

## 光学系設計技術部会 講演要旨

開催日：平成18年3月17日（金） < 2005 - 4 >

テーマ：「代表的なレンズタイプの特徴 - その1 - 」

講演者：木下三郎氏

（(株)木下光学研究所 取締役会長）

最近のレンズ設計は、パソコンの高速化、記憶容量の大幅アップ、更に低コスト化と、すぐれた自動設計ソフトの提供によって、性能評価も含めて、自動設計による方法がとられるようになった。

その結果として、レンズ設計者として、必要な設計経験は大幅に短縮されてきた。自動設計以前の各パラメーターを手動によって設計する時代では少なくとも3年以上の実務経験がないと一本立した設計ができなかったが、最近の自動設計による方法では一年未満の経験でも、結構、よいレンズを設計できるようになってきた。しかし、若干の問題点もある。

レンズ設計の仕様に合せたレンズタイプ（構成枚数も含めて）の選択が極めて重要である。この選択には経験的要素が大きく影響してくる。自動設計による方法でもなかなか希望通りの性能（大きさ、コストを含めて）が得られず空回りすることがしばしば見られる。逆にスタートタイプの選択がよければ極めて短時間でよい結果が得られることも、また、しばしばある。

今回のシリーズ講演では、このタイプの選定に参考になればと思い、「代表的なレンズタイプの特徴」と題し、その基本的な考え方について述べるが、扱う光学系は実像光学系とし、各種コンバーターやファインダー光学系自身は省くことにする。一方、顕微鏡用光学系については実務設計の機会が少なかった為、省略する。なお、非球面を含む光学系の話も省略する。

まず、近軸幾何光学領域としての単焦点レンズのレンズタイプについて述べた。一般の実像光学系は適当な厚みをもった複数レンズによって構成されるため、主点は二つ持ち、これを前側主点及び像側主点と呼ぶ。光学系の像側主点位置は様々である。この主点位置の相異によって、レンズタイプの特徴が分類される。また、厚みをもった複数枚のレンズからなる光学系に於いては、主光線が光軸と交わる点、即ち光学系の中心がどこにあるかによってもレンズタイプの特徴が分類される。これが絞り位置である。絞りの前方にある光学系によって入射瞳が決定され、主に前方光学系の大きさに影響する。絞りの後方レンズによって射出瞳が決定され、後群レンズの大きさ及び、結像面への主光線の入射角度を決定づけるものである。

物体距離 $INF$ の実像光学系（凸レンズ系）として、像側の主点が光学系の内側にある場合を対称型タイプ、後方にある場合をレトロフォーカスタイプ、前方にある場合をテレタイプと呼んでいる。各々の焦点距離 $f$ を同じ基準( $f=1.0$ )でみる時、全長 $T$ 及びバックフォーカス $f_B$ はレトロフォーカスタイプが最も長く、テレタイプの $T$ 及び $f_B$ が最も短い。一般に、レトロフォーカスタイプは前方に凹レンズ系、後方に凸レンズ系で構成され、テレタイプは逆に前方に凸レンズ系、後方に凹レンズ系で構成されている。両者共、光学系としては非対称タイプであるためDISTORTIONの発生が大きい。前者は主に広角レンズとして使われ、後者は望遠レンズとして使われる。テレタイプレンズには長さを短くする必要性から望遠比 $L$  ( $L=T/F$ ) が設計仕様に含まれることが多い。一般に望遠レンズは $L < 1$ である。

ベッツヴァールタイプは、対称型タイプとテレタイプの間タイプとして前方、後方共に凸レンズで構成されたタイプである。光学系の像側主点はテレタ

イプよりは後方にある。比較的画角の狭いプロジェクターレンズ等にこのタイプが採用されることが多い。

テレセントリック光学系は、射出瞳が無窮遠にある光学系である。光学系の後方レンズ群の前側焦点の位置に絞りを設定することによって得られる。結像面に入射する各像高の主光線が光軸に平行になる。これによりピント調整等による像高の変化がほとんど生じない。また画面全体の光量の均一性も高められる。万能投影機用や精密写真整判用レンズ等にこの方式は不可欠である。

タンデム光学系は、物体面が前方レンズ系の前側焦点面上にあり、結像面が後方レンズ系の像側焦点面上にあるもの。前方レンズ系の焦点距離を $f_1$ 、後方レンズ系の焦点距離を $f_2$ とすると全体の倍率 $M$ は $M=f_1/f_2$ で決まる。 $M$ が $4\times$ 以下の比較的倍率の有限光学系によく使われる。特に大口径比で全長の短い高性能レンズを必要とする時にこの方式のレンズタイプが採用される。絞り位置は前群と後群の間に設定されるが、特に後群レンズの前側焦点位置に設定すればテレセントリック光学系としての機能も併せもつことになる。

$f$  光学系は、一般に焦点距離 $f$ の光学系へ入射角 $\theta$ をもった光線の結像面での像の大きさ $Y'$ は $Y'=f \cdot \tan \theta$ で与えられる。しかし、この式が成立するためには入射角 $\theta$ の光線による光学的DISTORTIONがゼロの場合である。逆に $|\tan \theta|$ に相当する光学的DISTORTIONを発生させることによって、 $Y=f \cdot \tan \theta$ が成立する。このような光学系を $f$ 光学系と呼ぶ。これは回転ミラーによって像高 $Y'$ が比例的に変化する方式の光学系で、FAX用レンズ等に活用されている。