

# LS カメラ用高変倍ズームレンズの開発

The Development of a High Magnification Ratio Zoom Lens Unit for Compact Cameras

松井 拓未\*  
Matsui, Takumi

山本 岳\*\*  
Yamamoto, Gaku

Today, compact camera zoom lenses demand high magnification ratios, exceptional compactness, and substantial cost reduction. To satisfy these stringent requirements, we developed a high magnification ratio zoom lens incorporating plastic lenses and a new three-step retractable cone. Reported here are the developments that resulted in this achievement.

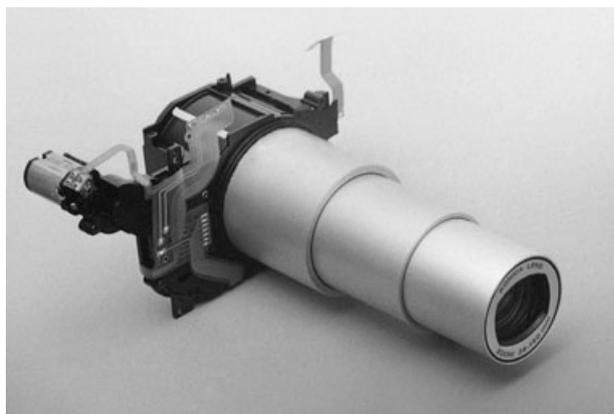


Fig.1 3群3段沈胴ズームレンズ鏡胴

## 1 はじめに

LS (Lens-Shutter) カメラ用ズームレンズにおいては、ズームの高変倍化、コンパクト化、及び低コスト化のニーズは強く、これらは光学設計の上でも従来からの普遍的な課題となっている。

近年、当社では、この様な要求に応えるため高精度プラスチックレンズ成形の技術を活かし、非球面プラスチックレンズを多用することで上記の課題に対して取り組んでいる<sup>1)</sup>。

今回、新たに開発したLSカメラ用4倍ズームレンズは、上記コンセプトを踏襲し非球面プラスチックレンズを効果的に活用することによって、さらなる高変倍化を実現させたものである。また、鏡胴機構においても3群ズームレンズ3段沈胴鏡胴を新たに開発することにより、高変倍でありながらも鏡胴沈胴長 (film～鏡胴前端) を極力短くすることができた。

以下本稿では、このLSカメラ用ズームレンズの光学設計と、新たに開発した3群3段沈胴機構の概要について報告する。

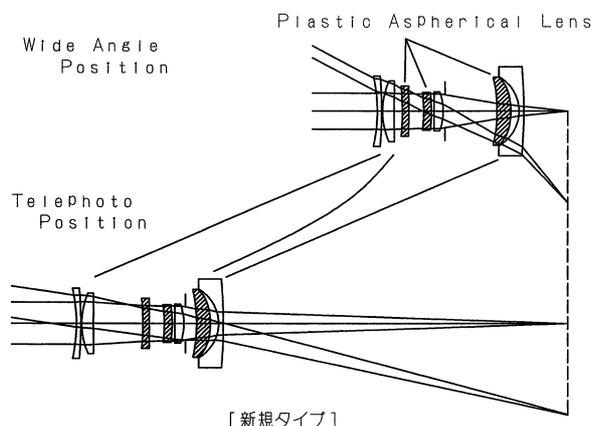
## 2 光学設計

### 2.1 4倍ズームレンズのレンズ構成

変倍比が4倍クラスのLSカメラ用ズームレンズには、正の焦点距離の第1群、正の焦点距離の第2群、および負の焦点距離の第3群からなる、テレフォトタイプの3群ズーム方式がよく用いられている。当社では、従来から高性能化を達成するためプラスチックレンズを用いた3群ズームレンズを製品化してきている。例えばf38～150mmクラスのズームレンズ<sup>2)</sup> (以下、従来タイプ) ではガラスレンズ8枚、ガラスモールドレンズ1枚、プラスチックレンズ1枚 (G8P1GM1) により構成されており、構成枚数の中でプラスチックレンズは僅か1枚のみであった。また、ガラスレンズの非球面化のために用いたガラスモールドレンズは光学設計の上で自由度を高めるメリットがあるが、低コスト化への大きな妨げとなっていた。

このような状況の中、更なるコンパクト化、低コスト化を図るため、プラスチックレンズの枚数比率を増やし、ガラスレンズ4枚、プラスチックレンズ3枚 (G4P3) により構成される新規ズームレンズ (以下、新規タイプ) を開発した。

Fig.2に新規タイプの広角端および望遠端における断面図と従来タイプの広角端における断面図を示す。Fig.2中斜線を施したレンズは非球面レンズを表す。



[新規タイプ]

\* OPT & EM カンパニー オプト事業部 光学開発センター

\*\* OPT & EM カンパニー オプト事業部 OM事業ユニット

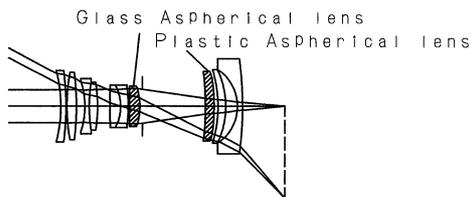
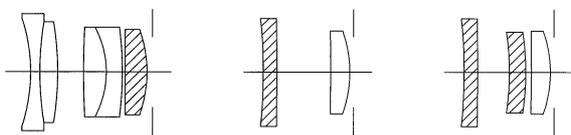


Fig.2 f38-150mmズームレンズ断面図

## 2. 2 レンズのプラスチック化と収差補正

ガラスレンズを、少枚数のプラスチックレンズに置き換えを行う際に課題となるのは、収差補正と温度変化時のピント移動の抑制である。Fig. 3にこれらの問題を解決するに至るまでの、第2レンズ群構成を示す。Fig. 3中斜線を施したレンズは非球面レンズを表す。

ズームレンズを構成するレンズ中、最も結像のパワーを持ち、また同時に多くの収差を発生するレンズは第2レンズ群内の絞りに近接したレンズである。従来タイプではこのレンズを非球面ガラスモールドレンズとすることで、結像パワーを維持しながら主に球面収差とコマ収差の発生量を抑えていた (Fig. 3 - type A)。今回の新規タイプでは、この非球面ガラスモールドレンズを球面ガラスレンズとし収差を残存させ、第2レンズ群内の他のレンズを非球面プラスチックレンズに置き換えることで残収収差を補正する方法を採用した。



[type A] [type B] [type C]

Fig.3 第2レンズ群構成

第2レンズ群を、正の焦点距離の球面ガラスレンズ1枚と負の焦点距離の非球面プラスチックレンズ1枚とで構成することにより、球面収差、コマ収差を始めとする単色収差に関しては従来タイプと同等の十分な収差補正の効果を得ている (Fig. 3 -type B)。また、色収差については各レンズ群のガラスレンズの硝種を適切に選択することにより補正を行った。

前述の様に、少ない枚数のレンズによって収差補正を行うためには、収差補正を行うレンズ自体にもある程度の屈折力が必要となる。しかしながら、一般的にプラスチックレンズは温度変化時に形状および屈折率が変わるため、プラスチックレンズに屈折力を持たせることは、レンズの焦点距離変化を招き、結果として温度変化時のピントずれを起こす原因となる。そこで、最終的な第2レンズ群の構成は、正の焦点距離のプラスチックレンズ

を1枚追加し、正レンズ、負レンズそれぞれの焦点距離変化を相殺させることで、全体として温度変化によるピントずれを補償出来る構成とした (Fig. 3 - type C)。

## 2. 3 プラスチックレンズの偏芯誤差感度の低減

非球面プラスチックレンズを用いることで、レンズ枚数の大幅な削減と、レンズ全長の短縮が可能となったが、必然的に各レンズの収差補正の負担が大きくなり、それにより特に第2レンズ群内の非球面プラスチックレンズの偏芯誤差感度 (レンズの組立誤差に対する性能劣化の比率) が従来タイプに比べ高まった。そこで、各非球面プラスチックレンズの球面収差係数、およびコマ収差係数が偏芯誤差感度と相関があることを利用し、各レンズの収差係数を制御しながら、収差補正と偏芯誤差感度のバランスをとるような最適化設計を行った。その結果、偏芯誤差感度を製造可能な値にまで低減させることが出来た。

Table 1に本ズームレンズの仕様を示す。また結像性能として広角端および望遠端におけるMTF (Modulation Transfer Function) を Fig. 4に示す。

Table1 Specification of f38 ~ 150mm zoom lens

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Focal length (mm)    | 39.5~144.5        |
| F number             | 4.6~14.5          |
| Angle of view (deg.) | 56.6~17.0         |
| Lens construction    | 7 elements (G4P3) |

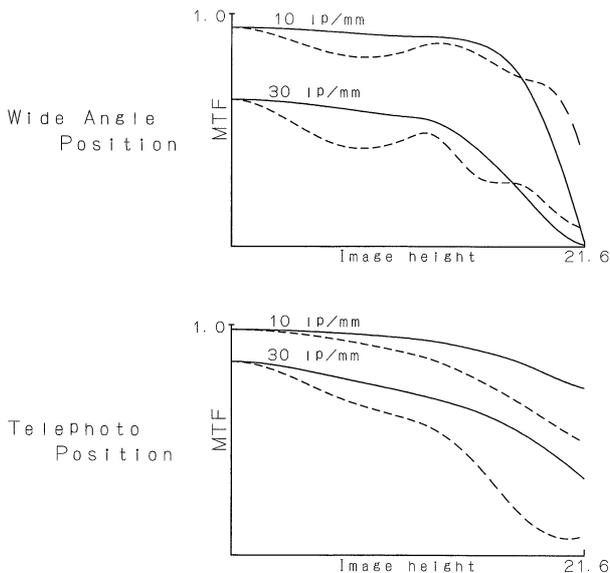


Fig.4 Modulation Transfer Function

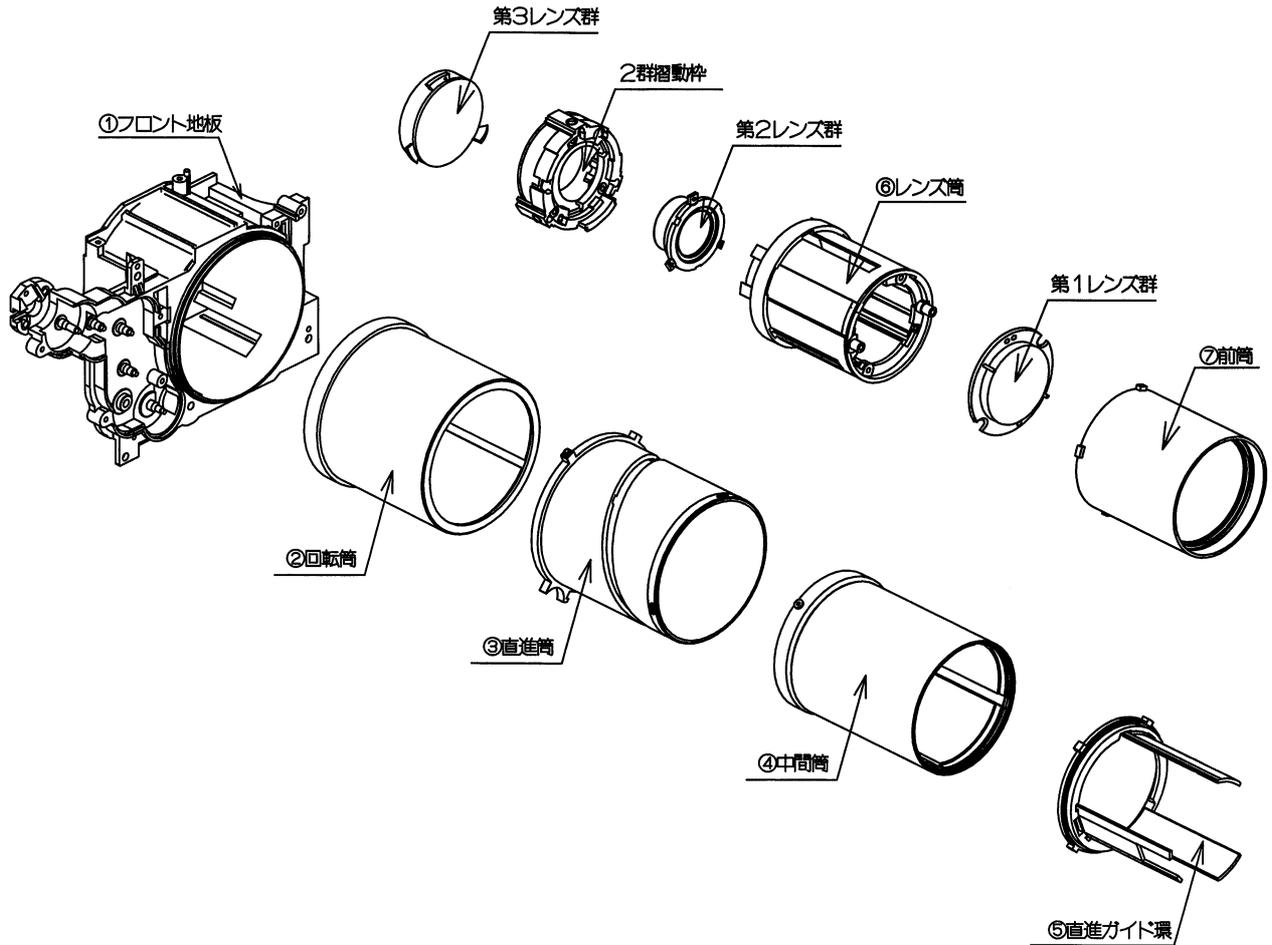


Fig.5 3群3段沈胴鏡筒構成図

### 3 3群3段沈胴鏡筒の構造

今回開発した鏡筒の部品形状を Fig. 5 に示し、3群3段沈胴構造について説明する。

この鏡筒は、①～⑦の鏡筒から構成され各段は下記のように構成される。

1. カメラ本体に埋め込まれる①フロント地板
2. ②回転筒、③直進筒からなる1段目
3. ④中間筒、⑤直進ガイド環からなる2段目
4. ⑥レンズ筒、⑦前筒からなる3段目

当社は、2群3段沈胴構造<sup>3)</sup>と3群2段沈胴構造を実現した実績があるが、これまでに3群構成のレンズ群を3段沈胴構造の鏡筒に組み込んだ実績はなかった。

今回の鏡筒の構造は3群からなるレンズ群を如何にして3段沈胴構造に組み込むかが開発上の最大のポイントであった。結果として、3段沈胴の3段目つまり鏡筒の先端の段に新規構造を導入することにより設計当初に目標とした機能及びサイズを達成している。

次段落以降でこの鏡筒の開発のプロセスについて説明する。

### 4 鏡筒開発時の目標

前述したレンズのための鏡筒を開発するにあたっての目標は次の3点であった。

1. 沈胴長(FILM～鏡筒前端)を40.5mm程度とする。
2. 最も太い鏡筒の直径をφ37.4mm以下とする。
3. 最も先端の直径をφ29.4mm以下とする。
4. 従来機種 of 金属部品を可能な限り樹脂化し低コスト化を図る。

以上の目標を達成する過程で直面した課題とその解決策について述べる。

#### 4.1 開発における課題1

現状のレンズの焦点距離でかつ目標1の沈胴長40.5mm程度を実現するためには3段沈胴が必須であった。従来機種で実績のある3群2段沈胴構造と2群3段沈胴構造の合わせた構造を検討したが、次のような問題があった。

1. 第2レンズ群を2段目のカム筒で駆動する従来の構造では、3群構成のレンズの場合、第2段目のカム溝が互いに接近しすぎてしまいカム溝が構成

できない。

2. カム溝が構成できたとしても第2レンズ群を第2段目の鏡筒にカムで嵌合させるためには枠が大変長い形状になってしまい部品が樹脂化できない。
3. 仮に樹脂化して強度を確保すると部品が大きくなり鏡筒径が大きくなってしまい目標の鏡筒径を実現できない。

そのため、従来構造ではこの部品を樹脂化できず低コスト化にたいするデメリットも大きいため全く新しい構造の開発が必要であった。

この問題の解決のために新規構造として第3段目の前筒にカム溝を設置しレンズ筒内に収められた第2レンズ群を駆動する構造を開発した。具体的には Fig. 7 のようにレンズ筒内にある第2群レンズ枠のカムピンを前筒に設置されたカム溝と嵌合させることにより第2レンズ群を移動させるものである。この構造により目標1、2、3を実現できた。4についても従来機種種より高い部品の樹脂化率を達成できた。従来構造との違いを Fig. 6、7 に示す。

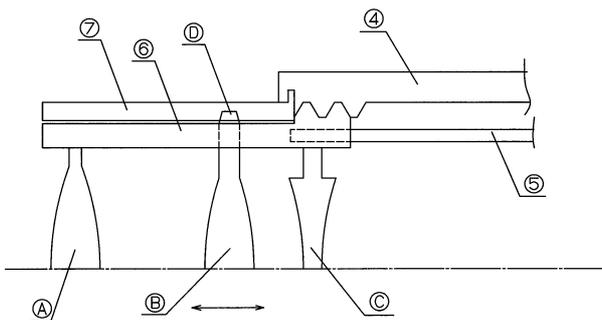


Fig.6 3群2段沈胴構造の第2レンズ群の駆動方法

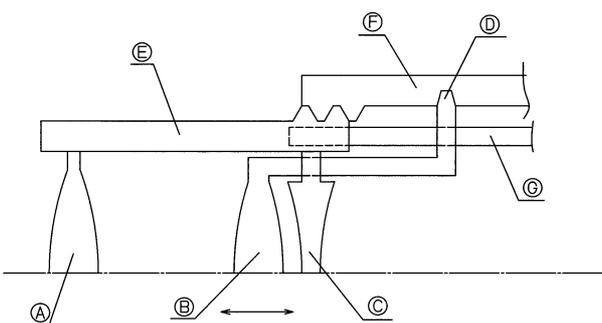


Fig.7 3群3段沈胴構造の第2レンズ群の駆動方法

#### Fig. 6、7中の記号の説明

- A：第1レンズ群      E：前筒  
B：第2レンズ群      F：カム筒  
C：第3レンズ群      G：直進ガイド環  
D：カム

番号のものは Fig. 5 に準じる。

#### 4. 2 開発における課題2

4. 1 で説明した構造で3群からなるレンズ群を第3段目に全部配置する構造を開発することが出来た。しかしながら、3群のレンズ群を1つの鏡筒に収めてかつ、レンズ群に所望の移動をさせることは、3群構成の各レンズ群が、小型かつ高い変倍比を実現するために、WIDE時には第1レンズ群と第2レンズ群が接近し TELE時には第2レンズ群と第3レンズ群が接近する光学タイプのため、従来機種並の部品の大きさでは部品同士が衝突してしまうという課題があった。とりわけ、第3レンズ(第2群最前方のレンズ)の押え環の部品は大幅な小型化が必須であった。ここで使われるタイプの押え環は従来機種ではネジ込み式の押え環が採用されていたが、今回の機種では3ヶ所設けたツメでレンズ枠に固定する方法に変更し小型化を実現した。さらに従来機種で実績のある材料でこのサイズの部品を成型すると部品の強度と精度が維持できない可能性が高かったので、第3レンズ押え環の材料を薄肉成型に適した材料に変更し更なる小型化を図った。結果、従来より0.35mm薄肉化を図り第1レンズ群との衝突を回避した。

結果目標サイズ内にレンズを配置することが出来、当初の予定のサイズで鏡筒を構成することが出来た。

#### 5 まとめ

3群3段沈胴4倍ズームレンズの開発における光学設計および鏡筒設計の概要を報告した。

コンパクト、低コスト、および高変倍を両立させたズームレンズの開発には、ここで紹介した以外にも様々な技術の進歩が必要不可欠であった。特にプラスチックレンズを多用した設計は、設計技術の進歩に加え、高度なプラスチックレンズ成形技術があって初めて可能となったものである。

今後も、さらなる技術開発を通して、より魅力的なレンズの開発を進めたい。

#### ●参考文献

- 1) 佐藤正江、山口進、平山博士、徳弘節夫、Konica Tech.Rep.,15,(2002)
- 2) 山口進 特開2000-258689号公報
- 3) 国定幸雄、Konica Tech.Rep.,15,(2002)