**スポットダイヤグラムを用いた最適化の使い方～その1**

　POPSでは縦収差曲線などの数値を使った変化表による最適化を実装しています。光学面と収差の関係が分かりやすいのですが、光学面の数が多くなると使えませんでした。また、曲面の変化と収差変化がリニアでない光学系では計算不能となることがしばしばあります。そこで、スポットダイヤグラムを使った最適化を出来るようにしました。これで今までより多くのケースで最適化が出来るようになりました。

例として「２枚玉EDアポクロマート」、「アポクロマートとレデューサ」を挙げて使い方を説明します。

■２枚玉EDアポクロマート

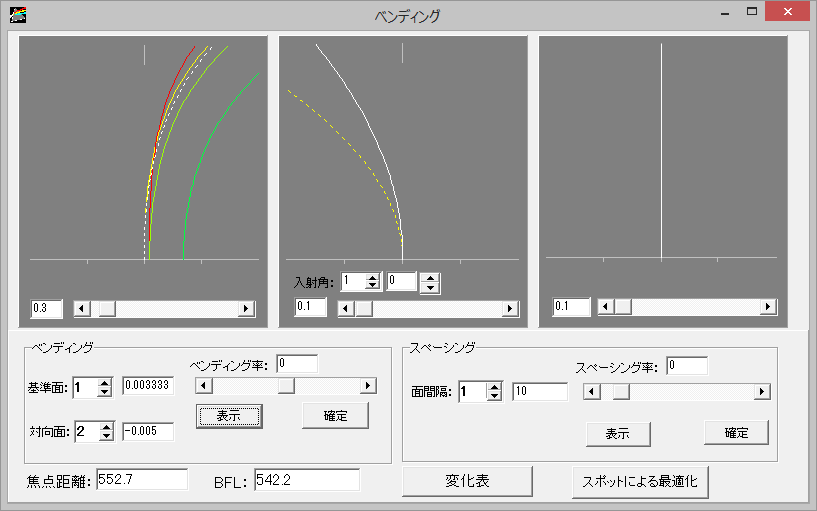
　◎光学系データ読み込み

解凍して出来たフォルダの「サンプルデータ」の中の「スポットでの最適化」フォルダにある「D80-FK54-KzFSN4-StartData」を読み込みます。

初期値は色消しが出来るガラスを選んでいます。曲率は凸、凹レンズのパワー配分も考えず適当な曲率を与えています。ただ全体のパワーはＦ7くらいになるようにしてあります。最適化時、平面は変化しないようにしていますので、変化させたい面は弱くても曲率を与えるようにします。

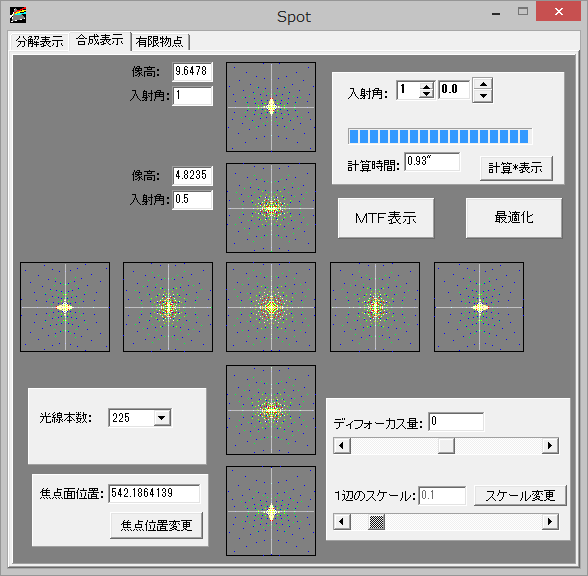
　◎フォームの表示

メインメニューの『設計』『ベンディング』『縦収差ベンディング』でベンディングフォームを開きます。縦収差のスケールは0.3くらいにします。入射角は１度にします。『表示』させると下図のようになります。



続いてメインメニュー『収差』『SpotDiagram』でスポット図のフォームを開きます。

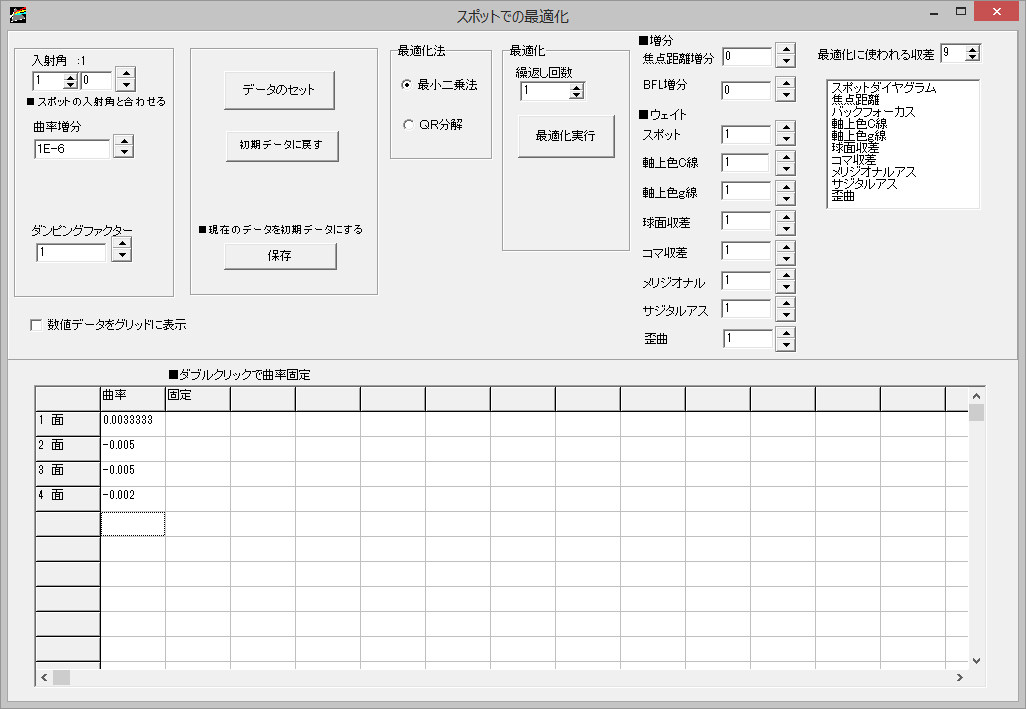
入射角は１度、スケールは0.1にします。『計算・表示』すると下図のようになります。

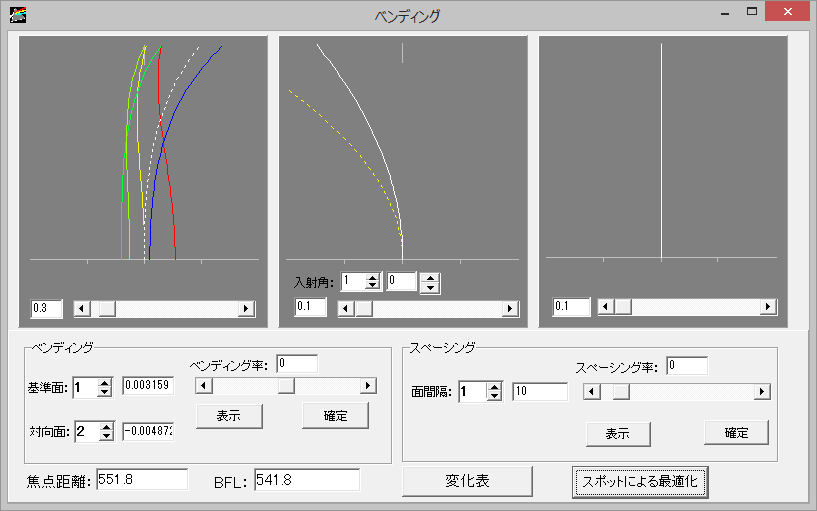


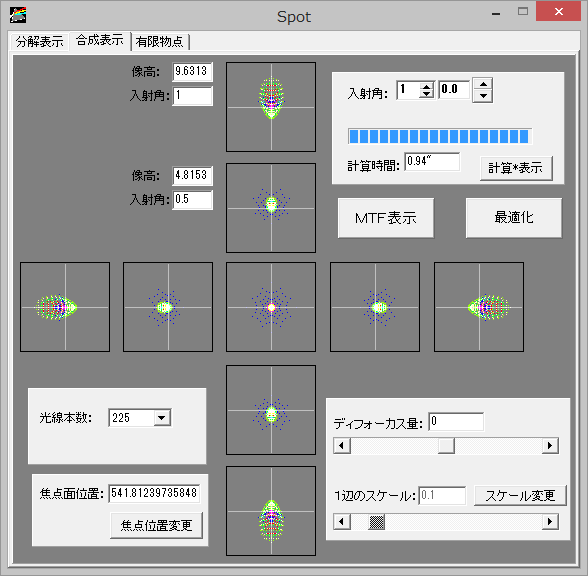
　◎スポットによる最適化

縦収差ベンディングフォーム右下の『スポットによる最適化』ボタンか、スポット図フォームの『最適化』ボタンで『スポットによる最適化』フォームが開きます。

スポット図のみでも使えますが、縦収差図は収差の変化状況が直観的に分かるので縦収差ベンディングフォームと二つを使った方が良いと思います。スポットによる最適化フォームの『入射角』を１度にします。後はデフォルトのままで『最適化実行』ボタンを押すと少しずつ最適化します。少しずつしか進まないので、『繰返し回数』を２０回くらいにして『最適化実行』をすると連続で補正が進みます。繰返しを総計１００回くらいで収差図が動かないところに行くと思います。以下のような収差図になっていると思います。







ここで『最初のデータに戻す』ボタンで最適化前のデータに戻します。

『繰返し回数』１に戻します。

『ウェイト』の『スポット』を０にします。

『最適化実行』をします。

一回の実行でほぼ収束します。これはスポットダイヤグラムのほかに７種の縦収差も最適化に使っていますが、スポットのウェイトを０にしたため縦収差のみでの最適化が行われて『変化表による最適化』と同じ最適化が行われたためです。常に上手くいくわけでなく、光学面が少なく収差変化がリニアなときには早く収束します。『スポット』の『ウェイト』を０．１して同様にすると１０回ほどの最適化で収束をします。

それぞれ収束する収差補正の状態が少し違ってきます。スポットでの最適化は画角中心、中間、最外側、各波長を全体的に最小化しようとします。縦収差での最適化は中心部に重点が置かれるので、その違いが出るものと思われます。

『曲率増分』を「１－Ｅ５」で最適化を２０回程度行ってみると、縦収差が大きく広がっていきます。スポットのスケールを大きくしてみると、中心部と周辺部が同じような状態になっています。全体が均等になるように自動補正がかかるようです。最初の収差変化の方向で収束方向が決まり、このような結果が出るように思います。

■アポクロマート+レデューサー

　◎データの読み込み

いったん『縦収差ベンディング』『スポットダイヤグラム』『スポットでの最適化』の各フォームを閉じます。

「サンプルデータ」「スポットでの最適化」フォルダから「D100-BK7-CaF-K10-LSM-Bend+ReducerStartData」を読み込みます。

３枚玉貼り合わせアポクロマートに２枚玉分離レデューサ―を加えたものです。

　◎フォームの表示

『縦収差ベンディング』を開き、スケール０．３、入射角１度で表示させます。

『スポットダイヤグラム』を開き、スケール０．１、入鞘角１度で表示させます。

『スポットでの最適化』を開きます。入射角は１度、繰返し回数は１、各ウェイトが１を確認します。

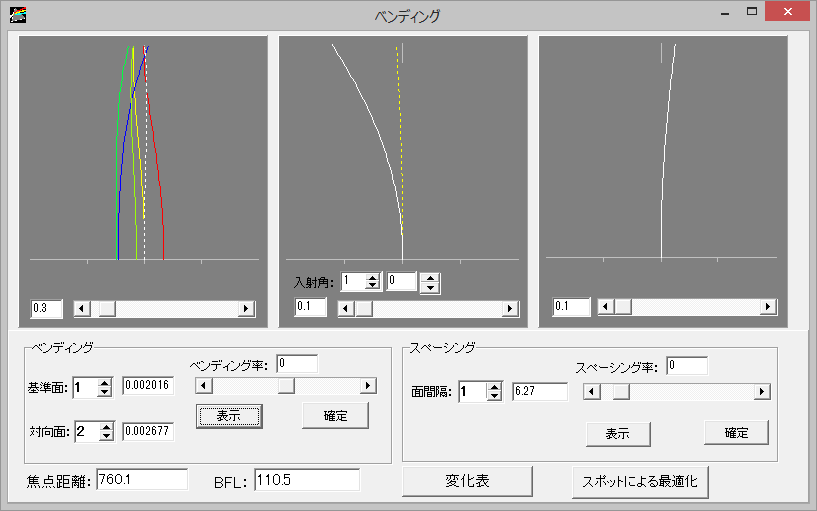
下部のグリッドには各光学面の曲率と、最適化時に曲率を変化させるか固定するかが表示されます。「FIX」にすると変化させず固定されます。該当コラム上でダブルクリックすると「FIX」、もう一度ダブルクリックすると消せます。

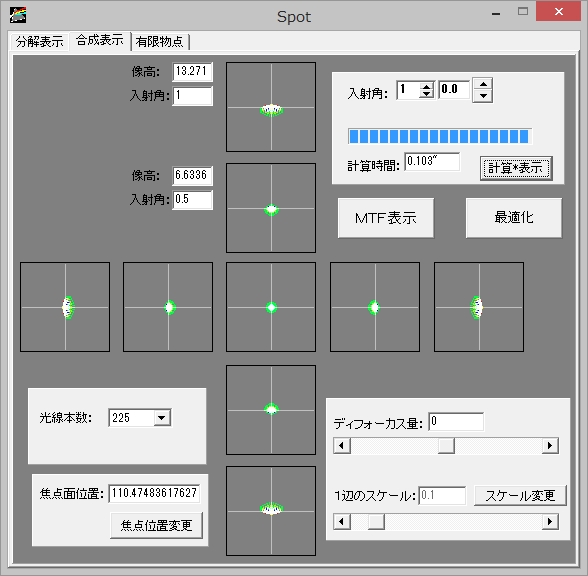
今回のケースでは、対物レンズの曲率は変化させないので１面から４面までを「FIX」にし、『データのセット』ボタンを押します。



設定が正しければ『最適化実行』１回でほぼ収束し、以下のようになります。

このケースでは光学面が８面あるため、スポットのウェイトを０にすると条件式より変数が多くなり最小二乗法が出来ないためエラーとなってしまいます。





『最初のデータに戻す』で最適化する前のデータに戻します。

フォーム右上にある『最適化に使われる収差』のスピンエディットのダウンボタンで、エディット値を２にします。こうするとスポット値のみを使った最適化がなされます。一々各ウェイトを０に設定するのが面倒な時に使います。『最適化実行』をすると数回でほぼ同様か少しスポットが小さくなって収束します。