

最近の技術から

ビデオカメラ用ズームレンズへの非球面ガラスの応用

小野 周佑*・井上 孝志**

松下電器産業(株) *材料デバイス研究所, **デバイス工法開発研究所 〒571 門真市門真 1006

1. ま え が き

最近, 家庭用ビデオ一体型カメラ (以後, たんにビデオカメラと呼ぶ) の小型・軽量化が強く望まれ, 機構, 回路, 実装はもちろん, 光学系のコンパクト化, 軽量化の実現が重要な技術課題となってきた. さらに, S-VHS などに代表される高画質ビデオに対応できる高解像と, 低照度被写体を撮影できる明るい F 値をもつ高性能ズームレンズも必要とされてきた. このような厳しい仕様を満たし, さらに構成枚数を削減して光学系の簡素化とコストダウンを図ることは, 従来から用いられてきた球面レンズのみでは不可能であり, 非球面ガラスレンズの量産技術の確立とそれを活用した新しいズームレンズが強く求められていた.

従来のビデオカメラに用いられてきた6倍以上のズームレンズは, 図1(a)に示すように物体側から正負負正の屈折力をもつ四つのレンズ群から構成されている¹⁾. 第1群(前玉)の繰り出しによりフォーカスを行うことから, 通常前玉フォーカス方式と呼ばれるこのズームにおいて, ズーミングは第2群の移動による変倍と, コンペンセータと呼ばれる第3群の移動による焦点位置補正との両作用で実現される. ズーミング時のピントズレが生じないこと, 負の第2群と第3群を用いることにより短い全長で高倍率を実現できること, 自動制御のためのモーター付絞りが固定できることなどの理由で, この方式のズームがこれまでしばしば用いられてきた.

また, 従来のビデオカメラ用ズームレンズは, ほとんど13~15枚の球面研磨ガラスレンズで構成されており, 非球面レンズ応用の報告は非常に少ない^{2,3)}.

本稿では, われわれの設計したズームレンズと非球面ガラスレンズ加工技術を中心に紹介する.

2. ズームレンズ設計

温度, 湿度などの環境変化に対して安定な光学特性を有すること, 多種の素材が利用できレンズ設計上有利なこと, 量産技術のめどがあることなどの理由で非球面ガ

ラスを含むズームレンズを検討した. とくに, レンズ構成枚数の削減は, それ自体で全長の短縮をもたらすほか, 鏡筒の簡素化を通じて光学系の小型・軽量化に寄与し, さらに, 組立ての合理化, 生産性の向上により, コストダウンにも寄与する. 図1(b)に示す4群構成の球面ズームレンズをスタートとして, 光学性能を維持して枚数の削減にもっとも効果のある非球面導入位置を検討し, 量産性に優れた硝種, およびレンズの外径・形状を考慮して具体的なレンズ設計を行った. その結果, 図1(c)に示すように, 絞り位置にもっとも近く, かつズーミング, フォーカシング時に移動しない第3群への導入がもっとも効果的であることがわかった. そして, 球面レンズ3枚とほぼ同じ収差性能が, 非球面レンズ1枚で得られた. 収差の一例として, 第3群レンズの有効径いっぱいの光束が通る広角端における球面収差を図2に示す.

しかし, 非球面導入は色収差補正, ペッツバル和の改善等には効果がなく, 別の手段との結合が必要であった. 2番目に非球面を導入した第4群にたいしては, 色収差補正のため, 現在利用できる光学ガラスでは最低限ダブルレットにする必要があり, 図1(c)に示すように, 球面レンズ3枚を球面レンズと非球面レンズの接合レンズに置き換えることができた.

従来の前玉フォーカス方式のズームレンズでは, 第1群の重量が全体の約2/3の割合を占める. これは, 本来大きい前玉のレンズ径が, 最至近撮影位置での周辺光量確保のためさらに大きくなることも一因である. 第1群を固定して, 第4群をフォーカシングに用いるインナーフォーカス方式と, 電子制御に基づいた新しいズーム方式⁴⁾を採用することにより, 小型・軽量化を図った. 小さく, 軽いレンズ群を移動させるこの方式は, ビデオカメラに必須となったオートフォーカスに最適である.

このズーム方式では, 従来のズーム系で必要であった負のコンペンセータ(第3群)をなくすことができ, 枚数削減が可能になった. さらに, 負のペッツバル和が緩和される結果, 従来以上にアフォーカル部をコンパ

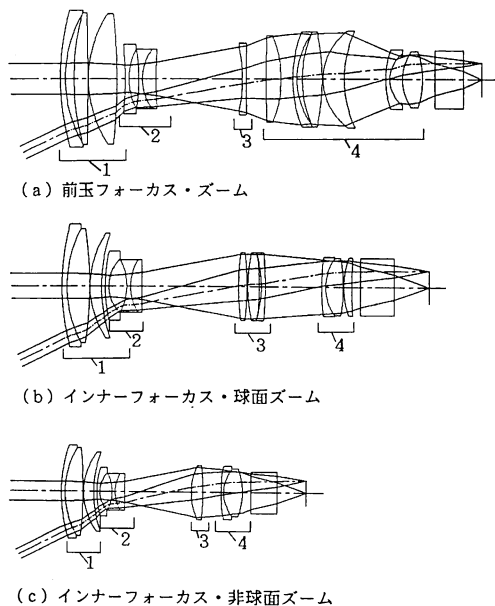


図 1 ズームレンズの光路図 (広角端)

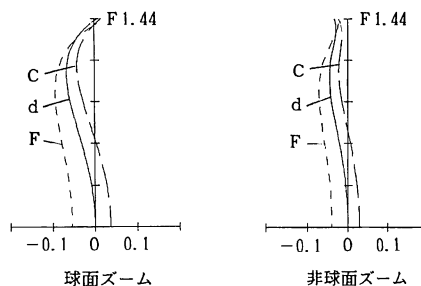


図 2 球面収差 (mm) (広角端)

表 1 ズームレンズ仕様

項目	球面ズーム	非球面ズーム
レンズ構成	9群12枚	6群9枚 (非球面2枚)
CCD サイズ	1/2 インチ	1/3 インチ
F 値	1.4~	1.4~
焦点距離 (mm)	9~54	6.7~40
光学全長 (mm)	87	58
重量 (g)	116	54

クトにすることができ、全長の短縮が可能になった。また、強い負の第2群の後に正の第3群を配置でき、有利に収差補正を図ることができた。

半導体技術の進歩により実現した固体撮像素子の小型化もまた、小さいイメージサイズを可能にし、ズームレンズの小型・軽量化に大きく寄与している。結像面に近接して置かれたマイクロレンズによる撮像素子の大幅な感度向上もまた、イメージエリアの縮小により本来生じるはずの大口徑比化を防いだ点で、間接的に小型・軽量化に寄与している。

表 1 にわれわれの開発した球面ズームと非球面ズームの主要な仕様を示す。非球面ガラスレンズを2枚導入することにより、ズーム比、F 値、および解像度、コントラスト等の光学定数・性能を維持して、3枚のレンズ枚数削減、33%の全長短縮、53%の重量減を達成した。

3. 非球面ガラスレンズの加工法

ビデオカメラに搭載するレンズの加工法としては、高い形状精度はもちろん、加工時間が短く、自動化の容易な量産性に優れた工法でなければならない。この条件を満たすべく、CD や光ディスクのピックアップ用非球面ガラスレンズで実績のある成形法を採用した。これらのレンズよりも、直径、体積が大きく、かつ偏肉比が大きい非球面レンズを量産するには、次に述べる新しい技術を確認することが必要であった。1) 加工面積の大きい

型を、形状精度 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以下、面粗度 $0.01 \mu\text{m}$ 以下に加工する非球面金型加工技術、2) 金型表面形状を忠実に、かつ短時間でガラス面に転写する成形技術、3) 非球面単レンズの形状精度を含む総合性能を短時間で測定する特性評価技術、4) (株)住田光学ガラスと共同開発した光学ガラスの低融点化技術。

これらの技術を用い、直径 13 mm 中心厚 2.9 mm と直径 11.3 mm 中心厚 4.4 mm の2種の非球面ガラスレンズを生産している。

4. む す び

非球面ガラスレンズのビデオカメラへの応用例について報告した。今後、電子映像機器の高画質化・小型軽量化の動向とともに、非球面ガラス応用の幅がますます広がるものと期待している。

文 献

- 1) 得丸 祥：“最近の撮影用ズームレンズ”，光学，16(1987) 324.
- 2) 丸山竹介，高木正雄，榊田正美：“ズームレンズの非球面プラスチック化技術”，光学，17 (1988) 401.
- 3) 谷津雅彦，出口雅晴，丸山竹介：“全長を短縮した非球面ズームレンズ”，第37回応用物理学関係連合講演会予稿集 (1990) p. 780.
- 4) 久我龍一郎，ほか：“高速・高精度オートフォーカスレンズシステムの開発”，テレビジョン学会技術報告 IPU 90-50，14 (1990) p. 35.

(1990年9月29日受理)