

# プラスチックレンズを多用したLS カメラレンズユニットの開発

Development of Compact Camera Lens Unit Incorporating with Plastic Lenses

山口 進\*  
Yamaguchi, Susumu

福島 章介\*\*  
Fukushima, Shosuke

Recently, high magnification ratio, compactness, and cost reduction are strongly required for a zoom lens of compact camera. In order to satisfy such requirements, we have developed compact zoom lens units incorporating with highly precise aspherical plastic lenses. This report explains the fundamental technology to produce these compact lens units, mainly, optical design technology, production and assembly technology of highly precise plastic lenses and other parts.

## 1 はじめに

当社オプト事業部では長年にわたり、LS (Lens-shutter) カメラ用途に魅力的なレンズを開発し供給してきている。近年、LS カメラ用ズームレンズには高変倍化、コンパクト化、および低コスト化が強く求められているが、当社ではこの要求に応えるため、非球面プラスチックレンズを多用化する方向で取り組んできている。プラスチックレンズは非球面を多用し魅力的な仕様を実現するためには不可欠な素子であるが、ガラスレンズに比べ温湿度変化による特性変化(屈折率変化や線膨張)が大きく、レンズユニット安定生産のためには、設計から生産の過程で様々な要素技術が必要となる。細分すると、光学設計・鏡枠構造設計技術、プラスチックレンズ超高精度金型製作技術、プラスチックレンズおよび鏡枠成形技術、組立て技術等の多岐にわたる。本稿では、要素技術の中でも光学設計技術とプラスチックレンズに関連する高精度部品の生産技術、組立て技術にポイントを絞って紹介する。

## 2 光学設計

### 2.1 LS カメラ用ズームレンズ

変倍比が3倍クラスまでのLS カメラ用ズームレンズとしては、正の焦点距離の前群と負の焦点距離の後群からなる、いわゆるテレフォトタイプの2群ズームレンズが主流となっている。ここ数年当社では、光学系の高性能化、コンパクト化、および低コスト化を達成するため、高精度非球面プラスチックレンズを用いたレンズ構成枚数の少ない(5~6枚)2群ズームレンズを製品化してきている。

### 2.2 代表的なズームレンズの仕様

当社の開発したLSズームレンズの代表的なものとしてType-1<sup>1)</sup>、Type-2の仕様をTable 1に、Type-1の広角端におけるレンズ断面図をFig.1に示す。Fig.1中斜線を施したレンズが非球面プラスチックレンズである。また、5枚構成のType-2は変倍比が2倍以下ということもあり、L3を単レンズで構成している。

Table 1 Specification of LS zoom lens

	Type-1	Type-2
焦点距離 f (mm)	39.1~106.7	35.8~68.2
F No.	3.7~10.1	5.3~10.0
面角(度)	28.0~11.4	30.3~17.6
レンズ枚数	6 (G4P2)	5 (G3P2)

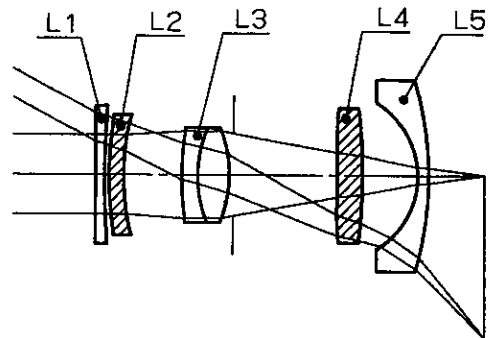


Fig.1 Cross-sectional drawing of Type-1

### 2.3 光学設計における非球面レンズの役割

非球面レンズは中心から周辺にかけて曲率を連続的に変化させることができるため、球面だけの光学系にくらべ設計の自由度が多くなり、レンズ構成枚数の削減が可能となる。さらに光学プラスチックを材料とする非球面レンズは、射出成形により製造されるため大量生産に適

\* オプト事業部光学開発センター  
\*\* コニカ(大連)有限公司

しており、LSレンズにおける高性能化、コンパクト化、および低コスト化を達成するため、必要不可欠な素子となっている。

Type-1、Type-2における具体的な非球面の作用を以下に説明する。L2は中心から周辺にかけて発散性の非球面を持たせ、L3で発生する球面収差および非点収差を補正している。L4は、特に広角端において軸上の光束と軸外光束の通過高さに差があるため、非球面を用いることで軸上の光学性能に影響を与えることなく軸外収差を補正することが出来る。特に、広角端における糸巻き型の歪曲収差の補正に効果がある。参考としてType-1の広角端および望遠端におけるMTF (Modulation Transfer Function) をFig.2に示す。

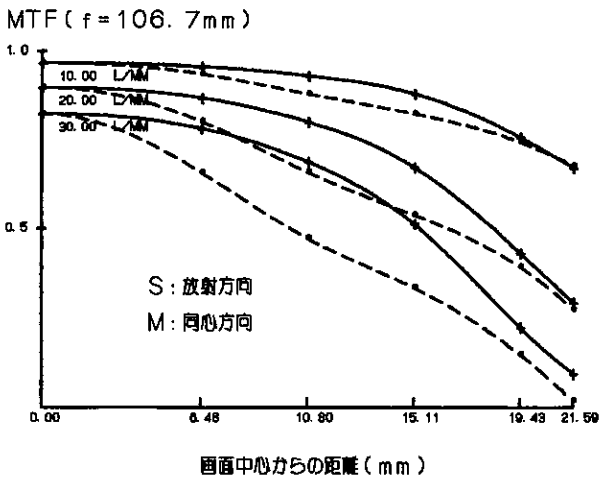
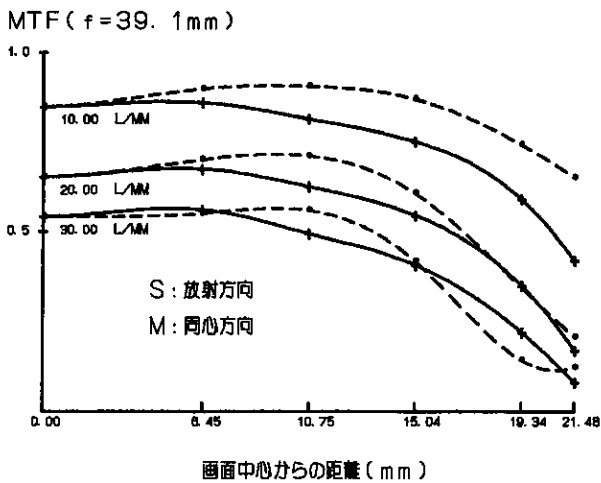


Fig.2 Modulation transfer function of Type-1

## 2.4 温度補償

プラスチックを用いた撮影光学系では、温湿度変化によるピント位置の変動をできるだけ小さく抑えることが重要である。その対策のため、L2を光学的にノンパワーのレンズ(焦点距離 $\infty$ )とし、L4の正のパワーを強めず

ぎることなく最適化設計を行っている。これにより変倍比の大きいType-1の望遠端においても、温湿度変化によるピント変動を問題のない値に収めることができた。

## 2.5 誤差感度および製造上の留意点

レンズの低コスト化を達成するには、レンズの量産性に対する配慮が不可欠となる。一般に非球面レンズを用い光学系を構成するレンズ枚数を削減した場合は、各レンズ面のパワーが強くなり、誤差感度が大きくなりがちである。また高変倍のLSズームレンズの望遠端においては、前群内のレンズの面精度や偏芯による誤差が、後群により大きく拡大されるため、製造上の要求精度が非常に厳しくなる。Fig.1のようなレンズ構成では、特にL2プラスチックレンズの面精度および偏芯には十分な注意を要する。具体的には、L2の面精度の誤差は球面収差の劣化につながり、中心解像力およびコントラストが低下する。またL2の偏芯は中心性能の劣化に加え、像面の傾きが発生し、いわゆる片ボケの状態となる。

参考として、Type-1、Type-2それぞれの望遠端において、各レンズが単独で偏芯(光軸垂直方向のシフトおよびティルト)した場合の誤差感度をTable 2に示す。この表より、特にレンズシフト時の誤差感度はType-1のような高変倍なレンズほど大きく、さらに前群を構成するL2~L3間の偏芯には最も注意すべきであるということが理解できる。光学設計においては、各面のパワーや非球面量の適正配分を行い、誤差感度を最小限に抑えている。

Table 2 Sensitivity of centering error

レンズシフト (光軸垂直方向) : 0.1mm

Lens	Type-1 ( f=106.7mm )		Type-2 ( f=68.2mm )	
	$\Delta SA$	$\Delta M$	$\Delta SA$	$\Delta M$
L1	0.0	0.0	0.0	0.0
L2*	2.4	1.7	1.5	2.1
L3	2.3	1.5	1.4	1.8
L4*	1.2	0.5	0.6	0.3
L5	1.2	0.5	0.6	0.4

レンズティルト : 10'

Lens	Type-1 ( f=106.7mm )		Type-2 ( f=68.2mm )	
	$\Delta SA$	$\Delta M$	$\Delta SA$	$\Delta M$
L1	0.0	0.1	0.0	0.1
L2*	0.1	0.0	0.1	0.0
L3	0.7	0.5	0.3	0.5
L4*	0.1	0.0	0.1	0.1
L5	0.4	0.3	0.2	0.2

\*印は非球面プラスチックレンズ

$\Delta SA$  : 球面収差変化量(mm)

$\Delta M$  : 70%像高でのメリジонаル像面変化量(mm)

### 3 生産技術

Fig.3に代表的なLSレンズユニットの鏡枠構造を示す。鏡枠はすべてプラスチック製である。以下に具体的な非球面プラスチックレンズの要求精度、および実現手段を説明する。

#### 3.1 プラスチックレンズと金型製作技術

2.5項で述べたように、非球面プラスチックレンズ素子の製作では非常に厳しい精度を実現する必要がある。その対応技術のいくつかを以下に示す。

##### (1) R誤差や非球面誤差の抑制

光ディスクレンズで培われた高精度加工技術を金型コア製作に活用し、成形後の面精度を実現している。S1（物体側面）S2（像側面）ともに、サブミクロンレベルでコアの非球面形状加工を行っている。

##### (2) S1、S2の面シフト誤差の抑制

金型の概略構造はFig.4のような構成となる。面シフト誤差を極小にするには、S1側の固定側スリーブおよび固定側コアにおいて、S1の光軸と固定側コア嵌合径の同軸度を、またS2の可動側スリーブおよび可動側コアにおいては、S2の光軸と可動側コア嵌合径との同軸度を極限まで追求するとともに、成形加工のため、可動側スリーブと可動側コアの摺動可能なクリアランスを確保する必要がある。各要素の積み重ね誤差を抑制し必要な精度を確保するには、機械による加工精度の限界を超え、時には手仕上げ研磨も必要となる。

##### (3) 多数個取りの外径キャピ間差の抑制

上記(2)項の精度確保に加え、成形によるメリットを最大限引き出すには多数個取りが必要である。この場合、鏡枠との嵌合クリアランスを一定以内に確保するには、成形プラスチックレンズの外径キャピ間差を最小にする必要があり、成形レンズ外径の測定後、可動側スリーブの外径構成部の合わせ込み修正が必要となる。実際にはトライアンドエラーを繰り返しながら、多数個取りのキャピ間差を許容範囲内としている。

#### 3.2 鏡枠精度と材料

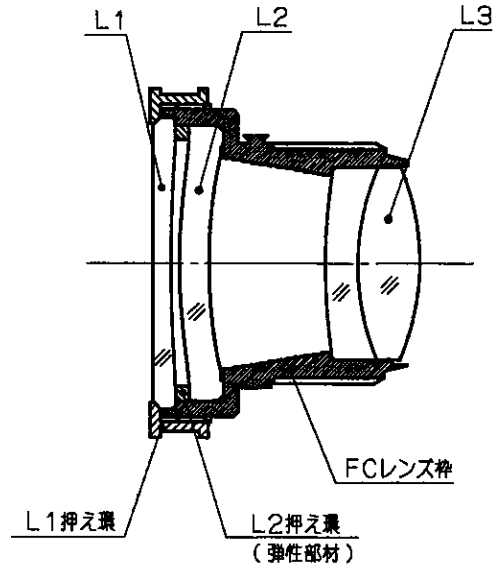
プラスチックレンズが含まれている光学系の鏡枠を開発する場合、プラスチック素材の環境特性と、光学設計上の偏芯感度のバランスをどうとるかが重要となる。以下に鏡枠設計上の対策例を示す。

(1) 鏡枠材料としては、プラスチックレンズ素材と同材料、または温湿度変化による線膨張係数が同等の材料を選択した。

(2) レンズの光軸垂直方向のシフト誤差を最小とするため、プラスチックレンズ外径と鏡枠の嵌合内径とのクリアランスに許容可能な最小値を設定した。金型製作に工夫をし、現合に近い状態を達成させ、

Fig.3のL2、L3の嵌合径どうしのシフトやティルトについても、成形部品の寸法測定を金型製作と修正に反映し、最小限の値とした。

#### FCLレンズユニット



#### RCLレンズユニット

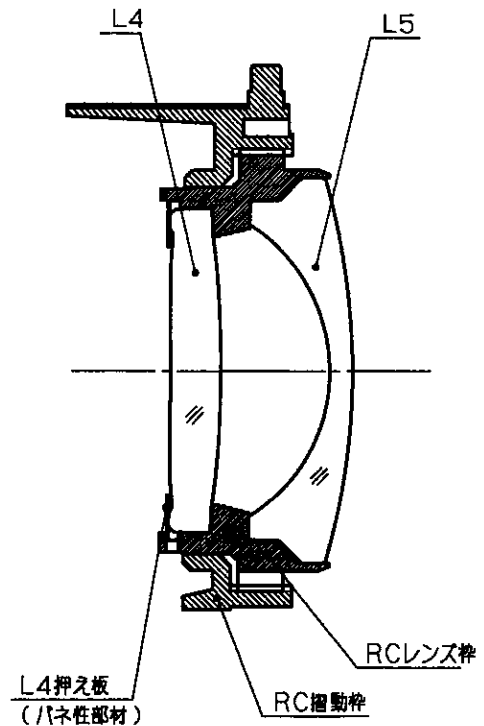


Fig.3 Structure of LS zoom lens barrel

して、より魅力的なLSカメラレンズユニットの開発に貢献して行きたい考えている。

●参考文献

- 1) 山口 進、森 伸芳：特開平 9-90220 号公報

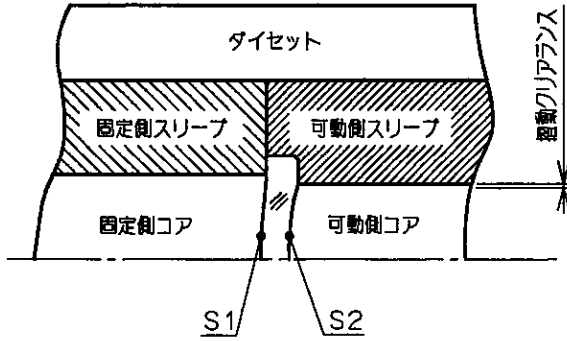


Fig.4 Structure of plastic lens mold

### 3.3 組立て技術とその関連技術

前述のごとく部品単品精度が確保された上で、組立てにて各光学素子を一定精度内に安定して光軸上に並べるのが組立て技術である。保持される光学素子がガラス製であれば比較的容易であるが、プラスチックレンズが含まれている場合は大変困難となる。プラスチックレンズは外力により変形しやすいため、理想的には「無圧力で光軸上にガタなく組込む」ことが望まれる。

- (1) プラスチックレンズにかかる外力を最小限とするため、抑え圧を必要最小限としたバネ性部材、またはゴム材料等の弾性部材で光軸方向に固定し保持している。プラスチックレンズ自体は大変軽量のため、このような保持方法が可能となる。径方向は現合嵌合およびレンズと鏡枠を同質材料とすることで、環境変化時に対する性能維持が可能となる。
- (2) Fig.3のL3、L5は熱加締方法を採用している。機種によってはL1も同様である。この採用で、低コスト化および光学性能に影響を及ぼさず組立てばらつきの極小化が可能となる。熱加締の条件出しには、加締ホーン形状、枠形状、温度、圧力、時間他の各要素の最適化が必要である。これによりレンズの歪みを避け、十分な光学性能および信頼性を達成している。

## 4 まとめ

非球面プラスチックレンズを多用したLSカメラレンズユニットの光学設計、プラスチックレンズに関連する高精度部品の生産技術、組立て技術の概要を報告した。

本稿では触れなかったが、ガラスレンズ加工、プラスチックレンズコーティング技術、ユニットレンズの高精度なズミングおよびフォーカシング機構の開発、さらには生産展開のための地道な製造技術開発によって、非球面プラスチックレンズを多用したLSレンズユニットの開発が実現できている。今後もさらなる技術開発を通