「リッチークレチアン鏡円錐係数計算と多項式の係数への換算」

■リッチークレチアン鏡円錐係数と多項式の係数への換算

詳しい説明は後回しにして、例をあげてざっくりと作って行きます。

1、

まずpopsを起動します。

2、

RC鏡は２面ですが、収束光線が主鏡を切るポイントの数値が欲しいのでちょっと工夫して光学面数を「３面」とします。

3、

口径は１面「200」、２面「80」、３面「80」。

曲率半径は主鏡単体でF3、ｆｌ600として１面「－1200」、２面「－600」、３面は「FLAT」のままです。

4、

第1面間隔は主鏡の焦点距離の3分の2の位置に副鏡を置くとして、「－400」、面間隔は右方向に測るときにプラスで、左方向に測るときマイナスになります。第2面間隔は第３面を主鏡の位置にしますので「400」とします。この値は第１面間隔を変えたら必ず変える必要があります。

5、

光線が左から右に進む時はプラスの屈折率で、右から左に進む時はマイナスとなります。第1面間隔のガラス名のセルをダブルクリックしてガラスデータ表を開き、「反射空間」を選択しマイナスの屈折率を設定します。キャプチャーしたpopsの画面を下に張り付けておきます。

6、

「近軸追跡」をします。メインフォームの「近軸追跡」でフォームを開き確認してみてください。焦点距離1800、F：9、バックフォーカス200とキリのいい数値になっていると思います。主鏡や副鏡の曲率半径を変えたりなどして色々な形のものを作ってみてください。

近軸追跡が出来ていれば構成図の光線表示も出来ますので、それを見ながら試行してください。仮想面として入れた第３面の位置にはくれぐれもご注意ください。

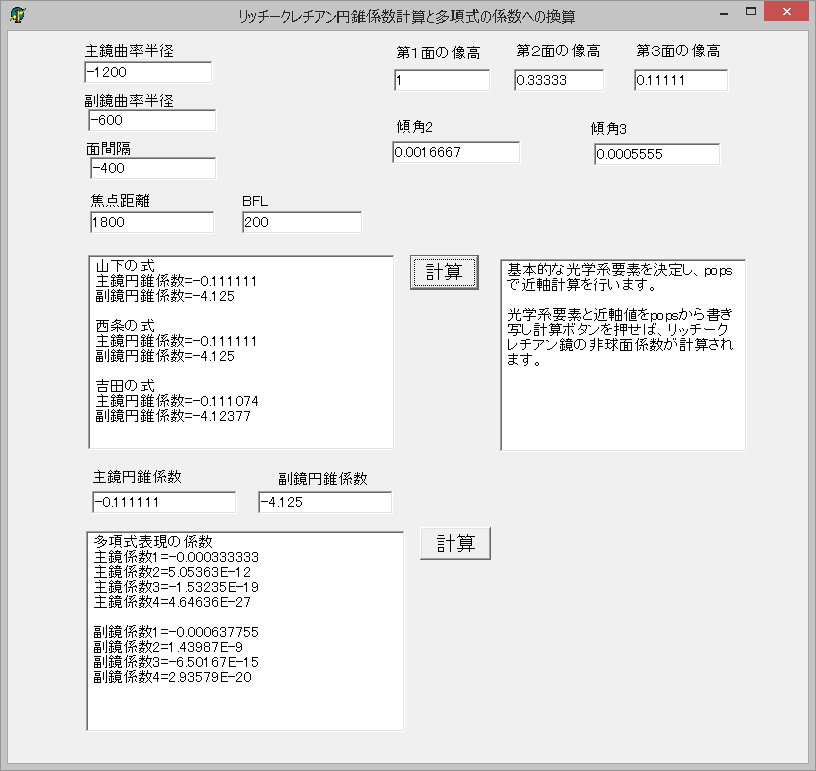
ちなみに収差曲線グラフも計算できます。強い球面収差があり縦球面収差で-10ｍｍ以上あります。





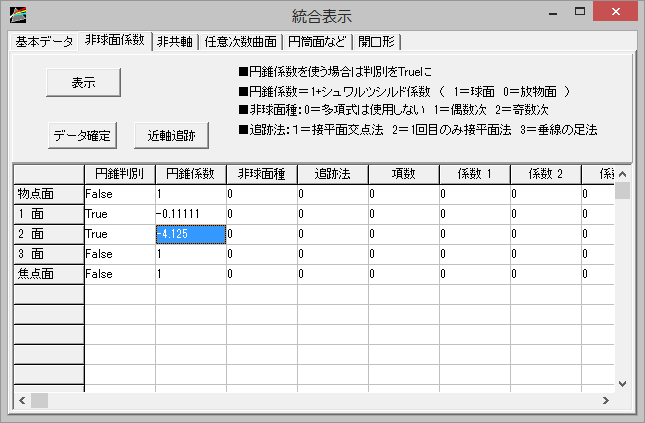
10、

これで準備が整いましたので、非球面係数（円錐係数）の計算をします。「RC鏡円錐係数計算」アプリを起動します。各項目すべてにpopsのデータシートと近軸追跡フォームから数値を拾い入力します。「像高」「傾角」は近軸追跡フォームのノートタブをクリックしてください。検算のため３種の計算式で計算しています。像高と傾角は吉田の式のみでの使用なので、入力しなくても構いません。

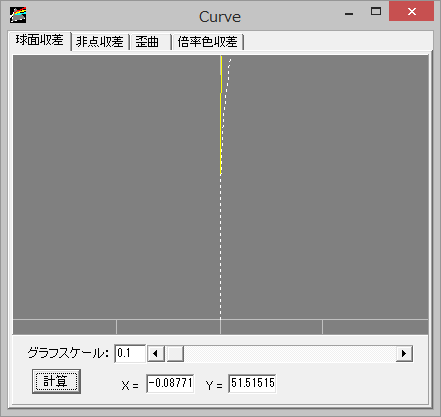


このような数値となるはずです。この円錐係数をpopsのデータシートに入力すれば、リッチークレチアン鏡のデータが完成します。

データシートの「非球面係数」のノートタグをクリックして第1、第2面の「円錐判別」を「True」にします。第１面の円錐係数に「－0.11111」を第２面に「－4.125」を入力して「データ確定」「近軸追跡」をします。



縦収差曲線を表示すると、球面収差、コマ収差ともほとんど0となっているはずです。



山下の式は山下泰正著「反射望遠鏡」ｐ129　式（3.100）（3.105）より、

西条の式は西条善弘著、天文ガイド「入門天体望遠鏡光学26回」より、（スクラップしてしまい通巻不明）

吉田の式は吉田正太郎著「新版反射望遠鏡光学入門」p240　式（9.20）（9.21）よりそれぞれ一部符号をpopsにあわせて使用しています。

11、

多項式表現について説明します。

popsのヘルプでも説明していますが、レンズ設計では一般に光学面を表す式は

ｘ＝２次球面を表す項　+　Aｙ2 + By4 + Cy6 + ・・・

の形式が使われています。

いま先ほど入力したケースでは、初項のみを使い展開式の部分を使わないやり方でした。初項を0として展開式の部分だけを使う方法もあります。

吉田正太郎先生の「新版反射望遠鏡光学入門」の239ページ9・19式

ｘ＝1/2ｃｙ2 　+　1/4εｃ3ｙ4　+　1/16ε2ｃ5ｙ6　+

が初項を０とした展開式であり、「ε」いうのが先に計算した円錐係数に当たります。この式に基づきｙ2、ｙ4、ｙ6、の係数を計算したものが多項式表現の係数というものです。

考え方としては平面を基準として、面のサグを表すということになります。

それではpopsに戻り多項式表現で入力してみます。以前のデータは適当な名前で保存しておきます。（「RC-D200-F9-Conic」とでもしてみたらどうでしょう）

12、

データシートの基本データで曲率半径をすべて「FLAT」します。すぐにデータを確定しておきます。

次に「非球面係数」のタグで、「円錐判別」をすべて「False」に、円錐係数は「1」にします。

非球面種は「1」に、追跡法は「1」、項数は「4」にします。

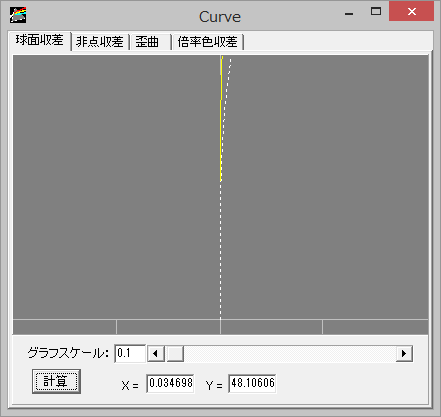
そして係数計算アプリの多項式表現の係数から、主鏡と副鏡それぞれの係数を書き写します。

入力状態と近軸値、収差図は以下のようになります。









少し誤差がありますが、同じ光学面が表現できています。

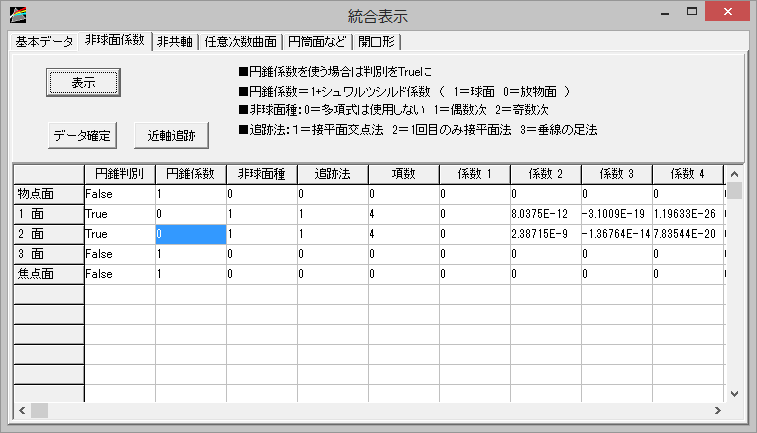
ここで主、副鏡の「係数1」はｙ2の係数ですから、放物面を表しています。そこで

ｘ＝放物面　+ 　By4 + 　Cy6  + ・・・

と表すことも出来ます。

やってみますと、主、副鏡の曲率半径を「－1200」「－600」として、円錐判別式を「True」に、円錐係数を「0」にします。これで放物面が表されます。係数1を「0」にします。キャプチャー画面を張り付けます。





これで前2つの方法と同じ光学面が表現されています。

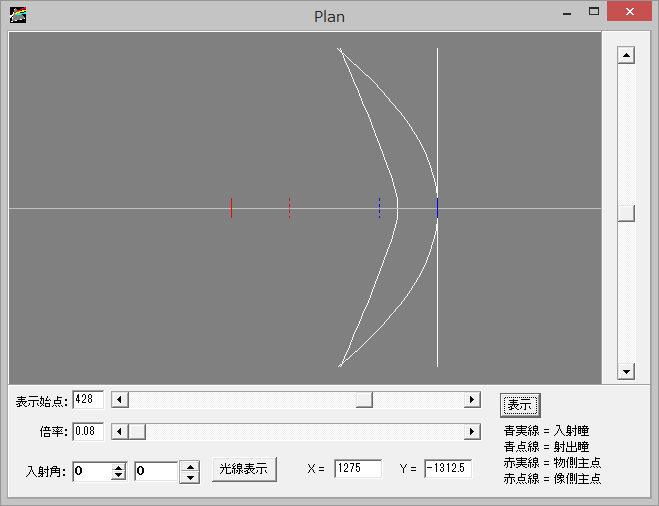
放物面を基準にしてサグを表していると考えればよいと思います。ややこしいのですが、設計や製作の方法の違いなどに融通が利くように、色々な表現方法があるように思います。

以上で説明したリッチークレチアン鏡はあくまでザイデル領域での**近似値**です。Fが比較的暗い場合しか成立しません。

試しに、主、副鏡の口径を「500」「200」してみると、F3.6となります。収差曲線は大きく曲がりアプラナートとはなりません。また、「円錐係数表現」、「多項式のみの表現」、「円錐係数+多項式の表現」の３種の誤差も大きくなってきます。

吉田先生の本では主副鏡が接するまでの極限の図があり、副鏡のカーブに明らかな変曲点が見られます。

「円錐係数のみでの表現」で、すべての面の口径を「4000」とすると極限の状態が見られますが、そのような変局点は見られませし、光線追跡も出来ません。通常の円錐係数や多項式の表現では手に負えない領域の様です。なお「多項式のみの表現」、「円錐係数+多項式の表現」では、副鏡の表示が大きく異なりこのような図にはなりません。



以上添付アプリの使い方の説明でした。