

光学系の光軸周りの2つの断面で異なる光学特性を有する光学系を、アナモフィックな光学系とよびます。一言でいえば、回転対称でない光学系ですね。アナモフィックという表記をする場合もありますが、Web検索すると「ル」抜きのほうが多いようですので、本稿でもそちらを使うことにします。

例えば、画面の上下方向と左右方向で倍率の異なる光学系等がアナモフィック光学系の例で、スクリーンとフィルムのアスペクトの差を合わせる光学系として映画の撮影、投影等ではよく知られた技術といえます。

しかし、私の知る限りにおいてですが、一般的に用いられている光学系の中で最も極端なアナモフィック光学系は、レーザープリンター等に用いられているレーザー走査光学系だと思えます。

すなわち図1で示すように、主走査断面とよばれる断面では、半導体レーザーからの光束をそのままに結像させる一回結像の特性であるのに対し、それと直交する副走査断面では、半導体レーザーからの光束をポリゴンミラーとよばれる回転鏡の上に入ったん結像させ、その後感光体上に再結像させる二回結像系となっているということです。このような構成をとる理由については、2009年2月号の光学工房でリコーの今井重明さんが詳しく解説されていますので、そちらを参考にしてください¹⁾。

今回はこのような光学系と付き合っていて遭遇し

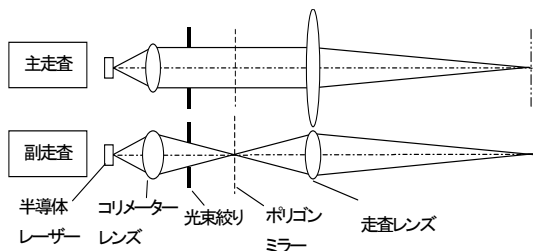


図1 レーザー走査光学系の模式図。

た不思議な現象を紹介します。

レーザースポットサイズのデフォーカス特性を測定しようと CCD カメラのような観測系を像面の前後に移動させると、図2で示すように、主走査方向はきれいな二次曲線状の特性を示すのに、副走査方向は極端な前後非対称性を示すのです。

アナモフィックとはいえ、基本的に半導体レーザーの発光点を感光体の上に数十ミクロン直径の光スポットとして結像させているだけです。像面上のスポットの大きさや結像倍率（絶対値）も、2つの断面で桁が違うというわけではありません。にもかかわらず発生するこの特性の違いに、最初は頭を悩ませたものでした。

そして、いろいろ理屈を考えてたどり着いたのは、この特性の差の原因が、それぞれの断面の射出瞳位置の差であるということでした。

一般に光学系の射出瞳は、光学系中の光束絞りより像面側、下流にある光学部品によって形成される光束絞りの像となります。

回転対称な光学系では、この射出瞳は一つの位置に決定されますが、アナモフィックな光学系の場合にはそうとはいえません。

光束絞りより下流にある部分光学系がアナモフィックな特性を有していれば、光束絞りの像であ

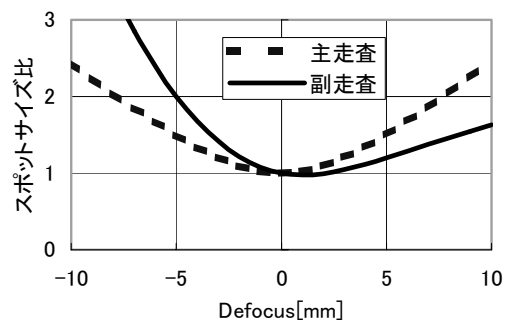


図2 レーザー走査系デフォーカス特性。

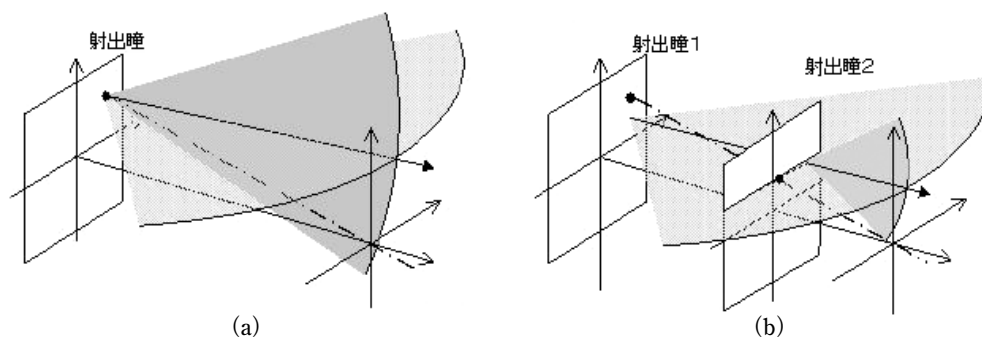


図3 射出瞳からの波面伝播. (a) 共軸系球面波の伝播, (b) アナモフィック系トーリック波の伝播.

る射出瞳もその影響を受けて、2断面で異なる位置に存在します。ですから、例えばある断面の射出瞳は無限遠にあり、もう一方の射出瞳は像面からただか30 mmの位置にある等という状態も起こりうるのです。

光学系のデフォーカス特性を測定しようと観測系を移動させた場合、その移動量が射出瞳までの距離に対して大きくなると、観測される特性に大きな非対称性が生まれます。極端な例ですが、上の例で像面から30 mmの位置にカメラを置いたとすると、射出瞳無限遠の断面方向では通常にぼけた像を観察できますが、もう一方の断面では射出瞳とカメラが重なってしまっ、結像状態を見ることはできません。

ここで、「じゃあその中間の45度方向の射出瞳はどこにあるのか」という素朴な疑問が生まれます。

答えは単純に「45度方向の瞳などない」です。

通常、回折積分に基づいた波動光学的結像解釈では、回折面である射出瞳の各点から球面波が像面に伝播し、そこで干渉を起こして点像を形成すると説明されています。

では、2つの射出瞳があるアナモフィックな光学系ではどうなるでしょう。図3にその様子を示しま

した。その場合は、それぞれの断面の射出瞳は、それぞれの断面方向にのみ回折するシンドリカル波面を発生させると考えると理解しやすいでしょう。そして、直交する2つのシンドリカル波面が合成されて像面に到達するとき、その波面は2つの瞳距離によって決められた2つの主曲率を有するトーリック波面となっているのです。

あらゆる滑らかな曲面は、直交する2つの主曲率をもっています。像面に到達する波面にそのアナロジーを適用することは不自然ではないでしょう。

そしてその中間、すなわち3つ目の主曲率を考慮することは無意味です。これが「45度方向の瞳はない」という意味です。

アナモフィックな光学系は、一般的に直交する回折方向に対応する2つの射出瞳を有するといえるのです。

(キヤノン(株) 安藤利典)

文 献

- 1) 今井重明：“光学工房：レーザープリンター用露光装置”，光学，**38** (2009) 108-110.