわたって行われます。 $A(x, y)$ は式 14.37 で定義される射出瞳内の振幅分布を表します。

興味深い点として、小さな収差を持つシステムでは、ストレール比が波面の分散 $(\Delta W)^2$ と直接関連していることが挙げられます。

$$STREHL \sim 1 - \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 (\Delta W)^2 \quad (14.53)$$

14.2.11 波面収差 (光路差) (Wavefront Aberration (Optical Path Difference))

波面収差 (または光路差) は、実際の波面が基準球面からどれだけ逸脱しているかを表します。基準球面は、幾何学的に完全な点像の曲率中心を持ちます。基準球面の半径は自由に選択できますが、デフォルトでは *OpTaliX* は光学系の射出瞳に基準球面を配置します。波面を計算する際、基準球面の中心は常に画像平面内の主光線の位置にあります。なお、他の回折計算 (例: MTF) では、すべての波長に対して波面の分散が最小となる基準が選択されます。

波面計算には、光学面に適用されたコーティングによる位相変化が常に含まれます。この効果は通常小さいですが、入射角が急なシステム (例: 広視野システムや高開口数システム) では波面に顕著な影響を与える場合があります。詳細はセクション 20.6 を参照してください。

WAV [TLT] [fi..j wi..j zi..j]	視野 fi..j、波長 wi..j、またはズーム位置 zi..j における RMS 波面収差を評価します。出力は数値で表示されます。デフォルトでは波面の傾きは差し引かれませんが、TLT オプションを使用すると波面の傾きを差し引くことができます。
WAVZ [fi..j wi..j zi..j]	上記の WAV コマンドと同様に RMS 波面収差を評価しますが、デフォーカスや非点収差などのゼルニケ波面成分を差し引くことが可能です。任意のゼルニケ項の順序が許可されます。RMS 波面収差を評価する前に差し引くゼルニケ項を定義するには、ZWACT コマンド (ページ 168) を使用してください。出力は数値のみです。
PLO WAV [FLD LAM] [TLT] [zk]	波面収差を視野 (FLD) または波長 (LAM) に対してプロットします。デフォルトは FLD です。プロットスケール (単位: ミクロン) はダイアログボックスで指定されます。スケール 0 を選択すると、各視野/波長/ズーム位置での最大波面収差に自動調整されます。デフォルトでは波面の傾きは差し引かれませんが、TLT オプションを使用すると波面の傾きを差し引くことができます。
OPD [fi..j wi..j zi..j] rel_apeX rel_apeY	主光線に基づく単一光線の光路差 (単位: mm) を計算します。
OPDW [fi..j wi..j zi..j] rel_apeX rel_apeY	基準波長における単一光線の光路差を波長単位で計算します。

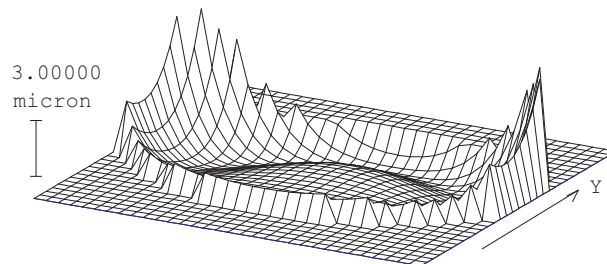


図 14.26. 波面収差 (1つの視野ポイントに対して表示)。

14.2.12 コンラディー D-d 色収差 (Conrady D-d Chromatic Aberration)

DMD [fk fi..j wk wi..j] x_ape y_ape	コンラディー D-d 色収差を指定された波長での波長差として表現します。スペクトルの重みは、システム構成 (ページ 63) で定義されたものを使用します。コンラディー D-d 色収差の詳細な説明は、セクション 14.2.12 (ページ 312) を参照してください。
-------------------------------------	---

アクロマートまたはアポクロマートでは、近軸光線に対する軸方向の色収差を補正しても（例：SSR コマンドを参照）、周辺光線に対する軸方向の収差が波長に対して補正されるとは限りません。球面収差が波長によって変化する現象は、色球面収差またはスフェロクロマティズムと呼ばれます。

コンラディー法 [9] によるスフェロクロマティズムの制御は、次のように定義されます。

$$DMD = \sum_{i=0}^k (D - d) \cdot (n_F - n_C) \quad (14.54)$$

ここで、 D は開口中心を通る光線の光路長を表し、 d は周辺光線の光路長を表します。最適な選択肢として、開口高さ $y_{ape} = 0.7$ で色収差を補正することが推奨される場合が多いです。

14.2.13 単経路干渉縞 (Single-Path Interferogram)

干渉縞は、典型的な干渉計設定における波面変形から予測される干渉縞をシミュレートします。この解析は、「真の」二経路干渉計設定（2つの波面が物理的に干渉する）をシミュレートするものではありません。光路差（波面）を基準波長に関連付け、構造的干渉および破壊的干渉の量を表示するだけです。二経路を持つ干渉計設定のシミュレーションについては、次のセクション（二経路干渉縞）を参照してください。

この解析では、ビネットや特殊な開口（中心遮蔽、スパイダーなど）を考慮します。また、（干渉計の）基準面の傾きを導入して、干渉縞の方向を制御することができます。

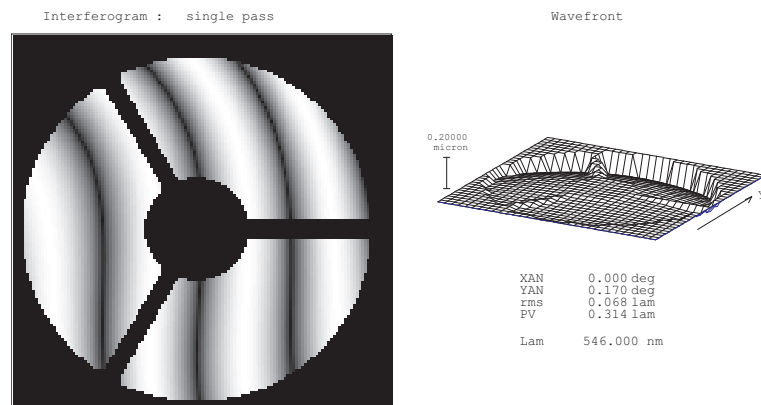


図 14.27. 波面収差から計算された干渉縞（1つの視野ポイントに対して表示）。

コマンド構文:

IFG field_number	波面変形から基準波長で干渉縞を計算します。
------------------	-----------------------

14.2.14 二経路干渉縞 (Dual-Path Interferogram)

このオプションは、2つの異なる設定の波面を計算し、構造的干渉および破壊的干渉の法則に従ってそれらを重ね合わせます。その結果、典型的な干渉計で観測される信号に類似した出力が得られます。

INT2P sk [?]	<p>二経路干渉縞。干渉計設定内で2つの経路を追跡し、得られた波面を重ね合わせます。2つの波面の構造的干渉および破壊的干渉に基づいて、干渉計の出力がシミュレーションされ、表示されます。2つの経路は、少なくとも2つの位置を含むズーム/マルチ設定内で定義する必要があります。skは、2つの波面の重ね合わせが解析される対象面を指します。オプションの質問マーク(?)を使用すると、追加のパラメータを編集するためのダイアログボックスが開きます。</p>
--------------	---

干渉計内で2つの異なる経路をシミュレーションするには、少なくとも2つの位置を含むズーム/マルチ設定が必要です。例として、マッハ・ツェンダー干渉計が図 14.28 に示されています。干渉計セクションの例ライブラリも参照してください。

対象面の開口は、干渉縞が構築される領域を定義します。対象面の開口拡張（例: CIR、REY、ELY）は、予想されるビームのサイズを完全にカバーするために十分な大きさである必要があります。

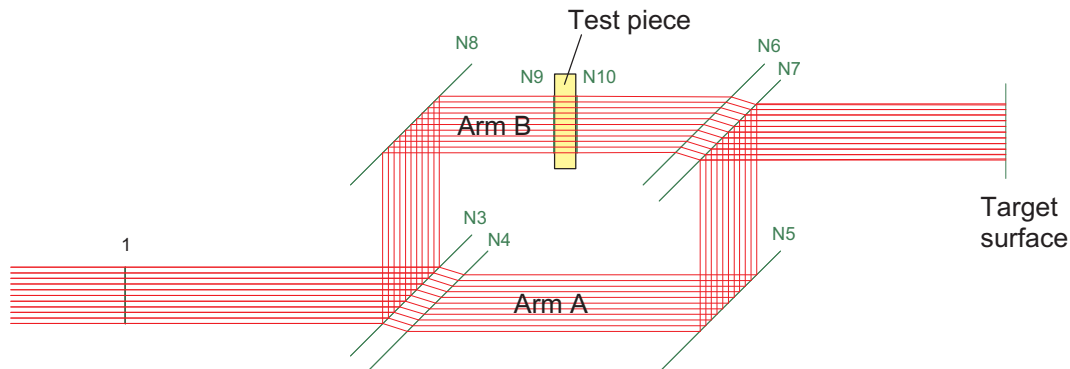


図 14.28. マッハ・ツェンダー干渉計の例。アーム B に試験片が配置されています。非順次面とズーム設定を使用して干渉計を作成します。試験片の表面誤差はゼルニケ変形で記述されます。

hline

14.3 ガウシアンビーム (Gaussian Beams)

ガウシアンビーム（レーザービームなど）は、非常に指向性が高く、空間的に非一様（放射対称）な強度分布を持ちます。そのフーリエ変換もガウシアンであり、光学系を通る伝播経路のすべての点でガウシアンのままです。ガウシアンには明確な境界がないため、ガウシアンのサイズの一般的な定義は、軸上の値の $1/e^2$ に減少する半径です。

BEA [wi..j zi..j ?]	<p>ガウシアンビーム解析を波長番号 i..j、ズーム位置 i..j で実行します。波長範囲 (wi..j) が指定されていない場合、参照波長が使用されます。入力ビームはガウシアン強度分布を持ち、オブジェクト面で開始します。つまり、ビームのウエストはオブジェクト面にあると仮定されます。解析にはウエストサイズの適切な設定が必要です（以下の WRX, WRY を参照）。オプションの質問マークを使用すると、WRX, WRY, ZWX, ZWY, RCX, RCY および M2 を編集するためのダイアログボックスが開きます。</p>
WRX x_rad [sk wi..j zi..j]	<p>オブジェクト面または面 sk に対する X 方向のウエスト半径（単位: mm）を設定します。ズーム位置 zi..j zk および波長 wi..j wk に対応します。コマンドでは 1 つのパラメータ (x_rad または sk zk wk) のみ指定可能です。</p> <p>例: wrx 0.005 ! オブジェクト面での X 方向ウエスト半径は 0.005mm wrx s6 ! 面 6 での X 方向ウエスト半径をバッファに返します (UDG や最適化で使用)。 wrx s6 z3 w2 ! 面 6 での X 方向ウエスト半径をズーム位置 3 および波長 2 に対してバッファに返します。ズームシステムでは zk パラメータが必須です。</p>
WRY y_rad [sk wi..j zi..j]	<p>オブジェクト面または面 sk に対する Y 方向のウエスト半径（単位: mm）を設定します。ズーム位置 zi..j zk および波長 wi..j wk に対応します。コマンドでは 1 つのパラメータ (y_rad または sk zk wk) のみ指定可能です。</p> <p>例: wry 0.005 ! オブジェクト面での Y 方向ウエスト半径は 0.005mm wry s6 ! 面 6 での Y 方向ウエスト半径をバッファに返します (UDG や最適化で使用)。 wry s6 z3 ! 面 6 での Y 方向ウエスト半径をズーム位置 3 に対してバッファに返します。ズームシステムでは zk パラメータが必須です。</p>
RCX wave_rad_x [sk wi..j zi..j]	<p>オブジェクト面または面 sk に対する X 方向の波面曲率半径（単位: mm）を設定します。ズーム位置 zi..j zk および波長 wi..j wk に対応します。コマンドでは 1 つのパラメータ (wave_rad または sk zk wk) のみ指定可能です。</p> <p style="text-align: right;">次のページに続く</p>

前のページから続く	
	<p>例:</p> <p>rcx 0 ! オブジェクト面での X 方向波面曲率半径は無限大</p> <p>rcx s6 ! 面 6 での X 方向波面曲率半径をバッファに返します (UDG や最適化で使用)。</p> <p>rcx s6 z3 ! 面 6 での X 方向波面曲率半径をズーム位置 3 に対してバッファに返します。ズームシステムでは zk パラメータが必須です。</p>
	<p>RCY wave_rad_y [sk wi..j zi..j]</p> <p>オブジェクト面または面 sk に対する Y 方向の波面曲率半径 (単位: mm) を設定します。ズーム位置 zi..j zk および波長 wi..j wk に対応します。コマンドでは 1 つのパラメータ (wave_rad または sk zk wk) のみ指定可能です。</p> <p>例:</p> <p>rcy 1000 ! オブジェクト面での Y 方向波面曲率半径は 1000mm</p> <p>rcy s6 ! 面 6 での Y 方向波面曲率半径をバッファに返します (UDG や最適化で使用)。</p> <p>rcy s6 z3 ! 面 6 での Y 方向波面曲率半径をズーム位置 3 に対してバッファに返します。ズームシステムでは zk パラメータが必須です。</p>
	<p>ZWX z-waist-x [sk wi..j zi..j]</p> <p>X 方向のビームウエスト位置をオブジェクト面または面 sk に対して設定します。ズーム位置 zi..j zk および波長 wi..j wk に対応します。コマンドでは 1 つのパラメータ (z-waist-x または sk zk wk) のみ指定可能です。オプションの面パラメータ si..j sk, zi..j zk, wi..j wk (z-waist-x なし) は、ZWX が関数として使用される場合にのみ適用されます。</p> <p>例:</p> <p>zwx 1.3 ! X 方向のウエスト位置はオブジェクト面から 1.3mm</p> <p>zwx s6 ! 面 6 に対する X 方向のウエスト位置をバッファに返します (UDG や最適化で使用)。</p> <p>zwx s6 z3 ! 面 6 に対する X 方向のウエスト位置をズーム位置 3 に対してバッファに返します。ズームシステムでは zk パラメータが必須です。</p>
	<p>ZWY z-waist-y [sk wi..j zi..j]</p> <p>Y 方向のビームウエスト位置をオブジェクト面または面 sk に対して設定します。ズーム位置 zi..j zk および波長 wi..j wk に対応します。コマンドでは 1 つのパラメータ (z-waist-y または sk zk wk) のみ指定可能です。オプションの面パラメータ si..j sk, zi..j zk, wi..j wk (z-waist-y なし) は、ZWY が関数として使用される場合にのみ適用されます。</p> <p>例:</p> <p>zwy 1.3 ! Y 方向のウエスト位置はオブジェクト面から 1.3mm</p> <p>zwy s6 ! 面 6 に対する Y 方向のウエスト位置をバッファに返します (UDG や最適化で使用)。</p> <p>zwy s6 z3 ! 面 6 に対する Y 方向のウエスト位置をズーム位置 3 に対してバッファに返します。ズームシステムでは zk パラメータが必須です。</p>
M ²	<p>M² ファクターは、実際のビームが理想的なガウシアンビームからどれだけ逸脱しているかを示します。詳細は式 14.60 を参照してください。M² は、ビームウエスト積が同じ波長の理想的なガウシアンビームの回折限界をどれだけ超えているかを表します。理想的なビームでは M² = 1 です。</p>
	<p>SRX sk wi..j zi..j</p> <p style="text-align: right;">次のページに続く</p>

前のページから続く	
	面 sk における X/Z 平面でのガウシアンスポットサイズを返します。この関数は、WRX, WRY, RCX, RCY などのガウシアンソースパラメータを使用するため、使用前に適切に設定されている必要があります。この関数はコマンドではなく、UGR や最適化で使用されます。
SRY sk wi..j zi..j	面 sk における Y/Z 平面でのガウシアンスポットサイズを返します。この関数は、WRX, WRY, RCX, RCY などのガウシアンソースパラメータを使用するため、使用前に適切に設定されている必要があります。この関数はコマンドではなく、UGR や最適化で使用されます。
GDX sk wi..j zi..j	面 sk における X/Z 平面でのガウシアンビームの発散角を返します。この関数は、WRX, WRY, RCX, RCY などのガウシアンソースパラメータを使用するため、使用前に適切に設定されている必要があります。この関数はコマンドではなく、UGR や最適化で使用されます。
GDY sk wi..j zi..j	面 sk における Y/Z 平面でのガウシアンビームの発散角を返します。この関数は、WRX, WRY, RCX, RCY などのガウシアンソースパラメータを使用するため、使用前に適切に設定されている必要があります。この関数はコマンドではなく、UGR や最適化で使用されます。
RRX sk wi..j zi..j	面 sk における X 方向のガウシアンビームのレイリー範囲を返します。この関数は、WRX, WRY, RCX, RCY などのガウシアンソースパラメータを使用するため、使用前に適切に設定されている必要があります。この関数はコマンドではなく、UGR や最適化で使用されます。
RRY sk wi..j zi..j	面 sk における Y 方向のガウシアンビームのレイリー範囲を返します。この関数は、WRX, WRY, RCX, RCY などのガウシアンソースパラメータを使用するため、使用前に適切に設定されている必要があります。この関数はコマンドではなく、UGR や最適化で使用されます。

数学的説明:

ガウシアンビームの自己フーリエ変換特性により、伝播を記述する複雑な積分は不要です。ガウシアン半径（「スポットサイズ」）と波面の曲率半径のみが変化します。

スポットサイズ w と波面曲率半径 R の距離 z における変化は、次のように明示的に記述されます。

$$w^2(z) = w_0^2 \left[1 + \left(\frac{\lambda z}{\pi w_0^2} \right)^2 \right] \quad (14.55)$$

および

$$R(z) = z \left[1 + \left(\frac{\pi w_0^2}{\lambda z} \right)^2 \right] \quad (14.56)$$

スポットサイズは $z = 0$ で最小値を取り、これはビームウエスト w_0 に等しいです。波面曲率半径はビームウエストで無限大となり、図 14.29 に示されています。遠方場の発散角 θ は次の式で与えられます。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\lambda}{\pi w_0} \right) \approx \frac{\lambda}{\pi w_0} \quad (14.57)$$

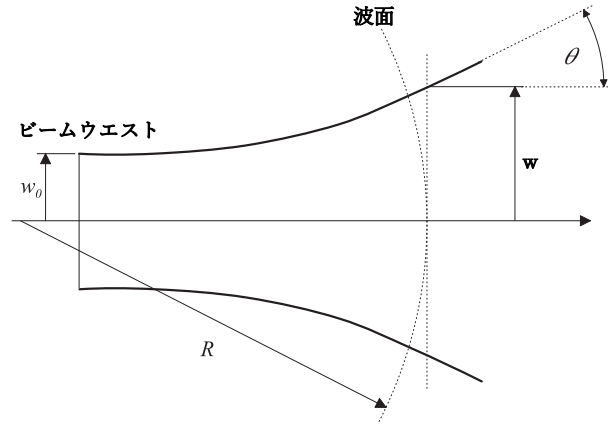


図 14.29. ガウシアンビームの伝播。

ビームの全挙動は、 w, w_0, R, λ の4つのパラメータのうち任意の2つで完全に指定されます。レイリー範囲は、ウエストから波面曲率半径が最小となる軸上の点までの距離です。

$$z_r = \frac{\pi w_0^2}{\lambda} \quad (14.58)$$

R は $z = z_r$ で最小値を取ります。レンズ間の自由空間では、式 14.55 および 14.56 がビームを完全に記述します。ビームが光学界面（レンズ、ミラー）を通過すると、波面曲率に変化し、ビームウエストのサイズと位置に新しい値が生じます。光学界面ではビーム直径は変化しません。

Siegman[50] によって導入された M^2 ファクターは、実際のビームが理想的なガウシアンビームからどれだけ逸脱しているかを記述します。式 14.57 から、ビームウエストと遠方場発散角の積は、特定の波長に対して一定であることがわかります。

$$w_0 \theta = \frac{\lambda}{\pi} \quad (14.59)$$

実際のビームでは、対応する積は次のように書かれます。

$$M^2 w_0 \theta = M^2 \frac{\lambda}{\pi} \quad (14.60)$$

したがって、 M^2 ファクターで記述される実際のビームのスポットサイズの伝播は、理想的なガウシアンビームと同じ式で記述されます。

Kogelnik と Li[27]、および Herloski, Marshall, Antos[20] によって、非点収差のないガウシアンビームの伝播と変換は、近軸領域における直交特性 ABCD 行列でモデル化できることが示されています。さらに、これらは2つの傍軸光線で表現できます。Arnaud[2] のモデルに従い、ウエストで入力ビームに接するウエスト光線と、無限遠で入力ビームに接する発散光線を選択します（図 14.30 参照）。Kogelnik と Li の方程式を用いると、次の結果が得られます。

$$w' = \sqrt{y_d^2 + y_w^2} \quad (14.61)$$

$$z' = \frac{y_d v_d + y_w v_w}{v_d^2 + v_w^2} \quad (14.62)$$

$$w_0 = \frac{y_w v_d - v_w y_d}{\sqrt{v_d^2 + v_w^2}} \quad (14.63)$$

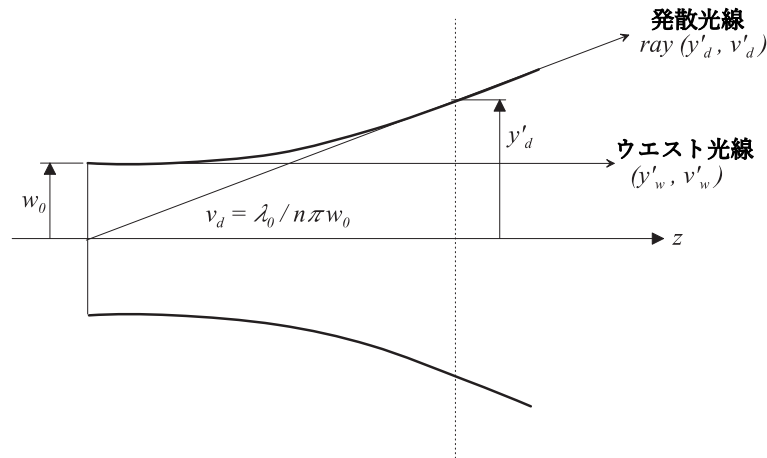


図 14.30. ガウシアンビーム伝播のモデル化における等価傍軸光線。

14.4 ファイバー結合効率 (Fiber Coupling Efficiency)

結合効率 (CEF) の計算には、アポダイゼーション、入力ビームのクリッピング、コーティングまたは非コーティング表面による反射損失、およびバルク吸収が含まれます。

<p>CEF [? fi wi]</p>	<p>線形結合効率 (CEF) を計算します。オプションの質問マークを使用すると、送信ファイバーおよび受光ファイバーのプロパティを編集するためのダイアログボックスが開きます。</p>
<p>CEFDB [? fi wi]</p>	<p>線形値ではなくデシベルで結合効率を計算します。上記の CEF コマンドも参照してください。</p>
<p>MPR GAU STE FIL</p>	<p>モードプロファイルを選択します。 GAU: ガウシアンモードプロファイル STE: ステップインデックス FIL: ファイルから読み込まれるユーザー定義プロファイル (準備中)</p>
<p>次のページに続く</p>	

前のページから続く	
FLO FIX CMP	<p>ファイバーの位置を固定 (FIX) または補正 (CMP) 位置に設定します。</p> <p>FIX : ファイバーは画像面のローカル座標系内で固定位置にあります (以下の FLO コマンドの第 2 形式も参照)。ファイバーの位置はビームの位置に依存しません。</p> <p>CMP : ファイバーの位置は主光線に従います。これはデフォルトモードです。ファイバーは最適な結合効率を得るために最適にシフト/傾斜されます。</p>
FLO x_pos y_pos	画像面のローカル座標系に対する (受光) ファイバー位置の座標を指定します。
FSR rad_x rad_y	ファイバー光源の X 方向および Y 方向の半径 (単位: mm)。楕円形の光源分布は、X 方向と Y 方向で異なる値を指定することで定義されます。1 つの値のみが指定された場合、モードプロファイルは円形と見なされます。
FSD div_x div_y	ファーフールドにおけるファイバー光源の発散角。楕円形のファーフールドは、X 方向と Y 方向で異なる値を指定することで定義されます。1 つの値のみが指定された場合、ファーフールドは円形と見なされます。
FSA alpha_tilt	ファイバー光源の α -チルト (単位: 度)。YZ 平面内での光源ファイバーの回転角を指定します。回転角はローカル座標系で定義されます。
FSB beta_tilt	ファイバーソースの β -チルト (単位: 度)。XZ 平面内での光源ファイバーの回転角を指定します。回転角はローカル座標系で定義されます。
FRR mode_radius	受光ファイバーのモードフィールド半径 (単位: mm)。
FRD div	受光ファイバーのファーフールド発散角 (単位: ラジアン)。
FRA alpha_tilt	受光ファイバーの α -チルト (単位: 度)。YZ 平面内での受光ファイバーの回転角を指定します。回転角はローカル座標系で定義されます。符号の定義については図 14.31 を参照してください。
FRB beta_tilt	受光ファイバーの β -チルト (単位: 度)。XZ 平面内での受光ファイバーの回転角を指定します。回転角はローカル座標系で定義されます。符号の定義については図 14.31 を参照してください。
FRX x-offset	主光線に対する受光ファイバーの X 方向オフセット (単位: mm)。
FRY y-offset	主光線に対する受光ファイバーの Y 方向オフセット (単位: mm)。
次のページに続く	

前のページから続く	
WDX wedge_angle_x	ファイバー先端の X 方向（ローカル XZ 平面内）のウェッジ角（切断角）。角度は度単位で測定されます。符号の定義については図 14.31 を参照してください。
WDY wedge_angle_y	ファイバー先端の Y 方向（ローカル YZ 平面内）のウェッジ角（切断角）。角度は度単位で測定されます。符号の定義については図 14.31 を参照してください。
FSN1 source_core_index	光源ファイバーのコア材料の屈折率 n_1 を指定します。
FSN2 source_cladding_index	光源ファイバーのクラッド材料の屈折率 n_2 を指定します。
FSCR source_core_rad	光源ファイバーのコア半径（単位: mm）。
FRN1 receiver_core_index	受光ファイバーのコア材料の屈折率 n_1 を指定します。
FRN2 receiver_clad_index	受光ファイバーのクラッド材料の屈折率 n_2 を指定します。
FRCR receiver_core_rad	受光ファイバーのコア半径（単位: mm）。
FIBS prod-spec	光源ファイバーを製品で指定します（例: メーカーの型番）。単一のコマンドでファイバーカタログから関連するすべての光学データを挿入します。このオプションは現在メニューからのみ利用可能です。
FIBR prod-spec	受光ファイバーを製品で指定します（例: メーカーの型番）。単一のコマンドでファイバーカタログから関連するすべての光学データを挿入します。このオプションは現在メニューからのみ利用可能です。
TGR fft_grid	変換グリッド。結合オプションは高速フーリエ変換 (FFT) を使用するため、 2^n の変換グリッドを指定する必要があります。TGR のデフォルト値は 128 ですが、64、128、256、512、1024 に調整可能です。小さい値は計算精度が低下するため推奨されません。TGR の変更は NRD（瞳径にわたる光線数）にも影響します。関係は $TGR = 4 * NRD$ です。
FSMM max_modes_source	光源ファイバーの最大モード数を制限します。max_modes_source は、そのファイバーで可能な最大モード数 N （式 14.76 参照）より小さくなければなりません。FSMM -1 を入力すると、常に可能なすべてのモードを検索します (N)。
FRMM max_modes_receiver	受光ファイバーの最大モード数を制限します。max_modes_receiver は、そのファイバーで可能な最大モード数 N （式 14.76 参照）より小さくなければなりません。FRMM -1 を入力すると、常に可能なすべてのモードを検索します (N)。
次のページに続く	

前のページから続く	
MMF	選択されたモードでマルチモードファイバーのフィールドを表示します。ファイバーパラメータを編集するためのダイアログボックスを開きます。詳細な説明はセクション 14.4.3 を参照してください。

注意:

- 結合効率は通常、有限の物体距離および像距離を持つ光学系（ファイバー間またはダイオード-ファイバーアプリケーション）で計算されます。物体が無限遠にある光学系では、瞳が均一に照明されていると仮定されます。この場合、すべての計算は入射瞳に入る全エネルギーに基づいて行われます。この特別な場合にのみ、ガウシアンビームプロファイル（例：コリメートされたレーザー）はアポダイゼーション係数 PUI , PUX , PUY を適切に設定する必要があります。有限の物体距離および像距離の場合、アポダイゼーション（光量分布の補正）はオフにする必要があります（ $PUI=PUX=PUY=1$ ）。これは、ファイバーモードプロファイルに基づくフーリエ変換特性が、入射瞳内の正しいファースフィールド振幅プロファイルを既に生成しているためです。
- 以下に説明する計算方法で行われる唯一の近似は、入射瞳と射出瞳の間で発生する回折効果が無視されることです。多くの場合、この近似は十分に正確ですが、特別な場合、例えばビームが非常に小さい場合や光学系内の自由空間が大きい場合には、回折ビーム伝播法（BPR）を適用する必要があります。フレネル数は、CEF または BPR のどちらが適切かを判断する良い指標です。フレネル数 N は、ビーム半径 w 、波長 λ 、および伝播距離 L の特性であり、 $N = \frac{w^2}{\lambda L}$ で与えられます。フレネル数が小さい場合（ $N < 1$ ）、ビーム伝播を使用する必要があります。それ以外の場合は、CEF を十分な精度で使用できます。

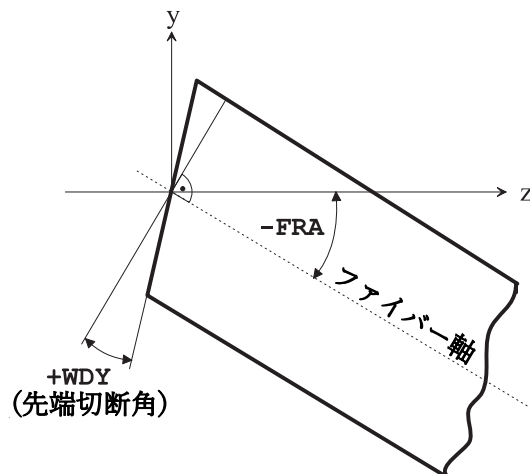


図 14.31. ファイバーの傾き（FRA, FRB）および先端切断角（WDX, WDY）の定義を示します。ここでは Y/Z 平面のみを表示しています。角度の符号は表面の傾きに従い、数学的な慣例に従います。すなわち、反時計回りの回転は正、時計回りの回転は負と定義されます。

結合効率（挿入損失としても知られる）の計算は、光源（レーザー、ファイバーなど）からの光を集めて受光ファイバーに結合するコンポーネントおよび光学システムを含みます。基本的な問題は、収差、ファイバーのミスアライメント、およびファイバーモードの不一致の影響を考慮することです。

結合効率 T は、画像場分布 $U(x', y')$ と受光ファイバーのモードパターン $\psi(x', y')$ の正規化された重なり積分として定義されます。

$$T = \left| \frac{\iint U(x', y') \cdot \psi^*(x', y') dx' dy'}{\sqrt{\iint U(x', y') \cdot U^*(x', y') dx' dy' \iint \psi(x', y') \cdot \psi^*(x', y') dx' dy'}} \right|^2 \quad (14.64)$$

ここで、* は複素共役を示します。計算目的のために、Wagner と Tomlinson[57] によって記述された方法が *OpTaliX* で適用され、重なり積分は結合光学系の射出瞳に変換されます。その結果、パワー結合効率 T は、光源ファイバーモードプロファイル $\Psi_S(\zeta, \eta)$ 、受光ファイバーモードプロファイル $\Psi_R(\zeta, \eta)$ 、および光学系のコヒーレント伝達関数 $L(\zeta, \eta)$ の複素フーリエ分布の積として単一積分で表されます。

$$T = \left| \int \Psi_S(\zeta, \eta) \cdot L(\zeta, \eta) \cdot \Psi_R(\zeta, \eta) da \right|^2 \quad (14.65)$$

ここで、 (ζ, η) は射出瞳内の正規化座標を表します。 Ψ_S と Ψ_R は、それぞれソースおよび受光ファイバーモードプロファイル ψ_s と ψ_r のスケーリングされたフーリエ変換です。コヒーレント伝達関数は $L = \exp[-ikW(\zeta, \eta)]$ として表され、 W は波面収差、 $k = 2\pi/\lambda$ です。したがって、すべての収差（光学系の波面誤差、ファイバーのミスアライメント、モードプロファイルの不一致）は光学系の射出瞳内で記述され、結合効果を古典光学の受け入れられた慣例に従って扱うことが可能になります。

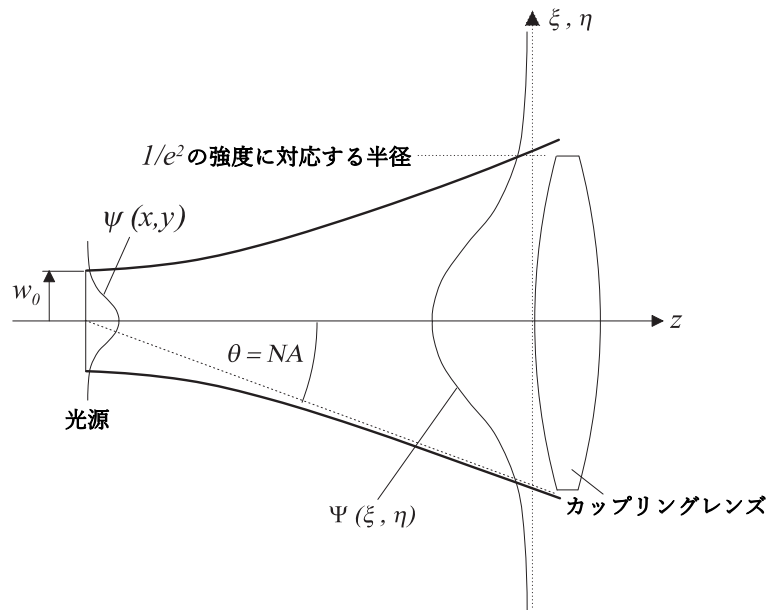


図 14.32. 光源プロファイル（ファイバーまたはレーザー）の光学系の入射瞳への変換（スケールは異なります）。この例では、結合システムの開口数（NA）が光源のファーストフィールド発散角 θ ($1/e^2$ 点で定義) に一致しています。そのため、結合光学系によって放射エネルギーの一部のみが転送されます。これは、ガウシアンフィールドの裾が光学系の絞りストップによって切り取られるためです。

上記の量と関係を使用して、通常 $1/e^2$ 強度で定義されるファーストフィールド回折角 θ は、ファイバーおよび結合光学系の開口数（NA）と混同してはなりません。マルチモードファイバーの場合、ファイバーから放射される（またはファイバーが受け入れる）ビームの最大角度は、コアとクラッドの屈折率差によって決定され、次の式で定義されます。

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (14.66)$$

ここで、

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (14.67)$$

n_1 はコアの屈折率、 n_2 はクラッドの屈折率を表します。NA は通常、この屈折率差の尺度として使用されます。

シングルモードファイバーの場合、コアとクラッドの屈折率差だけでなく、コアサイズ（正確にはモードフィールド直径）と光の波長も角度ビームの広がりを定義します。この定義では、放射エネルギーの約 25% が θ より大きい角度で伝播します（図 14.32 も参照）。ビームの大幅な切り取りを避けるためには、レンズの NA を放射された $1/e^2$ ファーフィールド発散角 θ を超えるように拡張する必要があります。ファーフィールド強度が 1% 点まで減少する角度は、 $1/e^2$ 角度の約 1.5 倍であり、効率的な結合のためにレンズ NA をこの係数で拡大する必要があります。光源とファイバーモードが同一（つまり、ガウシアンビームが完全に一致）であると仮定すると、理論的な結合効率は光学系の開口数（NA）とファイバーのファーフィールド発散角 θ の関数として次のように表されます。

$$T = \left(1 - \exp \left[-2 \left(\frac{NA}{\theta} \right)^2 \right] \right)^2 \quad (14.68)$$

上記の例で $NA/\theta = 1.5$ の場合、結合効率は 0.978 (-0.097 dB) となります。

14.4.1 シングルモードファイバー (Single-Mode Fibers)

シングルモードファイバーのアプリケーションは、従来の光学イメージングとは異なり、光源ファイバー、結合光学系、および受光ファイバーがコヒーレントシステムを構成します。シングルモードファイバーでは、コアサイズ（通常 $5 - 10 \mu\text{m}$ ）が動作波長 λ に近いので、1つのモードのみが伝播します。シングルモードファイバー内のモードパターンの形状は、次の形式のガウス関数でよく記述されます。

$$\psi(x', y') = \exp \left[- \left(\frac{r'}{r_0} \right)^2 \right] \quad (14.69)$$

ガウシアンモードは、振幅が $1/e^2$ の値に減少する半径 r_0 で完全に指定されます。式 14.57 を用いると、ファイバー端でのモードプロファイルは、 $1/e^2$ ファーフィールド発散角が次の式のように決定されます。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\lambda}{\pi w_0} \right) \approx \frac{\lambda}{\pi w_0}$$

ここで、 $w_0 = r_0$ は $1/e^2$ 強度でのモードプロファイルのウエスト半径を表します。

14.4.2 マルチモードファイバー
(Multi-Mode Fibers)

その名の通り、マルチモードファイバーは複数のモードを伝播します。モードの数はコア半径 a と開口数 (NA) に依存し、次の式で与えられます： $V^2/2$ 。

$$V = \frac{2\pi}{\lambda_0} a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2\pi}{\lambda_0} a n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (14.70)$$

V は正規化周波数または導波路パラメータとして知られています。 V の値が増加すると、ファイバーがサポートするモードの数も増加します。ステップインデックスファイバーは、特定の波長で $V < 2.405$ の場合にシングルモードになります。

ステップインデックスまたはグレーデッドインデックス マルチモードファイバーを指定するには、次の3つのパラメータが必要です：コア材料の屈折率 n_1 、クラッド材料の屈折率 n_2 、および円筒形コアの半径 a 。

弱導波ファイバー (コアとクラッド間の屈折率差が小さいファイバー) における基本モードのモードパターンは次のように与えられます：

$$\psi(r') = \begin{cases} \frac{A}{J_l(U)} J_l\left(\frac{Ur}{a}\right) \begin{bmatrix} \cos l\phi \\ \sin l\phi \end{bmatrix}, & r < a \\ \frac{A}{K_l(W)} K_l\left(\frac{Wr}{a}\right) \begin{bmatrix} \cos l\phi \\ \sin l\phi \end{bmatrix}, & r > a \end{cases} \quad (14.71)$$

ここで、

$$U = a (k_0^2 n_1^2 - \beta^2)^{1/2} \quad (14.72)$$

$$W = a (\beta^2 - k_0^2 n_2^2)^{1/2} \quad (14.73)$$

$k_0 = 2\pi/\lambda$ であり、 β は伝播定数を表します。また、 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ です。誘導モードの場合、 $k_0^2 n_2^2 < \beta^2 < k_0^2 n_1^2$ でなければなりません。正規化伝播定数 b を用いると、

$$b = \frac{\beta^2/k_0^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_2^2} = \frac{W^2}{V^2} \quad (14.74)$$

$0 < b < 1$ である必要があります。この条件の下で、モード構造の固有値方程式は次のように書けます：

$$V(1-b)^{\frac{1}{2}} \frac{J_{l-1}\left(V(1-b)^{\frac{1}{2}}\right)}{J_l\left(V(1-b)^{\frac{1}{2}}\right)} = -Vb^{\frac{1}{2}} \frac{K_{l-1}\left(V(b)^{\frac{1}{2}}\right)}{K_l\left(V(b)^{\frac{1}{2}}\right)}, \quad l \geq 1 \quad (14.75)$$

$$V(1-b)^{\frac{1}{2}} \frac{J_1\left(V(1-b)^{\frac{1}{2}}\right)}{J_0\left(V(1-b)^{\frac{1}{2}}\right)} = -Vb^{\frac{1}{2}} \frac{K_1\left(V(b)^{\frac{1}{2}}\right)}{K_0\left(V(b)^{\frac{1}{2}}\right)}, \quad l = 0$$

ここで、 J, K は J-および K-ベッセル関数です。特定の l の値に対して、固有値方程式 (式 14.75) には有限個の解が存在し、 m^{th} 解 ($m = 1, 2, 3, \dots$) は LP_{lm} モードと呼ばれます。

このモード構造の導出は、Gloge[15] および Ghatak[13] に記載されています。モードの最大数 N は次の式で近似されます：

$$N \approx \frac{V^2}{2} \quad (14.76)$$

$V \gg 1$ の場合に適用されます。

OpTaliX は、マルチモードファイバー内のすべての可能なモードのモード構造を計算し、各モードについて個別に結合効率を計算します。個々の結果は合計結合効率として統合されます。

注意：計算されるモード数が増加すると、計算時間が大幅に増加します。これは、光源ファイバーと受光ファイバーの各モード組み合わせについて CEF を個別に計算する必要があるためです。たとえば、光源ファイバーと受光ファイバーのモード数をそれぞれ 10 に制限すると、結合効率の計算が 100 回行われます。そのため、FSMM および FRMM コマンドを使用して、計算されるモードの最大数を制限することを推奨します。

14.4.3 ファイバーモードの表示 (Display Fiber Modes)

マルチモードファイバーの個々のモードは、MMF コマンドを使用して表示できます。このコマンドは、ファイバーパラメータを編集するためのダイアログボックスを開きます (図 14.33 参照)。

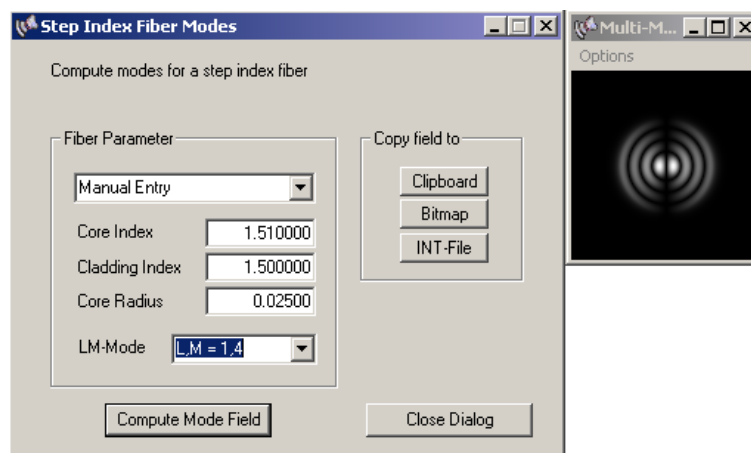


図 14.33. ファイバーモードの計算と表示。

計算および表示可能なモードの最大数は 200 です。コア屈折率、クラッド屈折率、コア半径などのファイバーパラメータは、適切なフィールドに明示的に指定するか、プルダウンメニューから事前定義されたファイバーを選択して取得できます。新しいファイバーパラメータを選択すると、プログラムは自動的にすべての可能なモード (< 200) を検索します。選択したパラメータやコンピュータの速度によっては、この処理に時間がかかる場合があります。「Compute Mode Field」ボタンをクリックすると、選択したモードプロファイルが表示されます。モードフィールドの強度は、ビットマップファイル (BMP、PNG、PCX) または INT ファイル (Code V 互換) として保存できます。

14.4.4 ファイバー結合の例 1 (Fiber Coupling Example 1)

最初の例として、NSG の SELFOCTM SLW10 グラデーションインデックスロッドレンズを選択し、光源および受光ファイバーとして Corning のシングルモードファイバー SMF28 を使用します。この構成は、図 14.34 に示されているように、例のライブラリ (selfoc-coupler.otx) に含まれています。グラデーションインデックスレンズのピッチは 0.5 に調整されており、これにより単位倍率が得られ、選択されたファイバーに対して最適な結合条件が実現されます。

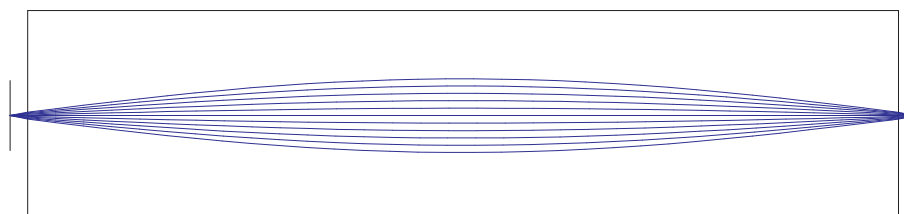


図 14.34. NSG-SELFOCTM レンズ SLW10 を使用した Corning SMF28 ファイバーの結合。

メインメニューから *Diffraction Analysis* → *Fiber Coupling* を選択すると、ダイアログボックス (図 14.35 参照) が表示され、すべての関連する結合パラメータを編集できます。この例では、これらのパラメータはすでにファイバークatalogから事前選択されています。モードフィールド半径と $1/e^2$ 発散角は、カATALOGからファイバーを選択すると自動的に更新されます。光源ファイバーは選択されたフィールド位置 (XOB および YOB コマンドで定義) に配置され、受光ファイバーは画像面の主光線座標位置に配置されます。

重要: 結合光学系の瞳内での正しい振幅分布は、光源ファイバー端から入射瞳への変換プロセスによって自動的に計算されます。そのため、アポダイゼーションパラメータ PUI, PUX, PUY を調整する必要はありません。ファイバー間結合で正しい結果を得るには、PUI, PUX, PUY を 1 に設定してください。対応する設定を確認してください。

結合光学系に平行レーザービームが入射する特別な場合 (物体が無限遠にある場合) のみ、アポダイゼーションを適切に調整する必要があります。この条件では、光源の変換がスキップされます。

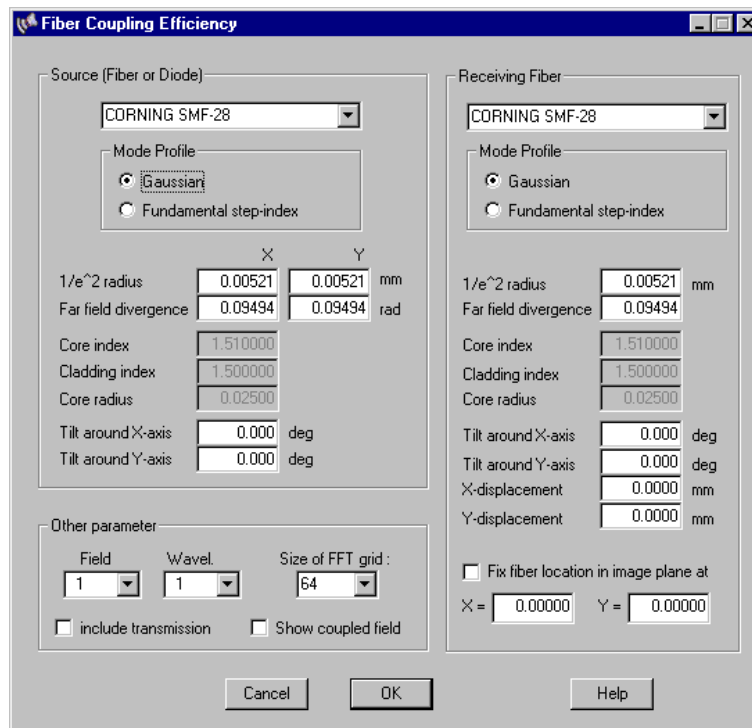


図 14.35. 図 14.34 に示されたセットアップの結合オプションを表示するダイアログボックス。

Fiber Coupling Efficiency:

```
Field number      : 1      ( 0.0000/ 0.0000 )
Image coordinates :      ( 0.0000/ 0.0000 )
Wavelength number : 1      ( 1.5500 micron )
Transformation grid : 64
```

	SOURCE	RECEIVER	Unit
Fiber type	SMF-28	SMF-28	
$1/e^2$ radius	0.00520	0.00520	mm
Far-field divergence	0.09488	0.09488	rad
Tilt around X-axis	0.00000	0.00000	deg
Tilt around Y-axis	0.00000	0.00000	deg
X-displacement		0.00000	mm
Y-displacement		0.00000	mm

```
Transmission          : not considered
Power coupling         : 0.99271 ( -0.032 dB)
Power coupling (ideal): 0.99953 ( -0.002 dB)
```

この例では、基本的な挿入損失 (-0.032dB) は非常に小さいです。これは、結合光学系の NA がファイバーの発散角 (0.09488) の約 2.1 倍であるためです。理想的なパワー結合 (-0.002dB) は、光学系に収差がなく、ビームをトランケート (途中で遮断したり切り詰めたり) しない場合の理論的な最大効率を示します。これは、光源ファイバーと受光ファイバーの適合性を表しています。

14.4.5 ファイバー結合の例 2 (Fiber Coupling Example 2)

2 番目の例はデマルチプレクサです。このデータは、examples ライブラリ (demux.otx) から読み込みます。この設計では回折格子を使用しているため、基本的には分光器であり、波長 (チャンネル) を異なるファイバーに分離します。

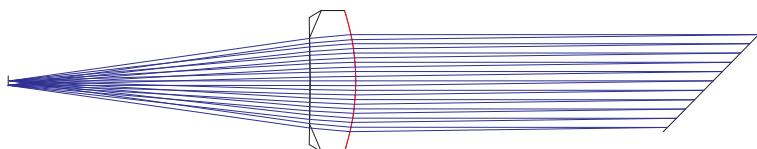


図 14.36. 単一波長で示されたシンプルなデマルチプレクサ。

このシステムは 3 つの波長で定義されており、関心のあるスペクトル範囲を記述します。また、「分光器」モードに切り替えます (すべての収差を基準波長ではなく現在の波長に関連付けます)。この設定は現在、構成ダイアログからのみ可能です (メインメニューから *Edit* → *Configuration* を選択し、「General」タブを開きます)。

次に、結合効率 (CEF) と波長の関係をプロットするために、ユーザー定義グラフィックス UGR

を定義します (セクション 12.10、ページ 226 を参照)。ユーザー定義グラフィックスは *tools menu* にあります。表示されるダイアログで、事前定義された設定を復元できます。この例では、マクロサブディレクトリ *cef_vs_wl.ugr* から設定を復元 (ロード) します。この例に適したすべての設定が整っているため、すぐにプロットを実行します。

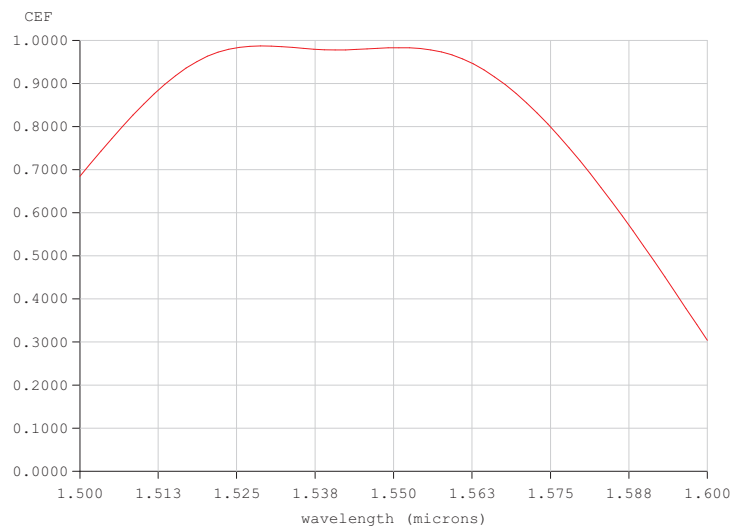


図 14.37. 波長に対する結合効率のプロット。

第15章

照明解析 – Illumination Analysis –

照明解析の機能は、光学系内の任意の面（画像面を含む）での照度/輝度分布を計算するために使用されます。点状の物体（"fields"で定義、セクション 7.3.1、ページ 59 を参照）とは異なり、照明光源は空間領域で拡張されています。OpTaliX は現在、次の2種類の照明光源をサポートしています。

- **平面発光光源。**円形、楕円形、長方形の平面形状、ガウシアン、ダブルピンホール、またはビットマップ画像で定義された平面光源など、事前定義された平面光源があります。
- **光線光源。**光線の集合によって定義される光源。

点光源 (fields) は、**光学システム構成**で定義され（セクション 7.3.1、ページ 59 を参照）、常に物体面上に配置されます。そのため、物体座標（"fields"）は常に物体面の頂点を基準とします。物体面自体の位置は、例えば物体距離（S0）、物体面の X 方向偏心（XDE s0）などによって定義されます。

照明計算に使用される光源は常に有限の空間的拡張を持ち、その位置は**グローバル座標系**または**物体座標系**に基づいて参照されます。座標系の定義については、ページ 45 を参照してください。

15.1 照明光源の定義コマンド

(Commands for Defining Illumination Sources)

照明光源パラメータのコマンドライン入力には、長い形式と短い形式の2種類があります。短い形式は、**ズーム/マルチ構成**システムを定義する際に必要です。

また、光源と面に使用される修飾子"sk"を混同しないでください。このセクションでは、照明目的に限り"sk"は光源専用です。照明や光源の特性に関連しないすべてのコマンドでは、"sk"は常に面を指します！

MAXSRC N_max	N_max 個の光源のメモリを割り当て、許容される光源の上限を定義します。MAXSRC は、200 個以上の照明光源（デフォルト値）が必要な場合にのみ必要です。 このコマンドは、光学で実際に使用される光源の数を定義する後続のコマンド SRC と混同しないでください。 次のページに続きます
--------------	--

前のページから続きます	
SRC n_sources	<p>SRC n_sources は、他の修飾子なしで光学モデルで使用される光源の数を指定します。</p> <p>例: src 3 ! 3つの光源を指定します。</p>
<p>SRC sk TYPE [FILE file_name]</p> <p>短縮形式: Sxxx sk</p>	<p>光源タイプを定義します。このコマンドには長い形式と短い形式があります。sk は光源番号です。短縮形式はズーム定義や LDM クエリで必要です。長い形式では、TYPE は以下のいずれかです:</p> <p>CIR トップハット円形 ELL トップハット楕円形 REC トップハット長方形 GAU ガウシアン BMP ビットマップファイル (*.BMP, *.PCX, *.PNG) INT INT ファイル GRA 回折格子 PIN ダブルピンホール CHE チェッカーボード RAY file_name で定義された光線</p> <p>短縮形式では、xxx は光源タイプのプレースホルダーです。以下のように定義されます:</p> <p>SCIR トップハット円形 SELL トップハット楕円形 SREC トップハット長方形 SGAU ガウシアン SBMP ビットマップファイル (*.BMP, *.PCX, *.PNG) SINT INT ファイル SGRA 回折格子 SPIN ダブルピンホール SCHE チェッカーボード</p> <p>例: src s1 ELL ! トップハット楕円形光源, srec s2 ! 短縮形式: トップハット長方形光源 2 番, src s2 RAY FIL c:\rayset.dat ! 光線光源。</p>
<p>SRC USE sk Y N</p> <p>短縮形式: SUSE sk Y N</p>	<p>光源 sk を使用します。一度定義された光源は、照明光線追跡で含めるか除外することができます。短縮形式はズーム定義や LDM クエリで必要です。</p> <p>例: src s1 use y ! 光源 1 が照明解析に含まれます, src s2 use n ! 光源 2 が照明解析から除外されます。</p>
次のページに続きます	

前のページから続きます	
<p>SRC REF sk O G 短縮形式: SGRF sk O G</p>	<p>光源 sk を物体座標系 (O) またはグローバル座標系 (G) に基づいて参照します。 例: src s1 ref o ! 光源 1 を物体座標系に基づいて参照, sgref s2 g ! 光源 2 をグローバル座標系に基づいて参照。</p>
<p>SRC PWR sk power 短縮形式: SPWR sk power</p>	<p>光源の総放射パワーを定義します。 例: src pwr s1 1.0! 光源 1 の総放射パワーは 1.0 ワット, spwr s2 3 ! 光源 2 の総放射パワーは 3 ワット。</p>
<p>SRC sk XEXT x_ext 短縮形式: SXEX sk x_ext</p>	<p>光源の X 方向の拡張を定義します (単位: mm)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。図 15.6 も参照してください。</p>
<p>SRC sk YEXT y_ext 短縮形式: SYEX sk y_ext</p>	<p>光源の Y 方向の拡張を定義します (単位: mm)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。図 15.6 も参照してください。</p>
<p>SRC XDE sk x_dec 短縮形式: SXDE sk x_dec</p>	<p>光源の X 方向の偏心を定義します (単位: mm)。偏心は光源座標系 (物体またはグローバル) の頂点から測定されます。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。光源座標系の定義についてはセクション 15.2 を参照してください。</p>
<p>SRC YDE sk y_dec 短縮形式: SYDE sk y_dec</p>	<p>光源の Y 方向の偏心を定義します (単位: mm)。偏心は光源座標系 (物体またはグローバル) の頂点から測定されます。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。光源座標系の定義についてはセクション 15.2 を参照してください。</p>
<p>SRC ZDE sk z_dec 短縮形式: SZDE sk z_dec</p>	<p>光源の Z 方向の偏心を定義します (単位: mm)。偏心は光源座標系 (物体またはグローバル) の頂点から測定されます。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。光源座標系の定義についてはセクション 15.2 を参照してください。</p>
<p>SRC ADE sk x_tlt 短縮形式: SADE sk x_tlt</p>	<p>光源の法線が X 軸回りに傾く角度を定義します (単位: 度)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。光源座標系の定義についてはセクション 15.2 を参照してください。</p>
次のページに続きます	

前のページから続きます	
SRC BDE sk y_tlt 短縮形式: SBDE sk y_tlt	光源の法線が Y 軸回りに傾く角度を定義します (単位: 度)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。光源座標系の定義についてはセクション 15.2 を参照してください。
SRC CDE sk z_tlt 短縮形式: SCDE sk z_tlt	光源の法線が Z 軸回りに傾く角度を定義します (単位: 度)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。光源座標系の定義についてはセクション 15.2 を参照してください。
SRC DIVX sk div_x 短縮形式: SDIVX sk div_x	光源の X 方向の発散角を定義します (単位: 度、全幅)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。
SRC DIVY sk div_y 短縮形式: SDIVY sk div_y	光源の Y 方向の発散角を定義します (単位: 度、全幅)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。
SRC AOFFS sk ang_offset_alpha 短縮形式: SOFA sk ang_offset_alpha	光源の法線に対する Y/Z 平面内の放射角度オフセット α を定義します (単位: 度)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。図 15.2 も参照してください。
SRC BOFFS sk ang_offset_beta 短縮形式: SOFB sk ang_offset_beta	光源の法線に対する X/Z 平面内の放射角度オフセット β を定義します (単位: 度)。sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。図 15.2 も参照してください。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
<p>SRC COS sk cos_power_factor</p> <p>短縮形式: SCOS sk cos_power_factor</p>	<p>コサインパワーファクター。放射角度に応じた光源の放射特性を定義します。</p> <p>sk は光源番号です。指定がない場合、sk は光源 1 にデフォルト設定されます。</p> <p>拡張光源から放射される光線の強度は、コサインパワーファクター (SCOS) によって制御されます。放射角度 α における光線強度は次の式で表されます:</p> $I_{ray} = \cos(\alpha)^{SCOS} \quad (15.1)$ <p>ここで、α は放射角度、SCOS はコサインパワーファクターです。詳細はセクション 15.3.1 を参照してください。</p> <p>例: SCOS 0.0 : すべての光線が放射角度に関係なく同じ強度で放射されます。 SCOS 1.0 : 光線強度はランバート則に従います。 $I = \cos(\alpha)^{1.0}$</p>
<p>SRC ARAY sk analysis_rays</p> <p>短縮形式: SARAY sk analysis_rays</p>	<p>光源 sk の解析光線数を定義します。sk が省略された場合、光源 1 がデフォルト設定されます。</p>
<p>SRC PRAY sk plot_rays</p> <p>短縮形式: SPRAY sk plot_rays</p>	<p>光源 sk のレイアウトプロットに表示される光線数を定義します。</p>
<p>SRC WAV sk source_wavelength_number</p> <p>短縮形式: SWAV sk wavel_number</p>	<p>光源の波長番号を定義します。0 = すべての波長。</p>
<p>LIS SRC [sk]</p>	<p>照明光源をリスト表示します。sk は光源番号です。sk が省略された場合、定義されたすべての光源がリスト表示されます。</p>
<p>ILL SAV Y N</p>	<p>設計データとともに照明データを保存します。Y=はい、N=いいえ。</p>

15.2 照明光源の座標定義 (Illumination Sources Coordinate Definition)

平面光源および実際の光源の位置と方向は、3D 空間内で自由に選択できます。セクション 15.3 で説明されているように、光源は物体座標系またはグローバル参照座標系に基づいて参照されます (SGREF コマンドも参照)。照明光源が物体面に基づいて参照される場合、その位置と方向は物体面の位置や方向にも依存します。図 15.1 は、物体面に対する光源の位置と方向の依存関係を示しています。

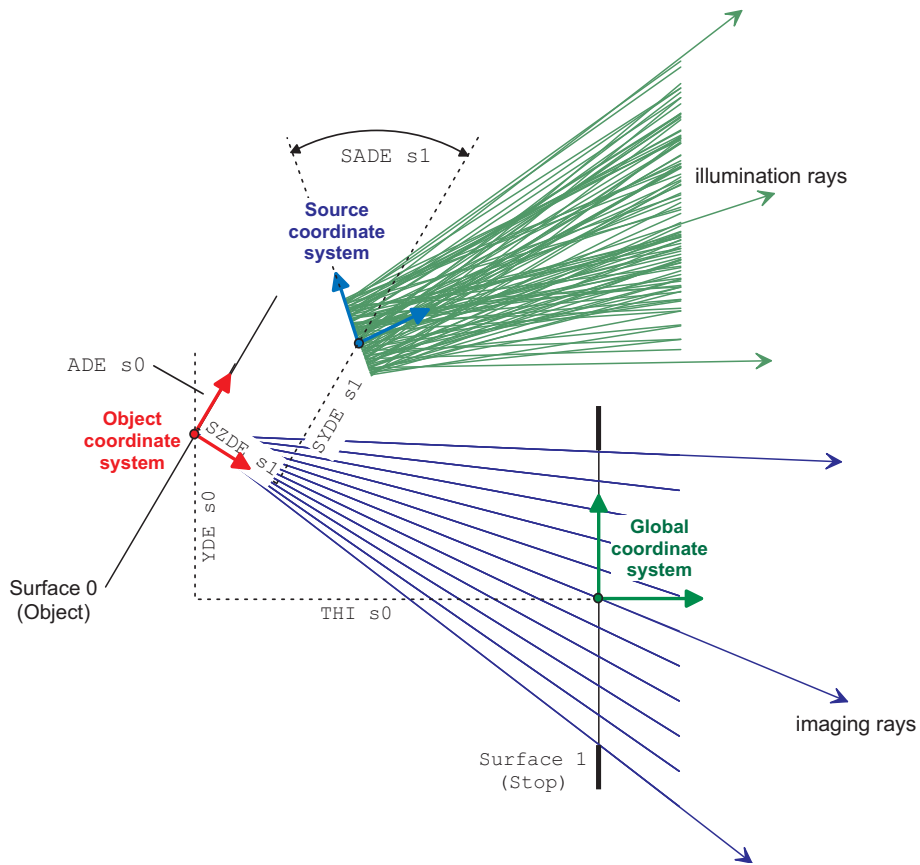


図 15.1. 物体座標系に関連する光源座標系の定義。

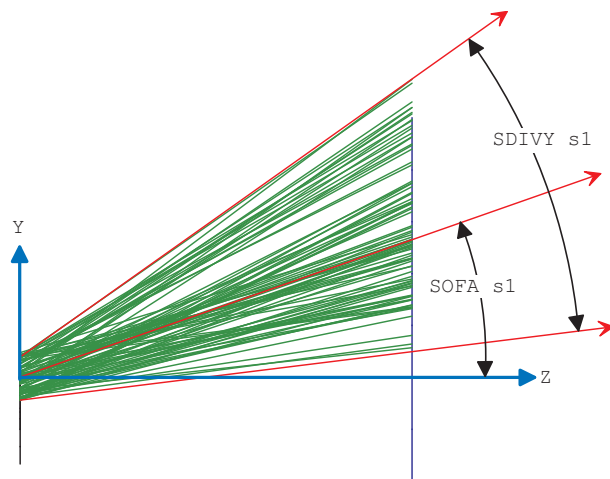


図 15.2. 光源の法線に対する放射角度オフセット (SOFA、SOFB、単位: 度)。

15.3 GUIでの照明光源の定義 (Defining Illumination Sources in the GUI)

光源のパラメータは、グラフィカルユーザーインターフェース (GUI) のダイアログでも定義できます。コマンドラインからは、以下のコマンドで照明ダイアログを呼び出します：

ILL [?]	照明解析を実行します。オプションパラメータ"?"を指定すると、照明解析の前に照明パラメータを編集するためのダイアログボックスが表示されます。
---------	--

または、メインメニューの *Geom.Analysis -> Illumination* から呼び出します。照明光源は、通常の光学解析で使用される点状の物体（フィールドオブジェクトとも呼ばれる）とは異なり、主に面積を持つ拡張されたオブジェクトであるため、構成ダイアログ（configuration dialog）でも定義できます。これは以下のコマンドで呼び出されます：

EDI CNF	構成パラメータを編集します。 Illum.Source タブを選択して、照明光源パラメータを定義します。
---------	---

以下の図（図 15.3）は、さまざまな照明光源を定義するためのダイアログを示しています。

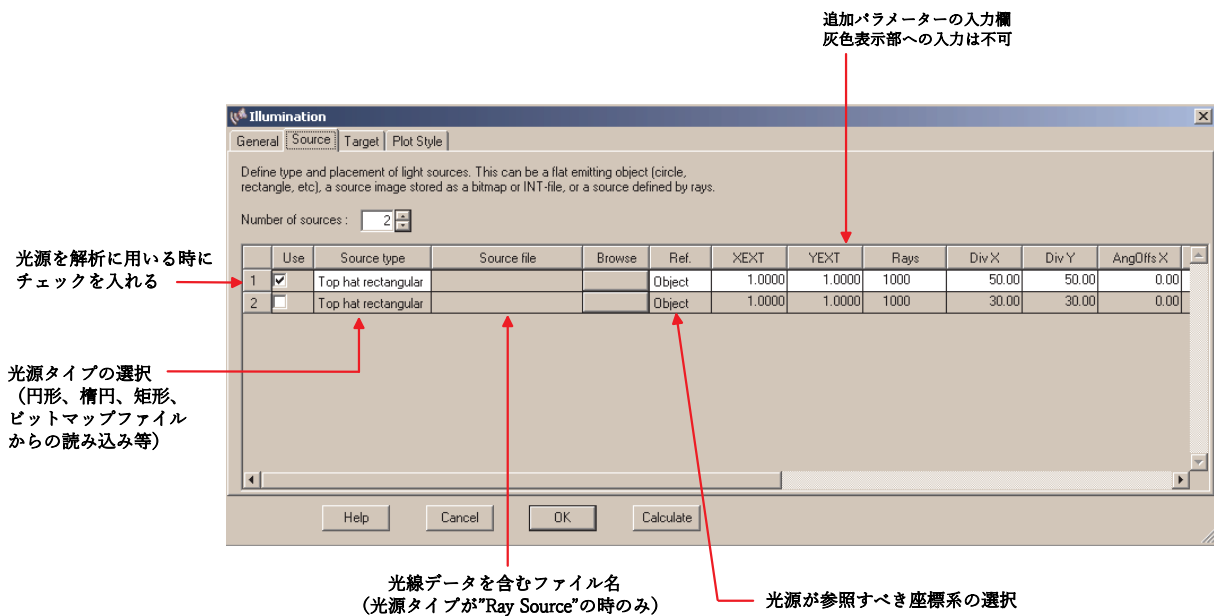


図 15.3. 照明光源を定義するためのダイアログ。コマンド ILL ?または EDI CNF で呼び出されます。

15.3.1 光源の放射特性の制御 (Controlling Source Emittance Characteristics)

光源の放射特性、すなわち光源法線からの視角に応じた見かけの強度は、平面光源（円形、長方形など）の場合、SCOS パラメータによって定義できます。放射角度 α における放射強度は、以下の式で表されます：

$$I(\alpha) = I_0 \cdot \cos(\alpha)^{SCOS} \quad (15.2)$$

図 15.4 は、SCOS パラメータが角度放射特性に与える影響を示しています。

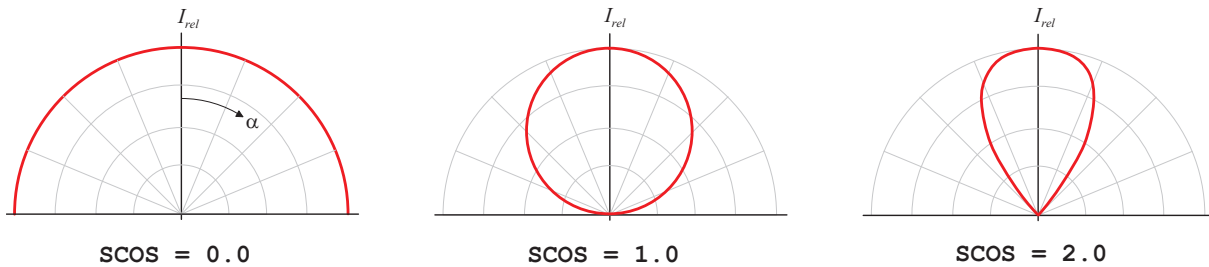


図 15.4. 光源の角度放射特性に対する SCOS パラメータの影響。極座標図で示されています。

なお、SCOS パラメータは、光線の集合によって定義される光源（“光線光源”）には効果がありません。

15.3.2 レンズレイアウトプロットにおける光源光線の制御 (Controlling Source Rays in the Lens Layout Plot)

光源パラメータの正しい設定を制御する重要な手段は、光源から放射される光線の可視化です。デフォルトでは、(拡張された) 光源から放射される光線のプロットはレンズレイアウトプロットで無効化されています。これは、照明光源の解析が通常、大量の光線を伴うため、レンズレイアウトプロットでの光源（および光線）のレンダリングを著しく遅くする可能性があるためです。

ただし、レンズレイアウトプロットで光源光線を有効にするには、オプションダイアログボックス（レンズレイアウトウィンドウ内で右クリック）で“**Show illumination source rays**” チェックボックスを有効にします。図 15.5 にその設定が示されています。

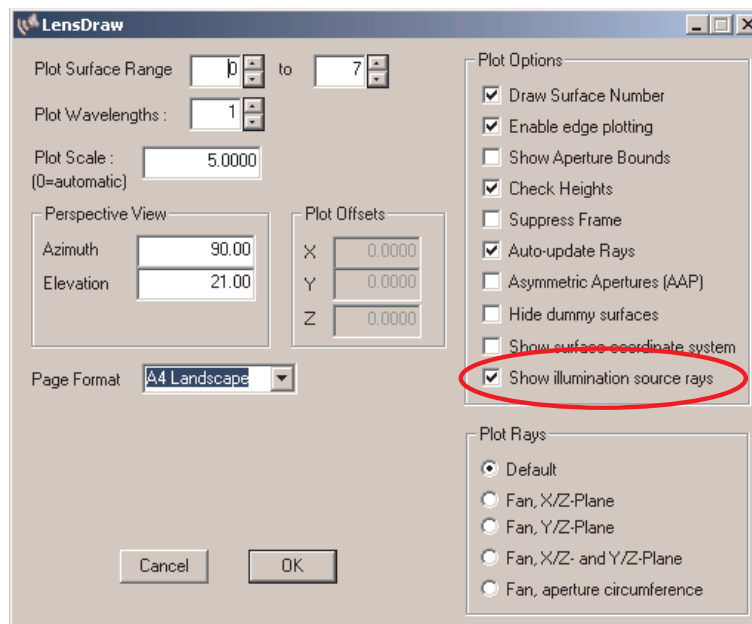


図 15.5. レンズレイアウトプロットで光源光線のプロットを有効化。この設定はレンズデータとともに保存されます。

15.3.3 平面発光光源 (Flat Emitting Sources)

照明オプションでは、円形、楕円形、長方形の平面形状、ガウシアン、ダブルピンホールなどの平面光源を指定できます。平面光源は、図 15.6 に示されているように、平面上にのみ定義されます。平面光源は、光源領域内の各点で一定の強度で放射します。この領域は SXEX および SYEX で制限されます。

標準的なフィールド指定（光学システム構成の”fields” タブで点光源として定義されるもの）は、照明解析では無視されます。

波長ウェイト（WTW）は、光源ではなくシステムのスペクトル透過特性をモデル化するために使用されます。初期状態では、すべての光源は指定されたすべての波長でスペクトル的に均一に放射します。その後、波長ウェイトが光源に適用されるスペクトルフィルターとして機能します。

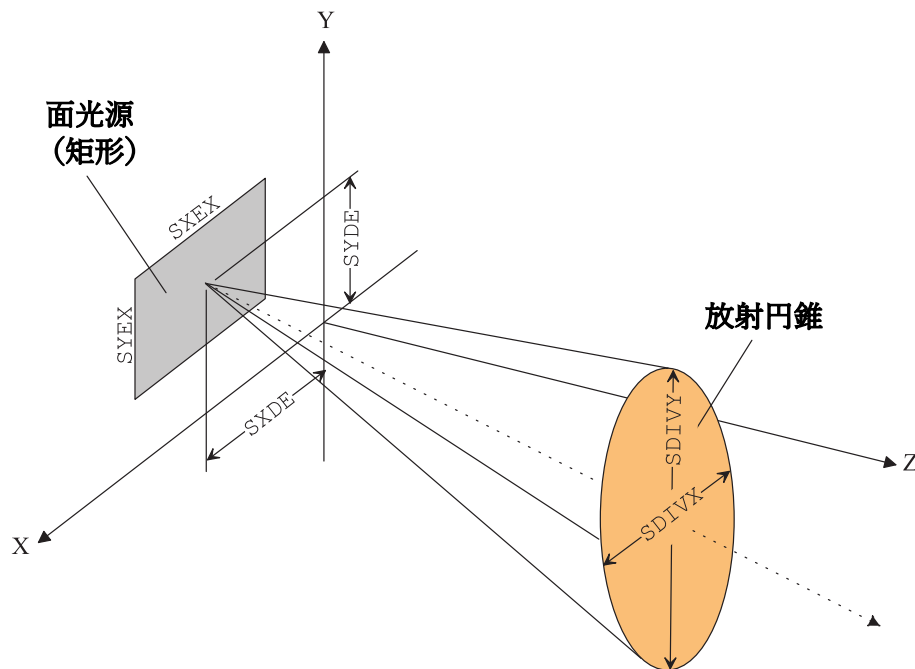


図 15.6. 平面（面状）光源の定義。

平面光源（オブジェクト）は、X 方向および Y 方向の全拡張（SXEX、SYEX）によって定義されます。光源は、基準座標系（グローバル座標系または物体座標系）に対して SXDE、SYDE、SZDE の位置に配置されます。平面は、座標 Z 軸とは異なる放射方向を示すために、角度（SADE、SBDE、SCDE）で傾けることもできます。

光の放射は、発散パラメータ（SDIVX、SDIVY）で定義される円錐内に制限されます。

15.3.4 ガウシアンプロファイルを持つ平面光源 (Flat Source with Gaussian Profile)

ガウシアンプロファイルを持つ平面光源は、光源領域内で強度が不均一であることが特徴です。このプロファイルは、光源の拡張 SXEX、SYEX にスケールされます。ピーク強度の 50% は光源拡張の 1/3 の位置で得られ、 $1/e^2$ の強度は光源拡張の 0.567 の位置で得られます。また、光源拡張の縁での強度は 0.1954% です。図 15.7 は、これらの関係を示しています。

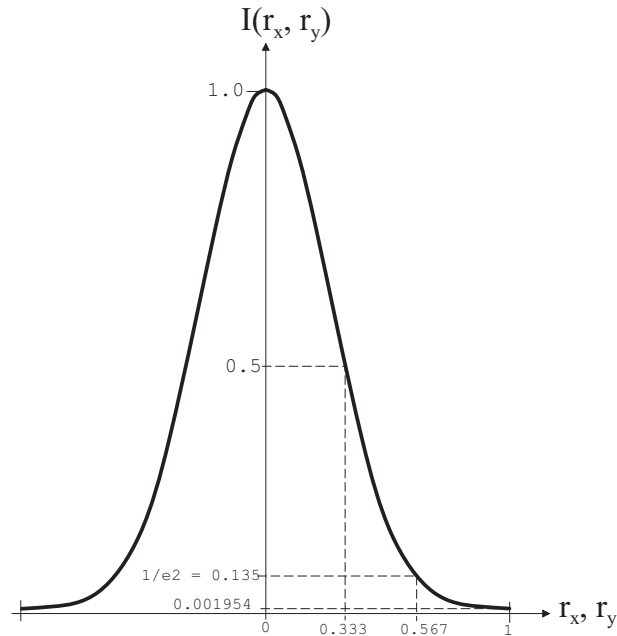


図 15.7. ガウシアン光源の定義。このプロファイルは光源の拡張 SXEX、SYEX にスケーリングされます。

15.3.5 光線によって定義された光源 (Sources Defined by Rays)

ボリューム光源は、白熱ランプ、LED、レーザーダイオードなどの実際の光源をモデル化します。正確な幾何学的モデルを定義する代わりに、放射光源は *OpTaliX* 内で、光線の集合を用いた 3 次元空間角度の光源特性としてモデル化されます。この光源は以下で「光線光源」と呼ばれます。

「光線光源ファイル」内の個々の光線は、空間的な光線座標 (X, Y, Z)、方向余弦 (α, β, γ)、強度、および波長によって定義され、ユーザーが提供するファイルに保存されます。「光線光源ファイル」に含まれる光線は、セクション 32.13 で示されるファイル形式に従う必要があります。

光源を定義する光線集合（光線のコレクション）は、他のベンダーが提供するサードパーティソフトウェアから生成される場合もあります。例えば：

- **ASAP:** 光学解析パッケージ ASAP で主に使用されるバイナリ形式の光線ファイルです。これらのファイルの拡張子は通常「*.dis」です。
- **IES TM-25:** 光線ファイルのための統一データ形式に関する業界標準です。拡張子は「*.TM25RAY」です。
- **ASCII:** 光線集合は標準 ASCII 文字コードを使用したテキストファイルで定義されます。ファイル形式はセクション 32.13（ページ 555）で説明されています。

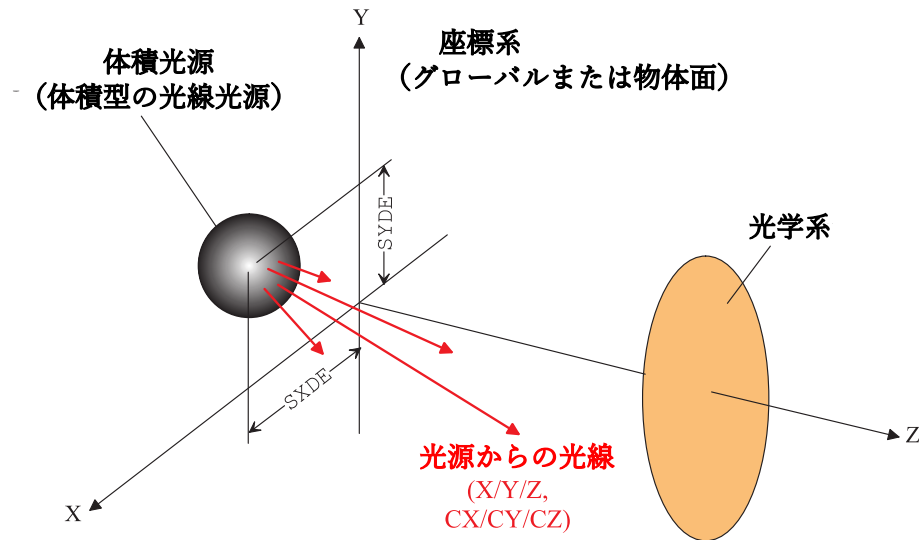


図 15.8. 「光線光源」モデルで光線を定義するための座標系。

光源から放射される光線は、物体座標系またはグローバル座標系のいずれかに位置していると仮定されます。これらの座標系については、セクション 5.2 (ページ 43) で説明されています。

15.3.6 システム入射瞳に向けられた光源光線 (Source Rays aimed to System Entrance Pupil)

場合によっては、照明光源から放射される十分な数の光線を光学系を通して追跡することが難しい場合があります。図 15.9 に示されているような広角システムでは、放射された光線の大部分が狭い入射瞳を通過しないため、無駄になります。通常、ターゲット (画像) 面で適切な数の光線を得るために、光源光線の数を増やします。

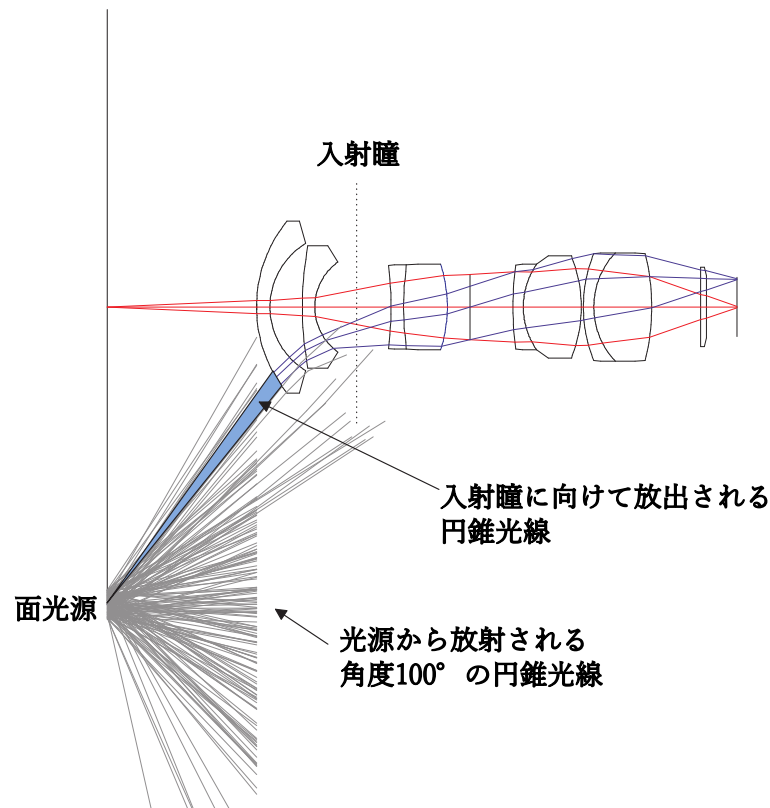


図 15.9. 光源光線を入射瞳に向ける。

この非効率な状況を回避するために、拡張光源からの光線を指定された放射円錐内から無作為に放射する代わりに、直接入射瞳に向けるオプションが提供されています。この照明光線エイミングオプションでは、光源の放射特性は完全に無視されます。図 15.10 は、このオプションでの照明光線の定義を示しています。

このオプションを使用するには、光源自体と入射瞳のサンプリング方法を専用に選択する必要があります。例えば（図 15.10 を参照）、

オブジェクトサンプリング = 50: 光源領域を 50×50 のセルに分割し、各セルからランダムに光線を生成します。

瞳サンプリング = 8: 各オブジェクトセルから 8×8 の光線を入射瞳に向けます。

合計で、 $50 \times 50 \times 8 \times 8 = 160,000$ 本の光線が各光源と波長に対して使用されます。

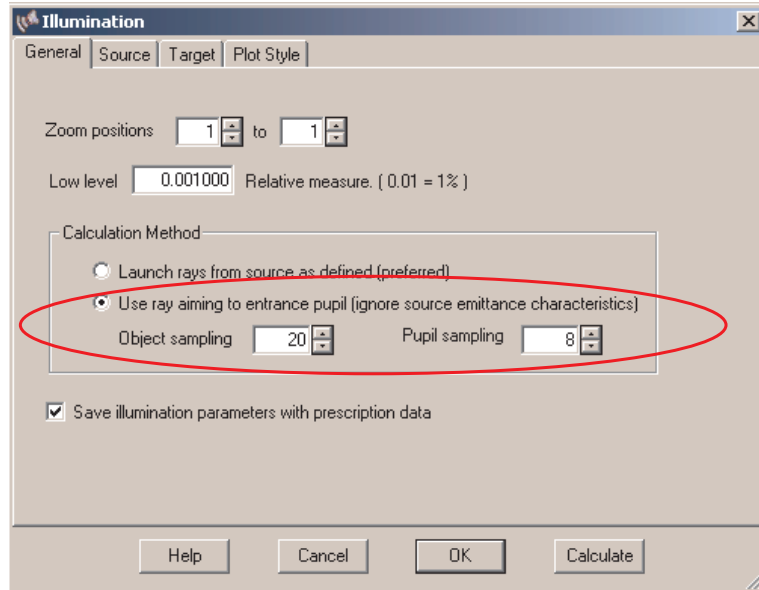


図 15.10. 代替照明オプションの選択: 光源光線を直接入射瞳に向ける。各光源で追跡される光線の数はいずれも $(objectsampling)^2 \cdot (pupilsampling)^2 \cdot NumberOfColours$

15.3.7 光線光源ビューア (Ray Source Viewer)

「光線光源」は、光線の集合によって定義される光源です。光線データはプレーン ASCII ファイルに保存されます。データは通常の ASCII エディタで閲覧可能ですが、データ量が膨大なため、光源自体を十分に理解し解釈することは困難です。「光線光源ビューア」オプションは、このデータを視覚化する手段を提供します。

光線データを閲覧するだけでなく、光線セットを変換（移動、回転）し、新しい光線ファイルとして保存することも可能です。

光線光源ビューアは、以下のコマンドラインで起動します：

<pre>VIE SRC FIL source_file</pre>	<p>source_file で定義された光線光源を表示します。光線ファイル名は、プレーン ASCII 形式の場合 *.txt、*.dat、*.ray、または ASAP バイナリ形式の場合 *.dis の拡張子を持つことができます。他の光線形式は後日追加されます。</p>
------------------------------------	--

または、メインメニューの *Display* → *Ray Source Viewer* から起動します。ダイアログボックスが表示され、視点の方向（方位角、高度）、ズーム、光線方向を示す矢印の視覚化が可能です。

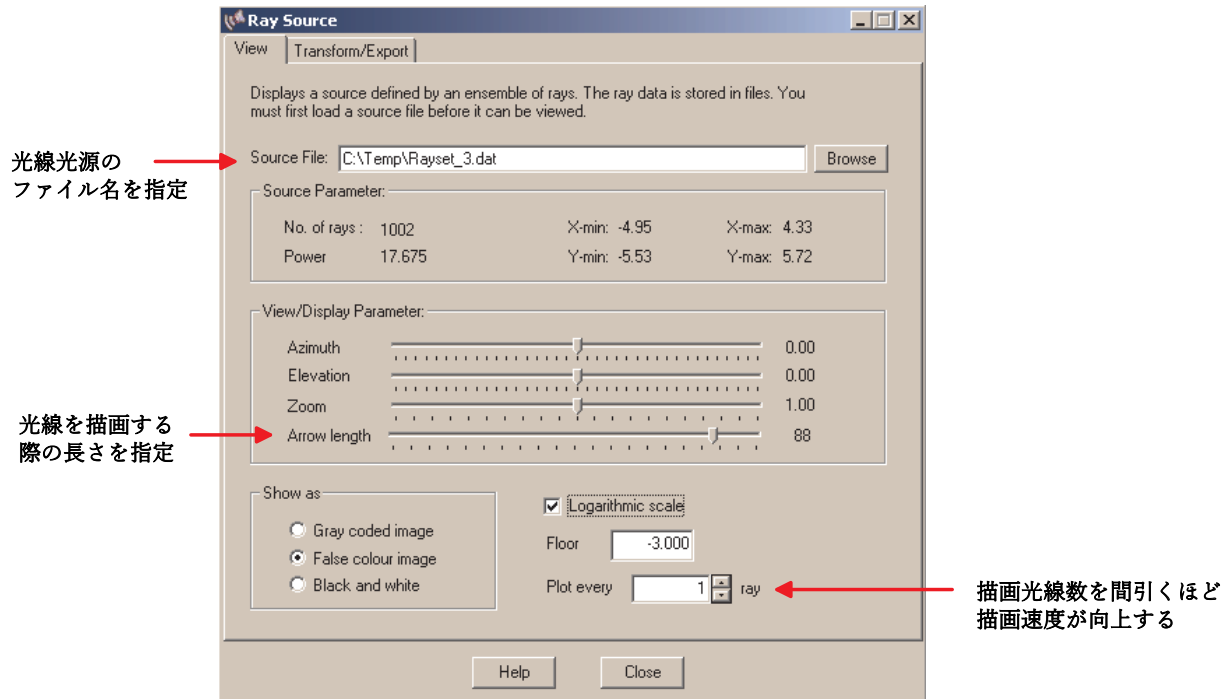


図 15.11. 光線光源データを視覚化するためのダイアログ。

図 15.12 は、光線座標と光線強度に比例した光線方向を表す光源を示しています。

図 15.12. 光線データの視覚化。左：光線座標のみを表示（矢印の長さ=0）、右：矢印の長さ ≥ 0 。矢印の長さは光線の相対強度を示します。

15.3.8 光線データの変換 (Transforming Ray Data)

光線は 3D 空間内で任意に変換することができます。これは、光線光源ビューアダイアログ内で実行されます（前のセクションを参照してください）。

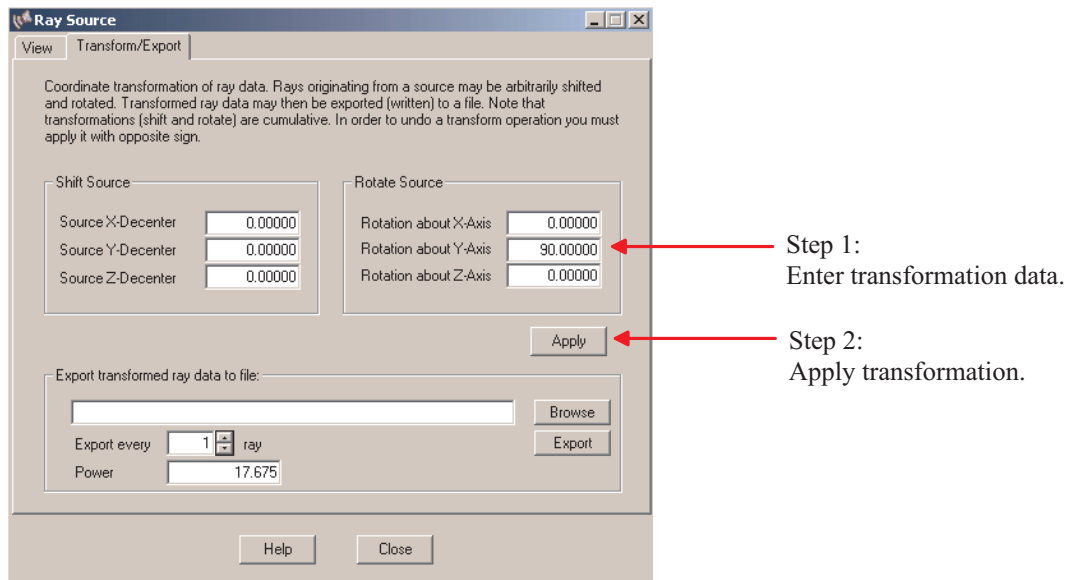


図 15.13. 光線データの変換（移動、回転）。

変換を適用する際には、変換が累積的であることに注意してください。変換を「元に戻す」には、逆符号のシフト/回転パラメータを適用する必要があります。複数の変換（例: シフト+回転）が同時に適用されている場合、これを元に戻すには、座標変換が可換ではない（操作の順序に依存する）ことを考慮する必要があります。この観点から、1回に1つのパラメータのみを適用することが推奨されます。

光線変換の結果は、光線光源ビューア内で即座に確認できます。変換後の光線データは、後で使用するために別のファイルに保存することも可能です。ファイル名を選択し、上記のダイアログ（図 15.13）でエクスポートボタンを押して変換された光線データをエクスポートします。

2つの異なる出力形式（ASCIIまたはバイナリ）が提供されています。*OpTaliX* 光線光源用のバイナリファイル形式は、ASAP バイナリ形式と互換性があります。

15.4 照明解析オプション (Illumination Analysis Options)

ILL [?]	照明解析を実行します。クエスチョンマーク"?"を指定すると、解析前にパラメータを設定するためのダイアログボックスが表示されます。
ILL SAV Y N	照明データを設計データとともに保存します。Y=はい、N=いいえ。
ILL EXP FIL out_file [RAW INT XLS]	ターゲット面での照度分布をファイルに保存します。事前に照明解析を実行する必要があります（上記のILL コマンドを使用）。ファイル拡張子を含む完全なパスを指定する必要があります。ファイル形式は拡張子によって認識されます。RAW（生データ、ASCII形式）、TXT（生データ、ASCII形式）、INT（干渉縞ファイル）、またはXLS（Excelファイル）。デフォルトのファイル形式はRAWです。
ILL TAR sk	照明のターゲット面を指定します。これは照度分布が計算される面です。 例: ill tar s5 !照明ターゲット面は5番目の面, ill tar si !照明ターゲット面は画像面。
ILL IMX x_ext	ターゲット面での解析領域のX方向の拡張（全幅）。
ILL IMY y_ext	ターゲット面での解析領域のY方向の拡張（全幅）。
ILL NXI X_Img_Cells	画像（ターゲット）の拡張IMXをNXIセルに分割します。
ILL NYI Y_Img_Cells	画像（ターゲット）の拡張IMYをNYIセルに分割します。
ILL FIL out_file [RAW INT XLS]	ターゲット面での照度分布をファイルに保存します。完全なパスを指定する必要があります。ファイル形式は、RAW（生データ）、INT（干渉縞ファイル）、またはXLS（Excelファイル）のいずれかのオプションで定義されます。デフォルトのファイル形式はRAWです。
RPWR	データベース項目：照明光線追跡を使用して、すべてのアクティブな光源を含む総受信パワーを返します。例：eva [rpwr]
EPWR	データベース項目：すべてのアクティブな光源からの放射パワーを返します。例：eva [epwr]
	次のページに続きます

前のページから続きます	
NILR	データベース項目：ターゲット面で成功した照明光線の受信数を返します。すべてのアクティブな光源を含みます。例：eva [nilr]

第16章

物理光学伝搬 – Physical Optics Propagation –

(回折に基づくビーム伝搬)

光学モデリングは主に幾何光学的な光線追跡で構成されており、光は波面に垂直な一連の光線として表されます。写真用レンズのような「従来型」の光学系では、回折効果は小さく、ビームの端部（エッジ部）に局在化されています。幾何光学的な光線追跡を用いることで、瞳領域内の光の性質を解析し、光線系の瞳関数（光がレンズないをどのように通るかを示す関数）を特定します。そしてその情報を基に、遠方での回折現象（ファーフィールド回折）を詳細に解析することができます。これは、セクション 14.2.1 および 14.2.2 で説明されているように、回折 PSF および MTF を計算するための迅速で確立された方法です。

しかし、この方法は、光学系内で顕著な回折が発生する場合には限界があります。一般的な例として、レーザーシステムの焦点に配置された単純な空間フィルター（ピンホール）があります。光線光学では、ピンホールによる位相収差の除去を予測することはできません。また、ガウシアンビームの広がりも考慮できません。この文脈では、セクション 14.3 で説明されているガウシアンビーム解析（BEA）は、理想的なガウシアンビームの近軸的な量のみをモデル化し、波面収差を含まないことに注意してください。

このような場合には、物理光学的手法を使用する必要があります。物理光学では、光学ビームを複素数値関数（振幅と位相）としてモデル化し、横方向のビーム分布を記述します。コンピュータ内では、ビームは離散的にサンプリングされた点の複素 2 次元配列として表されます。その後、この配列全体（ビーム）が光学系を通じて伝搬されます。このアプローチは、一般的に回折に基づくビーム伝搬とも呼ばれます。

物理光学的伝搬は、以下のセクションで説明されるいくつかのアルゴリズムに基づいています。基礎となる物理原理の詳細な研究については、Goodman [17] を参照してください。

16.1 角スペクトルの伝搬 (Propagation of the Angular Spectrum)

複素場（振幅と位相）を任意の平面でフーリエ変換すると、さまざまな空間フーリエ成分が異なる方向に進む平面波として考えることができます。伝搬中にこれらの平面波が受ける位相シフトから、他の平面での場を計算できます。

波動場 $U(x, y, z_1)$ が平面に入射し、そこから右方向に距離 z 離れた平行な第 2 の平面での場 $U(x, y, z_2)$ を求めると仮定します。 $z = 0$ 平面での場 U の 2 次元フーリエ変換 (\mathcal{F}) は次式で与えられます。

$$A(f_x, f_y, 0) = \iint_{-\infty}^{\infty} U(x, y, z_1) e^{-2\pi j(f_x x + f_y y)} dx dy \quad (16.1)$$

対応して、 U はそのスペクトルの逆フーリエ変換 (\mathcal{F}^{-1}) から次式で得られます。

$$U(x, y, z_1) = \iint_{-\infty}^{\infty} A(f_x, f_y, z_1) e^{2\pi j(f_x x + f_y y)} df_x df_y \quad (16.2)$$

物理的には、式 16.2 の積分項は波数ベクトル \vec{k} を持つ平面波として解釈できます。その大きさは $2\pi/\lambda$ で、方向余弦 (α, β, γ) を持ちます (図参照)。一定 z 平面での平面波の複素振幅は次式で与えられます。

$$P(x, y, z) = e^{j\vec{k}\cdot\vec{r}} = e^{\frac{2\pi j}{\lambda}(\alpha x + \beta y)} \quad (16.3)$$

複素指数関数 $e^{2\pi j(f_x x + f_y y)}$ は、方向余弦を持つ平面波を表すものと見なすことができます。

$$\alpha = \lambda f_x \quad (16.4)$$

$$\beta = \lambda f_y \quad (16.5)$$

$$\gamma = \sqrt{1 - (\lambda f_x)^2 - (\lambda f_y)^2} \quad (16.6)$$

平面波成分の複素振幅は、空間周波数 $f_x = \alpha/\lambda, f_y = \beta/\lambda$ における U のフーリエ領域で評価されます。したがって、次の関数

$$A(f_x, f_y, z_1) = \iint_{-\infty}^{\infty} U(x, y, z_1) e^{-2\pi j(f_x x + f_y y)} dx dy \quad (16.7)$$

は、場 $U(x, y, z_1)$ の角スペクトルと呼ばれます。 z_1 平面に平行で、そこから距離 z 離れた平面での U の角スペクトルは次式で表されます。

$$A(f_x, f_y, z_2) = A(f_x, f_y, z_1) \exp \left[\frac{2\pi j}{\lambda} \Delta z \sqrt{1 - (\lambda f_x)^2 - (\lambda f_y)^2} \right] \quad (16.8)$$

したがって、複素場をある平面から別の平面に伝搬させることは、フーリエ変換 $\mathcal{F}\{U(z_1)\}$ と自由空間伝搬 $\mathcal{T}\{z_2 - z_1\}$ の演算子を用いて次式で記述できます。

$$U(z_2) = \mathcal{F}^{-1} [\mathcal{T}\{z_2 - z_1\} \mathcal{F}\{U(z_1)\}] \quad (16.9)$$

この手法は、入力場をフーリエ変換し (つまり周波数成分に分解し)、平面波伝搬子を適用して (角スペクトル成分の相対位相を加算し)、その結果を逆フーリエ変換するという単純な手順です。角スペクトル法は平行平面間でのみ場を伝搬できるため、これを平面間伝搬 (PTP) 演算子と呼びます。

平面波の方向余弦は次の条件を満たす必要があります。

$$\alpha^2 + \beta^2 < 1 \quad (16.10)$$

この条件を満たさない場合、エバネッセント波が得られますが、これは角スペクトルモデルでは扱われません。

16.2 フレネル近似を用いた伝搬 (Propagation using the Fresnel Approximation)

フレネル近似では、伝搬距離 $\Delta z = z_2 - z_1$ において、初期場 $U(\xi, \eta, z_1)$ から場 $U(x, y, z_2)$ を計算します。場は次式で与えられます。

$$U(x, y, z_2) = \frac{e^{jkz_2}}{j\lambda\Delta z} e^{\frac{jk}{2\Delta z}(x^2+y^2)} \iint_{-\infty}^{\infty} \left\{ U(\xi, \eta, z_1) e^{\frac{jk}{2\Delta z}(\xi^2+\eta^2)} \right\} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda\Delta z}(\xi x+\eta y)} d\xi d\eta \quad (16.11)$$

これは、初期平面での複素場のフーリエ変換に二次位相指数を掛けたものです。演算子表記では次のように書けます。

$$U(z_2) = \left[\frac{e^{jkz_2}}{j\lambda\Delta z} \right] \mathcal{Q}\{x, y, \Delta z\} \mathcal{F}[\mathcal{Q}\{\xi, \eta, \Delta z\} U(\xi, \eta, z_1)] \quad (16.12)$$

ここで、 $\mathcal{Q}\{\xi, \eta, \Delta z\} = e^{\frac{jk r^2}{2\Delta z}}$ は二次位相指数であり、 $r^2 = \xi^2 + \eta^2$ です。積分外の $\mathcal{Q}\{\}$ 項は、結果の場が平面ではなく半径 z の球に基づく場合、省略できます。フレネル近似の範囲内では、すでに $(\xi, \eta) \ll z$ を仮定しています。球に基づく位相を参照する方が、平面に基づく場合よりも位相変化が小さくなるため、推奨されます。式 16.12 は、ウエストから球への伝搬 (WTS) 演算子として再定義できます。

$$U(z_2) = \left[\frac{e^{jkz_2}}{j\lambda\Delta z} \right] \mathcal{F}^s[\mathcal{Q}\{\xi, \eta, \Delta z\} U(\xi, \eta, z_1)] \quad (16.13)$$

ここで、

$$s = \frac{\Delta z}{|\Delta z|} \quad (16.14)$$

球からウエストへの伝搬 (STW) は、操作を逆にすることで得られます。

$$U(z_2) = \left[\frac{e^{jkz_2}}{j\lambda\Delta z} \right] \mathcal{Q}\{x, y, \Delta z\} \mathcal{F}^s[U(\xi, \eta, z_1)] \quad (16.15)$$

式 16.13 および 16.15 の項 e^{jkz_2} は、通常、一定の位相伝搬項であるため無視できます。

高速フーリエ変換 (FFT) アルゴリズムを使用し、場を 2 次元の複素値配列で表す場合、 z_2 平面または球でのサンプリング周期は一定ではなく、次式で線形にスケールします。

$$\Delta x = \frac{\lambda|\Delta z|}{N\Delta\xi} \quad (16.16)$$

ここで、 N は配列内のサンプリング点の数です。

16.3 光学界面を通る伝搬 (Propagation through Optical Interfaces)

角スペクトル法およびフレネル伝搬法は、均質な空間を通じた伝搬に使用されます。一方、光学界面では、光学素子 (レンズ、回折面、非球面など) の複素透過関数が必要となり、その後

の複素場を計算します。これらの関数は解析的には知られていないため（厳密な近似を除く）、古典的な光線追跡と波動光学を組み合わせで使用します。これには、自由空間伝搬後の場を光線に変換し、光学界面での屈折/反射を行い、結果の光線を再び複素場の記述に変換する必要があります。

16.3.1 複素場の情報から光線への変換 (Converting Field into Rays)

場は球面または平面上にあると仮定され、これは以前の伝搬演算子（角スペクトル法またはフレネル法）の結果です。データ点の2次元配列における座標 (x, y) での複素波振幅は次式で与えられます。

$$U(x_m, y_n) = a(x_m, y_n) e^{j\Phi(x_m, y_n)} \quad (16.17)$$

ここで、 a は振幅、 Φ は位相（単位は $2\pi/\lambda$ ）です。座標 (x_m, y_m) は等間隔のメッシュを形成すると仮定します。波動光学的伝搬では位相が 2π の剰余として得られるため、位相展開アルゴリズムを使用する必要があります。これはノイズがない場合、単純な操作です。グリッドデータを任意の連続経路に沿ってたどり、次の決定規則を適用します。

$$\Phi_{k+1} = \begin{cases} \Phi_k + \Delta_k - 2\pi & \text{if } \Delta_k > \pi \\ \Phi_k + \Delta_k + 2\pi & \text{if } \Delta_k < -\pi \\ \Phi_k + \Delta_k & \text{else} \end{cases} \quad (16.18)$$

ここで、 k は経路インデックス、 Δ_k は隣接ピクセル間の位相差です。展開された位相から、光線の方向ベクトル \vec{v} は次式で得られます。

$$\vec{v} = \frac{\lambda}{2\pi} \left[\frac{\partial \Phi}{\partial x}, \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2 - \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x}\right)^2 - \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y}\right)^2} \right] \quad (16.19)$$

16.3.2 光学境界面での伝達 (Transfer at Optical Interfaces)

入力基準球から始めて、光線は幾何光学技術を使用して光学界面を通過し、出力基準球に追跡されます。図 16.1 も参照してください。一般に、入力球と出力球は光学界面のすぐ近くに配置されます。

位相 Φ は、入力基準球と出力基準球の間の光路長 L から導出され、複素入力場に加算されます。

$$L = \frac{2\pi}{\lambda} \sum n_i \cdot L_i \quad (16.20)$$

ここで、 n_i は部分光路 L_i に沿った屈折率を表します。総光路長には、単一の光学界面または一連の界面（面）が含まれる場合があります。

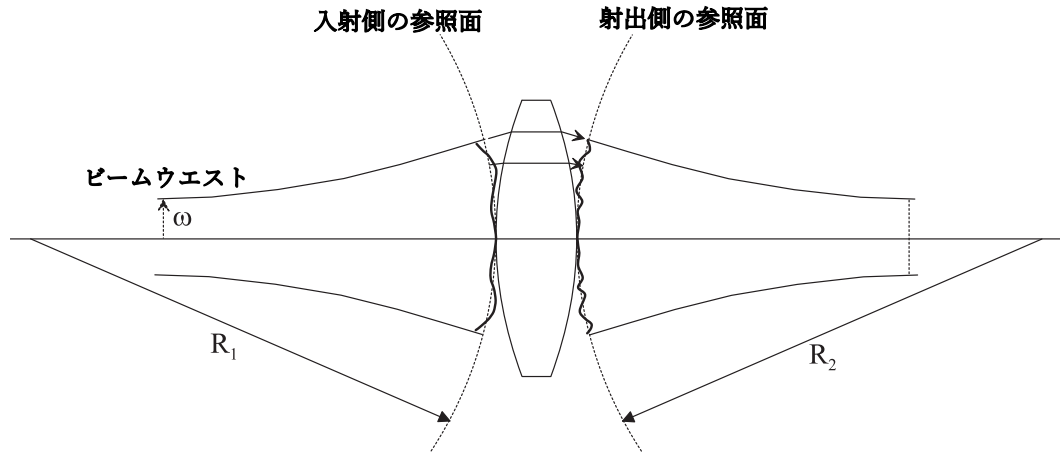


図 16.1. 回折に基づくビーム伝搬と幾何光学的光線追跡の関係をガウシアンビームの例で示した図。

16.3.3 光線情報を複素場に変換する (Converting Rays into Field)

幾何光学的光線追跡セクションで導入された位相 $\Delta\Phi$ は、入力球と出力球の間の光路長から導出され、複素場の位相成分に加算されます。その後、出力場の実部と虚部は次式で得られます。

$$R = a(x_m, y_n) \cos(\Phi + \Delta\Phi) \quad (16.21)$$

$$I = a(x_m, y_n) \sin(\Phi + \Delta\Phi) \quad (16.22)$$

出力メッシュが大幅に歪んでいる場合、データ点を長方形グリッドに再サンプリングする必要があります。

16.4 伝搬の制御 (Propagation Control)

代理ガウシアンビームは、使用するアルゴリズムを決定するために使用されます。これらのビームは実際のビームを近似的に表すものと考えられ、空間内のすべての点で簡単に計算可能な幅を持つため、場データを保持する 2 次元配列のサイズを決定する便利な方法を提供します。任意の複素入力場は、半径 ω と位相半径 R を持つガウシアンビームに近似的に適合させることができます。これらの値から、ガウシアンウエストサイズ ω_0 とウエストまでの距離 z_w が計算されます。入力球の半径 R_1 は次式で得られます。

$$R_1(z) = z \left[1 + \left(\frac{\pi\omega^2}{\lambda z} \right)^2 \right] \quad (16.23)$$

ここで、 z はウエストからの距離を表します。出力球の半径 R_2 はレンズの法則によって計算されます。

$$\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{f} \quad (16.24)$$

ここで、 f は光学界面の焦点距離です。ビームは回折によって広がるため、配列を過剰に埋める可能性があります。幸いにも、近場伝搬子 (角スペクトル法) と遠場伝搬子 (フレネル法) を組

み合わせることで、有限サンプリングによるエイリアシングが十分に抑制されるように配列サイズを制御できます。近場伝搬子のサンプリング周期は一定ですが、遠場伝搬子のサンプリング周期は伝搬距離 Δz に比例して線形にスケールします (式 16.16 を参照)。一定のサンプリング周期から線形スケールするサンプリング周期への適切な遷移点は、レイリー範囲 $z_R = \omega_0^2 \pi / \lambda$ によって選択されます。

この選択は、レイリー距離内で平面参照を選択し、レイリー距離外で球面参照を選択することで位相誤差を最小化します。図 16.2 は、レイリー範囲内外での配列サイズを示しています。

伝搬アルゴリズムの制御は、空間内の任意の点から他の任意の点への移動を可能にする必要があります。そのため、以前定義された基本演算子である平面間伝搬 (PTP)、ウエストから球への伝搬 (WTS)、球からウエストへの伝搬 (STW) を適切に組み合わせます。すべての可能なケースをカバーする 4 つの新しい演算子を定義します (図 16.2 も参照)。

$$\begin{aligned}
 \mathbf{II}(z_1, z_2) &= \mathbf{PTP}(z_2 - z_1) && \text{レイリー範囲内からレイリー範囲内} \\
 \mathbf{IO}(z_1, z_2) &= \mathbf{WTS}(z_2 - z_\omega) \mathbf{PTP}(z_\omega - z_1) && \text{レイリー範囲内からレイリー範囲外} \\
 \mathbf{OI}(z_1, z_2) &= \mathbf{PTP}(z_2 - z_\omega) \mathbf{STW}(z_\omega - z_1) && \text{レイリー範囲外からレイリー範囲内} \\
 \mathbf{OO}(z_1, z_2) &= \mathbf{WTS}(z_2 - z_\omega) \mathbf{STW}(z_\omega - z_1) && \text{レイリー範囲外からレイリー範囲外}
 \end{aligned} \tag{16.25}$$

基本演算子は、それぞれ式 16.9、16.13、16.15 で定義されています。

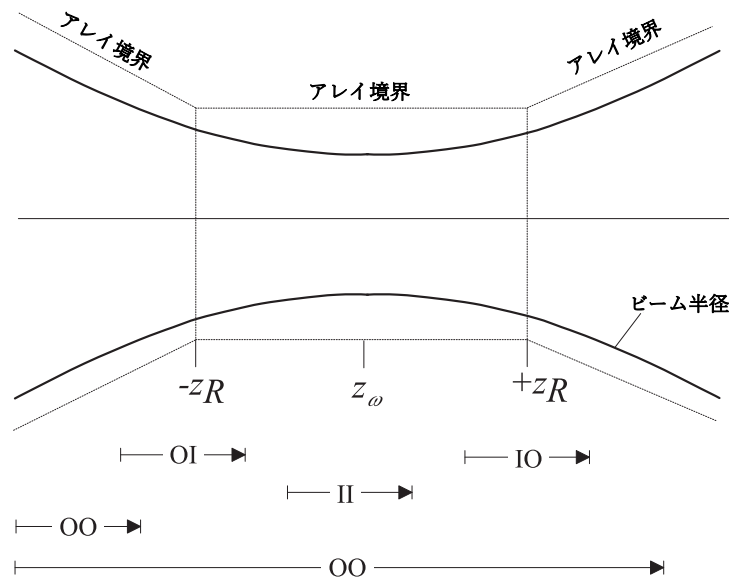


図 16.2. レイリー範囲内外での配列サイズの変化。レイリー範囲内外での伝搬の 4 つの異なる可能性 (II, IO, OI, OO) が示されています。

上記で説明したアルゴリズムを実際に使用する際には、以下の 3 つの主要な問題を考慮する必要があります。

- サンプリング間隔
- ビームサイズに対する配列の過剰サイズ
- 参照面の使用

サンプリング間隔 Δx および Δy は、表現可能な最高空間周波数を決定します。配列全体でカバーされる空間領域は $M\Delta x$ および $N\Delta y$ であり、ここで M, N は x 方向および y 方向のサンプリング点数です。サンプリング間隔と配列サイズは、ビームを 3~5 倍程度過剰に埋めるように選択する必要があります。この係数の選択は、主に入力ビームのプロファイルに依存します。ガウシアンプロファイルの場合、係数 3 が適切である可能性があり、トップハット関数の場合は 5~10 の係数が推奨されます。配列の幅が小さすぎると、エイリアシングが発生します。エイリアシングは、離散サンプリングとコンピュータ配列の有限範囲によるものです。伝搬により、平行ビームが拡大し、場が配列の境界を超える可能性があります。配列外に落ちたビームの部分は「折り返し」、エイリアシングを引き起こします。

16.5 コマンド概要 (Command Overview)

EDI BPR	ビーム伝搬パラメータを編集するためのダイアログボックスを呼び出します。現在、パラメータはダイアログ内でのみ定義可能で、同等のコマンドはまだありません。関連するパラメータの詳細な説明は、次のセクション 16.6 (伝搬パラメータ) を参照してください。
BPR	ビーム伝搬を実行し、結果の場を表示します。

16.6 伝搬パラメータ (Propagation Parameters)

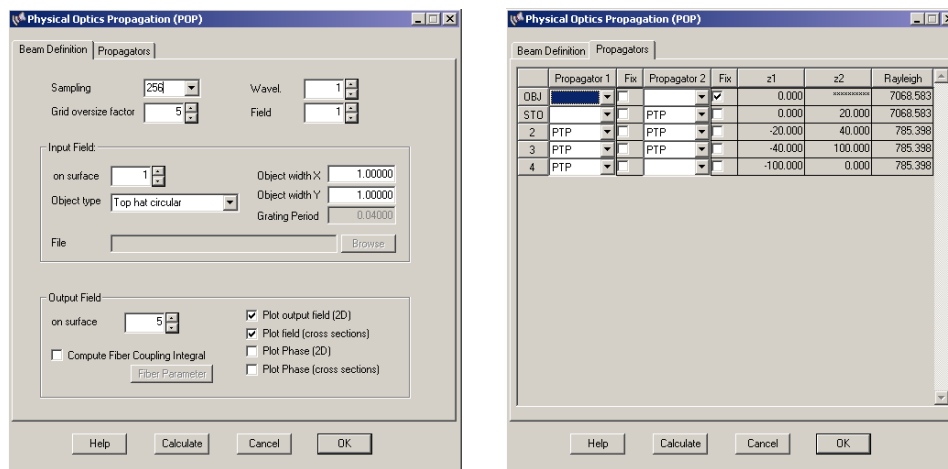


図 16.3. 自由空間伝搬例のパラメータダイアログ。

ダイアログの最初のタブ (図 16.3 参照) は「ビーム定義」とラベル付けされており、ビームのパラメータおよびその他の補助的な伝搬パラメータを定義します。

ビーム定義タブ:

サンプリング: データグリッド全体のサンプリング点数を定義します。この数値はある程度任意ですが、シミュレーションの精度は数値が高いほど向上します。低い数値 (≤ 128) は、ソースプロファイルに高い空間周波数成分がほとんど含まれない場合 (例: ガウシアン) や、ビームの広がりほとんど予想されない場合に選択してください。トップハットプロファイルは、鋭いエッジのため比較的高い空間周波数成分を含むため、サンプリング数は ≥ 256 を選択する必要があります。また、計算時間はサンプリング数の2乗に比例することに注意してください。例えば、128点のサンプリングと比較して、256点では計算時間が4倍になります。

グリッド過剰サイズ係数: 配列の物理サイズをビームの寸法に対して定義します。配列は常にビームを過剰に埋める必要があり、グリッド過剰サイズ係数によってビームプロファイルのすべての周波数成分が配列内に含まれることを保証します。この係数はビームプロファイルにも依存します。典型的な値は、ガウシアンビームで3~5、トップハットプロファイルで8~10です。

オブジェクトタイプ: いくつかの事前定義されたプロファイルから選択します。(ファイルからのインポートはまだ機能していません。)

オブジェクト幅: ソースビームの X 方向および Y 方向の最大物理拡張を指定します。ビーム伝搬に使用される配列の物理拡張は、「グリッド過剰サイズ係数」 $\times \max(\text{object_width_X}, \text{object_width_Y})$ です。

入力場面: ソースビーム (オブジェクト) が配置され、伝搬が開始される面番号を指定します。

回折格子周期: このフィールドは振幅回折格子ソースにのみアクセス可能で、X 方向の回折格子周期 (一周期) を定義します。

出力場面: 伝搬が終了し、場の成分が表示される面番号を指定します。

ファイバー結合積分: 結果の場を受信ファイバーのプロファイルと畳み込み、結合効率を計算します。

伝搬タブ:

伝搬子: 以下の5種類の伝搬子があります:

PTP: 平面間伝搬。角スペクトル法 (セクション 16.1) を使用して、平面表面から距離 z を経て別の平面表面へ場を伝搬します。

WTS: ウエストから球面への伝搬。平面表面 (ビームウエスト付近) で定義された場を、距離 z を経て球面 (参照面) へ伝搬します。フレネル近似 (セクション 16.2) を使用します。距離 z はレイリー範囲の2倍以上である必要があります。

STW: 球面からウエストへの伝搬。球面表面 (ビームウエストから遠い位置) で定義された場を、距離 z を経て平面 (参照面) へ伝搬します。フレネル近似 (セクション 16.2) を使用します。距離 z はレイリー範囲の2倍以上である必要があります。

Ray: 通常の光線追跡を実行します (回折を無視)。この伝搬子は、GRIN 媒体 (FFT 伝搬が失敗する場合) や回折効果は無視できる場合に使用され、計算を高速化します。

Blank: 空白の場を意味し、伝搬は実行されません。

固定: チェックを入れると、伝搬子の選択を固定 (フリーズ) し、自動選択を上書きします。詳細は以下の注意事項を参照してください。

注意事項:

プログラムは光学系を通じてパイロット光線を追跡します。これは傍軸ガウシアンビームであり、表面に対するウエストの位置、レイリー範囲の計算、および光学表面での参照球/平面の計算を非常に迅速に行うことができます。この基準に基づいて、最適な伝搬子が選択され、ダイアログボックスに表示されます (図 16.3、右を参照)。この選択は、ユーザーが「Fix 1」および「Fix 2」列の適切なチェックボックスをチェックすることで上書きできます。

表面間の伝搬は通常、2つの伝搬子を連続して使用して実行されます。この点を説明するために、図 16.4 を考慮してください。

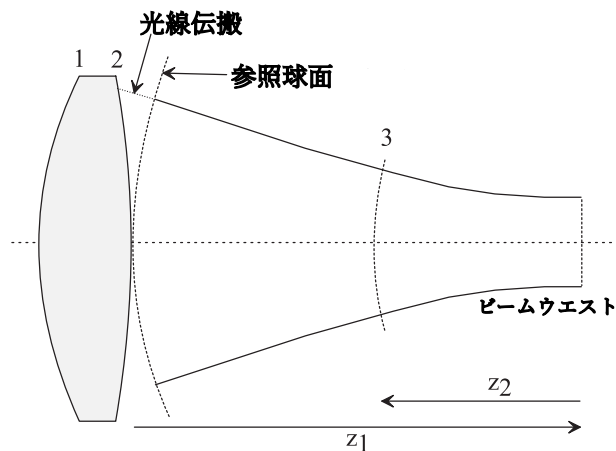


図 16.4. 表面 2 から 3 への伝搬。

現在のところ、球面間伝搬子は存在しないため、場はまず表面 2 の参照球からウエスト位置まで距離 z_1 を経て STW (球面からウエスト) 伝搬子を使用して伝搬されます。次に、この位置

から表面 3 の参照球まで距離 z_2 (負方向) を経て伝搬されます。

このため、BPR ダイアログ (図 16.3) では、各表面に対して 2 つの伝搬子が提供されています。レイリー範囲 z_R は適切な伝搬子を選択するための便利な指標です。

$$z_R = \omega_o^2 \pi / \lambda \quad (16.26)$$

ここで、 ω_o はビーム半径 (半径) を表します。レイリー範囲は、ウエスト周辺で場 (波面) が平面として高い精度で考慮できる軸方向の範囲を示します。レイリー範囲外では、ビームの広がりや波面の曲率が顕著になります。演算子の説明については、式 16.25 および図 16.2 を参照し、伝搬の 4 つの可能なケースを説明します。

最も単純なケースは「内側-内側」(II) ケースです。つまり、伝搬距離 z がレイリー範囲 ($-z_R$ から $+z_R$) より短い場合です。この範囲内では、波面の半径は無限大またはほぼ無限大です。この範囲内を伝搬するビームは、**角スペクトル法** を使用してモデル化でき、平面 (曲率半径が無限大の表面) 間で伝搬します。したがって、この伝搬子は **PTP** (平面間伝搬) と呼ばれます。

伝搬距離がレイリー範囲 z_R を超える場合、「内側-外側」(IO) ケース、または「外側-内側」(OI) ケースが適用されます。開始表面 (OI ケース) または受信表面 (IO ケース) での波面の半径はもはや無限大ではありません。この場合、フレネル近似が伝搬子として使用され、場を球面からウエストへ (STW)、またはウエストから球面へ (WTS) 伝搬します。

16.7 解析例 (Examples)

これから示す例では、コヒーレント (単色) ビームを光学系を通じて伝搬させる手順を段階的に紹介します。以降のセクションで参照されるすべての *OpTaliX* ファイルは、例のディレクトリ `\optalix\examples\pop\` にあります。

16.7.1 自由空間における伝搬 (Free-Space Propagation)

図 16.5 は、自由空間内で平面波を一定距離伝搬させる光学セットアップを示しています。事前定義された *OpTaliX* ファイルは、`\optalix\examples\pop\freespace.otx` にあります。入力場は、直径 1mm の円形スクリーン (アパーチャ) で定義された「トップハット」振幅プロファイルです。スクリーン (表面 1) からさまざまな距離に配置された表面 2~5 での場を計算します。



図 16.5. 単純な自由空間伝搬の光学セットアップ

BPR ダイアログ (メインメニューの下にある BPR アイコンをクリックするか、コマンドラインで EDI BPR を入力) には、この例に適した事前定義されたパラメータが表示されます。ビームは表面 1 から始まり、直径 1mm の円形「トップハット」振幅プロファイルを持ちます。平面波から始めるため、ウエストも表面 1 にあります。グリッド配列のサイズは 256 x 256 で、ビームを 5 倍過剰に埋めています。

出力場面、つまり出力場が表示される場面は、1 から 5 の間で自由に選択できます。結果の場は図 16.6 に示されています。

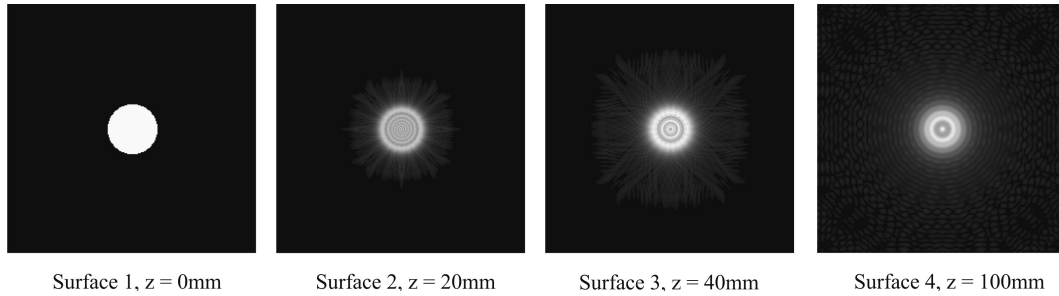


図 16.6. さまざまな伝搬距離での場。

16.7.2 タルボットの干渉縞 (Talbot Imaging)

タルボットの干渉縞は、任意の周期構造において観察されます。特定の距離で、波長と周期構造の周期（通常は振幅回折格子）によって定義される位置において、完全な像が得られます。このような像は、レンズを使用せずに回折格子の背後に複数現れます。完全な像（自己像とも呼ばれる）が観察される z 位置は、次の条件を満たす必要があります。

$$z = \frac{2nL^2}{\lambda} \quad (16.27)$$

ここで、 L は周期構造の周期、 n は整数を表します。

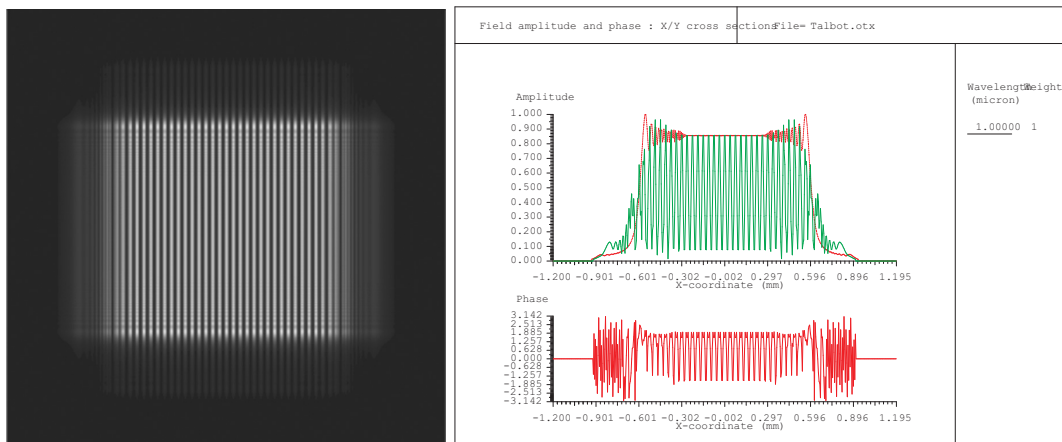


図 16.7. タルボットの干渉縞

なお、サイドローブは回折格子構造の有限な広がりによるものです。

16.7.3 結合効率の例 (Coupling Efficiency Example)

この例では、対称的な光学構成を使用して、単一モードファイバーの出力を別の単一モードファイバーに結合します。設計ファイルは以下にあります：

\optalix\examples\pop\coupling-efficiency.otx。セクション 14.4（ページ 319）で見

たように、幾何光学的光線追跡に基づくファイバー結合効率（CEF）アルゴリズムは、光学系内で回折効果が無視できる場合、結合効率を合理的に予測します。

ここでは、回折効果が重要な役割を果たすケースを考えます。非球面結合レンズ間の軸方向の間隔は 200mm です。小径のため、ビームは自由空間を伝搬する際に広がり（発散）ます。回折の影響により、受信レンズでのビーム直径は純粋な幾何光学的光線追跡で予測されるよりも大きくなり、波面はもはや平面ではなくなります。これにより、幾何学的スポットと比較して焦点位置が異なる結果となります。

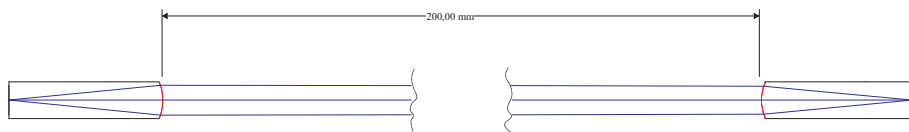


図 16.8. ファイバー結合 1:1 リレー光学系。

送信ファイバーと受信ファイバーは、標準的な Corning SMF-28 タイプで、モードフィールド半径は $5.2\mu\text{m}$ です。ファイバーは単一モードであるため、それぞれの放射場および受信場はガウシアンに近く、ビームパラメータを迅速に把握するためにガウシアンビーム解析（セクション 14.3 の BEA オプションを参照）を実行できます。

Gaussian Beam Analysis:

Wavelength = 1.55000 micron
M-squared = 1.00000

Y/Z-Plane :

#	Spot Size SRY	Waist Size WRY	Waist Dist ZWY	Divergence GDY	RFR Radius RCY	Rayleigh R. RRY	Fresnel No.
0	0.005200	0.005200	0.000000	0.094598		Inf	
1	0.005200	0.005200	0.000000	0.065612	-0.14440E+21	0.054806	0.003
2	0.338163	0.294006	99.561456	0.001678	0.40786E+03	175.198763	0.738
3	0.294007	0.294006	-0.438544	0.001678	-0.69992E+05	175.198763	0.558
4	0.338893	0.005189	5.146211	0.065750	0.51474E+01	0.054574	14.399
5	0.005189	0.005189	0.000146	0.094797	0.20344E+02	0.054574	1000000.000
6	0.005189	0.005189	0.000146	0.094797	0.20344E+02	0.054574	

焦点、つまりウエストの位置は、ほぼ表面 6 の位置と一致していることがわかります。しかし、幾何学的解析（スポットやファン収差プロットを使用）では、明確な焦点ずれが示されています。

この例は、レイリー範囲に基づいて正しい伝搬子を選択する良い練習にもなります。例えば、表面 2 から 3 への 100mm の伝搬は、完全にレイリー範囲内 ($z_R = 175.199\text{mm}$) に収まるため、プログラムは最初に PTP 演算子を提案します。しかし、ウエストは表面 3 ではなく、表面 3 の 0.439mm 手前にあります。伝搬は常にウエストからウエストへ行われるため、プログラムはまず 99.561mm の PTP 伝搬を提案し、次に 0.439mm の PTP 伝搬を提案します。表面 3 がウエストに非常に近いため、2 番目の伝搬子を無効にしてプログラムの選択を上書きします。「Fix」チェックボックスをオンにし、メニューで空白の場を選択してください。これにより計算時間も短縮されます。将来のリリースでは、このような条件をプログラムが自動的に認識するようになる予定です。

結合エネルギーを計算するには、受信ファイバーを指定する必要があります。ダイアログの「出力場」セクションにある「ファイバーパラメータ」ボタンをクリックしてください。新しいダイアログが開きます。実際には、これは CEF オプション（幾何光学的光線追跡に基づく）で使用されるダイアログで、受信ファイバーのパラメータのみ編集可能です。送信ファイバー（ソース場）のパラメータは、BPR ダイアログですでに指定されているためグレーアウトされています。テキストウィンドウの出力は以下の通りです：

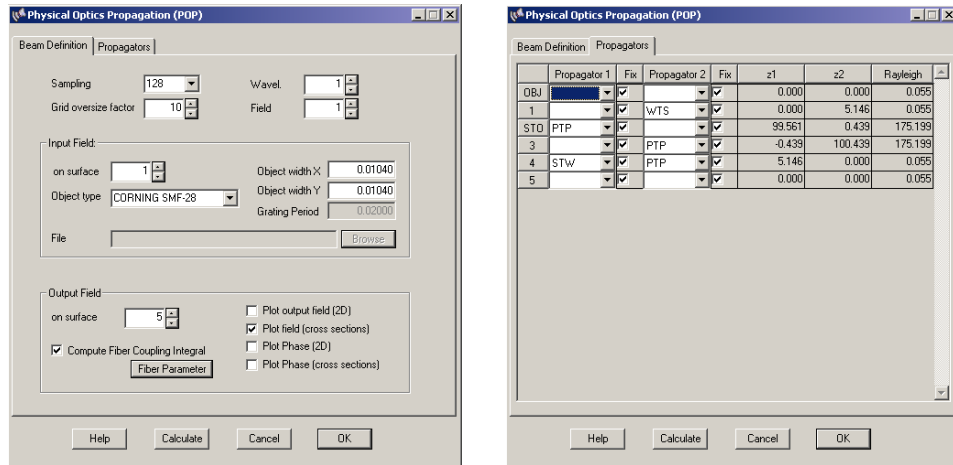


図 16.9. 物理光学に基づく結合効率計算のダイアログ

BEAM PROPAGATION :

Source Parameter:

Object width : X = 0.01040 Y = 0.01040
 Object patch : X = 0.10400 Y = 0.10400
 Sampling : 128
 Source type : CORNING SMF-28

Linear coupling efficiency : 0.9935
 Coupling loss : -0.0283 dB

ガウシアンビーム解析 (BEA) の結果 (ページ 360) から予想されるように、結合はほぼ完全です。これに対し、幾何光学に基づく CEF オプションでは、比較的高い損失が計算されます。これは幾何学的スポットの焦点ずれに対応しています。

Linear coupling efficiency : 0.619749
 Coupling loss : -2.0778 dB

16.8 制限事項 (Restrictions)

回折ビーム伝搬は、コヒーレント (単色) 放射を仮定しています。部分的コヒーレンスや非単色光は、このオプションではモデル化できません。

現在の実装では、軸方向の条件のみがモデル化可能です。偏心および/または傾斜した構成や斜めのビームは避けるべきです。この機能は、将来のリリースで対応される予定です。

第17章

透過解析 – Transmission Analysis –

光学系を通過する単一の光線または光線束の透過率を計算します。透過率は、入射強度を1（すなわち 100%）に正規化した割合として計算されます。透過率の計算には、開口や遮蔽に起因するビグネッティング（ケラレ現象）、全反射等の光線追跡エラーによる光線損失、コーティングされたまたは未コーティングの表面での反射損失、材料のバルク吸収、ガウシアン瞳アポダイゼーション、表面強度フィルター、および光源放射の偏光状態が考慮されます。

透過率の計算は、*OpTaliX* 内で以下の4つのオプションで制御できます（図 17.1 も参照）。

1. 光学材料内部での放射吸収は、TRA コマンドで制御されます。TRA yes または TRA no を使用して、計算におけるバルク材料透過率を有効化/無効化します。
2. 光学界面（コーティングされたまたは未コーティング）の反射損失は、POL コマンドで制御されます。このコマンドは偏光光線追跡を有効化/無効化します。POL yes|no コマンドを使用して、コーティングされたまたは未コーティングの表面の影響を含める/除外することができます。
3. 強度フィルター（表面アポダイゼーション）は、光線経路に沿った強度透過を変更します。これらのフィルターは INT ファイルから読み込まれ、光学表面に関連付けられます。
4. システム瞳は、PUI, PUX, PUY コマンドを使用してアポダイズできます。この機能は主に、レーザーのような非均一な光源放射をモデル化するために使用されます。

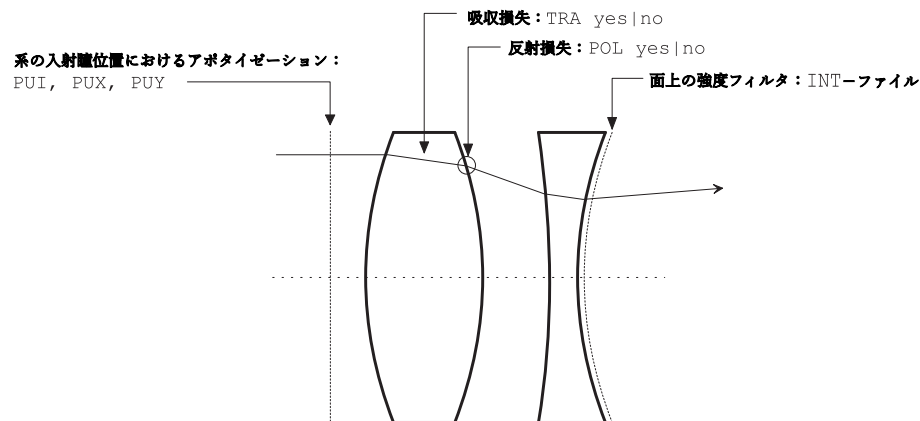


図 17.1. 透過率に影響を与える要因。

したがって、バルク材料吸収および表面反射損失の影響を含む光学系の透過率を計算するには、以下のオプションを有効にする必要があります：

TRA yes

POL yes

同様に、TRA yes と POL no の組み合わせでは、材料吸収の影響を含みますが、コーティングの有無にかかわらずすべての表面反射損失を無視します。

偏光光線追跡が有効化されている場合 (POL yes)、透過率解析の出力は光源放射の偏光状態に依存します。**POLSTATE** コマンドを使用して、偏光または非偏光の入力放射を選択できます (セクション 18、ページ 371 も参照)。デフォルトでは、光源放射は非偏光と仮定されます。

光学系内の各材料のバルク吸収損失は、ガラスの種類から取得されます。吸収損失は、統合された光路長、材料、および波長に依存します。特定のガラス (例：仮想ガラス) にバルク吸収データが利用できない場合、この材料内の光路に沿った透過率は 100% と仮定されます。

17.1 コーティング/接合面の透過率への影響 (Effect of Coatings/Cement on Transmission)

デフォルトでは、すべての空気-ガラス界面は未コーティングと仮定されます。つまり、偏光光線追跡が有効化されている場合 (POL yes)、各空気/ガラス界面でのフレネル反射が計算されます。コーティング指定のない鏡は「完全な」(100%) 反射鏡と仮定されます。

より正確な結果を得るために、実際の多層コーティングを表面に適用してください (**ATT** コマンド、ページ 417 も参照)。多層コーティングはコーティングメニューで読み込み、解析、最適化した後、任意の表面に適用 (アタッチ) できます。**DEL MUL** コマンドを使用して、表面を未コーティングの状態に戻すことも可能です。

透過率解析のために、各表面にデフォルトコーティングを適用できます。これは、参照波長で表面に対して垂直な 1/4 波長厚の単層 MgF_2 と仮定されます。デフォルトコーティングは以下のコマンドで定義され、表面にアタッチされます：

ATT si..j|k DEF

コマンド入力 (詳細は **ATT** コマンド、ページ 417 を参照)、または面エディタのコーティング列に DEF COAT を入力することで設定できます。例は図 17.2 に示されています。

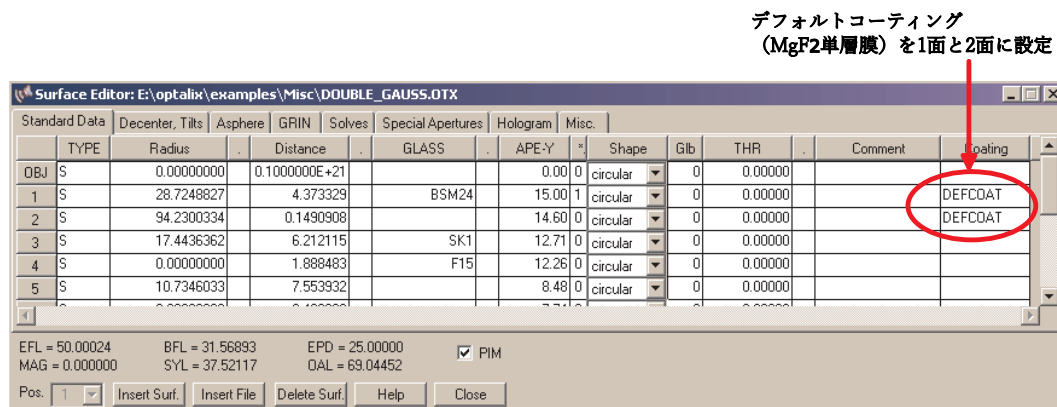


図 17.2. 表面に「デフォルト」コーティング (単層 MgF_2) を定義する。

接合面 (ガラス-ガラス界面) は未コーティングと仮定されます。透過率損失は、隣接する 2 つの材料の屈折率差によって引き起こされるフレネル反射損失から導き出されます。接合材の影響を正確にモデル化するには、接合面を接合材を囲む 2 つの表面に分割してください。

17.2 主光線に沿った透過率 (Transmission along Chief Ray)

デフォルトでは、透過率は主光線追跡のみに基づいて計算されます。つまり、透過率の計算には主光線のみが使用されます。このオプションを使用すると、開口に関連するすべての効果が無視されます。特に、大きな開口数、広い視野角、または表面での大きな入射角を持つシステムでは、開口全体を統合した透過率解析が推奨されます（セクション [17.3](#) を参照）。

コマンド構文:

TRA yes no	透過率解析にバルク吸収を含めます。"Yes" はすべての後続の計算 (例: PSF, MTF) にバルク吸収効果を含めます。"No" は透過率効果を無視し、開口が均一に照明されていると仮定します (ただし、システムのアポダイゼーションが明示的に指定されている場合を除きます。コマンド <code>PUI</code> , <code>PUX</code> , <code>PUY</code> を参照)。
TRA STEPS n_steps	システム構成で定義された波長範囲内の波長間隔 (ステップ) の数を指定します。TRA LAM プロットで使用されます (以下を参照)。
TRA LAM [FIL filename]	波長 (LAM) に対する主光線透過率をプロットします。透過率データは、FIL 修飾子の後にファイル名を指定することで、ASCII または Excel 形式でエクスポートできます。ファイル形式は拡張子で決定されます (ASCII 形式の場合は .txt または .dat、Excel 形式の場合は .xls)。
TRA FLD	視野に対する主光線透過率をプロットします。
TRA SUR	すべての視野と波長における表面ごとの主光線透過率を分解してプロットします。開口平均解析を追加するには、このコマンドにオプションパラメータ <code>AVG</code> を追加します (セクション 17.3 を参照)。
TRA NUM	光学系で定義されたすべての視野と波長に対する主光線透過率を出力します。開口全体で統合された透過率については、セクション 17.3 を参照してください。
TRA fk wk sk zk	単一光線に沿った平均透過率を計算します。この機能はレンズデータベース項目 (LDI) としてのみ利用可能です。例: eva [tra si f1 w3 z4 0 1] 視野 1、波長番号 3、ズーム位置 4 で定義された単一光線に沿った表面 si (像面) での透過率を計算します。データペア (0 1) は入射瞳内の相対座標を定義します。この例では、瞳内の周辺 Y 光線を表します。
TRAS fk wk sk zk	単一光線に沿った S 偏光の透過率を計算します。この機能はレンズデータベース項目 (LDI) としてのみ利用可能です。例: eva [tras si f1 w3 z4 0 1] 視野 1、波長番号 3、ズーム位置 4 で定義された単一光線に沿った表面 si (像面) での S 偏光透過率を計算します。データペア (0 1) は入射瞳内の相対座標を定義します。この例では、瞳内の周辺 Y 光線を表します。
TRAP fk wk sk zk	単一光線に沿った P 偏光の透過率を計算します。この機能はレンズデータベース項目 (LDI) としてのみ利用可能です。例: eva [trap si f1 w3 z4 0 1] 視野 1、波長番号 3、ズーム位置 4 で定義された単一光線に沿った表面 si (像面) での P 偏光透過率を計算します。データペア (0 1) は入射瞳内の相対座標を定義します。この例では、瞳内の周辺 Y 光線を表します。
TRR	ユーザー定義のプロット光線の透過率を出力します。光線束の定義については、セクション 210 の <code>SET RAY</code> および <code>SET FAN</code> コマンドを参照してください。

例:

単純なアクロマティックダブルレットを仮定し、コーティングライブラリから標準的な 3 層コーティング「ar_1」(W 型反射防止コーティング) を表面 1 および 2 に適用します。表面 3 および 4 は未コーティングのままにします。これを実行するには、ダブルレットがすでに使用中であると仮定して、以下のコマンドを使用します:

```
att s1..2 file ar_1 ! 表面 1~2 にコーティング「ar_1」を適用
tra sur             ! 表面ごとの透過率を計算
```

入射強度は常に 1 と仮定されます。出力は主光線に沿った相対強度を示します。以下に示すように、各波長での透過率がリストされています。損失の原因ごとに、出力強度と入力強度の比が示されます。反射損失は REF、バルク材料内で発生する吸収損失は ABS として指定されています。

```
Wavel.:      0.400      0.450      0.500      0.550      0.600      0.650
----- Field 1 -----
REF:  0      1.0000      1.0000      1.0000      1.0000      1.0000      1.0000
REF:  1      0.9747      0.9990      0.9982      0.9968      0.9991      0.9996
ABS:   0.9980      0.9990      0.9990      0.9990      0.9990      0.9990
REF:  2      0.9747      0.9990      0.9982      0.9968      0.9991      0.9996
REF:  3      0.9085      0.9124      0.9149      0.9166      0.9179      0.9188
ABS:   0.9697      0.9960      0.9988      0.9994      0.9994      0.9994
REF:  4      0.9085      0.9124      0.9149      0.9166      0.9179      0.9188
Total      0.7588      0.8268      0.8322      0.8336      0.8397      0.8422
```

この例は、表面反射損失とバルク吸収損失の影響を示しています。表面 3 および 4 にはコーティングが指定されていないため、これらの表面ではフレネル反射損失が計算されます。未コーティング表面での垂直入射時のフレネル反射 R は、以下の式で与えられます：

$$R = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2 \quad (17.1)$$

また、短波長 (400-450nm) での透過率の急激な低下にも注目してください。これは、第 2 レンズ内のバルク吸収と、このコーティングが青色スペクトルで持つ反射防止効率の低さによるものです。

17.3 開口全体で統合された透過率 (Transmission Integrated over Aperture)

光学系を通過する光線束が瞳全体を満たすように追跡されます。この解析の出力は、すべての光線の平均透過率値です。この計算は計算負荷が高く、コンピュータの速度に応じて結果の出力が遅れる場合があります。透過率計算には、開口や遮蔽によるビグネッティング、光線追跡エラーによる光線損失、コーティングされたまたは未コーティングの表面での損失、材料のバルク吸収が考慮されます。

コマンド構文:

TRA LAM AVG	波長 (LAM) に対する透過率をプロットします。瞳全体で統合された値です。
TRA FLD AVG	視野に対する透過率をプロットします。瞳全体で統合された値です。
TRA SUR AVG	瞳全体で統合された透過率をプロットし、すべての視野と波長における表面ごとの寄与を分解してリストします。
TRA NUM AVG	光学系で定義されたすべての視野と波長に対する瞳全体で統合された透過率を出力します。

以下に 'TRA NUM AVG' コマンドのサンプル出力を示します：


```

TRANSMISSION ANALYSIS (full aperture):

TRA yes
POL no

Wavelength:      0.656      0.588      0.486

----- Field 1 -----
Transmittance :      0.9626      0.9787      0.9803
Proj. solid Angle  0.1937      0.1939      0.1938
Effective NA       0.2483      0.2484      0.2483
Relative Illum.    1.0000      1.0000      1.0000

----- Field 2 -----
Transmittance :      0.9627      0.9787      0.9805
Proj. solid Angle  0.1418      0.1419      0.1405
Effective NA       0.2124      0.2125      0.2115
Relative Illum.    0.7321      0.7319      0.7252

----- Field 3 -----
Transmittance :      0.9637      0.9793      0.9809
Proj. solid Angle  0.0966      0.0962      0.0956
Effective NA       0.1753      0.1750      0.1745
Relative Illum.    0.4991      0.4964      0.4939

```

各視野、波長、ズーム位置について、出力には透過率 (transmittance)、投影立体角 (projected solid angle)、有効開口数 (NA)、および相対照度 (relative irradiance) が表示されます。

透過率 (Transmittance)

空気-ガラス界面 (コーティングされたまたは未コーティングの表面) での損失と材料吸収損失を含みます。POL yes を設定すると空気-ガラス損失が、TRA yes を設定すると吸収損失が有効になります。

投影立体角 (Proj. solid Angle)

像点から見た光線束の立体角を定義します。これは純粋に幾何学的な要素であり、特定の視野での見かけの数値開口 ($\sin(u)^2$) に対応します。ビグネッティング (光束の切断) はこの値を減少させます。

有効 NA (Effective NA)

投影立体角に関連し、特定の視野での有効数値開口を表します。

相対照度 (Relative Illum.)

透過率と投影立体角の積です。この値のグラフ表現は RIRR コマンド (相対照度、次のセクションを参照) で得られます。相対照度は無次元量であり、常に最初の視野に基づいています。

17.4 相対照度 (Relative Irradiance)

RIRR [NUM]	画像面での相対照度をプロットします。視野依存のコサイン 4 乗則効果やビグネッティングを含みます。POL yes を設定すると空気-ガラス損失が、TRA yes を設定すると材料吸収損失が含まれます。オプションパラメータ NUM を指定すると数値データを出力します。
------------	---

像空間での相対照度（相対照明とも呼ばれる）をプロットします。これは、光学系を通して光線がどのように進むかを追跡することで実現され、像面に到達する光がどれだけ広がっているか（瞳の見かけの大きさ）を計算する方法です。この計算には、歪み、ビグネッティング（周辺光量落ち、ケラレ）、瞳収差、波長加重（波長ごとの重みづけ）、光学系の透過率などのすべての効果を含みます。

光学系全体の射出瞳を満たすように光線束を追跡することで射出瞳の大きさを求めます。NRD（直径に沿った光線数）は、結果の精度と計算速度を制御します。NRD を高く設定すると精度が向上しますが、計算時間は NRD の 2 乗に比例して増加します。

相対照度は、光学系で定義された最初の視野の瞳面積で軸外の瞳面積を割った値です。なお、*OpTaliX* では見かけの瞳面積は像点から見た立体角（ $\sin(u)$ 単位）で表されます。このアプローチは、回転対称光学系に限定されず、任意の一般的な光学系に対して有効です。相対照明の計算に関する詳細な説明は [42] を参照してください。

POL yes と TRA yes を使用すると、空気-ガラス界面（コーティングを含む）での透過損失やバルク吸収による損失が含まれます。

注意:

光学系が大きな収差をもっている場合、光線追跡から得られる立体角計算は相対照度に対して正確な結果を提供しない可能性があります。この場合、像面を物体面としてモデル化し、光学系を反転させることで正確な結果が得られます。この方法では、物体空間での透過率と投影立体角の積が、収差に関係なく高精度で相対照度を提供します。

17.5 カラーコード (Colour Contribution Index)

カラーコードは、写真レンズがカラーフィルムの色再現に与える影響を示します。これは可視波長範囲、すなわち約 370nm から 680nm の範囲にのみ適用され、光軸上でのみ定義されます。カラーコードは光軸上でのみ定義されますが、*OpTaliX* はすべての視野に対してカラーコードを計算し、視野による色の変化を示します。

この機能は特に広角用途で興味深いものです。この機能は多層膜コーティングの影響を考慮します（コーティングライブラリの説明と光学表面へのコーティングのアタッチ方法についてはセクション 20 を参照してください）。

カラー寄与指数は以下の定義（ISO 6728）に従って計算されます：

370nm から 680nm の範囲で、10nm 間隔でスペクトル（波長依存）透過率 $T(\lambda)$ を計算します。次に、スペクトル透過率を標準写真フィルムのスペクトル感度（重み） $W(\lambda)$ で乗じます。以下の式および表 17.1 に示されるように計算されます：

$$T_{eff} = \sum T(\lambda) \cdot W(\lambda) \quad (17.2)$$

総写真応答 R_B, R_G, R_R は \log_{10} 値として表されます。すなわち、

$$R_B = \log_{10}(T_{eff_blue}) \quad (17.3)$$

同様に、 R_G および R_R が決定されます。最後に、この 3 つの数値のうち最小の要素をすべてのログ値から引くことでゼロに等しくします。

コマンド構文:

CCI [AVG] [fi..j zi..j]	主光線に基づいて、各視野およびズーム位置に対して ISO 6728 (1983) に従ってカラー寄与指数 (CCI) を計算します。オプションパラメータ AVG は開口全体を統合します。多くの光線が関与する可能性があるため (NRD に依存)、平均透過率を評価する際に計算時間が大幅に増加する場合があります。必要に応じて、計算時間を短縮するために NRD を減少させてください。
-------------------------	---

標準カメラの重み付け係数					
$\lambda(nm)$	$W_{blue}(\lambda)$	$\lambda(nm)$	$W_{green}(\lambda)$	$\lambda(nm)$	$W_{red}(\lambda)$
370.00	1.00	470.00	1.00	550.00	1.00
380.00	1.00	480.00	1.00	560.00	1.00
390.00	3.00	490.00	1.00	570.00	1.00
400.00	7.00	500.00	2.00	580.00	2.00
410.00	10.00	510.00	4.00	590.00	3.00
420.00	12.00	520.00	5.00	600.00	4.00
430.00	12.00	530.00	8.00	610.00	6.00
440.00	13.00	540.00	15.00	620.00	8.00
450.00	13.00	550.00	25.00	630.00	12.00
460.00	12.00	560.00	13.00	640.00	19.00
470.00	8.00	570.00	13.00	650.00	22.00
480.00	4.00	580.00	9.00	660.00	16.00
490.00	2.00	590.00	2.00	670.00	4.00
500.00	1.00	600.00	1.00	680.00	1.00
510.00	1.00				

表 17.1. 標準カメラのカラー寄与指数計算のための重み付け係数

第18章

偏光解析 – Polarization Analysis –

OpTaliX における偏光解析は、古典的な光線追跡を拡張し、光線にベクトル特性を関連付けることで実現されます。光学系の表面での相互作用により、これらのベクトル特性、例えば偏光状態が変化します。

POL yes no POL y n	偏光光線追跡を有効化/無効化します。 yes : すべての後続の解析で偏光光線追跡を有効化 no : 偏光光線追跡を無効化
POL LAM	波長に対する偏光解析を行います。
POL APE	瞳全体にわたるすべての光線の偏光度を計算します。
POL ELL	瞳全体にわたるすべての光線の偏光楕円をプロットします。
POR	ユーザー定義の光線を使用して偏光光線追跡を行います (例: SET RAY または SET FAN コマンドで事前に定義された光線)。
PA1 x1 y1 phase1	電場ベクトル 1 の偏光振幅と位相成分を指定します。位相はラジアン単位で指定されます。
PA2 x2 y2 phase2	電場ベクトル 2 の偏光振幅と位相成分を指定します。このベクトルは、非偏光または部分偏光の光を定義するために必要です。完全に単色 (コヒーレント) な放射の場合、偏光計算では PA2 は使用されません。
POLSTATE o 1	入力放射の偏光状態を指定します： 0 = 非偏光、ベクトル PA1 と PA2 の両方を使用 1 = 完全偏光、ベクトル PA1 のみを使用
POLRAY [fi..j wi..j si..j zi..j]	偏光光線追跡を行います。詳細はセクション 18.1 を参照してください。

18.1 偏光光線の追跡 (Tracing a Polarization Ray)

偏光光線追跡は、RSI および SIN コマンドで指定される単一光線の追跡に類似しています (詳細はページ 265 を参照)。

POLRAY および PRSI コマンドは、光学系を通して単一光線を追跡し、この光線に関連付けられた偏光状態 (X/Y 振幅、位相、偏光度) を出力します。入力偏光は PA1 および PA2 コマンドで定義されます (セクション 18.2 も参照)。

コマンド構文は以下の通りです：

```
prsi [ si..j | gk | wi..j | zi..j | fi..j ] ape_relX ape_relY
```

ここで、ape_relX および ape_relY は入射瞳内の光線の相対座標を表します。例：

```
pa1 0 1 0          ! 入力偏光を Y 軸に沿った線偏光として設定
polstate 1         ! コヒーレント（完全偏光）放射を仮定
prsi f1 si 0 0     ! 視野 f1、像面 si で主光線を追跡（相対瞳開口 0/0）
```

テキストウィンドウでの典型的な出力は以下の通りです：

SINGLE RAY POLARIZATION COMPONENTS :

```
-----
Field = 1      OBX =      0.00000  OBY =      0.00000
Colour = 1     WL =      546.000 nm
```

#	Pol.Degree	X1	Y1	Phase1
1	1.00000	0.000000	1.000000	0.0
2	1.00000	0.684547	0.728969	86.4
3	1.00000	0.684547	0.728969	86.4

18.2 入射光の偏光の定義 (Defining Input Polarization)

偏光計算を実行するには、入力ビームの偏光特性を完全に指定する必要があります。入力放射の任意の偏光状態は、電場ベクトルが伝搬方向に対して直角な2つの相互に直交する方向で振動する、2つの独立した直線偏光波として表現できます。図 18.1 は、光線に関連付けられた偏光ベクトルを示しています。

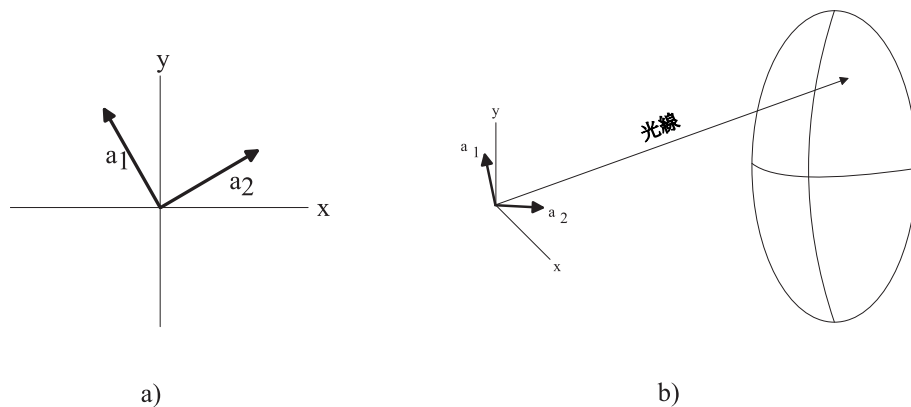


図 18.1. 偏光ベクトルの定義、a) 相互に直交する電場ベクトル、b) 光線に関連付けられた偏光ベクトル

電場ベクトル a_1, a_2 を、光学系を説明する際に通常使用される座標系 (x, y) 軸に沿って整列させることが望ましいです。通常、この座標系は光学系を記述するために使用されます。

この場合、偏光ベクトルは $a_1 = (0, 1)$ および $a_2 = (1, 0)$ となります。コヒーレント、すなわち厳密に単色の放射 (POLSTATE 1) の場合、偏光状態は常に 100% であり、1つのベクトル (a_1) で十分です。この場合、 a_2 は無視されます。

偏光状態は、光波のコヒーレンス行列 \mathbf{J} によって最もよく表現されます。このコヒーレンス行列は、例えば Born and Wolf [4] に記載されています。コヒーレンス行列は次のように定義されます：

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \langle a_1^2 \rangle & \langle a_1 a_2 e^{i(\Phi_1 - \Phi_2)} \rangle \\ \langle a_1 a_2 e^{-i(\Phi_1 - \Phi_2)} \rangle & \langle a_2^2 \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{xx} & J_{xy} \\ J_{yx} & J_{yy} \end{bmatrix} \quad (18.1)$$

ここで、 Φ は各ベクトル成分間の位相差を表します。 \mathbf{J} の対角要素は実数であり、x 方向および y 方向の成分の強度を表します。非対角要素は一般に複素数ですが、それらは互いに共役です。特定の興味深い場合については、コヒーレンス行列 \mathbf{J} の形式を簡単に表現できます。

18.2.1 完全無偏光 (自然光) (Completely Unpolarized (Natural) Light)

自然界で最も頻繁に見られる光は、伝搬方向に垂直な任意の方向における成分の強度が同じという特性を持っています。自然光の強度 I_0 に対するコヒーレンス行列は以下の通りです：

$$\frac{1}{2} I_0 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (18.2)$$

18.2.2 完全偏光 (Completely Polarized Light)

完全に単色の光であると仮定すると、振幅 a_1 および a_2 、ならびに位相因子 Φ_1 および Φ_2 は時間に依存しません。特に、以下の行列はそれぞれ、強度 I の直線偏光を表します：

$$I \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad I \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

これらはそれぞれ、電場ベクトルが x 方向 ($a_2=0$) および y 方向 ($a_1=0$) にある直線偏光を表します。円偏光の場合、コヒーレンス行列は以下のようになります：

$$\frac{1}{2} I \begin{bmatrix} 1 & \pm i \\ \mp i & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、 I は光の強度を表します。符号は偏光が右回りか左回りかに応じて選択されます。

18.2.3 いくつかの等価な表現 (Some Equivalent Representations)

自然光のいくつかの有用な表現について説明します。自然光のコヒーレンス行列は、常に次の形式で表現できます：

$$\frac{1}{2} I \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} I \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{2} I \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (18.3)$$

これは、強度 I の自然光が、強度がそれぞれ $\frac{1}{2} I$ の 2 つの独立した直線偏光波に等価であることを意味します。これらの電場ベクトルは、伝搬方向に対して直角な 2 つの相互に直交する方向で振動します。

自然光のもう 1 つの有用な表現は次の通りです：

$$\frac{1}{2} I \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} I \begin{bmatrix} 1 & +i \\ -i & 1 \end{bmatrix} + \frac{1}{4} I \begin{bmatrix} 1 & -i \\ +i & 1 \end{bmatrix} \quad (18.4)$$

これは、強度 I の自然光が、右回りと左回りの2つの独立した円偏光波に等価であることを意味します。これらの各波の強度は $\frac{1}{2}I$ です。

したがって、光学系の偏光挙動を決定するためには、式 18.3 に従って、2つの直線偏光波（光線として表現される）を独立して光学系を通して追跡します。これらの入射波（光線として表現される）の振動面は、各波の成分 a_1, a_2 の振幅と位相差 δ を適切に設定することで定義できます。

18.3 偏光度 (The Degree of Polarization)

偏光部分の強度と全光強度の比は、波の偏光度 \mathbf{P} と呼ばれます。 \mathbf{P} の計算には、図 18.1 に示されるように、2つの相互に直交する電場ベクトルが必要です。 \mathbf{P} を表現（計算）する2つの形式を以下に示します。

18.3.1 コヒーレンス行列による偏光度の表現 (Polarization Expressed by Coherence Matrix)

コヒーレンス行列に基づいて、偏光度は次のように与えられます：

$$\mathbf{P} = \frac{I_{pol}}{I_{tot}} = \sqrt{1 - \frac{4|\mathbf{J}|}{(J_{xx} + J_{yy})^2}} \quad (18.5)$$

ここで、 $|\mathbf{J}|$ はコヒーレンス行列の行列式であり、式 18.1 によって次のように定義されます：

$$|\mathbf{J}| = J_{xx}J_{yy} - J_{xy}J_{yx} \geq 0 \quad (18.6)$$

18.3.2 ストークスベクトルによる偏光度の表現 (Polarization Expressed by Stokes Vectors)

ストークスベクトルを使用して、偏光度を次のように表現することもできます：

$$P = \frac{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}}{s_0} \quad (18.7)$$

ここで、ストークスベクトルは次のように定義されます：

$$\begin{aligned} s_0 &= \langle a_1^2 \rangle + \langle a_2^2 \rangle \\ s_1 &= \langle a_1^2 \rangle - \langle a_2^2 \rangle \\ s_2 &= 2 \langle a_1 a_2 \cos \delta \rangle \\ s_3 &= 2 \langle a_1 a_2 \sin \delta \rangle \end{aligned} \quad (18.8)$$

18.4 全反射 (Total Internal Reflection)

フレネルの式は全反射には適用されません。これは、光が光学的に密な媒質から、光学的に密度の低い媒質へ伝搬する場合に発生します。また、屈折の法則

$$\sin \theta_t = \frac{\sin \theta_i}{n_{12}} n_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

が、屈折角 θ_t に対して実数値を与えない場合です。各成分 (TE 波または TM 波) について、完全に反射された光の強度は入射光の強度と等しくなります。しかし、2つの成分は異なる量の位相変化を受けることがわかります。

反射波および入射波の成分の位相 δ_s および δ_t の変化は、以下のように表現されます [4] :

$$\tan \frac{\delta_s}{2} = -\frac{\sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{n^2 \cos \theta_i} \quad (18.9)$$

$$\tan \frac{\delta_t}{2} = -\frac{\sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\cos \theta_i} \quad (18.10)$$

ここで、 $n = n_2/n_1$ です。結果として、直線偏光は全反射により楕円偏光に変化します。相対位相差は $\delta = \delta_s - \delta_t$ です。

第19章

最適化 – Optimization –

光学系の最適化は、高度に非線形な問題を解くことを必要とします。これは、レンズの収差を最小化するために、選択されたレンズデータ（変数）を変更するプロセスです。メリット関数は、収差の異なるクラス（例: スポット径、歪みなど）に関連するコマンドと、正確に満たすべき制約（例: 焦点距離、全長など）によって定義されます。システムを最適化するには、メリット関数と変数の両方を定義する必要があります。メリット関数のすべての項目は、変数の計算可能な関数でなければなりません。

3種類の最適化アルゴリズムが利用可能です：

KT 局所最適化。減衰最小二乗法（DLS）を用いて誤差関数を最小化します。ラグランジュ乗数を使用して制約を解き、クーン・タッカー最適性条件を適用します。

LM 局所最適化。修正されたレーベンバーグ・マーカート法を使用して誤差関数を最小化します。

GO M. Isshiki によって提案されたアルゴリズムに基づくグローバル最適化。[67]

アルゴリズムの概要はセクション 19.1 から 19.3 に記載されています。詳細な理解については、対応するセクションで引用されている参考文献を参照してください。

局所最適化（LM、KT）を設定するには、変数、ターゲット、および制約を定義する必要があります。これはいくつかのステップで実行されます：

VAR : 非ズームおよびズームシステムの変数を定義します。詳細はセクション 19.4 を参照してください。

TAR : ターゲット関数と制約を定義します。セクション 19.6 に記載されています。

OPT : 最適化を実行します（セクション 19.10）。

19.1 KT 最適化 (KT-Optimization)

KT 最適化は、ラグランジュ乗数を使用して制約を正確に解きながら、減衰最小二乗法（DLS）を用いて誤差関数を最小化します。クーン・タッカー条件¹の最適性基準が各反復で適用され、与えられた制約の範囲内で真の局所最小値が見つかることを保証します。クーン・タッカー条

¹Karush-Kuhn-Tucker 条件とも呼ばれる

件は、古典的な DLS 法の拡張です。詳細については、Spencer [51] および Feder [11] を参照してください。

Spencer の手法に従い、この問題は次のように定義されます：

$$\sum_{m=1}^M w_m^2 \left(\sum_{j=1}^J a_{mj} q_j - d_m \right)^2 \quad (19.1)$$

同時に次の線形方程式のセットを解きます：

$$\sum_{j=1}^J b_{nj} q_j = e_n, \quad \text{for } i = 1, \dots, N \quad (19.2)$$

ここで：

$a_{mj} = \partial g_m / \partial p_j$	最小化すべき関数の微分,
$b_{mj} = \partial h_n / \partial p_j$	正確に解くべき関数の微分,
q_j	= パラメータの増分,
d_m	= 関数の収差 (最小化対象),
e_m	= 制約の収差 (正確に解く対象),
w_m	= 重み係数,

この問題の解は、行列形式で次のように表されます：

$$(\mathcal{M}^T \mathcal{M} + \mathcal{C}\mathcal{I}) q - \mathcal{B}^T \lambda = \mathcal{M}^T r \quad (19.3)$$

ここで：

$\mathcal{M} = \mathcal{W}\mathcal{A}$	= 重み付けされた微分行列 (最小化対象)
\mathcal{B}	= 微分行列 (正確に解く対象)
\mathcal{I}	= 単位行列
\mathcal{C}	= 減衰係数
$r = \mathcal{W}d$	= 重み付けされた収差
λ	= ラグランジュ乗数

各反復ごとに、すなわち式 19.3 に示される DLS 方程式のセットを解いた後、制約付き非線形問題の最適解を満たすための 1 次 (必要) クーン・タッカー条件が確認されます：

$$\begin{aligned} I \quad & \frac{\partial L}{\partial p_j} = \frac{\partial g}{\partial p_j} - \lambda \frac{\partial h}{\partial p_j} = 0 \quad \text{停留点} \\ II \quad & h(p) \leq 0 \quad \text{実現可能性} \\ III \quad & \lambda h(p) = 0 \quad \text{相補的スラックネス} \\ IV \quad & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (19.4)$$

19.2 LM 最適化 (LM-Optimization)

この問題は、修正されたレーベンバーグ・マーカート法と有限差分ヤコビアンを使用して、変数に制約を課した状態で解かれます [10, 30, 35]。問題は次のように定義されます：

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} \frac{1}{2} F(x)^T F(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m f_i(x)^2 \quad (19.5)$$

ここで、 $m \geq n$ であり、 $f_i(x)$ は $F(x)$ の i 番目の成分関数です。現在の点から、アルゴリズムは信頼領域アプローチを使用し、新しい点 x_n を次のように計算します：

$$x_n = x_c - [J(x_c)^T J(x_c) + \mu_c I]^{-1} J(x_c)^T F(x_c) \quad (19.6)$$

ここで、 $F(x_c)$ と $J(x_c)$ は、それぞれ現在の点 x_c で評価された関数値とヤコビアンです。この手順は停止基準が満たされるまで繰り返されます。

19.3 グローバル最適化 (Global Optimization (GO))

LM および KT 最適化は、減衰最小二乗法 (DLS) に基づいており、初期点の近くで局所的な最小値のみを見つけることができます。DLS アルゴリズムは、減衰係数が設計をその局所最小値内に留めるため、局所最小値から抜け出して他の解を見つけることはできません。

Masaki Isshiki [67] は、局所最小値から抜け出して他の解を見つける方法を提案しました。この関数は次のように定義されます：

$$f_E = \sqrt{H} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2W^2} \sum_j \mu_j^2 \cdot (x_j - x_{jL})^2 \right] \quad (19.7)$$

ここで：

- f_E = エスケープ関数 (追加の誤差関数)
- H = エスケープ関数の高さ
- W = エスケープ関数の幅
- x_j = j 番目の設計パラメータ
- x_{jL} = 局所最小値での j 番目のパラメータの値
- μ_j = j 番目の設計パラメータのスケール係数

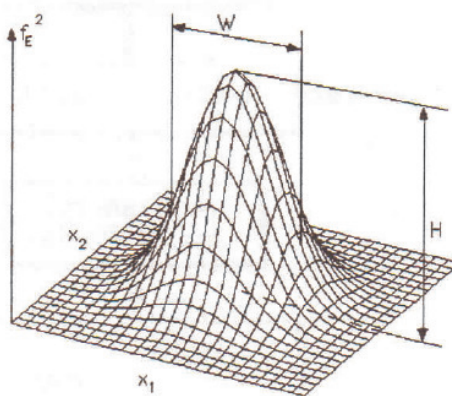


図 19.1. メリット関数を増加させるためのエスケープ関数。

エスケープ関数 f_E は、局所最適化のメリット関数に対する追加の誤差関数として扱われます。この関数は、局所最小値の近傍で局所メリット関数の値を増加させ、設計が局所最小値から「脱出」できる可能性を高めます。

パラメータ H と W は、メリット関数を効果的に変更する上で重要です。 H は局所最小値でのメリット関数を増加させ、 W はエスケープ関数が有効な範囲を示します。また、解間の距離しきい値 T は、グローバル最適化の挙動に影響を与えます。

新しい解は、パラメータ空間における解間の距離 D_E が適切なしきい値 T を超えた場合に見つかります。この距離は次のように定義されます：

$$D_E = \sqrt{\sum_{j=1}^n \mu_j^2 \cdot (x'_j - x_j)^2} \quad (19.8)$$

ここで、 x'_j と x_j は2つの解における j 番目のパラメータの値を表します。設計者は適切なしきい値 T を設定する必要があります。新しい解は、距離 D_E が T を超えた場合にのみ受け入れられ、記録されます。これにより、前の設計と本質的に同じ設計を回避できます。

T の値が小さい場合、形状が類似した解が多く生成され、 T の値が大きい場合、より独立した解が少数生成されます。

グローバル最適化を開始する際、 H, W, T の適切な初期値は未知であることが問題となります。以下の経験則が合理的な初期値を設定するのに役立ちます：

- H の初期値は、局所最適化で得られた誤差関数の値にほぼ等しい値に設定します。プログラムは局所最適化のメリット関数を計算し、 $H = meritfkn.$ と設定します。
- W の初期値は安全に 1 に設定できます。
- 距離しきい値 T は $0.1 < T < 10$ の範囲が推奨されます。 T の値が小さいと類似した形状の解が多く生成され、 T の値が大きいとより独立した解が少数生成されます。
- メリット関数とその制約は適切に定義されている必要があります、局所最適化が安全に収束する必要があります。つまり、局所最適化が発散したり、非実現可能な解を導いたり、光学法則に違反したりしないようにする必要があります。

グローバル最適化パラメータ H, W, T の入力と定義については、セクション 19.15.2 に記載されています。

グローバル最適化の実例はセクション 19.16 に示されています。

19.4 変数の編集 (Editing Variables)

最適化で変数として使用される構造パラメータは、以下の方法で定義および編集できます：

- コマンドライン
- 面エディタ
- 特殊なスプレッドシート形式のダイアログボックス。

19.4.1 コマンドラインでの変数編集 (Editing Variables in the Command Line)

コマンドラインでは、最適化変数を以下のコマンドで追加または削除できます：

EDI VAR	EDI VAR コマンド (パラメータなし) は、最適化変数 (ズームおよび非ズーム) やターゲット/制約を編集するためのダイアログボックスを呼び出します。このダイアログボックスの詳細な説明についてはセクション 19.4.3 を参照してください。このダイアログには最も一般的な最適化変数が含まれていますが、ダイアログにない変数は以下のコマンドを使用してコマンドラインから設定または削除する必要があります。
VAR si..j sk vstr1 vstr2 ... VARZ si..j sk vstr1 vstr2 ...	面 si..j sk 上に記述された vstr1, vstr2 などの1つまたは複数の変数を追加します。VAR コマンドは単一位置 (非ズーム) 変数用であり、VARZ 形式はズーム変数用です。1つの面上の複数の変数を1行で組み合わせることができます。 例： var s4 cuy ! 面4の曲率 (CUY) を変数に設定 var s3..4 cuy thi ! 面3-4の曲率と厚さを変数に設定
DEL VAR si..j sk vstr1 vstr2 ...	面 si..j 上の vstr1, vstr2 などで記述された固定 (非ズーム) 変数を削除します。例： del var s3 thi ! 面3の厚さ変数を削除
DEL VARZ si..j sk vstr1 vstr2 ...	面 si..j 上の vstr1, vstr2 などで記述されたズーム変数を削除します。例： del varz s3 thi ! 面3の (ズーム) 厚さ変数を削除
DEL VAR ALL	レンズ系内のすべての面上の固定 (非ズーム) 変数を削除します。
DEL VARZ ALL	レンズ系内のすべての面上のズーム変数を削除します。

メインメニューの *Optimization / Variables, Constraints* から、スプレッドシート形式のダイアログボックスで変数や制約を編集できます。または、コマンド EDI VAR を使用するか、メインウィンドウの VAR ツールボタンをクリックして、変数/ターゲットダイアログを開くこともできます。

19.4.2 面エディタでの変数編集 (Editing Variables in the Surface Editor)

最適化変数を定義および編集する使いやすい方法として、面エディタを使用します。各パラメータ値の右側に空のフィールドがあり、最適化でそのパラメータを変数にすることができます。図 19.2 に例を示します。パラメータを変数にするには、そのフィールドに "v" 文字 (引用符なし) を入力します。ズームされたパラメータの場合は "z" 文字を使用する必要があります。

	TYPE	Radius	.	Distance	.	GLASS	.	APE-Y	*	Shape	Glb	T ^
4	S	66.7030000	v	4.254000	.	LAFN21	.	26.284	0	circular	0	
5	S	160.779000	v	1.330000	z		.	26.024	0	circular	0	
6	S	173.988000	v	1.400000	.	LAK9	.	11.843	0	circular	0	
7	S	16.6530000	v	4.664000	.		.	9.908	0	circular	0	

図 19.2. 面エディタでの最適化変数の編集。面 4-7 の曲率は "v" で示される固定変数、面 5 の距離は "z" で示されるズーム変数です。

19.4.3 ダイアログボックスでの変数編集 (Editing Variables in a Dialog Box)

最適化変数や制約を定義および編集する 3 つ目の方法として、スプレッドシート形式のダイアログを使用できます。このダイアログは、EDI VAR コマンド（追加のパラメータなし）で呼び出されます。変数/制約スプレッドシートの典型的なレイアウトを図 19.3 に示します。

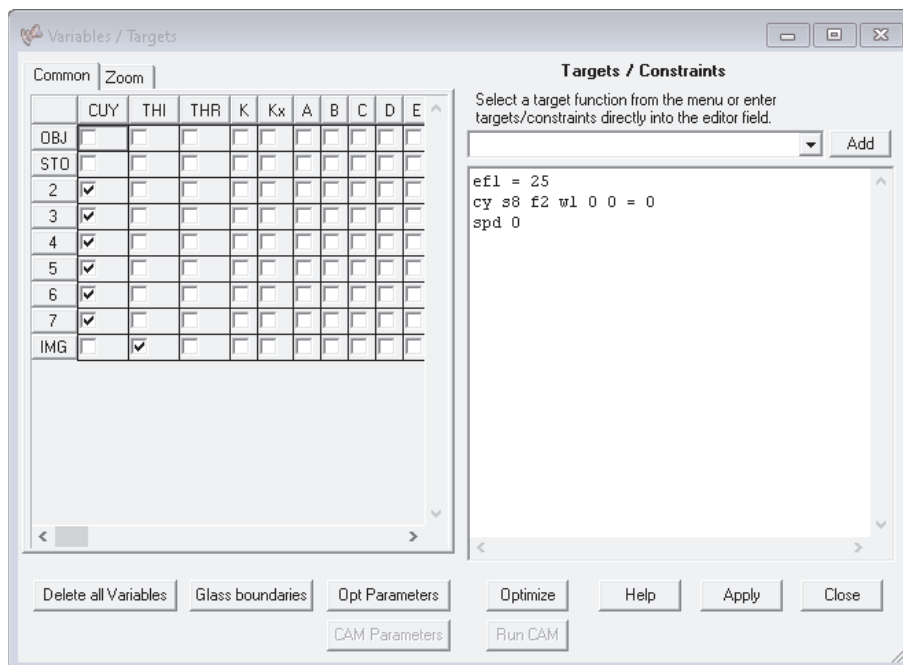


図 19.3. EDI VAR コマンドで呼び出されるスプレッドシート形式のダイアログボックスで最適化変数を編集する例。

変数列のタイトルは、図 19.3 に示される表の変数説明と一致しています。たとえば、CUY 列で面をチェックすると、その面の曲率が変数になります。THI は変数の厚さ（軸方向の間隔）を表し、K は変数の円錐定数を示します。

19.5 変数の定義 (Definition of Variables (VAR))

変数はコマンド "EDI VAR" によって定義および編集されます。このコマンドはズーム変数と非ズーム変数の両方に適用されます。ダイアログボックスが開きます。

マルチコンフィギュレーション（ズーム）システムの場合、ズームされた変数ごとに **n** 個の変数が内部的に作成されます。ここで、**n** はポジションの数を表します。

基本的に、コマンドラインで変更可能な任意のレンズパラメータは、最適化で変数として使用できます。以下の表に、簡潔な（ただし完全ではない）変数のリストを示します。

CUY	曲率
CUX	X 方向の曲率（トーリック変形）
THI	厚さ
THR	基準厚さ
DEF	デフォーカス
K	円錐定数
A	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^4 、奇数次非球面では h^2
B	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^6 、奇数次非球面では h^3
C	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^8 、奇数次非球面では h^4
D	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^{10} 、奇数次非球面では h^5
E	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^{12} 、奇数次非球面では h^6
F	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^{14} 、奇数次非球面では h^7
G	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^{16} 、奇数次非球面では h^8
H	非球面パラメータ、偶数次非球面では h^{18} 、奇数次非球面では h^9
ADE	X 軸周りの傾き
BDE	Y 軸周りの傾き
CDE	Z 軸周りの傾き
XDE	X 方向の偏心
YDE	Y 方向の偏心
ZDE	Z 方向の偏心
GZO	勾配 Z オフセット
DVO	分散オフセット
DNO	屈折率オフセット
GLA	結合変数。DNO と DVO を同時に変数化します。
H2	ホログラム係数 2 (対称 HOE の場合は h 項、非対称 HOE の場合は線形 x 項)
H3	ホログラム係数 3 (対称 HOE の場合は h^2 項、非対称 HOE の場合は線形 y 項)
H4	ホログラム係数 4 (対称 HOE の場合は h^3 項、非対称 HOE の場合は x^2 項)
H5	ホログラム係数 5 (対称 HOE の場合は h^4 項、非対称 HOE の場合は $x \cdot y$ 項)
H6	ホログラム係数 6 (対称 HOE の場合は h^5 項、非対称 HOE の場合は y^2 項)
H7	ホログラム係数 7 (対称 HOE の場合は h^6 項、非対称 HOE の場合は x^3 項)
H8	ホログラム係数 8 (対称 HOE の場合は h^7 項、非対称 HOE の場合は $x^2 \cdot y$ 項)
H9	ホログラム係数 9 (対称 HOE の場合は h^8 項、非対称 HOE の場合は $x \cdot y^2$ 項)
H10 to H28	ホログラム係数 10 から 28 まで
HX1	2 点 HOE の物体点光源の x 座標
HY1	2 点 HOE の物体点光源の y 座標
HZ1	2 点 HOE の物体点光源の z 座標

次のページに続きます

前のページから続きます	
HX2	2点 HOE の参照点光源の x 座標
HY2	2点 HOE の参照点光源の y 座標
HZ2	2点 HOE の参照点光源の z 座標
Uxx	ユーザー定義面、SPS-ODD 面、SPS-XYP 面の係数。"xx" は対応する係数番号を示します。例：VAR s4 U7
Zxx	ゼルニケ面の係数。"xx" は対応する係数番号を示します。例：VAR s4 Z7

19.6 目標（ターゲット）と制約 (Targets and Constraints (TAR))

最適化には、最小化または解決される目標と制約のセットが必要です。目標には、たとえば最小スポット径 (SPD) や最小横色収差 (LAC) などがあります。制約とは、指定された値に正確に保たれるか、または指定された値より大きい小さい必要があるパラメータを指します。たとえば、焦点距離 (EFL) を正確な値に保つことは制約の一例です。

目標と制約の集合は「メリット関数」を構成します。組み込みのデフォルトのメリット関数はありません。メリット関数を定義するには、ほぼすべての *OpTaliX* コマンドを使用できます。メリット関数へのエントリは、算術式 (例： $2 \cdot \sqrt{2}/3$) や変数 (例： $\$x$)、レンズデータベース項目 (厚さ、曲率半径など) を使用して定義できます。コマンドはオペラントと目標値でリンクできます。使用可能なオペラントは以下の通りです：

- = 目標値に正確に制約します。
- > 制約の目標値を最小値または下限値として定義します。
- < 制約の目標値を最大値または上限値として定義します。

最小化される目標値にはオペラントは必要ありません。以下の短い例は、典型的なメリット関数の定義を示します：

EFL = 100.	焦点距離 (EFL) を正確に 100 mm に制約します。
SPD 0	スポット径を目標値 0 で最小化します。フィールド、波長、またはズームパラメータが指定されていないため、すべての波長、フィールド、ズーム位置でスポットが最小化されます。
SPD f2..3 w4 0	上記と同様ですが、フィールド 2 から 3 および波長番号 4 のスポットのみを最小化します。
! This is a comment line	コメントは感嘆符「!」で示されます。感嘆符以降の行は無視されます。空行では、感嘆符が行の最初の文字である必要があります。この方法で、選択した目標関数を有効または無効にすることも可能です。
WAV f1 0 ! wavefront	フィールド 1 での rms 波面を最小化します。感嘆符の右側のコメントは無視されます。
SPD F3 Z2 0 ; wt = 0.7	フィールド番号 3 およびズーム位置 2 でスポット径を最小化します。目標値は 0 で、相対重みは 0.7 です。
SPD F4 0	フィールド番号 4 およびすべての波長でスポット径を最小化します。重みが指定されていないため、デフォルトの重み 1.0 が適用されます。

目標定義のリストから、メリット関数は「収差」の加重和、すなわち補正状態の実際の値と指定された目標値との差によって構成されます。メリット関数の実際の値は、ERRF コマンドを使用して印刷できます（詳細はページ 401 を参照）。一般的に、特定のニーズを満たすためには、より詳細なメリット関数が必要です。

目標や制約は、コマンドラインで直接定義するか、スプレッドシート形式のダイアログで定義できます。

19.6.1 コマンドラインでの目標と制約の定義 (Defining Targets/Constraints in the Command Line)

TAR constraint_condition	メリット関数定義に制約/目標を追加します。”constraint_condition” は任意の目標/制約定義です（以下のコマンド例を参照）。
TAR efl = 100 TAR 'efl = 100' TAR spd f1 0	メリット関数リストに制約/目標を追加する例です。たとえば”efl = 100” のような最適化目標は TAR コマンドの右側に指定され、アポストロフィで囲むこともできます。
DEL TAR	メリット関数リスト内のすべての目標/制約定義を削除します。

19.6.2 ダイアログベースでの目標と制約の編集 (Dialog based editing of Targets/Constraints)

目標と制約は、スプレッドシート形式のダイアログボックスで定義できます。このダイアログボックスは、コマンドラインから TAR コマンドを使用するか、メインウィンドウの VAR ツールボタンをクリックして呼び出します。このダイアログボックスは、変数設定用のダイアログ (VAR コマンド) と同一であり、変数と目標/制約の両方の設定を提供します。

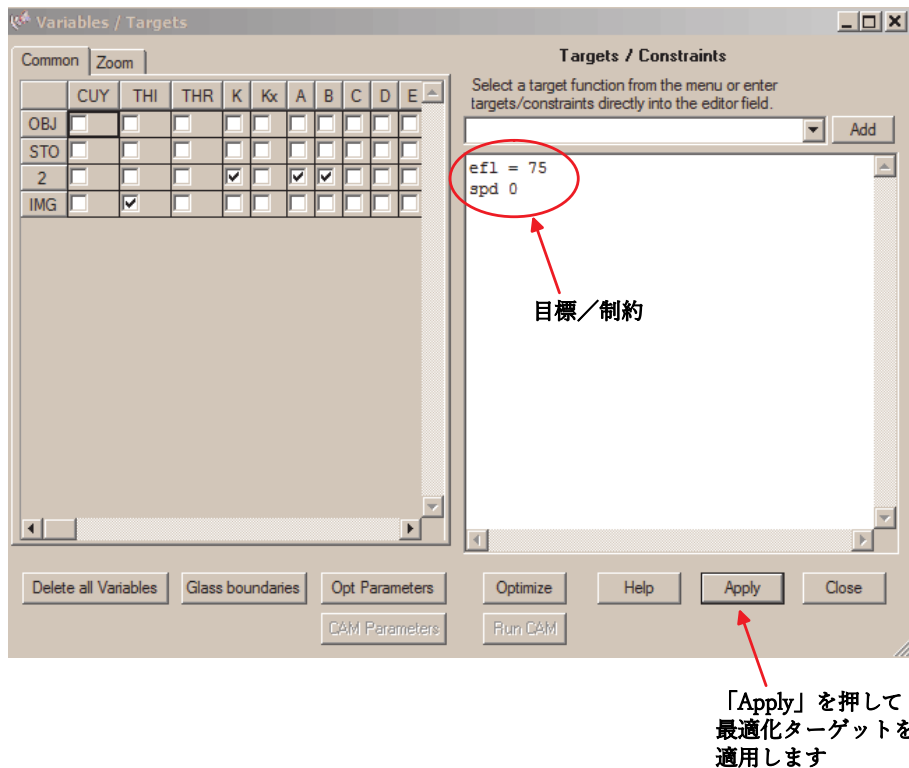


図 19.4. 最適化目標/制約を編集するためのダイアログボックス。コマンド TAR で呼び出されます。

19.6.3 ファイルから目標をインクルード (Include Targets from File)

目標は、`#include` オプションを使用して外部ファイルからインクルードすることもできます。例えば、

```
#include mytargets.txt
```

このコマンドは、`mytargets.txt` に含まれる目標定義を直接目標/制約エディタに記述したかのようにインクルードします。パスを指定しないファイル名は、現在のシステムが存在するディレクトリで検索されます。別のディレクトリでファイルを検索する場合は、明示的にパスを指定してください。ファイル名には任意の拡張子を使用できます。`#include` 文は目標リストの任意の場所に記述可能で、目標/制約式とインクルードファイル宣言の混在形式が許可されます。例えば、

```
eFl = 100
#include mytargets.txt
spd f1..3 0
```

`#include` 文の数に制限はありませんが、`#include` のネストは許可されていません。つまり、目標/制約定義を含むファイル内に `#include` 文を記述することはできません。

19.6.4 レンズデータベース項目を使用した目標設定 (Targets using Lens Database Items)

目標は、**レンズデータベース項目**（セクション 27 を参照）を使用して構成することもできます。これにより、さらに柔軟な設定が可能になります。以下に、目標や制約を定義する際にレンズデータベース項目を使用する例を示します：

<code>thi si-1 = [thi s5]</code>	厚さ <code>si-1</code> （像面の前の距離）と厚さ <code>5</code> を等しくする必要があります。 <code>thi s5</code> が変数の場合、最適化プロセスが進むにつれて <code>thi si-1</code> は動的に調整されます。
<code>thi s7 = [thi s5..6]</code>	面 7 の厚さは、面 5 から 6 の厚さの合計と等しくなければなりません。
<code>cy s5 f1 w1 @ 1 > - 1/(2*[fno])</code>	算術命令とレンズデータベース項目を組み合わせることで複雑な目標を構築します。

目標構造の正確性をコマンドラインで確認することをお勧めします。例えば、上記の表の最後の例の目標は、コマンドラインで **EVA** コマンド（セクション 26.9、ページ 496 を参照）を使用して次のように照会されます：

```
eva -1/(2*[fno])
```

テキストウィンドウにエラーが表示されない場合、その目標を最適化制約に追加できます。この例は、コマンド構文と制約定義に機能的な違いがないことも示しています。

この文脈では、角括弧 [] が **レンズデータベース項目** を示すことに注意してください。これらは制約の右側（評価される目標）でのみ許可されます。基本的に、レンズデータベース項目は値を返す関数です。したがって、`[thi s5] > 3*[thi s2]` のような制約割り当ては矛盾を引き起こすため無効です。この例の正しい制約構文は次のようになります：`thi s5 > 3*[thi s2]`

注意:

パラキシャルパラメータ（例：EFL、BFL、SAP など）やすべての三次収差を呼び出す目標は注意して使用する必要があります。特にズームシステムでは、目標値がすべてのズーム位置で計算されるため、適切な修飾子がない場合に問題が発生する可能性があります。例えば、ズームシステムで 2 つの位置が使用され、それぞれの焦点距離が 50mm と 100mm の場合、修飾子なしで目標「EFL = 50」を指定すると、すべての位置で焦点距離を解決しようとします。²

このような場合、各ズーム位置ごとに焦点距離を個別に指定する必要があります。したがって、2 つの異なる制約を指定する必要があります：「EFL z1 = 50」および「EFL z2 = 100」。同じロジックはグループ（面の範囲）にも適用されます。例えば、「EFL s1..4 z3 = 50」のように指定します。

19.6.5 ユーザー定義の制約 (User-defined Constraints)

ユーザー定義変数や**ユーザー定義関数**も制約リストの一部として指定できます。対応する構文については、セクション 26.11 および 26.16 を参照してください。ユーザー定義変数は、曲率や間隔などの最適化変数と混同しないよう注意してください。ユーザー定義変数は計算結果を保存し、それを他の算術式や制約で使用するためのものです。

²ズーム修飾子「z」がない場合、すべてのズーム位置が暗黙的に対象となります。

ユーザー定義変数と関数を使用すると、組み込み制約リストにない複雑な制約を定義できます。変数と関数は最適化が進むにつれて動的に更新されます。例えば、以下のように使用します：

```
$x = 5           ! 変数の割り当て
@xxx == [efl]+[bfl]-$x ! 複雑な関数を定義します。
@xxx = 100      ! 関数に制約を定義します。シングル「=」記号に注意してください。
```

上記の例では、最適化制約で「==」と「=」演算子を使用する際の違いを強調する価値があります。関数定義には「==」演算子を使用する必要がありますが、これは最適化制約を作成しません。「=」演算子を使用した関数文は制約を構成します。つまり、以前に定義された関数の数値結果が制約定義のパラメータとして使用されます。

関数に対する制約は、(<, =, >)演算子を受け入れます。

19.6.6 デフォルト制約 (Default Constraints)

デフォルト制約が有効化されている場合、デフォルト制約は自動的に目標（エラー）関数リストに追加されます。デフォルト制約は、最適化中にレンズや空気間隔の適切な寸法を維持するのに役立ちます。例えば、デフォルト制約はエッジ厚が常に製造可能な値（レンズ直径の一定の割合以上）であることを保証し、レンズが交差しないようにします（空気エッジの間隔が常に正の値であることを保証）。

デフォルト制約を使用することで、目標（メリット）関数内で軸方向厚さ制約やエッジ厚さ制約を明示的に指定する必要がなくなります。デフォルト制約は、**DEFC** コマンドまたはメインメニューの *Optimization* → *Parameters* からアクセス可能なダイアログボックスで有効化または無効化できます。その後、「Default Constraints」タブを選択します（図 19.5、ページ 388 を参照）。

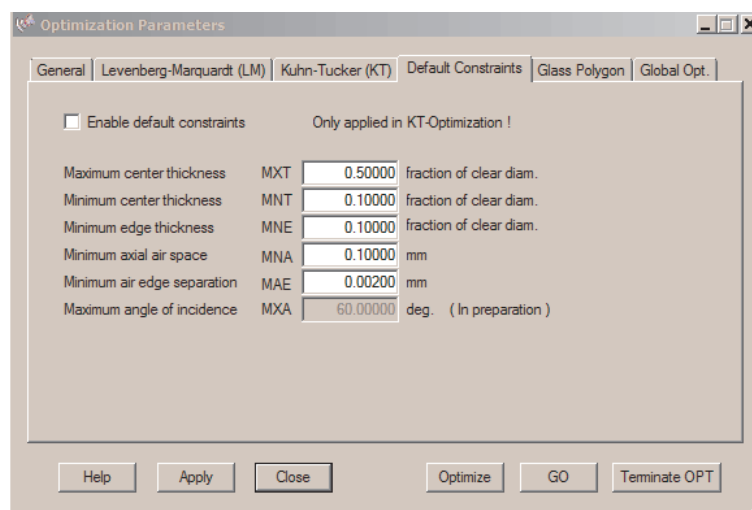


図 19.5. デフォルト制約を編集するためのダイアログボックス。

デフォルト制約は初期状態では無効化されています。必要に応じて、デフォルト制約を有効化するには、「Enable default constraints」チェックボックスをオンにするか、コマンドラインで **DEFC Yes** を入力してください。なお、デフォルト制約は現在 **KT 最適化** にのみ適用され、**LM 最適化** では無視されます。

デフォルト制約は特定のユーザー制約とは異なります。特定の制約は明示的に定義され、特定の面やズーム位置にのみ適用されますが、デフォルト制約はすべての面およびすべてのズーム位置に適用されます。デフォルト制約は異なる面やズーム位置に異なる値を設定することはできません。すべてのデフォルト制約は常に境界として課され、等式制約としては課されません。デフォルト制約は常にラグランジュ乗数法で制御されます。

デフォルト制約は **変数** の厚さや間隔にのみ適用されます。変数でない厚さにはデフォルト制約は適用されません。また、目標（エラー）関数リスト内で明示的に定義された厚さ/間隔制約は、その面における対応するデフォルト制約を上書きします。

デフォルト制約の設定は、現在使用中の光学系の設計データおよび最適化データとともに保存されます。これにより、各設計ごとに個別のデフォルト制約設定が可能になります。

DEFC Yes No	デフォルト制約の処理を有効化（Yes）または無効化（No）します。
MXT max_ele_center_thi	すべての可変厚さ要素の最大中心厚さを制約します。特定の面に対して THI または ET 制約で上書きされない限り適用されます。MXT は最大有効開口の割合として指定されます。デフォルト値は最大有効開口の 0.5 倍です。
MNT min_ele_center_thi	すべての可変厚さ要素の最小中心厚さを制約します。特定の面に対して THI または ET 制約で上書きされない限り適用されます。デフォルト値は最小有効直径の 1/10 です。
MNE min_ele_edge_thi	すべての可変厚さ要素の最小エッジ厚さを制約します。特定の面に対して THI または ET 制約で上書きされない限り適用されます。デフォルト値は最小有効直径の 1/10 です。
MNA min_air_center_thi	すべての可変空気間隔の最小中心厚さを制約します。「負の」形状（エッジが中心より厚い）を持つ空気間隔に適用されます。特定の面に対して THI または ET 制約で上書きされない限り適用されます。デフォルト値は 0.1mm です。
MAE min_air_edge_thi	すべての可変空気間隔の最小エッジ厚さを制約します。「正の」形状（エッジが中心より薄い）を持つ空気間隔に適用されます。特定の面に対して THI または ET 制約で上書きされない限り適用されます。デフォルト値は 0.002mm です。
MXA max_angle_inc	すべてのアクティブフィールドに対して入射角の最大値（度単位）を制約します。デフォルト値は 60 度です。 準備中！

要素の厚さと間隔に関連するデフォルト制約は図 19.6 に示されています。デフォルト制約は、該当する厚さが可変の場合にのみ有効です。厚さや間隔が固定されている場合（可変でない場合）、その面に対するデフォルト制約は完全に無効化されますが、一般的な厚さ制約違反が発生する可能性があります。

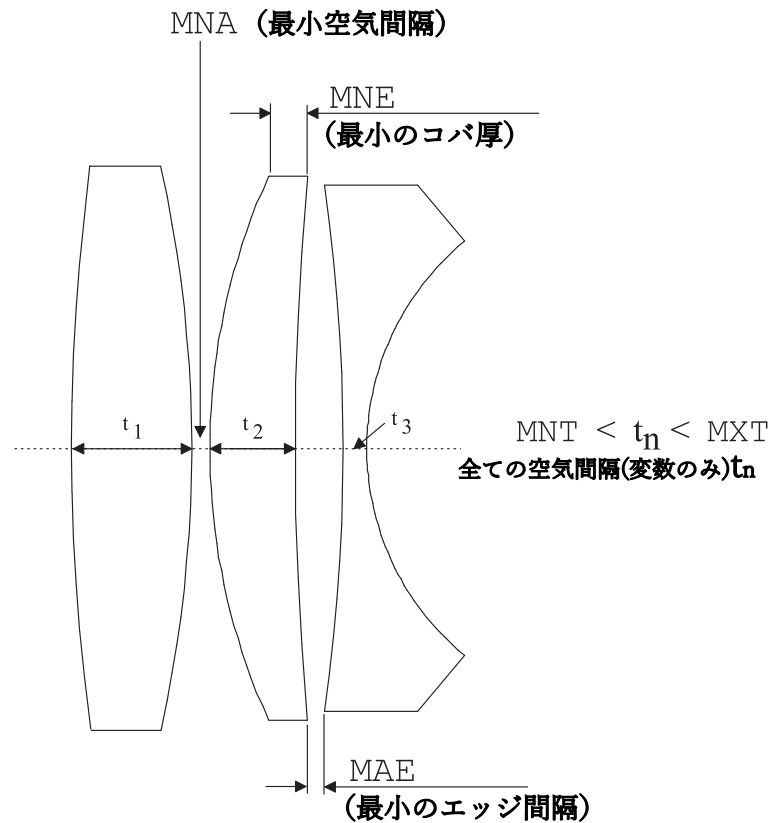


図 19.6. 要素の厚さと間隔に関するデフォルト制約。

19.6.7 誤差関数の重み付け (Weights on Error Functions)

すべての誤差関数の構成要素（目標）は、“>”または“<”制約を除き、相対的な重要性を表現するために **重み** を割り当てることができます。重みは正の値を持つ任意の実数です。重みを定義する際に算術式を使用することはできません。指定されていない場合、デフォルトの重みは 1 です。重みは、特定の誤差関数構成要素に “WT” 修飾子

を追加することで明示的に上書きできます。例えば、

```
spd 0 ; wt = 2
```

このコマンドは、スポット径（SPD）関数に相対的な重み 2.0 を割り当てます。これは、スポット径の相対的重要性が他の関数（収差）の 2 倍高いことを意味します。重みの指定は、誤差/目標関数の指定からセミコロン “;” で区切られている必要があります。

以下の例は、「重み」の概念を説明し、他の高度な機能も示しています：

EFL = 100	焦点距離を正確に 100mm に制約します。
MFL s4 = 25	面 4 で定義されたモジュール焦点距離を 25mm に保ちます。
bfl > 160.	(パラキシアル) バックフォーカスを 160mm 以上に制約します。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
et s3..4 12.0 > 5.	面3と4の間の高さ12mmでのエッジ厚さを5mm以上に制約します。エッジ厚さ(ET)は解法パラメータとしても利用可能です。この制約は最適化で機能しますが(対応する面でET-解法が設定されていない場合)、計算負荷を軽減するためにETの解法を使用することを推奨します。
spd f1 0 ; wt = 2	フィールド1でスポット径を最小化します。重みは2です。
spd f2 0 ; wt = 1	フィールド2でスポット径を最小化します。重みは1です。
spd f3 w1..3 0 ; wt = 0.5	フィールド3で波長1から3に対してスポット径を最小化します。
disy f3 0.1	Y方向の歪みを0.1%に最小化します。重みが指定されていないため、デフォルトの重みは1です。
y f1 w1 s5 0 1 = 0	フィールド番号1、波長番号1、面5での周辺光線のY座標(相対瞳座標 $x_p = 0, y_p = 1$)を0に制約します。単一の光線を指定するには、すべてのパラメータが必須です。例えば、フィールド修飾子(f1)を省略すると、すべてのフィールドのY座標が返され、解決が困難になります。

19.6.8 重み付き制約 (Weighted Constraints)

重みは、正確に解かれる制約(=)にも割り当てることができます。この場合、関数は正確に解かれるのではなく、誤差関数に含まれ(最小化され)ます。このオプションは慎重に使用する必要があります。

WTC weight_on_constraint	制約を誤差関数に含め(つまり最小化し)、正確に解く代わりに使用します。等式制約(=)でのみ使用してください。
--------------------------	--

制御を達成するために最小の値を選択する必要があります。低い値は目標からの広い偏差を許容しますが、高い値は目標により近づく結果を達成しますが、解に対して強く支配的になります。WTCを使用することは最適化の最良の方法ではありません。目標が現在の構成から遠い場合や、正確な解が光学設計に大きな変更を要求する場合にのみ使用するべきです。そのような場合、一時的にLM最適化に切り替えることを推奨します。目標に十分近い点に到達した後、KT最適化を使用して制約を正確に解くことができます。最適化アルゴリズムの選択に関する注意事項については、ページ401を参照してください。

重み付き制約(WTC)の使用例:

```
eFl = 100 ; wtc = 2
eFl 100 ; wt = 2
```

どちらの形式も同じ結果をもたらします。2番目の形式(EFL 100)では、等号(=)修飾子が省略されています。省略されているため、関数は正確に解かれるのではなく、相対的な重み2で最小化されます。

19.7 目標と制約の概要 (Targets/Constraints Overview)

EFL [si..j wi..j zi..j]	等価焦点距離
BFL [wi zi]	使用される共役点でのバックフォーカス。波長番号 wi、ズーム位置 zi。
SYL [zi]	システム長（最初の面から最後の面まで、像面を除く）。
MAG [zi]	ズーム位置 zi での倍率。倍率
SAP [zi]	最後の面からの射出瞳の位置
THI si..j	面 i から j の軸方向厚さ（間隔）。例：thi s3..5 < 5.0
IMD [zk]	ズーム位置 zk での像距離（THI si-1）。zk が省略された場合、最初のズーム位置で計算されます。
IMC [zk]	像面 i と面 i-1 の間の最小距離（エッジまたは軸）。ズーム位置 zk でのみ計算されます。zk が省略された場合、最初のズーム位置が使用されます。
RDY si..j	面 i から j の曲率半径。例：rdy s5 > 100
OAL [si..j]	全長。面 i から j の軸方向厚さ/間隔の合計。範囲指定がない場合、OAL は最初の面から像面までをカウントします（SYL とは異なり、像面を除く）。例：oal s2..6 = 50
AOI sk fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si、フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi での光線の入射角。rel_apeX, rel_apeY は入射瞳内の相対座標。結果は度単位で返されます。すべてのパラメータが必須です。例：aoi s3 f5 w1 0 1。
AOR sk fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 sk、フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi での光線の屈折角（または反射角）。rel_apeX, rel_apeY は入射瞳内の相対座標。結果は度単位で返されます。例：aor s3 f5 w1 0 1 < 15。
AOE sk fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 sk、フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi での光線の射出角。このコマンドは AOR コマンドと同義です。例：aoe s3 f5 w1 0 1 < 15。
X si fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si、フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi での光線の X 座標。rel_apeX, rel_apeY は入射瞳内の相対座標。すべてのパラメータが必須です。例：x s3 f5 w1 0 1 = 10。
Y si fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si、フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi での光線の Y 座標。rel_apeX, rel_apeY は入射瞳内の相対座標。すべてのパラメータが必須です。例：y s3 f5 w1 0 1 = 10。
Z si fi zi / wi rel_apeX rel_apeY	面 si、フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi での光線の Z 座標。rel_apeX, rel_apeY は入射瞳内の相対座標。すべてのパラメータが必須です。例：z s3 f5 w1 0 1 = 10。
	次のページに続きます

前のページから続きます	
CX si fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si 、フィールド fi 、ズーム位置 zi 、波長 wi での光線の X 方向余弦。 rel_apeX , rel_apeY は入射瞳内の相対座標。すべてのパラメータが必須です。例： <code>cx s3 f5 w1 0 1 = 0.1</code> 。
CY si fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si 、フィールド fi 、ズーム位置 zi 、波長 wi での光線の Y 方向余弦。 rel_apeX , rel_apeY は入射瞳内の相対座標。すべてのパラメータが必須です。例： <code>cy s3 f5 w1 0 1 = 0.1</code> 。
CZ si fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si 、フィールド fi 、ズーム位置 zi 、波長 wi での光線の Z 方向余弦。 rel_apeX , rel_apeY は入射瞳内の相対座標。すべてのパラメータが必須です。例： <code>cz s3 f5 w1 0 1 = 0.1</code> 。
CXN si	面 si 上の頂点面法線の X 方向余弦。例： <code>cxn s3 = 0.1</code> 。
CYN si	面 si 上の頂点面法線の Y 方向余弦。例： <code>cyn s3 = 0.1</code> 。
CZN si	面 si 上の頂点面法線の Z 方向余弦。例： <code>czn s3 = 0.9</code> 。
XSC si	面 si の頂点の X 座標。この座標はグローバル座標系に基づいて返されます。GLO $sk yes$ が定義されている場合、X 座標は面 sk の頂点座標に基づきます。例： <code>xsc s3</code> 。
YSC si	面 si の頂点の Y 座標。この座標はグローバル座標系に基づいて返されます。GLO $sk yes$ が定義されている場合、Y 座標は面 sk の頂点座標に基づきます。例： <code>ysc s3</code> 。
ZSC si	面 si の頂点の Z 座標。この座標はグローバル座標系に基づいて返されます。GLO $sk yes$ が定義されている場合、Z 座標は面 sk の頂点座標に基づきます。例： <code>zsc s3</code> 。
ASC si	面 si のグローバルオイラー角 α 。この座標はグローバル座標系に基づいて返されます。GLO $sk yes$ が定義されている場合、 α オイラー角は面 si の法線ベクトルに基づきます。例： <code>asc s3</code> 。
BSC si	面 si のグローバルオイラー角 β 。この座標はグローバル座標系に基づいて返されます。GLO $sk yes$ が定義されている場合、 β オイラー角は面 si の法線ベクトルに基づきます。例： <code>bsc s3</code> 。
CSC si	面 si のグローバルオイラー角 γ 。この座標はグローバル座標系に基づいて返されます。GLO $sk yes$ が定義されている場合、 γ オイラー角は面 si の法線ベクトルに基づきます。例： <code>csc s3</code> 。
XSG si	面 si の頂点の X 座標。この座標はシステムのグローバル座標系に基づいています。別の（前の）面を基準にする必要がある場合は、コマンド XSC および GLO を使用してください。
YSG si	面 si の頂点の Y 座標。この座標はシステムのグローバル座標系に基づいています。別の（前の）面を基準にする必要がある場合は、コマンド YSC および GLO を使用してください。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
ZSG si	面 si の頂点の Z 座標。この座標はシステムのグローバル座標系に基づいています。別の（前の）面を基準にする必要がある場合は、コマンド ZSC および GLO を使用してください。
PATH si..j fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si..j 間の光線の物理的な光路長。フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi において計算されます。rel_apeX および rel_apeY は入射瞳内の相対座標です。
OPL si..j fi zi wi rel_apeX rel_apeY	面 si..j 間の光線の光学的な光路長。フィールド fi、ズーム位置 zi、波長 wi において計算されます。rel_apeX および rel_apeY は入射瞳内の相対座標です。光学的な光路長は $n \cdot \text{PATH}$ で計算され、ここで n は指定された波長での屈折率です。
ET si..j sk height_X height_Y	面 si..j 間のエッジ厚さ。座標 (height_X, height_Y) において計算されます。
SPD [wi..j fi..j zi..j]	スポット径 (rms)。
SPX [wi..j fi..j zi..j]	スポット径 (rms)、X 断面。
SPY [wi..j fi..j zi..j]	スポット径 (rms)、Y 断面。
WAV [wi..j fi..j zi..j]	波面収差 (rms)。
SPA [zi]	三次球面収差。
COMA [zi]	三次コマ収差。
ASTI [zi]	三次非点収差。
PETZ [zi]	三次ペッツバール和。
DIST [zi]	三次歪曲収差。
LCA [zi]	三次縦色収差。
TCA [zi]	三次横色収差。
LAC wi..j [fi..j zi..j]	実光線の横色収差。
DISX [zi..j fi..j]	X 方向の歪み (%)。
DISY [zi..j fi..j]	Y 方向の歪み (%)。
FDISX [zi..j fi..j]	F-Theta 歪み (%)、X 方向。
FDISY [zi..j fi..j]	F-Theta 歪み (%)、Y 方向。
MTFA [wi..j zi..j fi..j]	サジタルおよびタンジェンシャル MTF の平均値。値は 0 から 1 の範囲で、MFR コマンドで定義された空間周波数で計算されます。MTF は通常最大化され、目標値は 1 です。
MTFT [wi..j zi..j fi..j]	タンジェンシャル MTF。値は 0 から 1 の範囲で、MFR コマンドで定義された空間周波数で計算されます。MTF は通常最大化され、目標値は 1 です。
MTFS [wi..j zi..j fi..j]	サジタル MTF。値は 0 から 1 の範囲で、MFR コマンドで定義された空間周波数で計算されます。MTF は通常最大化され、目標値は 1 です。
UA [si..j zi..j] UMY [si..j zi..j]	周辺光線のパラキシャル方向角。UA と UMY は同義です。
HA [si..j zi..j] HMY [si..j zi..j]	周辺光線のパラキシャル高さ。HA と HMY は同義です。
UB [si..j zi..j] UCY [si..j zi..j]	主光線のパラキシャル方向角。UB と UCY は同義です。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
HB [si..j zi..j] HCY [si..j zi..j]	主光線のパラキシアル高さ。HB と HCY は同義です。
WEI [si..j]	重量 (単位: g/cm^2)。
MFL	モジュール焦点距離。
VIG [fk]	視野 1 に対するビグネッティング係数。値は 0 (100%ビグネッティング) から 1 (ビグネッティングなし) の範囲で返されます。fk が省略された場合、最大視野が使用されます。
TSF [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	テストプレート適合に対する許容感度。DLF 許容値に対する感度を示します。対応する面に許容値が定義されている必要があります。詳細は DLF コマンド または テストプレート適合の説明 を参照してください。許容値が定義されていない場合、プログラムは DLF 2.0 (フリッジ) を仮定して感度を計算します。
TSI [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	面の不規則性に対する許容感度。IRR 許容値に対する感度を示します。対応する面に許容値が定義されている必要があります。詳細は IRR コマンド を参照してください。許容値が定義されていない場合、プログラムは IRR 0.4 (フリッジ) を仮定して感度を計算します。
TST [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	表面の厚さ (距離) に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値エディタで DLT コマンド を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TST を計算するために DLT 0.02 を仮定します。
TSN [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	屈折率に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。屈折率の許容値を定義するには、許容値エディタで DLN コマンド を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSN を計算するために DLN 0.001 を仮定します。
TSV [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	分散に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。分散の許容値を定義するには、許容値エディタで DLN コマンド を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSV を計算するために DLV 0.008 (0.8%) を仮定します。
TSX [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	X 方向偏心に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。偏心の許容値を定義するには、許容値エディタで DLX コマンド を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSX を計算するために DLX 0.02 (mm) を仮定します。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
TSY [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Y 方向偏心に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。偏心の許容値を定義するには、許容値エディタで DLY コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSY を計算するために DLY 0.02 (mm) を仮定します。
TSZ [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Z 方向偏心に対する許容感度。Z 方向偏心は厚さの許容値と同等です。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値を定義するには、許容値エディタで DLZ コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSZ を計算するために DLZ 0.05 (mm) を仮定します。
TSA [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	X 軸周りの傾きに対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値を定義するには、許容値エディタで DLA コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSA を計算するために DLA 5 (分角) を仮定します。
TSB [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Y 軸周りの傾きに対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値を定義するには、許容値エディタで DLB コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSB を計算するために DLB 5 (分角) を仮定します。
TSG [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Z 軸周りの傾きに対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値を定義するには、許容値エディタで DLG コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSG を計算するために DLG 5 (分角) を仮定します。
TSH [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	屈折率の均一性に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値を定義するには、許容値エディタで HOM コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSH を計算するために HOM 50 ($50 \cdot 10^{-6}$) を仮定します。
TSR [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	曲率半径の変化に対する許容感度。対応する表面に許容値が定義されている必要があります。許容値を定義するには、許容値エディタで DLR コマンドを参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSR を計算するために DLR 0.0025 (mm) を仮定します。

19.8 コントラストと解像度の制御 (Controlling Contrast vs. Resolution)

スポット (SPD) または波面 (WAV) のみを最適化することは、望ましい結果を達成するための十分な基準ではない場合が多く、スポットや波面形状の微調整が必要になることがあります。特に、スポットの中心部分を強調することで、コントラストを犠牲にして空間解像度を向上させることができます。以下で説明する WTA コマンドを使用すると、コントラストと解像度の間の性能バランスを調整できます。

WTA [zk] aperture_weight	<p>開口に対する重み付け。aperture_weight に高い値 1 を設定することは、瞳に入射する各光線束の外周部と比較して相対的に中心部（主光線近傍）に大きな重みを与えます。低い値 0 を設定すると、中心部の重みは低くなり、外周部の光線束に対して相対的に高い重みを与えられます。このパラメータの効果は、コントラストと解像度のバランスを調整することです。</p> <p>典型的な値：</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">重み</th> <th style="text-align: center;">条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td>高コントラスト、良好な解像度</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.5</td> <td>良好なコントラスト、高解像度</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td>低コントラスト、非常に高い解像度。</td> </tr> </tbody> </table> <p>以下の例も参照してください。</p>	重み	条件	0.0	高コントラスト、良好な解像度	0.5	良好なコントラスト、高解像度	1.0	低コントラスト、非常に高い解像度。
重み	条件								
0.0	高コントラスト、良好な解像度								
0.5	良好なコントラスト、高解像度								
1.0	低コントラスト、非常に高い解像度。								

開口全体の相対的な重みは次の関数に従います：

$$W = e^{-(WTA \cdot r)^2} \quad (19.9)$$

ここで、 r は相対的な開口半径、 W は光線に適用される相対的な重み（0 から 1 の間の値）を表します。この関数は、セクション 7.3.6（ページ 67）で説明されているアポダイゼーション関数に似ています。ただし、主な違いは、WTA は最適化におけるスポットや波面計算にのみ適用されるのに対し、瞳アポダイゼーションはすべての性能解析に適用される点です。つまり、瞳アポダイゼーションは定義されていれば常に有効ですが、WTA は最適化時にのみ使用されます。

また、式 19.9 は任意の WTA 値を示していますが、最良の性能を得るためには $0 \leq WTA \leq 1$ が推奨されます。

図 19.7 および図 19.8 は、スポット（または波面）形状に対する WTA の効果を示しています。

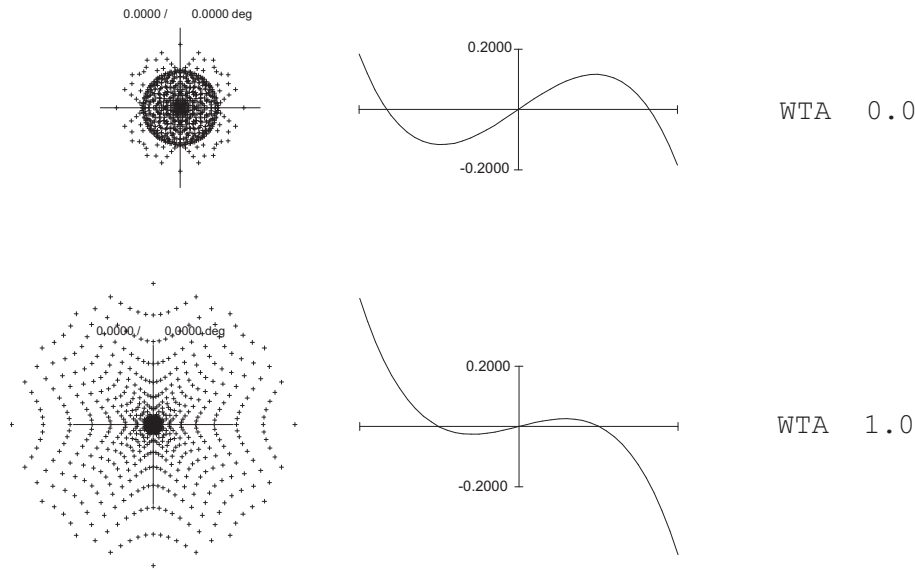


図 19.7. 開口の重み付け (WTA) がスポット形状 (左) および横収差 (右) に与える影響。スポット径を最小化する (例: spd f1 \ominus) ことで、高い値はスポットの中心コアを強調し、より大きなぼやけを犠牲にします。

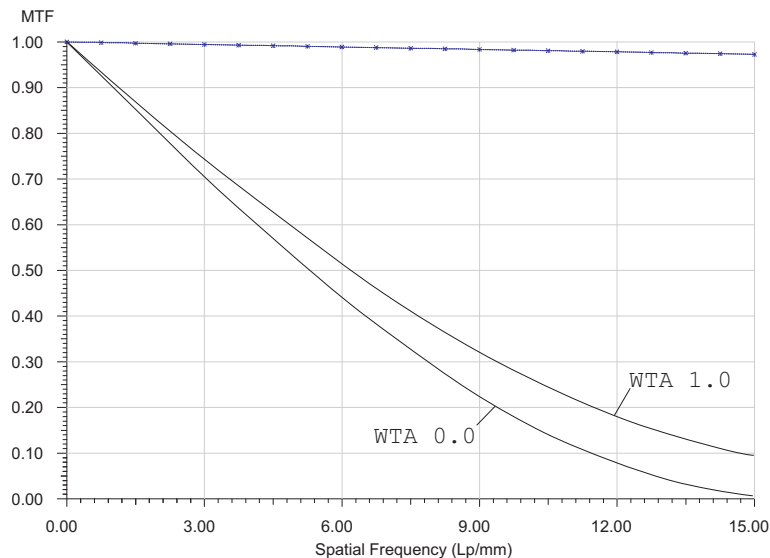


図 19.8. 開口の重み付け (WTA) 設定が MTF に与える影響。高い値は MTF の高周波成分 (高解像度) を改善し、低い値は MTF の低周波成分 (高コントラスト) を改善します。上記の曲線は高周波成分の改善例のみを示しています。

19.9 ガラス最適化とガラスマップ境界点 (Glass Optimization and Glass Map Boundary Points)

最適化中にガラスを「浮動」させることが望ましい場合があります。つまり、最適化プログラムが連続的な $n - \nu$ 領域内で適切なガラスを選択します。これを実現するには、面で DNO または DVO 変数を有効化する必要があります。これにより、屈折率と分散が最適化中に変化し、基準ガラスに適切な n および ν オフセットが適用されます。内部的には、DNO/DVO オフセッ

トを持つガラスは仮想的なガラスとしてモデル化されます。ただし、屈折率 n と分散 ν が変化できる範囲を制限する必要があります。そうしないと、 n と ν が実現不可能な点に到達する可能性があります。

この範囲は、標準的な SCHOTT 図における凸型ポリゴンによって定義されます。このポリゴンは、ガラスが存在できる許容領域の外側境界を記述します。最大 20 個のポリゴン点を指定できます。以下の図は、SCHOTT ガラスの大部分を囲むデフォルトのガラスポリゴンを示しています：

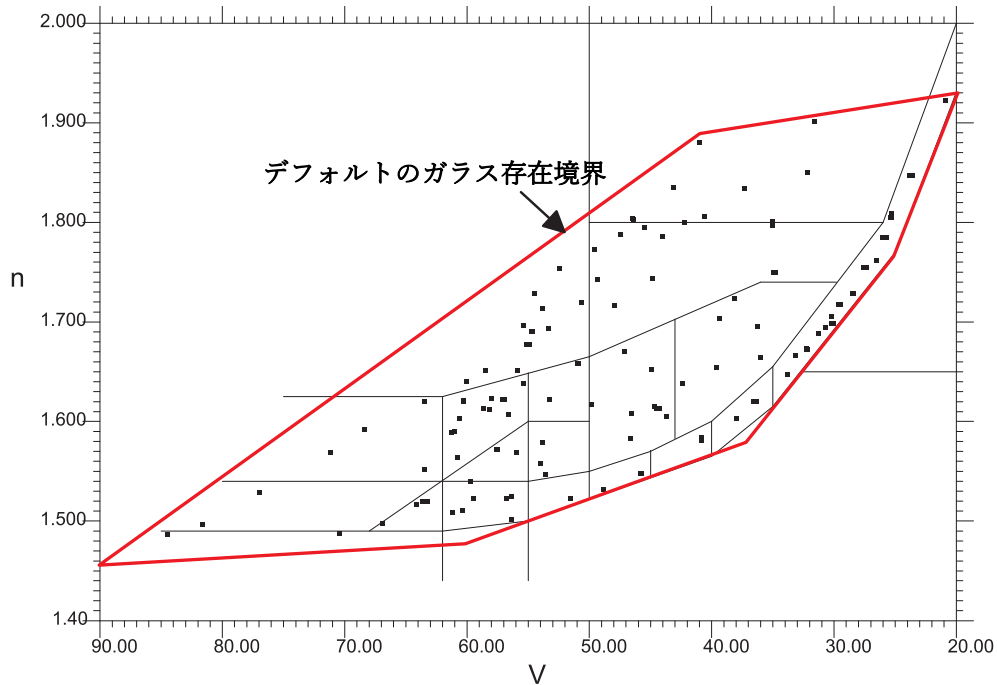


図 19.9. デフォルトのガラスマップ境界の定義。

仮想的な（浮動）ガラスの誤差値は、仮想的な $n-\nu$ 座標が各境界線からどれだけ離れているか（垂直距離）によって定義されます。仮想的なガラスがガラスマップ境界ポリゴン内に留まるためには、誤差値が常に負である必要があります。

ガラスマップ境界（「ガラスポリゴン」）は、以下のコマンド構文を使用して指定されます：

<pre>GLP corner1 corner2 ... n または GLP DEF</pre>	<p>ガラスマップのコーナーポイント（「ガラスポリゴン」）を定義します。ガラスマップ境界点は以下の形式で指定できます：</p> <p>xxx.yyy 仮想ガラスコード。例：514.643 nnnnnnn 6桁のガラスコード。例：514643 既定のガラス 既定のガラスカタログからの1~10文字の英数字コード。</p> <p>混在形式が許可されています。ポリゴンは凸型である必要があります、コーナーは $n-\nu$ 図で時計回りに指定する必要があります。例：</p> <pre>GLP 481.850 820.501 900.234 560.410 481.850 GLP BK7 N-Lak9 SF6 F2 BK7 GLP BK7 683542 SF6 531.422 BK7</pre> <p>代替形式の GLP DEF は、表 19.9 に従ってデフォルトのガラスマップ境界を復元します。</p>
<pre>EDI GLP</pre>	<p>ダイアログでガラスマップ境界を編集します。</p>

Point	n_d	ν_d
1	87.00	1.4800
2	41.00	1.8900
3	20.00	1.9300
4	25.00	1.7700
5	37.00	1.5700
6	57.00	1.4900
7	87.00	1.4800

表 19.9. デフォルトのガラスマップ境界が SCHOTT ガラスに一致していることを示しています。

現在のガラスマップ境界の設定は、コマンド LIS GLP を使用してリスト表示できます。デフォルトのガラスマップ境界は、 $n-\nu$ 領域内の 7 点ポリゴンによって定義されており（図 19.9 参照）、現在の SCHOTT ガラスの領域に一致しています。

注意:

DNO および DVO 変数は、実際のガラスの固定特性とは対照的に、連続的な $n-\nu$ 領域で理解されます。そのため、 n および ν のオフセットは、現在選択されているガラスに対する仮想的な加算値です。分散オフセットは、いわゆるアッペライン（「標準」ライン）上に完全に位置する仮想的な MIL ガラスとしてモデル化されます。

ガラスマップポリゴンは閉じている必要があります。つまり、最後のコーナーは最初のコーナーと同一でなければなりません。

最適化後に得られた仮想的なガラスは、REG コマンドを使用して通常のカタログガラスに変換できます（詳細はページ 220 を参照）。このオプションは、DNO/DVO オフセットに基づいて最も近いカタログガラスを検索し、連続的なガラスモデルを固定されたカタログモデルに自動的に置き換えます。ただし、REG オプションはそのガラス上の DNO/DVO 変数を削除しません。

19.10 局所最適化の実行 (Run the Local Optimization (OPT))

変数、ターゲット、および制約が定義されると、光学系を局所的に最適化できます。

<p>OPT [LM KT n_steps SIL]</p>	<p>局所最適化を実行します。オプションのパラメータ LM および/または KT は使用するアルゴリズムを指定します。n_step は最適化ステップ（反復）の最大数を定義し、SIL はサイレントモードに切り替えます（出力を抑制）。適切なアルゴリズムを選択するためのガイドラインも参照してください。LM または KT が指定されていない場合、前回の最適化実行で選択された方法が繰り返されます。初期状態では KT-最適化が使用されます。パラメータが指定されていない場合、デフォルトの反復回数は n_steps = 10 です。</p>
<p>UNDO OPT</p>	<p>最後の最適化を元に戻します。つまり、最適化前の光学系の状態を復元します。このコマンドは、最適化が収束しなかった場合に特に有用です。たとえば、条件が悪い場合や矛盾する制約がある場合、非実現可能な条件に陥ることがあります。元に戻す操作は 1 ステップのみ可能で、最後の最適化のみを元に戻せます。</p>
<p>ERRF</p>	<p>詳細なエラー（メリット）関数を印刷します。これには、各制約のエラー寄与が含まれます。これは、最も影響を与える収差を特定するための診断ツールです。最適化を実行するものではありません。</p>

例：

opt ! 初期状態では KT-最適化を使用します。それ以外の場合、
! 前回の最適化実行で使用された方法が繰り返されます。
opt lm 5 ! LM-最適化を使用し、5 回の反復後に停止します。
opt lm kt 10 ! LM-および KT-最適化を連続して実行し、それぞれ 10 回の反復を行います。
opt kt ! KT-最適化のみを実行します。
opt sil ! サイレントモードで最適化を実行します（出力なし）。

19.10.1 適切な局所最適化手法の選択 (Selecting the appropriate local Optimization Method)

セクション 19.1 および 19.2 で説明されているように、*OpTaliX* は 2 つの異なる最適化手法（KT 最適化および LM 最適化）を提供します。特定の条件下でどの手法を選択すべきかという疑問が生じる場合があります。このセクションでは、それぞれの手法の利点と欠点を説明し、さまざまなケースに対する推奨事項を示します。

クーン・タッカー (KT) アルゴリズムは、制約（例： $=$ 、 $>$ 、 $<$ 操作）を正確に解きますが、他の関数は最小二乗法で解かれます。この手法は制約を正確に制御できるため、各制約に適切な重みを選択したり、設計プロセスの進行に応じて修正する必要がありません。ただし、ユーザーは WTC コマンドを使用して、特定の制約に対してのみ KT 最適化の動作を一時的に変更し、LM 最適化の特性（例：制約の重み付け）に似た動作をさせることができます。

レンズパラメータを正確に制御する必要がある場合（例：物体-像間距離 OAL）、KT 最適化は**正確な解**を提供します。光学系のほぼすべての収差が高度に非線形であるため、目的のパラメータを正確に制御するには数回の反復が必要です。

しかし、経験の浅いユーザーにとっては、KT 最適化は問題の定義に応じて困難を引き起こす可能性があります。たとえば、ユーザーが誤って互換性のない条件を定義した場合、結果とし

て得られる方程式が不定となり、最適化が進行しなくなります。このような場合、プログラムは警告メッセージを発行し、矛盾する制約を出力します。

注意:

KT 最適化は、*OpTaliX* において推奨される（デフォルトの）手法です。

基本的に、レーベンバーグ・マーカート（LM）アルゴリズムは、制約のない減衰最小二乗法アルゴリズムです。制約（例： $=$ 、 $>$ 、 $<$ 操作）は収差のように扱われますが、これらの関数には内部的に高い重みが生成されます。このアプローチは、設計が開発の初期段階にあり、光学性能が設計目標から遠い場合に適しています。不適切に定義された制約や互換性のない制約がある場合でも、LM 最適化が設計を破壊する可能性は低いです。KT 最適化とは異なり、プログラムは互換性のない条件の間で最適な妥協点を見つけます。つまり、設計を滑らかに別の形状に「押し込む」ことで、ほとんどの場合計算可能な形状を維持します。

たとえば、境界条件（ $<$ 、 $>$ ）は正確に解かれるのではなく、目標値に非常に近い値に保持されます。特に、制約の重要性に応じて大きな重みや小さな重みを割り当てることができる点が利点です。一方で、望ましい結果を得るためには、制約の重みと目標の重みを適切にバランスさせる必要があります。

注意: 最適化ルーチンは、ユーザーによって指定された問題のみを解決できます。特に、以下のことはできません：

- 光学の法則を破ること
- 提供された変数の数を超える制約を解くこと
- 変数が存在しない制約を解くこと
- 要素を追加または削除したり、光学系を大幅に再配置すること
- 修正不可能な収差（例：ダブレットの非点収差、アイピースの歪み）を制御すること

19.10.2 MTF 最適化 (MTF Optimization)

変調伝達関数（MTF）を最適化のターゲットとして直接使用することは、特に経験の浅い設計者にとっては満足のいく結果をもたらさないことがよくあります。MTF 最適化を使用する際の主な問題は、MTF 値が構造パラメータの関数として大きく振動する可能性があることです。問題を説明するために、デフォーカスの関数としての MTF の変化、すなわち像面が光軸に沿って前後に移動する場合を考えます。図 19.10 は、像面が最適位置（軸方向距離=0）から離れるにつれて MTF が大きく変動することを示しています。最適化の成功は、初期の開始点に依存します。例えば、軸方向距離 $z \approx 0.6$ の開始点 (1) を選択した場合、局所的な最適化アルゴリズムは隣接する最小値/最大値を飛び越えることができないため、側面の最大値が見つかります。

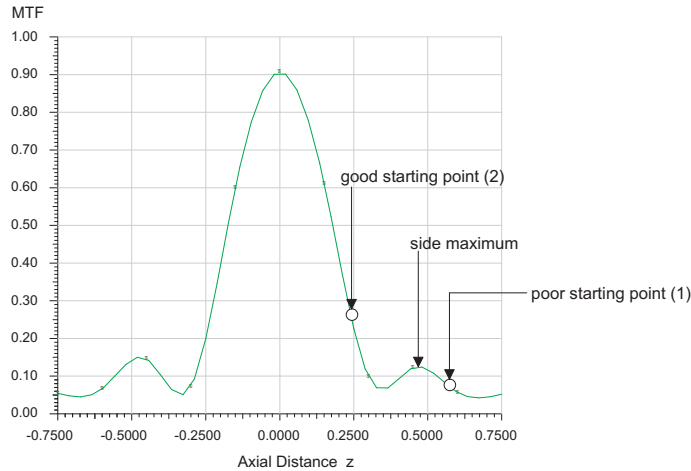


図 19.10. 完全なレンズにおけるデフォーカスの関数としての回折 MTF の変動。

より良い開始点は (2) のような位置であり、最適化アルゴリズムが中間の谷を避けて「真の」MTF 最大値を見つけることができます。MTF 最適化は、最適に近いシステムで最終調整の恩恵を受ける場合に使用の方が現実的です。そのため、MTF を直接最適化する前に、スポット径 (SPD) や波面収差 (WAV) を使用して最適化を実行することが良い実践とされています。

19.11 許容公差の最適化 (Optimizing for Tolerance Sensitivity)

反復的な設計および最適化プロセスでは、収差を減少させるだけでなく、偏心、傾き、厚さの許容値などのパラメータに対する感度を低減することも望まれる場合があります。これを推進する要因は製造上の問題であり、可能な限り大きな製造許容値が求められます。

OpTaliX は、設計段階ですでに選択されたパラメータに対して画像性能と許容感度を同時に最適化することを支援します。許容感度は、構造パラメータの特定の摂動 Δx に対して性能 $\Delta \Phi$ (収差、メリット関数) がどのように変化するかを測定する指標です。そのため、*OpTaliX* は許容感度関数 S を最小化しようとします。

$$S = \sqrt{\sum_i^N \left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta x} \right)^2} \quad (19.10)$$

ここで、 i は面番号を表します。性能変化 $\Delta \Phi$ は、各許容項目に対して波面収差 (WAV) を基準に常に計算されます。性能 Φ と許容感度 S の両方を最適化することは矛盾するプロセスであることに注意してください。許容感度を低減することは、しばしば性能を犠牲にせずには不可能に思える場合があります。一般的に、 Φ と S の間で微妙なバランスを選択する必要があります。このバランスを見つけることは、光学設計者の責任とスキルに依存します。このテーマに関するさらなる情報は、Grey [16] および Isshiki ら [23] によっても提供されています。

19.11.1 許容感度項目 (Tolerance Sensitivity Items)

OpTaliX は、許容感度を計算するためのいくつかのコマンドを提供します。これには、TSF、TST、TSI、TSN、TSV、TSX、TSY、TSZ、TSA、TSB、TSG が含まれます。これらはセクション

19.7 (ページ 392) で定義されています。これらの許容感度コマンドは、[許容値エディタ](#) (ページ 440) で適切な許容値が割り当てられていることを前提としています。もし、要求されたパラメータに対する許容値が利用できない、または許容オプション (セクション 22.5、ページ 447) で定義されていない場合、プログラムは許容感度を計算するために以下のパラメータ変更 (許容値) Δx を仮定します：

項目	効果	デフォルトの許容値
TSF	面の適合許容値 (ニュートン誤差) に対する感度 (DLF)	$\Delta x = 2$ フリンジ
TSI	面の不規則性許容値 (アス・クセ) に対する感度 (IRR)	$\Delta x = 0.4$ フリンジ
TST	軸方向厚さ許容値に対する感度 (DLT)	$\Delta x = 0.1$ mm
TSN	屈折率許容値に対する感度 (DLN)	$\Delta x = 0.001$
TSV	分散許容値に対する感度 (DLV)	$\Delta x = 0.008$
TSR	曲率半径許容値に対する感度 (DLR)	$\Delta x = 0.0025$ mm
TSX	X 方向偏心許容値に対する感度 (DLX)	$\Delta x = 0.02$ mm
TSY	Y 方向偏心許容値に対する感度 (DLY)	$\Delta x = 0.02$ mm
TSZ	Z 方向偏心許容値に対する感度 (DLZ)	$\Delta x = 0.05$ mm
TSA	X 軸周りの傾き許容値に対する感度 (DLA)	$\Delta x = 5$ 分角
TSB	Y 軸周りの傾き許容値に対する感度 (DLB)	$\Delta x = 5$ 分角
TSG	Z 軸周りの傾き許容値に対する感度 (DLG)	$\Delta x = 5$ 分角
TSH	屈折率均一性許容値に対する感度 (HOM)	$\Delta x = 50 \cdot 10^{-6}$

許容感度項目を定義するためのコマンド	
TSF [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	テストプレート適合に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。詳細はコマンド DLF またはテストプレート適合の説明 (ページ 441) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSF を計算するために DLF 2.0 (フリンジ) を仮定します。
TSI [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	面の不規則性に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。詳細はコマンド IRR (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSI を計算するために IRR 0.4 (フリンジ) を仮定します。
TST [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	面の厚さ (距離) に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。詳細はコマンド DLT (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TST を計算するために DLT 0.02 を仮定します。
TSN [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	屈折率に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。屈折率の許容値を定義するには、コマンド DLN (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSN を計算するために DLN 0.001 を仮定します。

次のページに続きます

前のページから続きます	
TSV [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	分散に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。分散の許容値を定義するには、コマンド DLN (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSV を計算するために DLV 0.008 (0.8%) を仮定します。
TSX [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	X 方向偏心に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。偏心の許容値を定義するには、コマンド DLX (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSX を計算するために DLX 0.02 (mm) を仮定します。
TSY [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Y 方向偏心に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。偏心の許容値を定義するには、コマンド DLY (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSY を計算するために DLY 0.02 (mm) を仮定します。
TSZ [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Z 方向偏心に対する許容感度。Z 方向偏心は厚さの許容値と同等です。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。許容値を定義するには、コマンド DLZ (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSZ を計算するために DLZ 0.05 (mm) を仮定します。
TSA [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	X 軸周りの傾きに対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。許容値を定義するには、コマンド DLA (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSA を計算するために DLA 5 (分角) を仮定します。
TSB [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Y 軸周りの傾きに対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。許容値を定義するには、コマンド DLB (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSB を計算するために DLB 5 (分角) を仮定します。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
TSG [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Z 軸周りの傾きに対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。許容値を定義するには、コマンド DLG (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSG を計算するために DLG 5 (分角) を仮定します。
TSH [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	屈折率均一性に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。許容値を定義するには、コマンド HOM (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSH を計算するために HOM 50 ($50 \cdot 10^{-6}$) を仮定します。
TSR [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	曲率半径の変化に対する許容感度。対応する面に許容値が許容値エディタで定義されている必要があります。許容値を定義するには、コマンド DLR (ページ 437) を参照してください。このパラメータに許容値が定義されていない場合、プログラムは許容感度 TSR を計算するために DLR 0.0025 (mm) を仮定します。

19.11.2 最適化における許容感度項目の使用 (Using Tolerance Sensitivity Items in Optimization)

許容感度を最適化 (最小化) する場合、前のセクションで説明したさまざまな許容感度項目は、ターゲット/制約 (メリット関数) リストに追加された**収差**として理解されるべきです。最適化における許容感度を定義する構文は、セクション 27.1 (ページ 512) に記載されています。以下は、最適化ターゲット/制約リストの典型的な例です：

efl = 100	焦点距離は正確に 100mm でなければなりません。
spd 0	スポット径 (rms) は、すべてのフィールド、波長、ズーム位置で 0 (最小化) でなければなりません。
tsa s1..5 f1..2 w1 0	X 軸周りの傾きに対する許容感度は、面 1-5、フィールド 1-2、波長番号 1 で最小化されるべきです。
tsy 0	Y 方向偏心に対する許容感度は、システム構成で定義された すべての面、すべてのフィールド、すべての波長 で最小化されるべきです。 システム構成 に基づいて定義されています。

注意:

- 許容感度項目を正確に 0 にするよう要求しないでください。たとえば、'TSA = 0' のような定義は、光学的効果を持つ要素/面では不可能です。代わりに、制約定義で等号 '=' を省略して最小化してください (例: 'TSA 0')。
- 許容感度制約には、最初は低い重みを設定することをお勧めします。たとえば、`tsa sa f1 0 ; wt = 0.1`

対応する重みを徐々に増加させることで、性能と許容感度の間の妥協点を迅速に見つけることができます。

19.12 出力の説明 (Description of Output)

典型的な最適化実行の出力例を以下に示します (\optalix\examples\double_gauss-2.otx をロードし、ターゲット EFL を 60mm に変更してください)。

KT OPTIMIZATION:

```
Number of variables      : 13
Number of functions     : 2754
Number of equality constraints : 1
Number of inequality constraints : 4
Number of internal constraints : 4
```

OPTIMIZATION PARAMETERS :

```
Number of iterations      : min = 2   max = 15
ORGR (Optimization Ray Grid) : 16
IMPR (Fractional Improvement) : 0.01000
WTA (Weight on Aperture) : 0.00000
DEFC (Default Constraints) : Yes
```

Targets/Constraints	Target	Function	Error	Violation
eFl = 60.	60.000000	49.999580	-10.000420	**
spd 0	0.000000	0.009321	0.009321	

Default Constraints		Target	Function	Error
MAE S6	>	0.002000	5.274917	5.272917
MXT S7	<	10.147716	2.009000	-8.138716
MNT S7	>	2.029543	2.009000	-0.020543 *
MNE S7	>	2.029543	4.229104	2.199560

Iter	Min.	Equal.	Inequal.	DumpingF.	Improv.
0	0.398957	3.162344	0.143329	1.000000	
1	6.332909	1.710547	0.000000	1.000000	-14.87367
2	1.941585	0.635908	0.000000	0.6250000E-01	0.69341
3	0.470827	0.452288	0.000000	0.2322369E-02	0.75750
4	0.217870	0.145856	0.000000	0.1628259E-02	0.53726
5	0.206532	0.144571	0.000000	0.1017662E-03	0.05204
6	0.183684	0.066643	0.000000	0.1017662E-03	0.11063
7	0.168225	0.075135	0.000000	0.1017662E-03	0.08416
8	0.159436	0.158571	0.000000	0.5045660E-04	0.05224
9	0.154823	0.011828	0.000000	0.8971902E-04	0.02893
10	0.152053	0.022684	0.000000	0.1048387E-03	0.01789
11	0.151615	0.013254	0.000000	0.7260012E-04	0.00288

Optimization stopped. Improvement is less than 0.01000 (1.00%)

Targets/Constraints	Target	Function	Error	Violation
eFl = 60.	60.000000	60.000176	0.000176	
spd 0	0.000000	0.004111	0.004111	

Default Constraints		Target	Function	Error
MAE S6	>	0.002000	11.715292	11.713292
MXT S7	<	10.147716	5.052111	-5.095605
MNT S7	>	2.029543	5.052111	3.022568
MNE S7	>	2.029543	7.034676	5.005132

最初のセクションでは、変数と制約の数の一覧が示されます。等式制約と不等式制約は個別にリスト化されます。その後、ユーザー定義の制約のリストが続き、開始システム（つまり最適化前）のターゲット値、関数值、および誤差値が表示されます。

最後の列は制約の違反を示します（等式、不等式など）。これは、10%刻みのアスタリスク（*）のバーとして表示されます。最大バー長は10個のアスタリスクで、100%の偏差に対応します。

要求された場合、デフォルト制約が表形式で表示されます。これらは、すべての可変厚さに対してプログラムが内部的に作成する制約であり、合理的な最小/最大の要素、空気間隔、およびエッジ厚さの寸法を維持するためのものです。DEFC コマンドを使用して、デフォルト制約を有効化 (Yes) または無効化 (No) できます。

各反復ステップでは、最小化される制約 (「Min.」列)、正確に保持される制約 (「Equal.」列)、および不等式制約 (「Inequal.」列) のメリット関数が出力されます。また、現在の減衰係数と前回の反復ステップと比較した相対的な改善も表示されます。たとえば、相対改善係数が 0.01 の場合、前回の反復に対して 1% の改善を意味します。この改善係数は KT (クーン・タッカー) 最適化にのみ適用され、LM (レーベンバーグ・マーカート) 最適化では無視されます。

反復は、改善係数が IMPR コマンドで定義された閾値を下回った場合に終了します。精緻化された光学系の誤差関数の構成要素がリスト化されます。

19.12.1 アクティブな制約の一覧 (List of Active Constraints)

不等式制約は、解が制約を違反している場合や許容範囲内にある場合に応じて、最適化中に動的に追加または解除されます。制約が解除されると、解に影響を与えることなく許容範囲内に漂うことが許されます。制約が追加される場合、新しい制約の微分が計算され、行列に追加されます。これにより、追加の「小規模な」解法サイクルが計算されます。

アクティブな制約は、最適化パラメータダイアログで有効化されている場合にのみ報告されます (現在、コマンドラインの対応はありません)。メインメニューから *Optimization* -- > *Optimization Parameters* を選択し、「Kuhn-Tucker (KT)」タブで「Show active constraints for each cycle」をチェックしてください。以下は出力例です：

Active Constraints (4)	Value	Target	Cost
thi s3 > 8	7.06120	8.00000	-0.415859E+01
thi s5 > 8	7.50000	8.00000	0.319846E+00
MNE S3	0.63518	2.40000	0.227979E+02
MNE S5	1.65757	2.40000	0.359234E+01

出力には、ターゲット/境界値、実際の値、および制約を課す際の相対的な「コスト」が含まれます。相対コストは、制約が解に与える「圧力」を示します。

非アクティブな制約は「アクティブな制約」の一覧には含まれません。制約がアクティブになる場合にのみ、制約一覧に表示されます。

19.13 最適化の終了 (Terminating Optimization)

最適化は以下の場合に終了します：

- 最大反復回数に達した場合
- 最適化パラメータダイアログの右下にある「Terminate OPT」ボタンが押された場合 (図 19.11 を参照)
- メリット関数の分数改善が一定の閾値を下回った場合
- レイトレースエラーの数 (存在する場合) が許容限度を超えた場合

最大反復回数は、最適化パラメータダイアログまたはコマンド **MXC** によって設定されます。詳細はセクション 19.15 を参照してください。

また、レイトレースエラーが発生し、その数が一定の限度を超えた場合にも最適化は中断されます。許容されるレイトレースエラーの限度は、**OERR** コマンドで設定されます。詳細はセクション 19.15 を参照してください。

メリット関数の分数改善の閾値は、**IMPR** コマンドで設定されます。つまり、メリット関数の改善が **IMPR** より小さい場合、最適化は終了します。

ESC キーが押されると、最適化を終了するか続行するかをユーザーに尋ねるダイアログボックスが表示されます。ただし、ダイアログが表示されるまでに時間がかかる場合があります。これは、実行中の反復ステップが最初に完了する必要があるためです。したがって、ESC キーは 1 回だけ押すことを推奨します。

途中で終了した最適化では、光学系は最後の反復ステップの状態（ESC キーが押される前の状態）に残ります。この状態は最適条件（つまり収差の最小値）ではない可能性が高いですが、収束が低い場合、不適切な変数/制約設定、時間的制約など、最適化を中断する理由は多数あります。

19.14 最適化の取り消し (Undo Optimization)

最適化は、メインメニューから *Optimization* -> *Undo last optimization step* を選択するか、コマンドラインで以下を入力することで「取り消し」できます：

UNDO OPT

注意：「取り消し」は最後の最適化実行にのみ適用されます。複数の連続した最適化サイクル（最後のサイクル以前）は取り消すことができません。有望な解は別々のファイルに保存することをお勧めします。

19.15 最適化パラメータ (Optimization Parameters)

最適化パラメータのダイアログベースの編集は、メインメニューの *Optimization* -> *Parameters* から行います。図 19.11 に示すダイアログボックスには複数のタブがあります。メイン（一般）タブでは、最適化アルゴリズムを選択します。さらに、各最適化サイクルで生成される出力のレベルを制御します。

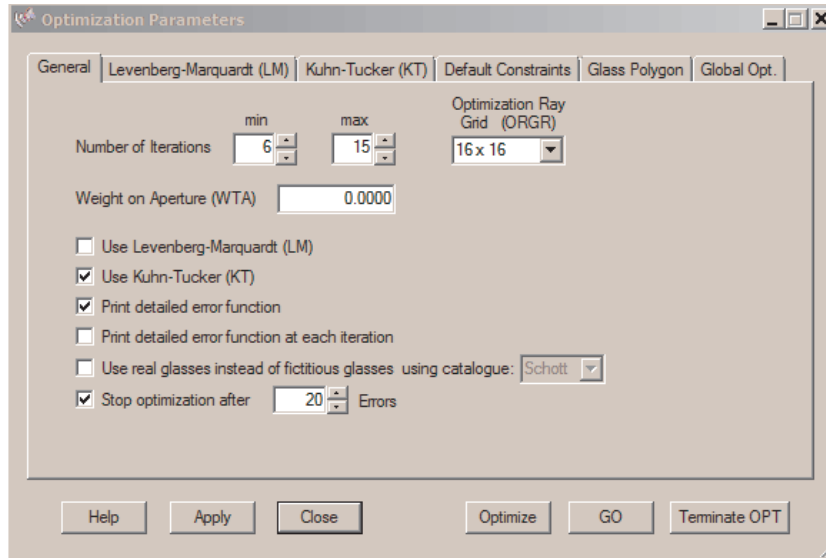


図 19.11. 最適化パラメータのメインダイアログ。

以下のコマンドを使用して、最適化プロセスを制御できます。

19.15.1 局所最適化のパラメータ (KT および LM) (Optimization Parameters for local Optimizers KT and LM)

EDI OPT	最適化アルゴリズムの動作パラメータを編集します。コマンド 'EDI OPR' は廃止されていますが、依然としてサポートされています。代わりに、'EDI OPT' コマンドの使用が推奨されます。
MXC max_cycles	許可される最大サイクル数。最適化は、このサイクル数が完了した場合に終了します。分数改善が改善係数（以下の IMPR コマンドを参照）を下回った場合、最大サイクル数に達する前に終了する可能性があります。
MNC min_cycles	必要な最小サイクル数。最適化は、このサイクル数より早く終了することはありません。
IMPR min_impr_factor	分数改善。誤差関数の改善が IMPR を下回った場合、最適化は終了します。例：IMPR 0.01 は 1% の改善に相当します。最大サイクル数 (MXC) に達する前に終了する可能性があります。
ORGR num_opt_rays	最適化中に使用される瞳内の光線数。num_opt_rays の許容値は 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 です。ただし、ORGR は常に NRD より小さい必要があります。以下の注意事項を参照してください。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
OERR error_limit	エラー制限。レイトレースエラーの数（存在する場合）が error_limit を超えた場合、最適化は終了します。この機能を無効にするには、OERR 0 を入力してください。

注意:

最適化用の光線グリッドは、最適化中に瞳径全体にわたって使用される光線数を定義します。この設定は、性能解析（NRD コマンドを参照）で使用される光線数と混同しないでください。最適化用光線グリッド（ORGR）を NRD より小さい値に設定すると、最適化中のみ光線数が減少します。例えば、ORGR を 16x16、NRD を 32 に設定すると、最適化中は光線行列内の 2 本に 1 本の光線のみが使用されます。これにより、最適化速度が 4 倍向上しますが、すべての性能解析（例: スポット、PSF、MTF など）は引き続き 32x32 の光線グリッドを使用します。

**19.15.2 グローバル最適化のパラメータ
(Optimization Parameters for Global Optimizer GO)**

EDI OPT	動作パラメータを編集するダイアログを開きます。各最適化手法（KT、LM、GO）に対応する複数のタブを提供します。グローバル最適化については図 19.12 を参照してください。
GOH height	グローバル最適化：エスケープ関数の高さを設定します。
GOW width	グローバル最適化：エスケープ関数の幅を設定します。
GOT distance_tol	グローバル最適化：エスケープ関数の距離許容値を設定します。これは、パラメータ空間内で前回の解から新しい解を構成するための最小距離を定義します。
GOMXS max_solutions	グローバル最適化：最大解数を設定します。
GOV	グローバル最適化ビューアーを起動します。異なる GO 解を閲覧し、それらの光学レイアウトを表示するためのダイアログボックスを呼び出します。
GOPT	グローバル最適化を実行します。

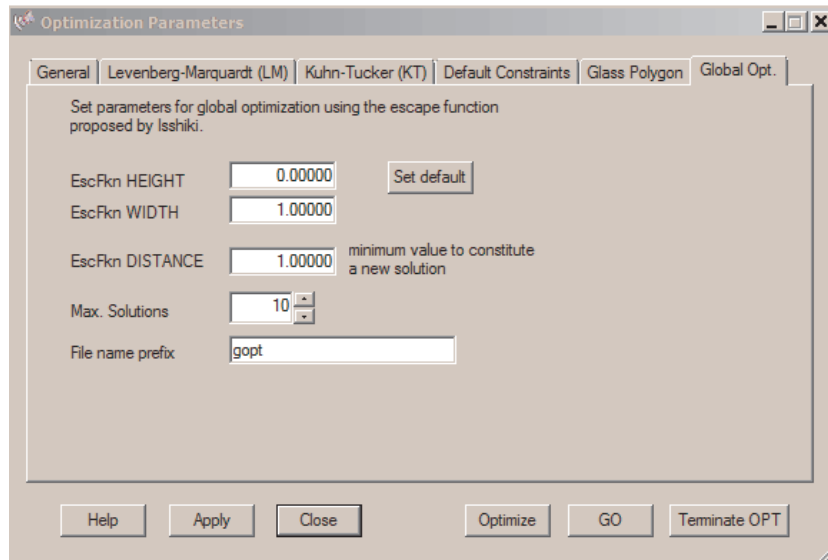


図 19.12. グローバル最適化パラメータのサブダイアログ。

注意:

- グローバル最適化 (GO) プロセスで解が見つかった場合、その解はディレクトリ `c:\programdata\optalix\gopt\` に保存されます。このディレクトリは固定されており、変更できません。解のファイル名は、コンポーネントファイルのプレフィックス、解の現在の番号、およびメリット関数値で構成されます。すべてのコンポーネントはアンダースコア「_」で区切られます。例：prefix_number_meritfkn.otx
- 最適化パラメータダイアログの右下にある”**Terminate OPT**” ボタン (図 19.12 を参照) は、現在の最適化プロセスを停止するために使用されます。例えば、最適化に時間がかかりすぎる場合や収束しない場合、またはその他の理由で停止する必要がある場合に使用します。このボタンはすべての最適化オプション (KT、LM、GO) で機能します。この (モードレス) ダイアログとボタンを他のダイアログやウィンドウで隠さないようにし、迅速にアクセスできるようにしておくことをお勧めします。

19.16 グローバル最適化：実例 (Global Optimization: A worked Example)

このセクションでは、グローバル最適化を実行するために必要なパラメータ設定と手順を説明します。例として、`global_opt_45-64_Projection-lens.otx` を使用します。このファイルは、最適化の例ライブラリ内にあります。

グローバル最適化の前提条件として、変数と制約 (メリット関数) が適切に定義された局所最適化が必要です。局所最適化は収束し、レイトレースエラーを発生させない必要があります。この例では、パラメータはすでに適切に設定されています。グローバル検索を開始する前に、レンズを保存してください。

設計が「浮動」または「呼吸」できるように、十分な数の最適化変数が定義されていることを確認してください。まず、KT 法を使用して局所最適化をテストします。出力は以下のようになります (デフォルト制約は無視)：

Iter	Min.	Equal.	Inequal.	DampingF.	Improv.
0	0.421598	0.001380	1.527570	1.000000	
1	0.422651	0.005771	1.081881	0.1100528E-01	-0.00250
2	0.450504	0.040067	0.011254	0.2751319E-02	-0.06590
3	0.393552	0.094793	0.637684	0.2452433E-02	0.12642
4	0.397217	0.080271	0.361279	0.6131082E-03	-0.00931
5	0.400078	0.101365	0.188870	0.2452433E-02	-0.00720
6	0.388519	0.067179	0.244764	0.9809732E-02	0.02889
7	0.388303	0.046970	0.055582	0.3923893E-01	0.00056

Ray errors encountered : 0
Optimization stopped. Improvement is less than 0.00100 (0.10%)

Targets/Constraints	Target	Function	Error	Violation
efl = 75	75.000000	74.998110	-0.001890	
spd 0	0.000000	0.009413	0.009413	

メリット関数が収束し、エラーが発生していないことがわかります。グローバル最適化のパラメータは、最適化パラメータダイアログで編集します。このダイアログは、コマンド EDI OPT またはメインメニューの *Optimization* → *Parameters Editor* から呼び出します。このダイアログの最後のタブ「Global Opt.」では、パラメータ H 、 W 、およびパラメータ D_E のエスケープ距離許容値 T (式 19.7 および 19.8 を参照) を編集できます。

このダイアログはモードレスであるため、常に開いたままにしておくことで、パラメータの編集や最適化の終了に迅速にアクセスできます。

Isshiki エスケープ関数法の問題は、グローバル最適化を開始する際に H 、 W 、 T の適切な初期値が不明であることです。以下の経験則は、合理的な初期値を設定するのに役立ちます：

- H の初期値は、局所最適化で得られた誤差関数の値にほぼ等しい値に設定します。プログラムは局所最適化のメリット関数を計算し、 $H = meritfkn.$ と設定します。
- W の初期値は安全に 1 に設定できます。
- 距離しきい値 T は $0.1 < T < 10$ の範囲が推奨されます。 T の値が小さいと類似した形状の解が多く生成され、 T の値が大きいとより独立した解が少数生成されます。
- メリット関数とその制約は適切に定義されている必要があり、局所最適化が安全に収束する必要があります。

この例の設計では、パラメータ H 、 W 、 T の適切な値がすでに設定されています。グローバル最適化は、コマンド GOPT、メインメニューの *Optimization* → *Global Optimization*、または図 19.12 に示す最適化パラメータダイアログから開始します。

```

...
Searching no.: 2 MeritFkn = 0.3788 Escape_dist = 3.4114
Adapting escape function W,H: 1.092 0.845
Searching no.: 3 MeritFkn = 0.3800 Escape_dist = 0.0036
Adapting escape function W,H: 1.190 1.099
Searching no.: 4 MeritFkn = 0.3763 Escape_dist = 6.8225
Solution found: 1 MeritFkn = 0.3763 C:\ProgramData\OpTaliX\gopt\GOPT_1_0.3763.otx
Searching no.: 1 MeritFkn = 0.3773 Escape_dist = 0.6472
Adapting escape function W,H: 1.226 1.428
Searching no.: 2 MeritFkn = 0.3800 Escape_dist = 1.7965
...

```

プログラムは、エスケープ関数を適用した場合と適用しない場合で局所最適化を継続的に実行し (探索モード)、パラメータの変化量 (エスケープ距離) が事前定義されたエスケープ許容値 T を超えるかどうかを常にテストします。エスケープ距離がエスケープ許容値に達しない場合、つまり局所最小値からのエスケープに失敗した場合、パラメータ H と W が小さな量ずつ連続

的に増加され、エスケープ許容値 T に達するまで調整されます。このエスケープ条件が満たされると、新しい解が記録されます。

グローバル最適化の実行が終了する条件は、最大解数に達した場合、または「Terminate OPT」ボタンが押されてプロセスが中断された場合です。最終的な解はディレクトリ `c:\programdata\optalix\gopt\` 内に保存されます。グローバル解は、グローバル解ビューアー（コマンド GOV）を使用して簡単に閲覧できます。図 19.13 も参照してください。

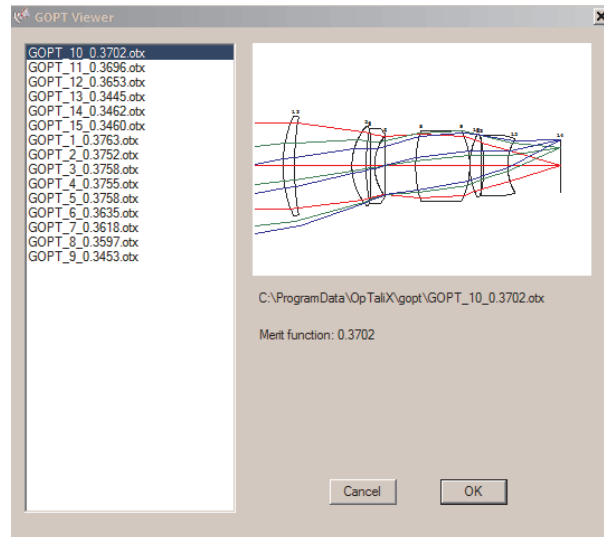


図 19.13. グローバル最適化ビューアー。グローバル最適化実行から得られたすべての解を簡単に閲覧できます。

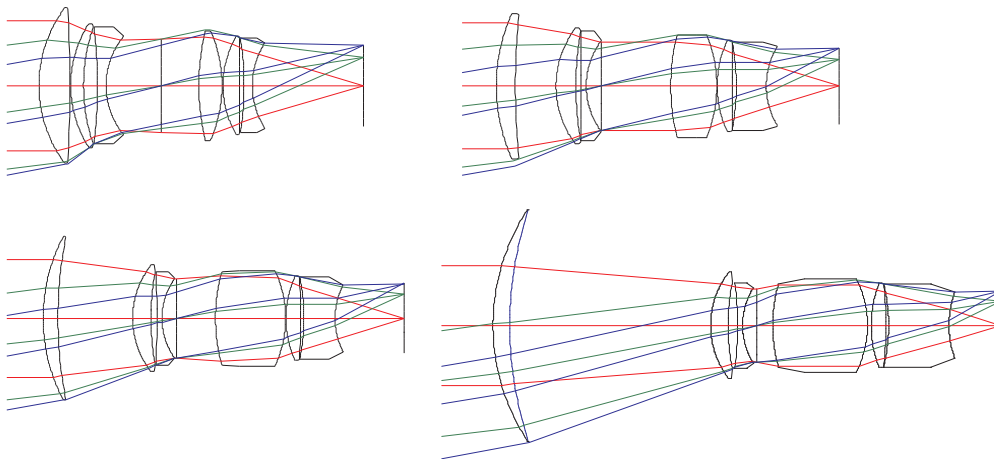


図 19.14. グローバル最適化検索から得られた解。左上の設計が開始設計です。

第20章

コーティング – Coatings –

光学部品は通常、その物理的または光学的特性を改善する目的で、固体材料の薄い層でコーティングされます。用途に応じて、1層の薄膜のみが使用される場合もあれば、50層から100層以上の多層膜が施される場合もあります。以下のセクションで使用される「マルチレイヤー」および「コーティング」という用語は、光学面上の単層または多層膜を指す一般的な用語です。マルチレイヤーコーティング（多層膜）の設計、解析、および最適化は、*OpTaliX* にシームレスに統合されています。そのため、別のプログラムでマルチレイヤー（多層膜）設計を行い、そのデータを *OpTaliX* に手間をかけてインポートする必要はありません。

OpTaliX はコーティングに関する機能を一度に1つの膜データについて設計評価できます。この膜データは、従来の光学面データと並行してメモリに保存され、光学系とは独立して修正、最適化、解析が可能です。性能が十分と判断された場合、特定の光学面または複数の面に適用することができます（セクション 20.5 も参照）。

OpTaliX はまた、「The Essential MacLeod」や「Thin-Film-Calc (TFCalc)」などの他の薄膜パッケージからコーティング設計にアクセスすることも可能です。これらのパッケージからコーティング設計をインポートする方法については、セクション 29（ページ 521）を参照してください。

命名法: 以下のコマンドおよびオプションでは、「COA」は常にコーティングエディタに保存されている単一のコーティングを指します。これは、光学系データとは独立して編集および最適化が可能です。一方、コマンド構文で「MUL」が指定されている場合、それは面に適用されたコーティングを指します。面に適用されたコーティングは修正できず、削除（DEL MUL）または別のコーティング（ATT COA）で上書きすることのみ可能です。

20.1 コーティングデータの編集 (Editing Coating Data)

コーティングの膜データは、[コマンドライン](#)（セクション 6）または GUI のスプレッドシートエディタを使用して編集できます。このエディタでは、すべての層パラメータにアクセスできます。コーティングエディタは以下のコマンドで起動されます：

```
EDI COA
```


	MATERIAL	Pick	Index (real)	Index (imag.)	OTH	PTH (micron)	Pick	P-Factor	Var
1		0	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
2		0	1.380000	0.000000	0.300300	0.110981	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
3		0	2.250000	0.000000	0.128100	0.029036	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
4		0	1.380000	0.000000	0.065700	0.024280	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
5		0	2.250000	0.000000	0.678900	0.153884	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
6		0	1.380000	0.000000	0.071800	0.026535	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
7		0	2.250000	0.000000	0.084000	0.019040	0	1.0000	<input type="checkbox"/>
8		0	1.520000	0.000000	0.000000	0.000000	0	1.0000	<input type="checkbox"/>

図 20.1. コマンド EDI COA によって起動されるコーティングエディタ。

コーティングエディタでは、コーティングスタックの層データ（層材料、層厚さなど）のみを変更できます。コーティングスタックの使用条件（例：入射角、プロットパラメータ）は、**コーティング構成**ダイアログで定義されます。

20.2 コーティング構成 (Coating Configuration)

コーティング構成データは、薄膜多層コーティングの使用に関連します。例えば、コーティング構成データには、基準波長、入射角、プロットまたは解析波長などが含まれます。コーティング構成データを編集するためのダイアログボックスは、EDI CCFG コマンドによって呼び出されます（次のセクションのコマンド説明も参照してください）。

重要な注意: この文脈では、コーティング構成データを**システム構成データ**（EDI CNF コマンドを参照）と混同しないでください。

20.3 コーティングコマンドライン (Coating Command Line:)

EDI CCFG	コーティング構成ダイアログを開きます。
RES COA [coating_name]	<p>コーティングをファイルから復元し、メモリに保持します（レンズデータと並行して）。標準のファイル拡張子は".otc"です。拡張子がない場合、自動的に追加されます。オプションの coating_name パラメータが指定されていない場合、ダイアログボックスが開きます。メモリにロードされたコーティングは、以下の ATT コマンドを使用して光学面に適用できます。指定されたファイルは、標準のコーティングディレクトリ <code>\$i\coatings</code> に存在する必要があります。このパス情報を明示的に指定する必要はありません。有効なコーティングファイルコマンドの例：</p> <pre>res coa ar_coat.otc res coa ar_coat</pre>
	次のページに続きます

前のページから続きます	
SAV COA [coating_name]	コーティングをファイル "coating_name" に保存します。コーティングデータが保存されるデフォルトディレクトリは \$i\coatings です。この設定を変更しないでください。保存されたファイルが後でロードできなくなる可能性があります。coating_name が指定されていない場合、ダイアログボックスが開きます。
LIS MUL [sk si..j]	面に適用された多層コーティングをリストします。
DEL MUL [sk si..j]	面 sk si..j に適用された多層コーティングを削除します。削除後、面は無コーティングと見なされます。その後の偏光および透過解析では、フレネル方程式が使用されます。
EDI COA	スプレッドシートを使用してコーティングデータを編集します。
INV COA	多層コーティングを反転します (入射媒体/基板を含む)。
CREF coating_wavelength	薄膜多層コーティングスタックの基準波長 (単位: μm)。コーティングは事前にロードされている必要があります (RES COA コマンドを参照)。
OTH li..j layer_thickness	光学的厚さ (基準波長で定義された波長単位)。物理的厚さは基準波長に基づいて自動的に評価されます。
PTH li..j phys_thick	層 li..j の物理的厚さ (単位: mm)。光学的厚さは基準波長に基づいて自動的に評価されます。
INS li..j	層 i から j を挿入します。
DEL li..j	層 i から j を削除します。
GLA li..j material	層 i から j の材料 (ガラス) を指定します。
IND li..j real_index imag_index	層 i から j の複素屈折率を指定します。層材料 (GLA コマンド参照) が指定されていない場合にのみ有効です。
ATT sk si..j [FILE coating_name DEF]	メモリまたはファイルに保存された多層コーティングを面 sk si..j に適用します。コーティング名はコーティングデータを含むファイルを指します。コーティングファイルは標準のコーティングディレクトリ <i>OpTaliX</i> (通常 \$i\coatings) に存在する必要があります。オプション [FILE coating_name] がない場合、メモリに保存されたコーティングが適用されます。オプションのパラメータ DEF は、単一の 1/4 波長厚さの MgF2 層からなる「デフォルト」コーティングを指定された面に割り当てます。
次のページに続きます	

前のページから続きます	
MAN [R T A] [ANG incid_angle]	<p>多層コーティングの性能を数値解析します。解析は以下のために実行できます：</p> <p>R = 反射、 T = 透過、 A = 吸収。</p> <p>オプションパラメータ (R または T) が省略された場合、すべてのオプション (透過、反射、吸収) が出力されます。入射角 (単位：度) をオプションで指定できます。この場合、ANG 修飾子が必須です。ANG が省略された場合、コーティング構成ダイアログ (EDI CCFG 参照) で指定された入射角が使用されます。</p>
COA LAM R T RP TP	<p>波長に対する反射/透過特性をプロットします (LAM = λ)。</p> <p>R = 反射 T = 透過 RP = 反射時の位相変化 TP = 透過時の位相変化</p>
COA FLD R T	<p>視野 (すなわち入射角) に対する反射/透過特性をプロットします。使用される波長はコーティング基準波長であり、光学系の基準波長 (REF コマンド参照) とは異なります。</p> <p>R = 反射 T = 透過</p>
COA FLA R T	<p>視野 (入射角) および波長に対する反射/透過特性を 2次元の面プロットとして表示します。</p> <p>R = 反射 T = 透過</p>
COA GD R T	<p>波長に対する群遅延をプロットします。</p> <p>R = 反射 T = 透過</p>
COA GDD R T	<p>波長に対する群遅延分散 (または群速度分散) をプロットします。</p> <p>R = 反射 T = 透過</p>
FTAR	性能目標を定義します (セクション 20.9.2 、ページ 426 を参照)。
FOPT	コーティングの最適化を実行します。
CLS COA [colour...n]	<p>コーティング解析プロットで使用される色リストを選択します。指定がない場合、デフォルトの色設定が使用されます。</p> <p>例： cls coa red gre blu! S, T, 平均面に赤、緑、青を定義します。 cls coa! 指定がない場合、デフォルトのコーティング色が選択されます。</p> <p>定義済みの色とその定義については、セクション 28.1、ページ 519 を参照してください。</p>
次のページに続きます	

前のページから続きます	
EXP COA R T plane [fil filename]	<p>コーティングの反射/透過性能を ASCII 形式でファイルに保存 (エクスポート) します。</p> <p>R T は反射/透過を指定します。</p> <p>plane = 偏光面、S = s 面、P = p 面、A = 平均面 (S+P)/2</p> <p>デフォルトでは、出力はテキスト出力画面に表示されます。ファイル名が指定されている場合 ('fil' オプション)、出力は指定されたファイルに書き込まれます。</p> <p>このエクスポートオプションは、一般的なコーティング構成で設定されたパラメータ (最大角度、波長範囲など) を使用します (EDI CCFG コマンド参照)。</p> <p>例: exp coa R A fil c:\mycoat.txt: 平均偏光 (A) の反射特性 (R) をファイル c:\mycoat.txt にエクスポートします。</p>

スプレッドシート入力: スプレッドシートは、コマンド EDI COA またはメインメニュー *Coatings* -> *Edit Layers* から起動されます。

	MATERIAL	Index (real)	Index (imag.)	OTH	PTH (micron)	P-Factor	Var
1		1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.0000	<input type="checkbox"/>
2	SiO2	1.444018	0.000000	0.250000	0.268348	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>
3	TA205	1.997176	0.000091	0.250000	0.194024	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>
4	SiO2	1.444018	0.000000	0.250000	0.268348	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>
5	TA205	1.997176	0.000091	0.250000	0.194024	0.0000	<input type="checkbox"/>
6	SiO2	1.444018	0.000000	0.250000	0.268348	0.0000	<input type="checkbox"/>
7	TA205	1.997176	0.000091	0.250000	0.194024	0.0000	<input type="checkbox"/>
8	SiO2	1.444018	0.000000	0.250000	0.268348	0.0000	<input type="checkbox"/>
9	TA205	1.997176	0.000091	0.250000	0.194024	0.0000	<input type="checkbox"/>
10	SiO2	1.444018	0.000000	0.250000	0.268348	0.0000	<input type="checkbox"/>
11	TA205	1.997176	0.000091	0.250000	0.194024	0.0000	<input type="checkbox"/>
12	SiO2	1.444018	0.000000	0.250000	0.268348	0.0000	<input type="checkbox"/>
13	TA205	1.997176	0.000091	0.250000	0.194024	0.0000	<input type="checkbox"/>

図 20.2. スプレッドシートを使用したコーティングデータの編集。

列の意味は以下の通りです：

- Material** 材料はガラスカタログにある任意のガラス/材料名を指定できます。名前が空白の場合、複素屈折率を入力する必要があります。この屈折率は基準波長に基づき、すべての波長で使用されます。そのため、材料の分散は考慮されません。カタログガラス (材料名が指定されている場合) では、分散が常に考慮されます。新しい材料は、材料エディタを使用してユーザーが定義できます (セクション 20.10 を参照)。
- Index (real)** 複素屈折率の実部 n を表します。これは $(n - ik)$ として定義されます。
- Index (imag.)** 複素屈折率 $(n - ik)$ の虚部 k を表します。これは消衰係数としても知られています。

OTH	光学的厚さを表します。これは物理的厚さ PTH（定規で測定される厚さ）に材料の屈折率を掛け、基準波長で割った値です。例えば、0.25 は 1/4 波長層を意味し、光学経路が正確に 1/4 波長となります。
PTH	定規で測定される物理的厚さを表します。この列の数値は常にマイクロメートル単位です。
P-Factor	P 因子はパッキング密度を表します。薄膜材料は通常、バルク特性を持たず、顕著な柱状構造を示し、柱間に空隙が存在します。このため、膜のパッキング密度が低下し、光学特性にも影響を与えます。P 因子は 0 から 1 の範囲で、 $P = 1$ の場合、空隙が完全に材料で埋められ、バルク材料と同等になります。
Var	層の厚さを可変にするには、該当するボックスをチェックします。可変層厚は、 コーティング最適化 （リファインメント）に必要です。

20.4 新しいコーティングの作成 (Composing a new Coating)

新しいコーティング設計は、1/4 波長層を基準とした簡略表記を使用して作成できます。このオプションでは、2種類の異なる材料を指定する必要があります。これらは、大文字（記号）で表され、**H**、**L**、**A**、**B**などが使用されます。一般的に、**H**は高屈折率材料、**L**は低屈折率材料を表します。これらの記号は、HLHL や AH2LHB のような順序で組み合わせて式を作成できます。入射媒体は式の左側、基板は右側にあると仮定されます。空気と基板は常にスタックに追加され、式で指定する必要はありません。

1/4 波長以外の層厚は、基本単位の倍数で表されます。例えば、2.5H は 2.5×0.25 波長 = 0.625 波長を意味します。繰り返しの順序は括弧と指数または複製因子を使用して含めることができます。指数はキャレット記号 またはアスタリスク記号 * で示されます。例：(HL) 6 または (HL)*6。この式は解釈され、層の順序に展開されます。以下の表は、有効な簡略表記と無効な簡略表記の例を示します：

正しい例	無効な例	無効な形式に関する説明
HL	(HL)	括弧には常に指数が必要です
2HL	(H 2L)	括弧内で指数は許可されません
(HL) 2	(HL)	指数の数値が不足しています
(HL) 2 L(HL) 3	(HL) 2L(HL) 3	指数の後の空白が不足しています

指数の後に必要な空白に注意してください。これが省略されると、式は拒否されます。括弧の入れ子は許可されていません。空気と基板は常に自動的に作成されるため、必ずしも指定する必要はありません。

ダイアログベースの入力:

ダイアログボックスは、メニュー *Coatings* -> *Compose new coating* から呼び出されます。このダイアログでは、材料記号と対応する材料をドロップダウンリストから選択して入力できます。各記号は 1/4 波長の光学的厚さを表すため、厚さの入力オプションはありません。記号が定義されると、対応する簡略表記を文字列フィールドに入力できます。以下の例では、**H**、**L**、**B**の3つの材料が定義されています。

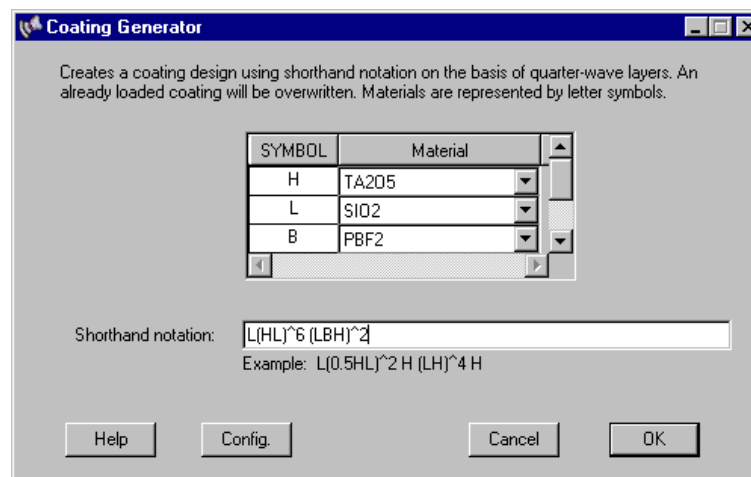


図 20.3. 新しいコーティングスタックを定義するためのダイアログボックス。記号（例：H または L）は最初に材料に割り当てられ、簡略表記（例：L(HL) 6）で使用できます。

コマンドライン入力:

FCOMP 'formula'	フィルム構成。式で記述された新しい1/4波長コーティングスタックを作成します。式には空白を含む場合があります。必ず引用符で囲む必要があります。 例: fcomp 'L(HL) 3 B(HL) 6'
FSYM symbol material	symbol を material に割り当てます。例えば、FMAT H TiO ₂ は、記号 "H" を材料 "TiO ₂ " に割り当てます。 これにより、記号 "H" を使用してコーティング式を定義できるようになります (上記の FCOMP コマンドを参照)。

20.5 光学面へのコーティングの指定 (Specifying Coatings on Surfaces)

光学面にコーティングを指定する方法は2つあります:

1. ファイルに保存されているコーティングを直接割り当てます。これはコーティング名を指定することを意味します。
2. コーティングをコーティングエディタにロードし、表示、解析、または最適化を行います。性能が十分と判断された場合、ATT コマンドを使用してレンズ面に適用します。また、"ATT sk|si..j DEF" コマンドを使用して、光学面に「デフォルト」コーティング (単一の1/4波長 M_gF_2 層) を割り当てることもできます (以下のコメントも参照)。

デフォルトでは、空気-ガラスの面は無コーティングと見なされます。反射面 (ミラー、REFL を参照) および全反射面 (TIR) では、100% の反射率が仮定されます。

20.5.1 デフォルト (単層 M_gF_2) コーティング (Default (Single Layer M_gF_2) Coating)

ユーザー定義のコーティングに加えて、「デフォルト」コーティングを光学面に割り当てることができます。デフォルトコーティングは、基準波長を中心とした単一層の1/4波長 M_gF_2 層で構成されています (セクション 17.1 も参照してください)。

コマンドラインでは、単層 (M_gF_2) コーティングを定義し (つまり、面に割り当てる) には以下を使用します:

```
ATT sk|si..j DEF
```

面エディタでは、「Coating」とラベル付けされた列に「DEFLOAT」と入力します (図 20.4 を参照)。

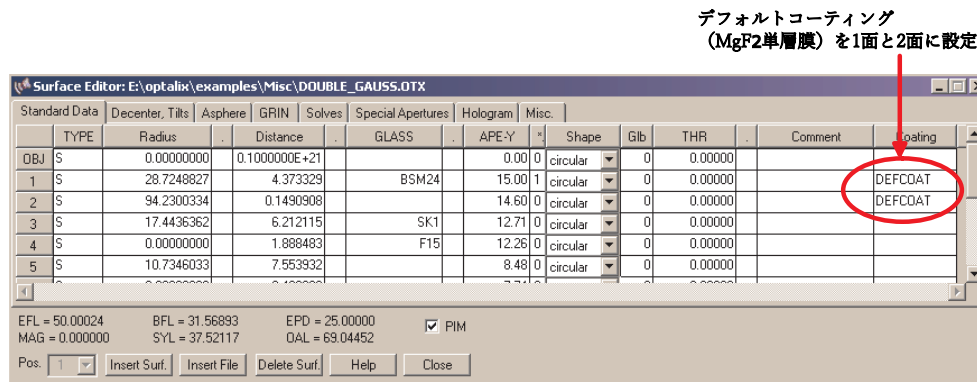


図 20.4. 面エディタで「デフォルト」コーティング（単一の 1/4 波長層 MgF₂）を定義する。

詳細については、セクション 8.36.1 を参照してください。

20.6 コーティングによる位相変化 (Phase Changes introduced by Coatings)

偏光レイトレーシングが有効 (POL YES) な場合、コーティングで発生する位相変化は光路長に自動的に考慮されます。つまり、光学面に適用されたコーティングの有限厚さによって導入される光路差は、光路長 (OPL) に加算されます。これにより、コーティングが面に適用されているかどうかに応じて、異なる光路差 (OPD) や回折解析結果 (MTF、PSF など) が得られる可能性があります。

通常、コーティングで発生する位相変化は無視できますが、高開口数システムや広角システムでは、光学面への入射角が急峻な場合、コーティングが位相 (波面) 応答に顕著な影響を与えることがあります。

20.7 コーティング厚さの変動 (Coating Thickness Variation)

通常、薄膜スタック内の層の厚さは、レンズ面全体で均一であると仮定されます。しかし、実際には、この仮定が成り立たない特殊な条件が存在する場合があります。例えば、急峻な曲面では、均一にコーティングすることが非常に困難です。堆積プロセスの影響で、曲面の外周部ではコーティングスタック全体の厚さが薄くなる傾向があります。その結果、面頂点 (通常、光線がほぼ垂直に当たる場所) とレンズの縁部では、コーティングの性能 (反射率、透過率、位相) が異なる可能性があります。

コーティング厚さの変動による最も顕著な影響は、透過率と反射率に現れます。しかし、コーティング厚さの変動によって誘発される位相効果は、強い曲面や広角システム、または回折限界システムなどにおいて、システム全体の性能に影響を与える可能性があります。

この効果をモデル化するために、コーティングの厚さプロファイルを多項式関数で指定することができます。以下の 2 つの形式が利用可能です：

- 放射状厚さ変動 (回転対称性を持つ厚さ変動)
- 面上で回転対称性を持たない厚さ変動

ヒント: コーティング厚さの変動を波面、PSF、MTF などの解析に含めるには、“POL Y” および “TRA Y” (引用符なし) コマンドを使用してください。

20.7.1 放射状厚さ変動 (Radial Thickness Variation)

コーティングの全体的な厚さは、面上の放射状座標に基づいて以下の式で記述されます：

$$s_c = a_1 + a_2 r^2 + a_3 r^4 + a_4 r^6 + a_5 r^8 \quad (20.1)$$

ここで、 s_c は名目上のコーティング厚さのスケーリング係数を表し、 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ は面頂点から測定された放射状座標です。指定されたコーティングスタックのすべての層は、 s_c によってスケーリングされます。スケーリング係数 s_c は通常 0 から 1 の範囲の値であることが期待されます。 s_c の負の値は許可されず、解析では $s_c = 0$ に設定されます。係数 a_i は以下のコマンドで指定されます：

CTV NO RAD XY sk si..j ck ci..j coeff_1 coeff_2 ...	
	<p>コーティング厚さ変動は、放射状 (RAD) または非対称 (XY) の多項式で定義されます。式 20.1 に示されるように、係数 coeff_1、coeff_2 などを入力します。コーティング厚さ変動は、$C1 = 1$ で他のすべての係数がゼロの場合に面から削除されます。</p> <p>例：</p> <pre>ctv rad s3 c2 -0.002 ctv rad s3 c2..5 0.01 0.02 0.03 ctv xy s2..3 c4 -0.002</pre> <p>非対称 (XY) コーティング厚さ変動の説明については、セクション 20.7.2 を参照してください。</p>
EDI CTV	コーティング厚さ変動の係数をスプレッドシートエディタで編集します。
PLO CTV sk [style]	<p>指定された面 sk のコーティング厚さ変動 (CTV) をプロットします。プロットは、オプションのパラメータ style によって指定されるさまざまなスタイルで作成できます：</p> <p>WIR : ワイヤフレーム、 CON : 等高線プロット、 FAL : 疑似カラー表示、 XY : X 方向および Y 方向のスライス。</p> <p>デフォルトのプロットスタイルはワイヤフレームです。</p>
POL Y N]	偏光解析を有効化/無効化します。コーティング厚さ変動が波面に与える影響を解析する場合は、偏光解析を有効化 (pol y) してください。

関連コマンドも参照してください：

例：

コーティング厚さが放射状の二次関数で減少する場合は仮定します。レンズの縁部でのコーティングスタックの厚さが頂点での厚さの 70% に減少するとします。つまり、縁部での厚さスケーリング係数は 0.7 です。式 20.1 から以下を得ます：

$$0.7 = a_1 + a_2 r^2$$

さらに、レンズの直径が 50 mm ($r = 25\text{mm}$) であると仮定すると、

$$0.7 = a_1 + a_2 \cdot 25^2$$

厚さスケール係数 s_c が $r = 0$ (頂点) で 1 でなければならないため、 a_1 は 1 である必要があります。その後、 a_2 は以下で計算されます:

$$a_2 = \frac{s_c - 1}{r^2} = \frac{0.7 - 1}{25^2} = -0.00048$$

この例のコマンドは次のようになります (面 3 でのコーティング厚さ変動を仮定):

```
ctv s3 c1 1          ! a1 = 1
ctv s3 c2 -0.00048 ! a2 = -0.00048
```

20.7.2 非対称厚さ変動 (Non-symmetrical Thickness Variation)

ほぼ任意の (非対称) コーティング厚さ変動は、以下の形式の 2 次元多項式でモデル化できます:

$$s_c = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3 + a_5y + a_6y^2 + a_7y^3 + a_8xy + a_9x^2y + a_{10}xy^2 \quad (20.2)$$

ここで、 s_c は名目上のコーティング厚さのスケール係数を表し、 x と y は面頂点から測定された物理座標です。指定されたコーティングスタックのすべての層は、 s_c によってスケールされます。係数 a_1 から a_{10} は、前のセクション 20.7.1 (ページ 424) で説明されている CTV コマンドで指定されます。

特定の面でのコーティング厚さ変動は、PLO CTV コマンドを使用してプロットできます。コーティング厚さ変動 (CTV) が波面に与える影響を確認するには、POL Y を設定してください。

20.8 光学コーティングにおける位相の考慮 (Accounting for the Phase in an Optical Coating)

光学系内の波面は、コーティングの種類、入射角、波長に応じて光学コーティングによって歪む可能性があります。光学コーティングは光学系に追加の位相効果をもたらし、特にコーティング層の厚さが堆積領域全体で均一でない場合、波面に大きな影響を与える可能性があります。残念ながら、位相がどの面に基づいているかについての一般的に受け入れられた方法はありません。それはコーティングの入射面に基づく場合もあれば、コーティングの出射面に基づく場合もあります。定義に応じて、コーティングスタックの幾何学的厚さを位相/波面表現に正確に含める必要がある場合とない場合があります。

一般に、光学コーティングによって導入される位相は以下で表されます:

$$\Phi_{wf} = \Phi + \frac{2\pi n_0 \cdot d \cdot \cos(\theta_0)}{\lambda} \quad (20.3)$$

ここで、 Φ は通常薄膜コードによって計算される位相、 n_0 は入射媒体の屈折率、 d はコーティングの総厚さ、 θ_0 はコーティングへの入射角を表します。

OpTaliX は、MacLeod パッケージで定義された規約を使用しており、式 20.3 の幾何学的項 (右側の項) はすでに位相結果に含まれています。他の薄膜パッケージでは異なる定義が使用される場合があります、注意深く確認する必要があります。

20.9 薄膜の最適化 (リファインメント) (Thin Film Optimization (Refinement))

最適化は、設計性能を向上させるためのプロセスです。このプロセスには、既存の初期設計が必要です。最適化は、他の方法 (例: 「ニードル」法、シミュレーテッドアニーリング、または「Optimac」のように、層を自動的に追加してシステムをゼロから構築する方法) で可能なようなコーティング設計の合成を行うものではありません。

20.9.1 変数 (Variables)

変数は層の厚さを指します。これらはコーティングスプレッドシートエディタで定義できます。適切なボックスにチェックを入れると、最適化中に層厚が可変になります。チェックを外すと、最適化中に厚さは変更されません。コーティングデータの編集については、ページ 420 を参照してください。

20.9.2 目標 (Targets)

コーティングの最適化 (リファインメント) には、まず目標性能の定義が必要です。実際の性能は目標と比較され、実際の性能と要求される性能の差がメリット関数によって表現されます。コーティング最適化では、目標は離散波長での反射率または透過率の値の一連のデータとして定義されます。複雑な設計では多くの目標が必要になるため、目標の定義をサポートするダイアログボックスが用意されています。このダイアログは、メインメニューの *Coatings* → *Targets* から呼び出されます。

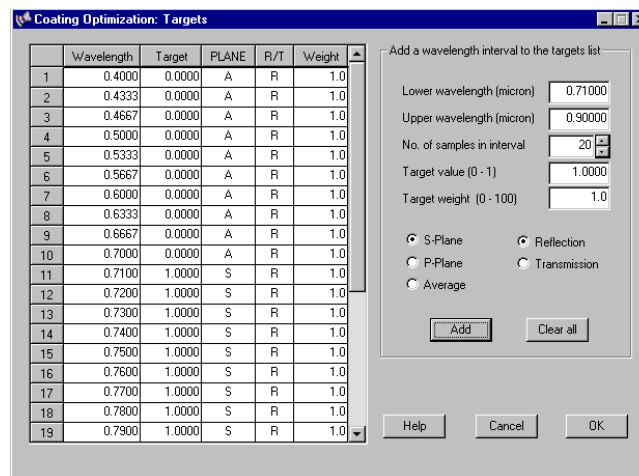
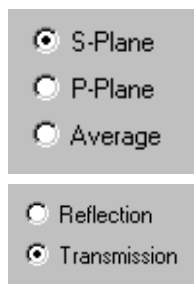


図 20.5. 目標設定ダイアログボックス。

目標は、波長範囲とその範囲内の波長数を指定することで作成されます。この範囲内の目標値は、0 から 1 の間で指定できます。これは、それぞれ 0% または 100% の透過率または反射率に対応します。目標は、以下のラジオボタンを選択することで、S 面、P 面、または S 面と P 面の平均値に基づいて設定できます：



S面: 目標はS面（ドイツ語の「senkrecht」）のみを対象とします。
P面: 目標はP面（ドイツ語の「parallel」）のみを対象とします。
平均値: 算術平均 (S+P) / 2 が使用されます。

透過率または反射率の値を使用するかどうかを選択します。

重みは通常 1 に設定されますが、0 から 100 の間で設定可能です。重みが 0 の場合、その性能目標はメリット関数に寄与しません。重みが高いほど、目標からの性能の偏差がメリット関数により大きく影響を与えます。

追加ボタンを押すと、目標が作成されます。異なる目標（反射、透過、S面、P面、または平均値）を持つ複数の波長範囲を組み合わせて、より複雑な性能制約を定義できます。

すべてクリア: このボタンを押すと、すべての目標がクリアされます。

目標の削除: 個々の目標は、目標テーブルで行を選択して削除できます。たとえば、2行目から3行目の変数（行）を削除するには、まず行ラベル2をクリックして行全体を選択し、次に Shift キーを押しながら行ラベル3をクリックします。行2と3が黒くマークされます。キーボードの **Del** ボタンを押すと、行が削除されます。また、**Ctrl-X** を使用して行を削除し、削除された行の内容をクリップボードにコピーすることもできます。

20.9.3 コーティング最適化の実行 (Run Coating Optimization)

変数と性能目標を定義した後、コーティングを最適化（リファインメント）できます。これは、コマンドラインで FOPT を入力するか、メインメニューから *Coatings* -> *Optimize coating* を選択することで実行されます。

FOPT [n_iter]	薄膜の最適化を実行します。このコマンドを使用するには、 目標と変数 が適切に設定されている必要があります。最適化は、n_iter サイクル後に停止します。これは、局所的な最小値に到達したかどうかに関係なく実行されます。n_iter が省略された場合、最適化は明らかな（局所的な）最小値で停止します。
---------------	--

20.10 コーティング材料エディタ (Coating Material Editor)

コーティング材料エディタは、薄膜で使用される材料のデータベースを管理します。OpTaliX は、変更できない事前定義されたコーティング材料のライブラリと、編集、追加、新規材料の作成、不要な材料の削除が可能なユーザー定義のコーティング材料ライブラリを提供します。薄膜材料は分散性と吸収性の両方を持ちます。これは、分散特性のみでモデル化されるレイトレーシングで使用される「従来の」ガラスとの主な違いです。例えば、BK7 のような「従来の」ガラスは、分散係数が有効な波長範囲内で吸収がほとんど無視できる程度です。

「従来の」ガラスとは異なり、薄膜材料は屈折率 n と消衰係数 k (すなわち、複素屈折率の虚部) によって定義されます。これらは波長 λ (単位: マイクロメートル) に対して指定されます。必要に応じて、値は補間または外挿されます。補間は線形で行われ、外挿では材料テーブルの最後の値が保持されます。薄膜材料の計算では、分散式ではなく線形補間が使用されます。これは、

関与する材料や条件が非常に多様であるためです。例えば、金属は一般的な分散式（[Sellmeier](#) や [Herzberger](#) 方程式など）では表現できません。これらの式は、非吸収性（誘電体）材料の限られたスペクトル領域でのみ有効です。

ユーザー定義の薄膜材料は、コーティング材料エディタで編集できます。このエディタは、メインメニューの *Coatings* → *Material Editor* からまたはコマンドラインで以下を入力して起動されます：

EDI CMAT	コーティング（薄膜）材料を編集します。このコマンドは、 図 20.6 に示すダイアログボックスを開きます。各材料は最大 100 組の (n, k) ペアで定義できます。波長は等間隔である必要はありません。
----------	--

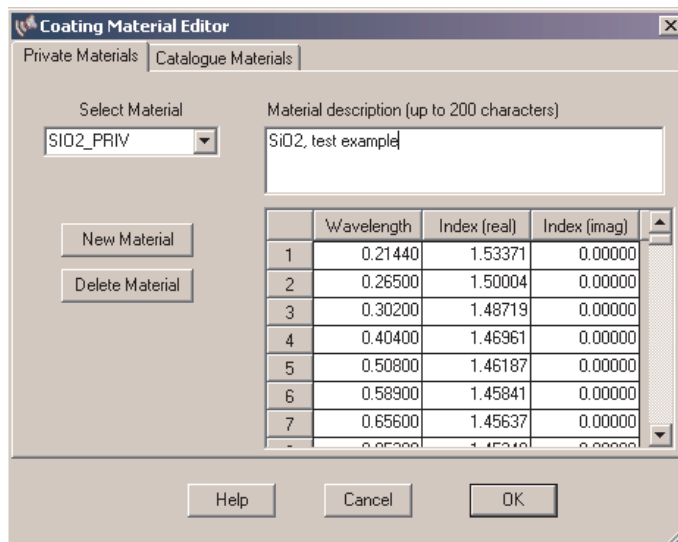


図 20.6. コーティング材料を定義するためのエディタ。

20.11 コーティング屈折率プロファイル (Coating Index Profile)

屈折率と厚さの関係をプロットします。屈折率プロファイルでは、入射媒体（通常は空気）が左側に、出射媒体または基板が右側に配置されます。

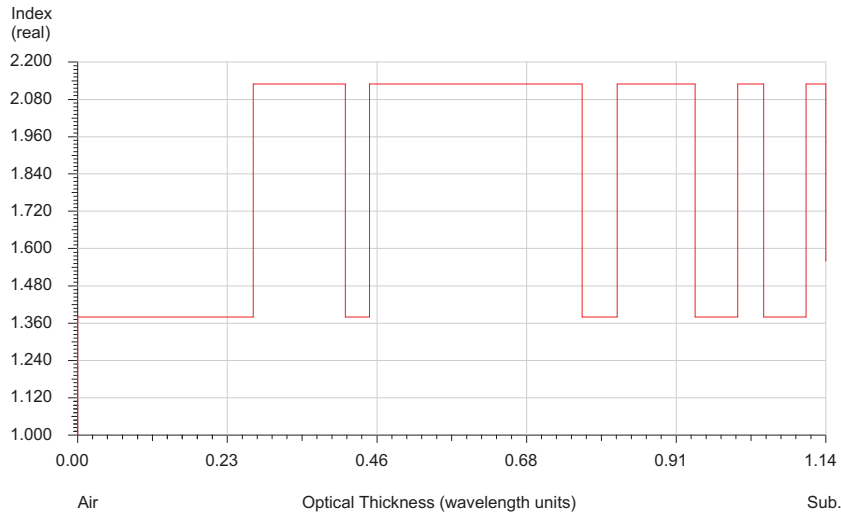


図 20.7. コーティング屈折率プロファイル

屈折率プロファイルは、実部、虚部、または両方の成分を同時に表示することができます。

20.12 コーティング性能データのエクスポート (Export Coating Performance Data)

光学コーティングの性能（反射、透過、位相）を Excel スプレッドシートにエクスポートできます。コマンドラインからは、以下のコマンドを使用します：

MAN R T XLS file_name	多層解析を実行し、透過/反射/位相性能を Excel スプレッドシートにエクスポートします。 例： man r xls c:\temp\refl.xls
-----------------------	--

メニューからは、*Coatings / Reflection / Numeric, as Excel file* を選択します（図 20.8 を参照）：

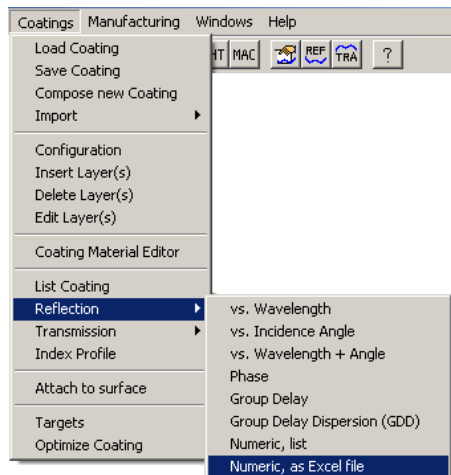


図 20.8. コーティング性能を Excel にエクスポートするためのメニュー。

20.13 基本的な関係式 (Basic Relations)

一般に、薄膜コーティングは、特定の方向に垂直な各平面内で特性が一定である媒体であり、層状媒体と呼ばれます。このセクションで提示される計算手法は、Macleod [32] による処理に基づいています。類似の処理は、Born と Wolf [4] にも見られます。

薄膜の一方の境界における電場 E と磁場 H は、他方の境界における電場 E' と磁場 H' に 2 つの線形連立代数方程式によって関連付けられます。これを行列形式で表すと次のようになります：

$$\begin{pmatrix} E \\ H \end{pmatrix} = M_j \cdot \begin{pmatrix} E' \\ H' \end{pmatrix} \quad (20.4)$$

ここで、 M は個々の層 j に対する特性行列です：

$$M_j = \begin{bmatrix} \cos(\delta_j) & -\frac{i}{p_j} \sin(\delta_j) \\ -ip_j \sin(\delta_j) & \cos(\delta_j) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \quad (20.5)$$

m 層を含む多層スタックの場合、反射率、透過率、および位相特性の計算には、特性行列の連続的な積が必要です：

$$\begin{bmatrix} B \\ C \end{bmatrix} = \left\{ \prod_{j=1}^m \begin{bmatrix} \cos(\delta_j) & -\frac{i}{p_j} \sin(\delta_j) \\ -ip_j \sin(\delta_j) & \cos(\delta_j) \end{bmatrix} \right\} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ p_{sub} \end{bmatrix} \quad (20.6)$$

with

$$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$N_j = n - ik$ は層 j の複素屈折率。 n は実屈折率であり、 k は消衰係数として知られています。 k は吸収係数 α と $\alpha = 4\pi k/\lambda$ の関係にあります。

d_j は層 j の物理的厚さ

θ_j は層 j の境界での屈折角。スネルの法則により $n_0 \sin \theta_0 = n_j \sin \theta_j$ で与えられます。ここで、添字 0 は入射媒体を示します。

$$\delta_j = 2\pi N_j d_j \cos \theta_j / \lambda$$

$$i = \sqrt{-1}$$

TE 波（横電磁波）および TM 波（横磁波）に対して異なる特性行列を得ます。TE 波の場合、 $p_j = N_j / \cos \theta_j$ を設定します。TM 波の場合、同じ方程式が適用されますが、 p_j を $q_j = N_j \cdot \cos \theta_j$ に置き換えます。薄膜の反射係数および透過係数は次のように得られます：

$$r = \frac{m_{11}p_0 + m_{12}p_0p_{sub} - (m_{21} + m_{22}p_{sub})}{m_{11}p_0 + m_{12}p_0p_{sub} + (m_{21} + m_{22}p_{sub})} = \frac{p_0B - C}{p_0B + C} \quad (20.7)$$

$$t = \frac{2p_0}{m_{11}p_0 + m_{12}p_0p_{sub} + (m_{21} + m_{22}p_{sub})} = \frac{2p_0}{p_0B + C} \quad (20.8)$$

r と t を用いると、反射率および透過率は次のように表されます：

$$\mathcal{R} = |r|^2 = \frac{(p_0B - C)(p_0B - C)^*}{(p_0B + C)(p_0B + C)^*} \quad (20.9)$$

$$\mathcal{T} = \frac{p_0}{p_{sub}} |t|^2 = \frac{4p_0 \text{Real}(p_{sub})}{(p_0 B + C)(p_0 B + C)^*} \quad (20.10)$$

r の位相 ϕ_r は反射時の位相変化と呼ばれ、 t の位相 ϕ_t は透過時の位相変化と呼ばれます。位相変化 ϕ_r は最初の不連続面に基づき、位相変化 ϕ_t は層状媒体と最後の半無限媒体の境界面に基づきます。

各入射面（S面およびP面）に対して異なる位相変化があり、反射および透過時の位相変化は次のように得られます：

$$\begin{aligned} \phi_r &= \phi_{r(S-plane)} - \phi_{r(P-plane)} \\ \phi_t &= \phi_{t(S-plane)} - \phi_{t(P-plane)} \end{aligned} \quad (20.11)$$

層が 1/4 波長の厚さである場合、特に単純な結果が得られます。いくつかの特殊なケースを以下にまとめます（ n_0 = 入射媒体の屈折率、 n_s = 基板の屈折率）：

単層で反射率ゼロを達成する条件 $n_1 = \sqrt{n_0 \cdot n_{sub}}$

ダブルクォーターで単一の最小値、
反射率ゼロを達成する条件 $\frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{n_{sub}}{n_0}}$

ダブルクォーターで二重の最小値、
反射率ゼロを達成する条件 $n_1 \cdot n_2 = n_0 \cdot n_{sub}$

トリプルレイヤーで最小反射率を達成する条件：
 $n_1 \cdot n_3 = n_0 \cdot n_{sub}$
 $n_2^2 = n_0 \cdot n_{sub}$

第21章

環境解析 – Environmental Analysis –

環境解析は、温度や圧力の変化によりレンズデータが変化することを考慮します。変更されたシステムは、例えば画像評価など、すべての後続の解析の基礎となります。変更されたシステムは保存可能であり、また、アクティブ補償スキームをテストするための最適化も実行できます。環境パラメータは、光学系全体または個々の部分に適用して、温度や圧力の勾配をモデル化することができます。

すべてのレンズデータにおける初期条件を以下に示します：

- ノミナル（基準）温度は 20°C です。
- オブジェクト空間およびイメージ空間を含むすべての空間は、海面気圧 ($1013.25 \cdot 10^9 \text{ Pa}$) の空気で満たされています。
- 空気の屈折率は 1.0 と見なされます。これはガラスカタログでも仮定されている値です。セクション 13.8 も参照してください。

これらの条件は明示的に入力する必要はなく、デフォルトとして仮定されます。温度や圧力が変更されると、すべてのデータは相対屈折率から真空を基準とした絶対屈折率に変換されます。この変換は自動的に行われ、ユーザーの操作は必要ありません。他に環境の変更が光学系に加えられない場合（すなわち、 20°C 、 760 mm Hg のままの場合）、このプロセスの前後で同じ光学的な結果が得られます。唯一の違いは、屈折率が真空を基準として参照されるようになることです。例えば、コマンド `TEM sa 20` は、すべての面に 20°C の温度を割り当てます。しかし、これは初期のデフォルト条件であり、システムは同じ光学性能を示す必要があります。面リスト（LIS 参照）は、その後、真空を基準とした屈折率を報告します。例えば、空気は可視光スペクトルで約 1.000273 の屈折率を持ちます。空気間隔は、自動的に事前に保存された「材料」AIRで満たされ、空気の（小さな）分散を考慮します。

21.1 温度分布 (Temperature)

温度分布は、特定の範囲の面または光学系全体に割り当てることができます。

<p>TEM si..j sa temperature</p>	<p>面 si..j における温度を設定します。システムデータは即座に変更されます！ 温度勾配は、個々の面範囲 si..j に異なる温度を割り当てることでモデル化できます。</p> <p>例: TEM sa 30 ! すべての面の温度を 30°C に設定します。</p>
<p>DEL TEM si..j sa</p>	<p>面 si..j またはすべての面 (sa) の温度データを削除します。構造データは前の温度状態から保持されます。例えば、より高い温度 (例えば 80°C) でのレンズの温度データを削除すると、拡張された温度レベルでのすべての構造データが保持されます。室温 (20°C) でのレンズ状態を復元するには、最初にコマンド TEM sa 20 を適用し、その後温度データを削除 (DEL TEM sa) してください。</p>
<p>EXC si..j sa expansion_coef または CTE si..j sa expansion_coef</p>	<p>取り付け部、ガラス、または面 si..j の線膨張係数。指数は 10^{-6} と仮定されます。</p>
<p>EXM si..j sa expansion_coef</p>	<p>表面鏡に対する線膨張係数。指数は 10^{-6} と仮定されます。指定された面 si..j またはすべての面 sa に適用されます。</p>
<p>EXR sk si..j ref_expansion_coef</p>	<p>グローバル参照距離の線膨張係数。詳細な説明はセクション 21.1.2 を参照してください。 <code>3 es3[idxa]EXR@EXR</code></p>
<p>DNDT si..j wi..j dndt DNDT si..j dndt(w1) ... dndt(wn)</p>	<p>ガラスカタログに係数がない場合、絶対的な dn/dT 値を明示的に入力します。指数は 10^{-6} と仮定されます。2番目の形式では、システム波長が指定された順序でデータを期待します。したがって、3つの波長が定義されている場合、3つの dndt 値を入力する必要があります。2番目のコマンド形式で入力された dndt 値がシステム波長より少ない場合、残りの波長については $dn/dT = 0$ が仮定されます。</p> <p>例 1: <code>dndt s3 w1..5 -1.5</code> 例 2: <code>dndt s3 1.5 2.5 3.5</code></p> <p>DNDT を LDI 項目としてクエリする方法については、セクション 27 (ページ 507) を参照してください。絶対および相対的な dndT に関するさらなる情報は、セクション 13.2 (ページ 246) に記載されています。</p>
<p>次のページに続く</p>	

前のページから続く	
DNDTC si..j c1..c6	面 si..j に対する dn/dT 係数を入力します。係数は式 13.17 の D_0, D_1, D_1, E_0, E_1 です。このコマンドの使用は、カタログガラスモデルに dn/dT データが利用できない場合にのみ推奨されます。このコマンドでは、係数が特定の面に割り当てられ、通常のカatalogガラスには割り当てられないことに注意してください。

温度が変化すると、すべてのガラス要素は線膨張係数 (EXC) に従って膨張または収縮します。曲率半径、軸方向の厚さ、開口半径、および非球面係数は次の式に従って変化します。

$$L(T + \Delta T) = (1 + \alpha \cdot \Delta T) \cdot L_0 \quad (21.1)$$

ここで、 L は変化した温度での長さ、 T は基準温度、 ΔT は温度変化、 α は線膨張係数です。すべての空気間隔は、対応する軸方向の厚さの変化を計算し、その厚さの変化を軸方向の間隔に加えることで変更されます。強く湾曲した面の場合、スペーサーの長さは軸方向の空気間隔と大きく異なる場合があります。この場合、適切な線膨張係数 (CTE) を持つ補助面を使用し、正確なスペーサー膨張をモデル化する必要があります。

前の面にグローバル参照されている面の場合、参照厚さ (THR) は、参照面の線膨張係数 EXR に従って変更されます (セクション 21.1.2 も参照してください)。

取り付け材料の線膨張係数は、常に EXC コマンドを使用して明示的に入力する必要があります。前面鏡の線膨張係数は、EXM コマンドを使用して明示的に入力する必要があります。

屈折率は、ガラスの対応する dn/dT 係数に従って変化します。 dn/dT 係数は各ガラス/材料に固有であり、利用可能な場合はガラスカタログから取得されます。利用できない場合はゼロに設定されるか、DNDT コマンドを使用して明示的に入力することができます。

21.1.1 ズームされたパラメータへの温度の影響 (Temperature Effects on "zoomed" Parameters (Multiconfiguration))

ズーム/マルチコンフィギュレーション環境で定義されたパラメータの温度変化は、温度に応じて自動的に調整されます。ただし、サポートされるパラメータの範囲は限られています。

THI, THR

これらの2つのパラメータは、クラシックな可変焦点レンズシステムに典型的なコンポーネントの軸方向移動をモデル化することを可能にします。

21.1.2 グローバル参照における膨張係数 (Expansion Coefficients on Global References)

光学系の熱的挙動に関する特定の要件を満たすために、例えば無熱化 (athermalization) など、単一のレンズやレンズ群を分離されたハウジングに取り付ける特殊な取り付け技術が必要になる場合があります。

異常な熱膨張係数を持つハウジング材料が使用されることが多く、駆動機構を使用せずに焦点を維持する (パッシブ無熱化) が可能です。

温度が変化すると、レンズ (またはレンズ群) は他の面、通常は直前の面以外の面に対して相対的に移動する場合があります。この結果、2つのレンズ間の空気間隔の変化は、ハウジング材料の熱膨張によって決定されるのではなく、より複雑な関係に従います。

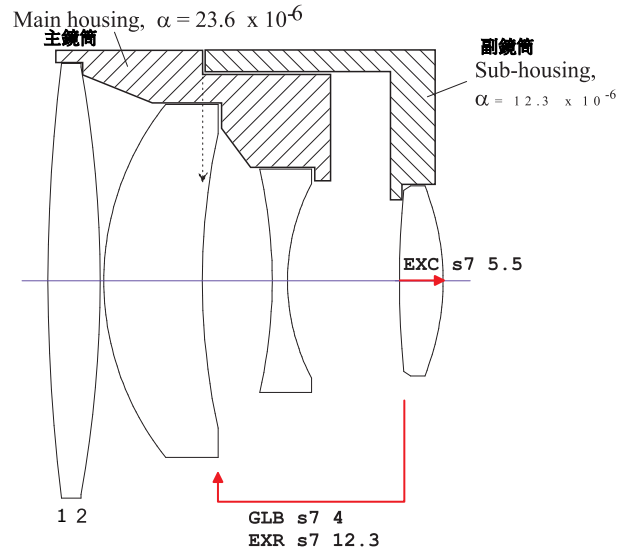


図 21.1. グローバル参照面を使用した熱膨張のモデル化

図 21.1 は単純な光学系を示しており、最後のレンズ（面 7-8）は、メインハウジングの面 4 付近のフランジに取り付けられた別のハウジングに取り付けられています。メインハウジングとレンズ 4 のサブハウジングが異なる材料で作られている場合、3 番目と 4 番目のレンズ間の空気間隔は、関与する 2 つの材料の膨張差に応じて変化します。

この光学-機械構成を適切にモデル化するために、面 7 は面 4 にグローバル参照されています。グローバル参照の一般的な説明については、セクション 8.22（ページ 135）も参照してください。面 6 と 7 の間の空気間隔の膨張係数を指定する代わりに、面 7 から面 4 までの参照長さの膨張係数を直接指定します。これが EXR であり、常に現在の面より前の面を参照します。言い換えれば、EXR は参照厚さ (THR) の線膨張係数です。

21.2 環境圧力 (Pressure)

圧力プロファイルは、特定の範囲の面または光学系全体に割り当てることができます。軸方向に不均一な圧力プロファイルは、異なる面範囲に異なる圧力を割り当てることで実現できます。

PRE si..j sa pressure	面 si..j またはすべての面 (sa) における圧力 (mmHg 単位)。例: PRE sa 760 は、圧力を 760 mmHg (標準圧力) に設定します。
DEL PRE si..j sa	面 si..j またはすべての面 (sa) の圧力データを削除します。

第22章

公差解析 – Tolerancing –

光学部品の寸法範囲を決定することで、性能要件を満たすことを目指します。公差とは、製造上の考慮事項に関連する設計データの変動を指します。慎重な公差設定は、完成品で性能が維持されることを保証するために設計者にとって重要です。さまざまな公差は、製造誤差の影響を評価するために任意の組み合わせで使用できます。光学系設計データの公差摂動は、常に現在割り当てられている値から取得されます。公差はレンズファイルに自動的に保存されます。光学系の公差設定における最も一般的な影響は、過小仕様（必要なものを不完全に記述すること）と過剰仕様（必要以上に厳しい公差を設定すること）の2つです。このため、公差を定義することは、以下の制約によって課される限界の間での複雑なプロセスとなります。

- a) 光学系の性能要件
- b) 応用によって正当化される費用と時間

ガイドラインとして、公差は光学系の満足な性能を満たす要件が許す限り大きく設定するべきです。OpTaliX で利用可能な公差計算は、以下の3つのカテゴリに分けられます：

- 感度解析
- 逆公差解析
- モンテカルロ解析

これらすべてのカテゴリは、**公差項目**（セクション 22.1, ページ 437）と**公差基準**（セクション 22.2, ページ 444）の定義を必要とします。これらは次の2つのセクションで説明されています。

22.1 面公差項目 (Surface Tolerance Items)

面に割り当てられた公差項目は、コマンド EDI TOL を使用して編集できます。このコマンドはダイアログボックスを呼び出します。また、以下に説明するようにコマンドラインで直接指定することも可能です。各公差項目の詳細な定義は、以下の表および次のセクションで説明されています。

EDI TOL	面公差を編集するためのダイアログボックスを開きます。
DEL TOL [si..j]	指定された面 si..j に存在するすべての種類の公差を削除します。 例: del tol s1..3 !面1から3の公差を削除します。 del tol sa !すべての面の公差を削除します。
DLF si..j tol_testplate_fit	テストプレート適合の公差 ($\lambda = 546nm$ でのフリンジ単位) をクリアアパーチャ全体で指定します。詳細はセクション 22.1.3 を参照してください。ISO 10110 表記では、DLF は A 値に直接対応します。例えば、3/ A (B,C) は 3/ DLF (B,C) と同義です。テストプレート適合の感度は、TSF 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 395 参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
IRR si..j total_irregularity ,.	円筒形不規則性の公差 ($\lambda = 546nm$ でのフリンジ単位)。球面の不規則性は、球面性からの逸脱を測定します。詳細はセクション 22.1.4 を参照してください。面不規則性の感度は、TSI 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 395 参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
SYM si..j symmetrical_irregularity	対称非球面不規則性の公差 ($\lambda = 546nm$ でのフリンジ単位)。ISO 10110 表記では、SYM は C 値に直接対応します。例えば、3/ A (B,C) は 3/ A (B,SYM) と同義です。
DLT si..j tol_thickness	軸方向厚さの公差 (単位: mm)。面間の軸方向厚さの変化の影響を示します。ある面に適用された厚さの公差は、後続の面も移動させます。ただし、後続の面が他の前の面にグローバル参照されている場合は除きます。詳細はセクション 22.1.6 および 22.1.7 を参照してください。 また、面不規則性の感度は、TST 関数を使用して最適化に含めることが可能です (ページ 395 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DTR si..j tol_ref_thickness	(グローバル) 参照厚さの公差 (THR を参照)、単位: mm。参照厚さの変化の影響を示します。このオプションは、前の面にグローバル参照されている面のみ適用されます。詳細はセクション 22.1.6 および 22.1.7 を参照してください。
次のページに続く	

前のページから続く	
DLN si..j tol_index	基準波長での屈折率の公差。許容値 tol_index は、名目屈折率との差として絶対値で指定されます。 例: dln s3 0.001 ! 屈折率を 0.001 増加させます。 また、面不規則性の感度は、TSN 関数を使用して最適化に含めることが可能です (ページ 395 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DLV si..j tol_V_number	分散の公差。許容値は名目アッペ数 v_d の分数として指定されます。 例: dlv s3 0.008 ! アッペ数を 0.8% 変更します。 また、分散の感度は、TSV 関数を使用して最適化に含めることが可能です (ページ 395 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DLR si..j tol_radius	絶対半径の公差 (単位: mm)。
HOM si..j tol_homogeneity	屈折率均一性の公差 (単位: 10^{-6})。詳細はセクション 22.1.9 (ページ 443) を参照してください。また、屈折率均一性の感度は、TSH 関数を使用して最適化に含めることが可能です。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
AXG si..j tol_axial_grin	軸方向の線形屈折率勾配の公差。
RAG si..j tol_radial_grin	半径方向の二次屈折率勾配の公差。
DLX si..j tol_x_decenter	X 方向の変位の公差 (単位: mm)。X 方向変位の感度は、TSX 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 395 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DLY si..j tol_y_decenter	Y 方向の変位の公差 (単位: mm)。Y 方向変位の感度は、TSY 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 396 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DLZ si..j tol_z_decenter	Z 方向の変位の公差 (単位: mm)。DLZ は厚さの公差と同等です。また、Z 方向変位の感度は、TSZ 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 396 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DLA si..j tol_a_tilt	X 軸周りの傾き (α -tilt) の公差 (単位: 分)。X 軸周りの傾きの感度は、TSA 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 396 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
次のページに続く	

前のページから続く	
DLB si..j tol_b_tilt	Y 軸周りの傾き (β -tilt) の公差 (単位: 分)。Y 軸周りの傾きの感度は、 TSB 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 396 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。
DLG si..j tol_c_tilt	Z 軸周りの傾き (γ -tilt) の公差 (単位: 分)。Z 軸周りの傾きの感度は、 TSG 関数を使用して最適化に含めることも可能です (ページ 396 を参照)。このオプションを使用すると、このパラメータの公差感度を最小化することが可能です。

22.1.1 公差エディタ (Tolerance Editor)

面公差項目、[公差基準](#)、および[補正項目](#)の編集は、メニュー「Edit -> Tolerances」から、またはツールバーの「TOL」ボタンをクリックすることで行えます。図 22.1 に示すダイアログボックスが表示されます。

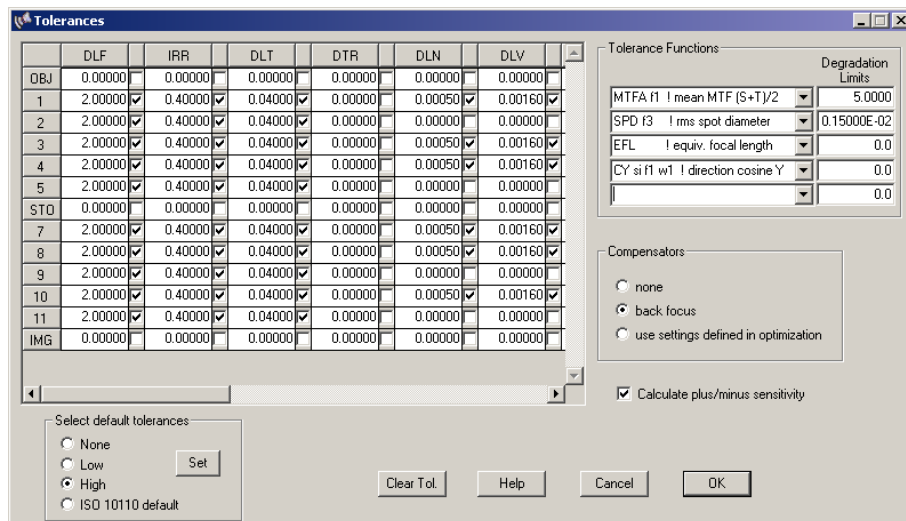


図 22.1. 面公差項目と公差基準を編集するためのスプレッドシート。

面公差は、行 (面) と列 (公差の種類) に入力されます。各公差は、各公差フィールドの右側にあるチェックボックスを有効にする必要があります。フィールドが未チェックの場合、その公差は後続の公差解析で使用されません。

さまざまなグレードのデフォルト公差を面に割り当てることができます (セクション 22.1.2 を参照)。

最大 8 つの性能基準をプルダウンメニューから任意に選択できます。図 22.1 の例では、4 つの性能基準が示されており、面またはコンポーネントの公差に応じて評価されます：

MTFA f1	！フィールド 1 での平均 MTF
SPD f1	！フィールド 1 での RMS スポット径
EFL	！等価焦点距離
CY si f1 w1	！画像面での方向余弦 Y（フィールド番号 1、波長番号 1）。この関数はボアサイト安定性の良い指標を提供します。

補正項目のデフォルト設定は「なし」です。

22.1.2 デフォルト公差 (Default Tolerances)

デフォルト公差は、特定の構造項目に割り当てることができます。これらの公差値は、ISO 10110-5 規格から採用されています。また、公差には「低性能」システム向けの「低グレード」と、「高性能」システム向けの「高グレード」の 2 つのグレードが提供されています。

ただし、これらのデフォルト公差が特定の光学性能要件に適していない場合があることに注意が必要です。そのため、デフォルト値は、さまざまなレンズパラメータの相対的な感度を調べるための便利な出発点として考慮されるべきです。ユーザーはデフォルト値から逸脱し、必要に応じて公差を変更する責任があります。

22.1.3 テストプレート適合の公差 (Tolerance on Test-Plate Fit (DLF))

曲率半径の変化が面に与える影響を示します。この摂動は、テストプレートまたは干渉計適合に対する干渉縞の単位で指定されます¹。光学系で使用される**基準波長**に基づきます。デフォルトでは、ISO 10110-5 は $0.54607\mu\text{m}$ (e 線) を指定しています。基準波長が $0.54607\mu\text{m}$ と異なる場合、公差仕様は次の式で他の波長に変換できます：

$$DLF_{\lambda_2} = DLF_{\lambda_1} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (22.1)$$

ここで、 DLF_{λ_1} と DLF_{λ_2} は、それぞれ波長 λ_1 と λ_2 での縞間隔の数を表します。寸法的な半径公差に対応する縞間隔の数は、半径の変化が小さい場合、次の式で与えられます：

$$DLF = \frac{2\Delta R}{\lambda} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{D}{2R}\right)^2} \right] \quad (22.2)$$

比 D/R が小さい場合、式 22.2 は次のように近似できます：

$$DLF = \left[\frac{D}{2R} \right]^2 \frac{\Delta R}{\lambda} \quad (22.3)$$

ISO 10110-5 の表記では、DLF は A 値に直接対応します。例えば、3/ A (B,C) は 3/ DLF (B,C) と同義です。より一般的には、3/ A (B,C) は *OpTaliX* では 3/ DLF (IRR, SYM) と同等です。

22.1.4 不規則面偏差の公差 (Tolerance on Irregular Surface Deviation (IRR))

円筒形不規則性の公差は、 $\lambda = 546\text{nm}$ での干渉縞単位で指定されます。球面の不規則性は、球面性からの逸脱を測定するものであり、X/Z 子午線と Y/Z 子午線の曲率半径の差を表します。

¹テストプレートまたは干渉計試験の二重通過により、縞は波長で測定される面誤差の 2 倍を示します。

不規則性は、X/Z 半径の値を $\Delta R/2$ だけ増加させ、Y/Z 半径の値を $\Delta R/2$ だけ減少させることで適用されます。

ISO 10110 の表記では、不規則性 (IRR) は B 値に直接対応します。例えば、3/ A (B,C) は 3/ A (IRR,C) と同義です。

統計的公差シミュレーション (TOL STAT コマンド、セクション 22.7 も参照) では、円筒形変形の方法 (方位角) は常にローカル Y 座標軸に沿っていると仮定されます。

22.1.5 対称非球面偏差の公差 (Tolerance on Symmetrical Aspherical Surface Deviation (SYM))

SYM 公差は、ISO 10110-5 規格に基づいて回転対称 (非球面) 面の不規則性を指定します。このため、SYM 公差は ISO 10110-5 の C 値と直接比較可能です。より一般的には、3/ A (B,C) は *OpTaliX* では 3/ DLF (IRR,SYM) と同等です。

OpTaliX では、SYM はゼルニケ変形を使用してモデル化され、係数 9 (球面および焦点、3 次項) を使用して SYM フリンジの面変形を生成します。例として、SYM 1.0 (フリンジ) は、基準波長 546nm で PV 面変形が 0.000273mm に対応します。この誤差形式の表現は、図 22.2 に示されています。

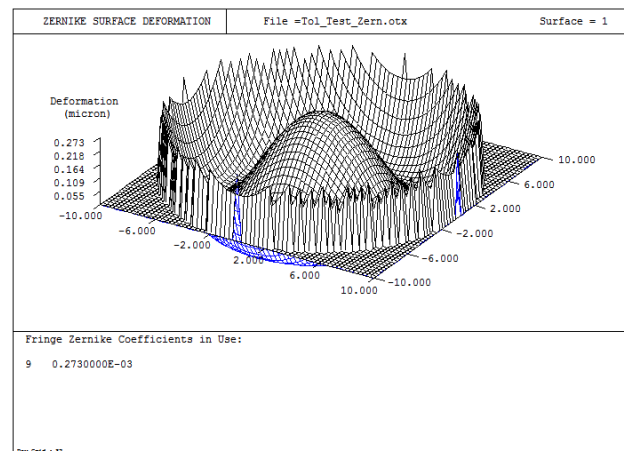


図 22.2. ISO 10110 C 値を表す対称 (非球面) 面変形。

22.1.6 軸方向厚さの公差 (Tolerance on Axial Thickness (DLT))

軸方向厚さの公差 (DLT) は、レンズ要素の厚さとレンズ間の空気間隔の両方を変更します。DLT 公差が光学系に与える影響は、後続の面がどのように参照されているかによって異なります。図 22.3 は、DLT の影響を 2 つのケースで示しています：

- すべての面が順次参照されている場合。この場合、面の位置は直前の面に対して定義されます。最初の面 (DLT s1) の厚さ公差は、すべての後続の面の絶対位置を移動させます。
- 面 3 が面 1 にグローバル参照されている場合。最初の面の厚さ公差は、後続の面 (ここでは面 3 と 4) の絶対位置を変更しません。この場合、面 2 は最初のレンズと 2 番目のレンズの間の空気間隔内で移動します。

したがって、面 3 の絶対位置に公差の変更を適用するには、この面に DTR 公差を割り当てる必要があります。

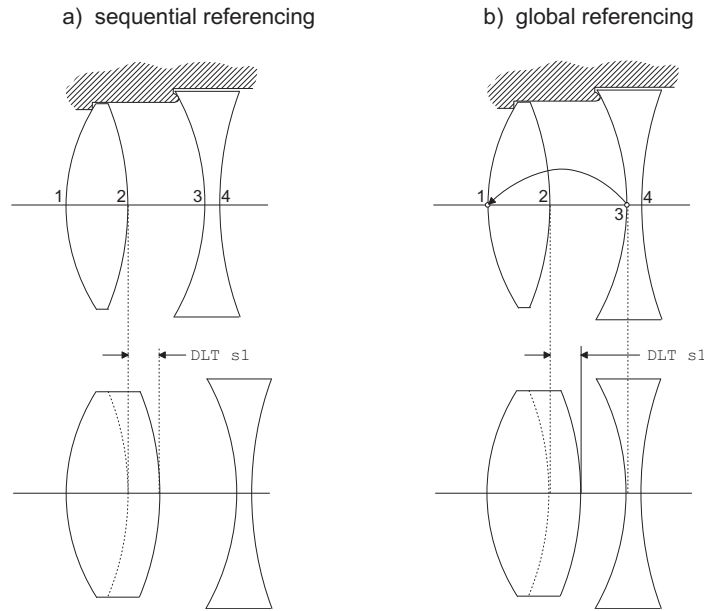


図 22.3. Axial thickness tolerance for different types of surface referencing.

22.1.7 グローバル厚さの公差 (Tolerance on Global Thickness (DTR))

DTR 公差は、前の面にグローバル参照されている面の軸方向位置を変更します。これは、同じ面での DLT 公差と混同してはなりません。名目値 THR (面頂点と参照面との距離を定義) に対して、DTR 公差は名目 THR 値を変更します。

ある面が別の面にグローバル参照されており、その面自体がさらにグローバル参照されている場合 (つまり、グローバル参照の連鎖)、複雑なハウジングや相互依存性をシミュレートできます。図 22.3b を参照すると、面 1 と面 3 が直接ハウジングに取り付けられていることがわかります。機械的な距離に対する公差は、レンズの厚さに対する公差とは一般的に異なるため、DLT 公差と DTR 公差も異なります。

22.1.8 面傾斜の公差 (Tolerance on Surface Tilt (DLA, DLB, DLG))

面傾斜の公差は、DLA、DLB、DLG で表され、それぞれ x 軸、y 軸、z 軸周りの傾きを示します。傾きの公差は、分 (arcmin) 単位で定義されます。この単位は、傾きやレンズウェッジに関する一般的な図面仕様と直接関連付けるために選ばれています。

22.1.9 屈折率均一性の公差 (Tolerance on Homogeneity (HOM))

屈折率の均一性 (HOM) は、*OpTaliX* では放射対称の勾配としてモデル化されており、フォーカス補正器によって完全に補正することはできません。使用される放射状 GRIN モデルは

$$n = n_0 + c_t r^2 \quad (22.4)$$

ここで、 n_0 はガラスの基準 (頂点) 屈折率、 r は光軸からの放射距離、 c_t は指定された屈折率公差 $\Delta n = n - n_0$ から計算されます。なお、 Δn は 10^{-6} 単位で指定する必要があります。

22.2 公差/性能基準 (Tolerance/Performance Criteria)

適切な公差が設定されると、**公差基準**が確立され、*OpTaliX* で利用可能な任意の品質指標に基づく感度公差解析を可能にします。公差基準は、構造パラメータの変化に対するシステム性能の感度を測定するものです。したがって、公差関数は、例えば RMS スポット径、MTF、ストレーリング比、またはボアサイトなど、任意の性能指標である可能性があります。

最適化で計算可能な性能指標は、公差解析でも基準として使用できます。利用可能な性能関数の概要は、セクション 19.7 (ページ 392) に記載されています。このアプローチにより、「任意の項目に対する公差」を設定する能力が提供されます。

TOLC fcn_no fcn_string	<p>公差基準、すなわち感度解析で使用される性能指標を定義します。最大5つの公差基準を同時に感度解析のために定義できます。fcn_no は関数（基準）の番号で、1 から 5 の間で指定する必要があります。公差基準は、EDI TOL によって呼び出されるダイアログボックスで編集することも可能です。公差基準には通常空白文字が含まれるため、コマンドラインで入力する場合は fcn_string をアポストロフィで囲む必要があります。</p> <p>例:</p> <p>tolc 2 'spd f3' ! フィールド 3 での RMS スポット径を公差基準として定義します。これは 2 番目の関数として保存されます。</p> <p>tolc 3 'mtfa f3' ! フィールド 3 での平均 MTF を公差基準として定義します。MTF は常に % で指定され、0 から 100 の範囲です。</p>
TOCL fcn_no limit	<p>公差基準の制限値を逆感度解析で使用します。fcn_no は関数（基準）の番号で、1 から 5 の間で指定する必要があります。</p> <p>例:</p> <p>tocl 3 5 ! TOLC コマンドの 2 番目の例 (tof 3 'mtfa f3') では、フィールド 3 での平均 MTF に対して 5% の劣化制限を定義します。MTF は常に % で指定されます。</p>

22.3 公差項目のコンペンセータ (Tolerance Compensators)

補正項目（コンペンセータ）は、公差が適用された後に変更される可変構造パラメータです。最も一般的な補正項目はバックフォーカスであり、画像面を常に最適な焦点に保つために使用されます。ただし、任意の性能指標を調整するために他のパラメータを使用することも可能です。公差を計算する前に補正項目を導入することは、光学系の公差感度を低減するための重要な手段です。基本的な補正方法は以下の 2 つです：

- a) バックフォーカスのみを調整する方法
- b) 複数の補正変数を含む完全な最適化セットを定義する方法

補正項目は以下のコマンドで指定できます：

TOCM NO BF OPT	<p>公差補正方法。 NO は補正を無効化します。 BF はバックフォーカス長を補正項目として使用します (セクション 22.3.1 を参照)。 OPT は最適化設定を補正項目として使用します (セクション 22.3.2 を参照)。</p>
----------------	--

22.3.1 バックフォーカス補正項目 (Back Focus Compensator)

バックフォーカスの調整は、**オートフォーカス**モジュールによって実行されます。デフォルトでは、すべてのフィールドと波長における最小 RMS スポットサイズを使用して最適な焦点を見つけます。選択可能なフィールド、波長、または他の性能基準に基づいて焦点調整を行いたい場合は、補正モジュールとして最適化を使用する必要があります (以下を参照)。

22.3.2 最適化を使用した補正 (Compensation using Optimization)

公差補正が最適化モジュールを通じて実行される場合、任意の構造パラメータおよび目標 (性能) 基準を選択できます。これには、変数と性能基準の適切な設定が必要です。最適化設定は、システムの最適化に使用される設定と同一である場合があります。補正項目は、最適化変数 (例: 厚さ、曲率半径など) によって指定されます。ただし、一般的に少数のパラメータ (例: 空気間隔) のみが公差補正に使用されるため、特別な最適化設定を作成することが推奨されます。公差ルーチンを使用する前に、現在の最適化変数が補正項目として使用したいシステムパラメータに対応していることを確認してください。最適化変数と性能関数 (基準) の定義については、セクション 19 (ページ 377) を参照してください。

最適化を使用することは、単にバックフォーカスを調整するよりもはるかに強力です。編集可能な任意の構造パラメータを補正項目として使用でき、補正変数の数に制限はありません。公差で一般的に使用される補正変数には、空気間隔やレンズ/グループの傾きや偏心有ります。最適化モジュールで定義および使用される関数 (性能基準) は、**公差基準** (セクション 22.2) とは完全に独立しています。したがって、波面を補正 (最適化) し、MTF に対する公差感度を解析することが可能です。

22.4 感度解析 (Sensitivity Analysis)

この解析は、光学系が製造および取り付け誤差に対してどの程度直接的に感度を持つかに関する情報を提供します。各パラメータはその公差によって変更され、要求された性能指標の変化が計算されます。

TOL SEN	<p>面公差項目および公差基準に基づいて感度解析を実行します。これらはどちらも EDI TOL で定義されます。</p>
---------	---

ほとんどの性能指標の変動は、一般的にレンズ (構造) パラメータの変化に対しておおよそ二次関数的です。この変動をモデル化するために、感度は正および負の公差について計算され、次に式 22.5 で与えられる二次関数 F が計算されます。

$$F = A \cdot T^2 + B \cdot T + C \quad (22.5)$$

各公差と性能基準の組み合わせごとに二次方程式が計算されます。例えば、10個の面に5種類の公差があり、3つの公差/性能基準がある場合、すでに $5 \times 10 \times 3 = 150$ の二次関数が生成されます。

面公差項目 (セクション 22.1) と公差基準 (セクション 22.2) が確立されると、感度解析を実行できます。例として、例題ライブラリにある Cooke 三重項 \optix\examples\misc\cooke.otx を使用します。簡単のため、最初の3つの面に対してテストプレート適合、不規則性、軸方向厚さ、および X 方向偏心の公差のみを定義します。焦点面 (バックフォーカス) の軸方向シフトを補正項目として使用します。

バックフォーカス調整はオートフォーカスモジュールを使用することを覚えておく価値があります。デフォルトでは、オートフォーカスモジュールは全フィールドにわたる最小スポットサイズを最適化します。これは特定のアプリケーションに適している場合もあれば、そうでない場合もあります。他の補正項目は最適化設定で定義できます (セクション 22.3.2 および 19 を参照)。

また、3つの公差基準を定義します。それは、光軸上の MTF、接線方向 MTF、および子午線方向 MTF であり、それぞれ最大フィールドの 70% に位置するフィールド番号 2 で定義されます。これらは、構造パラメータの変化に対する感度を調べたいシステム性能指標です。

```
TOLERANCE DATA :
DLF s1 3.0000
IRR s1 2.0000
DLT s1 0.10000
DLX s1 0.50000E-01
DLF s2 3.0000
IRR s2 2.0000
DLT s2 0.10000
DLX s2 0.50000E-01
DLF s3 3.0000
IRR s3 2.0000
DLT s3 0.10000
DLX s3 0.50000E-01
```

Compensator: back focus.

```
Tolerance Criteria:
MTFA f1 ! mean MTF (S+T)/2
MTFT f2 ! tangential MTF
MTFS f2 ! sagittal MTF
```

感度解析は、コマンド “SEN” を使用するか、メインメニューの製造 -> 公差 -> 感度解析を選択することで開始されます。

TOLERANCE SENSITIVITY ANALYSIS

Compensator: back focus (BFL)

Nominal value(s)	MTFA f1	MTFT f2	MTFS f2	BFL-Change
91.62532	47.32400	35.41631		
Sur Tol. (fringes)				
1 DLF 3.0000 (+)	0.19083	-1.31205	1.72375	0.00244
(-)	0.38478	-0.43768	1.98080	0.01047
2 DLF 3.0000 (+)	0.37379	0.42367	1.40129	0.01046
(-)	0.13386	-1.94613	1.81060	0.00080
3 DLF 3.0000 (+)	-0.05128	-1.11433	0.85838	-0.01033
(-)	0.51189	-0.77738	2.93915	0.02351
RSS	0.77896	2.77957	4.63812	
Sur Tol. (fringes)				
1 IRR 2.0000 (+)	-0.14500	-3.56583	-3.22650	0.02389
(-)	-0.12578	1.52675	7.49339	-0.00928
2 IRR 2.0000 (+)	-0.14084	1.75238	7.72477	-0.00927

		(-)	-0.19613	-3.71870	-3.59981	0.02318	
3	IRR	2.0000	(+)	-1.64383	-6.54326	-7.60950	0.04369
			(-)	-1.76839	4.15559	12.38967	-0.02792
		RSS		2.43403	9.59317	18.72432	
Sur	ToL. (mm)						
1	DLT	0.1000	(+)	0.33377	-1.69334	2.79460	0.01194
			(-)	0.24226	-0.07476	0.85278	0.00087
2	DLT	0.1000	(+)	0.48737	4.42504	2.10420	0.03149
			(-)	-0.58395	-5.42251	0.79647	-0.02039
3	DLT	0.1000	(+)	-0.56635	-7.47778	2.78950	-0.01111
			(-)	0.52615	6.20604	-0.76605	0.01977
		RSS		1.16026	12.09503	4.68692	
Sur	ToL. (mm)						
1	DLX	0.0500	(+)	0.03605	-1.48804	1.98951	0.00730
			(-)	0.03597	-1.48800	1.98886	0.00729
2	DLX	0.0500	(+)	0.29881	-0.98564	1.93998	0.00706
			(-)	0.29878	-0.98563	1.93977	0.00706
3	DLX	0.0500	(+)	-3.09337	-2.01578	-1.17260	0.01254
			(-)	-3.09320	-2.01357	-1.17472	0.01255
		RSS		4.39522	3.80646	4.26555	
	Total	RSS		5.21493	16.14106	20.30455	

感度表（変更表と呼ばれることもあります）の上部には、公差基準の名目値、つまり摂動のないシステムの性能が記載されています。出力は、異なる種類の公差（例：テストプレート適合、不規則性など）ごとにグループ化され、各グループ内で面番号に基づいて表形式で表示されます。各列には、各公差項目に対する MTF の変化が一覧表示されます。

バックフォーカス補正の変化は、右端の列に“BFL-Change”というラベルの下に記載されます。複数の公差基準が定義されている場合、バックフォーカス補正の最大値が出力されます。各列および各公差グループに示される RSS 値は、性能摂動 ΔF の「統計的合計」であり、次のように定義されます：

$$RSS = \sqrt{\Delta F^2} \quad (22.6)$$

公差感度は通常、正および負の公差についてそれぞれ示されます。これは、感度表内で (+) および (-) として示されています。

22.5 最適化における公差感度 (Tolerance Sensitivity in Optimization)

通常、光学設計者は光学性能、コスト、体積制約、および製造面の要件の間で最適な妥協点を見つける必要があります。特に製造面の要件では、製造公差に対して最大限に感度が低い光学系が求められます。

つまり、最大限の（光学的）性能を最適化するだけでは、上記のすべての要件を満たす設計にはならない可能性があります。さらに、典型的な設計プロセスの順序を考えると、概念設計、最適化、公差解析、必要に応じた複数回の再設計を経て、経済的に製造可能な設計に到達します。

これは手間のかかるプロセスです。OpTaliX は、最適化プロセス中に公差の問題を統合することで、このプロセスを支援します。つまり、特定の面（またはすべての面）について、アライメント誤差や製造誤差に対する感度を最小化するように指定できます。言い換えれば、OpTaliX は最適な画像性能と最小の公差感度の両方を同時に最適化できます。

最適化における公差感度関数を定義するには、コマンド TSF、TST、TSI、TSN、TSV、TSX、TSY、TSZ、TSA、TSB、TSG を使用してください（セクション 19.11 およびページ 395 から 396 を参照）。

公差感度は、特定の公差項目に対する波面収差（WAV）に基づいて計算されます。OpTaliX で使用される方法の基本的な紹介は Grey [16] によって提供されており、実用的な例は Isshiki ら [23] によって示されています。

22.6 逆公差解析 (Inverse Tolerancing)

逆公差解析は、システム性能の事前定義された変化から開始し、各構造パラメータの公差限界を決定します。この解析は、公差と性能指標の間の機能的関係に基づいており、この関係は感度解析中に式 22.5 の二次関数から取得されます。その後、このデータを使用して、指定された性能変化（公差基準）に対する公差が計算されます。

TOL INV	公差基準（TOLC）および公差基準の制限値（TOCL）に基づいて逆公差解析を実行します。これらはどちらも EDI TOL で定義されます。
---------	---

22.7 モンテカルロ解析 (Monte Carlo Analysis)

モンテカルロ公差解析は、事前に定義された面/コンポーネント公差に基づいて生産歩留まりをシミュレーションするための統計的アプローチです。これにより、個々の面/要素公差で定義された範囲内で構造パラメータを統計的（ランダム）に摂動させることで、自由に定義可能な性能指標を予測することができます。

成功する統計的公差（歩留まり）解析は、以下の手順で実行されます：

- 面/コンポーネント公差を定義します。例：公差エディタ (22.1.1) の「Tolerances」タブで設定。
- 解析したい性能パラメータを定義します。例：公差エディタ (22.2) の「Tolerance Functions」タブで設定。
- 公差の統計分布と統計母集団（個別目標の数）を定義します。例：公差エディタ (22.7.1) の「Statistics」タブで設定。
- 統計解析を実行します。例：コマンド TOL STAT を使用するか、公差ダイアログの「Analyses」タブから実行。

中央のダイアログで、すべての公差パラメータと関数を定義および編集できます。このダイアログは、コマンド EDI TOL またはメインメニューの「Edit」->「Tolerance Editor」から呼び出されます。

22.7.1 統計パラメータと分布 (Statistical Parameters and Distributions)

公差内でのパラメータ変動は、異なる分布形式を取ることができます。現在、以下の3つの分布形式が利用可能です：

- 均等分布
- ガウス分布
- ベータ分布

22.7.1.1 均等分布 (Even Distribution)

この分布形式では、すべてのパラメータ摂動が指定された最大公差内で均等に分布していると仮定します。図 22.4 にそのグラフ例を示します。

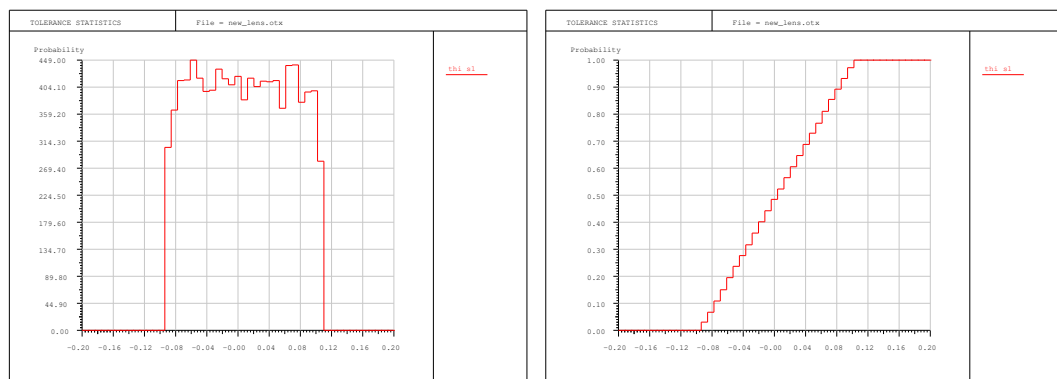


図 22.4. 擬似乱数を用いた均等分布。左：線形プロット、右：累積プロット。

22.7.1.2 ガウス分布 (Gaussian Distribution)

ガウス分布は、統計的公差解析で最も一般的な形式です。統計的摂動は、平均値がゼロの正規分布（ガウス分布）に基づく擬似乱数を使用して生成されます。*OpTaliX* の公差解析では、ガウス分布は標準偏差を表す1つのパラメータ σ を受け入れます。 1σ では、すべての摂動の約 68% が定義された許容範囲内に収まり、 2σ では 95.4%、 3σ では 99.7% が含まれます。

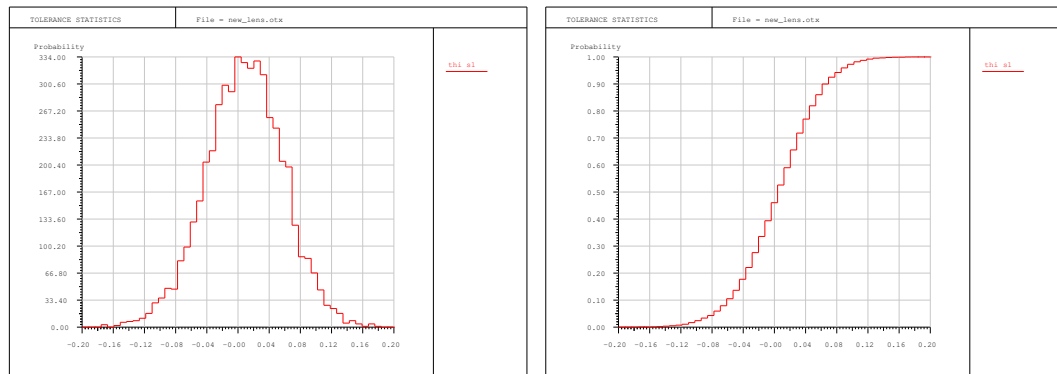


図 22.5. ガウス分布 ($\pm 0.1\text{mm}$ の許容範囲で 2σ 分散)。左：線形プロット、右：累積プロット。

22.7.1.3 ベータ分布 (Beta Distribution)

ベータ分布は、特殊な非対称分布をシミュレーションするための特別な連続確率分布です。現在、固定パラメータ ($\alpha = 2, \beta = 5$) で実装されており、その分布形状は図 22.6 に示されています。

この分布は、製造特有の影響をモデル化するのに適しています。例えば、レンズの研磨や研削は、特定のレンズの厚さが定義された許容範囲内に収まると停止します。このプロセスは常に厚いブランクから始まり、材料の除去によって軸方向の厚さが減少するため、レンズの軸方向厚さが許容範囲の上限に近づく傾向があります。その結果、非対称的な厚さ分布が生じます。

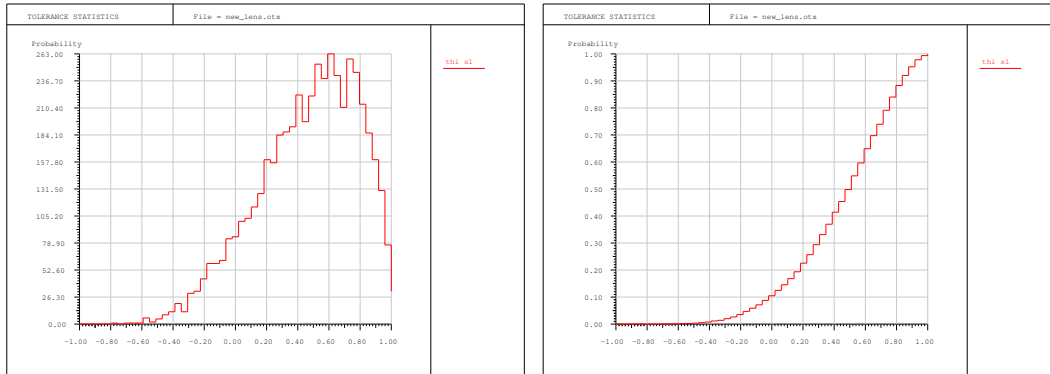


図 22.6. ベータ分布。左：線形プロット、右：累積プロット。

第23章

製造サポート – Manufacturing Support –

23.1 フットプリント解析 (Footprint Analysis)

フットプリントは、光学系を通過する光線の境界を指定された面上にプロットします。これは、光線と指定された面との交点を計算することによって行われます。曲面の場合、光線の交点はローカルZ軸に平行に頂点接平面にプロットされます。すべての波長、画角、およびズーム位置が表され、結果のプロットは使用された面積の合成物です。ビネッティングは、指定された面に固定絞り（[FHY](#) コマンド、ページ [190](#)）が割り当てられている場合にのみ考慮されます。内部の遮蔽はフットプリント解析には考慮されません。ただし、フットプリント解析と同様な目的で使われる[光線交点解析](#)（ページ [14.1.8](#)）では遮蔽も考慮されます。これは、光線グリッドが指定された面に追跡されるフットプリント解析と同等です。

<p>F00 [sk fi..j plot_extent NUM ?]</p>	<p>面 sk 上のフィールド fi..j のフットプリントをプロットします。「ズーム」(マルチコンフィギュレーション) システムの場合、現在選択されているズーム位置が使用されます (POS コマンドを参照)。パラメータ plot_extent はオプションで、表示される最大領域を定義します。plot_extent がいない場合やゼロ値の場合、自動的に sk 上のプロット領域が決定されるか、それぞれ以前に入力された plot_extent の値が使用されます。オプションのパラメータ NUM は、囲まれた領域、重心、ビームフットプリントの最大拡張などの追加データを出力します (ページ 23.1 を参照)。</p> <p>例:</p> <p>F00 すべてのフィールドのフットプリントをプロットします。デフォルトは面 1 です。</p> <p>F00 ? ダイアログボックスを呼び出して、面、フィールド、およびプロット範囲を選択します。</p> <p>F00 s4 f4..6 面 4、フィールド 4 から 6 のフットプリントをプロットします。</p> <p>F00 s4 25.0 面 4 に手動で定義されたプロット範囲 plot_extent (この例では 25.0) を使用して、すべてのフィールドのフットプリントをプロットします。</p>
--	--

多くの *OpTaliX* オプションと同様に、フットプリント解析では、遮蔽されていても主光線を追跡可能でなければなりません。境界計算は、主光線から放射方向に外側に移動する検索アルゴリズムによって行われ、絞り面の開口かまたはレンズ系内の他の面に固定された絞り面に到達するまで続きます。このアルゴリズムは、瞳を三つ (または四つ) に分割するスパイダーのような遮蔽サブアパーチャを処理するようには設計されていません。

また、各フィールドバンドルおよびズーム位置に対して選択された面に追跡された光線の完全なグリッドに基づいて、面上の使用領域をプロットする光線交点オプション (ページ 14.1.8) も参照してください。

次の例 (図 23.1) では、ダブルガウスレンズの後ろに折り返しミラーが追加されています。九つのフィールドポイントに示された折り返しミラー上のフットプリントは、対象とするフィールド内でビームの過剰なビネッティングを避けるためにどれだけ大きくする必要があるかを示しています。

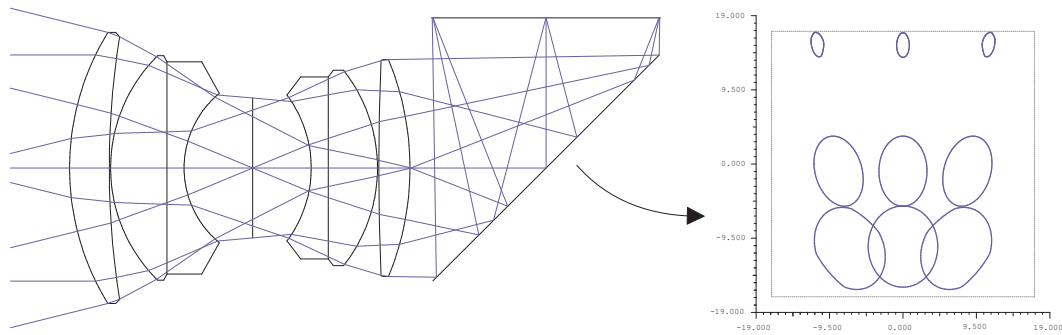


図 23.1. ダブルガウスレンズの後ろにある折り返しミラー面上のビームフットプリント。この例に該当するサンプルレンズデータは、`$i\examples\misc\DOUBLE_GAUSS-2_fold_mirr` にあります。

フットプリントの NUM オプション:

フットプリント解析のコマンドライン指定には NUM オプションを追加することができます。このオプションを指定すると、囲まれた領域、重心、および各ビームフットプリントの最大広がり範囲などの座標データを数値出力します。これらのデータはフィールドおよびズーム位置ごとに分けられています。この解析には、指定された面の絞り遮蔽は含まれない（考慮されない）ことに注意してください。以下のサンプル出力を参照してください:

FOOTPRINT DATA on Surface 1

Pos.	Field	X-Center	Y-Center	Area (mm ²)	X-min	X-max	Y-min	Y-max
1	1	0.0000	0.0000	313.57982	-9.994	9.994	-9.994	9.994
1	2	0.0000	-4.1785	306.45888	-9.996	9.996	-13.943	5.578
1	3	0.0000	-9.3060	251.48431	-10.006	10.006	-16.999	-2.024

					-10.006	10.006	-16.999	9.994

23.2 非球面変形 (基準球面とのサグ量の差) (Aspheric Deformation)

非球面形状は、球面に対する非球面の面形状の差（サグ量の差）を計算します。完全な参照球面の曲率半径が基準として使用されます。参照球面の曲率半径の決定方法を選択できます。

<p>ASD sk [ref] [ref_rad] [?]</p>	<p>放射方向の非球面形状。面の空気側で 1 箇所または 2 箇所に接触する基準球面に対する非球面のサグを描画および数値出力します。</p> <p>sk 面番号</p> <p>ref 基準とする参照球面の曲率半径を決定するためのタイプです。ref は次のいずれかです: VER : 非球面の頂点曲率半径 CEN : 中心 (頂点) と縁で接する球の曲率半径 RIM : 縁 (リム) のみで接する球の曲率半径 BFR : ベストフィット球面の曲率半径。</p> <p>ref_rad 球面基準曲率半径</p> <p>例: ASD s3 CEN : 3 面の非球面の中心 (頂点) と縁で接する参照球の曲率半径を基準に、非球面のサグ量をプロットします。</p>
<p>ASD2 [sk ?] [ref_rad]</p>	<p>非球面形状は、面全体にわたって表示されます。変形は基準曲率半径 ref_rad に基づいています。ref_rad が省略されているか 0 の場合、指定された面の頂点曲率半径が使用されます。</p>

23.2.1 放射方向の非球面化 (Aspherization in radial Direction)

コマンドラインに”ASD ?”を入力するか、メインメニューから *Manufacturing* -> *Aspheric Deformation* -> *in radial direction* を選択します。ダイアログボックスで基準曲率半径を決定するための 4 つのオプションが選択可能です。

1. 頂点曲率半径が基準曲率半径として使用されます。
2. 基準球面が表面の中心と縁に接触します。
3. 基準球面が表面の縁のみに接触します。
4. 「最適フィット」アプローチが試みられます (基準球面が開口半径の 0.7 の位置で非球面に接触します)。

各オプションにはそれぞれの利点があります。以下の説明は、最適な基準曲率半径を選択するための簡潔なガイドです (図 23.2 を参照)。

オプション 1:

頂点曲率半径: このオプションはおそらく最初で最も簡単な選択肢です。非球面の数学的定義を直接反映します。しかし、製造目的では、除去する材料の量が非常に多いため、合理的ではありません。さらに、急峻な (円錐形の) 非球面に対しては、実現不可能な解決策になる可能性があります。

オプション 2:

中心+縁ゼロ: 球面基準曲率半径は、基準球面が非球面の2つのゾーン、すなわち中心(回転の中心)と縁最大開口部に接触するように構築されます。したがって、中間ゾーンでのみ材料を除去する必要があります。

オプション 3:

縁のみゼロ: ここでは、基準球面が非球面の1つのゾーン、縁にのみ接触します。オプション2の中心と縁と比較して、研削および研磨中にはるかに多くの材料を除去する必要があります。主な利点は、サブアパーチャ研削段階で縁のさらなる成形が不要であり、一般的に「縁ダレ(ターンドダウンエッジ)」問題を回避できることです。

オプション 4:

最適フィット: このオプションはオプション3(縁のみゼロ)と同等ですが、基準球面が非球面に接触するゾーンが最大開口半径の0.7の位置にある点が異なります。除去する材料は(オプション3と比較して)はるかに少なくなりますが、研磨中に縁ダレ(ターンドダウンエッジ)が発生する危険性があります。

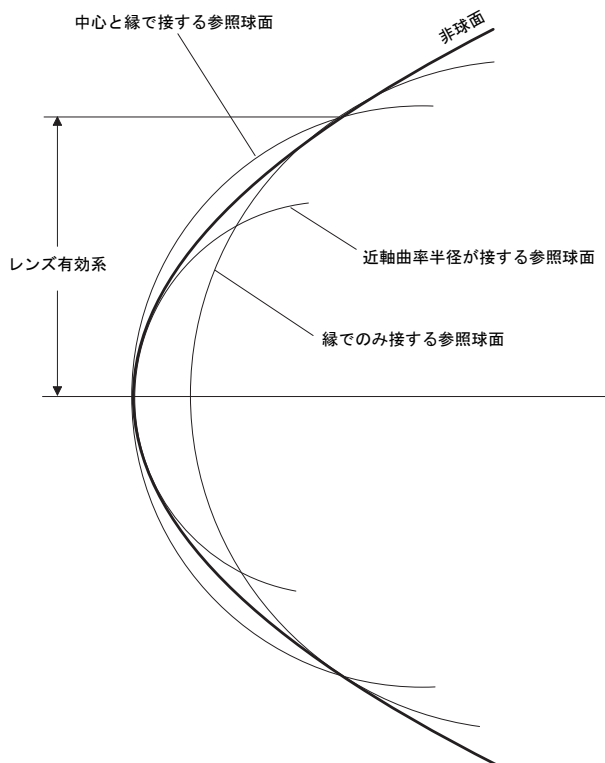


図 23.2. 非球面への基準曲率半径の構築。

非球面偏差プロットに加えて、数値値も表面の Y 高さに沿った 21 箇所で出力されます。典型的な出力には、表面パラメータ(曲率、円錐定数、非球面係数)がリストされ、その後、Y 方向のさまざまな半径高さでの Z 座標が続きます。

```
[h]
ASPHERIZATION DATA:

File      : F15_33.0TX
Surface   : 15
Vertex Curvature : -0.17277313E-01
Vertex Radius  : -57.87937061E+00
Conic Constant  : 0.00000000E+00
A          : 10.77564552E-06
```


B : 23.69965431E-09
 C : -53.48477648E-12
 D : 441.68107450E-15
 E : 0.00000000E+00
 F : 0.00000000E+00
 G : 0.00000000E+00
 H : 0.00000000E+00

Aspherization is determined for zero deviation at center and rim. Radius = -91.49306

Radial height (mm)	Z-Sphere (mm)	Z-Asphere (mm)	Difference (mm)	Slope (micron/mm)	Surface Normal		
					CXN	CYN	CZN
0.00000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	1.000000
0.70000	-0.002678	-0.004231	-0.001553	-2.22	0.000000	0.012079	0.999927
1.40000	-0.010712	-0.016893	-0.006181	-6.61	0.000000	0.024069	0.999710
2.10000	-0.024103	-0.037897	-0.013794	-10.88	0.000000	0.035878	0.999356
2.80000	-0.042855	-0.067093	-0.024238	-14.92	0.000000	0.047410	0.998876
3.50000	-0.066969	-0.104261	-0.037291	-18.65	0.000000	0.058560	0.998284
4.20000	-0.096452	-0.149108	-0.052657	-21.95	0.000000	0.069219	0.997601
4.90000	-0.131306	-0.201261	-0.069955	-24.71	0.000000	0.079263	0.996854
5.60000	-0.171540	-0.260255	-0.088715	-26.80	0.000000	0.088557	0.996071
6.30000	-0.217159	-0.325522	-0.108363	-28.07	0.000000	0.096949	0.995289
7.00000	-0.268173	-0.396376	-0.128204	-28.34	0.000000	0.104264	0.994550
7.70000	-0.324589	-0.471991	-0.147401	-27.43	0.000000	0.110291	0.993899
8.40000	-0.386419	-0.551366	-0.164947	-25.07	0.000000	0.114768	0.993392
9.10000	-0.453673	-0.633286	-0.179614	-20.95	0.000000	0.117354	0.993090
9.80000	-0.526363	-0.716246	-0.189883	-14.67	0.000000	0.117587	0.993063
10.50000	-0.604502	-0.798349	-0.193847	-5.66	0.000000	0.114832	0.993385
11.20000	-0.688104	-0.877160	-0.189056	6.84	0.000000	0.108190	0.994130
11.90000	-0.777185	-0.949495	-0.172310	23.92	0.000000	0.096392	0.995343
12.60000	-0.871760	-1.011118	-0.139358	47.07	0.000000	0.077646	0.996981
13.30000	-0.971847	-1.056340	-0.084493	78.38	0.000000	0.049448	0.998777
14.00000	-1.077464	-1.077464	0.000000	120.70	0.000000	0.008382	0.999965

列の意味は以下の通りです：

Z-Sphere	基準球面またはリムでの偏差や最適フィット球面（オプション 2-4、上記参照）にフィットする場合の基準球面の Z 座標。
Z-Asphere	非球面の Z 座標。
Difference	非球面が球面（基準球面または最適フィット球面）からどれだけ偏差しているかを示す値。
Slope	基準球面または参照球面に対する非球面変形の傾き（図 23.3 参照）。
CXN, CYN, CZN	表面法線方向の方向余弦。

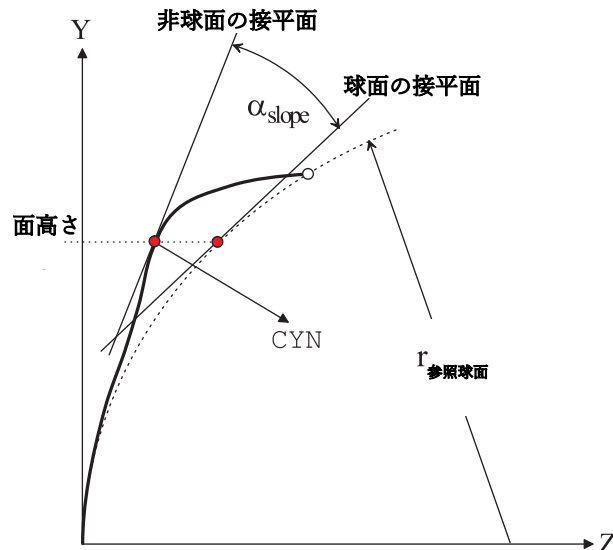


図 23.3. 基準球面に基づく非球面変形の傾き。

23.2.2 2D 表面変形としての非球面化 (Aspherization as 2D Surface Deformation)

コマンドラインに"ASD2 ?"を入力するか、メインメニューの製造 → 非球面変形 → 2D 表面偏差としてを選択すると、図 23.4 に示すダイアログが表示されます。

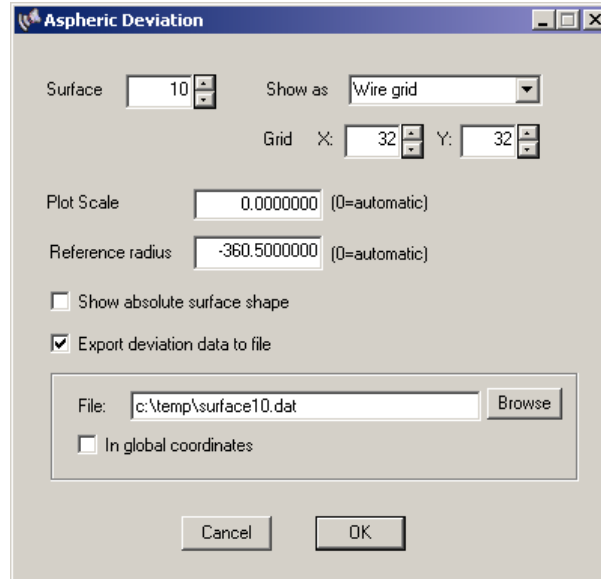


図 23.4. 2D 非球面変形プロットを作成するためのダイアログボックス。

プログラムは光学系内の最初の非球面を検索し、対応する表面パラメータをダイアログに表示します。基準半径は常に頂点半径ですが、任意の他の値に変更することも可能です。

2D 非球面変形データは、X-Y-Z 座標として ASCII または Excel 形式のファイルにエクスポートすることもできます。このオプションは現在、ダイアログからのみ利用可能です。

23.3 ホログラム位相 (Hologram Phase)

このセクションでは、回折面上の位相を表示し、ホログラム係数に基づいて基板上に必要な表面プロファイルを示します。

HPH [?]	回折面/ホログラム面上の位相をプロットします。また、対応するホログラム係数に基づいて表面プロファイルのサグをプロットします。
HPHN sj xabs yabs	回折面/ホログラム面 sj 上の位相 (波数単位) を返します。パラメータ xabs, yabs は、この面上の局所的な絶対座標 (mm 単位) を表します。
HZO [?]	放射対称回折 (HOE) 位相プロファイルの放射ゾーンを $2\pi = 1\lambda$ 間隔に基づいて計算します。出力は "H" および "G" 型表面でのみ生成されます。それ以外の場合はエラーメッセージが表示されます。セクション 23.3.2 も参照してください。

23.3.1 対称ホログラム係数の他プログラムへの変換 (Converting Symmetric Hologram Coefficients to other Programs)

23.3.1.1 Code V への変換 (To Code V)

対称位相関数を持つホログラム面では、*OpTaliX* のホログラム係数は以下の関係式を用いて Code V に変換されます：

$$c_{CodeV} = \frac{c_{OpTaliX} \cdot \lambda_0}{1000} \quad (23.1)$$

ここで、分母の係数は、*OpTaliX* のデフォルトであるマイクロメートルから Code V のデフォルトであるナノメートルへの変換を表します。

23.3.1.2 Zemax への変換 (To Zemax)

Zemax の BINARY_2 面タイプは、*OpTaliX* の対称ホログラム面に直接対応しています。Zemax の BINARY_2 面から *OpTaliX* への対称ホログラム係数の変換は、以下の式で行われます：

$$c_{OpTaliX} = \frac{c_{binary2}}{2\pi \cdot R_N^i} \quad (23.2)$$

ここで、 R_N は Zemax での正規化半径を表し、 i は係数の i 乗を示します。ただし、インポートが失敗する場合があります。これは、Zemax が $i = 480$ までの係数をサポートしている一方で、*OpTaliX* は係数の 27 次までしか対応していないためです。

Zemax で利用可能な他のホログラム (二進法) 面タイプは、現在サポートされていません。

23.3.2 ホログラムゾーン計算 (Hologram Zone Calculation)

このセクションでは、対称位相プロファイルを持つ回折構造上のゾーンを (絶対値および 2π 単位で) 計算する方法について説明します。絶対位相は通常、フレネルゾーンに類似した表面プロファイルで表され、ステップはモジュロ (2π) 位相間隔で配置されます。各間隔は基準 (設計) 波長で 1λ の位相差に対応します。位相プロファイルの典型的な断面図は図 23.5 に示されています。

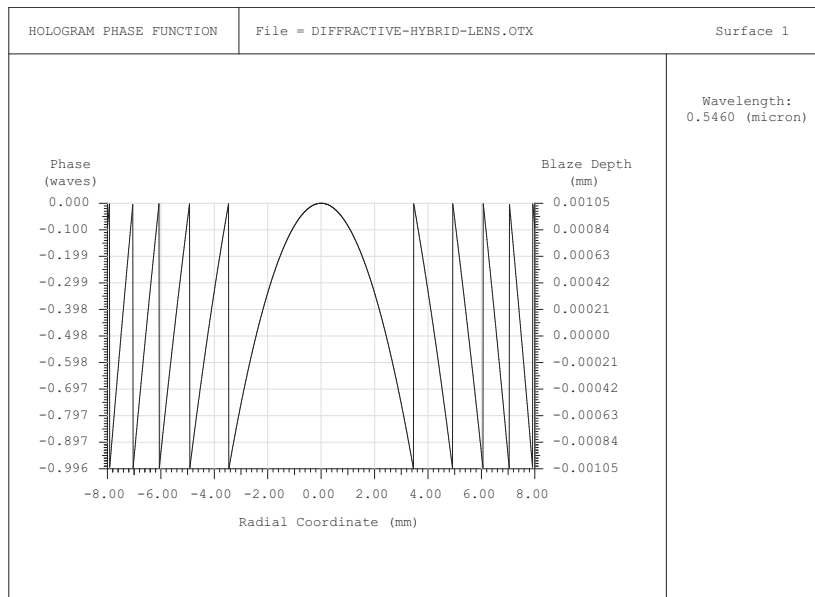


図 23.5. 放射対称位相関数を持つ回折面上のモジュロ 2π ゾーン

放射溝プロファイルのサジタ（すなわち回折位相関数のモジュロ 2π ）は、一般的にブレード深さ d として記述され、以下の式で計算されます [62]：

$$d = \frac{\lambda_0}{n_0 - 1} \quad (23.3)$$

ここで、 λ_0 は基準波長、 n_0 は基準波長での屈折率を表します。

回転対称回折ゾーンの放射座標は、**HZO** コマンドによって計算されます。位相の 2π ステップは 1nm 間隔で配置されており、すべての製造要件に対して十分な精度を提供します。

23.4 エッジ厚さ (Edge Thickness)

ET si..j X_height Y_height	面 si..j のエッジ厚さを、表面座標 X_height、Y_height で計算します。X_height および Y_height が省略された場合、クリアパーチャの Y 高さが使用されます。傾斜または偏心した面については、以下のセクション 23.4.1 の規約を参照してください。
----------------------------	---

23.4.1 傾斜/偏心面でのエッジ厚さの計算 (Calculating Edge Thickness at Tilted/Decentered Surfaces)

指定された範囲 si..j 内の任意の面が傾斜または偏心している場合、エッジ厚さ (ET) は、指定された範囲内の最初の面のローカル座標系を基準に計算されます。つまり、ET は最初の面のローカル Z 軸に沿って測定されます。

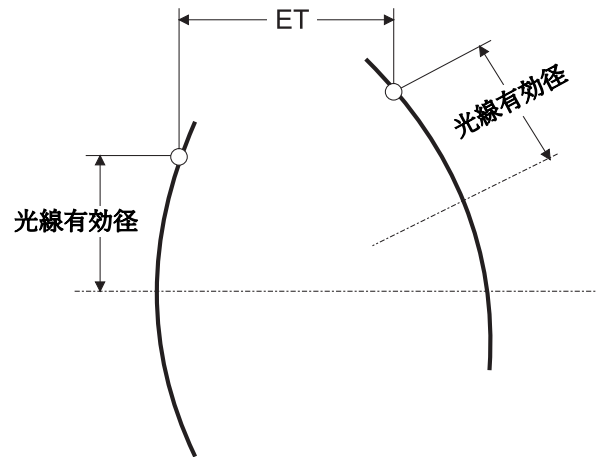


図 23.6. 傾斜面でのエッジ厚さ。

23.5 原器合わせ／テストプレートフィッティング (Test Plate Fitting)

特定のメーカーのテストプレートリストに基づいて、表面曲率半径を自動的にフィッティングします。すべてのテストプレート情報は、各ベンダーによって提供されます。

<p>TPL [si..j manuf]</p>	<p>指定されたメーカーのテストプレートリストから最も近い曲率半径を検索し、既存の曲率半径と置き換えます。manuf はメーカーを表し、最初の3文字が重要です。利用可能なテストプレートリストの完全な一覧は、下記の表 23.1 を参照してください。manuf が省略された場合、ダイアログボックスが表示されます。</p> <p>例: tpl s4..7 ROD は、Rodstock のテストプレートを選択し、表面4から7の実際の曲率半径を置き換えます。</p>
<p>LIS TPL [manuf]</p>	<p>指定されたメーカー manuf のテストプレートリストを表示します。メーカー文字列の最初の3文字がリストを識別するために重要です。manuf が省略された場合、適切なメーカーを選択するためのダイアログボックスが表示されます。</p> <p>例: lis tpl mel lis tpl melles griot</p>

略称	メーカー
app	Applied Optics
bm	B&M Optik
bef	Befort
ber	Bern Optics
br1	Brighten Optics, Shop 1
br2	Brighten Optics, Shop 2
br3	Brighten Optics, Shop 3
coa	Coastal Optical Systems
com	Computer Optics Inc.
con	Continental Optical Corp
ddo	DD-optik
din	DIN (Deutsche Industrie 規格)
gos	GOST ロシアテストプレート
har	Harold Johnson Optical Lab.
ii-	II-IV Incorporated
jan	Janos
jlw	JLWood Optical Systems
kod	Kodak
kre	Kreischer
lig	Lightning
lie	Liebmann
lin	Linos
mel	Melles Griot
mod	Model Optics
med	MediVision
nee	Neeb Optik
new	Newport
oci	OCI (Optical Components Inc.)
ofr	OFR (Optics for Research)
ogf	OGF (Optico Glass Fabrication)
opt	Optimax
opl	opl Optolyth
pog	Praezisionsoptik Gera
pro	PRO (Pacific Rim Optical)
rmi	Rocky Mountain Instruments
rod	Rodenstock
sil	Sill Tools
spe	Special Optics
spc	Spectros
swi	SwissOptik
tel	Telic Optics
tro	Tropel Corp.
tuc	Tucson Optical Research Corp.
tow	Tower

表 23.1. 利用可能なテストプレート（原器）リストと対応する 3 文字の略称。

23.6 原器リストの追加 (Adding a Test Plate List)

ニュートン原器の

テストプレートリスト (TPL) は、拡張子 TPL を持つ読み取り可能な未フォーマットの ASCII ファイルに保存されます。特定の TPL ファイル構造を維持すれば、新しいリストを簡単に追加できます。テストプレートファイル構造の詳細な説明は、セクション 32.6 に記載されています。

./testplat ディレクトリ内のファイル "tplinfo.txt" には、利用可能なすべてのテストプレートファイルの概要と簡単な説明が含まれています。新しい (ユーザー定義の) テストプレートファイルには、このファイルへのエントリが必要です。各テストプレートリストについて、以下の 2 種類の情報を 1 行に未フォーマットで入力する必要があります。それぞれの情報は少なくとも 1 つの空白文字で区切られます。

1 つ目はテストプレートのファイル名 (拡張子を含む)、2 つ目はテストプレートリストの説明文です。この説明文はダイアログのコンボボックスにも表示されます。説明文自体に空白が含まれる場合は、引用符で囲む必要があります。

tplinfo.txt ファイルの例：

```
din.tpl "DIN (Deutsche Industrie Norm)"
kreischer.tpl Kreischer
s&h.tpl Spindler&Hoyer
kodak.tpl Kodak
liebmann.tpl Liebmann
lightnin.tpl Lightning
ofr.tpl OFR
optolyth.tpl Optolyth
```

23.7 ISO に準拠したレンズ図面 (ISO Element Drawing)

ISO 10110 規格に準拠したレンズエレメント図面は、レンズの設計データから生成できます。このような図面は、レンズ設計を製造準備する際に役立ちます。レンズエレメント図面で使用される公差は、事前に入力または計算された公差から取得されます。

レンズエレメント図面は以下のコマンドで作成されます：

ELE [sk ?]	ISO 10110 に準拠したレンズエレメント図面を作成します。図面の項目は設計データおよび (利用可能な場合は) 公差データから取得されます。オプションの疑問符は、図 23.7 に示すダイアログボックスを呼び出し、図面項目を編集します。図面はリダイレクション記号を使用して即座に印刷またはプロットできます。例： ELE s3 > plt。
----------------	---

各エレメントごとに 1 つの図面が生成されます。複数のエレメントは個別に印刷する必要があります。単一レンズまたはセメント接合ダブルレットが描画可能です。中心 (軸対称) のエレメントのみが正しく描画されます。エレメント内の傾斜や偏心は再現されません。

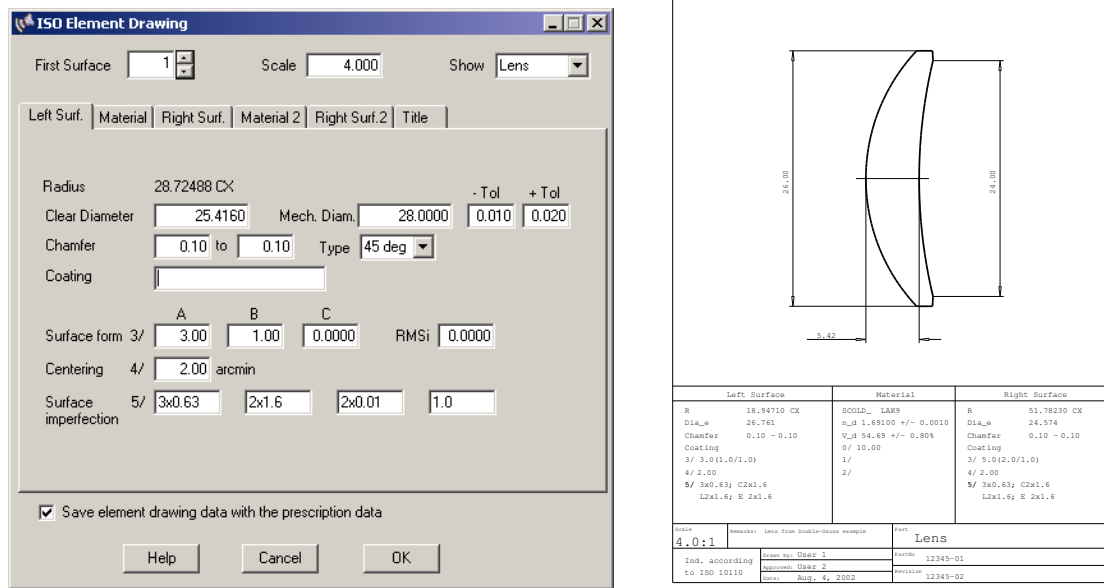


図 23.7. ISO レンズエレメント図面のダイアログボックス (左) と対応するサンプル出力 (右)。ダイアログボックスはコマンドラインで ELE ?を入力して呼び出します。

図 23.7 に示されているダイアログボックスは、エレメント図面の外観を編集および制御するための中心的なインターフェースです。変更は即座に反映され、関連するプレビューウィンドウでインタラクティブに確認できます。このプレビューウィンドウは、ISO エレメント図面のダイアログボックスが開いている間は表示されたままです。

ダイアログボックスでのデータ入力は、6つのタブセクションに分かれています。最初の3つのタブは、レンズの最初の面、材料、および最後の面に対応します。6番目のタブでは、各レンズのタイトル情報を個別に入力できます。4番目と5番目のタブはセメント接合ダブレット用であり、ダブレット図面が必要な場合にのみ (ダイアログ右上のメニューから選択して) アクティブになります。

ISO エレメント図面ダイアログ内の公差は、公差スプレッドシートエディタ (セクション 22 参照) で指定されている場合、現在の公差データから自動的に取得されます。ただし、手動で入力された公差によって上書きすることも可能です。

公差解析からのデータは、レンズ図面内の対応するフィールドが未定義の場合にのみ一度適用されます。エレメント図面内の公差は公差スプレッドシートエディタとは完全に独立しており、後で個別の公差を変更しても、ELE 図面は更新されません。ただし、以下のコマンドを使用して手動で更新 (同期) することができます:

ELE TOLUPD

このコマンドは、エレメント図面内の変更された公差を更新します。

エレメント図面データは、図 23.7 に示されているダイアログ内の「設計データとともにエレメント図面データを保存する」チェックボックスがオンになっている場合にレンズファイル内に保持されます。それ以外の場合、プログラム終了時や新しい光学系を復元 (ロード) した際にエレメント図面データは失われます。

以下の説明は、ISO エレメント図面ダイアログボックス内のすべてのデータ入力フィールドの意味について簡潔に概説したものです。ISO 10110 のパート 1~11 の仕様を詳細に学ぶための代替にはなりません。

Radius: 曲率半径は設計データから取得され、エレメント図面ダイアログ内で変更することはできません。製造準備が整った図面を作成するためには、曲率半径がテストプレート (セク

ション 23.5 参照) に適合していることが前提です。凹面は「CC」、凸面は「CX」と表記されます。

Clear Diameter: 初期状態では、クリア径は設計データから取得され、定義されたすべての光線束に必要な有効光学径を構成します。クリア径はコマンド SET MHT (最大高さを設定) によって自動的に決定できます。クリア径はユーザーによって上書き可能です。

Mech. Diameter: エレメントの外径は ± 公差を指定できます。外径はクリア径以上でなければなりません。

Chamfer: 保護用面取りの最小および最大許容幅を指定します。これは、明示的に指定されていないすべてのエッジやコーナーに適用されます。

Coating: コーティングはテキストフィールドで指定できます。コーティング仕様は通常、別途仕様書が必要なため、事前定義された形式はありません。通常、コーティングの指示には仕様書への参照が含まれます。

Surface Form: 表面形状の定義と仕様は ISO 10110 パート 5 で詳細に説明されています。表面形状の偏差は、試験中の光学表面と理論的な名目表面との間の距離を指します。この距離は理論的表面に垂直に測定され、試験中の表面に対して名目上平行である必要があります。表面形状の偏差は、546nm の光の波長の半分に相当するフリッジ間隔で表示され、以下の 3 つの形式のいずれかで示されます：

3/A(B/C)

3/A(B/C) RMSx < D, ここで x は t, i, または a のいずれかです。

3/ - RMSx < D

ここで、

A はフリッジ単位での最大許容サジタ偏差、

B はフリッジ単位で表される最大許容不規則性、

C はフリッジ単位で表される最大許容回転対称不規則性、

D は RMS 残差偏差の最大許容値を示します。ダイアログボックスでは RMSi 値のみ指定可能です。

Centering: 最大許容傾斜角を分単位で示します。

Imperfections: 表面の欠陥 (傷、ピット、コーティングの欠陥) を以下の形式で指定します：

5/NxA; C N'xA'; L N''xA''; E A'''

ここで、

NxA は一般的な表面欠陥の数とサイズ、

C N'xA' はコーティング欠陥を示し、**N'** は許容される欠陥の数、**A'** はグレード番号を示します。

L N''xA'' は長い傷の仕様を示し、**N''** は許容される長い傷の数、**A''** は傷の最大幅を示します。

E A''' はエッジチップの仕様を示し、**A'''** は表面の物理的エッジからのチップの最大許容範囲を指定します。

Material: 材料 (ガラス) の名前は設計データから取得され、編集することはできません。

nd: d 線 (587.6nm) での屈折率。屈折率の公差のみ指定可能です。デフォルト値は 0.001 です。

Vd: d 線 (587.6nm) でのアッベ数。アッベ数の公差のみ指定可能です。デフォルト値は 0.8% です。

Stress Birefringence: 光路差として指定され、nm/cm 単位で表されます。デフォルト値は 10nm/cm です。

Bubbles and Inclusions: 1/ NxA の形式で指定されます。ここで、**N** は許容される気泡や内包物の数、**A** はグレード番号を示します。詳細は ISO 10110 パート 3 を参照してください。

Striae and Inhomogeneity: 2/ A;B の形式で指定されます。ここで、**A** は不均一性、**B** はストリーククラスを示します。不均一性は屈折率の最大許容変動を 10^{-6} 単位で表します。ストリークは 5 つのクラスで定義され、クラス 1~4 はストリークの密度に関連し、クラス 5 は事実上ストリークがないことを示し、注記でさらに情報を提供する必要があります。詳細は ISO 10110 パート 4 を参照してください。

Thickness: 軸方向の厚さの公差。

Mirror Thickness: このフィールドはミラー面でのみアクティブです。ミラー厚さは、第一表面ミラーの背面までの中心厚さを示します。コマンドラインでは、この値は **THM** コマンドで指定されます。

Part: エレメントは部品名で識別できます。すべての面に部品名を入力することは可能ですが、図面にはエレメント/ダブレットの最左端の面の部品名のみが表示されます。

Part No.: エレメントを識別する番号。このフィールドは 64 文字に制限されています。

Revision: バージョン変更を追跡します。このフィールドは 64 文字に制限されています。

Remarks: 追加のメモを入力するための 64 文字に制限されたテキストフィールド。

23.8 カム計算 (CAM Calculation)

CAM オプションは、可動部品（レンズまたはレンズ群）間の正確な関係を構築するためのパラメータ表を提供します。このオプションは、機械的に補償されたズームレンズのカムを構築する際に好ましく使用されますが、軸方向の間隔を計算することに限定されず、**任意の**レンズパラメータを計算に含めることができます。

したがって、*OpTaliX* の CAM は、傾斜や偏心パラメータ間の関係を計算するため（たとえばスキャニングシステムで）や、その他の特殊な記述パラメータの組み合わせを計算するためにも使用できます。

CAM は、カムの各ステップで光学系を最適化することにより、カムデータを生成します。これは、**最適化** オプションを連続的に実行し、各パスの前に線形変数（ステッピング）パラメータ **STE** をインクリメントすることで行われます。

CAM オプションは、ズームシステムを必須とせず、またカム表を計算する前にシステムを「非ズーム化」する必要もありません。CAM モードは、ズームシステムと非ズームシステム（固定焦点）の両方で普遍的に利用可能です。

この機能を実現するために、*OpTaliX* は最適化変数、ターゲット、および制約を保持するための 2 つの完全に独立したデータ領域を提供します。これにより、「通常の」最適化と CAM 計算を同じセットアップ内で独立して実行できます。

操作モードは 2 つ提供されており、「通常の」ズームモードと CAM モードがあります。この 2 つのモード間の切り替えは、コマンド "CAM Y" および "CAM N" で行います。

以下の説明では、最も頻繁に必要なとされる機械的に補償されたズームレンズの場合、つまり移動するレンズ群間の軸方向の間隔表の計算に焦点を当てます。

ズームシステムでは、単に CAM モードに切り替え、2 番目の最適化セットを定義して CAM 計算を実行します。その後、ユーザーは通常のズーム/マルチコンフィギュレーションモードに戻り、ズームシステムの最適化や解析を続行できます。*OpTaliX* は両方の最適化セットを設計

データとともに保存します。これにより、保存および復元されたシステムから「通常の」ズーム最適化/解析や CAM 計算を続行できます。

また、CAM 計算と最適化設定の密接な関係により、CAM パラメータを編集するメニュー項目は、*Optimization* および *Manufacturing* のメインメニューの両方にあります。

ズームシステムで CAM モードに切り替えると、プログラムはシステムを一時的に非ズームシステムに変換してカムを計算します（ズームデータを失うことはありません！）。以前のズーム状態は、コマンド”CAM N”でいつでも復元できます。

Commands:

<p>CAM Y N zk RUN [XLS file.xls]</p>	<p>CAM モード (Y) と通常のズームモード (N) の切り替えを行います。システムを自動的に位置 1 に「非ズーム化」します。zk を指定すると、他の位置 zk から CAM 計算を開始できます。CAM モードの場合、RUN パラメータで CAM 計算を開始できます。XLS オプションを使用すると、CAM テーブルを Excel ファイルにエクスポートします。Excel ファイルの作成に関する注意事項については、ページ 534 を参照してください。</p> <p>例:</p> <p>CAM Y ! 位置 1 から開始して CAM モードに切り替えます。</p> <p>CAM z2 ! 位置 2 から開始して CAM モードに切り替えます。</p> <p>CAM RUN ! CAM 計算を実行します。</p> <p>CAM N ! 通常のズームモードに戻ります。</p> <p>CAM RUN XLS c:\my_data.xls ! CAM を実行し、データを Excel ファイルにエクスポートします。</p>
<p>STE sk param または CAM STE sk param</p>	<p>線形にステップする分離またはパラメータを指定します。表面修飾子のみが指定されている場合、その表面の分離が想定されます。つまり、sk は暗黙的に”THI sk”として解釈されます。ただし、任意の処方パラメータを指定することも可能であり、param 文字列で指定します。</p> <p>例:</p> <p>STE s5 ! 表面 5 (THI s5) の分離を線形にステップします。</p> <p>STE ADE s7 ! 表面 7 の X 軸周りの傾きを線形にステップします (ADE s7)。</p> <p>STE 'ADE s7' ! 上記と同じですが、param を文字列として提供します。</p>
<p>INC step_size または CAM INC step_size</p>	<p>分離またはパラメータターゲットで取るステップのサイズを指定します。</p>
<p>LIM max_value または CAM LIM max_value</p>	<p>ステップされた分離/パラメータ (STE で指定) の値がこの値を超えた場合に CAM 計算を停止します。</p>

<p>CAM OUT param_string1..10</p>	<p>値をリストする最大 10 個のパラメータを指定します。パラメータ定義は文字列として提供する必要があり、引用符で囲む必要があります。パラメータ文字列は少なくとも 1 つの空白文字で区切る必要があります。パラメータ文字列は、レンズデータベース項目や算術式を（まだ）受け入れません。 例: CAM OUT 'thi s5' 'thi s10' 'efl' 'oal'</p>
<p>BAS offset または CAM BAS offset</p>	<p>リストされた各パラメータに追加される定数値を指定します。機械設計の基準点にテーブルを一致させることができます。</p>
<p>LIS CAM</p>	<p>CAM パラメータおよび関連する CAM 最適化変数と制約をリストします。</p>
<p>EDI CAM</p>	<p>CAM パラメータおよび関連する CAM 最適化変数と制約をダイアログボックスで編集します。</p>

CAM モードでのカム計算を終了すると、システムは最後のカムステップの構成に残されます。そのため、必要に応じて異なるパラメータで継続的な実行を行うことができます。その後、システムが通常のズームモードに切り替えられた場合（CAM N コマンドを参照）、光学系はズーム位置 1 に復元されます。

例:

この例で実行される CAM 計算は、\optalix\examples\optimization ディレクトリにある設計ファイル CAM_Example.otx に基づいています。この設計では、厚さ 5、10、および 15 が可変であり、レンズ群の移動を実現します。厚さ 5 は許容される移動範囲（1mm～50mm）を線形にステップします。残りの厚さ 10、15 は、光軸上の焦点を一定に保ち、全長（OAL）を一定にするよう最適化されます。

まず、CAM モードに入ります。

CAM Y

次に、線形ステッピングパラメータを定義します。

- STE THI s5 ! 面 5 の厚さをステップします。
- INC 2.0 ! 面 5 のインクリメントを設定します。
- LIM 50.0 ! 面 5 の最大値を設定します。

CAM 計算の変数およびターゲット/制約は、通常最適化と同様に定義されます。変数はダイアログ（VAR ? コマンドを使用）またはコマンドラインから直接編集できます。

- VAR s10 THI
- VAR s15 THI

CAM 計算のターゲット/制約の定義は簡潔です。

- spd f1 0 ! フィールド 1（軸上）のスポット径を最小化します。
- oal = 121.5 ! 全長（OAL）を一定に保ちます。

最後に、リストするパラメータを定義します。これには厚さ 10 と 15 を含めます。さらに、焦点距離 (EFL) と全長 (OAL) を監視したいとします。

```
CAM OUT 'thi s5' 'thi s10' 'efl' 'oal' 'spd f1'
```

リストするパラメータは文字列として指定する必要があります (アポストロフィで囲む)、パラメータ文字列は少なくとも 1 つの空白文字で区切る必要があります。

以下は、LIS CAM コマンドで取得した全体の概要です。

CAM CALCULATION PARAMETERS:

```
Linear stepping parameter (STE) : THI S5
Stepping increment (INC) : 2.000000
Maximum of stepped parameter (LIM) : 50.000000
```

List Parameter	Offset
1 : THI S10	0.0000
2 : THI S15	0.0000
3 : EFL	0.0000
4 : OAL	0.0000
5 : SPD F1	0.0000

CAM VARIABLES :

```
S10 THI
S15 THI
```

CAM TARGETS AND CONSTRAINTS :

```
spd f1 0
oal = 121.5
```

CAM 計算は、コマンド CAM RUN で開始されます。

CAM CALCULATION

FILE = CAM_Example.otx

	THI S5	THI S10	THI S15	EFL	OAL	SPD F1
1	1.000000	56.47201	1.12499	5.90331	121.50000	0.00367
2	3.000000	54.37153	1.22547	6.25214	121.50000	0.00354
3	5.000000	52.26517	1.33183	6.63267	121.50000	0.00343
4	7.000000	50.15151	1.44549	7.04912	121.50000	0.00338
5	9.000000	48.03185	1.56515	7.50546	121.50000	0.00330
6	11.000000	45.90509	1.69191	8.00707	121.50000	0.00324
7	13.000000	43.76938	1.82762	8.56059	121.50000	0.00325
8	15.000000	41.62445	1.97255	9.17309	121.50000	0.00333
9	17.000000	39.46936	2.12764	9.85319	121.50000	0.00348
10	19.000000	37.30302	2.29398	10.61110	121.50000	0.00373
11	21.000000	35.12420	2.47280	11.45900	121.50000	0.00411
12	23.000000	32.93149	2.66551	12.41154	121.50000	0.00463
13	25.000000	30.72328	2.87372	13.48641	121.50000	0.00529
14	27.000000	28.49768	3.09932	14.70510	121.50000	0.00609
15	29.000000	26.25255	3.34445	16.09395	121.50000	0.00700
16	31.000000	23.98536	3.61164	17.68545	121.50000	0.00801
17	33.000000	21.69320	3.90380	19.51995	121.50000	0.00913
18	35.000000	19.37267	4.22433	21.64797	121.50000	0.01033
19	37.000000	17.01982	4.57718	24.13323	121.50000	0.01159
20	39.000000	14.63009	4.96691	27.05663	121.50000	0.01284
21	41.000000	12.19831	5.39869	30.52153	121.50000	0.01397
22	43.000000	9.71879	5.87821	34.66022	121.50000	0.01478
23	45.000000	7.18589	6.41111	39.64128	121.50000	0.01493
24	47.000000	4.59570	7.00130	45.67467	121.50000	0.01383
25	49.000000	1.95113	7.64587	53.00207	121.50000	0.01075

INFORMATION: The system has been left at the last step in the CAM
Enter "CAM N" to restore all zoom positions (Zoom systems only).

第24章

ガラスマネージャ – Glass Manager –

OpTaliX には、ガラスの光学特性を選択、表示、および解析するための補助ツールが多数含まれています。

24.1 ガラスカタログの使用法 (Use of Glass Catalogs)

このセクションでは、ガラスカタログの使用法について説明します。通常、特定の光学系に対して1つまたは複数のガラスカタログをロードできます。以下のコマンドがこの機能をサポートします：

<code>LOAD GCAT cat1 cat2 cat3 ...</code>	ガラスカタログをロードします。カタログ名のシーケンスで指定します。例： <code>load gcat schott hoya oha</code> このコマンドは、Schott、Hoya、Ohara のガラスカタログをロードします。最初の3文字のみが重要です。
<code>LOAD GCAT ALL ?</code>	上記と同様にガラスカタログをロードします。パラメータ ALL は、 <i>OpTaliX</i> 内で利用可能なすべてのガラスカタログをロードします。疑問符「?」は、カタログを対話的に選択するためのダイアログボックスを呼び出します。
<code>LIS GCAT</code>	現在ロードされているガラスカタログをテキスト出力ウィンドウにリストします。

また、ガラスカタログの対話的な選択は、メインメニューから以下の手順で実行できます：

Glass Manager --- > *Select Glass Catalogs*

ダイアログボックスが表示され、特定のガラスカタログまたは *OpTaliX* 内で利用可能なすべてのガラスカタログを選択できます (図 24.1 参照)。

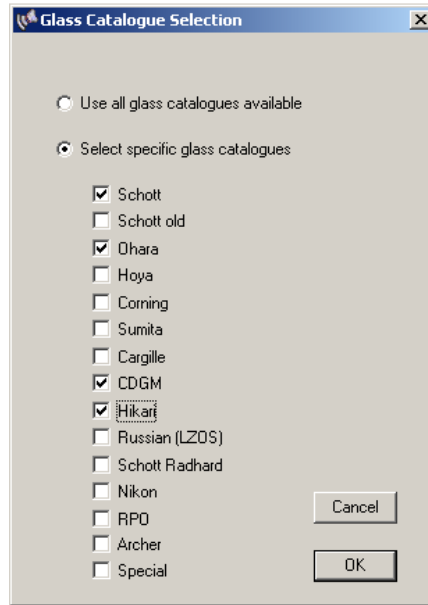


図 24.1. コマンド”LOAD GCAT ?” (引用符なし) を使用して特定のガラスカタログを選択する例。

24.2 ガラスマップ (Glass Map)

ガラスマップは、屈折率とアッペ数 ν または分散 $n_F - n_C$ の関係を示す図であり、ほとんどのガラスメーカーが提供しています。ガラスカタログのコレクションは、コマンド LOAD GCAT ? を使用して選択できます。

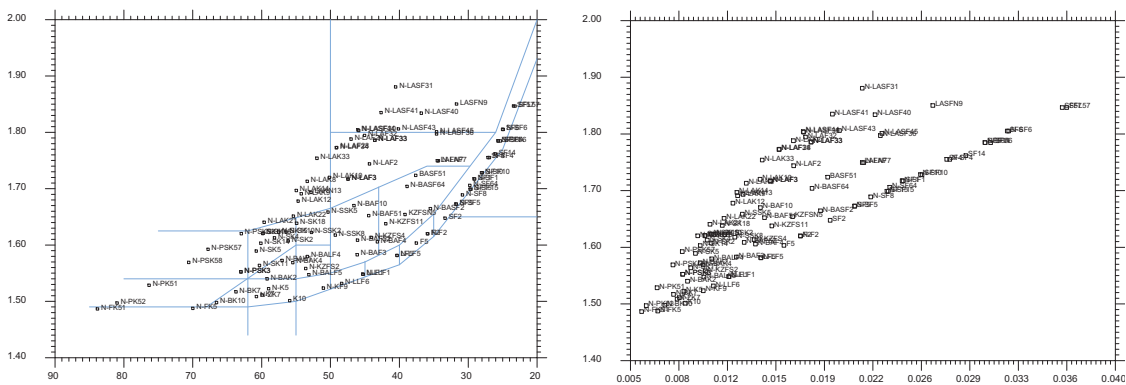


図 24.2. ガラスマップの例 (Schott ガラスの場合)。左: 屈折率 vs. アッペ数、右: 屈折率 vs. 分散 $n_F - n_C$ 。

NUU	ガラスマップをプロットします。屈折率 vs. アッペ数を表示します。
NFNC [?]	部分分散図をプロットします。オプションの”?”パラメータを使用すると、ガラスカタログや図のオプションを選択するためのダイアログが表示されます。詳細はセクション 24.3 を参照してください。

24.3 部分分散図 (Partial Dispersion Plots)

部分分散図は、**NFNC** コマンドによって呼び出され、ガラスの分散がアッペ正規線 (Schott ガラスの K7 と F2 を結ぶ直線) からどの程度逸脱しているかを示します。選択可能な部分分散には、 $P_{g,F}$ 、 $P_{C,s}$ 、およびスペクトル領域 $1-2\mu\text{m}$ と $3-5\mu\text{m}$ の2つの人工的な部分分散、さらに部分分散 $P_{g,F} - P_{d,C}$ のプロットが含まれます。後者については、ブーフダール (Buchdahl) 係数 η_1, η_2 を使用した類似のプロットも利用可能です。

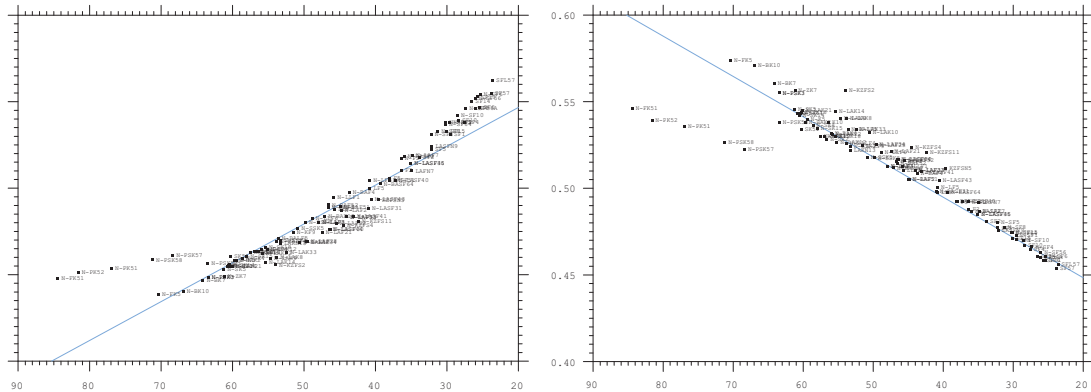


図 24.3. 部分分散図の例 (Schott ガラスの場合)。左: 屈折率 vs. $P_{g,F}$ 、右: 屈折率 vs. $P_{C,s}$ 。

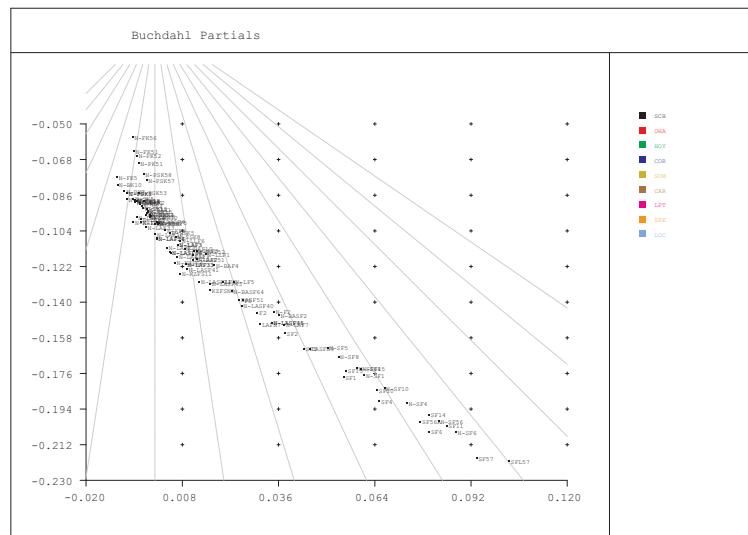


図 24.4. ブーフダール (Buchdahl) 係数 η_1, η_2 を使用した部分分散図の例。Schott ガラスの場合を示しています。

24.4 アサーマルマップ (Athermal Map)

アサーマルマップは、色収差分散力と熱分散力をプロットした図です (図 24.5 参照)。これは、色収差と温度による焦点移動の両方を補正した光学系を見つけるための便利なツールです。こ

のトピックに関するより分析的なアプローチについては、セクション 24.5 を参照してください。

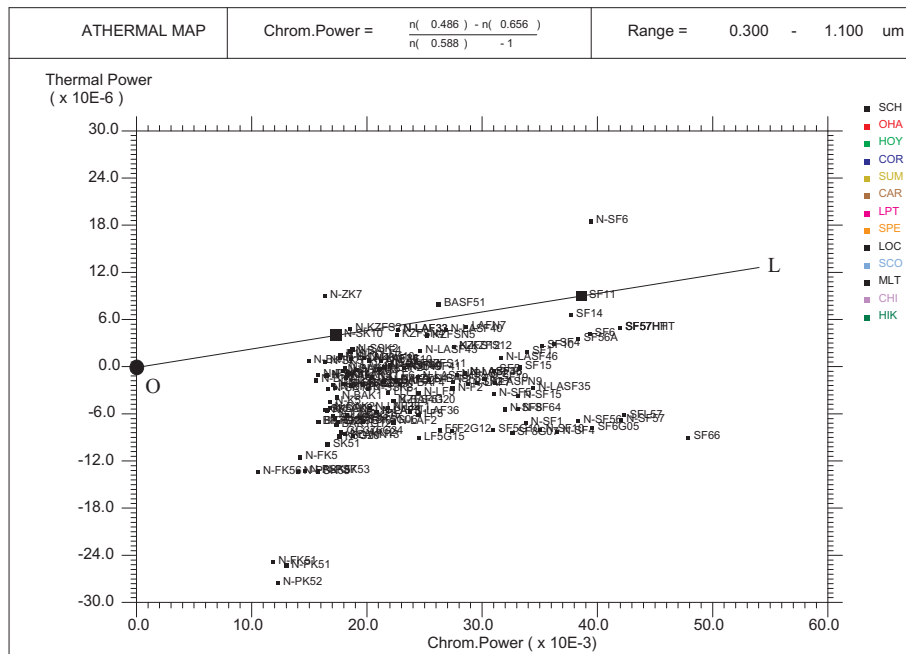


図 24.5. アサーマルマップの例。可視スペクトル範囲における Schott ガラスの色収差分散力と熱分散力をプロット。

各材料について、色収差分散力 ω と熱分散力 ψ は以下の式で計算できます：

$$\omega = -\frac{(\partial n / \partial \lambda) \Delta \lambda}{n - 1} \quad (24.1)$$

$$\psi = \frac{\partial n / \partial T}{n - 1} - \alpha \quad (24.2)$$

ここで、 α は線膨張係数を表します。色収差分散力 ω はアッベ数 ν の逆数に比例し、 ν は式 13.14 (ページ 245) で定義されています。簡単のため、薄レンズダブレット (つまり 2 つの材料) のみを考慮し、色収差分散力 (ゼロ色収差分散力) とアサーマル化 (ゼロ熱分散力) を達成することを目指します。これには、以下の 3 つの線形方程式を解く必要があります：

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = 1 \quad (24.3)$$

$$\Delta \Phi = \omega_1 \cdot \Phi_1 + \omega_2 \cdot \Phi_2 \quad (24.4)$$

$$\frac{d\Phi}{dT} = \psi_1 \cdot \Phi_1 + \psi_2 \cdot \Phi_2 \quad (24.5)$$

図 24.5 を参照すると、これらの 2 つの材料は、アサーマルマップ上で原点 O を通る直線 O-L 上に位置する必要があります。もしそのような材料の組み合わせが見つからない場合、特に非可視波長範囲 (例：赤外線ガラス) で透過する材料が必要な場合は、3 つの材料を組み合わせる必要があります。このトピックに関する詳細は、Tamagawa らの研究 [55], [56] を参照してください。

注意:

アサーマルマップは、ハウジング構造の熱的影響（例：温度変化による空気間隔の変化）、レンズ厚さ、および高次光線収差を考慮していません。そのため、実際の光学系では、アサーマルマップはアサーマル化に適した材料を選択するためのガイドラインとしてのみ使用できます。次のセクション 24.5 では、少なくとも近軸領域でハウジング膨張の影響を考慮する方法について説明します。

24.5 アサーマルガラスの選択 (Athermal Glass Selection)

Tamagawa らは、光学材料を適切なレンズパワーで組み合わせ、同時にアクロマティック条件を満たすことで、光学系をアサーマル化する数値的手法を考案しました [54], [55], [56]。この手法は、熱分散力と色収差分散力の両方を決定し、熱膨張ハウジングの影響を含む対応するレンズパワーを計算することに基づいています。

アサーマルガラスマップ (図 24.5) の原点を通る直線上に位置する 2 つのガラスのペアを見つけるのは困難であり、アサーマルダブレットを達成するのは可能性が低いですが、不可能ではありません。以下の説明では、3 つの材料 (トリプレット) の組み合わせに焦点を当てます。これにより柔軟性が増し、特定の用途に適したガラスの組み合わせを常に見つけることができます。3 つのガラスを使用する場合、以下の 3 つの方程式を同時に満たす必要があります：

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 1 \quad (24.6)$$

$$\Delta\Phi = \omega_1 \cdot \Phi_1 + \omega_2 \cdot \Phi_2 + \omega_3 \cdot \Phi_3 \quad (24.7)$$

$$\frac{d\Phi}{dT} = \psi_1 \cdot \Phi_1 + \psi_2 \cdot \Phi_2 + \psi_3 \cdot \Phi_3 \quad (24.8)$$

これらの方程式は行列形式で表現できます：

$$\begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \Phi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 \\ \psi_1 & \psi_2 & \psi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi \\ 0 \\ -\alpha_h l \Phi \end{bmatrix} \quad (24.9)$$

ここで、ハウジングの熱膨張は $-\alpha_h l \Phi$ によって考慮されます。 α_h はハウジング材料の線膨張係数、 l はハウジングの長さを表します。個々のレンズパワーは次の式で得られます：

$$\begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \Phi_3 \end{bmatrix} = M^{-1} \begin{bmatrix} \Phi \\ 0 \\ -\alpha_h l \Phi \end{bmatrix} \quad (24.10)$$

上記の方程式は近軸領域に適用されることに注意してください。式 24.10 の解は、必ずしも良好な収差補正を持つシステムを意味するわけではありません。そのため、個々のレンズパワー Φ_1, Φ_2, Φ_3 が最小となるガラスの組み合わせを探すことが推奨されます。

コマンド入力:

ATH3	近軸領域でアサーマルおよびアクロマティック補正を達成するための 3 つのガラスの組み合わせを見つけます。
------	--

24.6 薄レンズアポクロマト用ガラスの選択 (Glass Selection for Thin-Lens Apochromats)

このオプションは、アポクロマティック色収差補正を達成するのに適したガラスの組み合わせを選択するための補助ツールとして設計されています。2つまたは3つのガラスの組み合わせがサポートされています。このような組み合わせを見つける際、プログラムはすべてのガラスの分散特性を「基準ガラス」と比較し、個々のレンズに必要なパワーを出力します。

比較は、波長 λ を色座標 ω に変換するブーフダール (Buchdahl) の簡略化された分散モデル式に基づいています。 ω は次のように定義されます：

$$\omega = \frac{\lambda - \lambda_0}{1 + \frac{5}{2}(\lambda - \lambda_0)} \quad (24.11)$$

ここで、 λ_0 は基準波長を表します。

色座標を使用すると、任意の波長での屈折率は次のべき級数で表されます：

$$n = n_0 + \nu_1\omega + \nu_2\omega^2 + \dots + \nu_i\omega^i \quad (24.12)$$

ここで、 n_0 は基準波長 λ_0 における屈折率を表し、 ν_1, ν_2, \dots はガラスの分散特性を特徴付ける量です。このテイラー級数は非常に速く収束します。可視範囲 (400-700nm) では2次方程式で十分な精度が得られ、400-1000nm の範囲では3次方程式でモデル化できます。

実際のガラスや光学系に適用する場合、上記の方程式は近軸領域でのみ有効であることに注意してください。ただし、特定の組み合わせが期待通りに動作しない場合があります。ほとんどの場合、これは近軸量では考慮されない高次の単色および色収差球面収差が原因です。

24.6.1 2枚のガラスを用いたアポクロマト (Two-Glass Apochromats)

AP02 [base_glass ?]	近軸領域でアポクロマティック補正を達成するための2つのガラスの組み合わせを見つけます。
-------------------------	---

例:

指定された基準ガラスに対して、コマンド AP02 は分散係数の比が他のガラスと可能な限り一致するガラスの組み合わせを選択します。

出力には、マッチングするガラスのリスト（およびその同等名）と、パワー=1 のダブルレットにおけるレンズパワーが含まれます。最後の列には、近軸領域での縦色収差（セカンダリスペクトル）の予想 RMS 誤差が表示されます。有望な組み合わせは、レンズパワー (Phi1, Phi2) が小さく、RMS 誤差が小さいものです。ただし、RMS 誤差が小さくても、レンズパワーが大きい場合は、高次色収差（球面色収差）が多くなる可能性があります。

Glass dispersion coefficients based on Buchdahl chromatic coordinates :

```
Baseglass : KZFSN4
Eta_1    : -0.14080
Eta_2    :  0.04012
Ref.wavelength : 0.5500 micron
```

Glass	Equiv.Glass	Phi1	Phi2	RMS
SCH:LLF1	N-LLF1	-30.308	31.308	0.3855
SCH:N-BAF3	BAM3	-19.172	20.172	0.2716
SCH:N-BAF10	S-BAH10	-15.614	16.614	0.0964
SCH:N-BAF51	N-BAF51	-64.353	65.353	0.9895

```
SCH:N-KF9      N-KF9      -6.107      7.107      0.0631
SCH:N-KZFS4    N-KZFS4    -206.546    207.546    0.7215
SCH:N-KZFS11   N-KZFS11   23.824     -22.824    0.0012
SCH:N-LAF2     N-LAF2     -75.176     76.176     0.9451
.....
```

24.6.2 3枚のガラスを用いたアポクロマート
(Three-Glass Apochromats)

APO3 [base_glass ?]	近軸領域でアポクロマティック補正を達成するための3つのガラスの組み合わせを見つけます。
-------------------------	---

以下の出力は、Schott社の基準ガラス KZFSN4 に対する例としてのリストです：

```
Glass dispersion coefficients based on Buchdahl chromatic coordinates :
Baseglass   : KZFSN4
Eta_1       : -0.14080
Eta_2       :  0.04012
Ref.wavelength : 0.5500 micron
```

Glass1	Glass2	Glass3	Phi1	Phi2	Phi3
SCH:KZFSN4	SCH:F2	SCH:N-FK51	-2.906	1.238	2.669
SCH:KZFSN4	SCH:F2	SCH:N-FK56	-2.387	1.074	2.313
SCH:KZFSN4	SCH:F2	SCH:N-PK52	-2.913	1.171	2.742
SCH:KZFSN4	SCH:F5	SCH:N-FK56	-2.568	1.294	2.274
SCH:KZFSN4	SCH:LAFN7	SCH:N-FK56	-2.533	1.105	2.428
SCH:KZFSN4	SCH:LASFN9	SCH:N-FK51	-2.458	0.756	2.701
SCH:KZFSN4	SCH:LASFN9	SCH:N-FK56	-1.993	0.655	2.337
SCH:KZFSN4	SCH:LASFN9	SCH:N-PK52	-2.489	0.715	2.774
SCH:KZFSN4	SCH:SF1	SCH:N-FK51	-2.359	0.613	2.747

24.7 勾配屈折率プロファイル
(Gradient Index Profile)

勾配屈折率ガラスのプロファイルは、屈折率を局所的なz座標の関数として示します。現在、このプロットは事前に保存された軸方向の勾配屈折率ガラスに対してのみ利用可能です。プロットは選択された波長で表示されます。

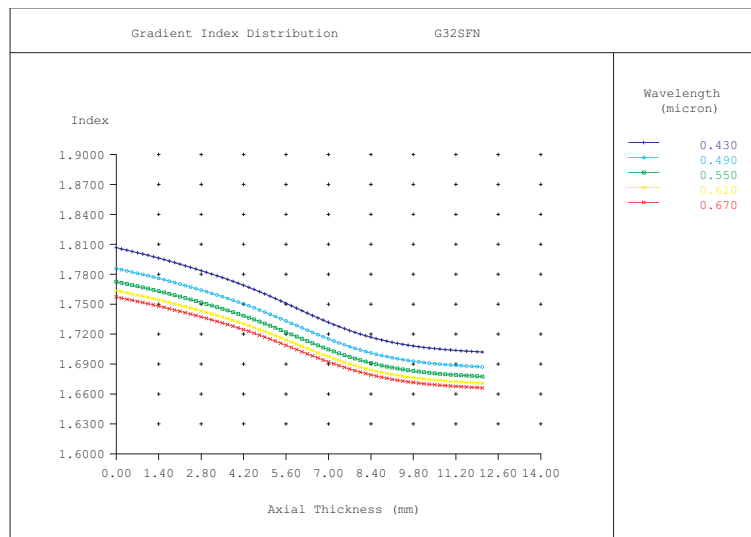


図 24.6. 勾配屈折率プロファイル。5つの波長で表示。

24.8 ガラスカタログの表示と編集

GCAT [cat_name]	ガラスカタログに保存されたガラスデータを含むスプレッドシートを呼び出します。オプションのパラメータ <code>cat_name</code> は、カタログを指定する3文字の文字列です。以下のカタログが利用可能です：	
	<code>cat_name</code>	ガラスメーカー
	SCH	Schott
	SCO	Old Schott
	OHA	Ohara
	HOY	Hoya
	COR	Corning
	SUM	Sumita
	CAR	Cargille liquids
	LPT	LightPath Gradium
	SPE	Specials catalogue (赤外線、プラスチックなど)
	HIK	Hikari
	CHI	Chinese catalogue
	MLT	Melts (ユーザー定義ガラス)
	例: <code>gcat</code> <code>gcat sch</code>	

Melts カタログ (MLT) のみ編集および保存が可能であり、他のすべてのカタログのデータは表示のみ可能です。これは、後の更新時にガラスカタログのデータ整合性を保つために必須です。

Glass Catalogue Editor : Schott								
		Glass Name	Equiv. Name	Index (d)	Nue (d)	Coef. 1	Coef. 2	Coef. 3
Schott	F2	F2	F2	1.620037	36.35	1.3453336	0.20907318	0.93735716
Old Schott	F5	F5	F5	1.603417	38.01	1.3104463	0.19603426	0.96612977
Ohara	K7	K7	K7	1.511119	60.38	1.1273555	0.12441230	0.82710057
Hoya	K10	K10	K10	1.501369	56.39	1.1568708	0.64262544E-01	0.87237614
	LAFN7	LAFN7	LAFN7	1.749498	34.94	1.6684262	0.29851280	1.0774376
Corning	LAKN13	LAKN13	LAKN13	1.693499	53.31	1.2579237	0.55340286	1.0633574
Sumita	LASFN9	LASFN9	LASFN9	1.850250	32.16	1.9788819	0.32043530	1.9290074
Hikari	SF1	SF1	SF1	1.717355	29.50	1.5591292	0.28424629	0.96884293
	SF10	SF10	SF10	1.728245	28.40	1.6162598	0.25922933	1.0776233
Cargille	SF11	SF11	SF11	1.784714	25.75	1.7384840	0.31116897	1.1749087
LightPath	SF14	SF14	SF14	1.761814	26.52	1.6918254	0.28591993	1.1259515
	SF15	SF15	SF15	1.698947	30.06	1.5392593	0.24762093	1.0381641
Special	SF2	SF2	SF2	1.647685	33.83	1.4030182	0.23176750	0.93905655
	SF4	SF4	SF4	1.755196	27.57	1.6196783	0.19949931	1.0756693

図 24.7. ガラスカタログデータを表示および編集するためのスプレッドシート。ダイアログの一部のみが表示されています。

列の意味は以下の通りです：

ガラス名	メーカーのガラス名
同等名	同等の光学特性を持つガラス名。他のメーカーのガラスである場合もあります。
屈折率 (d)	d 線での屈折率
アッベ数 (d)	アッベ数 ν_d
係数 1-6	分散係数。分散式の種類は”Eq” 列で定義されています。
Eq.	分散式の種類 0 = Old Schott 式 (式 13.1、ページ 243 参照)。 1 = Sellmeier 式 (式 13.2、ページ 243 参照)。 2 = Herzberger 式 (式 13.8、ページ 244 参照)。
L-min	分散係数が有効な最小波長 (μm 単位)。
L-max	分散係数が有効な最大波長 (μm 単位)。
D0 D1 D2 E1 E2 LTK	屈折率の温度係数 dn/dT (式 13.2 参照)。
CTE	
密度	
RTI	
2500 - 250	
	熱膨張係数 (10^{-6} 単位)。
	比重 ρ (g/cm^3 単位)。
	内部透過率データが定義されている厚さ (mm 単位)。
	ガラス板の厚さ RTI での内部透過率 (反射損失を除く)。列見出しに示された波長 (nm 単位) での値。

24.9 溶解ガラス（メルトガラス） (Melt Glasses)

製造された光学ガラスやその他の材料は、屈折率がバッチごとにわずかに異なる場合があります。これは、カタログ値や公称値と比較した場合に見られます。特に指定がない場合、光学ガラスの典型的な許容範囲は $n_d \pm 0.001$ および $\nu_d \pm 0.8\%$ です。

長焦点高解像度タイプなどの重要な用途では、このような（標準的な）許容範囲では不十分であり、正確に測定された屈折率データを用いた解析が必要です。このプロセスを支援するため、ガラスメーカーは通常、各ガラスバッチに対してメルトデータシートを提供します。これにより、半径、レンズ厚、または空気間隔の値を調整することが可能になります。

通常、データはガラスメーカーによっていくつかの選択されたスペクトル線の波長で提供されます。光学系が設計された波長で屈折率データを得るためには、何らかのフィッティングが必要です。この補間には、Sellmeier 方程式 (式 13.2 参照) が使用されます。

測定されたメルトデータを使用するには、メーカーのメルトデータシートに基づいて新しいガラスを作成し、その後（メルト）ガラスカタログに追加する必要があります。一度作成されたメルトガラスは、通常のカatalogガラスと同様に使用できます。

この方法は非常に汎用的であり、メルトガラス（すなわち、事前に保存されたカatalogガラスからわずかに逸脱するガラス）だけでなく、完全に新しいガラスを作成するためにも使用できます。任意の波長範囲を入力できるため、赤外線ガラスや紫外線ガラスもこの方法で作成可能です。ただし、このスキームは均質なガラス/材料にのみ適用されることに注意してください。勾配屈折率のような不均質なガラスは、このオプションでは作成できません。

コマンド:

<p>MELT [? fil melt_file_name]</p>	<p>離散的な波長/屈折率データペアのセットからメルトガラスを作成します。Sellmeier 係数への補間が行われ、その後メルトガラスが”melts” カタログに追加されます。コマンドライン入力の場合、波長/屈折率データペアは拡張子”.ind”を持つ ASCII ファイルに格納されている必要があります。メルトガラスファイル形式については、セクション 32.8 を参照してください。”?” オプションを使用すると、対話的編集のためのダイアログボックスが表示されます。</p> <p>例:</p> <pre>melt fil c:\optix\glasses\my_melt.ind</pre> <p>ファイル内の屈折率データをフィットします。</p> <pre>melt ?</pre> <p>ダイアログボックスを呼び出してメルトデータを編集します。</p>
--	--

ダイアログを使用したメルトガラスの作成:

メルトガラスを作成およびフィッティングする特に便利な方法は、ダイアログボックスを使用することです。これはコマンド ”MELT ?” またはメインメニューの *Glass Manager* → *Create Melt Glass* から呼び出されます。

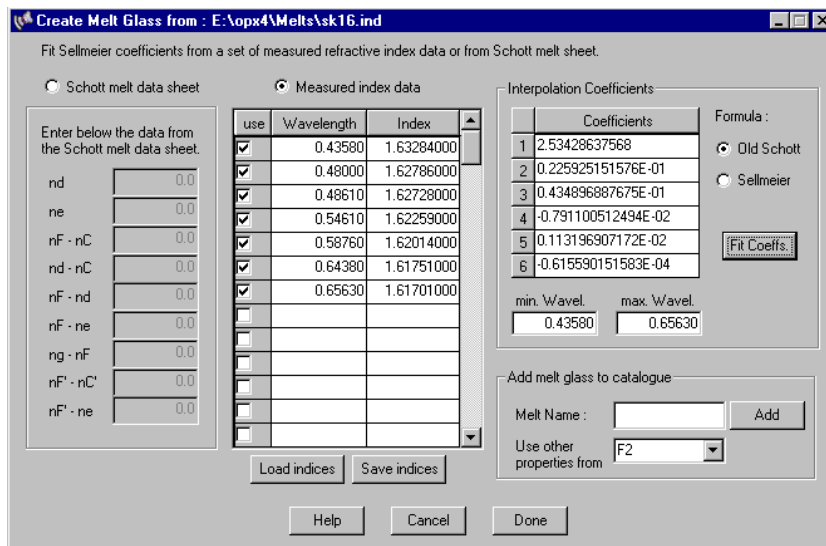


図 24.8. メルトガラスおよび新しいガラスを入力、フィッティング、作成するためのダイアログボックス。

2 種類の屈折率データを入力できます:

- Schott メルトデータシートから (“Schott melt data sheet” ラジオボタンを選択)。データはダイアログフィールドに手動で入力する必要があります。
- 波長/屈折率データペアとして (“Measured index data” ラジオボタンを選択)。このデータは手動で入力するか、”.ind” ファイルから復元できます。ファイルは \optix\melts\ ディレクトリに保存するのが推奨されますが、他の場所でも可能です。

図 24.8 に示すダイアログ例を使用して、メルトガラスを作成する手順は以下の通りです:

1. 波長/屈折率ペアを入力するか、".ind" ファイルからダイアログにロードします（波長/屈折率スプレッドシートの下にある"load indices" ボタンをクリック）。フィットに含める波長をチェックします。最大 100 ペアのデータを入力できます。
2. データをフィットする式を選択します。現在、Old Schott 式（式 13.1）と Sellmeier 式（式 13.2）が選択可能です。
3. 選択した式に従ってデータをフィットします（"fit coeffs." ボタンをクリック）。係数は右端のテーブルに表示され、フィットの精度とともにテキストウィンドウに報告されます。
4. 新しいメルトガラスの名前を入力します。メルトガラスを識別し、他のカタログガラスと区別するために、一意の名前（最大 10 文字）を指定する必要があります。
5. 他のガラス特性（内部透過率、 dn/dT 、CTE、比重など）を引き継ぐための"ベース" ガラス名を選択するか、直接入力します。これにより、メルトガラスはベースガラスのすべての特性を持ち、その後の解析でベースガラスと同様に動作します（屈折率を除く）。
6. フィットしたガラスをメルトカタログに追加します（"Add" ボタンを押します）。
7. ダイアログボックスを閉じます。

第25章

プリントとプロット – Printing and Plotting –

このセクション全体で、用語「プリント」は、テキストをプリンターに出力することを意味します。つまり、通常は画面上の「テキストウィンドウ」に表示されるすべてのテキストおよび解析出力を指します。一方、「プロット」は、Windows プリントマネージャーを使用してグラフィックをプリンターに出力することを意味します。デフォルトでは、すべてのグラフィックおよび解析出力は画面ウィンドウに表示されます。プリントまたはプロットを実行するには、出力デバイスを変更する必要があります。一度出力デバイスが変更されると、その後のすべての出力は選択されたデバイスに送られます。グラフィックやテキスト出力を再び画面に表示するには、対応する出力を画面に切り替える必要があります。この概念は、オンとオフを切り替えるライトスイッチのように機能します。現在選択されている出力デバイス（グラフィックまたはテキスト）は、図 25.1 に示されているように、メインウィンドウのステータスバーに表示されます。

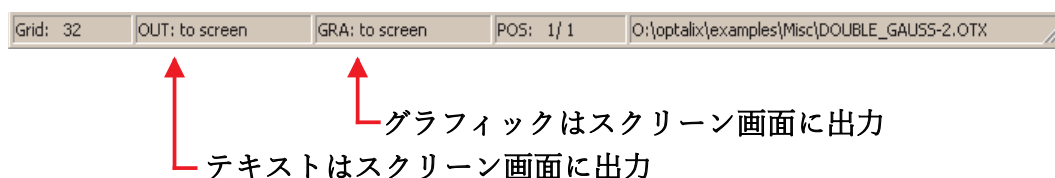


図 25.1. メインウィンドウ下部のステータスバーに表示される印刷ステータス。

コマンドラインからプリント/プロットを行うには、以下のセクションで説明するように、出力デバイスを手動で切り替える必要があります。GUIからは、出力デバイスの切り替えがバックグラウンドで自動的に行われます。

25.1 コマンドラインからのプリントとプロット (Printing and Plotting from the Command Line)

out prn t file file_name	テキスト出力をデフォルトプリンター (prn)、ターミナル/画面 (t) に送信します。または、コマンド out fil file_name を使用してテキスト出力をファイルに書き込むことができます。以下の例を参照してください。
gra prn plt t file	グラフィック出力をプリンター (prn)、プロッター (plt)、画面またはテキスト出力ウィンドウ (t)、またはファイル (fil) に送信します。
bmpx pixels_horiz	ビットマップ (BMP, PCX) の水平ピクセル数を指定します。例についてはセクション 25.2.2 を参照してください。デフォルトの幅は 640 ピクセルです。
bmpy pixels_vert	ビットマップ (BMP, PCX) の垂直ピクセル数を指定します。例についてはセクション 25.2.2 を参照してください。デフォルトの高さは 480 ピクセルです。

例えば、以下のコマンドはテキスト出力をプリンター、ファイル、または画面（テキスト出力ウィンドウ）に送信します：

```
out prn          ! 出力がデフォルトプリンター（出力デバイスは "prn"）に送信されます
out t           ! 出力が（元に戻して）テキスト出力ウィンドウ（ターミナル）に送信されます
out fil 'c:\my output.txt' ! テキスト出力をファイル "c:\my output.txt" に書き込みます。
```

同様に、プロットデバイス（つまりグラフィックの「印刷」）を変更するには、以下のようになります：

```
gra prn      ! グラフィック出力がデフォルトプリンター（出力デバイスは "prn"）に送信されます
gra t       ! グラフィック出力が画面に戻されます。
```

25.2 プリンターおよびプロッターデバイス単位 (Printer and Plotter Device Units)

以下の出力デバイス

は、テキストの印刷およびグラフィックのプロットに使用できます：

prn	デフォルトプリンター	テキスト+グラフィック
plt	プロッター	グラフィックのみ
t	画面 (ターミナル)	テキスト+グラフィック
clp	クリップボード	グラフィックのみ
file	テキスト/解析出力をファイルに保存	テキストのみ
silent	テキスト出力を無効化 (サイレント操作)	テキストのみ
hpgl	HPGL (Hewlett Packard Graphics Language)	グラフィックのみ
dxg	グラフィックを AutoCad DXF ファイルに出力	グラフィックのみ
eps	グラフィックを Encapsulated Postscript (EPS) に出力	グラフィックのみ
wmf	グラフィックを Windows Metafile Format (WMF) に出力	グラフィックのみ
cgm	グラフィックを Computer Graphics Metafile (CGM) に出力	グラフィックのみ
bmp	グラフィックを Windows Bitmap 形式 (BMP) に出力	グラフィックのみ
pcx	グラフィックを Paintbrush ファイル形式 (PCX) に出力	グラフィックのみ
png	グラフィックを Portable Networks Graphics (PNG) 形式に出力	グラフィックのみ
svg	グラフィックを Scalable Vector Graphics (SVG) 形式に出力	グラフィックのみ

以下のセクション (25.2.1, 25.2.3) では、コマンドラインからプリント/プロットを実行する方法について説明します。セクション 25.3 では、グラフィカルユーザーインターフェース (GUI) から直接プリント/プロットを行う方法について説明します。

25.2.1 グラフィックのプリント/プロット (Printing/Plotting Graphics)

デフォルトのグラフィック出力デバイスは画面です。他のグラフィック出力デバイスは、以下のコマンドで選択できます：

```

gra dxg [file filespec] !グラフィックを DXF ファイルにリダイレクト
gra hpgl [file filespec] !グラフィックを HPGL ファイルにリダイレクト
gra bmp [file filespec] !グラフィックを Windows ビットマップ (BMP) ファイルにリダイレクト
gra prn
                       !グラフィックをデフォルトプリンターにリダイレクト
gra plt
                       !グラフィックをデフォルトプリンターにリダイレクト (gra prn と同義)
gra t
                       !グラフィックをデフォルト画面にリダイレクト

```

画面、プリンター、クリップボード以外では、グラフィックは常にファイルに書き込まれます。この意味で、グラフィック出力のリダイレクトは、指定された形式でグラフィックウィンドウの内容を「エクスポート」することと理解できます。

単一のプロットの場合、リダイレクト記号「>」を使用して、一時的にグラフィックをプリンター/プロッターにリダイレクトできます。例えば：

```

fan > plt
vie > plt

```

これにより、レイファンプロットやレンズレイアウトプロットが即座に対応する出力デバイス (プリンター/プロッター「plt」) に送られます。コマンドエントリは少なくとも1つの空白文字で区切る必要があることに注意してください。また、リダイレクトは特定のコマンドにのみ有効であり、その後のすべてのコマンドは以前に選択されたデバイス (通常は画面) に表示されます。

25.2.2 ビットマップサイズの制御 (Controlling Bitmap Size)

ビットマップ (BMP、PCX、クリップボード) にエクスポート (印刷) されるグラフィックのサイズは、以下の2つの方法で制御できます：

GUIからの操作:

BMP や PCX などのラスタ画像ファイル、およびクリップボードにエクスポートされるグラフィックのサイズは、画面上のグラフィックウィンドウのピクセルサイズに対応します。つまり、画面上のグラフィックウィンドウが小さい場合、小さなラスタ画像ファイルが生成されます。ファイルサイズ (および水平方向と垂直方向のピクセル数) は、画面ウィンドウのサイズが大きくなるにつれて増加します。

コマンドラインからの操作:

コマンド BMPX および BMPY を使用して、エクスポートされるグラフィックのサイズを指定します。以下の例では、レンズレイアウトプロット (VIE コマンド) を幅 800 ピクセル、高さ 600 ピクセルのビットマップとして "c:\my_graphics.bmp" というファイルに書き込みます：

```
gra bmp fil c:\my_graphics.bmp
bmpx 800
bmpy 600
vie
gra t
```

グラフィックをエクスポートする際のロジックに注意してください：コマンド "gra bmp ..." では、グラフィックの出力先 (この場合、ファイル c:\my_graphics.bmp) を定義します。その後、追加のコマンドを使用してビットマップサイズ (BMPX, BMPY) などのグラフィックのプロパティを定義できます。グラフィックを生成した後、"GRA T" コマンドを使用してグラフィック出力を画面 (ウィンドウ) に戻します。

25.2.3 テキスト出力の印刷 (Printing Text Output)

デフォルトのテキスト出力デバイスは画面 (ターミナルデバイス) です。他のテキスト出力デバイスは、以下のコマンドで選択できます：

out prn	すべての後続のテキスト出力をデフォルトプリンターにリダイレクトします。
out file file_name	すべての後続のテキスト出力を file_name にリダイレクトします。
out t	すべての後続のテキスト出力をデフォルト画面にリダイレクトします。
out silent	テキスト出力を無効化します (サイレント操作)。テキスト出力を再度有効にするには、"out t" または "out prn" コマンドを使用してください。

一度出力がプリンター (out prn) にリダイレクトされると、その後のすべてのテキスト出力は、テキスト出力が画面 (out t) に切り替えられるまでデフォルトプリンターに印刷されます。テキスト出力は、リダイレクト記号 ">" を使用して、単一のコマンドでプリンターに即座

にリダイレクトできます。例えば：

```
lis > prn          ! リストが即座にデフォルトプリンターに印刷されます。
rsi f1 w1 > prn   ! 単一の光線追跡データがプリンターにリダイレクトされます。
lis > xxx.txt      ! 出力をファイル xxx.txt に書き込みます。
```

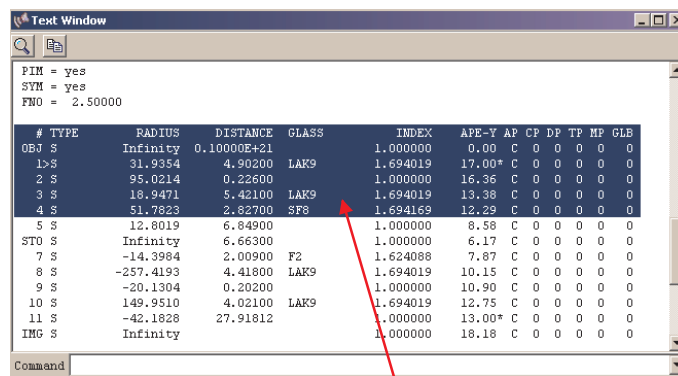
コマンドエントリは少なくとも1つの空白文字で区切る必要があることに注意してください。リダイレクトは特定のコマンドにのみ有効であり、その後のすべての出力は以前に選択されたデバイス（通常は画面）に書き込まれます。

25.3 GUIからのプリント/プロット (Printing/Plotting from the GUI)

これまでのセクションでは、コマンドラインからテキストやグラフィックをプリント/プロットする方法を説明しました。この方法は、例えばレポートを自動化するためのマクロで非常に便利ですが、テキストやグラフィックをプリント/プロットするためのより簡単な方法もあります。

25.3.1 GUIからのテキスト印刷 (Printing Text from the GUI)

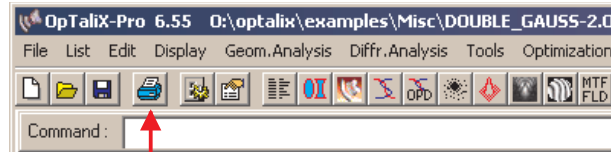
テキストウィンドウに表示されている全テキスト、または選択されたテキストを印刷することができます。



印刷領域をマウスで設定

図 25.2. テキストウィンドウ内のテキストを選択します。選択されたテキストの印刷は、メインメニューのプリンターアイコンをクリックすることで実行されます（図 25.3 参照）。注意：テキストが選択されていない場合、ウィンドウ全体の内容が印刷されます。テキストウィンドウをクリアするには、**CLS** コマンドを参照してください。

印刷は、メインウィンドウのツールバーにあるプリンターアイコンをクリックすることで実行されます（図 25.3 参照）。



全テキスト印刷 または 部分印刷

図 25.3. テキストウィンドウから選択されたテキストを印刷します。注意：グラフィックを印刷するには、各グラフィックウィンドウの左側バーにあるプリンターアイコンをクリックしてください（図 25.4 も参照）。

注意: テキストが選択されていない場合、ウィンドウ全体の内容が印刷されます。テキストウィンドウをクリアするには、CLS コマンドを参照してください。

25.3.2 GUIからのグラフィック印刷 (Printing Graphics from the GUI)

各グラフィックウィンドウには左側にツールバーがあります。このウィンドウのグラフィック内容を印刷するには、プリンターアイコンをクリックしてください：

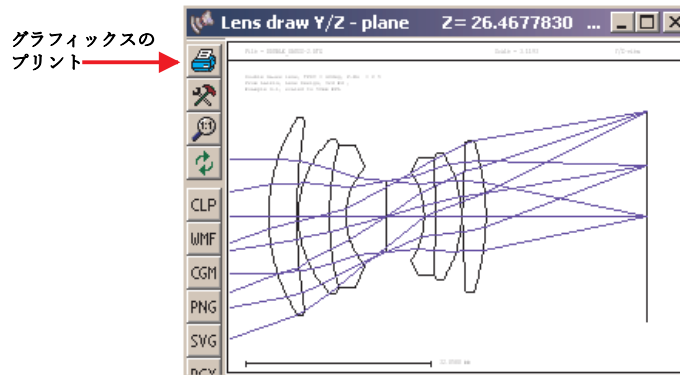


図 25.4. グラフィックを印刷します。

25.3.3 例 (Examples)

グラフィックをクリップボードに送信:

```
gra clp
fan
gra t
```

グラフィックをファイルに送信:

```
gra bmp fil c:\graphics.bmp
fan
gra t
```

指定されたサイズでビットマップファイルにグラフィックを送信:

```
gra bmp fil c:\graphics.bmp
bmpx 1200 ! 水平方向 1200 ピクセル
bmpy 800 ! 垂直方向 800 ピクセル
vie
gra t
```

テキスト出力をプリンターに送信:

```
out prn
lis
out t
```

テキスト出力をプリンターに送信 (短縮形式):

```
lis > prn
```

テキスト出力をファイルに送信:

```
out fil c:\text.txt
lis
out t
```


第26章

マクロ言語 – Macro Language –

マクロは、*OpTaliX* コマンド、算術式、およびデータベース項目の指定をファイルに保存した一連の手順です。マクロコマンドは、コマンドラインで対話的に入力および実行することもできます。コマンドラインでのコマンドとファイルに保存されたコマンドの間に機能的な違いはありません。

マクロは、頻繁に繰り返されるコマンドシーケンスを1つのコマンドにまとめたり、*OpTaliX* の機能を新しいユーザー定義またはユーザー固有の機能で拡張したりするために作成されます。マクロの作成と実行は2段階のプロセスです。使用するマクロコマンドは、まずテキストファイルに入力する必要があります。このファイルには推奨拡張子 `.mac` (例: `test.mac`) が付けられますが、他の拡張子も使用可能です。編集は、オペレーティングシステムで利用可能な任意の ASCII テキストエディタで行うことができます。*OpTaliX* には組み込みのマクロエディタが用意されており、外部エディタを起動する必要がありません。*OpTaliX* マクロエディタでは最大20個のマクロを編集できます。このエディタは以下のコマンドで起動できます：

EDI MAC

または、メニューの *Edit* -> *Macro files* から起動できます。

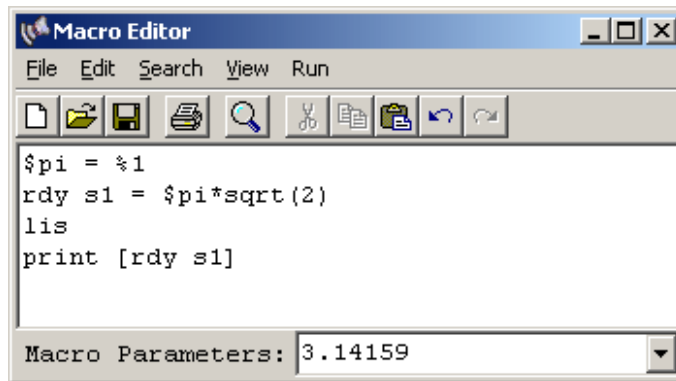




図 26.1. マクロエディタウィンドウ。この例では、1つのパラメータ (3.14159) をマクロに渡し、マクロスクリプト内で `%1` トークンとして解釈されます。このスクリプトの最初の行では、渡されたパラメータに基づいて変数 `$pi` が定義されます。2行目では、変数 `$pi` の値を `sqrt(2)` を掛けた値として面1の半径に割り当てます。3行目では設計データをリストし、4行目ではレンズデータベースから面1の半径を出力 (クエリ) します。

マクロシーケンスを編集した後、マクロエディタの **'Run'** メニュー項目をクリックすることで、マクロを即座に実行できます。必要に応じて、マクロに渡される外部パラメータは、マクロエディタウィンドウの下部にある **"Macro Parameters:"** とラベル付けされたフィールドで定義

できます (図 26.1 参照)。マクロスクリプト内で要求された %i パラメータが利用できない、または定義されていない場合、数値の場合はゼロ、文字変数の場合は空白と見なされます。

マクロエディタには複数のバッファが用意されており、複数のマクロシーケンスを保持できます。マクロエディタメニューの 'File' → 'New' オプションを選択するか、アイコン  をクリックすると、新しいバッファが開きます。バッファは、マクロエディタのメインメニューの 'View' メニューから選択できます。

プログラム終了時に、保存されていないバッファを保存するかどうか確認されます。また、'File' → 'Exit' を選択するか、右上隅のアイコン  をクリックしてマクロバッファを閉じると、保存されていないマクロシーケンスを保存するかどうかを尋ねるダイアログボックスが表示されます。

26.1 RUN 文 (RUN Statement)

マクロエディタからは、マクロを即座に実行することができます。マクロエディタウィンドウの 'Run' メニューをクリックしてください。または、保存されたマクロファイルを以下のコマンドで実行することもできます：

```
run filename [parameter1...9]
```

このコマンドは、指定されたマクロファイル (フルパスで指定) を読み込み、その内容を実行します。[parameter1..9] には、最大 9 つの式 (数値、文字列、または算術式) をマクロにパラメータとして渡すことができます。各パラメータ式は評価され、その結果 (数値または文字列) がマクロ内の対応する特殊記号 (%1, %2, ... %9) に置き換えられます。

以下の非常に簡単な例として、マクロ example.mac を考えます：

```
! 数値の平方根を出力します
print 'The root of ' %1 'is ' sqrt(%1)
```

このマクロは、以下のコマンドラインで実行されます：

```
run example.mac 2
```

ここで、マクロ名の後に続く数値 2 は、マクロに渡される最初のパラメータです。出力は以下ようになります：

```
The root of 2.0000000000000000 is 1.414213562373095
```

注意：パラメータは変数ではなく、本質的に実行時に定義される定数です。

26.2 算術式 (Arithmetic Expressions)

式は、オペランドと演算子で構成されます。オペランドは定数、レンジデータベース項目、またはユーザー定義変数です。演算子は以下の通りです：

- + 加算
- 減算
- * 乗算
- / 除算
- ** 累乗
- ^ 累乗

また、広範な組み込み関数セットも存在します：

sin(r)	ラジアン単位の角度の正弦
cos(r)	ラジアン単位の角度の余弦
tan(r)	ラジアン単位の角度の正接
exp(x)	e^x
log(x)	自然対数
log10(x)	常用対数
logn(n,x)	底が n の対数
sqrt(x)	平方根
acos(r)	逆余弦
asin(r)	逆正弦
atan(r)	逆正接
cosh(r)	双曲線余弦
sinh(r)	双曲線正弦
tanh(r)	双曲線正接
besj0(x)	ベッセル関数 (第 1 種、次数 0)
besj1(x)	ベッセル関数 (第 1 種、次数 1)
besjn(n,x)	ベッセル関数 (第 1 種、次数 n)
aint(x)	整数部分への切り捨て
anint(x)	最も近い整数の実数表現
abs(x)	絶対値
min(a,b)	最小値
max(a,b)	最大値
sech(x)	双曲線正割 ($= 1/\cosh(x)$)
csch(x)	双曲線余割 ($= 1/\sinh(x)$)
rand	ランダム数

数値はすべて実数と見なされ、通常の FORTRAN 倍精度形式で入力されます。# 記号は整数桁を表します。

	例:
#	1
.#	.1
##	1.2
##d#	1.2d3
##d-#	1.2d-3
##d+#	1.2d+3
##e#	1.2e3
##e-#	1.2e-3
##e+#	1.2e+3
##D#	1.2D3
##D-#	1.2D-3
##D+#	1.2D+3

```

###E#          1.2E3
###E-#        1.2E-3
###E+#        1.2E+3

```

注意: 算術式内では空白文字は許可されていませんが、括弧で囲まれた場合は例外です。有効な算術式の例は以下の通りです：

```

print 2+3
print (2 + 3)
print ([EFL] + 2)

```

無効な算術式の例：

```

print 2 + 3
print [EFL] + 2

```

26.3 レンズデータベース項目 (Lens Database Items)

マクロ式には、現在の光学系から取得されるレンズデータベース項目を含めることができます。コマンドラインで入力可能なほぼすべての項目に対応するレンズデータベース項目があります(利用可能なレンズデータベース項目の完全なリストについては、章 27 を参照してください)。レンズデータベース項目へのすべての参照は、修飾子がない場合でも、必ず角括弧 [] で囲む必要があります。データベース項目の構文は、コマンドライン入力で使用される構文を反映しています。

例えば、

```
rdy s1 43.5
```

は、面 1 の曲率を指定します。同じ構文で、値 43.5 を省略し、角括弧で囲むと、面 1 の曲率を返します：

```
[rdy s1]
```

この構文は、以下の例のように他のコマンドと組み合わせることができます：

```

thi s2 [EPD]      ! s2 の厚さを入射瞳径に設定
cuy s3 -[cuy s4] ! 面 3 の曲率を面 4 の曲率の負の値に設定

```

注意: 最後の例 (cuy s3 -[cuy s4]) は、曲率 cuy s3 と cuy s4 の間に恒久的な機能的関係 (ピックアップ) を構成するものではなく、入力時またはマクロ実行時のみ発生します。レンズデータベース項目は、算術演算子と組み合わせて、数値データ入力期待される場所で算術式を形成することができます。

```

fno [EFL]/[EPD]   ! F ナンバーを設定
thi s3 2*sqrt(3)*[thi s1]

```

上記のセクション 26.2 で述べたように、算術式には空白文字を含めることはできません。ただし、レンズデータベース項目内や括弧 () で囲まれた場合は例外です。例えば：

```

有効:  fno [EFL]/[EPD]
有効:  fno ([EFL] / [EPD])
無効:  fno [EFL] / [EPD]

```

26.4 PRINT 文 (PRINT Statement)

PRINT 文は、データを出力ユニット（テキスト出力ウィンドウまたはファイル）に送信するために使用されます。出力ユニットの選択についてはセクション 25（ページ 481）を、フォーマットされた出力の定義についてはセクション 26.5（ページ 493）を参照してください。

PRINT コマンドの後には、式のリストが続きます。例えば：

```
print 'The entrance pupil diameter is' [epd]
```

このコマンドは以下の出力を生成します：

```
The entrance pupil diameter is 12.000000
```

文字列は引用符で囲む必要があります。算術式または定数である数値データは、自由浮動小数点形式で出力され、倍精度（64 ビット）の精度が表示されます。出力形式は、セクション 26.5（ページ 493）で説明されている `format` オプションを使用して制御できます。

算術式は PRINT 文内で直接解決されます。出力リスト内の複数の式は、カンマで区切ることができます。この場合、カンマは出力にも繰り返されます。例えば：

```
$pi = 3.14159  
$diam = 10.0  
print 'Area of a circle with 10mm diameter = ' $pi*($diam/2)**2 'mm^2'  
print 'Some expressions:' 2*[EFL] , atan([NA]), 4*3.14159
```

このコマンドは以下の出力を生成します：

```
Area of a circle with 10mm diameter = 78.53975000000000 mm^2  
Some expressions: 100.00000000000000 , -0.1566953104668687 , 12.5663600000000000
```

マクロシーケンス内で出力ユニットを変更する例：

```
out file c:\test.txt          ! 出力をファイルにリダイレクト  
print 'System focal length' [EFL] ! EFL をファイルに出力  
out t                          ! 出力を画面（ターミナル）に戻す
```

複数の算術式やデータベース項目を 1 行で出力する場合、適切なセパレータで区切ることができます。有効なセパレータは、`'`（カンマ）または引用符で囲まれた任意のテキストです。例：

```
print 'Two expressions:' [efl], 2*[bfl]  
print 'Two expressions:' [efl] 2*[bfl]
```

26.5 書式付きの出力 (Formatted Output)

FORMAT 文は、PRINT 文と組み合わせて使用することで、データや文字が出力時にどのように表示されるかを明示的に指定します。フォーマットされた出力を定義する構文は、FORTRAN プログラミング言語の規約にほぼ従っていますが、完全に一致するわけではありません。

FORTRAN 規約との主な違いは、フォーマットされた出力がアポストロフィで囲まれた文字列として定義され、PRINT 文に追加される点です。

表 26.1. フォーマット定義

'format format-items'	出力フォーマットを定義する文は、常にアポストロフィ (') または引用符 (") で囲む必要があります。通常、フォーマット文は PRINT 文と組み合わせて使用されます。出力フォーマットの定義は FORTRAN 規約にほぼ従います。以下の例で format-items の構成方法を参照してください。
-----------------------	--

format-items の説明:

format-items は、データ編集記述子 (B, O, Z, F, D, E, EN, ES, G, L, A) および制御編集記述子 (X) のカンマ区切りリストです。編集記述子の形式は以下の通りです:

表 26.2. フォーマット編集記述子

編集記述子	解釈	型
Iw[.m]	フィールド幅 w、桁数 m で整数値を表示。例: I3	整数
Fw.d	フィールド幅 w、小数点以下 d 桁で小数を表示。指数表記なし。例: F8.5 は値 12.345 を 12.34500 と表示。	実数
Ew.d	フィールド幅 w、小数点以下 d 桁で指数表記で表示。例: E12.5 は値 12.345 を 0.12345E+02 と表示。	実数
ENw.d	フィールド幅 w、小数点以下 d 桁で工学表記で表示。例: EN12.5 は値 12.345 を 12.34500E+00 と表示。	実数
Gw.d	フィールド幅 w、小数点以下 d 桁で一般化フォーマットで表示。必要に応じて指数表記を使用。例: G12.5 は値 0.012345 を 0.12345E-01 と表示。	実数または整数
A[w]	フィールド幅 w で英数字フィールド (文字列) を表示。例: A10 は文字列 'This is another example' を 'This is an' として出力 (引用符なし)。	文字列
Zw[.m]	フィールド幅 w、桁数 m で 16 進数を表示。例: Z4 は (10 進数) 値 43 を 16 進数表記で 2B と表示。	整数
Ow[.m]	フィールド幅 w、桁数 m で 8 進数を表示。	整数
nX	現在位置から n スペース右に移動。n 個の空白文字を挿入。	なし

例 1:

```
print 'format F7.3,F10.1' 12.3 14.5
```

数値 (12.3, 14.5) を F7.3 および F10.1 形式で浮動小数点数として出力します。出力は以下のようになります。ここで、 は空白文字 (スペース) を表します:

```
 12.300  14.5
```

例 2:

```
print 'format F7.3,2X,A12' 12.3 'This is a long text'
```

出力は以下のようになります:

```
12.300  This is a lo
```

ここで、フォーマット記述子 (A12) はテキスト出力を 12 文字に制限します。出力文字列の長さが不明な場合は、以下の例 3 のように汎用フォーマット A を使用してください。ただし、文字列の長さが不明なため、フォーマットされた出力は予測できません。

例 3:

```
print 'format F7.3,2X,A,I4' 12.3 'This is a long text' 17
```

出力は以下のようになります:

```
12.300 This is a long text 17
```

26.6 READ 文 (READ Statement)

READ 文は、入力ユニット (通常はファイル) から指定された入力リスト内の変数に値を転送します。変数をユニットから読み取る前に、入力ユニットを開く必要があります ([OPEN 文](#)を参照) し、[SELECT 文](#)で選択する必要があります。

例:

```
open (unit=1, file='c:\temp\mac_read.txt')
select (1)
read $x $y
close (1)
```

26.7 変数で定義された書式文 (Format Statements defined in Variables)

書式定義は変数に保存し、データの出力時に再利用することができます。以下にフォーマットされた出力の例を示します:

```
$fmt1 = 'A4,F12.5'
print $fmt1 'formatted number' 4
```

この例では、フォーマット定義が変数 `$fmt1` に割り当てられています。この変数は、2 行目の `print` 文で再利用されています。

26.8 文字列の連結 (CONCATENATION of Strings)

文字列の連結演算子は `'//'` で表されます。コマンドやマクロ文内で、連結演算子は 2 つの文字列を結合して 1 つの文字列にします。例えば、文字列 `"sun"` と `"light"` を連結すると `"sunlight"` になります。

例 1: 2 つの文字列の連結:


```
print 'abc'///'123'      出力: 'abc123'
```

例 2: 文字列と変数の連結:

```
$x = 4
print 'abc'//$x
出力: 'abc4'
```

例 3: 動的なファイル名の生成:

```
do $x = 1,5
  $file = 'test'//$x//'.dat'
enddo
```

生成されるファイル名:

```
test1.dat
test2.dat
...
test5.dat
```

1行で複数の文字列を連結することも可能です。例えば:

```
print 'abc'///'def'///'ghi'
```

注意: 空白文字列は *OpTaliX* の構文定義において「空の文字列」として扱われ、意味を持ちません。そのため、`'my'///'///wife'` の結果は `mywife` となり、`my wife` にはなりません。

26.9 評価文 EVA コマンド (Evaluate Statement "EVA")

評価文 EVA は、機能的には PRINT 文 (上記参照) と同等です。この文は、Code V とのコマンド互換性のために追加されました。EVA コマンドは、式を評価するだけでなく、文字列もサポートします。例えば、以下のコマンドは:

```
print 'The half focal length is' [EFL]/2
eva 'The half focal length is' [EFL]/2
```

同等の動作をします。EVA コマンドは、変数や関数も評価します。例えば:

```
eva $x
eva @myfunc
```

26.10 ファイルのインクルード (File Inclusion)

ファイルは以下のコマンドでインクルードできます:

```
#include filename
```

このコマンドを使用すると、ファイル "filename" の内容がマクロファイル内またはコマンドプロンプトで直接入力されたかのように実行されます。インクルードされたファイルのネストは 10 階層まで許可されており、インクルードされたファイル自体が他のファイルを #include コマンドで呼び出すことができます。

例えば、"macro1.mac" というマクロファイルが "macro2.mac" を呼び出す場合を考えます：

```
! macro1.mac
#include macro2.mac
print 'Result' pi
```

そして、"macro2.mac" の内容は以下の通りです：

```
! macro2.mac
$pi = 3.14159
```

これらを実行すると、すべてのマクロ文が 1 つのファイルに入力されたかのように処理されます：

```
! macro1.mac
$pi = 3.14159
print 'Result' pi
```

26.11 変数 (Variables)

変数は、一時的に値を保存するために使用されます。変数には、数値または文字列をデータとして含めることができます。変数名の長さは最大 60 文字まで許可されています。変数の型は、その変数に含まれるデータの型によって決まります。

整数と浮動小数点数の区別は実際には行われず、すべての数値は倍精度浮動小数点値として保存されます。変数の定義（算術式）の長さは最大 128 文字まで許可されます。文字列データも最大 128 文字まで含めることができます。

スカラー変数のみが許可されており、つまり、変数には単一の値のみを保存できます。LVR コマンド（変数リスト表示）を使用して、現在定義されている変数に関する情報を表示できます。

LVR	ユーザー定義変数名と関連付けられた数値をリスト表示します。
-----	-------------------------------

明示的に定義された変数のデフォルト値は、数値変数の場合はゼロ、文字列変数の場合は空文字列です。

変数名は常にドル記号 (\$) で始まり、その後少なくとも 1 つの英字、数字、またはアンダースコア (_) が続きます。変数名にスペースは許可されていません。変数名は大文字と小文字を区別しません。つまり、\$xy は \$XY と同等です。以下は、有効な変数名と無効な変数名の例です。

有効	無効
\$x	\$ (少なくとも 1 つの英数字が必要)
\$xy	\$x y (スペースは許可されない)
\$a_long_name	x (\$ が欠落している)
\$1a	\$a-b (算術演算子は許可されない)

変数は常に「グローバル」として宣言されます。つまり、変数は *OpTaliX* の実行全体で認識され、必要に応じてすべてのモジュール（例：マクロ、コマンドライン、ユーザー定義グラフィックスなど）でアクセス（設定またはクエリ）できます。

変数は、面、フィールド、波長、またはズーム位置の修飾子と組み合わせることもできます。例えば、変数定義 $x = 2$ は、面、フィールド、波長、ズーム位置の定義に再利用できます。この例では、 sx は面 $s2$ を定義します。このオプションの詳細については、セクション 6.2.3（ページ 51）を参照してください。

26.11.1 代入文 (Assignment Statement)

代入文は、ユーザー定義変数に値を割り当てるために使用されます。代入演算子 (=) の前後にはスペースが必要です。代入文の形式は以下の通りです：

```
$user_var = expression
```

ここで、

```
user_var    = ユーザー定義変数名を指定します。  
expression = 変数に割り当てる値を指定します。
```

例:

```
$x = 2      変数  $x$  に値 2.0 を割り当てます。  
$y = 3*$x   変数  $y$  に値  $3*x$  を割り当てます。この場合、変数  $x$  は事  
              前に割り当てられている必要があります。  
$z = 2*[efl] レンズデータベース項目を使用した代入。  
$glass = BK7 文字列 'BK7' を変数  $glass$  に割り当てます。
```

26.12 INPUT 文 (INPUT Statement)

INPUT 文は、マクロの実行を中断し、ユーザーに数値データまたはテキストデータの入力を求めます。ダイアログボックスが表示され、最大 5 つのパラメータを入力できます。入力データはキーボードからのみ受け付けます。1 つの INPUT 文で最大 5 つの変数を同時に入力できます。

```
INPUT 'text' $var1 [$var2  
$var3 $var4 $var5]
```

マクロシーケンス内でデータを入力します。このコマンドはマクロの実行を中断し、変数を入力するためのダイアログボックスを表示した後、マクロの実行を続行します。パラメータ 'text'（アポストロフィまたは引用符で囲む）は、ダイアログに表示される説明テキストです。'text' は省略可能で、指定しなくても構いません。少なくとも 1 つの変数 ($var1$) を指定する必要があります。指定しない場合、マクロは終了します。

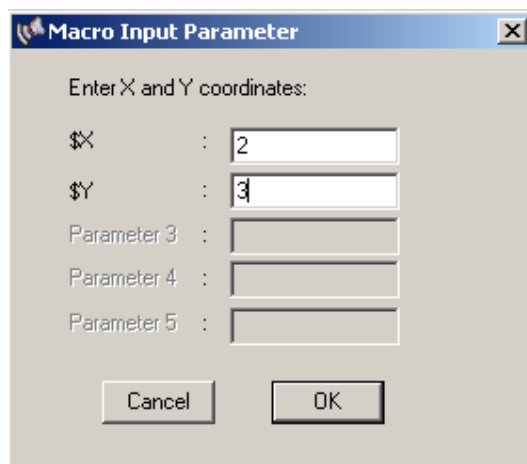


図 26.2. データ入力

例 1:

```
input 'Enter x and Y coordinates:' $x $y
print $x $y
```

この例では、変数 $\$x$ と $\$y$ を入力するためのダイアログボックスが表示されます (図 26.2 参照)。
OK ボタンを押すとマクロの実行が継続され、**CANCEL** ボタンを押すとマクロが終了します。

例 2:

テキストフィールドを省略することもできます：

```
input $x $y
print $x $y
```

26.13 OPEN 文 (OPEN Statement)

OPEN 文は、外部ファイルを入出力ユニットに接続し、その後の読み取りまたは書き込み操作を可能にします。ファイルは常に ASCII 形式で開かれます。指定されたファイルが存在しない場合は、新しく作成されます。

<pre>OPEN (unit = external- file-unit, file = 'filename')</pre>	<p>指定されたファイル 'filename' を開き、入出力ユニット external-file-unit に接続します。</p> <p>external-file-unit はスカラー整数式で、外部ファイルの入出力ユニット番号を指定します。external-file-unit は 0 より大きい任意の整数値を指定できます。このユニット番号は変数に定義して再利用することも可能です (例 2 参照)。</p> <p>filename はアポストロフィで囲まれたスカラー文字列式で、ファイル名 (パス指定を含む) を指定します。パス指定がない場合、現在読み込まれている光学系のディレクトリ内のファイルと見なされます。ファイル名も変数で指定可能です (例 2 参照)。</p> <p>構文例:</p> <pre>open(unit=3, file='c:\temp\test.txt') open (unit = 1 file = c:\temp\test.txt) open(unit=\$unit, file=\$file)</pre> <p>関連する文として CLOSE および SELECT も参照してください。</p>
---	--

例 1: ファイルへのデータ書き込み:

```
open (unit=1, file='c:\temp\test.txt')
print 'format F10.4,2X,F7.4' EFL BFL
close (1)
```

例 2: OPEN 文で変数を使用:

```
$unit = 4
$file = 'c:\temp\my test file.txt'
open (unit=$unit, file=$file)
print 'some input/output follows'
close ($unit)
```

ユニット番号 0 (ゼロ) はテキスト出力ウィンドウ用に予約されており、OPEN および CLOSE 文では使用できません。出力をテキスト出力ウィンドウにリダイレクトするには、SELECT 文を参照してください。

26.14 CLOSE 文 (CLOSE Statement)

CLOSE 文は、指定された入出力ユニット番号と外部ファイルとの接続を終了します。このユニットは、事前に OPEN 文で開かれている必要があります。

CLOSE (external-file-unit)	<p>指定された入出力ユニット番号と外部ファイルとの接続を終了します。</p> <p>例:</p> <pre>close (3) close(\$unit)</pre> <p>関連する文として OPEN および SELECT も参照してください。</p>
----------------------------	--

26.15 SELECT 文 (SELECT Statement)

SELECT 文は、事前に OPEN 文を使用して開かれた入出力ユニットを選択します。この文は、複数のユニットやファイルを開き、異なる操作（読み取り、書き込み）を異なるファイルで実行する場合に特に便利です。

SELECT (external-file-unit)	<p>事前に OPEN 文 を使用して開かれた入出力ユニットを選択します。</p> <p>例:</p> <pre>select (3)</pre>
-----------------------------	---

例 1: 複数のユニットを開き、それらを選択する:

```
open (unit=1, file='input.txt')
open (unit=2, file='output.txt')
select (1)
    print 'Writing text to unit 1'
select (2)
    read $x $y
close (2)
close (1)
```

例 2: 変数を使用してユニットを選択する:

```
$unit = 1
$screen = 0
open (unit=$unit, file='input.txt')
print $x $y
select ($screen)    ! ユニット 0 (画面/ウィンドウ) を選択
print $x $y        ! テキストウィンドウに出力
close ($unit)
```

ユニット番号 0 (ゼロ) はテキスト出力ウィンドウ用に予約されています。ユニット 0 は常に開かれており、明示的に OPEN する必要はありません。デフォルトでは、すべての出力 (PRINT コマンド) はユニット 0 (テキスト出力ウィンドウ) に送られます。ユニット 0 以外の出力ユニットが選択されて使用されている場合、テキスト出力ウィンドウに書き込むにはユニット 0 を明示的に選択する必要があります。

例:

```

open (unit=37, file='output.txt')
select (37)
    print 'Writing text to unit 37'
select (0)
    print 'other stuff'    ! テキスト出力ウィンドウに出力
close (37)

```

26.16 ユーザー定義関数 (User-defined Functions)

ユーザー定義関数は、定義された名前を対応する定義に置き換えるものです。ユーザー定義関数名は、アットマーク (@) に続いて名前を記述します。関数名の長さは最大 60 文字まで許可されています。関数名には、アットマーク (@) の後に任意のアルファベット文字、数字、およびアンダースコア (_) を含めることができます。関数を定義するには、特別な代入演算子 (==) を使用する必要があります。== 演算子の間にスペースを入れることはできません。ユーザー定義関数の代入 (つまり定義) には、[算術式](#) や演算子 (+ - / * **^)、[レンズデータベース項目](#)、または[組み込み関数](#)を含めることができます。関数定義 (算術式) の長さは最大 128 文字まで許可されています。

例:

```

@my_fkn == 2*[efl]    ! レンズデータベース項目を使用して関数名 "my_fkn" を定義
@123 == 12+sin(1)    ! 関数名には数字を含めることができます

```

無効な関数定義:

```

@my_fkn = 2*[efl]    ! 関数定義には == が必要です
abc == 12+sin(1)    ! 関数名はアットマーク (@) で始まる必要があります

```

関数定義は、LFC コマンドを使用してリスト表示できます:

LFC	ユーザー定義関数名と関連付けられた算術定義をリスト表示します。
-----	---------------------------------

注意: #define 形式は廃止されており、使用しないでください。

26.17 制御文 (Control Statements)

制御文は、文の実行順序を変更することを可能にします。すべての制御文はネスト可能です。

26.17.1 DO 構文 (繰り返し処理) (DO Construct)

DO 構文は、コードブロックを繰り返し実行 (ループ) することを指定します。DO 文は DO 構文を開始し、ENDDO 文は最も内側のネストされた DO 構文を終了します。DO-ENDDO 構文の最大ネスト深度は 20 です。

構文:

```
do $user_var = expr1, expr2 [,expr3]
  {statements}
enddo
```

ここで:

`$user_var` ループ値を格納する変数参照を指定します。
`expr1` ループ変数 `$user_var` の初期値を指定します。
`expr2` ループ変数 `$user_var` の最終値を指定します。
`expr3` オプション。ループ変数 `$user_var` の増分/減分値を指定します。省略された場合、デフォルトは+1.0です。増分値が0は無効です。
`{statements}` DO-ENDDO 環境内で実行される文を指定します。

注意: `expr1`、`expr2`、`expr3` には、変数、関数、またはレンズデータベース項目を使用した任意の有効な算術式を含めることができます。

例 1:

算術計算の使用を示す簡単な例。

```
do $x = 2,10,2
  $y = 2*$x
  print $x $y
enddo
```

例 2:

この例では、画像面の厚さ（デフォーカス）を変更して、 $\pm 0.1\text{mm}$ の範囲を 0.02mm の増分でステップ実行します。結合効率（CEF）がさまざまな焦点位置で出力されます。

```
do $x = [thi si]-0.1, [thi si]+0.1, 0.02
  thi s2 = $x
  print $x [cef]
enddo
```

例 3:

この例では、コマンドラインからマクロに渡されたマクロパラメータを使用します。たとえば、コマンド `'RUN my_macro.mac 2 10 2'` は、以下の DO ループで使用される %1、%2、および %3 にパラメータ値を渡します。

```
do $x = %1, %2, %3
  print $x
enddo
```

26.17.2 WHILE 構文（条件による繰り返し処理） (WHILE Construct)

WHILE 構文は、条件が真である間、コードブロックを繰り返し実行（ループ）することを指定します。WHILE 文は WHILE 構文を開始し、ENDWHILE または ENDDO 文は最も内側のネストされた WHILE 構文を終了します。WHILE-ENDWHILE 構文の最大ネスト深度は 20 です。

構文:


```
while (while_expr)
  {statements}
endwhile
```

WHILE ループ制御では、`while_expr` が評価され、偽の場合、ループが終了します。`while_expr` には、変数、関数、またはレンズデータベース項目を使用した任意の有効な算術式を含めることができます。

例 1:

```
$x = 0
while ($x < 10)
  $x = $x+1
  print $x
endwhile
```

例 2:

```
$x = 0
while ([thi s1] < 5)
  $x = $x+1
  thi s2 $x
  print [mtfa f1]
endwhile
```

26.17.3 IF 構文 (条件分岐処理) (IF Construct)

IF 構文は、論理式の値に基づいて文のブロックを実行するかどうかを制御します。IF 構文の構文は以下の通りです：

```
IF (expr) THEN
  {statements}
ELSEIF (expr) THEN
  {statements}
ELSE
  {statements}
ENDIF
```

ここで、*expr* はスカラー論理式です。*statements* は、構文内で出現順に評価され、真の値が見つかるか、ELSE 文または ENDIF 文に到達するまで評価されます。真の値が見つかった場合、その直後のブロックが実行されます。IF 構文内の残りの ELSEIF 文の *statements* は評価されません。評価された式がすべて偽の場合、ELSE 文の後に続くコードブロックが実行されます。ELSE 文とその *statements* は、IF 構文内の最後のブロックである必要があります。

IF/ELSEIF 式を囲むために使用できる文字は、丸括弧 () または中括弧 { } です。

論理式には、算術式 (例: `2*sqrt($x)`) やデータベース項目、またはその両方の組み合わせ (例: `2*[efl]`) を含めることができます。

IF 構文はネスト可能です。IF-ELSEIF-ELSE-ENDIF 構文の最大ネスト深度は 20 です。

論理式を構築するためのルール:

- 論理式は () または {} で囲む必要があります。
- 論理式には、=、==、/=、>、>=、<、<= などの論理演算子を含める必要があります。
- 論理式内では空白文字が許可されますが、算術式内では許可されません。例えば：
IF (2*2 > 3) は正しいですが、
IF(2 * 2 > 3) は算術式内の空白があるため無効です。

IF 式内の演算子:

IF 式内で使用できる組み込み演算子は以下の通りです：

- = 等しい
- == 等しい
- /= 等しくない
- < より小さい
- <= 以下
- > より大きい
- >= 以上

例 1:

```
$x = 0
if($x > 3) then
  print '$x is greater than 3'
elseif ($x > 0 ) then
  print '$x is greater than 0 but less than 3'
elseif ($x < 0) then
  print '$x is less than zero'
else
  print '$x is zero'
endif
```

例 2:

```
$x = 0
if( [bfl] <= sqrt(100)) then
  $r = 0.5*[rdy s1]
  rdy s3 $r
  print 'Radius at s3 has been adjusted to ' $r
else
  print 'BFL is greater than 10'
endif
```

例 3:

```
if ([gla s2]='n-bk7') then
  print 'true'
else
  print 'false'
endif
```

**26.18 Return 文
(Return Statement)**

return 文は、マクロから呼び出し元に 1 つ以上の値を渡します。変数を伴わない return 文は何の効果も持ちません。return 文では算術式を使用することはできません。

例 1:

```
$x = sqrt(2)
return $x      ! $x の値を呼び出し元に渡します
```

例 2:

```
$x = sqrt(2)
$y = sin(1)
return $x $y  ! $x と $y の値を呼び出し元に渡します
```

例 3:

```
return          ! 変数がないため、この文は効果がありません
return 3*($x+2) ! return 文では算術式は使用できません!
```

26.19 コメント (Comments)

文字 ! は、文字列コンテキスト内で使用される場合を除き、コメントを示します。例：

```
$a = 3      ! これはコメントであり、処理されません
print 'variable $a ' $a ! これは変数を出力します
```

26.20 論理行の分離 (いわゆるマルチステートメントのこと) (Logical Line Separation)

文字 ; は、1つの物理行内で論理行を分離します。例えば、

```
THI s1..3 12 ; LIS; fan
```

は、以下の行が個別に入力されたかのように処理されます：

```
THI s1..3 12
LIS
fan
```

26.21 論理行の継続 (いわゆる継続行のこと) (Logical Line Continuation)

文字 & が行の最後の非空白文字として使用される場合、その論理行は次の物理行に継続されることを示します。¹マクロファイル内で文字列コンテキストが継続される場合、& の後にコメントを置くことはできません。最初の非空白文字が & の場合、継続は & の直後の文字位置から始まります。それ以外の場合、継続は列 1 から始まります。

例:

```
The first line will be &
continued by a second line
```

は、1行として解釈されます：

```
The first line will be continued by a second line
```

¹& 文字は、マクロファイル内でのみ行を継続します。コマンドラインでは異なる意味を持ち、コマンドのオプションダイアログボックスを呼び出します。

第27章

レンズデータベースリファレンス – Lens Database Reference –

この章では、ユーザーが利用可能なレンズデータベース項目をまとめています。ほとんどすべてのコマンドには対応するレンズデータベース項目があります。レンズデータベース項目の構文は、コマンドラインで使用される構文と同一です。特に記載がない限り、返される値は数値です。

レンズデータベース項目を指定する際には、[コマンドライン](#)、[マクロファイル](#)、または[最適化メソッド](#)関数の定義における制約/ターゲットとして、同じニックネームと構文が使用されます。レンズデータベース項目は常に角括弧 [と] で囲む必要があります。有効および無効なレンズデータベース項目の例を以下に示します：

[thi s3]	有効
thi s3	無効、角括弧が欠落しています
[EFL]	有効
[EFL]	有効
[E F L]	無効、キーワードに空白を含めることはできません

レンズデータベース項目は、以下のような算術式にも使用できます：

```
thi s3 sqrt(2*[SYL]+3.14159)
```

レンズデータベース項目は、`print` コマンドを使用して出力できます。例えば、

```
print 'Radius = ' [rdy s3]
```

は、面 3 の曲率半径を出力します。

レンズデータベース項目は、変数と修飾子（面、視野、波長、ズームなど）を組み合わせることで使用することができます。

```
thi s$var 10.5
```

ここで、`$var` は変数 `$var` の整数値です。例えば、`$var = 3` と仮定すると、この構文は `"s"`（引用符なし）と `$var` の整数値を連結して文字列 `"s3"` を形成するものと解釈されます。

構成データ:

次のページに続く

前のページから続く	
REF [zk] WL wk [zk] NWL	基準波長番号 波長番号 wk、ズーム位置 zk における波長 システムで定義された波長の数
XAN fi [zk]	視野番号 fi と (オプション) ズーム位置 zk における X 角度 (度単位)。注: XAN が視野指定値でない場合 (例: XIM が X 視野 を定義する場合)、XAN は視野指定の近軸等価値を返します。 $XAN = \tan^{-1}(XIM/EFL)$ 。
YAN fi [zk]	視野番号 fi と (オプション) ズーム位置 zk における Y 角度 (度単位)。XAN に関する注も参照してください。
XOB fi [zk]	視野番号 fi と (オプション) ズーム位置 zk における X 物体 高さ。XAN に関する注も参照してください。
YOB fi [zk]	視野番号 fi と (オプション) ズーム位置 zk における Y 物体 高さ。XAN に関する注も参照してください。
XIM fi [zk]	視野番号 fi と (オプション) ズーム位置 zk における X 画像 高さ (近軸)。XAN に関する注も参照してください。
YIM fi [zk]	視野番号 fi と (オプション) ズーム位置 zk における Y 画像 高さ (近軸)。XAN に関する注も参照してください。
NFI	システムで定義された視野の数
FNO [zk] NA [zk] NAO [zk] EPD [zk] APD [zk]	近軸 F 値 画像空間における開口数 物体空間における開口数 入射瞳径 射出瞳径 ¹
PUI PUX PUY	瞳全体にわたる強度アポダイゼーション PUI が達成される相対 X 瞳座標 PUI が達成される相対 Y 瞳座標
近軸データ:	
EFL [zk] EFLX [zk] DEFL [zk] PWR [zk] MFL sk BFL [wk] [zk]	等価焦点距離 (Y/Z 断面、デフォルト) 等価焦点距離 (X/Z 断面) 微分焦点距離 (微分光線に基づく)、無限物体距離のみ。 光学パワー = 1/EFL モジュール焦点距離 バックフォーカス距離。wk が省略された場合、基準色を使用 されます。
OAL [si..j] [zk] SYL [si..j] [zk]	面頂点 si から sj までの全長 面頂点 si から sj までの全長。面修飾子がない場合、最初の 面から像面までが返されます。
SH1 [zk] SH2 [zk] OAL [zk]	最初の面の頂点から測定された前主点の位置。 最後の面の頂点から測定された後主点の位置。 全長 (有限共役の場合は物体-像間距離、無限物体距離の場合 は最初の面から像面まで)
OID [zk] MAG [zk]	物体から像までの距離 倍率

次のページに続く

¹APD はドイツ語の 'Austrittspupillendurchmesser' (射出瞳径) に由来します。

前のページから続く	
DMAG [zk] RED [zk] EPD [zk] SAP [zk] SAPI [zk] SEP [zk] PRD [zk] PRDI [zk] UMY sk [zk] UA sk [zk] HMY sk [zk] HA sk [zk] UCY sk [zk] UB sk [zk] HCY sk [zk] HB sk [zk]	微分倍率 (微分光線に基づく) 縮小率 (= -MAG) 入射瞳径 最後の面からの射出瞳の位置 1/SAP 最初の面からの入射瞳の位置 瞳リレー距離 (入射瞳から射出瞳までの距離) 1/PRD 周辺開口光線の近軸方向角 UMY と同じ 周辺開口光線の近軸高さ HMY と同じ 主光線の近軸方向角 UCY と同じ 主光線の近軸高さ HCY と同じ
面データ:	
so ss si THI sk [zk] THR sk [zk] IMD [zk] IMC [zk] IND sk wk CUX sk [zk] CUY sk [zk] RDX sk [zk] RDY sk [zk] ADE sk [zk] BDE sk [zk] CDE sk [zk] XDE sk [zk] YDE sk [zk] ZDE sk [zk] XSG sk [zk] YSG sk [zk] ZSG sk [zk] CXG sk [zk] CYG sk [zk]	物体面の番号を返します (整数値)。例: eva [so] 絞り面の番号を返します (整数値)。例: eva [ss] 像面の番号を返します (整数値)。例: eva [si] 面 sk の厚さ、ズーム位置 zk 面 sk の基準厚さ 像距離 (THI si-1)、ズーム位置 zk 像クリアランス。面 i-1 と像面 i の間の (エッジまたは軸の) 最小距離。 面 sk、波長 wk における屈折率。 X/Z 平面における曲率 Y/Z 平面における曲率 X/Z 平面における曲率半径 Y/Z 平面における曲率半径 X 軸周りの傾斜角 (度単位) Y 軸周りの傾斜角 (度単位) Z 軸周りの傾斜角 (度単位) X 方向の偏心 Y 方向の偏心 Z 方向の偏心 面 sk のグローバル頂点 X 座標。座標は常にグローバルシステムを基準とします。 面 sk のグローバル頂点 Y 座標。座標は常にグローバルシステムを基準とします。 面 sk のグローバル頂点 Z 座標。座標は常にグローバルシステムを基準とします。 面法線のグローバル X 方向余弦 面法線のグローバル Y 方向余弦
次のページに続く	

前のページから続く	
CZG sk [zk]	面法線のグローバル Z 方向余弦
A sk [zk]	4 次非球面定数
B sk [zk]	6 次非球面定数
C sk [zk]	8 次非球面定数
D sk [zk]	10 次非球面定数
E sk [zk]	12 次非球面定数
F sk [zk]	14 次非球面定数
G sk [zk]	16 次非球面定数
H sk [zk]	18 次非球面定数
K sk [zk]	円錐定数
SAG sk x_height y_height	面 sk におけるサグ。x_height と y_height は面 sk の接平面上の局所座標です。
DEF	デフォーカス
配列データ:	
ARX sk	配列面の X 間隔
ARY sk	配列面の Y 間隔
ARX0 sk	配列チャンネルのエントティティにおける X オフセット
ARY0 sk	配列チャンネルのエントティティにおける Y オフセット
AMX sk	X 方向のグリッドの ± 制限値
AMY sk	Y 方向のグリッドの ± 制限値
AADE sk	各配列セルの α 傾斜角 (度単位)
ABDE sk	各配列セルの β 傾斜角 (度単位)
ACDE sk	各配列セルの γ 傾斜角 (度単位)
回折格子/ホログラム:	
GRO sk	回折次数
GRX sk	X 方向の回折格子周波数 (mm あたりの溝数)
GRY sk	Y 方向の回折格子周波数 (mm あたりの溝数)
HWL sk	ホログラム設計波長 (単位: μm)
材料データ:	
GLA sk [zk]	ガラス名を文字列として返します
GL1 sk [zk]	ガラス名を文字列として返します (GLA と同等)
GL2 sk [zk]	面の「右側」にあるガラス名を文字列として返します
EXC sk [zk]	線膨張係数 $\cdot 10^6$
DNO sk [zk]	屈折率のオフセット
DVO sk [zk]	アッベ数 (V 値) のオフセット
GADE sk [zk]	GRIN プロファイルの X 軸周りの傾斜
GBDE sk [zk]	GRIN プロファイルの Y 軸周りの傾斜
GCDE sk [zk]	GRIN プロファイルの Z 軸周りの傾斜
GXDE sk [zk]	GRIN プロファイルの X 方向偏心
GYDE sk [zk]	GRIN プロファイルの Y 方向偏心
ABBE sk	面 sk におけるアッベ数

次のページに続く

前のページから続く	
DNDT sk wk [TEMP PRE]	面 sk、波長 wk における絶対 dndT。絶対 dndT は真空を基準とします (温度計算に関して <i>OpTaliX</i> のデフォルト)。オプションのパラメータは温度 TEMP (単位: °C) と圧力 PRE (単位: mmHg) です。指定がない場合、TEMP は 20°C、PRE は 760 mmHg がデフォルトです。
ADNDT sk wk [TEMP PRE]	面 sk、波長 wk における絶対 dndT。絶対 dndT は真空を基準とします。ADNDT は DNDT の補完コマンドです。
RDNDT sk wk [TEMP PRE]	面 sk、波長 wk における相対 dndT。RDNDT は空気を基準とします。絶対 dndT と相対 dndT の関係については、セクション 13.2 (ページ 246) を参照してください。
EXC sk	面 sk における線膨張係数 (単位: $\ast 10^6$)。
EXM sk	面 sk におけるミラー基板の線膨張係数 (単位: $\ast 10^6$)。
SPG sk	面 sk における比重 [g/cm ²]
RHO sk	面 sk における比重 (SPG の代替コマンド)
開口データ:	
CIR sk pk [zk]	面 sk、瞳番号 pk、ズーム位置 zk における円形開口の半径
REX sk pk [zk]	長方形開口の X 方向の広がり
REY sk pk [zk]	長方形開口の Y 方向の広がり
ELX sk pk [zk]	楕円形開口の X 軸半径
ELY sk pk [zk]	楕円形開口の Y 軸半径
ADX sk pk [zk]	開口の X 方向偏心 (pk = 瞳番号)
ADY sk pk [zk]	開口の Y 方向偏心 (pk = 瞳番号)
ARO sk pk [zk]	開口の回転角度 (度単位)
SD sk [fi..j] [zi..j]	面 sk における最大半径。視野およびズーム修飾子がない場合、すべての視野およびズーム位置で値が計算されます。
WTA [zk]	開口の重み (最適化でのみ使用されます)
環境データ:	
TEM sk [zk]	温度 (単位: °C)
PRE sk [zk]	圧力 (単位: mmHg)
光線データ:	
AOI sk fi zi wi [zk] rel_apeX rel_apeY	面 sk、視野 fi、ズーム位置 zi、波長 wi における光線の入射角 (度単位)。rel_apeX と rel_apeY は入射瞳内の相対座標です。すべてのパラメータが必須です。例: aoi s3 f5 w1 0 1 < 15。
AOR sk fi zi wi [zk] rel_apeX rel_apeY	面 sk、視野 fi、ズーム位置 zi、波長 wi における光線の屈折角 (または反射角、度単位)。rel_apeX と rel_apeY は入射瞳内の相対座標です。すべてのパラメータが必須です。例: aor s3 f5 w1 0 1 < 15。
AOE sk fi zi wi [zk] rel_apeX rel_apeY	面法線に対する光線の射出角 (度単位)。このコマンドは AOR コマンドと同義です。すべてのパラメータ、面 sk、視野 fi、ズーム位置 zi、波長 wi は必須です。値 rel_apeX と rel_apeY は入射瞳内の相対座標を示します。結果は度単位で返されません。例: aoe s3 f5 w1 0 1 < 15。
X sk wk fk rx ry [zk] [gk]	面 sk における光線の X 交点座標。波長 wk、視野 fk、相対瞳座標 rx、ry を指定します。
Y sk wk fk rx ry [zk] [gk]	面 sk における光線の Y 交点座標。波長 wk、視野 fk、相対瞳座標 rx、ry を指定します。
次のページに続く	

前のページから続く	
Z sk wk fk rx ry [zk] [gk]	面 sk における光線の Z 交点座標。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
XGR wi..j fk [zk]	像面におけるスポット重心の X 座標 (波長範囲 wi..j、視野 fk)。
YGR wi..j fk [zk]	像面におけるスポット重心の Y 座標 (波長範囲 wi..j、視野 fk)。
CX sk wk fk rx ry [zk] [gk]	面 sk における光線の X 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CY sk wk fk rx ry [zk] [gk]	面 sk における光線の Y 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CZ sk wk fk rx ry [zk] [gk]	面 sk における光線の Z 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CXG sk wk fk rx ry [zk]	面 sk における光線のグローバル X 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CYG sk wk fk rx ry [zk]	面 sk における光線のグローバル Y 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CZG sk wk fk rx ry [zk]	面 sk における光線のグローバル Z 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CXN sk wk fk rx ry [zk]	面 sk における光線交点での面法線の X 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CYN sk wk fk rx ry [zk]	面 sk における光線交点での面法線の Y 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
CZN sk wk fk rx ry [zk]	面 sk における光線交点での面法線の Z 方向余弦。波長 wk、視野 fk、相對瞳座標 rx、ry を指定します。
NRAYS wk fk [zk]	波長 wk、視野 fk、ズーム位置 zk において追跡された光線の数を返します。
偏光データ:	
POLX fk wk sk rel_apeX rel_apeY	視野 fk、波長 wk、面 sk における単一光線の偏光振幅成分 X。
POLY fk wk sk rel_apeX rel_apeY	視野 fk、波長 wk、面 sk における単一光線の偏光振幅成分 Y。
POLP fk wk sk rel_apeX rel_apeY	視野 fk、波長 wk、面 sk における単一光線の偏光位相差。偏光位相はラジアン単位で表されます。
POLD fk wk sk rel_apeX rel_apeY	視野 fk、波長 wk、面 sk における単一光線の偏光度。
公差/感度データ:	
TSF [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	原器合わせにおける公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。コマンド DLF または原器合わせの 説明 (ページ 441) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSF を計算するために DLF 2.0 (フリッジ) を仮定します。
次のページに続く	

前のページから続く	
TSI [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	面の不規則性における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。コマンド IRR (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSI を計算するために IRR 0.4 (フリンジ) を仮定します。
TST [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	面の厚さ (距離) における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。コマンド DLT (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TST を計算するために DLT 0.02 を仮定します。
TSN [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	屈折率における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。屈折率公差を定義するには、コマンド DLN (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSN を計算するために DLN 0.001 を仮定します。
TSV [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	分散における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。分散公差を定義するには、コマンド DLN (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSV を計算するために DLV 0.008 (0.8%) を仮定します。
TSX [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	X 方向偏心における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。X 方向偏心公差を定義するには、コマンド DLX (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSX を計算するために DLX 0.02 (mm) を仮定します。
TSY [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Y 方向偏心における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。Y 方向偏心公差を定義するには、コマンド DLY (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSY を計算するために DLY 0.02 (mm) を仮定します。
TSZ [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Z 方向偏心における公差感度。Z 方向偏心は厚さ公差と同等です。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。Z 方向偏心公差を定義するには、コマンド DLZ (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSZ を計算するために DLZ 0.05 (mm) を仮定します。

次のページに続く

前のページから続く	
TSA [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	X 軸周りの傾斜における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。X 軸周りの傾斜公差を定義するには、コマンド DLA (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSA を計算するために DLA 5 (角分) を仮定します。
TSB [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Y 軸周りの傾斜における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。Y 軸周りの傾斜公差を定義するには、コマンド DLB (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSB を計算するために DLB 5 (角分) を仮定します。
TSG [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	Z 軸周りの傾斜における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。Z 軸周りの傾斜公差を定義するには、コマンド DLG (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSG を計算するために DLG 5 (角分) を仮定します。
TSH [fk fi..j wk wi..j] sk si..j	屈折率の均一性における公差感度。対応する面に公差が公差エディタで定義されていることを前提とします。均一性公差を定義するには、コマンド HOM (ページ 437) を参照してください。このパラメータに対する公差が公差エディタで定義されていない場合、プログラムは公差感度 TSH を計算するために HOM 50 (50・10 ⁻⁶) を仮定します。
幾何学的解析:	
SPD fk wk [zk]	スポット径 (rms 値)
SPX fk wk [zk]	スポット径 (rms 値)、X 方向のみ
SPY fk wk [zk]	スポット径 (rms 値)、Y 方向のみ
SPDPV fk wk [zk]	スポット径 (PV 値)
SPXPV fk wk [zk]	スポット径 (PV 値)、X 方向
SPYPV fk wk [zk]	スポット径 (PV 値)、Y 方向
LAC fk [wi..j] [zk]	横色収差
LAX fk wk [zk] ape_relX ape_relY	縦収差 X
LAY fk wk [zk] ape_relX ape_relY	縦収差 Y
SSR [wi..j] [zi..j]	二次スペクトル、重み付き rms 値
SPA [zk]	3 次球面収差
COMA [zk]	3 次コマ収差
ASTI [zk]	3 次非点収差
PETZ [zk]	3 次ペッツバール和 (像面湾曲)
PTZ [zk]	PETZ の同義語。3 次ペッツバール和 (像面湾曲)。Code V 互換性のためのみ使用。
DIST [zk]	3 次歪曲収差
DST [zk]	DIST の同義語。3 次歪曲収差。Code V 互換性のためのみ使用。
次のページに続く	

前のページから続く	
LCA [zk] TCA [zk] AX [zk]	3次縦色収差 3次横色収差 TCA の同義語。3次縦色収差。Code V 互換性のためのみ使用。
DISX fk [zk] DISY fk [zk] FDISX fk [zk] FDISY fk [zk] VIG [fk] [zk]	歪曲収差、X方向 歪曲収差、Y方向 F-シータ歪曲収差、X方向 F-シータ歪曲収差、Y方向 視野 1 に対するビネット係数。値は 0 (100% ビネット) から 1 (ビネットなし) の間で返されます。
ECG fk [wi..j] diam_x diam_y GMTFT [fk zk] GMTFS [fk zk] GMTFA [fk zk]	像領域内に含まれる幾何学的エネルギー。X = diam_x、Y = diam_y。 視野 fk、ズーム位置 zk における接線方向の幾何学的 MTF。 視野 fk、ズーム位置 zk におけるサジタル方向の幾何学的 MTF。 視野 fk、ズーム位置 zk における平均幾何学的 MTF。GMTFA = 0.5(GMTFT + GMTFS)。
ASTT fk wk rx ry [zk]	視野 fk、波長 wk、相対瞳座標 rx、ry で定義される単一光線に沿った接線方向非点収差。非点収差は常に像面で測定されます。wk が省略された場合、すべての波長にわたる RMS 値が返されます。
ASTS fk wk rx ry [zk]	視野 fk、波長 wk、相対瞳座標 rx、ry で定義される単一光線に沿ったサジタル方向非点収差。非点収差は常に像面で測定されます。wk が省略された場合、すべての波長にわたる RMS 値が返されます。
ASTD fk wk rx ry [zk]	視野 fk、波長 wk、相対瞳座標 rx、ry で定義される単一光線に沿った非点収差。非点収差は常に像面で測定されます。wk が省略された場合、すべての波長にわたる RMS 値が返されます。
透過解析:	
TRA fk wk sk zk pupil_X, pupil_Y TRAS fk wk sk zk pupil_X, pupil_Y TRAP fk wk sk zk pupil_X, pupil_Y	視野 fk、波長番号 wk、ズーム位置 zk における単一光線の平均 (平均値) 透過率。データペア (pupil_X, pupil_Y) は入射瞳内の相対座標を定義します。 視野 fk、波長番号 wk、ズーム位置 zk における単一光線の S 偏光透過率。データペア (pupil_X, pupil_Y) は入射瞳内の相対座標を定義します。 視野 fk、波長番号 wk、ズーム位置 zk における単一光線の P 偏光透過率。データペア (pupil_X, pupil_Y) は入射瞳内の相対座標を定義します。
波動光学的 (回折) 解析:	
CEF [fk wk zk] CEFDB [fk wk zk] STREHL fk [wi..j] [zk] DMD [fk fi..j wk wi..j] ape_x ape_y MTF fk [wi..j] [zk] MTFA fk [wi..j] [zk] MTFS fk [wi..j] [zk]	ファイバー結合効率 ファイバー結合効率 (デシベル単位) ストレーラ比 視野 fk における Conrady D-d 和 (波長範囲 wi..j にわたる重み付き)。詳細はセクション 14.2.12 を参照してください。 平均 MTF = 0.5 × MTF (サジタル + 接線方向)。以下の MTFA コマンドと同等です。 平均 (平均値) MTF = 0.5 × MTF (サジタル + 接線方向) サジタル MTF
次のページに続く	

前のページから続く	
MTFT fk [wi..j] [zk] WAV fk wk [zk] WAVPV fk wk [zk] WAVZ fk wk [zk]	接線方向 MTF 波面収差 (rms 値) 波面収差 (ピーク-トゥ-バレー値) 選択されたゼルニケ項を差し引いた波面収差 (rms 値)。ゼルニケ項は ZWACT コマンドで定義します (詳細はページ 168 を参照)。
PSDX fk [zk] [threshold] PSDY fk [zk] [threshold] PSE fk [zk] [threshold]	視野 fk における強度 threshold での PSF 幅 (X 方向)。 視野 fk における強度 threshold での PSF 幅 (Y 方向)。 視野 fk における強度 threshold での PSF の楕円率。 PSDX/PSDY の比率として計算されます。
ECE fk diam EQE fk diam KEFS fk KEFT fk	視野 fk における直径 diam 内の包囲エネルギー。 視野 fk における直径 diam 内の正方形エネルギー。 視野 fk におけるサジタル方向のナイフエッジ関数 (KEF)。 視野 fk における接線方向のナイフエッジ関数 (KEF)。
ガウシアンビーム:	
WRX [sk] WRY [sk] ZWX [sk] ZWY [sk] RCX [sk] RCY [sk] SRX [sk] SRY [sk] GDX [sk]	面 sk におけるガウシアンビームの X 方向ウエスト半径 (単位: mm) 面 sk におけるガウシアンビームの Y 方向ウエスト半径 (単位: mm) 面 sk に対するガウシアンビームの X 方向ウエスト位置 面 sk に対するガウシアンビームの Y 方向ウエスト位置 面 sk におけるガウシアンビームの X 方向曲率半径 面 sk におけるガウシアンビームの Y 方向曲率半径 面 sk におけるガウシアンビームの X/Z 平面内スポットサイズ 面 sk におけるガウシアンビームの Y/Z 平面内スポットサイズ 面 sk におけるガウシアンビームの X/Z 平面内発散角。ガウシアン光源パラメータ WRX、WRY、RCX、RCY が正しく設定されている必要があります。
GDY [sk]	面 sk におけるガウシアンビームの Y/Z 平面内発散角。ガウシアン光源パラメータ WRX、WRY、RCX、RCY が正しく設定されている必要があります。
RRX [sk] RRY [sk]	面 sk におけるガウシアンビームの X/Z 平面内レイリー範囲 面 sk におけるガウシアンビームの Y/Z 平面内レイリー範囲
ファイバーデータ:	
FSR [zk] FSD [zk] FSA [zk] FSB [zk] FSN1 [zk] FSN2 [zk] FSCR [zk]	ファイバー光源のモードフィールド半径 (単位: mm) ファイバー光源の遠視野発散角 (単位: rad) ファイバー光源の α 傾斜角 (単位: 度) ファイバー光源の β 傾斜角 (単位: 度) ファイバー光源のコア材質の屈折率 n_1 ファイバー光源のクラッド材質の屈折率 n_2 ファイバー光源のコア半径 (単位: mm)
FRR [zk] FRD [zk] FRA [zk] FRB [zk] FRX [zk]	受信ファイバーのモードフィールド半径 (単位: mm) 受信ファイバーの遠視野発散角 (単位: rad) 受信ファイバーの α 傾斜角 (単位: 度) 受信ファイバーの β 傾斜角 (単位: 度) 主光線に対する受信ファイバーの X 方向オフセット (単位: mm)
次のページに続く	

前のページから続く	
FRY [zk]	主光線に対する受信ファイバーの Y 方向オフセット (単位: mm)
FRN1 [zk]	受信ファイバーのコア材質の屈折率 n_1
FRN2 [zk]	受信ファイバーのクラッド材質の屈折率 n_2
FRCR [zk]	受信ファイバーのコア半径 (単位: mm)
照明光源データ:	
SUSE sk o 1	照明光源 k を使用するかどうかを指定します (0=使用しない、1=使用する)。例: 光源 2 を有効にする場合: suse s2 1
SPWR sk pwr	光源の出力パワー
SXEX sk x_extension	光源の X 方向の広がり (全幅)
SYEX sk y_extension	光源の Y 方向の広がり (全幅)
SXDE sk x_dec	光源の X 方向偏心
SYDE sk y_dec	光源の Y 方向偏心
SZDE sk z_dec	光源の Z 方向偏心
SADE sk alpha	光源の X 軸周りの傾斜角 (α)
SBDE sk beta	光源の Y 軸周りの傾斜角 (β)
SCDE sk gamma	光源の Z 軸周りの傾斜角 (γ)
SARAY sk analysis_rays	光源の解析光線の数
SPRAY sk plot_rays	光源のプロット光線の数
SGREF sk O G	光源の基準: O = オブジェクト基準、G = グローバル基準
SDIVX sk x_div	光源の X 方向の発散角 (度単位、全幅)
SDIVY sk y_div	光源の Y 方向の発散角 (度単位、全幅)
SOFA sk x_offs	光源の Y 方向の放射角オフセット (度単位)
SOFB sk y_offs	光源の X 方向の放射角オフセット (度単位)
照明解析データ:	
RPWR	すべての有効な光源を含む、受信された戻り光のパワー
EPWR	すべての有効な光源を含む、放射された戻り光のパワー
NILR	すべての有効な光源を含む、ターゲット面で正常に受信された光線の数
その他の機能	
RAIS	入射瞳に対する光線エイミングの最大ステップ (デフォルト = 1)。
RAIT	入射瞳に対する光線エイミングの公差 (デフォルト = 0.001)。
TIT	レンズタイトルを含む 80 文字の文字列を返します。
COM sk	面 sk に対するコメント文字列を返します。
DAT	現在の日付を DD MMMM JJJJ 形式の 12 文字の文字列で返します。
TIM	現在の時刻を HH:MM:SS 形式の 8 文字の文字列で返します。
FNAME	ファイル名 (パスを含まない) を含む文字列を返します。
FPNAME	ファイルパスと名前を含む文字列を返します。
FPATH	ファイルパスのみを含む文字列を返します。
POX [zk]	用紙単位での X 方向プロットオフセット。
POY [zk]	用紙単位での Y 方向プロットオフセット。
POZ [zk]	用紙単位での Z 方向プロットオフセット。
WEI [si..j]	重量 (単位: グラム)。
SPG [sk]	比重 (単位: g/cm^3)。
PLANCK wavel T	プランクの法則に基づき、黒体光源の放射輝度を計算します。 wavel は波長 (単位: μm)、T は温度 (単位: ケルビン)。

次のページに続く

前のページから続く	
LADX [fk wk dlam]	像面における X 方向の横分散。主に分光システムで使用されます。波長間隔 dlam (単位: μm) の像面での広がりを計算します。例: ladx f1 w2 0.01 は波長間隔 $\Delta\lambda = 0.01\mu m$ の像面での空間的広がりを計算します。結果の単位は $\mu m/mm$ です。
LADY [fk wk dlam]	像面における Y 方向の横分散。主に分光システムで使用されます。波長間隔 dlam (単位: μm) の像面での広がりを計算します。例: lady f1 w2 0.01 は波長間隔 $\Delta\lambda = 0.01\mu m$ の像面での空間的広がりを計算します。結果の単位は $\mu m/mm$ です。
RAND [SEED num]	ランダム数を生成します。オプションで "RAND SEED num" を指定してシード値を設定できます。num は任意の数値です。

第28章

色名 – Colour Names –














本章では、*OpTaliX* 内で定義済みの色の名前について説明します。これらの色は、ほとんどのグラフィカル出力で使用されます。現在、色は視野、コーティング、および包囲エネルギー幾何学 (ECG) に対して個別に定義できます。将来的には、波長やズーム位置にも対応する予定です。

さまざまなプロット/解析タイプの色は、CLS コマンドで指定されます。詳細な説明については、ページ 61 (視野) およびページ 418 (コーティング) の各セクションを参照してください。

色の設定は特定の光学設計に対して保存されます。新しい設計を読み込む (復元する) と、ユーザー定義の色が新しいファイル内で指定されていない限り、色はデフォルト値にリセットされます。

28.1 定義済みの色 (Predefined colours)

定義済みの色は名前で指定されます。色名を指定する際、最初の 3 文字が使用されます。

	Short name	colour	RGB - value
	RED	red (赤)	255,0,0
	GRE	green (緑)	0,255,0
	BLU	blue (青青)	0,0,255
	MAG	magenta (マゼンタ)	255,0,255
	CYA	cyan (シアン)	0,255,255
	YEL	yellow (黄)	255,255,0
	BLA	black (黒)	0,0,0
	BRO	brown (茶)	185,92,0
	ORA	orange (オレンジ)	255,128,0
	GRY	grey (灰色)	192,192,192
	VIO	violet (紫)	192,128,255
	TUR	turquoise (ターコイズ・トルコ石)	0,194,194
	SAL	salmon (サーモン・ピンク)	255,128,128

28.2 視野プロットにおけるデフォルトの色 (Default Colours in Field Plots)

視野プロットにおけるデフォルトの色の順序は、RED、GREEN、BLUE、MAGENTA、CYANです。5つ以上の視野を持つシステムでは、この順序が最後の視野まで繰り返されます。独自の視野色を指定するには、[CLS FLD](#) コマンドを使用してください（詳細はページ [61](#) を参照）。

28.3 コーティング解析におけるデフォルトの色 (Default Colours in Coating Analysis)

コーティング解析プロットで使用されるデフォルトの色は、RED、GREEN、BLUEです。独自の色を指定するには、[CLS COA](#) コマンドを使用してください（詳細はページ [418](#) を参照）。

28.4 エンサークルドエネルギー（ECG）解析におけるデフォルトの色 (Default Colours in Encircled Energy Geometric (ECG) Analysis)

エンサークルドエネルギー幾何学（ECG）解析で使用されるデフォルトの色は、RED と GREEN です。

第29章

レンズおよびコーティングデータのインポート – Importing Lens and Coating Data –

このセクションでは、他の設計パッケージやレンズカタログからレンズデータをインポートする方法について説明します。現在サポートされている設計パッケージには、CODE-V、ZEMAX、OSLO、MODAS、ATMOS、WinLens、標準カタログレンズの設計が含まれます。ただし、ソフトウェア開発の継続的な改善により、個々の設計パッケージの一部のみが正常に変換されることに注意してください。OpTaliX は、外部レンズ設計ファイルに保存されているコマンドや機能を最大限に認識しようと試みます。

インポートは、汎用コマンド "IMP" を使用して、オプションのパラメータとともに実行されます。

29.1 CODE-V シーケンシャルファイルのインポート (Import of CODE-V Sequential Files)

CODE-V シーケンシャルファイルのインポートは、以下の方法で実行されます：

<code>imp seq codev file_spec</code>	CODE-V シーケンシャルファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。例: <code>imp seq c:/codev/dblgauss.seq</code>
--------------------------------------	---

29.2 ZEMAX ファイルのインポート (Import of ZEMAX Files)

コマンドラインから：

<code>imp zmx zemax file file_spec</code>	ZEMAX ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。正しいファイル拡張子 <code>.ZMX</code> を追加する必要があります。 例: <code>imp zmx file c:/zmx_examples/dblgauss.zmx</code>
---	--

メニューから選択：

`FILE / IMPORT / ZEMAX` を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.3 OSLO ファイルのインポート (Import of OSLO Files)

コマンドラインから：

<pre>imp osl[o] file file_spec</pre>	<p>OSLO ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。正しいファイル拡張子 <code>.LEN</code> を追加する必要があります。</p> <p>例:</p> <pre>imp oslo file c:/oslo_examples/dblgauss.len</pre>
--------------------------------------	---

メニューから選択：

`FILE/IMPORT/OSLO` を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.4 MODAS ファイルのインポート (Import of MODAS Files)

MODAS (Modern Optical Design and Analysis Software) is an amateur program, written by Ivan Krastev.

<pre>imp mod[as]as file file_spec</pre>	<p>MODAS ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。正しいファイル拡張子 <code>.dsg</code> を追加する必要があります。</p> <p>例:</p> <pre>imp modas file c:/modas_examples/cassegr.dsg</pre>
---	---

メニューから選択：

`FILE/IMPORT/MODAS` を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

非球面に関する注意: MODAS は、式 8.1 (ページ 86) における非球面定義に追加の二次項 A_2h^2 を使用します。この項は放物線を表し、円錐定数 $K = -1$ で同等にモデル化されます。MODAS は純粋な円錐面または高次非球面のいずれか一方のみを許可し、両方を同時に使用することはできません。そのため、係数を変換するための簡単な関係が確立されます：

$$c = 2 \cdot A_2 \quad (29.1)$$

したがって、MODAS 非球面をインポートする際には、円錐定数 K は -1 (放物線) に設定され、曲率は c に設定されます。MODAS へのエクスポート時には逆の手順が適用されます。

29.5 ATMOS ファイルのインポート (Import of ATMOS Files)

ATMOS は、イタリアの Massimo Riccardi によって作成されたアマチュアプログラムです。

<pre>imp atm[os] file file_spec</pre>	<p>ATMOS ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。正しいファイル拡張子 <code>.atm</code> を追加する必要があります。</p> <p>例:</p> <pre>imp atmos file c:/modas_examples/cassegr.atm</pre>
---------------------------------------	---

メニューから選択：

`FILE/IMPORT/ATMOS` を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.6 WinLens ファイルのインポート (Import of WinLens Files)

コマンドラインから：

<pre>imp winl[ens] file file_spec</pre>	WinLens ファイルを file_spec からインポートします。正しいファイル拡張子 .spd を追加する必要があります。 例: <pre>imp winl file c:/examples/dblgauss.spd</pre>
---	---

メニューから選択：

FILE / IMPORT / WinLens を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.7 Accos ファイルのインポート (Import of Accos Files)

コマンドラインから：

<pre>imp acc[os]</pre>	Accos 形式のレンズシステムをインポートします。このコマンドは、ライブラリファイルから光学設計を選択するためのダイアログボックスを開きます。Accos は、約 2MB のレンズライブラリにレンズを保存します。各ライブラリには、98 個のレンズ（ライブラリブロックと呼ばれる）と作業用ストレージ内の 1 つのレンズを含めることができます。レンズには、面の数や有効開口などの制限が課されます。
------------------------	--

メニューから選択：

FILE / IMPORT / Accos を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.8 Kidger-Optics からの Sigma ファイルのインポート (Import of Sigma Files from Kidger-Optics)

コマンドラインから：

<pre>imp sigma sigmapc file file_spec</pre>	Kidger-Optics の Sigma ファイルを file_spec からインポートします。 以下の形式がサポートされています： Sigma-PC（ファイル拡張子 .DAT で識別） Sigma 2000（ファイル拡張子 .LEN で識別） 例: <pre>imp sigma file c:/examples/dblgauss.len imp sigmapc file c:/examples/dblgauss.dat</pre>
---	--

メニューから選択：

FILE / IMPORT / Kidger Optics / Sigma を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.9 "The Essential MacLeod" 薄膜パッケージからのコーティングのインポート (Import Coatings from "The Essential MacLeod" Thin-Film Package)

コマンドラインから：

<code>imp macl file file_spec</code>	"Essential MacLeod" 形式のコーティング設計ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。 例: <code>imp macl file c:/ar_coat.dds</code>
--------------------------------------	--

メニューから選択：

COATINGS / IMPORT / MacLeod を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.10 "TFCalc" 薄膜パッケージからのコーティングのインポート (Import Coatings from the "TFCalc" Thin-Film Package)

コマンドラインから：

<code>imp tfc file file_spec</code>	"TFCalc" 形式のコーティング設計ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。 例: <code>imp tfc file c:/ar_coat.dds</code>
-------------------------------------	--

メニューから選択：

COATINGS / IMPORT / TFCalc を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.11 "Optilayer" 薄膜パッケージからのコーティングのインポート (Import Coatings from the "Optilayer" Thin-Film Package)

コマンドラインから：

<code>imp opti file file_spec</code>	"Optilayer" 形式のコーティング設計ファイルを <code>file_spec</code> からインポートします。 例: <code>imp opti file c:/ar_coat.ods</code>
--------------------------------------	--

メニューから選択：

COATINGS / IMPORT / Optilayer を選択すると、ファイル選択ボックスが開きます。

29.12 レンズカタログからのインポート (Import from Lens Catalogs)

OpTaliX は、さまざまなメーカーや販売業者（例：Melles Griot、Newport、Linos など）のレンズカタログからレンズシステムを読み取り、抽出する機能を備えています。

メインメニューから、以下の操作で特定のレンズをカタログから抽出できます：

FILE / IMPORT / Catalogues, または
FILE / Catalog Lenses

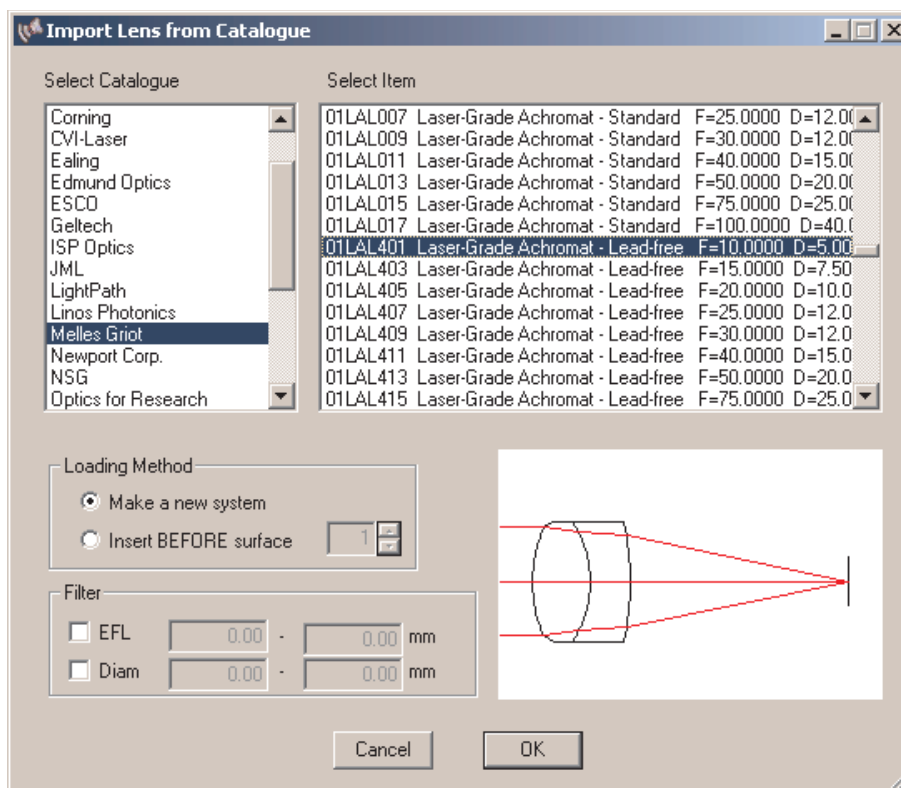


図 29.1. ベンダーカタログからレンズを選択してインポートするためのダイアログ。

コマンドラインから、以下のコマンドでカタログからファイルを抽出できます：

```
imp cat [cat_ident code_string] [sk]
```

レンズは、cat_ident で記述されたカタログ内の code_string で識別されます。コマンドラインで cat_ident または code_no が指定されていない場合は、ベンダーとコード番号を選択するためのダイアログボックスが開きます。sk が指定されている場合、システムは既存のシステムの前に sk 面として挿入されます。指定されていない場合は、新しいシステムが構築されます。

cat_ident はベンダー名の短縮形であり、以下のいずれかを指定します（最初の3文字または4文字のみが有効）：

ARCH Archer OpTx
COHE Coherent Scientific
CORN Corning
CVI CVI-Laser
EAL Ealing
EDMU Edmund Optics
ESCO Esco
GELT Geltech
ISP ISP-Optics
JML JML
LPT LightPath Inc.
LINO Linos Photonics
MELL Melles Griot
NEWP Newport Corporation
NSG Nippon Sheet Company
OFR Optics for Research
OPTO OptoSigma
PHIL Philips
QUAN Quantum
ROLY Rolyn Optics
ROSS Ross Optical
SIGM Sigma-Koki, Japan
SPEC Special Optics
THOR ThorLabs
3M 3M Precision Optics

例:

```
imp cat melles lpx027  
imp cat mell lpx027  
imp cat ! ダイアログボックスを起動  
imp cat linos 322286 s4 ! Linos アクロマートを面 4 の前に挿入します。
```

第30章

レンズデータのエクスポート - Exporting Lens Data -

以下のセクションでは、*OpTaliX* のレンズデータを他の光学設計パッケージへエクスポートする方法について説明します。ソフトウェア開発の継続的な改良により、各設計パッケージが提供するすべてのオプションやコマンドが必ずしも完全に変換できるわけではないことに注意してください。しかし、*OpTaliX* は他のパッケージが提供することができるだけ多くのコマンドや機能を認識しようと試みます。*OpTaliX* の変換機能は継続的に改良されています。

エクスポートは、追加パラメータ付きの汎用 "EXP" コマンドで実行されます。

30.1 Code V へのエクスポート (Export to Code V)

コマンドラインから：

<code>exp seq file file_spec</code>	CODE-V シーケンシャルファイルへのエクスポートを行います。 例: <code>exp seq c:/temp/dblgauss.seq</code>
<code>wrl file_spec</code>	レンズデータを Code V シーケンシャル (.seq) ファイルに書き込みます。

メニューからは、*FILE / EXPORT / CODE-V* を選択するとファイル選択ボックスが開きます。

30.2 ZEMAX へのエクスポート (Export to ZEMAX)

コマンドラインから：

<code>exp zmx file file_spec</code>	Zemax ファイル形式へのエクスポートを行います。正しいファイル拡張子.ZMXを追加する必要があります。 例: <code>exp zmx file c:/temp/dblgauss.zmx</code>
-------------------------------------	---

メニューからは、*FILE / EXPORT / ZEMAX* を選択するとファイル選択ボックスが開きます。

30.3 OSLO へのエクスポート (Export to OSLO)

コマンドラインから：

<pre>exp osl oslo file file_spec</pre>	<p>Oslo ファイル形式へのエクスポートを行います。正しいファイル拡張子.LENを追加する必要があります。 例: exp oslo file c:/temp/dblgauss.len</p>
--	---

光学系で使用されているすべてのガラスは、OSLO が期待する形式でプライベートガラスカタログファイルに書き込まれます。必要に応じて、\optalix\temp\oslo_private.glc ファイルに含まれるガラスを、ASCII テキストエディタを使って OSLO のプライベートカタログに統合できます。

メニューからは、*FILE/EXPORT/OSLO* を選択するとファイル選択ボックスが開きます。

デフォルトで、*OpTaliX* はガラスデータも OSLO プライベートガラスカタログと互換性のある別ファイルにエクスポートします。このファイルは \$i\temp\oslo_private.glc にあります。この機能は、OSLO に存在しないガラスや、 n, ν のオフセットを持つガラス、架空ガラスの正確な転送に特に有用です。これらのガラスは、OSLO のプライベートガラスカタログにコピーまたは追加することができます。

30.4 ASAP へのエクスポート (Export to ASAP)

ASAP は、Breault Research Organization 社が配布している光学モデリングソフトウェアです [5]。

<pre>exp asap file file_spec [RAY]</pre>	<p>ASAP 形式へのエクスポートを行います。正しいファイル拡張子.INR を追加する必要があります。file_spec に空白や特殊文字 (-, & など) が含まれる場合は、ファイル指定 (パス+ファイル名) を引用符で囲む必要があります。オプションパラメータ RAY を指定すると、システムで定義された視野点に対応する光線セットもエクスポートされます。 例: exp asap fil c:/temp/dblgauss.inr exp asap file c:/temp/dblgauss.inr RAY! 光線もエクスポート exp asap fil 'c:/temp/my-dbl gauss.inr' ! 特殊文字を含む場合</p>
--	---

30.4.1 ASAP への特殊面のエクスポート (Exporting Special Surfaces to ASAP)

ASAP で同等の表現ができない特殊面は、USERFUNC オプションを使用してモデリングする必要があります。これには、ASAP スクリプト内でユーザ関数を定義する必要があります。

光学系に特殊面が存在する場合、*OpTaliX* はエクスポートされる ASAP スクリプト (*.INR) に適切なコマンドを追加します。例えば、アナモルフィック面 (AAS) は次のようにエクスポートされます。

```
$READ BICONIC_FUNC.INR
```

```
USERFUNC EXPLICIT 0 0 0 BICONIC_FUNC 0.03125 0.031313 0.003 0.001,  
0.1E-06 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
```

対応する関数定義は *OpTaliX* に付属しており、`$i\usersur\asap` ディレクトリにあります。上記の例の場合、“BICONIC_FUNC.INR” ファイルを ASAP の作業ディレクトリにコピーする必要があります。

30.5 MODAS へのエクスポート (Export to MODAS)

MODAS (Modern Optical Design and Analysis Software) は、Ivan Krastev によって作成されたアマチュア向けプログラムです。コマンドラインから：

<pre>exp mod modas file file_spec</pre>	<p>MODAS ファイル形式へのエクスポートを行います。正しいファイル拡張子 <code>.dsg</code> を追加する必要があります。</p> <p>例: <pre>exp modas file c:/temp/cassegr.dsg</pre></p>
---	--

メニューからは、*FILE/EXPORT/MODAS* を選択するとファイル選択ボックスが開きます。また、非球面のエクスポートについてはセクション 29.4 の注意事項も参照してください。

30.6 ATMOS へのエクスポート (Export to ATMOS)

ATMOS は、Massimo Riccardi によって作成されたアマチュア向けプログラムです。コマンドラインから：

<pre>exp atm atmos file file_spec</pre>	<p>ATMOS ファイル形式へのエクスポートを行います。正しいファイル拡張子 <code>.atm</code> を追加する必要があります。</p> <p>例: <pre>exp atmos file c:/temp/cassegr.atm</pre></p>
---	--

メニューからは、*FILE/EXPORT/ATMOS* を選択するとファイル選択ボックスが開きます。

30.7 ABERRATOR への波面収差のエクスポート (Export of Wavefront to ABERRATOR)

“Aberrator”^[1] は、オランダの Cor Berrevoets 氏によって作成されたフリーウェアプログラムで、収差の影響を示すための星像テスト画像を生成します。エクスポートされた波面収差から回折 PSF を計算し、*OpTaliX* の PSF DF や PSF FF コマンドで得られるものと同様に、グレースケールのビットマップとして表示します。コマンドラインでは、次のように入力します：

<pre>exp wav [fi wi] file file_spec</pre>	<p>波面収差を “Aberrator” ファイル形式でエクスポートします。正しいファイル拡張子 <code>.opd</code> を追加する必要があります。</p> <p>例: <pre>exp wav file c:/temp/wavefront.opd</pre></p>
---	---

メニューからは、*FILE / EXPORT / Wavefront to Aberrator* を選択するとファイル選択ボックスが開きます。

30.8 Persistence of Vision (POV) へのエクスポート (Export to Persistence of Vision (POV))

”Persistence of Vision” (POV) は、光学設計のほぼフォトリアリスティックな 3D 画像を作成するために使用できる、フリーウェアの汎用レンダリングおよびアニメーションソフトウェアです。

コマンドラインから：

<pre>exp pov file file_spec [ray]</pre>	<p>Persistence of Vision (POV) ファイル形式でエクスポートします。正しいファイル拡張子”.POV”を追加する必要があります。パス情報がない場合、ファイルはカレント作業ディレクトリに保存されます。オプションパラメータ <i>ray</i> を指定すると、SET FAN コマンドで定義されたユーザー定義光線もエクスポートされます。</p> <p>例:</p> <pre>exp pov file c:/pov_examples/dblgauss.pov</pre>
---	--

メニューからは、*FILE / EXPORT / POV* を選択するとファイル選択ダイアログが開きます。

POV 形式でファイルを書き出すために、同じマシンに POV がインストールされている必要はありません。ただし、テストや光学系が正しく転送されたかを確認する目的で、POV の動作環境があることが推奨されます。*OpTaliX* と POV の連携方法については、[セクション 10.1 \(210 ページ\)](#) も参照してください。

注意：レンズ描画セクションのレンダリングオプション ([REN](#) コマンド参照) でも同様の仕組みが使われています。主な違いは、レンズ描画のレンダラー (POV) が直接呼び出される点です。

30.9 IGES へのエクスポート (Export to IGES)

IGES 5.3 (Initial Graphics Exchange Specification) 形式で、光学面モデルを 3 次元ジオメトリとして他の CAD (コンピュータ支援設計) プログラムと交換します。エクスポートされたモデルには、トリム面、光線、開口、レンズエッジを含めることができます。ワイヤーフレームのみのオプションも利用可能です。

<pre>exp igs [sur ray wir ape edg all] [si..j sk] [zk] [?] file file_spec</pre>	<p>光学系を IGES 形式でエクスポートします。正しいファイル拡張子 .igs を追加する必要があります。IGES 出力は以下のオプションパラメータで制御されます：</p> <ul style="list-style-type: none">sur 面をエクスポート (デフォルト)ray VIE オプションで定義された光線をエクスポートwir ワイヤフレームモデルをエクスポート (3D レンズビューに類似)ape 開口境界をエクスポートedg レンズエッジをエクスポートall すべてをエクスポート (面+光線+エッジ+ワイヤフレーム) <p>いずれのオプションも指定しない場合は、ズーム位置 1 の全ての面 (SUR) がデフォルトとなります。例：</p> <pre>exp igs sur ray file c:/temp/test.igs exp igs ape ?</pre>
---	---

30.9.1 IGES エクスポートオプションの例 (Illustration of IGES Export Options)

このセクションでは、エクスポートオプション SUR、RAY、WIR の例を示します。色の表示は、ご利用の CAD システムによって異なる場合があります。

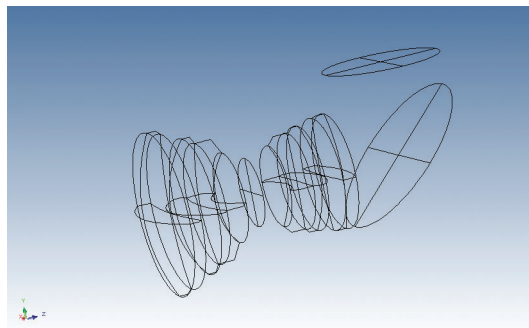


図 30.1. ワイヤフレームのみのオプションで IGES エクスポート (コマンド: 'exp igs wir')

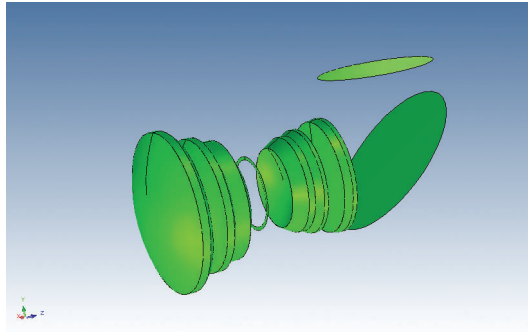


図 30.2. 面のみのオプションで IGES エクスポート (コマンド: 'exp igs sur')

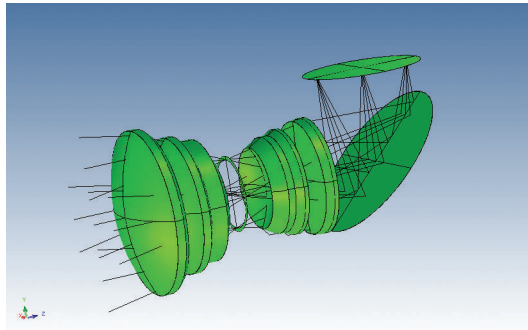


図 30.3. 面と光線のみのオプションで IGES エクスポート (コマンド: 'exp igs sur ray'、または exp igs all も使用可)

30.9.2 対応 IGES エンティティ (Supported IGES Entities)

エンティティタイプ番号	説明	コメント	
102	複合曲線	フォーム番号 12	
106	多量データ		
108	平面		
110	直線		
112	パラメトリックスプライン曲線		
114	パラメトリックスプライン面		
120	回転面		
124	変換行列		
128	パラメトリック B-スプライン面		準備中
142	パラメトリック面上の曲線		
144	トリム付きパラメトリック面		

30.9.3 IGES エクスポートの制限事項 (IGES Export Limitations)

OpTaliX は可能な限り多くの構造要素をエキスポートしようとしています。しかし、現バージョンではすべての特性がサポートされているわけではありません。

- 回転対称でない面 (円筒、トロイド、自由曲面など) は、回転対称面のような連続的なパラメトリック面としてではなく、曲線のグリッドで表現されます。

- サポートされる開口形状は円形と矩形のみです。楕円や多角形の開口は今後のリリースで追加予定です。
- 楕円や多角形の開口、または偏心した円形開口については、エッジのエクスポートはサポートされていません。

30.9.4 IGES トラブルシューティング (IGES Trouble Shooting)

CAD データの変換は複雑なプロセスです。変換の品質は、交換に関わる双方の人々の注意深さや理解度に依存します。

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) は、40 年以上前 (1981 年) に策定されたデータ交換用の標準フォーマットです。この形式は、CAD データの相互運用性を向上させるために使用されてきました。現在でも利用されており、他のソフトウェアや環境間で CAD データを交換する際に重要な役割を果たしています。

IGES の主な問題点は、多くの場合問題を引き起こすことです。少なくとも、すべての人に、常に完全に動作するわけではありません。3D IGES ファイルで発生する問題をすべて挙げると本一冊分にもなりますので、ここでは主な問題のカテゴリを示します。

- IGES 仕様に記載された「規則」は解釈の余地があり、抜け穴も存在します。長年にわたり、各 CAD メーカーが IGES の異なる部分を独自に解釈してきたため、互換性の問題や「方言」が生じています。
- IGES データの書き出し方法は非常に多様です。例えば、円錐や平面などの解析面を、エクスポート前にスプライン面として出力することもできます。ある CAD システムは解析面を好み、別のシステムはスプライン表現を好む場合があります。また、三次スプラインは IGES エンティティ 112 や 126、あるいは点のポリライン (エンティティ 106) として表現されることもあります。
- 許容差、精度、解像度：異なる精度を持つ 2 つの CAD/CAM 製品間で IGES ファイルを移動すると問題が発生します。粗い許容差の IGES ファイルを高精度システムに移すと、曲線が閉じず、面に隙間や重なりが生じます。逆に高精度の IGES を粗いシステムに移すと、詳細が失われます。
- エンティティ 108 (三次スプライン) は、お使いの CAD システムでサポートされていない場合があります。このエンティティは一般的な (2 次元または非回転対称) 面でよく使われます (*OpTaliX* でも使用)。
- スプライン曲線やスプライン面 (エンティティ 126、128) は多くのトラブルの原因となります。
- トリム付き面 (IGES エンティティ 144) には特に注意が必要です。トリム曲線がずれたり、自己交差している場合があります。
- 必要な範囲を超えて延びている曲線や直線がないか確認してください。
- 一般的に、*OpTaliX* が出力するエンティティ (セクション 30.9.2、532 ページ参照) がお使いの CAD システムでサポートされているか確認してください。

30.10 Microsoft ExcelTM ファイルへのエクスポート (Export to Microsoft ExcelTM File)

一部の出力データは、Microsoft ExcelTM と互換性のある形式でエクスポートできます。これは一般的な出力切り替え（任意のテキスト出力で利用できるもの）ではなく、グリッド状（または表形式）のデータとして提供できる特定のデータセットにのみ利用可能です。

Excel 形式で計算データを提供する機能は、Microsoft の ODBC ドライバーがインストールされていることが前提となります。この要件は、対象システムに Excel がインストールされていれば満たされます。あるいは、"Microsoft Access Database Engine 2016 Redistributable" をインストールするだけでも十分です。これは Microsoft のウェブサイトから無償でダウンロードできます。例えば

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=54920>

Excel へのエクスポートは ODBC ドライバーに依存しているため、ODBC インターフェース固有の制限も受けます。主な制限は以下の通りです。

- 新しいデータの追加のみ可能です。特定のセルを指定して書き込むことはできません。
- サポートされるデータ型は NUMBER、DATETIME、TEXT、CURRENCY、LOGICAL のみです。数式や他の形式の転送はできません。
- テキストの書式設定（色、フォントなど）はできません。
- 列名の最大長は 63 文字に制限されています。

OpTaliX からエクスポートされたデータは、下図（図 30.4）のように "Data" というシートに格納されます。

	'THI_S5_'	'THI_S10'	'THI_S15'	'EFL'	'OAL'	'SPD_F1'
1	1	56.472014	1.1249861	5.903314	121.5	0.00375945
2	3	54.371534	1.2254662	6.2521439	121.5	0.003625637
3	5	52.265173	1.3318265	6.6326683	121.5	0.003500935
4	7	50.151508	1.4454916	7.049124	121.5	0.003402812
5	9	48.031848	1.5651525	7.5054566	121.5	0.00332214
6	11	45.905089	1.6919111	8.0070724	121.5	0.003270615
7	13	43.769381	1.8276193	8.5605901	121.5	0.003274781
8	15	41.624453	1.9725468	9.173095	121.5	0.003344609
9	17	39.469358	2.1276419	9.8531928	121.5	0.003494507
10	19	37.303017	2.2939834	10.611098	121.5	0.003742044

図 30.4. ズーム CAM 計算から ExcelTM へエクスポートした例。

第31章

設計サンプルのライブラリ – Examples Library –

OpTaliX は、500 種類以上の設計例を収録した充実したスタート設計ライブラリを提供しています。これには、出版物や特許文献からの設計例に加え、Arthur Cox、Warren Smith、Wiley 社の”Handbook of Optical Design, Vol 4”の全ライブラリも含まれています。

設計例は、*OpTaliX* のインストール時に以下のフォルダに保存されます。

`$i\examples`

プログラム内では、コマンドラインから設計例ファイルを参照できます。

EXAMP	様々な設計例を選択するためのダイアログボックスを起動します。
-------	--------------------------------

または、メインメニューからも選択できます。

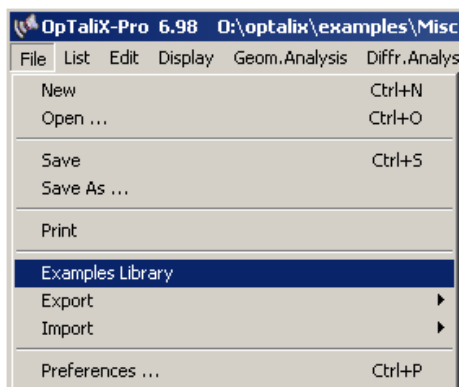


図 31.1. 設計例ライブラリを選択するメニュー項目

代表的なダイアログボックスを図 31.2 に示します。左側のツリービューで設計カテゴリと設計ファイルを選択します。OK を押すと選択した設計が読み込まれます。CANCEL を押すと、以前に読み込まれていた設計に戻ります。

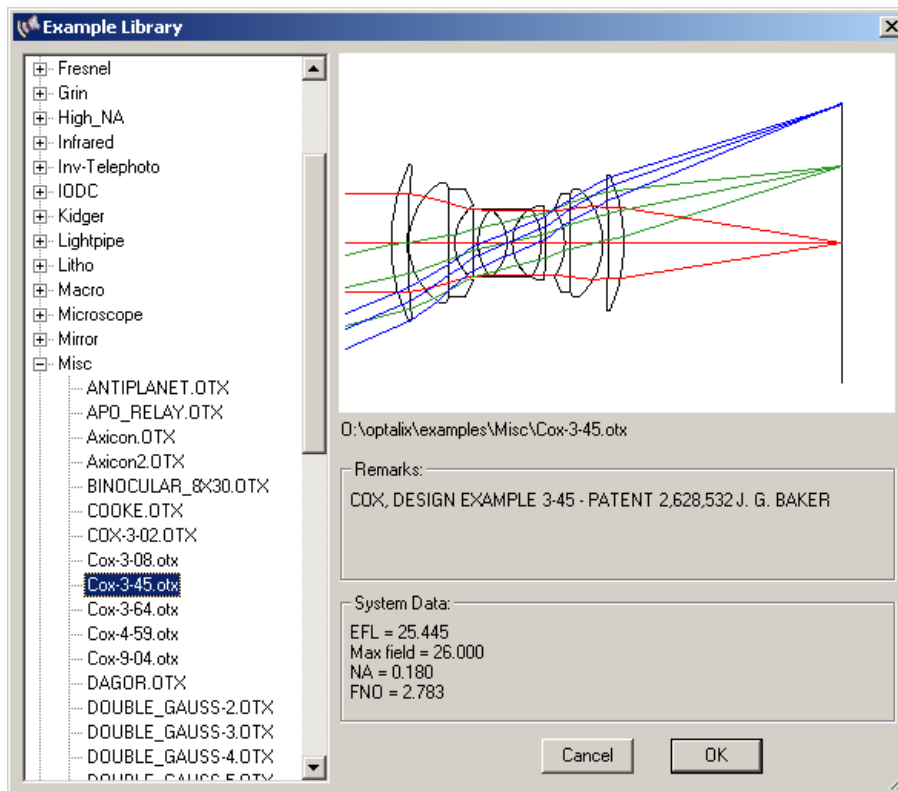


図 31.2. ライブラリから設計例を選択するダイアログ

第32章

ファイル形式 – File Formats –

OpTaliX で使用または作成されるすべてのファイルは、プレーンな ASCII ファイルです。これらは任意のテキストエディタで編集することができます。

32.1 *OpTaliX* 設定ファイル ”optix.cfg” (*OpTaliX* Configuration File ”optix.cfg”)

OpTaliX の設定ファイル ”optix.cfg” には、各セッションで使用される多くの設定（主にパス情報）が保存されます。このファイルは *OpTaliX* のインストール（ホーム）ディレクトリに存在する必要があります。情報は自由形式の ASCII で保存されているため、任意のテキストエディタで読み書きできます。すべてのエントリは少なくとも 1 つの空白で区切られます。区切りとして複数の空白も許可されています。感嘆符 ”!” はコメントとして認識されます。

修飾子とパラメータは等号 ”=” で区切られます。修飾子とそれに対応するパラメータは以下の通りです：

RENDER = path_string	レンズレイアウトのシェーディング付き立体図を生成するための外部レンダリングプログラムへのパス。この機能を利用するには、” Persistence of Vision ” (POV) レイトレーサの公式バージョンを別途インストールする必要があります。
HTML = path+exe_string	外部 HTML ブラウザへのパス。オンラインヘルプマニュアルにアクセスするためにこのパスは必須です。このエントリはインストール時に作成されます。別のブラウザを使用したい場合はここを修正してください。
GLASSES = path_string	ガラスカタログへのパス。このエントリはデフォルトでコメントアウトされており、（特別な理由がない限り）変更しないでください。
COATINGS = path_string	コーティングファイルへのパス。
TEMP = path_string	一時作業ディレクトリへのパス。
MACRO = path_string	マクロファイルやユーザー定義グラフィック定義へのパス。
SAVDEFAULTONEXIT = int	プログラム終了時に現在のシステムを保存するかどうかを指定します。int は整数値で、0 = 保存しない、1 = 保存する。
SAVWINONEXIT = int	プログラム終了時にウィンドウ設定（位置・サイズ）を保存するかどうか。0=しない、1=する
TEXTFOREGR = int	新しい出力が生成されるたびにテキスト出力ウィンドウを前面に表示するかどうか。0=しない、1=する

OpTaliX 設定ファイルの例を以下に示します：

```
! Optix configuration file
```

```

! Entries must be separated at least by one blank character
! Characters are case insensitive
! Path names containing blanks must be enclosed in quote character (")
!
HTML =
RENDER = "f:\pov31a\bin\pvengine.exe"
!
! Uncomment and edit the following lines only if you wish a
! different search path for glasses,coatings or temp.
!
! GLASSES = "e:\optix\GLASSES\"
! COATINGS = "e:\optix\coatings\"
! TEMP     = "e:\optix\temp\"

```

上記の例から分かるように、一部の修飾子 (GLASSES, COATINGS など) はコメントアウトされています。この場合はデフォルトのパスが代わりに使用されます (つまり、*OpTaliX* のインストールディレクトリの下位ディレクトリが利用されます)。

32.2 レンズ設計データファイル形式 ".otx" (Lens Prescription Format ".otx")

レンズ設計データは、拡張子が ".otx" の標準的な書式なし ASCII ファイルに保存されます。各行には、レンズ設計データパラメータがキーワードで識別されます。すべてのエントリは少なくとも1つの空白で区切られ、区切りとして複数の空白も許可されています。感嘆符 "!" はコメントとして認識されます。

キーワードと指定可能 (許容される) パラメータは以下の表にアルファベット順で示します。変数の型は、整数値の場合は "int"、実数値の場合は "real_val"、文字列の場合は "char" で示されています。

AAP int	非対称開口 (レンズ断面図用のみ) int = 0: 全面開口をプロット int = 1: 光線が通過する部分のみプロット
ADE real_val	X 軸まわりの面の傾き (度単位)
AFO int	アフォーカル切替、int = 1: システムはアフォーカル。
APE int val1 val2 val3 val4 val5 int2 int3 int4	開口定義 int = ピュープル番号 (デフォルト=1) val1 = X 方向半開口 val2 = Y 方向半開口 val3 = 頂点からの X 方向オフセット val4 = 頂点からの Y 方向オフセット val5 = 回転角度 (度単位) int2 = ピュープルタイプ (1=円形, 2=矩形, 3=楕円, 4=多角形) int3 = 論理演算子 (0=基本, 1=AND, 2=OR) int4 = 透過特性 (0=内側, 1=遮蔽, 2=穴)
<i>continued on next page</i>	

<i>continued from previous page</i>	
APEC int val1 int2 int3	円形開口 int = ピューピル番号 (デフォルト=1) val1 = Y 方向半開口 int2 = 論理演算子 (0=基本, 1=AND, 2=OR) int3 = 透過特性 (0=内側, 1=遮蔽, 2=穴)
AFR real_val	オートフォーカス空間周波数 (ラインペア単位)。この周波数で MTF オートフォーカスが決定されます。
ASP val1 val2 val7	非球面係数 val1 = コニック定数 val2 ... val7 = 多項式係数
ARX real_val	アレイ面のチャンネルの X 方向間隔
ARY real_val	アレイ面のチャンネルの Y 方向間隔
ARX0 real_val	アレイ面の X 方向オフセット
ARY0 real_val	アレイ面の Y 方向オフセット
AXG real_val	公差: 軸方の屈折率勾配
BDE real_val	Y 軸まわりの面の傾き (度単位)
BIR val1 ... val11	複屈折材料の屈折率
CDE real_val	Z 軸まわりの面の傾き (度単位)
COA string	現在の面に付与されるコーティングファイル名
COM string	面ごとのコメント
CON string	最適化制約条件
CTV icoeff real_val	コーティング膜厚の変化係数、icoeff は 1~5 の係数番号、real_val はその値。
CUX real_val	X 方向曲率
CUY real_val	Y 方向曲率
DEF real_val	実像面の近軸焦点からのデフォーカス量
DLA real_val	公差: α 傾き (X 軸まわり)
DLB real_val	公差: β 傾き (Y 軸まわり)
DLG real_val	公差: γ 傾き (Z 軸まわり)
DLF real_val	公差: ニュートン原器に対する縞の本数 (フリンジ単位)
DLN real_val	公差: 屈折率
DLR real_val	公差: 絶対半径 (mm)
DLT real_val	公差: 軸方向の面間隔 (mm)
DLV real_val	公差: 分散 (アッベ数、%)
DLX real_val	公差: X 方向偏心
DLY real_val	公差: Y 方向偏心
DLZ real_val	公差: Z 方向偏心
DTR real_val	公差: 参照面間隔 (mm)
DNO real_val	Δn - 屈折率オフセット
DVO real_val	$\Delta \nu$ - アッベ数オフセット
EPD real_val	入射瞳直径
EXC real_val	線膨張係数 (10^{-6} 単位)
FACT i_active1 i_active2 ...	視野点の有効化。特定の視野点を解析から除外できます。 i_active は整数 (0=無効, 1=有効) で、1 から最大視野点数までカウントします (FLDX や FLDY で定義)。
<i>continued on next page</i>	

<i>continued from previous page</i>	
FH int	固定開口の高さ int=0: 開口は光線を制限しない int = 1: 開口が光線を制限する
FIBS string	光源ファイバーの指定 (例: メーカー型番など)。
FIBR string	受光ファイバーの指定 (例: メーカー型番など)。
FILE string	ファイル名 (任意)
FNO real_val	F 値
FLDX val1 ... val11	X 方向の視野座標。
FLDY val1 ... val11	Y 方向の視野座標。
FLD int x_field y_field weight active	視野点指定の別形式。FLDX/FLDY または FLD のいずれかを使用。int = 視野番号 x_field = X 視野座標 (FTYP による) y_field = Y 視野座標 (FTYP による) weight = 視野重み active = 0/1、視野点の有効/無効を指定
FRES val1 val2	フレネルパラメータ val1 = フレネルファセットの X 傾き val2 = フレネルファセットの Y 傾き
FRA alpha_tilt	受光ファイバーの α 傾き (度単位)
FRB beta_tilt	受光ファイバーの β 傾き (度単位)
FRD real_val	受光ファイバーの遠方界発散角 (ラジアン単位)
FRN1 real_val	受光ファイバーのコア材屈折率 n_1
FRN2 real_val	受光ファイバーのクラッド材屈折率 n_2
FRCR real_val	受光ファイバーのコア半径 (mm)
FRR mode_radius	受光ファイバーのモードフィールド半径 (mm)
FRX x-offset	受光ファイバーの X オフセット (mm)
FRY y-offset	受光ファイバーの Y オフセット (mm)
FSA alpha_tilt	光源ファイバーの α 傾き (度単位)
FSB beta_tilt	光源ファイバーの β 傾き (度単位)
FSD div_x div_y	光源ファイバーの遠方界発散角 (X・Y 方向、ラジアン単位)
FSN1 real_val	光源ファイバーのコア材屈折率 n_1
FSN2 real_val	光源ファイバーのクラッド材屈折率 n_2
FSCR real_val	光源ファイバーのコア半径 (mm)
FSR rad_x rad_y	光源ファイバー半径 (X・Y 方向、mm)
FTH f_thick	フレネル厚み
FTYP int	視野タイプ int = 1: 視野角で定義 int = 2: 物体座標で定義 int = 3: 近軸像座標で定義 int = 4: 実像座標で定義
FWGT int1 ... int10	視野重み
GIC val1 ... val50	屈折率分布係数。係数数は NGIC で定義。
GIS real_val	屈折率分布型レンズの光線追跡ステップ ds (積分距離)
GIT string	屈折率分布タイプ (例: SEL, AXG, LPT, URN, ...)
GLA string	ガラス名 (最大 10 文字)
GL1 string	面の左側 (ローカル座標系で-Z 方向) のガラス名 (NSS のみ有効)

continued on next page

<i>continued from previous page</i>	
GL2 string	面の右側（ローカル座標系で+Z方向）のガラス名（NSSのみ有効）
GRO real_val	回折格子次数
GRX real_val	X方向の回折格子定数（直線格子のみ）
GRY real_val	Y方向の回折格子定数（直線格子のみ）
GTILT val1 ... val6	屈折率分布の傾き・偏心 val1 ... val3: X,Y,Z方向の偏心 val4 ... val6: X,Y,Z軸まわりの α, β, γ 傾き
GZO real_val	プロファイル定義のZ方向オフセット（LightPath軸プロファイルのみ）
HWL real_val	ホログラム設計波長（ μm 単位）
HCO icoeff real_val	ホログラム係数、icoeffは1~28の係数番号
HOM real_val	公差：屈折率均質性
HOR order	ホログラム回折次数
HOT int	ホログラムタイプ、int=0: 直線格子, 1: 対称位相関数, 2: 非対称(2D)位相関数
HX1 obj_source_x	ホログラム面の物体点光源 X 座標
HY1 obj_source_y	ホログラム面の物体点光源 Y 座標
HZ1 obj_source_z	ホログラム面の物体点光源 Z 座標
HX2 ref_source_x	ホログラム面の参照点光源 X 座標
HY2 ref_source_y	ホログラム面の参照点光源 Y 座標
HZ2 ref_source_y	ホログラム面の参照点光源 Z 座標
IRR real_val	公差：ニュートン縞のイレギュラリティ、面のアス・クセ（フリンジ単位）
KLDR	内部用（プロット外観制御）、不要
LINK int1 int2 int3 int4	リンク（ピックアップ）面（曲率、厚み、傾き、材料）
LMOD val1 ... val5	レンズモジュール（理想レンズ） val1 = 焦点距離 val2 ... val5: 未定義
M2 val	ビーム品質係数 M^2 エムスクウェア
MFR real_val	最大空間周波数（MTF 計算用）
MPRS string	モードプロファイル（光源）。“string”は GAU（ガウシアン） STE（ステップインデックス） FIL（ファイルから読み込み） など。
MPRR string	モードプロファイル（受光）。“string”は GAU（ガウシアン） STE（ステップインデックス） FIL（ファイルから読み込み） など。
MXH int	ノンシーケンシャル面でのこの面に到達する最大ヒット回数。
NA real_val	像側開口数
NAO real_val	物体側開口数
NGIC int	GRIN 係数数
NSS int	ノンシーケンシャル面の設定 int = 0: 順次, int = 1: NSS 面

continued on next page

<i>continued from previous page</i>	
NTOF int	公差関数数。
OSP spectrum_name	光学スペクトル。スペクトル名は osp.dat で定義。
PCO real_val	部分分散比 P(C,s) のオフセット量
PGO real_val	部分分散比 P(g,F) のオフセット量
PLSC ...	内部用 (プロットスケーリング)
POL int	偏光スイッチ int = 0 : 偏光を無視 int = 1 : 偏光を考慮
POL1 val_x val_y val_ph	入力波 1 の偏光状態 val_x = X 振幅 val_y = Y 振幅 val_ph = 位相
POL2 val_x val_y val_ph	入力波 2 の偏光状態 val_x = X 振幅 val_y = Y 振幅 val_ph = 位相
PRI val1 ... val11	プライベートガラス。val1 ... val11 は WL で定義された波長での屈折率。
PRE real_val	圧力 (mmHg 単位)
PUI real_val	瞳強度 (PUX, PUY と組み合わせて使用)
PUX real_val	瞳半径基準の相対 X 座標 (PUI 用)
PUY real_val	瞳半径基準の相対 Y 座標 (PUI 用)
RAG real_val	公差: ラジアル方向の屈折率勾配 (2 次勾配)
RAY string val1 ... val5	ユーザー定義光線の入射瞳座標 string = 光線タイプ val1 = X 座標 val2 = Y 座標 val3 ... val5 = X,Y,Z 方向余弦
RAIM int	光線照準方式 int = 0 : 近軸入射瞳に照準 (反復なし) int = 1 : 実ストップに照準 (反復あり) int = 2 : テレセントリック照準
RAIT real_val	光線照準公差 (実ストップ面への反復時、mm 単位)
RCX val	物体面での波面曲率半径 (X 方向)
RCY val	物体面での波面曲率半径 (Y 方向)
REF int	基準波長番号
REM int string	備考。"int" は面番号、"string" は備考テキスト (最大 80 文字)
SREF iref val1 ... val7	面参照 iref: 参照面 val1: 参照厚み (THR) val2 ... val4: 参照面 iref に対する X,Y,Z 偏心 val5 ... val7: X,Y,Z 軸まわりの α, β, γ 傾き
SPLR icoeff rad z_deform	半径方向スプライン変形。icoeff は変形点番号、rad は半径成分、z_deform は変形量 (mm)。
SUR int	面識別子。面カウンタをインクリメント。
SUT string	面タイプ
STO	開口絞り面
TEM real_val	温度 (°C)

continued on next page

<i>continued from previous page</i>	
TGR int	変換グリッドサイズ
THI real_val	次面までの厚み (軸方向間隔)
TILT val1 ... val6	面の傾き・偏心 val1 ... val3: X,Y,Z 方向の偏心 val4 ... val6: X,Y,Z 軸まわりの α, β, γ 傾き
TLM int	傾きモード
TOLC fkn_tol string	fkn_tol = 公差基準値、string = 公差基準文字列
TOCM int	公差補正方法 int = 0: 補正なし int = 1: バックフォーカス int = 2: 最適化設定を使用
TOPM int	プラス/マイナス公差感度計算 (0=しない, 1=する)
TRA int	透過スイッチ int = 0: 透過を無視 int = 1: 透過を考慮
VERS real_val	バージョン番号
VAR ...	最適化変数
VARZ ...	ズーム最適化変数
WL val1 ... val11	波長 (μm 単位)
WRX val	X 方向のビームウエスト半径 (mm 単位)
WRY val	Y 方向のビームウエスト半径 (mm 単位)
WTW int1 ... int11	波長重み (0~100 の整数)
XDE real_val	面の X 方向偏心
YDE real_val	面の Y 方向偏心
ZDE real_val	面の Z 方向偏心
ZOO	ズームパラメータ文字列
ZPOS int	ズーム位置数
ZRN val1 ... val40	ゼルニケ係数
ZWX val	物体面に対するビームウエスト位置 (X 方向、mm)
ZWY val	物体面に対するビームウエスト位置 (Y 方向、mm)

32.3 多層膜ファイル形式 “.otc” (Multilayer File Format “.otc”)

多層膜コーティングファイルは通常、`$i/coatings` ディレクトリに保存されます。ここで `$i` はインストールディレクトリ (つまり `OpTaliX` の実行ファイルが存在する場所) を指します。ただし、“`optix.cfg`” ファイルの COATING エントリを変更することで、別のコーティング用ディレクトリを指定することも可能です。

コーティング設計データは、拡張子が “.OTC” の標準的な書式なし ASCII ファイルに保存されます。各行にはコーティングパラメータがキーワードで識別されます。キーワードと指定可能なパラメータは以下の通りです。

VERS	コーティングファイルを作成した <code>OpTaliX</code> のバージョン番号。
COM string	コメント文字列。引用符で囲みます (例: COM "AR-Coating for visible")。コメント文字列は最大 256 文字まで指定可能です。

continued on next page

<i>continued from previous page</i>	
NLY real_val	層数 (最上層および最下層媒体 (通常は空気と基板) を除く)。
LAM0 real_val	基準波長 (μm 単位)。
LAM1 real_val	最小波長 (プロット用にのみ必要)。
LAM2 real_val	最大波長 (プロット用にのみ必要)。
TSMIN TSMAX	透過率プロット範囲の最小値・最大値。パラメータは0~1の間。プロット用にのみ必要です。
RSMIN RSMAX	反射率プロット範囲の最小値・最大値。パラメータは0~1の間。プロット用にのみ必要です。
ANGLE real_val	入射角 (度単位)。プロット用にのみ必要です。
PLOT_S int_val	S成分のプロット。0=しない、1=する。
PLOT_T int_val	T成分のプロット。0=しない、1=する。
PLOT_A int_val	A成分 (平均) のプロット。0=しない、1=する。
LOG int_val	対数表示の選択 (0=しない、1=する)。FLOORと併用。
FLOOR real_val	対数表示の下限値。例: FLOOR -3.0 でプロットの最小値が0.001となります。
SHOWTARG int_val	透過率/反射率プロットで目標値を表示 (0=しない、1=する)。
PLOT_COL col1 col2 col3	透過率/反射率プロットの曲線色を指定。S成分、T成分、平均成分の順。色番号は整数値で、24ビットRGB空間 (赤+緑*256+青*256**2) で計算。
LAY	層番号。層をインクリメントします。番号付けは入射側媒体 (層1) から基板 (NLY+2) まで。
GLA	層の「ガラス」 (材料名)。最大64文字の文字列。空白や制御文字 (改行、EOF、タブ等) は不可。ガラス名は標準カタログガラス (例: BK7) でも可。指定がない場合 (空白) は、INDコマンドで定義された屈折率が使用されます。分散を考慮する場合はガラス名の指定が必須です。
OTH	光学的厚み (基準波長 LAM0 での波長単位)。OTHは積層層の法線方向で解釈されます。
PTH	物理厚み (mm 単位)。このパラメータはオプションで、層の厚みは主に光学的厚みで定義されます。入力ファイルで光学的厚み (OTH) が指定されていない場合のみ、物理厚み (PTH) から光学的厚みが計算されます。
IND [layer_num]	複素屈折率。この値は全波長で使用され、材料分散効果はガラスが指定されていない限り無視されます。layer_numはオプションで、キーワード LAY のみでも層番号がインクリメントされます。layer_numはコーティング設計データ (*.otc) の可読性向上のために書かれるだけです。
PICKUP i_mat i_thi	前の層から材料や厚みのプロパティを取得します。i_matは材料取得用の層番号、i_thiは厚み取得用の層番号です。
PFAC real_val	層密度を表す充填密度です。0~1の値。現在は未使用。

通常、薄膜層材料はカタログファイル coat.asc (標準カタログ材料用) および coatp.asc (ユーザー定義材料用) で定義されます。層材料の定義は、コーティング (多層膜) 設計データ *.otc 内に埋め込むことも可能です。コーティングファイル内で層材料プロパティを記述する構文は、以下の表 32.4 の通りです:

表 32.4. コーティングファイルへの層材料埋め込み例:

<pre>BEGIN MATERIAL mat_name DATA lam n k DATA lam n k ... END MATERIAL</pre>	<p>BEGIN MATERIAL/END MATERIAL で囲まれた部分がコーティングファイル内での材料プロパティ定義となります。ここで (n, k) は屈折率の複素数成分です。材料名 mat_name は最大 64 文字の文字列です。DATA 文は三つ組 (lam, n, k) を記述し、lam は波長 (μm)、n, k は複素屈折率の実数部と虚数部です。</p>
---	---

コーティングファイル例:

```
VERS = 2.82
COM = "Antireflection coating for visible range"
NLY = 4
LAM0 = .5460000
LAM1 = .4000000
LAM2 = .8000000
TSMAX = .0000000e+00
TSMIN = .0000000e+00
RSMAX = .5000000e-01
RSMIN = .0000000e+00
ANGLE = .0000000e+00
PLOT_S = 1
PLOT_T = 1
PLOT_A = 1
LAY = 1
  GLA =
  OTH = 0.00000000e+00
  PTH = 0.00000000e+00
  IND = 1.0000000 0.00000000e+00
LAY = 2
  GLA = mgf2
  OTH = 0.24819737
  PTH = 0.98300005e-04
  IND = 1.3785938 0.00000000e+00
LAY = 3
  GLA =
  OTH = 0.50558242
  PTH = 0.12960001e-03
  IND = 2.1300000 0.00000000e+00
LAY = 4
  GLA =
  OTH = 0.20545055
  PTH = 0.68400003e-04
  IND = 1.6400000 0.00000000e+00
!
BEGIN MATERIAL NewMat
  DATA 0.45 1.50 0.0001
  DATA 0.55 1.48 0.0002
  DATA 0.65 1.46 0.0003
END MATERIAL
```

注意:

キーワードとパラメータは等号「=」で区切ることができます。1行に複数のパラメータがある場合、区切り文字はカンマ「,」または1つ以上の空白文字でも構いません。*OpTaliX* は以下のような書式を正しく解釈します:

```
IND 1.521 0.000
IND = 1.521 0.000
IND = 1.521,0.000
```

32.4 ゼルニケ変形ファイル形式 “.zrn” (Zernike Deformation File Format “.zrn”)

ゼルニケ係数をファイルから読み込むのは非常に簡単です。係数は自由形式の ASCII ファイルに保存されており、各行には係数番号とその値が記載されます。

coeff_no coefficient

各エントリは少なくとも1つの空白で区切られ、複数の空白も区切りとして許可されます。感嘆符“!”はコメントとして認識されます。有効なゼルニケ係数ファイルの例を以下に示します。

```
! Zernike coefficients at surface 1
  ! here follows more descriptive text
1  0.0003
3  1.743E-5
14  0.1      ! this is coefficient no. 14
  16 -2.345d-12
! end of Zernikes
```

異なる面の係数は、別々のファイルに保存する必要があります。標準のファイル命名規則は 8.3 DOS 形式 (ファイル名 8 文字、拡張子 3 文字) です。より長いファイル名を使用することもできますが、その場合はファイル名全体をコーテーションマークで囲んでください (例: “this is my file.txt”)

32.5 動径スプライン・デフォメーションファイル形式 (Radial Spline Deformation File Format)

動径スプライン・デフォメーション係数をファイルから読み込むのは比較的簡単です。係数は自由形式の ASCII ファイルに保存されており、各行には2つの実数が含まれます:

radial_distance deformation

ここで:

radial_distance サンプル点の動径方向の距離 (光軸からの高さ) です、
deformation 基準面に対するサンプル点のデフォメーション (変形量) です。

入力パラメータはすべて少なくとも1つの空白で区切られており、複数の空白をセパレーターとして使用することが許可されています。感嘆符“!”はコメントとして認識されます。例として、有効なスプライン・デフォメーションファイルは次のとおりです:

```
! Spline deformation at surface 1
  ! here follows more descriptive text
1.234  0.0003
```

```
3.5 1.743E-5
4.56      0.1      ! deformation is +0.1mm at 4.56mm radial height
      5.9 -2.345d-12
! end of deformations
```

1つの面あたり、ファイルを1つ必要とします。つまり、異なる面の係数は異なるファイルに保存する必要があります。標準のファイル命名規則はDOSの慣習に従い8.3形式（ファイル名8文字、拡張子3文字）で付けます。長いファイル名も使うことができますが、長いファイル名は括弧で囲む必要があります。例：

```
"this is my file.txt"
```

32.6 ニュートン原器に関するファイル形式 “.tpl” (Test Plate File Format “.tpl”)

ニュートン原器リスト (TPL) は書式なし ASCII ファイルとして保存されます。各ニュートン原器の曲率半径は1行ごとに4つの項目で記述されます：

```
plate_ID      RADIUS      MAX_DIAM      CVCX
```

各項目の意味は以下の通りです：

PLATE_ID	一意の識別文字列
RADIUS	曲率半径 (mm 単位)
MAX_DIAM	ニュートン原器の最大直径
CVCX	ニュートン原器の利用可能性： -1 = 凹面半径のみ利用可能 0 = 凸面・凹面半径ともに利用可能 1 = 凸面半径のみ利用可能

すべての項目は少なくとも1つの空白文字で区切られます。TPL ファイル内のコメント行は“!” (感嘆符) で始まります。各項目は少なくとも1つの空白で区切られ、タブも使用可能で1つの空白として解釈されます。コメント行数に制限はありません。

有効なニュートン原器ファイルの冒頭例を以下に示します：

```
! My Company Inc.
!
10000-1 1.00000 1.96 0
14330-1 1.43220 2.81 0
15679-1 1.56800 3.07 0
20833-1 2.08320 4.08 0
21288-1 2.12880 4.17 0
```

32.7 ガラスカタログファイル形式 “.csv” (Glass Catalogue File Format “.csv”)

ベンダー（提供元）ガラスカタログの光学ガラスは、標準的な ASCII ファイルに保存されます。これらは、NOTEPAD など ASCII ファイルを正しく扱える任意のテキストエディタで読み書き

できます。Windows-Word や同様のワープロソフトでガラスカタログを編集することは推奨しません。

各ガラスタイプのデータは 1 行にまとめて記述され、パラメータはカンマ「,」で区切られます。このファイル形式は Microsoft Excel の CSV ファイルと互換性があります。ガラスカタログデータは Excel に簡単にインポートして編集でき、その後拡張子「.csv」でファイルに書き出すことができます。

1 行目は必須で、先頭に"!GLASSV3" という文字列を含める必要があります。行の残りの部分は重要ではありません。

2 行目も必須で、任意のテキストを含めることができます。1 行目と 2 行目はガラスデータの読み込みには使用されません。

3 行目以降の各行には、ガラスタイプごとにガラスパラメータが 1 行ずつ記述されます。

ガラスカタログファイルの終端は、空行の後にキャリッジリターン (CR) とラインフィード (LF) 文字で示されます。

ファイル例:

```
!GLASSV3
!Manufact.,Name      ,EqName      ,Code      ,B1              ,B2
SCHOTT      ,N-BAF3      ,S-BAM3     , 583466, 1.34859634E+00, 1.07644240E-01, ....
SCHOTT      ,N-BAF4      ,S-BAM4     , 606437, 1.42056328E+00, 1.02721269E-01, ....
SCHOTT      ,N-BAF10     ,S-BAH10    , 670471, 1.5851495E+00, 1.4355939E-01, ....
SCHOTT      ,N-BAF51     ,N-BAF51    , 652450, 1.51503623E+00, 1.53621958E-01, ....
SCHOTT      ,N-BAF52     ,N-BAF52    , 609466, 1.43903433E+00, 9.67046052E-02, ....
SCHOTT      ,N-BAK1      ,S-BAL11    , 573576, 1.1236566E+00, 3.0927685E-01, ....
SCHOTT      ,N-BAK2      ,S-BAL12    , 540597, 1.0166215E+00, 3.1990305E-01, ....
SCHOTT      ,N-BAK4      ,S-BAL14    , 569560, 1.28834642E+00, 1.32817724E-01, ....
SCHOTT      ,N-BALF4     ,H-E-BALF4  , 580539, 1.31004128E+00, 1.42038259E-01, ....
SCHOTT      ,N-BALF5     ,           , 547536, 1.28385965E+00, 7.19300942E-02, ....
....
....
....
```

各行のガラスパラメータの並び順は以下の通りです：

データ型	説明
Manufacturer	メーカー名。最初の 3 文字が重要です。
Glass Name	メーカーが定義したガラスタイプ名。最大 64 文字。
Equivalent name	他メーカーの同等ガラス名。最大 64 文字。
Code	MIL コード (6 桁の数字)。詳細は該当セクション参照。
C1	第 1 分散係数。係数の意味は分散式および下記の式タイプで定義されます (sect. 13.1 参照)。
C2	第 2 分散係数
C3	第 3 分散係数
C4	第 4 分散係数
C5	第 5 分散係数
C6	第 6 分散係数
C7	第 7 分散係数

continued on next page

<i>continued from previous page</i>	
C8	第 8 分散係数
C9	第 9 分散係数
C10	第 10 分散係数
Equation type	<p>分散式の種類を示す整数値。 0 = 旧 Schott 式 (eq. 13.1) 1 = Sellmeier 式 (eq. 13.2) 2 = Herzberger 式 (eq. 13.8) 3 = Nikon 式 (単純型) 4 = Hartmann 式 (eq. 13.9) 5 = 空気 (eq. 13.18 - 13.8) 6 = Sweatt 回折高屈折モデル 7 = 未使用 8 = 未使用 9 = Nikon 式 (拡張 3)、eq. 13.7 10 = 拡張 Sellmeier (Sellmeier 3) eq. 13.3 11 = 窒素 12 = Cauchy 式 (eq. 13.10) 13 = Vitron 赤外式 14 = Conrady 式 (eq. 13.11) 15 = Handbook of Optics 1 (eq. 13.12) 16 = Handbook of Optics 2 (eq. 13.13) 17 = Sellmeier2 18 = 簡易 Sellmeier (Sellmeier 4) eq. 13.6 19 = Sellmeier 5 (eq. 13.4)</p>
Lambda_min	分散式がサポートする最小波長。
Lambda_max	分散式がサポートする最大波長。
Availability (Lv)	ガラスの入手性。1=最も頻繁に溶融、6=最も希少、0=不明。
D0	dn/dT 係数 1
D1	dn/dT 係数 2
D2	dn/dT 係数 3
E0	dn/dT 係数 4
E1	dn/dT 係数 5
LTK	dn/dT 係数 6 (λ_{TK})
DRT	内部透過率 (Reintransmission) データ用厚み (mm)
τ_{2500}	2500nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{2325}	2325nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{1970}	1970nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{1530}	1530nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{1060}	1060nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{700}	700nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{660}	660nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{620}	620nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{580}	580nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{546}	546nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{500}	500nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{460}	460nm での内部透過率 (DRT 時)
τ_{436}	436nm での内部透過率 (DRT 時)
<i>continued on next page</i>	

<i>continued from previous page</i>	
T_{420}	420nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{404}	404nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{400}	400nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{390}	390nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{380}	380nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{370}	370nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{365}	365nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{350}	350nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{334}	334nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{320}	320nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{310}	310nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{300}	300nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{290}	290nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{280}	280nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{270}	270nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{260}	260nm での内部透過率 (DRT 時)
T_{250}	250nm での内部透過率 (DRT 時)
no data	空欄 (意図的に未使用)
no data	空欄 (意図的に未使用)
Chemical constants (CC)	化学定数
α_1	線膨張係数 (CTE)、 $-30^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$
α_2	線膨張係数 (CTE)、 $+20^{\circ}\text{C}\sim+300^{\circ}\text{C}$
ρ	比重 (g/cm^3)
RelPrice	相対価格 (BK7=1.0)

32.8 溶融ガラスファイル形式 ".ind" (Melt Glass File Format ".ind")

波長と測定屈折率のペアは、拡張子「.ind」の標準 ASCII ファイルに保存されます (必須)。各ペアは 1 行ごとに記述されます。波長は μm 単位で指定する必要があります。各データ項目は少なくとも 1 つの空白で区切られ、複数の空白も区切りとして許可されます。感嘆符 "!" はコメントとして認識されます。メルトデータファイルの典型的な例を以下に示します。

```
! wavel.   index
  0.435800  1.825150
  0.480000  1.816510
  0.486100  1.815500
  0.546100  1.807510
  0.587600  1.803390
  0.643800  1.799020
  0.656300  1.786080
!
! Data for Schott Lasfn30, batch no. 123456-1
```

32.9 GRIN レンズの屈折率分散に関するファイル形式 (GRIN Dispersion Coefficients File Format)

屈折率分布型 (GRIN) 材料の分散データは、GLASSES ディレクトリ内の `grindisp.asc` ファイルに保存されます。分散係数には名前が割り当てられ、`GDISP` コマンドでその分散特性を面に割り当てることができます。

`grindisp.asc` ファイルは 10 行ごとのブロックで構成されます。ファイル形式の構造は以下の通りです：

```
Dispersion name
min_wavelength  max_wavelength
ref_wavelength
K_max  L_max
K11  K12  K13  K1K_max
K21  K22  K23  K2K_max
K31  K32  K33  K3K_max
L11  L12  L13  L1L_max
L21  L22  L23  L2L_max
L31  L32  L33  L3L_max
```

複数の材料を定義する場合は、10 行のブロックを連続して追加します。ブロック間に空行を入れることはできません。

分散名で定義された分散係数を使用する場合、面のガラス名として `GRIN` を指定する必要があります。あらかじめ定義された屈折率分布型材料は、ユーザー定義の分散係数を無視します。現在、`LightPath (LPT)` および一般的な `URN (ロチェスター大学型)` プロファイルのみがこれらの係数を受け付けます。

2つの分散プロファイル "GLAK" と "GSF" を含む `grindisp.asc` ファイル例:

```
GLAK
0.365 0.725
0.58756
4 1
0.00522664 0.0206983 -0.00450304 0.006873
0.0472841 0.0429402 -0.00724884 -0.0445419
0.988601 0.057962 0.0941671 0.152672
0.0421634
0.0368588
110
GSF
0.38 2.2
0.58756
6 3
-0.0683636 -0.0323639 -0.0286748 -0.0169163 0.00256909 0.0174719
-0.00109783 0.0334663 0.0388098 0.0370413 0.017429 -0.0405421
0.931075 -0.0306245 -0.0392756 -0.0423487 -0.0256629 0.0437821
0.00498103 0.000410271 2.44E-05
0.082168 0.0343531 -0.0337717
110 0.000285988 0.000362547
```

32.10 GRIN カタログガラスファイル形式 (`grin.asc`) (GRIN Catalogue Glasses File Format (`grin.asc`))

あらかじめ定義された勾配屈折率 (GRIN) ガラスの屈折率プロファイルおよび分散データは、`$i\glasses\grin.asc` ファイルに保存されます。ファイル形式はプレーン ASCII です。すべ

てのデータ項目は自由形式で保存され、各項目は少なくとも1つの空白文字で区切られます。複数の空白があっても影響はありません。

警告と免責事項: `grin.asc` のデータは Optenso によって正確性と妥当性が確保されるよう慎重に編集されています。このファイルの変更は推奨されません。ユーザーがこのファイルのデータを変更した場合、その結果については自己責任となります。不適切なデータがあると、プログラムがクラッシュしたりフリーズしたり、誤った結果を出力する場合があります。

`grin.asc` の最初の行はコメント行で無視されます。2行目以降の各行には、個々の GRIN 材料の屈折率プロファイルおよび分散係数が含まれます。各行の最初の12項目は、すべての GRIN 材料で共通であり、その意味は以下の通りです：

項目番号	説明
1	GRIN タイプ
2	材料名
3	同等名
4	方程式タイプ
5	K_{ij} 係数の数
6	L_{ij} 係数の数
7	基準波長 (μm 単位)
8	最小波長 (μm 単位)
9	最大波長 (μm 単位)
10	未使用
11	比重 (g/cm^3)
12	線膨張係数 (CTE)
13 - 70	プロファイルおよび分散係数 (下記参照)

13番以降のデータ項目には、プロファイル係数と分散係数が格納されます。プロファイル係数が先に、その後分散係数が続きます。係数の数や定義は GRIN タイプによって異なるため、特定の係数の位置は固定されていません。たとえば、SELFOC プロファイルは2つの係数 (n と \sqrt{A}) で記述されますが、LightPath プロファイルは11個の係数を使用します。

したがって、SEL のプロファイル係数は項目13~14 (すなわち12+1と12+2) に格納され、続いて SEL の分散係数が項目15から始まります。

同様に、LPT プロファイル係数は項目13~23に格納され、LPT 分散係数は項目24から始まります。

32.11 INT ファイル形式 ".int" (INT File Format ".int")

干渉計による波面測定は、拡張子 ".int" の ASCII ファイルに保存されます。INT ファイルは、面の形状誤差を示す格子状の面デフォーメーション、波面収差、光の強度を調整する強度アポダイジングフィルター、動径方向の面形状誤差を示す動径デフォーメーション、またはゼルニケ多項式係数を記述します。OpTaliX はこれらのオプションのサブセットをサポートしており、面のデフォーメーション、波面収差、および強度アポダイジングフィルターを2次元 (グリッド化) データとして指定できます。

INT ファイルは、一連のレコードで構成されており、各レコードは80文字以内でキャリッジリターンで終わります。各ファイルは3つの主要なセクションで構成されています。

1. **タイトル。**これは説明情報を含む単一のレコード (80文字) です。"! " で始めてはいけません。

2. **パラメーター**。コードとデータを含む単一のレコードで、後続のデータを解釈するためのものです。長方形（グリッド化）データの構文は次のとおりです：

```
GRD x_size y_size SUR|WFR|FIL WVL wavelength SSZ scale_size
[NDA no_data_value]
```

各エントリの意味は次のとおりです：

GRD x_size y_size：グリッド化データには修飾子 "GRD" が必要です。x_size と y_size は、X 方向および Y 方向のグリッドポイントの数です。

SUR：面のデフォーメーションを指定します。

WFR：波面収差を指定します。

FIL：強度アポダイジングフィルターを指定します。

SSZ scale_size：1 波のデフォーメーションに対応する入力データの値を定義します。

WVL wavelength：干渉計で測定された波長（ミクロン単位）です。

NDA no_data_value：欠損データとして解釈される入力データの値です。これらの領域では光線がブロックされます。

3. **データ**。グリッドデータの値は、-32768 から 32768 の範囲の整数です。各レコードには 10 個の値が入力され、すべてのデータを入力するのに十分なレコードが使用されます。入力された値の数は、x_size・y_size の積と一致する必要があります。

グリッド形式の例：

```
0019-002-009 Time: 10:58:22 Date: 02/13/01
GRD 368 240 SUR WVL 0.632800 SSZ 24131 NDA 32767 XSC 0.857143
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
 |
 4763 4722 4723 4674 4621 4619 4583 4305 4204 4225
 4140 4017 3945 3834 3693 3723 3605 3515 3548 3461
 3442 3477 3333 3275 3167 3154 3035 2886 2767 2767
 2619 2619 2505 2436 2449 2392 2366 2099 1927 1927
 |
-4844 -4844 -4829 -4756 -4685 -4672 -4567 -4536 -4483 -4427
-4319 -4205 -4113 -4018 -3908 -3818 -3774 -3684 -3589 -3501
-3400 -3318 -3226 -3170 -3089 -3000 -2936 -2810 -2680 -2559
 |
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767
```

32.12 PSF ファイル形式 (PSF File Format)

PSF 計算の結果として得られる強度分布は、プレーン ASCII ファイルに書き込むことができます。ファイルは、N 列および N 行に配置されたデータの正方形行列で構成されます。N は NRD（直径に沿った光線の数）に厳密に依存し、次のように計算されます。

$$N = 4 * NRD$$

つまり、入射瞳で 32 x 32 の光線グリッドを使用して PSF を計算すると、画像面で PSF を記述する 128 x 128 の行列が得られます。したがって、書き込まれるファイルは 128 列および 128 行の行列で構成されます。

ASCII ファイルには PSF 強度データのみが含まれます。ヘッダーや制御コマンドは書き込まれません。データ構造の抜粋を以下に示します：

```
0.0027 0.0047 0.0061 0.0069 0.0072 0.0072 0.0072 0.0069 0.0061 0.0047 0.0027 0.0010
0.0067 0.0079 0.0078 0.0071 0.0064 0.0061 0.0064 0.0071 0.0078 0.0079 0.0067 0.0043
0.0073 0.0059 0.0041 0.0030 0.0026 0.0026 0.0026 0.0030 0.0041 0.0059 0.0073 0.0071
0.0040 0.0028 0.0038 0.0065 0.0091 0.0102 0.0091 0.0065 0.0038 0.0028 0.0040 0.0061
0.0035 0.0083 0.0161 0.0238 0.0290 0.0308 0.0290 0.0238 0.0161 0.0083 0.0035 0.0032
0.0119 0.0235 0.0336 0.0394 0.0417 0.0423 0.0417 0.0394 0.0336 0.0235 0.0119 0.0041
0.0259 0.0363 0.0387 0.0369 0.0358 0.0357 0.0358 0.0369 0.0387 0.0363 0.0259 0.0119
0.0363 0.0371 0.0335 0.0401 0.0565 0.0655 0.0565 0.0402 0.0335 0.0371 0.0363 0.0235
0.0387 0.0335 0.0491 0.1088 0.1872 0.2240 0.1872 0.1088 0.0491 0.0335 0.0387 0.0336
0.0369 0.0401 0.1088 0.2684 0.4501 0.5313 0.4501 0.2684 0.1088 0.0402 0.0369 0.0394
0.0358 0.0565 0.1872 0.4501 0.7338 0.8579 0.7338 0.4502 0.1872 0.0565 0.0358 0.0417
0.0357 0.0655 0.2240 0.5313 0.8579 1.0000 0.8580 0.5314 0.2240 0.0655 0.0357 0.0423
0.0358 0.0565 0.1872 0.4501 0.7338 0.8579 0.7338 0.4502 0.1872 0.0565 0.0358 0.0417
0.0369 0.0401 0.1088 0.2684 0.4501 0.5313 0.4501 0.2684 0.1088 0.0402 0.0369 0.0394
0.0387 0.0335 0.0491 0.1088 0.1872 0.2240 0.1872 0.1088 0.0491 0.0335 0.0387 0.0336
0.0363 0.0371 0.0335 0.0401 0.0565 0.0655 0.0565 0.0402 0.0335 0.0371 0.0363 0.0235
0.0259 0.0363 0.0387 0.0369 0.0358 0.0357 0.0358 0.0369 0.0387 0.0363 0.0259 0.0119
0.0119 0.0235 0.0336 0.0394 0.0417 0.0423 0.0417 0.0394 0.0336 0.0235 0.0119 0.0041
0.0035 0.0083 0.0161 0.0238 0.0290 0.0308 0.0290 0.0238 0.0161 0.0083 0.0035 0.0032
0.0040 0.0028 0.0038 0.0065 0.0091 0.0102 0.0091 0.0065 0.0038 0.0028 0.0040 0.0061
0.0073 0.0059 0.0041 0.0030 0.0026 0.0026 0.0026 0.0030 0.0041 0.0059 0.0073 0.0071
```

32.13 光線ファイル形式 (Ray File Format)

このセクションでは、光線源、すなわち複数の光線で定義されるボリュームソースのファイル形式について説明します。光線は以下のいずれかのコマンドでファイルに書き出すことができます。

RAYLOG	特定の面での光線追跡データをファイルに書き出します (ASCII のみ)。
VIE SRC	ソースビューアでも光線データを ASCII またはバイナリ形式でエクスポートできます。

32.13.1 一般的な光線データ形式 (General Ray Format)

光線データは座標三つ組 (X,Y,Z)、方向余弦三つ組 (CX, CY, CZ)、S 面および P 面での光線強度 I_s, I_p 、および光線が追跡される波長 (マイクロメートル単位) で構成されます (Int) :

X, Y, Z	面 sk での光線の XYZ 座標
CX, CY, CZ	面 sk での光線の方向余弦
Int_p	P 面での相対光線強度
Int_s	S 面での相対光線強度
Lam	光線の波長 (マイクロメートル単位)

光線データ (X,Y,Z,CX,CY,CZ,Int_p,Int_s,Lam) は 1 行につき 1 本の光線として書き出されます。データは列ごとに並び、空白、タブ、またはカンマで区切られます。

32.13.2 ASCII 形式の光線データ (Ray Data in ASCII Format)

ASCII ファイルに保存される光線データの推奨拡張子は "*.txt" または "*.dat" です。ASCII 形式で定義された光線源ファイルの冒頭数行 (ヘッダー 1 行を含む) を以下に示します (印刷用に桁数を減らしています) :

```
!      X      Y      Z      CX      CY      CZ      Int_p      Int_s      Lam
0.000  0.000  0.000  0.000  0.000E+00  1.000  1.000  1.000  1.02400
0.000 -1.067  0.000  0.000  0.300E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -1.029  0.000  0.000  0.228E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.9899 0.000  0.000  0.123E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.9499 0.000  0.000  0.211E-05  1.000  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.9086 0.000  0.000 -0.610E-05  1.000  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.8659 0.000  0.000 -0.115E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.8217 0.000  0.000 -0.143E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.7763 0.000  0.000 -0.146E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.7295 0.000  0.000 -0.132E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.6817 0.000  0.000 -0.106E-04  0.999  1.000  1.000  1.02400
0.000 -0.6328 0.000  0.000 -0.748E-05  1.000  1.000  1.000  1.02400
.....
```

データ行の前に任意の数のヘッダー行を置くことができます。ASCII ファイルでは、ヘッダー行の先頭文字は必ず感嘆符 "!" でなければなりません。各行の数値データは、少なくとも 1 つの空白文字 (ASCII 値 32)、水平タブ文字 (ASCII 値 9)、またはカンマ (ASCII 値 44) で区切る必要があります。複数の空白やタブも許容されます。つまり、光線データは特別な書式を必要とせず、データ項目間に空白、タブ、またはカンマがあれば十分です。

32.13.3 バイナリ形式の光線データ (Ray Data in Binary Format)

バイナリファイルは一般にファイルサイズを大幅に小さくできますが、オペレーティングシステムに依存します。バイナリファイル内の光線データは常に単精度で保存され、ASAP バイナリソースファイル (*.dis 拡張子) と類似しています。140 バイトのヘッダー行が必須で、データ行の前に配置されます。

バイナリソースファイルの推奨拡張子は "*.dis" ですが、ユーザーがファイルのエンコーディング (バイナリか ASCII か) を把握していれば、他の拡張子も使用可能です。

パラメータ	バイト数	説明
Header	140	データ行の前にあるヘッダー行。ヘッダーには空白を含む任意のデータを格納可能。
X	8	基準座標系に対する光線の X 座標。
Y	8	基準座標系に対する光線の Y 座標。
Z	8	基準座標系に対する光線の Z 座標。
CX	8	X 方向の光線の方向余弦。
CY	8	Y 方向の光線の方向余弦。
CZ	8	Z 方向の光線の方向余弦。
Int	8	光線強度。

ASCII 形式とバイナリ形式の光線データは内容が異なることに注意してください。ASCII 形式では S 面・P 面の強度および光線波長も書き出されますが、バイナリ形式では平均光線強度のみが記録されます。ASAP 光線フォーマットとの互換性が重視されています。

以下は *OpTaliX* バイナリ形式で光線データを書き込み (または読み込み) するための FORTRAN コードのテンプレートです。

! 変数宣言:

```
real                :: dx,dy,dz,dcx,dcy,dcz,di
character (len=140) :: header
integer            :: nrays, iunit = 12
```

! ユニットをオープン:

```
open(iunit, file=filename, access='SEQUENTIAL', &
      form='BINARY', status='UNKNOWN', action='WRITE')
```

! ヘッダーを書き込み:

```
header = 'OpTaliX ray data'
write(iunit,'(A)') header    ! ヘッダーは 140 バイト
```

! 光線データを書き込み:

```
do k = 1,nrays
  write(iunit, err=600) dx,dy,dz,dcx,dcy,dcz,di
enddo
```

! ユニットをクローズ:

```
600 close(iunit)
```

参考文献

- [1] Aberrator: <http://www.aberrator.astronomy.net/>
- [2] J.A. Arnaud, "Hamiltonian Theory of Beam Mode Propagation", Progress in Optics, Vol.11, E. Wolf Ed. (Amsterdam 1973)
- [3] M.Berek, "Grundlagen der praktischen Optik", Walter de Gruyter & Co. , Berlin 1970, Nachdruck der 1.Auflage 1930
- [4] M.Born, E.Wolf, "Principles of Optics", 6th edition, Pergamon Press
- [5] Breault Research Organization, <http://www.breault.com/>
- [6] E.Oran Brigham. "FFT, Schnelle Fouriertransformation", Oldenburg Verlag, München,Wien 1982
- [7] H. A. Buchdahl, "Many-color correction of thin doublets", Applied Optics, Vol. 24, No. 12, June 1985
- [8] Cargille Laboratories Inc., 55 Commerce Rd., Cedar Groove, N.J. 07009, USA
- [9] A.E. Conrady, Mon. Not. Royal astr. Soc., 64 (1904) 182
- [10] J.E. Dennis Jr., R.B. Schnabel, "Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Non-linear Equations", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1983)
- [11] Donald P. Feder, "Automatic optical design", Appl. Opt., Vol.2, No.12, Dec. 1963, pp. 1209
- [12] W.G.Driscoll, W.Vaughan, "Handbook of Optics" Mc.Graw Hill, 1978, ISBN 0-07-047710-8
- [13] A. Ghatak, K. Thyagarajan, "Optical Electronics", Cambridge University Press, 1989, ISBN 0 512 30643 4
- [14] P.E. Gill, W.Murray, M.A. Sanders and M.H. Wright, "Model building and practical aspects of nonlinear programming", Computational Mathematical Programming (edited by K. Schittkowski), NATO ASI series, 15, Springer-Verlag, Berlin, Germany (1985)
- [15] D. Gloge, "Weakly Guiding Fibers", Appl.Opt., Vol.10, No.10, Oct.1971, pp.2252-2258
- [16] D. S. Grey, "The inclusion of tolerance sensitivities in the merit function for lens optimization", SPIE Vol. 147, Computer-Aided Optical Design (1978).
- [17] J.W. Goodman, "Introduction to Fourier Optics", McGraw-Hill, New York, (1988), 2nd edition
- [18] H.Haferkorn. "Optik, Physikalisch technische Grundlagen und Anwendungen". Harri Deutsch, Thun, Frankfurt/M. 1981

- [19] H.Haferkorn, "Bewertung optischer Systeme", VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1986, ISBN 3-326-00000-6
- [20] R.Herloski, S.Marshall, R.Antos, "Gaussian beam ray-equivalent modeling and optical design", Appl.Opt. 22, No.8, pp. 1168-1174, April 1983
- [21] J.L.Houghton, US Patent 2,350,112 (30.May 1944)
- [22] R.A. Hull, "Transmission of light through a pile of parallel plates", Proc.Phys.Soc., 574-575 (1936)
- [23] M.Isshiki et.al., "Lens Design: Global optimization of both performance and tolerance sensitivity", SPIE, Vol. 6342, International Optical Design Conference 2006
- [24] M.J. Kidger, "Intermediate Optical Design", SPIE Press monograph, PM 134, ISBN 0-8194-5217-3
- [25] T.Kita et.al., Appl.Opt., Vol. 22, No.4, pp. 512
- [26] W.A. Kleinans, "Aberrations of curved zone plates and Fresnel lenses" Appl. Opt. 16, pp. 1701-1704, (1977)
- [27] H.W. Kogelnik, T.Li, Appl.Opt. 5, 1550 (1966)
- [28] F. Kohlrauch, "Praktische Physik", 1968, Vol.1, p.408.
- [29] M. Laikin, "Lens Design", 3rd edition, Marcel Dekker Inc., (2001)
- [30] K. Levenberg, "A method for the solution of certain problems in least squares", Quarterly of Applied Mathematics, 2, 164-168
- [31] R.J.Lurie, "Anastigmatic Catadioptric Telescopes", Journal of the optical society of America (JOSA), Vol.65(3), 1975, p261-266,
- [32] H.A. Macleod, "Thin-film optical filters", 2ndEd., Adam Hilger Ltd., Bristol ISBN 0-85274-784-5
- [33] D.Malacara, "Diffraction Performance Calculations in Lens Design", SPIE, Vol.1354, June 1990, pp.2-14
- [34] D.Malacara, "Handbook of Lens Design", Marcel Deccer, Inc., (1994), ISBN 0-8247-9225-4
- [35] D.Marquardt, "An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters" SIAM Journal on Applied Mathematics, 11, 431-441
- [36] M.Mansuripur, "Classical Optics and its Applications", Cambridge University Press, (2002), ISBN 0 521 80093 5
- [37] R. I. Mercado, "Design of apochromats and superachromats", SPIE Critical Review Vol. CR41, Lens Design, ed. Warren J.Smith (Jan 1992).
- [38] R.C.Millard, G.Seaver, "An index of refraction algorithm for seawater over temperature, pressure, salinity, density and wavelength", Deep-Sea Research, Vol. 37, No.12, pp.1909-1926, (1990)
- [39] NSG Website, www.nsgeurope.com/technical.shtml
- [40] OpsiraGmbH, Leibnitzstr. 20, D-88250 Weingarten, Germany, <http://www.opsira.de>

- [41] Matthew P. Rimmer, "Ray tracing in inhomogeneous media", SPIE Proc. 399, p.339, (1983)
- [42] Matthew P. Rimmer, "Relative illumination calculations", SPIE Proc. 655, p.99, (1986)
- [43] M.J.D. Powell, "A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations", Numerical Analysis Proceedings, Dundee 1977, Lecture Notes in Mathematics (edited by G.A. Watson), 630, pp.144-157, Springer-Verlag, Berlin, Germany
- [44] Radiant Vision Systems, <http://www.radiantvisionsystems.com>
- [45] J.L. Rayces, L.Lebich, "Modeling of diffractive optical elements for optical design", SPIE Vol. 2000, pp. 43, 0-8194-1249-X/93
- [46] P.N.Robb, R.I.Mercado, "Calculation of refractive indices using Buchdahl's chromatic coordinate", Appl.Optics, Vol.22, No.8, April 1983, pp.1198
- [47] J.B.Scarborough, "Numerical Mathematical Analysis", Johns Hopkins U.P., Baltimore, 1966; Chap.13, Article 116.
- [48] SCHOTT Glaswerke, "Dispersionsformel fuer die Temperaturkoeffizienten der Brechzahlen von Glaesern". Technische Information Nr. 19 (4/1988) der Schott Glaswerke, Postfach 2480, D-6500 Mainz.
- [49] A.Sharma, D.V.Kumar, A.K.Ghatak, "Tracing rays through graded-index media: a new method", Applied Optics, Vol.21, No. 6, March 1982
- [50] A.E. Siegman, Proc. SPIE 1224, 2, 1990
- [51] Gordon H. Spencer, "A flexible automatic lens correction procedure", Appl. Opt., Vol.2, No.12, Dec. 1963, pp. 1257
- [52] W.C. Sweatt, "Describing holographic optical elements as lenses" J.Opt.Soc.Am. 67, pp.803-808, 1977
- [53] W.C. Sweatt, "Mathematical equivalence between a holographic optical element and an ultra-high index lens" J.Opt.Soc.Am. 69, No.3, pp.486-487, 1979
- [54] Y.Tamagawa, S.Wakabayashi, T.Tajime, "New design method for athermalized optical systems", SPIE, Vol. 1752 (1992)
- [55] Y. Tamagawa et.al., "Multilens system design with an athermal chart", Appl.Opt., Vol. 33, No. 34, pp. 8009, Dec. 1994
- [56] Y. Tamagawa, T. Tajime, "Expansion of an athermal chart into a multilens system with thick lenses spaced apart", Opt. Eng. 35(10), pp. 3001, Oct. 1996
- [57] R.E. Wagner, W. J. Tomlinson, "Coupling efficiency of optics in single-mode fiber components", Appl.Optics, Vol.21, pp. 2671-2688 (1982)
- [58] W.T.Welford, "A vector raytracing equation for hologram lenses of arbitrary shape". Optics Communications, Vol.14, No. 3, July 1975, p.322
- [59] E.Waluschka, "Polarization Ray Trace", Optical Engineering, Feb. 1989, Vol.28, No.2
- [60] J.Y.Wang, D.E.Silva, "Wave-front interpretation with Zernike polynomials", Applied Optics, Vol. 19(9), pp. 1510-1518, May 1980

-
- [61] R.N. Wilson, "Reflecting Telescope Optics I", Springer Verlag Berlin-Heidelberg 1996, ISBN 3-540-58964-3
- [62] T.R.M.Sales, G.M.Morris, "Diffractive-refractive behaviour of kinoform lenses", Appl.Opt., Vol.36, No.1, January 1997, pp. 253
- [63] G.W.Forbes, "Shape specification for axially symmetric optical surfaces", OSA, Vol.15, No.8, April 2007, Optics Express 5218
- [64] G.W.Forbes, "Robust and fast computation for the polynomials of optics", OSA, Vol.18, No.12, June 2010, Optics Express 13851
- [65] C.K. Carniglia, "Accounting for the phase of an optical coating in an optical system", OSA, Opticsinfobase
- [66] MacLeod: Optical Thin Films, www.thinfilmcenter.com
- [67] Masaki Isshiki, "Global optimization with escape function". Proc. SPIE 3482, International Optical Design Conference 1998, Kona, HI, USA.

日本語索引

索引

- \$c, コーティングディレクトリ 33
- \$g, ガラスディレクトリ 33
- \$i, インストールディレクトリ 33
- Aberrator
 - Aberrator 波面収差エクスポート... 529
- Accos
 - Accos インポート 523
- ASAP
 - ASAP エクスポート 528
 - ASAP 特殊面のエクスポート 528
- ATMOS
 - ATMOS インポート 522
- Code V
 - CODE-V インポート 521
 - Code V エクスポート 527
 - 対称ホログラム係数の変換 458
- Colour
- Excel
 - 2D 非球面化データのエクスポート 457
 - CAM (ズーム位置) データのエクスポート 466
 - Excel エクスポート 534
- GMTFA, MTF, 幾何学的, 平均 515
- GMTFS, MTF, 幾何学的, サジタル方向 515
- GMTFT, MTF, 幾何学的, 接線方向 515
- GRIN カタログガラス形式 (grin.asc) ... 551
- GRIN 分散ファイル形式 (grindisp.asc) 551
- IGES
 - IGES エクスポート 530
 - IGES エクスポートオプション例 .. 531
 - IGES エクスポート制限 532
- Image
 - 点像強度分布 (PSF) 299
- INT ファイル形式 (.int) 552
- ISO に準拠したレンズ図面 462
- Kidger-Optics
- MacLeod
 - MacLeod インポート 524
- MIL 番号 251
- MODAS
 - MODAS インポート 522
- Optilayer
 - Optilayer インポート 524
- OSLO
 - OSLO インポート 522
 - OSLO エクスポート 528
- PLG, 多角形アパーチャ 186
- POV-Ray
 - POV-Ray 3 D画像エクスポート ... 530
- PSF
 - パッチサイズ *see* 点像強度分布
- TFCalc
- WinLens
- Zemax
 - Zemax インポート 521
 - Zemax エクスポート 527
 - 対称ホログラム係数の変換 458

あ

- アキシコン 100
- アサーマルガラス選択 473
- アサーマルマップ 471
- ASCII 光線データファイル形式 555
- アナモルフィック非球面 91
- アパーチャ
 - FHY 固定アパーチャ 191
 - MHT 最大アパーチャ 191
 - タイプ、形状 185
 - ホール 189
 - 固定高さ 190
 - 多角形 187
 - ファイルから読み込み 188
 - 面 185
- アフォーカル系 74
- アフォーカル系 (AFO) 58

アプラナティック望遠鏡	235
アポクロマティックガラス選択	474
アポダイゼーション	163, 270, 299
解析	270
フィルター	163
アパーチャ	
開口数 NA	323
アレイ素子	
AADE, アレイセルの α 傾斜角	154
ABDE, アレイセルの β 傾斜角	154
ACDE, アレイセルの γ 傾斜角	154
AMX, アレイの最大 X 限界	154
AMY, アレイの最大 Y 限界	154
ARR, アレイの六角形配置	154
ARR, 規則的な配置	153
ARX, アレイの X 間隔	154
ARXO, アレイの X オフセット	154
ARY, アレイの Y 間隔	154
ARYO, アレイの Y オフセット	154
アレイ面/エレメント	153

い

異常光線の屈折率 INE コマンド	243
一次解析	276
近軸光線追跡 FIO	276
近軸量	276
システムデータ LIS	276
一次近似	277
一般的な光線データファイル形式	555
IF 構文	
マクロ	504
色	
色名	519
エンサークルドエネルギー解析	
デフォルトの色	520
コーティング解析	
デフォルトの色	520
視野プロット	
デフォルトの色	520
定義済みの色	519
色球面収差	313
色消しダブレット	232
INPUT 文	
マクロ	498
インポート	
Accos	523
ATMOS	522

WinLens	523
OSLO	522
薄膜パッケージ Optilayer	524
カタログレンズ	
カタログダイアログ起動 imp cat	524
Kidger-Optics	523
CODE-V	521
Zemax	521
薄膜パッケージ TFCalc	524
薄膜パッケージ MacLeod	524
MODAS	522

う

ウィンドウ	37
WHILE 構文	
マクロ	503
後焦点距離	263
HOE, ホログラフィック光学素子	101

え

液体	
光学液体	258
エクスポート	
Aberrator 波面収差エクスポート	529
ASAP エクスポート	528
ASAP 特殊面のエクスポート	528
ATMOS エクスポート	529
Code V エクスポート	527
Excel エクスポート	534
IGES エクスポート	530
IGES エクスポートオプション例	531
IGES エクスポート制限	532
IGES トラブルシューティング	533
MODAS エクスポート	529
OSLO エクスポート	528
POV-Ray 3D画像エクスポート	530
Zemax エクスポート	527
レンズデータのエクスポート	527
ECHO コマンドライン	236
SPS X 自由曲面非球面	99
XFF 自由曲面	99
エッジ厚さ	459
ET コマンド	459
傾斜面でのエッジ厚さ	459

エッジスプレッド関数	
サジタル方向 KEFS	309
タンジェンシャル方向 KEFT	309
プロット PLO KEF	309
低強度/高強度レベル KEFL	309
高強度レベル KEFH	309
エディタ	
マクロ EDI MAC	489
やり直し (redo)	78
元に戻す (undo)	78
面	77
F 値 (FNO)	65
エンサークルドエネルギー	310
プロット PLO ECE	310
回折ベース ECE	310
幾何光学的解析	289
幾何光学的解析 ECG	290
幾何光学的解析 RAD	290
エンサークルドエネルギー解析	
色	
デフォルトの色	520
エンスクエアエネルギー	
プロット PLO EQE	310
回折ベース EQE	310

お

オイラー角	45, 132, 204
-------------	--------------

OpTaliX

OpTaliX 設定ファイル optix.cfg ..	537
GRIN カタログガラス形式 (grin.asc)	551
GRIN 分散ファイル形式 (grindisp.asc)	551
INT ファイル形式 (.int)	552
PSF ファイル形式	553
ASCII 光線データファイル形式 ..	555
一般的な光線データファイル形式 ..	555
干渉計波面ファイル形式 (.int) ..	552
ガラスカタログファイル形式 (.csv)	547
光線ファイル形式	555
ゼルニケファイル形式 (.zrn)	546
多層膜ファイル形式 (.otc)	543
動径スプラインファイル形式 (.spl)	546
ニュートン原器ファイル形式 (.tpl)	547
バイナリ光線データ	556
溶融ガラスデータファイル形式 (.ind)	550
レンズデータファイル形式 (.otx) ..	538

OpTaliX の起動

DOS ウィンドウから	30
Windows Explorer から	30
プログラムグループから	29

OpTaliX の終了

強制終了	30
通常終了	30

see Exit

オペレーティングシステム SYS コマンド
238

オペレーティングシステムのコマンド SYS
コマンド

オートフォーカス

 MTF 最大化

 スポット径 spo 全視野平均

 スポット径 spx X 方向のみ

 スポット径 spy Y 方向のみ

 デフォーカス DEF

 周波数設定 AFR

 最大 MTF

 最大周波数 AFR

 最大周波数 MFRA

 最大結合効率

 波面誤差 wav rms

 面の傾き調整 ADE

 面の傾き調整 BDE

 面の傾き調整 CDE

OPEN 文

 マクロ

か

開口

 circular、円形開口

 elliptical、楕円形開口

 polygon、多角形開口

 rectangular、長方形開口

解析的なデータ作成

回折

 光学系内での回折

 ホログラム放射ゾーン

 ホログラム

 効率

 格子

張セルマイアの分散式、拡張

カセグレン

仮想ガラス

仮想ガラスをカタログガラスに変換 ...

- 仮想ガラス
 - MIL 番号 251
- カタログレンズ
 - カタログレンズ インポート
 - カタログダイアログ起動 imp cat. 524
- カム
 - CAM リストパラメータオフセット値
 - BAS 467
 - CAM モードの切り替え 466
 - CAM パラメータの編集 EDI CAM. 467
 - ステッピングインクリメント INC. 466
 - ステップされた分離またはパラメータの最大値 LIM 466
 - CAM パラメータのリスト LIS CAM 467
 - 線形ステッピングパラメータ STE. 466
- カム計算 465
- カラーコード
 - 処理 CCI 369
- 環境解析 433
 - 環境圧力 436
 - 圧力削除 DEL PRE 436
 - 圧力設定 PRE 436
 - 温度削除 DEL TEM 434
 - 温度設定 TEM 434
 - 温度分布 433
 - 空気 433
 - グローバル参照における膨張係数. 435
 - 参照長さの膨張係数 EXR 436
 - ズームされたパラメータへの温度の影響 435
 - グローバル参照距離の
 - 線膨張係数 EXR 434
 - 線膨張係数 EXC または CTE 434
 - 表面鏡に対する線膨張係数 EXM .. 434
 - 絶対屈折率の温度変化係数 DNDDT. 434
 - 絶対屈折率の温度変化係数 DNDDTC 435
 - 真空 433
- 干渉計波面ファイル形式 (.int) 552
- 干渉縞
 - 二経路干渉縞 INT2P 314
 - マッハ・ツェンダー干渉計 314
- 干渉縞
 - IFG コマンド 313
- 干渉デフォーメーション 158
 - ILN, リンクとして保存 160
 - INT, ファイル読み込み 158
 - INX, x オフセット 159
 - INY, y オフセット 159
 - ISF, スケールファクター 159
 - ORB, 干渉デフォーメーション 159
 - PLO, デフォーメーションのプロット 159
 - RAW2INT, raw データの変換 159
 - 符号規則 161
 - 干渉による波面形状の表示 166
 - PLO 表示 166
- 関数
 - ユーザー定義関数 502
 - ユーザー定義関数のリスト LFC. 502
 - ユーザー定義関数のリスト LFC. 205
 - 組み込み関数 53
- 完全レンズ .. see レンズモジュール (理想レンズ)
- ガウシアンビーム 315, 349
 - 解析 BEA 315
 - ウエスト位置 x ZWX 316
 - ウエスト位置 y ZWY 316
 - ウエスト半径 x WRX 315
 - ウエスト半径 y WRY 315
 - ガウシアンスポットサイズ X SRX. 317
 - ガウシアンスポットサイズ Y SRY. 317
 - ガウシアン発散角 X GDX 317
 - ガウシアン発散角 Y GDY 317
 - レイリー範囲 318
 - レイリー範囲 X RRX 317
 - レイリー範囲 Y RRY 317
 - 品質係数 M^2 M2 316
 - 波面曲率半径 x RCX 315
 - 波面曲率半径 y RCY 316
- 画面表示
 - 干渉による波面形状 166
- ガラス
 - SWEATT 106
 - 硝材 光学材料 241
 - AGF ガラスカタログ変換 247
 - GL1 コマンド 242
 - GL2 コマンド 242
 - GLA コマンド 246, 252
 - Gradient Lens Corp. 256
 - Grintech 256
 - IND コマンド 250
 - LightPath 256
 - MIL 番号 251, 252
 - NSG 256
 - アサーマルガラス選択 473
 - アサーマルマップ 471
 - アポクロマティックガラス選択 ... 474
 - ガラスカタログ 469
 - ガラスカタログ使用方法 469
 - リスト LIS GCAT 469
 - ロード LOAD GCAT 469

ロード LOAD GCAT ?.....	470
ロード LOAD GCAT ALL.....	469
ガラスカタログの表示と編集.....	476
コマンド GCAT.....	476
ガラスマップ.....	470
ガラスマップをプロット NNU ..	470
部分分散図をプロット NFNC....	470
ガラスマネージャー.....	469
勾配屈折率プロファイル.....	475
3枚ガラスのアポクロマート	
3つのガラスの組み合わせ APO3.	475
2枚ガラスのアポクロマート	
2つのガラスの組み合わせ APO2.	474
部分分散図.....	471
プライベートガラス	
波長-屈折率データペア.....	248
メルトガラス.....	477
溶解ガラス (メルトガラス).....	477
カタログガラス.....	222
カタログファイル.....	243
ガラス名 GLA コマンド.....	242
ゲル	
光学ゲル.....	258
ショットフィルターガラス.....	256
プライベートガラス.....	248
プラスチック.....	252
代替ガラス.....	221
代替ガラスのリスト.....	201
仮想ガラス.....	220, 251
媒質が反射面 REFL コマンド.....	242
媒質が屈折面 REFR コマンド.....	242
媒質が空気 AIR コマンド.....	242
定義済みガラスカタログ.....	246
屈折率 IND コマンド.....	242
屈折率分布型ガラス.....	256
Gradient Lens Corp.....	256
Grintech.....	256
LightPath.....	256
NSG.....	256
放射線耐性.....	256
液体	
光学液体.....	258
特別な光学材料.....	252
赤外領域の光学材料.....	252
真空.....	259
空気.....	259
赤外領域の光学材料.....	252
プラスチック.....	252
ガラスカタログファイル形式 (.csv).....	547
ガラスカタログ変換	

AGF 形式から CSV 形式.....	247
----------------------	-----

き

幾何光学的 MTF.....	288
サジタル GMTFS.....	288
タンジェンシャル GMTFT.....	288
平均 GMTFA.....	288
幾何光学的点像強度分布	
GPSF 専用の光線数 GNRD.....	289
幾何光学的近似 GPSF.....	289
幾何光学的変調伝達関数 MTF.....	287
キノフォーム.....	111
Q タイプ多項式.....	95
Qbfs 多項式.....	95
近軸解析.....	263, 276
近軸光線追跡 FIO.....	276
近軸量.....	276
システムデータ LIS.....	276
近軸近似.....	277
近軸計算.....	47, 276
近軸光線.....	276
近軸像解決 (PIM).....	69
近軸像面.....	69
近軸倍率設定 (SET MAG).....	59

く

空気.....	259
AIR コマンド.....	242
屈折	
媒質が屈折面 REFR コマンド.....	242
屈折角	
最大入射角.....	225
屈折反射	
RMD コマンド.....	242
屈折率	
IND コマンド.....	242, 250
オフセット DNO.....	260
屈折率シフト DNO コマンド.....	243
異常光線の屈折率 INE コマンド.....	243
屈折率分布	
AXG.....	141
GLC.....	141
GRT.....	141
LPT.....	141

LUN	141
MAX	141
SEL	141
SPG	141
URN	141
ステップ長	141
面ごとの係数編集	142
屈折率変化	
温度による dn/dT	246
曲率半径モード (RDM)	57
クリア	
画面クリア CLS コマンド	237
CLOSE 文	500
マクロ	500
グラディエントインデックス	
GLC 社製ロッドレンズ	144
GRC 社製シリンドリカル型レンズ	145
GRIN 材料特性のティルト	134
GRIN 面コーティングの最適屈折率	225
GRT 社製ロッドレンズ	145
LPT 社製の軸上 GRIN レンズ	146
インデックス面	139
マクスウェルの魚眼型のレンズ	147
ユーザー定義の屈折率分布面	147
ルーネベルグ型の GRIN レンズ	147
ロチェスター大学型の GRIN レンズ	146
係数の概要	150
光線追跡法	143
球面型の GRIN レンズ	147
軸上線形 GRIN レンズ	145
グラフィック	
ビットマップサイズの制御	484
プリント	
GUI からグラフィックプリント	486
プリントプロット	483
gra bmp, ビットマップファイル	483
gra dxf, AutoCAD データ	483
gra hppl, HPGL ファイル	483
gra clp, クリップボードに送信	486
gra t, ターミナル (画面)	483
gra prn, プリンターデバイス	483
gra plt, プロッターデバイス	483
グラフィックス	
ユーザー定義	226
グレゴリー	234
グローバル座標	203
グローバル座標とグローバル行列	203
グローバル面行列	203, 204
グローバル面座標	203
グローバル	

座標/参照	135
グローバル最適化	
グローバル最適化パラメータ	411
グローバル最適化実行 GOPT	411
最適化パラメータ編集 EDI OPT	411
エスケープ関数の距離許容値設定	
GOT	411
エスケープ関数の高さ設定 GO	411
エスケープ関数の幅設定 GOW	411
グローバル最適化ビューア GOV	411
グローバル最適化の最大解数	
GOMXS	411
グローバル最適化の実例	412
グローバル参照	135
グース・ハンシェン効果	117

け

結合効率	
挿入損失	322
傾斜シーケンス	45
ゲル	
光学ゲル	258
格子	
不等間隔	109
係数の変換 (VLS 格子)	110
直線等間隔格子	108
構成パラメータ	
アフォーカル系 (AFO)	58
構成パラメータの編集 (EDI CNF)	58
波長パラメータの編集 (EDI LAM)	58
視野パラメータの編集 (EDI FLD)	58
近軸倍率設定 (SET MAG)	59
高速フーリエ変換 (FFT)	351

こ

公差解析	437
残差二乗和 RSS	447
オートフォーカス	445
感度解析	437
ガウス分布	449
均等分布	449
逆公差解析	437
逆公差解析	448
逆公差解析 TOL INV	448

- 屈折率均一性の公差 HOM.....443
 公差/性能基準.....444
 公差基準 TOLC.....444
 公差項目のコンペンセータ.....444
 公差エディタ.....440
 最適化における公差感度.....447
 最適化を使用した補正.....445
 グローバル厚さの公差 DTR.....443
 軸方向厚さの公差 DLT.....442
 感度解析.....445
 感度解析 TOL SEN.....445
 テストプレート適合の公差 DLF...441
 デフォルト公差.....441
 統計パラメータと分布.....448
 バックフォーカス補正項目 BF....445
 対称非球面偏差の公差 SYM.....442
 不規則面偏差の公差 IRR.....441
 ベータ分布.....450
 面傾斜の公差 DLA, DLB, DLG....443
 面公差項目.....437
 X 軸周りの傾きの公差 DLA....439
 X 方向横方向変位の公差 DLX...439
 曲率半径の公差 DLR.....439
 屈折率の公差 DLN.....439
 屈折率均一性の公差 HOM.....439
 面公差項目の削除 DEL TOL....437
 参照厚さの公差 DTR.....438
 軸方向厚さの公差 DLT.....438
 軸方向勾配の公差 AXG.....439
 Z 軸周りの傾きの公差 DLG....440
 Z 方向の変位の公差 DLZ.....439
 テストプレート適合の公差 DLF.438
 半径方向二次勾配の公差 RAG...439
 非球面対称不規則性の公差 SYM 438
 不規則性の公差 IRR.....438
 分散の公差 DLV.....439
 面公差項目の編集 EDI TOL....437
 Y 軸周りの傾きの公差 DLB....440
 Y 方向変位の公差 DLY.....439
 モンテカルロ解析.....437, 448
 光学系構成データ.....58
 光学系の解析的なデータ作成.....231
 光学系の反転 INV.....220
 光学スペクトル
 OSP PLANCK、黒体輻射スペクトル.63
 OSP name, 定義済みスペクトル....63
 OSP photopic, 可視 (昼光、フォト
 ピック) スペクトル.....64
 OSP scotopic, 暗順応 (暗所視) スペ
 クトル.....64
 SAV OSP、波長/重みのペアの保存..63
 光学伝達関数.....299
 光学ハンドブック 1 の分散式.....245
 光学ハンドブック 2 の分散式.....245
 光学パラメータの入力単位 (DIM I)....57
 光源.....331
 光線光源.....331
 ランバート特性.....335
 座標系.....331
 コーティング
 GRIN 面の最適屈折率 CIND.....226
 勾配屈折率
 プロファイル.....475
 光路差.....311
 RMS 評価 WAV.....312
 RMS 評価 WAVZ.....312
 主光線 OPD.....312
 波長単位 OPDW.....312
 視野/波長プロット PLO WAV....312
 光路差 (OPD).....158, 163
 黒体輻射スペクトル.....63
 固定アパーチャ.....190
 FHY 固定アパーチャ.....191
 コマンド
 オペレーティングシステム SYS コマ
 ンド.....238
 レンズデータベース項目.....492
 レンズデータベース項目.....53
 入力のルール.....55
 構文.....49
 関数.....53
 コマンドライン.....49
 コメント
 マクロ.....506
 面.....192
 コントラストと解像度の制御
 開口に対する重み付け WTA.....397
 コントラスト.....397
 コンラディーの分散式.....245
 コンラディー D-d 色収差.....312
 計算 DMD.....312
 コンラディー法.....313
 コーシーの分散式.....245
 コーティング.....415
 GRIN 面での最適屈折率.....225
 新しいコーティングの作成.....421
 コマンドライン入力.....422
 ダイアログベースの入力.....421
 基本的な関係式.....430

- 光学コーティングにおける位相の考慮
425
- コーティング屈折率プロファイル . 428
- コーティング構成 416
- コーティングコマンドライン
- コーティングデータを画面編集 EDI
COA 417
 - コーティングの反転 INV COA . . . 417
 - 多層リスト DEL MUL 417
 - 多層リスト LIS MUL 417
 - コーティングの反射/透過性能のエク
スポーツ EXP COA 419
 - コーティングデータ保存 SAV COA
417
 - コーティングデータ復元 RES COA
416
 - コーティングプロット色 CLS COA
418
 - コーティング基準波長 CREF 417
 - コーティング性能目標 FTAR 418
 - コーティング最適化 FOPT 418
 - スプレッドシート入力 419
 - 光学的膜厚さ OTH 417
 - 多層コーティングの性能解析 MAN
418
 - 波長に対する反射/透過特性 COA
LAM 418
 - 波長に対する群遅延 COA GD . . . 418
 - 波長に対する群遅延分散 COA GDD
418
 - 物理的膜厚さ PTH 417
 - 膜を面に適用 ATT 417
 - 膜削除 DEL 417
 - 膜屈折率指定 IND 417
 - 膜挿入 INS 417
 - 膜材料指定 GLA 417
 - 視野に対する反射/透過特性 COA
FLD 418
 - 視野に対する反射/透過特性 2 次元
COA FLA 418
 - コーティング材料エディタ 427
 - 材料エディタ EDI CMAT 428
 - 薄膜性能データのエクスポート . . . 429
 - コーティングデータの編集 415
 - コーティングデータを画面編集
EDI COA 415
 - コーティングによる位相変化 423
 - コーティング厚さ変動 423
 - 非対称厚さ変動 425
 - 偏光解析 有効/無効 POL Y/N 424
 - スプレッドシートエディタ EDI CTV
424
 - プロット PLO CTV 424
 - 放射状/非対称 CTV 424
 - コーティング変数 426
 - コーティング目標 426
 - 光学面へのコーティングの指定 . . . 422
 - コーティング最適化の実行 427
 - 材料エディタ EDI CMAT 428
 - 薄膜性能データのエクスポート
MAN R/T XLS 429
 - デフォルトコーティング (単層 MgF_2)
364
 - 透過率 430
 - 特性行列 430
 - 薄膜の最適化 FOPT 427
 - 薄膜の最適化 (リファインメント) 426
 - 反射率 430
 - 放射状厚さ変動 424
 - マルチレイヤー 415
 - コーティング解析
 - 色
 - デフォルトの色 520
 - コーティング/接合面の透過率への影響 364
 - コーティング/多層膜 195
 - コーティングデータのインポート 521
 - コーティングデータの編集 415
 - コーティングの適用
ATT 364
 - コーティングの向き 195
 - コーティング 363
 - Code V SEQ 形式で保存 (WRL) 58
 - ゴースト像解析 280
 - GHP コマンド 282
 - GHO コマンド 280
 - GHS コマンド 282
 - ゴーストデータのファイル出力 285
 - ゴースト効果のレンダリング 284
 - ゴースト近軸解析の注意 282
 - 光線交点プロット 269
- さ
- 最大視野数設定 (MAXFLD) 59
 - 最大入射角 225
 - MAXAOI 225
 - 最適化 377
 - MTF 最適化 402

- エスケープ関数.....379
- エラーファンクションの詳細表示
 - ERRF.....401
- ガラス最適化.....398
- ガラスマップ境界点.....398
- ガラスマップ境界点 EDI GLP.....399
- 局所最適化.....400
- 局所最適化 OPT.....401
- 局所最適化の元に戻す UNDO OPT 401
- 許容感度の最適化.....403
 - 許容感度項目.....403
- 許容感度項目
 - X 方向偏心に対する許容感度 TSX
405
 - X 軸周りの傾きに対する許容感度
TSA.....405
 - Y 方向偏心に対する許容感度 TSY
405
 - Y 軸周りの傾きに対する許容感度
TSB.....405
 - Z 方向偏心に対する許容感度 TSZ 405
 - Z 軸周りの傾きに対する許容感度
TSG.....406
 - テストプレート適合に対する許容
感度 TSF.....404
 - 分散に対する許容感度 TSV.....405
 - 厚さに対する許容感度 TST.....404
 - 屈折率に対する許容感度 TSN...404
 - 屈折率均一性に対する許容感度 TSH
406
 - 曲率半径の変化に対する許容感度
TSR.....406
 - 面の不規則性に対する許容感度 TSI
404
- 許容感度項目の使用.....406
- クーン・タッカー最適化.....377
- グローバル最適化.....379
- 減衰最小二乗法.....377
- コマンドラインでの目標と制約の定義
385
- コントラストと解像度の制御.....397
- コーティングの最適化.....426
- 誤差関数の重み付け.....390
- 最適化 OPT.....377
- 最適化パラメータ.....409
 - 最適化パラメータ編集 EDI OPT 410
 - 最適化の光線グリッド数 ORGR 410
 - 最適化の最小サイクル数 MNC ..410
 - 最適化の最大サイクル数 MXC ..410
 - 最適化の分数改善 IMPR.....410
- 最適化のエラー制限 OERR.....411
- 終了
 - 最適化の終了.....408
- 出力の説明.....407
- 重み付き制約.....391
- ターゲット TAR.....377
- ダイアログベースでの目標と制約の
編集.....385
- 適切な最適化手法の選択.....401
- デフォルト制約.....388
 - 有効化 DEFC Yes.....389
 - 無効化 DEFC No.....389
- 最大中心厚さ MXT.....389
- 最大入射角 MXA.....389
- 最小エッジ厚さ MNE.....389
- 最小中心厚さ MNT.....389
- 最小空気エッジ厚さ MAE.....389
- 最小空気中心厚さ MNA.....389
- 取り消し
 - 最適化の取り消し.....409
- 薄膜の最適化.....426
- 薄膜の最適化 FOPT.....427
- ファイルから目標をインクルード .386
- 変数 VAR.....377
- 変数の編集.....380
- メリット関数.....377
- 目標（ターゲット）と制約.....384
- ユーザー定義の制約.....387
- レンズデータベース項目を使用した目
標設定.....387
- レーベンバーグ・マーカート法...378
- アクティブな制約の一覧.....408
- ザイデル収差.....277
 - 三次解析 THO.....278
- 最良形状単レンズ.....232
- 削除
 - ピックアップ.....121
 - 面 DEL.....194
- 三次収差.....277
 - 三次解析 THO.....278
- 座標
 - オイラー角.....45
 - グローバル座標.....203
 - 傾斜角度.....45
 - 定義.....43
- 座標系.....43
 - グローバル.....43
 - 物体面.....45

し

- システム開口
 - EPD, 入射瞳径.....65
 - FNO, F 値.....65
 - NAO, 物体側開口数.....65
 - NA, 像側開口数.....65
- システム長 SYL.....264
- システム入射瞳に向けられた光源光線.....341
- 射出瞳位置 SAP.....263
- 視野.....59
- 視野収差
 - 非点収差.....275
 - 歪曲収差.....275
- 視野の定義
 - (EDI FLD).....59
 - FACT, 活性化可否.....61
 - MAXFLD, 設定可能な視野の最大数...59
 - NFLD, 割り当てられた視野の最大数.59
 - XAN, X 方向の視野角度.....59
 - XIM, X 方向の近軸像高.....59
 - XOB, X 方向の物高.....59
 - YAN, Y 方向の視野角度.....59
 - YIM, Y 方向の近軸像高.....59
 - YOB, Y 方向の物高.....59
 - プロット色.....61
- 視野プロット
 - 色
 - デフォルトの色.....520
- 収差
 - スポットダイアグラム.....267
 - 縦収差.....266
 - 横収差.....266
- 修飾子.....50
- 縮小比.....125
 - 削除.....125
- 主光線近軸高さ HCY.....264
- 主光線近軸方向角度 UCY.....264
- 主平面.....263
 - 最初の主平面 SH1.....264
 - 第二の主平面 SH2.....264
- 硝材
 - 光学材料.....241
 - GL1 コマンド.....242
 - GL2 コマンド.....242
 - Gradient Lens Corp.....256
 - Grintech.....256
 - LightPath.....256
 - MIL 番号.....251, 252
 - NSG.....256
 - カタログファイル.....243
 - ガラス名 GLA コマンド.....242
 - ゲル
 - 光学ゲル.....258
 - プラスチック.....252
 - 媒質が反射面 REFL コマンド.....242
 - 媒質が屈折面 REFR コマンド.....242
 - 媒質が空気 AIR コマンド.....242
 - 定義済みガラスカタログ.....246
 - 屈折率 IND コマンド.....242
 - 屈折率分布.....256
 - 屈折率分布型ガラス.....256
 - Gradient Lens Corp.....256
 - LightPath.....256
 - NSG.....256
 - 液体
 - 光学液体.....258
 - 特別な光学材料.....252
 - 赤外領域の光学材料.....252
 - 真空.....259
 - 空気.....259
 - 赤外領域の光学材料.....252
 - プラスチック.....252
 - 部分分散オフセット (PGO, PCO) ..261
 - 焦点距離.....263
 - ショット
 - フィルターガラス.....256
 - 放射線耐性ガラス.....256
 - 照明解析.....331
 - NXI, X 方向の画像セル.....346
 - NYI, Y 方向の画像セル.....346
 - 平面光源.....339
 - ガウシアンプロファイル.....339
 - グローバル座標系.....331
 - コサインパワー COS.....335
 - 光源 X 方向の偏心 SXDE.....333
 - 光源 X 方向の偏心 XDE.....333
 - 光源 X 方向の拡張 SXEX.....333
 - 光源 X 方向の拡張 XEXT.....333
 - 光源 X 方向の発散 DIVX.....334
 - 光源 X 方向の発散 SDIVX.....334
 - 光源 X 軸回りの傾き ADE.....333
 - 光源 Y 方向の偏心 SYDE.....333
 - 光源 Y 方向の偏心 YDE.....333
 - 光源 Y 方向の拡張 SYEX.....333
 - 光源 Y 方向の拡張 YEXT.....333
 - 光源 Y 方向の発散 DIVY.....334
 - 光源 Y 方向の発散 SDIVY.....334
 - 光源 Y 軸回りの傾き BDE.....334
 - 光源 Z 方向の偏心 SZDE.....333

光源 Z 方向の偏心 ZDE	333
光源 Z 軸回りの傾き CDE	334
光源の放射特性 SCOS	337
光源アルファ傾き SADE	333
光源ガンマ傾き SCDE	334
光源グローバル参照 SGREF	333
光源タイプ TYPE	332
光源パワー SPWR	333
光源ベータ傾き SBDE	334
光源使用 USE	332
光源光線を入射瞳に向ける	342
光源参照 REF	333
光源定義 SRC	331
光源放射パワー PWR	333
光源角度オフセット α AOFFS	334
光源角度オフセット α SOFA	334
光源角度オフセット β BOFFS	334
光源角度オフセット β SOFB	334
光線によって定義された光源	340
光線データの変換	345
光線光源	331
光線光源ビューア VIE SRC FIL	343
光線光源ファイル	340
受信光線数 (NILR)	347
座標系	331
放射パワー (EPWR)	346
構成パラメータ編集 EDI CNF	337
照度データをファイルに保存 ILL FIL	346
照明光源リスト LIS	335
照明光源使用 SUSE	332
照明光源定義 GUI	336
照明解析 ILL	337, 346
照明解析オプション	346
物体座標系	331
総受信パワー (RPWR)	346
許容される最大光源数 MAXSRC	331
書式付き出力	493
Schott の分散式	
旧 Schott 式、ローレンツ級数	243
新規光学系データ設定 (LEN)	57
真空	259
シングルモードファイバー	324
軸方向距離 OID	264
時刻 TIM コマンド	237
自己相関	299
重量	
レンズの重量	222
重量	
レンズの重量 WEI	222

自由曲面	99
------	----

す

スウェットモデル	105
スケーリング	220
光学系のスケーリング	220
光学系の反転	220
面のスケーリング SCA	220
ストレール比	310
対波長描画 PLO STREHL LAM	311
対視野描画 PLO STREHL FLD	311
数値出力 STREHL	311
スフェロクロマティズム	313
スプライン	
SPL, スプライン係数の読み込み	157
SPLN, スプライン点数	157
SPLR, 動径距離	157
SPLZ, デフォーメーション	156, 157
スポット	
マーカーサイズ	269
スポットダイアグラム	267
光線交点プロット	269
重心 X 座標 XGR	269
重心 Y 座標 YGR	269
スポット半径 SPR	268
波長定義 LAM	268
視野定義 FLD	268
スライダーコントロール	235
SLID コマンド	235
ズーム	213
エディタ EDI ZOO	214, 215
エディタ ZED	214, 217
エディタ テキスト形式	217
エディタ 表形式	215
ズーム位置の数	213
ソルブ	218
プロットオフセット POX, POY, POZ	215
位置 POS	214
位置のコピー COP	217
位置の削除 DEL	217
位置の挿入 INS	217
解除 Dezoom	213

せ

設定 *see* プログラムの基本設定
 設計例ライブラリ
 設計例ダイアログ EXAMP 535
 制御文
 マクロ 502
 製造サポート
 エッジ厚さ 459
 ET コマンド 459
 傾斜面でのエッジ厚さ 459
 カム
 CAM リストパラメータオフセッ
 ト値 BAS 467
 CAM モードの切り替え 466
 CAM パラメータの編集 EDI CAM
 467
 ステッピングインクリメント INC466
 ステップされた分離またはパラメー
 タの最大値 LIM 466
 CAM パラメータのリスト LIS CAM
 467
 線形ステッピングパラメータ STE466
 カム計算 465
 テストプレート
 リスト表示 LIS TPL 460
 テストプレート TPL 460
 非球面形状 453
 非球面変形 453
 フットプリント解析 451
 ホログラム位相 457
 セットアップ
 色消しダブレット SETUP ACR 232
 最良形状単レンズ SETUP SLE 232
 反射望遠鏡 SETUP TEL 233
 ルーラー・ホートン SETUP LURIE232
 接合材 364
 接合面 364
 セルフォック
 レンズ 144
 セルマイアの分散式 243
 簡略化 244
 セールマイヤー 477
 SELECT 文 501
 マクロ 501
 ゼルニケ
 EDI ゼルニケ係数の編集 169
 INR, ゼルニケデータの単位円の半径
 168
 PLO ゼルニケ波面収差をプロット. 167

WZRN ゼルニケ波面 167
 WZRN 波面ゼルニケ係数の設定... 169
 ZACT 係数の有効化/無効化 167
 ZFE 拡張フリッジ・ゼルニケセット 167
 ZFR フリッジ・ゼルニケセット ... 167
 ZRN ゼルニケ面 167
 ZRN 標準ゼルニケセット 167
 ZWACT 係数当てはめの有効/無効. 167,
 168
 ゼルニケ多項式の定義 171
 フリッジ・ゼルニケ多項式の項 ... 172
 位相変形 166
 位相面 176
 拡張フリッジ・ゼルニケ多項式の項 173
 標準ゼルニケ多項式の項 174
 面変形 166
 ゼルニケ面 83
 ゼルニケファイル形式 (.zrn) 546
 全長 OAL 264
 全反射 114
 全般光学系構成データ 58

そ

相対照度 368
 相対照度プロット RIRR 368
 ソルブ 124
 AMY(アプラナティック) 125
 ET (エッジ厚さ) 125
 HCY(主光線の近軸高さ) 125
 HMX(マージナル光線高) 125
 HMY(マージナル光線高) 125
 IMY(マージナル光線入射角度) 125
 UCY(主光線の近軸方向角度) 125
 UMX(マージナル光線射出角) 125
 UMY(マージナル光線射出角) 125
 ズームシステム内 218
 削除 125
 像側開口数 (NA) 65
 像距離 (IMD) 69
 像面の再定義
 IMG, 像面 196

た

体積

レンズの体積	222
対称ホログラム係数の他プログラムへの 変換	458
タイトル	70
タイム	
TIM コマンド	237
多角形アパーチャ	187
ダイアログベースの編集	188
ファイルから読み込み	188
多層膜ファイル形式 (.otc)	543
タルボットの干渉縞	359
単経路干渉縞	313
IFG コマンド	313
単光線縦収差	266
X 平面 縦収差 LAX	266
Y 平面 縦収差 LAY	266
単光線追跡	265
単層膜 MgF_2	364
代替ガラスの検索	221
代替ガラスの検索 ALG	222
代入文	498
マクロ	498

つ

ツール

GRIN 面での最適屈折率	225
色消しダブレット SETUP ACR	232
解析的なデータ作成	231
仮想ガラス	220
仮想ガラスを変換 REG	221
最良形状単レンズ SETUP SLE	232
スライダーコントロール	235
反射望遠鏡 SETUP TEL	233
リッチー・クレチアン形式	235
ルーリー・ホートン SETUP LURIE	232
ユーザー定義グラフィックス	226
光学系の反転	220
重量と体積	222
面のサグ	226
面の反転 INV	220

て

テキスト印刷

GUI からのテキスト印刷	485
---------------	-----

テキスト出力の印刷	484
テストプレート	
リスト表示 LIS TPL	460
テストプレートメーカー	461
原器リストの追加	462
テストプレート TPL	460
テレセントリックビーム	73
点像強度分布	
幾何光学的 GPSF	288
波動光学的ベース	299
パッチサイズ	299
デカルトの楕円	98
デフォルトコーティング	364
デフォルトファイル	41
デフォーカス	
DEF, デフォーカス値	69
デフォーカス (DEF)	69
伝搬	349
データ欠落領域	165
IBZ, ゼロ強度領域での光線ブロック	165

と

特別な光学材料	252
Orbscan トポグラフィシステム	164
透過	
回折効率	111
透過率解析	363
開口全体で統合された透過率	367
開口全体で統合された透過率 TRA	
LAM AVG	367
カラーコード CCI	369
主光線に沿った P 偏光透過率 TRAP	366
主光線に沿った S 偏光透過率 TRAS	366
主光線に沿った平均透過率 TRA	366
主光線に沿った透過率	365
相対照度	368
デフォルトコーティング	364
投影立体角	368
透過率	368
透過率解析の有効化/無効化 TRA	366
反射損失	363
反射損失 TRA LAM	366
反射損失 TRA LAM AVG	367
ビグネッティング	368
有効 NA	368
トロイダル面	94

動径スプラインファイル形式 (.spl)	546
DO 構文	
マクロ	502

な

ナイフエッジ関数	
サジタル方向 KEFS	309
タンジェンシャル方向 KEFT	309
プロット PLO KEF	309
低強度/高強度レベル KEFL	309
高強度レベル KEFH	309

に

2枚のガラスを用いたアポクロマート ..	474
二経路干渉縞	313
INT2P コマンド	314
マッハ・ツェンダー干渉計	314
ニコンの分散式	
分散、ニコン式	244
2次元干渉デフォーメーション	158
IRX, x 方向の拡張	159
IRY, y 方向の拡張	159
二次色収差	279
rms 値 SSR	279
プロット PLO SSP	279
二次スペクトル	279
rms 値 SSR	279
プロット PLO SSP	279
入射角	225
最大入射角	225
入射瞳位置 SEP	263
入射瞳径 (EPD)	65
ニュートン原器ファイル形式 (.tpl)	547

の

ノンシーケンシャル	117
一般的な注意事項	120
光線追跡	120
入口ポート面	120
出口ポート面	120
吸収 (遮蔽) 面特性	120

変換	118
座標系	119
硝材指定	119

は

薄膜	see コーティング
波長の定義	
使用する波長の数 (NWL)	63
対応する波長の重み (WTW)	63
波長の編集 (EDI LAM)	63
波長の設定 (WL)	63
波動光学的	
PSF	299
波動光学的 MTF	297
波動光学的 MTF	
平均値 MTFA	297
波動光学的 MTF	
サジタル MTF MTFS	297
波動光学的 MTF	
タンジェンシャル MTF MTFT	297
波動光学的 MTF	
2次元 MTF MTF2D	297
波動光学的 MTF	
最大空間周波数 MFR	298
波動光学的評価	297
波面収差	163, 311
RMS 評価 WAV	312
RMS 評価 WAVZ	312
視野/波長プロット PLO WAV	312
ハルトマンの分散式	245
反射	
RMD コマンド	242
媒質が反射面 REFL コマンド	242
反射鏡	
透過率解析	364
反射望遠鏡	233
反転	see 光学系の反転
面 INV	194
バイコーニック ... see アナモルフィック非	
球面	
バイナリ光線データ	556
倍率色収差	279
LAC コマンド	280
プロット PLO LAC	280
バックフォーカルレンズ (BFL)	69
パラバサル	47

ひ

非球面	84
Qbfs 多項式	95
Q タイプ多項式	95
XY 多項式	90
アキシコン面	100
アナモルフィック AAS	92
シリンドリカル面	93
タイプ	85
トロイダル面	94
トロイド	85
偶数次多項式	86
円筒面	85
円錐断面	86
双曲線	87
奇数次多項式	87, 88
数値偏心率	87
曲率	94
楕円	88
非球面形状	453
2D 非球面形状	454
放射方向の非球面形状	454
非球面変形	453
2D 非球面変形	457
放射方向の非球面化	454
比重	
レンズの比重	222
レンズの比重 SPG	223
日付	
DAT コマンド	237
非点収差をもつ物点	62
瞳	
射出瞳位置の逆数 SAPI	264
入射瞳位置 SEP	263
瞳間距離 PRD	264
瞳間距離の逆数 PRDI	264
射出瞳位置 SAP	263
瞳強度	
射出瞳内	270
瞳強度マップ PMA	271
瞳強度マップ	270
瞳のアポダイゼーション	67
評価文 EVA	496
備考とコメント (REM)	70
ビットマップサイズの制御	484
ビネット (ケラレ) 解析	286
数値的評価 VIG	287
視野の関数としてプロット VIGP	287
ピックアップ	121

グループピックアップ	121, 122
ピックアップとソルブ	123
ピックアップのリスト	124
個別ピックアップ	121, 123
削除	121
ピンホール	349

ふ

ファイバー	151
グレーデッドインデックス	325
シングルモードファイバー	324, 325
ステップインデックス	325
正規化周波数	325
導波路パラメータ	325
ファイバーモードプロファイル	324
マルチモードファイバー	325, 327
ステップインデックスファイバー	83, 151
テーパファイバー	151
ライトパイプ	151
ファイバー結合	
ファイバー結合の例 1	327
ファイバー結合の例 2	329
ファイバー結合効率	319
ウェッジ角 WDX	321
線形結合効率計算 CEF	319
デシベルで結合効率計算 CEFDB	319
ファイバー XZ 平面内チルト FRB	320
ファイバー YZ 平面内チルト FRA	320
ファイバー位置 FLO	319
ファイバーの発散角 FRD	320
モードプロファイル MPR	319
ファイバーの X オフセット FRX	320
ファイバーの Y オフセット FRY	320
ファイバーモード	
表示	327
ファイル	
ユーザー生成ファイル	41
ファイルのインクルード	496
ファイル形式	
OpTaliX 設定ファイル optix.cfg	537
GRIN カタログガラス形式 (grin.asc)	551
GRIN 分散ファイル形式 (grindisp.asc)	551
INT ファイル形式 (.int)	552
PSF ファイル形式	553
ASCII 光線データファイル形式	555

- 一般的な光線データファイル形式 . 555
- 干渉計波面ファイル形式 (.int) 552
- ガラスカタログファイル形式 (.csv) 547
- 光線ファイル形式 555
- ゼルニケファイル形式 (.zrn) 546
- 多層膜ファイル形式 (.otc) 543
- 動径スプラインファイル形式 (.spl) 546
- ニュートン原器ファイル形式 (.tpl) 547
- バイナリ光線データ 556
- 溶融ガラスデータファイル形式 (.ind)
 - 550
 - レンズデータファイル形式 (.otx) . . 538
 - 設定 41
- ファイルパス
 - FPATH コマンド 237
 - FPNAME コマンド 237
- ファイル名
 - FNAME コマンド 237
- ファン光線
 - 光路差 OPDFAN 267
 - 縦収差 FANL 267
 - 横収差 FAN 266
 - 横収差 RIM 267
- ファン収差曲線 266
- フィルター
 - 強度アポダイゼーション 163
- FORTRAN 491
- フットプリント
 - プロット FOO 452
 - 数値出力 NUM オプション 453
- フットプリント解析 451
- 不等間隔 (VLS) 格子 109
- フレネル
 - 反射損失 367
- フレネル数 322
- フーリエ変換 323, 349, 351
- 物体距離 OBD 264
- 物点 59
- 物体側開口数 (NAO) 65
- 物理光学伝搬 349
 - ウエストから球への伝搬 (WTS) . . . 351, 354
 - 回折に基づくビーム伝搬 349
 - 角スペクトル 349
 - 球からウエストへの伝搬 (STW) . . . 351, 354
 - 近軸 349
 - 結合効率の例 359
 - 光学界面を通る伝搬 351
 - 光学境界面での伝達 352
- 光線情報を複素場に変換する 353
- コマンド概要 355
- 自由空間における伝搬 358
- タルボットの干渉縞 359
- 伝搬の制御 353
 - ビーム伝搬パラメータ
 - EDI BPR 355
 - 伝搬パラメータ 355
 - 複素場の情報から光線への変換 . . . 352
 - フレネル近似 351
 - 平面間伝搬 (PTP) 354
 - 平面間伝搬 (PTP) 演算子 350
 - レイリー範囲 354, 358
- 部分分散図 471
- 分散
 - オフセット DVO 260
 - 光学材料の分散 243
 - 分散シフト DVO コマンド 243
 - 温度による dn/dT 246
 - 部分分散 251
 - 部分分散オフセット (PGO, PCO) . . 261
 - 部分分散オフセット PGO コマンド 243
 - 部分分散比 246
- 分散式
 - コンラディーの分散式 245
 - コーシーの分散式 245
 - セルマイアの分散式 243
 - ニコンの分散式 244
 - ハルトマンの分散式 245
 - ヘルツベルガーの分散式 244
 - 光学ハンドブック 1 の分散式 245
 - 光学ハンドブック 2 の分散式 245
 - 拡張セルマイアの分散式 244
 - 旧 Schott 式 243
 - 簡略化セルマイアの分散式 244
- プライベートガラス 248
 - END コマンド 250
 - IND コマンド 250
 - PRV コマンド 250
 - PWL コマンド 250
 - コーシー係数 249
 - セルマイア係数 249
 - ハルトマン係数 249
 - ローレンツ係数 249
- プリンターおよびプロッターデバイス単位
 - 482
- PRINT 文
 - 書式付き出力 493
 - マクロ 493
 - 文字列の連結 495

- プリント
- グラフィック印刷
 - GUIからのプリント 486
 - グラフィック出力
 - gra clp, クリップボードに送信... 486
 - コマンドラインからプリント 481
 - グラフィック出力 gra prn 482
 - テキスト出力 out prn 482
 - ビットマップ垂直ピクセル数 bmpy
482
 - ビットマップ水平ピクセル数 bmpx
482
 - テキスト印刷
 - GUIからのプリント 485
 - テキスト出力の印刷 484
 - out silent, サイレント操作 484
 - out file, ファイル出力 484
 - out prn, プリンターデバイス 484
 - プリントとプロット 481
 - プログラムの基本設定 35
 - プロット色
 - cls fld フィールド 61
- へ
- ヘルツベルガーの分散式 244
- 変換行列
 - 面の頂点座標 203
- 変換行列 transformation matrix 133
- 偏光 364
- 偏光解析 371
 - いくつかの等価な表現 373
 - 完全偏光 373
 - 完全無偏光 373
 - コヒーレンス行列 374
 - ストークスベクトル 374
 - 全反射 374
 - 電場ベクトル 372
 - 入射光の偏光の定義 372
 - 偏光度 374
 - 偏光ベクトル PA1 371
 - 偏光ベクトル PA2 371
 - 偏光光線追跡 POR 371
 - 偏光光線追跡を有効化 POL yes 371
 - 偏光光線追跡を無効化 POL no 371
 - 偏光楕円 POL ELL 371
 - 入力放射の偏光状態 POLSTATE... 371
 - 完全偏光 POLSTATE 1 371
 - 波長に対する偏光解析 POL LAM.. 371
 - 瞳開口にわたる偏光 POL APE..... 371
 - 非偏光 POLSTATE 0 371
- 偏光光線追跡 371
 - POLRAY コマンド 372
 - PRSI コマンド 372
- 偏心面
 - ADE, x-tilt 127
 - BDE, y-tilt 127
 - BEN, bend surface 128
 - CDE, z-tilt 127
 - DAR, decent. and return 128
 - GADE, gradient x-tilt 128
 - GBDE, gradient y-tilt 128
 - GCDE, gradient z-tilt 128
 - GRIN 媒体のティルト GRIN, tilting
 - GRIN media 134
 - NAX, new axis 128
 - TLM, tilt mode 128
 - TLT group tilt 128
 - TMAT, 変換行列 128
 - XDE x-decenter 127
 - YDE y-decenter 127
 - ZDE z-decenter 127
 - ティルト (傾斜偏心) 127
 - ディセンター (平行偏心) 127
 - 変換行列 TMAT, transformation matrix
133
- 偏心面モード Tilt Modes 129
- 変数
 - マクロ 497
 - ユーザー定義変数のリスト LVR... 205
- 変数で定義された書式文 495
- 変数の修飾子 51
- ほ
- ホログラム 101
 - 放射ゾーン 458
 - スウェットモデル 105
 - 回折効率 113
 - 対称位相関数 105
 - 非対称位相関数 104
 - 2点光源ホログラム 106
- ホログラム位相 457
 - ホログラム位相のプロット 458
 - ホログラム位相の数値出力 458
- ホログラムゾーン計算 458

ホールアパーチャ	189
望遠鏡	
カセグレン	234
グレゴリー	234
リッチー・クレチアン	234
リッチー・クレチアン形式	235
ルーラー・ホートン	232

ま

マクロ	489
IF 構文	504
INPUT 文	498
WHILE 構文	503
エディタ EDI MAC	489
OPEN 文	499
組み込み関数	491
CLOSE 文	500
コメント	506
算術式	490
書式付き出力	493
実行 RUN	490
数学的関数	491
制御文	502
SELECT 文	501
代入文	498
DO 構文	502
パラメータ	490
評価文 EVA	496
ファイルのインクルード	496
PRINT 文	493
変数	497
変数で定義された書式文	495
文字列の連結	495
ユーザー定義関数	502
ユーザー定義関数のリスト LFC	502
ランダム数	491
Return 文	505
READ 文	495
レンズデータベース項目	492
論理行の継続	506
論理行の分離	506
ユーザー定義変数のリスト LVR	205
ユーザー定義関数のリスト LFC	205
レンズデータベース項目	53
変数のリスト LVR	205
算術式	53
関数のリスト LFC	205

マッハ・ツェンダー干渉計	314
マルチモードファイバー	325
マーカー	
スポットダイアグラム内	269
マージナル近軸光線射出角度 UMY	264
マージナル近軸光線射出高さ HMY	264

み

ミラー	
透過率解析	364
厚さ THM	223

む

無限値 (Infinity values)	82
-----------------------	----

め

メルトガラス	477
面	
biconic ... see アナモルフィック非球面	
FHY 固定アパーチャ	191
MHT 最大アパーチャ	191
PIK ピックアップ	121
アレイセル	153
グラディエントインデックス面	139
ゼルニケ面/位相変形	166
チャンネル面	153
やり直し (undo-redo)	78
アキシコン面	100
アパーチャ	185
エディタ	77
グローバル参照	135
コメント	70, 192
サグ SAG	226
スプライン	156
タイプ (surface type)	82
デフォーメーション	156
INT, 干渉デフォーメーション	158
ノンシーケンシャル	117
パラメータ	79
ピックアップ	121

フィルター, 強度アポダイゼーション	
163	
ホログラム	101
ユーザー定義面	177
光線追跡除外面	137
全反射 (TIR)	114
円錐	79
削除 DEL	194
回折	101
固定アパーチャ	190
干渉デフォーメーション	158
強度アポダイゼーション	163
格子	108
特別な面修飾子	51
球面	79
略式入力	79
略式入力方法	82
移動 MOV	194
非球面	79
フレネル	113
面光線追跡をしない	79
面エディタ	89, 91
面修飾子	51
面タイプ	
2次元面形状	83
グレーティング面	83
スプライン面	83
ゼルニケ面	83
ノンシーケンシャル面	83
パイプ	83
フレネル面	83
ホログラフィック面	83
ユーザー定義の面	83
レンズアレイ	83
レンズモジュール (理想レンズ)	83
偏心面	82
全反射面	83
鏡面	82
非球面	82
面エディタでの固定アパーチャの編集	192
面のアパーチャ	185
ADX X方向オフセット	186
ADY Y方向オフセット	186
ARO 回転角度	186
CIR 円形	185
DEL APE, アパーチャ削除	186
ELX 楕円形	185
ELY 楕円形	185
FHY 固定アパーチャ	191
HOL 穴	186
MHT 最大アパーチャ	191
OBS 遮蔽	186
PLG 多角形アパーチャ	186
REC 矩形	185
REX 矩形	185
REY 矩形	185
SET MHT 最大アパーチャ	191
アパーチャタイプ、形状	185
固定アパーチャ	190
多角形	187
面の移動 MOV	194
面のコピー COP	193
面のコメント	192
COM コマンド	192
面の削除 DEL	194
面の挿入 INS	193
面の反転 INV	194
面ポインター	52
目標と制約の概要	
F-Theta 歪み FDISX	394
F-Theta 歪み FDISY	394
MTF のサジタル値 MTFS	394
MTF のタンジェンシャル値 MTFT	394
MTF の平均値 MTFA	394
X 軸周りの傾き TSA	396
X 方向の歪み DISX	394
X 方向偏心 TSX	395
Y 軸周りの傾き TSB	396
Y 方向の歪み DISY	394
Y 方向偏心 TSY	396
Z 軸周りの傾き TSG	396
Z 方向偏心 TSZ	396
曲率半径 RDY	392
曲率半径の変化 TSR	396
屈折角 AOR	392
光線の X 座標 X	392
光線の X 方向余弦 CX	393
光線の Y 座標 Y	392
光線の Y 方向余弦 CY	393
光線の Z 座標 Z	392
光線の Z 方向余弦 CZ	393
光線の光学的光路長 OPL	394
光線の物理的光路長 PATH	394
三次球面収差 SPA	394
三次コマ収差 COMA	394
三次縦横色収差 LCA	394
三次縦横色収差 TCA	394
三次非点収差 ASTI	394
三次ペッツバール和 PETZ	394
三次歪曲収差 DIST	394

システム長 SYL	392
射出瞳位置 SAP	392
周辺光線のパラキシアル高さ HA ..	394
周辺光線のパラキシアル方向角 UA	394
主光線のパラキシアル高さ HB	395
主光線のパラキシアル方向角 UB ..	394
射出角 AOE	392
像距離 IMD	392
像クリアランス IMC	392
焦点距離 EFL	392
屈折率の均一性 TSH	396
屈折率 TSN	395
実光線の横色収差 LAC	394
スポット径 SPD	394
スポット径 SPX	394
スポット径 SPY	394
全長 OAL	392
テストプレート適合 TSF	395
入射角 AOI	392
波面収差 WAV	394
分散の許容感度 TSV	395
バックフォーカス BFL	392
表面の厚さ TST	395
倍率 MAG	392
面の X 座標 XSC	393
面のグローバル X 座標 XSG	393
面の Y 座標 YSC	393
面のグローバル Y 座標 YSG	393
面の Z 座標 ZSC	393
面のグローバル Z 座標 ZSG	394
面のエッジ厚さ ET	394
面の不規則性 TSI	395
面のグローバルオイラー角 ASC	393
面のグローバルオイラー角 BSC	393
面のグローバルオイラー角 CSC	393
面法線の X 方向余弦 CXN	393
面法線の Y 方向余弦 CYN	393
面法線の Z 方向余弦 CZN	393

も

文字列の連結	495
--------------	-----

ゆ

ユーザー定義	
--------	--

グラフィックス	
変数 パラメータ	230
関数	230
グラフィックス UGR	226
ユーザー定義関数	502
ユーザー定義関数のリスト LFC	502
ユーザー定義グラフィックス	36
ユーザー定義の屈折率分布面	
UDG	147
ユーザー定義変数	205
ユーザー定義面	177
UCO ユーザー定義係数	177
UDS ユーザー定義面に変更	177
面タイプ	177

よ

溶解ガラス (メルトガラス)	477
熔融ガラスデータファイル形式 (.ind) ..	550
横色収差	279
四分割ディテクタ解析	291
ガウス平滑化直径 QSM コマンド ..	291
ステップサイズ QST コマンド	291
ディテクタ解析 QUA コマンド	291

ら

ライトパイプ	151
--------------	-----

り

リスト	
すべてのオプション ALL	199
カムパラメータ CAM	199
ガラスのリスト GLA	200
ガラスの温度変化係数 DNDT ..	199, 200
ガラスの線膨張係数 EXC	199
グローバル座標とグローバル行列 ..	203
グローバル座標のリスト	203
グローバル面座標	203
グローバル面行列	203
ソルブ	125
テストプレートのフィッティング TPL	
200	

- ピックアップ 121
 ピックアップデータ PIK 200
 ユーザー定義変数 LVR 205
 ユーザー定義関数 LFC 205
 レンズ構成データの出力 LIS 199
 代替ガラスのリスト 201
 代替ガラスのリスト ALG 199, 201
 備考 REM 200
 光学スペクトル OSP 200
 光学系の構成データ CNF 199
 光線のリスト RAY 200
 公差のリスト TOL 200
 多層膜の定義 MUL 200
 屈折率のリスト IND 200
 最適化データ OPT 200
 標準出力の説明 202
 開口データ APE 199
 面コメント COM 199
 理想レンズ .. *see* レンズモジュール (理想レンズ)
 Return 文
 マクロ 505
 リッチー・クレチアン形式 235
 両眼解析 BIO 293
 サンプリング点 STPX|STPY 294
 スケールファクター FACT 294
 ズーム位置 LEFT|RIGHT 294
 収束 293
 垂直ずれ 293
 発散 293
 視野角 FOVX|FOVY 294
 READ 文 495
 マクロ 495
- る**
- ルーリー・ホートン望遠鏡 232
- れ**
- レイエイミング
 ENP, 近軸入射瞳モード 72
 RAIM, レイエイミング法 71
 STO, 絞り面モード 72
 モード
 テレセントリック 73
 全方向性 73
 レイリー範囲 354, 358
 レンズエレメント図面 462
 レンズカタログからのインポート
 カタログダイアログ起動 imp cat .. 524
 レンズ構成データのリスト出力 199
 レンズデータのインポート 521
 レンズデータの復元 (RES) 58
 レンズデータの保存 (SAV) 58
 レンズデータファイル形式 (.otx) 538
 レンズデータベース項目 53, 492, 507
 ASTD, 非点収差差,ASTD 515
 ASTS, サジタル方向, 非点収差,ASTS
 515
 ASTT, 接線方向, 非点収差,ASTT ... 515
 Conrady D-d 和,DMD 515
 幾何学的 MTF, サジタル方向,GMTFS
 515
 幾何学的 MTF, 接線方向,GMTFT ... 515
 幾何学的 MTF, 平均,GMTFA 515
 RAND, ランダム数,RAND 518
 WAV, 波面収差,WAV 516
 WAVPV, 波面収差 (PV 値), WAVPV 516
 X 軸周りの傾斜における公差感度,TSA
 514
 X 方向偏心における公差感度,TSX .513
 Y 軸周りの傾斜における公差感度,TSB
 514
 Y 方向偏心における公差感度,TSY .513
 Z 軸周りの傾斜における公差感度,TSG
 514
 Z 方向偏心における公差感度,TSZ .513
 厚さにおける公差感度,TST 513
 屈折率における公差感度,TSN 513
 屈折率の均一性における公差感度,TSH
 514
 原器合わせにおける公差感度,TSF .512
 後主点の位置,SH2 508
 射出角,AOE 511
 射出瞳の位置,SAP 509
 射出瞳径,APD 508
 スポット径 (PV 値), SPDPV 514
 スポット径 (PV 値), SPXPV 514
 スポット径 (PV 値), SPYPV 514
 スポット径 (rms 値), SPD 514
 スポット径 (rms 値), SPX 514
 スポット径 (rms 値), SPY 514
 前主点の位置,SH1 508
 単一光線の P 偏光透過率,TRAP 515
 単一光線の S 偏光透過率,TRAS 515

単一光線の平均透過率,TRA	515
入射瞳の位置,SEP	509
入射瞳径,EPD	508
分散における公差感度,TSV	513
偏光位相,POLP	512
偏光度,POLD	512
偏光振幅 X,POLX	512
偏光振幅 Y,POLY	512
面の不規則性における公差感度,TSI	513
レンズデータベースリファレンス	507
レンズ配置の描画	207
AAP 非対称開口描画	208
DEL プロット光線削除	211
EDG エッジ描画	209
EDI LDR 描画パラメータ編集	209
LDS レイアウトプロットの保存	207
POX,POY,POZ オフセット	209
PPOS プロットズーム位置	209
RAYCX プロット光線 X 方向設定	211
RAYCY プロット光線 Y 方向設定	211
RAYX プロット光線 X 座標設定	211
RAYY プロット光線 Y 座標設定	211
REN レンダリング	208
RSP 単一光線描画	208
SET FAN 光線ファン生成	211
SET RAY プロット光線生成	211
プロット光線	210

モジュール...see レンズモジュール (理想レンズ)	
レンズモジュール (理想レンズ)	183
MFL, モジュール焦点距離	184
MOD, レンズモジュール	184
MRD, モジュール縮小率	184

ろ

論理行の継続	
マクロ	506
論理行の分離	
マクロ	506

わ

歪曲収差	273
F-Theta	273
F-Theta X 方向歪曲 FDISX	274
F-Theta Y 方向歪曲 FDISY	274
X 方向歪曲 DISX	274
Y 方向歪曲 DISY	274
アフォーカル	273
グリッド歪曲プロット PLO DIG	274
プロット PLO	274

アルファベット 索引

Symbols

* , ワイルドカード	33
..., アイテムの後に続く省略記号	33
;, コマンド入力区切り文字	33, 49
>, リダイレクト記号	484
?, コマンド内で使用される疑問符	33
#include	497

A

A 4 次の非球面	79
AADE, array cell α -tilt	154
AAP	208
AAS, anamorphic surface	92
Abbe number	245
ABDE, array cell β -tilt	154
Aberrations	
fan curves	266
longitudinal, plot	266
longitudinal, single ray	266
optical path difference, plot	266
third order	277
transverse	266
transverse, plot	266
ACDE, array cell γ -tilt	154
ADE, x -tilt	127, 219
ADX	186
ADY	186
AF autofocus	219
AFO, afocal	58
Afocal	58
maximum frequency	219
AFR	219
AIM	266
AIR	242
Air	259, 433
ALG, alternative glass	222
Alternative glasses(list)	201
AMX,array max-X	154
AMY	125
AMY,array max-Y	154
Angle of incidence	225
Angle of refraction	225
AOE, angle of exit	511
AOE, 射出角	392
AOI, 入射角	392
AOR, 屈折/反射角	392
AP, 4 th order anamorphic coeff.	93
APD, exit pupil diameter	508
Aperture	
EPD (entrance pupil diam.)	66
NAO (num. aperture, object)	66
NA (num. aperture)	66
NA (num.aperture)	323
circular	66
elliptical	66
fixed height	190
hole	189
polygon	66, 187
from file	188
rectangular	66
surface editor	192
system	65, 66
aplanatic	108
AP02	474
AP03	475
Apochromat	474
three-glass	475
two-glass	474
Apodization	67, 163
filter	163
APT, アパーチャタイプ、形状	185
AR, 4 th order aspheric coeff.	93
ARH, array hexagonal arrangement	154
ARO	186
ARR, array	153

Array surface/element 83, 153
 ARX, array x-spacing 154
 ARX0, array x-offset 154
 ARY, array y-spacing 154
 ARY0, array y-offset 154
 ASC 393
 ASD, 非球面形状, 放射方向 454
 ASD2, 非球面形状, 2D 454
 ASF, astigmatic focus shift 62
 ASO, astigmatic source orientation 62
 ASP 84
 ASP 79
 Asphere 82, 84
 anamorphic 91, 92
 axicon 100
 biconic 91
 conic section 86
 cylinder 85, 93
 Eccentricity, numerical 87
 Ellipse 88
 even power polynomial 86
 Hyperbola 87
 odd power polynomial 87, 88
 Q-type 95
 Qbfs 95
 toroidal 94
 type 85
 XY polynomial 90
 Y-toroid 85
 Aspheric deformation
 in radial direction 454
 ASTD, 非点収差差 515
 ASTI 394
 Astigmatic objects 62
 ASTS, サジタル方向非点収差 515
 ASTT, 接線方向非点収差 515
 ATH3 473
 Athermal glass selection 473
 Athermal Map 471
 ATT, attach coating 364, 416, 419, 422
 ATY, asphere type 85
 ATY, asphere type 92
 Autofocus 219, 445
 AVG 367
 AXG, 軸方向勾配の公差 439
 Axicon 100

B

B 6 次の非球面 79
 BAS, CAM リストパラメータオフセット値
 467
 BDE, y-tilt 127, 219
 BEA ガウシアンビーム解析 315
 Beam propagation 349
 BEN
 compound tilts 131
 BEN, bend surface 128, 129
 BFL 69, 263, 392
 BLD ブレーズ深さ 104
 BLN, レベル数 104
 BLT, ブレーズタイプ 104
 BMP, Windows Bitmap format 483
 BMPX, ビットマップの水平ピクセル数 482,
 484
 BMPY, ビットマップの垂直ピクセル数 482,
 484
 BP, 6th order anamorphic coeff. 93
 BPR, beam propagation 355
 BR, 6th order aspheric coeff. 93
 BSC 393

C

C 8 次の非球面 79
 CAD Export 530
 CAM 465
 CAM, CAM テーブルの計算 466
 Cartesian oval 98
 Catalog lens import 524
 Cauchy dispersion formula 245
 CCI, colour contribution index 370
 CDE, z-tilt 127, 219
 CEF, coupling efficiency 319
 CEFDB, coupling efficiency in decibel 319
 CGM, Computer Graphics Metafile 483
 Characteristics matrix 430
 CIND, gradient index surface coating indices
 226
 CIR 185
 CIY, curvature increment 80
 Clipboard 482, 486
 CLOSE 501
 CLS
 clear screen 237
 coating plot colour 418

- フィールドプロット色 61
 - COA 419
 - COA coating 416
 - Coating 363
 - attach to surface 422
 - calculating 430
 - coating orientation (on surface) 195
 - configuration 416
 - default coating (single layer $M_g F_2$) . 364, 422
 - default colours 520
 - editing 415
 - export performance data 429
 - Group delay 419
 - Group delay dispersion 419
 - index profile 428
 - material editor 427
 - new 421
 - optimization 426, 427
 - phase change 416
 - phase change introduced on optical path 423
 - plot colour 418
 - reference wavelength 416
 - reflectivity 430
 - shorthand entry 421
 - thickness variation 423
 - non-symmetrical 425
 - radial 424
 - transmissivity 430
 - Coatings
 - colours in plots 418
 - Colour
 - coatings 418
 - longitudinal 279
 - names 519
 - Colour contribution index 369
 - COM 70
 - COMA 394
 - Command
 - functions 53
 - lens database items 53, 492
 - line 49, 507
 - operating system 238
 - parameters 50
 - rules 55
 - Comments 192
 - surface 192
 - CON 円錐定数 79
 - Concatenation 495
 - Configuration data 58
 - Conrady D-d aberration 312, 515
 - Conrady dispersion formula 245
 - Contrast 397
 - CONVAGF, convert AGF glasscat 247
 - Conversion
 - Hologram coefficients 458
 - Coordinate system
 - global 43
 - object 45
 - Coordinates
 - global 203
 - COP, COPY 193, 217
 - Coupling efficiency 219, 319
 - CP, 8th order anamorphic coeff. 93
 - CPI curvature pick-up 79
 - CR, 8th order aspheric coeff. 93
 - CREF
 - CREF, coating reference wavelength. . 416
 - CSC 393
 - CTV, coating thickness variation 424
 - CUX, x-curvature 94
 - CUX, x-曲率 79
 - CUY, y-curvature 94
 - CUY, y-曲率 79
 - CX 393
 - CXN 393
 - CYN 393
 - CZN 393
 - CY 393
 - CYL, cylinder 85, 93
 - Cylinder surface 93
 - CZ 393
- ## D
- D 10 次の非球面 79
 - Damped-least-squares 377
 - DAR, decent. and return 128, 129
 - DAT, date 237
 - Database item *see* Lens database items
 - DEF 69, 219
 - DEF 69
 - Default coating 364, 422
 - DEFC, default constraints enable/disable .. 389
 - Defocus 69
 - DEL
 - APE, アパーチャ 186

- COA, coating 419
 EPD, (Entrance pupil diam.) 66
 FNO, (F-number) 65
 MUL, delete multilayer coating 417
 NAO, (num. aperture object) 66
 NA, (num. aperture) 66
 NSS 118
 PRE, pressure 436
 SOL, solve 125
 TEM, temperature 435
 TOL, surface tolerance items 437
 VIG 75
 plot rays 211
 RED, delete reduction ratio 125
 zoom position 217
 DEL, layer 419
 DEL, surface 194
 Delete
 coating 419
 layer 419
 surface 194
 zoom position 217
 DEZ, dezoom 214
 Dezoom 213, 214
 Diffraction
 blaze depth 105
 diagonal field PSF 302
 Encircled energy 310
 extended object 305
 grid field PSF 303
 hologram radial zones 458
 inside optical systems 349
 interferogram 313
 Knife edge function 309
 PSF diameter 302
 PSF ellipticity 302
 Strehl ratio 310
 X/Y cross sections of PSF 305
 DIM 57
 Dispersion 243, 260
 Abbe number 245
 offset 243, 260
 partial 246, 251
 plot 471
 partial dispersion offset 261
 primary 245
 Display
 interferometric deformation 166
 DIST 394
 Distortion
 grid 275
 plot 274
 DISX 274, 394
 DISY 274, 394
 DLA, X 軸周りの傾きの公差 440
 DLB, Y 軸周りの傾きの公差 440
 DLF, テストプレート適合の公差 438
 DLG, Z 軸周りの傾きの公差 440
 DLN, 屈折率の公差 439
 DLR, 半径の公差 439
 DLT, 軸方向厚さの公差 438
 DLV, 分散の公差 439
 DLX, X 方向変位の公差 439
 DLY, Y 方向変位の公差 439
 DLZ, Z 方向変位の公差 440
 DMD, Conrady weighted D-d difference .. 312,
 515
 dn/dT 246
 DNDD 434
 DNDDT 200, 246, 435
 DNDDTC 435
 DNO, index offset 243, 260
 DO construct, in macros 502
 DOE, 回折光学素子 ... *see* ホログラム, 107
 DP, 10th order anamorphic coeff. 93
 DPI distance pick-up 80
 DR, 10th order aspheric coeff. 93
 Drawing, element 462
 DTR, 参照厚さの公差 438
 DVO, dispersion offset 243, 260
 DVOM, dispersion offset model 260
 DXF, Data eXchange Format from AutoCAD
 483
E
 E 12 次の非球面 79
 ECE, encircled energy, diffraction based .. 310
 ECG, エンサークルドエネルギー, 幾何光
 学的 289
 ECHO command line 236
 EDG
 aperture option 186
 edge drawing 209
 edge spread function 309
 Edge thickness 459
 EDI
 CNF, configuration 58

- EDI 59, 63
 BPR, beam propagation parameter ... 355
 CCFG, coating configuration 416
 CMAT, edit coating (thin-film) materials
 428
 CNF, 構成 337
 COA, coating 417
 CTV, coating thickness variation 424
 FLD, field 58, 59
 FLD, フィールド 59
 GLP, glass polygon 399
 LAM, (wavelength) 63
 LAM, wavelength 58
 LDR 209
 MAC, macro file 489
 OPT, optimization operating parameters
 410
 SUR, surface editor 78
 TOL, surface tolerance items 437
 VAR, variables/targets 381
 ZOO, zoom 214
 ZRN, zernikecoefficients 169
 CAM, CAM の編集 467
 COA, coating editor 415
 SUR, surface editor 78
 UDS, user-defined or SPS surface ... 89
 UDS, user-defined or XYP surface ... 91
 EDI, zoom 214, 215
 Editor
 coatings 415
 macro 489
 multilayer
 seecoatings 415
 redo 78
 surface 77
 undo 78
 EFL 263, 392
 EIMD, extended object/image,diffraction based
 306
 ELE, element drawing 462
 Element Drawing 462
 Ellipse
 at major axis 88
 at minor axis 88
 ELX 185
 ELY 185
 Encircled Energy
 diffraction 310
 geometric 289
 END, terminate PRV environment 250
 ENDDO, in macros 502, 503
 ENDWHILE, in macros 503
 Ensquared Energy
 diffraction 310
 Environmental analysis 433
 EPD 66, 508, 509
 EPS, Encapsulated Postscript 483
 EPWR, 照明放射パワー 346
 EPX, include pupil distortion in ray aiming . 72
 EQE, ensquared energy, diffraction based . 310
 ERRF, optimization error (merit) function . 401
 ET, edge thickness 125, 394, 459
 Euler angles 132, 204
 EVA, evaluate 496
 Even power polynomial asphere 86
 Example Library 535
 EXC, expansion coefficient 435
 Excel 534
 EXI, プログラムの終了 30
 Exit from *OpTaliX* 30
 EXM, first surface mirrorexpansion coefficient
 435
 EXP, export lens file 527–529
 Export
 Aberrator 529
 ASAP 528
 USERFUNC 528
 Atmos 529
 coating performance 419
 coating performance data 429
 Code V 527
 Excel 466, 534
 graphics 483
 IGES 530
 lens prescription 527
 Modas 529
 Oslo 528
 POV-Ray 530
 PSF-data 301
 Zemax 527
 EXR 436
 Extended object 305
- ## F
- F 14 次の非球面 79
 F-number 65
 FACT, 視野の活性化可否 61

- FAN.....266
 Fan curves266
 FANL267
 Fast Fourier Transform (FFT)351
 FCOMP, film compose422
 FDISX.....274, 394
 FDISY.....274, 394
 FFT.....300, 306
 FHY.....191
 FHY fixed height190
 Fiber83, 151
 coupling efficiency319
 display modes327
 graded-index325
 mode profile324
 multi-mode325
 normalized frequency325
 single-mode324, 325
 step-index325
 tapered83, 151, 152
 Fictitious glasses220, 251
 FIE, field aberrations275
 Field
 FTYP (視野タイプ)61
 FWGT (視野の相対重み)61
 XAN60
 XIM60
 XOB60
 XRI60
 YAN60
 YIM60
 YOB60
 YRI60
 aberrations (FIE option)275
 Field points59
 FIL *see* INT-file
 File formats537
 interferometric deformation (.int)552
 radial spline (.spl)546
 coating (.otc)543
 configuration537
 glass catalogues (.csv)547
 GRIN catalogue glasses551
 GRIN dispersion data551
 lens data (.otx)538
 melt data (.ind)550
 ray data555
 test plates (.tpl)547
 Zernike (.zrn)546
 Filter (intensity apodization)163
 FIO, first order ray trace276
 FIR, first order analysis276
 FIR, 一次特性263
 First order276, 277
 ray trace276
 system data276
 FLO, fiber location319
 FNO65
 FOO452
 FOPT, coating (film) optimization419
 FOPT, thin film optimization427
 FORTRAN491
 Fourier Transform323, 349–351
 FPATH, file path237
 FPNAME, file path+name237
 FRA320
 FRB320
 FRCR321
 FRD320
 Fresnel83, 367
 number322
 reflection losses367
 FRMM321
 FRN1321
 FRN2321
 FRR319
 FRX320
 FRY320
 FSA319
 FSB319
 FSCR321
 FSD319
 FSMM321
 FSN1321
 FSN2321
 FSR319
 FSYM, film symbol422
 FTAR, coating (film) targets419
 FTH, フレネルの厚さ114
 FTYP, 視野タイプ61
 Function
 user-defined502
 Functions205
 in optimization387
 intrinsic53, 491
 FWGT61

G

- G 16 次の非球面 79
- GADE, gradient x-tilt 128
- GADE, 屈折率分布 X 軸回転 141
- Gaussian Beams 315
- Gaussian beams 349
- GBDE, gradient y-tilt 128
- GBDE, 屈折率分布 Y 軸回転 141
- GCAT, glass catalogue 469
- GCAT, glass catalogue view/edit 476
- GCDE, gradient z-tilt 128
- GCDE, 屈折率分布 Z 軸回転 141
- GDISP, gradient index dispersion name 551
- GDISP, 屈折率分布分散名 140
- GDX, ガウシアン発散角 X 317
- GDY, ガウシアン発散角 Y 317
- Gels 258
- General lens data 58
- GHO, ghost image analysis 280
- Ghost images 280
- GHP, ghost paraxial 282
- GHS, ghost spot 282
- GIS 屈折率分布勾配ステップ 140
- GIT 屈折率分布タイプ 141
- GL1 242
- GL2 242
- GLA, glass name 242, 246, 252, 419
- GLA, ガラス名 140
- Glass
- GL1 118
 - GL2 118
 - alternative glasses 201, 221
 - apochromatic selection 474
 - athermal glass selection 473
 - athermal map 471
 - bulk absorption 363
 - catalogs 469
 - catalogue 222, 243, 246, 470, 476
 - fictitious 220, 251
 - filter 256
 - gradient index 256
 - Infra-red 252
 - manager 469
 - map 470
 - melt glass 477
 - MIL-number 251, 252
 - new 477
 - optimization 398
 - plastics 252
 - polygon, used in optimization 398
 - private 248
 - radiation resistant 256
 - Sellmeier coefficients 477
 - special 252
 - view, edit 476
- Glass catalogs 469
- Glasses 241
- GLB, global reference 136
- GL0 global 203
- Global
- coordinates listing 203
 - coordinates/references 135
 - matrices 203
 - ray coordinates 265
 - surface coordinates 203
- Global surface coordinates 204
- GLP, glass polygon 399
- GMTFA, MTF, geometric, average 288
- GMTFS, MTF, geometric, sagittal 288
- GMTFT, MTF, geometric, tangential 288
- GNRD 289
- GOH, GO esc.Fkn. height 411
- GOMXS, GO max solutions 411
- Goos-Hanchen effect 117
- GOPT, グローバル最適化実行 411
- GOT, GO esc.Fkn. distance tol. 411
- GOV, Global opt. viewer 411
- GOW, GO esc.Fkn. width 411
- GPSF, geometric PSF 288
- GRA 482
- Gradient index 139, 256
- AXG 145
 - GLC 144
 - GRC 145
 - GRT 145
 - LPT 146
 - LUN 147
 - MAX 147
 - SEL 144
 - SPG 147
 - UDG 147
 - URN 146
 - coating indices 225
 - Gradient Lens Corp. 256
 - Grintech 256
 - LightPath 256
 - NSG 256
 - profile 475
 - tilt of profile 134

user-defined 147
 Gradient Lens Corp. 256
 Graphics
 clipboard 482, 486
 export 483
 file formats 482
 output device 482, 483
 printing, plotting 483
 Grating 83
 Gravity
 center of 222
 specific 222
 Gravity center 269
 GRD *see* INT-file
 grin.asc 551
 Grintech 256
 GRO grating order 81
 GRO, 格子次数 103
 Group delay 419
 Group delay dispersion 419
 GRX, grating frequency X 81
 GRX, 格子周波数 X 103, 108
 GRY, grating frequency Y 81
 GRY, 格子周波数 Y 103, 108
 GSC global surf. coord's. 203, 204
 GSM global surface matrix 204
 GZO 屈折率分布 Z オフセット 140

H

H 18 次の非球面 79
 Hartmann dispersion formula 245
 HCi 102
 HCO, ホログラム係数 102
 HCY 125
 HCY 264, 395
 Herzberger dispersion formula 244
 HMX 125
 HMY 125
 HMY 264, 394
 HOE, ホログラフィック光学素子 101
 HOE, ホログラフィック光学素子 .. 107, 108
 HOL *see* Aperture
 Hologram
 radial zones 458
 Hologram ホログラム面 101
 HOM, 屈折率均一性の公差 439
 HOR, hologram order 81, 109

HOR, ホログラム次数 102
 HOT, ホログラムタイプ 102
 HPGL, Hewlett Packard Graphics Language
 483
 HPH, ホログラム位相 458
 HPH, ホログラム位相 104
 HPHN, ホログラム位相数値 458
 HPHN, ホログラム位相数値 104
 HV1, ホログラム実/仮想ビーム 103
 HV2, ホログラム実/仮想ビーム 103
 HWL, ホログラム設計波長 102
 HX1, HOE の物点光源 X 104
 HX2, HOE の参照点光源 X 104
 HY1, HOE の物点光源 Y 104
 HY2, HOE の参照点光源 Y 104
 HZ1, HOE の物点光源 Z 104
 HZ2, HOE の参照点光源 Z 104
 HZO, 放射対称プロファイル上のホログラム
 ゾーン 458
 HZO, ホログラム放射状ゾーン 104

I

IBZ, 強度がゼロの領域で光線をブロック
 165
 IC, intersection direction 86
 IC, intersection direction 100
 IFG 313
 IFO, 焦点位置の増分 269
 IFR, 周波数の増分 298
 IGES 530
 export limitations 532
 supported entities 532
 トラブルシューティング 533
 ILL
 EXP, 照度データをファイルに保存 346
 FIL, 照度データを保存 346
 ILL, 照明解析 337, 346
 Illumination
 aiming to entrance pupil 341
 analysis 346
 bitmap sources 339
 flat sources 339
 Gaussian profile sources 339
 Gaussian source 339
 relative 368
 source display in lens layout plot 338
 target surface 346

- volume (real) sources 340
 ILN, 干渉計デフォーメーション/フィルター
 データをリンクとして保存.... 160
 Image
 diffraction analysis..... 297
 diffraction MTF 297
 extended object..... 305
 geometric analysis 263
 Image surface 196
 IMC, 像クリアランス 392
 IMD 69
 IMD, 像距離..... 392
 IMG, image surface 196
 IMP
 import Oslo file..... 522
 import Accos file 523
 import ATMOS file 522
 import catalog lens..... 524
 import Kidger file..... 523
 import MacLeod coating design 524
 import MODAS file 522
 import Optilayer coating design 524
 import TFCalc coating design..... 524
 import WinLens file..... 523
 import Zemax file..... 521
 Import 521
 Accos 523
 Atmos 522
 catalog lens 524
 Code V 521
 MacLeod coating design..... 524
 Modas 522
 Optilayer coating design..... 524
 Oslo 522
 Sigma-PC, Sigma 2000..... 523
 TFCalc coating design 524
 WinLens 523
 Zemax 521
 IMPR, improvement factor 410
 IMY 125
 INC, ステッピングインクリメント 466
 Incidence angle 225
 IND 242, 417
 IND, direct index specification..... 251
 IND, index of refraction
 in macros or LDI 250
 Index of refraction
 Cauchy formula..... 245
 Conrady formula..... 245
 Extended Sellmeier formula 244
 Handbook of Optics 1 formula 245
 Handbook of Optics 2 formula 245
 Hartmann formula 245
 Herzberger formula 244
 layer..... 417
 Nikon dispersion formula 244
 offsets 260
 old Schott formula 243
 reduced Sellmeier formula..... 244
 Sellmeier formula 243
 Index profile (of coatings)..... 428
 INE..... 243
 INPUT variables in macros 498
 INR..... 168
 INS, insert 193, 217, 419
 Insert
 layer..... 419
 surface..... 193
 zoom position 217
 Insertion loss 322
 INT, interferometric deformation 158
 INT-file..... 68, 552
 INT2P, two-path interferogram 314
 Interferogram 313
 dual-path 313
 Interferometric deformation, display 166
 Interferometric deformation 158
 INV
 COA, coating..... 417
 INV, 反転..... 220
 Invert
 surface..... 194
 INX, 2次元デフォーメーション x オフセット
 159
 INY, 2次元デフォーメーション y オフセット
 159
 IRR, 不規則性の公差 438
 Irradiance
 relative 368
 IRX, 2次元デフォーメーション x 方向の拡張
 159
 IRY, 2次元デフォーメーション y 方向の拡張
 159
 ISF, deformation scale factor 159
 ISO element drawing 462

K

K	79
KEFH, high level of knife edge function	309
KEFL, low/high levels of knife edge function	309
KEFS, knife edge function sagittal, diffraction based	309
KEFT, knife edge function tangential, diffraction based	309
Knife edge function	309
KX, X-conic constant	93
KY, Y-conic constant	93

L

LAC	280, 394
LAX, longitudinal aberration X	266
LAY, longitudinal aberration Y	266
LCA	394
LD	see VIE
LDS	207
LEN	57
Lens database item	53, 507
variables	507
Lens layout plot	
illumination source	338
Lens module (ideal lens)	83
LFC, list user-defined functions	205, 502
Light pipe	83, 151
LightPath	256
LIM, ステップされた分離またはパラメータの最大値	466
Liquids	258
LIS	
GLA, glass names	200
LIS	49, 192, 199, 419
MUL, multilayer coating	417
SOL solves	125
TPL, test plates	460
ALG, alternative glasses	199, 201
ALL	199
APE, apertures	199
CAM, CAM パラメータ	467
CAM, cam parameter	199
CNF, configuration	199
COM, surface comments	199
DNDT, dn/dT	199
EXC, linear expansion coefficient	199

IND, refractive indices	200
MUL, multilayer	200
OPT, optimization	200
OSP, optical spectrum	200
PAR, paraxial system data	200
PIK, pick up	200
PIK, ピックアップ	121
RAY	200
REM, remarks	200
TOL, tolerances	200
TPL, test plate fitting	200
List	199
alternative glasses	201
coating prescription data	419
global coordinates and matrices	203
global surface coordinates	203, 204
global surface matrix	203
lens prescription data	199
user defined functions	205
user defined variables	205
List, standard output	202
Log ray data	238, 555
LVR, list user-defined variables	205, 497

M

M2, 品質係数 M^2	317
MacLeod coating package	524
Macro	489, 507
#include	496
arithmetic expressions	53, 490
assignment statement	498
CLOSE statement	500
comments	506
concatenation	495
control statements	502
DO construct	502
Editor	489
evaluate	496
file inclusion	496
format statement in variables	495
formatted output	493
functions	
list	205
IF construct	504
INPUT statement	498
intrinsic functions	491
lens database items	53, 492

- list functions 205
 - list variables 205
 - logical line continuation 506
 - logical line separation 506
 - mathematical functions 491
 - OPEN statement 499
 - parameter 490
 - print 493
 - random number 491
 - read 495
 - return 505
 - run 490
 - SELECT statement 501
 - user-defined functions 502
 - Variables 495
 - variables 497
 - list 205
 - WHILE construct 503
 - MAE, minimum air edge thickness 389
 - MAG 392
 - Magnification 59
 - MAN multi-layer analysis 418
 - MAN, export coating performance 429
 - Manufacturing
 - edge thickness 459
 - ISO element drawing 462
 - test plate fitting 460
 - Materials 241, 252, 477
 - air 259
 - gels 258
 - gradient index 256
 - Infra-red 252
 - infrared 252
 - liquids 258
 - plastics 252
 - radiation resistant 256
 - thin-film (coating) 427
 - Matrix
 - surface tilts and decenters 133
 - MAXAOI, maximum angle of incidence ... 225
 - MAXFLD, max. number of fields 59
 - MAXFLD, set maximum field points 59
 - Maximum incidence angles 225
 - MAXSRC, 許容される最大光源数 331
 - MELT 478
 - Melt glass 477
 - data sheet 477
 - Merit-function *see* Optimization, *see* Optimization
 - MFL, module focal length 81
 - MFL, モジュール焦点距離 184
 - MFR 298
 - MFRA, maximum frequency in autofocus
 - calculations 219
 - MFRA, オートフォーカス計算における最大周波数 298
 - MFRD 298
 - MFRF 298
 - MHT maximum heights 191
 - MIL-number 251
 - Mirror 82
 - surface type 82
 - transmission analysis 364
 - MMF, multi-mode field 322
 - MNA, minimum air center thickness 389
 - MNC, min cycles 410
 - MNE, minimum edge thickness 389
 - MNT, minimum center thickness 389
 - MOD 184
 - Modulation transfer function ... 219, 308, 402
 - geometric 287
 - MOV move 194
 - MPI material pick-up 80
 - MPR, mode profile 319
 - MRD, モジュール縮小率 184
 - MTF
 - geometric 287, 288
 - MTF
 - in autofocus 219
 - MTF_{2D}, 2次元MTF 297
 - MTFA 297, 394
 - MTFS 297, 394
 - MTFT 297, 394
 - Multi-configuration 213
 - MXA, minimum angle of incidence 389
 - MXC, max cycles 410
 - MXG, 最大屈折率分布反復回数 141
 - MXH 118
 - MXH, maximum hits 81
 - MXT, maximum center thickness 389
- ## N
- NA 66
 - NAO 66
 - NAX, new axis 128–130
 - NDA *see* INT-file
 - new lens 57

NFLD, number of fields in use 59
 NFNC, partial dispersion plot 470
 NILR, 照明受信光線数 347
 NNU 470
 Non-sequential
 MXH maximum hits 118
 absorbing 120
 converting 118
 entrance port 120
 exit port 120
 general notes 120
 glasses 119
 ray transfer 120
 surface type 83, 118
 NOR, "no-raytrace" surface 137
 NOR, "光線追跡をしない" 面 79
 NRD 66
 NSG 256
 NSS, non-sequential 81, 118
 NWL, no. of wavelengths 63

O

OAL 264, 392
 OBD, 物体距離 264
 Object
 extended 305
 Objects 59
 OBS *see* Aperture
 Odd power polynomial asphere 87, 88
 OERR, optimization error limit 411
 Offset
 dispersion 260
 partial dispersion 261
 OID 264
 OMN, omni-directional min/max angles 72
 OOS 264
 OPD *see* Optical Path Difference
 OPD, optical path difference 312
 OPDFAN 267
 OPDW, optical path difference in waves 312
 OPEN 500
 Operands 384
 Operating System 238
 Operating system commands 238
 OPL 394
 OPT, optimization 377, 401

Optical Path Difference ... 158, 163, 305, 308,
 311
 Optical spectrum 63
 Optilayer coating package 524
 Optimization 377, 445
 coating 426
 contrast vs. resolution 397
 damped-least-squares 377
 default constraints 388
 description of output 407
 error limit 411
 fractional improvement 410
 glasses 398
 global opt. example 412
 Global optimization 411
 GO esc.fkn. distance tol. 411
 GO esc.fkn. height 411
 GO esc.fkn. width 411
 GO max solutions 411
 GO viewer 411
 include targets from file 386
 lens database items 387
 Levenberg-Marquardt (LM) 378
 maximum number of cycles 410
 merit-function 377, 384
 minimum number of cycles 410
 parameters 409
 ray grid 410
 run coating optimization 427
 targets 384, 426, 507
 terminating 408, 411
 user-defined constraints 387
 variables 383, 426
 weight on aperture 397
 weighted constraints 391
 weights 390
 optix.cfg 41
 ORB, Orbscan II deformation 159
 Orbscan Topography System 164
 ORGR, optimization ray grid 410
 OSP, optical spectrum 63
 OSP, 光学スペクトル 64
 OTH, optical thickness of layer 419
 OUT 482, 484

P

PA1, PA2 371

- parabal 47
 paraxial 47, 69, 263, 276, 277, 349
 PATH 394
 PCO, $P_{C,s}$ offset 243, 261
 PCX, Paintbrush graphics format 483
 PETZ 394
 PGO, $P_{g,F}$ offset 243, 261
 Photopic 64
 Physical optics 349
 Rayleigh range 354, 358
 angular spectrum 349
 BPR, beam propagation 355
 command overview 355
 converting field to rays 352
 converting rays into field 353
 coupling efficiency 359
 EDI BPR 355
 free-space propagation 358
 Fresnel approximation 351
 operator 351
 propagation control 353
 propagation parameters 355
 propagation through optical interface 351
 PTP, plane-to-plane 350, 354
 STW, sphere-to-waist 351, 354
 talbot imaging 359
 transfer at optical interfaces 352
 WTS, waist-to-sphere 351, 354
 PIK 121
 PIM 69
 PIM 124
 Pinhole 349
 PLANCK 64
 Planck 63
 PLO
 DIG 275
 CTV 424
 PLO 274
 DIG 274
 DISX 274
 DISY 274
 FDISX 274
 FDISY 274
 INT 159
 LAC 280
 SSP 279
 STREHL 311
 WAV 312
 ZRN 167
 interferometric data 166
 Plot colours
 coatings 418
 Plot rays 210
 Plotting 481
 PMA, 瞳強度マップ 271
 PMI, light pipe mirror 152
 PNG, Portable Network Graphics format 483
 POF
 POF, pupil oversize factor 66
 Point spread function
 geometric 288
 write to file 301
 POL, turn on/off polarization analysis 424
 POL 371
 APE, polarization across aperture 371
 ELL, polarization ellipses 371
 LAM, polarization vs. wavelength 371
 Polarization 364, 371
 coherency matrix 372
 degree of 374
 electric vectors 372
 input polarization state 372
 phase change on TIR 374
 ray tracing 371
 Stokes vectors 374
 total internal reflection 374
 POLD, 偏光度 512
 POLP, 偏光位相 512
 POLRAY, trace polarization ray 372
 POLSTATE 371
 POLX, 偏光振幅 X 512
 POLY, 偏光振幅 Y 512
 Polygon aperture 187
 from file 188
 POR 371
 POS, zoom pos. 214
 POV"Persistence of Vision" 530
 POX, POY, POZ, plot offsets 209, 215
 PPOS, plot zoom position 209
 PRD 264
 PRDI 264
 PRE, pressure 436
 Printing 481
 Private glass 248
 Cauchy coefficients 249
 Hartmann coefficients 249
 Laurent coefficients 249
 Sellmeier coefficients 249
 Wavelength-index data pairs 248
 PRN, プリンターデバイス 482

Propagation	349
ProSource TM	340
PRSI, trace polarization ray	372
PRV, start private glass	250
PSF	301
PTH, physical thickness of layer	419
PUI	68
PUX	68
PUY	68
PWL, private wavelength	250

Q

Q-type asphere	95
QSM, ガウス平滑化直径	291
QST, 四分割ステップサイズ	291
QUA, 四分割ディテクタ解析	291
QUIT, プログラムの終了。EXI も参照 ...	30
Quit	<i>see</i> Exit

R

RAD, 放射エネルギー, 幾何光学的	289
Radial Energy	289
Radiant Imaging TM	340
RAG, 半径方向二次勾配の公差	439
RAIM, ray aiming method	71
RAIO, ray aiming option	71
RAIS, ray aiming max. step	71
RAIT, ray aiming tolerance	71
RAND, random number	518
Random number	491
RAW2INT, raw データを INT 形式に変換	159
Ray	
file format	555
global coordinates output	265
logging to file	238, 555
polarization ray	371
single	265
Ray aiming	
mode	71
omni-directional	71
paraxial	71, 72
stop surface	71, 72
telecentric	71
of single ray	266
option	71

tolerance	71
wavelength dependence	72
Ray source viewer	343
RAYCX	211
RAYCY	211
Rayleigh range	318, 354, 358
RAYLOG, ray logging	239
Rays	
grid in entrance pupil	66
Raytrace	
paraxial	129
RAYX	211
RAYY	211
RCX	315
RCY	315
RDM radius mode	57
RDX, x-radius of curv.	94
RDX, x-曲率半径	79
RDY, y-radius of curv.	80
RDY, y-曲率半径	94
RDY, 曲率半径	392
REC	185
RED, reduction ratio	125
REDO, redo a parameter change	78
Reduction ratio	125
References	135
REFL, reflecting	81, 242
Reflection	363
losses	367
REFR, refracting	81, 242
REG make regularglass	221
REM	70
Remarks	70
REN, render	208
RES	
COA, coating	416
RES, restore	416
RES, restore	58
Resolution	397
Restore	416
coating	416
Restore lens data	58
REV, revert tilt and order	132
REX	185
REY	185
RIM	267
RIRR, relative irradiance	368
RMD, refractive/refractive mode	81, 242
RMD, 屈折/屈折モード	114
RPWR, 照明受信パワー	346

RSI, trace single ray, relative pupil coords. 265
 RSP, single ray plot 208
 RUN (execute macro) 490
 RUN, execute macro 490

S

S 79, 82
 S? 53
 SADE, 光源アルファ傾き 333
 SAG, 面のサグ 226
 SAP, 射出瞳の位置 263, 509
 SAP, 射出瞳位置 392
 SAPI 264
 SARAY, 光源解析光線 335
 SAV
 OSP, optical spectrum 64
 SAV, save 58
 COA, coating 416
 Save 416
 coating 416
 Save lens data 58
 SBDE, 光源ベータ傾き 334
 SCA scale 220
 Scale system 220
 Scaling 220
 SCDE, 光源ガンマ傾き 334
 SCO, special surface coefficient 97
 SCO, special coefficients 89, 91, 96, 98
 SCO, special surface coefficient 85, 98
 SCOS, 光源コサインパワーファクター 335
 Scotopic 64
 SD, max. semi-diameter 511
 SDIVX, 光源 X 方向の発散 334
 SDIVY, 光源 Y 方向の発散 334
 Secondary spectrum 279
 Seidel aberrations 277
 SELECT 501
 Sellmeier 477
 Sellmeier dispersion, reduced 244
 Sensitivity
 on tolerances 403, 447
 tolerances in optimization 403
 SEP, 入射瞳の位置 263, 509
 SET
 FAN 211
 MAG, magnification 59
 MHT maximum heights 191
 RAY 211
 VIG, vignetting 75
 SETUP
 ACR, achromatic doublet 232
 LURIE, Lurie-Houghton telescope ... 233
 SLE, lens of best form 232
 TEL 234
 Setup
 achromatic doublet 232
 analytical 231
 lens of best form 232
 Lurie-Houghton 232
 reflecting telescope 233
 SGREF, 光源グローバル参照 333
 SH1, 前主点の位置 508
 SH1, 最初 (前) の主平面 264
 SH2, 後主点の位置 508
 SH2, 第二 (後) の主平面 264
 SIN, trace single ray, absolute pupil coords.
 265
 Single layer $M_g F_2$ 364, 422
 SLB 70
 SLID, slider control 235
 Slider controls 235
 SOFA, 光源角度オフセット α 334
 SOFB, 光源角度オフセット β 334
 SOL solve 125
 Solves 124, 125
 AMY 125
 HCY 125
 HMX 125
 HMY 125
 IMY 125
 UCY 125
 UMX 125
 UMY, angle solve 125
 ET 125
 delete 125
 in zoom systems 218
 Source 339, 340
 coordinates 335
 defined by rays 340
 emittance characteristics 337
 flat source 339
 Gaussian profile 339
 in lens layout plot 338
 ray aiming 341
 ray file formats 555
 transform source (ray) data 345
 viewer 343

- SPHA 394
- SPD 394
- Spectrum
- optical 63
- SPG, specific gravity 81, 223
- SPH 79
- spherochromatism 313
- SPL load spline coeff's. 157
- Spline
- radial 156
- SPLN number of spline points 157
- SPLR, radial spline 156, 157
- SPLZ, spline deformation 156, 157
- SPMS, スポットマーカサイズ 269
- SPO 49, 216, 219, 267
- RIS, 光線交点 269
- Spot
- gravity center (centroid) 269
- SPR 268
- SPRAY, 照明プロット光線 335
- SPS, Qbfs asphere 96, 97
- SPS, Qcon asphere 98
- SPS, special surface 85
- SPWR, 光源パワー 333
- SPX 219, 394
- SPY 219, 394
- SRC
- PWR, 光源放射パワー 333
- REF, 照明光源参照 333
- TYPE, 光源タイプ 332
- USE, 光源使用 332
- SRC
- ADE, 光源 X 軸回りの傾き 333
- AOFFS, 光源角度オフセット α 334
- ARAY, 光源ごとの解析光線数 335
- BDE, 光源 Y 軸回りの傾き 334
- BOFFS, 光源角度オフセット β 334
- CDE, 光源 Z 軸回りの傾き 334
- COS, コサインパワー 335
- DIVX, 光源 X 方向の発散 334
- DIVY, 光源 Y 方向の発散 334
- LIS, 照明光源リスト 335
- NXI, X 方向の画像セル 346
- NYI, Y 方向の画像セル 346
- PRAY, プロット光線数 335
- WAV, 光源波長番号 335
- XDE, 光源 X 方向の偏心 333
- XEXT, 光源 X 方向の拡張 333
- YDE, 光源 Y 方向の偏心 333
- YEXT, 光源 Y 方向の拡張 333
- ZDE, 光源 Z 方向の偏心 333
- SRC, 光源定義 331
- SRX, ガウシアンスポットサイズ X 317
- SRY, ガウシアンスポットサイズ Y 317
- SSR 279
- SSZ *see* INT-file
- Start *OpTaliX*
- from DOS windows 30
- from program group 29
- from Windows Explorer 30
- Starting designs 535
- Statistics 448
- STE, 線形ステッピングパラメータ 466
- STO stop surface 79
- STREHL 311
- Strehl ratio 310
- SUR *see* INT-file
- Surface
- "no-raytrace" 137
- ADE x-tilt 127
- BDE y-tilt 127
- BEN bend 128, 129
- CDE z-tilt 127
- DAR, decent. and return 128, 129
- GADE gradient x-tilt 128
- GBDE gradient y-tilt 128
- GCDE gradient z-tilt 128
- GLB, global reference 136
- NAX new axis 128
- NAX, new axis 129
- REV revert tilts and order 132
- THR thickness reference 136
- TLM tilt mode 128–131
- TLT group tilt 128
- XDE x-decenter 127
- YDE y-decenter 127
- ZDE z-decenter 127
- 2-dimensional deformation 83
- array 83, 153
- array cell 153
- asphere 79, 82
- axicon 100
- channel 153
- comments 70, 192
- compound tilts on BEND surface 131
- cop 193
- curvature 80, 94
- curvature increment 80
- cylinder 80, 94
- decentered 82

deformation 156, 158
 delete 194
 editor 77
 filter, intensity 163
 fixed aperture 190
 fresnel 83
 global referencing 135
 gradient index 83, 139
 grating 81, 83
 grating frequency 81
 hologram order 81
 holographic 83
 image surface 196
 intensity apodization 163
 interferometric deformation 158
 invert 194
 label (comment) 70
 lens module 83
 maximum hits 81
 mirror 82
 module 81
 move 194
 non-sequential 81, 83
 pick-up 79, 80
 pointer 52
 qualifiers 50
 radius of curv. 80
 reference thickness 81
 reflecting 81
 refracting 81
 sag 226
 shorthand entry 82
 special qualifiers 51
 sphere 82
 spline 156
 spline deformation, radial 83
 step index fiber 83
 step index fiber 151
 stop 79
 thickness 80
 tilt of GRIN media 134
 tilt sequence 132
 tilted 82, 127
 TIR 81, 83
 transformation matrix 128, 133
 two-dimensional deformation 158
 type 79, 82
 undo-redo 78
 user-defined 83, 177
 Zernike 83

Surface editor 89, 91
 Surface qualifier 51
 SUSE, 照明光源使用 332
 SUT, surface type 79, 82
 SUT, 面タイプ 140
 SVG, Scalable Vector Graphics format 483
 SWAV, 光源波長番号 335
 SXDE, 光源 X 方向の偏心 333
 SXEX, 光源 X 方向の拡張 333
 SYDE, 光源 Y 方向の偏心 333
 SYEX, 光源 Y 方向の拡張 333
 SYL, システム長 264, 392
 SYM, 非球面対称不規則性の公差 438
 SYS, operating system command 238
 System aperture 65
 SZDE, 光源 Z 方向の偏心 333

T

T ターミナルデバイス (画面) 482
 Talbot imaging 359
 TAR (targets) 377
 Targets 384
 TCA 394
 Telescope 232
 Cassegrain 234
 Gregory 234
 Lurie-Houghton 232
 Ritchey-Chretien 234, 235
 TEM, temperature 435
 Test plates 460
 adding 462
 file format 547
 fitting 460
 listing 460
 manufacturers 461
 TFCalc coating package 524
 TGR, transformation grid 321
 THI, axial thickness 81
 THI, 軸方向厚さ 392
 Thin film *see* Coating
 Third order
 analysis 278
 Third order aberrations 277
 THM, mirror thickness 80, 81, 223
 THO, third order analysis 278
 THR, reference thickness 81, 136
 Tilt sequence 128, 132

- Tilts
- bend..... 131
 - decenter and return..... 118, 129
 - new axis..... 130
- TIM, time..... 237
- TIN, thickness increment..... 80
- TIR, total internal reflection..... 81
- TIR, 全反射..... 114
- TIT..... 70
- Title..... 70
- TLM, tilt mode..... 128–131
- TLT group tilt..... 128
- TMAT, transformation matrix..... 134
- TMAT,transformationmatrix..... 128
- TOL
- INV, inverse tolerances..... 448
 - SEN, sensitivity analysis..... 445
- TOLC, 公差基準..... 444
- Tolerance sensitivity..... 403, 447
- Tolerancing..... 437
- Beta distribution..... 450
 - compensators..... 444
 - back focus..... 445
 - optimization settings..... 445
 - default tolerances..... 441
 - editor..... 440
 - Gaussian distribution..... 449
 - inverse..... 437, 448
 - Monte Carlo..... 437, 448
 - optimize sensitivity..... 403, 447
 - performance criteria..... 444
 - RSS..... 447
 - sensitivity..... 437, 445
 - optimize..... 447
 - statistical..... 448
 - Statistical distributions..... 448
 - tolerance items..... 437
- Tools
- achromatic doublet analytical setup.. 232
 - analytical setup..... 231
 - Cassegrain analytical setup..... 234
 - convert fictitious glasses to real glasses
220
 - lens of best form..... 232
 - Lurie-Houghton analytical setup..... 232
 - reflecting telescope analytical setup.. 233
 - Ritchey-Chretien analytical setup..... 235
 - scaling..... 220
 - slider controls..... 235
 - weight and volume..... 222
- Toroidal surface..... 94
- Total internal reflection..... 374
- TPF, tilt pick-up factor..... 80
- TPI tilt pick-up..... 80
- TPL, test plate fitting..... 460
- TRA, average transmission along a ray.... 366
- TRA Y/N, enable/disable transmission
analysis..... 366
- TRA..... 367
 - FLD, 視野に対する透過率..... 366
 - LAM, 波長に対する透過率..... 366
 - NUM, 数値出力..... 366
 - SUR, 表面に対する透過率..... 366
- TRA, transmission..... 366
- TRA, 単一光線の平均透過率..... 515
- Transform source ray data..... 345
- Transformation matrix..... 133
 - of surfaces..... 203
- Transmission
- aperture averaged..... 367
 - cement..... 364
 - chief ray based..... 365
 - colour contribution index..... 369
 - default coating..... 364
 - enable/disable transmission analysis . 366
- TRAP, P-pol transmission along a ray..... 366
- TRAP, 単一光線の P 偏光透過率..... 515
- TRAS, S-pol transmission along a ray..... 366
- TRAS, 単一光線の S 偏光透過率..... 515
- TRR, 定義済み光線の透過率..... 366
- TSA
- Tolerance sensitivity on tilt about X-axis
396
 - X 軸周りの傾きに対する許容感度 . 405
 - X 軸周りの傾斜における公差感度 . 514
- TSB
- Tolerance sensitivity on tilt about Y-axis
396
 - Y 軸周りの傾きに対する許容感度 . 405
 - Y 軸周りの傾斜における公差感度 . 514
- TSEQ, tilt sequence..... 128, 132
- TSF
- Tolerance sensitivity on test plate fit . 395
 - テストプレート適合に対する許容感度
404
 - 原器合わせにおける公差感度..... 512
- TSG
- Tolerance sensitivity on tilt about Z-axis
396
 - Z 軸周りの傾きに対する許容感度.. 406

- Z 軸周りの傾斜における公差感度... 514
- TSH
Tolerance sensitivity on index
 homogeneity 396
 屈折率の均一性における公差感度 . 514
 屈折率均一性に対する許容感度 ... 406
- TSI
Tolerance sensitivity on surface
 irregularity 395
 面の不規則性における公差感度 ... 513
 面の不規則性に対する許容感度 ... 404
- TSN
Tolerance sensitivity on refractive index
 395
 屈折率における公差感度 513
 屈折率に対する許容感度 404
- TSR
Tolerance sensitivity on radius change 396
 曲率半径の変化に対する許容感度 . 406
- TST
Tolerance sensitivity on thickness ... 395
 厚さにおける公差感度 513
 厚さに対する許容感度 404
- TSV
Tolerance sensitivity on dispersion... 395
 分散における公差感度 513
 分散に対する許容感度 405
- TSX
Tolerance sensitivity on X-decenter .. 395
 X 方向偏心における公差感度 513
 X 方向偏心に対する許容感度 405
- TSY
Tolerance sensitivity on Y-decenter .. 396
 Y 方向偏心における公差感度 513
 Y 方向偏心に対する許容感度 405
- TSZ
Tolerance sensitivity on Z-decenter .. 396
 Z 方向偏心における公差感度 513
 Z 方向偏心に対する許容感度 405
- U**
- UCO, ユーザー定義係数 177
- UCY 125
- UCY 264, 394
- UDG, user-defined gradient 147
- UDS, ユーザー定義面 177
- UGR, user-defined graphics 329
- UGR, ユーザー定義グラフィックス 226, 227
- UMX 125
- UMY 125
- UMY 264, 394
- UNDO
 OPT 401
- UNDO, undo a parameter change 78
- User-defined
 constraints (in optimization) 387
 functions 387, 502
 in ASAP 528
 gradient index 147
 graphics 36, 329
 surface 177
 surface type 177
 variables 387, 497
- V**
- Vacuum 259, 433
- VAR, variables 377
- VAR, variables (in optimization) 380
- Variables 205, 377, 383
 in lens database items 507
 in macros 497
 in optimization 387
 in qualifiers 51, 507
- VARZ, zoom variables (in optimization) .. 380
- VIE
 SRC, source defined by rays 343
- VIE, lens layout plot 207
- Viewer
 ray source 343
- Vignetting 75, 368
 SETVIG 75
 analysis 286
 plot 287
- VIGP, vignetting plot 287
- VLS 格子 104, 110
- VLX 75
- VLY 75
- Volume 222
- VPT, viewpoint 207
- VUX 75
- VUY 75

W

WAV	219, 394
WAV, wavefront aberration rms	312
WAV, wavefront (rms)	516
Wavefront Aberration	311
Wavefront, perturbation	163
Wavelength	
WL	63
weight	63
Waves	349
WAVPV, wavefront (PV)	516
WAVZ	312
WDX, fiber wedge angle in X	321
WDX, ウエスト距離 X 平面, 関数	317
WDY, fiber wedge angle in Y	321
WDY, ウエスト距離 Y 平面, 関数	317
WEI, lens weight	222
Weight, of lens	222
WFR	<i>see</i> INT-file
WHILE construct, in macros	503
WL	63
WMF, Windows Metafile Format	483
WRL, write lens in Code V sequential format	58, 527
WRX, ウエスト半径 x	315
WRY, ウエスト半径 y	315
WT, weight on error function	390
WTA, weight on aperture	397
WTC, weighted constraint	391
WTF	61
WTW	63
WVL	<i>see</i> INT-file
WZRN, wavefront Zernike	169
WZRN, ゼルニケ波面	167

X

X	392
XAN, x-field angle	59
XDE x-decenter	127
XGR, スポットダイアグラムの重心 X	269
XIM, x-image	59
XOB, x-object	59
XRI, 実像高さ	60
XSC	393
XSG	393
XY polynomial asphere	90

Y

Y	392
YAN, y-field angle	59
YDE y-decenter	127
YGR, スポットダイアグラム重心 Y	269
YIM, y-image	59
YOB, y-object	59
YRI, 実像高さ	60
YSC	393
YSG	393
YTO toric surface	79
YTO, Y-toroid	85

Z

Z	392
ZACT, ゼルニケアクティベーション	167
ZDEz-decenter	127
ZED, text based zoom editor	217
ZED, zoom editor text based	214
Zernike	
definition	171
Extended Fringe set	173
Fringe set	172
phase surface	176
Standard set	174
surface	83
ZFE, 拡張フリッジ・ゼルニケセット	167
ZFR, フリッジ・ゼルニケセット	167
ZOO	213
Zoom	213
copy position	217
delete position	217
dezoom	213
editor	
spreadsheet	215
text based	217
insert position	217
number of positions	213, 214
solves	218
ZRN, ゼルニケ面	167
ZRN, 標準ゼルニケセット	167
ZSC	393
ZSG	394
ZWACT, ゼルニケ波面アクティベーション	168
ZWACT, ゼルニケ波面アクティベーション	167

ZWX.....315

ZWY.....315