

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5006007号  
(P5006007)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int. Cl. F 1  
**G 0 2 B 15/20 (2006.01)** G O 2 B 15/20  
**G 0 2 B 13/18 (2006.01)** G O 2 B 13/18

請求項の数 35 (全 78 頁)

(21) 出願番号	特願2006-290117 (P2006-290117)	(73) 特許権者	504371974
(22) 出願日	平成18年10月25日(2006.10.25)		オリンパスイメージング株式会社
(65) 公開番号	特開2008-107559 (P2008-107559A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成20年5月8日(2008.5.8)	(74) 代理人	100139103
審査請求日	平成21年9月10日(2009.9.10)		弁理士 小山 卓志
		(74) 代理人	100097777
			弁理士 荻澤 弘
		(74) 代理人	100139114
			弁理士 田中 貞嗣
		(74) 代理人	100088041
			弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群、正屈折力を持つ第4レンズ群を有する4群ズームレンズであり、

広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔を変化させ、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて広がり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて狭まり、

前記第1レンズ群は、正レンズを含み、総レンズ枚数が2枚以下のレンズからなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側負レンズ、正レンズ、像側負レンズの3枚のレンズからなり、

前記物体側負レンズの物体側面と像側面はともに凹面であり、

前記正レンズの像側面は像側に凸の面であり、物体側面の曲率半径絶対値よりも像側面の曲率半径絶対値のほうが小さく、

前記第2レンズ群中の前記物体側負レンズと前記正レンズは光軸上にて空気間隔を挟んで配置し、

以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.0 < f_2 / R_{2n1f} < 0.4 \quad \dots (1)$$

$$-1.6 < S F_{2air} < -0.5 \quad \dots (2)$$

ただし、

10

20

$R_{2n1f}$  は、第 2 レンズ群中の物体側負レンズの物体側面の近軸曲率半径、  
 $f_2$  は、第 2 レンズ群の焦点距離、  
 $SF_{2air} = (R_{2n1r} + R_{2pf}) / (R_{2n1r} - R_{2pf})$  で定義され、  
 $R_{2n1r}$  は、第 2 レンズ群の物体側負レンズの像側面の近軸曲率半径、  
 $R_{2pf}$  は、第 2 レンズ群の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、  
 である。

【請求項 2】

前記ズームレンズの前記第 3 レンズ群よりも像側のレンズ枚数が 3 枚以下であることを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記ズームレンズが、1 枚の正レンズからなる前記第 4 レンズ群を有する 4 群ズームレンズであることを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 4】

物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群、負屈折力の第 2 レンズ群、正屈折力の第 3 レンズ群、負屈折力を持つ第 4 レンズ群、正屈折力を持つ第 5 レンズ群を有する 5 群ズームレンズであり、

広角端から望遠端への変倍の際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔を変化させ、

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて広がり、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて狭まり、前記第 1 レンズ群は、正レンズを含み、総レンズ枚数が 2 枚以下のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、物体側負レンズ、正レンズ、像側負レンズの 3 枚のレンズからなり、

前記第 3 レンズ群よりも像側のレンズ枚数が 3 枚以下であり、前記物体側負レンズの物体側面と像側面はともに凹面であり、前記正レンズの像側面は像側に凸の面であり、物体側面の曲率半径絶対値よりも像側面の曲率半径絶対値のほうが小さく、

前記第 2 レンズ群中の前記物体側負レンズと前記正レンズは光軸上にて空気間隔を挟んで配置し、

以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.0 < f_2 / R_{2n1f} < 0.4 \quad \dots (1)$$

$$-1.6 < SF_{2air} < -0.5 \quad \dots (2)$$

ただし、

$R_{2n1f}$  は、第 2 レンズ群中の物体側負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$f_2$  は、第 2 レンズ群の焦点距離、

$SF_{2air} = (R_{2n1r} + R_{2pf}) / (R_{2n1r} - R_{2pf})$  で定義され、

$R_{2n1r}$  は、第 2 レンズ群の物体側負レンズの像側面の近軸曲率半径、

$R_{2pf}$  は、第 2 レンズ群の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 5】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$0.00 < (1 / R_{2n1f} - 1 / R_{1r}) \cdot f_2 < 0.40 \quad \dots (3)$$

ただし、

$R_{1r}$  は第 1 レンズ群中の最も像側のレンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 6】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$1.84 < n_{d2p} < 2.20 \quad \dots (4)$$

$$13.0 < d_{2p} < 30.0 \quad \dots (5)$$

ただし、

$n_{d_{2p}}$  は第 2 レンズ群中の正レンズの d 線に対する屈折率、

$d_{2p}$  は第 2 レンズ群中の正レンズのアッペ数、

である。

【請求項 7】

以下の条件式を満足することを特徴とする、請求項 1 から 6 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$0.45 < SF_{2p} < 1.80 \quad \dots (6)$$

ただし、

$SF_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$  で定義され、

$R_{2pf}$  は第 2 レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$R_{2pr}$  は第 2 レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 8】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$1.78 < n_{d_{2n1}} < 2.20 \quad \dots (7)$$

$$35 < d_{2n1} < 50 \quad \dots (8)$$

ただし、

$n_{d_{2n1}}$  は第 2 レンズ群中の物体側負レンズの d 線に対する屈折率、

$d_{2n1}$  は第 2 レンズ群中の物体側負レンズのアッペ数、

である。

【請求項 9】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$1.78 < n_{d_{2n2}} < 2.00 \quad \dots (9)$$

$$35 < d_{2n2} < 50 \quad \dots (10)$$

ただし、

$n_{d_{2n2}}$  は第 2 レンズ群中の像側負レンズの d 線に対する屈折率、

$d_{2n2}$  は第 2 レンズ群中の像側負レンズのアッペ数、

である。

【請求項 10】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 9 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$-3.0 < SF_{2n2} < -0.6 \quad \dots (11)$$

ただし、

$SF_{2n2} = (R_{2n2f} + R_{2n2r}) / (R_{2n2f} - R_{2n2r})$  で定義され、

$R_{2n2f}$  は第 2 レンズ群中の像側負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$R_{2n2r}$  は第 2 レンズ群中の像側負レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 11】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$-3.0 < f_{2p} / f_2 < -1.0 \quad \dots (12)$$

ただし、

$f_{2p}$  は第 2 レンズ群の正レンズの焦点距離、

である。

【請求項 12】

前記第 2 レンズ群の前記物体側負レンズの少なくとも 1 つのレンズ面は非球面であり、

10

20

30

40

50

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 1 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$0.002 < (as_{p_{2n1f}} + |as_{p_{2n1r}}|) / f_w < 0.10 \quad \dots (13A)$$

$$-0.06 < (as_{p_{2n1r}} - as_{p_{2n1f}}) / f_w < 0.06 \quad \dots (13B)$$

ただし、

$as_{p_{2n1f}}$  は第 2 レンズ群中の物体側負レンズの物体側のレンズ面における非球面偏倚量、

$as_{p_{2n1r}}$  は第 2 レンズ群中の物体側負レンズの像側のレンズ面における非球面偏倚量、  
 $f_w$  は広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

であり、

非球面偏倚量は、前記レンズ面の面頂と同じ面頂を持ち該レンズ面の近軸曲率半径を曲率半径とする球面を基準球面としたとき、該レンズ面における広角端での最大光線入射高の位置にて、光軸に平行な方向に測ったときの該基準球面から該レンズ面まで距離であり、像側方向を正符号とし、レンズ面が球面又は平面の場合の非球面偏倚量は 0 となる。

【請求項 1 3】

前記第 2 レンズ群中の前記物体側負レンズの物体側面は、光軸から離れるに従い屈折力が大きくなる非球面であることを特徴とする請求項 1 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 4】

前記第 2 レンズ群中の前記物体側負レンズが両凹負レンズであり、前記両凹負レンズの物体側面は光軸から離れるに従い負の屈折力が小さくなる非球面であり、前記両凹負レンズの像側面は光軸から離れるに従い負の屈折力が大きくなる非球面であることを特徴とする請求項 1 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 5】

前記第 2 レンズ群中の前記像側負レンズの像側のレンズ面は非球面であり、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 4 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$-0.09 < (as_{p_{2n2r}} - as_{p_{2n2f}}) / f_w < -0.003 \quad \dots (14)$$

ただし、

$as_{p_{2n2f}}$  は第 2 レンズ群中の像側負レンズの物体側のレンズ面における非球面偏倚量、

$as_{p_{2n2r}}$  は第 2 レンズ群中の像側負レンズの像側のレンズ面における非球面偏倚量、

$f_w$  は広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

であり、

非球面偏倚量は、前記レンズ面の面頂と同じ面頂を持ち前記レンズ面の近軸曲率半径を曲率半径とする球面を基準球面としたとき、前記レンズ面における広角端での最大光線入射高の位置にて、光軸に平行な方向に測った時の前記基準球面から前記レンズ面までの距離であり、像側方向を正符号とし、レンズ面が球面又は平面の場合の非球面偏倚量は 0 となる。

【請求項 1 6】

前記第 2 レンズ群の前記像側負レンズは、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、前記負メニスカスレンズの像側の面は光軸から離れるに従い正の屈折力が強くなる非球面であることを特徴とする請求項 1 5 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 7】

前記第 2 レンズ群の前記正レンズと前記像側負レンズは、それぞれ単レンズからなることを特徴とする請求項 1 から 1 6 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【請求項 1 8】

前記第 2 レンズ群の前記正レンズと前記像側負レンズは接合されていることを特徴とする請求項 1 から 1 6 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【請求項 1 9】

10

20

30

40

50

前記第1レンズ群が正レンズと負レンズとを有することを特徴とする請求項1から18の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項20】

前記第1レンズ群が、物体側から順に、前記負レンズ、前記正レンズの2枚のレンズからなることを特徴とする請求項19記載のズームレンズ。

【請求項21】

前記第1レンズ群の前記負レンズと前記正レンズはそれぞれ単レンズであることを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

【請求項22】

前記第1レンズ群の前記負レンズと前記正レンズの間隔が以下の条件式を満足することを特徴とする請求項21記載のズームレンズ。

$$0.0 < L_{1np} / L_1 < 0.2 \quad \dots (15)$$

ただし、

$L_{1np}$ は前記第1レンズ群の負レンズと正レンズの間隔、

$L_1$ は前記第1レンズ群の軸上の総厚み

である。

【請求項23】

前記第1レンズ群の前記負レンズと前記正レンズとが接合されていることを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

【請求項24】

前記第1レンズ群は1枚の正レンズからなることを特徴とする請求項1から18の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項25】

前記第3レンズ群が3枚以下のレンズからなることを特徴とする請求項1から24の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項26】

前記第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズからなることを特徴とする請求項25記載のズームレンズ。

【請求項27】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から26の何れか1項記載のズームレンズ。

$$0.20 < |f_2 / f_t| < 0.325 \quad \dots (16)$$

ただし、

$f_2$ は前記第2レンズ群の焦点距離、

$f_t$ は望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項28】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から27の何れか1項記載のズームレンズ。

$$0.7 < f_1 / f_t < 1.8 \quad \dots (17)$$

ただし、

$f_1$ は前記第1レンズ群の焦点距離、

$f_t$ は望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項29】

以下の条件式を満足することを特徴とする、請求項1から28の何れか1項記載のズームレンズ。

$$0.25 < f_3 / f_t < 0.50 \quad \dots (18)$$

ただし、

$f_3$ は前記第3レンズ群の焦点距離、

10

20

30

40

50

$f_t$ は望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、  
である。

【請求項 3 0】

以下の条件式を満足することを特徴とする、請求項 1 又は 3 に記載のズームレンズ。

$$0.40 < f_4 / f_t < 1.0 \quad \dots (19)$$

ただし、

$f_4$ は前記第4レンズ群の焦点距離、

$f_t$ は望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、  
である。

【請求項 3 1】

広角端から望遠端への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が狭まり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が広がるように、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群は移動することを特徴とする、請求項 1、3、3 0 の何れか1項記載のズームレンズ。

10

【請求項 3 2】

広角端から望遠端への変倍時に、前記第1レンズ群は広角端よりも望遠端で物体側にあるように移動し、前記第2レンズ群は移動し、前記第3レンズ群は物体側へのみ移動し、前記第4レンズ群は移動することを特徴とする請求項 3 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3 3】

以下の条件式を満足することを特徴とする、請求項 1 から 3 2 の何れか1項記載のズームレンズ。

$$3.8 < f_t / f_w < 15.0 \quad \dots (21)$$

ただし、

$f_w$ は、広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

$f_t$ は、望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、  
である。

20

【請求項 3 4】

請求項 1 から 3 3 の何れか1項記載のズームレンズと、前記ズームレンズの像側に配置され、前記ズームレンズにより形成される光学像を電気信号に変換する電子撮像素子とを有することを特徴とする電子撮像装置。

30

【請求項 3 5】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 3 4 に記載の電子撮像装置。

$$0.70 < I_m / f_w < 1.00 \quad \dots (20)$$

ただし、

$I_m$ は最大像高、

$f_w$ は広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、  
である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、ズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置に関し、特に小型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置に適したズームレンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年では、銀塩フィルムカメラに代わり、CCDやCMOSのような電子撮像素子を用いて被写体を撮影するようにしたデジタルカメラが主流となっている。さらに、それは業務用高機能タイプからコンパクトな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。

50

## 【0003】

普及タイプのデジタルカメラのユーザーは、いつでもどこでも手軽に様々なシーンで撮影を楽しみたいという要望をもっている。そのため、小型の商品、特に服やカバンのポケット等への収納性がよく持ち運びが便利な、厚み方向のサイズが薄型であるタイプのデジタルカメラが好まれるようになってきている。

## 【0004】

一方、コンパクトタイプのデジタルカメラの変倍比は3倍程度が一般的であったが、さらに従来よりも高変倍比のカメラが求められている。

## 【0005】

比較的高変倍比を維持しやすいズームレンズとして、物体側より正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群を有するタイプのズームレンズが知られている。

10

## 【0006】

一方、カメラの大きさの中、厚さ方向のサイズは主にレンズ鏡筒のサイズで決まってしまうため、カメラの薄型化達成のためにはレンズ鏡筒を薄型化することが効果的である。

## 【0007】

最近では、カメラ使用状態ではレンズ鏡筒をカメラボディ内からせり出し携帯時にはカメラボディ内に収納するいわゆる沈胴式鏡筒が一般的になっている。そのため、沈胴時のレンズ鏡筒の薄型化を考慮したズームレンズが求められる。

20

## 【0008】

以下の特許文献1～5の従来技術では、第1レンズ群を2枚又は3枚のレンズで構成し、第2レンズ群を、物体側から順に、負レンズ、正レンズ、負レンズの対称的なパワー配置にすることにより、第2レンズ群の収差補正と小型化とを行ったズームレンズが開示されている。

【特許文献1】特開2005-242116

【特許文献2】特開2005-326743

【特許文献3】特開2006-78979

【特許文献4】特開2005-148420

【特許文献5】特開2005-242116

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

しかしながら、上述の従来技術には以下の課題がある。

## 【0010】

上述の従来技術では、第2レンズ群の最も物体側の面が物体側に凸面を向けている。このような構成の場合、第2レンズ群自体の厚みが厚くなり、第1レンズ群を第2レンズ群に近づけようとしても干渉が起こりやすくなり、沈胴時の小型化や高変倍比化に不利になる。

## 【0011】

40

また、広角側で第1レンズ群を第2レンズ群に近づけられないことにより画角の確保のためには第1レンズ群の径方向が大きくなるといった課題を有する。第1レンズ群をレンズ3枚構成としたものについては、さらに小型化に不利である。

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、第1レンズ群、第2レンズ群のレンズ枚数を少なくし、第2レンズ群の厚みを小さくして、第1レンズ群との距離を近づけやすくし、小型化、変倍比の確保を行いつつも、光学性能の確保を行いやすいズームレンズを提供することである。

また、そのようなズームレンズを備えることで、小型化しやすい電子撮像装置を提供することを目的とするものである。

さらには、ズームレンズの各レンズ群等の工夫により、小型化、収差性能の確保、変倍比

50

の確保をより行いやすいズームレンズとそれを用いた電子撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成する本発明のズームレンズは、

物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群、正屈折力を持つ第4レンズ群を有する4群ズームレンズであり、

広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔を変化させ、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて広がり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて狭まり、

前記第1レンズ群は、正レンズを含み、総レンズ枚数が2枚以下のレンズからなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側負レンズ、正レンズ、像側負レンズの3枚のレンズからなり、

前記物体側負レンズの物体側面と像側面はともに凹面であり、

前記正レンズの像側面は像側に凸の面であり、物体側面の曲率半径絶対値よりも像側面の曲率半径絶対値のほうが小さく、

前記第2レンズ群中の前記物体側負レンズと前記正レンズは光軸上にて空気間隔を挟んで配置し、

以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

$$0.0 < f_2 / R_{2n1f} < 0.4 \quad \dots (1)$$

$$-1.6 < SF_{2air} < -0.5 \quad \dots (2)$$

ただし、

$R_{2n1f}$  は、第2レンズ群中の物体側負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$f_2$  は、第2レンズ群の焦点距離、

$SF_{2air} = (R_{2n1r} + R_{2pf}) / (R_{2n1r} - R_{2pf})$  で定義され、

$R_{2n1r}$  は、第2レンズ群の物体側負レンズの像側面の近軸曲率半径、

$R_{2pf}$  は、第2レンズ群の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、

である。

【0014】

以下、このような構成をとった理由と作用を説明する。

【0015】

本発明では、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔を変化させ、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は広角端に対して望遠端にて狭まる構成とすることで変倍を行う構成を採用した。

【0016】

このような構成をとることにより、第2レンズ群と第3レンズ群に変倍の負担を効率的に分担させることができ、変倍比を確保しつつ変倍時の収差変動を小さく抑えやすくなる。

【0017】

そして、第1レンズ群を2枚以下のレンズ、第2レンズ群をレンズ3枚という少ない枚数にて構成することで、ズームレンズの沈胴時の厚みを抑えやすくなる。また、広角端での第1レンズ群最物体側面から入射瞳までの距離も小さくしやすくなり、ズームレンズの径方向のサイズの小型化も行いやすくなる。

【0018】

そして、本発明では第2レンズ群中に2枚の負レンズを配置して第2レンズ群の負パワーを分担させ収差を抑えやすくし、そして物体側から順に負レンズ、正レンズ、負レンズ

10

20

30

40

50

の並びとすることでレンズ構成の対称性を良くし第2レンズ群内で効率良く収差補正を行える構成としている。

【0019】

さらに本発明では、第2レンズ群の物体側負レンズの物体側面と像側面はともに凹面としている。

【0020】

このような形状とすることで、望遠端での球面収差の発生を抑えつつ第2レンズ群の負パワーの確保を容易とし、また、第2レンズ群の光軸上での厚みを抑えやすくなる。

【0021】

そして、第2レンズ群の正レンズの像側面を像側に凸の面とし、物体側面の曲率半径絶対値よりも像側面の曲率半径絶対値のほうを小さくし、また、第2レンズ群中の物体側負レンズと正レンズを光軸上にて空気間隔を挟んで配置した。このように構成することで、第2レンズ群中の唯一の正レンズの正屈折力を確保しつつ、第2レンズ群の主点を物体よりにして変倍比の確保を有利にしている。また、物体側の両凹負レンズと像側の負レンズとの収差バランスをとりやすくなる。

10

【0022】

さらに、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0023】

$$0.0 < f_2 / R_{2n1f} < 0.4 \quad \dots (1)$$

$$-1.6 < SF_{2air} < -0.5 \quad \dots (2)$$

20

ただし、 $R_{2n1f}$ は、第2レンズ群中の物体側負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$f_2$ は、第2レンズ群の焦点距離、

$SF_{2air} = (R_{2n1r} + R_{2pf}) / (R_{2n1r} - R_{2pf})$ で定義され、

$R_{2n1r}$ は、第2レンズ群の物体側負レンズの像側面の近軸曲率半径、

$R_{2pf}$ は、第2レンズ群の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、

である。

【0024】

本発明では、第2レンズ群の最も物体側の負レンズの物体側面を物体側に凹面の形状とした。そうすると第2レンズ群の主点位置がより第1レンズ群に近づき、全長を短縮したり、第2レンズ群の倍率を大きくして変倍比を大きくしたりすることができる。このとき、条件式(1)を満足するようにするとよい。

30

【0025】

条件式(1)の下限0.0を下回らないようにすることで、第2レンズ群の主点位置を第1レンズ群に近づける効果を得やすくなり、全長の小型化や高変倍比化に有利となる。

【0026】

上限0.4を上回らないようにして、この面の曲率を適度に抑えることで、特に広角端での像面湾曲の補正過剰を抑えやすくなる。

【0027】

条件式(1)を満足するようにすると、第2レンズ群の負パワーが強くなりやすい。そこで、第2レンズ群の負パワーを適正な範囲に保ち収差状況を良好に維持しやすくするために、条件式(2)を満足するようにするとよい。

40

【0028】

条件式(2)の上限-0.5を上回らないようにして、第2レンズ群の負のパワーを適度に抑え、諸収差の発生を抑えることが好ましい。特に像面湾曲の補正過剰を抑えやすくなる。

【0029】

下限-1.6を下回らないようにして、正レンズの物体側面の曲率を抑え、軸外光線の上側光線と下側光線での屈折角度の差を小さくし、望遠端でのコマ収差の発生量を適度に抑え、負レンズで発生する収差量に対する正レンズでの収差量の過剰を抑えることが好ましい。

50

## 【0030】

条件式(1)について、以下のようにするとさらに好ましい。

## 【0031】

$$0.005 < R_{2n1f} / f_2 < 0.3 \quad \dots (1)'$$

以下を満足するとなお好ましい。

## 【0032】

$$0.01 < R_{2n1f} / f_2 < 0.2 \quad \dots (1)''$$

条件式(2)について、以下のようにするとさらに好ましい。

## 【0033】

$$-1.4 < SF_{2air} < -0.7 \quad \dots (2)'$$

以下を満足するとなお好ましい。

## 【0034】

$$-1.2 < SF_{2air} < -0.9 \quad \dots (2)''$$

さらには、ズームレンズの第3レンズ群よりも像側のレンズ枚数を3枚以下とすることが好ましい。

## 【0035】

沈動時の薄型化や、ズームレンズの構成の簡略化に有利となる。

## 【0036】

ズームレンズを3群ズームレンズとすれば、レンズを移動させる機構を簡略化できる。

## 【0037】

ズームレンズを4群ズームレンズとし、第4レンズ群を正屈折力とすると、第4レンズ群に射出瞳を遠くする機能を確保でき好ましい。さらに、第4レンズ群をフォーカシング時に移動させる構成とすると、フォーカシング時の画角変化を抑えやすい。

## 【0038】

ズームレンズを4群ズームレンズとし、第4レンズ群を1枚の正レンズとすれば、射出瞳を遠くする機能を確保でき、沈胴時の小型化等にも好ましい。

## 【0039】

ズームレンズを5群ズームレンズとし、第4レンズ群を負屈折力、第5レンズ群を正屈折力とすると、ズームレンズ全体の群のパワー配置を対称配置にでき、変倍時の非点収差の変動を抑えやすくなり、好ましい。

## 【0040】

また、上述の各発明にて、第1レンズ群と第2レンズ群とにはさまれる空間の両側の面にて、以下の条件式を満足させることで、小型化と収差バランスをより良好にしやすくなる。

## 【0041】

$$0.00 < (1 / R_{2n1f} - 1 / R_{1r}) \cdot f_2 < 0.40 \quad \dots (3)$$

ただし、 $R_{1r}$ は、第1レンズ群中の最も像側のレンズの像側面の近軸曲率半径、である。

## 【0042】

この条件式は、広角端から望遠端での収差バランスを取りやすくするために、第1レンズ群と第2レンズに挟まれる空間前後のレンズ面の曲率の差を規定するものである。

## 【0043】

下限0.00を下回らないようにすることで広角端での第1レンズ群と第2レンズ群の軸外のレンズ面近づけやすくなり、両レンズ面の曲率の差を確保し、広角端での像面湾曲の補正に有利となる。

## 【0044】

上限0.40を上回らないようにすることで、第1レンズ群のパワーの確保に有利となり、望遠端での球面収差の補正に有利となる。

## 【0045】

さらには

10

20

30

40

50

$$0.03 < (1/R_{2n1} - 1/R_{1r}) \cdot f_2 < 0.30 \quad \dots (3)'$$

さらには

$$0.07 < (1/R_{2n1} - 1/R_{1r}) \cdot f_2 < 0.20 \quad \dots (3)''$$

とするとより好ましい。

【0046】

上述の条件式の下限值のみ、もしくは上限値のみを限定してもよい。

【0047】

以降に示す各条件式についても同様である。

【0048】

第2レンズ群の正レンズについて条件式(4)、(5)を満足することが好ましい。これは第2レンズ群の正レンズの屈折率とアッペ数に関する条件式である。

10

【0049】

$$1.84 < n_{d2p} < 2.20 \quad \dots (4)$$

$$13.0 < d_{2p} < 30.0 \quad \dots (5)$$

ただし、 $n_{d2p}$ は、第2レンズ群中の正レンズのd線に対する屈折率、 $d_{2p}$ は、第2レンズ群中の正レンズのアッペ数、

である。

【0050】

条件式(4)の上限の2.20を上回らないようにすることで、材料の量産性や入手性を良くし、コストコスト低減をおこなうことが好ましい。

20

【0051】

その下限の1.84を下回らないようにすることで、パワーを確保してもレンズ面の曲率絶対値を小さくでき、球面収差やコマ収差の発生抑えやすくなる。

【0052】

条件式(5)は、色収差補正、特に軸外の倍率色収差補正に関する条件式である。大きな負パワーにより発生する色収差をこの群内で良好に補正するためには、正レンズに適正な範囲で比較的色彩分散性の大きな材料を用いることが好ましい。

【0053】

条件式(4)の上限の30.0を上回らないようにして、分散を確保し、負レンズで発生する色収差を補正を行うことが好ましい。

30

【0054】

その下限の13.0を下回らないようにして、短波長側での色分散を抑え、この正レンズで発生する短波長側の色収差をおさえて2次スペクトルの発生を抑えることが好ましい。

【0055】

以下のようにするとさらによい。

【0056】

$$1.87 < n_{d2p} < 2.15 \quad \dots (4)'$$

$$15.0 < d_{2p} < 26.0 \quad \dots (5)'$$

以下のようにするとなおよい。

40

【0057】

$$1.90 < n_{d2p} < 2.12 \quad \dots (4)'$$

$$17.0 < d_{2p} < 21.0 \quad \dots (5)'$$

第2レンズ群内の収差の発生をより小さくするためには、第2レンズ群の正レンズの形状を以下の条件式を満たすようにするとより好ましい。

【0058】

$$0.45 < SF_{2p} < 1.80 \quad \dots (6)$$

ただし、 $SF_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$  で定義され、

50

$R_{2pf}$  は、第 2 レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、  
 $R_{2pr}$  は、第 2 レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【 0 0 5 9 】

正レンズを条件式 ( 6 ) の上限の 1 . 8 0 及び下限の 0 . 4 5 の間の形状とすることで、球面収差とコマ収差の発生をバランスよく抑えやすくなる。

【 0 0 6 0 】

以下のようにするとさらによい。

【 0 0 6 1 】

$$0 . 5 5 < S F_{2p} < 1 . 6 \quad \dots ( 6 ) ' \quad 10$$

以下を満足するとなおよい。

【 0 0 6 2 】

$$0 . 6 < S F_{2p} < 1 . 3 \quad \dots ( 6 ) ' ,$$

第 2 レンズ群の最も物体側の負レンズの材料が、以下の条件を満足することが好ましい。

【 0 0 6 3 】

$$1 . 7 8 < n_{d2n1} < 2 . 2 0 \quad \dots ( 7 )$$

$$3 5 < \nu_{d2n1} < 5 0 \quad \dots ( 8 )$$

ただし、 $n_{d2n1}$  は、第 2 レンズ群中の物体側負レンズの d 線に対する屈折率、20

$\nu_{d2n1}$  は、第 2 レンズ群中の物体側負レンズのアッベ数、

である。

【 0 0 6 4 】

条件式 ( 7 ) の上限の 2 . 2 0 を上回らないようにして、材料の量産性や入手性を良くし、コスト低減を行うことが好ましい。下限の 1 . 7 8 を下回らないようにして、屈折率を確保しつつレンズ面の曲率絶対値を小さくして、広角端でコマ収差や像面湾曲を抑えやすくすることが好ましい。

【 0 0 6 5 】

条件式 ( 8 ) の上限の 5 0 を上回らないようにして、屈折率の高い材料の入手性を確保することが好ましい。下限の 3 5 を下回らないようにして、色分散を適度に抑え、色収差を抑えやすくすることが好ましい。30

【 0 0 6 6 】

以下のようにするとさらによい。

【 0 0 6 7 】

$$1 . 7 9 < n_{d2n1} < 1 . 9 5 \quad \dots ( 7 ) ' ,$$

$$3 7 < \nu_{d2n1} < 4 7 \quad \dots ( 8 ) ' ,$$

以下を満足するとなおよい。

【 0 0 6 8 】

$$1 . 8 0 < n_{d2n1} < 1 . 9 0 \quad \dots ( 7 ) ' ,$$

$$4 0 < \nu_{d2n1} < 4 3 \quad \dots ( 8 ) ' ,$$

第 2 レンズ群の最も像側の負レンズについて最適な材料を設定しておくのがよい。具体的には以下の条件式を満足するようにするとよい。40

【 0 0 6 9 】

$$1 . 7 8 < n_{d2n2} < 2 . 0 0 \quad \dots ( 9 )$$

$$3 5 < \nu_{d2n2} < 5 0 \quad \dots ( 1 0 )$$

ただし、 $n_{d2n2}$  は、第 2 レンズ群中の像側負レンズの d 線に対する屈折率、

$\nu_{d2n2}$  は、第 2 レンズ群中の像側負レンズのアッベ数、

である。50

## 【0070】

条件式(9)の上限の2.00を上回らないようにして、材料の量産性や入手性を良くし、コスト低減を行うことが好ましい。下限の1.78を下回らないようにすることで、屈折力を確保してもレンズ面の曲率絶対値を小さくでき、球面収差やコマ収差の発生を抑えやすくなる。

## 【0071】

条件式(10)の上限の50を上回らないようにして、屈折率の高い材料の入手性を高くすることが好ましい。下限の35を下回らないようにすることで、色分散を抑え、色収差の補正に有利となる。

## 【0072】

以下のようにするとさらによい。

## 【0073】

$$1.79 < n_{d2n2} < 1.95 \quad \dots (9)'$$

$$38 < V_{d2n2} < 48 \quad \dots (10)'$$

以下を満足するとなおよい。

## 【0074】

$$1.80 < n_{d2n2} < 1.90 \quad \dots (9)'$$

,

$$40 < V_{d2n2} < 47 \quad \dots (10)'$$

,

この負レンズの形状については以下の条件式を満足するようにするとよい。

## 【0075】

$$-3.0 < SF_{2n2} < -0.6 \quad \dots (11)$$

ただし、 $SF_{2n2} = (R_{2n2f} + R_{2n2r}) / (R_{2n2f} - R_{2n2r})$  で定義され、

$R_{2n2f}$  は、第2レンズ群中の像側負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$R_{2n2r}$  は、第2レンズ群中の像側負レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

## 【0076】

条件式(11)の上限の-0.6を上回らないようにして、像面湾曲の補正不足を抑えることが好ましい。下限の-3.0を下回らないようにして、両レンズ面の曲率絶対値を適度に小さくし、球面収差やコマ収差の発生を抑えやすくなることを好ましい。

## 【0077】

以下のようにするとさらによい。

## 【0078】

$$-2.6 < SF_{2n2} < -0.9 \quad \dots (11)'$$

以下を満足するとなおよい。

## 【0079】

$$-2.1 < SF_{2n2} < -1.1 \quad \dots (11)'$$

,

また、良好な収差補正のために、第2レンズ群の正レンズは以下の条件式を満足するようにするとよい。

## 【0080】

$$-3.0 < f_{2p} / f_2 < -1.0 \quad \dots (12)$$

ただし、 $f_{2p}$  は、第2レンズ群の正レンズの焦点距離、

である。

## 【0081】

条件式(12)の上限の-1.0を上回らないようにして、正レンズのパワーを適度に

10

20

30

40

50

抑えることで像面湾曲が補正不足を抑えやすくなる。下限の - 3 . 0 を下回らないようにして、正レンズのパワーを適度に確保することで、第 2 レンズ群の負レンズで発生する球面収差やコマ収差の補正に有利となる。何れにしても、良好な光学性能を確保することに有利となる。

【 0 0 8 2 】

以下のようにするとさらによい。

【 0 0 8 3 】

$$- 2 . 8 < f_{2p} / f_2 < - 1 . 4 \quad \dots ( 1 2 )'$$

以下を満足するとなおよい。

【 0 0 8 4 】

$$- 2 . 6 < f_{2p} / f_2 < - 1 . 8 \quad \dots ( 1 2 )'$$

10

また、さらに収差の発生を抑えて良好な光学性能を得るためには、第 2 レンズ群の最も物体側の負レンズの少なくとも 1 つのレンズ面を非球面とするとよい。また、両面非球面としてもよい。コマ収差や像面湾曲の補正に効果がある。

【 0 0 8 5 】

このとき、以下の条件式を満足するようにするとよい。

【 0 0 8 6 】

$$0 . 0 0 2 < ( a s p_{2n1f} + | a s p_{2n1r} | ) / f_w < 0 . 1 0 \quad \dots ( 1 3 A )$$

20

$$- 0 . 0 6 < ( a s p_{2n1r} - a s p_{2n1f} ) / f_w < 0 . 0 6 \quad \dots ( 1 3 B )$$

ただし、 $a s p_{2n1f}$  は第 2 レンズ群中の物体側負レンズの物体側のレンズ面における非球面偏倚量、

$a s p_{2n1r}$  は第 2 レンズ群中の物体側負レンズの像側のレンズ面における非球面偏倚量、

$f_w$  は、広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

であり、非球面偏倚量は、図 4 1 に示すように、レンズ面の面頂と同じ面頂を持ちそのレンズ面の近軸曲率半径を曲率半径とする球面を基準球面としたとき、そのレンズ面における広角端での最大光線入射高の位置にて、光軸に平行な方向に測ったときのその基準球面からそのレンズ面までの距離であり、像側方向を正符号とする。レンズ面が球面又は平面の場合の非球面偏倚量は 0 となる。

30

【 0 0 8 7 】

条件式 ( 1 3 A ) の下限の 0 . 0 0 2 を下回らないようにすることで、非球面による収差補正効果を確保しやすくなり、過剰なたる型の歪曲収差を抑えやすくなる。上限の 0 . 1 0 を上回らないようにすることで、非球面の形状変化の程度を抑えられ、偏心による収差への影響、過剰なコマ収差の補正を抑えやすくなる。

【 0 0 8 8 】

条件式 ( 1 3 B ) の上限の 0 . 0 6 を上回らないようにすることで、像面湾曲が補正過剰を抑えやすくなる。下限の - 0 . 0 6 を下回らないようにすることで、像面湾曲の補正不足を抑えやすくなる。いずれにしても良好な光学性能を得ることに有効である。

40

【 0 0 8 9 】

以下のようにするとさらによい。

【 0 0 9 0 】

$$- 0 . 0 5 9 < ( a s p_{2n1r} - a s p_{2n1f} ) / f_w < 0 . 0 4 \quad \dots ( 1 3 B )'$$

以下を満足するとなおよい。

【 0 0 9 1 】

$$- 0 . 0 5 5 < ( a s p_{2n1r} - a s p_{2n1f} ) / f_w < 0 . 0 1 5 \quad \dots ( 1 3 B )'$$

,

さらには、第 2 レンズ群中の物体側負レンズにおける物体側面は、光軸から離れるに従

50

い屈折力が大きくなる非球面とするとよい（実施例 1 ~ 10、12、13 参照）。

【0092】

なお、屈折力が大きくなるとは、負の屈折力が小さくなるか、若しくは、正の屈折力が大きくなるという意味である。

【0093】

このような形状とすることで、広角端での軸外収差の補正に有利となる。

【0094】

さらに、第 2 レンズ群中の物体側負レンズを両凹負レンズとし、両凹負レンズの物体側面を光軸から離れるに従い負の屈折力が小さくなる非球面とし、両凹負レンズの像側面を光軸から離れるに従い負の屈折力が大きくなる非球面とすることが好ましい（実施例 1 ~ 10 参照）。

10

【0095】

このような形状とすることで、レンズの中心部分、周辺部分での負パワーを確保しつつ、広角端での軸外コマ収差の補正に有利となり、画角の確保に有利となる。また、第 2 レンズ群全体の薄型化にも有利となる。

【0096】

第 2 レンズ群の最も像側の負レンズの像側面を非球面とすると、収差補正上効果的である。球面収差やコマ収差の補正に効果がある。このとき、以下の条件式を満足するようにするとよい。

【0097】

$-0.09 < (asp_{2n2r} - asp_{2n2f}) / f_w < -0.003 \quad \dots (14)$   
ただし、 $asp_{2n2f}$  は、第 2 レンズ群中の像側負レンズの物体側のレンズ面における非球面偏倚量、

20

$asp_{2n2r}$  は、第 2 レンズ群中の像側負レンズの像側のレンズ面における非球面偏倚量、

$f_w$  は、広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

であり、非球面偏倚量は、図 4-1 に示すように、レンズ面の面頂と同じ面頂を持ちそのレンズ面の近軸曲率半径を曲率半径とする球面を基準球面としたとき、そのレンズ面における広角端での最大光線入射高の位置にて、光軸に平行な方向に測ったときのその基準球面からそのレンズ面まで距離であり、像側方向（図の右方向）を正符号とする。レンズ面が球面または平面の場合の非球面偏倚量は 0 となる。

30

【0098】

条件式 (14) の上限の  $-0.003$  を上回らないようにすると、像面湾曲の補正過剰を抑えやすい。下限の  $-0.09$  を下回らないようにすると球面収差やコマ収差の補正に有利となる。何れも良好な光学性能を得ることに有利となる。

【0099】

以下のようにするとさらによい。

【0100】

$-0.07 < (asp_{2n2r} - asp_{2n2f}) / f_w < -0.005 \quad \dots (14)'$   
以下を満足するとなおよい。

40

【0101】

$-0.05 < (asp_{2n2r} - asp_{2n2f}) / f_w < -0.015 \quad \dots (14)''$

さらに、第 2 レンズ群の像側負レンズを、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとし、負メニスカスレンズの像側の面は光軸から離れるに従い正の屈折力が強くなる非球面とすることが好ましい（実施例 1 ~ 11、13 参照）。

【0102】

このような構成により、第 2 レンズ群の球面収差、軸外諸収差の補正を良好に行うことに有利となる。

【0103】

50

第2レンズ群の正レンズと最も像側の負レンズは、接合されていないそれぞれ独立した単レンズとしてもよいし、接合レンズとしてもよい。接合しない方が空気接触面を利用した収差補正の自由度が大きくなる。一方、接合とすると色収差補正が有利となり、また、相対偏心による光学性能劣化に起因する歩留まり悪化を緩和できコストダウンにつながる。

【0104】

また、第1レンズ群は、正レンズと負レンズを備えることが、色収差補正上好ましい。

【0105】

特に、第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズ、正レンズの並びとするよい。このようにすると、第1レンズ群、第2レンズ群トータルで考えたときに、物体側から順に、負レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズと対称性のよい構成となる。特に広角端での第1レンズ群、第2レンズ群の合成系で発生する収差を効率よくキャンセルすることができる。また、第1レンズ群の後側主点位置が像側に寄るため、変倍比の確保にも効果がある。

10

【0106】

第1レンズ群の負レンズと正レンズは接合されていないそれぞれ独立したレンズ成分からなる構成としてもよい。

【0107】

このようにすると、2つのレンズの間に形成される空気レンズを利用して、特に望遠端のコマ収差を良好に補正できるようになる。

20

【0108】

このとき、両レンズの間隔が以下の条件式を満足するようにするとよい。

【0109】

$$0.0 < L_{1np} / L_1 < 0.2 \quad \dots (15)$$

ただし、 $L_{1np}$ は前記第1レンズ群の負レンズと正レンズの間隔、

$L_1$ は前記第1レンズ群の軸上の総厚み、

である。

【0110】

条件式(15)の上限の0.2を越えると、最も物体側のレンズを通る軸外光線高が高くなりレンズ有効径が大きくなってしまい、径方向のコンパクト化が難しくなる。下限の0.0を超えることはない。

30

【0111】

以下のようにするとさらによい。

【0112】

$$0.0 < L_{1np} / L_1 < 0.16 \quad \dots (15)'$$

以下を満足するとなおよい。

【0113】

$$0.0 < L_{1np} / L_1 < 0.12 \quad \dots (15)''$$

また、第1レンズ群の負レンズと正レンズは接合してもよい。広角端の倍率色収差や望遠端の軸上色収差を良好に補正できる。また、相対偏心による性能劣化に起因する歩留まり悪化を緩和できコストダウンにつながる。

40

【0114】

また、第1レンズ群を、1枚の正レンズで構成しても、小型化、低コスト化に有利となる。

【0115】

第3レンズ群の構成は、鏡筒の薄型化のためには3枚以下のレンズからなる構成とするのがよい。

【0116】

特に、第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚からな

50

る構成とすることが好ましい。正レンズのパワーを2枚のレンズに分散させ、負レンズを用いることで、球面収差、コマ収差、色収差の補正に有利となる。また、主点が物体寄りになるので、高変倍比化にも有利となる。

【0117】

さらには、第3レンズ群の物体側から2番目の正レンズと負レンズを光軸上にて接合することが好ましい。正レンズと負レンズを接合することで、軸上色収差の補正をより効果的に行うことができる。また、正レンズのパワーを2枚のレンズに分散させ、正レンズと負レンズを接合レンズとすることで、組み立て工程でのレンズ同士の相対偏心による光学性能の劣化を防ぐことができるため、歩留まりの向上やコストダウンにつながる。

【0118】

さらに、第3レンズ群内に1面以上の非球面を配置することで球面収差やコマ収差の補正に効果がある。特に、第3レンズ群の最も物体側の正レンズを両面非球面レンズとすることで諸収差の補正に有利となる。複数のレンズに非球面を配置するとレンズの相対偏心による光学性能劣化が大きくなりがちだが、このように1枚のレンズの両側面を非球面とすることで、レンズ相対偏心による光学性能劣化を小さく抑えながら、球面収差とコマ収差をより良好に補正することが可能となる。

【0119】

第2レンズ群のパワーについては以下の条件式を満足するようにするとよい。

【0120】

$$0.20 < |f_2 / f_t| < 0.325 \quad \dots (16) \quad 20$$

ただし、 $f_t$ は、望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、である。

【0121】

条件式(16)の上限の0.325を上回らないようにして、パワーを確保し変倍のための移動量を抑え、鏡筒のコンパクト化に有利となる。下限の0.20を下回らないようにして、屈折力を抑えることで収差補正が容易となる。

【0122】

以下のようにするとさらによい。

【0123】

$$0.25 < |f_2 / f_t| < 0.320 \quad \dots (16)' \quad 30$$

以下を満足するとなおよい。

【0124】

$$0.29 < |f_2 / f_t| < 0.315 \quad \dots (16)''$$

コンパクト化と光学性能のバランスの観点から、第1レンズ群のパワーを以下の条件式を満足するように設定することが望ましい。

【0125】

$$0.7 < f_1 / f_t < 1.8 \quad \dots (17)$$

ただし、 $f_1$ は、第1レンズ群の合成焦点距離、

$f_t$ は、望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0126】

条件式(17)の上限の1.8を上回らないようにして、第1レンズ群のパワーを確保することで、ズームレンズ全系の全長を小さくしやすくなり小型化しやすくなる。下限の0.7を下回らないようにして、パワーを適度に抑え、望遠端での球面収差やコマ収差を抑えやすくなる。

【0127】

以下のようにするとさらによい。

【0128】

$$1.0 < f_1 / f_t < 1.7 \quad \dots (17)' \quad 50$$

以下を満足するとなおよい。

【0129】

$$1.3 < f_1 / f_t < 1.6 \quad \dots (17)'$$

第3レンズ群のパワーについては以下の条件式を満足するようにするとよい。

【0130】

$$0.25 < f_3 / f_t < 0.50 \quad \dots (18)$$

ただし、 $f_3$ は第3レンズ群の焦点距離、

$f_t$ は望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

10

【0131】

条件式(18)の上限の0.50を上回らないようにして、パワーを確保することで、全長の短縮化や変倍比の確保に有利となる。下限の0.25を下回らないようにして、屈折力を抑えることで、収差補正に有利となる。

【0132】

以下のようにするとさらによい。

【0133】

$$0.30 < f_3 / f_t < 0.40 \quad \dots (18)'$$

以下を満足するとなおよい。

【0134】

$$0.34 < f_3 / f_t < 0.38 \quad \dots (18)'$$

20

さらに、正屈折力の第4レンズ群を備える構成とし、全体として4群ズームレンズとする場合、第4レンズ群のパワーについては、以下の条件式を満足するようにするとよい。

【0135】

$$0.40 < f_4 / f_t < 1.0 \quad \dots (19)$$

ただし、 $f_4$ は第4レンズ群の焦点距離、

$f_t$ は望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

30

【0136】

条件式(19)の上限の1.0を上回らないようにして、第4レンズ群のパワーを確保することで、軸外光線を屈折させる作用を確保することが好ましい。像面に配置するCCDやCMOS等の電子撮像素子に入射する光線角度を小さくでき、画面の隅での明るさの陰り(シェーディング)の発生を抑えやすくなる。下限の0.40を下回らないようにして第4レンズ群のパワーを適度に抑えることで、像面湾曲が補正不足を抑えやすくなる。また、前述のとおり、フォーカシング動作は第4レンズ群を移動させて行うのが望ましいが、フォーカシング時の像面湾曲の変動を抑えやすくなる。

【0137】

以下のようにするとさらによい。

【0138】

$$0.50 < f_4 / f_t < 0.80 \quad \dots (19)'$$

以下を満足するとなおよい。

【0139】

$$0.62 < f_4 / f_t < 0.66 \quad \dots (19)'$$

40

第4レンズ群はプラスチック材料で形成してもよい。第4レンズ群の主な役割として、射出瞳位置を適切な位置に配置してCCDやCMOS等の電子撮像素子に効率よく光線を入射させることが好ましい。そのような役割のためには、上述した条件式(19)のような範囲内にパワーが設定されていれば、比較的大きなパワーは必要とせず、プラスチックレンズのような屈折率の低い硝材を用いて構成することも可能である。第4レンズ群にプ

50

ラスチックレンズを用いれば、コストを安く抑え、より安価なズームレンズを提供することが可能となる。

【0140】

なお、性能を維持しつつ高変倍比化するためには、各レンズ群に効率よく変倍作用を与えて、かつ、全変倍領域において収差をバランスよく補正することが好ましい。

【0141】

本発明のズームレンズを4群ズームレンズとする場合、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が広がり、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が狭まり、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が広がるように、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群はそれぞれ移動する構成とすることが好ましい。

10

【0142】

このように全てのレンズ群を移動させることにより、収差バランスをとりながら変倍を行いやすくなり、高変倍比化に有利となる。また、明るさ絞りを移動させることにより、倍率色収差や歪曲収差の効果的補正が可能になって、性能面で効果を出せるだけでなく、入射瞳位置、射出瞳位置を適切にコントロールすることが可能となる。

【0143】

そのため、CCDやCMOS等に入射する光線角度を適当な範囲に保ち、画面の隅での明るさの陰り(シェーディング)の発生を防ぐことができ、電子撮像素子を用いる撮像装置に好適となる。

【0144】

また、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群は広角端よりも望遠端で物体側にあるように移動し、第2レンズ群は移動し、第3レンズ群は物体側へのみ移動し、第4レンズ群は移動する構成とするとよい。広角端での全長を小さくしつつ、変倍比の確保に有利となる。

20

【0145】

その際、第1レンズ群は物体側へのみ移動させてもよいし、像側に凸の軌跡で移動させてもよい。

【0146】

第2レンズ群は像側へのみ移動させてもよいし、像側に凸の軌跡で移動させてもよい。

【0147】

第3レンズ群は物体側へのみ移動させるのがよい。

30

【0148】

第4レンズ群は物体側へのみ移動させてもよいし、像側へのみ移動させてもよい。あるいは物体側に凸、または像側に凸の軌跡で移動させてもよい。

【0149】

第2レンズ群と第3レンズ群の間に明るさ絞り及びシャッターユニットを配置し、シャッターユニットも変倍時に第3レンズ群と一体で移動させるとよい。入射瞳を物体側からみて近い位置に位置させることができ、射出瞳を像面から遠ざけることができる。また、軸外光線の高さが低くなる場所であるのでシャッターユニットが大型化せずに済み、明るさ絞りおよびシャッターユニットを移動させるときのデッドスペースが小さくてすむ。

40

【0150】

また、本発明のズームレンズは以下の条件式を満足するのがよい。

【0151】

$$3.8 < f_t / f_w < 15.0 \quad \dots (21)$$

ただし、 $f_w$ は、広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

$f_t$ は、望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0152】

条件式(21)の上限の15.0を上回らないようにして、光学性能を確保しやすくすることが好ましい。下限の3.8を下回らないようにして、変倍比を確保することで、本

50

発明のズームレンズの小型化、高変倍比化の機能を十分に生かせる。

【0153】

以下のようにするとさらによい。

【0154】

$$4.2 < f_t / f_w < 10.0 \quad \dots (21)'$$

以下を満足するとなおよい。

【0155】

$$4.5 < f_t / f_w < 6 \quad \dots (21)'$$

本発明は、上述のズームレンズと、その像側に配置され、ズームレンズにより形成される光学像を電気信号に変換する電子撮像素子とを有する電子撮像装置を包含するものである。

10

【0156】

また、このような電子撮像装置は以下の条件式を満足するのがよい。

【0157】

$$0.70 < I_m / f_w < 1.00 \quad \dots (20)$$

ただし、 $I_m$ は最大像高、

$f_w$ は広角端でのズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0158】

20

条件式(20)の上限の1.00を上回らないようにすることで、撮影画角が大きくなりすぎないようにし、タル型の歪曲収差の発生を小さくすることに有利となる。下限の0.70を下回らないようにして、本構成を採用することによる小型、広角化のメリットを生かすことが好ましい。

【0159】

以下のようにするとさらによい。

【0160】

$$0.72 < I_m / f_w < 0.90 \quad \dots (20)'$$

以下を満足するとなおよい。

【0161】

$$0.74 < I_m / f_w < 0.77 \quad \dots (20)'$$

30

【発明の効果】

【0162】

本発明によれば、第1レンズ群、第2レンズ群のレンズ枚数を少なくし、第2レンズ群の厚みを小さくして、第1レンズ群との距離を近づけやすくし、小型化、変倍比の確保を行いつつも、光学性能の確保を行いやすいズームレンズを提供できる。また、そのようなズームレンズを備えることで、小型化しやすい電子撮像装置を提供できる。さらには、ズームレンズの各レンズ群等の工夫により、小型化、収差性能の確保、変倍比の確保をより行いやすいズームレンズ及び電子撮像装置を提供することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0163】

以下に示す本発明に基づく実施例では、上述のような工夫を施すことで、カメラの携帯性を損なうことなく従来よりも撮影領域を広げたいというユーザーの要望を満たせるような、カメラの小型化と広角化・高変倍比化を同時に満たしており、撮影画像の画質が良好に維持された、CCDやCMOS等の電子撮像素子に適している、安価なズームレンズ光学系を提供している。

【0164】

具体的には、鏡筒の沈胴時の薄型化に適していて、半画角が39°程度の広画角、5倍程度の高変倍比化が確保されており、さらに、撮影画像の画質が良好に維持された、CC

50

DやCMOS等の電子撮像素子に適した安価なズームレンズ光学系を提供している。

【0165】

以下、本発明のズームレンズの実施例1~20について説明する。実施例1~20の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)でのレンズ断面図をそれぞれ図1~図20に示す。各図中、第1レンズ群はG1、第2レンズ群はG2、開口絞りはS、第3レンズ群はG3、第4レンズ群はG4、第5レンズ群はG5、光学的ローパスフィルターはF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはC、CCDの像面はIで示してある。なお、近赤外シャープカットコートについては、例えば光学的ローパスフィルターFに直接コートを施こしてもよく、また、別に赤外カット吸収フィルターを配置してもよい。

10

【0166】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

【0167】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

20

【0168】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0169】

実施例2のズームレンズは、図2に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

30

【0170】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

40

【0171】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0172】

実施例3のズームレンズは、図3に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レン

50

ズ群 G 1、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

【 0 1 7 3 】

物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 4 レンズ群 G 4 は、両凸正レンズ 1 枚からなる。

10

【 0 1 7 4 】

非球面は、第 2 レンズ群 G 2 の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面、第 4 レンズ群 G 4 の両凸正レンズの物体側の面の 6 面に用いている。

【 0 1 7 5 】

実施例 4 のズームレンズは、図 4 に示すように、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

20

【 0 1 7 6 】

物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 4 レンズ群 G 4 は、両凸正レンズ 1 枚からなる。

30

【 0 1 7 7 】

非球面は、第 2 レンズ群 G 2 の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面、第 4 レンズ群 G 4 の両凸正レンズの物体側の面の 6 面に用いている。

【 0 1 7 8 】

実施例 5 のズームレンズは、図 5 に示すように、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

40

【 0 1 7 9 】

物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凸正レンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 4 レンズ群 G 4 は、両凸正

50

レンズ1枚からなる。

【0180】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0181】

実施例6のズームレンズは、図6に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

10

【0182】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

20

【0183】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0184】

実施例7のズームレンズは、図7に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

30

【0185】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0186】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

40

【0187】

実施例8のズームレンズは、図8に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位

50

置する。

【0188】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0189】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

10

【0190】

実施例9のズームレンズは、図9に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

20

【0191】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0192】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

30

【0193】

実施例10のズームレンズは、図10に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は像側に凸の軌跡で移動し、中間状態では広角端の位置より若干像側に位置し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置し、第2レンズ群G2は第1レンズ群G1との間隔を広げながら像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は広角端から中間状態までは第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側へ移動し、中間状態から望遠端までは略固定である。

40

【0194】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凸正レンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0195】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面

50

の6面に用いている。

【0196】

実施例11のズームレンズは、図11に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

【0197】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0198】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの物体側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0199】

実施例12のズームレンズは、図12に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

【0200】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0201】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの両面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0202】

実施例13のズームレンズは、図13に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、負屈折力の第4レンズ群G4、正屈折力の第5レンズ群G5から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を一旦広げ次いで狭めながら物体側に移動し、第5レンズ群G5は第4レンズ群G4との間隔を広げながら物体側へ移動する。

【0203】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズ

10

20

30

40

50

と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズ1枚からなり、第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第5レンズ群G5は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0204】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第5レンズ群G5の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0205】

実施例14のズームレンズは、図14に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、負屈折力の第4レンズ群G4、正屈折力の第5レンズ群G5から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を一旦広げ次いで狭めながら物体側に移動し、第5レンズ群G5は第4レンズ群G4との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

【0206】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズ1枚からなり、第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第5レンズ群G5は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0207】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの物体側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第5レンズ群G5の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0208】

実施例15のズームレンズは、図15に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、負屈折力の第4レンズ群G4、正屈折力の第5レンズ群G5から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を一旦広げ次いで狭めながら物体側に移動し、第5レンズ群G5は第4レンズ群G4との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

【0209】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凸正レンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズ1枚からなり、第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第5レンズ群G5は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0210】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第5レンズ群G5の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

【0211】

10

20

30

40

50

実施例 16 のズームレンズは、図 16 に示すように、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3、負屈折力の第 4 レンズ群 G 4、正屈折力の第 5 レンズ群 G 5 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は像側に凸の軌跡で移動し、中間状態では広角端の位置より若干像側に位置し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置する。第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では中間状態の位置より若干像側であって広角端の位置より物体側に位置し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔を一旦広げ次いで狭めながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では中間状態の位置より若干像側であって広角端の位置より物体側に位置し、第 5 レンズ群 G 5 は第 4 レンズ群 G 4 との間隔を一旦広げ次いで若干狭めながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

10

## 【0212】

物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ 1 枚からなり、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 5 レンズ群 G 5 は、両凸正レンズ 1 枚からなる。

## 【0213】

20

非球面は、第 2 レンズ群 G 2 の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面、第 5 レンズ群 G 5 の両凸正レンズの物体側の面の 6 面に用いている。

## 【0214】

実施例 17 のズームレンズは、図 17 に示すように、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3、負屈折力の第 4 レンズ群 G 4、正屈折力の第 5 レンズ群 G 5 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔を一旦広げ次いで狭めながら物体側へ移動し、第 5 レンズ群 G 5 は第 4 レンズ群 G 4 との間隔を広げながら物体側に凸の軌跡で移動し、望遠端では広角端の位置より若干物体側に位置する。

30

## 【0215】

物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は、両凹負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ 1 枚からなり、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第 5 レンズ群 G 5 は、両凸正レンズ 1 枚からなる。

## 【0216】

40

非球面は、第 2 レンズ群 G 2 の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面、第 5 レンズ群 G 5 の両凸正レンズの物体側の面の 6 面に用いている。

## 【0217】

実施例 18 のズームレンズは、図 18 に示すように、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔を広げながら物体側へ移動する。

50

## 【0218】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凸正レンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなる。

## 【0219】

非球面は、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズの両面、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、負メニスカスレンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の8面に用いている。

10

## 【0220】

実施例19のズームレンズは、図19に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側へ移動する。

## 【0221】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凸正レンズと、両凹負レンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなる。

20

## 【0222】

非球面は、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズの両面、第2レンズ群G2の物体側の両凹負レンズの両面、像側の両凹負レンズの像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の8面に用いている。

## 【0223】

実施例20のズームレンズは、図20に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動する。開口絞りSは第3レンズ群G3とは独立して物体側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSとの間隔を広角端から中間状態にかけては狭め、中間状態から望遠端にかけては広げながら物体側へ移動する。第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側へ若干移動する。

30

## 【0224】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凸正レンズからなり、第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズとの接合レンズからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

40

## 【0225】

非球面は、第2レンズ群G2の両凹負レンズの両面、接合レンズの最も像側の面、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面、第4レンズ群G4の両凸正レンズの物体側の面の6面に用いている。

## 【0226】

以下に、各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 $f$ は全系焦点距離、 $F_{n0}$ はFナンバー、 $2\theta$ は画角、 $WE$ は広角端、 $ST$ は中間状態、 $TE$ は望遠端、 $r_1, r_2, \dots$ は各レンズ面の曲率半径、 $d_1, d_2, \dots$ 各レンズ面間隔、 $n_{d1}, n_{d2}, \dots$ は各レンズのd線

50

の屈折率、 $d_1$ 、 $d_2$ ...は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 $x$ を光の進行方向を正とした光軸とし、 $y$ を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【 0 2 2 7 】

$$x = (y^2 / r) / [ 1 + \{ 1 - (K + 1) (y / r)^2 \}^{1/2} ] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 $r$ は近軸曲率半径、 $K$ は円錐係数、 $A_4$ 、 $A_6$ 、 $A_8$ 、 $A_{10}$ はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

#### 実施例 1

$r_1 = 19.996$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 1.92286$	$d_1 = 18.90$	10
$r_2 = 15.394$	$d_2 = 0.26$			
$r_3 = 17.278$	$d_3 = 3.11$	$n_{d2} = 1.76802$	$d_2 = 49.24$	
$r_4 = 534.344$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = -58.703$ (非球面)	$d_5 = 0.82$	$n_{d3} = 1.88300$	$d_3 = 40.76$	
$r_6 = 5.969$ (非球面)	$d_6 = 2.65$			
$r_7 = -431.058$	$d_7 = 1.95$	$n_{d4} = 2.00170$	$d_4 = 20.64$	
$r_8 = -14.597$	$d_8 = 0.07$			
$r_9 = -13.708$	$d_9 = 0.67$	$n_{d5} = 1.81600$	$d_5 = 46.62$	
$r_{10} = -67.948$ (非球面)	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} =$ (絞り)	$d_{11} = 0.10$			20
$r_{12} = 5.491$ (非球面)	$d_{12} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$	
$r_{13} = -11.075$ (非球面)	$d_{13} = 0.10$			
$r_{14} = 5.503$	$d_{14} = 1.38$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$	
$r_{15} = 13.913$	$d_{15} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$	
$r_{16} = 3.463$	$d_{16} =$ (可変)			
$r_{17} = 19.919$ (非球面)	$d_{17} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$	
$r_{18} = -25.922$	$d_{18} =$ (可変)			
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$	
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$			
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$	30
$r_{22} =$	$d_{22} = 0.36$			
$r_{23} =$ (像面)				

#### 非球面係数

##### 第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.99104 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -8.59909 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 2.01071 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.73584 \times 10^{-9}$$

##### 第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.61962 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.30339 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.98717 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 4.99512 \times 10^{-8}$$

##### 第 10 面

$$K = 10.849$$

$$A_4 = -2.64668 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.16671 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.29451 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 2 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.20803 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.90503 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.58612 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 5.46733 \times 10^{-7}$$

第 1 3 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.31169 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.85804 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -8.58478 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 9.90563 \times 10^{-7}$$

第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.06640 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 1.19043 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.13589 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 6.77582 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.10	4.58	4.91
2 (°)	80.14	35.47	17.64
d <sub>4</sub>	0.73	4.49	13.26
d <sub>10</sub>	10.82	3.67	0.68
d <sub>16</sub>	2.75	8.58	9.99
d <sub>18</sub>	2.83	3.05	2.97

実施例 2

r <sub>1</sub> = 23.279	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90
r <sub>2</sub> = 16.155	d <sub>2</sub> = 0.18		
r <sub>3</sub> = 17.729	d <sub>3</sub> = 3.05	n <sub>d2</sub> = 1.85719	d <sub>2</sub> = 43.01
r <sub>4</sub> = 577.289	d <sub>4</sub> = (可変)		
r <sub>5</sub> = -57.796 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.80	n <sub>d3</sub> = 1.83481	d <sub>3</sub> = 42.71
r <sub>6</sub> = 5.963 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.79		
r <sub>7</sub> = -136.071	d <sub>7</sub> = 1.78	n <sub>d4</sub> = 1.94595	d <sub>4</sub> = 17.98
r <sub>8</sub> = -16.198	d <sub>8</sub> = 0.09		
r <sub>9</sub> = -14.697	d <sub>9</sub> = 0.68	n <sub>d5</sub> = 1.83481	d <sub>5</sub> = 42.71
r <sub>10</sub> = -44.810 (非球面)	d <sub>10</sub> = (可変)		
r <sub>11</sub> = (絞り)	d <sub>11</sub> = 0.10		
r <sub>12</sub> = 5.548 (非球面)	d <sub>12</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14
r <sub>13</sub> = -10.984 (非球面)	d <sub>13</sub> = 0.10		
r <sub>14</sub> = 5.510	d <sub>14</sub> = 1.36	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02
r <sub>15</sub> = 13.333	d <sub>15</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46
r <sub>16</sub> = 3.476	d <sub>16</sub> = (可変)		
r <sub>17</sub> = 19.243 (非球面)	d <sub>17</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33
r <sub>18</sub> = -28.285	d <sub>18</sub> = (可変)		
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.40	n <sub>d10</sub> = 1.54771	d <sub>10</sub> = 62.84
r <sub>20</sub> =	d <sub>20</sub> = 0.50		

$r_{21} =$   $d_{21} = 0.50$   $n_{d11} = 1.51633$   $d_{11} = 64.14$   
 $r_{22} =$   $d_{22} = 0.36$   
 $r_{23} =$  (像面)

非球面係数

第5面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.91532 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -6.16585 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 9.93129 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -6.19551 \times 10^{-10}$$

10

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 8.56780 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.37196 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.32112 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 1.29769 \times 10^{-8}$$

第10面

$$K = 5.360$$

$$A_4 = -2.35672 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.32986 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 3.46565 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

20

第12面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.12531 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.10029 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.33162 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.38870 \times 10^{-7}$$

第13面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.13813 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 9.30700 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -3.76459 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 5.20840 \times 10^{-7}$$

30

第17面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.55240 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.05486 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.44689 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.43477 \times 10^{-9}$$

40

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.11	4.54	4.94
2 (°)	80.14	35.40	17.62
d <sub>4</sub>	0.73	4.73	13.26
d <sub>10</sub>	10.87	3.73	0.66
d <sub>16</sub>	2.77	8.48	10.09
d <sub>18</sub>	2.86	3.06	2.97

50

## 实施例 3

$r_1 = 24.343$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 1.92286$	$d_1 = 18.90$	
$r_2 = 16.189$	$d_2 = 0.16$			
$r_3 = 17.639$	$d_3 = 3.05$	$n_{d2} = 1.88300$	$d_2 = 40.76$	
$r_4 = 598.304$	$d_4 = (\text{可变})$			
$r_5 = -58.725$ (非球面)	$d_5 = 0.82$	$n_{d3} = 1.88300$	$d_3 = 40.76$	
$r_6 = 6.041$ (非球面)	$d_6 = 2.60$			
$r_7 = 407.018$	$d_7 = 2.01$	$n_{d4} = 2.00170$	$d_4 = 20.64$	
$r_8 = -14.787$	$d_8 = 0.08$			
$r_9 = -13.762$	$d_9 = 0.68$	$n_{d5} = 1.83481$	$d_5 = 42.71$	10
$r_{10} = -88.096$ (非球面)	$d_{10} = (\text{可变})$			
$r_{11} =$ (絞リ)	$d_{11} = 0.10$			
$r_{12} = 5.462$ (非球面)	$d_{12} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$	
$r_{13} = -11.013$ (非球面)	$d_{13} = 0.10$			
$r_{14} = 5.530$	$d_{14} = 1.36$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$	
$r_{15} = 13.426$	$d_{15} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$	
$r_{16} = 3.443$	$d_{16} = (\text{可变})$			
$r_{17} = 19.462$ (非球面)	$d_{17} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$	
$r_{18} = -27.222$	$d_{18} = (\text{可变})$			
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$	20
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$			
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$	
$r_{22} =$	$d_{22} = 0.36$			
$r_{23} =$ (像面)				

## 非球面系数

## 第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.78466 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -8.17272 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 2.01295 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.77746 \times 10^{-9}$$

## 第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.13913 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.24397 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.94651 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 5.11678 \times 10^{-8}$$

## 第 10 面

$$K = 11.427$$

$$A_4 = -2.56902 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.57604 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.15551 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

## 第 12 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.39293 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -5.83997 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.22901 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.45022 \times 10^{-7}$$

## 第 13 面

30

40

50

$$\begin{aligned}
 K &= 0.000 \\
 A_4 &= 5.38804 \times 10^{-4} \\
 A_6 &= 3.49744 \times 10^{-6} \\
 A_8 &= -2.93189 \times 10^{-6} \\
 A_{10} &= 4.74550 \times 10^{-7}
 \end{aligned}$$

第 17 面

$$\begin{aligned}
 K &= 0.000 \\
 A_4 &= 2.27544 \times 10^{-5} \\
 A_6 &= 1.04163 \times 10^{-5} \\
 A_8 &= -3.36814 \times 10^{-7} \\
 A_{10} &= 5.32127 \times 10^{-9}
 \end{aligned}$$

10

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.11	4.62	4.92
2 (°)	80.16	35.55	17.62
d <sub>4</sub>	0.73	4.28	13.31
d <sub>10</sub>	10.93	3.71	0.72
d <sub>16</sub>	2.76	8.74	9.98
d <sub>18</sub>	2.84	3.04	2.97

20

実施例 4

r <sub>1</sub> = 20.367	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90
r <sub>2</sub> = 15.608	d <sub>2</sub> = 0.29		
r <sub>3</sub> = 17.741	d <sub>3</sub> = 3.14	n <sub>d2</sub> = 1.76802	d <sub>2</sub> = 49.24
r <sub>4</sub> = 3497.716	d <sub>4</sub> = (可変)		
r <sub>5</sub> = -45.639 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.80	n <sub>d3</sub> = 1.83481	d <sub>3</sub> = 42.71
r <sub>6</sub> = 5.950 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.73		
r <sub>7</sub> = -255.106	d <sub>7</sub> = 1.84	n <sub>d4</sub> = 1.92286	d <sub>4</sub> = 18.90
r <sub>8</sub> = -15.843	d <sub>8</sub> = 0.68	n <sub>d5</sub> = 1.83481	d <sub>5</sub> = 42.71
r <sub>9</sub> = -58.807 (非球面)	d <sub>9</sub> = (可変)		
r <sub>10</sub> = (絞り)	d <sub>10</sub> = 0.10		
r <sub>11</sub> = 5.586 (非球面)	d <sub>11</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14
r <sub>12</sub> = -11.262 (非球面)	d <sub>12</sub> = 0.10		
r <sub>13</sub> = 5.436	d <sub>13</sub> = 1.38	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02
r <sub>14</sub> = 13.074	d <sub>14</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46
r <sub>15</sub> = 3.469	d <sub>15</sub> = (可変)		
r <sub>16</sub> = 19.614 (非球面)	d <sub>16</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33
r <sub>17</sub> = -26.892	d <sub>17</sub> = (可変)		
r <sub>18</sub> =	d <sub>18</sub> = 0.40	n <sub>d10</sub> = 1.54771	d <sub>10</sub> = 62.84
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.50		
r <sub>20</sub> =	d <sub>20</sub> = 0.50	n <sub>d11</sub> = 1.51633	d <sub>11</sub> = 64.14
r <sub>21</sub> =	d <sub>21</sub> = 0.36		
r <sub>22</sub> = (像面)			

30

40

非球面係数

第 5 面

$$\begin{aligned}
 K &= 0.000 \\
 A_4 &= 2.17672 \times 10^{-4} \\
 A_6 &= -5.32946 \times 10^{-6} \\
 A_8 &= 7.95875 \times 10^{-8}
 \end{aligned}$$

50

$$A_{10} = -5.34232 \times 10^{-10}$$

第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.20203 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.54566 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.22695 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.02973 \times 10^{-8}$$

第 9 面

$$K = 19.659$$

$$A_4 = -2.47017 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.58699 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.04315 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 1 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -8.71078 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.22508 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -1.92565 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.14754 \times 10^{-7}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.15823 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.00484 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.82400 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 4.47946 \times 10^{-7}$$

第 1 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.80361 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 1.09868 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.72817 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.90895 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.01	24.29	
F <sub>NO</sub>	3.10	4.44	4.93	
2 (°)	80.12	35.18	17.61	
d <sub>4</sub>	0.72	5.37	13.24	
d <sub>9</sub>	10.83	3.84	0.65	
d <sub>15</sub>	2.75	8.06	10.08	
d <sub>17</sub>	2.86	3.05	2.97	40

実施例 5

r <sub>1</sub> = 25.173	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90	
r <sub>2</sub> = 16.537	d <sub>2</sub> = 0.20			
r <sub>3</sub> = 18.252	d <sub>3</sub> = 3.06	n <sub>d2</sub> = 1.88300	d <sub>2</sub> = 40.76	
r <sub>4</sub> = -4161.584	d <sub>4</sub> = (可変)			
r <sub>5</sub> = -44.093 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.80	n <sub>d3</sub> = 1.83481	d <sub>3</sub> = 42.71	
r <sub>6</sub> = 6.129 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.67			
r <sub>7</sub> = -897.611	d <sub>7</sub> = 1.86	n <sub>d4</sub> = 1.92286	d <sub>4</sub> = 18.90	
r <sub>8</sub> = -16.194	d <sub>8</sub> = 0.68	n <sub>d5</sub> = 1.83481	d <sub>5</sub> = 42.71	50

$r_9 = -75.584$ (非球面)	$d_9 =$ (可变)			
$r_{10} =$ (絞り)	$d_{10} = 0.10$			
$r_{11} = 5.515$ (非球面)	$d_{11} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$	
$r_{12} = -10.975$ (非球面)	$d_{12} = 0.10$			
$r_{13} = 5.494$	$d_{13} = 1.36$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$	
$r_{14} = 12.850$	$d_{14} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$	
$r_{15} = 3.429$	$d_{15} =$ (可变)			
$r_{16} = 19.614$ (非球面)	$d_{16} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$	
$r_{17} = -27.158$	$d_{17} =$ (可变)			
$r_{18} =$	$d_{18} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$	10
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.50$			
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$	
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.36$			
$r_{22} =$ (像面)				
非球面係数				
第 5 面				
$K = 0.000$				
$A_4 = 2.01152 \times 10^{-4}$				
$A_6 = -5.53549 \times 10^{-6}$				
$A_8 = 1.09307 \times 10^{-7}$				20
$A_{10} = -9.22389 \times 10^{-10}$				
第 6 面				
$K = 0.000$				
$A_4 = 1.24289 \times 10^{-4}$				
$A_6 = 2.52204 \times 10^{-5}$				
$A_8 = -1.55015 \times 10^{-6}$				
$A_{10} = 3.87174 \times 10^{-8}$				
第 9 面				
$K = 15.880$				
$A_4 = -2.56363 \times 10^{-4}$				30
$A_6 = 3.83459 \times 10^{-7}$				
$A_8 = -1.74921 \times 10^{-7}$				
$A_{10} = 0$				
第 1 1 面				
$K = -0.000$				
$A_4 = -9.56239 \times 10^{-4}$				
$A_6 = -9.52999 \times 10^{-6}$				
$A_8 = -3.92591 \times 10^{-7}$				
$A_{10} = 1.39818 \times 10^{-7}$				
第 1 2 面				
$K = 0.000$				40
$A_4 = 4.88481 \times 10^{-4}$				
$A_6 = -6.29539 \times 10^{-6}$				
$A_8 = 4.03797 \times 10^{-7}$				
$A_{10} = 1.15552 \times 10^{-7}$				
第 1 6 面				
$K = 0.000$				
$A_4 = 3.74250 \times 10^{-5}$				
$A_6 = 1.03247 \times 10^{-5}$				
$A_8 = -3.43630 \times 10^{-7}$				50

$A_{10} = 5.32503 \times 10^{-9}$   
ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
$F_{NO}$	3.11	4.48	4.93
$2$ (°)	80.15	35.27	17.62
$d_4$	0.72	5.21	13.32
$d_9$	11.01	3.94	0.73
$d_{15}$	2.77	8.18	10.05
$d_{17}$	2.83	3.00	2.97

。 10

## 実施例 6

$r_1 = 23.739$	$d_1 = 0.81$	$n_{d1} = 1.94595$	$d_1 = 17.98$
$r_2 = 16.355$	$d_2 = 0.21$		
$r_3 = 18.106$	$d_3 = 3.01$	$n_{d2} = 1.88300$	$d_2 = 40.76$
$r_4 = 846.562$	$d_4 =$ (可変)		
$r_5 = -52.113$ (非球面)	$d_5 = 0.82$	$n_{d3} = 1.88300$	$d_3 = 40.76$
$r_6 = 6.190$ (非球面)	$d_6 = 2.65$		
$r_7 = -235.098$	$d_7 = 1.86$	$n_{d4} = 1.94595$	$d_4 = 17.98$
$r_8 = -15.562$	$d_8 = 0.09$		
$r_9 = -14.315$	$d_9 = 0.80$	$n_{d5} = 1.88300$	$d_5 = 40.76$
$r_{10} = -41.886$ (非球面)	$d_{10} =$ (可変)		
$r_{11} =$ (絞り)	$d_{11} = 0.10$		
$r_{12} = 5.555$ (非球面)	$d_{12} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$
$r_{13} = -10.974$ (非球面)	$d_{13} = 0.10$		
$r_{14} = 5.438$	$d_{14} = 1.38$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$
$r_{15} = 13.503$	$d_{15} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$
$r_{16} = 3.433$	$d_{16} =$ (可変)		
$r_{17} = 18.727$ (非球面)	$d_{17} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$
$r_{18} = -29.343$	$d_{18} =$ (可変)		
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$		
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$
$r_{22} =$	$d_{22} = 0.37$		
$r_{23} =$ (像面)			

20

30

## 非球面係数

## 第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.02790 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -6.36728 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.15320 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -8.37226 \times 10^{-10}$$

## 第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 8.20642 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.47151 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.53936 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.64133 \times 10^{-8}$$

## 第 10 面

$$K = 6.008$$

40

50

$$A_4 = -2.06900 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.13247 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.58746 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 2 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.21086 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -6.31048 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.81135 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.67397 \times 10^{-7}$$

10

第 1 3 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 4.87773 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.10768 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.75976 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.94656 \times 10^{-7}$$

第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.23802 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.07437 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.48358 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.42112 \times 10^{-9}$$

20

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.12	4.57	4.94
2 (°)	80.16	35.42	17.62
d <sub>4</sub>	0.72	4.78	13.23
d <sub>10</sub>	10.77	3.71	0.66
d <sub>16</sub>	2.77	8.47	10.05
d <sub>18</sub>	2.85	3.06	2.96

30

実施例 7

r <sub>1</sub> = 23.679	d <sub>1</sub> = 0.81	n <sub>d1</sub> = 1.94595	d <sub>1</sub> = 17.98
r <sub>2</sub> = 16.309	d <sub>2</sub> = 0.20		
r <sub>3</sub> = 17.975	d <sub>3</sub> = 3.03	n <sub>d2</sub> = 1.88300	d <sub>2</sub> = 40.76
r <sub>4</sub> = 652.312	d <sub>4</sub> = (可変)		
r <sub>5</sub> = -57.513 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.82	n <sub>d3</sub> = 1.88300	d <sub>3</sub> = 40.76
r <sub>6</sub> = 6.169 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.64		
r <sub>7</sub> = -172.005	d <sub>7</sub> = 1.92	n <sub>d4</sub> = 2.10227	d <sub>4</sub> = 17.10
r <sub>8</sub> = -18.412	d <sub>8</sub> = 0.11		
r <sub>9</sub> = -15.586	d <sub>9</sub> = 0.80	n <sub>d5</sub> = 1.88300	d <sub>5</sub> = 40.76
r <sub>10</sub> = -47.805 (非球面)	d <sub>10</sub> = (可変)		
r <sub>11</sub> = (絞り)	d <sub>11</sub> = 0.10		
r <sub>12</sub> = 5.447 (非球面)	d <sub>12</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14
r <sub>13</sub> = -10.900 (非球面)	d <sub>13</sub> = 0.10		
r <sub>14</sub> = 5.577	d <sub>14</sub> = 1.35	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02
r <sub>15</sub> = 13.324	d <sub>15</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46
r <sub>16</sub> = 3.452	d <sub>16</sub> = (可変)		
r <sub>17</sub> = 19.617 (非球面)	d <sub>17</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33

40

50

$r_{18} = -26.823$	$d_{18} =$ (可変)		
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$		
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$
$r_{22} =$	$d_{22} = 0.36$		
$r_{23} =$ (像面)			

## 非球面係数

## 第 5 面

$K = 0.000$

$A_4 = 2.08796 \times 10^{-4}$

$A_6 = -7.65961 \times 10^{-6}$

$A_8 = 1.42959 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -1.03287 \times 10^{-9}$

## 第 6 面

$K = 0.000$

$A_4 = 9.25739 \times 10^{-5}$

$A_6 = 2.37928 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.56581 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 2.33770 \times 10^{-8}$

## 第 10 面

$K = 13.662$

$A_4 = -2.04807 \times 10^{-4}$

$A_6 = -2.93679 \times 10^{-6}$

$A_8 = 7.51268 \times 10^{-8}$

$A_{10} =$

## 第 12 面

$K = -0.000$

$A_4 = -9.47047 \times 10^{-4}$

$A_6 = -9.73137 \times 10^{-6}$

$A_8 = -9.44664 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 2.30496 \times 10^{-7}$

## 第 13 面

$K = 0.000$

$A_4 = 5.55221 \times 10^{-4}$

$A_6 = -3.16660 \times 10^{-6}$

$A_8 = -3.51784 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 2.04855 \times 10^{-7}$

## 第 17 面

$K = 0.000$

$A_4 = 2.11262 \times 10^{-5}$

$A_6 = 1.08100 \times 10^{-5}$

$A_8 = -3.55468 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 5.58942 \times 10^{-9}$

## ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.01	24.29	
$F_{NO}$	3.11	4.57	4.91	
$2$ (°)	80.18	35.47	17.61	
$d_4$	0.72	4.59	13.25	
$d_{10}$	10.75	3.70	0.68	50

$d_{16}$	2.76	8.58	9.98	
$d_{18}$	2.86	3.06	2.97	。

## 実施例 8

$r_1 = 23.572$	$d_1 = 0.81$	$n_{d1} = 1.94595$	$d_1 = 17.98$	
$r_2 = 16.325$	$d_2 = 0.19$			
$r_3 = 17.924$	$d_3 = 3.08$	$n_{d2} = 1.88300$	$d_2 = 40.76$	
$r_4 = 481.040$	$d_4 = (\text{可変})$			
$r_5 = -63.672$ (非球面)	$d_5 = 0.82$	$n_{d3} = 1.88300$	$d_3 = 40.76$	
$r_6 = 6.059$ (非球面)	$d_6 = 2.72$			10
$r_7 = -238.294$	$d_7 = 1.87$	$n_{d4} = 2.10227$	$d_4 = 17.10$	
$r_8 = -19.462$	$d_8 = 0.80$	$n_{d5} = 1.88300$	$d_5 = 40.76$	
$r_9 = -90.854$ (非球面)	$d_9 = (\text{可変})$			
$r_{10} =$ (絞リ)	$d_{10} = 0.10$			
$r_{11} = 5.548$ (非球面)	$d_{11} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$	
$r_{12} = -11.217$ (非球面)	$d_{12} = 0.10$			
$r_{13} = 5.502$	$d_{13} = 1.39$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$	
$r_{14} = 13.285$	$d_{14} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$	
$r_{15} = 3.476$	$d_{15} = (\text{可変})$			
$r_{16} = 19.903$ (非球面)	$d_{16} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$	20
$r_{17} = -26.017$	$d_{17} = (\text{可変})$			
$r_{18} =$	$d_{18} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$	
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.50$			
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$	
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.36$			
$r_{22} =$ (像面)				

## 非球面係数

## 第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.11173 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -8.21005 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.62208 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.25817 \times 10^{-9}$$

## 第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.55260 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.35459 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.47843 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.40340 \times 10^{-8}$$

## 第 9 面

$$K = 13.988$$

$$A_4 = -2.46764 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.00682 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.43307 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

## 第 11 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -8.70152 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.07452 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.51898 \times 10^{-6}$$

30

40

50

$$A_{10} = 3.52050 \times 10^{-7}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.43211 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.77046 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.53251 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 5.84184 \times 10^{-7}$$

第 1 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.55829 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.00684 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.25292 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.11814 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.11	4.51	4.90
2 (°)	80.16	35.27	17.59
d <sub>4</sub>	0.72	5.02	13.27
d <sub>9</sub>	10.82	3.84	0.72
d <sub>15</sub>	2.75	8.31	9.95
d <sub>17</sub>	2.86	3.04	2.97

10

20

実施例 9

r <sub>1</sub> = 21.524	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90
r <sub>2</sub> = 15.990	d <sub>2</sub> = 0.25		
r <sub>3</sub> = 18.038	d <sub>3</sub> = 3.04	n <sub>d2</sub> = 1.80400	d <sub>2</sub> = 46.57
r <sub>4</sub> = 1821.002	d <sub>4</sub> = (可変)		
r <sub>5</sub> = -46.956 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.79	n <sub>d3</sub> = 1.80610	d <sub>3</sub> = 40.92
r <sub>6</sub> = 5.863 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.76		
r <sub>7</sub> = -178.037	d <sub>7</sub> = 1.90	n <sub>d4</sub> = 1.92286	d <sub>4</sub> = 18.90
r <sub>8</sub> = -14.340	d <sub>8</sub> = 0.67	n <sub>d5</sub> = 1.80610	d <sub>5</sub> = 40.92
r <sub>9</sub> = -72.767 (非球面)	d <sub>9</sub> = (可変)		
r <sub>10</sub> = (絞り)	d <sub>10</sub> = 0.10		
r <sub>11</sub> = 5.470 (非球面)	d <sub>11</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14
r <sub>12</sub> = -11.162 (非球面)	d <sub>12</sub> = 0.10		
r <sub>13</sub> = 5.576	d <sub>13</sub> = 1.36	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02
r <sub>14</sub> = 13.756	d <sub>14</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46
r <sub>15</sub> = 3.493	d <sub>15</sub> = (可変)		
r <sub>16</sub> = 19.520 (非球面)	d <sub>16</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33
r <sub>17</sub> = -27.248	d <sub>17</sub> = (可変)		
r <sub>18</sub> =	d <sub>18</sub> = 0.40	n <sub>d10</sub> = 1.54771	d <sub>10</sub> = 62.84
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.50		
r <sub>20</sub> =	d <sub>20</sub> = 0.50	n <sub>d11</sub> = 1.51633	d <sub>11</sub> = 64.14
r <sub>21</sub> =	d <sub>21</sub> = 0.36		
r <sub>22</sub> = (像面)			

非球面係数

第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.34682 \times 10^{-4}$$

30

40

50

$$A_6 = -7.08038 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.25390 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -9.36786 \times 10^{-10}$$

第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.52904 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.55798 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.41637 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.87416 \times 10^{-8}$$

第 9 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.74195 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.46147 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.44866 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 2 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.07011 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 6.10900 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -3.38866 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 4.78449 \times 10^{-7}$$

第 1 3 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.63212 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.36073 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.03623 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 8.08280 \times 10^{-7}$$

第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.27541 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.11474 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.87618 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 6.24145 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.11	4.45	4.93
2 (°)	80.13	35.19	17.61
d <sub>4</sub>	0.72	5.33	13.27
d <sub>9</sub>	10.94	3.89	0.69
d <sub>15</sub>	2.76	8.08	10.07
d <sub>17</sub>	2.86	3.05	2.97

実施例 1 0

r <sub>1</sub> =	21.929	d <sub>1</sub> =	0.81	n <sub>d1</sub> =	1.94595	d <sub>1</sub> =	17.98
r <sub>2</sub> =	15.886	d <sub>2</sub> =	3.02	n <sub>d2</sub> =	1.83481	d <sub>2</sub> =	42.71
r <sub>3</sub> =	87.110	d <sub>3</sub> =	(可变)				
r <sub>4</sub> =	-603.712 (非球面)	d <sub>4</sub> =	0.82	n <sub>d3</sub> =	1.88300	d <sub>3</sub> =	40.76
r <sub>5</sub> =	5.962 (非球面)	d <sub>5</sub> =	2.72				
r <sub>6</sub> =	108.526	d <sub>6</sub> =	1.76	n <sub>d4</sub> =	2.10227	d <sub>4</sub> =	17.10

10

20

30

40

50

$r_7 =$	-23.243	$d_7 =$	0.16		
$r_8 =$	-17.863	$d_8 =$	0.80	$n_{d5} = 1.88300$	$d_5 = 40.76$
$r_9 =$	-201.302 (非球面)	$d_9 =$	(可変)		
$r_{10} =$	絞り	$d_{10} =$	0.10		
$r_{11} =$	5.737 (非球面)	$d_{11} =$	2.70	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$
$r_{12} =$	-10.526 (非球面)	$d_{12} =$	0.10		
$r_{13} =$	5.184	$d_{13} =$	1.42	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$
$r_{14} =$	12.685	$d_{14} =$	0.80	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$
$r_{15} =$	3.389	$d_{15} =$	(可変)		
$r_{16} =$	28.421 (非球面)	$d_{16} =$	2.07	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$
$r_{17} =$	-19.743	$d_{17} =$	(可変)		10
$r_{18} =$		$d_{18} =$	0.40	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$
$r_{19} =$		$d_{19} =$	0.50		
$r_{20} =$		$d_{20} =$	0.50	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$
$r_{21} =$		$d_{21} =$	0.35		
$r_{22} =$	(像面)				

## 非球面係数

## 第4面

$K = 0.000$

$A_4 = 1.17638 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.87398 \times 10^{-6}$

$A_8 = -1.21415 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 3.25687 \times 10^{-10}$

## 第5面

$K = 0.000$

$A_4 = 9.74365 \times 10^{-5}$

$A_6 = 1.86507 \times 10^{-5}$

$A_8 = -6.27883 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -6.71787 \times 10^{-9}$

## 第9面

$K = 300.320$

$A_4 = -2.68737 \times 10^{-4}$

$A_6 = -2.18216 \times 10^{-8}$

$A_8 = -4.79877 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 0$

## 第11面

$K = -0.000$

$A_4 = -9.41932 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.82332 \times 10^{-5}$

$A_8 = -9.47875 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 1.96272 \times 10^{-7}$

## 第12面

$K = 0.000$

$A_4 = 4.34113 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.86904 \times 10^{-5}$

$A_8 = -3.97394 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 1.70317 \times 10^{-7}$

## 第16面

$K = 0.000$

$A_4 = 2.98825 \times 10^{-5}$

20

30

40

50

$$A_6 = 7.00636 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.06857 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 3.08660 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.01	24.29	
F <sub>NO</sub>	3.03	4.93	4.99	
2 (°)	80.21	36.18	17.76	
d <sub>3</sub>	0.74	0.99	13.31	
d <sub>9</sub>	11.18	3.27	0.89	10
d <sub>15</sub>	2.71	9.95	10.21	
d <sub>17</sub>	2.64	2.99	2.99	。

実施例 1 1

r <sub>1</sub> = 19.964	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90	
r <sub>2</sub> = 15.354	d <sub>2</sub> = 0.22			
r <sub>3</sub> = 16.981	d <sub>3</sub> = 3.10	n <sub>d2</sub> = 1.76802	d <sub>2</sub> = 49.24	
r <sub>4</sub> = 321.532	d <sub>4</sub> = (可変)			
r <sub>5</sub> = -79.400 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.82	n <sub>d3</sub> = 1.88300	d <sub>3</sub> = 40.76	
r <sub>6</sub> = 6.026 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.65			20
r <sub>7</sub> = -512.296	d <sub>7</sub> = 2.00	n <sub>d4</sub> = 2.00170	d <sub>4</sub> = 20.64	
r <sub>8</sub> = -14.190	d <sub>8</sub> = 0.13			
r <sub>9</sub> = -10.837 (非球面)	d <sub>9</sub> = 0.67	n <sub>d5</sub> = 1.81600	d <sub>5</sub> = 46.62	
r <sub>10</sub> = -38.820	d <sub>10</sub> = (可変)			
r <sub>11</sub> = (絞り)	d <sub>11</sub> = 0.10			
r <sub>12</sub> = 5.567 (非球面)	d <sub>12</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14	
r <sub>13</sub> = -10.835 (非球面)	d <sub>13</sub> = 0.10			
r <sub>14</sub> = 5.426	d <sub>14</sub> = 1.39	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02	
r <sub>15</sub> = 13.374	d <sub>15</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46	
r <sub>16</sub> = 3.434	d <sub>16</sub> = (可変)			30
r <sub>17</sub> = 21.181 (非球面)	d <sub>17</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33	
r <sub>18</sub> = -23.592	d <sub>18</sub> = (可変)			
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.40	n <sub>d10</sub> = 1.54771	d <sub>10</sub> = 62.84	
r <sub>20</sub> =	d <sub>20</sub> = 0.50			
r <sub>21</sub> =	d <sub>21</sub> = 0.50	n <sub>d11</sub> = 1.51633	d <sub>11</sub> = 64.14	
r <sub>22</sub> =	d <sub>22</sub> = 0.36			
r <sub>23</sub> = (像面)				

非球面係数

第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.81913 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.45514 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.16696 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -6.24258 \times 10^{-10}$$

第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.02384 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.11070 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.27196 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 4.98377 \times 10^{-9}$$

40

50

## 第 9 面

$$K = -0.063$$

$$A_4 = 2.66985 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.08873 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.46937 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

## 第 1 2 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.20807 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.91248 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -3.02284 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.84485 \times 10^{-7}$$

10

## 第 1 3 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.02906 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.33058 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -5.38763 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 6.41876 \times 10^{-7}$$

## 第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.80646 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 1.03678 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.21345 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 4.86255 \times 10^{-9}$$

20

## ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
F <sub>NO</sub>	3.09	4.69	4.91
2 (°)	80.15	35.68	17.65
d <sub>4</sub>	0.73	3.65	13.26
d <sub>10</sub>	10.76	3.56	0.77
d <sub>16</sub>	2.74	9.08	10.01
d <sub>18</sub>	2.81	3.04	2.97

30

## 実施例 1 2

r <sub>1</sub> = 20.035	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90
r <sub>2</sub> = 15.388	d <sub>2</sub> = 0.21		
r <sub>3</sub> = 16.987	d <sub>3</sub> = 3.10	n <sub>d2</sub> = 1.76802	d <sub>2</sub> = 49.24
r <sub>4</sub> = 322.739	d <sub>4</sub> = (可変)		
r <sub>5</sub> = -67.042 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.82	n <sub>d3</sub> = 1.88300	d <sub>3</sub> = 40.76
r <sub>6</sub> = 6.104 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.63		
r <sub>7</sub> = -553.055	d <sub>7</sub> = 2.02	n <sub>d4</sub> = 2.00170	d <sub>4</sub> = 20.64
r <sub>8</sub> = -14.110	d <sub>8</sub> = 0.17		
r <sub>9</sub> = -11.468 (非球面)	d <sub>9</sub> = 0.67	n <sub>d5</sub> = 1.81600	d <sub>5</sub> = 46.62
r <sub>10</sub> = -48.428 (非球面)	d <sub>10</sub> = (可変)		
r <sub>11</sub> = (絞り)	d <sub>11</sub> = 0.10		
r <sub>12</sub> = 5.592 (非球面)	d <sub>12</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14
r <sub>13</sub> = -10.777 (非球面)	d <sub>13</sub> = 0.10		
r <sub>14</sub> = 5.381	d <sub>14</sub> = 1.39	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02
r <sub>15</sub> = 13.633	d <sub>15</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46

40

50

$r_{16} =$	3.428	$d_{16} =$	(可变)		
$r_{17} =$	21.377 (非球面)	$d_{17} =$	2.07	$n_{d9} =$	1.74330
$r_{18} =$	-23.467	$d_{18} =$	(可变)		$d_9 =$
$r_{19} =$		$d_{19} =$	0.40	$n_{d10} =$	1.54771
$r_{20} =$		$d_{20} =$	0.50		$d_{10} =$
$r_{21} =$		$d_{21} =$	0.50	$n_{d11} =$	1.51633
$r_{22} =$		$d_{22} =$	0.36		$d_{11} =$
$r_{23} =$	(像面)				

非球面系数

第 5 面

$K = 0.000$

$A_4 = 2.02227 \times 10^{-4}$

$A_6 = -8.03922 \times 10^{-6}$

$A_8 = 1.51641 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -1.06462 \times 10^{-9}$

第 6 面

$K = 0.000$

$A_4 = 3.98938 \times 10^{-5}$

$A_6 = 1.96692 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.68354 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 2.76679 \times 10^{-8}$

第 9 面

$K = -0.063$

$A_4 = 2.07247 \times 10^{-5}$

$A_6 = -3.77371 \times 10^{-6}$

$A_8 = 2.63786 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第 10 面

$K = -0.897$

$A_4 = -2.19314 \times 10^{-4}$

$A_6 = -5.31018 \times 10^{-6}$

$A_8 = 3.15789 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第 12 面

$K = -0.000$

$A_4 = -9.35871 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.13973 \times 10^{-5}$

$A_8 = -7.24228 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 1.19444 \times 10^{-7}$

第 13 面

$K = 0.000$

$A_4 = 4.83658 \times 10^{-4}$

$A_6 = -9.01954 \times 10^{-6}$

$A_8 = 1.55326 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 4.11169 \times 10^{-8}$

第 17 面

$K = 0.000$

$A_4 = 8.51281 \times 10^{-6}$

$A_6 = 9.83773 \times 10^{-6}$

$A_8 = -3.17684 \times 10^{-7}$

10

20

30

40

50

$A_{10} = 5.22025 \times 10^{-9}$   
ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.29
$F_{NO}$	3.09	4.69	4.92
$2$ (°)	80.14	35.67	17.64
$d_4$	0.73	3.64	13.26
$d_{10}$	10.77	3.56	0.77
$d_{16}$	2.74	9.08	10.02
$d_{18}$	2.80	3.03	2.97

10

## 実施例 1 3

$r_1 = 24.847$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 1.94595$	$d_1 = 17.98$
$r_2 = 16.542$	$d_2 = 0.29$		
$r_3 = 18.208$	$d_3 = 3.02$	$n_{d2} = 1.88300$	$d_2 = 40.76$
$r_4 = 3582.698$	$d_4 =$ (可変)		
$r_5 = -43.179$ (非球面)	$d_5 = 0.79$	$n_{d3} = 1.80610$	$d_3 = 40.92$
$r_6 = 5.891$ (非球面)	$d_6 = 2.64$		
$r_7 = -157590.062$	$d_7 = 1.91$	$n_{d4} = 1.94595$	$d_4 = 17.98$
$r_8 = -15.395$	$d_8 = 0.67$	$n_{d5} = 1.80610$	$d_5 = 40.92$
$r_9 = -175.340$ (非球面)	$d_9 =$ (可変)		
$r_{10} =$ (絞り)	$d_{10} = 0.10$		
$r_{11} = 5.417$ (非球面)	$d_{11} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$
$r_{12} = -10.144$ (非球面)	$d_{12} =$ (可変)		
$r_{13} = 5.942$	$d_{13} = 1.42$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$
$r_{14} = 24.078$	$d_{14} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$
$r_{15} = 3.618$	$d_{15} =$ (可変)		
$r_{16} = 17.723$ (非球面)	$d_{16} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$
$r_{17} = -30.024$	$d_{17} =$ (可変)		
$r_{18} =$	$d_{18} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.50$		
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.36$		
$r_{22} =$ (像面)			

20

30

## 非球面係数

## 第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.41650 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.80486 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.53963 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.21087 \times 10^{-9}$$

40

## 第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.85981 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.55754 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.92596 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.81224 \times 10^{-8}$$

## 第 9 面

$$K = -4.077$$

$$A_4 = -3.33609 \times 10^{-4}$$

50

$$A_6 = 6.19746 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.40693 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 4.21649 \times 10^{-10}$$

第 1 1 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -1.00640 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 2.89626 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -5.10096 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 7.01287 \times 10^{-7}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.92460 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.80286 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -9.42465 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 1.22823 \times 10^{-6}$$

第 1 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.67077 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.07760 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.84914 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 6.38037 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.00	24.28	
F <sub>NO</sub>	3.23	4.54	5.07	
2 (°)	80.19	35.07	17.60	
d <sub>4</sub>	0.71	5.09	13.51	
d <sub>9</sub>	10.96	3.46	0.85	
d <sub>12</sub>	0.20	0.57	0.40	
d <sub>15</sub>	2.75	7.12	9.46	30
d <sub>17</sub>	2.80	2.94	2.96	。

実施例 1 4

r <sub>1</sub> = 19.959	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.92286	d <sub>1</sub> = 18.90	
r <sub>2</sub> = 15.153	d <sub>2</sub> = 0.19			
r <sub>3</sub> = 16.567	d <sub>3</sub> = 3.19	n <sub>d2</sub> = 1.76802	d <sub>2</sub> = 49.24	
r <sub>4</sub> = 328.834	d <sub>4</sub> = (可変)			
r <sub>5</sub> = -66.705 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.82	n <sub>d3</sub> = 1.88300	d <sub>3</sub> = 40.76	
r <sub>6</sub> = 6.014 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.67			
r <sub>7</sub> = -97.974	d <sub>7</sub> = 1.95	n <sub>d4</sub> = 2.00170	d <sub>4</sub> = 20.64	40
r <sub>8</sub> = -12.905	d <sub>8</sub> = 0.12			
r <sub>9</sub> = -10.476 (非球面)	d <sub>9</sub> = 0.67	n <sub>d5</sub> = 1.81600	d <sub>5</sub> = 46.62	
r <sub>10</sub> = -36.471	d <sub>10</sub> = (可変)			
r <sub>11</sub> = (絞り)	d <sub>11</sub> = 0.10			
r <sub>12</sub> = 5.598 (非球面)	d <sub>12</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14	
r <sub>13</sub> = -10.200 (非球面)	d <sub>13</sub> = (可変)			
r <sub>14</sub> = 5.893	d <sub>14</sub> = 1.42	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02	
r <sub>15</sub> = 20.687	d <sub>15</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46	
r <sub>16</sub> = 3.680	d <sub>16</sub> = (可変)			
r <sub>17</sub> = 18.589 (非球面)	d <sub>17</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33	50

$r_{18} =$	-26.724	$d_{18} =$	(可変)		
$r_{19} =$		$d_{19} =$	0.40	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$
$r_{20} =$		$d_{20} =$	0.50		
$r_{21} =$		$d_{21} =$	0.50	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$
$r_{22} =$		$d_{22} =$	0.36		
$r_{23} =$	(像面)				

## 非球面係数

## 第5面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.92323 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.86162 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 5.55922 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -2.22548 \times 10^{-10}$$

## 第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.52228 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.45561 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.19859 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 6.02161 \times 10^{-9}$$

## 第9面

$$K = 0.020$$

$$A_4 = 3.06753 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -6.37184 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 2.66117 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

## 第12面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.26843 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.04592 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.90151 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 7.46676 \times 10^{-7}$$

## 第13面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.28294 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.21648 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.31953 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 1.46113 \times 10^{-6}$$

## 第17面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -6.81284 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 1.02822 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.09403 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 4.47496 \times 10^{-9}$$

## ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.01	24.29	
$F_{NO}$	3.13	4.50	4.92	
$2$ (°)	80.23	35.24	17.60	
$d_4$	0.72	4.62	13.21	
$d_{10}$	10.56	3.30	0.78	50

$d_{13}$	0.23	0.57	0.43	
$d_{16}$	2.76	7.67	9.68	
$d_{18}$	2.86	3.00	2.96	。

## 実施例 1 5

$r_1 =$	25.601	$d_1 =$	0.80	$n_{d1} =$	1.92286	$d_1 =$	18.90	
$r_2 =$	16.493	$d_2 =$	0.20					
$r_3 =$	18.075	$d_3 =$	3.23	$n_{d2} =$	1.88300	$d_2 =$	40.76	
$r_4 =$	-1234.242	$d_4 =$	(可変)					
$r_5 =$	-40.268 (非球面)	$d_5 =$	0.80	$n_{d3} =$	1.83481	$d_3 =$	42.71	10
$r_6 =$	6.022 (非球面)	$d_6 =$	2.62					
$r_7 =$	-407.214	$d_7 =$	1.83	$n_{d4} =$	1.92286	$d_4 =$	18.90	
$r_8 =$	-15.866	$d_8 =$	0.68	$n_{d5} =$	1.83481	$d_5 =$	42.71	
$r_9 =$	-66.674 (非球面)	$d_9 =$	(可変)					
$r_{10} =$	(絞り)	$d_{10} =$	0.10					
$r_{11} =$	5.520 (非球面)	$d_{11} =$	2.70	$n_{d6} =$	1.58913	$d_6 =$	61.14	
$r_{12} =$	-9.949 (非球面)	$d_{12} =$	(可変)					
$r_{13} =$	6.163	$d_{13} =$	1.35	$n_{d7} =$	1.59201	$d_7 =$	67.02	
$r_{14} =$	18.256	$d_{14} =$	0.80	$n_{d8} =$	2.00069	$d_8 =$	25.46	
$r_{15} =$	3.675	$d_{15} =$	(可変)					20
$r_{16} =$	15.963 (非球面)	$d_{16} =$	2.07	$n_{d9} =$	1.74330	$d_9 =$	49.33	
$r_{17} =$	-38.145	$d_{17} =$	(可変)					
$r_{18} =$		$d_{18} =$	0.40	$n_{d10} =$	1.54771	$d_{10} =$	62.84	
$r_{19} =$		$d_{19} =$	0.50					
$r_{20} =$		$d_{20} =$	0.50	$n_{d11} =$	1.51633	$d_{11} =$	64.14	
$r_{21} =$		$d_{21} =$	0.37					
$r_{22} =$	(像面)							

## 非球面係数

## 第 5 面

$K =$	0.000				30
$A_4 =$	$2.05163 \times 10^{-4}$				
$A_6 =$	$-3.37326 \times 10^{-6}$				
$A_8 =$	$4.45283 \times 10^{-8}$				
$A_{10} =$	$-3.62203 \times 10^{-10}$				

## 第 6 面

$K =$	0.000				
$A_4 =$	$1.47479 \times 10^{-4}$				
$A_6 =$	$2.72737 \times 10^{-5}$				
$A_8 =$	$-1.43607 \times 10^{-6}$				
$A_{10} =$	$3.29097 \times 10^{-8}$				40

## 第 9 面

$K =$	17.341
$A_4 =$	$-2.82382 \times 10^{-4}$
$A_6 =$	$3.16842 \times 10^{-6}$
$A_8 =$	$-2.28861 \times 10^{-7}$
$A_{10} =$	0

## 第 1 1 面

$K =$	-0.000				
$A_4 =$	$-1.03741 \times 10^{-3}$				
$A_6 =$	$2.15062 \times 10^{-5}$				50

$$A_8 = -6.81878 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 7.72131 \times 10^{-7}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.90361 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.12917 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.28212 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 1.50309 \times 10^{-6}$$

第 1 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.50156 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.12904 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.91013 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 6.07074 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.00	24.29	
F <sub>NO</sub>	3.13	4.24	4.94	
2 (°)	80.27	34.68	17.58	
d <sub>4</sub>	0.71	6.26	13.33	20
d <sub>9</sub>	10.81	3.63	0.72	
d <sub>12</sub>	0.27	0.57	0.42	
d <sub>15</sub>	2.76	6.65	9.78	
d <sub>17</sub>	2.83	3.00	2.96	。

実施例 1 6

r <sub>1</sub> = 21.193	d <sub>1</sub> = 0.81	n <sub>d1</sub> = 1.94595	d <sub>1</sub> = 17.98	
r <sub>2</sub> = 15.192	d <sub>2</sub> = 3.09	n <sub>d2</sub> = 1.83481	d <sub>2</sub> = 42.71	
r <sub>3</sub> = 81.748	d <sub>3</sub> = (可変)			
r <sub>4</sub> = -603.712 (非球面)	d <sub>4</sub> = 0.82	n <sub>d3</sub> = 1.88300	d <sub>3</sub> = 40.76	30
r <sub>5</sub> = 5.982 (非球面)	d <sub>5</sub> = 2.78			
r <sub>6</sub> = -237.176	d <sub>6</sub> = 1.71	n <sub>d4</sub> = 2.10227	d <sub>4</sub> = 17.10	
r <sub>7</sub> = -18.101	d <sub>7</sub> = 0.09			
r <sub>8</sub> = -15.997	d <sub>8</sub> = 0.80	n <sub>d5</sub> = 1.88300	d <sub>5</sub> = 40.76	
r <sub>9</sub> = -168.381 (非球面)	d <sub>9</sub> = (可変)			
r <sub>10</sub> = (絞り)	d <sub>10</sub> = 0.10			
r <sub>11</sub> = 5.812 (非球面)	d <sub>11</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14	
r <sub>12</sub> = -10.295 (非球面)	d <sub>12</sub> = (可変)			
r <sub>13</sub> = 5.387	d <sub>13</sub> = 1.54	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02	
r <sub>14</sub> = 19.283	d <sub>14</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46	40
r <sub>15</sub> = 3.554	d <sub>15</sub> = (可変)			
r <sub>16</sub> = 24.991 (非球面)	d <sub>16</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33	
r <sub>17</sub> = -19.483	d <sub>17</sub> = (可変)			
r <sub>18</sub> =	d <sub>18</sub> = 0.40	n <sub>d10</sub> = 1.54771	d <sub>10</sub> = 62.84	
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.50			
r <sub>20</sub> =	d <sub>20</sub> = 0.50	n <sub>d11</sub> = 1.51633	d <sub>11</sub> = 64.14	
r <sub>21</sub> =	d <sub>21</sub> = 0.35			
r <sub>22</sub> = (像面)				

非球面係数

第 4 面

$$\begin{aligned} K &= 0.000 \\ A_4 &= 1.21970 \times 10^{-4} \\ A_6 &= -1.08084 \times 10^{-6} \\ A_8 &= -1.14600 \times 10^{-8} \\ A_{10} &= 1.97222 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

第 5 面

$$\begin{aligned} K &= 0.000 \\ A_4 &= 1.75555 \times 10^{-4} \\ A_6 &= 2.16172 \times 10^{-5} \\ A_8 &= -8.70023 \times 10^{-7} \\ A_{10} &= 1.24313 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

10

第 9 面

$$\begin{aligned} K &= 410.383 \\ A_4 &= -2.79644 \times 10^{-4} \\ A_6 &= 4.80703 \times 10^{-6} \\ A_8 &= -2.06609 \times 10^{-7} \\ A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第 1 1 面

$$\begin{aligned} K &= -0.000 \\ A_4 &= -8.72572 \times 10^{-4} \\ A_6 &= 1.99478 \times 10^{-5} \\ A_8 &= -4.51334 \times 10^{-6} \\ A_{10} &= 5.24324 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

20

第 1 2 面

$$\begin{aligned} K &= 0.000 \\ A_4 &= 5.50797 \times 10^{-4} \\ A_6 &= 2.74834 \times 10^{-5} \\ A_8 &= -6.52190 \times 10^{-6} \\ A_{10} &= 7.69571 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

第 1 6 面

$$\begin{aligned} K &= 0.000 \\ A_4 &= 1.78974 \times 10^{-5} \\ A_6 &= 7.85039 \times 10^{-6} \\ A_8 &= -2.65852 \times 10^{-7} \\ A_{10} &= 4.28825 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

30

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.01	24.29	
F <sub>NO</sub>	3.08	4.93	4.91	
2 (°)	80.33	36.11	17.66	40
d <sub>3</sub>	0.74	1.00	13.34	
d <sub>9</sub>	10.94	3.05	0.89	
d <sub>12</sub>	0.16	0.57	0.55	
d <sub>15</sub>	2.75	9.30	9.26	
d <sub>17</sub>	2.70	3.00	2.99	。

実施例 1 7

r <sub>1</sub> =	24.005	d <sub>1</sub> =	0.80	n <sub>d1</sub> =	1.92286	d <sub>1</sub> =	18.90	
r <sub>2</sub> =	15.730	d <sub>2</sub> =	0.18					
r <sub>3</sub> =	16.798	d <sub>3</sub> =	3.12	n <sub>d2</sub> =	1.88300	d <sub>2</sub> =	40.76	50

$r_4 = 320.063$	$d_4 =$ (可变)			
$r_5 = -63.961$ (非球面)	$d_5 = 0.80$	$n_{d3} = 1.83481$	$d_3 = 42.71$	
$r_6 = 5.769$ (非球面)	$d_6 = 2.79$			
$r_7 = -110.876$	$d_7 = 1.74$	$n_{d4} = 1.94595$	$d_4 = 17.98$	
$r_8 = -15.935$	$d_8 = 0.08$			
$r_9 = -14.478$	$d_9 = 0.68$	$n_{d5} = 1.83481$	$d_5 = 42.71$	
$r_{10} = -43.168$ (非球面)	$d_{10} =$ (可变)			
$r_{11} =$ (絞り)	$d_{11} = 0.10$			
$r_{12} = 5.627$ (非球面)	$d_{12} = 2.70$	$n_{d6} = 1.58913$	$d_6 = 61.14$	
$r_{13} = -9.958$ (非球面)	$d_{13} =$ (可变)			10
$r_{14} = 6.057$	$d_{14} = 1.36$	$n_{d7} = 1.59201$	$d_7 = 67.02$	
$r_{15} = 18.994$	$d_{15} = 0.80$	$n_{d8} = 2.00069$	$d_8 = 25.46$	
$r_{16} = 3.702$	$d_{16} =$ (可变)			
$r_{17} = 16.931$ (非球面)	$d_{17} = 2.07$	$n_{d9} = 1.74330$	$d_9 = 49.33$	
$r_{18} = -33.088$	$d_{18} =$ (可变)			
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.40$	$n_{d10} = 1.54771$	$d_{10} = 62.84$	
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.50$			
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d11} = 1.51633$	$d_{11} = 64.14$	
$r_{22} =$	$d_{22} = 0.37$			
$r_{23} =$ (像面)				20

## 非球面係数

## 第 5 面

$K = 0.000$

$A_4 = 2.20322 \times 10^{-4}$

$A_6 = -8.05410 \times 10^{-6}$

$A_8 = 1.50663 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -1.08544 \times 10^{-9}$

## 第 6 面

$K = 0.000$

$A_4 = 1.19766 \times 10^{-4}$

$A_6 = 2.71353 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.79261 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 2.50985 \times 10^{-8}$

## 第 10 面

$K = 4.763$

$A_4 = -2.60503 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.23050 \times 10^{-6}$

$A_8 = 2.35967 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 0$

## 第 12 面

$K = -0.000$

$A_4 = -9.80569 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.94848 \times 10^{-5}$

$A_8 = -5.98539 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 6.24092 \times 10^{-7}$

## 第 13 面

$K = 0.000$

$A_4 = 5.74317 \times 10^{-4}$

$A_6 = 3.99276 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.14945 \times 10^{-5}$

30

40

50

$$A_{10} = 1.22736 \times 10^{-6}$$

第 17 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 8.72792 \times 10^{-7}$$

$$A_6 = 1.10477 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.58880 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.71191 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.06	12.01	24.29	10
F <sub>NO</sub>	3.14	4.56	4.90	
2 (°)	80.18	35.40	17.59	
d <sub>4</sub>	0.73	4.26	13.29	
d <sub>10</sub>	10.70	3.25	0.68	
d <sub>13</sub>	0.29	0.58	0.46	
d <sub>16</sub>	2.76	7.98	9.63	
d <sub>18</sub>	2.86	3.05	2.96	。

実施例 18

r <sub>1</sub> = 17.636 (非球面)	d <sub>1</sub> = 3.46	n <sub>d1</sub> = 1.49700	d <sub>1</sub> = 81.54	20
r <sub>2</sub> = 1651.373 (非球面)	d <sub>2</sub> = (可変)			
r <sub>3</sub> = -89.845 (非球面)	d <sub>3</sub> = 0.82	n <sub>d2</sub> = 1.88300	d <sub>2</sub> = 40.76	
r <sub>4</sub> = 6.252 (非球面)	d <sub>4</sub> = 2.41			
r <sub>5</sub> = 36.538	d <sub>5</sub> = 2.14	n <sub>d3</sub> = 1.94595	d <sub>3</sub> = 17.98	
r <sub>6</sub> = -20.686	d <sub>6</sub> = 0.20			
r <sub>7</sub> = -15.473	d <sub>7</sub> = 0.70	n <sub>d4</sub> = 1.88300	d <sub>4</sub> = 40.76	
r <sub>8</sub> = -705.490 (非球面)	d <sub>8</sub> = (可変)			
r <sub>9</sub> = (絞り)	d <sub>9</sub> = 0.10			
r <sub>10</sub> = 5.371 (非球面)	d <sub>10</sub> = 2.70	n <sub>d5</sub> = 1.58913	d <sub>5</sub> = 61.14	
r <sub>11</sub> = -12.630 (非球面)	d <sub>11</sub> = 0.10			30
r <sub>12</sub> = 4.840	d <sub>12</sub> = 1.30	n <sub>d6</sub> = 1.59201	d <sub>6</sub> = 67.02	
r <sub>13</sub> = 8.993	d <sub>13</sub> = 0.80	n <sub>d7</sub> = 2.00170	d <sub>7</sub> = 20.64	
r <sub>14</sub> = 3.169	d <sub>14</sub> = (可変)			
r <sub>15</sub> = -175.389 (非球面)	d <sub>15</sub> = 2.05	n <sub>d8</sub> = 2.00170	d <sub>8</sub> = 20.64	
r <sub>16</sub> = -15.339	d <sub>16</sub> = (可変)			
r <sub>17</sub> =	d <sub>17</sub> = 0.40	n <sub>d9</sub> = 1.54771	d <sub>9</sub> = 62.84	
r <sub>18</sub> =	d <sub>18</sub> = 0.50			
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.50	n <sub>d10</sub> = 1.51633	d <sub>10</sub> = 64.14	
r <sub>20</sub> =	d <sub>20</sub> = 0.36			
r <sub>21</sub> = (像面)				40

非球面係数

第 1 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -9.36696 \times 10^{-21}$$

$$A_6 = -3.07965 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 1.40121 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 8.27669 \times 10^{-11}$$

第 2 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = 1.06767 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -7.16715 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 1.70324 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -3.34505 \times 10^{-11}$$

第 3 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 4.52338 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.74362 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -8.20880 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 1.09382 \times 10^{-9}$$

第 4 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.26435 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 9.38403 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.26308 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.16873 \times 10^{-8}$$

第 8 面

$$K = -3.680$$

$$A_4 = -2.58689 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.09681 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -7.55479 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.66474 \times 10^{-8}$$

第 10 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -8.26225 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.42650 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.03186 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.44772 \times 10^{-7}$$

第 11 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.51537 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.56976 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.58200 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 4.02796 \times 10^{-7}$$

第 15 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 8.11366 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.01901 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.84282 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.33610 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	11.98	24.29
F <sub>NO</sub>	3.03	4.41	5.05
2 (°)	81.54	36.13	18.37
d <sub>2</sub>	0.72	4.69	12.81
d <sub>8</sub>	11.55	4.15	0.93
d <sub>14</sub>	2.78	7.77	10.07
d <sub>16</sub>	2.78	2.99	3.33

$r_1 = 15.057$ (非球面)	$d_1 = 3.36$	$n_{d1} = 1.43875$	$d_1 = 94.93$	
$r_2 = 16740.605$ (非球面)	$d_2 =$ (可变)			
$r_3 = -109.482$ (非球面)	$d_3 = 0.82$	$n_{d2} = 1.88300$	$d_2 = 40.76$	
$r_4 = 5.865$ (非球面)	$d_4 = 2.48$			
$r_5 = 29.434$	$d_5 = 2.25$	$n_{d3} = 1.94595$	$d_3 = 17.98$	
$r_6 = -21.699$	$d_6 = 0.26$			
$r_7 = -15.455$	$d_7 = 0.70$	$n_{d4} = 1.88300$	$d_4 = 40.76$	
$r_8 = 61494.611$ (非球面)	$d_8 =$ (可变)			
$r_9 =$ (絞り)	$d_9 = 0.10$			
$r_{10} = 5.519$ (非球面)	$d_{10} = 2.70$	$n_{d5} = 1.58913$	$d_5 = 61.14$	10
$r_{11} = -12.178$ (非球面)	$d_{11} = 0.10$			
$r_{12} = 4.874$	$d_{12} = 1.36$	$n_{d6} = 1.59201$	$d_6 = 67.02$	
$r_{13} = 9.784$	$d_{13} = 0.80$	$n_{d7} = 2.00170$	$d_7 = 20.64$	
$r_{14} = 3.227$	$d_{14} =$ (可变)			
$r_{15} = -455.052$ (非球面)	$d_{15} = 2.04$	$n_{d8} = 2.00170$	$d_8 = 20.64$	
$r_{16} = -15.796$	$d_{16} =$ (可变)			
$r_{17} =$	$d_{17} = 0.40$	$n_{d9} = 1.54771$	$d_9 = 62.84$	
$r_{18} =$	$d_{18} = 0.50$			
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$d_{10} = 64.14$	
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.36$			20
$r_{21} =$ (像面)				

## 非球面係数

## 第 1 面

$K = -0.000$

$A_4 = -9.36696 \times 10^{-21}$

$A_6 = -2.82322 \times 10^{-7}$

$A_8 = -3.32314 \times 10^{-9}$

$A_{10} = 9.80939 \times 10^{-11}$

## 第 2 面

$K = -0.000$

$A_4 = 2.03046 \times 10^{-5}$

$A_6 = -8.63339 \times 10^{-7}$

$A_8 = 1.39119 \times 10^{-8}$

$A_{10} = -2.72606 \times 10^{-11}$

## 第 3 面

$K = 0.000$

$A_4 = 1.45879 \times 10^{-4}$

$A_6 = -7.06884 \times 10^{-6}$

$A_8 = 1.23121 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -5.62979 \times 10^{-10}$

## 第 4 面

$K = 0.000$

$A_4 = -5.29316 \times 10^{-5}$

$A_6 = 3.56817 \times 10^{-6}$

$A_8 = -1.11723 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 1.49013 \times 10^{-8}$

## 第 8 面

$K = -3.680$

$A_4 = -2.43119 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.50423 \times 10^{-6}$

30

40

50

$$A_8 = -8.73464 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 2.80319 \times 10^{-9}$$

第 1 0 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -7.77230 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.47499 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.23145 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 1.55776 \times 10^{-7}$$

第 1 1 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.35918 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.49158 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.91520 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 2.80196 \times 10^{-7}$$

第 1 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 4.02871 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.18379 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.08960 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.70846 \times 10^{-9}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	11.98	24.29
F <sub>NO</sub>	3.11	4.53	5.05
2 (°)	81.61	36.13	18.35
d <sub>2</sub>	0.72	4.72	12.77
d <sub>8</sub>	11.25	4.14	0.96
d <sub>14</sub>	2.79	7.94	9.79
d <sub>16</sub>	2.84	2.99	3.34

実施例 2 0

r <sub>1</sub> = 24.617	d <sub>1</sub> = 0.80	n <sub>d1</sub> = 1.94595	d <sub>1</sub> = 17.98
r <sub>2</sub> = 16.485	d <sub>2</sub> = 0.34		
r <sub>3</sub> = 18.513	d <sub>3</sub> = 3.03	n <sub>d2</sub> = 1.88300	d <sub>2</sub> = 40.76
r <sub>4</sub> = -1350.827	d <sub>4</sub> = (可変)		
r <sub>5</sub> = -39.777 (非球面)	d <sub>5</sub> = 0.79	n <sub>d3</sub> = 1.80610	d <sub>3</sub> = 40.92
r <sub>6</sub> = 5.736 (非球面)	d <sub>6</sub> = 2.50		
r <sub>7</sub> = 46.539	d <sub>7</sub> = 1.93	n <sub>d4</sub> = 1.94595	d <sub>4</sub> = 17.98
r <sub>8</sub> = -22.674	d <sub>8</sub> = 0.64	n <sub>d5</sub> = 1.80610	d <sub>5</sub> = 40.92
r <sub>9</sub> = 177.436 (非球面)	d <sub>9</sub> = (可変)		
r <sub>10</sub> = (絞り)	d <sub>10</sub> = (可変)		
r <sub>11</sub> = 5.325 (非球面)	d <sub>11</sub> = 2.70	n <sub>d6</sub> = 1.58913	d <sub>6</sub> = 61.14
r <sub>12</sub> = -9.884 (非球面)	d <sub>12</sub> = 0.10		
r <sub>13</sub> = 6.305	d <sub>13</sub> = 1.41	n <sub>d7</sub> = 1.59201	d <sub>7</sub> = 67.02
r <sub>14</sub> = 18.239	d <sub>14</sub> = 0.80	n <sub>d8</sub> = 2.00069	d <sub>8</sub> = 25.46
r <sub>15</sub> = 3.616	d <sub>15</sub> = (可変)		
r <sub>16</sub> = 17.024 (非球面)	d <sub>16</sub> = 2.07	n <sub>d9</sub> = 1.74330	d <sub>9</sub> = 49.33
r <sub>17</sub> = 34.757	d <sub>17</sub> = (可変)		
r <sub>18</sub> =	d <sub>18</sub> = 0.40	n <sub>d10</sub> = 1.54771	d <sub>10</sub> = 62.84
r <sub>19</sub> =	d <sub>19</sub> = 0.50		

10

20

30

40

50

$r_{20} =$   $d_{20} = 0.50$   $n_{d11} = 1.51633$   $d_{11} = 64.14$   
 $r_{21} =$   $d_{21} = 0.37$   
 $r_{22} =$  (像面)

非球面係数

第 5 面

$K = 0.000$   
 $A_4 = 2.65294 \times 10^{-4}$   
 $A_6 = -4.86067 \times 10^{-6}$   
 $A_8 = -4.95916 \times 10^{-8}$   
 $A_{10} = 1.45582 \times 10^{-9}$

10

第 6 面

$K = 0.000$   
 $A_4 = 1.22290 \times 10^{-4}$   
 $A_6 = 3.07865 \times 10^{-5}$   
 $A_8 = -1.23246 \times 10^{-6}$   
 $A_{10} = -2.75048 \times 10^{-8}$

第 9 面

$K = -4.077$   
 $A_4 = -3.44903 \times 10^{-4}$   
 $A_6 = 4.47305 \times 10^{-6}$   
 $A_8 = -7.49149 \times 10^{-7}$   
 $A_{10} = 2.89043 \times 10^{-8}$

20

第 1 1 面

$K = -0.000$   
 $A_4 = -1.06943 \times 10^{-3}$   
 $A_6 = 1.88431 \times 10^{-5}$   
 $A_8 = -3.97910 \times 10^{-6}$   
 $A_{10} = 3.05632 \times 10^{-7}$

第 1 2 面

$K = 0.000$   
 $A_4 = 7.51908 \times 10^{-4}$   
 $A_6 = 1.59771 \times 10^{-5}$   
 $A_8 = -2.43151 \times 10^{-6}$   
 $A_{10} = 2.99982 \times 10^{-7}$

30

第 1 6 面

$K = 0.000$   
 $A_4 = 2.22601 \times 10^{-5}$   
 $A_6 = 1.31566 \times 10^{-5}$   
 $A_8 = -4.73811 \times 10^{-7}$   
 $A_{10} = 7.81341 \times 10^{-9}$

40

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
f (mm)	5.06	12.01	24.28
F <sub>NO</sub>	3.07	4.72	5.05
2 (°)	80.13	35.38	17.61
d <sub>4</sub>	0.71	4.88	13.53
d <sub>9</sub>	9.86	4.07	0.85
d <sub>10</sub>	1.54	0.22	0.28
d <sub>15</sub>	2.73	8.32	9.66
d <sub>17</sub>	2.75	2.95	2.96

50

以上の実施例 1 ~ 20 の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図 2 1 ~ 図 4 0 に示す。これらの収差図において、( a ) は広角端、( b ) は中間状態、( c ) は望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。各図中、“ F I Y ” は最大像高を示す。

【 0 2 2 8 】

次に、上記各実施例における条件式 ( 1 ) ~ ( 2 1 ) の値を示す。

実施例	1	2	3	4	5	6	7	
( 1 )	0.128	0.131	0.129	0.165	0.173	0.144	0.130	
( 2 )	-0.973	-0.916	-1.030	-0.954	-0.986	-0.949	-0.931	10
( 3 )	0.142	0.144	0.142	0.168	0.171	0.153	0.142	
( 4 )	2.0017	1.94595	2.0017	1.92286	1.92286	1.94595	2.10226	
( 5 )	20.6	18.0	20.6	18.9	18.9	18.0	17.1	
( 6 )	1.142	1.270	0.930	1.132	1.037	1.070	1.240	
( 7 )	1.8830	1.8348	1.8830	1.8348	1.8348	1.8830	1.8830	
( 8 )	40.8	42.7	40.8	42.7	42.7	40.8	40.8	
( 9 )	1.8160	1.8348	1.8348	1.8348	1.8348	1.8830	1.8830	
( 1 0 )	46.6	42.7	42.7	42.7	42.7	40.8	40.8	
( 1 1 )	-1.505	-1.976	-1.370	-1.738	-1.545	-2.038	-1.967	
( 1 2 )	2.001	2.553	1.885	2.416	2.341	2.334	2.477	20
( 13A )	0.029	0.030	0.027	0.036	0.054	0.052	0.028	
( 13B )	-0.007	-0.008	-0.006	-0.004	-0.001	-0.008	-0.008	
( 1 4 )	-0.025	-0.021	-0.025	-0.025	-0.025	-0.019	-0.019	
( 1 5 )	0.008	0.005	0.005	0.009	0.006	0.006	0.006	
( 1 6 )	0.310	0.311	0.312	0.311	0.314	0.309	0.309	
( 1 7 )	1.383	1.383	1.380	1.385	1.385	1.367	1.367	
( 1 8 )	0.370	0.372	0.371	0.371	0.371	0.371	0.370	
( 1 9 )	0.636	0.646	0.641	0.640	0.643	0.645	0.640	
( 2 0 )	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	
( 2 1 )	4.800	4.800	4.800	4.799	4.800	4.801	4.800	30
。								
実施例	8	9	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4	
( 1 )	0.118	0.162	0.013	0.094	0.111	0.172	0.108	
( 2 )	-0.950	-0.936	-1.116	-0.977	-0.978	-1.000	-0.884	
( 3 )	0.134	0.166	0.100	0.117	0.134	0.174	0.130	
( 4 )	2.10226	1.92286	2.10226	2.0017	2.0017	1.94595	2.0017	
( 5 )	17.1	18.9	17.1	20.6	20.6	17.98	20.64	
( 6 )	1.178	1.175	0.647	1.057	1.052	1.000	1.303	
( 7 )	1.8830	1.8061	1.8830	1.8830	1.8830	1.8061	1.883	
( 8 )	40.8	40.9	40.8	40.8	40.8	40.92	40.76	40
( 9 )	1.8830	1.8061	1.8830	1.8160	1.8160	1.8061	1.816	
( 1 0 )	40.8	40.9	40.8	46.6	46.6	40.92	46.62	
( 1 1 )	-1.545	-1.491	-1.195	-1.775	-1.621	-1.193	-1.806	
( 1 2 )	2.548	2.215	2.307	1.953	1.936	2.195	2.038	
( 13A )	0.035	0.053	0.027	0.013	0.020	0.047	0.033	
( 13B )	0.001	-0.001	-0.001	-0.013	-0.020	-0.010	-0.008	
( 1 4 )	-0.022	-0.028	-0.022	-0.026	-0.019	-0.021	-0.022	
( 1 5 )	0.006	0.008	0.000	0.006	0.006	0.008	0.006	
( 1 6 )	0.309	0.312	0.312	0.306	0.307	0.305	0.296	
( 1 7 )	1.371	1.386	1.501	1.393	1.396	1.394	1.376	50

( 1 8 )	0.370	0.372	0.356	0.366	0.366	0.264	0.270
( 1 9 )	0.637	0.642	0.657	0.631	0.632	-	-
( 2 0 )	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759
( 2 1 )	4.799	4.799	4.798	4.800	4.800	4.800	4.800

実施例	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	2 0
( 1 )	0.185	0.012	0.115	0.084	0.067	0.192
( 2 )	-0.971	-0.951	-0.901	-1.413	-1.498	-1.281
( 3 )	0.179	0.100	0.138	0.089	0.068	0.186
( 4 )	1.92286	2.10226	1.94595	1.94595	1.94595	1.94595
( 5 )	18.90	17.10	17.98	17.98	17.98	17.98
( 6 )	1.081	1.165	1.336	0.277	0.151	0.345
( 7 )	1.83481	1.883	1.83481	1.883	1.883	1.8061
( 8 )	42.71	40.76	42.71	40.76	40.76	40.92
( 9 )	1.83481	1.883	1.83481	1.8830	1.8830	1.8061
( 1 0 )	42.71	40.76	42.71	40.76	40.76	40.92
( 1 1 )	-1.625	-1.210	-2.009	-1.045	-0.999	-0.773
( 1 2 )	2.400	2.458	2.657	1.874	1.831	2.140
( 13A )	0.061	0.050	0.031	0.025	0.051	0.034
( 13B )	-0.004	0.008	-0.008	-0.010	-0.051	-0.034
( 1 4 )	-0.022	-0.018	-0.020	-0.022	-0.017	-0.025
( 1 5 )	0.006	0.000	0.005	-	-	0.010
( 1 6 )	0.306	0.297	0.302	0.313	0.303	0.314
( 1 7 )	1.376	1.467	1.370	1.476	1.414	1.382
( 1 8 )	0.265	0.277	0.269	0.349	0.351	0.370
( 1 9 )	-	-	-	0.687	0.671	0.644
( 2 0 )	0.758	0.759	0.759	0.759	0.760	0.759
( 2 1 )	4.797	4.800	4.800	4.802	4.804	4.798

### 【 0 2 2 9 】

各実施例にて、以下の構成としてもよい。

### 【 0 2 3 0 】

ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り S 以外にフレア絞りを配置してもかまわない。第 1 レンズ群 G 1 の物体側、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 間、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 間、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 間、第 4 レンズ群 G 4 から像面 I の間、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 間、第 5 レンズ群 G 5 から像面 I の間の何れの場所に配置してもよい。また、枠部材によりフレア光線をカットするように構成してもよいし、別の部材を構成してもよい。また、レンズの表面に直接印刷しても、塗装しても、シール等を接着してもかまわない。また、その形状は円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、如何なる形状でもかまわない。また、有害光束をカットするだけでなく、画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしてもよい。

### 【 0 2 3 1 】

また、各レンズには反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減してもかまわない。マルチコートであれば効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。また、赤外カットコートをレンズ面、カバーガラス等に施してもよい。

### 【 0 2 3 2 】

また、ピント調節を行うためのフォーカシングは、第 4 レンズ群 G 4 若しくは第 5 レンズ群 G 5 で行うことが望ましい。第 4 レンズ群 G 4 又は第 5 レンズ群 G 5 でフォーカシングを行うと、レンズ重量が軽量なためモーター等の駆動系にかかる負荷が少ない。さらに

10

20

30

40

50

、フォーカシング時に全長が変化しないし、鏡枠内部に駆動モーターを配置できるため、鏡枠のコンパクト化に有利である。上述のように、第4レンズ群G4フォーカシング、第5レンズ群G5フォーカシングが望ましいが、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3でフォーカシングを行ってもよい。また、複数のレンズ群を移動してフォーカシングを行ってもよい。また、レンズ系全体を繰り出してフォーカシングを行ってもよいし、群内の一部のレンズを繰り出すか、若しくは、繰り込みしてフォーカスしてもよい。

【0233】

また、画像周辺部の明るさの陰り(シェーディング)をCCDのマイクロレンズをシフトすることにより軽減してもよい。例えば、各像高における光線の入射角に合わせてCCDのマイクロレンズの設計を変えてもよい。また画像処理により画像周辺部の低下量を補正してもよい。

10

【0234】

また、意図的に光学系で歪曲収差を出しておき、撮影後に電氣的に画像処理を行って歪みを補正してもかまわない。その場合の像の歪曲をデジタル補正するための基本的概念について説明する。

【0235】

例えば、図42に示すように、光軸と撮像面との交点を中心として有効撮像面の長辺に内接する半径Rの円周上(像高)での倍率を固定し、この円周を補正の基準とする。そして、それ以外の任意の半径r( )の円周上(像高)の各点を略放射方向に移動させて、半径r'( )となるように同心円状に移動させることで補正する。例えば、図42において、半径Rの円の内側に位置する任意の半径r<sub>1</sub>( )の円周上の点P<sub>1</sub>は、円の中心に向けて補正すべき半径r'<sub>1</sub>( )円周上の点P<sub>2</sub>に移動させる。また、半径Rの円の外側に位置する任意の半径r<sub>2</sub>( )円周上の点Q<sub>1</sub>は、円の中心から離れる方向に向けて補正すべき半径r'<sub>2</sub>( )円周上の点Q<sub>2</sub>に移動させる。ここで、r'( )は次のように表わすことができる。

20

【0236】

$$r'( ) = f \tan( ) \quad (0 \leq \leq 1)$$

ただし、 は被写体半画角、fは結像光学系(本発明では、ズームレンズ)の焦点距離である。

30

【0237】

ここで、前記半径rの円上(像高)に対応する理想像高をYとすると、

$$= R / Y = R / f \tan$$

となる。

【0238】

光学系は、理想的には、光軸に対して回転対称であり、すなわち歪曲収差も光軸に対して回転対称に発生する。したがって、上述のように、光学的に発生した歪曲収差を電氣的に補正する場合には、再現画像上で光軸と撮像面との交点を中心とした有効撮像面の長辺に内接する半径Rの円の円周上(像高)の倍率を固定して、それ以外の半径r( )の円周上(像高)の各点を略放射方向に移動させて、半径r'( )となるように同心円状に移動させることで補正することができれば、データ量や演算量の点で有利と考えられる。

40

【0239】

ところが、光学像は、電子撮像素子で撮像された時点で(サンプリングのため)連続量ではなくなる。したがって、厳密には光学像上に描かれる上記半径Rの円も、電子撮像素子上の画素が放射状に配列されていない限り正確な円ではなくなる。つまり、離散的座標点毎に表わされる画像データの形状補正においては、上記倍率を固定できる円は存在しない。そこで、各画素(X<sub>i</sub>, Y<sub>j</sub>)毎に、移動先の座標(X'<sub>i</sub>, Y'<sub>j</sub>)を決める方法を用いるのがよい。なお、座標(X'<sub>i</sub>, Y'<sub>j</sub>)に(X<sub>i</sub>, Y<sub>j</sub>)の2点以上が移動してきた場合には、各画素が有する値の平均値をとる。また、移動してくる点がない場合には、周囲のいくつかの画素の座標(X'<sub>i</sub>, Y'<sub>j</sub>)の値を用いて補間すればよい。

50

## 【0240】

このような方法は、特にズームレンズが有する電子撮像装置において光学系や電子撮像素子の製造誤差等のために光軸に対して歪みが著しく、前記光学像上に描かれる上記半径Rの円が非対称になった場合の補正に有効である。また、撮像素子あるいは各種出力装置において信号を画像に再現する際に幾何学的歪み等が発生する場合等の補正に有効である。

## 【0241】

本発明の電子撮像装置では、補正量  $r'(\theta) - r(\theta)$  を計算するために、 $r(\theta)$  すなわち半画角と像高との関係、あるいは、実像高  $r$  と理想像高  $r'/\sin\theta$  との関係が、電子撮像装置に内蔵された記録媒体に記録されている構成としてもよい。

10

## 【0242】

なお、歪曲補正後の画像が短辺方向の両端において光量が極端に不足することのないようにするには、前記半径Rが、次の条件式を満足するのがよい。

## 【0243】

$$0 < R < 0.6 L_s$$

ただし、 $L_s$  は有効撮像面の短辺の長さである。

## 【0244】

好ましくは、前記半径Rは、次の条件式を満足するのがよい。

## 【0245】

$$0 < R < 0.6 L_s$$

20

さらには、前記半径Rは、略有効撮像面の短辺方向の内接円の半径に一致させるのが最も有利である。なお、半径  $R = 0$  の近傍、すなわち、軸上近傍において倍率を固定した補正の場合は、実質画素数の面で若干の不利があるが、広角化しても小型化するための効果は確保できる。

## 【0246】

なお、補正が必要な焦点距離区間については、いくつかの焦点ゾーンに分割する。そして、該分割された焦点ゾーン内の望遠端近傍で略

$$r'(\theta) = f \tan \theta$$

を満足する補正結果が得られる場合と同じ補正量で補正してもよい。ただし、その場合、分割された焦点ゾーン内の広角端において樽型歪曲量がある程度残存してしまう。また、分割ゾーン数を増加させてしまうと、補正のために必要な固有データを記録媒体に余計に保有する必要が生じあまり好ましくない。そこで、分割された焦点ゾーン内の各焦点距離に関連した1つ又は数個の係数を予め算出しておく。この係数は、シミュレーションや実機による測定に基づいて決定しておけばよい。そして、前記分割されたゾーン内の望遠端近傍で略

30

$$r'(\theta) = f \tan \theta$$

を満足する補正結果が得られる場合の補正量を算出し、この補正量に対して焦点距離毎に前記係数を一律に掛けて最終的な補正量にしてもよい。

## 【0247】

ところで、無限遠物体を結像させて得られた像に歪曲がない場合は、

$$f = y / \tan \theta$$

が成立する。ただし、 $y$  は像点の光軸からの高さ（像高）、 $f$  は結像系（本発明ではズームレンズ）の焦点距離、 $\theta$  は撮像面上の中心から  $y$  の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度（被写体半画角）である。

40

## 【0248】

結像系に樽型の歪曲収差がある場合は、

$$f > y / \tan \theta$$

となる。つまり、結像系の焦点距離  $f$  と、像高  $y$  とを一定とすると、 $\theta$  の値は大きくなる。

## 【0249】

50

図43～図45は、以上のようなズームレンズを撮影光学系41に組み込んだ本発明によるデジタルカメラの構成の概念図を示す。図43はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図44は同後方正面図、図45はデジタルカメラ40の構成を示す模式的な断面図である。ただし、図43と図45においては、撮影光学系41の非沈胴時を示している。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42上に位置する撮影光学系41、ファインダー用光路44上に位置するファインダー光学系43、シャッターボタン45、フラッシュ46、液晶表示モニター47、焦点距離変更ボタン61、設定変更スイッチ62等を含み、撮影光学系41の沈胴時には、カバー60をスライドすることにより、撮影光学系41とファインダー光学系43とフラッシュ46はそのカバー60で覆われる。そして、カバー60を開いてカメラ40を撮影状態に設定すると、撮影光学系41は図45の非沈胴状態になり、カメラ40の上部に配置されたシャッターボタン45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1のズームレンズを通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、波長域制限コートを施したローパスフィルターFとカバーガラスCを介してCCD49の撮像面(光電変換面)上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる、なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

10

20

**【0250】**

さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。ファインダー用対物光学系53は、複数のレンズ群(図の場合は3群)と正立プリズム55a、55b、55cからなる正立プリズム系55とから構成され、撮影光学系41のズームレンズに連動して焦点距離が変化するズーム光学系からなり、このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材である正立プリズム系55の視野枠57上に形成される。この正立プリズム系55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、接眼光学系59の射出側にカバー部材50が配置されている。

**【0251】**

図46は、上記デジタルカメラ40の主要部の内部回路の構成ブロック図である。なお、以下の説明では、上記の処理手段51は例えばCDS/ADC部24、一次記憶メモリ17、画像処理部18等からなり、記憶手段52は例えば記憶媒体部19等からなる。

30

**【0252】**

図46に示すように、デジタルカメラ40は、操作部12と、この操作部12に接続された制御部13と、この制御部13の制御信号出力ポートにバス14及び15を介して接続された撮像駆動回路16並びに一次記憶メモリ17、画像処理部18、記憶媒体部19、表示部20、及び設定情報記憶メモリ部21を備えている。

**【0253】**

上記の一次記憶メモリ17、画像処理部18、記憶媒体部19、表示部20、及び設定情報記憶メモリ部21はバス22を介して相互にデータの入力又は出力が可能ないように構成され、また、撮像駆動回路16には、CCD49とCDS/ADC部24が接続されている。

40

**【0254】**

操作部12は各種の入力ボタンやスイッチを備え、これらの入力ボタンやスイッチを介して外部(カメラ使用者)から入力されるイベント情報を制御部に通知する回路である。制御部13は、例えばCPU等からなる中央演算処理装置であり、不図示のプログラムメモリを内蔵し、そのプログラムメモリに格納されているプログラムにしたがって、操作部12を介してカメラ使用者から入力される指示命令を受けてデジタルカメラ40全体を制御する回路である。

50

## 【0255】

CCD49は、本発明による撮影光学系41を介して形成された物体像を受光する。CCD49は、撮影駆動回路16により駆動制御され、その物体像の各画素ごとの光量を電気信号に変換してCDS/ADC部24に出力する撮像素子である。

## 【0256】

CDS/ADC部24は、CCD49から入力する電気信号を増幅しかつアナログ/デジタル変換を行って、この増幅とデジタル変換を行っただけの映像生データ(ペイヤーデータ、以下RAWデータという。)を一時メモリ17に出力する回路である。

## 【0257】

一次記憶メモリ17は、例えばSDRAM等からなるバッファであり、CDS/ADC部24から出力される上記RAWデータを一時的に記憶するメモリ装置である。画像処理部18は、一次記憶メモリ17に記憶されたRAWデータ又は記憶媒体部19に記憶されているRAWデータを読み出して、制御部13から指定された画質パラメータに基づいて歪曲収差補正を含む各種画像処理を電氣的に行う回路である。

10

## 【0258】

記憶媒体部19は、例えばフラッシュメモリ等からなるカード型又はスティック型の記録媒体を着脱自在に装着して、それらカード型又はスティック型のフラッシュメモリに、一次記憶メモリ17から転送されるRAWデータや画像処理部18で画像処理された画像データを記録して保持する装置の制御回路である。

## 【0259】

表示部20は、液晶表示モニター47を備え、その液晶表示モニター47に画像や操作メニュー等を表示する回路である。設定情報記憶メモリ部21には、予め各種の画質パラメータが格納されているROM部と、そのROM部から読み出された画質パラメータの中から操作部12の入力操作によって選択された画質パラメータを記憶するRAM部が備えられている。設定情報記憶メモリ部21は、それらのメモリへの入出力を制御する回路である。

20

## 【0260】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が、本発明により、十分な広角域を有し、コンパクトな構成としながら、高変倍で全変倍域で結像性能が極めて安定的であるので、高性能・小型化・広角化が実現できる。そして、広角側、望遠側での速い合焦動作が可能となる。

30

## 【0261】

本発明は、以上のような一般的な被写体を撮影する所謂コンパクトデジタルカメラだけではなく、広い画角が必要な監視カメラや、レンズ交換式のカメラに適用してもよい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0262】

【図1】本発明のズームレンズの実施例1の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)でのレンズ断面図である。

【図2】本発明のズームレンズの実施例2の図1と同様の図である。

【図3】本発明のズームレンズの実施例3の図1と同様の図である。

40

【図4】本発明のズームレンズの実施例4の図1と同様の図である。

【図5】本発明のズームレンズの実施例5の図1と同様の図である。

【図6】本発明のズームレンズの実施例6の図1と同様の図である。

【図7】本発明のズームレンズの実施例7の図1と同様の図である。

【図8】本発明のズームレンズの実施例8の図1と同様の図である。

【図9】本発明のズームレンズの実施例9の図1と同様の図である。

【図10】本発明のズームレンズの実施例10の図1と同様の図である。

【図11】本発明のズームレンズの実施例11の図1と同様の図である。

【図12】本発明のズームレンズの実施例12の図1と同様の図である。

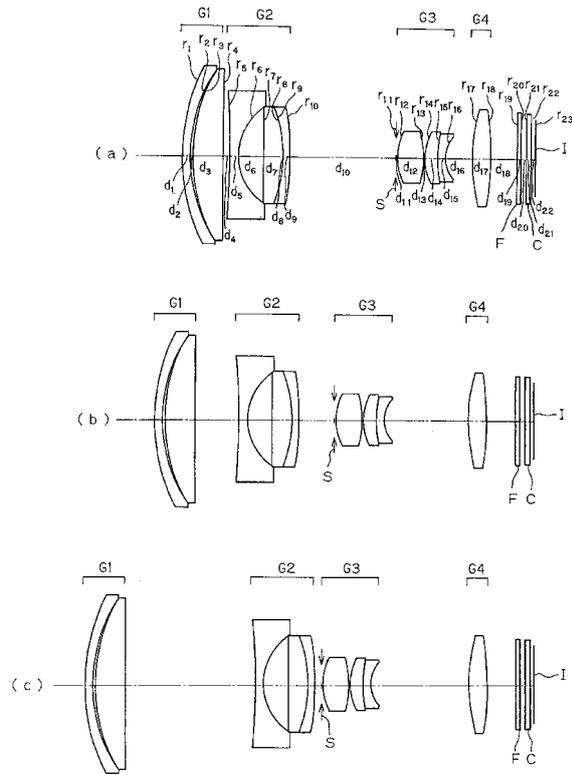
【図13】本発明のズームレンズの実施例13の図1と同様の図である。

50

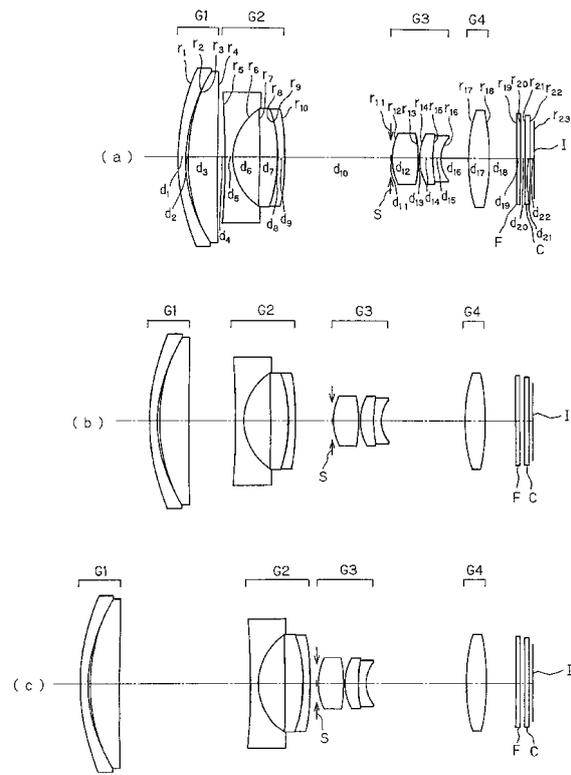
- 【図 1 4】本発明のズームレンズの実施例 1 4 の図 1 と同様の図である。
- 【図 1 5】本発明のズームレンズの実施例 1 5 の図 1 と同様の図である。
- 【図 1 6】本発明のズームレンズの実施例 1 6 の図 1 と同様の図である。
- 【図 1 7】本発明のズームレンズの実施例 1 7 の図 1 と同様の図である。
- 【図 1 8】本発明のズームレンズの実施例 1 8 の図 1 と同様の図である。
- 【図 1 9】本発明のズームレンズの実施例 1 9 の図 1 と同様の図である。
- 【図 2 0】本発明のズームレンズの実施例 2 0 の図 1 と同様の図である。
- 【図 2 1】実施例 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 2】実施例 2 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 3】実施例 3 の無限遠物点合焦時の収差図である。 10
- 【図 2 4】実施例 4 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 5】実施例 5 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 6】実施例 6 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 7】実施例 7 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 8】実施例 8 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 2 9】実施例 9 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 0】実施例 1 0 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 1】実施例 1 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 2】実施例 1 2 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 3】実施例 1 3 の無限遠物点合焦時の収差図である。 20
- 【図 3 4】実施例 1 4 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 5】実施例 1 5 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 6】実施例 1 6 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 7】実施例 1 7 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 8】実施例 1 8 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 3 9】実施例 1 9 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 4 0】実施例 2 0 の無限遠物点合焦時の収差図である。
- 【図 4 1】非球面偏倚量の定義を説明するための図である。
- 【図 4 2】像の歪曲をデジタル補正するための基本的概念を説明するための図である。
- 【図 4 3】本発明によるデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。 30
- 【図 4 4】図 4 3 のデジタルカメラの後方斜視図である。
- 【図 4 5】図 4 3 のデジタルカメラの断面図である。
- 【図 4 6】図 4 3 のデジタルカメラの主要部の内部回路の構成ブロック図である。
- 【符号の説明】
- 【 0 2 6 3 】
- G 1 ... 第 1 レンズ群
- G 2 ... 第 2 レンズ群
- G 3 ... 第 3 レンズ群
- G 4 ... 第 4 レンズ群
- G 5 ... 第 5 レンズ群 40
- S ... 開口絞り
- F ... 光学的ローパスフィルター
- C ... カバーガラス
- I ... 像面
- E ... 観察者眼球
- 1 2 ... 操作部
- 1 3 ... 制御部
- 1 4、1 5 ... バス
- 1 6 ... 撮像駆動回路
- 1 7 ... 一次記憶メモリ 50

1 8 ... 画像処理部	
1 9 ... 記憶媒体部	
2 0 ... 表示部	
2 1 ... 設定情報記憶メモリ部	
2 2 ... バス	
2 4 ... C D S / A D C 部	
4 0 ... デジタルカメラ	
4 1 ... 撮影光学系	
4 2 ... 撮影用光路	
4 3 ... ファインダー光学系	10
4 4 ... ファインダー用光路	
4 5 ... シャッターボタン	
4 6 ... フラッシュ	
4 7 ... 液晶表示モニター	
4 9 ... C C D	
5 0 ... カバー部材	
5 1 ... 処理手段	
5 2 ... 記録手段	
5 3 ... ファインダー用対物光学系	
5 5 ... 正立プリズム系	20
5 5 a、5 5 b、5 5 c、... 正立プリズム	
5 7 ... 視野枠	
5 9 ... 接眼光学系	
6 0 ... カバー	
6 1 ... 焦点距離変更ボタン	
6 2 ... 設定変更スイッチ	

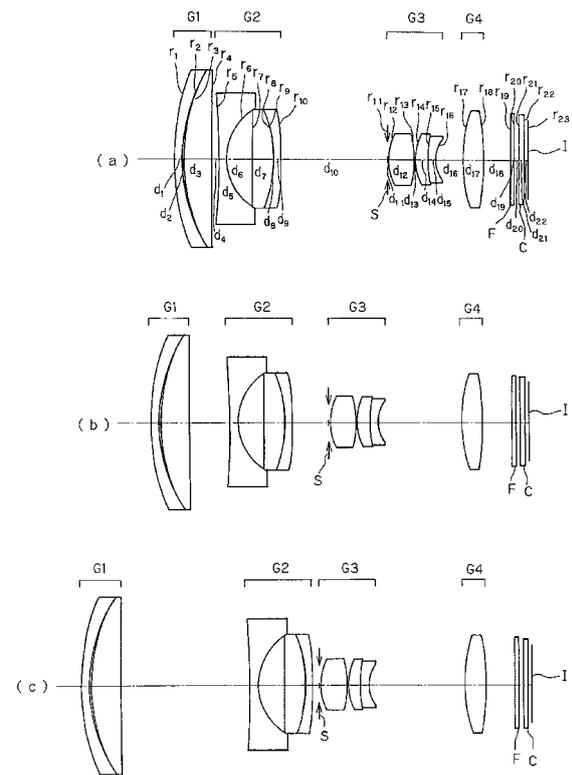
【 図 1 】



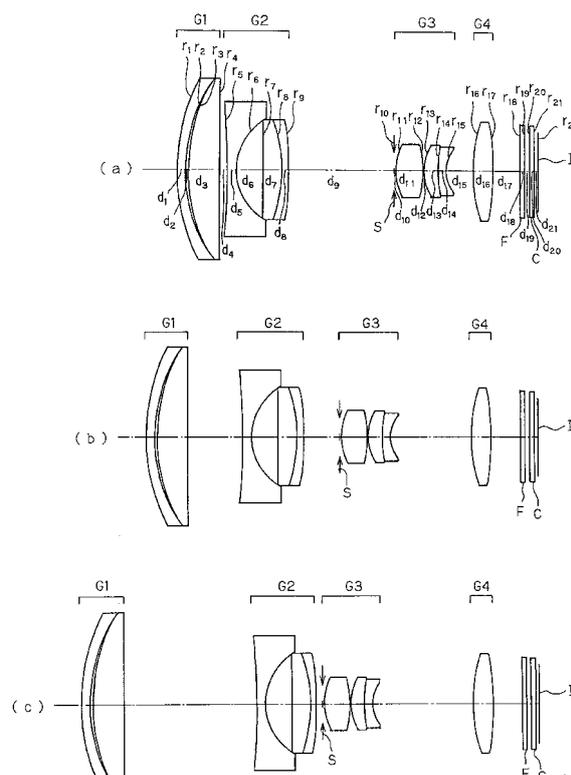
【 図 2 】



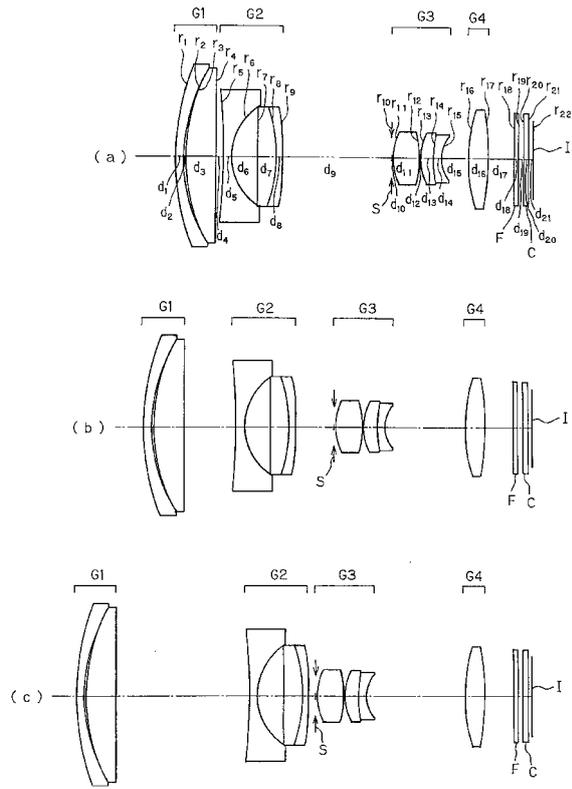
【 図 3 】



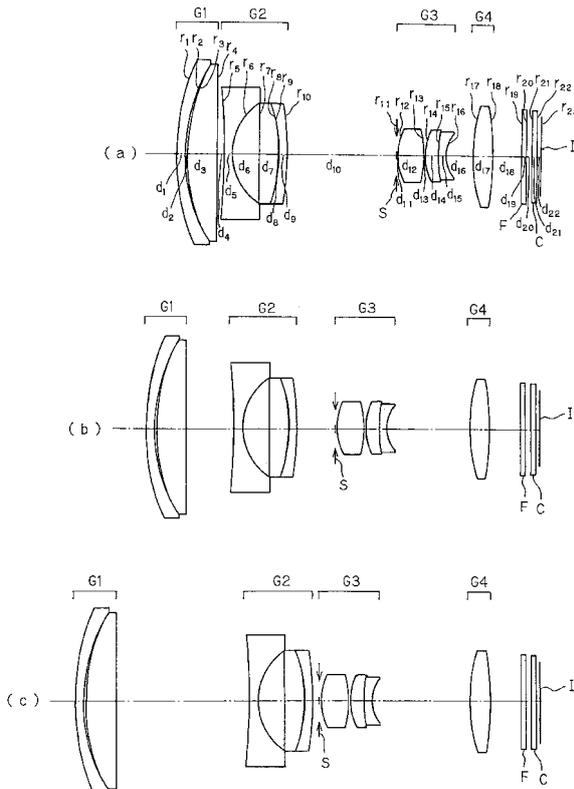
【 図 4 】



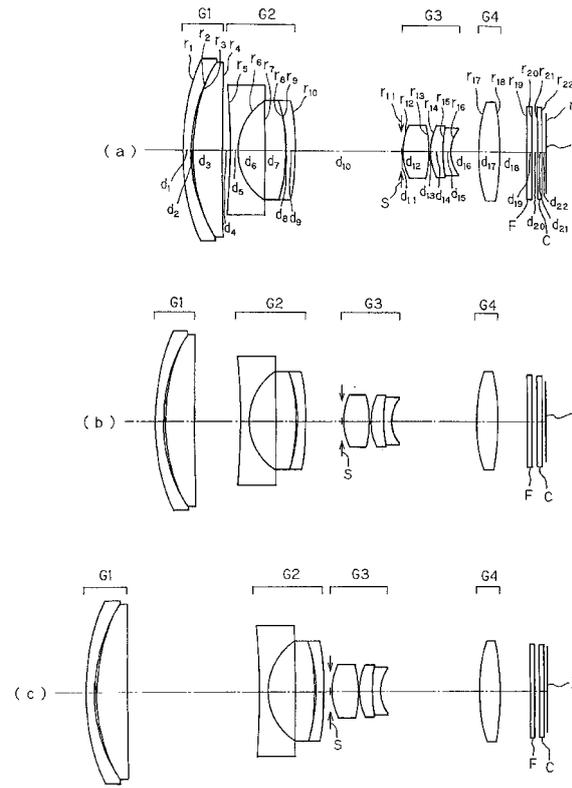
【 図 5 】



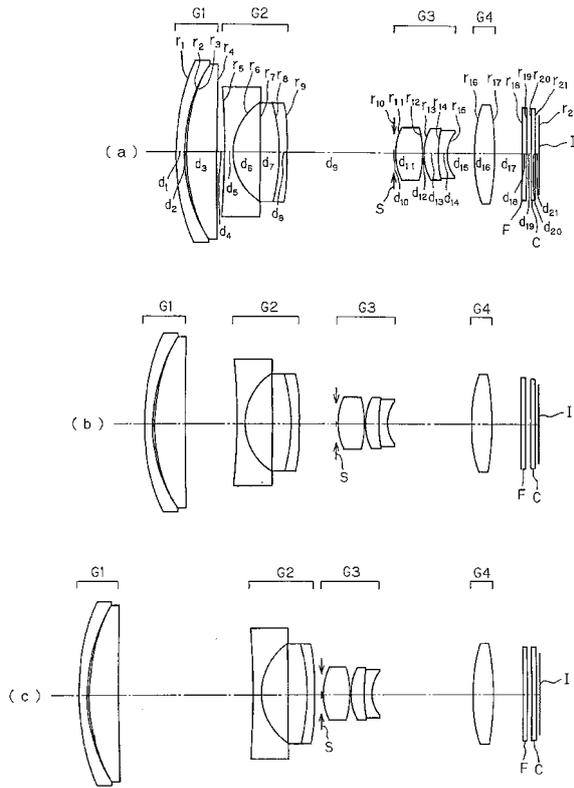
【 図 6 】



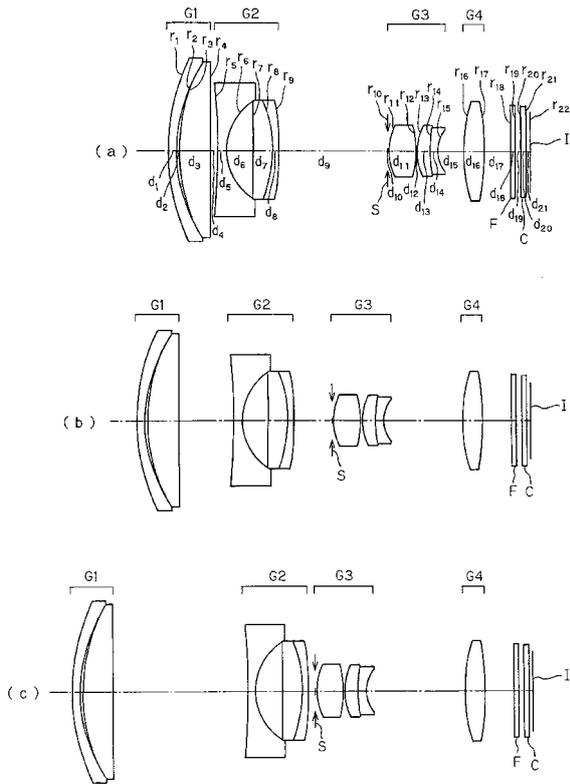
【 図 7 】



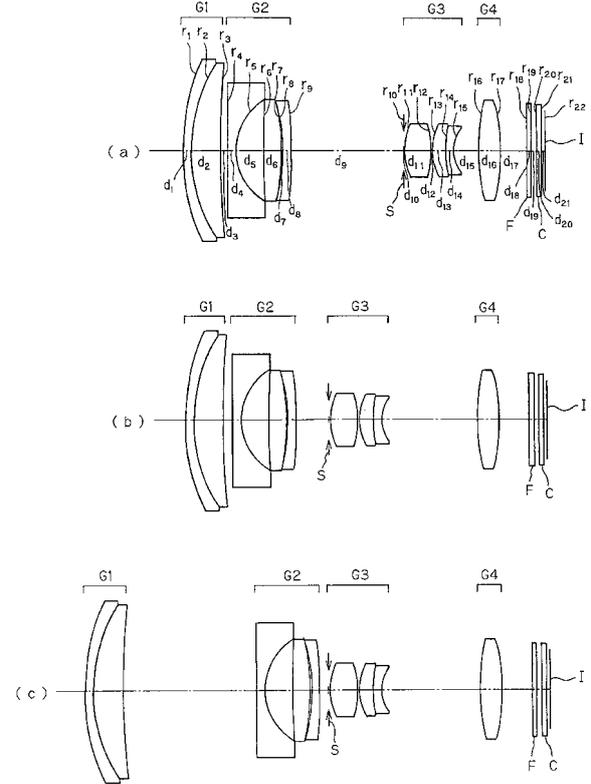
【 図 8 】



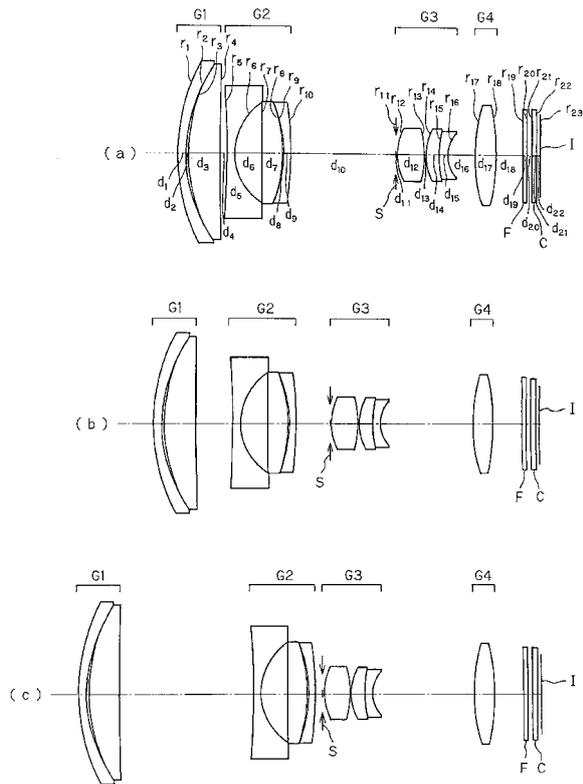
【 図 9 】



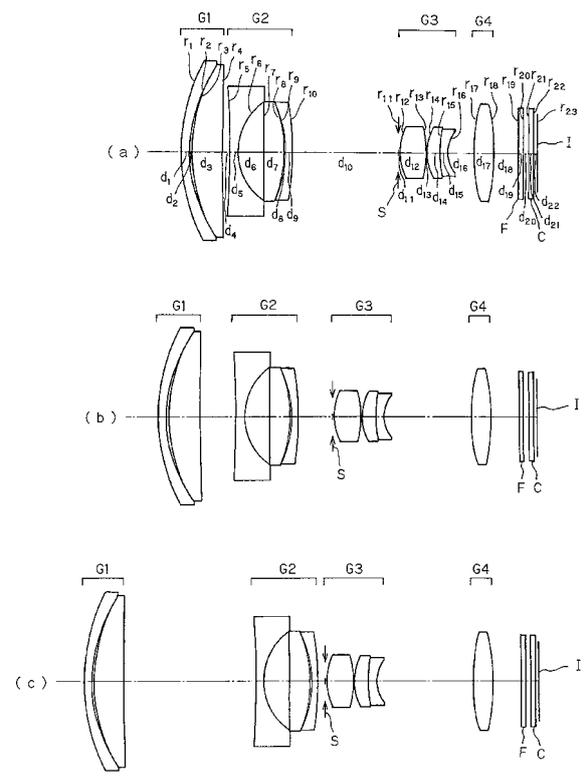
【 図 10 】



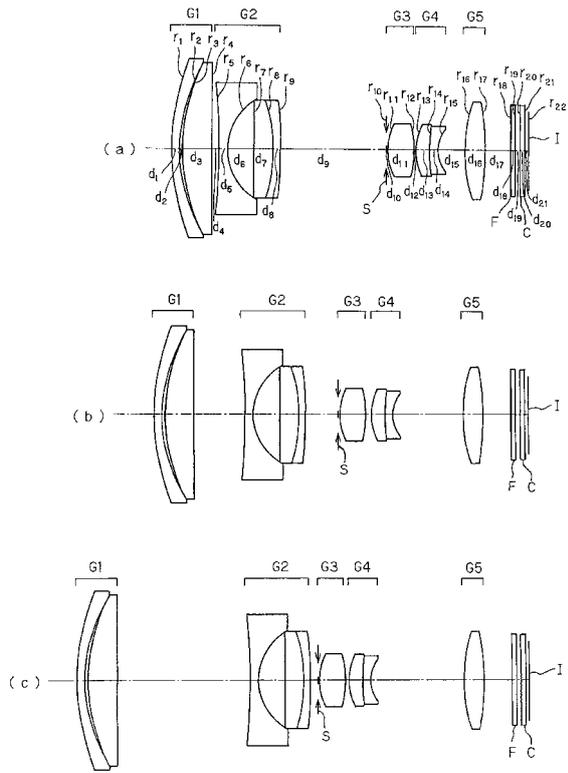
【 図 11 】



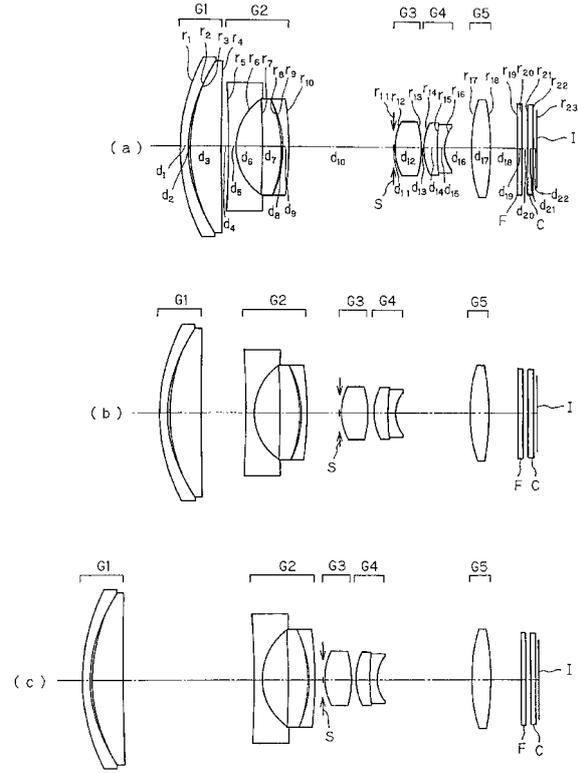
【 図 12 】



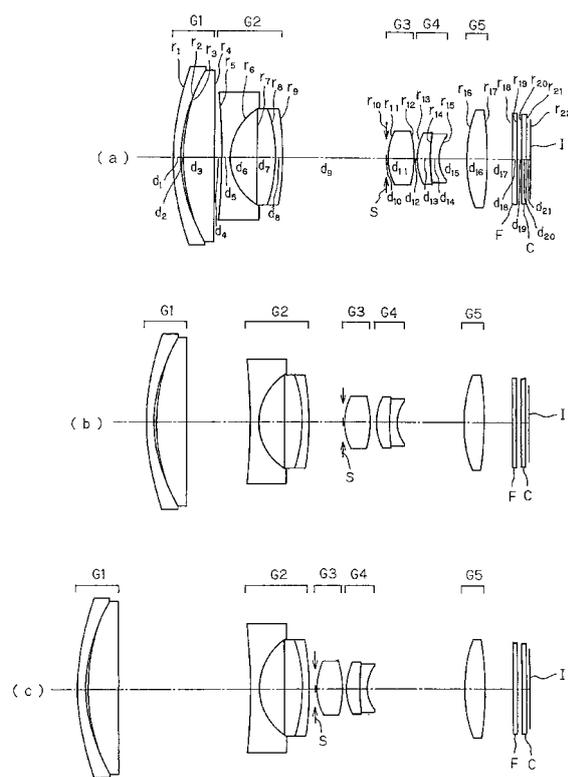
【 図 13 】



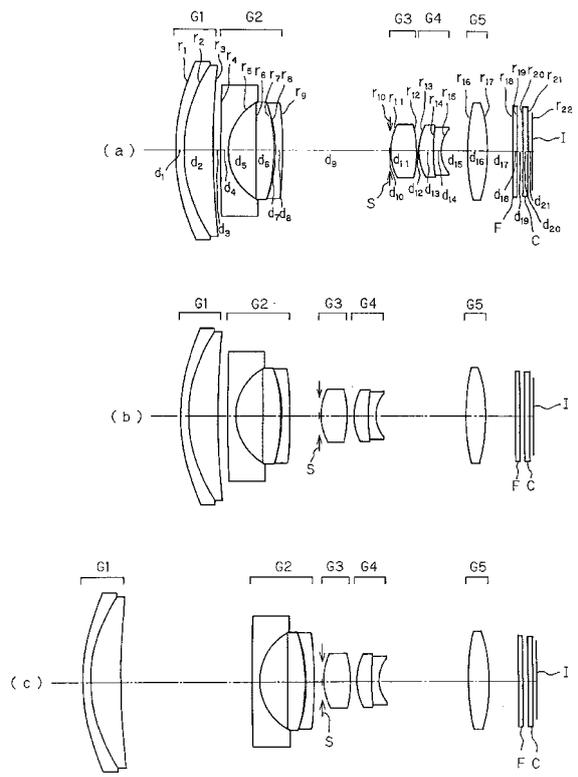
【 図 14 】



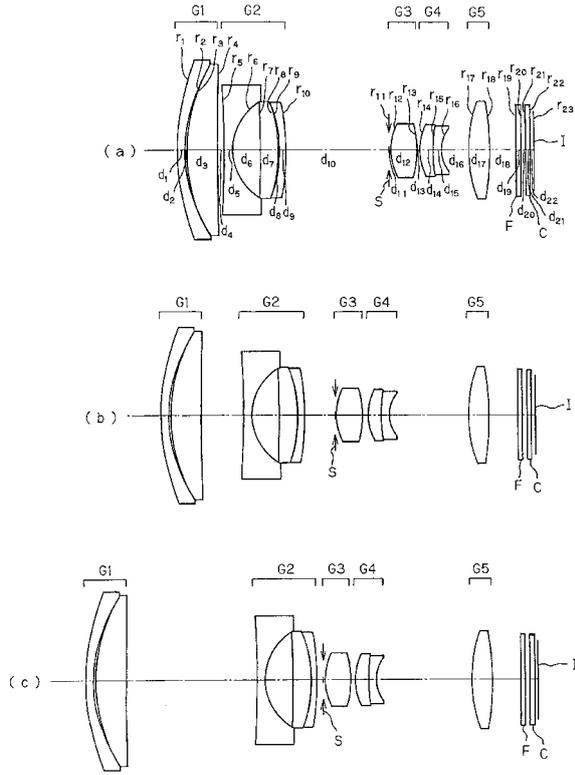
【 図 15 】



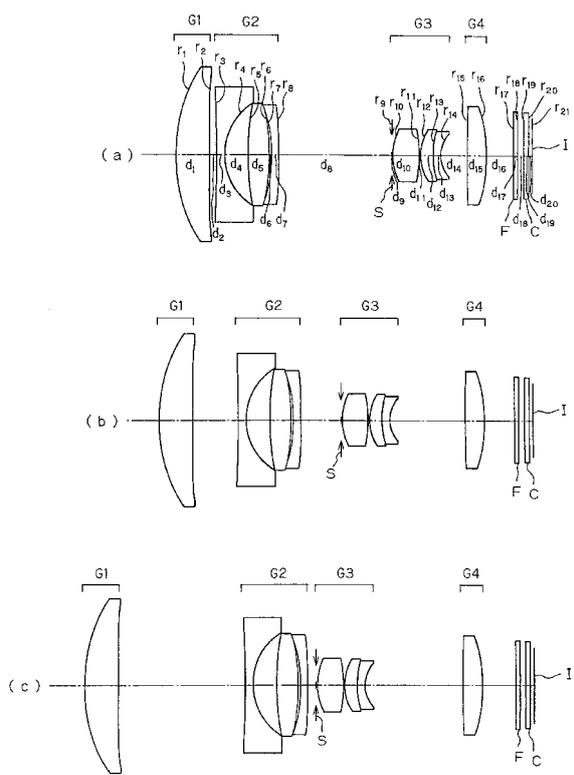
【 図 16 】



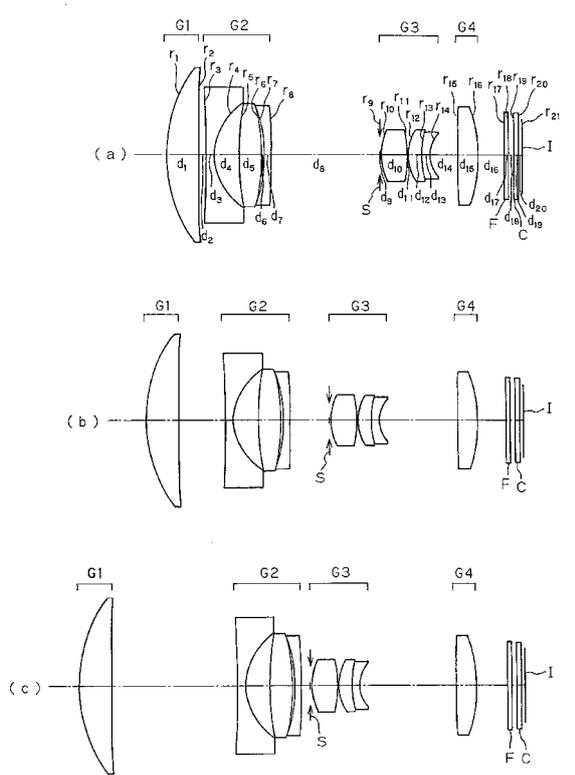
【 図 17 】



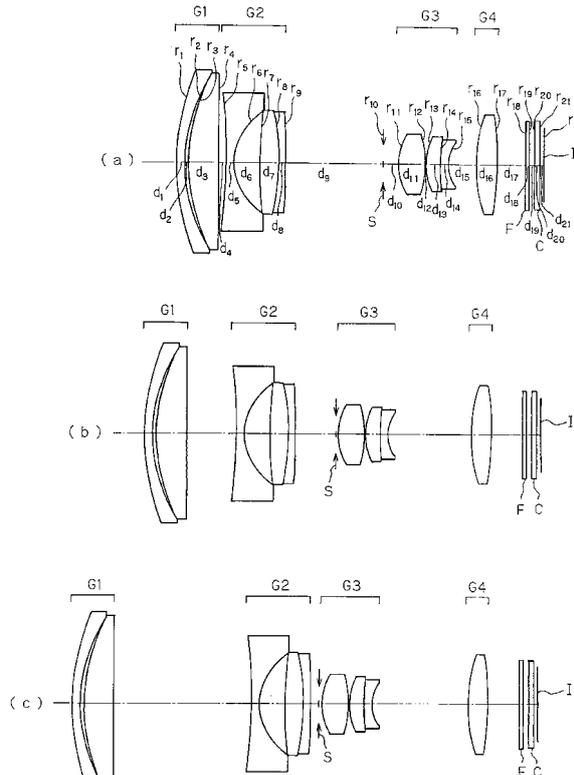
【 図 18 】



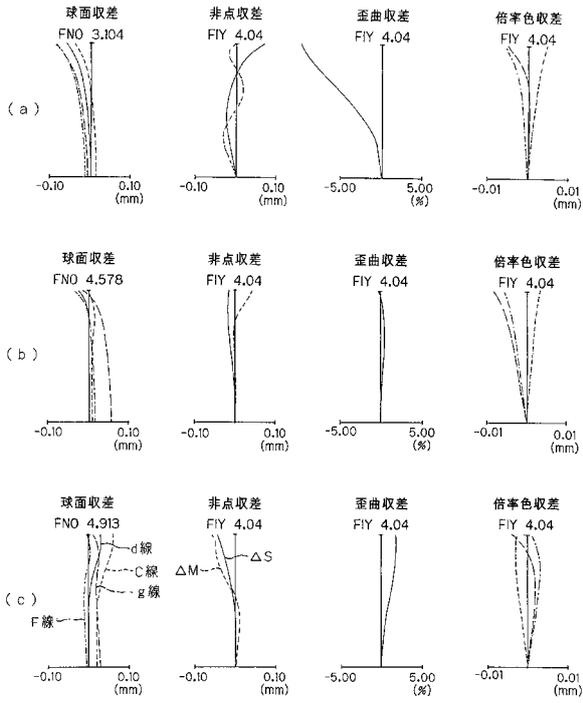
【 図 19 】



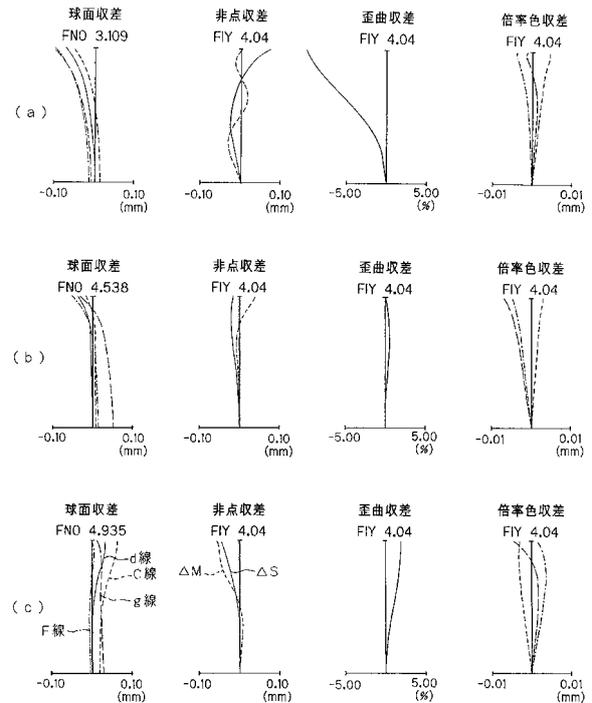
【 図 20 】



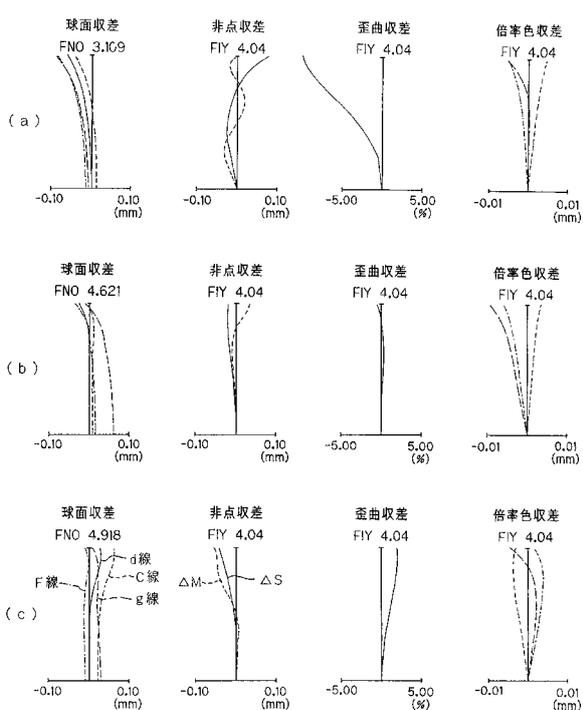
【図 2 1】



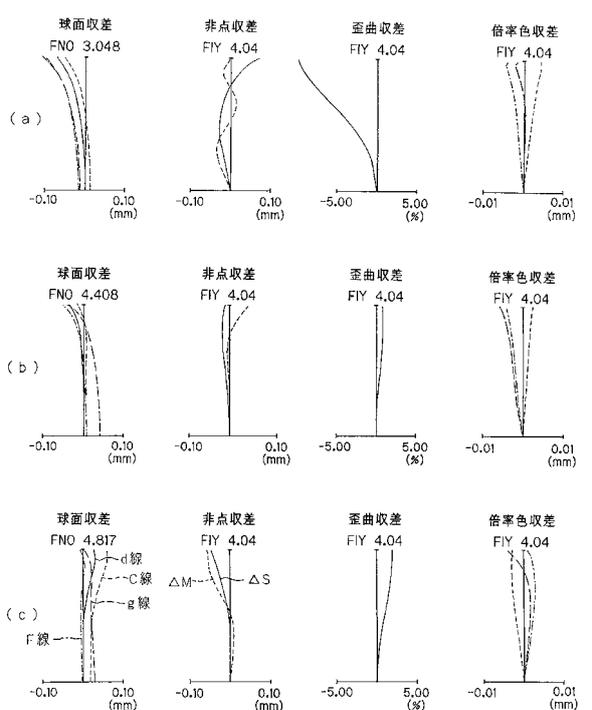
【図 2 2】



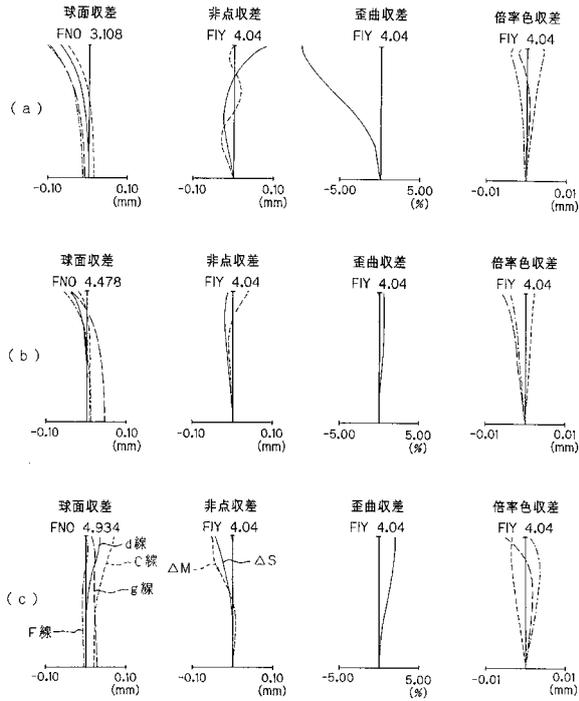
【図 2 3】



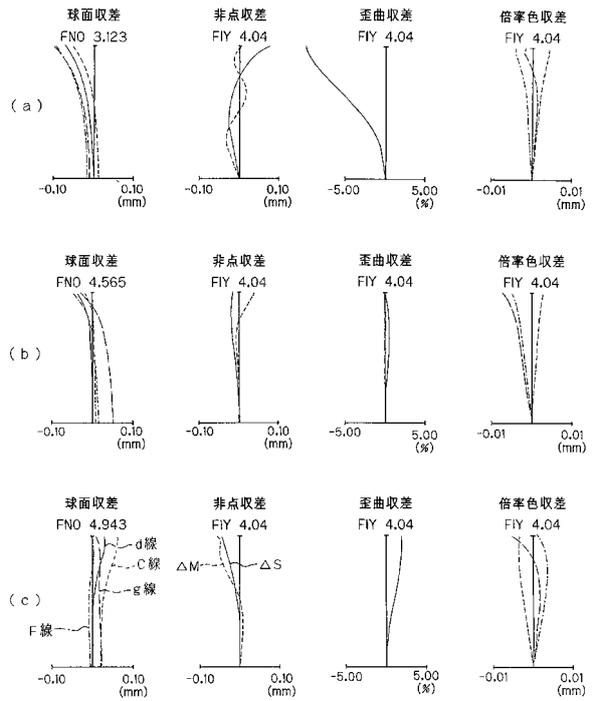
【図 2 4】



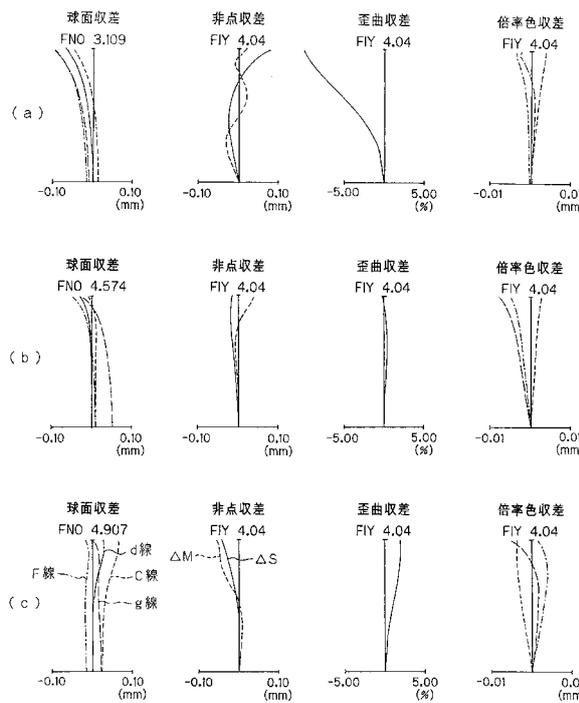
【図 25】



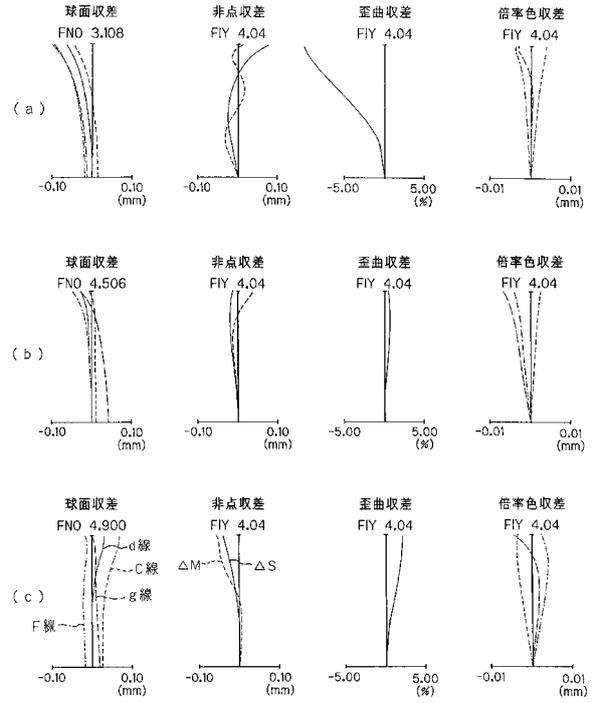
【図 26】



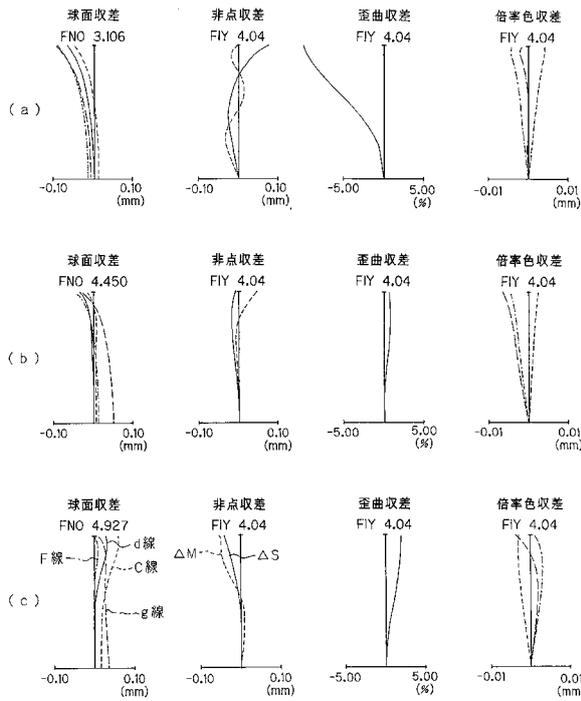
【図 27】



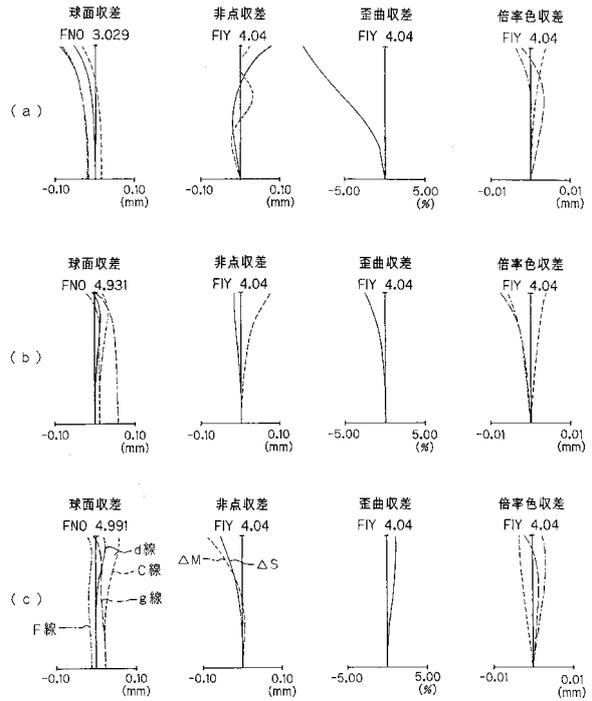
【図 28】



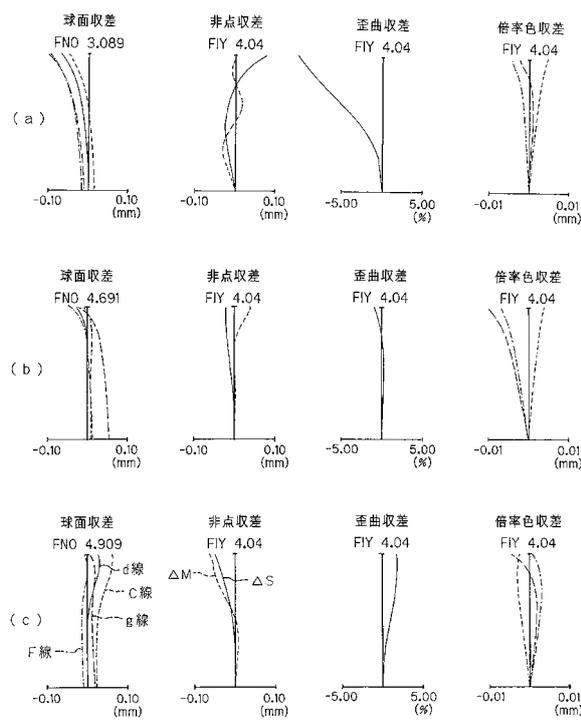
【図 29】



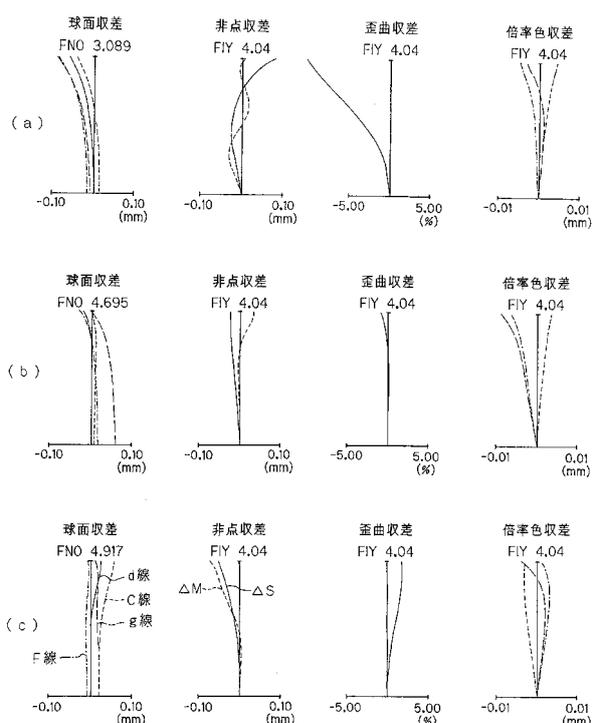
【図 30】



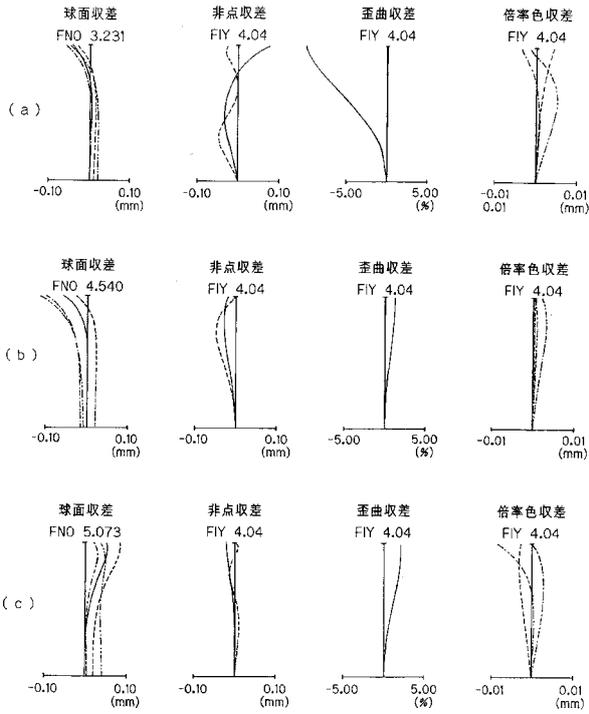
【図 31】



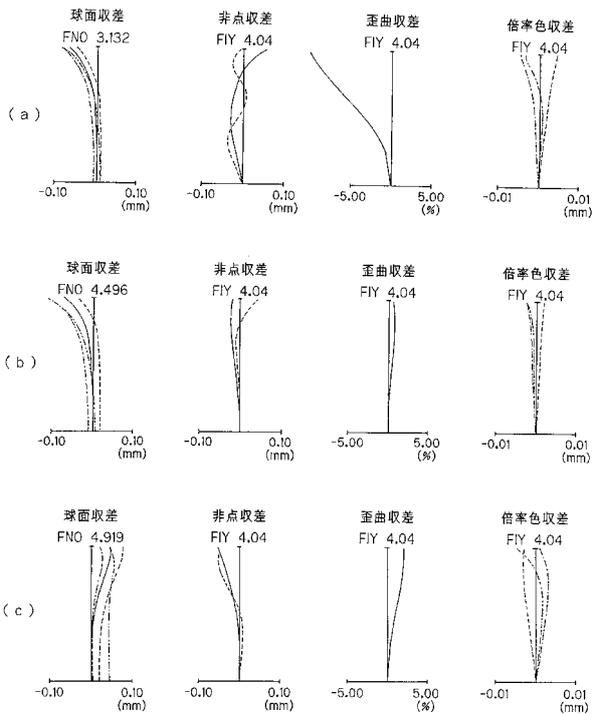
【図 32】



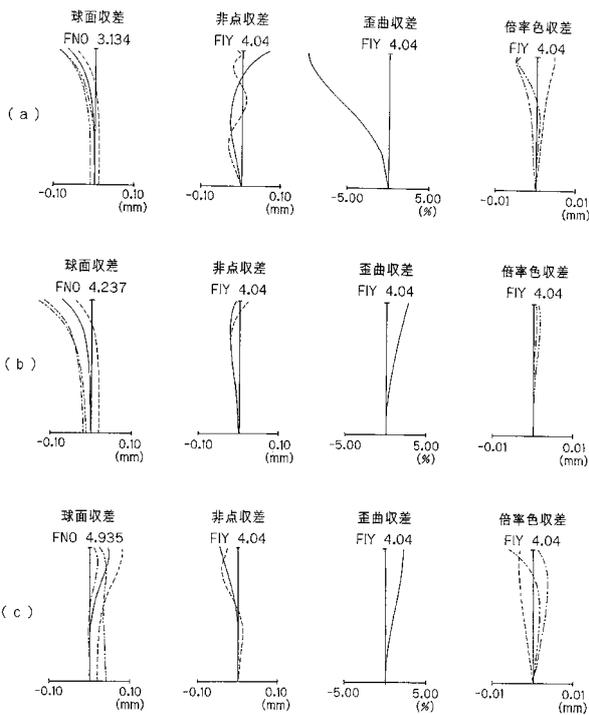
【图 3 3】



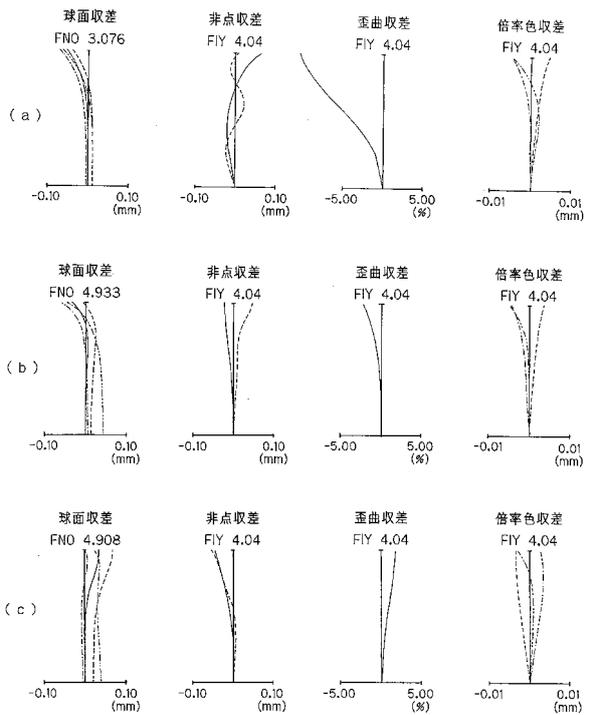
【图 3 4】



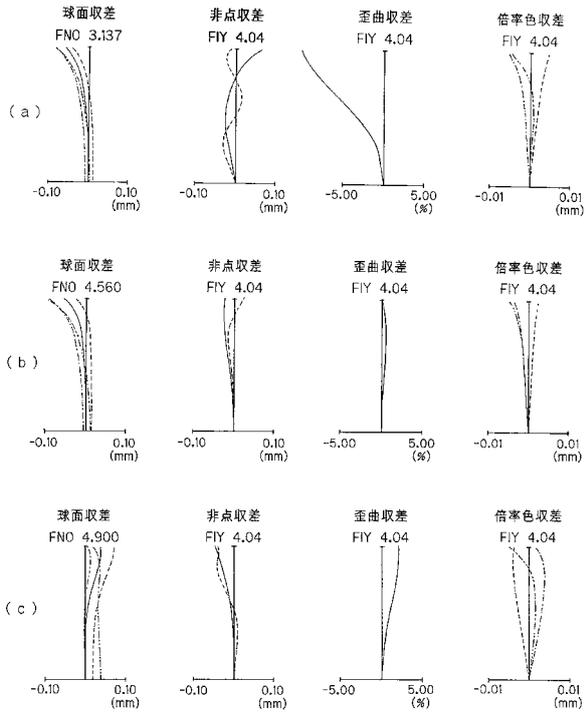
【图 3 5】



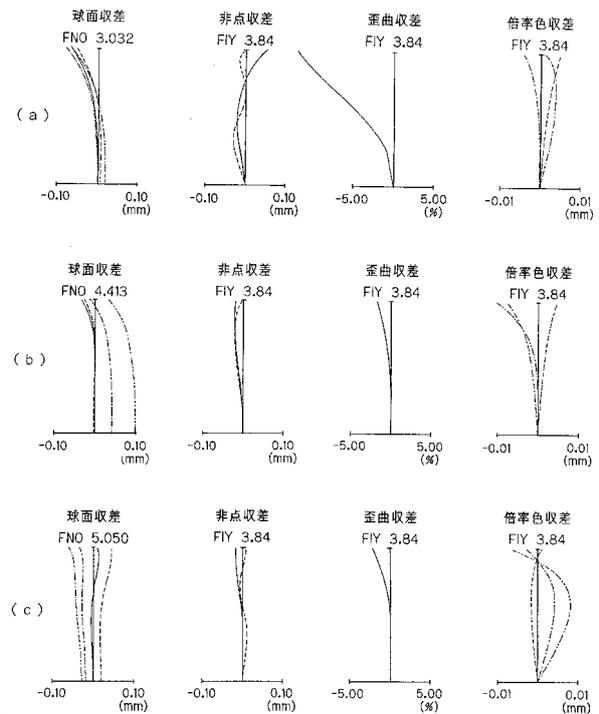
【图 3 6】



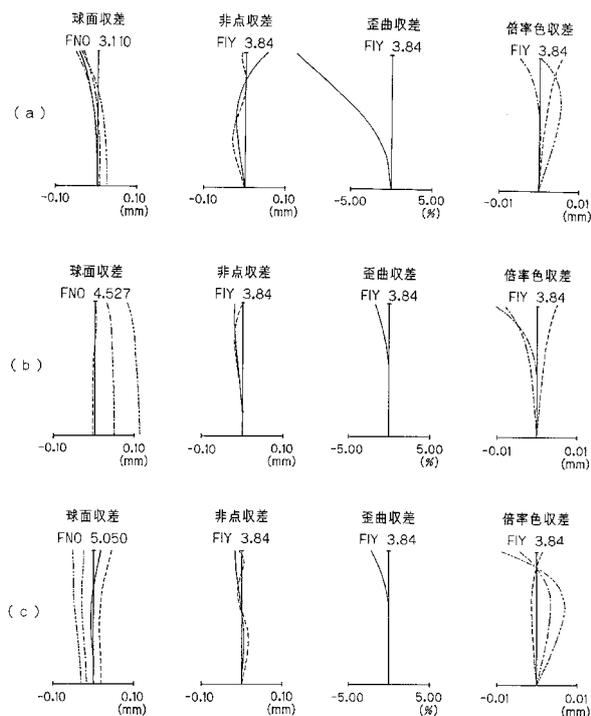
【图 37】



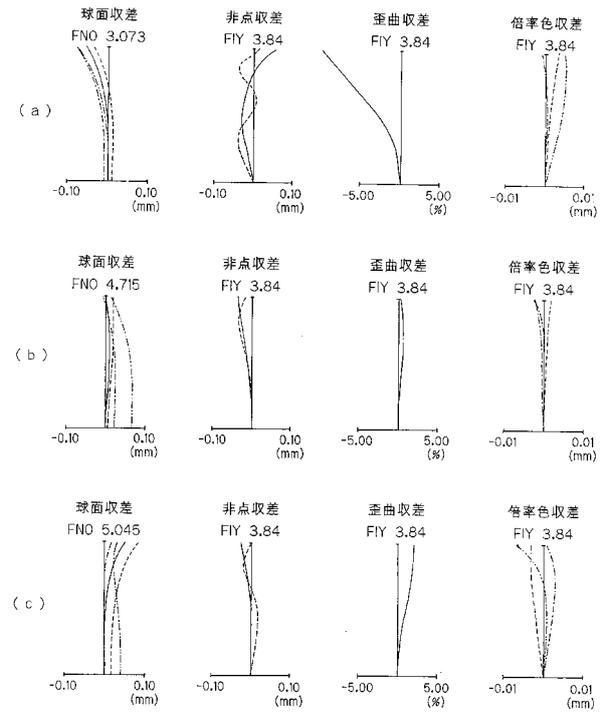
【图 38】



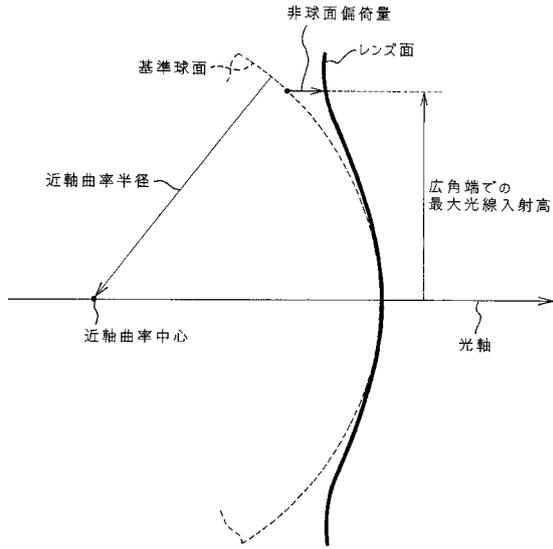
【图 39】



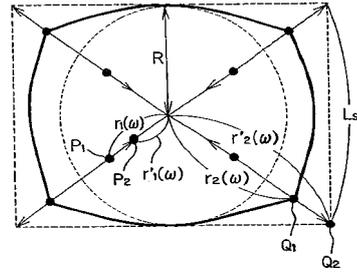
【图 40】



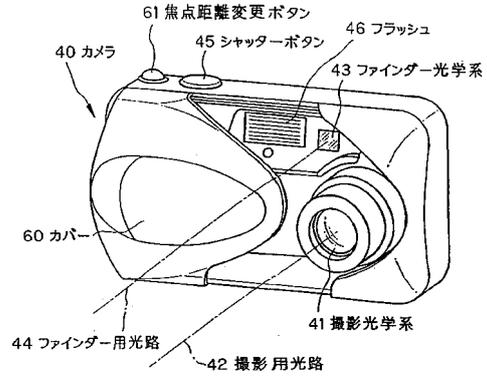
【図41】



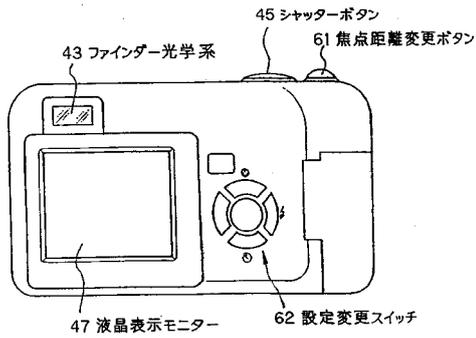
【図42】



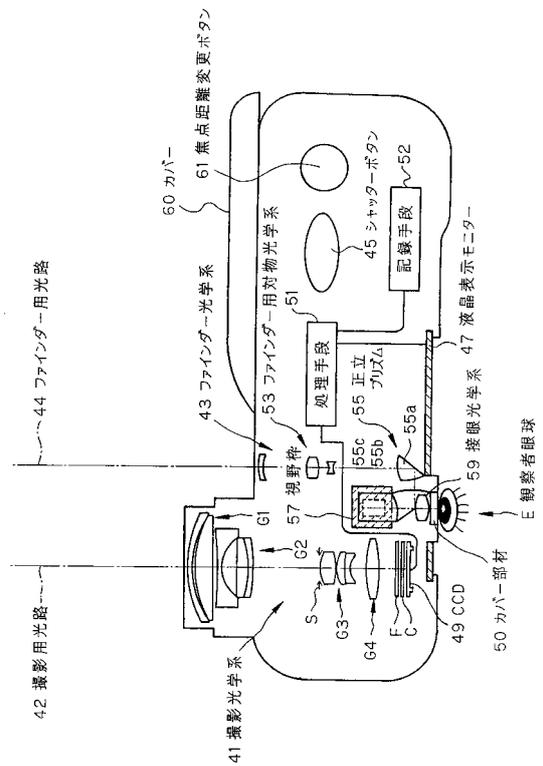
【図43】



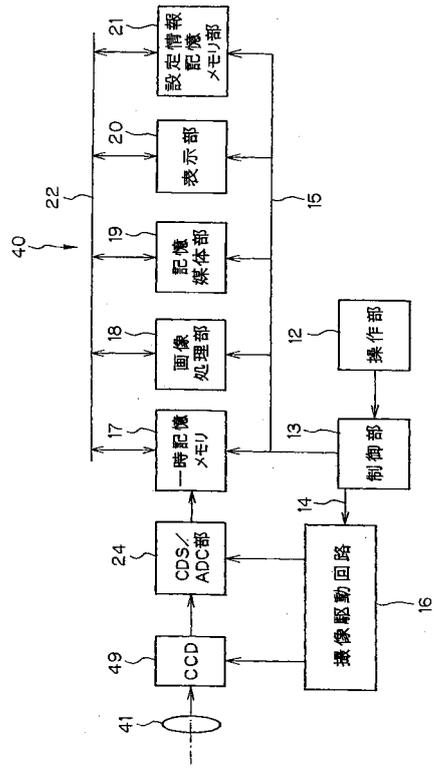
【図44】



【図45】



【図46】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100095980

弁理士 菅井 英雄

(74)代理人 100094787

弁理士 青木 健二

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 左部 校之

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリnbasイメージング株式会社内

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開平05-241072(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20

G02B 13/18