

## LED 照明ノーツ 32

## レンズを使う 19

## ＜機械補正式、2 群ズームについて 1＞

## はじめに

前回は非常にシンプルな構造の光学補正式のズームタイプについて説明させていただきました。今回は本格的な現代のズーム、機械補正式ズームとしてもっとも構成のシンプルな 2 群構成ズームについて考えさせて戴く。今なお広角系のコンパクトズームとしては様々な新しい技術を取り入れて定番的な構成である。

## 1. 2 群ズームとは

例えばそれぞれ、焦点距離  $f_1$ 、 $f_2$  の凸と凹のレンズが間隔  $d$  をもって存在すれば、合成焦点距離  $f$  は、以下の如くに計算できる[1]。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (1)$$

或いは屈折力を用いて

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_1 \varphi_2 d \quad (2)$$

通常のタブレットレンズの要素の様にレンズが正・負であれば間隔が大きくなれば合成屈折力は正の方向に大きくなる（負のパワーが強ければ、負のパワーは弱まる）。この様に複数枚構成のレンズにおいてもそれらを 2 つの群に分け、2 つの群の間隔を変化させ焦点距離を可変とすることが、広い意味での焦点可変レンズの基本的な考え方である。

もしここで、像面位置が一定になる様に焦点距離の変化しているレンズを並べていけば以下の様な図（図 1）が書ける。

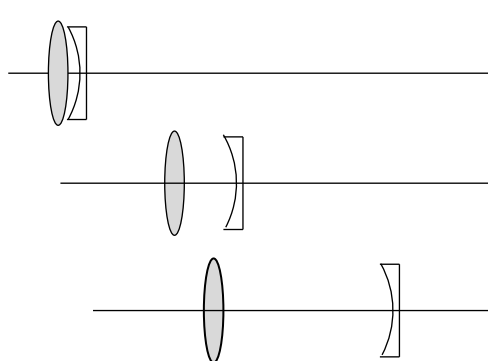


図1 2群ズームの考え方

焦点距離が変化しているが像面位置は一定に保たれる。もし、焦点距離が変化してその際に像面位置が不動であるレンズをズームレンズと呼ぶのであれば、これがまさにそれで、2つのレンズ群で構成されている、2群ズームレンズと呼ぶことができる。

多少複雑な、軌跡を2群の運動が描こうとも、もし精確な補正カム製作が機械加工上可能であれば（数値制御工作機械（NC）により）、光学補正式の場合と異なり、ある程度の広さのズームレンジで常に像面位置が不動なレンズを現実化することが出来る。これを光学補正式に対して機械補正式ズームレンズと呼ぶ。

凸と凹レンズが入れ替わっても同様の系が成立する。実際にはこうした2群ズームは広角ズームに向いていて、凹レンズを先行させれば焦点距離の短いワイド端でレンズが離れ所謂、レトロフォーカス型の配置になり、比較的シンプルな構成でバックフォーカスを長くとれ、レンズ後の像面との空間を大きくとることができる(図2)。

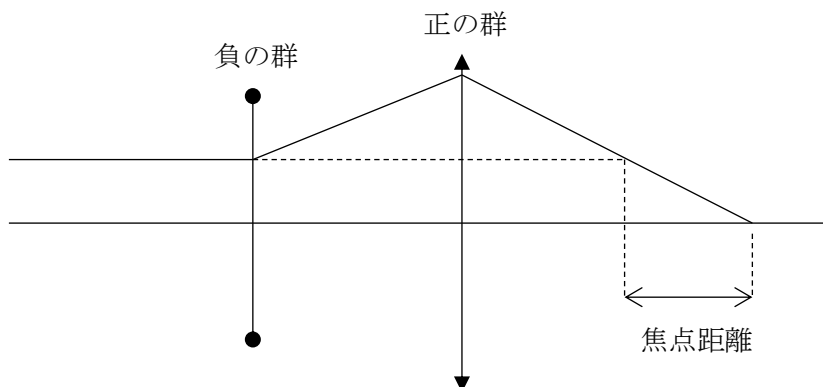


図2 レトロフォーカス（逆望遠）型配置

そもそもズーミングに際して、撮影者のために工夫が必要なレンジファインダー式と異なり、画角の変化が直接見える一眼レフカメラはズームレンズとの相性が良いものである。その相性を生かすためには一眼レフカメラにおいて目視用のプリズムに光を導くためのミラーが撮影の瞬間ごとに回転し、たとえ装着レンズの焦点距離がミラーの大きさより短くとも、レンズの結像のための光路から逃げるスペースをレンズの後ろに確保する必要がある。従って前群が凹群のタイプが一眼レフカメラ用広角ズームにおいては採用されることと成る。

一般的には複数のレンズでこうした群要素を構成することが多いので負先行の構成と呼ぶ。ただし、各群のパワーに比べてパワーの変化についてはそう大きなものは望めず、一般的には広角よりのズーム比の比較的小さなコンパクトズームに向いている形式である。

## 2. 2群ズームの近軸配置[2]

ここで、少し近軸理論的にその配置について考えてみよう。図 3 にある様に諸元を決める。

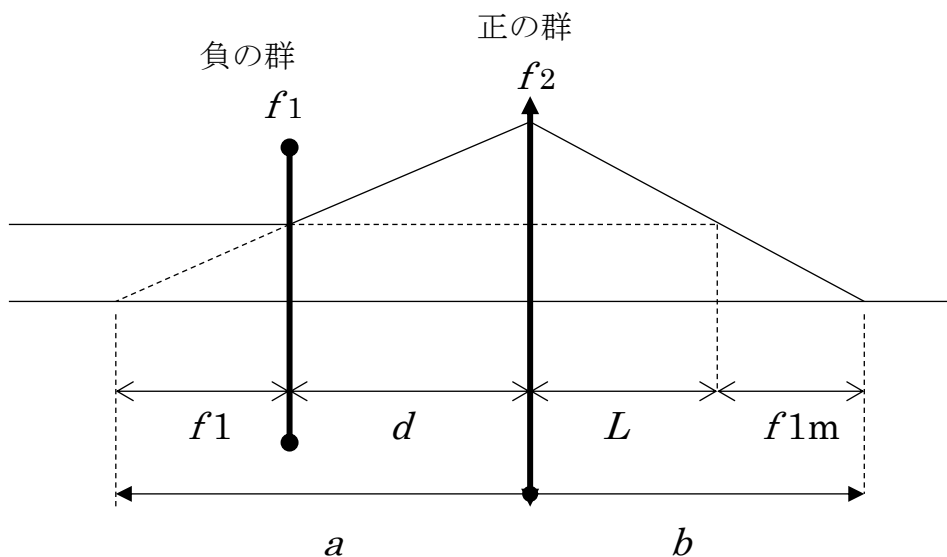


図 3 2群ズームの近軸理論的構造

前群、後群の焦点距離をそれぞれ  $f_1$ 、 $f_2$ 、その間隔を  $d$  とする。この時  $f_1$  の  $m$  倍の値が全体のこのズームレンズの焦点距離とする。従って、(1)式から全系のパワーを考えて、

$$\frac{1}{f_1 m} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (3)$$

よって

$$d = -\frac{f_2}{m} + f_2 + f_1 \quad (4)$$

$f_1$  が負であるとする、 $a$  も負であるから

$$a = f_1 - d \quad (5)$$

なので、

$$a = f_2 \frac{1-m}{m} \quad (6)$$

また図より

$$\frac{-1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2} \quad (7)$$

なので、(6)式より

$$\frac{-1}{\left(\frac{1-m}{m}\right)f_2} + \frac{1}{L + f_1 m} = \frac{1}{f_2} \quad (8)$$

この式を計算して行くと

$$(1-m)(f_2 - L - f_1 m) = (L + f_1 m)m$$

さらに

$$L = f_2 - f_1 m - f_2 m \quad (9)$$

従って、

$$\begin{aligned} b = L + f_1 m &= f_2 - f_2 m \\ &= (1-m)f_2 \end{aligned} \quad (10)$$

となる。

### 3. 参考文献

- [1]松居吉哉:レンズ設計法(共立出版、東京、1972)
- [2]中川治平:レンズ設計工学(東海大学出版会、東京、1986),p141
- [3]R.Kingslake:Lens Dsign Fundamentals(AcademicPress,SanDiego,1978)
- [4]ルドルフ・キングスレーク(雄倉保行訳):写真レンズの歴史(朝日ソノラマ、東京、1999)

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](mailto: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