

M-HEXANON DUAL LENS の開発

The Development of the M-Hexanon Dual Lens 21-35mm/ F3.4-4

吉 間 睦 仁*

Kichima, Mutsuhito

山 口 進**

Yamaguchi, Susumu

The M-Hexanon Dual Lens 21-35mm/ F3.4-4 interchangeable wide angle lens, with viewfinder attachment, gives Hexar RF camera shooters not only conventional wide angle utility at 35mm but also the uniquely expressive power of an ultra-wide angle at 21mm. The innovative technology underlying this attractively flexible design is seen in the optical performance and barrel structure of the lens, as well as in the viewfinder attachment construction, which are presented in this paper.



Fig.1 HEXAR RF with M-HEXANON DUAL LENS 21-35mm/F3.4-4

1 はじめに

1999年12月にヘキサ RF を発売以来、28mm から 90mm まで限定仕様も含め 5 本の M-ヘキサノンレンズを製品化し、市場より高い評価を得た。交換レンズのラインアップ化に伴いレンジファインダー機の測距性能を生かし、独特の撮影効果、表現力を有する超広角レンズの開発が要望され、新たに M-ヘキサノン 21mm を企画した。しかし焦点距離 21mm は、これまでの交換レンズに比較しその用途が限られているのが実状であり、より汎

用性が高く、魅力的商品をとの考えより 21-35mm の 2 焦点レンズに企画を変更した。(Fig. 1) 3 焦点以上の多焦点レンズとしなかった理由及び長焦点側の焦点距離を 35mm とした理由は以下の通りである。

1. 中間の領域を保証外とすることにより、光学、機構の各設計性能と信頼性が向上する。
2. 変倍比が約 1.7 であり、それぞれの特徴を生かした撮影効果が得られる。
3. 常用レンズとして使用が可能である。

本レンズの 21mm 側は、超広角のためヘキサ RF のファインダーでは画角が連動しないため、付属の専用ビューファインダーを使用する。

* OPT & EM カンパニー オプト事業部 IC 事業ユニット
** OPT & EM カンパニー オプト事業部 光学開発センター

本稿では、M-ヘキサノンデュアルレンズ 21-35mm/F3.4-4 及び専用ビューファインダーの光学性能及び鏡胴構造の特徴に付き紹介する。

2 レンズ仕様

本レンズの仕様をTable 1 に示す。2 焦点レンズであることから、各焦点距離の設定によるピント移動のないこと、及び光学性能や描写性が異なることの無いよう留意した。さらに、焦点距離により開放F 値を含む各絞り値が約半絞り変化するが、焦点距離に応じて色分けされた設定指標を設けることにより、操作性が損なわれないよう構成した。最短撮影距離は0.8m まで可能とし、超広角レンズの醍醐味である大きな遠近感が得られるよう配慮した。また、2 焦点とすることにより、焦点距離の切替に伴うレンズ全長の変化がない光学設計を可能とした。この結果、サイズ、重量ともにコンパクトにまとめられ、従来の単焦点レンズに比較し、機動力、実用性が飛躍的に向上するとともに、多彩な撮影状況への対応を実現した。

Table1 M-HEXANON 21-35mm/F3.4-4 lens specification

焦点距離 f	21mm	35mm
F No.	1:3.4	1:4
レンズ構成	10群11枚	
画 角	92°	64°
撮 影 範 囲	∞~0.8m	
絞 り 目 盛	3.4~19	4~22
絞 り 羽 根	10枚	
フ ィ ル タ ー	φ62	
寸 法	φ68×57	
重 量	295g	

3 光学設計

3. 1 レンズタイプ

本レンズは、負の屈折力を有する第1 レンズ群と正の屈折力を有する第2 レンズ群からなる、負群先行2 群ズームレンズの広角端および望遠端のみを使用する2 焦点レンズである。

負の第1 レンズ群と正の第2 レンズ群からなるズームレンズはFig. 2 のような移動経路で変倍を行うレンズタイプである。広角端から望遠端への変倍の際、第1 レンズ群は物体側から見て凹の軌跡で移動し、変倍時のピント補正を担っている。また、変倍作用を担う第2 レンズ群は物体側に単調に移動する。

ここで第1 レンズ群と第2 レンズ群を薄肉レンズと仮定し、それぞれの焦点距離をf1、f2、第2 群の横倍率をm とすると、レンズ全長（レンズ第1 面～像面までの距離）L は以下の式で表すことができる。

$$L = f1 - \{(1 - m)^2 / m\} \cdot f2$$

ここで広角端と望遠端における第2 レンズ群の横倍率をそれぞれmW、mT とし、広角端と望遠端のレンズ全長が等しいと仮定すると、 $mW \neq mT$ として次の関係が成り立つ。

$$mW = 1/mT$$

上記負群先行2 群ズームレンズの変倍比をZ とすると、

$$mT = Z \cdot mW$$

であるので、

$$mW = 1/(\sqrt{Z}), \quad mT = \sqrt{Z}$$

となる。従って、

$$fW = f1/(\sqrt{Z}), \quad fT = f1 \cdot \sqrt{Z}$$

を満足するように負の第1 レンズ群の焦点距離を定めると、広角端および望遠端のみ使用する2 焦点レンズにおいては、第1 レンズ群の位置を像面に対して固定できることになるので、正の第2 レンズ群のみ可動群にすればよく、焦点距離切替え機構の簡略化を図ることができる。また、本レンズでは第1 レンズ群を繰出してフォーカシングを行うが、このような構成とすることで、物体距離に応じたフォーカシング移動量も厳密に一致させることができる。

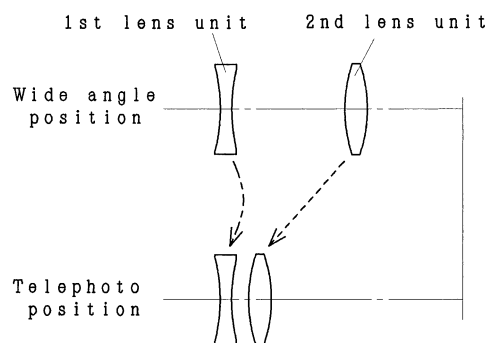


Fig.2 Negative-lead Zoom Lens

3. 2 光学性能

超広角のf 21mm と準広角のf 35mm という2 つの焦点距離を有する10群11枚構成の本レンズは、高屈折率ガラスの効果的な採用により、球面収差やコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正し、無限遠から最至近距離（0.8m）の全域にわたり優れた描写性能を実現している。Fig. 3 に本レンズのf 21mm 側およびf 35mm 側の断面図を示す。

本レンズのf 21mm 側は超広角であるため、負の第1 レンズ群において周辺光束の光線入射高が大きくなる。従って、第1 レンズ群中の屈折力の強い負レンズで発生する、たる型の歪曲収差をいかに小さく抑えるかが設計のポイントであった。本レンズでは、第1 レンズ群の最も物体側に正レンズを配置し、光線入射高が大きくなるにつれて発生する正レンズの高次収差を利用して、広角端におけるたる型の歪曲収差を3 %以下という小さい値

に抑えることができた。

また、第2レンズ群の構成は、正レンズ成分、負レンズ成分、正レンズ成分からなるトリプレットタイプの屈折力配置を基本として、その像側に負レンズを配置した構成である。トリプレットタイプを基本とすることで、球面収差やコマ収差を良好に補正できている。また最も物体側に配置した負レンズの作用により、第2レンズ群の構成をテレフォトタイプとなし、主点位置を物体側によせることによってバックフォーカスを短縮した。結果として、このタイプで大きくなりがちなレンズ全長を短縮することができた。

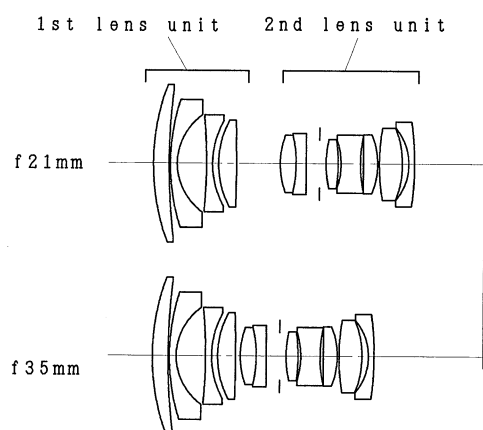


Fig.3 Cross-sectional drawing of dual focal lens

Fig. 4、5に本レンズのf21mm側およびf35mm側での絞り開放時のMTF (Modulation Transfer Function)を示す。また、f21mm側でF11まで絞り込むと、無限遠方から最至近距離までを被写界深度内とすることができ、スナップ写真等に最適なレンズとなる。このときの各距離における画面中央のMTFをFig. 6に示す。

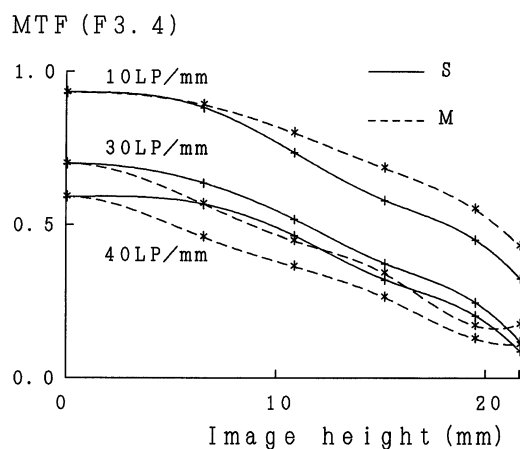


Fig.4 Modulation Transfer Function (f21mm)

MTF (F 4. 0)

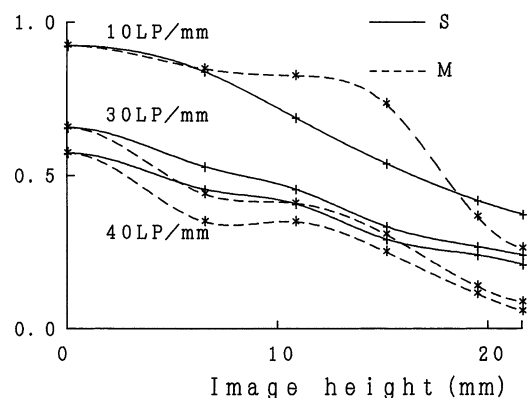


Fig.5 Modulation Transfer Function (f35mm)

MTF (f 21mm/F11)

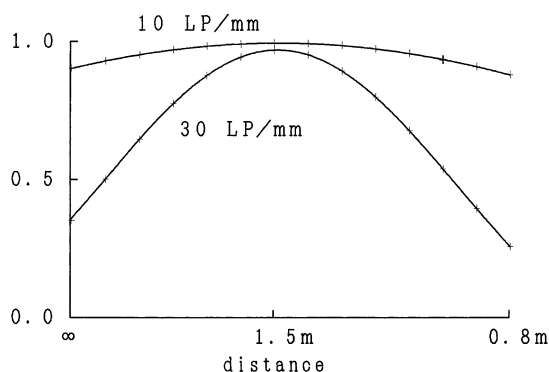


Fig.6 Modulation Transfer Function (f21mm)

4 鏡胴構造

鏡胴レイアウトをFig. 7に示す。前群レンズ4枚を組込んだ前群枠と、絞り機構及び後群レンズ7枚を取めた後群枠及び光軸方向に固定された各操作系、外観部品で構成されている。フォーカシングは前群枠がヘリコイドにより、一方焦点距離の切換は後群枠がカムにより、それぞれ光軸方向に移動することにより行われる。部品個々の加工の精度を追求することにより、節度ある操作感と常に安定した性能を実現した。

2焦点レンズでは、各焦点距離の切換に伴うピント位置の移動のないことが求められる。本レンズでは、各焦点距離におけるピント位置が等しくなるよう前群と後群の間隔を座金 (fc adjustable plate) にて調整することを実施した。さらに調整された光学系全体を、レンズマウントに対して座金 (ff adjustable plate) にて光軸方向に位置を調整することによりヘキサ RF 本体のフランジバックとの整合性を確保した。

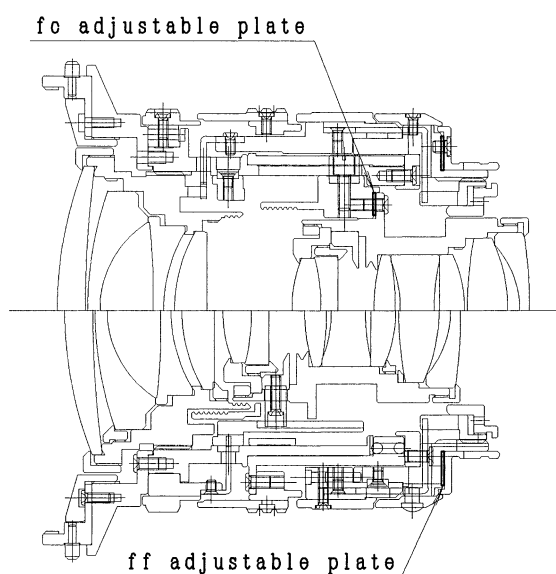


Fig.7 M-HEXANON 21-35/F3.4-4 lens configuration

5 専用ビューファインダー

本ファインダーは物体側より順に、負の第1レンズ、負の第2レンズ、正の第3レンズ、正の第4レンズで構成されるアルバダ式逆ガリレオファインダーである。(Fig. 8) 仕様を Table 2 に示す。焦点距離21mmの画角に対応させるため、対物レンズに必要な負の屈折力を第1レンズと第2レンズで分担し、かつ高屈折率の硝材を用いることで、高倍率で歪曲収差の少ないファインダーを実現した。

Table2 View Finder specification

形式	アルバダ式逆ガリレオ
倍率	0.4
視野率	88%
アイリリーフ	15mm

第3レンズの周辺部には21mm視野枠反射用の全反射ミラーを、また中央部には35mm視野枠反射用ハーフミラーを蒸着することにより、21mm、35mmの両視野枠を同時に確認することを可能とした。周辺部の全反射ミラーが不要な光線を遮断することによりフレアのない見やすい透視像を得ると同時に、高いコントラストの21mm視野枠像を確保した。

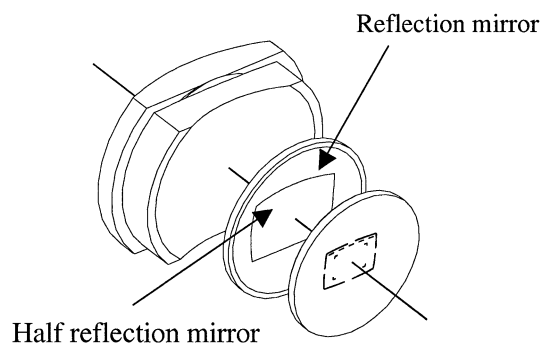


Fig.8 View Finder configuration

6 おわりに

発売以来ヘキサRFカメラシステムは、基本性能である写りにこだわり、写す楽しみと喜びを追求して発展を続けている。本レンズがレンジファインダー機の交換レンズのひとつの方向性を示すレンズとして、多数の評価をいただくとともに、ヘキサRFを使用する多くのユーザーに指示されることを期待する。