

コニカZ-up80のコンパクトズーム レンズと積分AFシステムの開発

Development of the Konica Z-up80's Compact Zoom Lens and Integral Distance Measuring System

仁居 保

森 伸芳

オプト事業部光学開発センター

百瀬治彦

カメラ事業部

生産技術グループ



Abstract:

Konica Z-up 80 is a compact AF (autofocus) lens shutter camera with builtin power zoom lens of 40-80mm focal length and of 0.6m minimum focusing distance, and with no need to switch to and from a macro setting. In any conventional camera, such short focal distance combined with such long focal length would mean unmanageable bulk and low focal precision, as well as a need for a separate macro function.

But the Z-up 80 is compact. The high refractive power of its lenses offers a telephoto system whose focus shutter unit fits compactly in the lens barrel. At the same time, the distortion that this would otherwise cause is virtually eliminated by the retro-focus configuration of the front component lens.

At the same time, the Z-up 80's focus is crisp and reliable. High-precision zoom unit cam rings shrink zoom unit movement tolerance to 10 μm . And its high-precision focusing unit screws attain the fine focal lens driving pitch of 20 μm per AF step.

Finally, the Z-up 80 needs no separate macro function, thanks to its Integral Distance Measuring System, an active infrared AF system that controls light quantity precisely.

This paper presents the technology behind these achievements, just three in a string of features-continuous shooting, multi-exposure, interval shooting, and timer exposure-that distinguish the Konic Z-up 80.

Nii, Tamothu

Mori, Nobuyoshi

Optics Research & Development
Center

Optics Division

Momose, Haruhiko

Production Engineering Group
Camera Division

1

はじめに

従来の2焦点やズーム方式のコンパクトカメラの望遠側焦点距離は70mmが多用され、1 mより近距離の撮影では手動切り換えが必要であった。

そのため遠方撮影での倍率が物足りなかったり、近接撮影での切り換え操作が煩わしいといった不便さがあった。

この度従来と同様なコンパクト性を持ちながら、焦点距離40~80mmで0.6mmまで切り換え無しでオートフォーカス(AF)撮影ができる35mmコンパクトカメラ、コニカZ-up80の開発を行い製品化に成功した。その外観写真と主要性能を表題の写真1.1とTable 1.1に示す。

このカメラの開発に際しては、コンパクトなズームレンズと高精度の変倍合焦メカ及びマクロ切り換え無し積分AFシステムを重点開発した。

本稿では新しく開発されたコニカZ-up80のコンパクトズームレンズと鏡胴機構及び積分AFシステムの技術紹介を行う。

2

撮影レンズ

2.1 レンズタイプの選定

「レンズシャッターコンパクトカメラに搭載するズームレンズはコンパクトでなければならない。」この自明な要請を満足させるためにレンズタイプとしてはテレフォトタイプを選択した。テレフォトタイプは正の焦点距離の前群と負の焦点距離の後群よりなり、焦点距離に比べ

てレンズ全長を短くできることに特徴がある。ズーム方式としてはカムなどを用いてレンズ群を別々に移動させて変倍する機械補正式の2群ズームを採用している。この変倍方式をFig.2.1に示す。

2.2 コンパクト化のためのパワー配置

このタイプのズームレンズをよりコンパクトにするために以下の要請を考えた。

- (1) 広角端でのレンズ全長が短い
 - (2) 変倍におけるレンズ群の移動量が小さい
 - (3) 広角端でのバックフォーカスが極端に短くならない
- (1)、(2)はカメラ全体を短くするための条件である。Fig.2.1のようなズームレンズでは前後群が前方へ移動して変倍し、これを支えるカム筒の長さがレンズ全長を左右する。

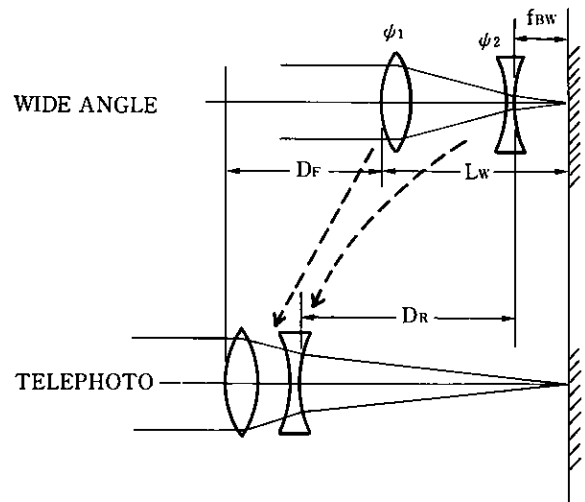


Fig. 2.1 Schematic view of mechanically compensated zoom lens

Table 1-1 Konica Z-up80 Specification

Feature	Details
Lens	40mm F3.8~80mm F7.2 power zoom, in 7 groups
Light Metering	SPD sensor with backlight detector
Shutter	Micromotor-drive, electronically controlled program shutter, with speeds from 1 second to 1/500 second (F3.8~32)
AE Control Range	40mm: EV4 (F3.8, 1s)~EV18 (F22, 1/500s) 80mm: EV5.6 (F7.2, 1s)~EV18 (F32, 1/350s)
Distance Metering	PSD infrared active AF
AF Method	Micromotor straight drive
AF Control Range	0.6m~∞, 63steps: No separate macro
Film Loading	Auto loading: Film advanced first frame on closing camera back
Film Advance	Automatic motor-driven and continuous modes, up to 2 frames per second
Film Rewind	Auto rewind at end of film
DX Range Setting	Automatic sensing and setting of film speed (ISO 50~3200)
Flash	Built-in electronic flash automatically pops up and adjusts to lens focal length
Viewfinder	Bright frame zoom finder with eye focus adjuster
LSD Display Panel	Indicates frame number, date, battery condition, and zoom and flash modes,
Auto Date	Digital quarts, print to film capability (1988-2019)
Special Effects	Continuous and interval shooting multi-exposure, timer exposure,
Size and Weight	138.5W×85H×73(99) D mm, 485g (without battery)

そのため(2)は特に重要である。またテレフォトタイプの構成を採ると全長が短くなると同時にバックフォーカスも短くなる。バックフォーカスが短いと画面の隅の光量を確保するために、後群のレンズ径は非常に大きくなってしまふ。これを避けるためにバックフォーカスが最短となる広角端に(3)の条件を課した。

これらの諸量はパワー配置により変化する。したがって適切なパワー配置を与えることがコンパクト化のための重要な問題である。ここでは薄肉レンズ系のモデルにおいてこのパワー配置の問題を考察する。

Fig.2.1 で ψ_1, ψ_2 はそれぞれ前群と後群のパワー(パワーは焦点距離の逆数)である。また ψ_w, ψ_T はそれぞれ広角端、望遠端での合成パワーであり、ここでは定数である。そして広角端でのレンズ全長を L_w 、バックフォーカスを f_{BW} とし、広角端から望遠端へのズーミングにおける前群と後群の移動量をそれぞれ Z_F, Z_R とするとそれぞれ以下の式で表すことができる。

$$Z_F = (A\psi_1 + B/\psi_1) / \psi_2 \quad \dots\dots (2-1)$$

$$Z_R = A\psi_1 / \psi_2 \quad \dots\dots (2-2)$$

$$f_{BW} = (1 - \psi_1 / \psi_w) / \psi_2 \quad \dots\dots (2-3)$$

$$L_w = (2 - \psi_1 / \psi_w - \psi_w / \psi_1) / \psi_2 + 1 / \psi_1 \quad \dots\dots (2-4)$$

ここで

$$A = 1 / \psi_w - 1 / \psi_T$$

$$B = \psi_w - \psi_T$$

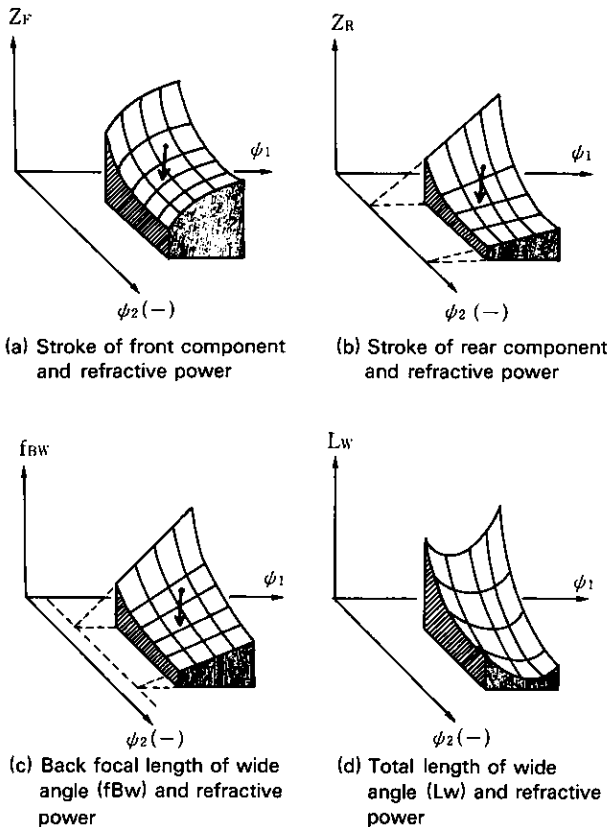


Fig. 2.2

パワー配置(ψ_1, ψ_2)によってこれらの諸量の変化の様様を3次元のグラフを用いて表すとFig.2.2のようになる。(a)、(b)より移動量を小さくするためには図の斜面を矢印のように下ればよい。しかしこのように下ると(c)より f_{BW} も小さくなってしまふ。ここにレンズ設計上の難しさがあつた。

一見すると互いに矛盾する要請であるが、これを満たすようにパワー配置を変化させる方向は存在する。ここではもっとも簡単な場合を図を用いて視覚的に説明する。それは広角端のバックフォーカスを一定とする場合である。このとき移動量がどのように変化するか見てみる。(2-3)式で f_{BW} を定数とすると(ψ_1, ψ_2)は次の直線上にある。

$$\psi_1 / \psi_w + f_{BW}\psi_2 = 1 \quad \dots\dots (2-5)$$

このとき、移動量 Z_F の変化の様子はFig.2.3のようになる。矢印のように ψ_1, ψ_2 の絶対値を共に大きくすると移動量 Z_F は減少する。一方、後群の移動量については、(2-2)式よりFig.2.4のように原点から(ψ_1, ψ_2)に引いた線分が ψ_1 軸となす角が大きいほど、 Z_R は小さくなる。したがって Z_F と同じく直線上を矢印のようにパワー配置を変化させるとよい。最後に L_w について調べる。 L_w はFig.2.2 (d)のような曲面となり、この曲面には次式で表せる曲線上に谷が存在している。(Fig.2.5)

$$\psi_1 / \psi_w = \sqrt{1 - \psi_2 / \psi_w} \quad \dots\dots (2-6)$$

したがって後群のパワーを強くするほど L_w は小さくなり、また(2-6)式であらわせる谷付近のパワー配置を選ぶと L_w はより小さくなることが判る。

このようにパワー ψ_1, ψ_2 を強くすると全長、移動量を小さくし、バックフォーカスを大きくできるが、2つの間

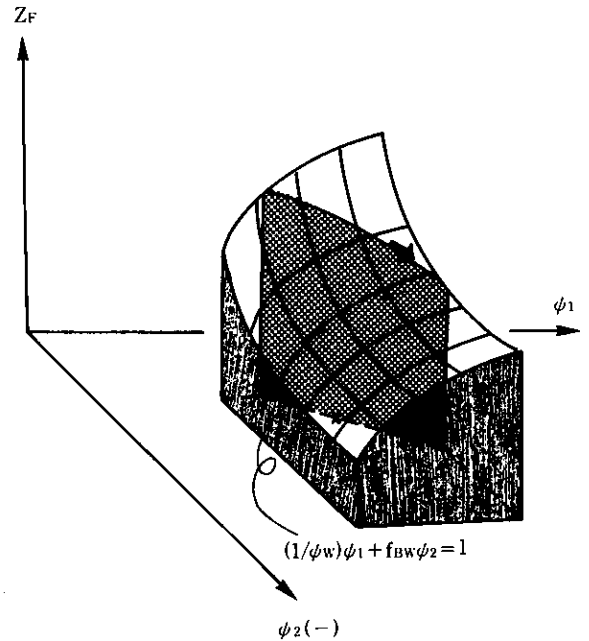


Fig. 2.3 Variance of front component stroke (f_{BW} is constant)

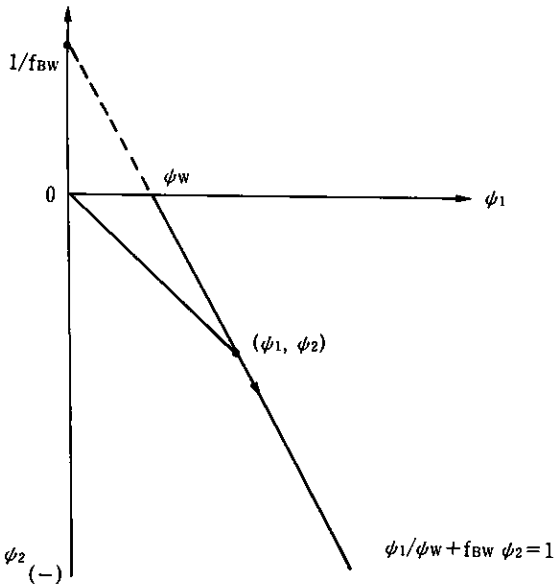


Fig.2.4 Locus of (ψ_1, ψ_2) , (f_{BW} is constant)

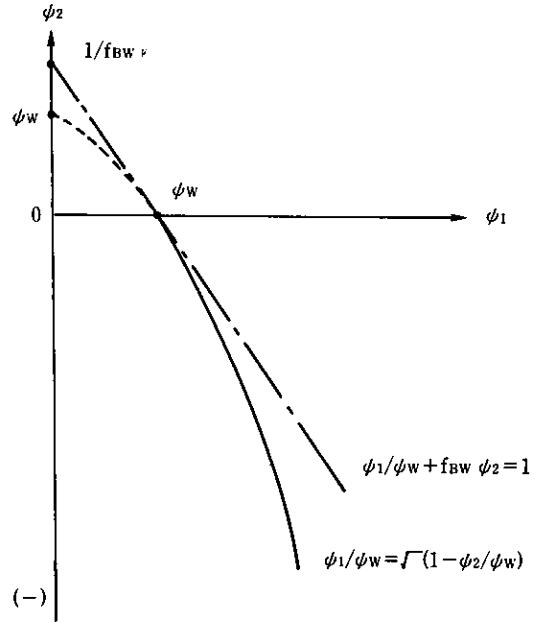


Fig.2.5 Locus (Solid Line) of minimum point of lw (ψ_2 is constant)

題点が深刻になる。1つはレンズの収差である。一般に各群のパワーが強いほど、発生する収差は大きくなり補正が困難になる。もう一つは誤差感度が大きくなることである。

2.3 レンズ構成と収差補正

Fig.2.6にZ-up80のレンズ断面図をしめす。テレフォタイプではパワー配置が絞り前後で非対称となっているため糸巻き型の歪曲収差が発生しやすいという欠点があり、コンパクト化のために前後群のパワーを強くすることはこの非対称性を更に強くすることになる。そのために後群が絞りから離れて非対称性が最大となる広角端で歪曲収差が大きくなる。これを補正するためには各レンズ群の、内部パワー配置を工夫する必要がある。一般に主光線の各レンズでの屈折角の和 $\sum h_j \phi_j$ を歪曲収差の目安とすることができる。(h_jは各レンズを通る主光線の高さ、 ϕ_j は各レンズのパワー) この値が小さいほど歪曲収差は小さくなる。主光線の高さはFig.2.6のように絞りの前後で符号が反転する。従って絞りの前後でパワー配置が対称であれば $\sum h_j \phi_j$ は小さくなる。Fig.2.6にZ-up80のパワー配置を示す。前群では強い正のパワーを絞りの近くに配置し、負のパワーをできるだけ遠ざけて後群と対称となるようにしている。後群では負レンズをメニスカス形状にして、hを下げ主光線の屈折角が小さくなるようにしている。その結果、望遠端では歪曲収差が全く無く、広角端でもわずかな糸巻き型の歪曲収差に抑えられている。

その他、前群に貼りあわせレンズを用い、軸上色収差、倍率色収差を良好に補正しており、コントラストの高い

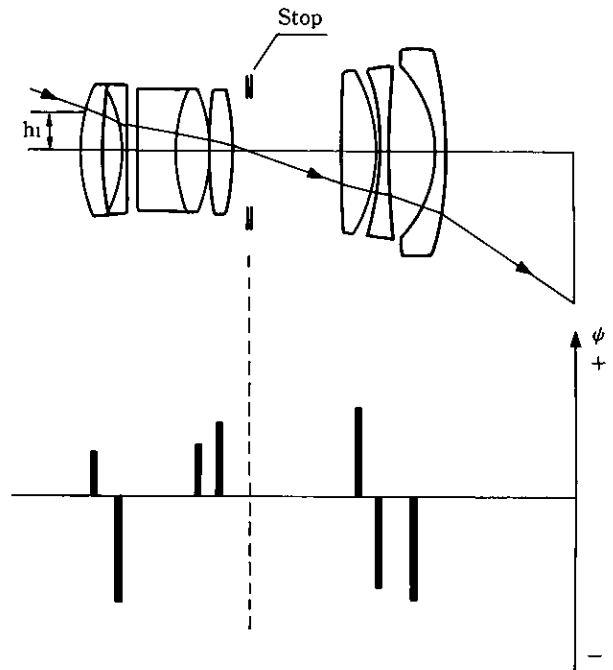


Fig.2.6 Cross section of lens groups in Wide Angle configuration and their refractive power distribution

描写が得られる。また非点収差や像面湾曲を補正して画面の隅までシャープな画質を得るために後群の2枚の負レンズに高屈折率、低分散ガラスを使用している。

このようにしてコンパクト化のために発生する収差を補正して、小型でありながら高性能の撮影レンズを得た。

2.4 要求されるメカ精度

Z-up80ではコンパクトでありながら、望遠側80mmの焦点

距離を実現するために変倍およびフォーカシング時に非常に高いレンズの駆動精度が要求される。その原因の一つが前述した誤差感度である。

例えば前後群の間隔の狂い Δe に対するピントのズレ Δf_B は次式で表される。

$$\Delta f_B = -(\psi_1/\psi)^2 \Delta e \quad \dots\dots (2-7)$$

この式より、合成焦点距離 $1/\psi$ が大きいほど、また ψ が大きいほど間隔誤差に対するピントズレの感度（以後、間隔誤差感度）が大きくなってしまふのである。Z-up80では $\psi=1/27$ と強くし、また望遠端の焦点距離を、80mmとしたため通常のズームレンズより間隔誤差感度が大きくなっている。(Fig.2.7) これより望遠端では

$$\Delta f_B \approx -9 \times \Delta e$$

となり、間隔 e が0.05mm狂うとピントが0.45mmもずれることになる。これはたいへん大きな量である。後述するように望遠端の焦点深度から、ピントずれ量は大きくとも0.2mmに抑える必要があり、間隔 e に対するメカ精度がコンパクト化の成否を握る鍵となる。

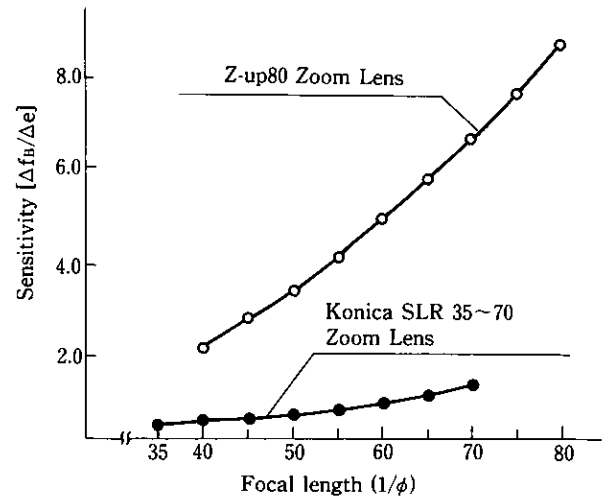


Fig.2.7 Focusing Sensitivity

3

鏡胴機構

3.1 機構概説

(1) ユニット構成

鏡胴機構は、大別して2つのレンズユニットと、3つのメカユニットとによって構成した。2つのレンズユニットとは、前群レンズ（以下「FCレンズ」と呼ぶ。）および後群レンズ（以下「RCレンズ」と呼ぶ。）ユニットであ

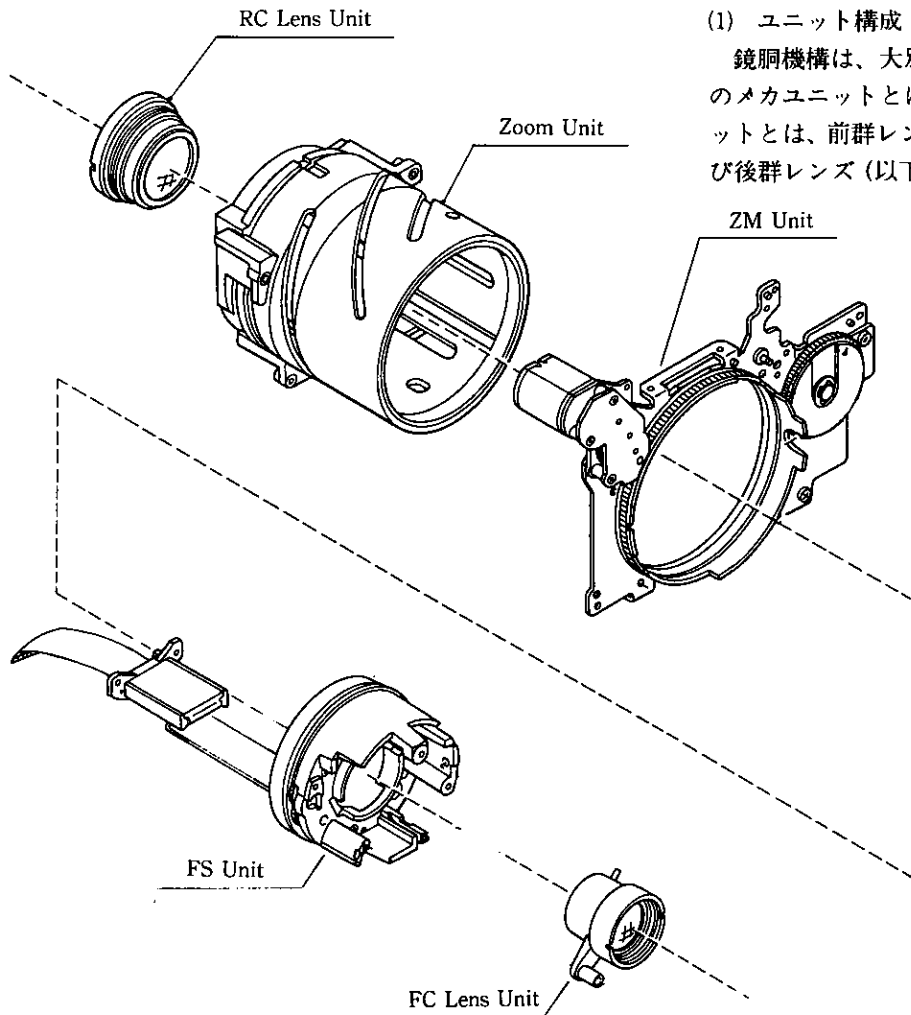


Fig. 3.1 Lens barrel

- り、3つのメカユニットとは、
- (a)FCレンズユニットを抱えて、フォーカス、絞りシャッターを受け持つFSユニット。
 - (b)FSユニット、RCユニットを抱えて、任意の焦点距離に移動させるズームユニット。
 - (c)ズームユニットを移動させる動力源と、制御系を有するZMユニット。

である。上記ユニットへの分割は各ユニットの役割分担を明確にし、機能・性能を保障するためである。Fig.3.1に各ユニットの構成を示す。

(2) 鏡胴のコンパクト化

鏡胴の大きさは、「カムリング」の設計に大きく依存する。即ち具体的には、軸方向はレンズ移動量(Z)と両端の余裕量の和によって求まるが、径方向はカム溝の立上げ角(θ)とカム回転角(α)とした時、

$$D = Z / (\alpha \times \tan \theta \times \pi / 360) \quad \dots\dots (3-1)$$

での最適解を得ることが要求される。

ここで、レンズ移動量(Z)はレンズ設計によって一義的に決まる。また θ は一般的に 45° を設計上限としている。従って、カム回転角(α)を大きくすることにより、コンパクトな「カムリング」が得られる。しかし余り大きくすると「カムリング」の強度に影響する。本鏡胴は、両者とのバランスの中で成立させた。

(3) カムリング固定方法

ズームユニットは「固定胴」を初めとし、ほとんどの機構部品にエンジニアリング・プラスチックを使用している。しかし「カムリング」だけは、前述の精度問題からプラスチック化出来ず、アルミ製となっている。

従って、このまでは線膨張係数の違いから、高低温下で、ズーム作動に悪影響を及ぼすという問題が生じてしまう。

そこで、「カムリング」の固定方法として、「固定胴」との間に「金属リング」を介在させて温度保障するという構造をとっている。(Fig.3.2)

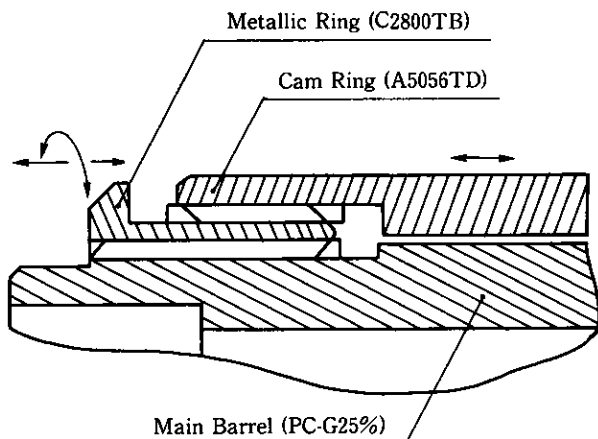


Fig. 3.2 Cam ring mounting

更には、この「金属リング」にねじを設け、「カムリング」と「固定胴」の相対位置を変化させてff(フランジ・フォーカス)調整をも可能にしている。

3.2 ズーム機構

レンズ設計思想として「軽量・コンパクトなズームレンズ」を優先させているため、その見返りとして「FCレンズ群とRCレンズ群の間隔誤差感度」が一般のレンズに比べ高くなっていることは前記2.4項の通りである。これは即ち「ズーム機構」の高精度化が要求されることになる。

ここで、許容錯乱円を δ としたとき、このレンズの画質が保障されるピントズレの許容量(焦点深度:d)は、

$$d = \pm F N \alpha \cdot \delta \quad \dots\dots (3-2)$$

によって求まる。上式の計算結果として、 δ を $\phi 0.03\text{mm}$ としたときの焦点深度(d)をFig.3.3に示す。但し、実際にはこれに各焦点距離の間隔誤差(式2-7)、AF測距誤差などが乗じられるため、「カムリング」上での間隔精度は最も厳しいf80mmの場合、0.01mm以下となり、従来の加工限界を遙かに越えたものとなる。

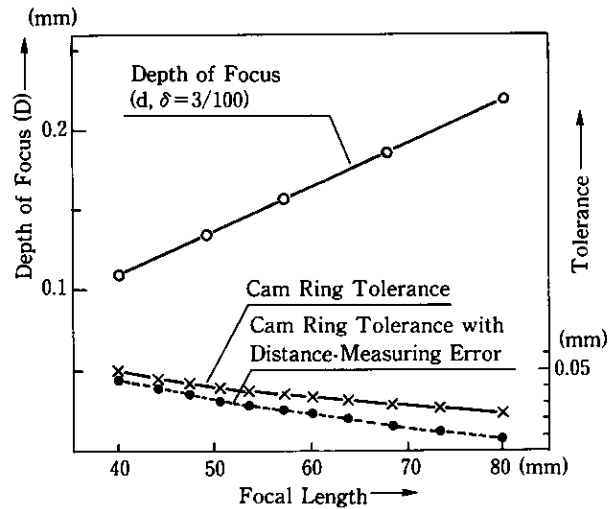


Fig. 3.3 Depth of focus and cam ring tolerance

更には、「カムリング」のコンパクト化の要請から製品品質上問題ない範囲で薄肉化を試みている。このため、高精度を達成するためには「カムリング」の内部歪みを最小限に押さえ込む必要がある。

従って、「カムリング」の加工にあたり「加工方法の見直し」「切削抵抗を押しえた形状設計」を以下の内容で行なった。

加工方法については、従来のカム加工治具が「カムリング」の両端に僅かな押圧をかけ、更には内径を現合するという機構をとるため今回のように、

- (a)非常に高精度を要求する。
- (b)カム回転角が大きい。
- (c)内径側にサテン処理が施されている。

などのような「カムリング」においては治具固定力によるカム溝幅変形の影響が無視できない。

そこで、前記「カムリングねじ部」を利用し、カム溝に「はさみ応力」をかけることなく加工治具に固定するという方法を採用している。加工工程についても最も効果的などところにアニール工程を追加し、加工歪みの発生を抑える等の改善をしている。

また、形状設計については、

(a)遮光効果があり且つ、サテン処理による寸法変化の小さい遮光線形状。

(b)断続切削にならないような面取り形状及び加工法等を採用した。

上記の適用により、大きさ： $\phi 49 \times 45\text{mm}$ 、厚み：1.4mmとコンパクトな形状にも係わらず、この加工精度を維持した「カムリング」の開発に成功した。

Fig.3.4 にZ-up80の「カムリング」を示す。

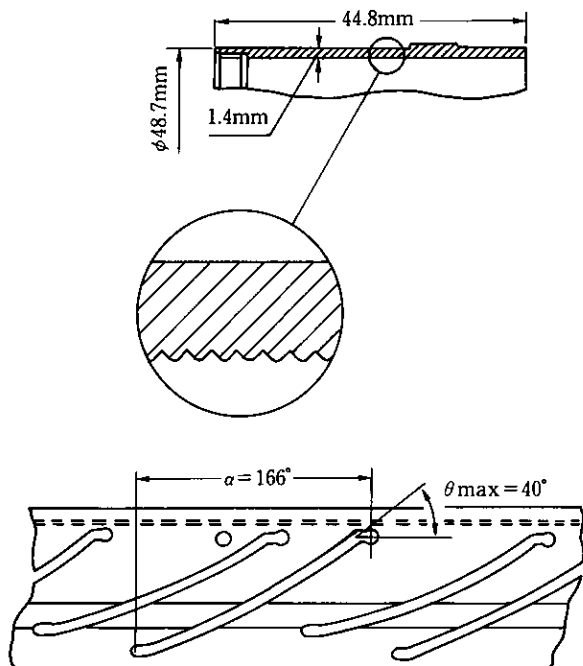


Fig.3.4 Cam ring

3.3 フォーカス機構

焦点深度 (d) を加味したn番目のAF分割距離 (U_n) は過焦点距離を U_0 、焦点距離を f 、として、

$$U_0 = f^2 / (F \cdot \delta) \quad \dots\dots (3-3)$$

$$U_n = U_0 / (n + 1) \quad \dots\dots (3-4)$$

によって求まる。上式の計算結果として、0.6m～無限遠までのAF分割をFig.3.5に示す。ここでフォーカス分割精度を決定する条件は、 $f80\text{mm}$ 、 $F7.2$ 、0.6mの場合であり、被写界深度としては25.5mmとなり、特に至近距離で非常に高精度な測距が必要となってくる。また制御段数は、63段とこれまでにない多くを必要とする。今回開発した

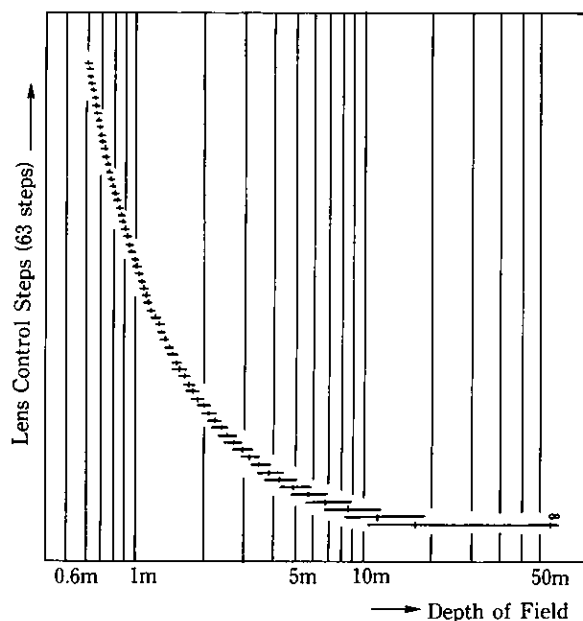


Fig.3.5 Lens control steps and depth of field

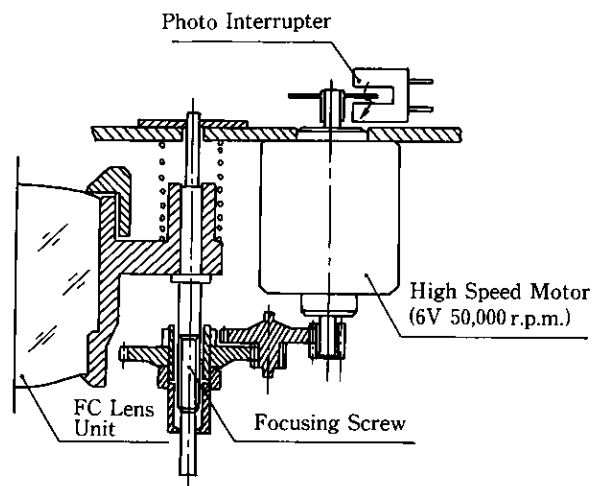


Fig.3.6 Lens driving mechanism

AFシステムについては後述に譲るとして、ここではフォーカス機構について簡単に述べる。フォーカス機構において最も重要なのはレンズ制御である。例えば、AF1段あたりのレンズ移動量は、前述の間隔誤差感度の影響で0.02mmとなってしまふ。

そこで、

(a)専用小型モーターを開発し高速回転させることで、AF1段あたりの回転数を増やす。

(b)レンズの移動方法をスクリーネジ送りとして、作動性を向上する。

という方法にて、この精度を確保した。

Fig.3.6に今回開発したフォーカス機構の構成図を示す。

3.4 軽量化

本鏡胴ユニットはコンパクト化の要請に対し、最も効率的な構造、機構および各ユニットを構成する部品のスペース配分を行なったことは上述のとおりである。

また、軽量化の要請については、機構部品の複合化、樹脂化を積極的に取り入れ部品点数の削減、軽量化を図った。

Table 3.1 にユニット別の樹脂化率と重量を示す。

その結果、収納時の平均外径φ49mm、全長58mm、重量151gのフロントユニットを開発することが出来た。

Table 3.1 Number of plastic parts (%) and the unit's weight

Unit name	Ratio	Weight
F S-Unit	70%	36g
Zoom-Unit	70%	71g
Z M-Unit	25%	44g

4

積分AFシステム

4.1 AFシステム概要と特徴

Z-up80のAFシステムをFig.4.1に示す、赤外LED(IRED)から出た連続パルス光は被写体を介して、距離センサPSD (Position Sensing Device)上に結像する。PSD上の結像位置より被写体の距離を求め、その結果でレンズの繰り出し量を決定し、フォーカスマーターでフォーカスクリュウを回転させ、フォトインタラプタの出力とマイコン出力が一致したところでレンズの繰り出しを停止する。

このAFシステムの大きな特徴は

- (1)接写領域から遠距離まで切り替えなしのAFシステム。
- (2)高精度な小型測距光学系。
- (3)光量コントロールの積分AFシステム。

である。

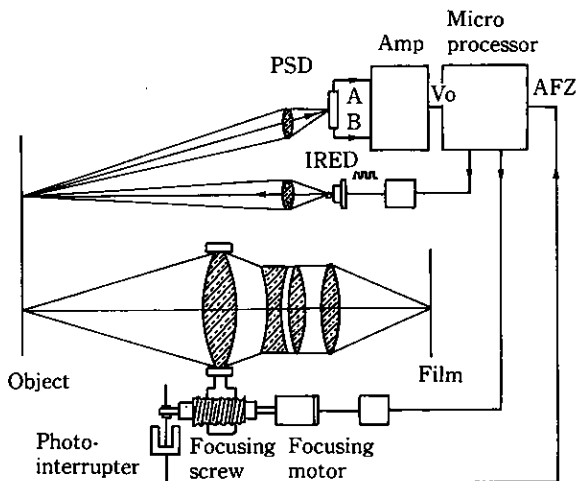


Fig. 4.1 AF system

4.2 測距システム

(1) 測距原理

Fig.4.2にZ-up80の赤外アクティブAFの測距原理を示す。IREDの赤外光線は投光レンズにより被写体O上にスポット投影され、その光は受光レンズでPSD上Xの位置に結像する。PSDは光起電子素子で、結像位置に応じた出力電流 I_A 、 I_B が左右2つの端子から得られる。

今、発光パワー P_0 、基線長 BL 、投・受光レンズの焦点距離 f_1 、 f_2 、投・受光レンズ径 D_1 、 D_2 、被写体距離 U 、被写体の反射率 R 、PSDの長さ L 、PSDの光電感度 S_P 、IREDの配光効率 η 、投・受光レンズ・PSD樹脂パッケージ・防塵ガラスの赤外透過率 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、被写体上の投光エネルギー B_0 、センサ上の受光エネルギー E_0 とすれば、IREDの配光特性が無指向性として、

$$B_0 = P_0 \frac{\pi (D_1/2)^2}{2\pi f_1^2} \eta T_1 T_4 \quad \dots\dots (4-1)$$

$$E_0 = B_0 \frac{\pi (D_2/2)^2}{\pi U^2} R T_2 T_4 \quad \dots\dots (4-2)$$

$$\begin{aligned} I_P &= I_A + I_B = E_0 S_P T_3 \\ &= P_0 \frac{D_1^2 D_2^2}{32 f_1^2 U^2} R S_P T_1 T_2 T_3 T_4^2 \eta \quad \dots\dots (4-3) \end{aligned}$$

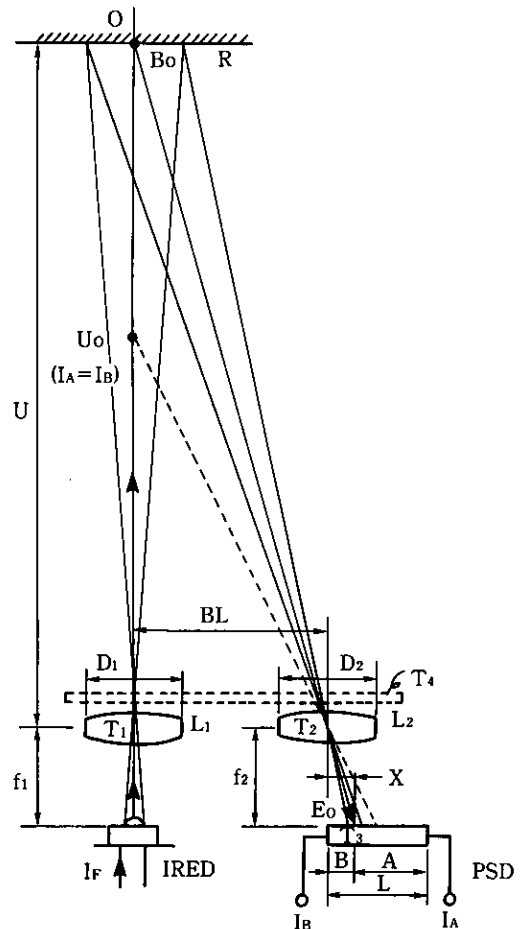


Fig. 4.2 The principle of distance measuring

$$x = \frac{1}{U} BLf_2 \quad \dots\dots(4-4)$$

$$L = A + B \quad \dots\dots(4-5)$$

で表され、また $I_A = I_B$ の距離を U_0 とすれば

$$A = \frac{L}{2} + BLf_2 \left(\frac{1}{U_0} - \frac{1}{U} \right) \quad \dots\dots(4-6)$$

$$B = \frac{L}{2} - BLf_2 \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{U_0} \right) \quad \dots\dots(4-7)$$

I_A, I_B は A と B で分流するので、

$$I_A = I_P \frac{B}{A+B}$$

$$= P_0 \frac{D_1^2 D_2^2 R_S P_T T_1 T_2 T_3 T_4^2 \eta}{2 L f_1^2 U^2 \pi} \left\{ \frac{L}{2} + BLf_2 \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{U_0} \right) \right\} \quad \dots\dots(4-8)$$

$$I_B = I_P \frac{A}{A+B}$$

$$= P_0 \frac{D_1^2 D_2^2 R_S P_T T_1 T_2 T_3 T_4^2 \eta}{2 L f_1^2 U^2 \pi} \left\{ \frac{L}{2} - BLf_2 \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{U_0} \right) \right\} \quad \dots\dots(4-9)$$

となり、PSDの出力は被写体の距離の自乗に反比例して変化する。しかし、距離変化がなくても反射率により変化するのでこのままでは距離信号として取り扱えない。そこでPSDの出力の和と差の比をとればその影響がキャンセルされる。即ち、

$$\frac{I_A - I_B}{I_A + I_B} \sim x \quad \dots\dots(4-10)$$

となる。

(2) 積分測距システム

PSDの出力は被写体距離の自乗に反比例して変化する。そのため被写体距離が近過ぎとIREDの発光パワーが大き過ぎてアンプが飽和し、遠過ぎるとPSD出力が小さくなりアンプノイズが問題となって、アンプ出力の直線範囲が狭くなり、AF制御能力が低下する。そのため従来の1回発光のジアイアントパルスAFシステムだと、近距離で飽和しないようにすると遠方側の測距能力が落ちるといった矛盾が生ずる。

Z-up80の測距システムはこの矛盾する問題を、積分測距という新しい測距技術で解決した。この方式の特徴は、サーチ期間でIREDの発光パワーと発光回数をきめ、実測距期間でその条件でn回の発光をおこない、n回の信号の平均値を用いて精度の高い測距信号を得ることである。その積分測距システムをFig.4.3に示す。

発光パワーとして最近距離で高反射率被写体を基準に強中弱3種類の発光パワーと、4から60回を14分割した発光回数がマイコン内にテーブルとして用意されている。

リリースボタンが押されると、サーチ期間で自動的に中くらいの明るさで、5回の発光による予測的な測距が行われる。予測測距により距離センサの出力は積分回路で積分され、マイコンはその積分結果が被写体の距離と反射率に基づいて妥当であるかどうか、積分結果のレベル判定を行う。そしてその結果で、強中弱にいずれかの

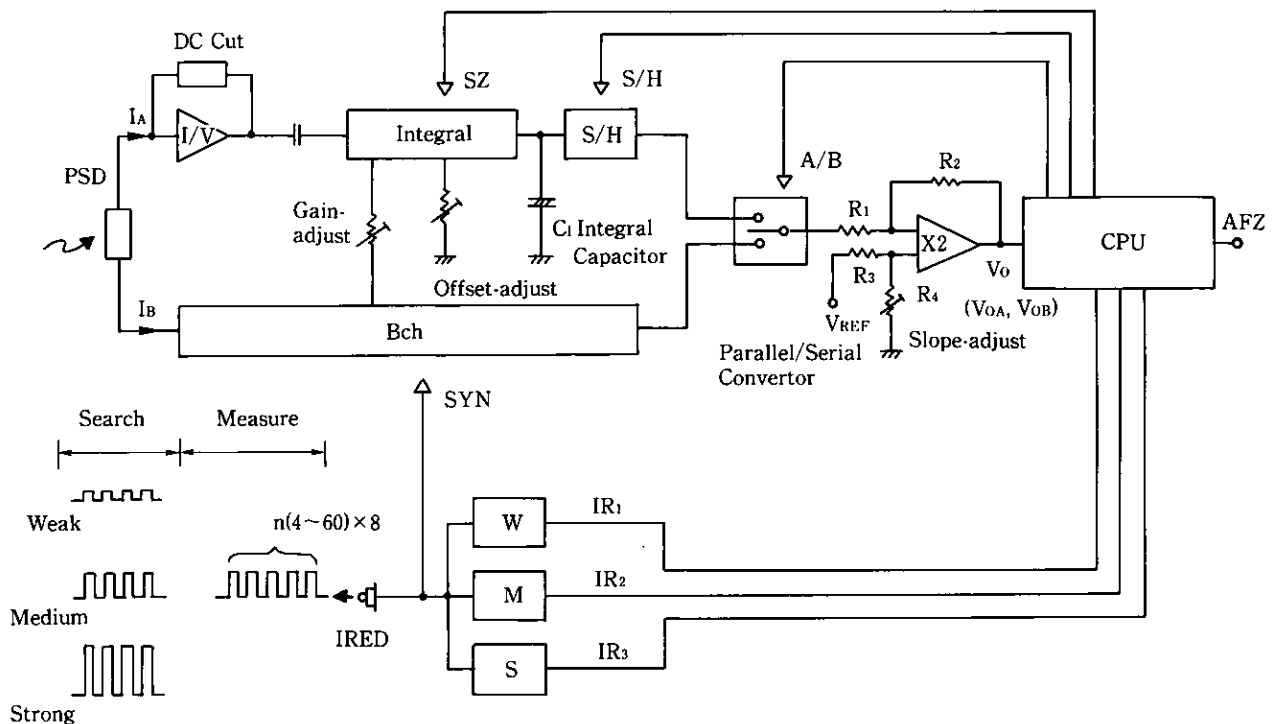
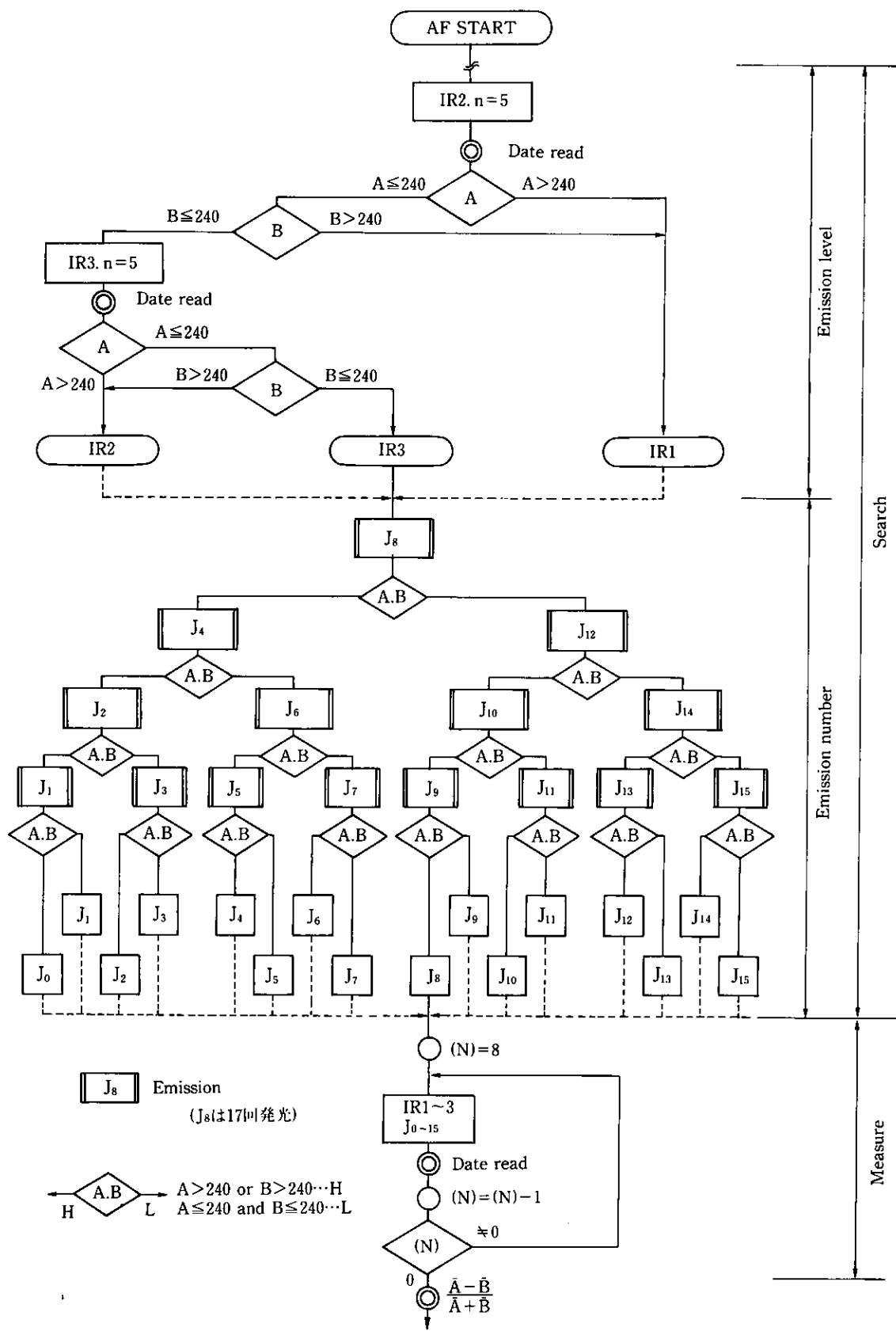


Fig.4-3 Distance measuring system



J_n	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	J_{11}	J_{12}	J_{13}	J_{14}	J_{15}
発光回数	3	4	5	6	7	9	11	14	17	21	26	32	39	48	60	72

Fig.4-4 Flow chart of light control

明るさを決定する。

次は、その明るさで積分値のレベル判定の結果が一定レベル迄（飽和しないレベルまで）発光回数を増加してゆく。そして積分結果が一定レベルに達すると、その時の発光回数と明るさで8回の実測距を行い、その結果をマイコンで平均処理して

$$\frac{\bar{V}_{OA} - \bar{V}_{OB}}{\bar{V}_{OA} + \bar{V}_{OB}} = AFZ \quad \dots\dots (4-11)$$

の演算を行いAF信号とする。

実測距を8回としたのは平均化によるデータの信頼性が認められる最小回数であったためである。

8回の実測距情報は、距離により異なるが32から480個のデータが含まれていることになるから、精度の高い測距信号が得られる。又近距離で発光パワーを小さくそして発光回数も少なくできるので近距離飽和が生じない。

以上の発光制御動作のフローチャートとタイミングチャートをFig.4.4、4.5に示す。

4.3 測距回路

(1) ヘッドアンプ

Fig.4.6にヘッドアンプを示す、距離センサPSDの一方の出力 I_A はI/V変換アンプの反転入力端子に入力される。こ

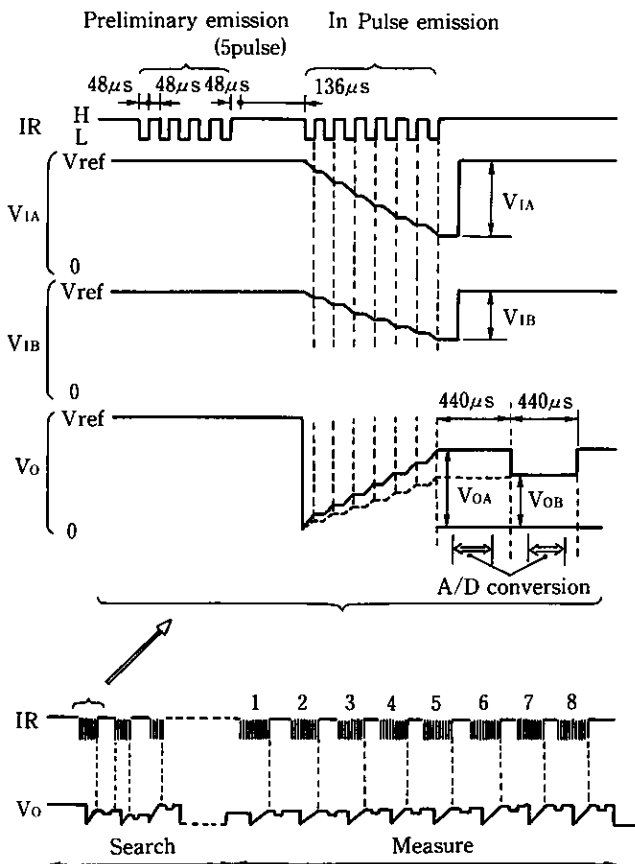


Fig.4-5 Timing chart

のヘッドアンプは帰還抵抗にT型フィルタ回路を付加して、外光に含まれるパルス光だけを増幅する、直流フィードバック式の交流アンプである。そのため、アンプの出力側にはPSDのパルス光による電流と帰還抵抗の掛け合わされた出力電圧が現れる。

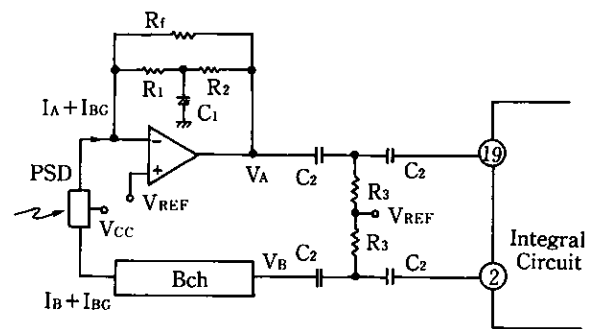
すなわち、IREDパルス光によるPSDのAチャンネル電流を I_A また外光による電流を I_{BG} 、そして帰還抵抗を R_f とすればI/V変換アンプ出力は

$$V_A = R_f (I_A + I_{BG}) \quad \dots\dots (4-12)$$

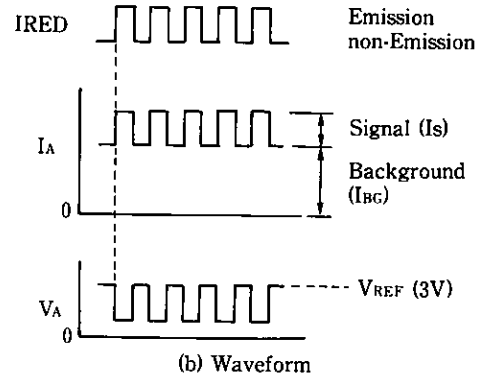
となるが I_{BG} は直流電流なので式で I_{BG} は無視され、出力には I_A だけが取り出される。そのため外光による信号の飽和がなくなり、入力信号のダイナミックレンジが拡大される。

(2) 積分回路

Fig.4.7にPSDパルス光電流を積分する積分回路を示す。



(a) Circuit



(b) Waveform

Fig.4-6 Head Amp

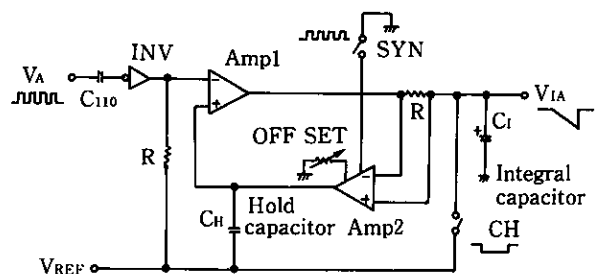


Fig.4-7 Integral circuit

図において積分コンデンサには予め基準電圧 V_{REF} が充電されている。そしてSYN信号（同期信号）のHの間、積分コンデンサから抵抗 R を通じ放電電流がながれ、積分コンデンサの充電電圧が降下する。すなわち発光終了時のコンデンサ電圧が全受光電流の積分値を意味する。その様子をFig.4.8に示す。

この積分アンプの特徴は、非発光時のアンプ2の出力電圧がホールドコンデンサにホールドされアンプ1の差動電圧として加えられ、そのため回路のオフセット調節を確実にすれば、回路のオフセットは無視され正しい測距信号のみが積分電圧として得られる。

Fig.4.7で発光回数を J 、積分回路の増幅率を G_m とすれば積分出力 V_{IA} は

$$V_{IA} = V_{REF} - G_m J V_A \quad \dots\dots (4-13)$$

となる。

また、Fig.4.3で2チャンネルの積分出力はシリアル信号切替回路と差動アンプで V_{REF} に無関係なシリアル信号 V_o となる（Fig.4.5）。従って信号出力 V_o の測距信号 V_{OA} 、 V_{OB} は

$$V_{OA} = G_m J V_A = G_m J I_A R_f \quad \dots\dots (4-14)$$

$$V_{OB} = G_m J V_B = G_m J I_B R_f \quad \dots\dots (4-15)$$

となる。

4.4 投光パワー

積分測距方式でIREDの投光パワーの決定は最至近距離

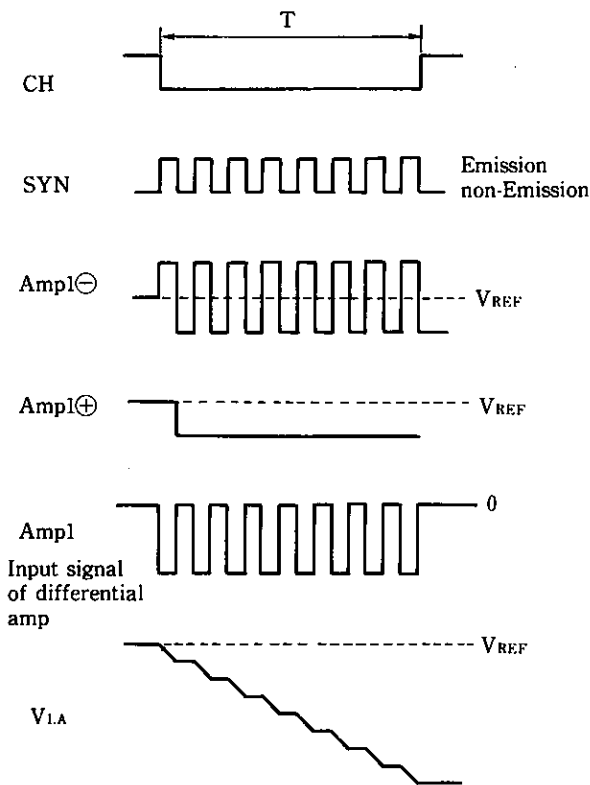


Fig.4-8 Timing chart of integral circuit

で信号増幅回路が飽和しないこと、また遠距離でノイズに影響されない程度な強力なパワーを持つことを基準に行われる。

すなわちIREDの投光パワーと測距信号 V_{OA} 、 V_{OB} の関係は前式(4-8)、(4-9)、(4-14)、(4-15)より次のようになる。

$$V_{OA} = \frac{G_m J R_f P_o D_2^2 R S_P T_1 T_2 T_3 T_4^2 \eta}{2 L f_1^2 U^2 \pi} \left\{ \frac{L}{2} + B L f_2 \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{U_o} \right) \right\} \quad \dots\dots (4-16)$$

$$V_{OB} = \frac{G_m J R_f P_o D_2^2 R S_P T_1 T_2 T_3 T_4^2 \eta}{2 L f_1^2 U^2 \pi} \left\{ \frac{L}{2} + B L f_2 \left(\frac{1}{U_o} - \frac{1}{U} \right) \right\} \quad \dots\dots (4-17)$$

前式で、 $G_m=1.6$ 、 $J=5$ 、 $R_f=2.2M\Omega$ 、 $D_2=12.22mm$ 、 $S_p=0.5\sim 0.6W/A$ 、 $T_1=T_2=T_3=T_4=92\%$ 、 $BL=28mm$ 、 $f_1=11.7mm$ 、 $f_2=15mm$ 、 $L=1.5mm$ 、 $\eta=1$ （完全拡散）として P_o をFig.4.11(a)より求め、被写体距離0.6m、 $J=5$ の被写体反射率10、20、40、80%に対する測距信号 V_{OA} を求めるとFig.4.9のようになる。

Fig.4.9でA/D変換器の基準電圧2.04Vと被写体反射率80%の $I_F - V_{OA}$ 特性曲線の交点の I_{F1} を弱発光の発光電流とする。中、高発光電流も同様にして求める。

Z-up80のIRED発光回路はFig.4.10に示すようにIREDの発光電流を3段に切り換えて投光パワーをコントロールしている。

投光パワーはIREDの順電流 I_F に比例する。図より順電流 I_F の制限抵抗は

$$R_1 = \frac{V_B - (V_{F1} + V_{CES})}{I_{F1}} - R_3 \quad \dots\dots (4-18)$$

$$R_2 = \frac{V_B - (V_{F2} + V_{CES})}{I_{F2}} - R_3 \quad \dots\dots (4-19)$$

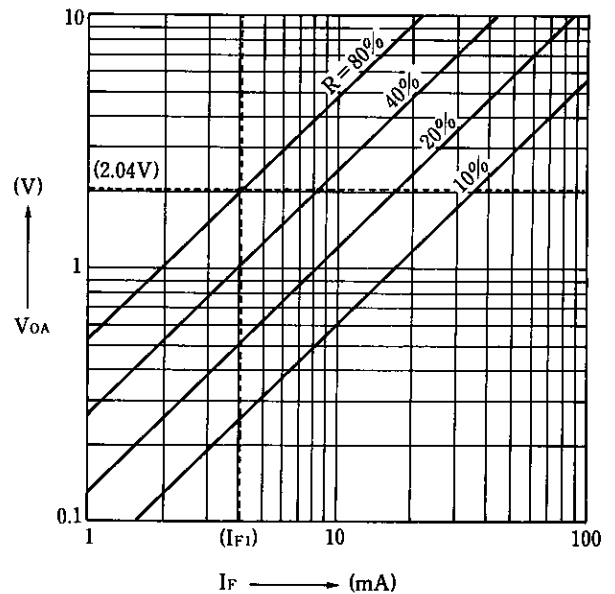


Fig.4-9 Emission current-Distance signal (V_{OA}) ($U=0.6m$, $J=5$)

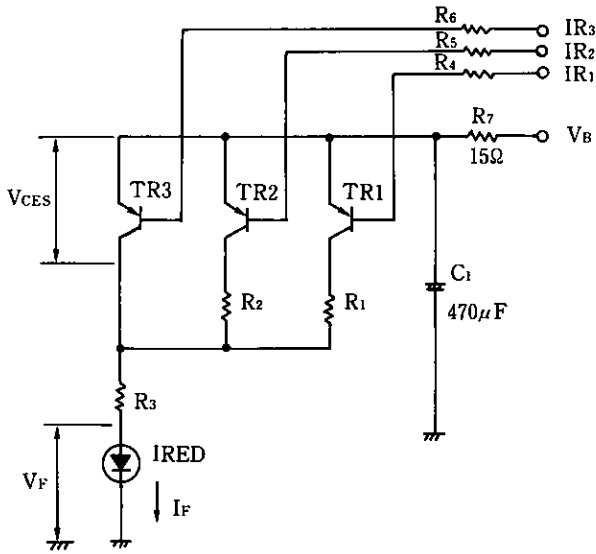
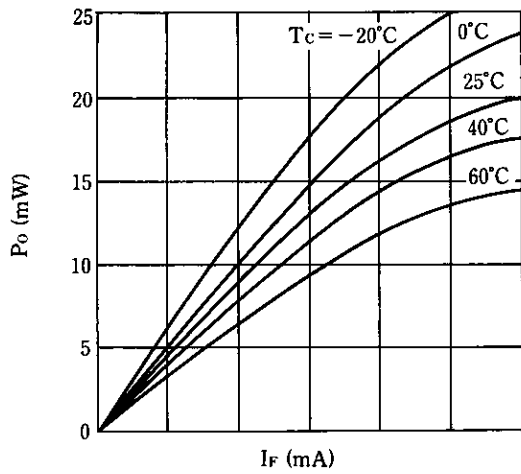
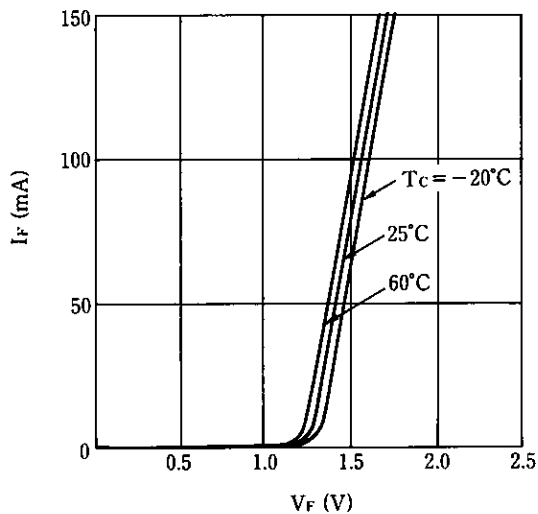


Fig. 4-10 IRED drive circuit



(a) Forward current (I_F)-Radiation power (P_o)



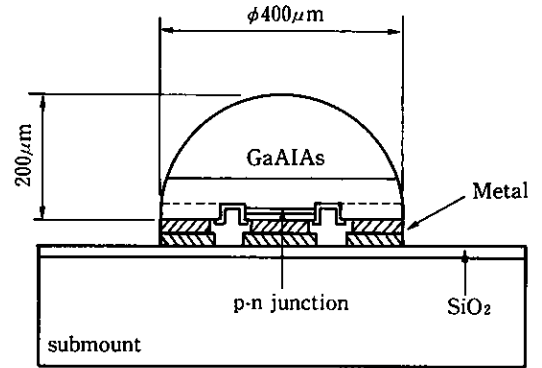
(b) Forward voltage (V_F)-Forward current (I_F)

Fig. 4-11

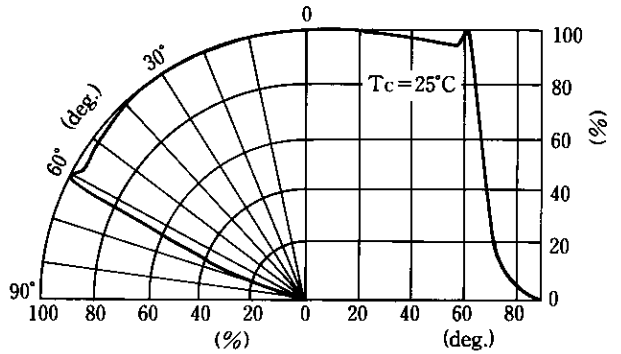
$$R_3 = \frac{V_B - (V_{F3} + V_{CES})}{I_{F3}} \quad \dots\dots (4-20)$$

となる。上式で V_F 、 I_F はIREDの $I_F - V_F$ 特性と $I_F -$ 光出力特性Fig.4.11より求める。

発光時間と回数は短く且少ない方がAF制御時間の短縮のためよいが、この問題を解決できるIREDの発光部形状として、平面タイプのは配光特性と発光効率の点で適当でなく、球面構造のものが高発光効率のため積分AF用IREDに適している。Z-up80で使用した高発光効率で無指向性のIREDの構造と指向特性をFig.4.12に示す。



(a) Structure of IRED



(b) Radiation characteristics of IRED

Fig. 4-12

4.5 Z-up80のAF性能

Z-up80のAFとして積分測距方式を使ったため、小型な測距光学系ながら精度の高いAF性能を実現することができた。Fig.4.13とTable 4.1に測距光学系とAF性能を示す。

5

まとめ

以上、コニカZ-up80にはテレフォトタイプの焦点距離40~80mmのコンパクトズームレンズを高精度な鏡胴に納めた撮影レンズと、0.6mのマクロ領域まで切り換え無しでオ

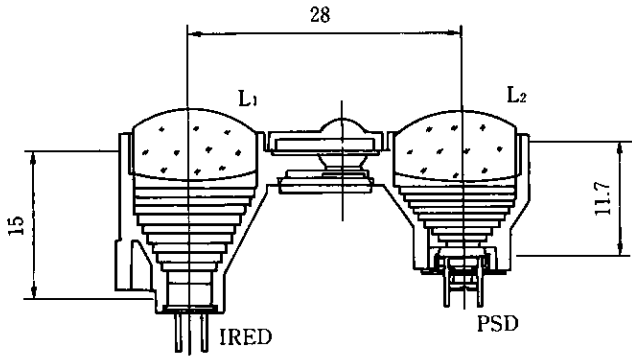


Fig. 4-13 Optical system of distance measuring

Table 4.1 Specification AF

Feature	Details
Distance-measuring range	0.6~9m (no separate macro)
AF control steps	63 steps
Accuracy	± 1 step
Optical system	IRED lens $f_1 = 15\text{mm}$, $D_1 = 12.22\text{mm}$ PSD lens $f_2 = 11.7\text{mm}$, $D_2 = 12.22\text{mm}$ Base line $BL = 28\text{mm}$
Measuring area	16~230mm ϕ ($U = 0.6\sim 9\text{m}$)
Light intensity	Automatically adjusted to 3 levels
Battery voltage	4.5~7V

オートフォーカス撮影できる積分AFシステムを新しく開発して採用したため、従来にはない高性能なコンパクトカメラの製品化ができ、高い評価を得ることができた。

ズームレンズ付コンパクトカメラは単焦点コンパクトカメラと一眼レフカメラの接点にあり、コンパクト性と使い易さから一眼レフカメラの領域を大幅に浸食する可能性を持ったカメラで、この種のカメラ開発は益々激化することが予想される。

そのため、小型高変倍ズームレンズへのアプローチ、機械誤差をROM等で電気的に補償するレンズ鏡胴、高変倍化に対処できる遠方測距性能の向上が今後の重要課題となろう。

最後に本技術開発に際してはカメラ設計グループの中山氏、赤坂氏、御子柴氏を始め、多くの方々のご協力とご指導を頂きましたことに対し、紙面をお借りして深く感謝致します。

●参考文献

- 1) 森、「小型のズームレンズ」、特許公開昭63-161422
- 2) 仁居、「ズームレンズ鏡胴」、特願昭62-219131
- 3) 中山、「自動焦点カメラの焦点位置制御方法」、特願昭62-255648
- 4) 百瀬、赤坂、御子柴、「自動焦点調節装置」、特願昭62-192402
- 5) 百瀬、赤坂、御子柴、「自動焦点調節装置」、特願昭62-192403
- 6) 百瀬、赤坂、御子柴、「自動焦点調節装置」、特願昭62-192404
- 7) コニカ・カメラ生産事業部設計グループ、「テクニカルレポート・コニカZ-up80」、写真工業、1988年9月、p80-87
- 8) 稲村・小倉・近藤・深堀、「ニューフェース診断室、コニカZ-up80」、アサヒカメラ、1988年9月、p224-232
- 9) 保積・田中・畑・山本・内藤、「テストレポート・コニカZ-up80」、写真工業、1988年9月、p74-79