

LED 照明ノーツ 36

レンズを使う 23

<メリディオナル断面とサジタル断面>

前回はコマ収差について説明させて頂いたが、今回はこうした収差を解析する上で基本的な座標系となる互いに直交する、光学系の二つの断面についても説明させていただきたい。

1. メリディオナル断面

これまで通り回転対称な形状のレンズ、鏡などがそれらの回転対称軸を共通に存在しているとする。途中で外にはみ出してしまう限り、その中で光線は自由に入射できる。3次元空間に光線が広がっている訳である。光学系のパフォーマンスの理解のためには、それら気ままに入射する光線たちを入射位置によって整理する必要がある。例えばこれまでに登場した球面収差を考える場合には、光学系が光軸に対して回転対称であり、かつまた、唯一の点光源が光軸上に存在するわけであるから、全系は回転対称となり、光軸を含む光学系全体を切る様な大きな平面内の光線の挙動を考えれば良いことになる。スネルの屈折・反射則によると、入射平面内に入射した光線は屈折反射後もその面内に留まるからである。そうした平面は光軸を中心にくらでも定義できるわけであり、もしある光線が一つの平面に属さない場合でも、その平面を光軸中心に回転させて、その光線（入射点と光源）を含むようにしてやれば、光軸に対して同じ角度で光源から射出し、入射面上の入射位置の光軸からの距離が同じ光線は、この評価面の角度を適当にとれば、全て同じ意味を持つ光線となる（**図1**）。こうした光軸を含む光学系の切り口を子午面、メリディオナル面（あるいは断面）と呼ぶ。地球の赤道に直交する両極を結ぶ大円の円周は子午線（meridian）と呼ばれる。

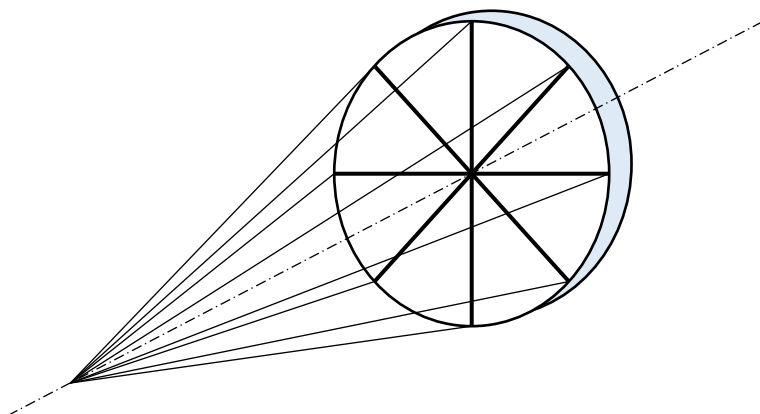


図1 メリディオナル断面

2. サジタル断面

ところが、光軸上にはない点光源から発する光線を相手にしようとするとうまくいかない。勿論この子午面に収まる場合もあるが（点光源を含んでメリディオナル断面を決め、この面内に光線が射出する場合、**図2**）一般的には、この平面からはみ出してしまふ。

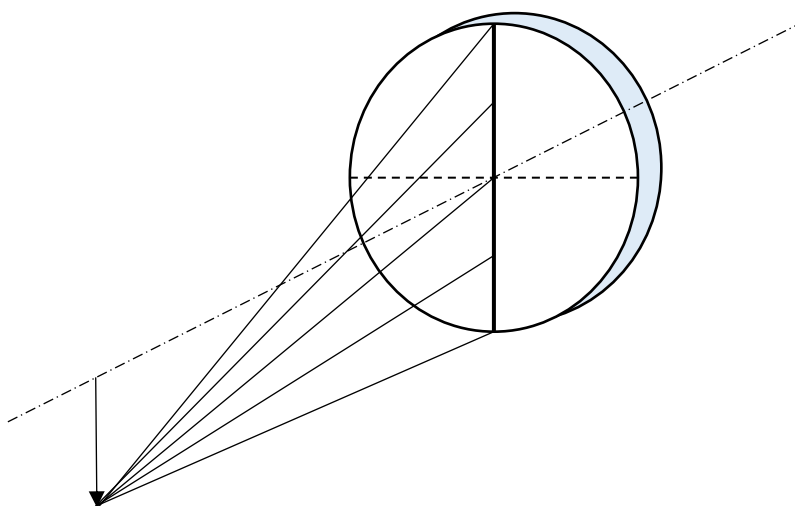


図2 軸外物点からのメリディオナル断面内の光線

そこで、光源と入射点を含む平面を考えてみる。光線は一般的には光軸と交わらないので、この平面内には光軸は含まれない。ただ、この光線の周りに回転して存在する無数の面を選択する自由はある。ところで、光線を管理する場合に、その出発点（光源位置）と光学系への入射座標がわかれば光線は一つに定められるが、この入射座標を通常の変換座標系と考えれば便利である。そこで、先ほどの子午面と直交するように新たな面を設定する。

つまり、軸外光源と光線入射位置を含み、子午面と直交する面を、である。この面を球欠面、サジタル面と呼ぶ (図 3)。

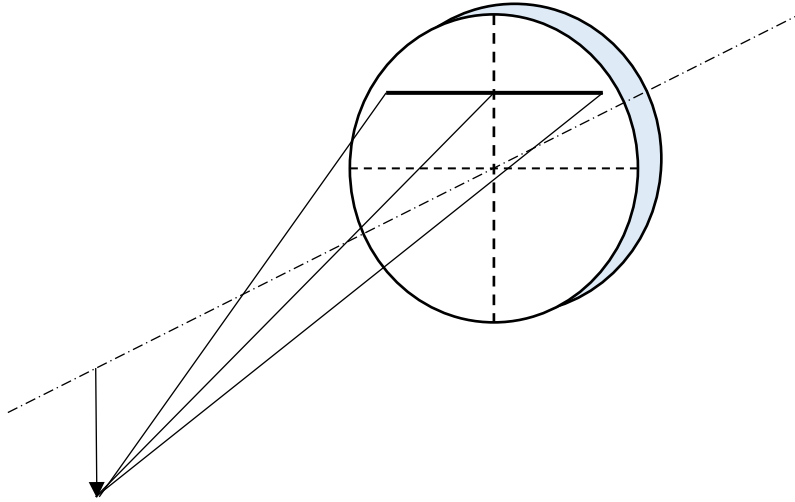


図 3 メリディオナル断面に直交する平面

回転方向が決まれば、一つに決まる子午面と異なりサジタル面はいくつも存在し得ることになる。光学設計では一般的に、既述の主光線をさらに含むサジタル断面と定義する。

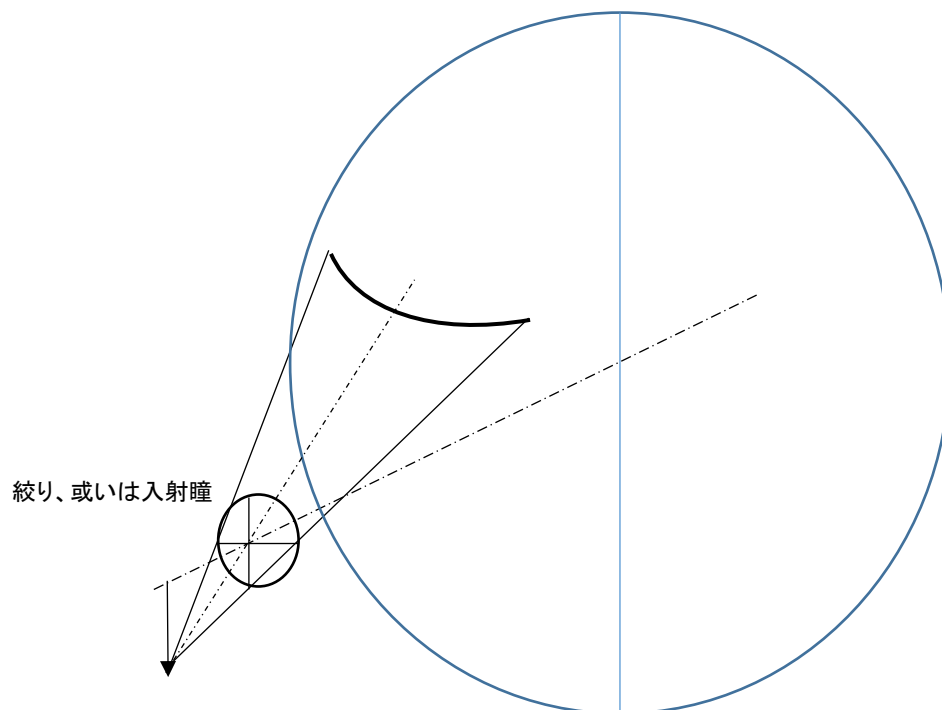


図 4 サジタル断面

すると、この子午面と球欠面ではカバーしきれない光線が存在することになる。これらの光線は設計に際し、とりあえず無視しようということである。

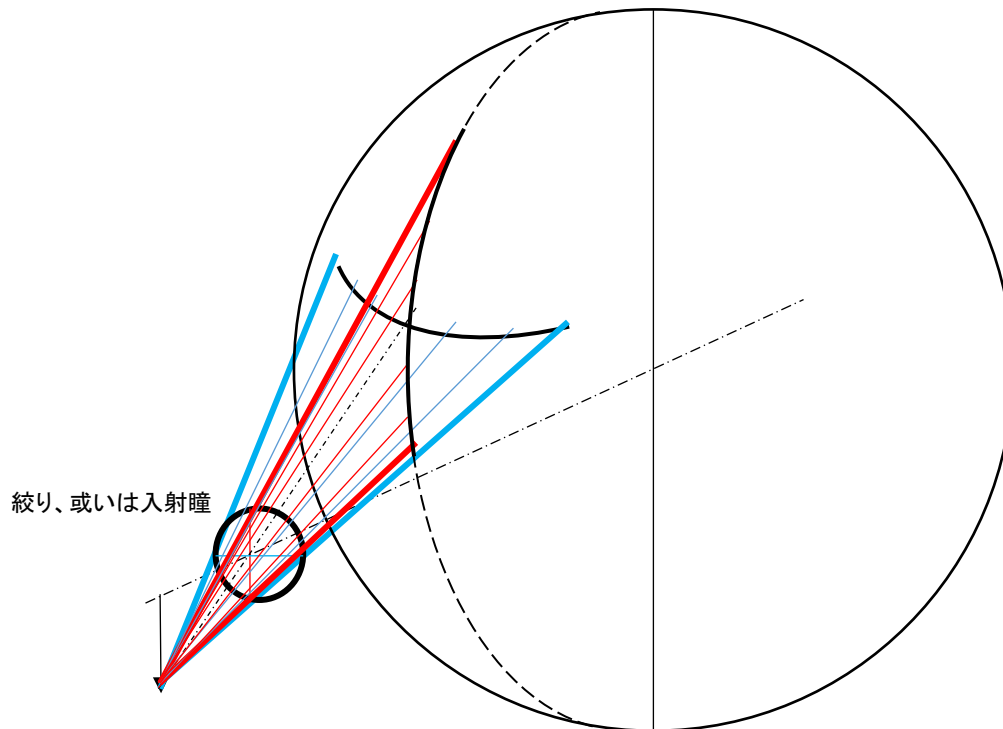


図5 2つの断面内で評価の対象となる光線

絞りは円形であることが基本であるので、その中心を通る直交する面内に存在する光線を考えることは、絞り中心から最も遠い位置を通過する光線を検討できることを意味する。収差を解析的に捉えようとする場合、あまり情報量が増えすぎると見通しが悪くなる。隈なく、入射する光線の挙動が知りたい場合には多くの光線を追跡し、その像面上の到達位置をプロットするスポットダイヤグラムと言うものを計算することができる（図6 A,B）。

図6 A は絞り全域に色々な物平面上の位置に点光源を配置し、5箇所のパント位置（像面を若干移動させて）での評価である。かなり複雑な形状になる。図6 B は絞りを通過する光線の内、図5にあるようなサジタル断面付近に位置する光線だけを通過させた評価である。他の条件は全く同じである。サジタル断面内の光線がスポットの大きさ、幅を旨く代表していることが分かる。

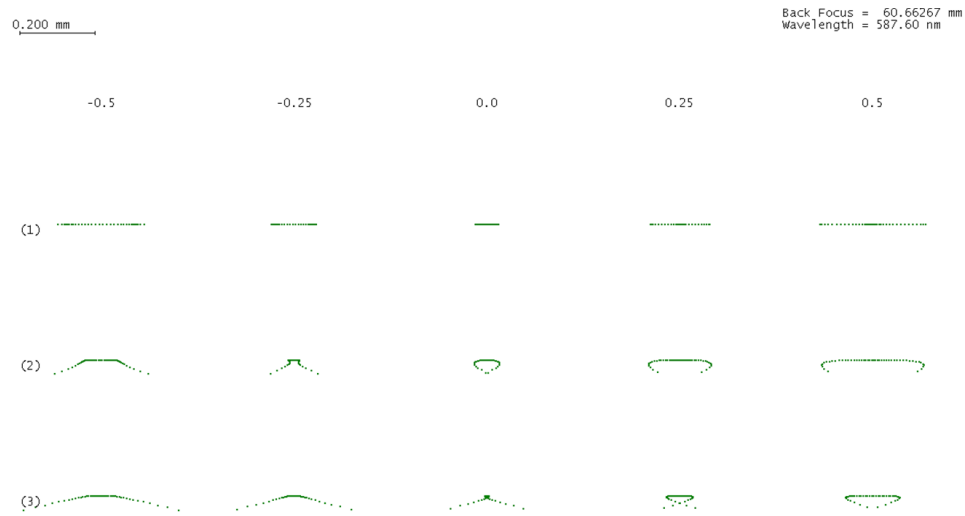
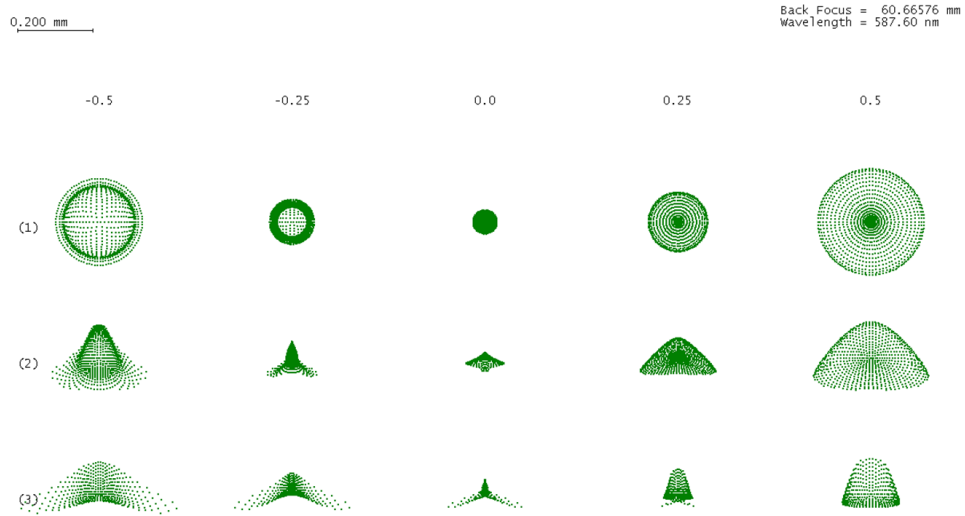


図6 A (上) B (下) スポットダイヤグラム

3. 参考文献

- [1]久保田広：応用光学（岩波書店、東京、1980）
- [2]早水良定：光機器の光学 I（日本オプトメカトロニクス協会、東京、1995）
- [3]松居吉哉：レンズ設計法（共立出版、東京、1972）
- [4]山田幸五郎：光学の知識（東京電気大学出版局、東京、2004）

執筆者：牛山 善太

博士（工学）

元東海大学工学部光・画像工学科（レンズ設計）非常勤講師

（株）タイコ 代表取締役

（株）オプティカルソリューションズ 顧問

提供：

株式会社オプティカルソリューションズ

TEL: **03-5833-1332**

Mail: info@osc-japan.com

Web: <http://www.osc-japan.com>

〒101-0032

東京都千代田区岩本町 2-15-8 MAS 三田ビル 3 階