

DSC用プラスチックレンズ多用ズームレンズの開発

Development of a DSC Zoom Lens Unit Employing Plastic Lens Elements

伊藤 彰彦*
Ito, Akihiko

廣瀬 卓万*
Hirose, Takuma



要旨

デジタルスチルカメラ（DSC）の市場の拡大に伴う、DSC用ズームレンズの生産量増加および量産開始時の急激な立ち上げに対応するため、非球面レンズの中でも最も生産性が高く、また自社が生産を得意とするプラスチックレンズ（PL）を多用したDSC用沈胴式ズームレンズユニットを開発した。PLの特徴として、生産性が良く大量生産向きである一方、硬度が低い、高屈折率の材料が無い、環境変化による特性の変化が大きい等、克服すべき課題も多い。製品化にあたり、光学設計および機構設計の両面から、PLを多用することにより発生した課題とその解決方法について報告する。

Abstract

The production of zoom lenses for digital still cameras (DSCs) has increased with DSC market expansion, and in response we have developed a DSC zoom lens unit that employs several plastic lens (PL) elements. In the manufacture of aspheric lens elements, PL elements enjoy the highest productivity; they are suitable for mass production, and Konica Minolta is highly skilled in their manufacture. Still, PL elements do present difficulties, including a lack of hardness, the nonexistence of high-refraction materials, and an elevated sensitivity to temperature and humidity. However, as reported here, these drawbacks can be overcome by innovations of optical and mechanical design so that the benefits of PL elements in DSCs can be exploited.

*コニカミノルタオプト(株) U&Sソリューション事業本部
オプティカルユニット事業部 OM事業ユニット

1 はじめに

最近のDSC用ズームレンズは高解像度と小型化をより一層要求され、複数の非球面レンズの使用が不可欠である。このため、ハイブリッドレンズ（HB）と呼ばれるガラス球面上に薄いプラスチック層を形成させた複合非球面レンズやガラスモールドレンズ（GM）を用いるが、加工メーカーの少ないHBや、大規模な設備の必要なGMは生産日程および数量を達成するにあたり障害の1つとなっている。一方、もう1つの手段であるプラスチックレンズ（PL）は、生産性に優れ、自社の得意とする分野であるが、HBおよびGMの置き換えに関しては光学設計および機構設計の課題も多い。今回、非球面レンズを全てPLに置き換えた、DSC用沈胴型PL多用ズームレンズユニットの開発について報告する。

2 光学設計

2.1 3群ズームレンズのレンズ構成

変倍比が3倍クラスのDSC用ズームレンズには、変倍時のピント補正を担う負の第1群、変倍を担う正の第2群、フォーカシングを担う正の第3群から成る、負群先行の3群ズームレンズがよく用いられる。当社で製品化されている上記構成のズームレンズ（以下、従来タイプ）では、ガラスレンズ（GL）4枚、HB1枚、GM1枚、PL1枚により構成されている。

HBは第1レンズ、GMは第7レンズにそれぞれ配置さ

れている。第1レンズをHBとすることでGMよりも屈折率の高い硝材を選択することが可能となり、このレンズで発生する歪曲収差や非点収差の補正も行える。また第7レンズをGMとすることで歪曲収差の補正を行っている。

Fig. 1 に従来タイプの断面図を示す。

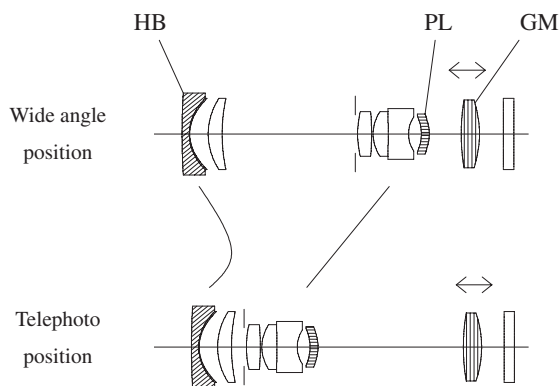


Fig.1 Schematic cross-section of conventional zoom lens

このようにHBやGMは光学設計の上では自由度を高めるメリットがあるが、一方で部品コストが高く、また数量変動への対応が難しいというデメリットがあった。そこで我々は、HB/GMをPLに置き換え、かつPLの枚数比率を増やした、GL 3枚、PL 4枚により構成される新規ズームレンズを開発した。

2. 2 レンズのプラスチック化での課題と対応

PLを使用した場合に課題となるのが以下の2点である。

① 温度変化時のピントずれ

一般にPLは温度変化時に形状及び屈折率が変わるため、PLにある程度の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、本ズームレンズでは第1レンズに隣接する正のパワーを持つ第2レンズもPLとすることで、全体としてPLの合成パワーを小さくし、負レンズ（第1レンズ）、正レンズ（第2レンズ）それぞれの温度変化時の焦点距離変化を相殺させることで、温度変化時のピントずれを許容できるレベルまで低減した。

第2レンズ群（第6レンズ）、第3レンズ群（第7レンズ）にもPLを使用しているが、レンズとしての屈折力が小さいことや、また通過する軸上光線の高さが低いために、温度変化による屈折率変化やレンズ形状変化が生じても、結像位置の変動は小さい。

② 低屈折率

一般に、小型のレンズ系を得ようとした場合には、高屈折率材料を用いるのが有効である。しかしながら、光学材料として使用可能なプラスチック素材は数種に限られており、ガラス素材を用いた場合よりも低屈折率の材

料を選択せざるを得ない。したがって、PLを多用しようとすると、レンズ系の大型化を招きやすく、さらに収差補正も難しいという問題が発生する。

本ズームレンズでは、非球面を効果的に配置することにより、従来タイプと比較しても同等レベルの光学全長と収差の補正を達成することができた。

しかし、屈折率の低いPLはGLと同じような屈折力を得ようとする、レンズ各面のパワーを強くする必要があり、各面の収差補正の負担が大きくなる。その結果、第1レンズ群内の各レンズの偏芯誤差感度が従来タイプに比べ高まった。そこで、本ズームレンズでは、各PLの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つつ、各PLを両面非球面にすることで非球面量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まで低減させることが出来た。

2. 3 仕様と結像性能

以上のようにして設計したズームレンズの仕様をTable 1 に示す。また結像性能として、Fig. 2 にMTF(波動光学)図を示す。図中の160lp/mmは約1400TV本に相当し、画面

Table 1 Specifications of PL element zoom lens for DSCs

CCD:	1/2.5 inches, 6 megapixels
Focal length:	6.3~18.9mm (38.0~114mm equivalent in 35mm film)
F number:	3.1~5.4
Lens configuration:	7 elements in 6 groups
Focusing range:	0.4m~∞(wide-angle position): 0.06m~∞ measured from front lens)

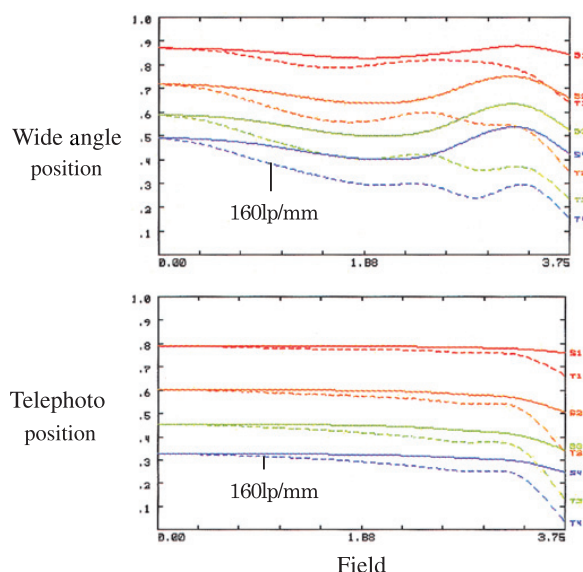


Fig.2 MTF values of PL element zoom lens at infinity

周辺にいたるまで高画素CCD対応レンズとして十分な性能が確保されていることがわかる。

本ズームレンズの断面図を示す (Fig. 3)

従来タイプと比べ、第1レンズ、第7レンズをHB/GMからPLに置き換え、かつ第2レンズもGLからPLに置き換えることでレンズ構成枚中にPLを4枚と、レンズ構成枚数(7枚)を変えずにPLのレンズ枚数を増やすことを達成した。

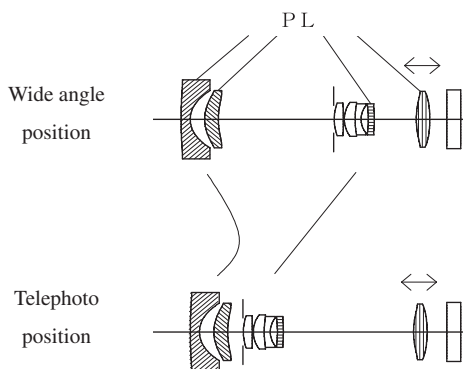


Fig.3 Schematic cross-section of PL element zoom lens

3 PL化における機構設計課題

前章において、光学設計としては、解像性能、誤差感度等において従来ズームレンズとほぼ同等レベルを達成し、量産可能であることを述べた。しかし、機構設計においても、いくつかのPL多用光学系特有の課題を解決する必要がある。今回は、第1レンズおよび第2レンズの2枚によって構成される第1レンズ群におけるPL化の課題とその解決法について、以下に説明する。

3.1 第1レンズ面の保護

プラスチックは、ガラスと比較し、表面硬度が低いという弱点があるが、本ズームレンズでは、自社開発のPL用ハードコートを採用することにより実用上問題無いレベルを確保した。しかし、レンズカバーが閉じている状態であっても、その上から誤って指等で押された場合、レンズカバーが撓んで第1レンズに接触し、光学面を傷付けることが懸念される。このため、Fig. 4 に示すように、第1レンズ群のレンズ押さえ枠をレンズカバーの受けとすることで、通常使用で想定される荷重を受けても光学面に接触しないようにした。レンズカバーは板状の樹脂成形部品であるため、外力に対して変形しやすい。特に今回は鏡胴の薄型化を目標としているため、レンズカバーの厚みも樹脂材料としては弊社製品において過去最薄としている。このため、強度解析および試作での検討を十分に行うことにより、レンズ押さえ枠の内径および受け部の高さの最適値を割り出した。

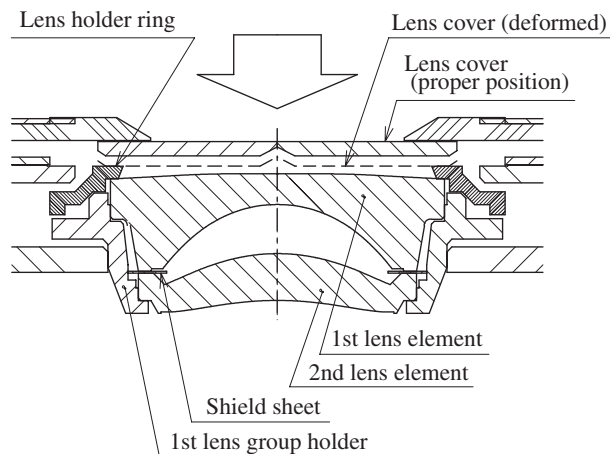


Fig.4 Cross-section of 1st lens group of PL element zoom lens

3.2 第1レンズ群における光学性能の確保

(光軸ズレおよび面歪みによる解像劣化対策)

解像劣化の主要原因として挙げられるのが光軸ズレおよび光学面の面歪みである。

生産工程で発生する解像力不良において高い割合を占めるのが、撮影画像内の中心から対角線方向に離れた周辺4方向の解像力がばらつくいわゆる片ボケであるが、その原因のひとつとして、第1レンズと第2レンズの光軸ズレが挙げられる。本ズームレンズの場合、同軸度確保のため、Fig. 4 に示すように、レンズ枠を第1レンズと第2レンズを遮光シートを挟んで同じ方向から組み込む形状とした。これには、樹脂成形部品であるレンズ枠の金型加工において、二つのレンズ嵌合径部を一体部品として一時に加工できるため、同軸度を出しやすく、また、可動側と固定側の金型の合わせという誤差要因が排除できるという利点がある。同一の組込方向とした場合のデメリットは、レンズ間隔が安定せず、このため焦点距離およびバックフォーカスがばらつきやすくなることであるが、樹脂製のレンズ押さえ枠が適度な荷重でレンズを押えることにより、このばらつきを解決した。この部品は前述のレンズバリアの受けの機能も兼ねている。

PLの固定は、その方法によっては変形が発生し、面精度が悪化して解像力が低下するため、注意を要する。レンズの固定方法としては、一般的には熱カシメ、接着等が用いられる。高温で樹脂枠を変形させてレンズを押さえる熱カシメは、その熱がPLに悪影響を与える懸念がある。また、接着については、硬化時の体積変化によりPLに応力が発生し、やはり同様にPLの変形が懸念される。樹脂製のレンズ押さえ枠により固定する方式の採用については、部品のたわみを利用し、適度な荷重でPLを押さえることで、PLの変形による解像力の低下を防止できるという点をも考慮している。

当初、第1レンズ群組込み時に、第1レンズと第2レンズの光軸合わせの個別調整を行う、いわゆる調芯工程

導入の計画もあったが、結果的には、上記施策を含め光学性能を確保するための工夫を折り込むことにより、調芯は不要となり、量産時の画像力検査における直行率は、高水準を保っている。

3.3 第1レンズ群の薄型化

第1レンズと第2レンズを、同じ方向から組み込んだ場合、第1レンズ群の厚みが増すという問題が発生する。理由は、Fig. 5の左図に示すように、レンズ枠の、第2レンズのフランジ受け部が第3レンズ側に突出するためである。本ズームレンズでは、第2レンズのフランジ形状に着目し、Fig. 5の右図に示すように、フランジ部のみを逆に第1レンズ側に突出させることにより第1レンズ群の厚み増加を回避した。PLの面精度を確保するためには、樹脂の流動を良好にする必要がある。樹脂は、ゲート→フランジ→光学面へと流動するため、フランジ形状は光学面と連続して樹脂流路に障害物の無い形状が望ましい。今回のような形状では、当初、凸面側のフランジと光学面の境界が、角度のきついV字形状で樹脂流動の妨げとなっていたため、必要な面精度が得られない懸念があった。このため、流動解析と、光学設計に立ち戻り非球面形状再検討とを繰り返し、成形性と光学性能の両立を図り、最適形状を得た。

ちなみに、第1レンズに関しても、偏肉比（最薄部と最厚部の比率）が3以上であり、面精度および外観品位を達成する上で非常に難易度の高い形状であったが、イジェクター、ゲート形状の工夫等、自社に蓄積された金型・成形技術の活用および試作検討を実施することにより課題を解決した。

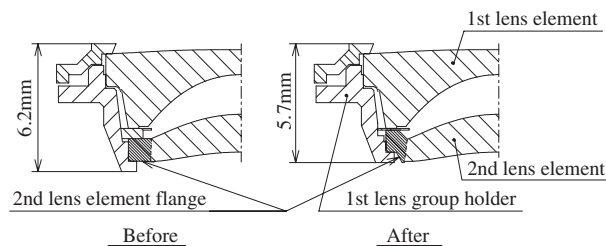


Fig.5 Reorientation of 1st lens group, 2nd lens element flange of PL element zoom lens

4 機構

鏡胴構造は2段沈胴方式である。鏡胴設計を行うにあたり、小型化を重点目標のひとつとした。近年のデジタルカメラにおける薄型化の傾向を考慮し、小径化よりも薄型化を優先させて機構設計を行った。弊社の1/2.5インチ3倍ズーム最薄機種厚み22.8mmに対し、20mm以下を目標として設定した。PL多用光学系であるために、PLの特徴であるレンズ厚肉化とフランジ厚みの制約が薄型化には不利ではあるが、PL形状の樹脂成形限界への挑戦

や機構部品の薄肉化、各部品間のクリアランスの見直し等を行った結果、沈胴時19.7mmの厚みを実現した。沈胴時の鏡胴サイズはH53.25mm×W43.1mm×D19.7mmである。Fig. 6に主要な外形寸法を、Fig. 7に鏡胴断面図を示す。

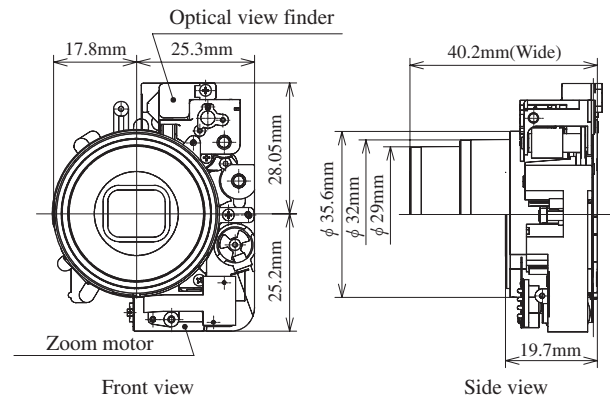


Fig.6 Exterior dimensions of PL element zoom lens

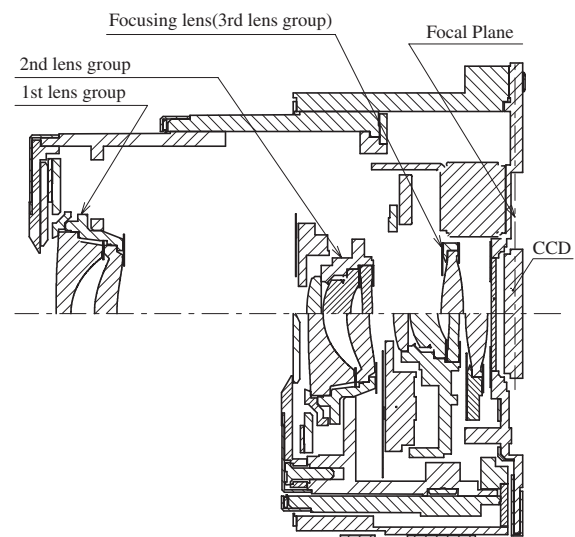


Fig.7 Cross-section of PL element zoom lens

5 まとめ

今回、PL多用ズームレンズの開発において、本稿で説明した課題、およびその他のPL多用により発生した課題を解決し、HB/GM使用と同等の光学性能および小型化を達成した。

今後も、性能、コスト、小型化等を追求し、競争力の高いレンズユニットの開発を行っていきたい。

●参考文献

- 1) 山下敦司, 沼口貴幸, 大塚勝巳
Konica Tech. Rep., Vol. 16, (2003)
- 2) 石母田勲, 野辺晋亮 Konica Tech. Rep., Vol. 16, (2003)