

200万画素CCD用高変倍ズームレンズの開発

The Development of a High Zoom Ratio Lens Unit for a 2M-pixel CCD

沼口 貴幸* 佐藤 裕志*
Numaguchi, Takayuki Sato, Hiroshi

The digital still camera (DSC) market is growing rapidly, fueled by ever-rising consumer expectations of higher CCD pixel counts and higher zoom ratios. But the greater the number of CCD pixels and the higher the zoom ratio, the more sensitive the zoom lens becomes to fabrication error. To meet this demand for greater precision in manufacture, we combined advances in lens barrel structure with improvements in the processes of polishing, cementing, and assembling lenses to develop an 8x zoom lens unit whose high resolution performance is well-suited to a 2M-pixel CCD.

1 はじめに

近年、デジタルスチルカメラ（DSC）の市場は急速に伸びつつあり、ユーザーのニーズは高画素、高変倍へと移行しつつある。このためレンズに要求される性能は今まで以上に厳しくなっており、光学設計、機構設計ともに更なる高精度化が不可欠となっている。

本レンズの開発当時、DSC市場におけるズーム機としては光学3倍ズームが主流であったが、本ズームレンズは画期的な光学8倍ズームレンズとして開発され、現在200万画素CCDのDSC用として市場に投入されている。

本稿では高画素、高変倍を達成したDSC用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、正群先行4群ズームタイプを採用しており、変倍の際に固定された正レンズ群、その後方に、変倍のために移動する負レンズ群、固定の正レンズ群、変倍時の像面位置変化補正とフォーカシングのために移動する正レンズ群の4つのレンズ群より構成されている。

この正群先行4群ズームタイプは、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、現在ではDSCにおいても変倍比が3倍以上のズームレンズに用いられている。

このタイプを選択した理由としては、主として次の2つが挙げられる。

変倍比を大きくしやすいこと。

負群先行タイプでは、一般に3倍程度が限界であると言われているので、本ズームレンズ仕様の8倍の変倍比を得るためには正群先行4群ズームタイプは必須の選択である。

変倍によるF値の変化が小さいこと。

負群先行タイプでは、望遠端でのF値は広角端のF値に比べて1段以上暗くなってしまうのが普通である。これに対し、正群先行4群ズームタイプでは、望遠側でのF値が広角側に比べてほとんど大きくなる。8倍もの変倍比になると望遠側での焦点距離がかなり長くなるので、手ぶれの影響が問題となりやすいが、望遠側でのF値を出来るだけ小さくすることにより、速いシャッター速度で撮影出来る機会が増え、手ぶれ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。

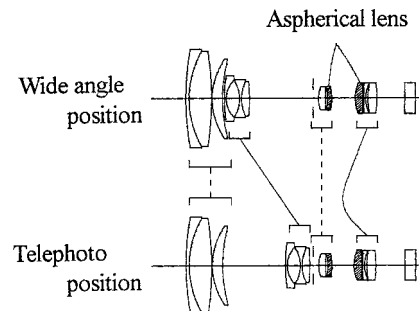


Fig. 1 Zoom lens configuration

斜線で示したレンズは非球面レンズであり、第8レンズはプラスチック製非球面レンズ、第9レンズはガラス製非球面レンズである。非球面レンズを2枚採用し、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するとともに、硝材の選択の工夫により色収差を良好に補正し、200万画素のCCDに対応出来る高解像力とすることが出来た。

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100[lp/mm]は約790TV本に相当し、周辺にいたるまで十分性能が保たれていることがわかる。

*オプトテクノロジーカンパニー O M開発グループ

Table 1 Zoom lens specifications

CCD	1/2.7 inch 2M-pixel
Focal length	6.0 ~ 48.0mm(40.0 ~ 320.0mm equivalent in 35mm film)
F number	3.2 ~ 3.5
Lens elements	11 elements in 9 groups
Focusing range	1m ~ (wide-angle end:0.01m ~) (measured from front lens)

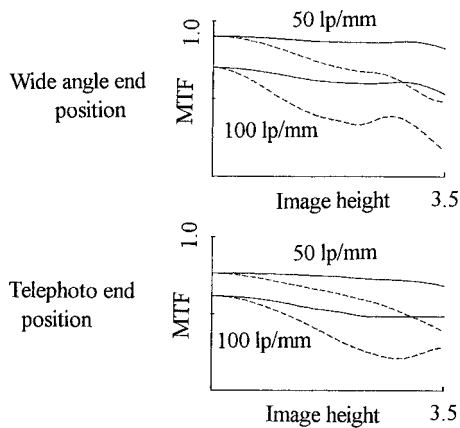


Fig. 2 Zoom lens MTF

3 機構設計

本ズームレンズの構成を Fig. 3 に示す。

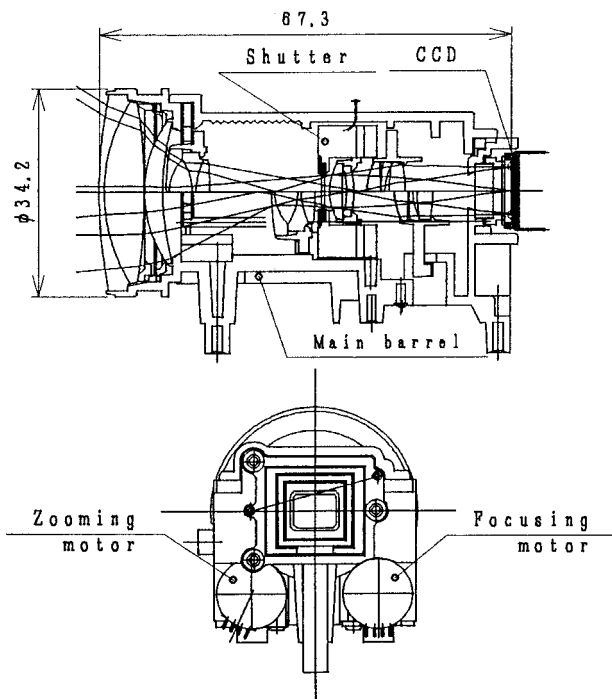


Fig. 3 Cross section view of side of lens and view of back of lens

本ズームレンズはズーミング・フォーカシングとモステッピングモータを用いたコニカ独自構造である箱型鏡胴を採用しており、この鏡胴構造は従来の高変倍VTRレンズに採用されてきた構造である。この構造を採用する利点としては、

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

などが挙げられる。

しかしながら本ズームレンズは8倍という高倍率と、200万画素CCDと高画素であることから、各レンズ群間の偏心感度が従来のズームレンズに比べて高くなっている。また、各レンズの面形状誤差(非球面性)が結像面の像面差(中心像面-周辺像面)に大きな影響を及ぼす。そこで本ズームレンズでは以下のような対策を鏡胴、及びレンズに施した。

- (1) 各レンズ群間の偏心抑止
- (2) 研磨・接合後の良好な面形状の維持
- (3) 熱カシメによる面形状変化の抑止

各レンズ群の中では特に第1固定レンズ群の偏心感度が高く、また同じく第1群固定レンズ群内の各レンズの面形状誤差が結像性能、特に望遠側の像面差に及ぼす影響が大きい。さらに後群のレンズ群の偏心に対する許容量を小さくする。

以下に第1固定レンズ群に施した偏心対策、研磨・接合後の面形状管理、及び熱カシメによる面形状変化の抑止策について詳述する。

3.1 第1固定レンズ群偏心対策

3.1.1 主胴変形のメカニズム

本ズームレンズ鏡胴の主要部品である主胴の変形のメカニズムを Fig. 4 に示す。主胴の材料はガラス繊維含有のポリカーボネート樹脂である。射出成形後、金型から取り出された直後の主胴は常温になるまで気中で冷却される。この際、主胴の内側と外側で冷却スピードに差が生じ、内側の方があとから冷却されるため内側部分には引張り応力が発生する。この引張り応力により横壁に主胴内側に倒れようとする力が生じ、この結果CCD部と第1固定レンズ群の格納部であるFCが主胴底部を中心に外側に開く方向に変形しようとする。しかしながら通常CCD部は強度が保たれているため変形しずらく、実際の変形量としてはFCの方が大きくなる。したがって光学系全体でみると第1固定レンズ群だけが偏心していることになる。この偏心にはチルト成分、及びシフト成分の両方が含まれており、本ズームレンズのような偏心感度の高いレンズにおいてはレンズ性能に致命的な影響を与える。

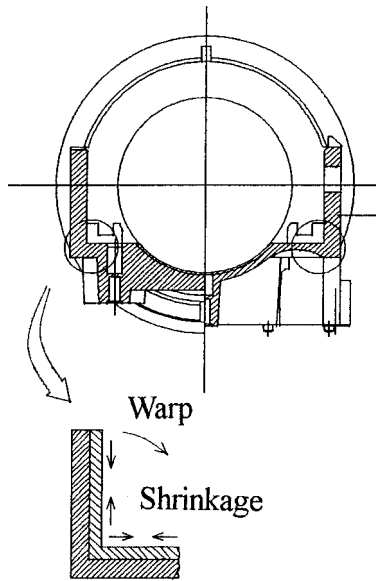
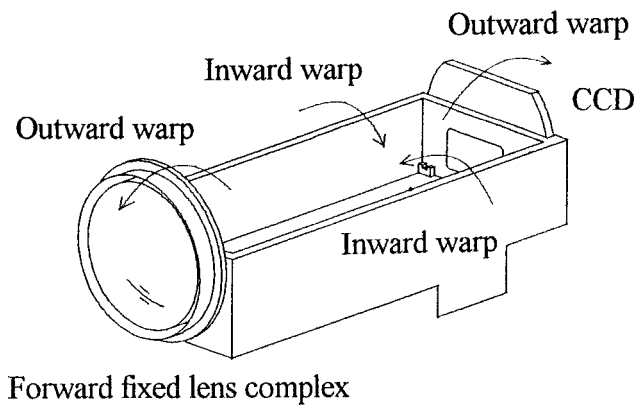


Fig. 4 Mechanism of deformation



3.1.2 主胴変形防止対策

上述した主胴射出成形後の冷却時における変形を防止する対策を説明する。

まず主胴底部で、横壁と底面の交わる部分に光軸方向に延びる溝を設け、冷却時に主胴内側に生じる引張り応力を低減する。(Fig. 5)

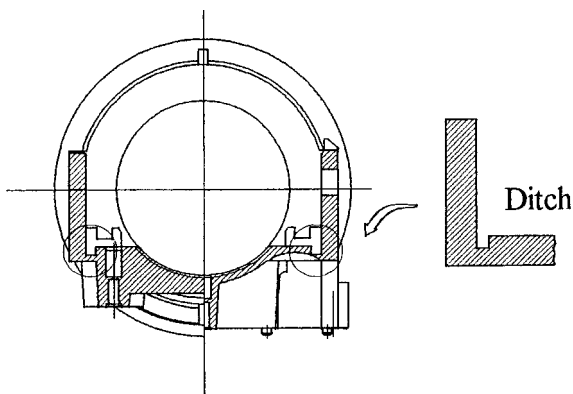
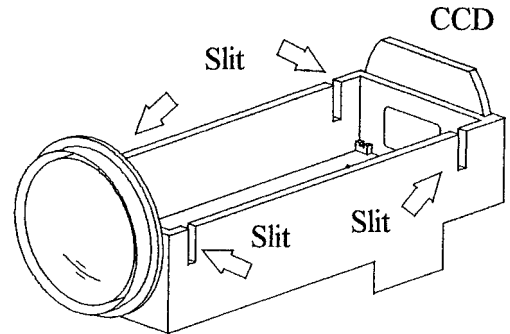


Fig. 5 Improvement 1: ditches

さらに、横壁にスリットを設けることにより、前述した溝で除き切れなかった引張り応力によって横壁が主胴内側に倒れようとする力の伝播を遮断する。



Forward fixed lens complex

Fig.6 Improvement 2: slits

3.2 研磨・接合後の面形状管理

前述したように、本ズームレンズでは第1固定レンズ群内の各レンズの面形状誤差(非球面性)が望遠側の像面差(中心像面-周辺像面)に大きな影響を及ぼす。中でも第1-2接合レンズの第1面と第3レンズの第1面の面形状誤差は非常に影響が大きい。このようなことから量産展開においては上記のような面形状誤差が発生しないよう研磨、及び接合工程の見直し・改善を行った。

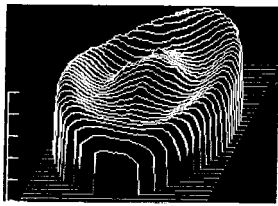
まず、第1-2接合レンズの第1面については接合条件の影響を大きく受けるので紫外線の照射強度と照射時間の最適値を見つけ、面精度誤差が発生しないようにした。また、第3レンズ第1面についてはレンズの縁厚が薄く、研磨時の応力と研磨機の精度の影響を受けやすいので研磨圧の調整、及び研磨機の精度向上を図った。

これらの改善により研磨後の面形状誤差を抑えることが可能となり、望遠側での像面差を最小限にすることが出来た。

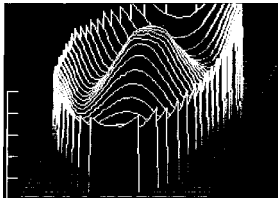
Fig. 7 に本ズームレンズにおける第1-2接合レンズ第1面(L1S1)、及び第3レンズ第1面(L3L1)の面形状誤差の一例と、両方の面形状誤差によるMTFの変化を示す。L1S1、及びL3S1の面形状誤差により像面差が大きくなりMTFを著しく劣化させているのがわかる。

3.3 熱カシメによる面形状変化の抑止策

通常、本ズームレンズのようなレンズ構成では第1-2接合レンズ、及び第3レンズは熱カシメによって枠部品に固定されているが、第1レンズは十分な縁厚があり、さらに第2レンズが接合されているため面形状が変化する心配はない。しかしながら第3レンズは縁厚が薄く、また熱カシメ時はカシメ後のレンズのゆるみ等をなくするため比較的大きな圧力でレンズを押えるため、枠部品のレンズ受け面の平面度やレンズが嵌合する内径の真円度



Surface form error of L1S1
P-V 0.28 μm



Surface form error of L3S1
P-V 0.52 μm

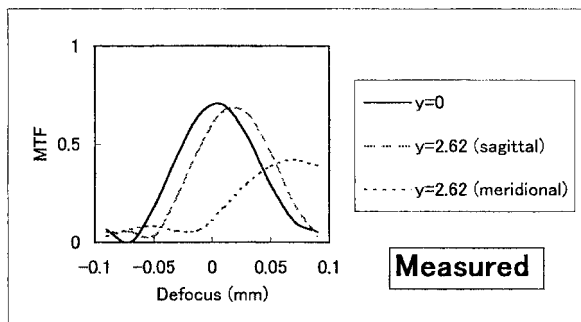
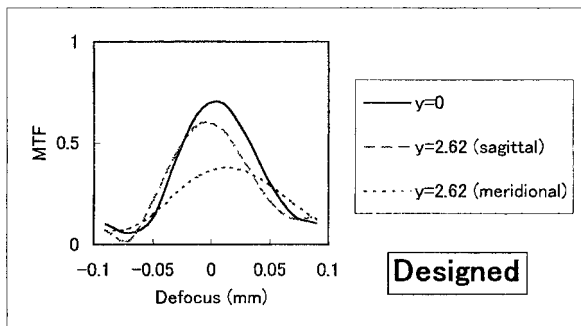


Fig.7 Effect of surface form error

の影響を受けてレンズの面形状が3次的に変化し、著しく光学性能を悪化させることがある。本ズームレンズでは上記のような面形状変化を抑えるため第3レンズの熱カシメを廃止し、間隔環を兼ねたレンズ押え部材を考案し採用した。第1固定レンズ群の断面拡大図を Fig. 8 に示す。

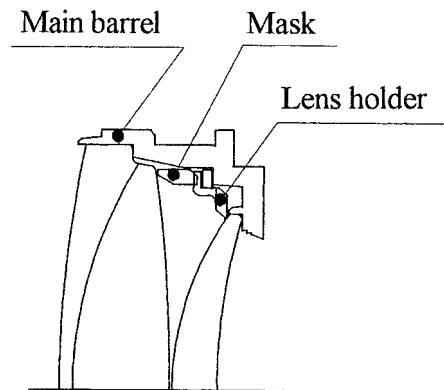


Fig.8 Front lens complex

第3レンズは主筒のレンズ受け部に嵌合しており、第2レンズと第3レンズの間には視野枠と第3レンズ押えが存在する。第3レンズ押えには光軸方向に弾性を持つ部分が8ヶ所あり、この部分により第3レンズを主筒に弾性的に付勢して固定する。

本ズームレンズでは上記構造を採用することにより第3レンズ第1面の面形状変化を抑えることが出来た。

4 まとめ

枠部品の精度向上やレンズの研磨・接合工程の見直し・改善、さらに組み込み時のレンズの面形状変化を最小限に抑えることにより、コンパクトで簡単な鏡筒構造でありながら、高画素、高変倍に対応したレンズユニットを開発することに成功した。

今後も市場の動向とコンペティターの光学・機構設計技術を常に監視し、知的財産を含めてコニカの技術を発展させていきたい。

参考文献

- 1) 佐藤裕志 特願平 11-201744
- 2) 沼口貴幸 特願 2000-194367
- 3) 沼口貴幸 特願 2000-219126