

第 1 章

はじめに

このチュートリアルマニュアルは、SYNOPSISYS 光学デザインプログラムのビギナーユーザを対象としています。別のボリューム (ユーザーマニュアル) は 450 ページ以上にわたり、すべてのプログラム機能の解説となっています。このチュートリアルマニュアルは、数日でプログラムの特徴を学習していただくことを意図して書かれています。できればプリントしてご使用ください。

SYNOPSISYS のエキスパートになられたとしても手元に置かれることをお勧めするのが Syntax Summary (構文のサマリ) で、インストールディレクトリにある "Syntax Summary.pdf" です。このファイルを開き、全体をプリントしてお使いください。

SYNOPSISYS をご使用になる前に：

SYNOPSISYS を使用するためには光学に関するいくつかの一般的知識が有用です。以下にそれらをリストしました。：

一次光学 (ガウス像高、主平面、ラグランジュ不変量など)

スネルの法則、サイデル収差

回折理論の基礎 (エアリーディスクの構造、干渉など)

フーリエ理論 (変調伝達関数、または MTF)

あなたにとって目新しいものがあれば、このマニュアルの終わりにリストされている基本的な光学教科書を参照されることをお勧めいたします。上記にリストされたような用語が SYNOPSISYS マニュアル中では詳細な説明なしで使用されます。

準備はよろしいですか？ このチュートリアルの次の数セクションで、SYNOPSISYS の簡単な使用方法をご説明いたします。まず最初にレンズを操作しながら基本的なスクリーン上のツールの使用に慣れていただきます。プログラム中へのデータの入力、あるいはプログラムからのデータの取り出しを学習すると、より複雑なレンズでより洗練された機能を使用することができるよう。座標系や符号の取り決めなどの規則を適当量紹介するつもりです。



最初のセッション


でははじめましょう。SYNOPSISYS には強力なヘルプファイルが搭載されています。Help は任意の場所から F1 キーを打つことで最も簡単にアクセスできます。開いたヘルプのセクションが必要である項目でないなら、**Contents** か **Index** をクリックしてください。このほかに **HELP** をタイプすると直接インデックスが開きます。SYNOPSISYS コマンドを学習するとき、**"HELP + そのコマンドのニーモニック"** をタイプすると直ちにそのセクションを開くことができます。たとえば HELP DWG をタイプするとレンズの描画機能である DWG の説明が得られます。

SYNOPSISYS を起動すると Command Window (コマンドウインドウ) に数行のテキストが表示されます。インストラクションが不適当だったり、異なるディレクトリにいる場合、ガラステーブルなどのような必要ファイルが見当たらないというメッセージが表示されます。インストールはいつでもデフォルトのディレクトリに行うようにしてください。問題が解決できない場合は株式会社リーディングテックスにお問い合わせください。

コマンドウインドウは DOS 窓をエミュレートします。このウインドウでコマンドをタイプし、結果を閲覧します。このウインドウにはスクロールバーがあるので、前に表示されたテキストも見ることができます。出力されたテキストのおよそ 65000 文字のキャラクタを保持し、この上限に達したときの動作は **Options|Command Window** で設定することができます。**Prompt When Full** を選択すると、バッファがいっぱいになったときにプログラムは停止し、現在のウインドウの内容を消すか、または新しいウインドウを開くことができます。もう一方の選択肢は **Recycle Command Window** で、表示されていない最上部を消して、最下部に出力を続けます。したがっていつまでもスクロールして出力し続けます。

最初にプログラムを開くとスクリーンに表示されるのはプログラムとともにインストールされたスタートアップマクロ、SYSTART.MAC およびいくつかの AI シンボルです。これらについては後方の章に説明がありますが、最初に、利用できる機能を例示するいくつかの簡単な操作をご紹介します。

コマンドの代わりにマウスクリックで始めましょう。サイドバーにある  ボタンをクリックすると、レンズライブラリの現在の内容のリストを見ることができます。インストール後にライブラリが変更されていないければ、最初の "ID MIT 1 TO 2 MICRON LENS" をクリックします。OK をクリックします。次にサイドバーの  をクリッ

クするとモニタスクリーンにレンズが描画されます。次に  をクリックします。スプレッドシート形式のレンズデータエディタが現れます。このスプレッドシート上で任意の変更を加え、Close ボタンでシートを閉じることができます。

SYNOPSYS の操作をするには多くの方法があり、この SPS はわずかなインストラクションで多くのユーザーが使用できる方法です。他に、より速く、より強力な手法がありますが、それらについてはマニュアルの後方で例をご覧に入れます。何よりも強力なのはもちろんコマンド入力による方法です。

コマンドをタイプせずにすべてをメニューとツールバーから操作していたとしても、実際には背後でそれらの機能によって自動的に発生したコマンドで動作しています。コマンドを使用するには、あとの演習でやっていただくように、単にコマンドウインドウにそれらをタイプしてください。

Command-Mode Input コマンドモード入力

SYNOPSYS のひとつのコマンドはプログラムにすぐに特定の行動を取らせる一連の文字です。次をタイプして、

INT

< CR > または Enter キーを押してください。ほとんどの場合マニュアルには明記しませんが、コマンド文字列の後にはこのキーを入力する必要があります。相当する全文字列 "INTERACTIVE" と入力してもよいのですか、最初の 3 文字の入力で十分です。(あとに説明する AI 機能やガラステーブルでは 4 文字以上の入力が必要な場合もあります。) **INT** コマンドでは AI 機能が停止された状態でインタラクティブモードに移行します。(しかしプログラムに習熟するのに伴って AI モードは必要ではなくなるでしょう。)

また、ツールバーボタンの  で AI モードを ON/OFF できます。SYNOPSYS のコマンドはいずれのモード

でも動作しますが、AI モードでは英文をタイプするだけで、それが作業のためのコマンドであるかどうかにかかわらず、多くの有用な作業を実行することができます。このマニュアルの後方で AI 入力をご覧いただけます。

自己完結型ではなく、続いて数行のデータを必要とするコマンドのバリエーションもあります。これは FILE HEADER COMMAND（ファイルヘッダコマンド）です。これらのコマンドがタイプされると、プログラムはファイル全体が読み込まれるまでアクションを停止します。しかしプログラムはプロンプト文字列を変更してそれらのファイルの途中であることを示します。INT をタイプするとプロンプトがスクリーンに現れます；

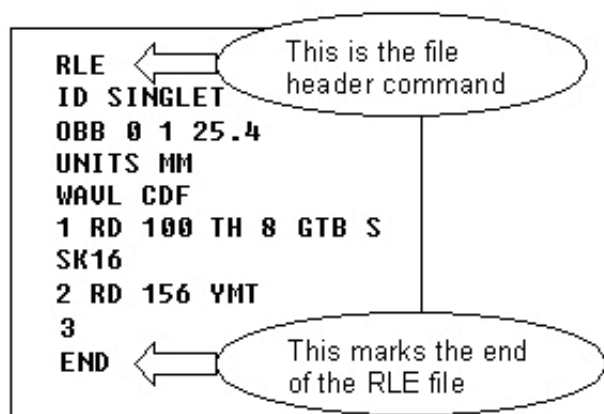
SYNOPSIS>

これが基本的なコマンドモードプロンプトです。AI モードではこれが次のように変わります；

SYNOPSIS AI>

ファイル入力の途中で異なるプロンプトが表示された場合、プログラムはファイルの残りの部分を処理しているだけで、これは通常 **END** または **PLOT** の入力で完了します。したがって、その時点でメニュー項目やツールバーボタンをクリックするのは控えてください。最初に開始したものを先に完了させるか、完了させずに終了したい場合には < **Esc** > キーを押します。

次にコマンドモードで単レンズのデータを入力してみましょう。この単レンズは **SYS** と **SPS** ダイアログで対話して簡単に入力することができ (**太字**は、それらが有効な SYNOPSIS コマンドであることを示します)、空白を埋めて入力しますが、コマンドでのこの操作は簡単で、一度覚えてしまえば何よりも手早く操作できます。SYNOPSIS を使っていくのに伴ってこの種の入力が、SYNOPSIS に送られる前に通常はマクロエディタで行われることがご理解いただけると思いますが、このチュートリアルではしばらくはリアルタイムでの処理を実行してみます。コマンドウインドウに以下のテキスト行をタイプしていただきます。Enter キーで行を終了する前に入力を誤ったことがわかった場合は、バックスペースキーで修正することができます。矢印キーでカーソルを移動して変更しないようにご注意ください。これは DOS ウィンドウのエミュレーションであり、矢印キーは認知されません。すでに < CR > キーを押してしまった場合は、この例題ではその行だけを正しく入力しなおしてください。これはレンズ入力ファイルであり、行の入力順序は特に重要なわけではありません。以下の入力行をタイプしてください：



SYNOPSIS ではほぼ完全に自由なフォームで入力でき、どのカラムにタイプするのかに注意を払う必要がありませんが、いくつかの例外もあります。入力ファイルで一行にガラス名 "SK16" を入力しました。これが通常の入力規則に従わない例で、ほとんどの光学ガラスがその指定に 3 文字以上を必要とするため、プログラムは別の方法でその行を取り扱うのです。行に次のようにガラス名を入力することもできます

1 GTB S "SK16"

この場合は引用符が SYNOPSIS にすべての文字を考慮するように指示しています。

ここで、何がおきているのかを説明します。

RLE 行を入力するとスクリーンのプロンプトは次のように変わり；

RLE>

現在レンズファイル入力の途中であることを示しています（ニーモニックは "Read LEns" から派生しています。SYNOPSIS のコマンドは覚えやすいように構成されています。）次に文字 ID で始まるレンズの識別を入力しました。この行には最大 33 文字までを入力してレンズの識別に使用できます。この情報はレンズリストやグラフィックプロットに現在のログ番号とともに印字されます。ここに SINGLET をタイプしました。この情報は単に便宜上のもので、レンズの履歴を追跡する助けとなります。

次の行はオブジェクト座標を与えています。際 3 章に説明のあるとおり、オブジェクトの記述法には 7 通りあります。今回はオブジェクトの OBB 型を使用し、オブジェクトが無限遠方にある場合にはもっとも便利です。この行の数値は OBB 行で有効な 7 つの引数のうちの 3 つだけを指定して：ゼロが最初の面でのマージナル光線角度（無限遠方から飛来するため）を、1 が度単位での視野の半角を、25.4 が最初の面の頂点平面での軸上ビームのアパーチャーの半値を指定しています。この段階では実際には SYSOPSYS で記憶しておかなくてはならないフォーマットは多くはなく、これらのデータを入力する順序を忘れた場合は SYS を使用することもできますが、この方法は暗記しておかれることをお勧めいたします。（あるいはオブジェクト（と瞳）の定義を Pupil Wizard で入力することもできます。その場合は **MPW** をタイプして入力ボックスを埋めます。レンズは mm 単位で入力し、CDF で三つの波長を入力しています。この入力法では直接実際の波長を入力する場合のトラブルを避けることができますが、この他のオプションもあります。次の三行はほぼ等価です；

```
WAVL CDF
WAVL .6563 .5876 .4861
WA1 .6563 .5876 .4861
```

主な相違は WAVL オプションがちょうど 3 本または 5 本の波長を必要とするのに対して、WA1 オプションが一本から 5 本までの任意の波長入力を許容することです。その他の相違としては；WA1 で 5 本の波長を入力した後に **WA2** でさらに 5 本までの波長を入力できることです。全部で 10 本の波長を定義できることになります。ほとんどのイメージ解析項目では単一波長または現在定義されているすべての波長での解析をするオプションが用意され、10 本すべての波長が定義されていれば 10 色での解析ができることになります。三番面の相違は波長の順序についてです。WAVL 入力では自動的に 2 番目の波長を主波長、第一、第三の波長を長波長、短波長として収差解析のために設定します。これについては第 3 章に説明があります。WA1 オプションは通常明示的な色番号定義を必要とし、これについても第 3 章に説明があります。

デフォルトですべての波長のウエイトは等しく設定されますが、WT1、WT2 でウエイトを指定することができます。ウエイトの数は入力した波長と等しくなくてはなりません。これらのデータはダイアログ MMC または SYS でインタラクティブに行うことができ、あるいはスペクトラムウイザード MSW で自動的に生成することができます。

ここまでのところはきわめて簡単だと思います。サーフェスデータのニーモニック入力はほとんどの場合自明で、**RD** は曲率半径（Radius）を意味しますし、**TH** は厚さ（Thickness）を、**GTB S** はショットのガラステーブル（Glass Table Schott）を意味し次の行にはガラスタイプを入力します。これらのニーモニックと引数のペアの順序はこの場

合重要ではなく、たとえば RD の前方に TH を入力することもできます。ある面に適用されるデータがその面番号に続き、したがってほとんどの場合これらの行をどの順序においてもかまわないことに気づかれたことでしょう。

ニーマニック YMT については少々説明が必要です。これは Thickness (厚さ) のソルブの例で、他のレンズデータと異なり、実際の数値が入力されていません。第 3 章に説明がありますが、非常に多くのソルブがあり、曲率半径あるいは厚さに適用できて、プログラムは継続してそれらを参照します。このソルブは、この例ではイメージ面となっている、次の面での近軸マージナル光線が高さゼロとなるように第 2 面の Thickness (実際にはエアスペース) をコントロールします。ではこのゼロは何に由来するのでしょうか。他のほとんどのニーマニック同様、YMT は引数をとることができます。たとえばその行に YMT .5 と入力すると、目標値はゼロではなく 0.5mm となります。一般的ルールとしては：ニーマニックの後に引数が必要とされるにもかかわらず入力されない場合、その引数についてはゼロが仮定されます。また、ニーマニックに続く引数がオプションであり、それらに値を指定しない場合にはデフォルト値がとられるような場合もあります。これらの場合を区別するためマニュアルではオプションデータについてはそのデータの説明を括弧 [] で、必要な引数については { } で囲っています。さて、私たちはこのレンズが常に近軸焦点位置にイメージ面があるように指定したことになります。たとえば後で面の曲率半径を変更すると、結果としてこのエアスペースは結果として自動的に変更されます。

イメージ面は第 3 面にあり、ここには面番号以外のデータは入力しませんでした。単に番号を入力するとその面の存在が宣言されるだけで、他のデータが入力されていないためにプログラムは空気が後に続くデフォルト面を採用します。SYNOPSYS の多くの機能はイメージ面品質の評価を呼び出し、ほとんどすべての場合では系の最後にある面で実行されます。誤って第 3 面が省略されると、プログラムはレンズの裏面でイメージ品質を評価することになってしまいます。


ファイルのすべてが読み込まれると、系の一次性能を与える近軸光線追跡プログラムの出力で応答します；

GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF
7.43108	425.72618	8.38044	412.68628	8.00000	0.00000

Basic Operations:

基本操作

ではこのレンズで基本的な操作をしてみます。唯一モニタスクリーン上にある行をプリントしたいとしましょう。プ

リントツール  をただクリックすることもできますが、これではコマンドウインドウのすべての内容を印字し

てしまいます。ウインドウにある他のデータが必要ではない場合、コマンド **CCW** (Clear Command Window) で削除し、プリントしたいコマンドを入力します。この場合は近軸光線追跡コマンド、**PXT** です。そしてプリントボタンをクリックします。

プリントするための他の方法もあり；**NCW** (New Command Window) をタイプするか、ボタン  をクリック

して新たなコマンドウインドウを開き、そのウインドウに **PXT** をタイプして、プリントボタンをクリックします。他に、**PON** コマンドを使用する簡単な方法もあります。この例のように新たなウインドウでプリントしたい項目を簡単に再生できる場合は簡単ですが、そうでなくて現在のウインドウの内容の一部だけがほしい場合はどうか分かりません。この手順についても Help の [Command Window](#) セクションに説明があります。

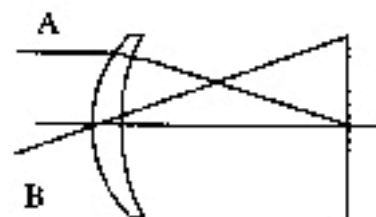
PXT P コマンドを使用して 2 つの近軸光線の面ごとの座標を問い合わせることもできます。レンズが非常に長くてリストの一部だけが必要な場合、たとえば **PXT 13 22** と入力して、面 13 から 22 のセクションだけについてのリスト

を得ることもできます。このフォーマットは面ごとのデータをプリントする多くの SYNOPSIS の機能で動作します。

PARAXIAL RAYTRACE DATA

SURF	Ymarg	U'marg	Imarg	Ychief	U'chief	Ichief
OBJ	0.00000	2.540E-11		-1.74551E+10	0.01746	
APS	25.40000	-0.09725	0.25400	0.00000	0.01077	0.01746
2	24.62201	-0.05966	0.06058	0.08618	0.01780	0.01132
IMG	0.00000			7.43113		
GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF	
7.43113	425.72911	8.38049	412.68917	8.00000	0.00000	

上のリストでは、「Y」が光線の高さ、「U」が屈折後の角度、「I」が入射角度を示します。光線 A はマージナル光線、B は主光線です。



次はレンズの仕様をリストするために使用するコマンドです。
コマンド **SPEC** をタイプしてみましょう。

ID SINGLET 1842 08-JUL-99 10:03:38

LENS SPECIFICATIONS:

SYSTEM SPECIFICATIONS

OBJECT DISTANCE (TH0)	INFINITE	FOCAL LENGTH (FOCL)	425.7262
OBJECT HEIGHT (YPP0)	INFINITE	PARAXIAL FOCAL POINT	412.6863
MARG RAY HEIGHT (YMP1)	25.4000	IMAGE DISTANCE (BACK)	412.6863
MARG RAY ANGLE (UMPO)	0.0000	CELL LENGTH (TOTL)	8.0000
CHIEF RAY HEIGHT (YPP1)	0.0000	F/NUMBER (FNUM)	8.3804
CHIEF RAY ANGLE (UPPO)	1.0000	GAUSSIAN IMAGE HT(GIHT)	7.4311
ENTR PUPIL SEMI-APERTURE	25.4000	EXIT PUPIL SEMI-APERTURE	24.9109
ENTR PUPIL LOCATION	0.0000	EXIT PUPIL LOCATION	-4.8420

WAVL (uM) .6562700 .5875600 .4861300

WEIGHTS 1.000000 1.000000 1.000000

COLOR ORDER 2 1 3

UNITS

MM

APERTURE STOP SURFACE (APS)

1

SEMI-APERTURE

25.45751

FOCAL MODE

ON

MAGNIFICATION

-4.25726E-10

POLARIZATION AND COATINGS ARE IGNORED

SURFACE DATA

SURF	RADIUS	THICKNESS	MEDIUM	INDEX	V-NUMBER
0	INFINITE	INFINITE	AIR		
APS	100.00000	8.00000	SK16	1.62041	60.32 SCHOTT
2	156.00000	412.68629S	AIR		
IMG	INFINITE				

KEY TO SYMBOLS

A SURFACE HAS TILT CENTERS	B TAG ON SURFACE
G SURFACE IS IN GLOBAL COORDINATES	L SURFACE IS IN LOCAL COORDINATES
O SPECIAL SURFACE TYPE	P ITEM IS SUBJECT TO PICKUP
S ITEM IS SUBJECT TO SOLVE	M SURFACE HAS MELT INDEX DATA

第2面の厚さはプログラムが生成し、第3面が近軸焦点位置にあるため、PARAXIAL FOCAL POINT と IMAGE DISTANCE が等しいことにご注目ください。第2面の Thickness 値に続く S はソルブが有効になっていることを示しています。

Artificial Intelligence

人工知能

次に人工知能機能を楽しんでみましょう。たとえばレンズの F/# が知りたいとしたら、いつでも SPEC リストを参照することができますが、その出力から F/# を探し出すよりもプログラムに知りたいことを直接問い合わせることができたら便利だと思いませんか？ SYNOPSYS では AI（人工知能）を使ってそれが可能なのです。いまコマンドプロンプトが "SYNOPSYS AI" ととなっていないければ、"AI" とタイプしてこの人工知能を起動してください。そしてキーボードから次のようにタイプします；

FNUM?

質問 **FNUM?** は AI プログラムへの有効な入力で、次のような回答が得られます；

SYNOPSYS AI>**FNUM?**

The F/number or 1/Beam Diam. in afocal mode (FNUM) is 8.38043678

AI を使ってさまざまな変更や数値の取得を要求することができます。構文は基本的に平易な英語文で、このマニュアルの後方に説明があります。ここでは練習として下にあるサンプルで質問をタイプしてみましょう。太字部分をタイプすると、プログラムはその下にあるように応答します。

SYNOPSYS AI>**PRINT BACK**

The paraxial image distance (BACK) is 412.68628752

SYNOPSYS AI>**WHAT IS THE SPHERICAL ABERRATION?**

The third-order spherical aberration sum (SA3) is 0.82349474

SYNOPSYS AI>**SA3?**

The third-order spherical aberration sum (SA3) is 0.82349474

SYNOPSYS AI>**WHERE IS THE STOP?**

The aperture stop is on surface number 1

SYNOPSYS AI>**PUT THE STOP ON 2**

The aperture stop is on surface number 2

SYNOPSIS AI>**2 TH?**

The thickness or spacing of surface number 2 is 412.68628752

SYNOPSIS AI>**2 TH = 412**

The thickness or spacing of surface number 2 is 412.00000000

ご覧いただいたように AI プログラムは非常にフレキシブルで、多様な文で値を取得したり、変更することができます。ボキャブラリーリストを見るには、AI に有効な主語、動詞、条件を AI にリクエストしましょう：

SUBJECTS?

VERBS?

CONDITIONS?

詳細についてはユーザーマニュアルの第 15 章をご覧ください。ここでは上の例でニーマニック SA3 を三次の球面収差 (多くの単語には、同義語があります) として使用し、そして第 2 面の Thickness 値を明示的に入力したときに、プログラムが自動的に YMT ソルブを削除したことにご注目ください。この時点でレンズにはフォーカスソルブがなくなっているのでこれを戻してみましょう。**CHG** ファイルで実行できます：

CHG

2 YMT

END

現在プログラムは AI モードとなっていますが、通常のコマンドモードのすべての入力を受け付けます。たとえば SPEC リストの一次部分だけを取り出すには次のようにタイプすればよく

SPEC SYS

これはぜひこの段階でお試し下さい。

さて、いくつかの簡単な解析コマンドでこの最初の演習を終わりにしましょう。**太字部分**をキーボードからタイプすると、プログラムは次のように出力します。


```

SYNOPSIS AI>SFAN 5 2
ID SINGLET
SAGITTAL RAY FAN ANALYSIS
27-JAN-98 07-29-56

FRACT. OBJECT HEIGHT      HBAR      0.000000  GBAR      0.000000

REL ENT PUPIL              RAY ABERRATIONS
XEN              DELTA X      DELTA Y
-----
0.200            -0.006598      0.000000
0.400            -0.053018      0.000000
0.600            -0.180281      0.000000
0.800            -0.431893
1.000            -0.855315
SYNOPSIS AI>TFAN 5 2 1
ID SINGLET
TANGENTIAL RAY FAN ANALYSIS
27-JAN-98 07-30-21

FRACT. OBJECT HEIGHT      HBAR      1.000000  GBAR      0.000000
CHIEF RAY COORD. AT IMAGE  Y      7.431137  X      0.000000
GAUSSIAN IMAGE HEIGHT      7.431078

REL ENT PUPIL              RAY ABERRATIONS
YEN              DELTA Y
-----
-1.000           0.690437
-0.800           0.330913
-0.600           0.126519
-0.400           0.031257
-0.200           0.002582
0.200            -0.016182
0.400            -0.086046
0.600            -0.251276
0.800            -0.556490
1.000            -1.050795
SYNOPSIS AI>

```

Sagittal fan of 5 rays in color 2

This column gives fractional entrance pupil coordinates

Tangential fan of 5 rays in color 2 at full field

This column gives the difference between each ray and the chief ray, in the Y-direction.

第2波長、ゼロフィールド、瞳座標 (0, 1) の光線の各面での経路は以下のように取得できます：

```
SYNOPSIS AI>RAY 2 0 0 1 SURF
```

INDIVIDUAL RAYTRACE ANALYSIS

```

FRACT. OBJECT HEIGHT      HBAR      0.000000  GBAR      0.000000
FRACT. ENTRANCE PUPIL COORD.  YEN      1.000000  XEN      0.000000
COLOR NUMBER                2

```

SURF	RAY VECTORS		(X DIR TAN) (Y DIR TAN) (INC. ANG.)			HH	UNI
	X	Y	Z	ZZ			
OBJ	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		2.540000E-11	
1	0.000000	25.400000	3.279578	0.000000		-0.099743	14.714339
2	0.000000	24.732379	1.973024	0.000000		-0.062300	3.426229
IMG	0.000000	-0.855319	0.000000				

```
SYNOPSIS AI>
```

このコマンド中で、波長番号 "2" が明示的に要求されています。しかし第2波長は主波長なので、"RAY P 0 0 1

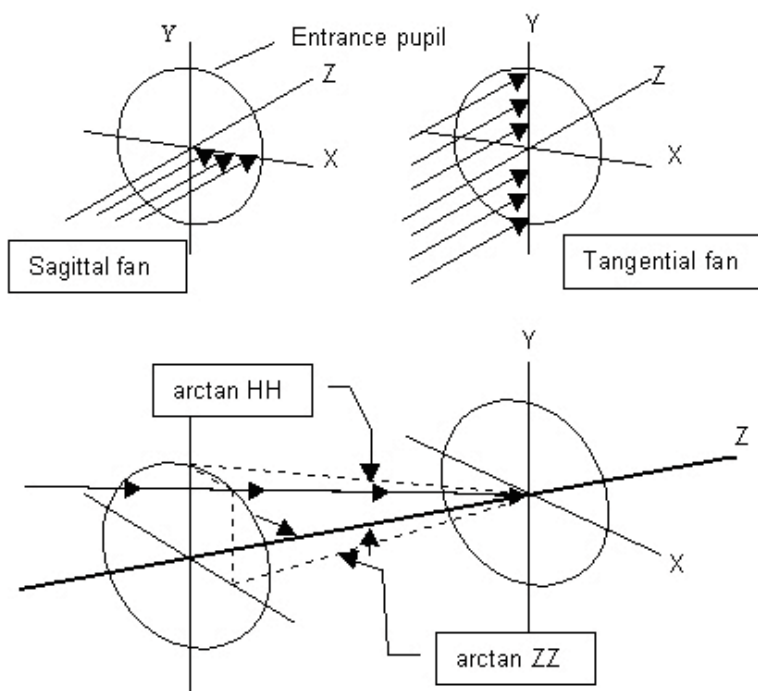
SURF" と入力することもできます。"P" は波長番号を要求するほとんどのコマンドで有効で、これにより主波長が参照されます。

ここで入力したコマンドはユーザズマニュアルでは以下のような構文で説明されています

RAY { ICOL / P } HBAR XEN YEN [SURF / 0] GBAR

下線のある部分が数値で置き換えるべき引数です。ここにあるニーモニックはマニュアル全体を通して使用され：ICOL は波長番号、HBAR は Y 方向の部分フィールド、XEN と YEN は部分フィールド座標、GBAR は x 方向の部分フィールドですが、Y 方向のフィールドしか定義していないので、とりあえずこのレンズでは存在しません。{ ICOL / P } の記述は波長番号または文字 P を入力しなくてはならないことを意味します。


上のリストを図解すると下図のようになります；



最後になりますが、AI はユーザーフレンドリーなモードです。ボキャブラリにない語をタイプすると AI はそれを指摘し、その単語のみを再入力するようにお知らせします。文全体を再入力する必要はありません。たとえば次のように問い合わせようとすると、

What is the rrd of surface 3?

プログラムは "rrd" を認識せず、その単語で始まる 4 文字を再入力するように求めます。求めに応じて "rad "(4 文字) をタイプすると、その文は正しく処理されます。まだ学習され始めたばかりですから、タイプエラーで AI の文でないコマンドを入力しようとしてこのメッセージをたびたび見られることでしょう。その場合は単に <esc> キーを押してその行を書き直すか、または何もタイプせずに Enter キーを押すか、あるいは AI に問題があると思われた場合は

は AI モードを OFF にする (INT とタイプするかボタン  をクリックします) ことができます。

次の章ではより洗練された入力、マクロエディタの使用、およびいくつかのグラフィック機能について説明します。


第 2 章

ユーザーインタフェース

先の章でリアルタイムでの単レンズの入力といくつかのコマンドを学習していただき、SYNOPSIS での操作がいかに簡単かをご覧いただきました。次の課題はマクロエディタを使用したトリップレットレンズの入力と、さらに進んだ解析の実行です。いずれこのレンズを最適化することになりますが、最適化では特にその作業の多くをプログラムとの対話で行うため、まずはエディタの扱い方について知っておかなくてはなりません。

MACros マクロ

ご存知かもしれませんが、マクロというのはファイルに入力されてひとつの単位として実行される、単なる一連の入力行です。第一章で作業していただいたすべての入力は、それをあらかじめ用意しておいて SYNOPSIS に送って実行させ、前回と同一の出力を得ることができます。与えられた作業で二行以上の入力が見込まれる場合は、それらの行を頻繁に入力すると思われるので、リアルタイムでの入力よりもマクロで行うのが有利です。このセクションではトリップレットレンズの入力をひとつのマクロで行っていただきます。

多くの SYNOPSIS の機能同様、マクロエディタはマウスのクリック、あるいはキーボードから起動することができます。コマンド **EE** (Excellent Editor) は、すでに開いているウインドウがなければ新たなエディタウインドウを、すでに開いてまだ閉じられていないものがあれば最後に使用したエディタウインドウをアクティブにします。あるいはウインドウフレームのメニューアイテム **MACro|Create a New Editor Window**、または単にボタン  をクリックして開くことができます。ウインドウが開いたら次の各行をタイプします；



```
RLE
ID COOKE TRIPLET F/4.5
OBB 0 20 5.555
APS 3
UNITS MM
1 CV .04652472 TH 2 CAO 5.5555 GTB S
SK16
2 CV -.008062 TH 5.25509
2 CAO 5.5555
3 RD -19.105175 TH 1.25 N13 61164 61659 62848
3 CAO 5
4 CV .045497 TH 4.93473 CAO 5.0
5 CAO 5.5555 CV .0030457 TH 2.25 PIN 1
6 RD -16.75377 YMT 0 CAO 5.5555
7
END
```

タイプ作業を省きたいときは行をコピーして EE エディタにペーストすることもできますが、ペースト時に含まれる余分な行；

SYNOPSIS Help File Document

が Windows によって自動的に追加されるのでこれは削除してください。

入力が終わったらボタン  をクリックし、ファイル保存のダイアログで COOKE とタイプして OK をクリック、

そしてボタン  をクリックしてください。このボタンは最も最近の名前でファイルを保存して実行します。あるマクロを一度実行すると SYNOPSIS はそのマクロの内容を記憶し、そのウインドウを閉じた後でも再び開くことなく **GDS** (Get Data Set) コマンドで常に行うことができます。これはイメージ解析のために作ったマクロを繰り返し実行したい場合などに便利です。ボタン  で新たなウインドウを開くこともでき、これで異なるコマンドセットを保持するエディタを任意の数だけ生成することができます。

このマクロを実行すると RLE ファイル中のデータ、そして PXT 行がスクリーン上でスクロールされるのを観察されることでしょう。(このファイルが波長の定義を持っていないことに気づかれたでしょうか。デフォルトでは単に WAVL CDF です。)

FOCL 値に注目してみましょう；およそ 50 mm となっているはずです。そうでない場合はおそらくタイプエラーがあるので、**EE**を再入力して修正してください(またはエディタウインドウをクリックしてタイプしなおしてください)。**SPEC** リストを参照するとエラー発見の手助けになるかもしれません。

さらにいくつかの SYNOPSIS コマンドを試してみましょう。**PRT** は **SPEC** や **POP** とは異なったフォーマットで、最後のエアスペースに置かれた YMT ソルブのような現在有効なオプションを表示、**CAP** はクリアアパーチャデータを、**EDGE** は各エレメントとエアスペースのエッジ厚さをそれぞれリストするコマンドです。これらのコマンドをタイプして、どのような結果が得られるかを確認してください。**MLL** コマンドをタイプすればダイアログでレンズリストに関連したコマンドの選択ができ、**MLL** コマンドではさまざまなユーティリティを表示します。

The SideBar

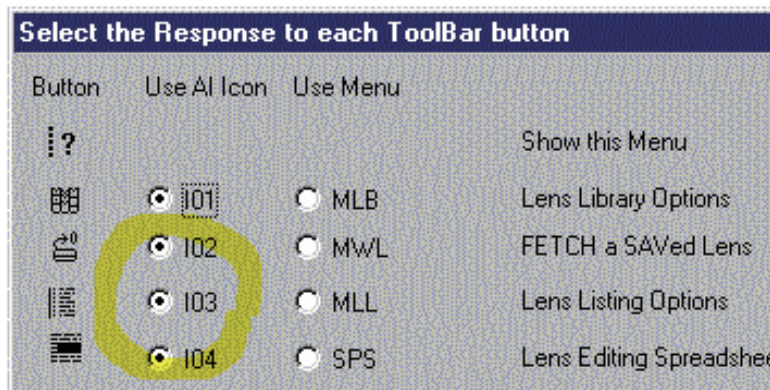
サイドバー


これまででいくつかのコマンドをタイプしていただきましたが、マウスクリックで同様の作業をする方法を見てみましょう。SYNOPSIS の左側にはツールバーボタンが並んでいます。マウスカーソルをこれらのうちのひとつに移動したときにどうなるかを観察してください(クリックはしないでください(先にコマンドウインドウをクリックし、このヘルプウインドウを最小化して置いてください))。



ボタンをポイントし、マウスをしばらくそのままにしておきます。"Tool Tips (ツールチップ)" ウインドウ

がこのボタンの機能 "Program Tool Bar" を表示していますか？他のボタンも同様の Tooltips を持ち、必要なボタンを探すのに役立ちます。これらのボタンの実際の機能は一番上方のボタンのクリックでどのようにでも変更することができます。このボタンでダイアログが開き、特定のボタンにダイアログを開かせるか、何らかの作業を直ちに行わせるかを選択することができます。ではこのボタンをクリックしてみましょう。



このダイアログではボタン行は左に表示されていて、それらの殆どが右側に二つのラジオボタンを持っています。上の図では "I03" の選択がツールバーボタン  として選択されています。これは "Icon03" のことで、AI が参照するまでは何の意味も持ちません。AI 文の "SYMBOLS?" をタイプしてください。定義した文字列になっていますか？

SYMBOLS?

- 1 AIP 0
- 2 PP* RPT .02 10 2 1 3
- 3 FF* FINAL 5
- 4 TT* EM TEST
- 5 I01 MLB
- 6 I02 MWL
- 7 I03 SPEC
- 8 I04 LE
- 9 I05 THIRD
- 10 I06 DWG 0 1 99 HBAR 0 1 -1

...

この例では I03 が文字列 "SPEC" として定義されています。次は AI の最も有用な機能です。ダイアログを閉じ、このボタンをクリックしてみます。SPEC リストが再び表示されます。ここでダイアログをもう一度開き "MLL" ラジオボタンを選択します。ダイアログを閉じてこのボタンをもう一度クリックします。今度は MLL ダイアログがひらき、さまざまな種類の SPEC、その他のリストコマンドから選択することができます。SPEC コマンドは AI プログラムの中でどのように I03 と関連付けられているのでしょうか？

AI Symbol Substitution AI のシンボル置換

SYNOPSIS を立ち上げるとプログラムは初期化と、これらの定義を表示する他のマクロ ICONS.MAC を探して実行します。リアルタイムでシンボルを定義することもできます。コマンドウィンドウで次のようにタイプして見ましょう

I03: PRT

コロンの後にはスペースを挿入してください。これで再びそのサイドバーボタンをクリックすると、今度は SPEC リストではなく PRT リストが得られます。コマンドウィンドウで "I03" とタイプしても同様です。この方法で有効な SYNOPSIS コマンド、AI 文、あるいは他のシンボルを定義することができます。次をタイプしてください；

PPP: SPEC/CAP


次に **PPP** とタイプします。SPEC リストが表示され、続いて CAP リストが続きます。あなたは今までに存在しなかった新たなコマンドを作ったことになります。AI についてはさらに多くの機能がありますが、それらについては後の章でご覧いただきます。

ここで、注意すべきことがあります：このコマンド **PPP** は SYNOPSIS の **EXIT** 時に消えてしまいます。消去されずにプログラムの起動時に毎回使用できるようになるパーマネントコマンドを定義するには、その定義を CUSTOM.MAC に入力しておきます。このファイルもまた SYNOPSIS 起動時に自動的に実行されるファイルです。ファイル ICONS.MAC サイドバー定義のデフォルトセットですが、このファイルはソフトウェアの更新時に入れ替えられてし

まいます。したがって独自の定義を保存する場合はCUSTOM.MACをお使いになるのがよいでしょう。(追加のユーザーディレクトリを作成すれば、USER 以外はいずれのファイルも書き換えられることはありません)。ICONS.MAC を編集するには  ボタンをクリックします。次にボタン  をクリックして保存と実行を行います。

Graphics

グラフィクス

それではトリプレットを描画し、いくつかのグラフィック機能を試してみましょう。単に  ボタンをクリックして描画することもできますが、コマンドを使用するとより詳細を知ることができます。このレンズの Y-Z プロファイルを描画するのはいくつかのオプション引数とともに使用する **DWG** コマンドです。SYNOPSIS のマニュアルではそのようなコマンドはつぎのように記述され；


DWG [TSCF [JSSS JSPS [HBAR NB NB NB]]]

角括弧 [] がその入力オプションであり、下線部分はニーモニックでなく数値を入力することは記憶されていると思います。たとえば引数 [**TSCF**] は "Times Scale Factor (倍数スケールファクタ)" で、これが 2 であれば 2 倍のスケールである、などを意味し、これがオプションであるためこの引数を入力しない場合はプログラムが適当なスケールを設定します。また、描画する最初と最後の面を指定し (**JSSS**, **JSPS**)、ニーモニック **HBAR** と 3 つまでのフィールド角度引数を与えて光線が追跡されるフィールドを 3 つまで与えることもできます。ダイアログ **MPL** は入力すべきボックスを提供してくれるので同様の作業が可能ですが、コマンドの存在を知っておけばマクロにそれを記述することもできます。

DWG プログラムはデフォルトでレンズ全体を描画し、バックフォーカス距離がレンズの最初の頂点から最後の頂点までの総長を超えない限りイメージ面を自動的に含めます。デフォルトの光線はフィールドの端から追跡されます。レンズのバックフォーカスが合計の厚さを超えるため、イメージ面がプロットに確実に現れるように、イメージ面を指定して描画させます。(かなり遠方にあってもイメージ面を描画させるモードスイッチ 63 があります。これについては後のセクションに説明があります。) 以下はデフォルトスケールで図を作成させるコマンドです；

DWG 0 1 99


ここではスケールファクタに 0 を入力していますが、これは面番号 (1 99) が DWG コマンドでは 3 番目と 4 番目に入力しなくてはならず、したがって 2 番目の位置に何らかの入力が必要だからです。面は 99 個より多くはないのでこの入力行はレンズすべてを描画し、スケールファクタのゼロは明らかに意味を持たないのでプログラムはデフォルト値で置き換え、この例では 3.448 となります。このコマンドをタイプしたときに PC からのビープ音が聞こえたで

しょうか。エラー指示  が点灯しているかを確認してください。ビープ音がしたりこのボタンが赤くなってい

る場合はいつでも、このボタンをクリックしてどのようなメッセージが発せられているのかを確認してください。今回の場合、レンズエレメントが明示的にクリアアパーチャ (CAOs) を持っていて、全幅にわたってはレンズを通過しないために入射ビームはそのままのサイズでは全体を通過しません。

このトリプレットで各面に CAO 値 をタイプしましたが、これは一般的には不要です。プログラムは数本の光線光路をテストして各面での有用なデフォルトアパーチャを計算し、それらは "*User CAO" ではなく "Soft CAO" のメッセージつきで CAP リストに表示されます。これらの二つの場合は異なる方法で取り扱われ；デフォルトの softCAO はプ

プログラムが**ビネット**を探す時には無視されます。このレンズはしかし CAO なしでもエッジフェザリングのためにまだ**ビネット**があり、この例では DWG でさらに減少しています。DWG で CAO あるいはフェザリングエッジにかかわらず全瞳にわたって追跡させたい場合は RLE または CHG ファイルで (または **SYS** ダイアログで選択して) システムオプション **NOVIG** を含めるか、**スイッチ 65** を ON にします。このシステムオプションは**ビネット**チェックを OFF にし、光線追跡が追跡されれば有効であると考慮され、スイッチは単に DWG に**ビネット**を無視させます。多くのシステムオプションがあり、それらの使用法については必要に応じて説明します。


任意の特定のエラーメッセージを、表示されたときにそのエラーボックスの "Do not show this message...." をクリックして表示を停止することができ、また  ボタンですべてのビープを停止することができます。しかしこの操作をした場合は頻繁にエラーボタンが赤く点灯していないかを確認する必要があります。

MPL をタイプして最初の DWG ボタンをクリックしてください。またはコマンドウインドウで単に **DWG** をタイプしてください。同一の結果となり、描画済みのグラフィックウインドウがポップアップします。

レンズを描画するために使用した DWG プログラムは各エレメントの Y-Z プロファイルを表示し、左右対称のレンズにはふさわしい図です。ティルトやディセンタのある系を観察したい場合にはワイヤフレーム透視図や、ソリッドモデル表示 (**PER**, **SOLID**, **RPER**) といったより一般的な 描画プログラムが用意されていて、これらはこのマニュアルの**第 7 章**に説明があります。

グラフィックスウインドウの上方にある Save ボタンをクリックすると図を保存することができ；このフォームでは後で操作していただくように、図にアノテーションを加えることができます。

The Lens Library レンズライブラリ

SYNOPSIS は 10 個分のスペースのレンズライブラリを持っています。また、マクロの入力フォーマットで、あるいはコマンド **SAVE** と **FETCH** で、あるいは **FILE | SAVE** またはボタン  で任意の数のレンズの保存、読み込みが可能です。作業中のコピーを置いておくにはライブラリが最も便利な場所です。ライブラリコマンドは；

PLB	ライブラリ内容の印字
STORE [NB]	
GET NB	
DLL [NB]	ライブラリリストの削除 (ライブラリからのレンズの削除)

今回のトリプレットの保存にはまず **PLB** を実行し現時点でのライブラリの内容を確認します。最初の位置に重要なものがなければ**STORE1**と入力します。次に **PLB** を実行してトリプレットが存在することを確認します。マウスクリックでレンズの保存、読み込みができる MLB ダイアログも試してみてください。そして次のコマンドをタイプ

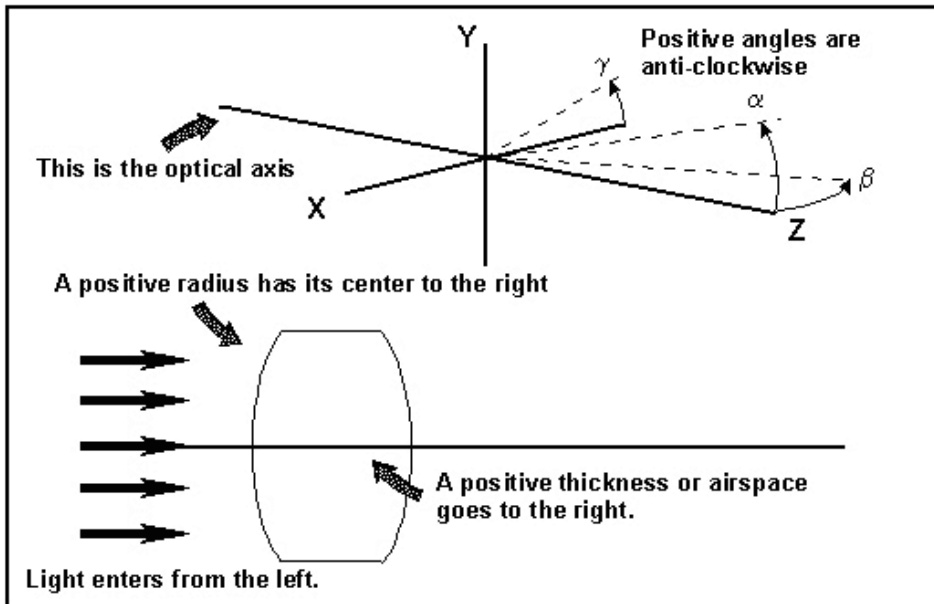
EXIT

またはボタン  をクリックして SYNOPSIS を終了します。

第 3 章

レンズファイル

トリプレットの入力をしていただきましたが、いくつかの復習と、この種類の入力で頻繁に使用されるオプションについて検討してみましょう。最初にほとんどすべての場合に適用される座標系の説明と符号変換について説明する必要があります。基本的な座標系は以下のとおりです；



この図ですでにトリプレットに使用されている有効なオブジェクト定義をご覧ください。この時点で、オブジェクト座標を単純にデータボックスに入力できる **SYS** ダイアログや **Pupil Wizard** を試してみるのもよいでしょう。このウィザードは入射瞳の定義に影響するほとんどの機能をひとつのダイアログで提供してくれるため、特に便利です。MPW をタイプするか、メニューから **Wizard | Pupil Wizard** を選択するか、**SPS** と **WorkSheet** 機能で利用できるボタンを使用してこの機能にアクセスします。

デフォルトでは近軸瞳の X 寸法は Y 寸法と同様であると仮定され、異なる寸法を入力したい場合にはこの仮定を無効にする必要があります。これは RLE または CHG ファイル中のオプションで実施できます

RPUPIL (矩形状瞳)

または

EPUPIL (楕円形状瞳).

オプションを元に戻すには次のように入力します

CPUPIL (円形瞳)

他に RLE ファイルにいずれかの指定を入力できる項目を下にリストします：

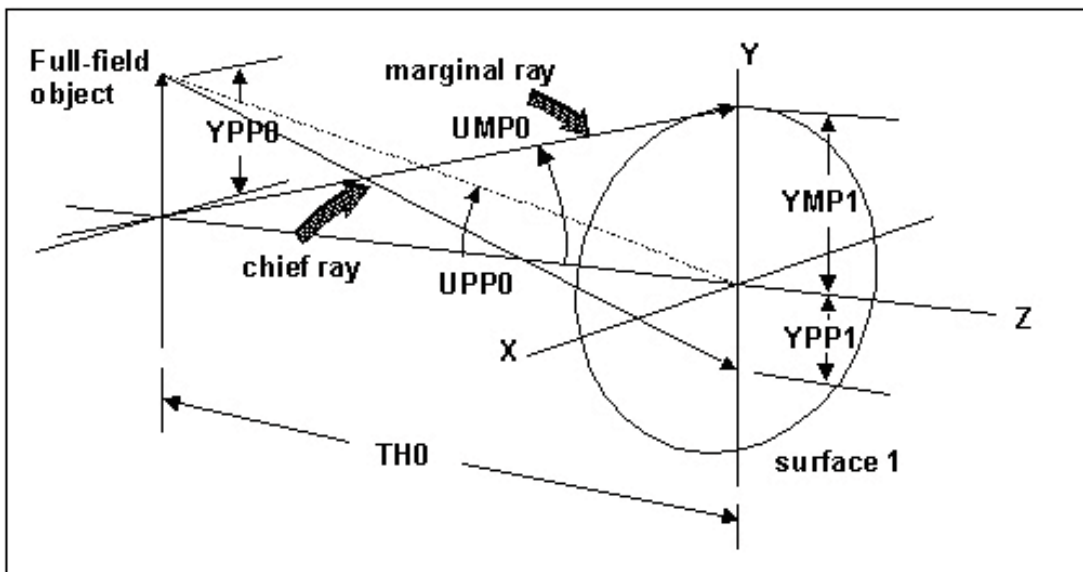
```
OBA TH0 YPP0 YMP1 [ YPP1 [ XPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBB UMP0 UPP0 YMP1 [ YPP1 [ VPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBC TH0 UPP0 YMP1 [ YPP1 [ VPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBD TH0 UPP0 YMP1 [ YPP1 [ VPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBG WAIST RBS
```

加えて、他の二行の入力が必要となるオブジェクト記述オプションがあります。OBJECT オプションのひとつに続けてひとつの REFERENCE オプションを選択することができます。それらは以下のとおりです；

OBJECT FINITE TH0 YPP0 XPP0
OBJECT INFINITE UPP0 YPP0

REFERENCE ANGLE UMP0 YPP1 YMP0 XPP1
REFERENCE HEIGHT YMP1 YPP1 XMP1 XPP1

Y-Z 平面での各量は以下のように定義されています；



チャートに見られるように OBB 行で最初の三つの引数以降のすべての引数はオプションです。トリプレットレンズの入力をもう一度観察し、入力されている値を特定してみてください。OBA フォーマットは第一義的には有限のオブジェクトに使用され、ここでは説明しませんが OBG はガウシアンビーム入力に使用されます。X-Z 平面で定義される量（名前に X を含んでいます）は図にある Y-Z 平面のものと等価です。OBD を除くこれらすべての選択は、Surface 0 に他の形状を与えない限り、オブジェクトが平面上にあることを仮定します。

いずれのオブジェクト入力を選択されたかにかかわらず、データはプログラムが光線追跡できるのに必要とする基本的な情報を提供します。この情報を定義するには他にもいくつかの方法があり、それらのうちのいくつかは入力されたオブジェクトの記述を上書きしてしまいますが、何らかの方法でプログラムが必要とする基本的な 3 つの量 YPP0, YMP1, YPP1 は定義する必要があります。

YPP0 リニアオブジェクト高さ
YMP1 軸上フィールドからのマージナル光線の第一面の頂点平面上での高さ
YPP1 主光線の第一面の頂点平面上での高さ

YMP1 と YPP0 が妥当な値に到達すると、それらはつぎに SYNOPSYS の他のすべてのオプションによって "full aperture" and "full field" の定義として解釈されます。最適化やイメージ解析で利用できるフィールド角度のデフォルトのセットはなく；光線追跡がかかわるコマンドのひとつを入力するときは、単に希望する部分フィールド高さとア

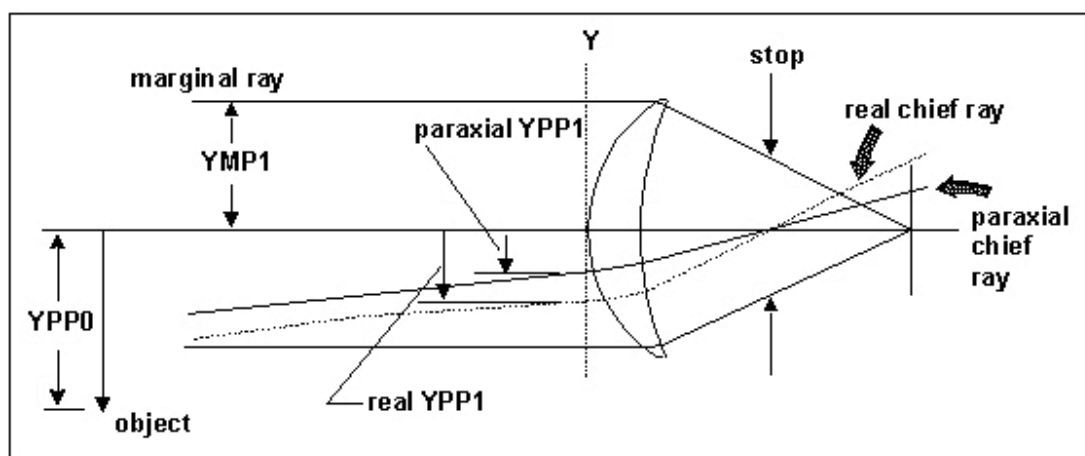
パーチャを指定します。したがって必要に応じて任意の数のフィールド角度にアクセスできます。プログラムがデフォルトのクリアパーチャを計算するときは、瞳とフィールドの端で数本の光線を追跡し、各面で必要な最大アパーチャを選択します。

フィールドが 180 度を超えるような非常に広角度のレンズでは、90 度で計算されたとすればオブジェクト高が無限大となってしまいます。そこで **OBD** オブジェクトフォーマットがこの場合に使用され、この場合 SYNOPSYS のすべての機能で指定される部分フィールドは部分リニア高さではなく、部分角度を指します。このオプションでは第一面の頂点を中心とする球面カーブをオブジェクトに与えます。

オブジェクト記述に加え、アパーチャとフィールドパラメータの記述にオプションでさまざまな方法があり、これらには実光線、近軸光線、瞳定義、ストップ位置などの重要な事項が付随します。光学の複雑な一面を扱うので、おそらくこれらは SYNOPSYS で単一の問題としては最も複雑なものでしょう。しかしひとたび基本を理解してしまえば、レンズの設定を適切に行う手助けとしていつでも Pupil ウィザードを利用することができます。

Stops and Pupils ストップと瞳

下の図はストップが後ろにある仮想的なレンズの構成です。基本的な量が示されています。



ストップ面の中心を通過する光線は **chief ray** —主光線（主波長の光線ではない場合にはこのマニュアルでは第 1 光線と呼ぶことにします）で、この光線が第一面の頂点での接面と交わる位置は YPP1 です。任意の光線を追跡するとき、プログラムはどこを目指して追跡するかを知る必要があります；たとえば全フィールドの主光線を追跡するにはプログラムは座標が YPP1 となるような点の光線を目指します。この値はさまざまな方法で定義することができ、多くのレンズは最も簡単な近軸瞳のソルブを使用しますが；近軸光線がストップの中心を通過し、必ずしも近軸の経路に従わない実光線の経路は中心をはずれる可能性が非常に高くなります。

そのような場合はプログラムが実光線追跡によって YPP1 を計算するのが好ましく、反復法による計算ではより多くの時間がかかります。これは **real pupil option** によって実行され、次のセクションで他の瞳オプションとともに説明します。

Paraxial Pupil Options 近軸瞳オプション

最も簡単なオブジェクトの記述は、入力された三つの値 YPP0、YMP1、YPP1 をとり、それらが固定であるとするものです。これを近軸瞳近似と呼びます。近軸瞳は他に RLE または CHG ファイルに入力されるそれに 3 つのオプション

ンを持ちます。

YPP1 ストップまでの近軸光線追跡で計算できます (input: **APS SN**).

YMP1 ストップのエッジまでの光線追跡で計算できます (input: **FILLSTOP**).

YPP0 イメージのエッジまでの光線追跡で計算できます (input: **FFIELD**).

最後の二つのオプションについてはユーザーがそれぞれストップまたはイメージ面でのクリアアパーチャーを入力する必要があります。これらのオプションのいずれも対応する実光線オプションを持っていて、近軸バージョンが適さない場合に使用することができます。これらは実瞳、広角瞳、OCALC コマンドで、次のセクションに説明があります。

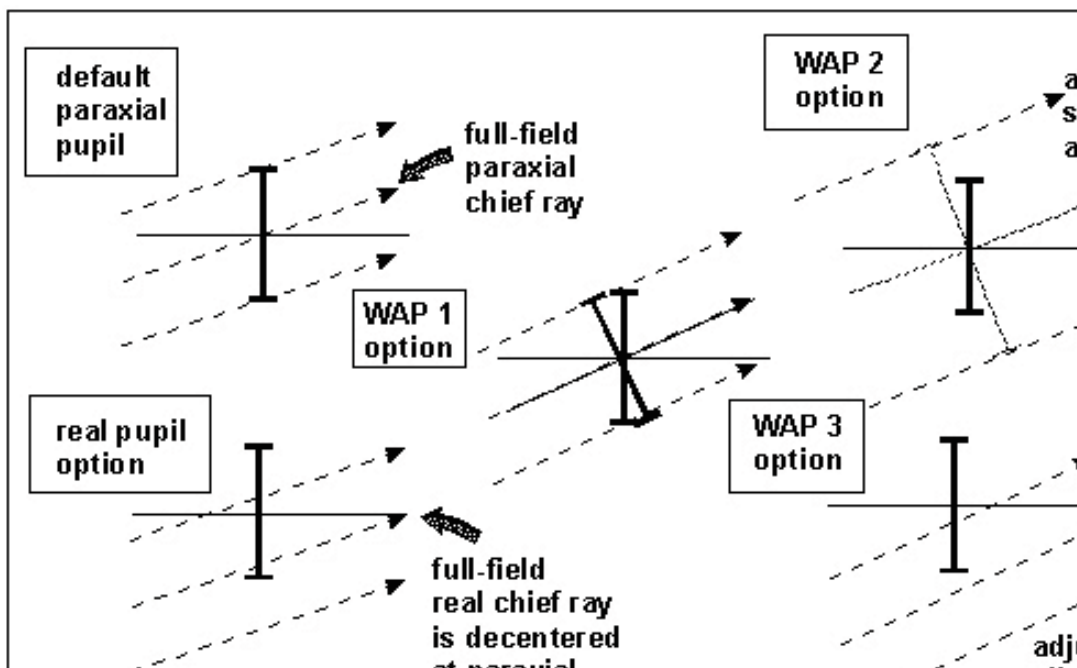
Real-Rau Pupil Options 実光線瞳オプション

瞳形状と位置に影響を与える幾つかのオプションは近軸光線ではなくて実光線に基づいています。直前のセクションで実光線の位置をコントロールする実光線瞳オプションについて触れました。これは次のように RLE ファイル中に APS 入力とともに負の面番号を与えて指定されます

APS - 3

瞳のサイズと形状を制御する他のオプションもあります。まず WAP 1 (Wide Angle Pupil number 1) で、すべてのフィールド角度について単に瞳を傾け、光軸ではなく主光線に垂直となるようにします。

他のオプション WAP 2 は YMP 1 (そして X-Z 平面内では XMP 1) の値を調整して、ビームがちょうどストップのクリアアパーチャ (値を入力する必要があります) の上と下、そして左右 (の境界) に飛来するようにします。そして主光線はその結果の楕円形瞳の中心を通る光線として定義され、一般的には瞳のコマの存在により正確にはストップ面の中心を通過しません。このオプションはより多くの反復計算を必要とするために、前出の方法よりも時間がかかります。これにはストップ面の端を目指す光線が、他のクリアアパーチャは無視するものの、内部全反射などを起こさずに物理的にストップまで追跡できることを必要とします (つまり瞳が定義された後には他のアパーチャがその外側を通る光線をビネットすることができます)。WAP 3 オプションはさらに複雑で; すべての面でのアパーチャーを取り去って光線エラーを防止するために、瞳の高さと幅を調整します。3つの WAP オプションを以下に図解します;



Vignetting ビネッティング

前出のすべては入射瞳に関する定義で、オブジェクト空間から見たストップの像です。一般的にレンズはストップの他の面にクリアアパーチャーを持ち、それらもビームをビネットすることがあります。

[第2章](#)で触れたように、SYNOPSYS はプログラムがどのようにビネッティングを扱うかを決定するためのシステムオプションである VIG と NOVIG を持っています。イメージ解析のために光線追跡をする場合、選択されたパターンで瞳を満たし、**VIG** モードではユーザー入力のアパーチャーを通過しない光線を無視します。しかし **WAP 3** で瞳が定義されている場合は、瞳そのものがそれらのアパーチャーを通過する光線に基づいているため、そのパターンはレンズに入射する以前に小さくされます。加えて **VIG** モードでは、フェザーエッジに遭遇する光線はビームから除去されます。

WAP 3 オプションによって計算される瞳の形状は、矩形瞳を作る **RPUPIL** オプションが選択されていない限り、楕円形が仮定されます。

Approximate (and Fast) Pupil Options 近似（高速）瞳オプション

これらの瞳の定義方法が実情にそぐわない場合、他のさまざまな瞳コントロールオプションが役に立ちます。瞳の Y 寸法を、決まった量のビネッティングを予想して、フィールド角度の関数として任意に縮小できると便利なことがあります。これは [VSET](#) オプションを使用して設計段階で行うことができ、最適化プログラムは縮小された瞳を外れた光線を補正しようとはしません。しかし最も強力なツールは [VFIELD](#) で、モデルしたいビネッティングを明示的なフィールド角度の関数として指示することを可能にします。それらの光線が補正されるようにレンズを設計し、後に必要であれば [CFIX](#) で仮定されるビネッティングを引き起こすハードクリアアパーチャを与えます。実瞳を除いては瞳のサーチが行われないので、WAP 2 あるいは WAP 3 より高速であり、SYNOPSYS のすべての機能によって追跡されるすべての光線に適用されます。

Using The Pupil Options 瞳オプションの使用

ストップと瞳の問題が複雑かつ利用できる多くのオプションの存在のために混乱しやすいので、すべてのオプションが明確に整理された [Pupil Wizard](#) が用意されています。マクロで、あるいはコマンドモードでレンズを入力する方法を理解していただくため、このセクションをまとめ、与えられたレンズに最良の組み合わせを選択する方法を説明します。

レンズが許せば、最も高速に実行できるデフォルトの近軸瞳オプションの使用をお勧めします。ほとんどの狭いフィールドアングルの系と、ストップが前方にあるすべての系に使用できます。近軸ストップは効率を損なうことなく APS 入力で定義できます。最もよくある制限は、瞳収差の存在に起因する実瞳ソルブの必要性です。これを検出するのは簡単で、主光線の光路を求めてこれが軸近傍でストップと交差するかどうかをチェックします：

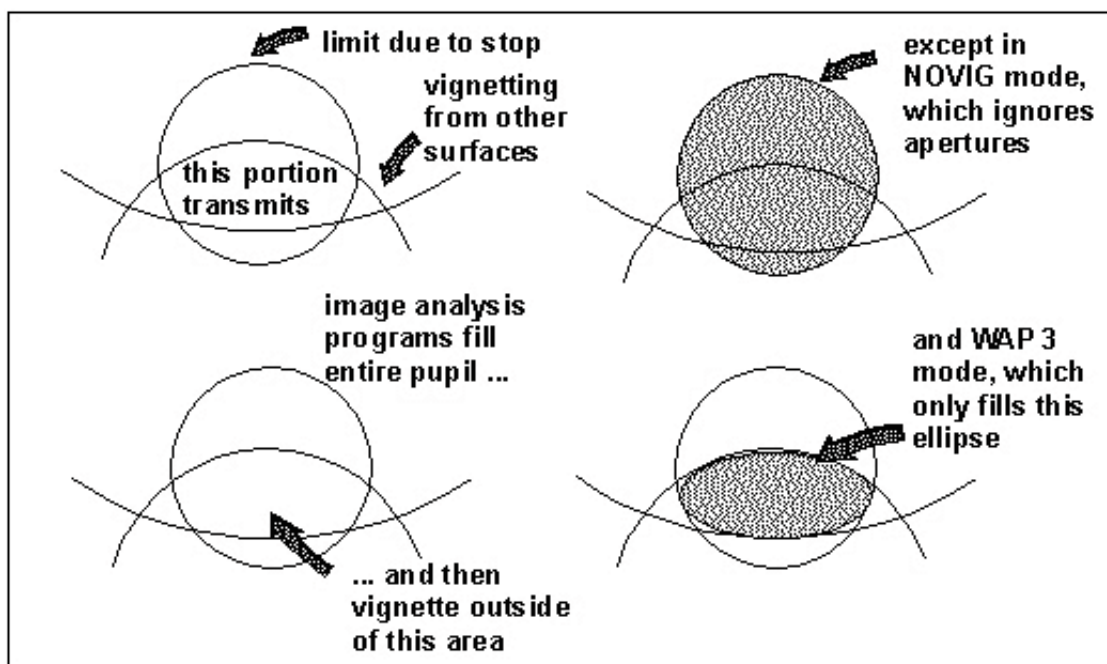
RAY 2 1 0 0 SURF

光線が中心によくあっていなければ CHG を使用して実瞳オプションを有効にします。次によくある問題が軸外オブジェクトについて光線がストップからあふれたり、ストップを十分に満たさなかったりというものです。これも確認は簡単で、スイッチ 65 が ON になっていなければ（SSW とタイプしてスイッチの設定を確認することができます）

これを ON にし、レンズのレイアウトを観察します。全フィールドの光線が正しい高さでストップに到達していなければ、たとえば WAP 2 あるいは WAP 3 などのそれらを調整するモードを有効にします。

ほとんどの初心者は遭遇することがほとんどない難解な状況もあります。たとえば WAP 2 瞳を必要とするレンズの最適化の過程で、ストップ位置での CAO が他のパラメータが変化するためにこれも変化する必要を生じる場合です。瞳サイズの調整を許容するためには CAO はデザインの変化とともに計測して更新されなければなりません。この動作はシステムパラメータ **CSTOP** (RLE または CHG ファイルの一部) で実行され、ストップ位置での近軸アパーチャーの計算にしたがって CAO を調整します。

入射瞳が正しく定義されていれば、以下にあるようなビネットングパターンを観察することになります。円が CAO の設定されているのがストップ面だけだった場合に結果として得られる瞳です。他の面にあるユーザー入力のカリアパーチャがビネットすることがあれば、現実には瞳の一部だけが透過します。



イメージ解析など SYNOPSYS の機能の多くが入射瞳を満たす光線グリッドを生成し、クリアアパーチャを通過しない光線やフェザーエッジに遭遇する光線を削除します。もし NOVIC モードを有効にすると、それらの光線は無視されません。その他の場合も上図に描画されています。(最適化プログラムは異なった手法でビネットングを扱いますが、これについては第 6 章に説明があります。)

Other Lens File Options その他のレンズファイルオプション

RLE または CHG ファイルに属するよく使用される二つのよく使われるシステムオプションについての説明と、利用できる曲率半径や厚さのソルブについての説明でこの章を終了したいと思います。

近軸位置からわずかにずらした位置にイメージ面位置を指定するのが便利ながよくあります。これは次のシステムパラメータで実現でき

BTH NB (Back THickness parameter)

ここで **NB** はリニアフォーカスシフト量です。像をたとえば 0.1mm シフトするには、レンズファイルに "BTH .01" と

入力することができます。しかしこれは最後の厚さにソルブが設定されている場合か、[APERFECT](#) オプションを使用した場合にのみ動作します。

イメージ位置が無限遠方にあるかそれに近い場合、レンズは [AFOCAL](#) モードに設定されていなくてはなりません。この場合、レンズファイルの最後の 2 つの面は平面であって一致していなくてはなりません。それらを射出瞳位置に置くのが便利ですが、必須ではありません。プログラムがイメージ位置に座標系を印字する状況では、それらは角度単位 (ラジアン) となります。アフォーカルシステムの例は [第 7 章](#) で説明します。

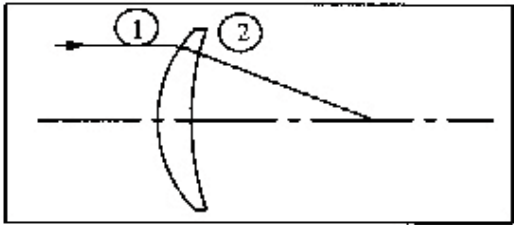
[第 1 章](#) で単レンズについてのデータを入力したときに、最後のエアスペースに特定の値を入力する代わりにニーモニック "YMT" を入力し、プログラムにバックフォーカス距離を計算させました。これは数多くある近軸ソルブのひとつで、所望の特性が適用するパラメータを調整することで維持できることを仮定するデバイスです。

SYNOPSIS で利用できるソルブには二通りあり；一方は曲率を、他方は厚さ (あるいはエアスペースをコントロールします。これらは "6MY 0" などとして面データとして入力されます。下のリストは Y-Z 平面上で定義される 8 種類です (X-Z 平面での計算のため、他に 6 種が利用できます)。ニーモニックは以下のとおりです；

The names are coded so as to be easy to remember	
<div><div>UMC NB UPC NB YMC NB YPC NB APC CCC</div><div>}</div>curvature solves</div>	<div>U is a paraxial angle Y is a paraxial height M is the marginal ray P is the principal ray C designates a curvature solve T is a thickness solve</div>
<div><div>YMT NB YPT NB</div><div>}</div>thickness solves</div>	

したがって単レンズで入力した YMT ソルブは、その面の厚さが、マージナル光線の次の面での Y 高さが引数 NB、または第 1 章の単レンズではゼロ、に等しくなるようにコントロールされます。これに類似して、"UMC 0" の型の曲率のソルブは近軸マージナル光線がその面を角度 UA=0、または軸に平行に出てゆくことを保証します。これはアフォーカルシステムからのビームの平行度をコントロールする一般的な手法です。一方 UPC ソルブはそのターゲット値がゼロだった場合にはその点でテレセントリックシステムを生成します。

他の二つの曲率ソルブはニーモニック APC と CCC で与えられます。前者はアプラナティックソルブ、後者はコンセントリックソルブと呼ばれます。たとえば以下のようなレンズで；



第 2 面はレンズファイルに "2 APC" と入力するとアプラナティックとすることができますし、入力 "2 CCC" では主光線に関して同心とすることができます。これら二つのソルブは近軸光線が要求した面でアパーチャゼロを持つときは意味がなく、またアプラナティックソルブが局所的に平行の場合は平面を導出してしまうので同一の制限を持ちます。コーニックセクションの曲率をソルブでコントロールすることもできます。

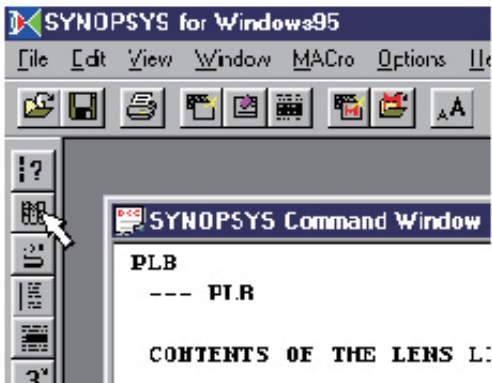
この章ではいくらか複雑な項目の説明をしました。次の章では基本的なコマンドをもう少しと、SYNOPSIS のダイアログ形式のインタフェースの詳細に触れ、さらに多くのイメージ解析機能の一部について説明します。

第 4 章

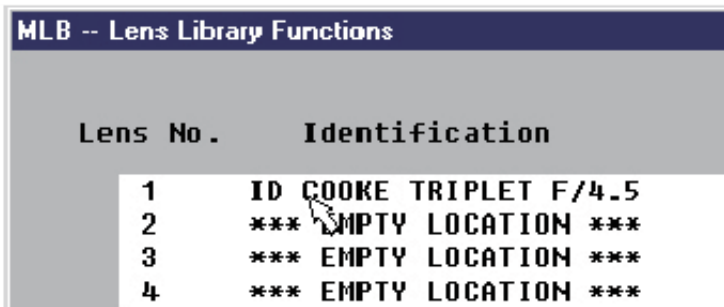
レンズとその像の解析

この章では第 2 章の最後でレンズライブラリに保存したトリプレットについて、コマンドの入力を行わずにまざまな解析作業を試行します。いかなるコマンド言語も扱いたくはないという場合にどのように進めたらよいかをせつめいします。

最初にレンズを取り出します。そのためのコマンドである GET 1 は簡単すぎますのでタイプしないでください。ここではライブラリにアクセスするサイドバーボタンをクリックします：



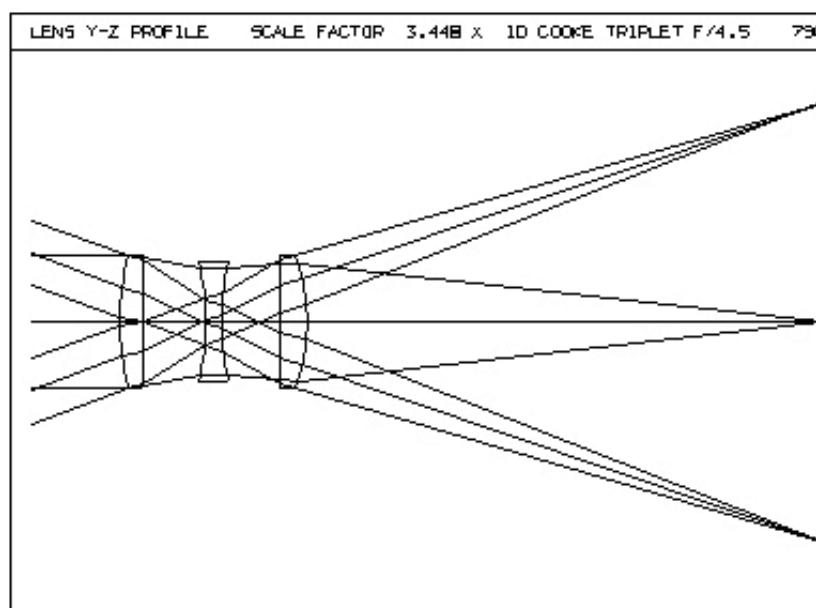
次に location 1 の Lens ID をクリックし：



OK をクリックします。次に描画します。次のボタンをクリックすると



レイアウトがポップアップします。



サイドバーでクリックしたときに **MPL** メニューが現れた場合は、指示が **DWG** コマンドに送られる代わりに、ダイアログに送られたことを意味します。これがどのように動作するかについては[第2章](#)をご覧ください。

では軸上マージナル光線をこのレンズに通し、メニューアイテム "EZ Menues" を試してみましょう。クリックして次のようにメニューツリーをたどってください：

EZ Menu|Menu Tree|Geometric Image Analysis|MRR

(コマンドウインドウで **MRR** とタイプしても同様の結果となります)

MRR ダイアログが現れたら "RAY" ボタンをクリックします——すでに部分 Y アパーチャとして "1" が入っています。以下が結果です；

--- RAY P 0 0 1 SURF 0

INDIVIDUAL RAYTRACE ANALYSIS

FRACT. OBJECT HEIGHT HBAR 0.000000 GBAR 0.000000
 FRACT. ENTRANCE PUPIL COORD. YEN 1.000000 XEN 0.000000
 COLOR NUMBER 2

SURF	X	RAY VECTORS		(X DIR TAN)	(Y DIR TAN)	(INC. ANG.)
		Y	Z	ZZ	HH	UNI
OBJ	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	5.555000E-12	
1	0.000000	5.555000	0.730235	0.000000	-0.101581	14.977803
2	0.000000	5.438131	-0.119267	0.000000	-0.195041	8.313063
3	0.000000	4.494489	-0.536188	0.000000	-0.023404	24.642824
4	0.000000	4.442069	0.453553	0.000000	0.090531	10.319108
5	0.000000	4.850998	0.035838	0.000000	0.050028	6.019489
6	0.000000	4.924740	-0.740159	0.000000	-0.111806	14.230467
IMG	0.000000	0.007151	0.000000			


Type <ENTER> to return to dialog.


SYNOPSIS AI>

あなたが Windows の達人でなければ役に立つヒントです；ダイアログを開いてしまったけれども実行はしたくない場合は < Esc > キーを押します。これは Cancel ボタンをクリックするのと同じ動作をします。たとえばグラフィックウインドウなどのサイズを変更した後に次の描画も同一のサイズとしたい場合は、そのウインドウを閉じないようにします。最小化ボタンでそのウインドウを隠すことができ、**Options|Graphics|Reuse Graphics Window** **SYNOPSIS Help File Document** を選択すれば同一のサイズで次の描画を得ることができます。

SYNOPSIS がデータボックスに置いた数値はこのレンズには適しません。"Scale/inch" ボックスを .05 に、2 Defocus Amount" を 0.2 に変更します。Execute をクリックすると Through-focus (スルーフォーカス) スポットダイアグラムがグラフィックウインドウに描画されます。(この機能と他の多くの機能ではスケールファクタとしてゼロを入力するとプログラムが適当なデフォルトのスケールを見つけてくれます。)



このウインドウの隅をドラッグして拡大を、またバックグラウンドが白であれば "Black Background" ボタンをクリックして見てください。この設定のほうが見栄えがよいと思います。現在の設定をデフォルトとするには **Options|Graphics|Black Background** を選択します。"Print" ボタンを押すと白いバックグラウンドでプリントされますが、これはインクの節約のためです。スポットが小さすぎますか？プリンタの中には非常に小さなドットを印字できるものがありますが、これが小さすぎて大きくしたい場合があります。"Pen Width" ボタン  で大きな値を選択して再びプリントしてみてください。次は "Plot Placement" ボタンを試してください。このボタンで同一のページに 4 つの図を置くことができます（しかし各図で給紙しなくてはなりません）。後でフルスケールのハードコピーがほしい場合は先に "Plot Full Scale" を忘れずにクリックしてください。ユーザーズマニュアルのセクション 13.14 には図を組み合わせるその他の方法が説明されています。

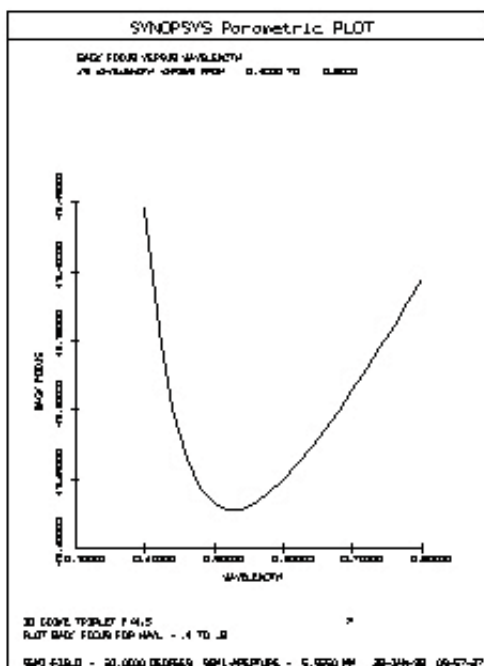
さらに試してみるオプションがあります。MTS ダイアログに戻り、隅にあるボタン  をクリックします。このボタンは SYNOPSIS モードコントロールスイッチのサブセットを表示します。変更していない限りスイッチ 27 は ON となっているはずで；これによってスポットが単一のドットで表示されています。"OFF 27" 選択をクリックし、"Apply" をクリックしてから再び描画させてみます。今回はドットの変わりに小さなシンボルで異なる色がプロットされています。白黒でハードコピーをとる場合、これが波長を分離する唯一の方法です。コマンド **SSIZE NB (NB に数値を入れることを説明 OR 大きな数になる)** でこのスポットシンボルのサイズをコントロールすることができます。SYNOPSIS のダイアログのほとんどにこのスイッチがあります。第 5 章にはモードスイッチの他の用途の説明があります。

More AI Symbol Subscription その他の代替 AI シンボル

コロンやスペースを後に続けた任意の 3 文字 (" \$" と " !" はコメント行であることを示し、実行されないのを除きます) は新たなコマンドとして使用することができます。通常の SYNOPSIS の機能の実行、または下の例にあるような AI 文を実行する 100 個までのシンボルを作成することができます。AI 文をコマンドモードでタイプすると；

```
CHG
3 GTB S
F4
END
XX: PLOT BACK FOCUS FOR WAVL = .4 TO .8
XX
```

ここでは次のような作業をしました：まずトリプレットの第 3 面の屈折率固定のガラスをカタログガラスの F4 に変更し、波長が変わったときにプログラムが新たな屈折率を計算するようにして、次にシンボル XX を定義しました。トリプレットには最終エアスペースに YMT ソルブが設定してあるので、波長が変わってもバックフォーカス位置は常に近軸焦点位置にとどまります。ここで新たなコマンド "XX" を実行すると AI プログラムが波長を段階的に変更し。毎回あたらしい屈折率を計算し、新たなバックフォーカス距離を見つけ、変化するパラメータ、波長、に対するプロットを準備します。もちろんこの作業のためにシンボルを作成しなくてもかまいません。文をタイプしてもよいのです。下は結果の図です：



AI Loops

AI ループ

上のコマンドは AI ループの例です。第 1 章で AI について体験していただいたのは、モニタでのボキャブラリの閲覧とレンズパラメータの問い合わせ、その変更でした。ループの実行は AI の主な利用法のひとつで、さまざまな量相互の、あるいは第 3 の量の関数としてのさまざまな値のプリントを可能にしてくれます。たった今生成した "XX" コマンドには内部ループ "FOR WAVL = .4 TO .8" があります。ループの表現フォーマットにはたとえば次に示すようにいくつかあります；

```
...as...varies from...to...
for... equals ... to...
plot...vs...for...=...to...
```

例にあげたコマンド XX ではプログラムは波長を $.4 \mu\text{m}$ から $.8 \mu\text{m}$ まで 21 データ点で変化させます。AI 文を次のように入力することでデフォルトのステップ数を変更することができます

STEPS = 100.

また初期値、プロットのスケール、アノテーションも変更することができます。ご覧になったアノテーションは入力文から自動的に採用されました。異なるラベルでこのプロットを再度実行してみましょう。

```
olabel = "clearance"
ALAB IS 'WAVL, uM'
AGAIN
```

類似語も使用できます

```
OLABEL = •
label of ordinate is •
```

ordinate label equals •

横軸のラベルについても同様です。コマンド "AGAIN" は（直前と同一のデータを使用して）プロットを再描画します。

以下のような文は

```
SCALE = .1 BY .05  
ORIGIN IS .3, 43.2
```

(x, y) スケールファクタ (size per inch) を変更し、要求された値を原点とします。

変更したスケールまたは原点は、それらを再び変更するまで有効となり；デフォルトに戻すには以下のように入力します

```
SCALE = 0 BY 0.
```

スケール値ゼロは意味を持たないので、その場合は再びデフォルト値となります。

AI ループにはこのほかにもまださまざまな構文があり、それらについては[第5章](#)に説明があります。この章ではイメージ解析機能を見てゆきましょう。

Image Analysis Features イメージ解析機能

ここまでの例でお気づきのことと思いますが、SYNOPSIS で与えられた作業を実行する方法は通常複数あります。直前のセクションで入力したコマンドでも既にいくつかを使用しました：

- リアルタイムタイムのコマンドモード入力
- MACro に入力されたコマンド
- ダイアログ中のボタンのクリック
- 希望のニーモニックと引数を使用した新たなコマンドの定義

これからその他のイメージ解析機能を説明します。それらのほとんどは上に掲げたすべての手法で実行することができますが、簡単のためここではリアルタイムコマンドを試してみます。これらのコマンドすべてはSYNOPSISのイメージ解析セクションに分岐して、次のようなプロンプトが現れます：

IMAGE>.

オプションコマンド **IMAGE** を入力してもイメージ解析セクションに入れますが、通常は必要ありません。

Footprint Plots フットプリントプロット

最後のレンズ面上の光線パターンを表示するフットプリントを作成して見ましょう。（手法が自明な **MFP** を使用することもできますが、ここではコマンド型をご覧ください）次のようにタイプしてください：

PLOT 6 10

第6面上の様子を10倍のスケールでプロットします

TRACE 2 1 0 200
END

第2波長の200本の光線をフルフィールドで追跡します
そして描画します

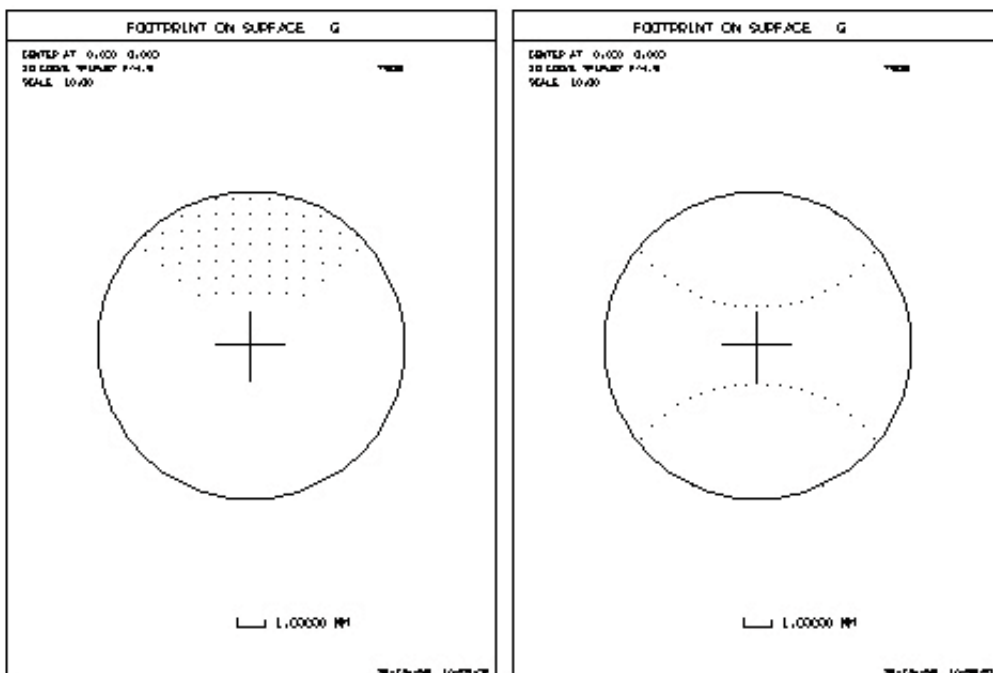
以下はフットプリント機能の一般フォーマットです：

PUP { 1
2 NXR NYR
3 NRYS
4 NRYS }

PLOT SN TSCF { XOS YOS
CR }

TRACE { ICOL / P } HBAR GBAR NRYS [XEN YEN]
TRACE ...
END

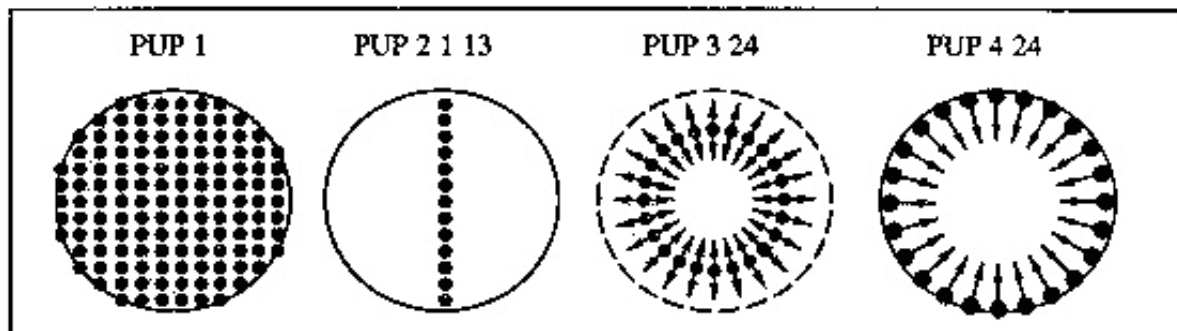
フットプリントを作成するためにタイプした入力行には光線パターンを選択する "PUP...." 部分がなく、したがってプロットはデフォルトの(PUP 1)を表示し、入力された NRYS 値を超えることなく最も近くなるように計算されたグリッド間隔の、入射瞳に包含される矩形グリッドでとなります。HBAR はY方向の、GBAR はX方向の部分オブジェクト高さです。下の左の図が結果です。



フィールドの端でのビネットイングのため、要求の本数すべての光線を見ることはできません。右の絵は野球ボールのように見えますが、次のシーケンスによるフットプリントで

PUP 4 40
PLOT 6 10
TRACE 2 1 0 40
TRACE 2 -1 0 40
END

ここでは瞳の端での円形の光線を与える PUP 4 を要求しています。4 つの PUP オプションは次のとおりで：(1) はデフォルトの矩形グリッド；(2) は X と Y 方向で指定された数のグリッド ("PUP 2 1 20" は 1 x 20 のグリッドを要求、本質的に TFAN 分布)；(3) は NRYS 本の光線の円形でクリアアパーチャとフェザーエッジを通過するのに必要なだけ縮小された、系を通過する最大のグリッド (アパーチャが入力されていない場合は無限大となることがあります)；(4) 縮小されることはあっても大きくなることはない円形グリッドです。TRACE コマンド上の NRYS は 1 の場合を除き PUP オプションによって上書きされますが - 1 より大きな数がリクエストされているので、要求された数 40 が繰り返されます。



さらに他のイメージ解析に進む前に、フットプリントのための入力について少し詳しくみてみましょう。2 番目の例はフィールドの最上部と最下部からの光線の二つのフットプリントを重ねてプロットしていますが、任意の数のフィールド点を簡単にプロットに追加することができます。しかしメリジオナル平面の左右のフィールド点を追加したい場合には TRACE コマンドの GBAR 部分を使用します。ところがこれらの例でゼロでない GBAR を入力しようとしても、現在のところレンズにスキューフィールドが定義されていないため動作しません。言い換えれば、任意の SYNOPSIS コマンドの GBAR 引数を使用するには、オリジナルのレンズで XPO または UXPO が宣言されていなければならないということになります (構文については [第 3 章](#)をご覧ください)。

Geometric Image Evaluation 幾何学的なイメージ評価

つぎに幾何学的なイメージ評価のオプションのいくつかを見てみましょう。前方でメニューを使用してスルーフォーカススポットダイアグラムを作成しました。今度は単一のスポットダイアグラムを作ってみます。(これに関するダイアログも **MGI** にあります。)

SPT 2.75 200 .02 波長 2.75 フィールド, 200 本, スケール .02 mm/inch

一般構文:

SPT { ICOL / M / P } HBAR NRYS [SCF GBAR [YSCF]]

ICOL 波長番号、または "M" で多波長、または "P" で主波長

HBAR Y 方向の部分フィールド

NRYS スポット中のおおよその光線本数

SCF スケールファクタ (プロット上で units/inch) ゼロでデフォルト.

GBAR 部分スキューフィールド点.

幾何学的 MTF についてもこれに準じます。SYNOPSIS では 4 種類の MTF が利用でき、このひとつは回折の効果が安全に無視できる場合の使用を意図しています。すべての MTF 機能のためのダイアログは **MOP** で見るすることができます。

FCO 30 GMTF 2 1 300 0 0 P

一般構文:

[FCO FREQ]

GMTF { ICOL / M / P } HBAR NRYS 0 GBAR [P]

この例ではフルフィールドで、カットオフ周波数を 30 cy/mm とし、単波長 GMTF を要求しています。GMTF オプションを使用する場合はカットオフ周波数を指定するのが最もよく、指定しない場合は、GMTF が予期できない値を与える可能性のある、スポットダイアグラムの大きさ全体にに基づくデフォルトのカットオフを計算してしまいます。(以下に説明のある回折ベースの MTF の場合、通常はデフォルト値が適当なカットオフとなります)。

GMTF コマンドの入力引数は SPT のそれらと類似です。最後のオプションの "P" はプロット出力を要求し、これがない場合は MTF の数値だけが生成されます。プロットを観察したい場合は上にあるとおりに入力してください。

Multicolor Analysis 多波長解析

以下のカッコ内の引数についてはもうお分かりのことと思います

{ ICOL / M / P }

この例では "ICOL" の選択として 2 を入力しました。文字 "M" は多色での解析を要求し、文字 "P" は主波長を指定します。この色は [CORDER](#) によってユニークな色順を与えられ、このリンクをクリックすればそれを閲覧することができます。"P" はこの色順の最初の色で、もちろん色番号 2 です。

多色データは **MMC** をタイプするか、他のイメージ解析のダイアログにあるこのボタンをクリックして、リンクされたダイアログに入力することもできます。その他の強力な機能として [Spectrum Wizard](#) が用意されています。この機能はさまざまな光源の放射スペクトラムカーブと、ディテクタの感度カーブを表示し、それら二つを結合して結果の波長とウェイトをレンズに転送します。この機能にアクセスするには **MSW** をタイプするかメニュー **Wizard|Spectrum Wizard** を使用します。

Other Geometric Analysis Commands その他の幾何学的解析

ユーザーマニュアルの[第 8 章](#)に、スルーフォーカス GMTF (ダイアログ **MTG**)、オートマチック RMS スポットサイズフォーカシングオプション **FOCUS**、RMS スポットサイズ、標準偏差、重心座標、などの印字コマンドを含む、その他の幾何学的解析オプションの説明があります。

Diffraction-Theoretic Options 理論的回折オプション

よく収差の補正されているレンズでは回折の効果が像品質に大きな影響を与えます。SYNOPSIS はこれらの効果を解析する多くの機能を持っています。ダイアログ **MDI** ではそれらの多くを実行するオプションその他を見ることがで

きます。

最初に試すのは瞳図で、波面を斜視図、等高線プロットあるいはフリンジパターンとして表示します。その後で点像分布関数プロットをためてみます。

Pupil Drawing

瞳図

PUPIL P 1 0 -2

一般構文：

PUPIL {ICOL / P} HBAR 0 SCF [WX WY]

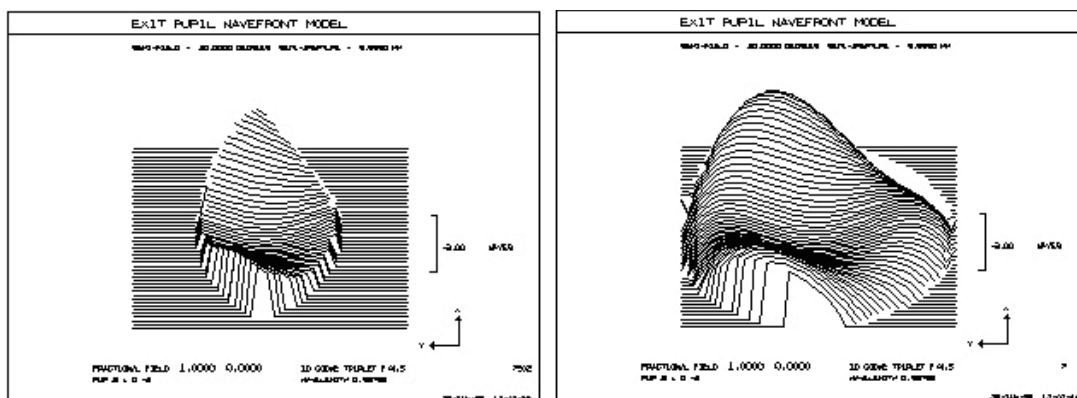
このレンズは全フィールドで2波長を超える収差を持つので、下の左の図の描画にはスケールファクタ2が入力されています。（この例で負の値となっているのはOPDが負で波面が図の上方にあわられるほうが見やすいからです。）このレンズはまた大きなビネッティングを持ちますので、NOVIGモードで再描画したのが右の図です。

CHG

NOVIG

END

PUPIL 2 1 0 -2.



同一の波面が等高線やフリンジで表示できます。

CONTOUR

PUPIL 2 1 0 -2

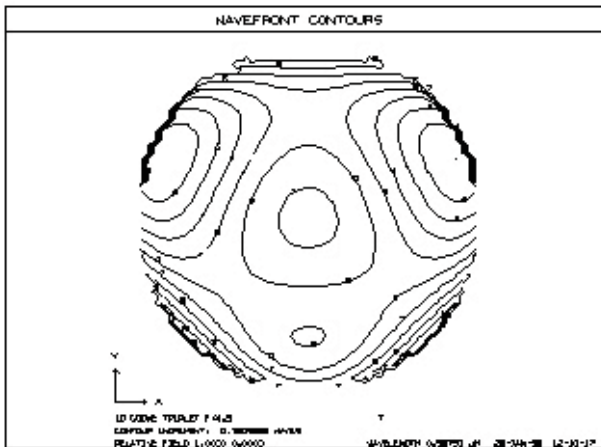
一般構文：

CONTOUR [SCF]

[FRINGES]

PUPIL...

ここではスケールファクタ（等高線 1 レベルあたりの OPD）を入力しなかったので、プログラムがピークツーピークの波面を 10 レベルに分けています。FRINGE オプションは波面の傾斜が急すぎないかぎりには便利です。個々のフリンジは 1 波長ごとに分けられています。



Point-Spread Function Plot 点像分布関数プロット

その他のよく使われる回折オプションに点像分布関数プロットがあります。これは回折パターンを”光の山”として表現し、その高さはどこでも像の局所強度に比例します。このレンズはフィールドのエッジで 2 波長を超える収差があるため、その点像分布関数は非常にブロードとなり、次にご紹介する機能を利用するには特に適当な材料ではありません。したがって個々でこのレンズを絞込み、像品質を向上させてから回折像を観察しましょう。この変更 AI を使ってみます。下の**太字部分**が入力する部分で、他はプログラムの出力です：

SYNOPSYS AI>**YMP1?**

The marginal ray height on surface 1 (YMP1) is 5.55500000

SYNOPSYS AI>**YMP1 = 2.5**

The marginal ray height on surface 1 (YMP1) is 2.50000000

SYNOPSYS AI>**FNUM?**

The F/number or 1/Beam Diam. in afocal mode (FNUM) is 9.99949399

F/4.5 のトリプレットはこれで F/10 のトリプレットとなり、ざっと OPD をみると収差はおよそ 1/2 波長となっているのがわかります（出力はここには表示していません）：

OPD 次の **RAY** または fan コマンドが OPD を与えるようにします。"TAP" は横収差に戻ります
TFA 3 2 1 光線のタンジェンシャルファンを計算します；**SFAN** はサジタルファンを与えます

それでは点像分布関数プロットを要求して見ましょう。次の行をタイプしてください：

PSPRD 2 1 300 0 0 3.5 L

一般構文：

[CONTOUR]

[PSVISUAL [MAGN [GAIN]]]

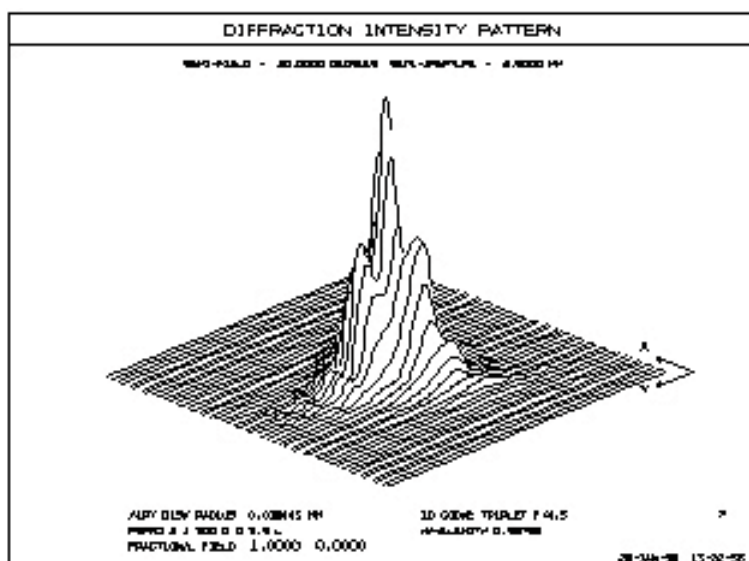
[W/L] PSPRD { ICOL / M / P } HBAR NRYS 0 GBAR [HT [R / L [C]]]

NRYS 通常は 400 本 600 の光線で十分です。収差が大きいときは 10000 までで指定します。

HT インチ単位の中心線の高さです

R / L オプションの回転で、角度は左右へほぼ 45 度です

C どの波長がどこに相当するかを示す色の要求です



この図に関しては所望のイメージの高さ（HT）を指定したのがよかったのですが、そうしないとレンズの大きな収差のためにピークが非常に低くなってしまいうからでした。ビネッティングのない完全な像に与えられるフォルトの高さは約 4.5 インチで、収差のある場合はその像の相対強度の低下を示すために減少します。このコマンドは他に二つのオプションも持っていて：WPSPRD がワイドエリアイメージを、LPSPRD が軸方向スライスを表示します。これらのオプションについては[ユーザーズマニュアル](#)に説明があります。

HELP Features **HELP 機能**

非常に役に立つ SYNOPSIS の機能についてご紹介いたします。[マクロ](#)中で PSPRD プロットを要求したいと仮定します。点像分布関数のニーモニックが "PSPRD" だと覚えてはいても、残りの引数が何であったかを忘れてしまったとしましょう。もちろんフォーマットがスクリーンに表示される **MDI** メニューを使用することも、あるいはヘルプファイルを参照することもできますが、他にも 3 つの選択肢があります；

1. 次のようにコマンドウインドウに入力すると

HELP PSPRD

ヘルプファイルの該当箇所が直ちに開きます。

2. 何のデータもなしにニーモニックを入力すれば、次のような応答が得られる SYNOPSYS のインスタントヘルプ機能が起動します：

PSPRD

PHYSICAL OPTICS ANALYSIS

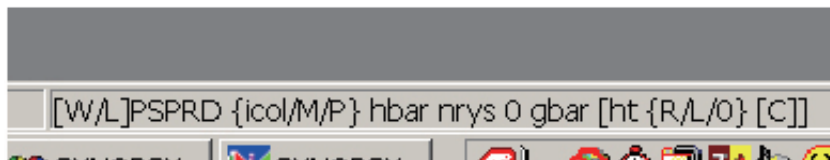
Polarization is off, coatings are ignored.

FORMAT: [W/L]PSPRD {ICOL/M/P} HBAR NRYS 0 GBAR [HT [R/L [C]]]

SYNOPSYS へのほとんどのコマンドはインスタント HELP 機能を持っています。引数を必要とするコマンドがその引数なしで入力されると、プログラムはそのコマンドのフォーマットで応答します。(引数のないコマンドの場合、あるいは引数のすべてがオプションの場合これには相当しません)。いくつかのファイルヘッダコマンドも、ニーモニックだけがタイプされた場合のプロンプトモードを持ちます。先に入力した **TFS** を引数なしでタイプしてみてください。後の部分がプロンプトされます。

3. 三つ目のオプションはおそらく最も簡単でしょう。この場合でいえばコマンド "PSPRD" をタイプして直ちにスクリーンの右下隅をご覧ください。トレイプロンプトにコマンドのフォーマットが表示されています。

この機能はコマンドウインドウやマクロウインドウにタイプされた入力をモニタしていて、任意の単一行コマンドとして認識されればそのフォーマットを自動的に表示します。ここで表示されたプロンプトのフォーマットはいくらか異なり、下線が引かれた単語を表示できないためにユーザー入力のニーモニックデータは（下線付きで表示する代わりに）**小文字で表示**されます。下の図が上のコマンドのトレイプロンプトです：



Diffraction MTF Features 回折 MTF 機能

すでに幾何学的 MTF である **GMTF** を試したので、つぎは回折 MTF を作成して見ましょう。

SYNOPSYS には 2 種類の回折 MTF があります。ひとつは点像分布関数のフーリエ変換を使用したもので、"**DMTF**" と呼びます。これは頻繁には使用されないので、ここではもう一方のコンボリューションタイプを説明します。

最も簡易な回折 MTF では与えられたフィールドと空間周波数でのサジタルとタンジェンシャルでの MTF のリストが得られます。（"タンジェンシャル" はイメージ位置での Y 方向分解能を、"サジタル" は X 方向のそれを指します。）F/10 にしたままのトリップレットのフルフィールドで空間周波数 25c/mm での MTF を与える次の行を入力してください。

MTF 2 1 25

Polarization is off, coatings are ignored.

SHEAR TO: 25.000 C/MM 433 RAYS AT 0.58756 uM, WEIGHT 1.000

CONVOLUTION	MTF	AT	FREQUENCY	25.00	C/MM	REL. FIELD (Y,X)	1.0000	0.0000
X MTF	Y MTF	X-PHASE	Y-PHASE	AVERAGE	X-PERFECT-Y			
0.425	0.436	0.000	15.215	0.431	0.806	0.769		

最後の 2 つのカラムが OPD がすべてゼロだった場合の MTF を与えます。ビネッティングのため X と Y の MTF は等しくはありません。

一般構文：

{ MTF / ZMTF } { ICOL / M / P } HBAR FREQ 0 GBAR [P]

このフォーマットでのオプション [P] はプロットを作成します。この機能の詳細は[ユーザーズマニュアル](#)に説明があります。

Other Image Analysis Features その他のイメージ解析機能

多にも幾何的、回折の多くのイメージ解析機能があり、すべてのフォーマットは[ユーザーズマニュアル](#)に説明があります。それらに習熟するのに最良の方法は **MGI** と **MDI** ダイアログを使用してみることでしょう。下にあるのはマニュアルへのリンクの一部です。

一般：

[MIT](#) さまざまな拡張ターゲットで回折とともに幾何学的収差による効果を表示するダイアログ。
[MIF](#) 任意の角度から観察できる点像分布関数と 3 D-MTF を表示。

幾何学的：

[GMTF](#) フーリエ変換 MTF。
[SPT](#) 単一スポットダイアグラム。
[KNI](#) ナイフエッジプロット。
[FOCUS](#) ベスト RMS フォーカス位置を探す。
[RMS](#) RMS スポットサイズと、重心位置。
[GMODEL](#) 後の解析に使用する、スポットダイアグラムの数学モデルの作成。
[TFS](#) スルーフォーカス。
[TFG](#) スルーフォーカス幾何 MTF プロット。

回折ベース：

[DMTF](#) フーリエ変換 MTF; 偏光とコーティングを考慮。
[PUPIL](#) 射出波面の形状表示。
[PSPRD](#) 回折点像分布関数プロット。
[DMODEL](#) 後の解析のための回折パターンの数学モデル作成。
[VAR](#) 波面変化、標準偏差、シュトレール比。
[PARTC](#) パーシャルコヒーレント解析。
[DIFF](#) 特別回折プロット。

<u>MTF</u>	コンボリューション.
<u>ZMTF</u>	上の項目のツェルニケ係数バージョン.
<u>MMTF</u>	複数フィールドの MTF プロット.
<u>MZMTF</u>	上項目のツェルニケ係数バージョン.
<u>TFMTF</u>	スルーフォーカス コンボリューション MTF.
<u>MOF</u>	単一空間周波数での全フィールド MTF プロット.

第 5 章

基本的使用方法の最後に

前の 4 つの章で SYNOPSIS の多くの便利な機能をどのように起動するかを学習していただきました。その過程で各機能の代表的な例題を見ていただきましたが、詳細にこだわりすぎるのを避け、いくつかの環境では真に重要になりうるすべてのオプション入力と特例については触れていませんでした。ある機能をご自身の業務でご使用になる前にユーザズマニュアルのその機能の説明がある部分を参照することをお勧めいたします。ユーザズマニュアルにはここで示されているよりはるかに多くの情報を見ることができ、そのうちのいくつかはまさにあなたが求めている項目であるかもしれません。

SYNOPSIS Mode Switches SYNOPSIS のモードスイッチ

先の章でいくつかモードコントロールスイッチの使用を見ていただきました。**MSS** ダイアログを開いてどんなオプションがあるかをご覧ください。

Defaults :

現在使用されている 80 個のスイッチがあります。SYNOPSIS を起動するとプログラムは次のデフォルトセットを ON にします；

ON 1 2 4 5 7 8 10 27 28 29 32 35 41 42 45 54 62 67.

このセットが所望のものとは異なる場合、名称を **CUSTOM** としてマクロに希望する設定を置くことができます。これはプログラムの起動時に自動的に実行されます。SYNOPSIS の実行中にそれらの設定を変更し、それらを起動時に設定した値に戻したいときは、コマンド **REASET** をタイプします。このコマンドはマクロである **SYSTART** を実行する起動シーケンスを実行し、マクロ **CUSTOM** を呼び出してユーザーが置いた任意の設定を有効にします。(SYSTART はプログラムのアップデート時に入れ替えられてしまいますが、CUSTOM は変更されず、したがって CUSTOM 中のユーザー固有の設定はそのまま維持されます。)

下の設定は便利かもしれません。すべてのスイッチのリストとそれらの効果が [App. B.](#) に掲載されています。

ON	OFF	Effect
24		デフォルトの UNITS (単位) を inch でなく mm にします
	27	スポットを単一のドットではなくシンボルで描画する機能を OFF にします
55		DMODEL, PSPRD で 2 倍の細かい精度を使用します (ただし実行が 4 倍に遅くなります)

SSW コマンドで、現在のスイッチ設定をプリントすることができます。

Startup MACro SYSTART 起動マクロ SYSTART

起動マクロをエディタに読み込むと、以下のようになっているのがわかります。

```
! DEFAULT SYNOPSIS(tm) STARTUP MACRO FILE
!
! TO CUSTOMIZE YOUR INSTALLATION, PUT SETTINGS
```



```
! INTO A MACRO NAMED CUSTOM, WHICH WILL BE CALLED
! BY THIS MACRO WHENEVER SYNOPSIS IS STARTED.
!
LOG
ON 28 35 41 42 67 62 10
AI
FF: FINAL 5
TT: EM TEST
EAM ICONS
EAM CUSTOM
PLB
ZDS
```

ここでは **LOG** コマンドが現在の LOG 番号（レンズのインデックス番号が自動的に付与されます）をインクリメントし、スイッチのいくつかが ON にされています。**AI** モードが有効とされ、いくつかの便利なシンボルも定義されています。次にツールバーシンボルが ICONS.MAC の実行で定義され、CUSTOM.MAC に入力されたカスタム設定がそのファイルの実行で設定されます。次に現在のレンズライブラリの内容がスクリーンに印字されます、すべてのインストラクションでは SYSTART.MAC が作成されているはずで、したがってスクラッチでこれを作成する必要はありません。編集するにはコマンド LM SYSTART を使用し、飛び先のマクロエディタで追加変更を行ってから保存あるいは実行します。なお、このマクロがデフォルトの USER ディレクトリにあるとプログラムの更新ごとに上書きされてしまうので、カスタム設定は CUSTOM マクロに置くことをお勧めいたします。

たとえば常にスイッチ 55 を ON、スイッチ 27 を OFF にしておきたいとしましょう。これを実現するにはこれらの設定を **CUSTOM.MAC** に置いておきます

```
ON 55
OFF 27
```

スタートアップマクロにあるコマンド **EAM** については説明が必要でしょう。これは "Execute Alternate MACro（マクロの実行と変更）" を意味し、あるマクロから他のマクロの呼び出し、いわゆるサブルーチンの手段を提供します。このコマンドは第二のマクロをメモリにロードして実行し、元のマクロが呼んだ位置にに戻ります。また、EM ファイル名を他のマクロを呼び出すマクロの最後に置くことでマクロのチェーンを作ることができますが、この形式では元には戻りません。

ところで **LOG** コマンドを、他の任意のコマンド同様に、随時入力することができます。レンズ開発の過程ではその多くのステージを追跡できることが必要な場合がよくあり、このログ番号はレンズ ID の一部となってリストやプロットに表示されるため非常に便利です。最適化マクロの最初にこのコマンドを置いておくと、おのこの結果のレンズにユニークな番号がつくことになります。

Keeping Track of your Lenses and MACros レンズとマクロの追跡


SYNOPSIS をしばらく使用すると、多くのマクロやレンズファイルが作成されることと思います。それらのファイルの整理を支援するコマンドとメニューが多数用意されています。

レンズの RLE ファイルとしての保存

レンズライブラリは 10 個までのレンズしか保存できないので、他の形式でデータを存することが頻繁に行われることでしょう。トリプレットでまだ作業中の場合に次のコマンドを入力すると

SAVE TRIPLET

レンズは SYNSOPSY によって後の入力のために正しい書式で **RLE** ファイルに変換され、"TRIPLET,RLE" の名前で保存されます。文字で始まるか、すべてが数字で、句点などの区切り記号などがない限りは任意の名称を入力することができます。現在のリリースではファイル名に 22 文字までが使用できます。ファイル名を入力しないと SYNSOPSY はその入力を催促します。この方法でレンズが保存されると SYNSOPSY は使用された名称を追跡し、次からは SAVE

とタイプするだけで同一の名前で保存することができます。ツールボタン  のクリックで保存することもでき、

この場合は直近の名前がで保存されるか、まだファイル名を入力していない場合は "名前をつけて保存" ダイアログが開きます。異なる名称で保存したい場合は **File|Save Lens As** を使用することもできます。そのレンズを再び戻すには次の行をタイプします；

FETCH TRIPLET


この方法で任意の数のレンズを保存することができます。では次のコマンドをタイプしてみてください

DIR RLE

DIR MAC

最初の DIRectry コマンドはそれまでに保存されたレンズすべての ID(現在のところ 1 つ) を、二番目の DIRectry コマンドは保存されたすべてのマクロをリストします。保存された薄膜をリストする DIRectory(DIR FIL)もありますが、今の段階では無視することにしましょう。

ファイルについてのダイアログもあり；コマンド MLB をタイプするとダイアログウインドウに **PLB** が表示され；ライブラリの場所をクリックし、GET または STORE オプションを選択して OK をクリックします。メニュー **MML** ではレンズの図のプレビューパネルを持った、保存されたすべてのレンズの ID を表示するウインドウが開き、開きたいレンズを選択して OK をクリック(またはその名前をダブルクリック)すればそのレンズを取り出すことができます。

マクロはいくつかの方法で操作できます。エディタ内からボタン  での保存をしていただきました。コマンド

MWM で保存した全てのマクロを表示するダイアログが開き；そこから選択したファイルの実行または編集ができます。その他の次にあげるような便利なコマンドがあります

LM filename	指定したファイをエディタにロードします
EM filename	エディタウインドウは開かずに、指定したマクロを直ちに実行します
LAM filename	直前のすべてのエディタはそのままに、新たなエディタウインドウで指定したファイルを開きます
GDS	直前のマクロに戻ります
GADS	Run Alternate MACRo で実行された直前のマクロに戻ります

MACro Loops

マクロのループ

SketchPAD（スケッチパッド）プログラムにある非常にフレンドリーな機能の説明の前に、もうひとつマクロについて説明をしておきたいと思います。与えられた作業を、各回ごとに入力データを変えてマクロに何度も実行してもらいたいことがあると思います。SYNOPSIS でこれを実行するには基本的に二つの方法があり；一つ目はマクロの最後に GDS コマンドを置く方法です。プログラムはそのコマンドに到達すると最初に戻ります。永久ループはどのように防ぐのでしょうか？プログラムがマクロ中のある行に達したときに停止してオペレーターの入力を要求するようにするのです。これをマクロ中の当該箇所にコマンド **"NEW"** を入力することで実現できます。

MACro 1

```
CHG
NEW
END

VAR 2 1 300
GDS
```

ループするマクロの例です。CHG ファイル中の NEW のある行に到達すると停止してオペレーターの入力を待ちます。ここでたとえば **"2 TH 5.26"** と入力すれば CHG ファイルは再び実行を開始し、イメージ解析が行われます。つぎに最初に戻って他の NEW での入力をオペレータに求めます。すべての値での解析が終了したら EDS をタイプ次に END をタイプします。(EDS はマクロの実行を終了し **END** で CHG ファイルから抜け出します。)

AI MACro Loops

AI マクロのループ

この種のループを実行する 2 番目の、しかもより強力な方法は AI 文を使用するものです。既に AI が行うことができる "Plot... for... = ... to ..." ループはご覧いただきました。マクロでは次のループも可能です；

Do macro for 2 th = 5.0 to 6.0

マクロには他の "DO MACro" 文または AI ループ文以外であればどんなものでも含めることができ、終了したときに AI は変数（この場合 2 TH）をインクリメントし、最初から実行しなおします。この機能を使用するには最初に少なくとも手作業による一回のマクロの実行で内容をメモリに置いておくか、あるいはボタン



をクリックしても同様の動作が行われます。次に "DO MACRO....." 文を入力します。

また、ループ中でプロットのためにその量を使用する場合に、AI に与えられた量をピックアップさせるのも簡単です。たとえば次のようにします。

DO MACRO AS THICKNESS 2 VARIES FROM 5 TO 6

MACro:

ORDINATE = SA3

ABSCISSA IS BACK FOCUS

ここでは AI はマクロループを実行し三次球面収差をピックアップしてプロットの使用しています。横軸 (abscissa) はバックフォーカス、Thickness 2 の関数として二つがプロットされます。もちろんこの簡単な例ではマクロを使う必要はまったくなく；AI でつぎのように簡単に実現できますが

PLOT SA3 VS BACK FOR 2 TH EQUAL 5 TO 6,

AI の語彙にないプロットをしたくて、しかもマクロループが必要となる場合があります。これがどのように動作するかを見るため、まず **EDGE** をタイプしてください。そして AI に BUFFER の内容を問い合わせます；

BUFFER?

The current FILE BUFFER contains

```
1    1.1451577    EDGE TH
2    4.7136868    EDGE TH
3    2.4921436    EDGE TH
4 ....
```

数値をリストしたり表を生成する多くの SYNOPSIS コマンドは、それらのデータのコピーを FILE BUFFER (ファイルバッファ) にコピーします。そのバッファの内容は上のように問い合わせたり、あるいは単一のデータを次のように要求することができます：

WHAT IS FILE 1?

```
FILE  NUMBER 1      EDGE TH.    1.1451577
```

これらのデータで AI はほとんど全てのプロットを生成することができます；下は第 2 面と第 3 面とのエッジ厚さを第 2 面の厚さの関数としてプロットする方法です：

DO MACRO FOR 2 TH = 5 TO 6

MACro:

```
EDGE
ORDINATE IS FILE 2
```


ファイル番号 2 が希望するエッジ厚なので、プロットの縦軸座標には要求の値が、横軸にはデフォルトでループ変数 2 TH が置かれます。

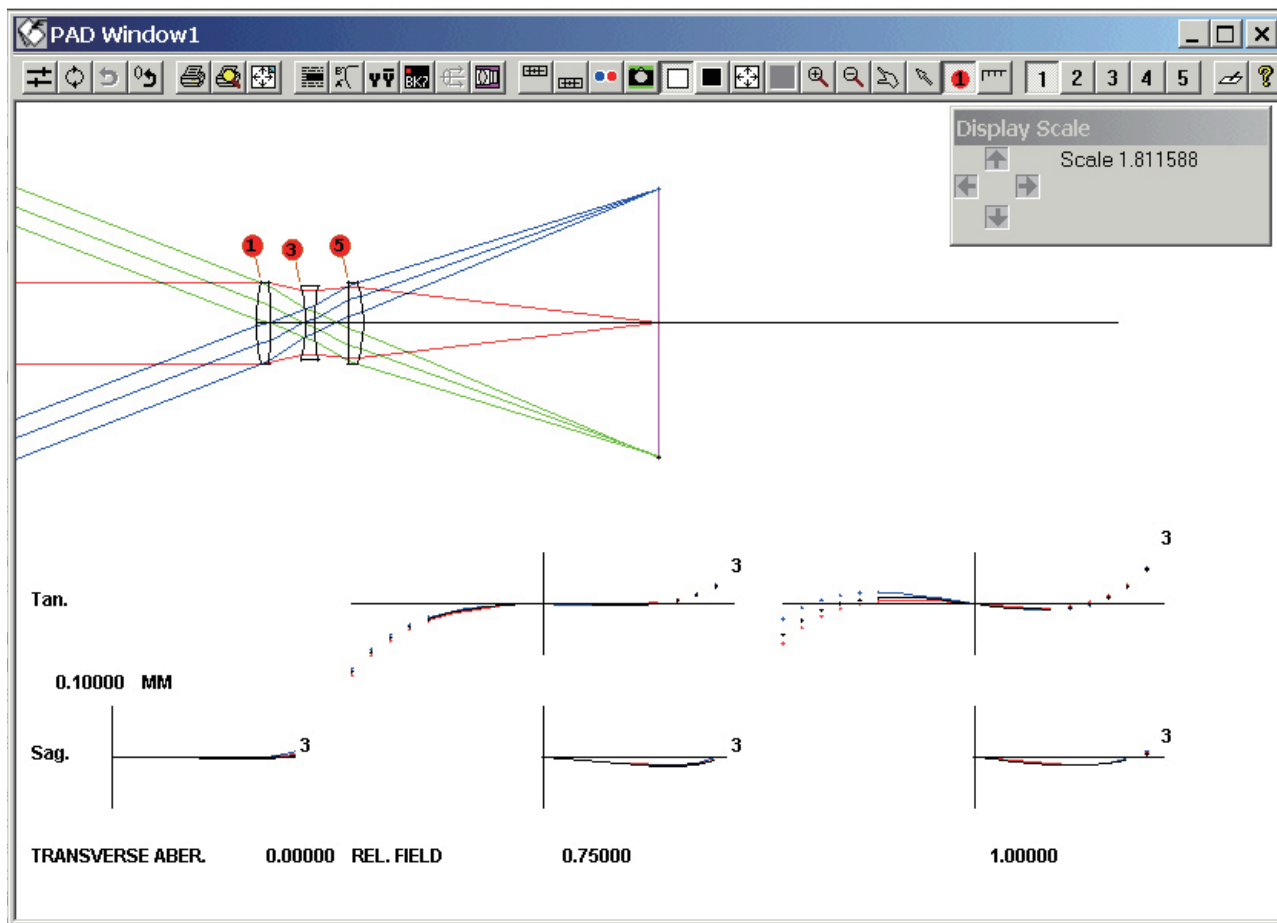
これらの AI MACro ループ機能の例で、利用できるリソースのアイデアを得られたことでしょう。さらに多くの可能性についての説明のある[ユーザーズマニュアル第 15 章](#)を参照されることをお勧めいたします。


The SketchPAD

スケッチパッド

それでは [SketchPAD](#) プログラムで利用できるオプションのいくつかを試してみましょう。これはレンズとその像を、最適化や他の過程でのレンズの変化をリアルタイムで反映しつつ表示する機能です。トリプレットを終了し、**PAD** と

タイプするか、またはボタン  をクリックしてください。SketchPAD が表示され、上にレンズが、下にファンプロットが描画されています。



PAD には 7 種の表示法があり、上図がデフォルトの表示形式です。希望の表示形式を選択するのは簡単です。ボタン  をクリック後、オプション "Ray FAN plots" をクリック、"Multicolor" をクリック、最後に OK をクリックします。この選択は単にデフォルトですので、表示は変更されません。

スクリーンに表示されている光線ファンのセットは、単位高さあたり 0.1mm のデフォルトスケールで描画され、このスケールは（スケールファクタを入力しなかったので）数本の光線の追跡で決定されています。色 1,2,3 の 3 本の曲線はほぼ重なっていて、このレンズは色数差が程よく補正されているため、ファンカーブの終端付近の番号もほとんど重なって印字されています。クリアアパーチャでビネットされた光線は実線で示される通過する光線のあとに、破線で描画されていることにご注目ください。PAD 表示が開いていても引き続きコマンドウインドウを使用することができますし、任意のツールバーボタンをクリックすることもできます。つぎの行をタイプしてください

CHG
NOVIG
END

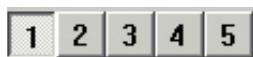
次にボタン  をクリックします。

ファンプロットが実線での表示に変更されたはずですが、これはたった今ビネットングテスト機能を停止したため、クリアアパーチャの外側の光線もレンズを通して追跡されています。PAD ウィンドウが再描画される時にはいつでも、表示は現在のレンズの状態を更新されます。表示を閉じてから後に再び開くと、同一の選択形式の表示が現れます。

特定の形式の PAD 表示をコマンドウィンドウにタイプして指定することもできます。ここではただ PAD に続けて次のうちのひとつをタイプすると、PAD は必要とされる他のパラメータの入力を催促します。


PAD	スケッチパッドディスプレイを表示します。プロンプトは PAD > に変更されます。
D	Y-Z- プロファイル描画の属性を催促します
PP	透視図の属性を催促します
P	近軸図の属性を催促します
F	横方向レイファンの属性を催促します
FP	F と同様ですが、サジタルファンが全瞳の上に描画されます
O	OPD ファンディスプレイの属性を催促します
OP	O と同様ですが、サジタルファンが全瞳の上に描画されます
S	スポットダイアグラム表示の属性を催促します
A	非点フィールドカーブ表示の属性を催促します
X	要求した部分を消去します；二つでなくひとつだけを表示する場合に使用します
U	表示を更新します
ZOOM	ZFILE ズームレンズを第 2 語にあるズームポジションに変更します
END	PAD インタラクティブシーケンスを終了します（表示は閉じません）

経験のあるユーザーはこれらの機能で要求される入力の手順を記憶しておくことができ、このシーケンスをマクロにしておくことができます。この方法でマクロから PAD を希望する順序で設定することができます。また定義した表示フォーマットを後で利用できるように保存したければ、コマンド **SSU**(save setup) をタイプします。SYNOPSIS を起動するときにそれを再現するには、**RSU** (restorer setup) をタイプすれば、レンズをロードして定義したとおりに表示を戻すことができます。次のボタンで、与えられたひとつのレンズについて最大で 5 個までの異なる表示フォーマットを定義することができます；



これらもまた RSU で再現されます。

ここで SYNOPSIS の強力なヘルプ機能について思い出していただきたいと思います。PAD 表示が開いているとき

にコンテキストヘルプボタン  (右側) をクリックし、PAD 表示の任意の場所をクリックしてください。

PAD 機能の概要が表示され、上に掲げたオプションも見ることができます。

Changing the Lens in PAD

PAD 内でのレンズの変更

PAD はレンズの変更とその効果を直ちに観察することができるいくつかの機能を含んでいます。便利なツールの一つ

に  ボタンがあり（サイドバーにもあります）、このボタンは LE レンズエディタを開き、 ボタンでエディ

タを抜け出るときに表示が更新されます。このオプションはレンズ全体を、起動したエディタ内のレンズで置き換え

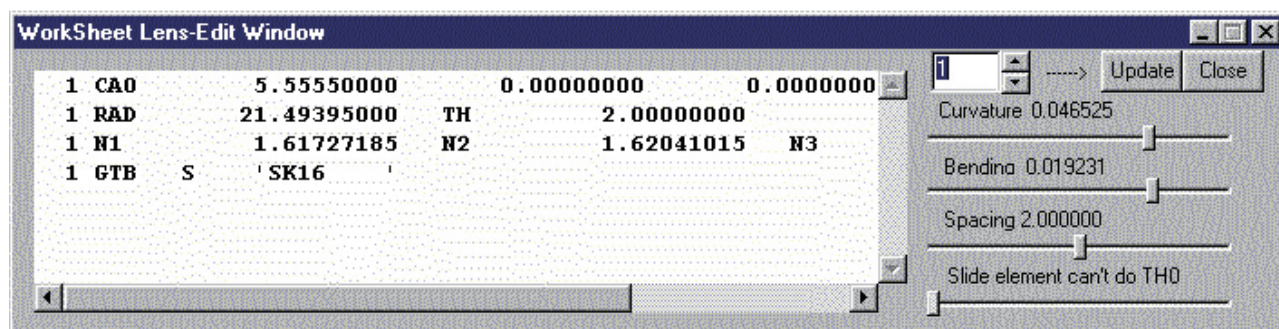
るので、重要な項目を削除しないようにご注意ください。

WorkSheet Program


ワークシートプログラム


レンズを編集するにはワークシートプログラムを使用するのが最も便利な方法です。まずスクリーンの最前面にレイアウトを描画しなくてはなりません。ワークシートではレンズの図中をクリックするだけで面を選択して編集できるので、開いている別の表示があれば、その前面に図を置きます。最前面に D,P あるいは PP 表示があるときに

WorkSheet（ワークシート）ボタン  をクリックしてください。




ワークシートは高度にインタラクティブです。編集ボックスは最初に第一面のデータを表示します。PAD ディスプレイ内の異なる面をクリックすると、その面のデータを見ることができます（いつでも指定したい面の頂点を過ぎたあたりでクリックします）。

チェックポイントボタン  をクリックし、エディットボックス内をクリック、数値を変更して "Update" ボタンをクリックします。図が更新され、PDA の下部にイメージが描画されていればそちらも更新されます。ここで "

" ボタン  をクリックするとレンズは元に戻ります。いつでもチェックポイントボタンをクリックしてチェックポイントを作成し、ワンレベルアンドゥーとして動作させることができます。(SYNOPSYS には 10 レベルまでのテキスト変更のアンドゥー Ctrl+Z とレンズ変更のアンドゥー Ctrl+U が用意されていますが、これらはワークシートの変更は感知しません。第 13 章をご覧ください。) ワークシートはエディットウィンドウ内のデータだけを変更してレンズ全体にわたる変更はしませんが、エディット (スライドエレメント) " と記載のあるストウインドウに RLE ファイルに入力するフォー ライダーつまみをクリックしてください。マットで任意の面のデータを入力することがで マウスのボタンを押したままでこのつまみき ; したがって現在選択されている面だけの編 を左に動かします。PAD 上のレンズが移動集に制約されるわけではありません。 し、それに伴ってイメージが変化します。

オリジナルのトリプレットをディスプレイに置き、第 3 面をクリックし、右側の "Slide Element

オブジェクトデータとシステムデータを編集するにはボタン  をクリックします。エディットボックスでそれらのデータを編集することができます。また "Curvature (カーバチャー)" の語の上にあるデータボックスに番号 (または 0) を入力してから "Update" をクリックすることで、面 (あるいはシステムデータ) を選択することもできます。その他のワークシートツールバーボタンで面やエレメントの挿入や削除、その他の通常の作業を実行することができます。ワークシートが開いている状態でコンテキストヘルプボタンを使用し、それらの機能の説明をご覧ください。

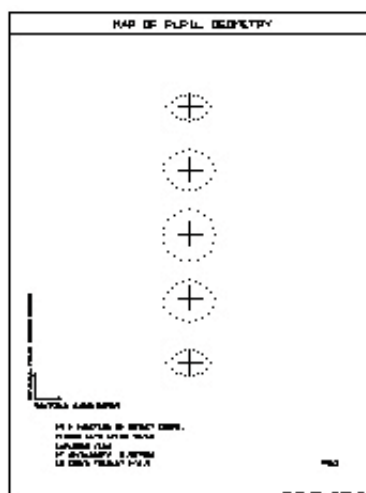
Mapping Function Utility

マッピング機能ユーティリティ

この章の終わりにになりますが、IMAGE (イメージ) オプションについて簡単に説明します。このオプションは瞳位置またはフィールド位置の関数として多くのマッピングを可能にするものです。現在のトリプレットで、次の各行を入力してください :

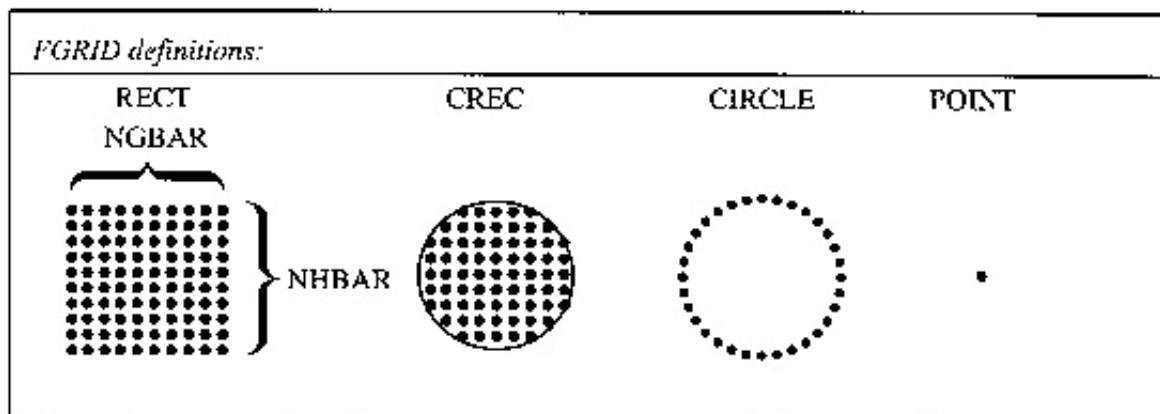
```
MAP PUPIL OVER FOV
FGRID RECT 5 1
RGRID CIRCLE 20
PLOT
```

結果は下図のとおりです。



この例ではフィールドグリッド (FGRID) を 5x1 とし、20 本の光線で構成される光線グリッド (RGRID) を指定しました。**MAP** の一般入力フォーマットで全ての可能性を見ることができ、また **MMA** をタイプすると、それらのオプションのほとんどがスクリーンに表示されるダイアログが開きます。

MAP の機能は非常に多くてこのチュートリアルでは説明しきれませんが、基本的には；与えられた面に指定できる機能と、指定しなくてはならないもの、その他に指定できないものがあります。フィールド中の点に適用するグリッドと、瞳中の点は以下のように定義されます：



光線グリッド (RGRID) は 2 種類の円、CIRCLE と MCIRCLE があることを除けば FGRID と等価です。CIRCLE は TRACE の PUP 4 オプションと類似で第 4 章に説明があります。この円はクリアアパーチャーとフェザーエッジを通過することを保証しますが、拡張することはできません。MCIRCLE は PUP 3 と類似で、拡張もできるし通過も保証します。

MMA ダイアログには **ACTUAL** と **EXPLODED** のオプションがあります。これらは選択した面に現れる実際の位置での各パターンをプロットするのか、あるいは FGRID または RGRID にマッピングされたパターンをプロットするのかを決定します。例として次の二通りの場合をご覧ください。

MAP UNI OVER PUPIL ON SURF 3

FGRID POINT 1 0

RGRID CREC 15 15

ACTUAL

SCALE 20

ANALOG

PLOT

CHGC

FOV

END

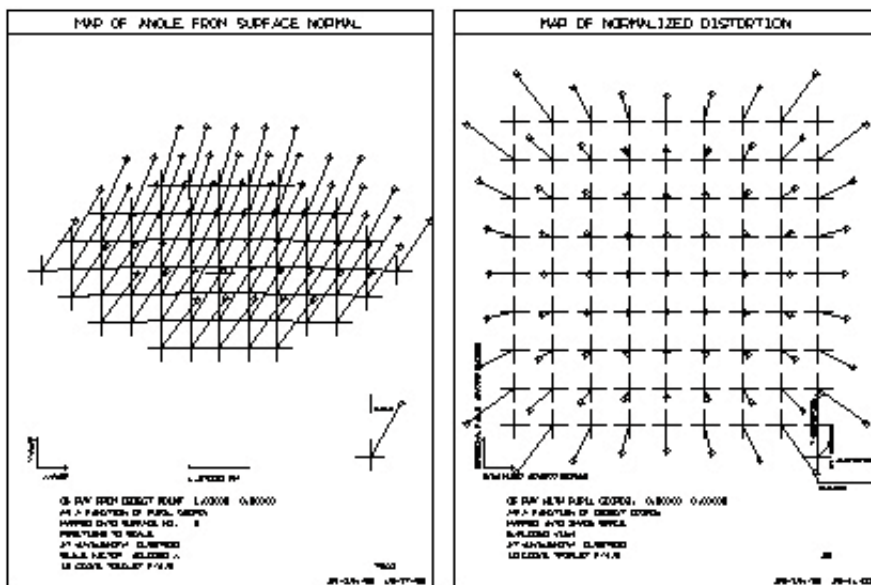
MAP DISTORTION OVER FOV

FGRID REC 9 9

EXPLODED

ANALOG 1000

PLOT



最初に第3面上でのフルフィールドからの光線グリッドの入射角度をマッピングしています。各基準点は面上の実際の光線位置にスケールして、約20Xとなっています。角度はアナログ的に（角度で）示されています。パターンはビネットリングにより、真円ではありません。二つ目のケースでは、もともとレンズにスキューフィールドが定義されていないため、まずCHGパラメータの"CFOV"でフィールドを円と再定義しています。これによりXPOはYPOとなり、MAPシーケンスはオブジェクトスペースにマップされたレンズの歪曲を表示し、ここでもアナログ的に1000Xのスケールとなっています。（最初の例ではSCALEは基準点の歪曲を指し;2番目の例ではANALOGスケールの1000は線の長さを指しています。）

第 6 章 SYNOPSISYS での最適化

この章で SYNOPSIS の最も強力な機能の一つである最適化プログラムの使用をはじめます。

二つの基本的事項をまずは説明するべきでしょう。第一点は、SYNOPSIS ではデフォルトのメリットファンクションあるいは変数のセットは存在しない；たとえば、よくあるように、レンズデータの入力時に、同時に変数の定義はしないということです。したがってレンズファイルだけを入力して、変数の設定や最終目標にセットを定義することなくプログラムに「最適化せよ！」と指示することはできないということです。下の説明にあるように **MOM** ダイアログ内にある既成のメリットファンクションを使用することができる場合がよくありますが、いかなる場合もレンズの最適化ができるようになる前に、それらを何らかの方法で定義しなくてはなりません。

第二点は、最適化のための入力が必要なときにだけ行うため、最適化プログラムを結像品質向上だけのためのプログラムと考えなくてもよいことです。事実上あらゆる目標の達成のためにあらゆる項目を変化させることができ、結像品質の向上そのものを含まない多様なレンズ操作にもこの機能を使用することができます。レンズの最適化について慣れていない場合は **MOM** ダイアログの利用が便利です。いくつかの例でこれを使用しますが、必要とするほとんど全ての項目をオンスクリーンツールから選択できることがお分かりいただけます。MOM はユーザーフレンドリーではありますが、SYNOPSIS を使い込んでゆくに従いマクロにタイプしたほうが、目的をより速く達成できることに気づかれるでしょう。ダイアログとコマンドライン入力の双方の利点を活用するため、マクロエディタそのものにいくつかのツールバーボタンを設け、それらのボタンで MOM ダイアログの最も便利なもののいくつかを起動してその結果のデータ行を直接マクロに追加できるようにしてあります。

もちろん最適化の主な利用目的は結像品質の向上で、SYNOPSIS でこれをどう実行するかをお見せしますが、まずは少々異なることを試してみます。例題としては；入力したトリプレットは最終エアスペースに YMT ソルブが使用されているので、イメージ面である第7面は近軸焦点位置にあります。しかしレンズに球面収差があるために、実マージナル光線はその点では集光しません。その光線はどこに集光するのでしょうか。以下のようにしてこれを見つけることができます。下にあるセッションで太字が入力部分です。

SYNOPSIS AI>**CHG**

RLE>**NOP** this removes all options, including the TH solve

RLE>END

GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF
18.19771	49.99779	4.50025	43.24315	15.68982	0.00000
Delete lens no. 10	ID COOKE TRIPLET F/4.5		118		
Store lens no. 10	ID COOKE TRIPLET F/4.5		118		

SYNOPSIS AI>PANT

PANT>VY 6 TH this defines the variable, thickness 6

PANT>END

SYNOPSIS AI>AANT

AANT>M01A2YA001 and this is the aberration to be controlled

AANT>END

SYNOPSYS AI>**SYNO 5** this starts the optimization program
SYNOPSYS OPTIMIZATION PROGRAM

THE FOLLOWING MODE CONTROL SWITCHES ARE ON:

1 2 4 5 8 10 27 28 29 32 35 41 42 45 62
67

Iteration No. 1

Initial aberrations

7.15763E-03

Present merit function 5.123168E-05

Damping factor 5.000000E-01

Iteration No. 2

Present merit function 4.997446E-05

Improvement in the merit function is below threshold value.

Final merit function 3.905355E-24

Final aberrations

1.97620E-12

Delete lens no. 10 ID COOKE TRIplet F/4.5 118

Store lens no. 10 ID COOKE TRIplet F/4.5 118

SYNOPSYS AI>**6 TH?**

The thickness or spacing of surface number 6 is 43.30717138

この例では単一の変数、最 6 面の厚さと補正すべきひとつの収差、名目上軸上マージナル光線の Y 座標を定義しました。これらの項目は PANT と呼ばれるパラメータファイルと、AANT と呼ばれる収差ファイルに定義されました。これら二つのファイルに入力できる他の多くの項目、さまざまなフォーマットについてはこの章に説明があります。さて、疑問の答えは最後の行にある 43.307mm です。

Individual Ray Aberrations

個々の光線収差

入力した唯一の光線ターゲットについて検討してみましょう。

M 0 1 A 2 Y A 0 0 1

この行は次のように読み取ることができます；"**Minimize**(最小化) to a target of **0** (ターゲット "0" に) with a weight of 1 (重みは 1) the following quantity (次の量を): add (追加) in color 2 (色番号 2) the actual Y-coordinate (光線の実 Y 座標は) of the ray from field point 0 and pupil point (0,1) (フィールド点 0 と瞳点 (0.1) で決定) "--- フィールドゼロから瞳上 (0、1) の点を通る色番号 2 の光線の実座標をゼロに最小化)

一般書式：

M TARGET WEIGHT { A / S / MUL / DIV } { ICOL / P } name HBAR XEN YEN GBAR [SN]

name は常に次のうちのいずれかです：

XA	
YA	X, Y, または Z の実際の座標
ZA	
XC	主光線から測定した X または Y 座標
YC	
OPD	光学光路長
ZZ	光線光路の角度のタンジェント； 第3章 参照のこと
HH	

この機能だけで、はるかに有用なレンズ設計が実行できます。上のリストは他の座標系での光線交点、ホログラムパラメータなど name に与えることのできる合計 42 の異なるターゲットのうちの 8 個です。この最適化からの出力を検討してみます。

プログラムが起動すると。どのモードスイッチが ON となっているかを知らせ、最初のパスを開始してその初期収差を印字します。ここでイメージ面でのマージナル光線の交点は 0.007158mm であることが表示されます。SYNOPSYS コマンドが合計 5 個のイタレーションを要求しましたが、この単純なケースでは 2 つだけが必要でした。2 回目のイタレーションの最後で光線交点座標値は **1.97620E-12** に減少しています。(ちなみにこれは $\cdot .97620 \times 10^{-12}$ times 10 to the -12th power" と読みます、と原文には書いてあります。アメリカ人の中にも読めない人がいる、ということでしょうか)

計算機によるレンズ最適化を本当に始めて体験するのであれば、この基本的な概念をご覧になりたいことでしょう。エラー（複数）は目標からの逸脱量を表現する数値のセットとして表現され、それらのエラーの 2 乗がメリットファンクション（メリット関数）と呼ばれます。全てのデザインゴールが一致すればメリットファンクション値はゼロとなり、PANT ファイルに定義された変数を使って物理的に可能なだけゼロに近づけることが最適化プログラムの仕事です。完璧なレンズを設計するのは困難なため、そして指定された目標のほとんどが変数の非線形関数であるため、レンズのを向上させるのに使用されるアルゴリズムは閉じた形で解くことが不可能な非常に面倒な問題を取り扱います。代わりにインクリメンタルな向上を十分に行うより他に方法はないのです。SYNOPSYS はこの工程の効率化のため、問題の二次特性のいくつかを近似するユニークなアルゴリズムを採用しています。1 番目と 2 番目のイタレーションの最初のメリットファンクションをご覧ください。最初のパスではこの分野で標準となっている減衰最小二乗法が 5.1232E-5 から 4.9974E-5 まで減少させています。2 番目のイタレーションでは最初の結果を使用した擬似 2 次微分、または PSD 法と呼ばれるより強力なアルゴリズムで、メリットファンクションを 3.9054E-24 に減少させています。もちろんより複雑な問題については通常 2 パスより多くのパスを必要とします。

例題をもう一度見てみましょう。最初のステップは最後のエアスペースから YMT を削除する作業で、そうしないとプログラムが第6面の厚さ（同じことです）を変化させることができません ---- 近軸ピックアップあるいはソルブは PANT ファイル中の変数に優先するのです。言い換えると、ある項目を変化させたいときは、それが他のいかなる項目にもコントロールされていてはならないということになります。この例題でソルブの削除を忘れると、プログラムは微分を試みる時点で自動的に変数性を削除し、残った変数がないために作業を停止します。CHG ファイルは命令 "NOP (No OPtions)" を含んでいましたが；これはレンズから全てのピックアップとソルブを削除します。次の行の入力で（CHG ファイル中の）特定のオプションだけを削除することもできます；

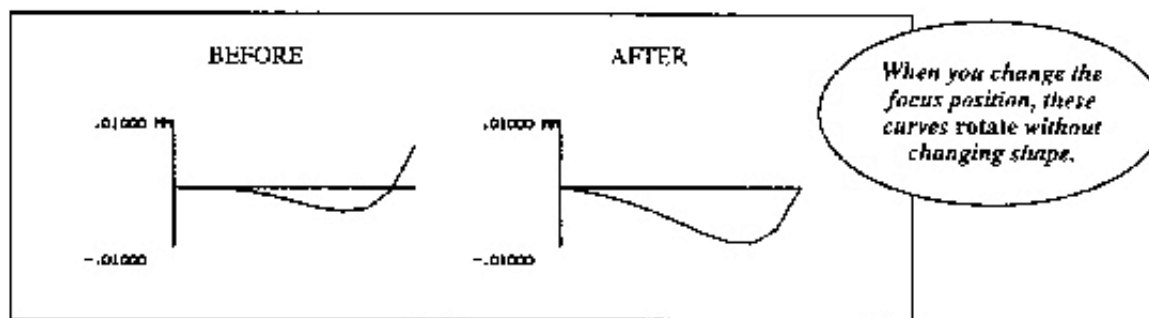
<u>SN</u> NCOP	No Curvature OPtion（曲率オプションを削除）
<u>SN</u> NTOP	No Thickness OPtion（厚さのオプションを削除）
<u>SN</u> NIOP	No Index OPtion（屈折率オプションを削除）

これらでは、与えられた面番号の面だけが影響を受けます。次の入力では、与えたのと同じ種類の全てのオプションが削除されます：

NCOP	（面番号の指定はしません）
NTOP	
NIOP	

スプレッドシートダイアログ **SPS** ではこれらと他の面プロパティのインタラクティブなテストと変更が可能で、ワークシートを開いたままでツールバーボタンをクリックすれば多くの同一のダイアログにアクセスすることができます。

下の図はこのレンズについて上のコマンドを実行する前後の SFAN プロットです。



ご覧のとおり、レンズイメージ面は現在マージナル光線の集光点にあります。左の SFAN は近軸焦点にあり、負の3次球面収差と、正の5次球面収差とを示しています。これらの値と他の収差を見てみましょう。コマンド **THIRD** をタイプしてください：

```
SYNOPSIS AI>THIRD    <-- 実際に必要なのは3文字だけですが、読みやすさを考慮してこのように入力しました
ID COOKE TRIPLET F/4.5          31          30-JAN-98  09-21-10
```

THIRD-ORDER ABERRATION ANALYSIS

FOCAL LENGTH	ENT PUP SEMI-APER	GAUSS IMAGE HT
49.998	5.555	18.220

THIRD-ORDER ABERRATION SUMS

SPH ABERR (SA3)	COMA (CO3)	TAN ASTIG (TI3)	SAG ASTIG (SI3)	PETZVAL (PETZ)	DISTORTION (DI3(FR))
-0.02572	-0.08002	0.03164	-0.08268	-0.13984	0.00762

PARAXIAL CHROMATIC ABERRATION SUMS

AX COLOR (PAC)	LAT COLOR (PLC)	SECDRY AX (SAC)	SECDRY LAT (SLC)
0.00426	0.00449	0.00445	0.00147

SYNOPSIS AI>

コマンド **THIRD** で3次収差が、コマンド **FIFTH** で5次収差が、**THIRD 3 4** でレンズの一部の収差が得られ、今回のケースではこれが第3面と第4面を含むトリプレットの中心エレメントだけによる収差を与えます。さらに他の形式として **THIRD SUR** あるいは **FIFTH SUR** があり、これらは指定した単一の面による収差をリストします。(なお1次収差をリストするコマンド **FIRST** もあります。) ダイアログ **MFT** ではスクリーンにこれらのオプションを表示します。また **AI** プログラムはたとえば次のような質問にたいして個々の値を返します

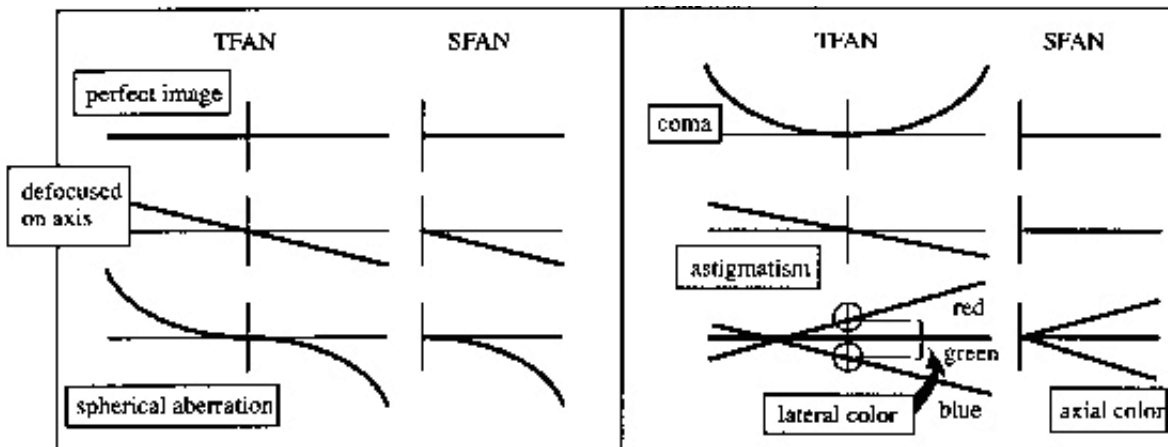
TOBSA?

what is the coma?

Use of Transverse Fans

横収差図の使用

もう少し横道にそれます。SYNOPSIS が生成することのできるさまざまな種類の FANS カーブやテーブルの例を見ていただきました。これらがレンズを理解する中心ですので、ここでその見方について説明するのは意味のあることでしょう。SFAN カーブがある収差を示していることをお話しました。ここにあるチャートは TFAN あるいは SFAN で観察できるいくつかの主な収差を示しています。



このチャートはもちろん横収差だけに有効で;OPD プロットは独自の形状を持っています。(ヒント→OPD はTAP カーブの積分です。) 実際にはこのような形状のカーブを見ることはまれで、それは、通常レンズには単一の収差ではなくてより多くの収差が存在するからです。

上の例題でイメージ面での光線の交点をコントロールしました。上の一般書式で見られるとおり、個々の光線ターゲットは、入力オプションの **[SN]** 部分を使用してイメージ面ではなく指定の面での値を指定することができます。より頻繁に使用されるバリエーションとしては、光線の組み合わせ光線群を単一のターゲットとして指定する形式です。1000 個までの収差を AANT ファイルに含めることができ、また一本より多くの光線本数によって構成される単一の収差を作成することもできます。

たとえばあるレンズの色収差を補正するには、長波長と短波長で横方向の交点間の相違をターゲットとして指定する方法があります。このトリプレットの波長の定義ではこれらの色は 1 と 3 です。プライマリアキシャルカラーが補正されればこれらの光線は同一の位置で集光します。（セカンダリカラーが補正されればそれらはカラー 2 の光線と同一の場所に集光します。）下は瞳の 7/10 のゾーンでアキシャルカラーを補正する AANT の入力です：

```

M 0 1          <-- ターゲット = 0 ウェイト 1 で最小化
A 1 YA 0 0 .7  <-- 色番号 1 を追加
S 3 YA 0 0 .7  <-- そして色番号 3 を減算

```

これら二つのうちの最初の定義は前出のようにターゲットとウェイトの行と同一の行に置くことができますが、ここでは収差が、最初は加算二番目は減算としてそれらの差を与える、二つの光線で構成されることをお見せするため別々の行に分けています。またたとえば遮蔽のコントロールなどの場合に、二つの光線の比をターゲットとしたいような場合には MULTiply(乗算)や DIVide(除算)させることもできます。横色収差を補正するには主光線で交点をコントロールします。

```

M 0 1
A 1 YA 1 0 0
S 3 YA 1 0 0

```

(この種の補正は有用な場合もありますが、一般的には下に説明のあるように GNR と GNO オプションを使用して各色でグリッド全体を補正することにより、よりよい像品質を得ることができます。)

現在レンズはマージナル光線の焦点にあり、第 6 面の新たな厚さは希望する方法で知ることができます。AI に "BACK?" あるいは "6 TH?" と問い合わせてもよいですし、SPEC 6 で、コマンド "PRT 6" でも知ることができます。

Changes to the Lens in Optimization

最適化の過程でのレンズへの変更

上のコマンドを実行し、最適化を実行後に下のコマンドをタイプしてください

```
CHANGES.
```

この行は最後の最適化の過程で各変数の変化表を出力します。

では純粋に物理的なプロパティのコントロールをしてみましょう。SYNOPSYS ではコントロールされる全ての項目は同一のメリットファンクションに寄与します。他の収差に使用される最小化工程ではなく、ラグランジュ マルチプライアで個々の収差をコントロールすることができ、これがしばしば正確に目標を満足します ---- 実際に、もし近軸ソルブが存在すれば基本的に同一のことを実現しますが ---- しかし、しばしば機械的目標が光学的目標とどのように相互にかかわるかを観察するのも役に立ちます。全ての項目を同時に最小化することにより、たとえば、レンズが短すぎれば、レンズ全体の長さの制限と像品質の低下などのトレードオフを直ちにすることができます。各収差のウェイトを調整することにより、像品質だけでなく、光学的にまた物理的に、系全体を最適化するトレードオフを実行することができます。

レンズ設計の経験を積むにつれ、エレメントの厚さを変化させるとプログラムはそれを非常に大な値か、非常に小さな値にしたがるのがわかります。もちろんプログラムはその使命を遂行しているわけで、メリットファンクションは実際に減少しますが、そのレンズの製造が実現可能かどうかなどは気にしません。しかし通常はわれわれは現実的に製造できるようにエッジ厚をコントロールしたいのです。どのようにすればよいのでしょうか？

SYNOPSYS はこの目的のために二つのツールを用意しています。次の行を AANT ファイルに入力すると

AEC [TAR [WT]]

(Auto Edge Control オートエッジコントロール)

プログラムは **TAR** よりも薄くなるエッジを自動的に、相対ウエイト **WT** でコントロールすべき "収差" として考慮します。他の引数なしで **AEC** だけを入力すると、デフォルトで目標値が 1 mm、ウエイトは 1.0 となります。ほとんどの事例では引数なしの **AEC** の入力だけでコントロールが可能で、結果するレンズの厚さは適度なものとなります。レンズが厚すぎてしまうのを防ぐには次のように入力します：

ACC [TAR [WT]]

(Auto Center-thickness Control オートセンターシックネスコントロール)

このオプションは厚さ 1 インチ、ウエイト 1 のデフォルト値を持っています。これらの機能は変数リストに Thickness- 厚さ (または Separation- 間隔) が明示的に含まれているレンズにのみ適用され、そのようなエレメントの全てに同一の目標値を与えます。しかし (たとえばソルブでコントロールされているなどで) 実際に変数となっていない厚さをコントロールしたいことや、いくつかのエレメントに他のエレメントとは異なる目標値を与えたいこともあります。そのような目的のために他のツールセットが用意されています。

この例ではトリプレットの 3 つ目のエレメントだけの Thickness をこのコントロールしてみます。**EDGE** コマンドをタイプするとこのエレメントがクリアアパーチャ 5.5555 でエッジ厚 1.2551mm を持っていることがわかります。クリアアパーチャを大きくすることで軸外フィールドの光線のビネティングを避けたいとしたらどうすればよいかを見てみましょう。最初にユーザー入力の CAO を削除しなくてはなりません。これにはいくつかの方法があります。そのひとつは CHG を使用して CAO 値として 0 を各面に指定することです (これでデフォルトに復帰します)；または AI 文入力で "3 CAO = 0" など各面について入力します。しかし、全てのユーザー入力クリアアパーチャを取り払う、より簡単な方法もあります：

CHG

CFREE <-- **SYS** ダイアログでも同様の操作ができます

END

トリプレットをライブラリから取り出してこれらの行を入力し、他の **EDGE** リストを問い合わせてください。最後のエレメントのエッジ厚がわずか 0.301mm であることがわかると思います。では、より厚いレンズがほしいと仮定しましょう。もちろんそのエレメントの厚さを増やすことができ、これは AI が次のような入力文に応答して行うことができます

increase the TH of element 3 by 1.5,

または **CHG** ファイルを使用し、より厚い値を入力することもできます。しかしエッジ厚のコントロールはしばしば最適化の過程で重要となりますので、プログラムを使用してこれがどのように行われるかを表示させてみましょう。

PANT
VY 5 TH
END

AANT
ECP 1.5 .1 5
END

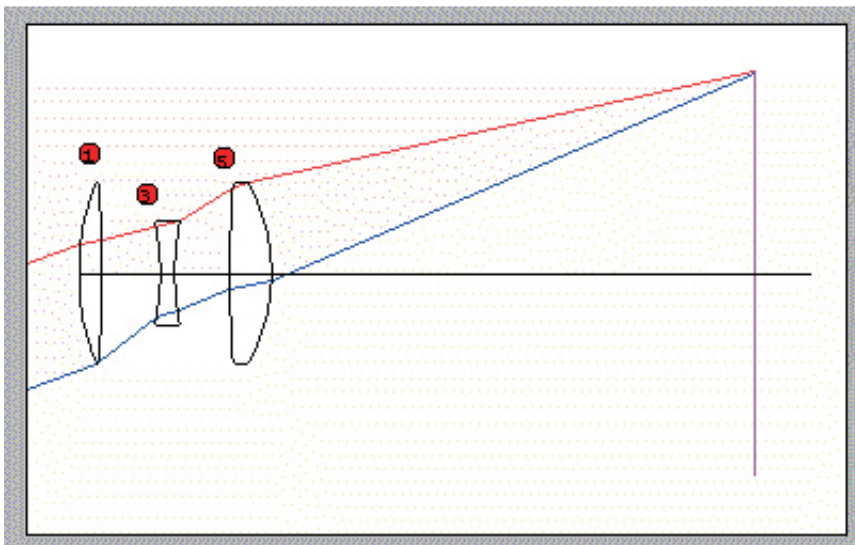
SYNO 5

上のコマンドは第 5 面の厚さを変更してエッジ厚をコントロールします。

一般書式：

{ ECP / ECN } TAR WT SN SN SN

一般書式は ECP と ECN の二種類のコントロールができることを示しています。これらは Edge Control Positive(正のエッジコントロール) と Edge Control Negative (負のエッジコントロール) を意味し、厚さをそれに沿って測定する光線を指します。下は再度最適化されたレンズです。



この図は **MOM** ダイアログのひとつから取ったもので、このダイアログではクリックするだけでコントロールする面を選択することができます ("Mechanical controls (メカニカルコントロール)" セクションをご覧ください)。後にこの機能を使用しますが、まずは何が起きているかを理解しておきましょう。

全フィールドの上側 (光線 P) と下側のマージナル光線 (光線 N) が正側を示す赤と、負側を示す青で表示され、この例では光線 P の第 5 面と 6 面での交点で定義されたエッジがエッジ厚を定義しています。もし最初のエLEMENTのエッジをコントロールしたかったのなら、そのELEMENTでより大きなアパーチャーを必要とするのは下側の光線 N なので、それに適当な選択肢は "**ECN...**" を使用します。

エッジ厚コントロールの収差はいくらか変わった方法で動作します。エッジが TAR として入力した値よりも薄くなると、薄過ぎる単位に WT と等しい収差を加えます。これに対し、エッジが目標値よりも厚くなろうとすると ECP と ECN 収差はメリットファンクションに何も寄与しません。たった今実行した例では要求した目標値は 1.5mm で、最終的なエッジはこの値よりいくらか厚くなりました。

エッジを正確に目標値にしたい場合はニーマニック **ETP** と **ETN** (Edge target Positive....) を使用した類似のオプションが利用できます。

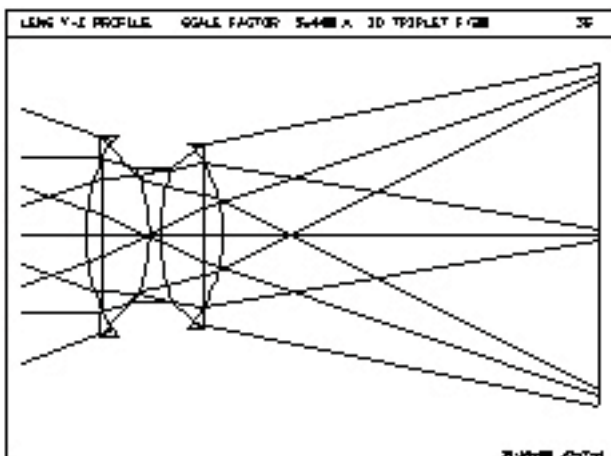
Optimization Example

最適化の例

それではこのレンズについて本当の最適化をして見ましょう。このデザインは CAO でのビネッティングを無視すれば、すでによく補正ができています。ここではビネットされたそれらの光線をも補正し、レンズ開口を F/2.8 まであげることを目標にしましょう。したがってスタート点では大きな収差とフェザーエッジとを持つことが予想されるので、それらを最適化プログラムで補正します。

下のプロットは補正前のトリプレットです。レンズをこの状態にするには、次のようにコマンドを入力します：

```
GET 1
CHG
NOVIG
OBB 0 20 8.928
6 UMC -.17857
CFREE
ID TRIPLET F/2.8
END
```



既に SYNOPSIS のこれらのコマンド入力をスムーズに読めるまでに慣れてきたことと思います。CHG ファイルはフェザーエッジが図に表れるようにビネッティングのチェックをはずしています（そうでなければ DWG プログラムは光線が CAO とフェザーエッジ内にとどまるように一時的に瞳寸法を縮小しています）。そして瞳はセミダイアメータ 8.928 まで拡張され、UMX ソルブが第 6 面に置かれて F/number が 2.8 となることを保証しています。次に CREFF 入力で CAO が取り除かれ、レンズが新たな状態となっていることを示すため ID が更新されています。

UMC ソルブの -0.17857 はどこから来ているのでしょうか？近軸光学から私たちは最終光線角度 UA が $1/2$

FNUM) であることを知っています。F/2.8 ではこの値がわれわれが必要とする値で、負の値なのは[第3章](#)で見ていただいたとおり正の角度がイメージ面上方となるからです。光線はこの点で下側にくるので、したがって負となるのです。

現在レンズは補正が非常に貧弱で、DWG プロットで明らかなように収差が非常に大きい状態です。性能向上のためにメリットファンクションを作成する段階です。可能性の選択肢がたくさん用意されています。

Creating a Merit Function

メリットファンクションの作成

ここはある特定のアプローチが正しく、他は誤りであると言えない領域です。下の例では MOM で準備されたメリットファンクションを使用し、それが何をするか、それを必要に応じてどのように変更することができるかを見ていただきます。SYNOPTICS の使用とレンズ設計に習熟するにつれ、メリットファンクションの変更と試行を何度も繰り返すことになるでしょう。ウェイトを調整し、ときには 3 次あるいは 5 次のターゲットを含め、必要と思われる光線を追加し、などなどです。同一の問題にまったく同一のメリットファンクションを使用するレンズデザイナーは二人としないし、単レンズででもなければあなた自身が同一のメリットファンクションを使用することもほとんどないでしょう。ここではいくつかの一般的なガイドラインをお知らせするにとどめます。

一般的にかなり多くの本数の光線セットを制御すると良好な結果が得られます。コンピュータはいまや非常に高速で、少数本の光線セットを使用したところではほんのわずかな時間の節約にしかならないでしょうし、極小値に関する多くの問題は大きな光線セットを使用することで防止することができます。横方向収差、OPD、波面変化、スポットサイズの標準偏差、あるいは回折 MTF を補正することができる個々の光線、あるいはグリッド全体を指定する方法は数多くあります。

The MOM Optimization Dialog

MOM 最適化ダイアログ

この例では最適化入力のセットアップのために **MOM** ダイアログを使用します。このダイアログでオプションの有用なセットをピックアップすることができ、またすべてがスクリーン上で説明されるため、それらのオプションのコマンドモード形式を記憶しておく必要がありません。MOM のある機能では選択した項目のマクロを用意することができ、たとえば MOM が提供できない方法でのカスタムコントロールであってもこれを頻繁に利用してスタート点とすることができます。後方で MOM ダイアログの最も頻繁に使用される機能機能への非常に便利なショートカットについて説明し、それらによって変数や光線グリッド定義が MACro エディタから MACro へと直接置かれます。この機能はエキスパートユーザーにとってもすばらしく、MOM の使用は含まれません。

F/2.8 のスタート点のレンズをライブラリの 2 の位置に保存してください。スタート点はいつも保存しておきます！私は常にマクロで設計し、その最初の行は通常 **LOG** コマンドで、**STORE** コマンドと続け、スタート点を自動的に保存しています。最適化の結果はもしスイッチ 42 が ON であればロケーション 10 に保存されますが、ときにより他の **STORE** コマンドを最適化コマンドの後に置いて、異なるライブラリ位置を与えています。この手法で何が起きようと、"最適化前"、"最適化後" のコピーが保持されます。

次の手順に従ってください：**MOM** とタイプし、これらのボタンをクリックします：

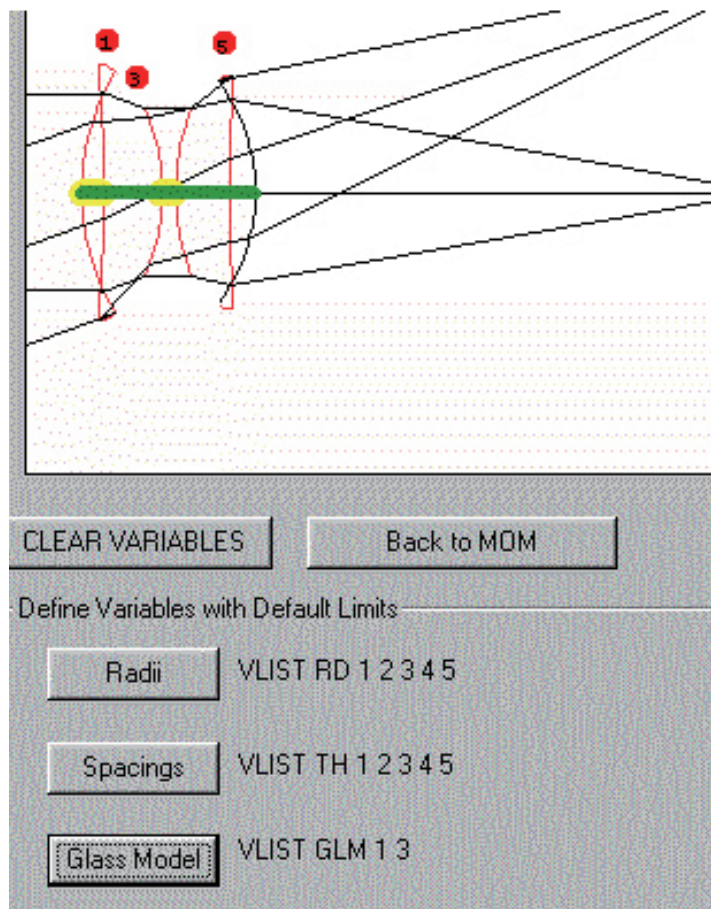
Define Variables

ALL <-- Radii ボタンの右

ALL <-- Spacings ボタンの右

Glass Model

ここでは "ALL" はクリックせず、代わりに面 1 と 3 の頂点でクリックしてください。これが変数を選択する方法です(この場合に限っては "ALL" でも動作します)。変数ダイアログは以下のようになります。



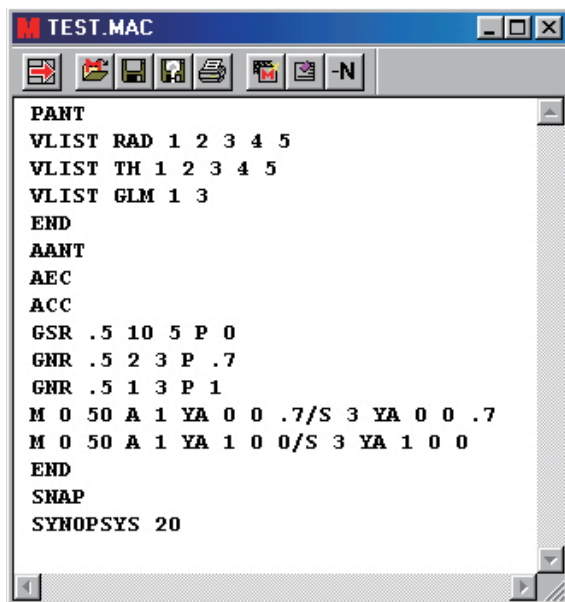
これらのオプションを使用して選択した変数のデフォルトのリミットを得ることができますが、後でこれが常に必要とは限らないことがお分かりいただけます。しかしここでは **"Back to MOM"** をクリックし、次に以下をクリックしてください


Select a Prepared Merit Fn

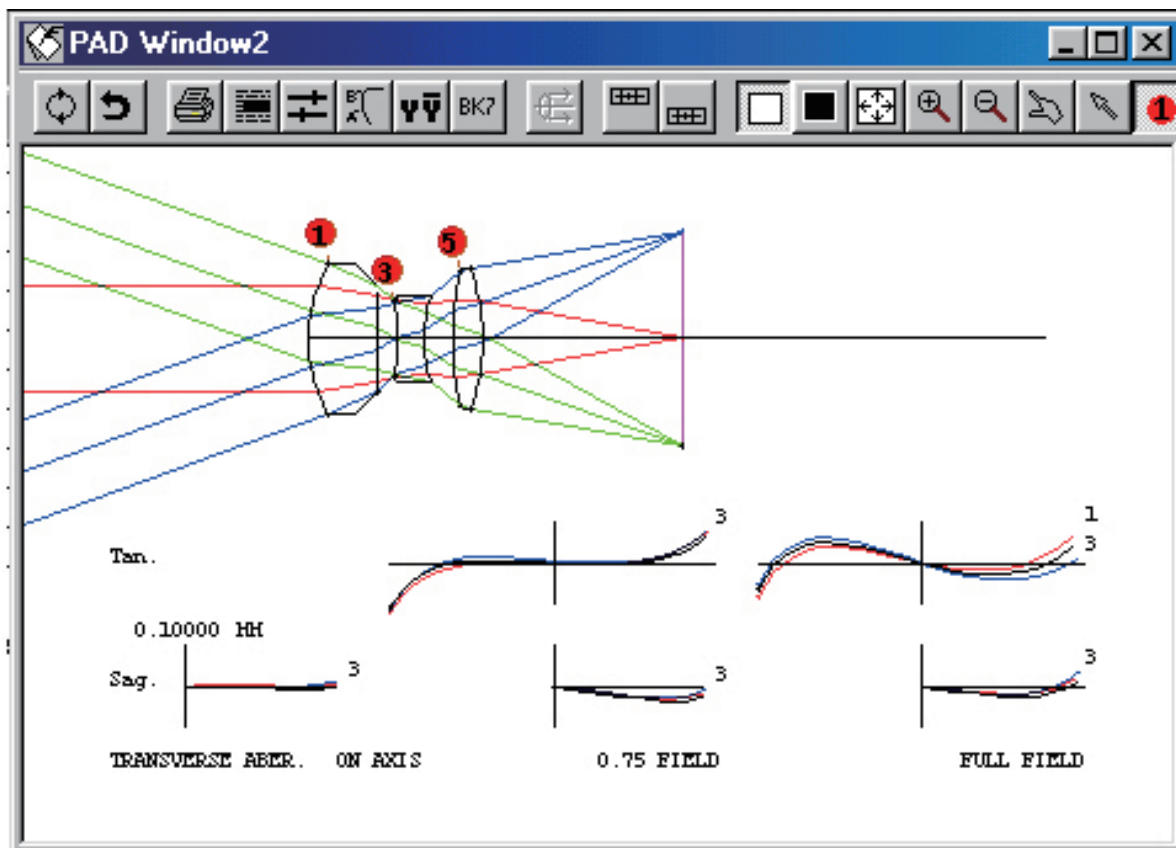
この例では Option 4 を選択して次をクリックします

Back to MOM

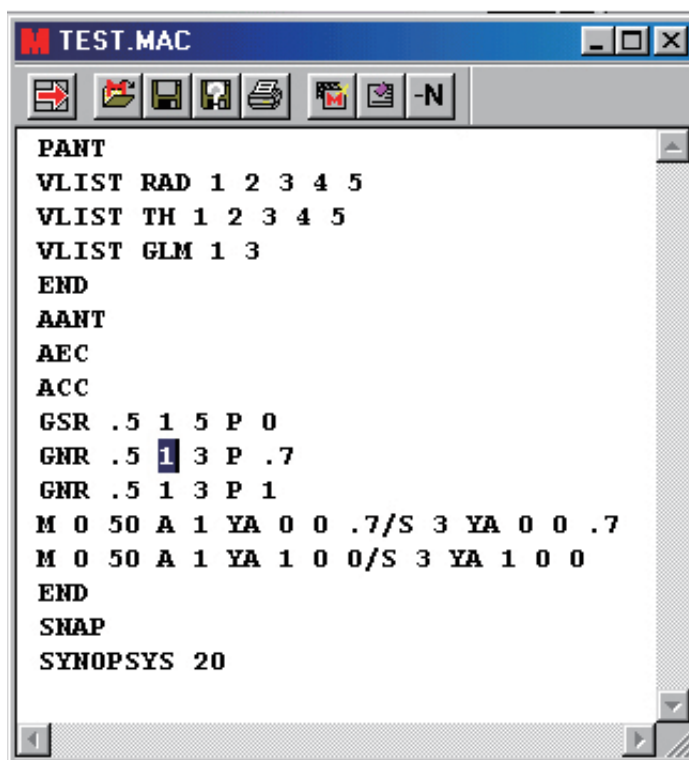
この手順でメリットファンクション選択肢の 4 が選択され、(デフォルトではチェックボックスがチェックされているため) エッジと中心厚の自動コントロールが得られます。ボックス "Monitor optimization" が選択されていることを確認してください。ここで **"Make a MACro"** をクリックし、名前の要求にしたがって TEST と入力してください。マクロエディタに、入力した最適化項目があらわれます。



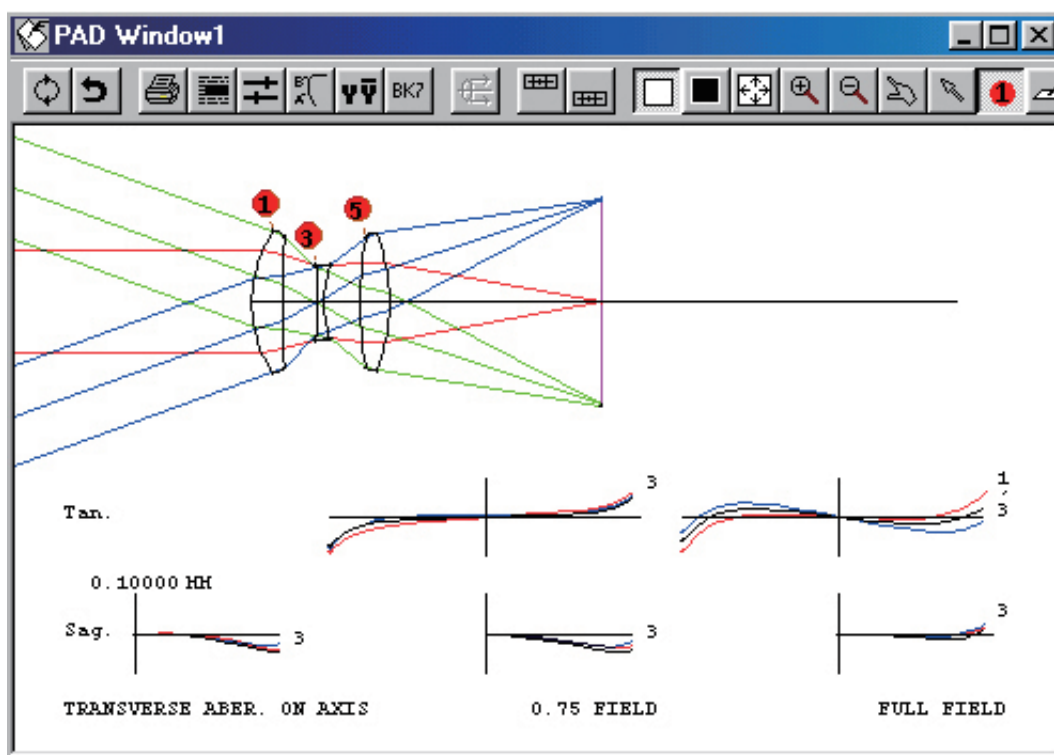
RUN MACro ボタンをクリックし、レンズが最適化される様子をご覧ください。



軸上の像がよく補正されているのに対し、フィールドのエッジではそれほど良好ではない様子をご覧ください。ではこれらの3つのフィールドにかけたウエイトを変更するとどうなるかを見てみましょう。MACro エディタですべてのフィールドのウエイトを1に変更します：



これらのオプションについては下に説明があります）これでもう一度マクロを実行してみます。中心部分の像品質が悪化し、エッジ部分は向上しました。



メリットファンクションへのコントロールしたいパラメータの追加とともに入力したウェイトをこのように変更することにより、非常に多くの方法でレンズの性能に影響を与えることができます。たとえばフィールドに依存する色補正であれば、TFAN カーブの中心だけでなく両端での交点の相違を補正したいと考えるかもしれません。またはMOMに戻り、既に用意されているレディメイドの一各色での瞳全体にわたる多くの光線（通常これが最も良好な選択であるため、デフォルトオプションです）を補正するメリットファンクション6を使うこともでき、それ以外にもさまざま考えられます.... なんとなくお分かりいただけたでしょうか。現在のメリットファンクションで最適化

したレンズに何がおきたかを眺めながら、最適化のステージごとにメリットファンクションを改善してゆくことが必要です。（レンズのデザインはもうしない、メリットファンクションをデザインするのだ、ということが言われます。）

これらの最適化の実行後 KICK ボタンをクリックしてみてください。このトリプレットの性能を大きく向上させ

ることはありませんが、より複雑なレンズについては頻繁に使用する強力なツールです。最適化が可能なまで到達するとそれがスタート点のレンズについて本当に最良のレンズか、あるいは極小値に止まってしまっているのかわかりません。後者の場合、**KICK** オプションはしばしばその極小値から脱し、ときにより、最適化がより良好な解に向けて進行することがあります。（この機能はすべての変数をランダムな量だけ変化させます。コマンド形式でどれだけ重く KICK するかを指定することができます。）**ANNEAL** コマンドはより強力で、複雑なレンズについて最適化が可能なだけの性能向上を達成した後にさらに向上させるための使用を強くお勧めできる機能です。

SYNOPSISYS での最適化を経験するに従い、既成のものを使用するよりも、おそらくユーザー自身のメリットファンクションを最初から構築するのを望まれることでしょう。F/2.8 で開始したトリプレットを終了し、以下のステップに従ってください。MOM にある他のオプションを使用しながらカスタムメリットファンクションを作成します。**MOM** とタイプしてから以下に従ってください：

Select Standard RayGrids

Use <-- the first one

Field Points <-- the first one

RayGrid <-- the first one

M -- Do all colors

Weight <-- type . .

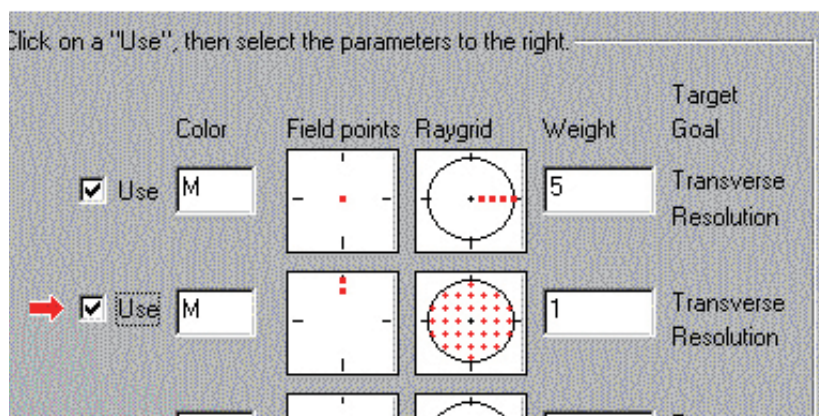
Use <-- the second one

Field Points <-- the second one

RayGrid <-- the third one

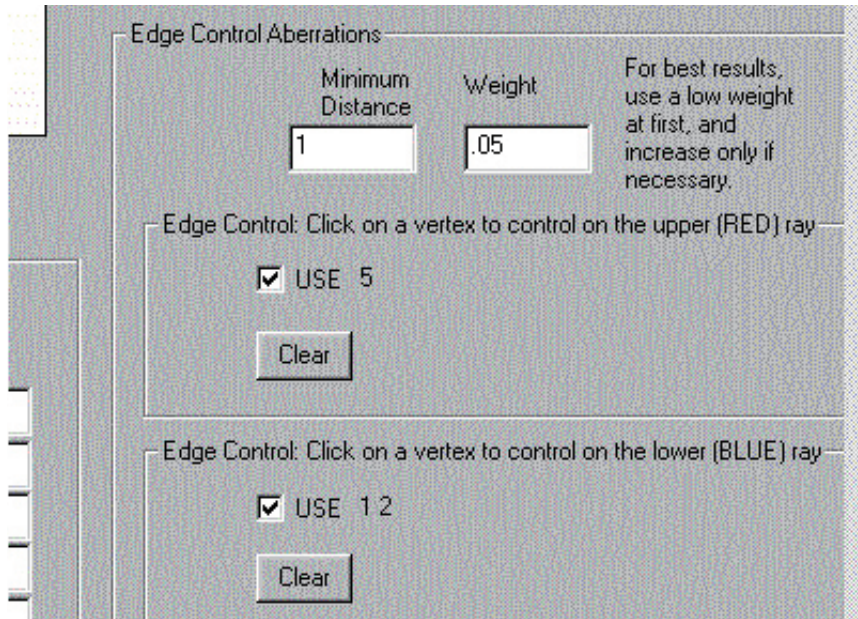
M -- Do all colors

これらのオプションの選択で、ディスプレイには以下のように表示されます：



軸上オブジェクト点で SFAN にわたる光線ターゲットを要求し、二つの軸外点でフルグリッドの光線を要求しました。どうしてこの軸上点は異なるのでしょうか。レンズは回転対象で、SFAN はフルグリッドに相当する情報を持っていて、より少ない光線しか追跡しないので実行が早いのですが、同様の理由で高いウエイトを必要とするのです。

では MOM に戻り "**Mechanical Goals**" をクリックしてください。開いたダイアログで "Edge Control Aberrations" グループの RED Ray グループ内で **USE** をクリックします。ここでレンズレイアウトの第 5 面の頂点をクリックします。BLUE Ray グループ内でも同様に繰り返し、第 1 面、2 面をクリックします。Target (ターゲット) 値を 1mm、Weight (ウエイト) を .05 とします。




これで SYNOPSIS に 1 面-2 面間、そして 2 面-3 面間のエッジ厚を低いほうの周辺光線に沿ってコントロールし、第 5 面については上方の周辺光に沿ってコントロールすることを要求しました。オプション "Automatically control edges" をクリックしてもよく、その場合プログラムは厚さが変数となっているすべてのエレメントのエッジを監視しますが、これたのとの他のオプションは、たとえば YMT ソルブが置かれている最後の厚さのように、厚さを変化させないフェザーエッジを避けるために有用なオプションです。オートマティックオプションでも、入力されたターゲットとウエイトを尊重します。もちろん精密なコントロールが必要であれば、マクロ中に各エレメントに個別のターゲットを設定したエッジコントロールを指定することができます。

では MOM に戻り "Make a MACro" をクリックしましょう。MOM から直接最適化を実行させることができますが、どのように動作するかを確認した後でも MACro ファイルの内容を変更するのが如何にに簡単かは既にご覧いただいたとおりです。ファイル名を催促されたら "TRIP" を入力してください。

MOM 内の "Monitor optimization with the SketchPPAD display" のラベルのボックスをチェックしたままにしてください。これは PAD 表示が最適化の間連続して更新されることを意味します。エディタ中の Run ボタンをクリックし、レンズが最適化される様子を観察しましょう。

これらすべてが複雑に思えるようなら、習熟したユーザーがこのマクロを 1 分足らずで作成できることを思い出してください。

エディタウィンドウで作成したマクロが表示されていれば、ツールバーボタン  に注目して下さい。

一番左側のクリックで MOM 変数パラメータ定義ダイアログが；他の二つは直接 Standard Raygrid Selection (標準光線グリッド選択) ダイアログ、または Ready Made Merit Function (既成のメリットファンクション) ダイアログが開き、いずれも MOM が最も頻繁に使用する機能です。選択後にダイアログを閉じるとその変数または光線定義が自動的にマクロの現在カーソルがおかれている位置に置かれます。習熟したユーザーにとってはこれが複雑なメリットファンクションを作成する最も速い方法ですが、その場合は必要な AANT、END 行が内場合はその入力とともにファイル構

造をご自身で設定しなくてはなりません。

FINAL Aberration Values

最終的な収差値

結果はきわめて良好です。MOM はコントロールする 206 個の収差を構築しました。次の行をタイプしたとすれば

FINAL

すべての収差が、その各最終値とメリットファンクションの合計に対する相対的な効果と共にリストされます。津上それらのすべてを観察することはありませんがたとえば最も大きな 5 個の収差が何かを確かめる場合などでは便利です。もしそれらのうちの 1 つか二つがメリットファンクションで支配的であれば、特定のレンズに何が起きようとしているかを理解するのに役立つヒントになることがよくあります。次をタイプして

FINAL 5

一部だけを見てみましょう。ここでこのメリットファンクションでいくつかの変化を試験してみます。いかが MOM がエディタに置いた行です。

```
PANT
VLIST RAD 1 2 3 4 5
VLIST TH 1 2 3 4 5
VLIST GLM 1 3
END
AANT
GSR .75 5 4 1 0 0
GSR .75 5 4 2 0 0
GSR .75 5 4 3 0 0
GSR .75 1 3 1 .75 0
GSR .75 1 3 1 1.0 0
GSR .75 1 3 2 .75 0
GSR .75 1 3 2 1.0 0
GSR .75 1 3 3 .75 0
GSR .75 1 3 3 1.0 0
ECP 1 .05 5
ECN 1 .05 1 2
END
SNAP
SYNOPSIS 20
```

Raygrid Aberration Definitions

光線グリッド収差定義

MOM は以下のリストの選択肢から GSR と GNR の形式で収差を挿入しました。

GNR RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F [XWT]]]

横方向座標

GSR RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F]]

サジタルファンのみ、XC だけを補正

GTR <u>RT</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>SN</u> [<u>F</u>]]	タンジェンシャルファンのみ, YC を補正
GPR <u>RT</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>SN</u> [<u>F</u> [<u>XWT</u>]]]	その色での主光線から測定したエラー
GNO <u>RT</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>O F</u>]	OPD ターゲット
GSO <u>RT</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>O F</u>]	サジタルファンのみ
GTO <u>RT</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>O F</u>]	タンジェンシャルファンのみ
GPO <u>RT</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>O F</u>]	第一光線参照
GNN <u>O</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>SN</u>]	主光線位置でなく、重心への補正
GNV <u>O</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>O F</u>]	波面変化
GPV <u>O</u> <u>WT</u> <u>DEL</u> <u>ICOL</u> <u>HBAR</u> <u>GBAR</u> [<u>O F</u>]	第一光線参照

これらはユーザーズマニュアルに説明があります。

Varying Glass Types with the Glass Model (GLM) ガラスモデルでのガラスタイプ変更

スペクトルの可視域の波長で光学ガラスを使用してレンズを設計する場合にガラスモデル GLM が使用されます。この方法でガラスを変化させる場合、実際には二つの値、屈折率と分散を呼び出します。SYNOPSYS は Nd と V 数が与えられていれば、レンズに設定されている各波長でモデルガラスの屈折率の近似値を計算することができます。ここでは第 1、2 のエレメントのガラスを変化させ、3 番目のエレメントには最初のエレメントのガラスをピックアップすることにして変数とはしません。最適化が終了したら SPEC リストでどのような屈折率と分散が選択されたかを確認し、最も近い現実のカタログガラスを挿入します。実行は非常に簡単で、すぐに説明することができます。この最適化の過程で次のメッセージが

***** GLASS PINNED, VAR. NO. 12 *****

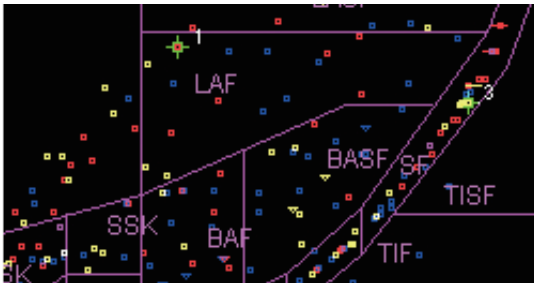
コマンドウインドウの出力に現れます。これは屈折率あるいは（こちらがより可能性があり）分散をガラスマップの境界から外に出したいということを知らせています。これが現れると SYNOPSYS は二つの変数（Nd と Vd）のいずれかを削除し、その時点からガラスを侵犯した境界に沿って動かします。（現実のガラスの最良の組み合わせを検索し、ガラスマップの代表的ではない特定の領域で組み合わせることができるコマンドがあり、これが [GSEATCH](#) です。）

ではガラスモデルが停止したところに、現実のガラスを挿入してみましょう。PAD に移動し、ガラステーブルボタン



をクリック、Schott(ショット) カタログを選択します。Schott ガラスマップが表示され、モデルガラスのパ

ラメータを示す二つの赤い円が描画されています。バックグラウンドの描画色を変更したい場合は黒または白の矩形をクリックしてください。面 1 の円近傍のガラスシンボルをクリックして PAD 表示上のこの面をクリックします。（タイトルバーをドラッグしてダイアログを邪魔にならない位置に移動できますし；"Surf" とラベルのあるボックスに面番号を入力することもできます）。"Apply" をクリックします。第 3 面のガラスモデルについても同様にします。これでレンズはモデルガラスではなく、現実のガラスを持つようになりました。（モデルガラスについて最も近い現実のガラス、あるいは選択したガラスと置換し、曲率半径を修正してエレメントパワーを同一にする [IRG](#) コマンドもあります。私たちはガラスマップを好み、それは何が行われているかを見ることができ、選択したガラスの性質の表示を要求することができるからです。）



次のステップは新たなガラスを固定したままでのレンズの再最適化です。マクロエディタで次の行を削除します

VLST GLM 1 3

(または感嘆符を行の先頭に追加します：

!VLST GLM 1 3

これでその行がコメントとなり、実行されずに無視されます。

ファイルを再び実行します。これでレンズを設計したことになります。

出来上がったレンズの中心エレメントは少々厚すぎませんか？厚さを変えてみましょう。変数リストから **VLST TH...** を削除しましょう。あるいは、[セクション 0.2 に説明のありとおり](#) その変数について独自の上限下限を入力しなくてはならないかもしれませんが、変更を続けさせましょう。先に進めるには多くの方法がありますが、ここまででレンズを設計する場合に SYNOPSYS には何ができるか、あなたは何をしなくてはならないかの感触を得られたことと思います。

Local Minima 極小値

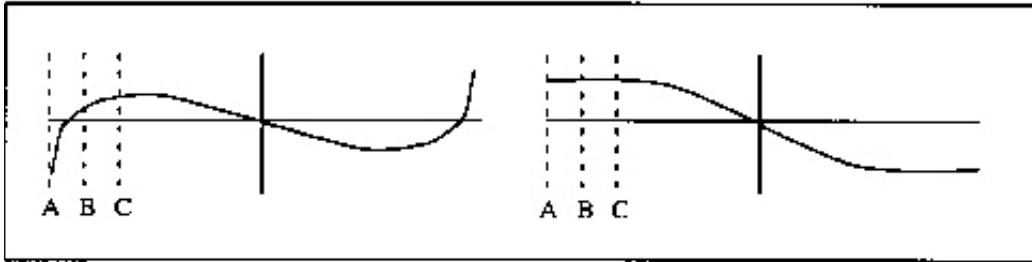
レンズの設計での再帰的に現れるのが、いわゆる " 極小値 " の問題です。レンズ系はしばしば離散て金歯解領域を持ち、一般的に最適化プログラムはひとつの領域を出てよりよい領域を探すのが得意ではありません。よりよい領域へ移る過程では一時的に性能の劣るレンズを受け入れる必要があり、ほとんどのアルゴリズムはこれを避けます。これに対して SYNOPSYS ではこの障害を乗り越えることのできるいくつかの機能を備えています。これらは [KICK](#) と [ANNEAL](#)、それに [XSYS](#) プログラムです。これらについてはユーザズマニュアルの該当箇所をご参照ください。

エキスパートシステムプログラム XSYS はレンズ構成の大きな変更をすることができ、KICK と ANNEAL 機能はコントロールされた量だけレンズに摂動を与えて最適化を繰り返し、より良好な解領域に移行することがあります。

もしレンズが極小値に停滞して動かない状態であるように見え、しかもそのレンズの性能がもっと向上するはずとお考えであれば、通常は光線グリッドの光線本数を増やしてみることです。実際に粗すぎるグリッドは極小値を生成し、各色で多数本の光線を追跡するのが助けになることがよくあります。あるいは横収差と OPD 補正の間を切り替えて ANNEAL 機能を実行し、性能の向上を図ることもできます。ときにより、結果は驚くべきものとなり、常に試行する価値のあるものです。

極小値に停滞する原因を探り、それらへの他の対処戦略を検討してみましょう。ときにより、下手に選択された光線セットは、レンズにあたかもローカルミニマに陥っているように振舞わせます。下にあるファンカーブを検討して見

ましょう。



もしメリットファンクションがゾーン A と C で光線を補正することになっているとすると、これら二つの TFAN カーブは同一のエラーを与えます。光線 B の追加はその光線がより小さなエラーを持つために、左側がよくなるように映るでしょう。しかし実際には右側が低次の収差を持ち、さらに向上できるであろうことからこちらが好まれます。単に他の光線の追加が常にレンズ性能を向上させるわけではないことがわかるでしょう。ではどのようにしてレンズをよりよい解に向かわせるのでしょうか。

ひとつの有用な手法は横収差そのものとともに TFAN の傾斜をコントロールすることです。もし光線 A と C の交点の相違を低減しなくてはならないとすると、レンズはおそらくよくなるでしょう。SYNOPSYS でこれを行う方法のひとつが以下の行の入力です：

```
AANT
M 0 1 A 2 YC 1 0 -1
M 0 1 A 2 YC 1 0 -.6
M 0 2 A ABR -1
S ABR -2
.....
END
```

メリットファンクションのこのセクションで、最初に A と C とで個別の YC 収差を定義しています。これらは二つの光線の主光線の交点から測定した交点を補正します。次のターゲットは "A ABR-1" と "ABR-2" との間の差を指定し、これは前方で計算された交点を再度使用する便利な方法です。"A ABR-1" は直前の収差を意味し、一方 "S ABR-2" はその前の前の収差を減算します（正の値を入力して絶対収差番号で指定することもでき、たとえば "ABR 2" は AANT ファイル中で 2 番目の収差を意味します。）

他の強力なテクニックは、選択した光線の横方向交点と OPD の両方をターゲットとすることです。OPD が TAP ファンカーブの積分なので、このテクニックはカーブ下側の面積を最小化すると共に選択した光線の収差を最小にします。しかしこの場合ウエイトの選択には注意を払わなくてはならず；OPD エラーの 1 は 1 波長の収差だということで、多くのインスタンスでは容易に理解できますが、横収差の 1 単位は津上は非常に悪いことを意味することです。有用なルールは OPD を以下のようにウエイト付けすることです；

4 FNUM 1 / 25400 if the lens is in units of inches ,and

4 FNUM 1 / 1000 if the units are mm.

たとえば波長 $0.5 \mu\text{m}$ で F/10 で動作する系は OPD エラーの相対ウエイトとしておよそ、インチ単位であれば 0.0008、ミリメートル単位であればおよそ .02 が必要で、もちろん所望の収差とのバランスが必要です。

他のテクニックは 3 次および 5 次収差ターゲットを賢く使うことです。すべての 3 次収差をゼロとするように要求す

ることはほとんどいつでもよい選択とはいえず、それは収差の程よいバランスが常にゼロでない3次収差の寄与を必要とするからです。しかしときによっては、通常はダブルガウスのようなレンズの SOBSA (sagittal oblique spherical aberration) のような5次成分、あるいは容易に保証できると思いがちな単純なコマのような特定の収差が補正の障害となっているように見えます。そのような場合は一次的に3次あるいは5次ターゲットを比較的高いウエイトで含めて、特にこの収差に集中するようにレンズ構成を仕向けます。より良好な解領域でその先の最適化ができる有効なスタート点を得ることができるとは限りませんが、その収差が補正され、他二つについては深刻に悪化したレンズを得ることもあります。そこでどうして困難に陥っているかがわかります：ターゲットのいくつかは他のターゲットとは共存できないのです ---- それらが何かわかってしまえば補正の方法を検討することができます。

他にもレンズによっては非常にうまく行く方法があり、それはコントロールする光線に一樣でないウエイトを置く方法です。たとえば、GMR 選択のフォーマットに二つのウエイトニングファクタをご覧いただきました：

GMR RT WT DEL {ICOL / P} HBAR GBAR [SN [F [XWT]]].

ここでファクタ WT はこのリクエストで発生したウエイトをすべての光線に等しく適用し、一方 RT は以下の等式によってウエイトニングします。

weight = WT / (Xen**2 + Yen**2) **RT. (10.3.1.1. をご参照ください)

たとえば RT に値 1.0 を与えれば瞳中心近傍の光線はエッジにある光線よりもより大きく重み付けされます。上のレイファンプロットでは、もしビームが近軸焦点に近ければ端の点は離れ、良好なレンズがより低いメリットファンクションを持つであろうことがわかります。

Third and Fifth-Order Aberrations 3次収差と5次収差

SOBSA のコントロールをするための AANT ファイルへの入力は次のようになります

M O 1 A SOBSA

一般書式、1次、3次、5次の収差

M TAR WT { A / S / MUL / DIV } name

name は次のうちのいずれか：

FOCL	BACK	TOTL	GIHT	EPP	DELF	FNUM
YPO	THO	YP1	YMP1	XMP1	XP1	
SA3	CO3	TI3	SI3	PETZ	DI3	
PAC	PLC	SAC	SLC			
SA5	CO5	TI5	SI5	ECOM	DI5	
TOBSA	SOBSA	SAPU	COPU	ASPU	DIPU	

レンズが最良の状態に近く所望のメリットファンクションがより以上には向上をもたらさない場合、GNV 収差の使用あるいは回折 MTF の最大化などの低速なオプションを試用してみることができます。結果のレイファンが一見補正

が劣っているように見えても驚くには及ばず；お好みのメリットファンクション（あるいは任意の横収差に基づくメリットファンクション）がどうしてレンズをそれ以上に向上させなくなったかの理由は、解説理論ベースでレンズの最良の性能を引き出すにはスポットダイアメータの最小化を超えた最適化が必要だということです。GNV と MTF 収差オプションでは現在のレンズより優れたバランスを与えてくれます。GNV は上方に説明が、MTF 最適化機能については[ユーザーズマニュアル](#)に説明があります。

Pupil Selection in Optimization

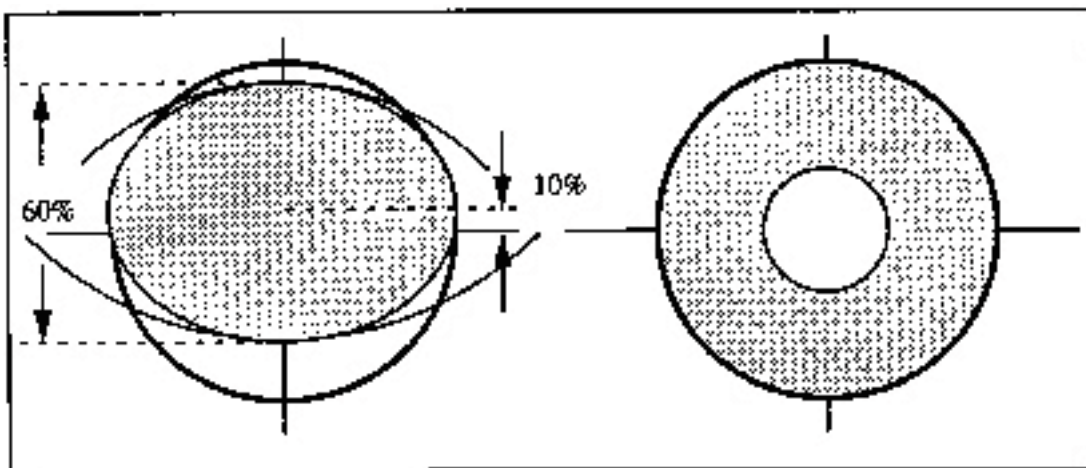
最適化での瞳位置の選択

上の例では補正する光線の定義方法を二つお見せしました：光線パラメータをご自身で明示的に定義する手法と、プログラムに全体を生成するように要求する手法です。[第3章](#)での SYNOPSIS で利用できる瞳のオプションの説明で、最適化については独自の規則があることを注記しました。その理由は好みによるもので、最適化は時間のかかる工程であり、可能であれば低速な瞳オプションを避けた設計者もいるであろうからということでした。

この理由で一般的に最適化プログラムはクリアアパーチャやフェザーエッジでのビネッティングなどの問題を、特にそれらの収差についての ECP などの使用がない限り無視します。指定の光線にターゲットを与えた場合、その光線はそれが実際にビネットされるかどうかにかかわらず補正されるでしょう。得られた補正が好ましいと判断した場合、要求した光線が実際に系を通過するようにメリットファンクションを構成するのは設計者がすべき作業です。このルールの例外は WAP 3 オプションで；それは CAO でのビネッティングがこの瞳が定義されると黙示的に考慮されるからで、すべての光線定義もその瞳に基づいているので、すべての光線についてもビネッティングが考慮されます。

最終的なレンズが軸外の像点ではビネットされると予想される場合は、その失われるであろう光線を補正しようとするべきではありません。

すべての独自の光線を入力したときは、単純に望む光線を選択することができます。これに対し、自動で光線を発生する機能は、瞳のどの部分を補正すべきかを指定する、さらなるパラメータが必要です。これには二つの方法があり；[VFIELD](#) オプションは 9 個までのフィールド点でのビネッティング率の指定を可能にし、通常この目的には最適のオプションで、下の左に図解します。



光線エラーを補正する必要があるのは瞳のノーマル高さの 60% の部分で、この例ではおよそ縦方向に 10% のディセンターがあります。SYNOPSIS にこの種の瞳を指定するには、AANT ファイルに以下の行を含めます：

VSET .6 .1

この入力光線は光線を生成する最適化のすべての機能、たとえば GNR、AUTO、MTF、ECN、ECP によって尊重されますが、XA、YC、OPD など設計者独自のパラメータが入力されると無視されます。言い換えると、あなたが独自の光線を

入力した場合、得られるのはそれらに対する回答だということです。VSET パラメータは修正されようとしている部分フィールドに比例して瞳を縮小します。（上に示した VFIELD オプションはこれとは対照的に、単順に瞳サイズを再定義し、したがってあなたの個々の光線と自動発生された光線セットはそれに伴って等量減少されます。）

との他のよく用いられる瞳形状は上図右にあるような遮蔽のある形状です。個々では遮蔽オプションは瞳の直径のほぼ 30%で、AANT 入力は次のようで、

OBSSET .3

これに光線で発生させる収差が続きます。VSET コマンドは光線パターンを Y 方向に縮めて最小楕円に近似し、OBSSET コマンドは単純に遮蔽部分に飛来するすべての光線を無視します。

Other Optimization Options

その他の最適化オプション

SYNOPSIS の最適化機能はプログラムの最も洗練されている部分で、このチュートリアルマニュアルでカバーしているのはほんのわずかな部分です。ここで[ユーザーズマニュアル](#)に説明のある他のいくつかの特徴を挙げます。それらのひとつは[テストマッチングプログラム](#)で、系の面を一度にひとつずつ選択したテンプレートに近似し、変数のセットからその曲率半径を削除して再度最適化します。ひとつのレンズのすべての面を、通常最適化と同一のメリットファンクションを使用してマッチングできることもあります。

1 次、3 次、5 次収差をレンズ全体についても、またレンズの一部についても指定することができます。この方法による補正でしばしばズームレンズの収差の安定が可能で、与えられたエレメントの収差を低減することによって祖連そのレンズのティルト、あるいは芯取りエラーに対する感度を鈍化させることができます。

関連する機能で 3 次収差から派生し特に公差感度を鈍化させるために設定されたいくつかの量をコントロールすることができます。これについては[セクション 10.13](#)に説明があります。

単一の構成で 10 個までのズームポジションについて最適化ができる、[ZFILE](#) ズーム機能については[ユーザーズマニュアル](#)をご覧ください。

赤外系の最適化については与えられた面の[ナルシサスコントリビューション](#)が、コンデンサシステムでの[光束](#)の一樣性などで見られるように、1 次ベースで明示的にコントロール可能です。

"{A/S/MUL/DIV}" の選択で容易には表現できない標準的なターゲットの組み合わせを補正したい場面では、各々が標準的な収差で定義された最大 9 個のパラメータを含む等式の形で、複合収差を定義することができます。この等式には三角関数あるいは指数関数、平方根などを含めて事実上任意の必要性に応じて十分一般的にすることができます。また収差の定義リストにない何かをコントロールする必要がある場合は[CLINK](#) 機能でコントロールすることができ、SYNOPSIS のほとんどすべての出力を取り出して収差として扱うことができます。

完全に一般的な[マルチコンフィギュレーション](#)最適化機能で一度に 6 個までのレンズを同時に最適化することができます、指定したパラメータをそれらのレンズ間で受け渡しすることができます。たとえば[ホログラフィック光学素子](#)を露光する光学系をデザインしながら同時にその素子での再生系での像を最適化することができます。

多くの SYNOPSIS ユーザーはこのマニュアルで説明されている機能を使用するだけでも作業をすることができるでしょう。しかしながら SYNOPSIS は他にも多くの機能を提供し、次の章ではより一般的なもののいくつか、反射系、ティ

ルトあるいはディセンタといった形状のある系を検討して見ます。

第 7 章

パワーユーザー

ここまで SYNOPSYS 操作に関する基本を学習していただきましたので、この章ではもう少し先に進んでみましょう。本章では反射、マンジンミラー、遮蔽、ティルト、ディセンタのある系の例を見ていただき、他の座標系でレンズをどのように解析できるのかを学習していただきます。ユーザーズマニュアル [Appendix E](#) には他のファイルを収録していますので、このチュートリアルを終了した後にそれらについても検討されることをお勧めいたします。このマニュアルの[第 9 章](#)にはレンズデザインについてのワークアウトがあり、ここまで見ていただいた多くの機能を実際に操作しながら復習していただくことができます。

Reflecting Systems 反射系

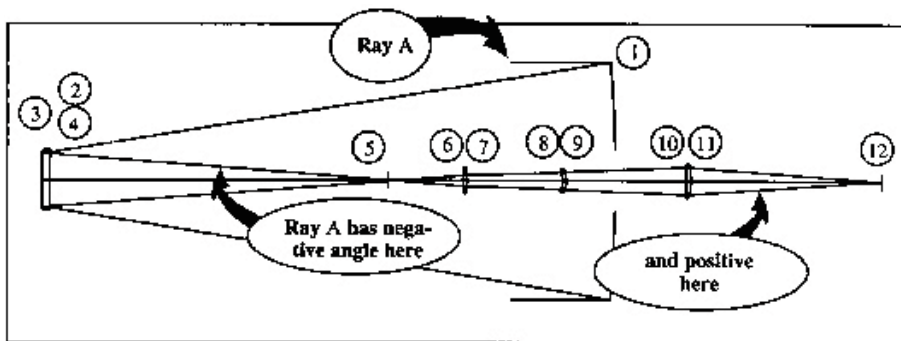
ここでご覧いただくのはマンジンミラーを副鏡に使用した反射型望遠鏡で 3 つのレンズで像を第 2 焦点にリレーし、1 次と 2 次ミラーによる収差を補正しています。マクロエディタに以下の行を入力し、以降の解析をお試しください。

```
RLE
ID RELAY TELESCOPE
OBB 0.25 8.0          <--    1 6 インチアパーチャ、0.5 度フィールド
UNITS INCH           <--    スイッチ 24 が ON なので単位は mm
1 RD -98.85 TH -37.8638 AIR
1 REFLECTOR           <--    第一面は反射性と定義された
2 RD 22.90473 TH -.5 GTB SSK12 <-- 副鏡は Mangin ミラーで、このガラスには 2 回遭遇
3 RD 536.59216 PTH -2 PIN 2  <-- 第 3 面は Mangine の反射側で
3 REFLECTOR           <--    戻ってくるときの厚さは行くときと同一
4 PCV 2 YMT 0
5 TH 5.04396
6 RD 13.96087 TH .25 GTB S
BK7
7 RD -5.65247 TH 6.41386
8 RD -1.70879 TH .25 GTB S
SF6
9 RD -1.88028 TH 7.98917
10 RD -72.74201 TH .315 GTB SBASF12
11 UMC .0714 YMT       <--    F/7 の系を要求
12
1 CAI 2.1
END
```

(このレンズはインストレーションディレクトリ USER のライブラリロケーション 4 にも収録されています)

上のコメントはこの系の特殊性のほとんどを説明しています。第一の点は各反射の後に厚さの符号が反転し、それは光がその方向を変更するからです。(また、これに反し光が誤った方向に進むこともあります。そのような光線は異常光線と呼び、正常光線とは異なった光線追跡規則に従います。それらについては[ユーザーズマニュアル](#)に記述があります)。

残りの部分は既によくご存知の第4面に置かれた YMT ソルブで、ダミー面の5面が中間の近軸焦点に置かれるようにしています。第11面の UMC ソルブは $f/7$ のビームを与え、この場合近軸マージナル光線がその点で上側に進行するので正でなくてはなりません。下の図で中間の焦点が津上の符号を反転している様子をご覧ください。



第3面はマンジンミラーの反射側であり、第4面が物理的には第2面のことなので、その厚さが双方向で同一となるのを確実にするためピックアップを使用しています（符号の反転を PTH-2 で指示しています）。第4面の PCV は符号を反転していませんが、これはこの面が直前と同一の方向を向いていなくてはならないからです。

第4面は、プログラムにはこの面に2回遭遇するとは自動的にはわからないので、レンズファイル中では別の面として入力しなくてはなりません。どの面も ノンシーケンシャル光線追跡モード（このマニュアルのトピックではありません）でない限り、光線が遭遇する順で入力しなくてはなりません。

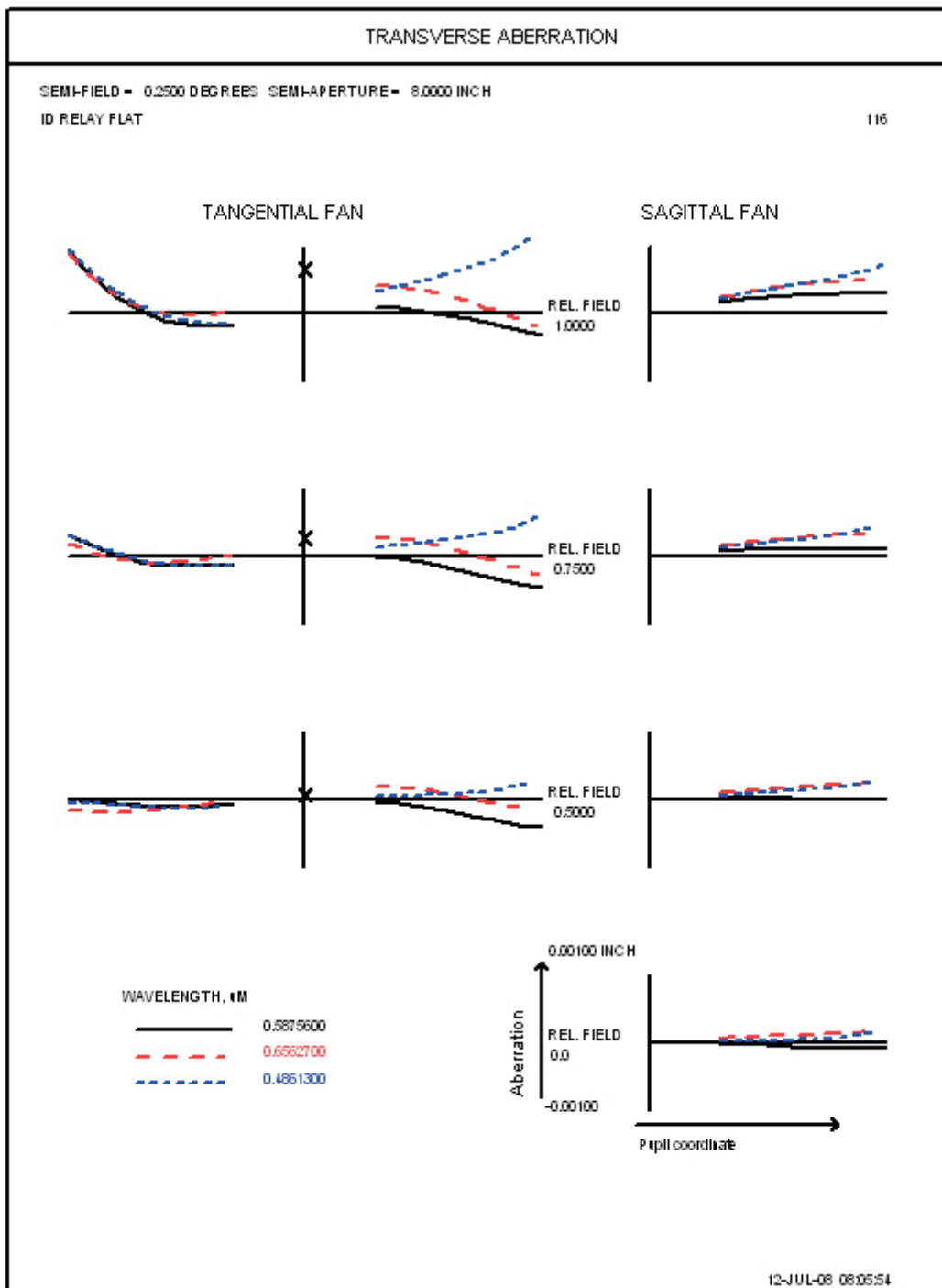
以前のバージョンの SYNOPSIS ユーザーはご注意ください：Version12 では屈折率は常に正で、反射は上に表示するとおり明示的に示され、以前のように符号の変更による黙示ではありません。

主鏡には穴があり、CAI 入力されます。

<u>SN</u> <u>CAO</u> <u>RADIUS</u> <u>XOS</u> <u>YOS</u>	円形アパーチャの外側半径、X, Y ディセンタ
<u>SN</u> <u>CAI</u> <u>RADIUS</u> <u>XOS</u> <u>YOS</u>	内側
<u>SN</u> <u>RAO</u> <u>XS</u> <u>YS</u> <u>XOS</u> <u>YOS</u>	矩形アパーチャの辺長さ X, Y
<u>SN</u> <u>RAI</u> <u>XS</u> <u>YS</u> <u>XOS</u> <u>YOS</u>	内側
<u>SN</u> <u>EAO</u> <u>B</u> <u>A</u> <u>XOS</u> <u>YOSS</u>	楕円形アパーチャの、X, Y 半径
<u>SN</u> <u>EAI</u> <u>B</u> <u>A</u> <u>XOS</u> <u>YOS</u>	内側

一般性のある多角形状やさまざまなアポダイゼーションをあたえるアパーチャフォーマットもあります。これらは ユーザズマニュアル に説明があり、また **SPS** ダイアログでも見ることができます。ディセンタのあるアパーチャは X Y-offset パラメータ XOS、YOS で指定します。

これからさまざまな変更をするので、このレンズをライブラリに保存してください。そして、コマンド **RPT .001 10 M** または **MRR** ダイアログで像を評価してみます。結果は以下のとおりです



遮蔽のため、ファンカーブの中央部には穴があります。レンズが NOVIG モードにあるとビネッティングは無視されるのでこの穴は現れません。各 TFAN の縦軸上の "X" は GIHT (Gaussian image height) の位置で、そのフィールド点での歪曲を示します。歪曲について補正したい場合のひとつの方法は AANT ファイル中のメリットファンクション中で GIHT と実光線の交点との差をターゲットとすることです：

M 0 1
A GIHT
S 2 YA 1

ハーフフィールド点で行うものとしましょう。どのようにハーフフィールドでの YA から GIHT の半分を引けばよいでしょうか。以下は一例です：

M 0 1
A GIHT
DIV CONST 2
S 2 YA .5

この例では GIHT を定数 2 で除し、光線交点を減算しています。

SYNOPSYS Utilities SYNOPSYS のユーティリティ

では SYNOPSYS のいくつかのユーティリティを見てみましょう。この系は中間の章平面を持ち、そこでは像の補正はよくできていません。最終面でなく第 5 面での像を試験するのが以下の行です：

CHG
5 MXSF
END
RPT 0 10 2 1 3

CHG エントリの "MXSF" は第 5 面が最大面番号であることを意味し—系のこれより後の部分を切り取ります。RPT コマンドはスケールファクタとしてゼロが指定され、プログラムにデフォルトスケールを計算させます。フットプリント機能 (**MFP**) を使用して中間面での光線パターンを観察することもできますが、その場合はスケールファクタを入力する必要があります。しかしレンズは現在短く切り取られていて、この状態での作業を続けたくない場合にはもう一度もとのレンズを取り戻さなければならないことにご注意ください。

すでにこのプロットや他のプロットを観察するときの問題に気づかれたことと思います；ハードコピーでは適当な大きさであってもモニタでは読み取りづらい数字があります。スクリーン上では先ほどのプロットのスケールが .02 であることがわかりにくいかもしれません。これは簡単に解決できます。[グラフィックウインドウ](#)にある拡大鏡をクリックし、拡大が必要な部分をクリックします。(ショートカットは：拡大したい位置で <Shift><右クリック>、縮小は <Ctrl><Shift><右クリック>)

Scaling the Lens レンズのスケーリング

この反射系は現在インチ単位で構成されています。これをミリメートル単位にしたいとします：

SCALE MM

焦点距離は直前まではおよそ 112 インチでしたので、ミリメートル単位ではもちろん 2846 です。系の焦点距離を 5000mm にしたいとしましょう。

SCALE FOCL 5000

これを 2500 とするには次を入力します

SCALE .5

これらのオプションは MUT ダイアログに示され、[ユーザーズマニュアル](#)に説明があります。

では回転対称性を持たない系を見てみましょう。この赤外望遠鏡で、まだ説明していないさまざまな機能を使用いただき、AFOCAL オプションについても説明します。まずマクロエディタで次のデータを入力（またはコピー・ペースト）してください。

RLE

ID EXAMPLE FOLDED SYSTEM

WAVL 11.5 9.75 8

OBB 0 10.5 .25 0 14 <-- 矩形フィールドにご注意

UNITS INCH

WAP 1

1 TH 1.4

2 RD -2.885 TH .125 GTB U

GE

3 RD -2.414 TH 0.1844

4 RD -39.488 TH .125 PIN 2

5 RD -11.872 TH .06224

6 RD 1.275 TH .18862 PIN 2

7 RD 1.16442 TH 1.59327

8 TH .55678

9 REFLECTOR

10 TH -1.24205 AIR

11 RD 7.544 TH -.195 PIN 2

12 RD 4.969 TH -3.42287 AIR

13 REFLECTOR

14 TH 2.79342

15 REFLECTOR

16 TH -3.28207 AIR

17 RD 46.54133 TH -.195 PIN 2

18 RD 21.157 AIR

19 AIR <-- この二つのダミーについてはテキストに説明があります

20 AIR

9 AT 45 0 200

10 AT 45 0 200

13 AT 18 0 200

14 AT 18 0 200

15 AT 27 0 200

16 AT 27 0 200

9 RAO 1.2 1.6 <-- フォールドミラーの矩形アパーチャ

13 RAO 1.5 2.2

15 RAO 2.0 2.4

AFOCAL

END

(この系はインストレーションディレクトリ USER に FOLDS.RLE として保存してあります)

この系はセミアングルとして 14 x 10.5 度の矩形フィールドを持ち、エレメントはゲルマニウムでこれは [Unusual](#) カタログに収録されています。このカタログにある材料リストを閲覧するには上のリンクをクリックしてください。リストには多くの結晶と、赤外透過材料が含まれています。

このレンズの近軸焦点は無限遠方となっています。デジタルなコンピュータで無限大を表現するのは決して良いアイデアではなく、従ってプログラムにある約束；レンズの最後の二つの面が一致するダミー面であることを必要とする [AFOCAL](#) モードにある、ことにします。このアフォーカルモードでは SYNONSYS は系から出てゆく光線について横方向の交点座標ではなくて、角度座標を与えます。従って出力光線座標の単位はレンズユニットではなくラジアン単位が使われます。他に、アイピースをさまざまなアコモデーションにフォーカスする場合などにわずかにディフォーカスするときの AFOCAL オプショ；[ACCOMODATE](#) オプションがあります。すぐに AT ニーモニックによるティルトのある面を説明しますが、まずプロットで系がどのようなになっているかを眺めて見ましょう。

Perspective Drawing 透視図

DWG プロットでこの系を見てみると、ティルトされた座標系のためにレンズがページの下からはみ出ています。代わりに透視図プログラムのひとつを試して見ましょう。**MPE** ダイアログには 3 種類の透視図がリストされていますが、ダイアログを使用する代わりにマクロを作成しましょう。次の行をエディタに入力してください：

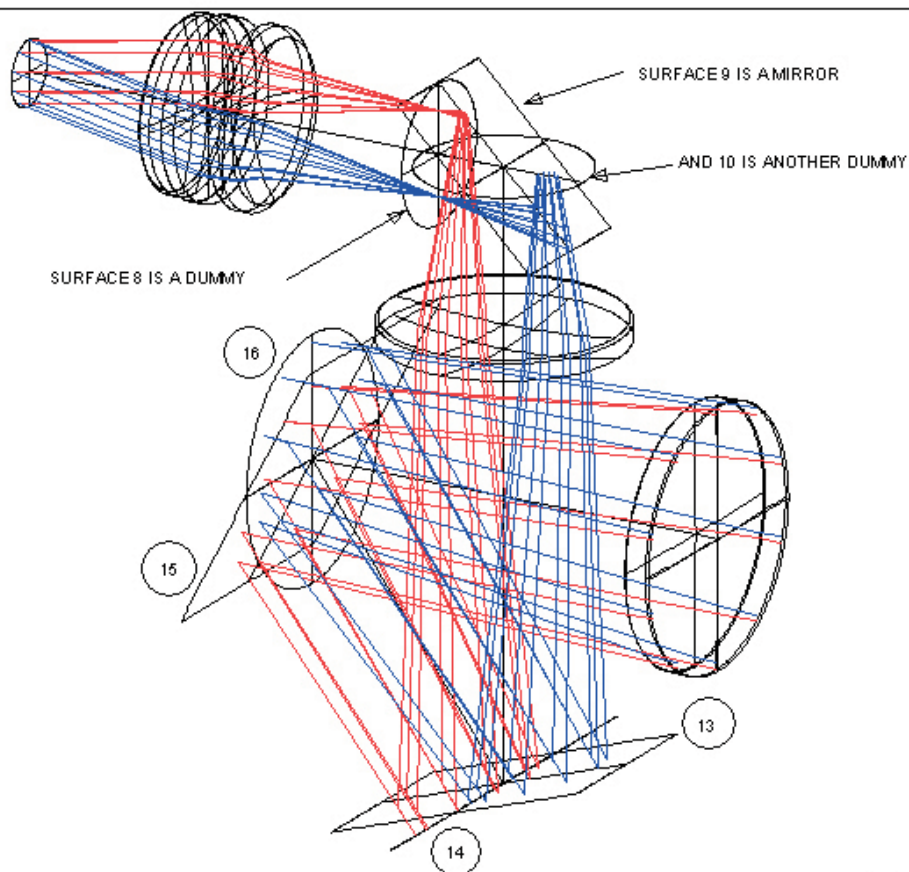
```
PER 20 30 1 1 99
PLOT
RAY 2
PUP 4 10
RED
TRA 2 1 0 10
BLUE
TRA 2 -1 0 10
END
```

(これらの行をコピーしてマクロエディタに貼り付けることもできます)

PER (PERspective)、**RPER** (Rotatinf PERspective)、**SOLID** (Solkid model) の一般書式については[ユーザーズマニュアル](#)に説明があります。

この入力で 20 はレンズを眺める仰角、30 が方位角です。系全体のフルスケールでの描画を要求しましたが、第一面の中心の位置は指定していませんので、プログラムは図をセンタリングします。

入力しなかった引数が数多くあり、それらのうちのいくつかは SOLID モデルにのみ適用されるもので、その他は同一の書式です。この例では図に何本かの光線も描画し；RAY コマンドが入力に相当近く、PUP... と TRA... ニーモニックはフットプリントを得るために使用したそれらと等価です。ここでは 10 本の円形の光線群を上下のフィールド点で赤と青で描画するように要求しています。



SCALE 1.000

12-JUL-08 08:19:32

RPER コマンドは PER に類似ですが描画は別の特別なウィンドウで表示され、図をティルト、パン、ズームすることができ、赤一青のステレオペアで描画することもできます。これらのコマンドも入力のプロンプトフォームを持ち、たとえば **PER**、あるいは **RPER** とタイプするだけでプロンプトが現れ、同様の図を表示させることができます。PAD でも Y-Z 断面が適当でなければ PER 図を描画させることができます。マクロ中で PER を RPER に変更して実行し、表示されたらクリック・ドラッグで絵の回転を試してください。

このプロットはスイッチ 35 が ON のときカラーで表示されます。他のプロットでも RPT など、このスイッチが ON のときにはカラーで表示されるものがあります。

Relative Coordinate System

相对座標系

この系で使用されている tilt コマンドはいわゆる相対ティルトです。SYNOPSIS はエレメントのティルトとディセンタに関して3つの決まりがあり、他の二つはグローバルとローカルです。(また外部座標系に出力する機能もあります)。下は相対ティルトとディセンタの書式です

SN $\left\{ \begin{array}{l} \text{AT} \\ \text{BT} \\ \text{GT} \end{array} \right\}$ ANGLE AXIS NSURF

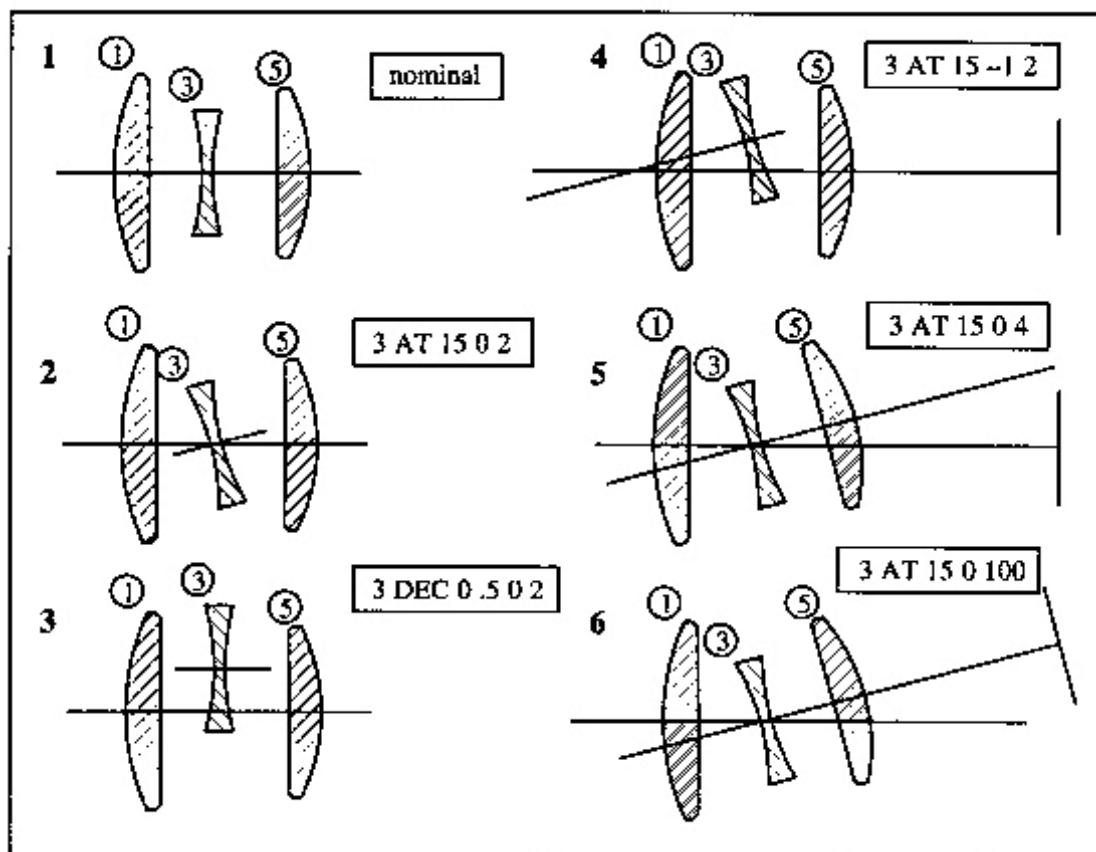
SN $\left\{ \begin{array}{l} \text{RAT} \\ \text{RBT} \\ \text{RGT} \end{array} \right\}$ ANGLE XR YR ZR NSURF

SNA PAS SNB NSURF
SN RELATIVE

SN DECENTER XDC YDC ZDC NSURF

すべてのティルト、ディセンタのオプションはサーフェスデータ編集スプレッドシート **SPS** で見ることができ、また **WorkSheet** が開いているときにもそれらにアクセスすることができます。相対ティルト・ディセンタは一般的用途に最も適しています。この機能では与えられた面上での単一方向(alpha, beta, gammaのいずれか)のティルトと(X, Y, Z) 方向のディセンタを同時に与えることができます。後者は通常はどの直前の面の厚さまたはエアスペースで指定される面の位置をその元に位置から変更してしまいます。入力されたティルトは遠隔点またはその面の頂点の周りでなされ、指定した番号の（複数の）面がひとつのグループとしてティルトまたはディセンタされます。グループより後ろの面は、そのグループの前の面に対する相対位置として元のままにとどまります。自動UNDOは相対位置の規則を簡便なものとしてくれています。

(X Y Z) 座標は左手系を参照し、Y軸が上方、X軸が画面の手前、Z軸が右方向となっています。右手系をお好みの方はレンズファイルにパラメータ **RHAND** を含めてください。その場合はX軸が画面の奥を、他の軸は左手系と同様になります。



図の例2は単純な場合で、エレメント2が15度ティルトされています。二つの面がひとつのグループとしてティルトされているので、第5面は元の状態のまま残っています。例3ではレンズはY方向に1・2インチディセンタされています。例4では AXIS がゼロでないティルトを示していて、この場合、第3面の左側1インチにティルトの中心があります。例5では4つの面が同一のグループにあるので3番目のエレメントが2盤面のエレメント共にティルトされ、最後の例ではグループサイズ(200)がこのレンズの最大面数を超えているためにイメージ面までもティルトされ、UNDO面は存在しません。このようなグループは永久的な軸のティルトやディセンタを生成します。

いわゆる UNDO スタックである同一の UNDO 面を使用する面の数に制限はありません。UNDO 面はすべてのティルトとディセンタを順に、指定されていない対称性を持っていた点まで戻ります。しかし、UNDO 範囲に重なるようなティルトやディセンタを定義することはできません。これはある UNDO 面が、その面以前に有効であって、任意の位置にある UNDO 面を参照する、すべての相対ティルトとディセンタを UNDO するという意味です。

たとえば上の例5のように第3エレメントを10度ティルトし、しかしイメージ面を現在のままにしておきたいとしましょう。" 5 AT 10 0 2" と入力すれば、イメージ面は第5面でのティルトを、第3面のティルトと共に UNDO するように指定することになります。

てうとの軸がZ軸上にある場合はリモートティルトオプション、RAT、RBT、RGTを使用することができます。これらを引数 XR、YR、ZR と共に使用してティルト軸の位置を与えることができます。あるグループにディセンタとティルトの両方を入力した場合、そのグループのサイズは一致しなくてはならず、また、ディセンタを最初に入力しなくてはなりません。

相対ティルトの規則は入力していただいたフォールドシステムで使われています。この系はフォールドミラーの推奨入力方法を使用し、第9面と10めんがよい例です。第9面は実際のミラーで頂点の周りに45度のパーマネント軸ティルトが与えられて REFLECTOR と命名され、第10面は反射光に追従するために光学軸をさらに45度ティルトする簡便な方法を提供するだけのダミー面です。第13、14と15、16の面のペアも fold-axis-tilt の組み合わせです。

プログラムがダミー面や厚さの符号変更を自動的に取り扱ってくれる PAD| ワークシート を使用することもできます。しかし、特に LE エディタやワークシートのテキスト編集ボックスのような機能を使用したい場合、この種の系をどのように設定するかを理解しておくのは有用です。

ダミー面の表示なしに系がどのようなになっているかを眺めたいこともあります。これは簡単で；スイッチ 20 を ON にします。ユーザー入力のアパーチャーがあるか、あるいは描画の最初の面または最終面の場合はそれでも表示に現れますがそれ以外では非表示となり、したがってどのダミー面を観察したいかを選択することができます。またレンズファイル中で面に REAL を宣言することができ、その場合はスイッチ 20 が ON でもその面は実際の面として描画されます。

このフォールド系についての操作を先に進める前に、さらに2つティルト面についての規則を説明します。

Global Coordinates

グローバル座標

GROBAL 規則は面番号1の面の座標系での面の絶対一と角度を規定します。たとえばフォールド系の第9面のグローバル座標系での入力はおのとおりで

9 GLOBAL POSITION 0 0 4.06935

9 GLOBAL ANGLE 45

絶対座標系 一般書式:

SN GLOBAL POSITION XG YG ZG

SN GLOBAL ANGLE AG BG GG

SN GLOBAL

この規則では、ディセンタと共に、一度に3すつすべての方向のティルト [(α , β γ) の順にオイラー角度として扱います] の入力ができます。このオプションでは絶対位置は固定で、相対入力の場合のように直前の面の厚さ入力やティルト入力にはコントロールされません。すべてのティルトやディセンタを無視する近軸光線追跡プログラムは直前の面の "Thickness" の値を、パラメータ GTS と GTZ に依存して、グローバル面と直前の面の頂点間の幾何学的距離からとるか、オプションとしてこの間隔の Z 成分だけを取り、これについてはユーザーズマニュアルに説明があります。この後で説明するように、座標の規定を変更することもできます。

オイラー角度を異なる順で定義することもできます。上の書式中の **ANGLE** を次のいずれかに変えます:

ABG, AGB, BAG, BGA, GAB, GBA.

したがって "GLOBAL BGA 5 7 9" は第 5 面のグローバルアングル $\alpha = 5$, $\beta = 7$, $\gamma = 9$ を β , γ , α の順番に回転します。

LOCAL Coordinates ローカル座標

三つ目の規則はいわゆる LOCAL 座標で、面の位置が面番号 1 の面ではなくて直前の面で定義された座標系で入力されるほかは、グローバルと同様の規則に従います。書式は以下のとおりです

General format, local coordinates:

SN LOCAL POSITION XL YL ZL

SN LOCAL ANGLE AL BL GL

SN LOCAL

ここでもオイラー角度の順序は、ANGLE に替えて適当なニーモニックを入力することにより変更することができます。

ローカルとグローバル規則は相対的ティルトとは異なり、形状へのオートマティック UNDO を提供しませんが、同様の目的に他の機能を使用することができます。レンズ中の第 12 面で第 3 面の座標系をピックアップしたいとし、途中に何らかのグローバル面があるとします。CHG ファイルは次のようになります:

12 COINCIDENT 3.

第 9 面をその位置に残しつつ第 4 面の座標系を変更したい場合には以下のように入力します

9 GLOBAL

4 GLOBAL ANGLE ...

この指定は第9面をその位置でグローバルとし、第4面の角度を変更します。

章平面を設置する場合にグローバルとローカルのオプションを使用する場合には注意しなくてはならず、近軸焦点を探すためにYMTソルブを使用することでは着ませんし、最後のTHをレンズのリフォーカスのために変化させることもできません。しかしPANTファイル中ではニーマニックXG、YG、ZG、XL、YL、ZLを位置に、AG、BG、GG、AL、BL、GLを角度に使用してグローバルあるいはローカル座標を変化させることができます。

先の例で第9面をグローバル座標系で入力する方法をお見せしました。それらの座標値をどのように見出したのでしょうか。ZG座標値を得るためにすべての厚さを加算する必要はありませんでした。それには簡単な方法があるのです。

Analysis in Other Coordinate Systems 他の座標系での解析

次のコマンドをタイプしてください：

```
ASY
ASY GLOBAL
ASY GLOBAL 9
ASY LOCAL
ASY 6 10
```

最初の行は系に存在するすべてのティルトとディセンタをそれらが入力された規則と共にリストします。第2行目は各面についてのグローバル座標をあたえてくれます。第3行目はすべての面の第9面の座標系での座標値を与え、第4行目ではローカル座標値を与えてくれます。最後の行は、系の一部分の出力として、第6面から第10面までのノーマルASY出力をリストする例です。ASYリストはSPECとPRTと共に与えられ、MLLダイアログにあります。

Changing Coordinate Systems 座標系の変更

レンズがティルトあるいはディセンタを持てば、ある規則から異なる規則への変更は簡単です。フォールド系の第9面の座標系を相対座標系からグローバル座標系に変更したいとすると、次のように入力できます

```
CHG
9 GLOBAL
END
```

この方法でグローバル、ローカル、あるいは相対座標系へと変更できますが、CHGファイル内でのみ入力ができ、これラン簿行を元のRLEファイルに入力しようとしてもプログラムはまだグローバル上方が利用できず、まずはファイル全体が完了してはなりません。3つすべてのオイラー角度の入力が許容されているためにいつでもグローバルまたはローカル系の相対座標系への変更ができるわけではなく、それはその規則が回転変換を持つことができるけれども一度に単一の方法に限られるからです。そのような場合は通知されます。

このレンズ系はいくらか複雑で、対物側からスキャナー側への解析をしてみたいとしましょう。（この赤外望遠鏡は入力したように第一面に位置するスキャニングシステムへの結合用に設計されています）。手作業ですべてを再度入

力する必要はありません。単位につぎのようにタイプします；

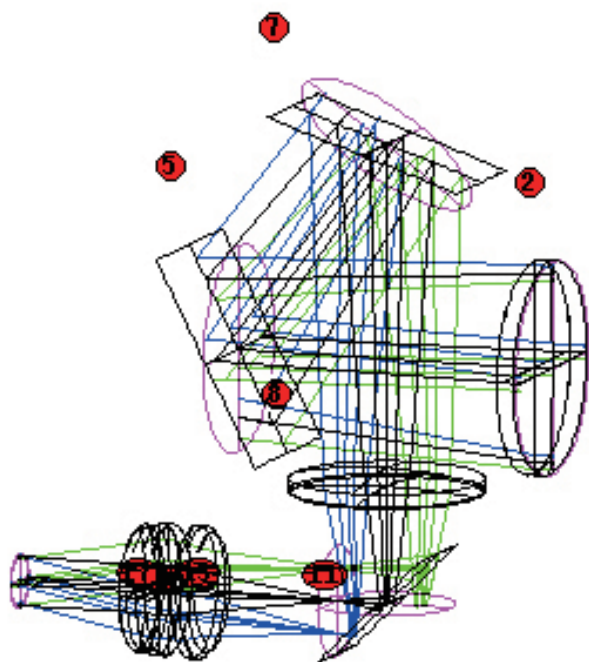
REVERSE

系は回転します。簡単に見るために P A D と入力してからプロンプトで次のようにタイプしてください

PP 10 20 (PAD PER)

T

(この容の入力は角度を要求せず、いくらか時間を節約できます。) レンズは回転し、ご覧のようにこのケースでは通常のように右へではなく、光線が左に向けて発せられています。これを RLE ファイルに入力するには光線が左へ進行することを示す "LRAYS" 行を含めます。下は PAD の表示です。



もう一度レンズを回せば最初の状態に戻りますが、前面に面が追加されます。最初に反転したときに、オブジェクトが無限遠方だったためにプログラムは新たな出力端 AFOCAL を作成したのです。このモードでは一致する二つのダミー面が必要ですが、通常レンズはその位置にひとつしか持たないため、プログラムがもうひとつを追加しました。





PAD 表示が各エレメントの最初の面に丸で囲った番号を表示することに気づかれていると思いますが、この例ではその丸がレンズそのものを（その転電の軸方向のため）部分的に隠してしまっています。円なしでの表示をするにはボ

タン  をクリックします。

スイッチ 52 を ON にしても同様の効果が得られます。

Folding and Unfolding Your Lens System 折り返しと折り返しの解消

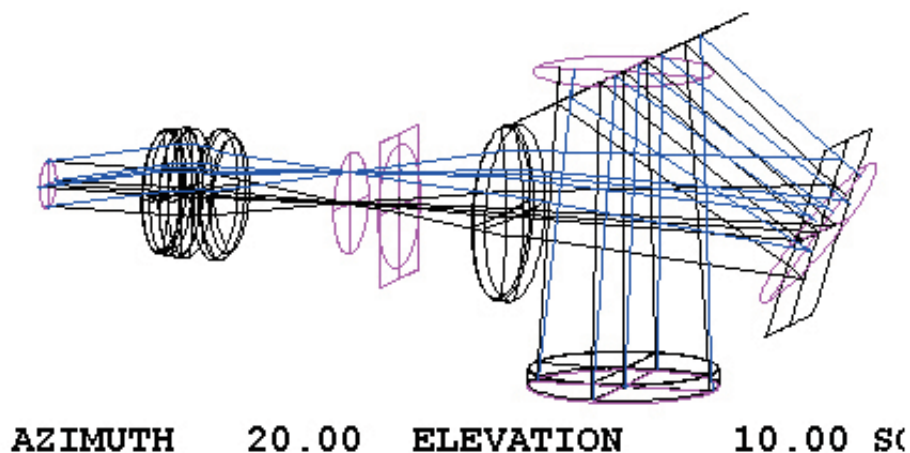
フォールドミラーの挿入と削除をするには二つの方法があります。最も簡単なのは [SkechPAD](#) で [WorkSheet](#) ダイア

ログを開く方法です ( をクリックしてから  または  ボタンをクリック。挿入したいエアスペースの位置、または削除したいミラーの位置をクリック)。また、 ボタンで既にあるフォールドミラーのティルト角度の符号を変更して方向を替えることもできます。

これらのオプションはコマンドモードで実行することもできます。元フォールド系に戻してから以下を入力し

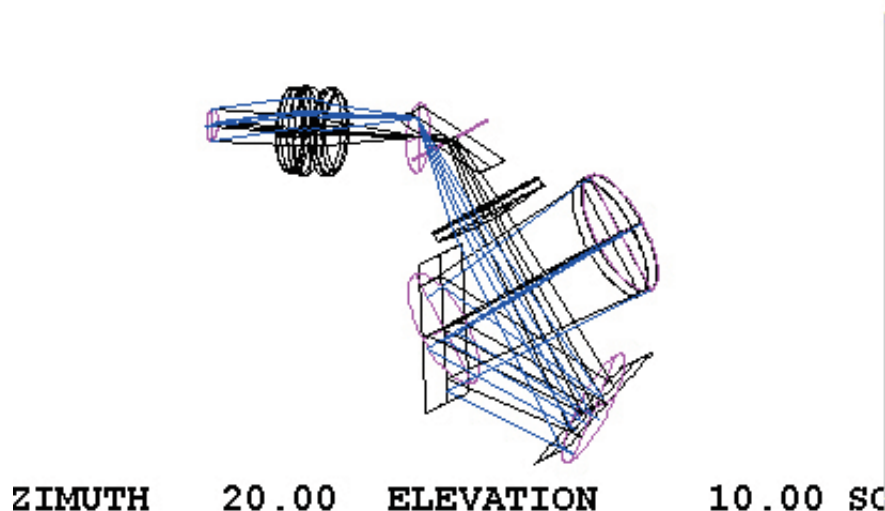
UNFOLD 9

新たに PER 図を開いてください。



第9面はもはやミラーではなく、以降の面のすべての厚さの符号が反転しています。では第9面の位置でこの系を異なる角度に折り曲げてみましょう：

FOLD 9 120



第9面は再びミラーとなり、軸は今度は90度ではなく120度折り曲げられています。FOLD コマンドは、フォールドレンズの9と10面のように、二つの一致するダミー面が置かれている場合のみ動作します。UNFOLD コマンドは、この場合の元のフォールド系のように、二つの面が等しいティルトを持ち、最初の二つの面が反射面である場合

のみに動作します。(上に挙げた WorkSheet ボタンは二つのダミー面を自動的に挿入し、FOLD コマンドを実行します。) わからなくなった場合は **UNFOLD** と **FOLD** が入力すべきコマンドであることを思い出してください。結果は PAD 表示で確認することができます。

120 度に折曲げられたこの系で軸上光の光路をテストしてみましょう。第 1 章で実行したように **RAY** コマンドをタイプすると各面の相対座標系で光路を知ることができます。これは軸上光のため、これらすべての数値はゼロで面白くありません。下は別の形式の光線追跡で、光路をグローバル座標で知ることができます。

GRAY P 0 0 0 SURF

一般書式：

GRAY { ICOL / P } HBAR XEN YEN { SURF / 0 } GBAR JCOORD

今回の場合結果は第一面の座標系での値となります。第 10 面の座標系でノリスとは次の入力で得られます

GRAY 2 1 0 0 SURF 0 10.

グローバル座標系で光線交点を表示するのに加え、これらのリストは角度の正接 ZZ と HH を与え、光線が進行する方向を知ることができます。

SYNOPSISYS では **RAY** と **GRAY** コマンドのほかに個別の光線追跡コマンドがあり：**TARGET** は与えられた面と与えられた点で交差する光線の検索の光線追跡を目標とし、**PRAY** は光線の偏光を追跡記録して追跡します。これらすべては **MRR** ダイアログで実行することができます。フォールド系を設定するのに便利な他のプログラムには **AIM** コマンドがあり、選択した光線を目標とする一連のミラーのグローバルティルト角度を見つけ出します。

これで派輪ユーザーのための章を終了します。ここまででより複雑な系の入力とそれらについての最適化の実行、解析プログラムの実行ができるようになったはずです。次の章では公差解析を扱います。

第 8 章

総仕上げ

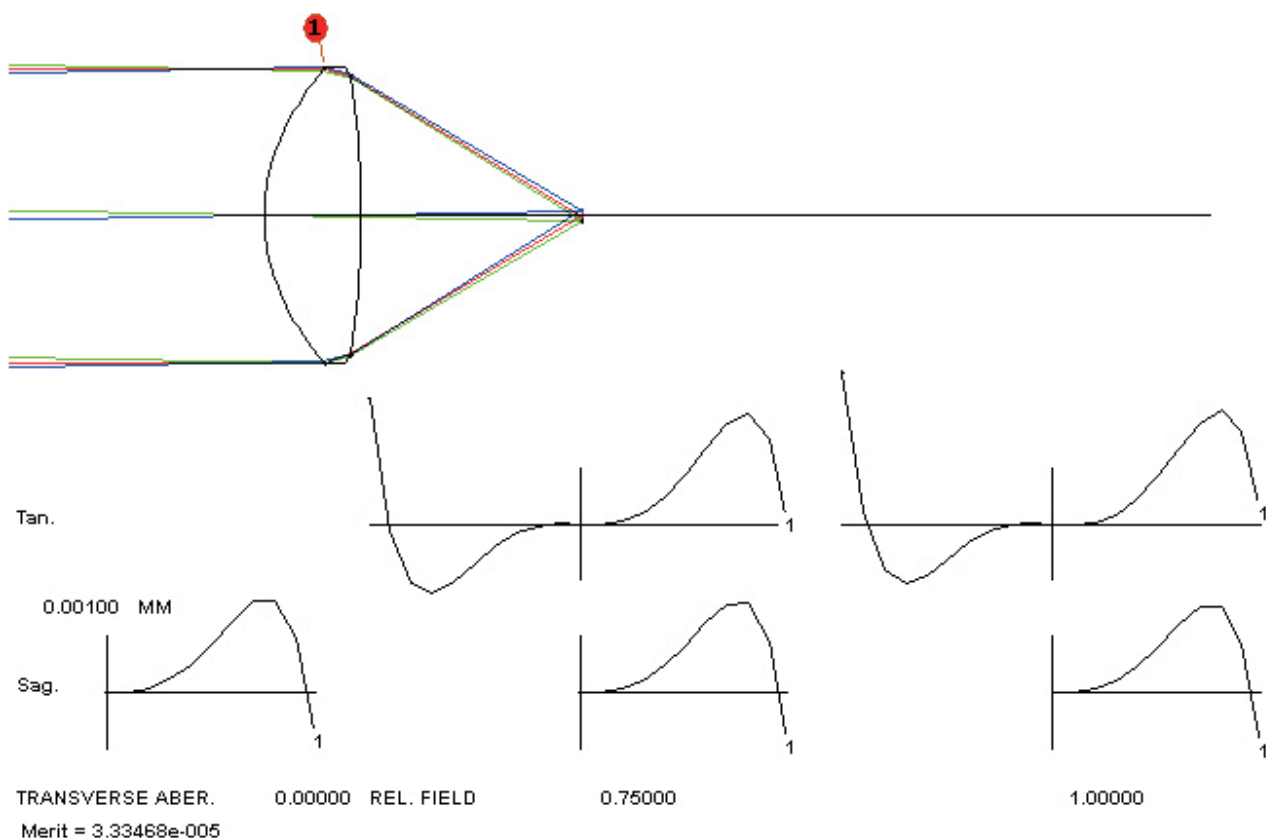
このチュートリアルの前章では、多くの SYNOPSIS の機能を使ってさまざまな光学系の入力、解析、最適化をどのように行うのかを説明しました。この章では主にレンズの公差解析を扱いますが、その前にここまで出てきませんでした。知っておくべきいくつかの項目について触れます。

Aspheric Surfaces 非球面

SYNOPSIS では 23 種類の面形状を使用することができ、ここまででは球面ひとつだけしか使用していません。いずれ非球面も扱うことになるので、説明します。ここに挙げるのは小さな視野角度の F/1 単レンズです。以下のスタート点の系を入力してマクロエディタにメリットファンクションを入力して最適化を実行してください。両面がコーニック断面だとするとどのような量が得られるかをご覧ください。

```
RLE
ID SINGLET
OBB 0 1.5
WA1 .6328
1 RD 1 TH .35 GTB S
BK7
2 RD 50 YMT 0
3
END
PANT
VLIST ASPH 1 2
END
AANT
M 1 5 A FNUM
GSR 0 2 3 P
GNR 0 1 3 P 1
END
SNAP
SYNO 20
```

レンズは以下のようになり、補正が BK7 の F/1 レンズとしては補正が悪くはないことがわかります。しかし OPD ファンを見るとこのレンズがほぼ半波長の収差を持つことがわかります。おそらく一般的な非球面では良好でしょう。これを試す前に、現在の非球面の **ASY** リストを見てみましょう。



SPECIAL SURFACE DATA

SURFACE NO. 1 -- CONIC SURFACE

CONIC CONSTANT (CC) -0.748353

SEMI-MAJOR AXIS (b) 2.393559 SEMI-MINOR AXIS (a) 1.200715

SURFACE NO. 2 -- CONIC SURFACE

CONIC CONSTANT (CC) -25.205686

SEMI-MAJOR AXIS (b) 0.117899 SEMI-MINOR AXIS (a) -0.580056

このリストから三つの量、下図にあるコーニック定数 CC、セミ、メジャー / マイナー軸長 B と A で非球面が指定されていることがわかります。

ユーザーズガイドの Appendix C にコーニック断面の説明があり、一般的には曲率半径とコーニック定数、または軸 B と A で入力することができます。球面では CC はゼロで、放物面では -1 となります。楕円面では軸 A が正、CC は 0 と -1 の間にあります。ハイパーボloidでは虚軸 A を持ち (SYNOPSYS では負の値を入力) CC は -1 よりも小さくなります。

面の ASPH を変化させるとプログラムは二つの変数、曲率半径とコーニック定数を生成します。コーニック面を一般的な非球面に換えるとよりよい性能を示すかもしれません。試してみましょう。第一面の 6 乗と 10 乗の非球面係数だけを変化させ、第 2 面はコーニック面のままに見ます。二つの非球面のときよりよくなっているでしょうか。新たな PANT ファイルは次のようになります

PANT
VLIST ASPH 1 2
VY 1 G 6

VY 1 G 10

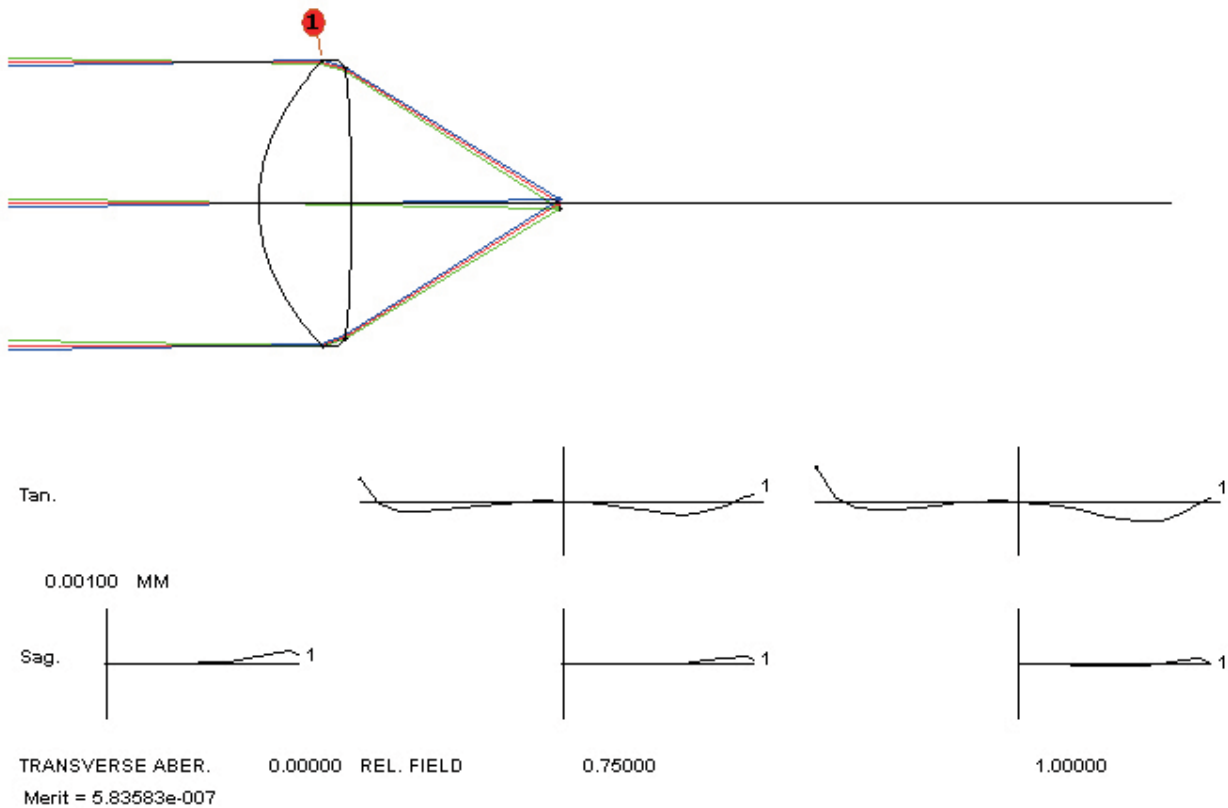
END

変数には二つのいわゆる G 係数が含まれ、これらは次の等式で定義されています

$$\begin{aligned} Z = & G(1)R^{**2} + G(2)Y + G(3)R^{**4} + G(4)R^{**2}Y + G(5)Y^{**2} \\ & + G(6)R^{**6} + G(7)R^{**4}Y + G(8)R^{**2}Y^{**2} + G(9)Y^{**3} + G(10)R^{**8} \\ & + G(11)X + G(12)R^{**2}X + G(13)R^{**4}X + G(14)X^{**3} + G(15)XY \\ & + G(16)R^{**10} + G(17) \end{aligned}$$

ここで $R^{**2} = X^{**2} + Y^{**2}$ です。

この 17 項多項式はより一般的な累乗多項式非球面と共に回転非対称面にも有効で、ポテトチップ形状、放物面形状、シリンダーなどが表現できます。この変数リストで最適化すると下のように向上した像品質が得られます。



このような類乗多項式の入力方法は **LEO** コマンドで見ることができます。このコマンドはレンズを RLE タイルとしてフォーマットし、通常はデフォルトとして残すすべてのパラメータを含めます。レンズファイルの **SAVE** を実行するとプログラムは実際に LEO 出力のコピーを保存します。

非球面項が、変形係数 1 としてニーモニック "DC1" (Deformation Coefficients 1) に引き数として与えられた第一面をご覧ください。

一般書式, 累乗変形:

DC1 G1 G3 G6 G10 G16

DC2 G2 G4 G5 G7 G8 G9

Lens Element Drawing

レンズエレメント図

公差解析の前にお話しする最後のトピックは個々のエレメント図です。これらの図にはこれから始める公差記入のための空白ボックスが含まれています。トリプレットの最適化演習の結果を使ってみましょう。次のコマンドをタイプしてください：

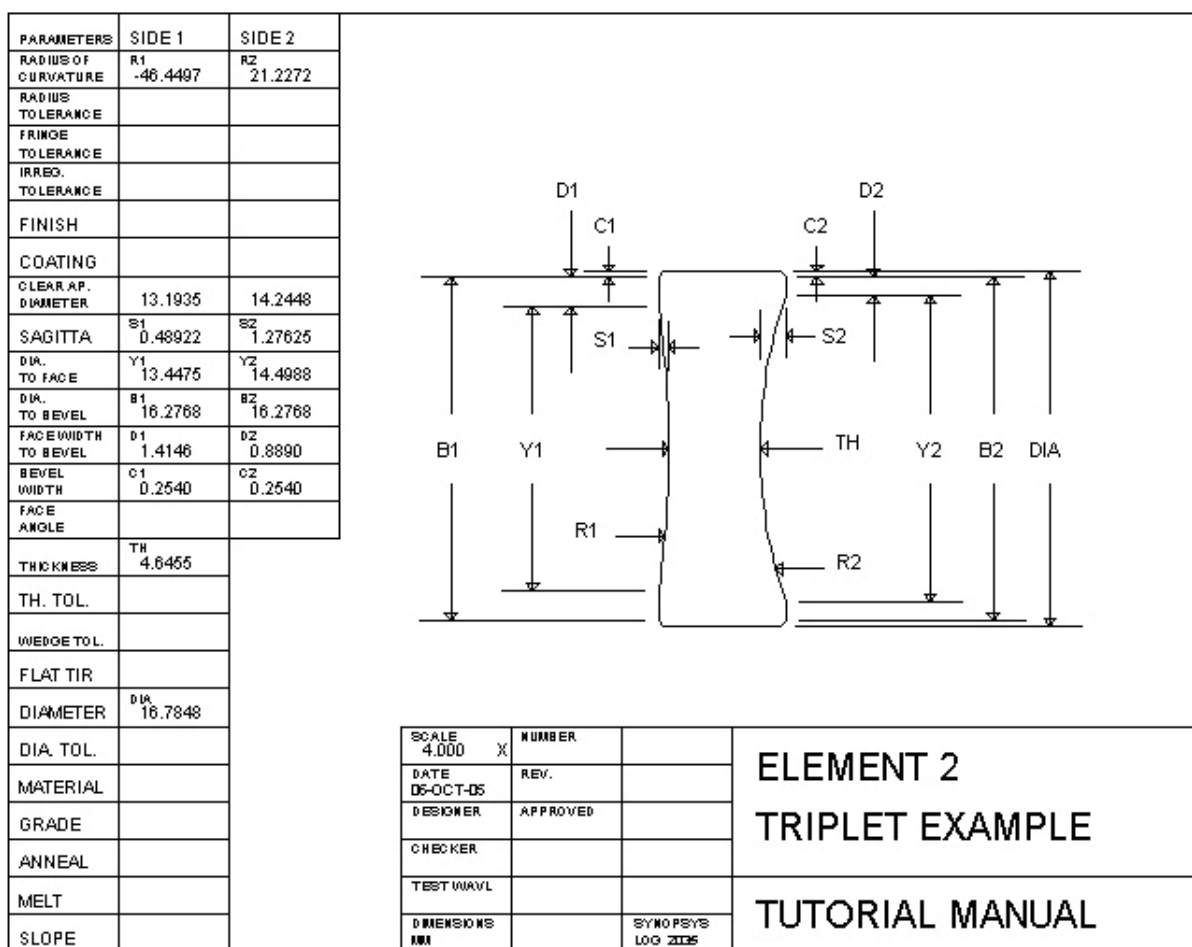
ELD 3

ID ELEMENT 2

ID TRIPLET EXAMPLE

ID TUTORIAL MANUAL

PLOT



ELD コマンドには、アパーチャー、ベベル、フラットディメンジョンなどのさまざまなオプションの引数があり、これらについてはユーザーズマニュアルに説明があります。ここで使用した簡単な入力はいくつかのデフォルトの使用を内包し、それらはレンズエレメントの CAO を取り出して 0.05 インチを加算して外形半径を得、.005 インチを CAO に加えて凹面側のサグを指定することです。このプロットは公差を注記の上ハードコピーを光学部品製造業者に渡すことができます。

エッジ形状が好ましくない場合はこれを変更することも容易です。エッジディスクリプションの変更で最も簡単なの

は **Edge Wizard** を使用する的方法です。これはインタラクティブな機能で PAD ディスプレイからボタン  をク

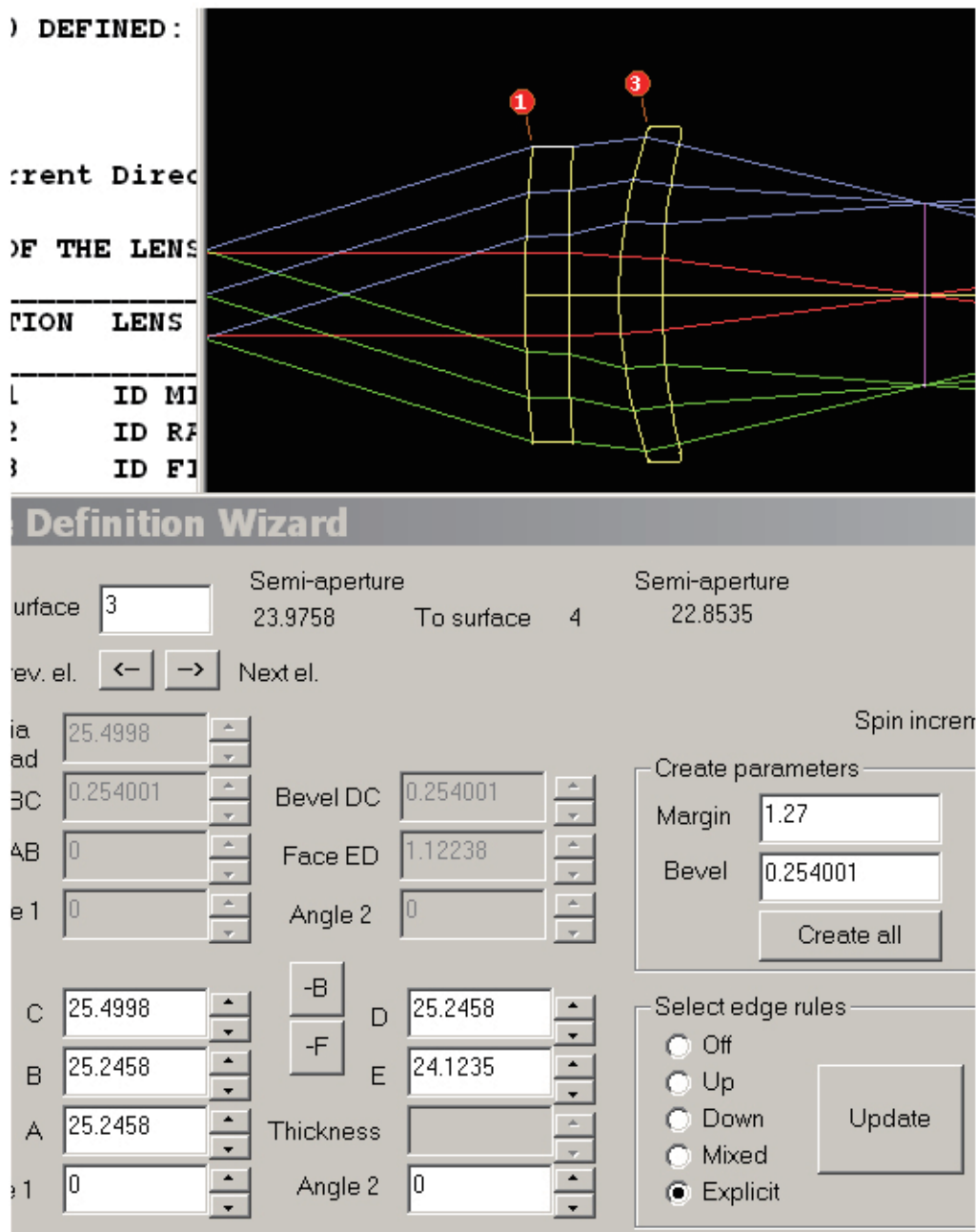
リックするかコマンド **MEW** でアクセスすることができます。PAD でレンズの稜線をクリックし、ウィザードダイアログで "Explicit" に続いて "Update" をクリックします。これでえっく直径、ベベル、フェースディメンジョンをダイアログのスピンボタンをクリックするだけで変更できます。ここで定義したエッジはレンズのレンズファイルの一部となり、スイッチ 39 が ON であれば ELD を含むほとんどのレンズ描画機能で表示されます。これらのカスタムエッジの表示を望まない場合はこのスイッチを OFF にします。EdgeWizard で使用できる全オプションの説明については **MEW** で開き、Help ボタンをクリックしてください。

ウィザードでレンズエッジをどのように設定できるかについて、レンズ X7 を使用して基本的なステップを紹介します。

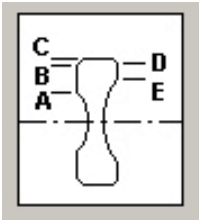
FETCH X7

MEW

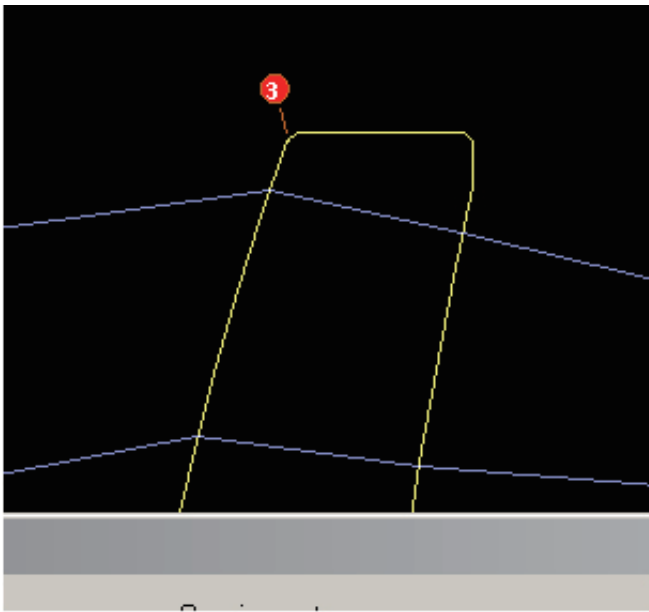
レンズが Edge Wizard ダイアログと共に示されています。2 番目の元素から始めて見ましょう。第 3 面の稜線をクリックし、ラジオボタン "Explicit" をクリック、続いて "Update" をクリックしてください。



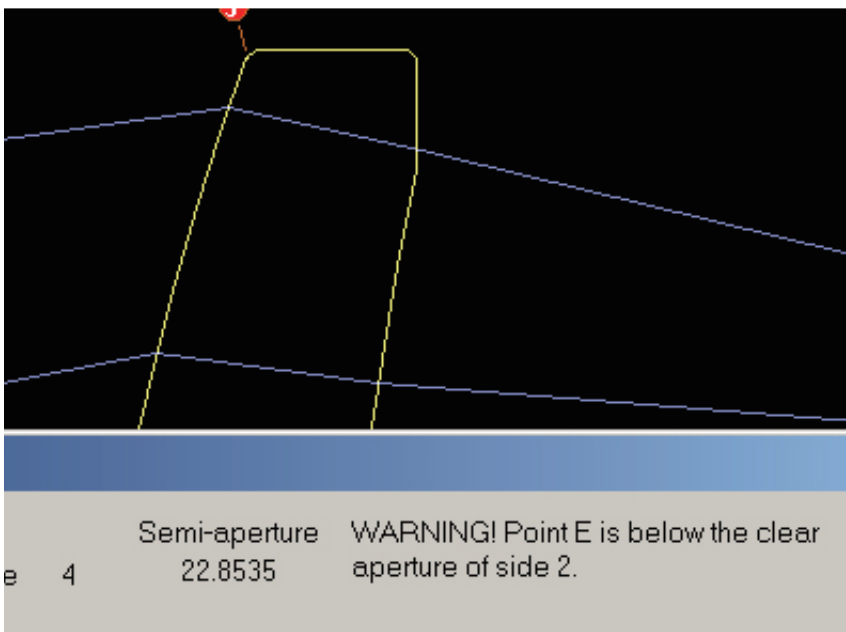
Edge Wizard で定義され、適用された寸法は A から E までラベルが付与され、これらは下図のように定義されています。



プログラムが最初の寸法を生成してくれます。ボックス中のラベル A、B、C にご注目ください。セミアパーチャ Cha 現在 25.4998mm で点 A、B は点 C から、ダイアログに表示されているデフォルト値の 0.254mm のベベル寸法に等しく下方に離れた位置にあります。このエレメントの左側（第 1 面）は凸面で、プログラムは A、B に同一の位置を与えていますが、これは通常凸面側にフラット部分をつけることはしないからです。第 2 面は凹面で、PAD 表示のこのエレメントの最上部を拡大するとこの面側にフラット部分があることがわかります。



点 E を下方、マージナル光線より移動したいとしましょう。E ボックスの右の下方 s@ ピンボタンをクリックし、点 E が下方に移動する様子を観察してください。数回クリックするとその点は光線に近づきますが過ぎると新たなアパーチャーによるビネッティングを受けます。その場合はダイアログに警告メッセージが表示され、光線が通過するようにもとの方向に移動させなければなりません。



デフォルトの寸法を設定した後にその設定を変更したい場合には、そのエレメントの両側の -B-A ボタンをクリックするのが便利です。これにより、プログラムが生成したベベルと共にすべてのフラット部分が削除されます。所望の値はデータボックスにタイプするかスピンのボタンで入力することができます。数値を入力した場合は Update ボタンをクリックしてください。データの中には他の数値とリンクしているものがありそれらは共に変化しますので、作業完了前にそれらのすべてをチェックし最終的なエッジが意図したとおりであることを確かめてください。

便利かもしれないその他の機能をも備えたコマンドバージョンもあります。たとえばこれらのエッジすべてを削除するには **RFILE ERASE** とタイプします。その他のオプションについては **EFILE** をご参照ください。またデータをレンズファイル中で編集することもでき、それらの書式については 11 ページの書式一覧にまとめられています。しかしこの作業については他のオプションは複雑で、そ理由で用意されている Edge Wizard をご覧になることを強くお勧めいたします。

レンズが非球面を持っている場合、ELD はそのページにコーニック定数と非球面係数とをプリントしますが、シリンダーやプリズムその他の回転非対称なエレメントについてはお勧めしません。PER プログラムがそれらのエレメントのさまざまな視点からの図を提供します。

Tolerancing with SYNOPSISYS

SYNOPSISYS での公差解析

製造公差計算作業は重要ですが、時として無視されることもあります。SYNOPSISYS はこの目的で 4 の機能を提供し、ほとんどのレンズではこの作業は光学系の設計よりはシンプルです。二つの公差解析プログラムがあり；**TOL** は逆感度表を、**BTOL** はいくつかの方法のうちのひとつで定義された像の劣化の統計的予想値に基づいて系全体にわたる公差許容範囲を計算します。これらに加え、最適化プログラムはユーザーが選択する変数と収差、したがって任意の数値の任意の項目に与える効果についての微分表をプリントすることができます。最後にモンテカルロ機能、MC が BTOL から導き出される統計的な期待値の確認に利用できます。これらのうちで最も強力なのが BTOL と MC でここで説明しますが、その他についてはユーザーズマニュアルをご参照ください。

公差許容範囲の計算とその範囲への維持は光学業界で例外なく評価されるわけではありません。ディレクトリ C:\SYNOPSISYS にある Tolerancing Today.pdf に短文を書きました。ユーザー様にはこれを注意深くお読みいただき、設計製造しているすべてのベンダーにコピーを送ることをお勧めいたします。[セクション 12.6](#) に同じ文書があります。

BTOL -- a Budget Tolerance Program

公差許容範囲解析プログラム

製レンズ系の製造と組み立ての過程ではすべての計測可能なパラメータに誤差が生じています。**BTOL** の目的は、レンズ系が十分に性能を発揮する各パラメータの公差範囲を準備することにあります。最適化したトリプレットで BTOL を実行する前に基本的な点を説明します。

公差解析で混乱しやすい局面は、複数の操作がレンズに同一の種類の誤差を生成する可能性があることで、公差範囲はこれを予期し、その誤差を妥当な方法で配分しなくてはならないことです。たとえば中心あわせが十分でないエレメントの貼り付けは二つの面の間にウェッジを生じさせますし、完璧な接着でも一般的にはそのセル内でディセンタを引き起こし、それがウェッジの効果を生じさせます。ただ "Wedge Tolerance" を与えただけでは十分でなく、二つの製造工程は同一の誤差を分かたなくてはなりません。これを可能とするため、BTOL は最初にレンズを分析し、特定の相関が入力されていなければ) 独立した誤差が仮定されるすべての量を特定します。次に、異なる製造工程間で誤差を分配します (したがって前出のウェッジは二つのステップに分割されます)。BTOL によって公差解析される製造誤差は次のとおりです；

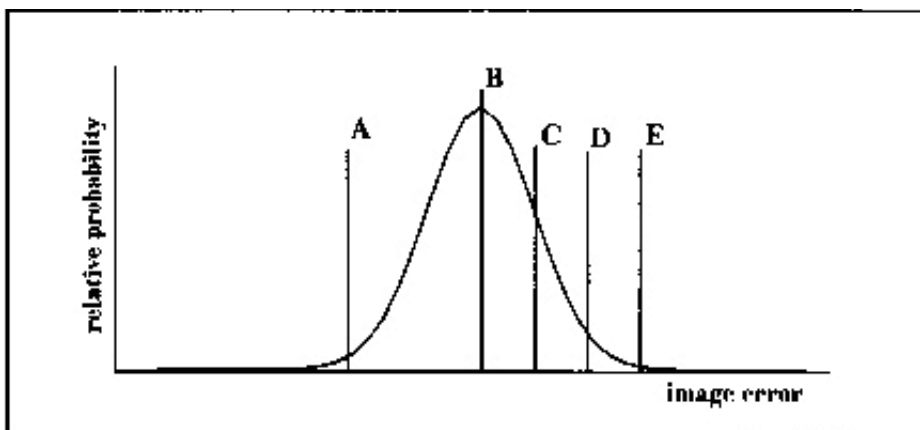
Curvature
Conic constant
Thickness
Index
Dispersion
Wedge
Irregularity
Element decenter
Element tilt
Special surface data, such as aspheric terms, etc.

ユーザーはこれらの公差全域にわたるコントロールができ、プログラムはほとんどの場合に適合するデフォルトを持ちます。たとえば単色の系の分散の公差は解析しません。

BTOL は各エレメントを特定して裏面のウェッジ公差を含め、その面に既に他の方向のティルトが設定されていない限り α ティルト方向のティルトがデフォルトとなります（グローバル、およびローカルの座標は公差の対称とはしません）。エレメントのティルトとディセンタの公差はエレメント全体に適用され、ティルトは α 方向、ディセンタは Y 方向となります。メリディオナル面から逸脱するエラーを無視する統計的な効果は（像品質が通常はその面でのみ評価されるため）通常は無視でき、BTOL 実行後のモンテカルロプログラム MC の実行で確認できます（MC はランダムな方向にエラーを適用します）。

加工元から帰ってくるレンズエレメントに公差から大きく外れたものがあると他の種類の混乱が起きます。問題はそれがどこで効いてくるか、そして測定データを SYNOPSIS に入力して像が評価されたかで、レンズが良好に動作することもよくあります。だから、どうして公差はきつく設定したのでしょうか。これに対する答えは、単一のエラーを公差範囲全体の統計的な関連と比較することができないから、です。そのエレメント以外のすべてが完璧ならば、その大きなエラーにもかかわらず結果は非常に良好かもしれません。しかし "その他" 仏は完璧ではありません。

BTOL で生成される公差許容範囲はその光学系が通常は意図した性能を示すように計算されます。さらにこの概念の細かな定義を説明しましょう。最初にいくつかの仮定が必要で：十分な変数があって統計理論が適用できること（通常は 6 個以上あれば十分です）、そして個々のエラーがそれらのエラー範囲内でランダムに分布していることです。BTOL の詳細は [ユーザーズマニュアル](#) にあり、結果は、ある程度までの近似で、組み合わされたエラーの悪影響を下図のような、いわゆる正規分布で示します。



ここにプロットされているイメージエラーはたとえば波面変化あるいはスポットサイズ変化のようなものです。この図で像品質は左側が最良で、右へ行くにしたがって悪化となります。多数のレンズを製造する場合で、与えられた性能を示すレンズの個数を性能の関数としてプロットすると多かれ少なかれこのようなカーブが得られます。フィール

ド中の各点はそれ特有の確率カーブを示し、ほとんどのレンズは点 B の性能を示すでしょう。確率カーブ上の他のいくつかの点を知っておくと便利で；1 標準偏差だけずれた点 C では定めた像品質あるいはそれ以上の性能を示しますが、レンズの数としては全体の 15.9%のみです。2 シグマの点 D ではわずか 2.3%で、点 E では 0.12%となります。これは現実のレンズの近似でのみ得られる理想カーブで、一完璧なレンズではたとえば点 A に達することはありませぬーこの種の分布を仮定して得られる許容公差範囲は非常によく現実のレンズに合致し、このことはこの章の後方で使用するモンテカルロ評価で示されます。

BTOL は最初に逆感度表を生成し、目標とする像品質を維持しつつ各公差ができるだけルーズになるようにエラーを分配します。"できるだけルーズに"の定義は：BTOL が各変数に経済性を考慮した可能な限り広い公差を与えるという意味になります。部分的に、あるいはすべての範囲を入力することができ、公差がその範囲よりも小さくなるに従い、BTOL はそれを尊重し、他の変数に負担させるようとします。これにより、最低コストの公差範囲が得られます。

他にも多くのユーザー入力パラメーターが使用でき；たとえばどの曲率半径がテストプレートに近似されたかを指定することができ、したがってより厳格な曲率半径公差を適用することができます。変数は許容範囲に含めることも、あるいは除外することもでき、既に製作され、測定された面については実際の正確な値として入力することができますし、固定の公差を必要とところに置けば、プログラムは全体の公差許容範囲を満たすように他の公差を調整します。BTOL はまた 4 つまでの調整パラメータを使用することができ、単一の、あるいはいくつかのフィールドについてのリフォーカスによるエラーを補正し、レンズ収差のバランスをとるために強力な最適化プログラムにレンズを送ることもできます。

次のトリプレットについて BTOL を実行してみましょう（ここのファイルをマクロウインドウにコピーすることもできます）。これは前方にあった F/2.8 トリプレットで、ガラスモデルには実際のガラスへの置換が設定されています。（**IRG** 機能がこのステップには有用でしたが、PAD ダイアログの Glass_Table 表示でガラスタイプを変更することもできます。）

RLE

```

ID TRIplet F/2.8          1876
  WAVL .656270 .587560 .486130
  APS      3
  UNITS MM
OBB 0.00 20.00000 8.92800 -4.33191 0.00000 0.00000 8.92800
  0 AIR
  1 RAD  24.12565013 TH  7.48759000
  1 N1 1.783314 N2 1.788309 N3 1.799920
  1 GTB S 'LAFN21 '
  2 RAD  291.32739512 TH  4.43490851
  2 AIR
  3 RAD  -46.43985860 TH  3.95742000
  3 N1 1.720848 N2 1.728251 N3 1.746482
  3 GTB S 'SF10 '
  4 RAD  20.56621610 TH  6.18597261
  4 AIR
  5 PIN  1
  5 RAD  61.64636000 TH  4.25531000

```

```

5 GID 'PICKUP '
6 CV   -0.02891452
6 UMC  -0.17857000
6 TH   35.46454666
6 YMT  0.00000000
6 AIR
7 CV   0.00000000 TH   0.00000000
7 AIR
END

```

BTOL の一般書式はユーザズマニュアルに説明がありますが；次は簡単な場合の例です。

```

SPEC
CHG
6 NCOP
END

BTOL 2           <-- ; 2 sigma confidence
DEGRADE SPOT .5  <--; spot size variance can grow 50%
ADJ 7 TILT 100 10 <--; example adjustment
FOCUS REAL 1     <--; to focus at full field
TPR 3 5          <--; testplates on surfaces 3, 5
TOL MAGN 100
TOL DIS 100
TOL BOR 100
PREPARE MC       <--; prepares Monte-Carlo verification MACro
GO
BTOL SAVE

```

AANT ファイルに目標を指定する最適化プログラムとは異なり、次のうちのひとつを選択して BTOL に性能のディスクリプタを指定します。

**geometric spot size variance,
wavefront variance,
Strehl ratio, or
diffraction MTF.**

所望のボアサイトの最大変化量、倍率、歪曲などを与えることもできます。

BTOL 入力の最初の行は私たちが要求している品質の劣化が 2 シグマの期待値で現れることを宣言しています。（もし要求したレベルが 10 よりも大きければ BTOL はこれをパーセント期待値と解釈し：たとえば BTOL 90 は 90% の信頼性を意味します）BTOL はそのレンズに定義されているすべての色で像を評価します。（BTOL 入力に **MONO ICOL** を追加すれば単色での解析もできます。）

DEG SPOT .5 はスポット変化量の許容値を与えます。2 シグマレベルでのスポット変化量の最大増量は（この例では

は) 標準値の 0.5 倍です。スポットサイズ変量の平方根である標準偏差はしたがって、標準値の 1.5 の平方根倍、つまり 1.225 倍増加します。(標準偏差は、各光線を主光線からではなく、イメージの重心から測定した場合は RMS スポットサイズと同一です。) 次の型での入力も有効で、

TOL SPOT .002

要求された任意のフィールド点について単一の普遍量 0.002 を明示的に与え、あるいは

TOL SPF .001 .002 .0015

は各フィールド点での異なる最大変量を与えます。

BTOL では通常はユーザーが 1 から 5 個までのフィールド点を選択しますが、それらはデフォルトで次の表にあるようにされています。(UCF オプションもあり、それらの定義ができます。説明については[セクション 12.1](#) をご参照ください。)

FOV number	HBAR	GBAR
1	0	0
2	1	0
3	0.5	0
4	-1	0
5	0	1

デフォルトでは軸上、フルフィールド、ハーフフィールドに対応する 3 点です。今回の例ではこのデフォルトを使用しています。品質ディスクリプタはスポット変量ではなく波長変量を使用することもできます。そのためには **DEG SPOT** の代わりに、**DEG WAVE .5**、**TOL WAVE ...**, または **TOL WAF...** のいずれかを入力します。

入力 **ADJ7 TILT** は面番号 7 (イメージ面) をティルト調整項目にすることを指定しています。4 つまでの調整項目を指定することができ、それぞれ RD、TH、TILT、DECENTER で、後の 3 個はグループサイズを持つこともできます。エレメント 2 (第 3 面と 4 面) の軸上位置を調整するには、ADJ 3 TH 2 と入力すれば二つの面がフォーカシングのためのひとつのユニットとして移動されます。この例では焦平面をティルトしてエレメントティルトとフルフィールド点でのディセンタを補正することを許容し、最大ティルト角度として (ひとつの公差変数につき) 10 度を指定 (デフォルトの最大値は 1 度です) しています。レンズには第 6 面にまだ近軸フォーカスのソルブがあり、したがってリフォーカス調整は不要ですが、その面の曲率のソルブは削除されていて曲率半径は公差解析の対象となり得るようになっていきます。

調整の目標は **FOCUS REAL 1** 入力で指定され、これにはフルフィールド点での瞳の中心付近での実光線分布が、調整パラメータによってできる限り一定に近く維持されるように記述されています。ここでリフォーカスされるべき点の正確な HBAR と GBAR を指定することができますが、これらは像品質評価のためのひとつの点と一致する必要はありません。

FOCUS コマンドは実光線 (**FOCUS REAL**) 調整目標、または像品質の評価に使用したのと同じフィールド点が同時にフォーカスする (**FOCUS ALL**)、または個別にフォーカスする (**FOCUS EACH**) のいずれかを指定することができます。単一のフォーカスコマンドのみが許容されます。デフォルトでは FOCUS REAL 0 です。

近軸ソルブ、調整パラメータ、調整目標に多くの可能な組み合わせがある野は明らかです。最良の組み合わせの選択はレンズデザインそのものと同様にアートであり、ある調整項目はよりルーズな公差を導き出し、また他の項目では異なる結果となり得ます。一般的には実光線目標は通常近軸ソルブよりも良好で、それはエレメントティルトや面精度エラーなどの非対称エラー（これらは弱いシリンダカル系としてモデルされます）を保証するためのわずかなりフォーカスを許容するからです。このトリプレットでは私たちは YMT ソルブを維持するように選び、調整項目は基本的にイメージティルトのコントロールとしましたが、これはフルフィールドの実光線イメージだけがリフォーカスされるからです。調整オプションの代表的な使用は、いくつかのエレメントを製造した後に製造調整を実行する計画がある場合で；そのパラメータが調整として BTOL に与えられていれば、補正効果が予想でき、他の公差をルーズにできることになるでしょう。調整しろとして与えられたパラメータは公差許容範囲には現れませんが、それは組み立ての後に調整されると仮定されているからです。

重要な製造調整に関するさらに詳細な説明はユーザーズマニュアルの[セクション 12.1.2.1](#) と [セクション 12.5.3](#) にあります。

TPR 入力第 3 面と 5 面がその曲率半径に合致したテストプレートを持っていることを示しています。精密レンズ製造には、まず所望の、あるいは必要とされる曲率半径のツールとテストプレートの製作と、次にレンズを必要とされるだけツールに近く製造する工程が含まれます。後のステップが最初のステップよりおおいに簡単で、それはテストプレートがあれば結果の評価があればはるかに簡単になるからです。この理由で正確な曲率半径がわかっているツールに既に合致する曲率半径には、これから新たにツールを製作する曲率半径よりも厳格な公差を置くことができます。TPR エントリーはこれを実行します。平面はツールに合致すると仮定されますので記載する必要はありません。高性能レンズでは、常にテストプレートをすべての面について性格に測定する必要があります。テストプレートそのものに公差を適用することは非常に危険で、セクション 12.6 に概説されている理由から、低性能のレンズとなることがあります。テストプレートがまったく使用されない場合、曲率半径の公差は統計的誤差なしに、曲率そのものに適用されます。

PREPARE MC リクエストは後でこの公差許容範囲の統計的な性能を調べるときに使用するマクロを生成します。

私たちのトリプレットにはこれらの入力で十分なので、コマンドを GO の入力で終了します。新たなレンズで BTOL を使用する場合は GO の代わりに EVALUATE オプションでデータを実行するのが賢明で、これは BTOL が実施する作業をまとめ、現在の像品質値と公差限界を与えてくれるからです。BTOL は実行に時間のかかるプログラムなので、この方法でエラーを発見するのが良い手段です。

BTOL には他に多くのオプションがあり、それらについては[ユーザーズマニュアル](#)に記述があります。この作業を実行して検討してみましょう。

--- CHG

A

--- 6 NCOP

--- END

GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF
18.19749	49.99720	2.80002	35.46455	26.32120	0.00000

Delete lens no. 10 ID TRIPLET F/2.8 1888

Store lens no. 10 ID TRIPLET F/2.8 1889

--- SPEC

ID TRIPLET F/2.8 1889 09-JUL-99 15:46:42

LENS SPECIFICATIONS:

SYSTEM SPECIFICATIONS

OBJECT DISTANCE (TH0)	INFINITE	FOCAL LENGTH (FOCL)	49.9972
OBJECT HEIGHT (YPP0)	INFINITE	BACK FOCAL LENGTH	35.4645
MARG RAY HEIGHT (YMP1)	8.9280	IMAGE DISTANCE (BACK)	35.4645
MARG RAY ANGLE (UMP0)	0.0000	CELL LENGTH (TOTL)	26.3212
CHIEF RAY HEIGHT (YPP1)	-4.3319	F/NUMBER (FNUM)	2.8000
CHIEF RAY ANGLE (UPP0)	20.0000	GAUSSIAN IMAGE HT(GIHT)	18.1975
ENTR PUPIL SEMI-APERTURE	8.9280	EXIT PUPIL SEMI-APERTURE	9.1721
ENTR PUPIL LOCATION	11.9018	EXIT PUPIL LOCATION	-15.8995

WAVL (uM) .6562700 .5875600 .4861300

WEIGHTS 1.000000 1.000000 1.000000

COLOR ORDER 2 1 3

UNITS MM

APERTURE STOP SURFACE (APS) 3 SEMI-APERTURE 6.78978

FOCAL MODE ON

MAGNIFICATION -4.99972E-11

POLARIZATION AND COATINGS ARE IGNORED.

SURFACE DATA

SURF	RADIUS	THICKNESS	MEDIUM	INDEX	V-NUMBER
0	INFINITE	INFINITE	AIR		
1	24.12565	7.48759	LAFN21	1.78831	47.47 SCHOTT
2	291.32740	4.43491	AIR		
APS	-46.43986	3.95742	SF10	1.72825	28.41 SCHOTT
4	20.56622	6.18597	AIR		
5	61.64636	4.25531	PICKUP	1.78831P	47.47
6	-34.58470	35.46455S	AIR		
IMG	INFINITE				

KEY TO SYMBOLS

A SURFACE HAS TILTS AND DECENTERS	B TAG ON SURFACE
G SURFACE IS IN GLOBAL COORDINATES	L SURFACE IS IN LOCAL COORDINATES
O SPECIAL SURFACE TYPE	P ITEM IS SUBJECT TO PICKUP
S ITEM IS SUBJECT TO SOLVE	M SURFACE HAS MELT INDEX DATA
--- BTOL 2	

--- DEGRADE SPOT .5
--- ADJ 7 TILT 100 10
--- FOCUS REAL 1
--- TPR 3 5
--- TOL MAGN 100
--- TOL DIS 100
--- TOL BOR 100
--- PREPARE MC
--- GO

Image quality is evaluated on a grid with 30 rows.

STATISTICAL TOLERANCE ANALYSIS

ID TRIPLET F/2.8 1889

GENERAL SPECIFICATIONS

QUALITY DESCRIPTOR

Maximum fractional degradation in spot size variance

TOLERANCE LIMIT(NSIGMA) 2.000 standard deviations

WAVELENGTH SPECIFICATIONS

WAVELENGTH (WAVL uM)	CHROM. WEIGHT (FWAV uM)	WAVELENGTH FOR FRINGE DEFINITION
0.58756	-0.333	0.6328
0.65627	0.333	
0.48613	0.333	

B

FIELD SPECIFICATIONS AND QUALITY DESCRIPTORS

REL. Y-HEIGHT (HBAR)	REL. X-HEIGHT (GBAR)	FIELD WEIGHT (FWT)	QUALITY DESCRIPTOR INITIAL WORST ALLOWED	ZOOM
0.000	0.000	1.000	5.18304E-04 7.77455E-04	1
1.000	0.000	1.000	0.00223 0.00334	1
0.500	0.000	1.000	6.00565E-04 0.00090	1

C

TOLERANCE ON BORESIGHT, DISTORTION, AND MAGNIFICATION ERRORS

Maximum permitted change in boresight 100.00000
Maximum permitted change in distortion 100.00000
Maximum permitted change in magnification 100.00000

PARAXIAL SOLVES AND PICKUPS ASSIGNED TO SURFACES INCLUDED IN THIS BUDGET
100

Thickness solve on surface no. 6

Index pickup on surface no. 5

D

ACTIVE COMPENSATING PARAMETERS

SURF	PARAMETER TYPE	SURF RANGE	MAX ADJUSTMENT	REMARK
	(NSURF)	(AJMAX)		

7	TILT	100	10.00000	
---	------	-----	----------	--

ADJUSTMENT GOAL

maintain real-ray focus at field point (HBAR,GBAR)=(1.000, 0.000)

*** FILE 'MCFILE.MAC' PREPARED FOR MC COMPENSATION ***

E

INVERSE SENSITIVITY ANALYSIS

Each variable is perturbed individually to produce the maximum allowed degradation in the quality descriptor at one field

EL.	SURF	RADIUS	RADIUS TOLERANCE	THICKNESS	THICKNESS TOL
		(RADIUS)	(FRINGES)		

1	1	24.12565	0.13132	52.02567	7.48759	0.24685
1	2	291.32740	21.97685	41.49931	4.43491	0.13429
2	3	-46.43986	0.46286	15.63546	3.95742	0.18181
2	4	20.56622	0.13149	25.16819	6.18597	0.29980
3	5	61.64636	0.75513	45.93878	4.25531	0.64333
3	6	-34.58471	0.32646	65.21863	35.46455	0.00000
7	INFINITE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELE	SURF	GLASS NAME	BASE INDEX	INDEX TOL	V-NUMBER	V-NUMBER TOL
-----	------	------------	------------	-----------	----------	--------------

1	1	LAFN21	1.78831d	0.00481	47.46966d	2.09130
2	3	SF10	1.72825d	0.00530	28.40971d	1.95169

Note: The symbol "d" indicates that the quantity is estimated at 0.58756 uM.

The symbol "F" indicates that the quantity is taken at wavelength 2.

ELE	SURF	WEDGE TOLERANCE	IRREG. TOL
		(ARC MIN)	(TIR) (FRINGES)

1	1	0.00000	0.00000	8.59164
1	2	12.98205	0.07607	7.54273
2	3	0.00000	0.00000	5.13715
2	4	18.07092	0.07526	6.76546
3	5	0.00000	0.00000	15.67381
3	6	15.73537	0.11258	16.63173
7		0.00000	0.00000	0.00000

ELE SURF ELEMENT TILT TOLERANCE Y-DECENT TOL X-DECENT TOL
 (ARC MIN) (TIR)

1	1	10.75620	0.07560	0.17248	0.00000
1	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	3	7.11184	0.02810	0.11095	0.00000
2	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	5	16.32874	0.11491	0.15386	0.00000
3	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
7		0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

NOTE: Irreg. tol. is fringes of cylinder power across the full clear aperture.

For wedge and tilt tolerance, TIR is the angle tolerance in radians
times the lens diameter.

F

BUDGET TOLERANCE ANALYSIS

EL. SURF RADIUS RADIUS TOLERANCE THICKNESS THICKNESS TOL
 (RADIUS) (FRINGES)

1	1	24.12565	0.03997	15.83575	7.48759	0.05990
1	2	291.32740	2.33317	4.40577	4.43491	0.04729
2	3	-46.43986	0.08698	2.93833	3.95742	0.08213
2	4	20.56622	0.03767	7.21114	6.18597	0.06700
3	5	61.64636	0.06807	4.14115	4.25531	0.10245
3	6	-34.58471	0.08549	17.07792	35.46455	0.00000
7		INFINITE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELE SURF GLASS NAME BASE INDEX INDEX TOL V-NUMBER V-NUMBER TOL

1	1	LAFN21	1.78831d	6.74413E-04	47.46966d	0.47202
2	3	SF10	1.72825d	7.01437E-04	28.40971d	0.45860

Note: The symbol "d" indicates that the quantity is estimated at 0.58756 uM.

The symbol "F" indicates that the quantity is taken at wavelength 2.

ELE SURF WEDGE TOLERANCE IRREG. TOL

G

		(ARC MIN)	(TIR)	(FRINGES)
1	1	0.00000	0.00000	0.97186
1	2	3.77018	0.02209	0.90686
2	3	0.00000	0.00000	0.75886
2	4	5.93444	0.02471	0.86673
3	5	0.00000	0.00000	1.22842
3	6	3.96236	0.02835	1.25679
	7	0.00000	0.00000	0.00000

ELE SURF ELEMENT TILT TOLERANCE Y-DECENT TOL X-DECENT TOL
 (ARC MIN) (TIR)

1	1	3.09119	0.02173	0.03592	0.00000
1	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	3	3.28132	0.01296	0.03631	0.00000
2	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	5	3.80655	0.02679	0.03202	0.00000
3	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

NOTE: Irreg. tol. is fringes of cylinder power across the full clear aperture.
 For wedge and tilt tolerance, TIR is the angle tolerance in radians
 times the lens diameter.

H

BUDGET TOLERANCE SUMMARY

ELEMENT FABRICATION TOLERANCES

ELE SURF	RADIUS	RADIUS IRREG	THICK.	THICK.	WEDGE	GLASS	INDEX	V-NO
	FR.	FR.	TOL	TOL	TOL	TOL		
1	1	24.126	15.836	0.97	7.488	0.060	LAFN21	0.00067 0.47
1	2	291.327	4.406	0.91		3.77		
2	3	-46.440	2.938	0.76	3.957	0.082	SF10	0.00070 0.46
2	4	20.566	7.211	0.87		5.93		
3	5	61.646	4.141	1.23	4.255	0.102	PICKUP	
3	6	-34.585	17.078	1.26		3.96		
	7	INFINITE						

Note: Irreg. tol. is fringes of cylinder power across the full clear aperture.

Radius tolerance is in fringes. Wedge tolerance is in arc minutes.

ELEMENT ASSEMBLY TOLERANCES

ELE	SURF	SPACING	SPACING	Y-DECENT	Y-DECENT	TILT	TILT	NSURF
		TOL		TOL		TOL		
1	1			0.036		3.091	0	
1	2	4.435	0.047					
2	3			0.036		3.281	0	
2	4	6.186	0.067					
3	5			0.032		3.807	0	
3	6	35.465						
	7	0.000						

Note: Tilts and decenters are in relative coordinates.

Tilt angle is in degrees. Tilt tolerance is in arc minutes.

The symbols "B" and "G" represent beta and gamma tilts.

I

SUMMARY OF OPTICAL PERFORMANCE

REL. Y-HEIGHT	REL. X-HEIGHT	ANTICIPATED STATISTICS			ZOOM
(HBAR)	(GBAR)	MEAN VALUE	MULTIPLE DEV	EXPECTED	
0.000	0.000	5.50208E-04	1.96874E-04	7.47082E-04	1
1.000	0.000	0.00234	9.54130E-04	0.00329	1
0.500	0.000	6.47832E-04	2.55996E-04	9.03827E-04	1

Note: At the tolerance limit of 2.000 standard deviations, 97.7% of a large number of manufactured lenses would be expected to meet the quality criterion. Equivalently, a single manufactured lens would be expected to have a 97.7% probability of meeting the quality criterion. Expected performance is the anticipated performance at the stated confidence.

ANTICIPATED CHANGE IN BORESIGHT, DISTORTION, AND MAGNIFICATION ERROR

Anticipated change in boresight	0.15300
Anticipated change in distortion	0.01714
Anticipated change in magnification	0.11173

J

RSS EXPECTED PARAXIAL FOCUS SOLVE ADJUSTMENT 0.150317

K

RSS EXPECTED ADJUSTMENT OF COMPENSATING PARAMETERS

SURF	PARAMETER	TYPE	SURF	RANGE	RSS	ADJUSTMENT	REMARK
------	-----------	------	------	-------	-----	------------	--------

7 TILT 100 0.26594

--- BTOL SAVE

BTOL data saved in file BTOL.DAT

項目 **A** で SPEC リストに続くのが第 6 面の UMC ソルブを取り除く CHG ファイルです。このあとに条件をまとめた BTOL が続きます。項目 **B** はスポット変量の初期値を表示し、要求されている 3 色のウエイトが付与されています。軸上の像については 0.055518、許容されている最大値は 0.000777 です。他の二つのフィールド点についても同様にまとめられています。

項目 **C** はボアサイト、拡大率、歪曲の公差を与えます。入力された公差はの場合デフォルトに等しく、したがって必ずしも必要ではありません。この例題では、私たちがこれらの項目に注目せず、大きなエラーを容認してプログラムが許容範囲に影響を与えないようにした点を強調しました。

D は調整パラメータをまとめ、このケースではたった一つで、**E** は各変数の逆感度を与えています。これはたとえば、もし他のすべての変数が完璧であれば、最初の曲率半径は .131 エラーがあっても、(調整後は) 品質のディスクリプタのひとつもその限界に達しないことを意味します。これらの数値はこの公差が非常にルースなケースもあるので有用です。もし画質劣化が始まるまでに厚さがたとえば 2 mm ずれてもよいのであれば、たとえ厚さの公差範囲を製造側で逸脱していてもそのエレメントを受け入れることができることでしょう。BTOL はパラメータに設定してある有効な RANGE よりも公差をゆるくすることはありますが、それは定義によりそれがコストの削減にならず、また厚さのデフォルト範囲は .005 インチとなっているからで、これについてはユーザーズマニュアルに説明があります。”FRINGES”の下にある数値は完璧なテストプレートでテストしたときのこの面の(このエラーでの)ニュートンリング数です。これは CAP リストに与えられているアパーチャー、FWAV で入力されている波長(デフォルトで .6328 μ m)で計算された値です。

逆感度表に続いて BTOL は二番目の表を印字し、上のリストでは項目 **F** になりますが、各フィールド点の 2 シグマエラーが所望の最大値を超えないようにすべてのリストされた項目を計算した実際の公差を与えています。これが求める公差許容範囲です。最初の面の曲率半径に許容されたエラーは完璧な面から .039、または 16 フリンジです。この曲率半径はテストプレートを持っていないため、総合曲率半径エラーは最終レンズ面に適用されます。

別のセクション **G** にはウエッジ、ティルト、ディセンタ、面精度公差がまとめられています。ここで最初のエレメントが 3.77arc min のウエッジを、またはトータルランアウト(TIR)として .022mm あってもよいことがわかります。(この数値は単に角度にレンズの直径を乗じた値です)。面精度公差はサイド 1 について 0.97 フリンジです。エレメントティルトとディセンタは二つの面のグループとしての移動を指し、一方ウエッジは単一の面だけについての値をさします。

セクション **H** は公差許容範囲の簡単なまとめです。これは後に **BTOL LIST** コマンドをタイプすると繰り返されるセクションです。

この許容範囲から結果する像品質の劣化は次の項目 **I** に印字されています。最初のフィールド点では設計公称値でのスポット変量は 0.000518、この公差許容範囲でレンズを多量に製作したときのスポット変量期待値の平均値はおおよそ 0.00055、2 シグマでの増分はおおよそ 0.000196、2.3%を除くすべての固体のスポット変量の総合期待値は 0.000747 以下で、これはそのフィールドポイントについての許容値をわずかに下回っています。ハーフフィールド点(BTOL での 3 つ目の点)での 2 シグマの劣化はよりその公差 0.0009 に近く、その点がおそらく公差をコントロー

ルしていたであろうことを意味しています。

ボアサイト、拡大率、歪曲変化の期待値も項目 **I** に表示されていて、入力された限界とは等しくありません。これらのうちのいずれかが項幸にあれば、許容範囲のいくつかの項目がこれらの要求からせい f 源され、イメージ品質からではなく、その場合はコスト削減のため、BTOL をよりルースな公差で再実行する必要があります。BTOL が NFOV が少なくとも 2 出なければ倍率を公差会席することはできず、歪曲は最初の 3 点が必要です、"ANTICIPATED CHANGE" は要求された確実性レベルでの変化です。

要求された調整は次の項目 **J** と **K** にまとめられています。この場合、最後のエアスペースに近軸焦点ソルブがあり、レンズ間の調整期大量はほぼ .150mm、像ティルトの期待量は .265 度です。これらは RSS 量で、最後の 2 つの項目については 1 シグマの確実実施栄を与えています。

この許容範囲はおそらく製造には十分で、公差は表から ELD 図に直接コピーすることができます。(Annotation Editor はこの作業に便利で、結果の図はすべての公差と共に保存することができます。グラフィックスリンドウで



をクリックします。) では MC で統計的仮定の精度を確認してみましょう。

Monte-Carlo Statistical Tolerance Verification

モンテカルロ統計的公差解析検証

先の演習で用意した BTOL 公差解析はレンズを多数製造した場合の統計的性能の予想のためにデザインされています。一般的には満足にできる結果を与えてくれるものの、BTOL は変数間の統計的な関係の性質のいくつかを仮定し、なかには無視している高次の効果もあります。BTOL には調整能力に限界があり、製造エラーの結果としての収差のリバランスは試行せず、指定したフィールド点でのリフォーカスだけを試みています。(実際にはバジエットの計算過程で再最適化をする他のオプションがありますが、実行はより複雑です；以下をご参照ください)。これらの理由で 2 番目のプログラムが提供され、これによれば BTOL 公差許容範囲を取り入れた製造をシミュレートし、そのロットの統計的性能を解析します、これらの結果は BTOL の予想と比較することができ必要であれば公差あるいは BTOL 入力を調整することができます。

MC プログラムは BTOL の後にだけ実行することができ、ユーザーは希望するあらゆる種類の再最適化あるいは調整を行うことができます。プログラムはエラーバジエットを各変数に、それらの公差範囲で均一な分布で適用しますが、BTOL 解析とは異なり、Y-Z 平面には限定されません。シリンダ状イレギュラリティとディセンタはランダムな方向にランダムな量についての、エレメントウエッジとティルトランダムなアルファあるいはベータ方向にランダムな量についての値です。(反対の方向を向いているウエッジを持ったエレメントをアラインメントしたい場合は、スイッチ 14 の状態により複数のウエッジ間に相関があると宣言することができます。)

MC の実行はきわめて簡単で：上の BTOL 入力にある **PREPARE MC** がそれです。これは BTOL に公差バジエットの準備で呼び出した調整をシミュレートするマクロを作成するように指示します。必要であれば BTOL の実行終了後にマクロエディタに読み込んでこれを確認することができます。(LM MCFILE とタイプします；実行するのに読み込む必要はありません。) このケースでは、選択した一連の光線について、ゼロではなく公称値へ向かわせる補正をする AANT ファイルに従って、第 7 面をティルトする調整があります。これらの調整は公称レンズの品質の実現だけが意図され、その向上は意図せず、これらの非ゼロ目標が達せされればメリットファンクションはゼロとなります。MC を実行するにはライブラリに公称レンズを置かなくてはならず、まだ置かれてはいない場合は次のコマンドを使用します

ここで NSAMPLES は統計がほしいレンズのひとつの製造バッチ中のレンズの個数で、LIBLOC はライブラリの位置です。レンズが location5 にあるとしましょう。その場合は次のようなコマンドで開始することができます

MC 2 5

ここでは最初に 2 個のレンズバッチだけのデータを要求していることとなります。バッチが大きい場合には MC の実行時間が長くなりますから、最初に調整がうまく動作するかを確認するのがよいでしょう。マクロは BTOL バジレットの範囲でランダムなエラーでレンズを変更し、再度最適化します。一つか二つの場合についてだけ実行するときは SPEC または ASY コマンドをマクロ中に含めることをお勧めします。出力にはすべてのエレメントのティルトとディセンタと共に、シリンダイレギュラリティをシミュレートするために使用した変形を含め、MC がしたすべての項目が表示され、それらを検討することができます。すべてが間違いないようでしたら再度たとえば 100 個のレンズについて MC コマンドを実行します。(SPEC やその他のコマンドを追加した場合にはそれらを削除しておきます。) 100 個すべてについてスクロールして閲覧する必要がなく、時間も節約したければ、オプションの **QUIET** コマンドを追加します。完了すると下にあるような統計のサマリを見ることができます。

SYNOPSIS AI>MC 100 5 QUIET

QUALITY STATISTICS FROM MONTE-CARLO SIMULATION

Total number of samples 100

Total number of parameters altered 30

FIELD NUMBER: 1 QUALITY RANGE 0.3511E-03 0.7550E-03 CELL SIZE 0.3673E-04

HISTOGRAM: 9 3 13 13 13 15 11 13 5 3 2

FIELD NUMBER: 2 QUALITY RANGE 0.1814E-02 0.2970E-02 CELL SIZE 0.1051E-03

HISTOGRAM: 5 4 17 19 14 18 12 5 3 0 3

FIELD NUMBER: 3 QUALITY RANGE 0.4198E-03 0.9886E-03 CELL SIZE 0.5171E-04

HISTOGRAM: 4 5 15 21 22 15 12 3 0 2 1

BORESIGHT: QUALITY RANGE-0.1167E+00 0.9907E-01 CELL SIZE 0.1962E-01

4 5 10 7 16 15 15 10 7 4 7

MAGNIFICATION: QUALITY RANGE-0.1394E+00 0.1246E+00 CELL SIZE 0.2401E-01

1 1 9 13 9 15 13 22 9 6 2

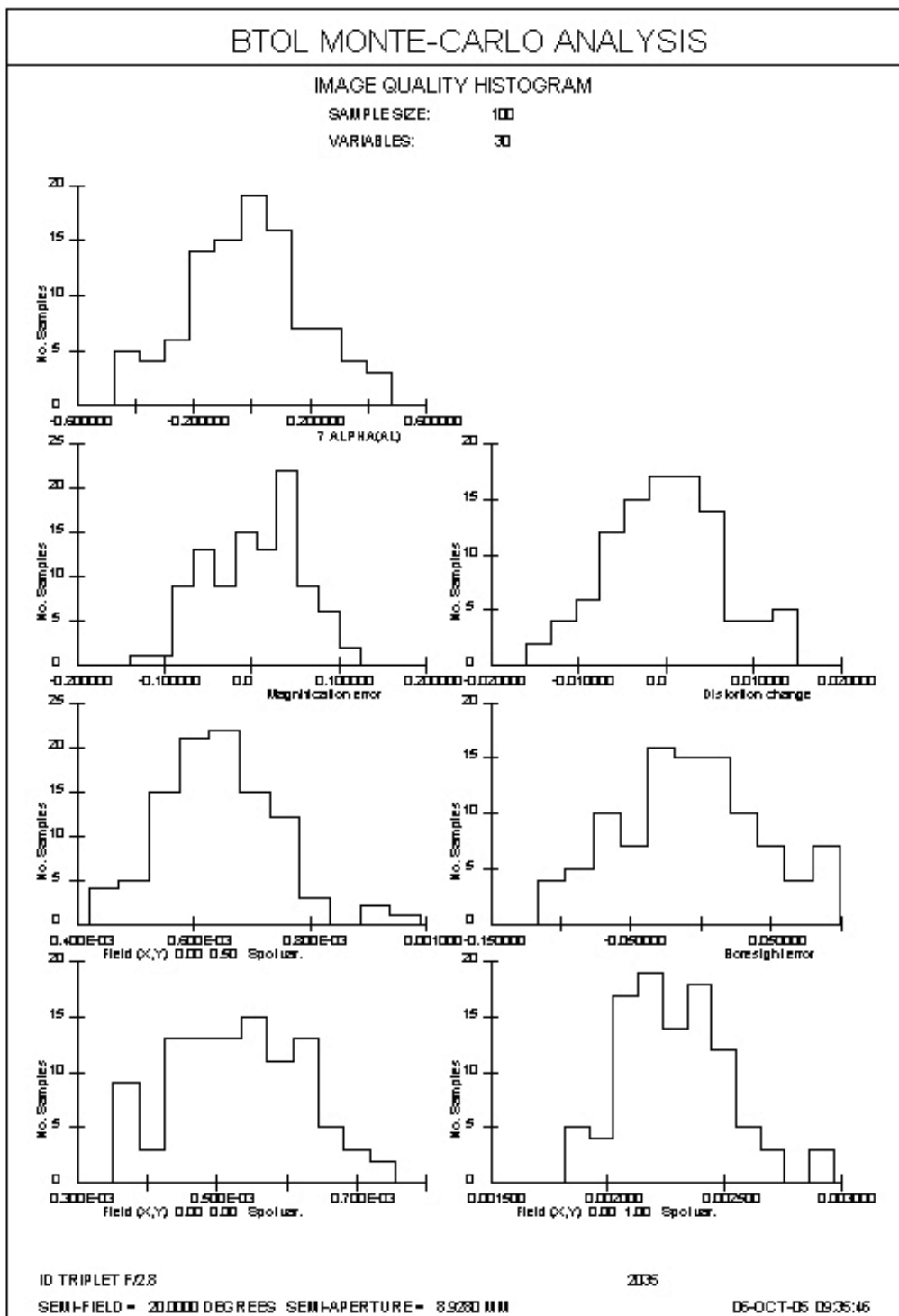
DISTORTION: QUALITY RANGE-0.1601E-01 0.1504E-01 CELL SIZE 0.2823E-02

2 4 6 12 15 17 17 14 4 4 5

7 ALPHA(AL) ADJUST. RANGE-0.4706E+00 0.4786E+00 CELL SIZE 0.8630E-01

5 4 6 14 15 19 16 7 7 4 3

コマンド **MC STAT** でこのテーブルだけを表示されることができ、**MC PLOT** では統計のヒストグラムを表示させることができます。



プロット出力を上に掲げます。最初の軸上フィールド点の統計データは最下段左のプロットで、BTOL 実行での項目 I にある予測と比較することができます。BTOL はスポット変量の平均値として 0.000550 を予測しましたが、これはその場合についてのヒストグラムの中央近傍です。しかし 2 シグマ点での期待品質は .000747 で、これは期待されたであろう分布とはかなり離れていて、レンズ間での相違がより小さいことを示しています。

フルフィールド点についてのプロットは下段右で、BTOL は平均値 0.00234、2 シグマで 0.00329 を予想しました。3 番目の点は、HBAR=.5 で見られるのと同様に、いくらか良好です。図の最上部を見ると、イメージ面のティルトが表示されていますが、これを BTOL リストと比較すると調整がまさに 1 シグマの点で行われていることがわかります。MC は多数のケースについて実行することが推奨され、100 の場合というのは非常に大きな表標本とはいえないため、新たな 100 セットでは異なるヒストグラムが生成されることがあります。

BTOL と MC での経験から、予測が一般的には現実になるものの、確認のために MC を実行するのがよいことがわかりました。必ずしも BTOL が設定した変数と光線ターゲットを使用する必要はありません。後者ののはただ統計的な予測の検証が目的ですが、希望する任意の種類の調整を実行することができます。また、FIX.... フォーマットを使用してユーザー独自の公差バジェットを入力し、そのバジェットの統計量を得るために MC を使用することもできます。あるいはいくつかの小規模な MC を実行し、製造のバッチごとに統計がどれだけ変化するかを見ることもできます。BTOL の実行後に後の MC での解析のために BTOL SAVE で公差バジェットを保存し、BTOL FETCH でそれらを取り出すこともできます（同時に同一のレンズをロードすることも忘れないでください。）BTOL はバジェット計算の過程で任意のメリットファンクションを使用したレンズの再最適化をするオプションも持っていて、これについてはセクション 12.1.2.1 で見ていただきます。各エレメントについて製造段階での調整が必要な場合は、セクション 12.5.3 にある異なるアプローチを必要とする機能をご参照ください。

MC で引き出される最悪の場合の例を試験することをお勧めします。じれを実行するには MC の最後に 3 つのパラメータを入力します：

<u>QTOL</u>	品質値。この値を超える例はすべて保存されます
<u>QNUM</u> / ALL	監視したいフィールド点の数、またはすべてのフィールド点
<u>QLIB</u>	最悪のケースを保存しておくライブラリ位置

従って全フィールドをもに足してライブラリ位置 7 に保存するためには次の行を使用することができます

MC 100 1 QUIET -1 2 7.

フィールド点 2 はこの BTOL 入力ではフルフィールドで、最初のレンズ例の品質は -1 を超えるために保存されます。そして QTOL の値がその例に設定され、次のケースが用意されます。最後には最悪の例がライブラリに残ります。

ここまでで SYNOPSYS で最もよく使用される機能を見ていただきました。他にも、レンズ形の途中に置かれた小さなピンホールがその後の光線に与える影響を計算する、**DPROP** 機能や、レンズを保持するセルをデザインしすべてのパーツの機械図面を準備することができる [lens cell editor](#) など、多くの機能があります。

最後に AI プログラムで実行できる興味深いいくつかの事項を紹介してこの章を終わります。SYNOPSYS ユーザーだけがこのような機能をもっているのも、新たにご使用になる多くの方は SYNOPSYS が提供する能力をご存知ありません。

More AI Possibilities **さらに AI でできること**

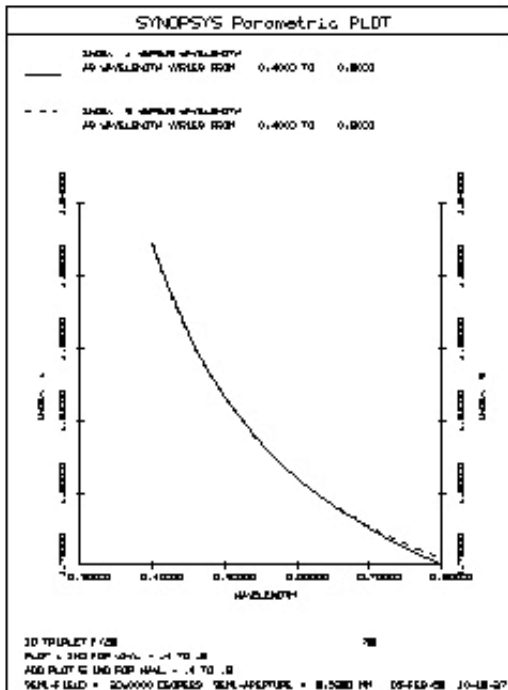
前方の章で最適化したトリプレットはモデルガラスを持ち、SPEC リストが最初のエレメントの屈折率 Nd が 1.8000、Vd が 48.2 であることを示していました。これらの値を持つ実際のガラスは存在しませんので、製造ではこのモデルガラスの代わりに屈折率 1.80318、Vd46.38 の LASFN30 を選択するかもしれません。SYNOPSYS のガラスモデルは、同一のパラメータを持つ現実のガラスのセカンドスペクトラムを評価するために、代表的なガラスの部分分散をモデルしようとしています。AI の演習としてこのガラスと等価なガラスについて、屈折率を波長の関数としてみてみましょう。まずはトリプレットをロードし、次の行を入力します：

CHG
1 GLM 1.80318 46.38


```

5 GTB S
LASFN30
END
MULTI PLOT 1 IND FOR WAVL = .4 TO .8
ADD PLOT 5 IND FOR WAVL = .4 TO .8
END

```



私たちは第一面にこのガラスのモデルパラメータを、第5面には現実のガラスを置きました。（これだけで屈折率差のテストには十分で、レンズを実際におく必要はありません。）そしてこのAI文はこれら2面の屈折率を波長の関数としてプロットします。動詞 **MULTI PLOT** は図を作成しますがすぐに表示せず、動詞 **ADD PLOT** が斎野のカーブに2番目のカーブを重ねて描画し、**END** が図を表示します。二つのカーブは十分に重なっていてガラスモデルが最適化に有用であることを示しています。しかし、波長はAIが変更することができる数多くのパラメータのひとつで、変更が起きれば系にあるすべての屈折率を再計算し、入力された文の実行前に近軸光線追跡を行います。（もちろんN2あるいはその他のニモニックで固定された屈折率を入力したとすれば、AIはそれらを波長変化によって再計算することはできません。）

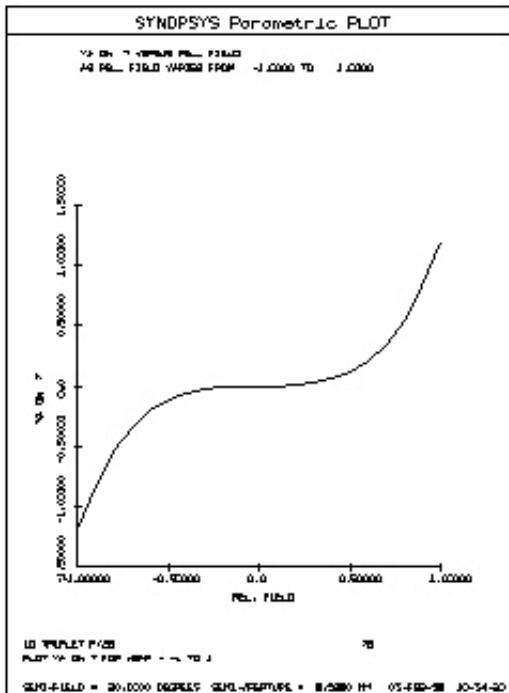
AIの他の利用法です。SYNOPSISはイメージ面ではなく射出瞳の横方向収差をプロットするコマンドを持っていますが、AIで作成することができます。トリプレットで開始して次の行をタイプしてください：

```

CHG
NOP
6 YPT 0
7 YMT
8
END
PLOT YA ON 7 FOR HBAR = -1 TO 1
END

```


この入力では現在の近軸ソルブを取り去り、第7面をYOTオプションで射出瞳の位置に移動します。そしてこの面には新たなYMTソルブが与えられ、第8面がイメージ面となるようにYMTソルブが与えられ、番号8はただこの新たな面を定義するためだけに入力されます。HBAR = -1 から +1 の21個のフィールド点からの主光線の第7面での実際の座標がプロットされ、瞳位置での球面収差が示されます。結果は下図のとおりです。



さらにその他の便利なAIです。[第7章](#)でマンジンミラーの副鏡を持つリレーテlescopeを見ていただきました。主鏡には穴があり、基本的には副鏡の直径を超えることはありません。ここにあげるのは他の面のクリアアパーチャに等しい遮蔽を作成する新たなコマンドをAIでつくる簡単な方法です。下の例の第一行が新たなコマンドAAを2行にわたるシーケンスとして定義しています。最初の行はAI固有の動詞AIPSETを使用して第2面のクリアアパーチャの現在値をシンボル"AP"に転送しています。次の部分では主鏡のCAIをAIPに等しく設定し、これはシンボルなので、直ちに数値に置き換えられます。新たなコマンドAAが入力されると、転送が実行され、あたらしいCAIが第一面で有効となります。これが複雑に見えるようでしたら、シンボルが一度定義されればすべての作業をするのにもただ"AA"をタイプすればよいということを思い出してください。

```
SYNOPSIS AI>AA: AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
```

```
SYMBOL 28 DEFINED: AA*
```

```
AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
```

```
SYNOPSIS AI>AA
```

```
AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
```

Surface number 2 has a program-generated aperture.

The semi-aperture on surface number 2 is 2.04561849
1 CAI = 2.0456185

Surface number 1 has an inside semi-clear aperture 2.04561850

ここまでで多くの事項をご覧になったように、SYNOPSISは非常に大きく総合的なプログラムです。SYNOPSISをここまでご覧になったあなたは[ユーザーズマニュアル](#)にあるより完全な説明と、より変わった機能についても問題の特

定と理解に困難を経験されることはないはずです。SYNOPSIS の内容の多くはユーザーのご要求による結果として生じています。光学分野は非常に広く産業界の必要性を予測できる人間はいません。このコードの機能を実行していただき、どの機能がうまく動作し、どれがうまく行かないかをご報告くださることに作者は期待しています。作者にとって最も重要なことは、レンズデザイナーとしてのあなたの生産性を高め、また、レンズデザインにより興味を持っていただくことです。

このマニュアルの[第9章](#)には既に紹介した多くの機能の実行をしたレンズデザイン問題のワークアウトといくつかの新たな機能を含めてあります。まずは説明されている手順に従い、SYNOPSIS という強力なプログラムをうまく使うことができるという自信をお持ちください。

Bibliography

Basic laws of optics:

Jenkins and White, Fundamentals of Optics, McGraw-Hill, 1957.

Born and Wolf, Principles of Optics, Pergamon, 1975.

Hardy and Perrin, The Principles of Optics, McGraw-Hill, 1932.

Herzberger, Modern Geometrical Optics, Interscience, 1958.

Lens design and optical engineering:

Military Standardization Handbook -- Optical Design (MIL-HDBK-141), U.S. Government Printing Office, 1962.

Smith, Modern Optical Engineering, McGraw-Hill, 1966.

Kingslake, Thompson, Shannon, Wyant (Ed.), Applied Optics and Optical Engineering, Vol.1-10, Academic Press.

Kingslake, Lens Design Fundamentals, Academic Press, 1978.

Kingslake, Optical System Design, Academic Press, 1983.

A.E. Conrady, Applied Optics and Optical Design, Dover (two volumes), 1957 and 1960.

Selected topics related to optics and lenses:

Wolfe and Zissis (Ed.), The Infrared Handbook, Office of Naval Research, Department of the Navy, Arlington, VA.

E.H. Linfoot, Fourier Methods in Optical Image Evaluation, Focal Press, 1964.

Cox, A System of Lens Design, Focal Press, 1964. (Has numerous examples of lenses.)

Papers dealing with SYNOPSIS:

Dilworth, D.C. "Fast MTF calculation in the presence of diffraction", Appl. Opt. 11, 1101, (1972).

Dilworth, D.C. "Pseudo-second-derivative matrix and its application to automatic lens design", Appl. Opt. 17, 3372, (1978).

Dilworth, D.C. "Improved Convergence with the pseudo-second-derivative (PSD) Optimization Method", SPIE 399, 159, (1983).

Dilworth, D.C. "Automatic Lens Optimization: Recent Improvements", SPIE 554, 191, (1985).

Dilworth, D.C. "A Multilevel Approach to User-friendly Lens Design", SPIE 655, 6, (1986).

Dilworth, D.C. "Applications of Artificial Intelligence to Computer-aided Lens Design", SPIE 766, 91, (1987).

Dilworth, D.C. "SYNOPSIS: a State-of-the-Art Package for Lens Design, SPIE 766, 264, (1987).

第 9 章

演習例題

この章では、ある仮想的な問題をとおしてまだこのチュートリアルで照会していない多くの機能を使用しますが、それらが関連するユーザーズマニュアルのセクションへのリンクを示して、必要以上の混乱を招くことのないようにしたいと思います。

ここでは 6 エLEMENT のカメラレンズをスクラッチでデザインします。いつでも完璧なレンズからはじめるのがよいのですが、通常はそのようなものがありませんので、性能の悪いものから始めなくてはなりません。この例題では非常に貧弱なものからスタートしますので興味深いはずです。以下が課題です：

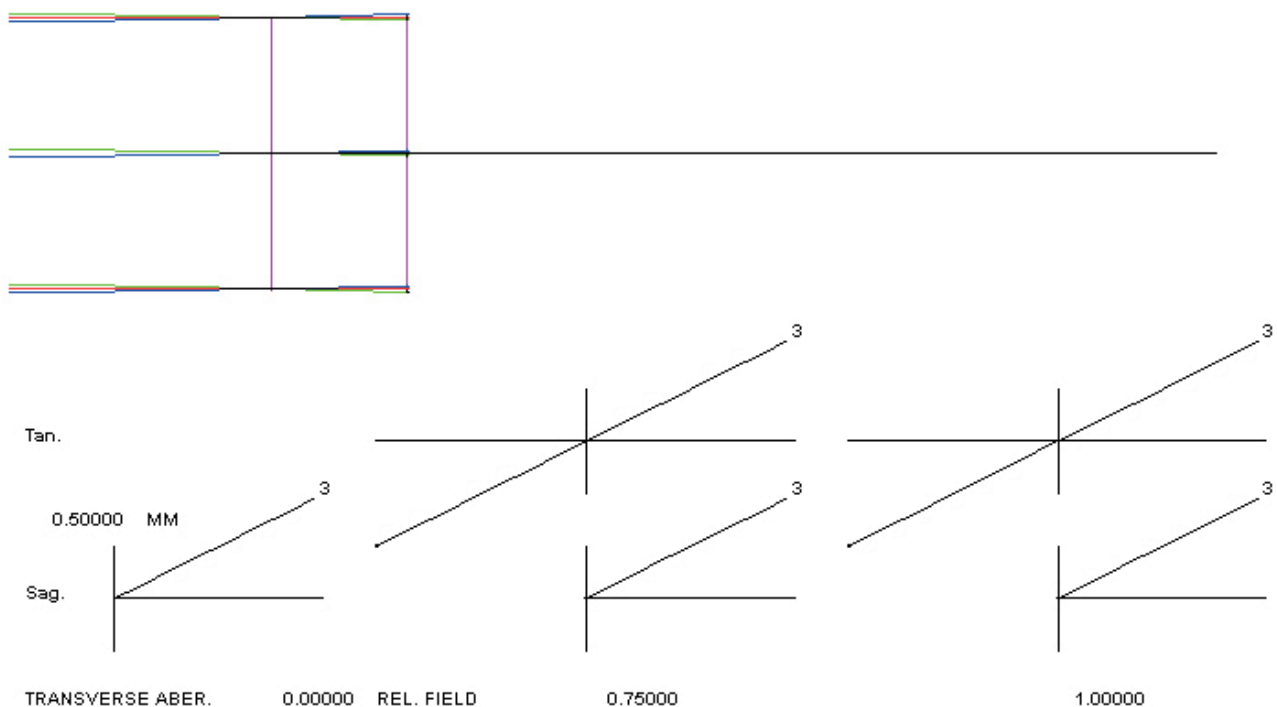
焦点距離 25 mm
F/ ナンバー 2.25
画角 +/-20 度
セル総長 55 mm 以下
バックフォーカス 7 mm 以上
可視域動作

ステップ 1：スタート点の作成

スイッチ 24 を ON にして、デフォルトレンズユニットを MM にします。

ON 24

NLE (New LEns) をタイプします。プロンプトで Yes をクリックし、PAD ディスプレイを開きます。二つのダミー面からなるレンズが表示されます。



必要なオブジェクトパラメータを宣言します。ボタン

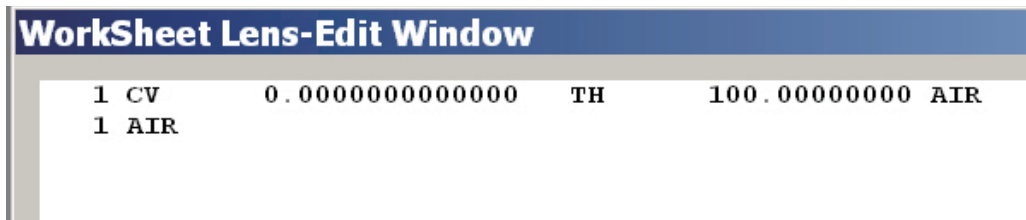


をクリックして WorkSheet（ワークシート）を開き、さらにボタン

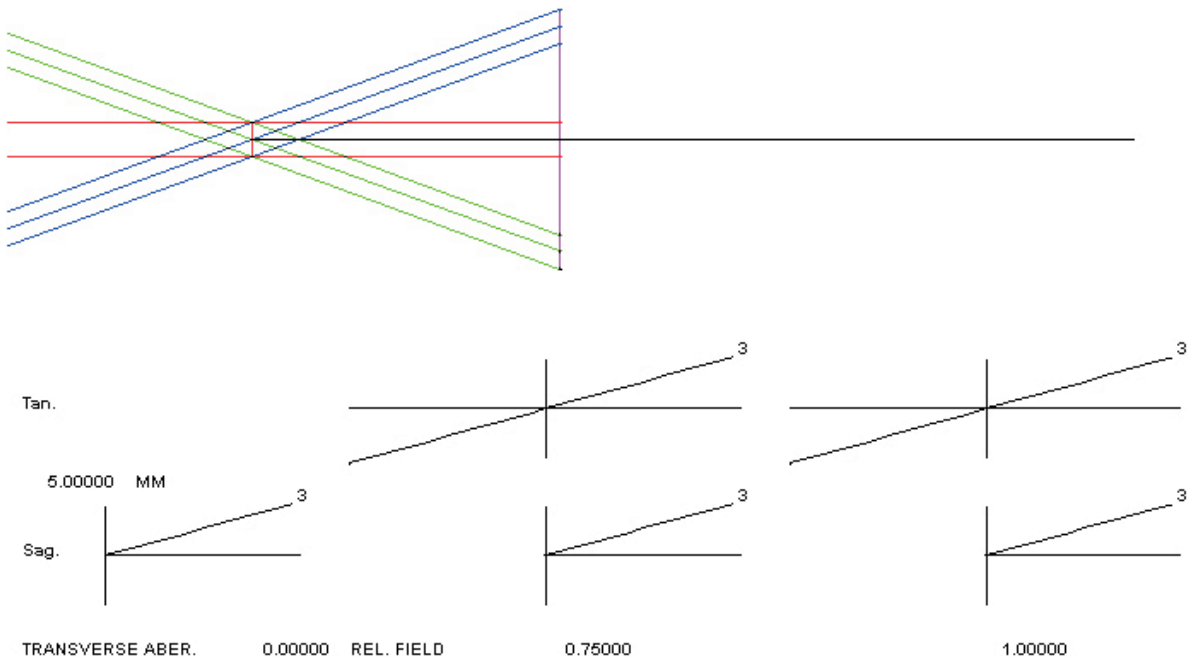


をクリックして [Pupil Wizard](#)

（ピューピルウィザード）を開きます。フィールド角度（20）を angle ボックスに、ビーム半径を "Fix the pupil radius....." ボックスに入力します。この数値は 5.5555 で $25/(2.25*2)$ から計算します。これが YMP1 の量となります。デフォルトのままストップを第 1 面に置いておきます。PAD ディスプレイはより大きな直径の系を表示し、私たちは面間の距離を大きくしたいので、まだ操作しなくてはならないステップがあります。ワークシートに第一面のデータが表示されていなければ第一面をクリックし、Thickness を 100 に変更します：

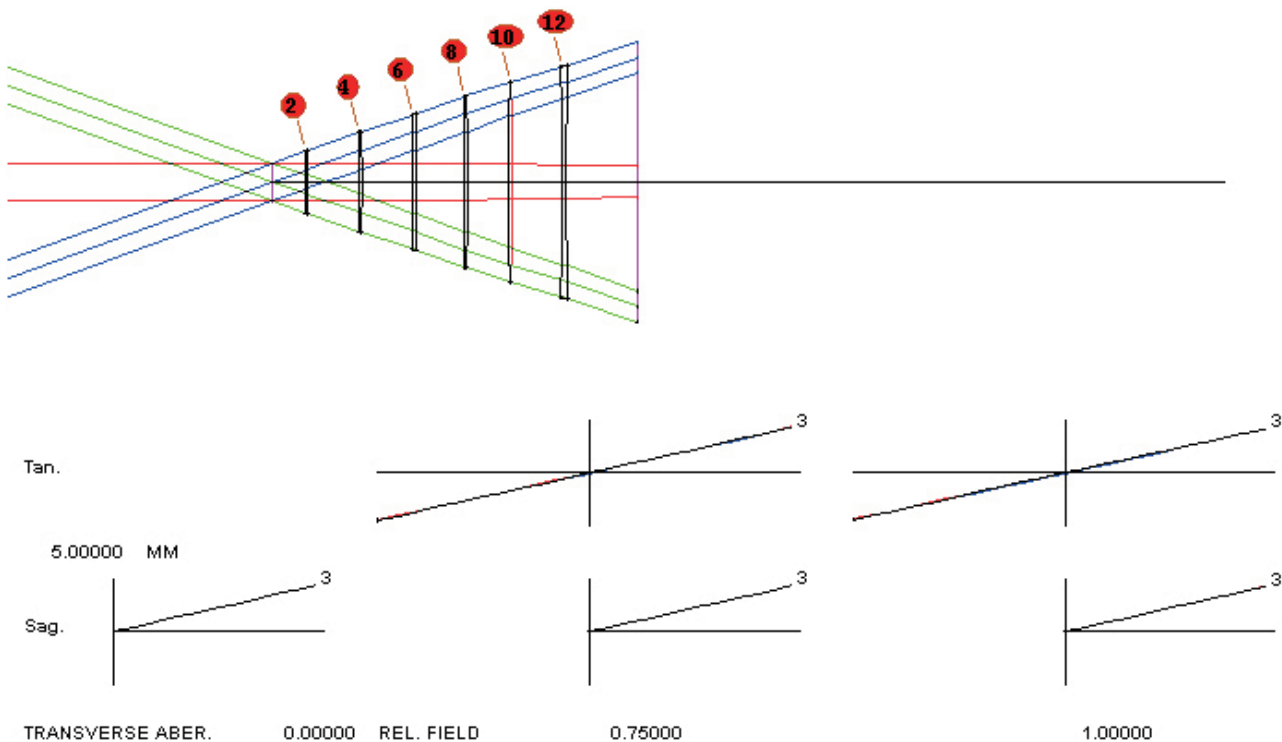


Update ボタンをクリックします。




ここから 6 個のレンズエレメントを追加します。ボタン  をクリックして Build(RL) カーソルをアクティブに

します。ここで軸上、左の面の近傍から右の面近くまで、左または右 (L, R) のボタンを 6 回クリックします。L L R L L R の順にクリックしてください。

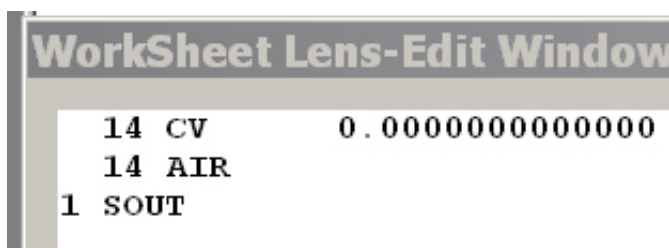


これで、使用しようとするエレメントを入力するのに、左ボタンで正の、右ボタンで負の弱いレンズを追加する

Build (RL) オプションを使ったことになります。このツールを解除するためには終了時に  ボタンをクリックします。

もちろんこのレンズはいまのところ非常に性能が悪いわけですが、これがこの演習のポイントです。では NLE コマンドが設置したダミー面 1 を取り去ります。ワークシートエディットボックスで、次をタイプします：

1 SOUT



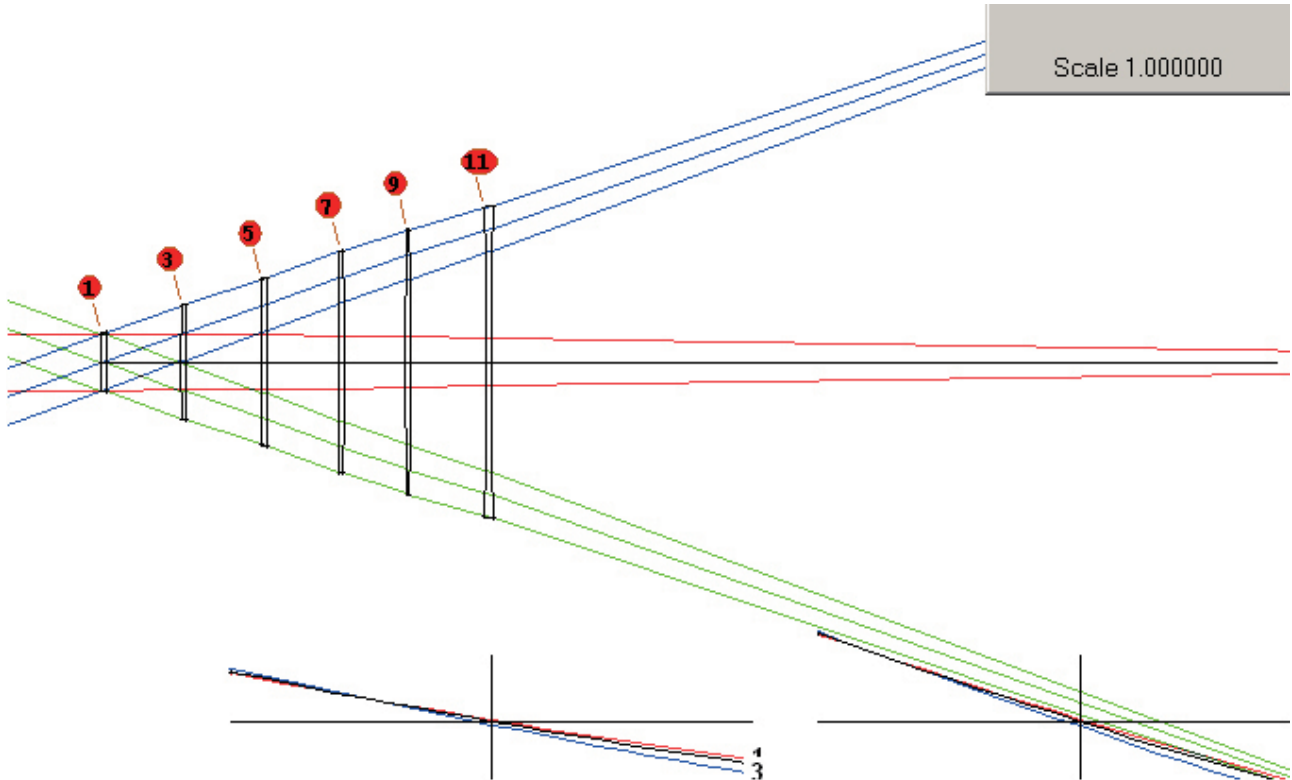
(第 1 面が選択されているかどうかは問題ではありません。エディットボックスは CHG ファイルを SYNOPSIS に送り、そこにはそのファイルに入力できる任意のものをおくことができます。) Update ボタンをクリックすると、最初のダミー面はなくなります。

ではワークシートエディタに次のようにタイプしてください：

12 YMT

描画スケールが自動的に変更されますが、ボタン  をクリックして左上のボックスに 1 を入力して OK をクリックすると描画が 1 x スケールに固定されます。

現在レンズは近軸焦点にあります。ボタン  をクリックしてチェックポイントを作成します。



レンズの作成時にどの位置でクリックしたかによっては、レンズはこの例とは違って見えるかもしれません。気にせずに進め、最終的に結果が思わしくなければ戻って新たに作ることにしましょう。

では、ひどいレンズができましたので、これを最適化してみます。ワークシート (Work Sheet) を閉じて EE とタイプし、マクロエディタを開いてください。

EE エディタに次のようにタイプしてください；

STORE 9

PANT


END

AANT

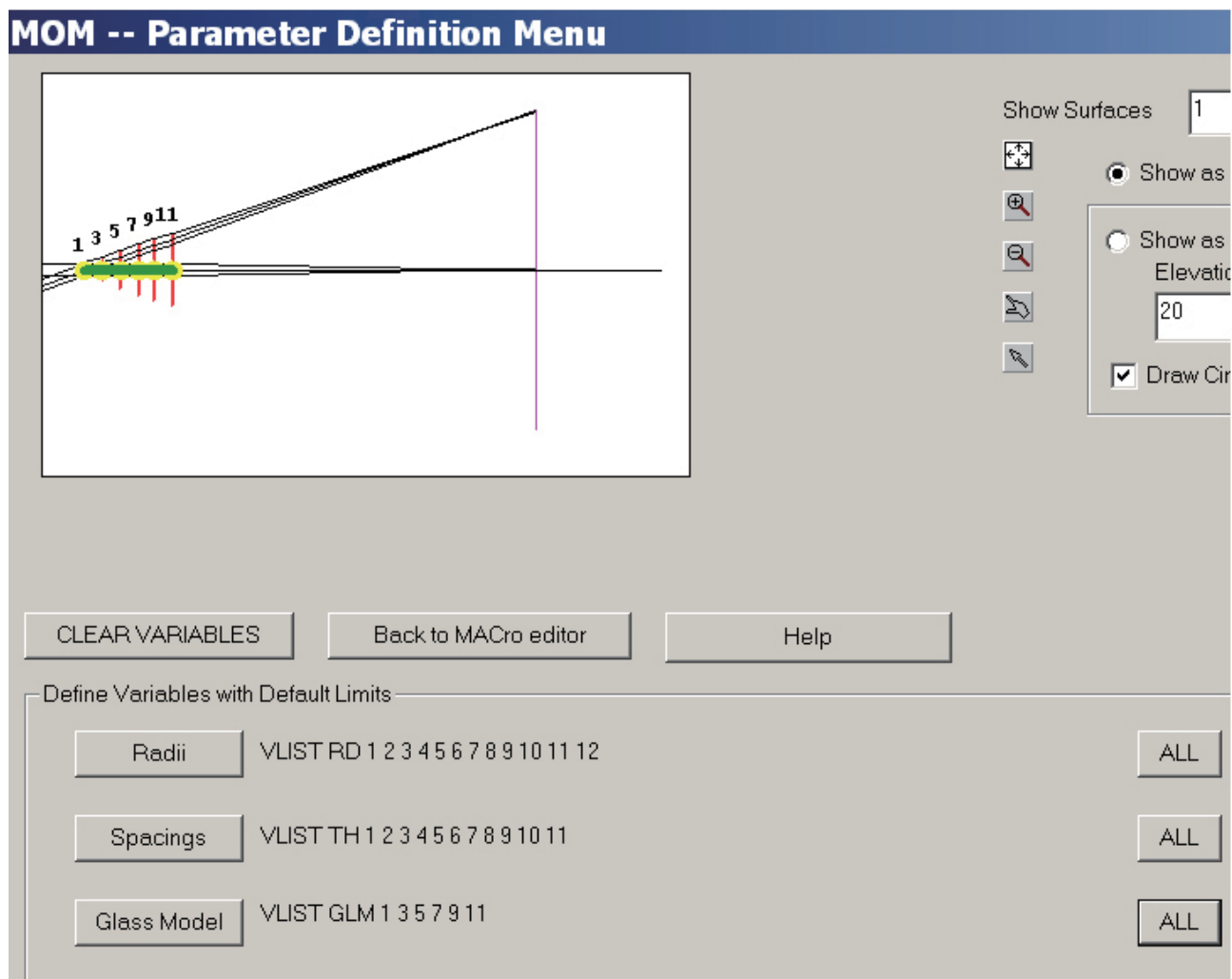
END

SNAP

SYNO 20

これで最適化のための入力を作成されますが、まだ変数とメリットファンクションはありません。PANT コマンドの後の空行にカーソルを移動してください。つぎにエディタウインドウ最上部のボタン群  を見つけ、

最も左の三角印のボタンをクリックしてください。次に ALL となっている三つのボタンをクリックします。



”Back to MACro editor” ボタンをクリックすると必要な箇所に必要な PANT 入力が見えます。

PANT

```

VLIST RAD 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
VLIST TH 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
VLIST GLM 1 3 5 7 9 11

```

END

(もちろんこれらの行をタイプしてもよいのですが、この方法が手っ取り早いでしょう。なお、VLIST は変数リストのニーモニックで、RAD はこれに続く番号の面の曲率半径を変数に指定、TH は厚さを、GLM はガラス材料をそれぞれ変数と定義します)

次にメリットファンクションです。マクロ中の AANT エントリ下でクリックし、上のボタン群のもっとも右のボタン



をクリックしてください。これで MOM ダイアログが開き、"Back to MACro Editor" をクリックすると、ほとんどの場合に最も有用なデフォルトのセットであるレディーメードのメリットファンクション 6 を得ることができます。これでマクロは下図のようになります：

```

STORE 9

PANT
VLIST RAD 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
VLIST TH 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
VLIST GLM 1 3 5 7 9 11

END
AEC
ACC
GSR .5 10 5 P 0
GNR .5 2 3 P .7
GNR .5 1 3 P 1
GSR .5 10 5 1 0
GSR .5 10 5 3 0
GNR .5 2 3 1 .7
GNR .5 2 3 3 .7
GNR .5 1 3 1 1
GNR .5 1 3 3 1

AANT
END

SNAP
SYNO 20

```

ここで他の変数、近軸量 YP1、を追加します。（これは私たちが YPP1 と読んでいたものですが、入力 of 3 文字ルールに準拠しています。）レンズは第一面のストップを持ちますが、おそらく最良の位置ではないでしょう。この変数はストップの望ましい位置への移動を許容します。

```

PANT
VY 0 YP1
VLIST RAD 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
VLIST TH 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
VLIST GLM 1 3 5 7 9 11

```


マクロにもう一行追加し、FNUM を 2.25 とするように要求します。

```

AANT
AEC
ACC
M 2.25 1 A FNUM
GSR .5 10 5 P 0
GNR .5 2 3 P .7
GNR .5 1 3 P 1
GSR .5 10 5 1 0
GSR .5 10 5 3 0
GNR .5 2 3 1 .7
GNR .5 2 3 3 .7
GNR .5 1 3 1 1
GNR .5 1 3 3 1
|
END

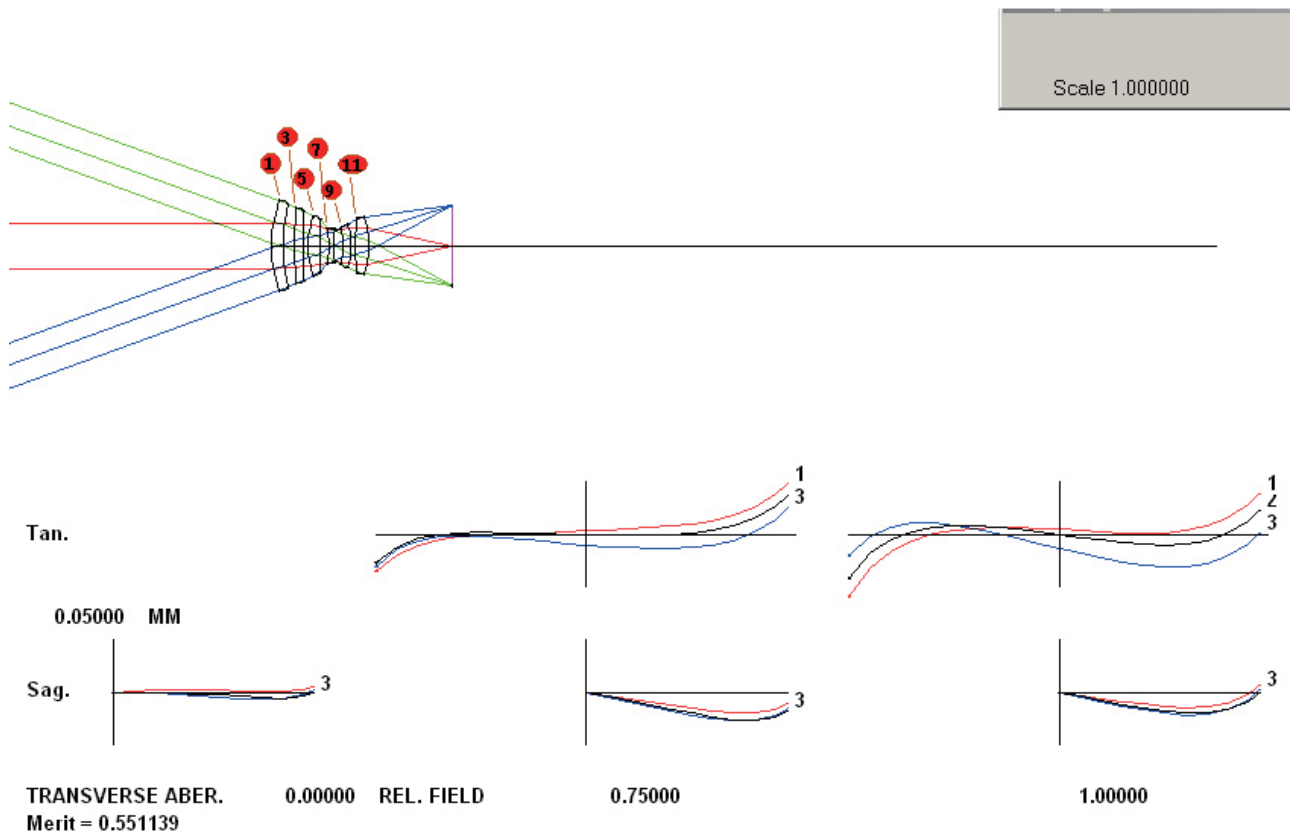
```

チェックポイントボタンをもう一度クリックし、後でこの段階に戻りたくなった場合に備えます。(戻る場合には


チェックポイントボタンの左のボタン  をクリックします。)

RUN MACro ボタン  をクリックして PAD ディスプレイを観察しましょう。

レンズは変わりましたが、まだ良好とはいえません。(スタート点が非常にまずいものであったことを思い出してください!) Run ボタンをもう一度クリックしてもう少し反復計算させてみます。

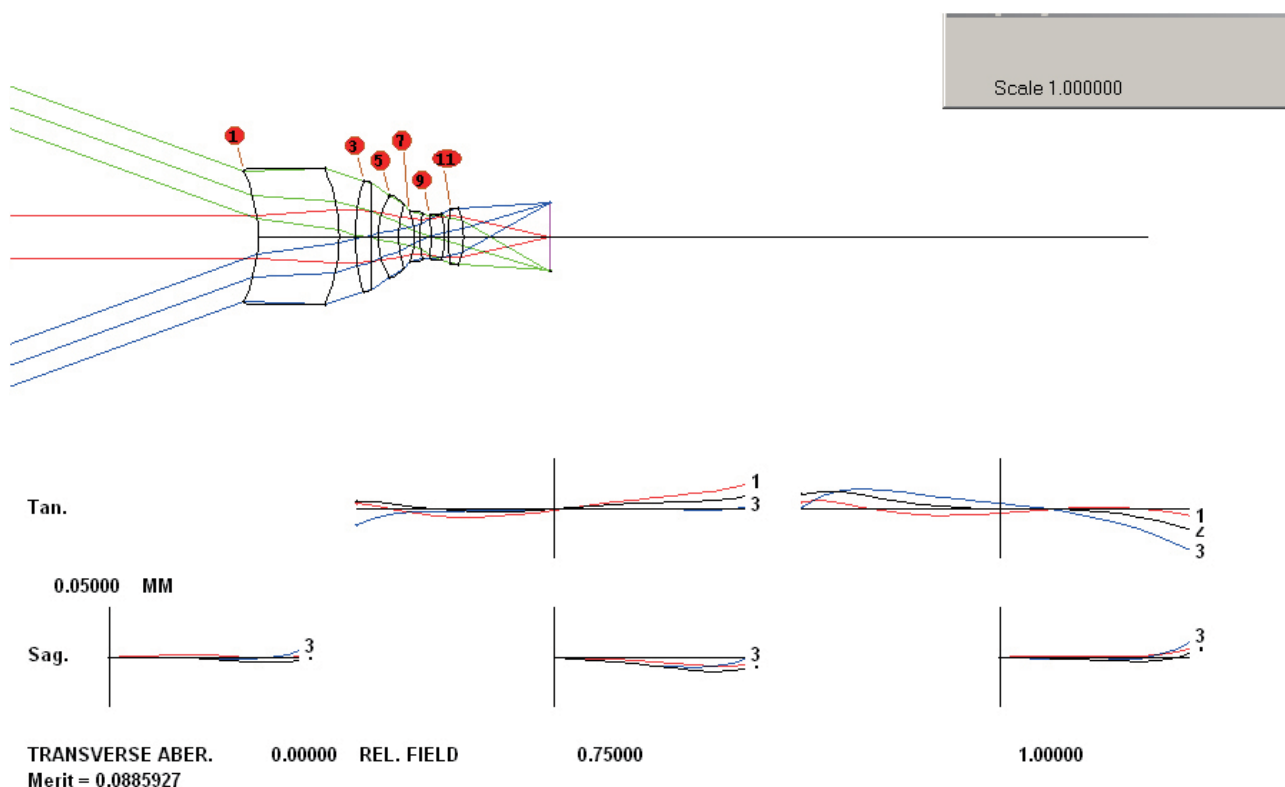


Anneal button (アニールボタン)  をクリック、Quiet (クワイエット) オプションをクリックして、OK します。

プログラムはしばらくループし、レンズは性能向上を続けます。もうこれ以上は良くなりそうもないというところで
 ストップサイン  をクリックしてください。

ここで EE エディタ上の Run ボタンを再びクリックしてください。理由は、この演習ではガラスモデルパラメータを変化させているからで、ガラスマップのクラウンとフリントの境界に到達するといつでもその周辺に固執し、そこを上下するもののその境界を去ることはないからです。アニーリング機能をしばらく実行した後は境界付近に固定されたいいくつかのガラスが異なる位置で動作する可能性があります。オリジナルのマクロを再度実行するとすべてのガラス変数を自由にし、それらのガラスは最も良く動作する領域に移動することができます。そのあと再びアニーリング機能を実行します。

さて、レンズは以下のようにになりました：

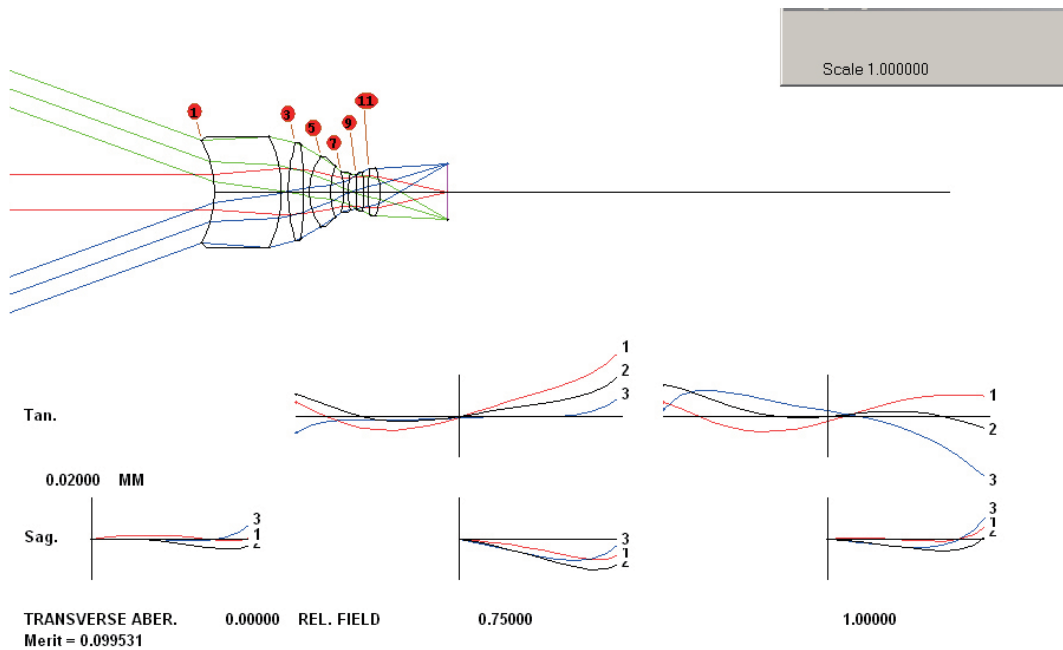


おそらくこれよりも向上させることができるでしょう。試行できることはたくさんあります。フィールドの端の像を改善してみましょう。レディーメードのメリットファンクションはこの点に低いウエイトを与えました。これを 1 から 2 に変更してみます：


```
AANT
AEC
ACC
M 2.25 1 A FNUM
GSR .5 10 5 P 0
GNR .5 2 3 P .7
GNR .5 2 3 P 1
GSR .5 10 5 1 0
GSR .5 10 5 3 0
GNR .5 2 3 1 .7
```

GNR .5 2 3 3 .7
 GNR .5 2 3 1 1
 GNR .5 2 3 3 1

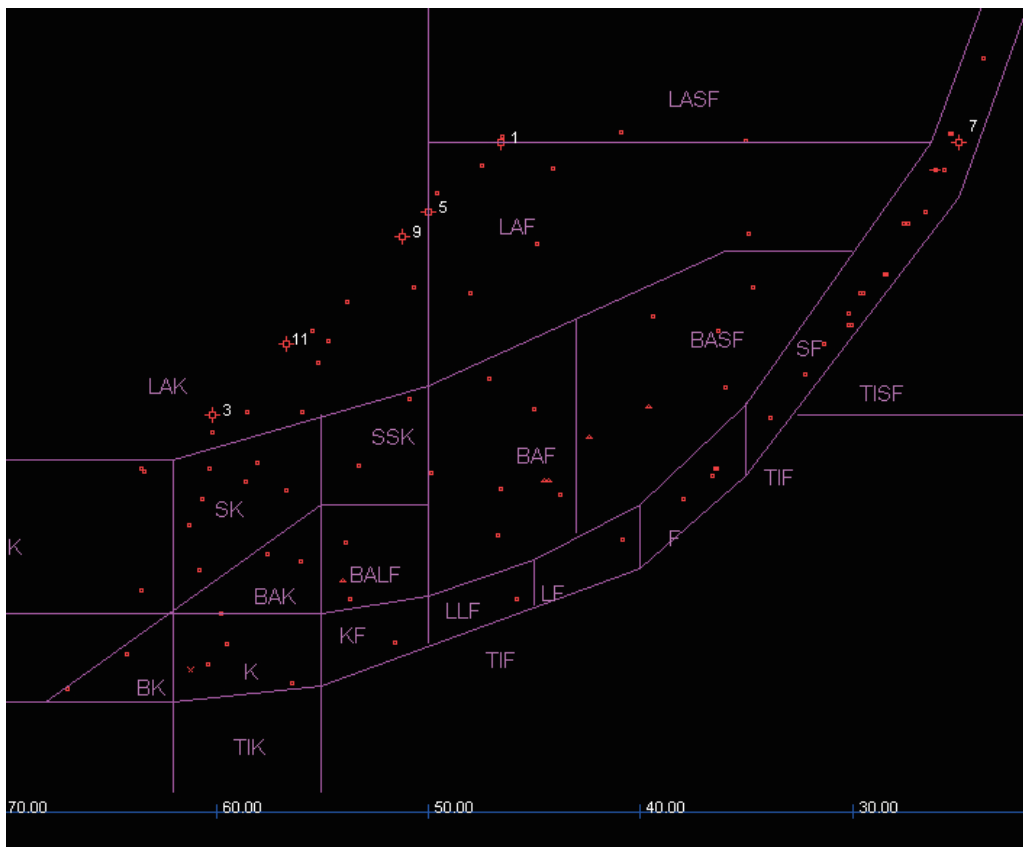
END



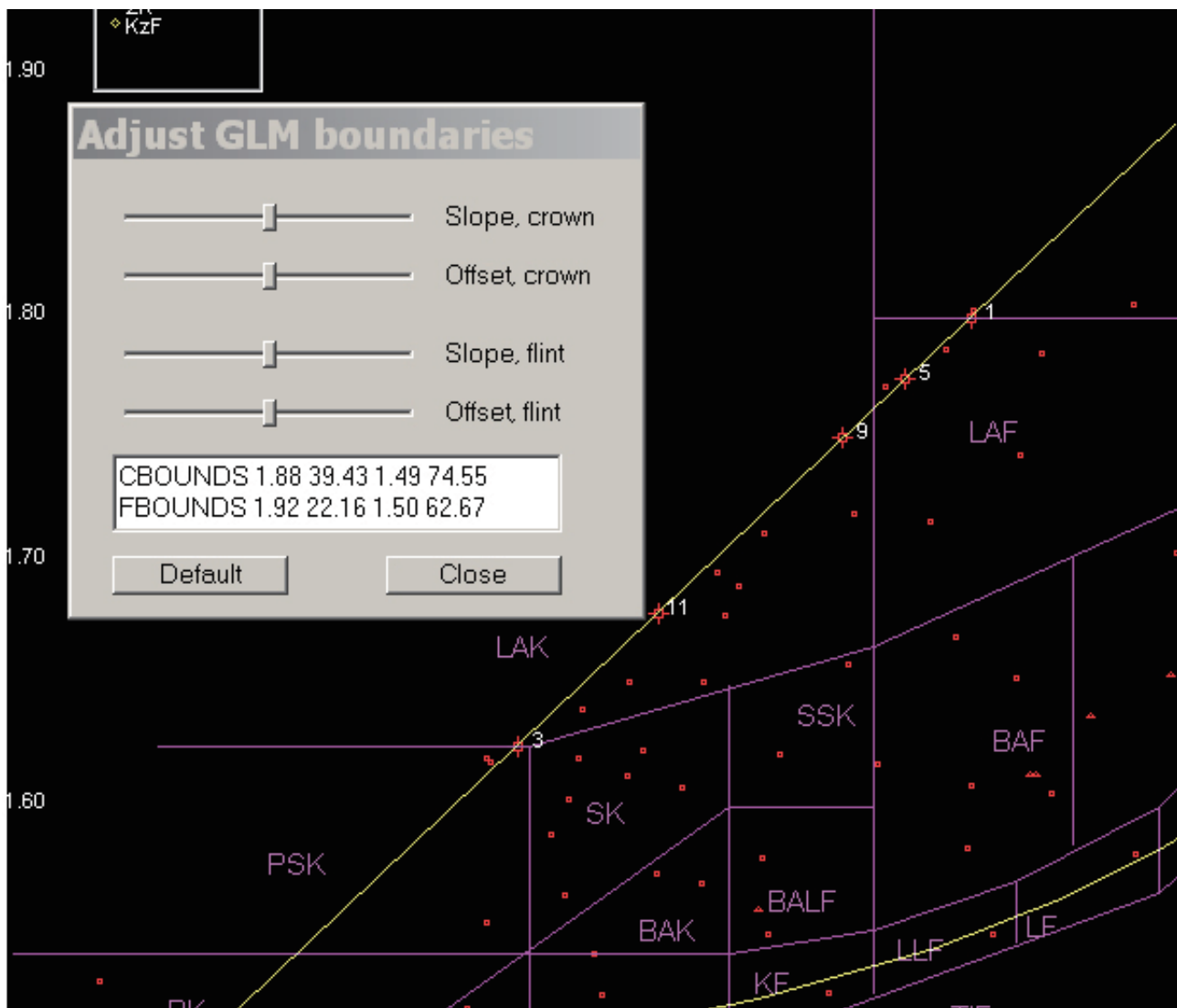
すでにかかなりの性能のレンズとなっていますが、異なるアレンジのエレメントではじめるのも面白いでしょうし、あるいはアニールの工程というものは決して同一の動作をしないので、ここまでと同じ手順をただ繰り返すのもよいでしょう。プログラムはスタート点として設定したレンズの正負を逆にしましたが、これも興味深い事項です。この時

点で持っているガラスモデルを見てみましょう。PAD ボタン  をクリックし、OK をクリックしてデフォルト

の Schott glassmap (ガラスマップ) を表示させます。次に "Preferred" ラジオボタンをクリックしてマップを観察しましょう。



クラウンガラスは左の境界に沿って広がり、第7面はフリントの境界に位置する唯一のガラスです。では他のチェックポイントをテストしてみましょう。("Bounddaries" ボタンをクリックすると、境界そのものを観察することができます：



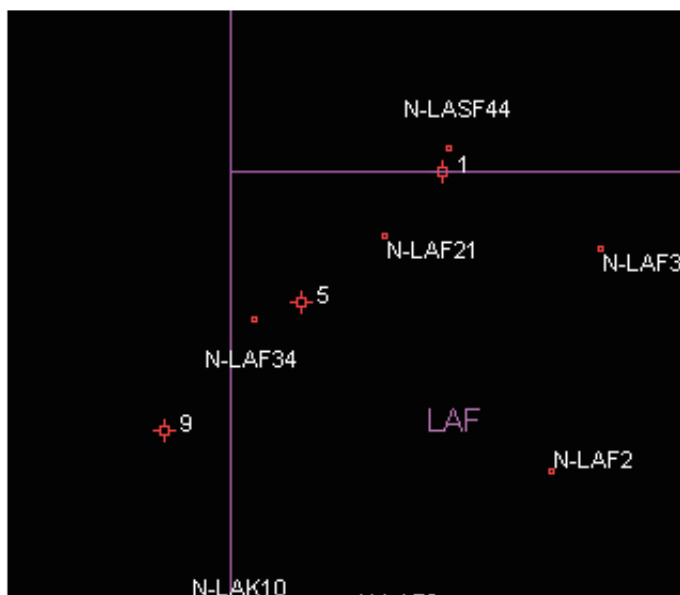
変数を異なった領域に制限したい場合は、表示されているスライダでこれらの境界を編集することができます。）

しかし現在の F/ ナンバーは私たちの目標とする 2.25 ではなくて 2.30 になっています。メリットファンクション中のすべてのターゲットは相互にトレードオフを行い、プログラムは現在与えられているウエイトではこれを最良のバランスであると結論したのです。ではこの F/ ナンバーを強調してみます。ワークシートエディットボックスで次の行を入力してレンズを変更し、

10 UMC -.2222

その曲率半径の変数を取り去って再度最適化してください。（角度は $1/(2 \cdot \text{FNUM})$ であり、光線が下方に進行するので負であることを思い出してください。）大きくは変わりません。

レンズは最終的なものに近くなっています。ガラステーブルに戻ってレンズに使用するガラスを選択します。（ガラス名を見るには "Full name フルネーム" とあるボタンをクリックしてください。）第 1 面がガラスタイプ N-LASF44 に近いガラスモデルを持っているのがわかります。N-LASF44 についている赤いドットをクリックし、"Surface" ボックスに、もし入力されていなければ、数字 1 を入力してください（または PAD 表示で第一面をクリックします）。



次に "Properties" ボタンをクリックします。

Glass Data

Glass Name: N-LASF44

Vendor: Schott

Availability: Preferred

Environment: Does not contain lead or arsenic

Transmitted color

Index	Abbe No.	Bubble	Humidity	Stain	Acid	Alkali	Sp.Gv.	Price
1.8042	46.50	1.00	1	2	4	1	4.46	13.33

Sample thickness

5.00

0.2500

0.5000

0.7500

1.0000

1.2500

1.5000

1.7500

2.0000

This glass has DN/DT data in catalog.

0.25

2.00

Redraw

Help

Close

ポップアップしたボックスで選択したガラスタイプの多くの性質を閲覧することができます。Properties ダイアログを閉じてください。ガラスがプロジェクトに合うものであれば "Apply" ボタンをクリックします。("Apply + Adjust" のボタンもあり、これによれば屈折率が変化したときにも焦点距離が変化しないようにそのエレメントの曲率半径を調整してくれますが - この演習では最適化マクロを既に用意しましたので、今回はこのボタンを使わないのが賢明でしょう。) 第一面にはガラスタイプ N-LASF44 が指定されました。仮にこのガラスが高価すぎると判断したとしましょう。(このガラスは BK7 の価格の 1.13.33 倍であるとリストにあります、価格は頻繁に変動しますので、その記述

をそのまま信頼することはできません。) 他に何が利用できるかを見てみましょう。"Graph" ボタンをクリックし、価格のためのラジオボタンをクリックします。

Select Item to Graph:

☐ No Graph

Properties

☒ Price Index relative to BK7

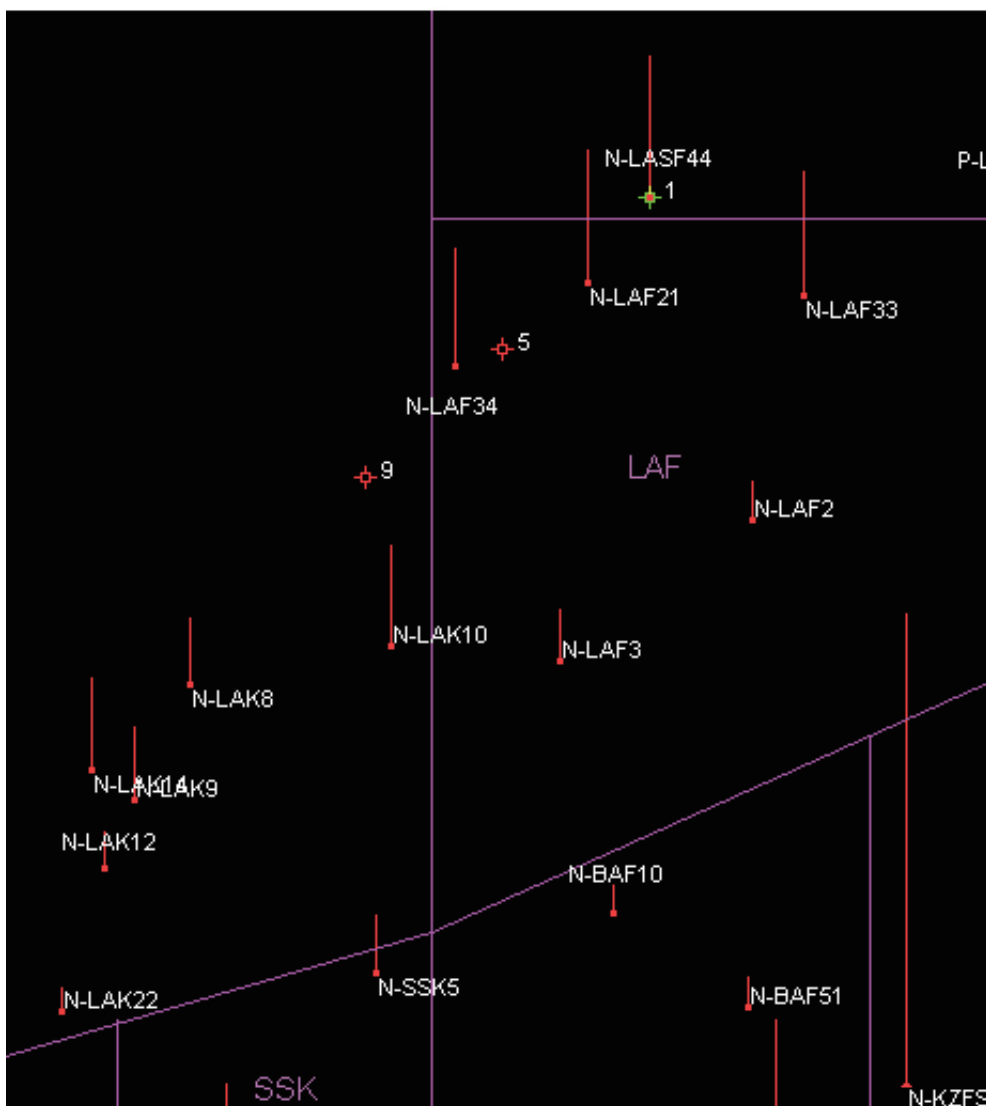
☐ Bubble Class

☐ Humidity Sensitivity

☐ Stain Sensitivity

☐ Acid Sensitivity

この領域には選択したガラスよりもかなり低価格のガラスというのはは見当たりません。



円で囲われた " 5 " に気づきでしょうか。これが現在第 5 面に設定されているモデルガラスのガラスマップ上での

位置です。

ガラステーブルディスプレイダイアログを閉じ、レンズを観察してください。像品質にわずかに変化がありますが、これは予想していたことです。従って、第一面の GLM の変数を削除して、再度最適化してみます。すべてのレンズがガラスタイプを指定されるまでこのプロセスを繰り返してください。異なるベンダーからのガラスを使用したいときは "Select Table" ボタンをクリックします。これによって価格などについてプロパティを比較し、好ましいと思うものを選択します。

セル長とバックフォーカス距離の二つの要求について、メリットファンクション中に何も記述していないことにご注目ください。この演習ではレンズがいずれの要求にも抵触していないので、それらの値に制限するのはうまくいっていないのです。いずれかを侵した (PXT コマンドで TOTL と BACK の値を確認できます) 場合は、AANT ファイルに次のエントリ

M 55.1 A TOTL

または

M 7.1 A BACK

を必要に応じて追加することもできます。このような量については通常は小さなウエイトのほうが適当ですが、好ましいバランスを見出すためには試行する必要があるでしょう。

また、プログラムにたとえばバックフォーカスが 7 を超え、値がいくら大きくなってもよいというような指示することもできます。この種のエントリは次のようになります：

LL 6.5 1 10.01 A BACK

ここではバックフォーカスが 6.5、収差値が 1.0 で、バックフォーカスを 10.0 とするには値は 0.01 となります。繰り返しますが、所望のバランスを見出すには試行して見なければなりません。セクション [10.3.5.1](#) にこの機能の詳細が説明されています。

ではこのレンズが目標に合致していると仮定しましょう。ストップは現在第 8 面近傍にありますが、正式には宣言されていません。ワークシートで次のように入力し、

APS 8

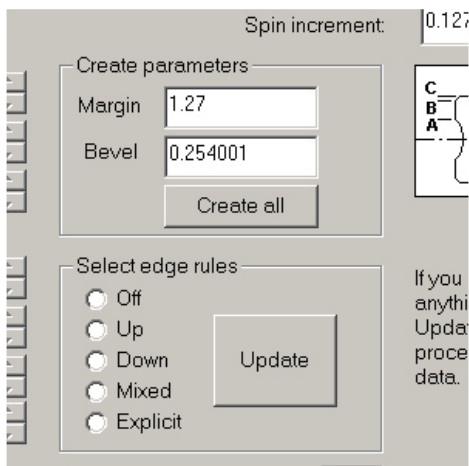
大きな変化がないことを見ておきます。何らかの調整が必要であったなら、まず YP1 の変数宣言の削除に注意しなくてはならず、そうでなければストップは私たちが置いた位置にはとどまらないでしょう。

このレンズは最初のエレメントがいくらか厚く、現実のプロジェクトではもう少し注意する必要があるでしょう。しかしこの演習では [Edge Wizard](#) を使って実際のレンズにふさわしいようなエッジパラメータを設定してみましょう。

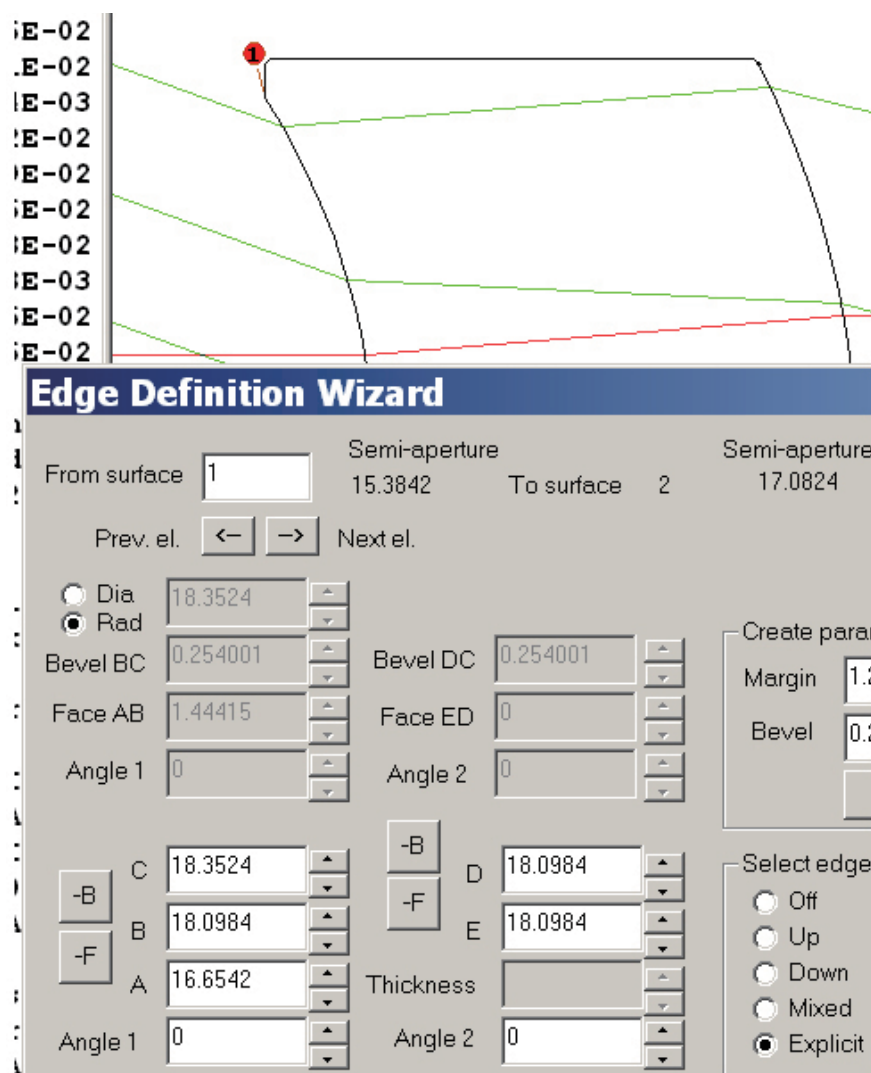
PAD 内で、ボタン  をクリック、次に Create all、Update をクリックしてください。(このステップで定義す

るエッジはスイッチ 39 が ON のときのみ表示されます。表示されていないならばこのスイッチを ON 状態にしてくださ

い。)



ダイアログの最上部をPAD内のレンズが現れるようにドラッグし、シフトキーを押しながらエレメント1の最上部付近を右クリックします。この操作でディスプレイが拡大され、エッジがはっきり見えるようになるまでサイズを調整することができます。もし第1面のエッジデータが表示されない場合はPAD内のその面の稜線付近をクリックします。



今回の場合、最初のエレメントは凹凸で、ダイアログ中でAからEまでの寸法を読み取ることができます。点DとE

は同一ですが C 未満であることにご注意ください。デフォルトでこのエレメントの第 2 面に小さなベベルが設けられましたが、急峻な面ではないので不要かも知れません。D のデータボックスの左にある "ー B" ボタンをクリック、次に "ー F" ボタンをクリックしてください。最初のクリックで C から D までの寸法がゼロになり、ベベルが取り払われました。しかし点 E はいまだに下にあり、エッジまでの小さなフラットエリアを形成しています。次のクリックではこれも取り払われました。これでこのエレメントは私たちの希望どおりに定義されました。

"Next el" ボタンをクリックするとエレメント 2 についてのデータを見ることができます。また PAD ディスプレイの中でクリックすることでそれぞれのエレメントのデータを見することもできますが、その場合は各エレメントの最初の面を選択します。第 5 面にもほしくはないベベルがありますので、この 2 クリックを繰り返し、この面のデータを表示したら、今度は B 点と A 点の隣のボタンでこの 2 クリックを繰り返します。第 7 面のクリアアパーチャの周囲にはフラットエリアを置いてみましょう。この面を選択し、A 点のデータボックスの右にある下側スピンボタンをフラットエリアが所望のサイズになるまでクリックしてください。

エッジ定義が作成されるとそれらはレンズと共に保存されますが、そのフォーマットは、ニーモニック EFILE... と共に LEO リストで見ることができます。しかしそれらのデータを直接編集することは控え、Wizard を使用してください。これは多くのデータ番号が相互に結合し、Wizard はそれらを手作業で行うよりうまくソートしてくれるからです。ご注意ください。

では BTOL を使用して公差許容範囲を作成しますが、この機能については既に十分検討しましたので、説明は繰り返しません。BTOL を実行しバジェットが既に作成されていると仮定して説明します。公差が過度に厳しく、その理由でレンズが高価になりすぎるとわかったら、セクション [10.13](#) に公差を緩めることができるかもしれないいくつかの追加の収差を定義する方法が説明されています。

エッジが満足できるものと仮定して、エレメント図を作成してみます。新たなマクロを生成し：

```
ELD 1
ID ELEMENT 1
ID SAMPLE LENS
ID YOUR COMPANY
END
```

これを実行すると図が表示されます。

PARAMETERS	SIDE 1	SIDE 2
RADIUS OF CURVATURE	R1 -31.0826	R2 -40.2437
RADIUS TOLERANCE		
FRINGE TOLERANCE		
IRREG. TOLERANCE		
FINISH		
COATING		
CLEAR AP. DIAMETER	30.7310	34.1542
SAGITTA	S1 4.82640	
DIA. TO FACE	Y1 33.2710	
DIA. TO BEVEL	B1 36.1862	B2 36.6942
FACE WIDTH TO BEVEL	D1 1.4676	
BEVEL WIDTH	C1 0.2540	C2 0.0
FACE ANGLE		
THICKNESS	TH 20.7869	
TH. TOL.		
WEDGE TOL.		
FLAT TIR		
DIAMETER	DIA 36.6942	
DIA. TOL.		
MATERIAL	N-LASF44	
GRADE		
ANNEAL		
MELT		
SLOPE		

SCALE	NUMBER	
2.000 X		
DATE 13-JUL-08	REV.	
DESIGNER	APPROVED	
CHECKER		
TEST WAVELENGTH		
DIMENSIONS MM	SYNOPSIS LOG 9622	

ELEMENT 1

SAMPLE LENS

YOUR COMPANY

この図に公差を書き込みましょう。この図のウィンドウがアクティブな状態でボタン  をクリックし、

Annotation Editor (アノテーションエディタ) 上の同じ罫線をクリックします。図の中のボックス "Radius tolerance" をクリックし、次のダイアログが開いたらエディットボックスに "TESTPLATE" と入力します。

Annotation text

Type text into box, select font size, <CR> when done; Multiline click OK

TESTPLATE

☐ 8

☒ 10

☐ 14

☐ 18

☐ 24

±

∅

⊙

⊗

||

┐┌

PROPRIETARY

DIMENSIONS IN

CONFIDENTIAL

INCHES

MM

WAVELENGTHS

PRELIMINARY

NOT FOR PRODUCTION

☐ Multiline

☐ Pad text endpoints

Adds 3 characters before and after text to open space in dimension arrows

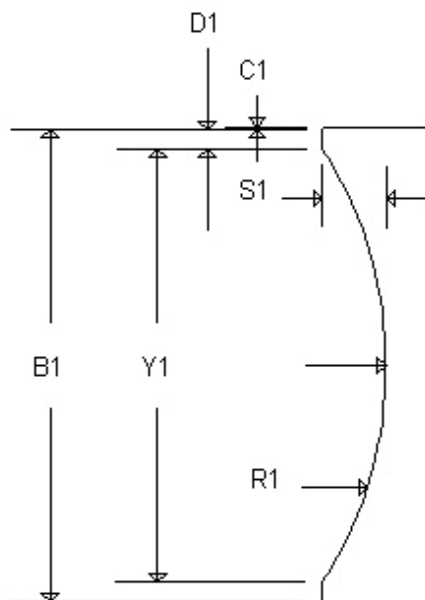
OK

Cancel

Help

(実際のデザイン業務ではすべての曲率半径を選択したベンダーのテストプレートに **TPM** 機能で合致させるでしょうから、通常はこれが適当な入力です。) 要求したアノテーションは図に反映されます。

PARAMETERS	SIDE 1	SIDE 2
RADIUS OF CURVATURE	R1 -31.0826	R2 -40.2437
RADIUS TOLERANCE	TESTPLATE	
FRINGE TOLERANCE		
IRREG. TOLERANCE		
FINISH		
COATING		
CLEAR AP. DIAMETER	30.7684	34.1647
SAGITTA	S1 4.83827	
DIA. TO FACE	Y1 33.3084	
DIA. TO BEVEL	B1 36.1967	B2 36.7047
FACE WIDTH TO BEVEL	D1 1.4441	
BEVEL WIDTH	C1 0.2540	C2 0.0
FACE ANGLE		
THICKNESS	TH 20.7869	
TH. TOL.		
WFOGFTOL		



新たなアノテーションが意図した位置にないときは、Annotation エディタツールバーのボタン  をクリック

すればすべてのアノテーションにハンドルがつきます。そのハンドルをクリックしてドラッグすれば、どのアノテーションを希望の位置に移動することができます。

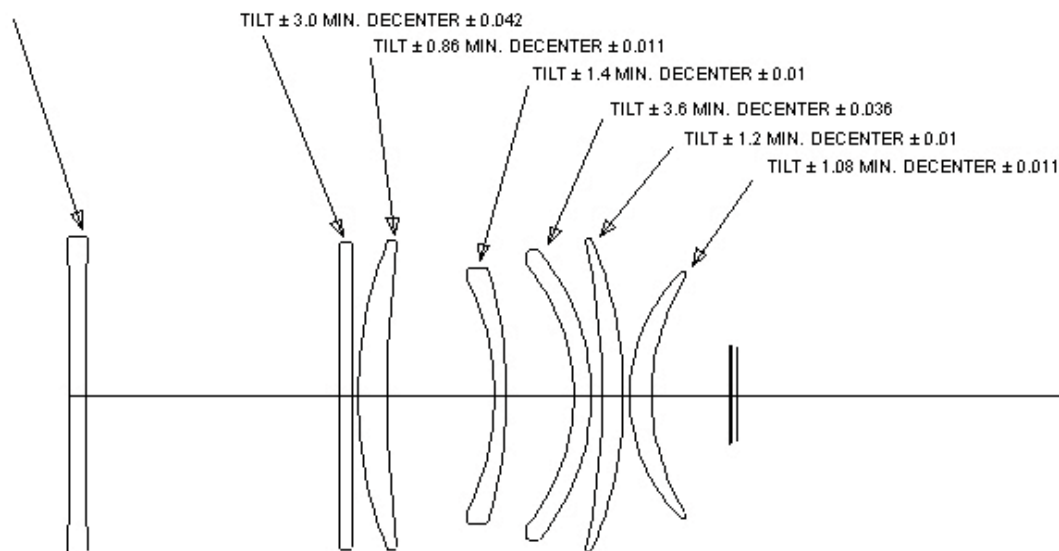
この方法で適当なボックスにすべての公差を記入してください。次に Save ボタンで、要求されれば名前をつけて図を保存します。マクロを次のように変更してエレメント 2 についても図を作成し、

```
ELD 3
ID ELEMENT 2
.....
```

すべての図画できるまで続けます。通常は光線の描画をしないで (たとえば DWG-2 など、負のスケールファクタを与えます) 系全体の DWG 図を作成し、エアスペース寸法と公差、あるいは各エレメントについてのティルトとディセンタの公差をすべてアノテーションエディタで入力して終了します。これらの図は次の例のようにアセンブリ公差を表示します。

TILT ± 3.18 MIN. DECENTER ± 0.100

ZOOM POSITION 1



これで設計は完了です。

レンズの解析に使用することができる機能は非常に数多くありますが、このチュートリアルでそのすべてをご覧に入れるとなると非常に長すぎるものとなってしまいます。次にいくつかのフィールド点での回折 MTF カーブを作成します。コマンドウインドウで MMF とタイプし、"Use this cutoff frequency(このカットオフ周波数を使用)" というボックスをクリックしてください。右のデータボックスに 100 を入力し、"Use Zernike fit" ボックスをクリック、そしてマルチカラーオプションを選択してください。

MMF -- Multi-Field Convolution MTF

☒ Use this Cutoff Frequency → 100 Cycles/mm

Grid Number
MMF 80 ☒ Use Zernike Fit

Use the Zernike option only to analyze a poorly corrected image at a low spatial frequency. The GRID number should be from 20 to 80.

ICOL ☐ Single Color → ☐ Multicolor P

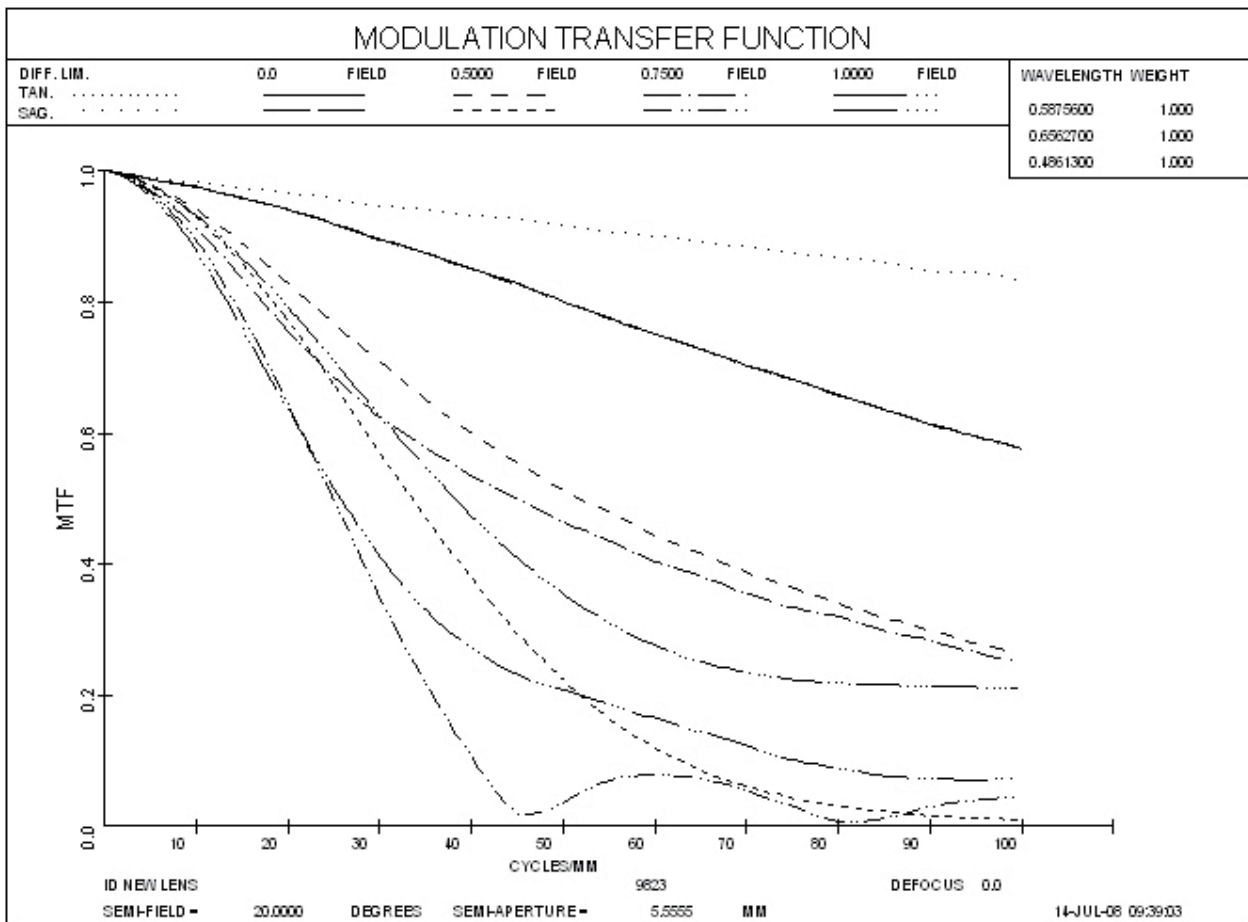
HBAR 0 .5 .75 1 Specify up to 4 field points (Fractional Y-coordinate)

GBAR 0 Fractional X-Field point

☒ Plot Results

MMC Define Multicolors
MOP MTF Options
Execute Cancel Help

Execute ボタンをクリックするとプロットが現れます。

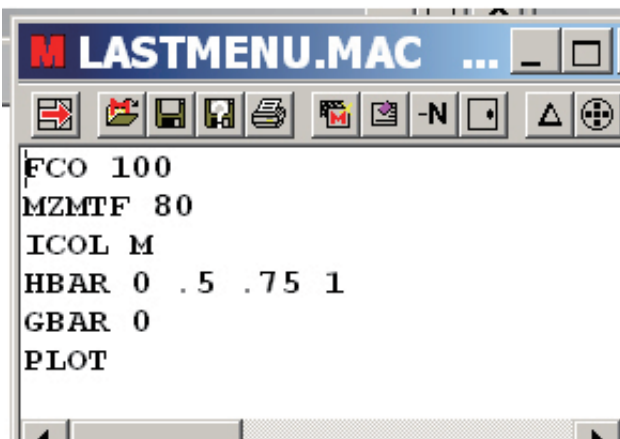



ここでは希望するカットオフ周波数が回折カットオフの 1/2 なので、Zernike オプションを選択しました。（この例を Zernike オプションなしで実行しようとする、プログラムは高い周波数まで評価し、警告文を発行します。非常に低い MTF 周波数は非常に小さなシアでコンボリューション評価を必要とし、デフォルトの MTF 光線グリッドは非常に粗くなってしまいます。Zernike オプションではより細かなグリッドを指定することになり、ここではデフォルトの 80 x 80 が採用されています。）

便利な技の紹介です。この MTF 評価を何回も実行したいと仮定しましょう。毎回 MMF ダイアログにデータを入力する必要はありません。実行した直後にコマンドウィンドウに次のようにタイプします。

LMM

マクロエディタが開き、今実行したばかりの解析のコマンドモードの入力が表示されます。



後でまた実行するためにこのマクロを保存したければボタン  をクリックし、開いた File Save ダイアログに名前を入力します。SYNOPSISYS での評価のために使用するダイアログあるいはプロットは、再実行するため、あるいは保存のために、この方法でコマンドモード入力行を生成することができます。

ここまで進んできたあなたはおそらくこれ以上の教授は必要ないとお感じのことでしょう。それこそが筆者のこの文書のゴールです。