

携帯電話向け超小型ズームユニットの開発

Development of an Ultra-Compact Zoom Lens Unit for Camera Phones

大澤 聡*
Ozawa, Sou

湯浅 智行**
Yuasa, Tomoyuki

吉田 龍一***
Yoshida, Ryuichi

松坂 慶二*
Matsusaka, Keiji

要旨

近年、世界規模でカメラ付携帯電話が急速に普及してきている。単焦点レンズが主流であるが、ズームレンズを搭載する動きも広がりつつある。このような市場動向を背景として、我々は携帯電話への搭載に適した超小型のズームレンズユニットの開発を行ってきた。

今回、高精度非球面ガラスモールドレンズを複数枚使用し、誤差感度低減設計を実施することで量産性が高く小型のズーム光学系の設計を達成した。また、ズームレンズの駆動のためにSIDM (Smooth Impact Drive Mechanism) を用いた超小型アクチュエータを開発した。これらの技術により量産性にすぐれた高画素撮像素子に対応した超小型ズームレンズユニットの開発に成功した。

Abstract

Camera-equipped mobile telephones continue to proliferate today. For the moment, mainstream camera phones employ a single focal lens, but an emerging trend toward zoom lenses has now intensified the demand for miniaturized zoom lens units. To meet this demand, we have developed an ultra-compact zoom lens unit that has robust sensitivity to assembly errors and whose design incorporates a very small zoom lens system that uses multiple aspherical glass-mold lenses. The design also employs an SIDM (smooth impact drive mechanism), a compact piezoelectric linear actuator that reduces overall size. Together, these achievements will allow the mass-production of an ultra-compact zoom lens unit for camera phones.

1 はじめに

携帯電話向けのカメラユニットはコンパクト化、メガピクセル化、オートフォーカス化が進行してきた。また携帯電話向けレンズユニットに求められる画質も年々向上しており、デジタルカメラに近い性能が求められてきている。このような流れの中で、次のステップとしてズームレンズの搭載が進行中である。携帯電話向けズームレンズにはデジタルカメラとほぼ同等のズーム比、画質でありながら、携帯電話に搭載可能な超コンパクト化、高い耐久性、高い量産性が必要である。このようなズームレンズユニットを開発するために克服すべき主要な課題としては以下の項目がある。

- 1) 大量生産に適した製造誤差による性能劣化の少ない光学設計
- 2) ズーム駆動に必要なロングストロークで駆動力のあるアクチュエータ

上記課題は本質的にコンパクト化と相反する項目であるが、我々は非球面ガラスモールドレンズを多用することで誤差感度を低減、制御することで大量生産に適した超コンパクトズーム光学系の設計を実施した。また、SIDMアクチュエータを用いることでコンパクトでありながら、単焦点レンズよりも大きなズームユニットを高精度かつロングストロークに駆動することが可能となった。これらの技術を組み合わせることでメガピクセル以上の高画素に対応しながら、コンパクトなズームレンズユニットの開発を行った。

本稿ではこれらの技術紹介を行う。

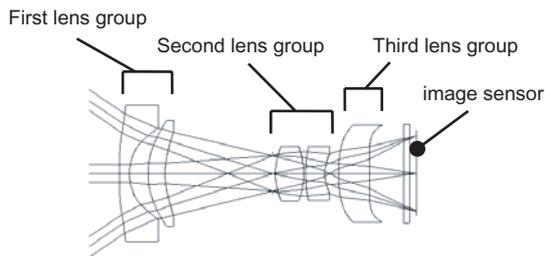
2 光学系の小型化と誤差感度制御

2.1 非球面多用による光学系のコンパクト化

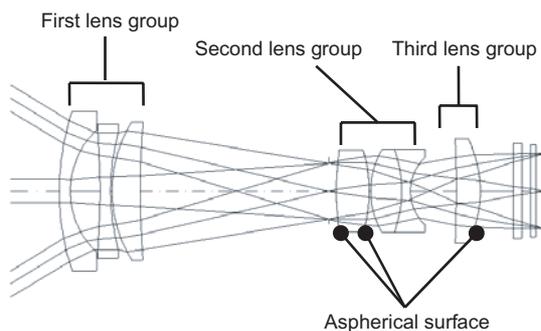
ここでは非球面多用によるズーム光学系のコンパクト化の例を示す。2メガピクセル以上、ズーム比3倍クラスはデジタルカメラにおいて主流の領域で各種設計が行われている。通常、この仕様のズーム光学系は負正正の3成分ズームで構成される。Fig. 1に(a)非球面を多用した新規なズーム光学系、(b)典型的なDSC用ズーム光学系を示す。いずれのタイプの光学系も負の第1群、正の第2群、正の第3群より構成されている。第1群はコンベン

* コニカミノルタ光学(株) 研究開発センター 基盤技術部
** コニカミノルタ光学(株) 事業管理部
*** コニカミノルタ光学(株) 研究開発センター 新規事業推進室

セータとして、第2群はバリエータとしてズーム時移動し、第3群は固定群である。Fig. 1 (b)のような典型的なデジタルカメラ用光学系においては、6枚から7枚のレンズを必要とし、レンズ全長やレンズ径が大きく、このままでは携帯電話への搭載は困難であった。我々は非球面を多用した新設計を実施することでFig. 1 (a)に示すように5枚という少ないレンズ構成で同様のスペックのズーム光学系を達成した。さらにレンズ枚数を削減することでレンズ全長、レンズ径のコンパクト化も達成している。



(a) New all aspherical surface zoom objective lens



(b) Typical digital still camera zoom objective lens

Fig.1 Megapixel Class 3x zoom objective lens

しかし、一般的にズーム光学系の小型化を達成するには、レンズ間の距離とズーム移動量を減少させる必要がある。そのためズームレンズ群やレンズ各面のパワーが強くなってしまふ。その結果として製造誤差による光学性能劣化が大きくなる課題が生じる。このような誤差感度増大によって量産時の歩留まりの悪化や製品の性能バラッキによる市場品質の低下が発生する。我々は非球面を用いた誤差感度制御、ガラスモールドレンズ使用による誤差感度低減設計によってコンパクトでありながら、この課題を克服した光学設計を達成した。

2. 2 非球面による誤差感度低減設計

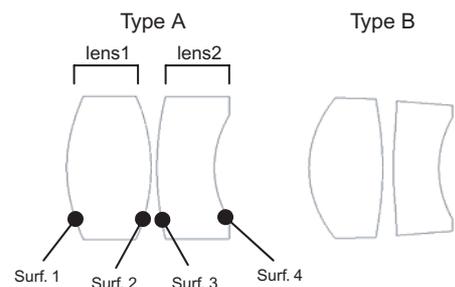
ここでは、非球面による誤差感度制御が可能であることを、Fig. 1 (a)で示した全レンズ非球面のレンズ枚数5枚のズーム光学の第2群を例に示す。この光学系において我々は以下の2つの設計を実施した。

Type A：ガラスモールドを使用し量産に対応して誤差感度を制御した設計

Type B：ガラスモールドを使用し誤差感度を制御しない設計

Fig. 2に偏芯誤差感度の低減設計を行ったタイプ(Type A)と誤差感度低減設計を行っていないタイプ(Type B)の第2群レンズ形状を示す。Fig. 3にレンズ各面、レンズ各ブロックを0.01mm光軸垂直方向に平行偏芯させた場合の片ボケの発生量を示す。

Type A, Type Bのレンズ構成や形状はほとんど同じである。しかしFig. 3で示すようにそれぞれのタイプがもつ誤差感度は大きく異なりType Aでは片ボケの発生が低く抑えられていることが分かる。また、一般的に、レンズブロックの製造誤差はレンズ面単独の製造誤差よりは大きいので、レンズブロックの誤差感度はレンズ面単独の誤差感度より小さくする必要がある。Type AはType Bと比較してレンズブロックの誤差感度が低く制御され、またレンズ面の誤差感度も低く、量産に適した設計となっていることが分かる。



Type A: Sensitivity-controlled zoom lens system

Type B: Non-sensitivity-controlled zoom lens system

Fig.2 Second lens group: Type A and Type B

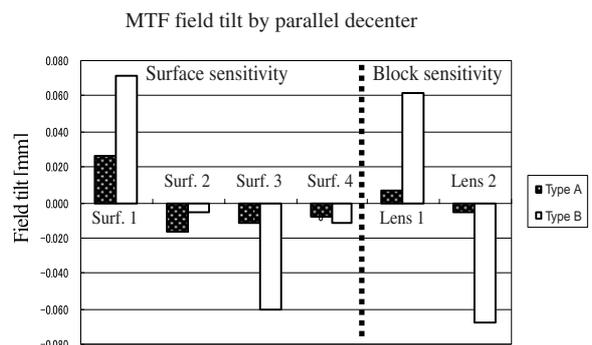


Fig.3 MTF field tilt sensitivity to decenter [1]

2. 3 ガラスモールド使用による誤差感度低減設計

次に、非球面レンズにはガラスとプラスチックの2つの素材が用いられる。両者の違いとしては、ガラスモールドレンズの素材は高い屈折率から低い屈折率、高分散から低分散まで存在するのに対して、プラスチックレン

ズの素材は低い屈折率のみであり分散も中間領域しか存在しない。我々はFig. 1 (a)で示した全レンズ非球面のレンズ枚数5枚のズーム光学系の第2群にガラスモールドを使用したタイプ (Type A) とプラスチックモールドを使用したタイプ (Type C) の2つのタイプで誤差感度低減設計を行った。

Type A : ガラスモールドを使用し量産に対応して誤差感度を制御した設計

Type C : プラスチックモールドを使用し量産に対応して誤差感度を制御した設計。

Fig. 4 に設計を実施した2つのタイプの第2群の形状を示す。またFig. 5 にType A, Type C, 2つのタイプのレンズ各面, レンズ各ブロックを0.01mm光軸垂直方向に平行偏芯させた場合の片ボケの発生量を示す。

Fig. 5 から分かるようにガラスモールドを用いたType A はレンズブロックの誤差感度, レンズ面の誤差感度とも良好に抑えられている。しかしプラスチックモールドを用いたType C はレンズブロックの誤差感度は良好に抑えられているが, レンズ面単独の誤差感度は高い。ガラスモールドを用いることでより量産に適した光学系の設計が可能となる。これは, ガラスモールドを用いたType A においては正レンズと負レンズの分散の差が大きいガラスを選択出来るため, 色収差補正のために必要な各レンズのパワーを弱くすることができるからである。また屈折率も高くできるため各レンズ面の曲率を小さくすることができる。このことにより誤差感度の低減が可能となる。逆にプラスチックモールドレンズを用いたType C では正レンズと負レンズの分散の差を大きくできないため, 色収差補正のために必要な各レンズのパワーが強くなり, さらに屈折率も低い材料しか選べないため, 各レンズ面の曲率が大きくなってしまふ。このことによりガラスモールドを使用した場合より誤差感度が大きくなる。このようにガラスモールド非球面レンズを用いることでコンパクトな光学系でありながら製造誤差による性能劣化の少ない量産性に優れたズーム光学系の設計が達成できた。

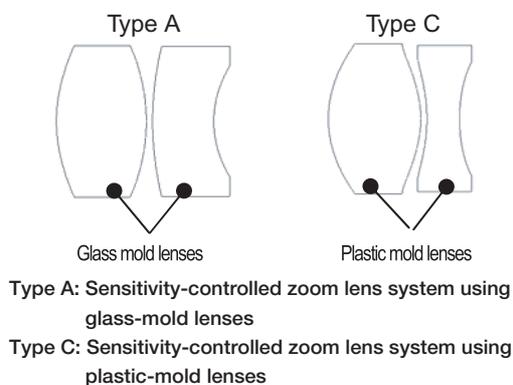


Fig.4 Second lens group: Type A and Type C [1]

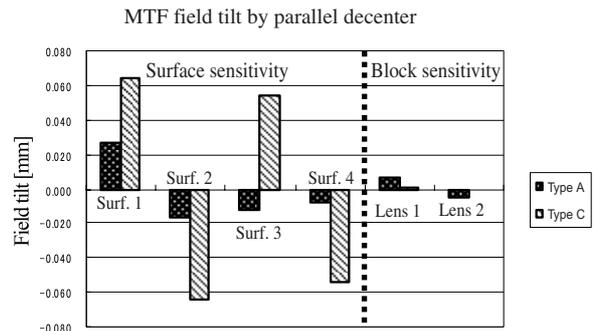


Fig.5 MTF field tilt sensitivity to decenter: glass-mold vs. plastic-mold [1]

2. 4 光学系設計例

上記に示した技術を用いて, ガラスモールド非球面レンズを多用して設計した携帯電話向けズーム光学系をFig. 6 に示す。4枚のガラスモールド非球面レンズと1枚のプラスチックモールド非球面レンズの5枚で構成し, 第1群がコンペンセータ及びフォーカス群, 第2群がバリエータとして移動, 第3群は固定の群である。複数のガラスモールド非球面レンズを使用することで誤差感度を低減し量産に適した1/3型3M撮像素子に対応した約3倍ズーム光学系を全長20mm程度で達成している。

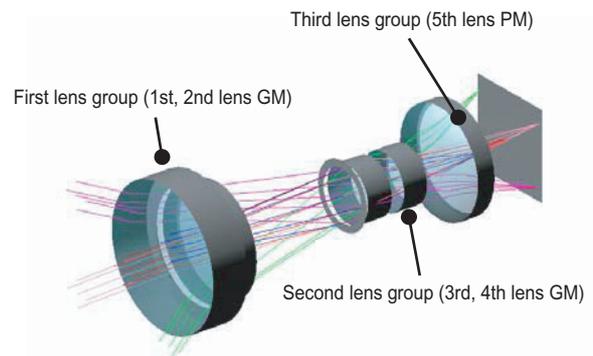


Fig.6 Schematic of 3x zoom objective

3 ズーム駆動用 SIDM アクチュエータ

次にコンパクトなズームレンズユニットを達成する為に重要なもう一つの要素技術である超小型のアクチュエータを紹介する。

3. 1 SIDMアクチュエータ原理

我々は超小型ズームユニットに自社開発の圧電素子を用いた小型リニアアクチュエータであるSIDM (Smooth Impact Drive Mechanism) 方式を採用した。SIDMの特徴として超小型, 自己保持, 静音, 高精度が挙げられる。その駆動原理をFig. 7 に示す。SIDMの構成は固定部 (Fixed component) と圧電素子 (Piezoelectric element) 及

び駆動軸（Friction shaft）の3部品を接合した本体と駆動軸に摩擦係合された移動体（Movable body）よりなる（Fig. 7-a）。圧電素子をゆっくりと伸ばすと駆動軸及び駆動軸に摩擦係合された移動体も連動して移動する（Fig. 7-b）。次に圧電素子を急速に縮めると駆動軸も急速に動く、この時駆動軸と移動体の間に滑りが生じ、移動体はほぼ(b)の状態に留まる（Fig. 7-c）。(a)~(c)の動きを繰り返すことで、移動体は駆動軸上を右側へ進んでいく。左側へ移動体を進める場合は、圧電素子の伸縮の速度を逆にするで行なえる。

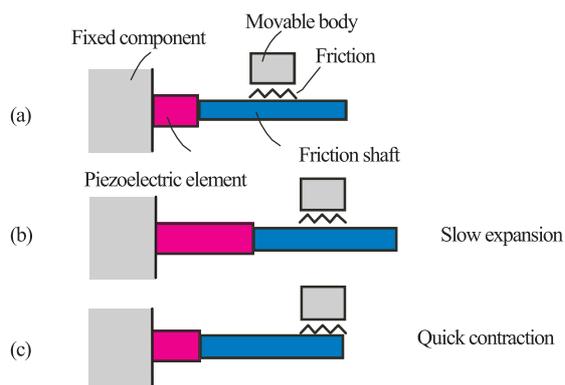


Fig.7 SIDM driving principle [2]

SIDMアクチュエータは上記のような簡単な機構で駆動できるため小型化が可能となる。またSIDMでは移動体が摩擦部材に摩擦力により固定されるため、精度良く移動体を固定でき、そのためズームレンズ群が精度良く保持され、ズームレンズ群の位置誤差による光学性能の劣化を抑制することができる。

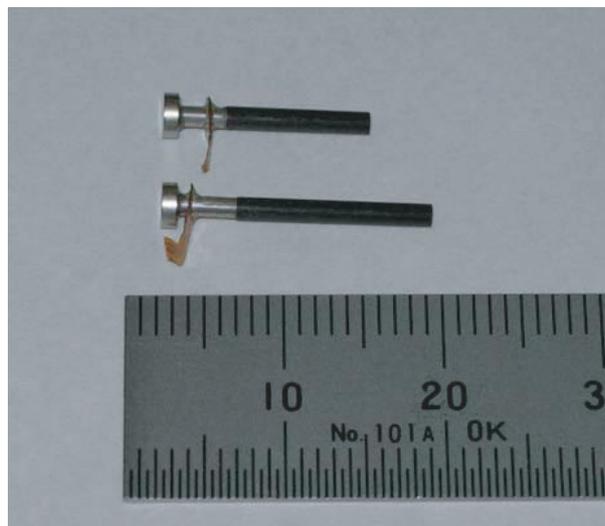
さらに、ステッピングモーターの様な一般的な回転式のアクチュエータでズーム駆動を行うためには、回転運動を直進運動に変換する機構が別途必要になる。しかしSIDMはリニアアクチュエータでありズームレンズ群を直接、直線的に駆動できるため追加のメカ機構が必要無い。このためズームレンズユニットのコンパクト化と、携帯電話の厳しい衝撃試験に耐えることが出来るレンズユニットを実現できる。

3. 2 ズームレンズ向けSIDMクチュエータ

我々はすでに、携帯電話向けの単焦点レンズにおいてSIDMアクチュエータを用いたオートフォーカス機構を組み込んだレンズユニットを量産している。

今回メガピクセル以上のズームレンズ群駆動のため長い駆動ストロークと、十分なトルクを持つSIDMを新たに開発した。Fig. 8に今回開発したSIDMアクチュエータ（固定部、圧電素子、駆動軸）を示す。一つは第1レンズ群駆動用、もう一つは第2レンズ群駆動用のSIDMである。このSIDMの全長は約12mmと約17mmである。この

SIDMアクチュエータの駆動軸に各ズームレンズ群ユニットが直結され駆動される。



Above: SIDM for first lens group
Below: SIDM for second lens group
Fig.8 SIDMs for zoom lens unit

4 まとめ

我々はガラスモールド非球面レンズを多用することで、誤差感度を抑制し量産に適したレンズ枚数の少ないコンパクトなズーム光学系の設計を達成した。さらにSIDMを用いたコンパクトなアクチュエータの開発も行った。これらの技術により、携帯電話に搭載可能な大きさで高い信頼性と量産性をもったズームレンズユニットの開発に成功した。

現在、屈曲光学系による薄型化光学設計、低コストで高精度なガラスモールドレンズ製造方法、高精度レンズ組み立て方法等の開発を行っており、これらの技術開発によって、ズームレンズユニットのさらなる高スペック化、小型化、低コスト化の達成をめざしている。

●参考文献

- 1) S.Ozawa, K.Matsusaka, R.Yoshida, T.Yuasa "Ultra compact zoom lens unit which uses glass-mold lenses" ICIS'06 proceedings p23 - 24(2006)
- 2) R.Yoshida, Y.Okamoto and H.Okada, "Development of Smooth Impact Drive Mechanism (2nd Report) - Optimization of waveform of driving voltate -." J.Jpn.Soc.Precis.Eng.68(4),536 - 541 (2002)