# VTR 用高変倍ズームレンズの開発

The Development of a High Zoom Ratio Lens for Camcorders

石母田勲\*野道

野 辺 晋 亮\*

Ishimoda, Isao

Nobe, Shinsuke

The ever-smaller camcorders demanded today require ever-smaller zoom lenses. A smaller CCD is an obvious response, but this means overcoming such challenges as image vibration during zooming and the difficulties of manufacturing smaller lens elements. Reported here are the successful optical and mechanical approaches that resulted in a compact low-cost zoom lens with a high zoom ratio.



## 1 はじめに

近年、携帯電話をはじめ、MDプレーヤー、PDA、デジタルスチルカメラ (DSC) などコンパクトで手軽に持ち運びできる製品がユーザーに好まれており、VTR用カメラもまたコンパクトタイプが強く求められている。

コンパクトなカメラを達成するためには、光学系においてはガラスモールドレンズや異常分散レンズ等を使用し、レンズ枚数を軽減することが一般的だが、レンズ自体が高価になってしまうという欠点がある。それに対し、本ズームレンズではプラスチックレンズを効果的に用いることで低コストでありながらコンパクト化を達成している。一方、機構ではアイリス、アクチュエーター、駆動モータ等をバランスよく配置した組立て性のよい箱型鏡胴を採用している。

本稿では低コスト、高変倍、コンパクトを達成した VTR用ズームレンズの光学設計、および機構設計の特徴 について報告する。

# 2 光学設計

### 2. 1 レンズ構成

本ズームレンズは、前方より順に変倍時に固定で正の 屈折力を有した第1レンズ群、変倍時に可動で負の屈折 力を有した第2レンズ群、変倍時に固定で正の屈折力を 有する第3レンズ群、そして変倍時及び物体距離変化に よる像面位置変化の補正のために可動で正の屈折力を有 した第4レンズ群の正群先行4群ズームレンズを採用し ている。正群先行4群ズームレンズは従来からビデオカ メラ用ズームレンズによく用いられており、次のような 特徴がある。

#### ① 変倍比を大きくしやすい

レンズ仕様が低変倍であれば、広角化および前玉径を小さく出来る負群先行タイプが有利であるが、このタイプは一般的に3倍程度が限界である。本ズームレンズ仕様の16倍の変倍比を得るためには正群先行が必須の条件である。

#### ② 変倍によるF値の変化が小さい

負群先行タイプでは、望遠端でのF値が広角端のF値に比べ極端に暗くなってしまう。これに対し正群先行4群ズームレンズタイプでは、望遠端でのF値がほとんど大きくならないため、ズーム全域で十分な光量を確保することが出来る。さらに最近のビデオカメラには静止画撮影機能を搭載したものが増えてきており、望遠端でのF値を出来るだけ小さくすることで手ブレの影響を軽減することが出来る。

Fig. 1 に本ズームレンズの断面図を示す。

59

<sup>\*</sup> OPT & EM カンパニー オプト事業部 OM 事業ユニット

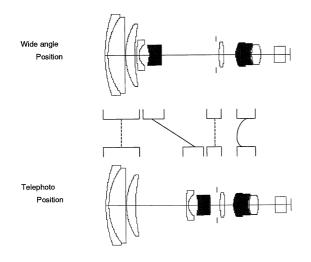


Fig.1 Zoom lens configuration

黒塗りで示したレンズはいずれもプラスチック製非球面レンズである。非球面レンズを4枚使用することでズーム全域での球面収差、コマ収差、非点収差を良好に補正している。また、移動するレンズ群に比較的軽量であるプラスチックレンズを用いることでモータへの負担を軽減することができ、迅速なズーミング、フォーカシングを行うことが出来る。

### 2. 2 レンズ仕様

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、Fig. 2 に MTF 図を示す。 図中の空間周波数 90 [lp/mm] は約330TV本に相当し、VTR用レンズとして周辺に至るまで十分性能が保たれていることが分かる。

Table1 Zoom lens specification

CCD	1/6"CCD	
Focal length	2.7 ~ 43.2mm(39.0 ~ 624.0mm equivalent in 35mm film)	
F number	1.6 ~ 2.3	
Lens elements	10 elements in 7 groups	
Focusing range	$1 \text{m} \sim \infty \text{(wide-angle end:0.01m} \sim \infty \text{)}$ (measured from front lens)	

Table2 1/4"CCD & 1/6"CCD

	1/4"CCD	1/6"CCD
CCD size(H × V) (mm)	3.68 × 2.76	2.42 × 1.81
Pixel size(H × V) (um)	5.05 × 5.55	3.15 × 4.9

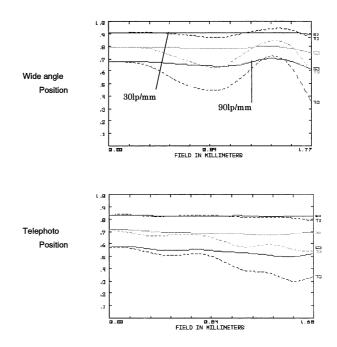


Fig.2 Zoom lens MTF

# 3 CCD 小型化による課題

本ズームレンズでは、CCD に 1/6"CCD を採用している。 Table 2 に開発当時に主流であった 1/4"CCD との比較を示す。

CCD小型化によりレンズ全体もコンパクト化しやすくなるが、逆に画ユレやレンズ加工性、組み立て性等、様々な問題も出てくる。本稿では特に重要であった画ユレ量の軽減について述べる。

## 4 画ユレ

## 4. 1 画ユレとは

画ユレとはズーミング時に生じる現象であり、主に移動中の第2レンズ群の光軸と垂直方向に生じるガタツキが画面のブレとなって現れる現象である。

画ユレ量Gは下記の式で表すことができる。

$$G = \alpha \times \Delta$$

α:画ユレ感度係数

△:第2レンズ群のガタツキ量

画ユレ感度係数 $\alpha$ は、第2レンズ群及びそれ以降のレンズ群の横倍率だけで決まってくる値であり、光学系を1/4" CCD用から1/6" CCD用に比例縮小しても変わらない値である。よって画ユレ量Gもまた光学系の比例縮小で変わることはない。しかし、CCDの大きさに対する画ユレ量がモニター上での画面のブレとして現れるため、CCDサイズが小さければ小さいほど、モニター上での画

面のブレは拡大されてしまう。画面のブレを抑えるためにはガタツキ量⊿を抑えると共に、画ユレ感度係数 α を小さくする必要がある。本ズームレンズは、第 2 レンズ群の移動量を増やすことで横倍率に関わる第 2 レンズ群の屈折力を弱くし、画ユレ感度係数 α を小さくしている。しかし、第 2 レンズ群の移動量の単純な増加は、直接全長及び前玉の大型化につながり、前玉の大きさに制約がある本ズームレンズには好ましくなかった。

#### 4. 2 画ユレの軽減

本ズームレンズでは、以下の点について設計を見直し、 全長及び前玉の大型化を抑制しつつ、第2レンズ群の移動量を確保し画ユレを抑えている。

- ① ガラス及びプラスチックレンズの硝材及び形状の 見直しによる第2レンズ群の薄型化
- ② 望遠端での第2レンズ群と第3レンズ群の間隔の 短縮化

①第2レンズ群は前方より負のガラスレンズ、負のプラスチックレンズ、正のプラスチックレンズより構成されている。この中において、負のガラスレンズは最も大きな屈折力を持つため小さな曲率半径を有し、レンズが厚くなりやすく加工性も悪かった。そこで、このレンズをより屈折率の高い硝材に変更することで曲率半径が緩やかになり加工性も向上した。この時、硝材は分散の大きなものになるため倍率色収差を発生しやすくなるが、同じ第2レンズ群のプラスチックレンズの硝材を好適なものに変更することで十分に収差補正を行っている。

一方、生産現場の加工技術の実力も上がってきており 従来よりも条件の厳しいレンズを製作することが可能に なっている。今回、その条件を再確認し、第2レンズ群 だけでなく全てのレンズ群において量産上問題のないレ ベルまで薄くしたレンズを使用している。

②望遠端での第2レンズ群と第3レンズ群の間隔を短縮化することで、全長を伸ばすことなく第2レンズ群の移動量を増やすことが出来る。また、この間隔は変倍への影響が大きく、出来るだけ小さくすることで大きな変倍比を確保することが出来る。しかし、第2レンズ群のレンズまたはその枠がその後にあるアイリスに干渉してしまうため、機構設計者と共に枠形状を見直し可能な限り間隔を小さくしている。

#### 5 機構設計

本ズームレンズはズーミング・フォーカシングともステッピングモータを使用したコニカ独自構造である箱型 鏡胴を採用しており、この構造の利点として、

- ・コンパクト化が可能である
- ・部品点数を少なく出来る
- ・組立て性がよい

などが挙げられる

**Fig. 3、Fig. 4** に箱型鏡胴の本ズームレンズの構成を示す。

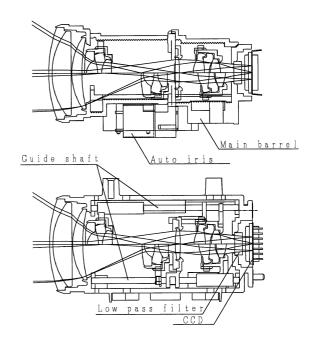


Fig.3 Cross section view of side and top

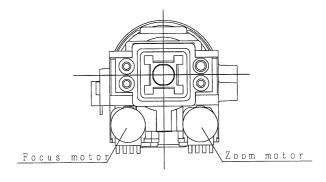


Fig.4 View of back of lens

# 6 レンズ押えとアイリスの干渉回避

画ユレの軽減のために第2レンズ群の移動量を確保しつつコンパクト化を達成するためには、変倍時に可動する第2レンズ群とアイリスが最も接近する望遠端において、第2レンズ群内で最もアイリス寄りにある第6レンズを極限までアイリスに接近させることがポイントになってくる。

本ズームレンズでは低コスト化のため第6レンズにプラスチックレンズを使用しているが通常のプラスチックレンズには Fig. 5 に示すような外周部にフランジが必要となる。このフランジには

- ① レンズを等肉にし、樹脂の流動を良好にすること で面精度を安定化させる
- ② コート時の治具への固定
- ③ 組立て工程時の取り扱いを容易にする(平置きを 可能にする)
- ④ 搬送時の取り扱いを容易にする
- ⑤ ゲートカットを容易にする

などの用途がある。しかし、従来のフランジは径大化を招き第2レンズ群とアイリスを接近することはできない。このためフランジ部を上記の用途を損なわないよう金型設計者、治工具設計者、生産現場と協力しながら極力小さくした形状を採用した。ところがこの新フランジ形状だけでは目標の間隔を得ることは出来なかった。プラスチックレンズには高熱がかけられないためガラスレンズの様な熱カシメが適用できず、通常樹脂製のレンズ押えを用いる。このレンズ押えはレンズ端面での反射防止対策としての役割も担っており重要な部品となる。しかし、従来製品と同様に第6レンズのフランジ部を押えて固定するとアイリスのベースとレンズ押えが干渉する。そこで本ズームレンズでは、

- 1. 鏡胴スペースの限界までアイリスの幅を広げることでレンズが入り込むアイリスの開口径を広げる
- 2. レンズの固定を第6レンズと接合された第5レンズ側で押える
- 3. レンズ押えとアイリスの絞り羽との接触を避ける ためレンズ押えには薄い金属のキャップ型マスクを 嵌めて遮光する

ことでアイリスとの干渉を回避させ第 2 レンズ群の移動量を確保した。

Fig. 5 に従来のレンズフランジ部を押えることで生じる 干渉の様子を Fig. 6 に干渉を回避させた本ズームレンズ の形状を示す。

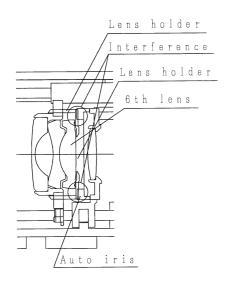


Fig.5 Interference of auto iris and lens holder with Conventional flange figure

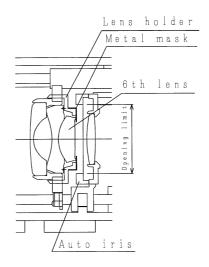


Fig.6 New flange figure prevents interference of auto iris and lens holder

# 7 まとめ

本ズームレンズではコンパクトでありながらプラス チックレンズの多数枚使用、モータの前機種との共通化 等による低コスト化を図り、またコンパクト化による諸 感度の上昇を新しいフランジ形状を採用することで低減 させることができた。

今後も低コストでコンパクトなものへの要求が強くなるなか競争力のあるものを作っていきたいと思う。

#### ●参考文献

1) 沼口貴幸、佐藤裕志 Konica Tech.Rep. **14**,(2001)