

# DSC用コンパクトズームレンズユニットの開発

The Development of a Compact Zoom Lens Unit for DSC

山下 敦司\*      沼口 貴幸\*\*      大塚 勝巳\*\*\*  
Yamashita, Atsushi      Numaguchi, Takayuki      Ohtsuka, Katsumi

While 3M-pixel CCDs are now typical in consumer grade digital still cameras (DSCs), ever-higher pixel counts are in demand by users and thus in development by manufacturers. This places escalating demands on lens design and technique of fabrication, for the higher the CCD pixel count, the greater the susceptibility of the lens unit to fabrication error. However, through a unique lens-adjusting technique and parts layout, we have developed a 3x zoom lens unit of the smallest size whose high-resolution performance is well-suited to DSCs with CCD pixel counts of 3M-, 4M-, 5M-pixels.



## 1 はじめに

近年、デジタルスチルカメラ（DSC）市場では300万画素クラスの商品が標準となりつつあるが、依然として更なる高画素化が望まれており、各メーカーで研究、開発が進められている。高画素になるにつれてレンズユニットに要求される性能は厳しくなり、光学設計、機構設計ともに今まで以上の高精度化が不可欠となる。

本レンズユニットは3倍ズームで世界最小クラスのカメラ用に開発され、現在300万画素、400万画素、500万画素のDSC（KD-310Z、KD-400Z、KD-500Z）用として市場に投入されている。

本稿では高画素、かつコンパクト化を達成したレンズユニットの光学設計と機構設計の特徴について報告する。

## 2 光学設計

本ズームレンズは、コンパクト化を目指しかつ変倍比が3である事を考慮し、負群先行3群ズームタイプを採用した。このレンズタイプは従来から、コンパクトで3

倍程度までのDSCによく用いられており、変倍時のピン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。

Fig. 1 に本ズームレンズの断面図を示す。

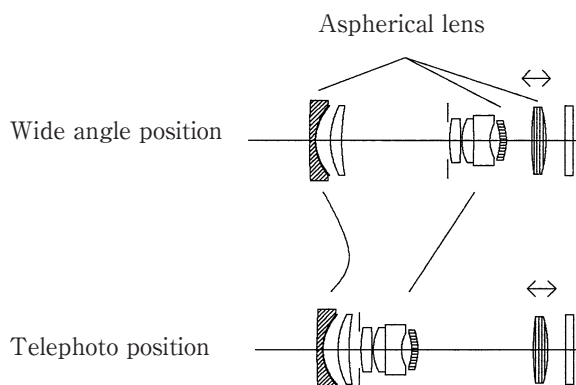


Fig.1 Cross section view of the zoom lens

### 2. 1 収差補正

本ズームレンズでは、コンパクトかつ良好な光学性能を得るために非球面を4面使用しており、第1レンズにはガラス球面上に薄い非球面プラスチック層を形成させた複合非球面レンズを、第6レンズにはプラスチック両面非球面レンズを、第7レンズにはガラスモールド非球面レンズを、それぞれ採用した。

第1レンズを複合非球面レンズとすることで、ガラスモールドレンズより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等を小さく抑えることが出来た。

また、第6レンズにプラスチック非球面レンズを用いることにより、ここで発生する非点収差等を良好に補正することが可能となった。また、このプラスチックレンズのパワーを小さくすることにより、温度変化時のピンント移動量を抑制することが出来る。さらにレンズのプラスチック化は、ガラスレンズ使用時に比べ、レンズの軽

\* 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  
\*\*\* OPT & EM カンパニー オプト事業部 IC 事業ユニット

量化、コストダウンを可能にした。

さらに、第7レンズにガラスモールド非球面レンズを用いることにより、歪曲収差等を良好に補正することが出来る。ペッツバル和を小さくするためにこのレンズの屈折率はある程度高いことが望ましい。この条件を満たすのにプラスチックレンズでは屈折率が低いため、複合非球面レンズかガラスモールドレンズということになるが、本ズームレンズでは面形状誤差を比較的小さく抑えることが可能なガラスモールドレンズを採用した。

## 2. 2 誤差感度対策

コンパクトかつ高画素CCD対応のDSC用ズームレンズでは、製造誤差による性能劣化が大きくなる傾向にあるため、誤差感度は極力抑えておく必要がある。

### 2. 2. 1 面形状誤差感度対策

このタイプのレンズでは、第2群の物体側に絞りが設けられており、球面収差やコマ収差補正のためその絞り直後のレンズに非球面が用いられていることが多いが、その非球面がモールド成形によるものの場合、面形状誤差(面のうねり誤差)が生じる。本ズームレンズでは、この誤差により光学性能が大きく劣化することがシミュレーションから判明した。このうねり誤差を抑制するため、本ズームレンズでは絞り直後のレンズを研磨加工によるガラス球面レンズとした。

### 2. 2. 2 偏芯誤差感度対策

後述するように、本ズームレンズでは群間の偏芯感度を小さくし、第2群内の偏芯感度の高いレンズを調芯することで量産の歩留まりを維持しているが、感度が高すぎると調芯作業に支障をきたし、量産効率が悪くなってしまふ。そこで、第2群内のレンズの偏芯感度を低減させる対策を講じた。

第2群内では第3レンズと第6レンズによる偏芯感度が高いが、第3レンズのパワーが大きくなり過ぎたり第6レンズの非球面量が多くなり過ぎたりしないよう制御することにより、両レンズの偏芯感度を小さくすることが出来た。

## 2. 3 仕様と結像性能

以上のようにして設計され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図を示す。図中の空間周波数120 [lp/mm] は約1200TV

Table1 Specifications

|                    |   |
|--------------------|---|
| CCD                | 1/1.8 inches 3M, 4M, 5M-pixel                                   |
| Focal length       | 8.0~24.0mm (39~117mm equivalent in 35mm film)                   |
| F number           | 2.8~4.9   |
| Lens configuration | 7 elements in 6 groups  |
| Focusing range     | 0.5m~∞<br>(wide-angle position:0.1m~∞ measured from front lens) |

本に相当し、高画素CCDに十分対応出来る性能を保持していることが分かる。

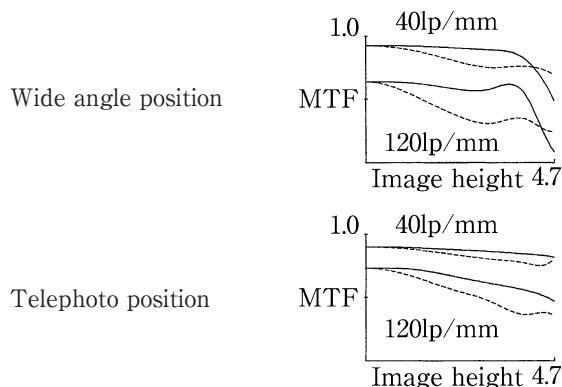


Fig.2 MTF of the zoom lens at infinity

## 3 光学性能向上対策

### 3. 1 偏芯誤差低減対策

一般に、高画素対応のレンズユニットでは各レンズ群間、及び群内における偏芯感度などの誤差感度が高く、高画素に耐える光学性能を得るためには各レンズ、及びレンズ枠、駆動機構などの部品に至るまで従来機種以上の高精度を要求され、時には樹脂成形品でマイクロオーダーの精度を必要とすることがある。しかしながら部品の精度には限界があり、量産においてその精度を維持、管理するのは極めて困難である。

そこで本レンズユニットでは各レンズ群間と群内の偏芯感度双方を抑えつつ、第2群内の偏芯感度の比重を高くし、その偏芯誤差をコニカ独自の調芯技術により低減させ、光学系全体の良好な光学性能を得ることに成功した。Fig. 3に本レンズユニットの主なレンズ、及び各レンズ群の偏芯感度をそれぞれ0.1mmシフト時のメリジナル像面変化量として示す。

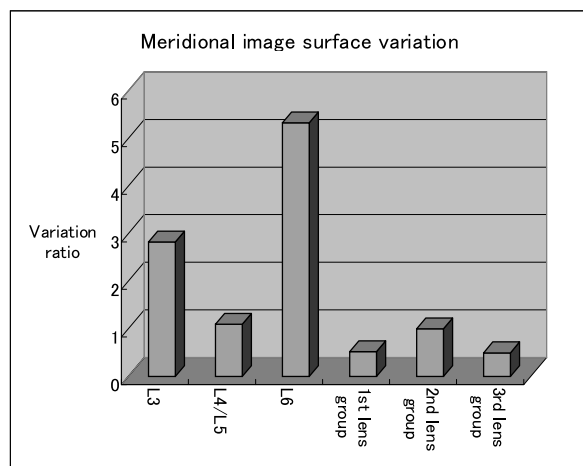


Fig.3 Sensitivity of decentration

また、第1・3群内のレンズ、部品及び駆動機構などの部品についても極めて高い精度が要求されたが、社内外の協力部門、協力会社の部品製作技術、及び管理技術により量産においても高精度を維持しており、調芯された第2群と組合わされることによりユーザーの満足する性能を得ている。

### 3. 2 像面補正対策

本レンズユニットでは各レンズの形状精度が光学性能に与える影響が大きく、特に前述した第2群において第3レンズの面形状誤差、及び第4、5レンズの接合厚の変化によって像面が大きく湾曲し、結果的に被写体の中心に合焦したときの周辺の解像性能が劣化する。

したがって本レンズユニットではレンズ製造工程を改善し、各レンズの形状誤差を極限まで小さくした。また、第4、5レンズについては接合前に単品の中心厚を選別し、さらに接合厚変化による像面湾曲を打ち消すために第1群内に間隔環を設け、良好な光学性能が得られるよう像面補正を行なった。

## 4 レンズ鏡胴サイズのコンパクト化

近年コンパクト化に拍車のかかるデジタルカメラを更に小さくしていくためには、カメラの中で構造上最も大きな体積を占めるレンズ鏡胴ユニットをコンパクト化することが最も近道であり最重要課題である。

本レンズユニットのコンパクト化の目標値は、3倍ズームレンズ鏡胴において世界最小サイズを達成することとした。

### 4. 1 鏡胴厚み方向の短縮

まずカメラとしての携帯性、形の美しさを追求した結果、レンズ鏡胴の薄型化を重点目標とした。鏡胴の沈胴時にできるだけ厚み方向の寸法を小さくできるようにレンズ設計を最適化するとともに、鏡胴構造も全面的に見直した (Fig. 4)。

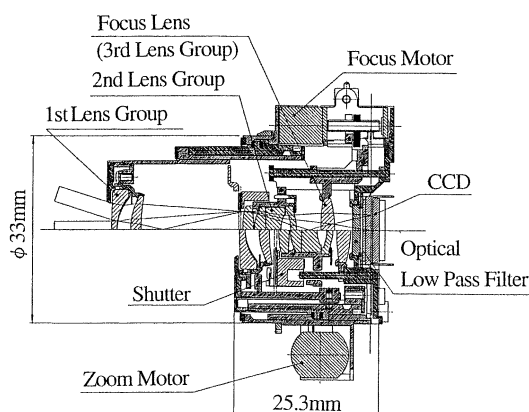


Fig.4 Cross section view of side of lens

赤外カットフィルターに関しては、ローパスフィルター表面にコート処理を施した赤外反射型をコニカとして初めて採用した。採用にあたっては、赤色のゴーストが発生することが当初予想されたが、設計段階の十分なシミュレーションにより特に問題のない位置及び強度であることを確認した。これにより赤外吸収型のフィルターガラスをレンズ系に挿入する必要がなくなりCCD-レンズ間距離を縮めることに成功した。

フォーカスマカをCCD固定枠と一体に支持することにより、ズーム沈胴時のフォーカスレンズ位置を正確に制御することでフォーカスレンズをぎりぎりまでCCDに接近させることを可能とした。

またシャッター構造の最適化を行いズーム沈胴時における1-2群レンズの間隔を短縮した。

レンズ設計面での改善と合わせ、厚み方向の短縮効果は当社従来比で4.5mm程度である。

### 4. 2 鏡胴の小径化

薄型化とともに、体積効率の良い鏡胴の形態を実現したことにより直径方向の小型化も図っている。

沈胴時フォーカスレンズをCCDに接近させることでレンズ全長を短くしたため、フォーカスマーターの可動範囲は従来より大きく必要となった。このフォーカスマーターを従来通り鏡胴内に収納しようとしても、鏡胴が既に短すぎて入るスペースがない。また、フォーカスマーターを外径の大きな1群レンズの脇に置かなくてはならず、そのためにムダに鏡胴が大径化してしまうのを避けられない。様々なレイアウトを検討した結果、鏡胴の外側にモーターを追い出してしまうこと以外に抜本的な解決方法がないことがわかった。

この構成のためには、鏡胴外周部分のレイアウト配分、フォーカス駆動精度の確保、鏡胴駆動ソフトウェアの対応、3群レンズ枠のガイド長の確保等、クリアしなければならない問題が山積していたが、過去に培われたVTR・DSC用レンズ鏡胴と銀塩用レンズ鏡胴の開発ノウハウを最大限に活用することで解決手段を見つけ、鏡胴外のフォーカスマーター配置に成功した。

### 4. 3 世界最小鏡胴の誕生

レンズ全長の短縮と鏡胴構造の改善の結果、鏡胴サイズとしては世界最小を実現した。

これは更にカメラサイズを沈胴式3倍ズーム採用DSCにおいて世界最小とすることに大きく貢献している。

## 5 開発課題の解決

本レンズユニットの開発で特に課題となったのは内面反射及び漏光の低減である。

非常にコンパクトな鏡胴サイズを実現するため一切ムダを省いた今回のような細い鏡胴構造を採用することは、必然的に有効光束の近くに筒状の構造物(反射面)を多数配置することが避けられず、常に内面反射や漏光の危険にさらされることを意味した。当初懸念されたこの問題に対し、以下のような対策を講じた。

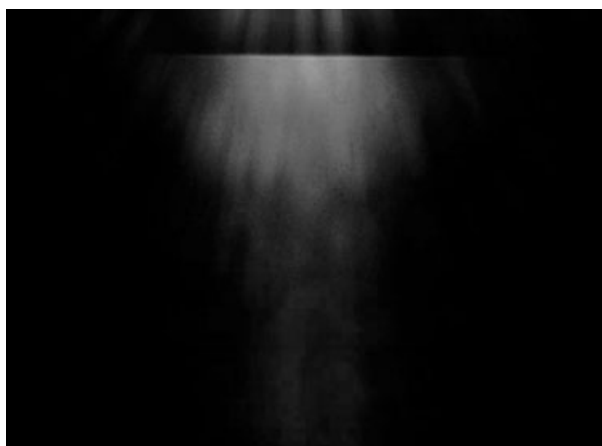
鏡胴内面及びレンズ枠内面の反射にはツヤ消し黒塗装や型アラシを施し反射量を低減させるとともに、可能な場所にはマスクシートを設け反射光のカットを図った。

不要光を防ぐことの難しいシャッター周囲の漏光には、鏡胴内壁に対し可能な限りシャッター外形を接近させることで漏光量を低減させた。

3群レンズ枠のガイドシャフト等、素地で光沢のある金属部品には黒色の表面処理を施した。

これらにより内面反射、漏光の大幅な低減に成功した。

Fig. 5 に内面反射の改善前後の比較写真を示す。



Before Improvement



After Improvement

Fig.5 Improvement of the internal reflection

## 6 生産拠点のグローバル化

レンズユニットのコストダウンはカメラのコストダウンに直結する。したがって本レンズユニットについてもコストダウンが重要課題であり、より生産コストの低い中国での生産を行っている。

中国へ生産工程を展開するにあたり、以下のような項目が課題として挙げられた。

- ・ より高精度なレンズ研磨、及び組立技術の確立
- ・ 円滑な部品輸出
- ・ 治工具設置の工数低減
- ・ 生産数量変動への対応
- ・ 現地スタッフへの技術的教育

上記すべての項目についてすでに対策を施しており、現在では円滑な生産が行われている。

## 7 まとめ

光学設計では、非球面の効果的な配置により高画素に十分対応した光学性能を得ることが出来、さらに面形状誤差や偏芯誤差による性能劣化を小さく抑え、量産性向上に貢献した。また鏡胴設計では部品配置の最適化、部品精度の向上、及び部品同士のクリアランスを最小限にするとともに調芯技術の導入により偏芯誤差の少ないコンパクトなレンズユニットの開発に成功した。

今後は更なる高性能化、コンパクト化を目指すことにより市場競争力を保ち、かつ量産性に優れたレンズユニットの開発を心がけたい。