

1.3M マクロ切替マイクロカメラユニットの開発

Development of 1.3M Pixel Micro-Camera Unit with Macro Function

齋藤 正*
Saito, Masashi

山口 進**
Yamaguchi, Susumu

要旨

MC3XD01は1.3Mマクロ切替機能付きのマイクロカメラユニットである。

光学系はプラスチック3枚構成で、イメージセンサーの入射角特性に合せた専用設計とし低背化した。

組立部品は全て一方向から落とし込み、接着により固定、光学性能に関わる重要寸法は全て精度の高いレンズ部品（透明樹脂）で管理出来る構造としている。

光学無調整と自動組立が可能になり、高信頼性で高性能のマイクロカメラユニットを開発することが出来た。

Abstract

The MC3XD01 is a 1.3M pixel micro-camera unit with macro switching function.

The optical system is constructed with 3 elements plastic lens that is customized to incidence angle characteristics of image sensor to realize low height.

The MC3XD01 unit has a structure where all parts are assembled in a same direction to be fixed by glue, and all critical dimensions related to optical performances are controlled by high-precision lens parts.

Thus, we developed the unit that can be automatically assembled without optical adjustment, and achieves both high reliability and high performance.

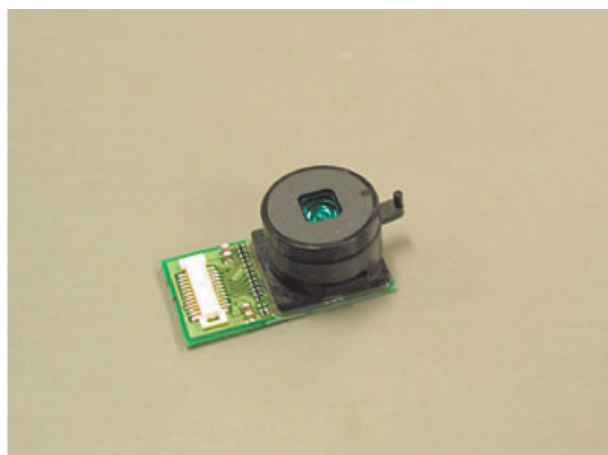


Fig.1 MC3XD01

* コニカミノルタオプト(株) オプティカルシステム事業部
MC事業ユニット 開発グループ

** コニカミノルタオプト(株) 光学研究部 光学設計1グループ

1 はじめに

近年、携帯機器では普及機においてもメガクラスのマイクロカメラが搭載されつつある。また2次元バーコード読み取りを目的とした接写機能の需要も高まって来ている。これらの背景から1.3Mマクロ切替機能付きのマイクロカメラユニット「MC3XD01」(Fig.1)を製品化した。

また、携帯用途としての特性から、作動耐久、使用環境、耐衝撃などに対する高信頼性の他、急激な生産数量の変動に対するフレキシビリティも求められている。

光学無調整化と自動組立可能な構造とすることで、これらの要望に応えたる事が出来たので報告する。

2 仕様

本機的主要仕様をTable 1に示す。ベストピント位置は、通常撮影時には過焦点距離の1.0m、マクロ撮影時は名刺の長手方向が画面長辺方向に入る0.1mに設定した。

Table 1 Specification of MC3XD01

Sensor	1/3.3" 1.3MPix-CMOS w/ Camera Processor 1280×1024 pix (3.3μm cell)
Module Size	11.2mm×20.5mm×8.25mm
Lens Construction	3 plastic elements w/ Macro
Focal Length	4.4 mm
F number	2.8
Field of View	52 degrees (Horizontal)
TV Distortion	+0.3 %
Focus Range	Infinity - 50 cm 11 cm - 9 cm (Macro)

3 光学設計

3.1 レンズ構成

携帯機器用マイクロカメラユニット光学系の撮像レンズとしては、従来からVGAクラスを中心に、2枚玉4面非球面タイプが多く用いられてきた。しかし、100万画素を超えるマイクロカメラユニット用撮像レンズとしては2枚玉では不十分であったため、今回1.3M用として3枚

玉6面非球面タイプの撮像レンズを新たに開発し、画面周辺部においても十分な光学性能を達成することができた。絞り位置については、機械式シャッタが不要ということもあり自由に設定できる仕様ではあったが、軸外収差の補正が容易で、かつレンズ偏芯等の製造誤差に対する性能劣化度合いが比較的小さいという理由から、絞りを第1レンズと第2レンズの間に配置する中絞りの構成を採用した。

また、レンズ材料については生産性およびコストを重視し、3枚ともプラスチック材料を用いた。これら3枚のレンズの像側には、ベアチップのイメージセンサーを封止する役目も担う、プラスチック材料からなるレンズ台を配置した。

3. 2 光学特性

3. 2. 1 MTF

Fig. 2に通常撮影距離における波動光学的MTFの像高特性を示す。

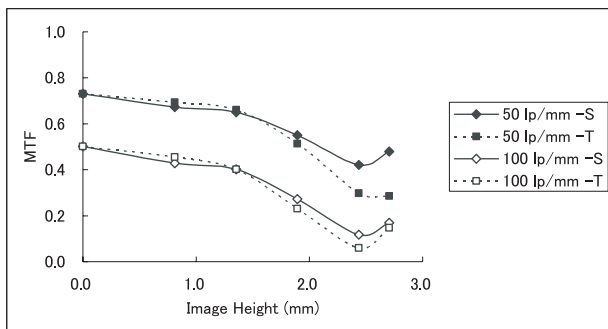


Fig.2 MTF (Object Distance: 1.0m)

3. 2. 2 歪曲収差

撮影した被写体が歪んでしまう歪曲収差は、ユーザーに認知されやすく、解像力と同様に重視すべき収差である。非球面を多用した撮像レンズでは比較的自由に補正できるが、小型化していくと陣笠タイプの歪曲が目立つようになるため注意を要する。本撮像レンズの格子図をFig. 3に示す。

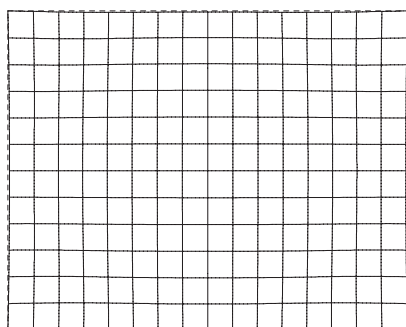


Fig.3 Distortion Grid

3. 2. 3 イメージセンサーへの主光線入射角度

イメージセンサーとして固体撮像素子を用いる光学系の場合、イメージセンサーへの主光線入射角度をできるだけ小さく抑えること（すなわち射出瞳位置をできるだけ像面から遠ざけること）が重要となる。入射角度が大きくなると、画面周辺部において実質的な開口効率が減少する現象（シェーディング）が生じ、周辺光量不足となってしまふ。

最近の技術では、固体撮像素子の色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイの受光部に対する配置を見直すことによって、シェーディングを軽減することが出来るようになってきた。具体的にはイメージセンサーの各画素のピッチに対し、色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイのピッチをわずかに小さく設定することにより、画面周辺部にいくほど各画素に対し色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイが撮像レンズ光軸側へシフトして配置されるため、斜入射の光束を効率的に各画素の受光部に導くことができる。これらの技術により、イメージセンサーで発生するシェーディングを小さく抑えることができるようになってきた。しかしながら、このような対策が最も効果的なのは、イメージセンサーへの主光線入射角度特性の像高に対する線形性がよい場合である。例えば、撮像レンズ全系の全長を小さくし、かつ画面对角端での入射角度を小さく抑えようとすると、像高に対する線形性が失われ、イメージセンサーへの主光線入射角度が画面の中間部でピークを持つ特性になりやすい。このような特性の場合は、周辺光量が画面中間輪帯で低下するという違和感のある画像となってしまふ。

一般的に撮像レンズの小型化と、射出瞳位置を像面から遠ざけることは相反する特性のため、イメージセンサー毎に異なる主光線入射角度特性の許容レベルを、十分に把握することが重要である。本撮像レンズにおいては、イメージセンサーメーカーとの議論およびシミュレーションを重ね、小型化と高性能を両立することが出来た。シェーディングは、対角端の中心に対する信号出力比が画像処理なしで約65%と非常に良好な結果を得た。

Fig. 4に本撮像レンズの主光線入射角度特性を示す。

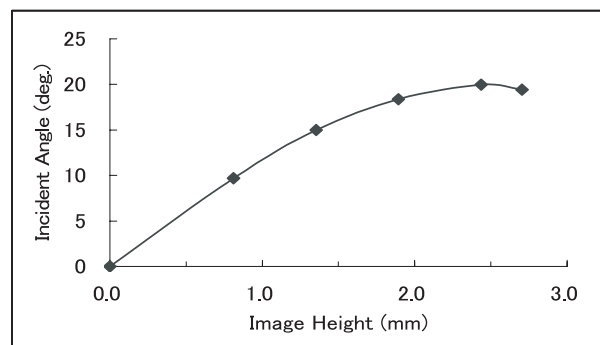


Fig.4 Chief Ray Incident Angle to Image Sensor

4 機構設計

4.1 ユニット構造

Fig. 5 に断面図を、Fig. 6 に分解斜視図示す。イメージセンサーはカメラプロセッサ一体のワンチップで、周辺受動部品やコネクタと共にPWB上にベア実装される。画素ピッチ程度の塵も画像に映り込むためクリーン環境で組立ている。イメージセンサー部はPWBに接着された主胴と主胴に接着されたレンズ台により完全に封止され防塵される。レンズ台はフェイスプレート一体成形で、この状態でいわば異形のセンサーパッケージが完成する。

レンズユニットはプラスチックレンズ3枚のフランジ部を直接重ね合して接着したもので、カメラユニット本体の組立とは別の工程で組立てられる。これもレンズ台同様に主胴に落とし込まれる。

その後マクロレバー、押えバネ、レンズ押えを組み込み、IRカットフィルターで蓋をする。センサー部が完全に封止されているも、数十ミクロン程度のゴミがレンズ台の光学面に付くとシミとして画像に映り込む。本体自体にもこれらのゴミの侵入を防止するには必要十分な密閉性を持たしている。

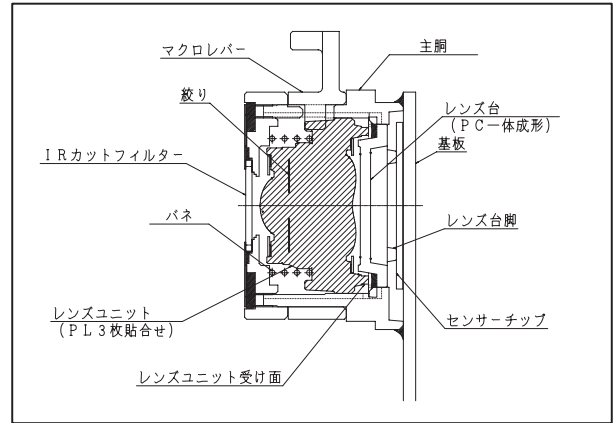


Fig.5 Section View of MC3XD01

4.2 自動組立対応

安定した生産のため、レンズユニット、本体カメラユニット共に自動組立を行っている。部品は基本的に全て一方向からの落とし込みによって組立てられる。チャッキングスペースの確保、位置検出、誤組立防止、接着材を上方からディスペンサー塗布可能な形状にするなど、自動化を前提としての構造設計を行った。

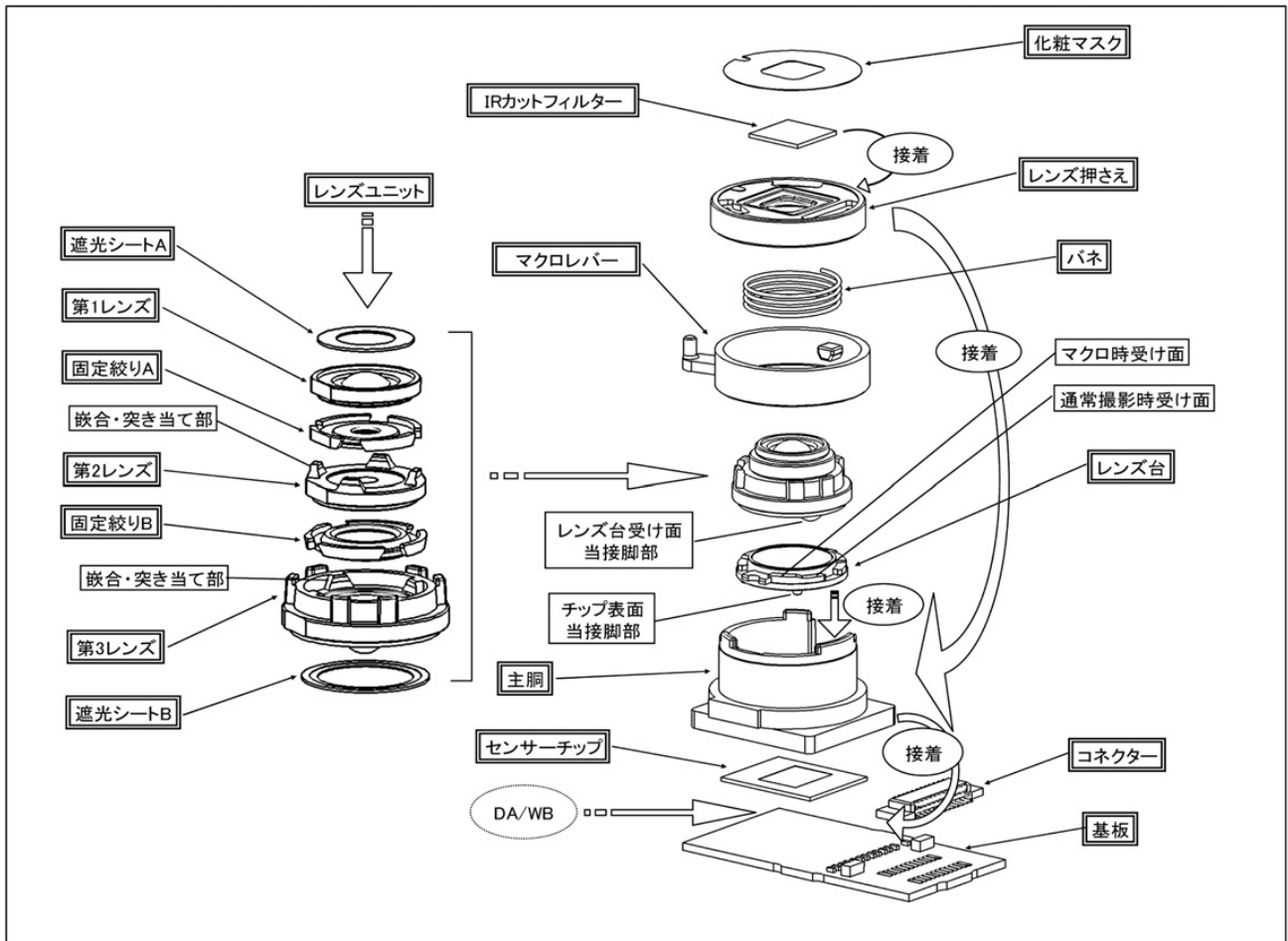


Fig.6 Structure of MC3XD01

4. 3 光学無調整化

安定生産のため自動組立と共にポイントとなるのが無調整化である。一般的なデジタルカメラ光学系の場合、固定焦点レンズであっても、イメージセンサー取り付け時にピント調整を行うため、バックフォーカス (FB) のばらつきはある程度許容されているが、本光学系においてはあらかじめレンズユニットのFBを所定の範囲内に収め、組立時のピント調整を不要とした。

画素ピッチが3.3 μ mと小さくF2.8と明るい撮像レンズでは焦点深度が浅くピント調整の他アオリ精度の確保も課題となる。しかしながら、一般に構造部品の成形精度には限界があり無調整に必要な寸法精度を確保することが出来ない。そこで当社の高性能プラスチックレンズの高精度成形技術を活用した。光学性能に影響する寸法は全てレンズで決まり黒物の影響を極力受けない構造とした。具体的には、各レンズおよびレンズ台の面精度・面間隔精度の量産ばらつきを極限まで追い込み、FB誤差量を焦点深度に対し所定比率以下に抑えている。

レンズ台はイメージセンサーチップ表面で撮像エリア外の信号処理部に直接当接する脚部を持ち、同時にレンズユニットの受け面となる基準面が一体成形されている。脚部当接面と受け面の平行度でレンズユニットのイメージセンサーチップに対するアオリを、間隔で像面位置を保証している。直接当接することでチップの実装や主胴の接着バラツキの影響を排除した。

レンズユニットは各レンズのフランジ部を直接径嵌合させ同軸度を、端面を突き当てることで面間隔の精度を出している。レンズユニットもレンズ台受け面に当接する脚部を持ち、この当接面を基準に寸法管理される。

光軸ズレはピントやアオリほど厳しくないが、センサー基準で取り付けられた主胴内径にレンズユニット外径を嵌合させることで必要な精度を確保している。

4. 4 マクロ切替機構

レンズ台のレンズユニットには通常撮影時とマクロ撮影時の2面の受け面があり、間を斜面で繋ぎカム面が形成されている。一方レンズユニットには受け面に当接する脚部がある。マクロレバーでレンズユニットを回転することにより当接位置が変わりピント移動が行われる。

4. 5 フレア・内面反射対策

レンズをフランジ部で直接突き当てたり、マクロ移動カム等の構造部品を一体成形したりする場合、寸法精度には優れるものの遮光性が課題となる。透明素材で鏡胴を作製するようなもので不要光の回り込みや内面反射については不利な構造である。

レンズの前面に遮光シートを貼りフランジ部からの不要光の侵入を防いでいる。またレンズ同士の突き当て部ではライトガイドのように不要光が回り込む。そのため

Fig. 6 のように突き当て部を円周上の4箇所に限定し、間の部分に絞り部品を扇形に延ばし遮光を行った。さらにL1-L2間とL2-L3間でレンズの突き当て部の位相を45°ずらし遮光の効果を高めている。

またフランジ面の不要光の侵入と反射を防ぐために荒らしを施すことやレンズユニット最終面にも遮光シートを貼るなどの対策を行った。この結果、通常構造の鏡胴と同等の遮光性を実現している。

4. 6 信頼性

外力がレンズユニットに影響しない構造および、接着剤選定や固着条件の最適化などにより、耐荷重・対衝撃性が高められた。レンズユニットを付勢するバネ力も弱くて済み、マクロ切替時の摩擦を軽減、高作動耐久回数を達成した。一般に携帯機器では1.8m落下や作動5万回などが要求されるが、これらをクリアしている。

5 まとめ

以上の技術を採用することによって、高性能で信頼性が高く、生産数量変動に対するフレキシビリティも持ったマイクロカメラユニットを開発することが出来た。

本機は(株)東芝 モバイルコミュニケーション社製携帯電話au向けA5506T、W21Tやボーダフォン向けV601T、V602T等に採用され2004年夏より順次販売されている。



Fig.7 A5506T



Fig.8 V601T

6 謝辞

本機の開発から生産立ち上げにおいて、ご協力、ご助言いただきました多くの関係者の皆様に深く感謝いたします。

●参考文献

- 1) 星野康、Konica Tech. Rep., Vol.16 47 (2003)