

# 3倍ズームコンパクトカメラの 光学系とレンズ制御

Optical Systems and Lens Control Systems for Compact  
Zoom Cameras with a Zooming Ratio of 3

中山春樹

御子柴浩伸

カメラ事業部設計グループ

石坂 哲

オプト事業部光学開発センター



Nakayama, Haruki

Mikoshiba, Hironobu

Design Group

Camera Division

Ishisaka, Akira

Optics R&D Center

Optics Division

## Abstract:

Up to now, optical design, mechanical design and mechanical accuracy have been sufficient techniques for manufacturing commercially viable optical apparatus. However, these factors have become insufficient for diversified market demands. We have obtained good results from the research and development of combining new electronic techniques, such as highly sensitive sensors or micro-computers, with the standard techniques.

This report describes the compact zoom camera with a zooming ratio of 3, developed by fully utilizing and combining both new and standard techniques.

# 1

## まえがき

今回開発に成功した、3倍ズーム(35mm~105mm)コンパクトカメラAiBORGの光学的要求精度は、2倍ズームカメラZ-up80RCやZ-up28Wの約3倍必要である。しかも、部品精度のみで製品間の性能バラツキを抑えることは非常に困難であった。そこで、今回は書き込み自由の不揮発性メモリーをメインにした、個別制御、調整システムを新たに開発し、これらの問題を解決した。

# 2

## 高変倍ズームレンズ

ズームタイプの選定においては、簡単な2群ズームから検討を始め、最終的には4群ズームにより要求性能を満足した。以下、4群ズームに至る検討経過を述べる。

### 2.1 2群ズーム

一般的にコンパクトカメラ用としては、物体側から順に、正、負の群配置がよく用いられる。これは焦点距離に比べてレンズ全長の短い望遠型の配置となるからである。しかし、変倍比が大きくなると、レンズ群の移動量が大きくなるという問題が出てくる。(Fig.2.1)

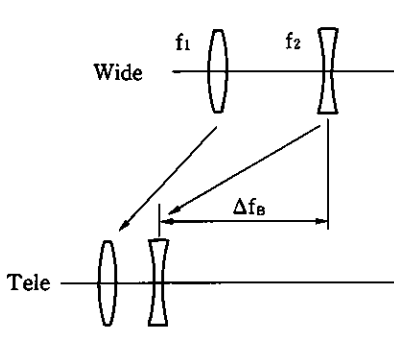


Fig.2-1 Zoom lens consisting of two groups

N群より構成されるズームレンズの全系の焦点距離  $f$  は、第1群の焦点距離を  $f_1$ 、後続する各群の倍率を  $M_i$  として、

$$f = f_1 \times M_2 \times \dots \times M_N \quad \dots (2-1)$$

により与えられる。(2-1)式において  $f_1$  はズーミングに際して不変であるため、 $f$  の変化は倍率  $M_i$  の変化により引き起こされる。

(2-1)式より2群ズームの場合には、 $f$  の変化をすべて第2群の倍率変化に負っていることになる。このときの第2群の移動量  $\Delta f_B$  は、広角端、望遠端での第2群の倍率をそれぞれ  $M_{2W}$ 、 $M_{2T}$ 、第2群の焦点距離を  $f_2$  として、

$$\Delta f_B = f_2 \times (M_{2W} - M_{2T}) \quad \dots (2-2)$$

で表される。すなわち、2群ズームでは、第2群の変倍負担が大きいため、この移動量が変倍比の増大とともに大きくなる。従って高変倍ズームレンズでは、2群ズームは好ましくない。

レンズ群の移動量を小さく抑えるには、1つの群に変倍負担が集中することを避ける必要がある。これは(2-1)式によれば、群数を増やして  $M_3$  以下の項を加えることになる。

### 2.2 3群ズーム

3群ズームにおいて全系で望遠型を構成することを前提とすると、正正負、正負負の2つだけが検討の対象となる。(Fig.2.2)

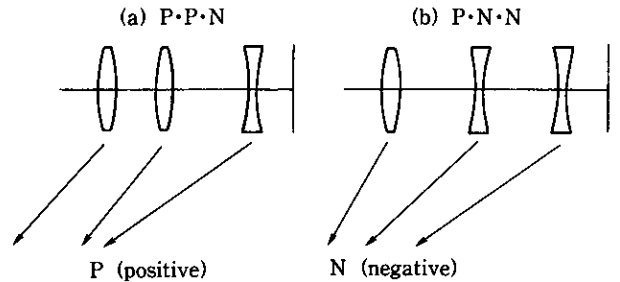


Fig.2-2 Zoom lens consisting of three groups

任意のレンズ群についての倍率  $M_i$  は、その群の焦点距離を  $f_i$ 、物体距離を  $S_i$  (符号は像側が+) として、

$$M_i = \frac{f_i}{f_i + S_i} \quad \dots (2-3)$$

により与えられる。 $M_i$  を  $S_i$  で微分すると、

$$\frac{\partial M_i}{\partial S_i} = \frac{-f_i}{(f_i + S_i)^2} \quad \dots (2-4)$$

を得る。これより、 $S_i$  の変化により  $M_i$  を効率的に変化させるには、 $f_i$  と  $S_i$  を異符号として(2-4)式の分母を小さくすればよいことがわかる。ところが、正正負の場合、第2群については、 $f_2 > 0$ 、 $S_2 > 0$  が常に成立し、効率が悪い。また、正負負については、(2-4)式の  $f_i$  と  $S_i$  は異符号になるものの、正負2群ズームの後群を分割した形になり、第3群の移動量の式

$$\Delta f_B = f_3 \times (M_{3W} - M_{3T}) \quad \dots (2-5)$$

中の  $|f_3|$  が大きくなるため、移動量を小さくする効果はそれほど大きくない。

このように望遠型の3群ズームでは、個々の群の変倍効率を満たさないで、移動量の短縮は難しい。

### 2.3 4群ズーム

4群ズームでは、3群ズームに比べて各群の変倍負担は一層軽減される。望遠型を構成する正負の組み合わせは多数存在するが、4群ズームでは正負正負というタイプが優れていることが、知られている。実際、このタイ

プでは、変倍効率に関して、上述のような不都合は起こらない。そこでズームタイプとしては正負正負を採用することにして、ここでは各群の変倍負担の最適な配置を考える。

倍率MはFig.2.3のように、1つの群の結像関係により定義される。この図では、第4群についての結像関係が示されており、倍率 $M_4$ は第4群についての物体高、像高をそれぞれ $y_4$ 、 $y'_4$ としたとき、 $y'_4$ と $y_4$ の比により与えられる。前の群によってできる像は、この群により $M_4$ 倍に拡大される。ここで注目したいのは、前方で生じた収差も同様に拡大されるということである。一般に望遠型のレンズでは、後方の群の倍率は大きくなるため、前方での収差発生を小さくする必要がある。このためには、前方の群の変倍負担をより小さくすることが有効である。それにより、前方の群での収差補正が容易になるとともに、ズミングによる収差変動も小さくなり、ズーム全域を通じて良好な性能を得ることが可能となる。すなわち、第i群の広角端、望遠端での倍率を $M_{iw}$ 、 $M_{iT}$ としたとき、

$$\left| \frac{M_{2T}}{M_{2w}} \right| < \left| \frac{M_{3T}}{M_{3w}} \right| < \left| \frac{M_{4T}}{M_{4w}} \right| \quad \dots\dots (2-6)$$

という変倍負担を各群に持たせることにより、全体として収差を良好に補正することができる。

以上のように、(2-6)式に従って変倍負担を分配することにより、小型でありながら、性能良好な高変倍ズームレンズを得ることができるので、AiBORGは、ズームタイプとしては正負正負の4群ズームを採用した。

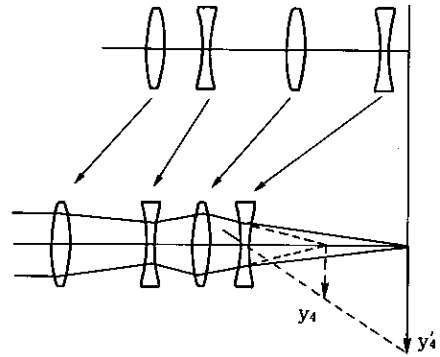


Fig.2-3 Zoom lens consisting of four groups

### 3

### 駆動機構

コンパクトな高変倍ズームレンズを作るには4群ズームがベストであるが、同時に以下の問題も新たに生ずる。

- ・変倍群が多いため駆動機構が、複雑化し大型化する。
- ・レンズ構成要素が多いため、個々の部品は高精度化が要求される。

以下その実現手段について述べる。

#### 3.1 小型化

AiBORGは、この駆動系の小型化のため、レンズ設計の変更も含め以下の構成にしている。

- ・1群と3群は固定長
- ・2群をインナーフォーカス
- ・フォーカシングはズーム兼用
- ・3群と4群だけを、カム駆動

ここで、4群ズームレンズを、従来の2群ズームレン

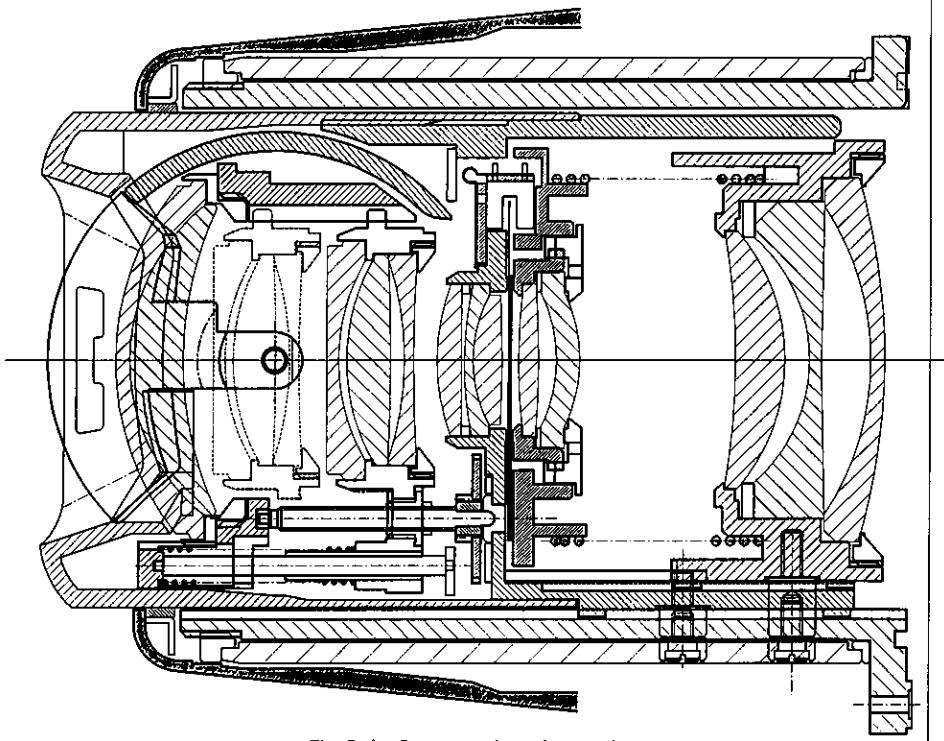


Fig.3-1 Cross-section of zoom lens

ズと同様の駆動機構にすることに成功している。(Fig.3.1, Fig.3.2)

### 3.2 高精度化

次に部品の高精度化の対応について説明する。もともとズームレンズは、その領域全てについてピント結像位置を一定に保つことは難しい。それは、レンズの曲率、間隔、繰り出しカムなどの誤差がピント性能を阻害するためである。ここでレンズ構成要素が多いために各部品は2倍ズームに比べ約3倍の精度を必要とし、高精度な調整も要求される。つまり、大幅にコストがアップし、かつ従来並のピント性能しか実現できない。そこでこれらの機械的誤差を全て補正することを試みた。その補正は、

- ・焦点距離毎のピント結像位置の補正
- ・焦点距離毎の繰り出し量の補正
- ・レンズ開口径の違いによる、繰り出し量の補正
- ・電圧、温度、移動速度などの変化によるピント補正
- ・ピント調整方法の変更

これらの補正は、全て2群レンズ位置の変更によって

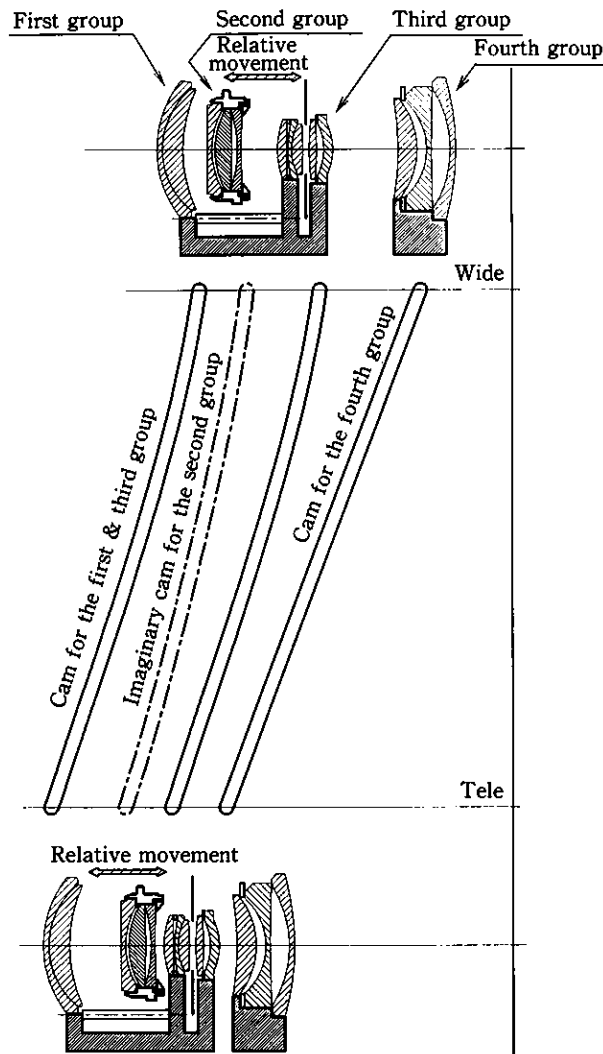


Fig. 3-2 Explanation of zooming and focusing

実現している。この2群レンズは、ズームの全領域で自由な繰り出し位置を選択できる。この位置は1群および3群からの相対的な距離としてフォーカスマーターの回転パルス数で管理され、補正はすべてソフトウェアに行っている。この2群レンズ位置の記憶と制御のために、書き込みおよび消去が電氣的に可能な不揮発性メモリー (EEPROM) と、新しい駆動制御を採用している。

これらにより、機械的誤差などを全て吸収し、かつ、従来技術では得られなかった高いピント性能をズーム全領域で実現している。

## 4

## レンズ制御

### 4.1 特徴

従来は半固定抵抗などで行っていた調整項目をすべてEEPROMに置き換えることによって、回路の簡素化、調整の自動化、ローコスト化を図っている。さらにEEPROMの使用は、多数の可変パラメータの導入を可能にしている。これにより、機械的精度の向上だけでは対応が難しい高精度の要求に対し十分な対応を可能にし、開発段階における自由度拡大に大きく貢献している。

### 4.2 システム構成

Fig.4.1にレンズ制御システムの概略を示す。EEPROMは、調整工程において書き込み装置(パソコンetc)に接続され外部からデータを書き込まれる。カメラ本体のCPUは、EEPROMからデータを読み込むのみで、書き込みは行わない。

### 4.3 ズームにおけるレンズ制御

ズームにおいて、従来はカムによって移動すべき2群レンズを、フォーカスマーターにより移動させ、フォーカシングとの兼用を図ることにより、大幅な小型化を実現している。2群の動作をFig.4.2に示す。2群レンズの移動量は2つのパルス信号(以下LDP1、LDP2)によって検出される。

ズーム停止位置は24ステップに分割されていて、各ス

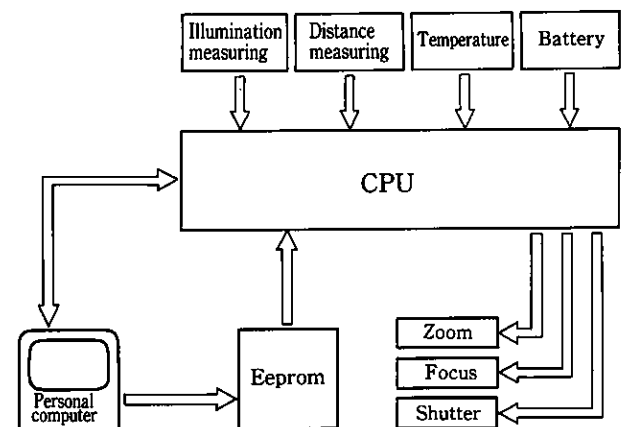


Fig. 4-1 System of AiBORG

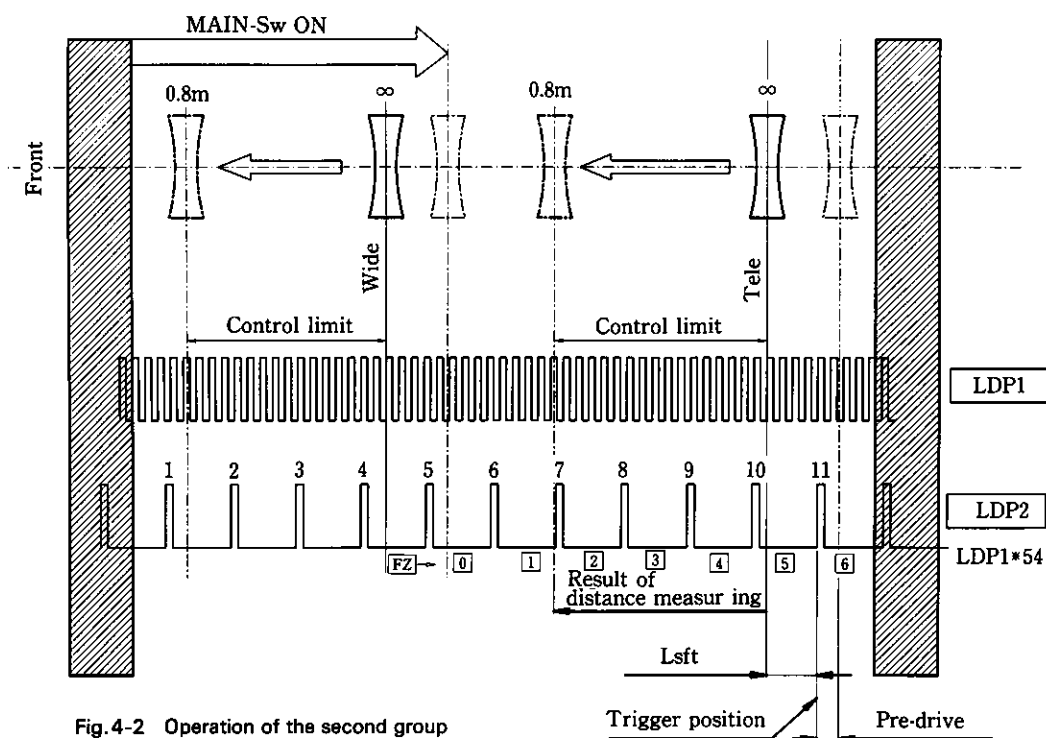


Fig. 4-2 Operation of the second group

トップに対応したフォーカスゾーンデータ(以下FZ)の示すゾーンに2群レンズは待機する。FZはカメラ毎に個別調整されているEEPROM内のデータである。

#### 4.4 フォーカシングにおけるレンズ制御

##### (1) 無限ピント位置

ズーム停止位置によって決る待機位置にいる2群レンズは、最初のLDP2の立ち下がりを通りかかるとして、LDP1を無限ピント位置データ(以下LFST)カウントするまで前方に移動する。その位置がそのズーム停止位置における無限ピント位置である。

従来は機械的機構により無限ピント位置調整を行ってきたがズーム停止位置ステップ毎に正確な無限ピントを得ることは難しかった。LSFTを、ズーム停止位置ステップ毎に個別調整し、EEPROMに書き込むことにより容易に正確な無限ピントを得ることが可能となった。

##### (2) 有限ピント位置

測距の結果より繰り出し量を算出する時、この光学系の特徴としてズーム停止位置ステップ毎に繰り出し量が異なる。Fig.4.3に繰り出しカーブの特性を示す。これから分かるように繰り出し量は、ズーム停止位置ステップ毎に異なるだけでなく、被写体距離に対してニアではない。またさらに、この繰り出し量はカメラ毎に個体差をもっている。

そこでFig.4.3に示すように、P1、P2(EEPROMデータ)という傾きを表す2つのパラメータを設け、繰り出しカーブを2つの傾きを持つ直線で結び近似を行ない、繰り出し量を算出している。ズーム停止位置ステップ毎に、

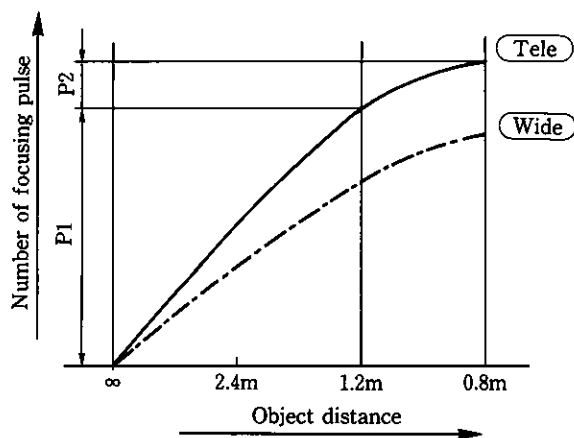


Fig.4-3 Focusing curve

P1、P2をすべてのカメラにおいて個別調整し、正確なピントを得ることを可能にしている。

## 5

## おすび

以上のように、光学分野にエレクトロニクスを導入することにより、かなりの設計の自由度が増し、今迄無理だと思われていたものが、実現したわけである。今後は更に違った分野の技術を効率的に導入することにより、益々信頼性が高く、コストパフォーマンスの良い製品の開発が可能となっていくであろう。

#### ●参考文献

- 1) 石坂：特開平3-39920
- 2) 石坂：特願平1-257884
- 3) 石坂：特願平2-66942