

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4906439号
(P4906439)

(45) 発行日 平成24年3月28日(2012.3.28)

(24) 登録日 平成24年1月20日(2012.1.20)

| | |
|--------------|------------------------------|
| (51) Int.Cl. | F 1 |
| G02B 15/20 | (2006.01) G02B 15/20 |
| G02B 13/18 | (2006.01) G02B 13/18 |
| H04N 5/225 | (2006.01) H04N 5/225 D |
| H04N 101/00 | (2006.01) H04N 101:00 |

請求項の数 26 (全 46 頁)

| | |
|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2006-229300 (P2006-229300) |
| (22) 出願日 | 平成18年8月25日 (2006.8.25) |
| (65) 公開番号 | 特開2008-52116 (P2008-52116A) |
| (43) 公開日 | 平成20年3月6日 (2008.3.6) |
| 審査請求日 | 平成21年6月12日 (2009.6.12) |

| | |
|-----------|---|
| (73) 特許権者 | 504371974 オリンパスイメージング株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 |
| (74) 代理人 | 100123962 弁理士 斎藤 圭介 |
| (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 リンパスイメージング株式会社内 |
| 審査官 | 原田 英信 |

(56) 参考文献 特開平06-018782 (JP, A)

特開2006-163075 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよ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レンズ群と、
負屈折力の第2レンズ群と、
正屈折力の第3レンズ群と、
正屈折力の第4レンズ群と、からなり、

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レンズ群は移動し、

前記変倍に際して前記第3レンズ群と共に光軸方向に移動する明るさ絞りを有し、

前記第1レンズ群は正レンズと負レンズの2枚のレンズからなり、

前記第2レンズ群は物体側から順に負レンズ、正レンズの2枚のレンズからなり、

前記第2レンズ群の前記負レンズは両凹レンズであり、

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。

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad \dots (1)$$

$$3.5 < d_{2n} < 5.0 \quad \dots (2)$$

$$0.35 < S F_{2n} < 0.70 \quad \dots (7)$$

ただし、

n_{d2n} は、第 2 レンズ群中の負レンズの d 線に対する屈折率、
 d_{2n} は、第 2 レンズ群中の負レンズのアッベ数、
 $S F_{2n} = (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr})$ で定義され、
 R_{2nf} は、第 2 レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、
 R_{2nr} は、第 2 レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径、
 である。

【請求項 2】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$0.6 < |f_{1n}| / f_t < 5.0 \quad (A)$$

$$0.08 < |f_{2n}| / f_t < 0.35 \quad (B)$$

$$5.0 < |f_{1n}| / |f_{2n}| < 25.0 \quad (C)$$

ただし、

f_{1n} は、第 1 レンズ群中の負レンズの焦点距離、
 f_{2n} は、第 2 レンズ群中の負レンズの焦点距離、
 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】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

$$1.4 < |f_{1n}| / f_{1p} < 4.5 \quad (D)$$

ただし、

f_{1p} は、第 1 レンズ群中の正レンズの焦点距離、
 f_{1n} は、第 1 レンズ群中の負レンズの焦点距離、
 である。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群の前記正レンズは、以下の条件式を満足する物体側に凸のメニスカスレンズであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$-5.0 < S F_{2p} < -1.0 \quad \dots (3)$$

ただし、

$S F_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$ で定義され、
 R_{2pf} は、前記第 2 レンズ群中の前記正レンズの物体側面の近軸曲率半径、
 R_{2pr} は、前記第 2 レンズ群中の前記正レンズの像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 ~ 4 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0.12 < |f_2 / f_t| < 0.60 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_2 は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端での前記ズームレンズ全系の焦点距離、
 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 ~ 5 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad \dots (5)$$

$$1.30 < d_{2p} < 30.0 \quad \dots (6)$$

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ベ数、
 である。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

前記第2レンズ群の前記負レンズの少なくとも1つ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1～6のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$0.030 < (| a s p_{2nf} | + | a s p_{2nr} |) / f_w < 0.320 \dots (8)$
ただし、

$a s p_{2nf}$ は、前記第2レンズ群中の前記負レンズの物体側のレンズ面における非球面偏倚量、

$a s p_{2nr}$ は、前記第2レンズ群中の前記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、広角端での前記ズームレンズ全系の焦点距離、
である。

【請求項8】

前記第2レンズ群中の前記負レンズにおける非球面は、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7に記載のズームレンズ。

【請求項9】

前記第2レンズ群中の前記両凹レンズの物体側面、像側面が共に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6に記載のズームレンズ。

【請求項10】

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1～9のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項11】

前記第1レンズ群中の前記負レンズと前記正レンズは接合されていることを特徴とする請求項10に記載のズームレンズ。

【請求項12】

前記第1レンズ群中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10に記載のズームレンズ。

【請求項13】

前記第1レンズ群の前記負レンズと前記正レンズとの軸上間隔が、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項12に記載のズームレンズ。

$$0.0 L_{1np} / L_1 < 0.2 \dots (9)$$

ただし、

L_{1np} は、第1レンズ群の前記負レンズと前記正レンズとの軸上間隔、

L_1 は前記第1レンズ群の軸上の総厚み、
である。

【請求項14】

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1～13のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項15】

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正レンズ、負レンズの2枚のレンズからなることを特徴とする請求項14に記載のズームレンズ。

【請求項16】

前記第3レンズ群が、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14に記載のズームレンズ。

【請求項17】

前記第3レンズ群の前記負レンズは、隣り合う物体側の前記正レンズと接合されていることを特徴とする請求項16に記載のズームレンズ。

【請求項18】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0.50 < f_1 / f_t < 2.00 \dots (10)$$

ただし、

10

20

30

40

50

f_1 は、前記第1レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端での前記ズームレンズ全系の焦点距離、
 である。

【請求項19】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～18のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0.16 < f_3 / f_t < 0.80 \quad \dots \quad (11)$$

ただし、

f_3 は、前記第3レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端での前記ズームレンズ全系の焦点距離、
 である。

【請求項20】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～19の少なくともいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0.24 < f_4 / f_t < 0.80 \quad \dots \quad (12)$$

ただし、

f_4 は、前記第4レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端での前記ズームレンズ全系の焦点距離、
 である。

【請求項21】

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群は移動し、
前記明るさ絞りは前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に位置し、前記変倍に際して前記第3レンズ群と一体で光軸方向に移動することを特徴とする請求項1～20の少なくともいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項22】

前記ズームレンズが4群ズームレンズであることを特徴とする請求項1～21のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項23】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～22のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$3.8 < f_t / f_w < 10.0 \quad \dots \quad (13)$$

ただし、

f_w は、広角端での前記ズームレンズ全系焦点距離、
 f_t は、望遠端での前記ズームレンズ全系焦点距離、
 である。

【請求項24】

請求項1～23の少なくともいずれか一項に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。

【請求項25】

物体側から順に、
正屈折力の第1レンズ群と、
負屈折力の第2レンズ群と、
正屈折力の第3レンズ群と、
正屈折力の第4レンズ群と、からなり、
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レンズ群との間隔が広

10

20

30

40

50

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レンズ群は移動し、

前記変倍に際して前記第3レンズ群と共に光軸方向に移動する明るさ絞りを有し、

前記第1レンズ群は正レンズと負レンズの2枚のレンズからなり、

前記第1レンズ群中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り、

前記第2レンズ群は物体側から順に負レンズ、正レンズの2枚のレンズからなり、

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。

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad \dots \quad (1)$$

$$35.0 < d_{2n} < 50.0 \quad \dots \quad (2)$$

10

ただし、

n_{d2n} は、第2レンズ群中の負レンズのd線に対する屈折率、

d_{2n} は、第2レンズ群中の負レンズのアッベ数、

である。

【請求項26】

物体側から順に、

正屈折力の第1レンズ群と、

負屈折力の第2レンズ群と、

正屈折力の第3レンズ群と、

正屈折力の第4レンズ群と、からなり、

20

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レンズ群は移動し、

前記変倍に際して前記第3レンズ群と共に光軸方向に移動する明るさ絞りを有し、

前記第1レンズ群は正レンズと負レンズの2枚のレンズからなり、

前記第2レンズ群は物体側から順に負レンズ、正レンズの2枚のレンズからなり、

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

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。

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad \dots \quad (1)$$

$$35.0 < d_{2n} < 50.0 \quad \dots \quad (2)$$

30

ただし、

n_{d2n} は、第2レンズ群中の負レンズのd線に対する屈折率、

d_{2n} は、第2レンズ群中の負レンズのアッベ数、

である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズに関するものである。また、それを用いた電子撮像装置に関するものである。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はじめとする電子撮像装置に関するものである。

40

【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。更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。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いる。

50

【0003】

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、更に従来よりも高変倍比のカメラが求められている。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、正屈折力の第4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。

【0004】

一方、カメラの大きさのうち、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。

10

【0005】

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。以下の従来技術では、第2レンズ群を負レンズと正レンズの2枚で構成することにより、第2レンズ群の厚さ方向を小さくする工夫がなされている。

【0006】

【特許文献1】特開2004-258240号公報

【特許文献2】特開2004-199000号公報

【特許文献3】特開2001-133687号公報

20

【特許文献4】特開平11-119100号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述の従来技術には以下の課題がある。特開2004-258240号公報の実施例4に記載のズームレンズは、第1レンズ群の第1レンズ群と第2レンズ群のレンズ枚数の合計が5枚のものである。これでは、広角側での画角を確保しようすると、第1レンズ群の最も物体側のレンズの径を小さくできず、鏡筒の径方向の小型化に不利である。また、沈胴方式を採用したとしても光軸方向の厚みの小型化に不利である。

【0008】

30

また、特開2004-199000号公報に記載のズームレンズは、第1レンズ群と第2レンズ群とのレンズ枚数の合計が3枚、特開平11-119100号公報や特開2001-133687号公報には、第1レンズ群と第2レンズ群のレンズ枚数の合計が4枚のズームレンズが記載されているが、第1、第2レンズ群の収差の変動の影響を抑え難く、変倍比が3倍に至っていないものである。

【0009】

本発明は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、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、正屈折力の第4レンズ群を有するズームレンズで、第1レンズ群、第2レンズ群の工夫により、小型化、収差性能の確保を行いやすくしたズームレンズの提供を目的とする。

40

【0010】

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。

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、電子撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明の第1のズームレンズは、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、正屈折力の第4レンズ群、を有し、広角端から望遠端への変倍の際に、第1レンズ群と第2レンズ

50

群との間隔、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔を変化させ、第1レンズ群は正レンズと負レンズの2枚のレンズからなり、第2レンズ群は物体側から順に負レンズ、正レンズの2枚のレンズからなり、以下の条件式(1)、(2)を満足する。

【0012】

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad \dots \quad (1)$$

$$35.0 < d_{2n} < 50.0 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

n_{d2n} は、第2レンズ群中の負レンズのd線に対する屈折率、

d_{2n} は、第2レンズ群中の負レンズのアッペ数、

である。

【0013】

以下、第1のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。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、正屈折力の第4レンズ群を有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行う構成を採用した。

【0014】

このような構成をとることにより、各群に変倍の負担を効率的に分担させることができ、変倍時の収差変動を小さく抑えつつまた各群の移動量が大きくなることを防ぎズームレンズのコンパクト化につながる。

【0015】

そして、第2レンズ群を物体側から順に負レンズと正レンズの2枚で構成することにより、群の厚さ方向を小さくし、かつ外径方向の大きさも小型化できる。そして、第1レンズ群は正レンズと負レンズの2枚のレンズで構成し、第2レンズ群は物体側から順に負レンズ、正レンズの2枚のレンズで構成した。それにより、群の厚さ方向を小さくし、かつ外径方向の大きさも小型化できる。

【0016】

第1レンズ群、第2レンズ群では軸外光線の光軸上からの入射高が高くなりやすいため、レンズのふち肉を必要な量確保しようとするとき、軸上肉厚が厚くなりやすい傾向がある。また、第1レンズ群、第2レンズ群のレンズ枚数が多くなるとそれらレンズ群を通過する軸外光線高さはますます高くなり、ふち肉確保のための軸上肉厚はより厚みが必要となる。当然、第1レンズ群、第2レンズ群のレンズ枚数が増えた分の軸上肉厚も大きくなつてくる。

【0017】

このような観点から、第1レンズ群、第2レンズ群をそれぞれ2枚という少ないレンズからなる構成とすることで、これらレンズ群の径方向の大きさや光軸上肉厚を小さくし、沈胴状態時の鏡筒のコンパクト化に有利となる。

【0018】

また、第1レンズ群は1枚の正レンズと1枚の負レンズからなる構成とすることで、少ないレンズ枚数ながら色収差の補正に有利となる。その結果、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔変化を大きくして変倍比を確保しても色収差の劣化を抑えやすくなる。

【0019】

また、従来ではレンズ群の厚さ方向が特に大きかった第2レンズ群を物体側から順に負レンズ、正レンズの2枚からなる構成とした。第2レンズ群は変倍負担が大きくなりやすいレンズ群であるため大きな負のパワーを有する場合が多い。

【0020】

第2レンズ群を負レンズ、正レンズの2枚のみからなる構成とすると、第2レンズ群の負レンズは1枚で大きな負のパワーを担うことになる。一方、全変倍域で高い光学性能を確保するためには、この群内での収差の発生を出来る限り小さく抑えておくことが効果的である。そのため、この負レンズで発生する収差を小さく抑えるために、第2レンズ群の負

10

20

30

40

50

レンズについて条件式(1)、(2)を満足するようにした。これは第2レンズ群の負レンズのd線に対する屈折率、及び、アッベ数を規定するものである。

【0021】

条件式(1)はコストと収差補正機能とのバランスに関する条件式である。条件式(1)の上限を上回らないようにすることで、使用する材料のコスト、製造コストを抑えやすくなる。上限を上回ると使用する材料が高価になり、加工がし難い材料となる。

【0022】

条件式(1)の下限を下回らないようにすることで、レンズ面の曲率を小さくしても負の屈折力の確保が容易となる。その結果、広角端での樽型の歪曲収差が大きくなりすぎることを抑え、負レンズ自体によるコマ収差等も低減でき、広角端および望遠端でのコマ収差等の発生や、変倍時の収差変動を抑えやすくなる。

10

【0023】

条件式(2)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。上限を上回らないようにして、使用する材料の屈折率を確保して収差補正しやすくすることが好ましい。

【0024】

条件式(2)の上限を上回ると、色収差補正上は有利となるが、現存するレンズ材料では屈折率が小さくなりやすい。

【0025】

条件式(2)の下限を下回らないようにして、色分散を小さくし、色収差を抑え易くすることが好ましい。

20

【0026】

以下のようにすると更に好ましい。

$$1.79 < n_{d2n} < 2.00 \quad \dots \quad (1')$$

$$37.0 < n_{d2n} < 45.0 \quad \dots \quad (2')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$1.80 < n_{d2n} < 1.95 \quad \dots \quad (1'')$$

$$40.0 < n_{d2n} < 47.0 \quad \dots \quad (2'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏すことができる。なお、これら条件式は、より限定した条件式の上限値のみ、もしくは下限値のみを特定してもよい。以降説明する各数値条件式についても同様である。

30

【0027】

本発明においては、第1レンズ群、第2レンズ群にそれぞれに負レンズを配置することで、広角端での第1、2レンズ群の合成系による球面収差等の発生を抑えやすくしている。

また、第2レンズ群が第1レンズ群から離れる状態であっても第1レンズ群での球面収差が抑えられるので、第1、第2レンズ群のそれぞれのパワーを確保しやすく、また、間隔変化を大きくしても球面収差の変動を抑えやすいので高変倍比化に有利となる。

【0028】

さらに、第2のズームレンズは、第1のズームレンズにおいて、第1レンズ群の負レンズの焦点距離と、第2レンズ群の負レンズの焦点距離は、以下の条件(A)、(B)、(C)を満足することが好ましい。

40

【0029】

$$0.6 < |f_{1n}| / f_t < 5.0 \quad (A)$$

$$0.08 < |f_{2n}| / f_t < 0.35 \quad (B)$$

$$5.0 < |f_{1n}| / |f_{2n}| < 25.0 \quad (C)$$

ただし、

f_{1n} は、第1レンズ群中の負レンズの焦点距離、

f_{2n} は、第2レンズ群中の負レンズの焦点距離、

f_t は、望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離、

50

である。

【0030】

これら条件式(A)、(B)、(C)は、第1レンズ群中の負レンズと第2レンズ群中の負レンズのパワーについて、適度なバランスを取りながら負パワーによる収差補正の効果を確保するための条件である。

【0031】

第1レンズ群の負レンズの焦点距離が条件式(A)の上限を上回らないようにすることで、第1レンズ群での倍率色収差や球面収差の補正に有利となる。

【0032】

条件式(A)の下限を下回らないようにすることで、第1レンズ群のパワーを確保しやすくなり、第2レンズ群での変倍機能を確保しやすくなる。

【0033】

第2レンズ群の負レンズの焦点距離が条件式(B)の上限を上回らないようにすることで、第2レンズ群の負パワーを確保しやすくなり、小型化、高変倍比化に有利となる。

条件式(B)の下限を下回らないようにすることで、第2レンズ群での諸収差の発生を抑えやすくなる。

【0034】

条件式(C)の上限を上回らないようにすることで、変倍時の色収差や球面収差の変動を抑えやすくなる。

【0035】

条件式(C)の下限を下回らないようにすることで、変倍量に対する可変間隔の変化量を小さくしやすくなる。

【0036】

これら条件(A)、(B)、(C)はそれぞれ同時に満足すると収差と小型化、高変倍比化を行うことに有利となる。

【0037】

それぞれの条件式について、以下のようにすると更に好ましい。

$$0.8 < |f_{1n}| / f_t < 4.0 \quad (A')$$

$$0.10 < |f_{2n}| / f_t < 0.30 \quad (B')$$

$$6.0 < |f_{1n}| / |f_{2n}| < 21.0 \quad (C')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$1.0 < |f_{1n}| / f_t < 3.0 \quad (A'')$$

$$0.12 < |f_{2n}| / f_t < 0.25 \quad (B'')$$

$$7.0 < |f_{1n}| / |f_{2n}| < 18.0 \quad (C'')$$

これらにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0038】

また、第3のズームレンズは、第1～第2のズームレンズにおいて、第1レンズ群の2枚のレンズが、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0039】

$$1.4 < |f_{1n}| / f_{1p} < 4.5 \quad (D)$$

ただし、

f_{1p} は、第1レンズ群中の正レンズの焦点距離、

f_{1n} は、第1レンズ群中の負レンズの焦点距離、

である。

【0040】

条件式(D)の条件式の上限を上回らないようにして負レンズのパワーを確保することで、正レンズで発生する色収差等の補正に有利となる。

【0041】

条件式(D)の下限を下回らないようにすることで、負レンズのパワーが強くなりすぎることを抑え、レンズ2枚構成の第1レンズ群の正パワーを確保しやすくなる。また、両

10

20

30

40

50

レンズ同士の相対偏心による収差への影響を抑えやすくなる。

【0042】

以下のようにすると更に好ましい。

$$1.6 < |f_{1n}| / f_{1p} < 4.0 \quad (D')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$1.8 < |f_{1n}| / f_{1p} < 3.5 \quad (D'')$$

これらにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0043】

コンパクト化を実現しながら、効率よく良好な光学性能を得られるように、本発明では上述の他にも様々な工夫を加えことがより好ましい。以下に詳細に説明を述べる。

10

【0044】

第4のズームレンズは、第1～第3のズームレンズにおいて、第2レンズ群内の収差をより効果的に補正するためには、第2レンズ群の正レンズを、物体側に凸のメニスカス形状とし、軸外光束の入射角を抑えることが好ましい。このとき、第2レンズ群の正レンズの形状が以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

【0045】

$$-5.0 < SF_{2p} < -1.0 \quad \dots (3)$$

ただし、

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

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、

20

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。

【0046】

第4のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(3)の上限を上回らないようにして、このレンズの物体側面の曲率を確保することで、広角端の非点収差や望遠端での球面収差補正に有利となる。

【0047】

条件式(3)の下限を下回らないようにして、レンズ面の曲率が大きくなりすぎることを抑えることで、軸外の高次収差の発生を抑えやすくなる。具体的には、軸外の像面湾曲や倍率色収差の低減に好ましい。

30

【0048】

以下のようにすると更に好ましい。

$$-3.8 < SF_{2p} < -1.4 \quad \dots (3')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$-2.6 < SF_{2p} < -1.8 \quad \dots (3'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0049】

また、第5のズームレンズは、第1～第4のズームレンズにおいて、第2レンズ群のパワーについては以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

【0050】

40

$$0.12 < |f_2 / f_t| < 0.60 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_2 は、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。

【0051】

第5のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(4)の上限を上回らないようにすることで、第2レンズ群のパワーを確保し、第1、2レンズ群の間隔変化量に対する変倍比を得やすくなり、鏡筒のコンパクト化に有利となる。

【0052】

50

条件式(4)の下限を下回らないようにすることで、第2レンズ群のパワーを抑えて収差を抑えることが好ましい。

【0053】

以下のようにすると更に好ましい。

$$0.18 < |f_2/f_t| < 0.49 \quad \dots (4')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.24 < |f_2/f_t| < 0.38 \quad \dots (4'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0054】

また、第6のズームレンズは、第1～第5のズームレンズにおいて、第2レンズ群を2枚のレンズからなる構成としてもさらに十分に収差補正が行われるよう、第2レンズ群の正レンズについて条件式(5)、(6)を満足することが好ましい。10

$$1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad \dots (5)$$

$$13.0 < d_{2p} < 30.0 \quad \dots (6)$$

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ベ数、

である。

【0055】

第6のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(5)、20(6)は、第2レンズ群の正レンズのd線に対する屈折率、及び、アッベ数を規定するものである。

【0056】

第2レンズ群は変倍負担が大きくなりやすいレンズ群であるため大きな負のパワーを有する場合が多い。そのため、第2レンズ群の負レンズによる収差を、1枚の正レンズで補正しておくためにはこのレンズの屈折率、分散を適切に設定しておくことが効果的である。

【0057】

条件式(5)は像面湾曲やコマ収差の補正とコストに関する条件式である。条件式(5)の上限を上回らないようにすることで、使用する材料のコスト、製造コストを抑えやすくなる。上限を上回ると使用する材料が高価になり、加工がし難い材料となる。30

【0058】

条件式(5)の下限を下回らないようにすることで、レンズ面の曲率を小さくしても屈折力の確保が容易となる。その結果、広角端での像面湾曲を抑え、正レンズ自体によるコマ収差等も低減でき、広角端および望遠端でのコマ収差等の発生や、変倍時の収差変動を抑えやすくなる。

【0059】

条件式(6)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。第2レンズ群の負レンズ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、正レンズに適度な分散を持たせることが好ましい。40

【0060】

条件式(6)の上限を上回らないようにすることで、正レンズの分散を確保し、第2レンズ群での負レンズで発生する色収差とキャンセルさせ、撮影画像の色にじみの低減に好ましい。

【0061】

条件式(6)の下限を下回らないようにすることで、短波長側での分散が大きくなりすぎることを抑え、2次スペクトルによる色にじみの低減に好ましい。

【0062】

各条件式について、以下のようにすると更に好ましい。

$$1.90 < n_{d2p} < 2.16 \quad \dots (5')$$

$$15.0 < d_{2p} < 25.0 \dots (6')$$

【0063】

以下のようにするとなお好ましい。

$$1.92 < n_{d2p} < 2.11 \dots (5'')$$

$$17.0 < d_{2p} < 21.0 \dots (6'')$$

こらにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0064】

本発明では第2レンズ群を負レンズ、正レンズの2枚のみからなる構成としているが、第2レンズ群の負レンズは大きな負のパワー担うことになる。全変倍域で高い光学性能を確保するためには、この負レンズで発生する収差をなるべく小さく抑えることが好ましい。

10

【0065】

そのため、第7のズームレンズは、第1～第6のズームレンズにおいて、このレンズは両凹レンズとして大きなパワーを持たせることができが好ましい。さらには、以下の条件式(7)を満足するような形状とすると好ましい。

【0066】

$$0.35 < SF_{2n} < 1.00 \dots (7)$$

ただし、

$$SF_{2n} = (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr}) \text{ で定義され、}$$

R_{2nf} は、第2レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

20

R_{2nr} は、第2レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【0067】

第7のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(7)の上限を上回らないようにして、負レンズの像側面の曲率を抑えることで、広角端での像面湾曲の発生を抑えやすくなる。また、第2レンズ群の軸上での厚みを抑えやすくなる。また、第2レンズ群の光軸方向の厚みを抑えたり、画角の確保が容易となる。

【0068】

条件式(7)の下限を下回らないようにして、負レンズの物体側面の負の曲率を抑えることで、広角端での軸外諸収差を抑えやすくなる。

30

【0069】

以下のようにするとさらに好ましい。

$$0.45 < SF_{2n} < 0.85 \dots (7')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.55 < SF_{2n} < 0.70 \dots (7'')$$

これにより、上述の効果をさらに奏することができる。

【0070】

また、収差の発生を抑えて良好な光学性能を得るためにには、第2レンズ群の負レンズの少なくとも1つのレンズ面には非球面を配置することが好ましい。また、この負レンズの物体側面と像側面との両面を非球面としても良い。

40

【0071】

それらの場合、第8のズームレンズは、第1～第7のズームレンズにおいて、以下の条件式(8)を満足するようにすることが好ましい。

【0072】

$$0.030 < (|asp_{2nf}| + |asp_{2nr}|) / f_w < 0.320 \dots (8)$$

ただし、

asp_{2nf} は、第2レンズ群中の負レンズの物体側のレンズ面における非球面偏倚量、

asp_{2nr} は、第2レンズ群中の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、

である。

50

【0073】

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る。像側方向を正符号とし、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。

【0074】

第8のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(8)の上限を上回らないようにして、非球面偏倚量の絶対値の和が大きくなりすぎないようにすることで、製造誤差によって非球面レンズの面間に偏心が発生したときの光学性能の劣化を抑えやすくなる。

10

【0075】

条件式(8)の下限を下回らないようにして、非球面偏倚量の絶対値の和を確保し、非球面による収差補正の作用を確保することが好ましい。

【0076】

以下のようにすると更に好ましい。

$$0.040 < (|asp_{2nf}| + |asp_{2nr}|) / f_w < 0.250 \quad \dots \quad (8')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.050 < (|asp_{2nf}| + |asp_{2nr}|) / f_w < 0.180 \quad \dots \quad (8'')$$

)

これにより、さらに上述の効果を奏することができる。

20

【0077】

さらに、第9のズームレンズは、第8のズームレンズにおいて、第2レンズ群中の負レンズにおける非球面は、光軸から離れるに従い屈折力が大きくなる非球面とすることが好ましい。

【0078】

第9のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。なお、屈折力が大きくなるとは、負の屈折力が小さくなるもしくは正の屈折力が大きくなるという意味である。このように構成することで、広角端での歪曲収差やコマ収差を抑えやすくなる。

【0079】

さらには、第10のズームレンズは、第9のズームレンズにおいて、第2レンズ群中の負レンズは、両凹レンズであり、その両凹レンズの物体側面、像側面が共に光軸から離れるに従い屈折力が大きくなる非球面とすることが好ましい。

30

【0080】

第10のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。第2レンズ群の軸上ないし周辺部分での厚みの小型化と第2レンズ群での諸収差の低減の両立に有利となる。

【0081】

また、第11のズームレンズは、第1～第10のズームレンズにおいて、第1レンズ群が、物体側から順に、負レンズと正レンズの2枚のレンズからなる構成である。

【0082】

40

物体側から順に、負レンズ、正レンズの順で配置することにより、色収差補正の機能を持たせながら、変倍による諸収差の変動を抑えやすくなる。

【0083】

また、第12のズームレンズは、第11のズームレンズにおいて、第1レンズ群の負レンズと正レンズを接合しても良い。接合レンズとすると、高変倍比化による望遠端の長焦点化の際に問題となり易い軸上色収差補正を効果的に行うことができる。

【0084】

また、組み立て誤差によるレンズ相対偏心での光学性能の劣化を抑えることができ、歩留まりの向上やコストダウンに貢献する。

【0085】

50

また、第13のズームレンズは、第11のズームレンズにおいて、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、それぞれ独立した単レンズからなる構成としても良い。

【0086】

このようにすると、第1レンズ群での屈折面が4面となり、設計の自由度があげられ、広角端での歪曲収差、および望遠端でのコマ収差をより効果的に補正することが可能となる。

【0087】

また、第14のズームレンズは、第13のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群の負レンズと正レンズの間隔は、以下の条件式(9)を満足するようにすることが好ましい。

【0088】

$$0.0 \quad L_{1np} / L_1 < 0.20 \quad \dots \quad (9)$$

ただし、

L_{1np} は、第1レンズ群の負レンズと正レンズとの軸上間隔、
 L_1 は、第1レンズ群の軸上の総厚み、
 である。

【0089】

第14のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(9)の上限を上回らないようにすることで、最も物体側のレンズを透過する軸外光線高を抑え、このレンズの有効径を小さくし、しいてはズームレンズ全体の径方向のコンパクト化に有利となる。また、条件式(9)の下限を超えることは現実的にありえない。

【0090】

以下のようにするとさらに好ましい。

$$0.0 \quad L_{1np} / L_1 < 0.15 \quad \dots \quad (9')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.0 \quad L_{1np} / L_1 < 0.10 \quad \dots \quad (9'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0091】

また、第15のズームレンズは、第1～第14のズームレンズにおいて、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ことが好ましい。

【0092】

また、第16のズームレンズは、第15のズームレンズにおいて、第3レンズ群は物体側から順に、正レンズ、負レンズの2枚のレンズからなる構成としてもよい。

【0093】

第3レンズ群で発生する色収差等諸収差を補正するための最小のレンズ枚数で構成することで、鏡筒の薄型化につながる。また、このようなレンズ配置の構成とすることで前側主点を物体よりに位置させることができ、変倍比の確保と群移動量を小さく抑えることが容易となり、この点からもコンパクト化に有利となる。

【0094】

また、第17のズームレンズは、第15のズームレンズにおいて、より高い光学性能を確保したい場合は、第3レンズ群を物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚からなる構成としてもよい。

【0095】

このようなレンズ配置の構成とすることで、第3レンズ群の正パワーを主に2つの正レンズに分担でき、球面収差やコマ収差の補正に有利となる。

さらには、第3レンズ群の負レンズは、隣り合う物体側の正レンズと接合されていることが好ましい。

【0096】

10

20

30

40

50

また、第18のズームレンズは、第17のズームレンズにおいて、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。

【0097】

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して、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。

【0098】

また、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。

【0099】

さらに、第3レンズ群の最も物体側の正レンズを両面非球面とすることがより好ましい。

【0100】

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っている。

【0101】

特に、第3レンズ群をレンズ2枚の構成とした場合に、設計の自由度を確保でき、小型化と光学性能の確保の両立の点で好ましい。

【0102】

また、第19のズームレンズは、第1～第18のズームレンズにおいて、コンパクト化と光学性能のバランスの観点から、第1レンズ群に以下の条件式(10)を満足させることが好ましい。

【0103】

$$0.50 < f_1 / f_t < 2.00 \quad \dots (10)$$

ただし、

f_1 は、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。

【0104】

第19のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(10)の上限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抑えやすくし、鏡筒の小型化に有利となる。

【0105】

条件式(10)の下限を下回らないようにすることで、第1レンズ群のパワーを抑え、望遠端での球面収差やコマ収差の発生を抑え、良好な光学性能を確保しやすくなる。

【0106】

以下のようにするとさらに好ましい。

$$0.75 < f_1 / f_t < 1.80 \quad \dots (10')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.95 < f_1 / f_t < 1.60 \quad \dots (10'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏すことができる。

【0107】

また、第20のズームレンズは、第1～第19のズームレンズにおいて、第3レンズ群のパワーについては以下の条件式(11)を満足することが好ましい。

【0108】

$$0.16 < f_3 / f_t < 0.80 \quad \dots (11)$$

ただし、

f_3 は、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。

【0109】

第20のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(11)の上限を上回らないようにして、第3レンズ群のパワーを確保し、第3レンズ群での変倍負担を確保することが小型化の点で好ましい。

【0110】

条件式(11)の下限を下回らないようにして、第3レンズ群のパワーを適度に抑え、第3レンズ群での収差発生を抑えることが好ましい。

【0111】

以下のようにすると更に好ましい。

$$0.23 < f_3 / f_t < 0.60 \quad \dots (11')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.30 < f_3 / f_t < 0.40 \quad \dots (11'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0112】

また、第21のズームレンズは、第1～第20のズームレンズにおいて、第4レンズ群のパワーについては、テレセントリック性の確保と像面湾曲の補正の点で以下の条件式(12)を満足するようにすることが好ましい。

【0113】

$$0.24 < f_4 / f_t < 0.80 \quad \dots (12)$$

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。

【0114】

第21のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(12)の上限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、像側へのテレセントリック性の確保し、像面湾曲の補正過剰を抑えられる。

条件式(12)の下限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、像面湾曲の補正不足を抑えられる。

【0115】

以下のようにすると更に好ましい。

$$0.36 < f_4 / f_t < 0.70 \quad \dots (12')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$0.48 < f_4 / f_t < 0.62 \quad \dots (12'')$$

これらにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0116】

また、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は、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である。そのような役割のためには、上述した条件式(12)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材料を用いて構成することも可能である。

【0117】

第4レンズ群にプラスチックレンズを用いればコストを安く抑えられ、より安価なズームレンズを提供することが可能となる。

【0118】

さらに、性能を維持しつつ高変倍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、かつ全変倍領域にわたって収差を良好に補正することがより効果的である。

【0119】

10

20

30

40

50

そのため、第22のズームレンズは、第1～第21のズームレンズにおいて、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レンズ群は移動し、さらに、ズームレンズは変倍に際して第3レンズ群と共に光軸方向に移動する明るさ絞りを有する構成とすることがより好ましい。

【0120】

第22のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。このように各レンズ群を移動させることにより、各レンズ群に変倍作用を効果的に与えることが可能になり高変倍比化しても高性能を達成することに有利となる。

10

【0121】

また、明るさ絞りを第3レンズ群と共に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。

【0122】

すなわち、広角端における軸外光束の光線高と望遠端の軸外光束の光線高のバランスがとれるようになり、第1レンズ群の外径と第4レンズ群の外径をバランスよくコンパクトに構成することが可能となる。特に広角端での第1レンズ群の外径を小さくすることはレンズの厚み方向の大きさのコンパクト化にも効果的につながる。また変倍の際の射出瞳位置の変動を小さくするようにコントロールすることもできるようになるため、撮像素子（例えばCCDやCMOS等）に入射する光線の入射角度を適当な範囲に保ち画面の隅での明るさのかけり（シェーディング）の発生を防ぐことができ、電子撮像装置に好適となる。

20

【0123】

さらに、全長、収差バランス等を良好とするために、以下の構成としてもよい。

第23のズームレンズは、第22のズームレンズにおいて、広角端から望遠端への変倍において、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させるのが良い。その際、物体側へのみ移動させても良いし、像側に凸の軌跡で移動させても良い。

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

30

【0124】

また、第3レンズ群は物体側へのみ移動させるのが良い。

また、第4レンズ群は物体側へのみ移動させても良いし、像側へのみ移動させても良い。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良い。

明るさ絞りおよびシャッターユニットは第2レンズ群と第3レンズ群の間に配置し、変倍時に第3レンズ群と一緒に移動させると良い。

40

【0125】

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やすくなる。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すみ、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。

【0126】

また、第24のズームレンズは、第1～第23のズームレンズにおいて、上述の各発明のズームレンズは、4群ズームレンズとすることが好ましい。

【0127】

レンズ群数を4つに抑えることで、沈胴時のコンパクト化に好ましい。

【0128】

また、第25のズームレンズは、第1～第24のズームレンズにおいて、以下の条件式(13)を満足することが好ましい。

【0129】

50

$$3.8 < f_t / f_w < 10.0 \quad \dots \quad (13)$$

ただし、

f_w は、広角端でのズームレンズ全系焦点距離、

f_t は、望遠端でのズームレンズ全系焦点距離、

である。

【0130】

第25のズームレンズにおいて上記構成をとった理由と作用を説明する。条件式(13)の上限を上回らないようにすることで、レンズ群の移動量を抑えやすくし、全長を抑え易くなる。

【0131】

条件式(13)の下限を下回らないようにすることで、本発明のサイズやコストの面でのメリットを生かしながら、撮影画角を変化させた撮影を行える。

【0132】

以下のようにすると更に好ましい。

$$4.3 < f_t / f_w < 7.0 \quad \dots \quad (13')$$

以下を満足するとなお好ましい。

$$4.7 < f_t / f_w < 5.0 \quad \dots \quad (13'')$$

これにより、さらに上述の効果を奏することができる。

【0133】

また、上述の各発明のズームレンズはテレセントリック性の確保もしやすい。そのため、本発明の電子撮像装置において、上述のズームレンズと、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(CCD、CMOS等)をズームレンズの像側に配置することも可能である。

上述の各発明の複数を任意に同時に満足させることができがより好ましい。

【発明の効果】

【0134】

本発明は上述の説明から明らかなように、正屈折力を持つ第1レンズ群と負屈折力を持つ第2レンズ群に工夫を施すことで、第1レンズ群、第2レンズ群での構成レンズ枚数が少なくコンパクトとしても、光学性能を維持し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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0135】

以下に、本発明に係るズームレンズ、撮像装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例】

【0136】

以下、本発明のズームレンズの実施例1～9について説明する。実施例1～9の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)のレンズ断面図をそれぞれ図1～図9に示す。図1～図9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、赤外光を制限する波長域制限コートを施したローパスフィルタを構成する平行平板はF、電子撮像素子のカバーガラスの平行平板はC、像面はIで示してある。なお、カバーガラスCの表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラスCにローパスフィルタ作用を持たせるようにしてもよい。

【0137】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0138】

10

20

30

40

50

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側に移動する。

【0139】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた第6負メニスカスレンズとで構成される。第4レンズ群G4は第7両凸正レンズで構成されている。

【0140】

非球面は、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第7両凸正レンズの物体側の面との5面に用いている。

【0141】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0142】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側に移動する。

【0143】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズとは、接合されている。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、第6両凸正レンズと、第7両凹負レンズとで構成される。第6両凸正レンズと、第7両凹負レンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

【0144】

非球面は、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との5面に用いている。

【0145】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0146】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は物体側に移動する。

【0147】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、第6両凸正レンズと、第7両凹負レンズとで構成される。第6両凸正レンズと、第7両凹負レンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

【0148】

非球面は、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との5面に用いている。

【0149】

10

20

30

40

50

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0150】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は一旦像側に移動したあと物体側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと像側に移動する。

【0151】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、第6両凸正レンズと、第7両凹負レンズとで構成される。第6両凸正レンズと、第7両凹負レンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

10

【0152】

非球面は、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との5面に用いている。

【0153】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

20

【0154】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと像側に移動する。

【0155】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた第6正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた第7負メニスカスレンズとで構成される。第6正メニスカスレンズと、第7負メニスカスレンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

30

【0156】

非球面は、第2両凸正レンズの像側の面と、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との6面に用いている。

【0157】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

40

【0158】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと像側に移動する。

【0159】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた第6正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた第7負メニスカスレンズとで構成される。第6正メニスカスレンズと、第7負メニスカスレンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

50

【0160】

非球面は、第2両凸正レンズの像側の面と、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との6面に用いている。

【0161】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0162】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと像側に移動する。

10

【0163】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた第6正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた第7負メニスカスレンズとで構成される。第6正メニスカスレンズと、第7負メニスカスレンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

【0164】

非球面は、第2両凸正レンズの像側の面と、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との6面に用いている。

20

【0165】

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0166】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと像側に移動する。

【0167】

30

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた第6正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた第7負メニスカスレンズとで構成される。第6正メニスカスレンズと、第7負メニスカスレンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

【0168】

非球面は、第2両凸正レンズの像側の面と、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との6面に用いている。

【0169】

40

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、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、明るさ絞りSと、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とを配置している。

【0170】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側に移動し、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと像側に移動する。

【0171】

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第1負メニスカスレンズと第2両凸正レンズから構成される。第2レンズ群G2は第3両凹負レンズと、物体側に凸

50

面を向けた第4正メニスカスレンズとで構成される。第3レンズ群G3は第5両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた第6正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた第7負メニスカスレンズとで構成される。第6正メニスカスレンズと、第7負メニスカスレンズとは、接合されている。第4レンズ群G4は第8両凸正レンズで構成されている。

【0172】

非球面は、第2両凸正レンズの像側の面と、第3両凹負レンズの両面と、第5両凸正レンズの両面と、第8両凸正レンズの物体側の面との6面に用いている。

【0173】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 F_{NO} はFナンバー、 α は半画角、 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 は各レンズ面間の間隔、 n_{d1}, n_{d2}, \dots は各レンズの屈折率、 d_1, d_2, \dots 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。

【0174】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y/r)^2\}^{1/2}] \\ + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + A_{12} y^{12}$$

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 $A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{12}$ はそれぞれ4次、6次、8次、10次、12次の非球面係数である。また、非球面係数において、「 $e - n$ 」(n は整数)は、「 10^{-n} 」を示している。

【0175】

実施例1

| | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------|---------------|
| $r_1 = 21.447$ | $d_1 = 0.80$ | $n_{d1} = 1.92286$ | $d_1 = 18.90$ |
| $r_2 = 16.568$ | $d_2 = 0.33$ | | |
| $r_3 = 19.065$ | $d_3 = 3.00$ | $n_{d2} = 1.72916$ | $d_2 = 54.68$ |
| $r_4 = -635.214$ | $d_4 = (\text{可変})$ | | |
| $r_5 = -27.371$ (非球面) | $d_5 = 1.00$ | $n_{d3} = 1.88300$ | $d_3 = 40.76$ |
| $r_6 = 5.547$ (非球面) | $d_6 = 1.71$ | | |
| $r_7 = 10.368$ | $d_7 = 2.16$ | $n_{d4} = 1.92286$ | $d_4 = 18.90$ |
| $r_8 = 32.087$ | $d_8 = (\text{可変})$ | | |
| $r_9 = (\text{絞り})$ | $d_9 = 0.10$ | | |
| $r_{10} = 4.015$ (非球面) | $d_{10} = 2.14$ | $n_{d5} = 1.58313$ | $d_5 = 59.38$ |
| $r_{11} = -20.737$ (非球面) | $d_{11} = 0.07$ | | |
| $r_{12} = 6.067$ | $d_{12} = 1.07$ | $n_{d6} = 1.92286$ | $d_6 = 20.88$ |
| $r_{13} = 3.042$ | $d_{13} = (\text{可変})$ | | |
| $r_{14} = 13.673$ (非球面) | $d_{14} = 2.68$ | $n_{d7} = 1.52542$ | $d_7 = 55.78$ |
| $r_{15} = -65.892$ | $d_{15} = (\text{可変})$ | | |
| $r_{16} =$ | $d_{16} = 0.50$ | $n_{d8} = 1.54771$ | $d_8 = 62.84$ |
| $r_{17} =$ | $d_{17} = 0.50$ | | |
| $r_{18} =$ | $d_{18} = 0.50$ | $n_{d9} = 1.51633$ | $d_9 = 64.14$ |
| $r_{19} =$ | $d_{19} = 0.50$ | | |
| $r_{20} =$ (撮像面) | | | |

非球面係数

第5面

$$R = -27.371 \\ K = 0.065 \\ A_4 = 2.93685e-04 \\ A_6 = -1.29521e-05$$

10

20

40

50

$A_8 = 2.63539e-07$
 $A_{10} = -7.77717e-10$

第6面

$R = 5.547$
 $K = -0.216$
 $A_4 = -2.74527e-04$
 $A_6 = 5.81879e-06$
 $A_8 = -2.46028e-06$
 $A_{10} = 7.68048e-08$

10

第10面

$R = 4.015$
 $K = -0.052$
 $A_4 = -1.29073e-03$
 $A_6 = -6.12402e-06$
 $A_8 = 1.86699e-06$

第11面

$R = -20.737$
 $K = 0.000$
 $A_4 = 7.99142e-04$
 $A_6 = 6.56260e-05$
 $A_8 = 4.48582e-06$

20

第14面

$R = 13.673$
 $K = -0.880$
 $A_4 = 3.32538e-05$
 $A_6 = 3.03636e-05$
 $A_8 = -2.12591e-06$
 $A_{10} = 6.32654e-08$

30

ズームデータ()

| | WE | ST | TE |
|----------|-------|-------|-------|
| f (mm) | 6.60 | 14.49 | 31.76 |
| F_{NO} | 4.47 | 5.71 | 5.99 |
| 2 (°) | 62.67 | 29.43 | 13.60 |
| d_4 | 1.18 | 7.61 | 17.27 |
| d_8 | 12.07 | 5.03 | 0.55 |
| d_{13} | 4.74 | 8.30 | 9.73 |
| d_{15} | 3.31 | 4.30 | 3.77 |

40

【0176】

実施例2

$r_1 = 22.824$
 $r_2 = 14.601$
 $r_3 = 414.790$
 $r_4 = -19.623$ (非球面)

$d_1 = 0.80$
 $d_2 = 2.82$
 $d_3 =$ (可変)
 $d_4 = 0.90$
 $n_{d1} = 1.84666$
 $n_{d2} = 1.72916$
 $n_{d3} = 1.80495$

$d_1 = 23.78$
 $d_2 = 54.68$
 $d_3 = 40.90$

50

| | | | | |
|--------------------------|-----------------|---------------------|---------------|----|
| $r_5 = 5.406$ (非球面) | $d_5 = 1.71$ | $n_{d4} = 1.92286$ | $d4 = 18.90$ | |
| $r_6 = 8.975$ | $d_6 = 2.07$ | $n_{d5} = 1.58313$ | $d5 = 59.38$ | |
| $r_7 = 20.246$ | $d_7 = (可变)$ | $n_{d6} = 1.72916$ | $d6 = 54.68$ | |
| $r_8 = (絞り)$ | $d_8 = 0.10$ | $n_{d7} = 1.80100$ | $d7 = 34.97$ | |
| $r_9 = 5.364$ (非球面) | $d_9 = 2.57$ | $n_{d8} = 1.52542$ | $d8 = 55.78$ | 10 |
| $r_{10} = -16.396$ (非球面) | $d_{10} = 0.10$ | $n_{d9} = 1.54771$ | $d9 = 62.84$ | |
| $r_{11} = 8.877$ | $d_{11} = 2.16$ | $n_{d10} = 1.51633$ | $d10 = 64.14$ | |
| $r_{12} = -5.099$ | $d_{12} = 0.40$ | | | |
| $r_{13} = 4.240$ | $d_{13} = (可变)$ | | | |
| $r_{14} = 11.188$ (非球面) | $d_{14} = 2.14$ | | | |
| $r_{15} = -171.452$ | $d_{15} = (可变)$ | | | |
| $r_{16} =$ | $d_{16} = 0.50$ | | | |
| $r_{17} =$ | $d_{17} = 0.50$ | | | |
| $r_{18} =$ | $d_{18} = 0.50$ | | | |
| $r_{19} =$ | $d_{19} = 0.50$ | | | |
| $r_{20} =$ (摄像面) | | | | |

非球面係数

第4面

| | |
|-------------------------|----|
| $R = -19.623$ | 20 |
| $K = 0.089$ | |
| $A_4 = 8.04207e-04$ | |
| $A_6 = -2.03534e-05$ | |
| $A_8 = 2.82387e-07$ | |
| $A_{10} = -1.69194e-09$ | |

第5面

| | |
|------------------------|----|
| $R = 5.406$ | 30 |
| $K = -0.329$ | |
| $A_4 = 4.28184e-04$ | |
| $A_6 = 2.10097e-05$ | |
| $A_8 = -1.65174e-06$ | |
| $A_{10} = 1.28854e-08$ | |

第9面

| | |
|----------------------|----|
| $R = 5.364$ | 40 |
| $K = -0.166$ | |
| $A_4 = -2.03573e-04$ | |
| $A_6 = 4.18417e-05$ | |
| $A_8 = 3.69979e-06$ | |

第10面

| |
|---------------------|
| $R = -16.396$ |
| $K = 0.000$ |
| $A_4 = 9.35195e-04$ |
| $A_6 = 6.75272e-05$ |
| $A_8 = 5.30410e-06$ |

第14面

| | |
|--------------|----|
| $R = 11.188$ | 50 |
|--------------|----|

K = -1.490
 A₄ = 5.63156e-05
 A₆ = 1.24846e-05
 A₈ = -1.04700e-06
 A₁₀ = 3.12395e-08

ズームデータ()

| | W E | S T | T E | |
|-----------------|-------|-------|-------|----|
| f (mm) | 6.61 | 14.38 | 31.74 | |
| F _{NO} | 3.60 | 4.46 | 6.02 | 10 |
| 2 (°) | 62.90 | 29.44 | 13.45 | |
| d ₃ | 1.26 | 7.82 | 13.73 | |
| d ₇ | 12.51 | 5.36 | 1.54 | |
| d ₁₃ | 4.42 | 6.52 | 14.10 | |
| d ₁₅ | 2.69 | 4.42 | 3.00 | |

【0177】

実施例3

| | | | | |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|----|
| r ₁ = 23.457 | d ₁ = 0.80 | n _{d1} = 1.84666 | d ₁ = 23.78 | 20 |
| r ₂ = 14.154 | d ₂ = 0.40 | | | |
| r ₃ = 15.271 | d ₃ = 3.00 | n _{d2} = 1.77250 | d ₂ = 49.60 | |
| r ₄ = -215.758 | d ₄ = (可変) | | | |
| r ₅ = -23.097 (非球面) | d ₅ = 1.00 | n _{d3} = 1.80495 | d ₃ = 40.90 | |
| r ₆ = 5.348 (非球面) | d ₆ = 1.40 | | | |
| r ₇ = 8.580 | d ₇ = 2.00 | n _{d4} = 1.92286 | d ₄ = 18.90 | |
| r ₈ = 18.871 | d ₈ = (可変) | | | |
| r ₉ = (絞り) | d ₉ = 0.10 | | | |
| r ₁₀ = 5.766 (非球面) | d ₁₀ = 2.45 | n _{d5} = 1.58313 | d ₅ = 59.38 | |
| r ₁₁ = -10.882 (非球面) | d ₁₁ = 0.10 | | | 30 |
| r ₁₂ = 15.328 | d ₁₂ = 1.44 | n _{d6} = 1.69680 | d ₆ = 55.53 | |
| r ₁₃ = -15.328 | d ₁₃ = 1.22 | n _{d7} = 1.68893 | d ₇ = 31.07 | |
| r ₁₄ = 4.089 | d ₁₄ = (可変) | | | |
| r ₁₅ = 14.324 (非球面) | d ₁₅ = 2.60 | n _{d8} = 1.52542 | d ₈ = 55.78 | |
| r ₁₆ = -27.378 | d ₁₆ = (可変) | | | |
| r ₁₇ = | d ₁₇ = 0.50 | 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 = 0.45 | | | |
| r ₂₁ = (撮像面) | | | | 40 |

非球面係数

第5面

R = -23.097
 K = 0.089
 A₄ = 1.80967e-04
 A₆ = -1.62280e-07
 A₈ = 3.96691e-08
 A₁₀ = -7.98836e-10

第6面

$R = 5.348$
 $K = -0.296$
 $A_4 = -1.84110e-04$
 $A_6 = 1.36361e-07$
 $A_8 = 1.68053e-07$
 $A_{10} = -1.07186e-09$

第10面

$R = 5.766$
 $K = -1.073$
 $A_4 = -9.79726e-05$
 $A_6 = 1.50579e-06$

10

第11面

$R = -10.882$
 $K = 7.693$
 $A_4 = 1.32858e-03$
 $A_6 = 3.01907e-05$
 $A_8 = 2.16650e-08$
 $A_{10} = 6.54410e-11$

20

第15面

$R = 14.324$
 $K = -0.001$
 $A_4 = 4.02883e-05$
 $A_6 = 5.91976e-06$
 $A_8 = -1.61602e-07$
 $A_{10} = 2.12392e-09$

30

ズームデータ()

| | W E | S T | T E |
|----------|-------|-------|-------|
| f (mm) | 6.62 | 14.37 | 32.09 |
| F_{NO} | 3.83 | 5.11 | 6.00 |
| z (°) | 62.68 | 29.65 | 13.53 |
| d_4 | 0.88 | 5.76 | 12.75 |
| d_8 | 13.63 | 6.80 | 1.53 |
| d_{14} | 4.27 | 9.62 | 13.30 |
| d_{16} | 3.19 | 3.12 | 2.96 |

40

【0178】

実施例4

$r_1 = 18.613$
 $r_2 = 14.132$
 $r_3 = 15.458$
 $r_4 = -7762.115$
 $r_5 = -19.900$ (非球面)
 $r_6 = 4.735$ (非球面)
 $r_7 = 7.926$

| | | |
|--------------|--------------------|---------------|
| $d_1 = 0.83$ | $n_{d1} = 2.00170$ | $d_1 = 20.64$ |
| $d_2 = 0.32$ | | |
| $d_3 = 3.00$ | $n_{d2} = 1.72916$ | $d_2 = 54.68$ |
| $d_4 =$ (可変) | | |
| $d_5 = 1.00$ | $n_{d3} = 1.80495$ | $d_3 = 40.90$ |
| $d_6 = 1.32$ | | |
| $d_7 = 2.25$ | $n_{d4} = 2.00170$ | $d_4 = 20.64$ |

50

| | | | | |
|---------------------------------|------------------------|---------------------|------------------|----|
| $r_8 = 18.204$ | $d_8 = (\text{可变})$ | | | |
| $r_9 = (\text{絞り})$ | $d_9 = 0.10$ | | | |
| $r_{10} = 5.243 (\text{非球面})$ | $d_{10} = 2.14$ | $n_{d5} = 1.58313$ | $d_5 = 59.38$ | |
| $r_{11} = -14.423 (\text{非球面})$ | $d_{11} = 0.10$ | | | |
| $r_{12} = 13.297$ | $d_{12} = 1.41$ | $n_{d6} = 1.69680$ | $d_6 = 55.53$ | |
| $r_{13} = -13.297$ | $d_{13} = 0.84$ | $n_{d7} = 1.68893$ | $d_7 = 31.07$ | |
| $r_{14} = 4.302$ | $d_{14} = (\text{可变})$ | | | |
| $r_{15} = 12.620 (\text{非球面})$ | $d_{15} = 2.32$ | $n_{d8} = 1.52542$ | $d_8 = 55.78$ | |
| $r_{16} = -41.640$ | $d_{16} = (\text{可变})$ | | | |
| $r_{17} =$ | $d_{17} = 0.50$ | $n_{d9} = 1.54771$ | $d_9 = 62.84$ | 10 |
| $r_{18} =$ | $d_{18} = 0.50$ | | | |
| $r_{19} =$ | $d_{19} = 0.50$ | $n_{d10} = 1.51633$ | $d_{10} = 64.14$ | |
| $r_{20} =$ | $d_{20} = 0.50$ | | | |
| $r_{21} = (\text{撮像面})$ | | | | |

非球面係数

第5面

| | | | | |
|-------------------------|--|--|--|----|
| $R = -19.900$ | | | | |
| $K = 0.089$ | | | | 20 |
| $A_4 = 7.68359e-04$ | | | | |
| $A_6 = -2.74885e-05$ | | | | |
| $A_8 = 5.05160e-07$ | | | | |
| $A_{10} = -3.51817e-09$ | | | | |

第6面

| | | | | |
|------------------------|--|--|--|----|
| $R = 4.735$ | | | | |
| $K = -0.296$ | | | | |
| $A_4 = 2.06227e-04$ | | | | |
| $A_6 = 1.05145e-05$ | | | | 30 |
| $A_8 = -3.20724e-06$ | | | | |
| $A_{10} = 5.51277e-08$ | | | | |

第10面

| | | | | |
|------------------------|--|--|--|----|
| $R = 5.243$ | | | | |
| $K = -0.166$ | | | | |
| $A_4 = -3.57087e-04$ | | | | |
| $A_6 = 6.29255e-05$ | | | | |
| $A_8 = -2.02800e-07$ | | | | |
| $A_{10} = 1.01728e-06$ | | | | 40 |

第11面

| | | | | |
|------------------------|--|--|--|--|
| $R = -14.423$ | | | | |
| $K = 0.000$ | | | | |
| $A_4 = 1.07710e-03$ | | | | |
| $A_6 = 7.69622e-05$ | | | | |
| $A_8 = 3.07399e-06$ | | | | |
| $A_{10} = 1.50112e-06$ | | | | |

第15面

50

R = 12.620
 K = -1.490
 A₄ = 5.63156e-05
 A₆ = 3.25061e-06
 A₈ = -1.24032e-07
 A₁₀ = 2.58656e-09

ズームデータ()

| | W E | S T | T E | |
|-----------------|-------|-------|-------|----|
| f (mm) | 6.62 | 14.41 | 31.64 | 10 |
| F _{NO} | 3.82 | 4.77 | 6.00 | |
| 2 (°) | 62.97 | 29.10 | 13.54 | |
| d ₄ | 1.12 | 7.18 | 12.54 | |
| d ₈ | 12.66 | 6.25 | 1.55 | |
| d ₁₄ | 5.19 | 8.85 | 14.31 | |
| d ₁₆ | 3.01 | 3.57 | 3.17 | |

【0179】

実施例5

| | | | | |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|----|
| r ₁ = 84.159 | d ₁ = 0.80 | n _{d1} = 2.00170 | d ₁ = 20.64 | |
| r ₂ = 34.486 | d ₂ = 0.10 | | | |
| r ₃ = 22.651 | d ₃ = 2.64 | n _{d2} = 1.76802 | d ₂ = 49.24 | |
| r ₄ = -68.862 (非球面) | d ₄ = (可変) | | | |
| r ₅ = -22.850 (非球面) | d ₅ = 0.87 | n _{d3} = 1.88300 | d ₃ = 40.76 | |
| r ₆ = 5.672 (非球面) | d ₆ = 1.94 | | | |
| r ₇ = 11.112 | d ₇ = 2.21 | n _{d4} = 1.94595 | d ₄ = 17.98 | |
| r ₈ = 35.757 | d ₈ = (可変) | | | |
| r ₉ = (絞り) | d ₉ = 0.10 | | | |
| r ₁₀ = 4.712 (非球面) | d ₁₀ = 2.61 | n _{d5} = 1.58913 | d ₅ = 61.14 | 30 |
| r ₁₁ = -14.330 (非球面) | d ₁₁ = 0.10 | | | |
| r ₁₂ = 7.122 | d ₁₂ = 1.40 | n _{d6} = 1.73400 | d ₆ = 51.47 | |
| r ₁₃ = 38.362 | d ₁₃ = 0.80 | n _{d7} = 2.00069 | d ₇ = 25.46 | |
| r ₁₄ = 3.667 | d ₁₄ = (可変) | | | |
| r ₁₅ = 14.436 (非球面) | d ₁₅ = 2.07 | n _{d8} = 1.74330 | d ₈ = 49.33 | |
| r ₁₆ = -91.806 | d ₁₆ = (可変) | | | |
| 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 = 0.35 | | | |
| r ₂₁ = (撮像面) | | | | 40 |

非球面係数

第4面

R = -68.862
 K = 0.000
 A₄ = 1.40060e-05
 A₆ = 4.74804e-08
 A₈ = -1.12302e-09
 A₁₀ = 6.63012e-12

第5面

$R = -22.850$
 $K = 0.005$
 $A_4 = 4.03460e-04$
 $A_6 = -7.22829e-06$
 $A_8 = 6.48822e-08$
 $A_{10} = -8.73779e-11$

第6面

$R = 5.672$
 $K = -0.125$
 $A_4 = -1.79384e-04$
 $A_6 = 1.31075e-05$
 $A_8 = -1.16124e-06$
 $A_{10} = 8.98567e-09$

10

第10面

$R = 4.712$
 $K = -0.084$
 $A_4 = -3.51732e-04$
 $A_6 = 2.84641e-05$
 $A_8 = 5.84562e-06$
 $A_{10} = 4.88769e-07$

20

第11面

$R = -14.330$
 $K = 0.000$
 $A_4 = 1.77733e-03$
 $A_6 = 5.54637e-05$
 $A_8 = 1.61880e-05$
 $A_{10} = 5.93748e-07$

30

第15面

$R = 14.436$
 $K = 0.000$
 $A_4 = -4.85530e-05$
 $A_6 = 2.21564e-05$
 $A_8 = -1.01006e-06$
 $A_{10} = 1.88543e-08$

40

ズームデータ()

| | W E | S T | T E |
|----------|-------|-------|-------|
| f (mm) | 5.06 | 12.01 | 24.25 |
| F_{NO} | 3.39 | 4.97 | 5.05 |
| 2 (°) | 79.96 | 35.52 | 17.47 |
| d_4 | 0.65 | 4.60 | 15.76 |
| d_8 | 12.81 | 4.53 | 1.33 |
| d_{14} | 2.79 | 8.13 | 8.51 |
| d_{16} | 2.64 | 3.14 | 2.93 |

50

【 0 1 8 0 】

実施例 6

| | | | | | | | |
|------------|---------------|------------|------|-------------|---------|------------|-------|
| $r_1 =$ | 62.175 | $d_1 =$ | 0.80 | $n_{d1} =$ | 2.00170 | $d_1 =$ | 20.64 |
| $r_2 =$ | 30.238 | $d_2 =$ | 0.10 | | | | |
| $r_3 =$ | 22.683 | $d_3 =$ | 2.74 | $n_{d2} =$ | 1.76802 | $d_2 =$ | 49.24 |
| $r_4 =$ | -70.003 (非球面) | $d_4 =$ | (可変) | | | | |
| $r_5 =$ | -21.636 (非球面) | $d_5 =$ | 0.87 | $n_{d3} =$ | 1.83481 | $d_3 =$ | 42.71 |
| $r_6 =$ | 5.619 (非球面) | $d_6 =$ | 2.02 | | | | 10 |
| $r_7 =$ | 11.015 | $d_7 =$ | 2.12 | $n_{d4} =$ | 1.94595 | $d_4 =$ | 17.98 |
| $r_8 =$ | 28.744 | $d_8 =$ | (可変) | | | | |
| $r_9 =$ | (絞り) | $d_9 =$ | 0.10 | | | | |
| $r_{10} =$ | 4.673 (非球面) | $d_{10} =$ | 2.61 | $n_{d5} =$ | 1.58913 | $d_5 =$ | 61.14 |
| $r_{11} =$ | -14.486 (非球面) | $d_{11} =$ | 0.10 | | | | |
| $r_{12} =$ | 6.566 | $d_{12} =$ | 1.30 | $n_{d6} =$ | 1.67790 | $d_6 =$ | 50.72 |
| $r_{13} =$ | 28.591 | $d_{13} =$ | 0.80 | $n_{d7} =$ | 2.00069 | $d_7 =$ | 25.46 |
| $r_{14} =$ | 3.627 | $d_{14} =$ | (可変) | | | | |
| $r_{15} =$ | 13.996 (非球面) | $d_{15} =$ | 2.07 | $n_{d8} =$ | 1.74330 | $d_8 =$ | 49.33 |
| $r_{16} =$ | -127.391 | $d_{16} =$ | (可変) | | | | 20 |
| $r_{17} =$ | | $d_{17} =$ | 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 |
| $r_{20} =$ | | $d_{20} =$ | 0.35 | | | | |
| $r_{21} =$ | (撮像面) | | | | | | |

非球面係数

第4面

| | | | | | | | |
|------------|--------------|--|--|--|--|--|----|
| $R =$ | -70.003 | | | | | | |
| $K =$ | 0.000 | | | | | | 30 |
| $A_4 =$ | 1.20840e-05 | | | | | | |
| $A_6 =$ | 7.76197e-08 | | | | | | |
| $A_8 =$ | -1.68487e-09 | | | | | | |
| $A_{10} =$ | 1.05563e-11 | | | | | | |

第5面

| | | | | | | | |
|------------|--------------|--|--|--|--|--|----|
| $R =$ | -21.636 | | | | | | |
| $K =$ | 0.004 | | | | | | |
| $A_4 =$ | 4.00902e-04 | | | | | | |
| $A_6 =$ | -7.46870e-06 | | | | | | 40 |
| $A_8 =$ | 7.98424e-08 | | | | | | |
| $A_{10} =$ | -2.55494e-10 | | | | | | |

第6面

| | | | | | | | |
|------------|--------------|--|--|--|--|--|----|
| $R =$ | 5.619 | | | | | | |
| $K =$ | -0.119 | | | | | | |
| $A_4 =$ | -1.83831e-04 | | | | | | |
| $A_6 =$ | 1.27460e-05 | | | | | | |
| $A_8 =$ | -1.17445e-06 | | | | | | |
| $A_{10} =$ | 9.45337e-09 | | | | | | 50 |

第10面

$R = 4.673$
 $K = -0.080$
 $A_4 = -3.64410e-04$
 $A_6 = 3.88128e-05$
 $A_8 = 3.87823e-06$
 $A_{10} = 7.28414e-07$

第11面

$R = -14.486$
 $K = 0.000$
 $A_4 = 1.77598e-03$
 $A_6 = 8.31238e-05$
 $A_8 = 9.04999e-06$
 $A_{10} = 1.61068e-06$

10

第15面

$R = 13.996$
 $K = 0.000$
 $A_4 = -4.62486e-05$
 $A_6 = 2.50668e-05$
 $A_8 = -1.31854e-06$
 $A_{10} = 2.85912e-08$

20

ズームデータ()

| | W E | S T | T E | |
|----------|-------|-------|-------|----|
| f (mm) | 5.06 | 12.03 | 24.30 | |
| F_{NO} | 3.38 | 4.95 | 5.05 | |
| 2 (°) | 80.22 | 35.50 | 17.42 | 30 |
| d_4 | 0.67 | 4.59 | 15.71 | |
| d_8 | 12.79 | 4.54 | 1.39 | |
| d_{14} | 2.79 | 8.12 | 8.57 | |
| d_{16} | 2.63 | 3.11 | 2.92 | |

【0181】

実施例7

| | | | | |
|--------------------------|-----------------|--------------------|---------------|----|
| $r_1 = 94.096$ | $d_1 = 0.80$ | $n_{d1} = 2.00170$ | $d_1 = 20.64$ | |
| $r_2 = 36.640$ | $d_2 = 0.10$ | | | 40 |
| $r_3 = 23.265$ | $d_3 = 2.68$ | $n_{d2} = 1.76802$ | $d_2 = 49.24$ | |
| $r_4 = -65.988$ (非球面) | $d_4 =$ (可変) | | | |
| $r_5 = -20.758$ (非球面) | $d_5 = 0.87$ | $n_{d3} = 1.88300$ | $d_3 = 40.76$ | |
| $r_6 = 5.946$ (非球面) | $d_6 = 2.00$ | | | |
| $r_7 = 13.375$ | $d_7 = 1.88$ | $n_{d4} = 2.10227$ | $d_4 = 17.10$ | |
| $r_8 = 42.000$ | $d_8 =$ (可変) | | | |
| $r_9 =$ (絞り) | $d_9 = 0.10$ | | | |
| $r_{10} = 4.646$ (非球面) | $d_{10} = 2.61$ | $n_{d5} = 1.58913$ | $d_5 = 61.14$ | |
| $r_{11} = -14.474$ (非球面) | $d_{11} = 0.10$ | | | |
| $r_{12} = 6.683$ | $d_{12} = 1.31$ | $n_{d6} = 1.67790$ | $d_6 = 50.72$ | 50 |

| | | | | | | | |
|------------|--------------|------------|------|-------------|---------|------------|-------|
| $r_{13} =$ | 34.534 | $d_{13} =$ | 0.80 | $n_{d7} =$ | 2.00069 | $d_7 =$ | 25.46 |
| $r_{14} =$ | 3.633 | $d_{14} =$ | (可变) | $n_{d8} =$ | 1.74330 | $d_8 =$ | 49.33 |
| $r_{15} =$ | 14.262 (非球面) | $d_{15} =$ | 2.07 | $n_{d9} =$ | 1.54771 | $d_9 =$ | 62.84 |
| $r_{16} =$ | -68.293 | $d_{16} =$ | (可变) | $n_{d10} =$ | 1.51633 | $d_{10} =$ | 64.14 |
| $r_{17} =$ | | $d_{17} =$ | 0.40 | $n_{d11} =$ | | $d_{11} =$ | |
| $r_{18} =$ | | $d_{18} =$ | 0.50 | $n_{d12} =$ | | $d_{12} =$ | |
| $r_{19} =$ | | $d_{19} =$ | 0.50 | $n_{d13} =$ | | $d_{13} =$ | |
| $r_{20} =$ | | $d_{20} =$ | 0.40 | $n_{d14} =$ | | $d_{14} =$ | |
| $r_{21} =$ | (摄像面) | | | | | | |

10

非球面係数

第4面

| | |
|------------|--------------|
| $R =$ | -65.988 |
| $K =$ | 0.000 |
| $A_4 =$ | 1.39994e-05 |
| $A_6 =$ | 4.31110e-08 |
| $A_8 =$ | -9.73594e-10 |
| $A_{10} =$ | 5.44916e-12 |

20

第5面

| | |
|------------|--------------|
| $R =$ | -20.758 |
| $K =$ | 0.005 |
| $A_4 =$ | 3.78537e-04 |
| $A_6 =$ | -5.56165e-06 |
| $A_8 =$ | 2.61919e-08 |
| $A_{10} =$ | 2.68069e-10 |

第6面

| | |
|------------|--------------|
| $R =$ | 5.946 |
| $K =$ | -0.124 |
| $A_4 =$ | -2.24793e-04 |
| $A_6 =$ | 1.51367e-05 |
| $A_8 =$ | -1.22207e-06 |
| $A_{10} =$ | 1.37423e-08 |

30

第10面

| | |
|------------|--------------|
| $R =$ | 4.646 |
| $K =$ | -0.078 |
| $A_4 =$ | -3.99703e-04 |
| $A_6 =$ | 3.77334e-05 |
| $A_8 =$ | 3.98996e-06 |
| $A_{10} =$ | 7.39900e-07 |

40

第11面

| | |
|------------|-------------|
| $R =$ | -14.474 |
| $K =$ | 0.000 |
| $A_4 =$ | 1.73950e-03 |
| $A_6 =$ | 8.20306e-05 |
| $A_8 =$ | 9.91441e-06 |
| $A_{10} =$ | 1.46222e-06 |

50

第15面

$R = 14.262$
 $K = 0.000$
 $A_4 = -6.90526e-05$
 $A_6 = 2.21932e-05$
 $A_8 = -9.10533e-07$
 $A_{10} = 1.48759e-08$

ズームデータ()

10

| | WE | ST | TE |
|----------|-------|-------|-------|
| f (mm) | 5.06 | 11.93 | 24.27 |
| F_{NO} | 3.40 | 4.98 | 5.05 |
| z (°) | 80.76 | 35.88 | 17.48 |
| d_4 | 0.67 | 4.54 | 15.84 |
| d_8 | 12.77 | 4.58 | 1.31 |
| d_{14} | 2.83 | 8.28 | 8.63 |
| d_{16} | 2.62 | 3.08 | 2.92 |

【0182】

20

実施例8

| | | | |
|--------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| $r_1 = 58.074$ | $d_1 = 0.80$ | $n_{d1} = 2.00170$ | $d_1 = 20.64$ |
| $r_2 = 29.126$ | $d_2 = 0.10$ | | |
| $r_3 = 22.139$ | $d_3 = 2.59$ | $n_{d2} = 1.76802$ | $d_2 = 49.24$ |
| $r_4 = -78.668$ (非球面) | $d_4 =$ (可変) | | |
| $r_5 = -25.718$ (非球面) | $d_5 = 0.87$ | $n_{d3} = 1.88300$ | $d_3 = 40.76$ |
| $r_6 = 5.522$ (非球面) | $d_6 = 1.79$ | | |
| $r_7 = 10.009$ | $d_7 = 2.14$ | $n_{d4} = 1.94595$ | $d_4 = 17.98$ |
| $r_8 = 26.958$ | $d_8 =$ (可変) | | |
| $r_9 =$ (絞り) | $d_9 = 1.56$ | | |
| $r_{10} = 5.426$ (非球面) | $d_{10} = 2.61$ | $n_{d5} = 1.58913$ | $d_5 = 61.14$ |
| $r_{11} = -11.325$ (非球面) | $d_{11} = 0.10$ | | |
| $r_{12} = 6.525$ | $d_{12} = 1.54$ | $n_{d6} = 1.69680$ | $d_6 = 55.53$ |
| $r_{13} = 23.505$ | $d_{13} = 0.80$ | $n_{d7} = 2.00069$ | $d_7 = 25.46$ |
| $r_{14} = 3.652$ | $d_{14} =$ (可変) | | |
| $r_{15} = 14.723$ (非球面) | $d_{15} = 2.07$ | $n_{d8} = 1.74330$ | $d_8 = 49.33$ |
| $r_{16} = -65.589$ | $d_{16} =$ (可変) | | |
| $r_{17} =$ | $d_{17} = 0.40$ | $n_{d9} = 1.54771$ | $d_9 = 62.84$ |
| $r_{18} =$ | $d_{18} = 0.50$ | | |
| $r_{19} =$ | $d_{19} = 0.50$ | $n_{d10} = 1.51633$ | $d_{10} = 64.14$ |
| $r_{20} =$ | $d_{20} = 0.35$ | | |
| $r_{21} =$ (撮像面) | | | |

非球面係数

第4面

$R = -78.668$
 $K = 0.000$
 $A_4 = 1.24220e-05$
 $A_6 = 2.39631e-08$

50

$A_8 = -6.58210e-10$
 $A_{10} = 3.80349e-12$

第5面

$R = -25.718$
 $K = 0.004$
 $A_4 = 4.03510e-04$
 $A_6 = -1.13800e-05$
 $A_8 = 1.76519e-07$
 $A_{10} = -9.01353e-10$

10

第6面

$R = 5.522$
 $K = -0.098$
 $A_4 = -1.95478e-04$
 $A_6 = 1.65430e-05$
 $A_8 = -2.04581e-06$
 $A_{10} = 3.13050e-08$

20

第10面

$R = 5.426$
 $K = -0.062$
 $A_4 = -7.09426e-04$
 $A_6 = 1.45894e-05$
 $A_8 = -1.51869e-06$
 $A_{10} = 3.20154e-07$

第11面

$R = -11.325$
 $K = 0.000$
 $A_4 = 7.97676e-04$
 $A_6 = 3.43174e-05$
 $A_8 = -2.71403e-06$
 $A_{10} = 4.90147e-07$

30

第15面

$R = 14.723$
 $K = 0.000$
 $A_4 = -3.54230e-05$
 $A_6 = 1.63624e-05$
 $A_8 = -6.04370e-07$
 $A_{10} = 9.12960e-09$

40

ズームデータ()

| | W E | S T | T E |
|----------|-------|-------|-------|
| f (mm) | 5.06 | 11.98 | 24.27 |
| F_{NO} | 3.16 | 4.67 | 5.05 |
| z (°) | 80.53 | 35.52 | 17.46 |
| d_4 | 0.64 | 4.47 | 15.72 |
| d_8 | 11.04 | 3.51 | 1.29 |

50

| | | | |
|----------|------|------|------|
| d_{14} | 2.77 | 8.06 | 8.79 |
| d_{16} | 2.60 | 3.16 | 2.95 |

【0183】

実施例9

| | | | |
|--------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| $r_1 = 99.053$ | $d_1 = 0.80$ | $n_{d1} = 2.00170$ | $d_1 = 20.64$ |
| $r_2 = 36.640$ | $d_2 = 0.10$ | $n_{d2} = 1.76802$ | $d_2 = 49.24$ |
| $r_3 = 23.602$ | $d_3 = 2.72$ | $n_{d3} = 1.81600$ | $d_3 = 46.62$ |
| $r_4 = -61.570$ (非球面) | $d_4 =$ (可変) | $n_{d4} = 2.10227$ | $d_4 = 17.10$ |
| $r_5 = -18.955$ (非球面) | $d_5 = 0.84$ | $n_{d5} = 1.58913$ | $d_5 = 61.14$ |
| $r_6 = 6.082$ (非球面) | $d_6 = 2.15$ | $n_{d6} = 1.67790$ | $d_6 = 50.72$ |
| $r_7 = 15.037$ | $d_7 = 1.72$ | $n_{d7} = 2.00069$ | $d_7 = 25.46$ |
| $r_8 = 42.000$ | $d_8 =$ (可変) | $n_{d8} = 1.74330$ | $d_8 = 49.33$ |
| $r_9 =$ (絞り) | $d_9 = 0.10$ | $n_{d9} = 1.54771$ | $d_9 = 62.84$ |
| $r_{10} = 4.594$ (非球面) | $d_{10} = 2.61$ | $n_{d10} = 1.51633$ | $d_{10} = 64.14$ |
| $r_{11} = -14.782$ (非球面) | $d_{11} = 0.10$ | | |
| $r_{12} = 7.013$ | $d_{12} = 1.29$ | | |
| $r_{13} = 35.080$ | $d_{13} = 0.80$ | | |
| $r_{14} = 3.735$ | $d_{14} =$ (可変) | | |
| $r_{15} = 14.317$ (非球面) | $d_{15} = 2.07$ | | |
| $r_{16} = -56.567$ | $d_{16} =$ (可変) | | |
| $r_{17} =$ | $d_{17} = 0.40$ | | |
| $r_{18} =$ | $d_{18} = 0.50$ | | |
| $r_{19} =$ | $d_{19} = 0.50$ | | |
| $r_{20} =$ | $d_{20} = 0.37$ | | |
| $r_{21} =$ (撮像面) | | | |

非球面係数

30

第4面

| |
|------------------------|
| $R = -61.570$ |
| $K = 0.000$ |
| $A_4 = 1.41315e-05$ |
| $A_6 = 4.18374e-08$ |
| $A_8 = -9.02777e-10$ |
| $A_{10} = 4.86502e-12$ |

第5面

| |
|-------------------------|
| $R = -18.955$ |
| $K = 0.005$ |
| $A_4 = 4.04887e-04$ |
| $A_6 = -6.53532e-06$ |
| $A_8 = 6.53892e-08$ |
| $A_{10} = -1.64331e-10$ |

第6面

| |
|----------------------|
| $R = 6.082$ |
| $K = -0.124$ |
| $A_4 = -1.71542e-04$ |

40

50

$A_6 = 1.45171e-05$
 $A_8 = -1.17570e-06$
 $A_{10} = 1.72357e-08$

第10面

$R = 4.594$
 $K = -0.078$
 $A_4 = -3.30111e-04$
 $A_6 = 4.86037e-05$
 $A_8 = 3.10752e-06$
 $A_{10} = 9.98370e-07$

10

第11面

$R = -14.782$
 $K = 0.000$
 $A_4 = 1.89564e-03$
 $A_6 = 1.06499e-04$
 $A_8 = 6.77189e-06$
 $A_{10} = 2.31800e-06$

20

第15面

$R = 14.317$
 $K = 0.000$
 $A_4 = -7.77744e-05$
 $A_6 = 1.98878e-05$
 $A_8 = -7.24814e-07$
 $A_{10} = 9.65808e-09$

ズームデータ()

| | W E | S T | T E |
|----------|-------|-------|-------|
| f (mm) | 5.06 | 11.89 | 24.27 |
| F_{NO} | 3.37 | 4.92 | 4.99 |
| 2 (°) | 81.17 | 35.94 | 17.43 |
| d_4 | 0.67 | 4.57 | 15.91 |
| d_8 | 12.76 | 4.53 | 1.15 |
| d_{14} | 2.81 | 8.30 | 8.66 |
| d_{16} | 2.67 | 3.09 | 2.96 |

30

【0184】

以上の実施例1～9の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図10～図18に示す。これら収差図において、(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、“FY”は最大像高を示す。

40

【0185】

次に、各実施例における上記各条件式の値を掲げる。

(条件式の値)

| | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| (1) n_{d2n} | 1.88300 | 1.80495 | 1.80495 | 1.80495 | 1.88300 |
| (2) d_{2n} | 40.76 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.76 |

50

| | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|--------|---------|----|
| (A) f_{1n} / f_t | 2.697 | 1.579 | 1.367 | 2.042 | 2.425 | |
| (B) f_{2n} / f_t | 0.162 | 0.163 | 0.166 | 0.148 | 0.209 | |
| (C) f_{1n} / f_{2n} | 16.63 | 9.67 | 8.26 | 13.84 | 11.59 | |
| (D) f_{1n} / f_{1p} | 3.368 | 2.421 | 2.363 | 3.053 | 2.616 | |
| (3) $S F_{2p}$ | -1.955 | -2.593 | -2.667 | -2.542 | -1.902 | |
| (4) f_2 / f_t | 0.273 | 0.266 | 0.270 | 0.255 | 0.351 | |
| (5) n_{d2p} | 1.92286 | 1.92286 | 1.92286 | 2.0017 | 1.94595 | |
| (6) $d2p$ | 18.90 | 18.90 | 18.90 | 20.64 | 17.98 | |
| (7) $S F_{2n}$ | 0.663 | 0.568 | 0.624 | 0.616 | 0.602 | |
| (8) ($a_s p_{2nf}$ + $a_s p_{2nr}$) / f_w | 0.054 | 0.059 | 0.057 | 0.090 | 0.131 | 10 |
| (9) L_{1np} / L_1 | 0.079 | - | 0.095 | 0.077 | 0.028 | |
| (10) f_1 / f_t | 1.161 | 1.145 | 1.010 | 1.021 | 1.492 | |
| (11) f_3 / f_t | 0.326 | 0.314 | 0.333 | 0.328 | 0.381 | |
| (12) f_4 / f_t | 0.586 | 0.539 | 0.490 | 0.502 | 0.594 | |
| (13) f_t / f_w | 4.810 | 4.800 | 4.847 | 4.781 | 4.791 | |

| | 実施例 6 | 実施例 7 | 実施例 8 | 実施例 9 | |
|---|---------|---------|---------|---------|----|
| (1) n_{d2n} | 1.83481 | 1.88300 | 1.88300 | 1.81600 | 20 |
| (2) $d2n$ | 42.71 | 40.76 | 40.76 | 46.62 | |
| (A) f_{1n} / f_t | 2.449 | 2.486 | 2.438 | 2.407 | |
| (B) f_{2n} / f_t | 0.217 | 0.212 | 0.209 | 0.229 | |
| (C) f_{1n} / f_{2n} | 11.30 | 11.70 | 11.64 | 10.51 | |
| (D) f_{1n} / f_{1p} | 2.634 | 2.658 | 2.600 | 2.594 | |
| (3) $S F_{2p}$ | -2.243 | -1.935 | -2.181 | -2.115 | |
| (4) f_2 / f_t | 0.348 | 0.353 | 0.349 | 0.357 | |
| (5) n_{d2p} | 1.94595 | 2.10226 | 1.94595 | 2.10226 | |
| (6) $d2p$ | 17.98 | 17.10 | 17.98 | 17.1 | |
| (7) $S F_{2n}$ | 0.588 | 0.555 | 0.646 | 0.5142 | 30 |
| (8) ($a_s p_{2nf}$ + $a_s p_{2nr}$) / f_w | 0.150 | 0.124 | 0.108 | 0.1180 | |
| (9) L_{1np} / L_1 | 0.027 | 0.028 | 0.029 | 0.028 | |
| (10) f_1 / f_t | 1.495 | 1.489 | 1.523 | 1.4984 | |
| (11) f_3 / f_t | 0.379 | 0.384 | 0.375 | 0.3870 | |
| (12) f_4 / f_t | 0.599 | 0.563 | 0.574 | 0.5459 | |
| (12) f_t / f_w | 4.800 | 4.794 | 4.793 | 4.7947 | |

【0186】

次に、上記各実施例の効果について説明する。各実施例では、カメラの薄型化を行い易いように配慮された、5倍程度の高変倍比を持つズームレンズ光学系を実現している。また、撮影画像の画質は良好に維持されており、またCCDやCMOS等の電子撮像素子に適し、構成レンズ枚数の低減も達成したズームレンズ光学系を実現している。それにより、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すことが可能となる。

【0187】

なお、本発明や各実施例にて、明るさ絞りと一体で移動するシャッターユニットを備える構成とすると、シャッターユニットが大型化せずにすみ、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。

またゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り以外にフレア絞りを

配置してもかまわない。

【0188】

フレア絞りは第1レンズ群の物体側、第1、2レンズ群間、第2、3レンズ群間、第3、4レンズ群間、第4レンズ群から像面間のいずれの場所に配置しても良い。

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良いし、別の部材を構成しても良い。また光学系に直接印刷しても塗装してもシールなど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、いか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しても良い。

【0189】

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、カバーガラス等に行ってもかまわない。

【0190】

また、ピント調節を行うためのフォーカシングは第4レンズ群の移動で行うことが望ましい。第4レンズ群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にかかる負荷が少ない。さらに、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レンズ群の移動によるフォーカシングが望ましいが、第1、2、3レンズ群でフォーカシングを行っても良い。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良い。またズームレンズ系全体を繰り出してフォーカシングを行っても良いし、一部のレンズを繰り出し、もしくは繰り込みしてフォーカシングしても良い。

10

【0191】

また、画像周辺部の明るさのかけり（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良い。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良い。また画像処理により画像周辺部の低下量を補正しても良い。

20

【0192】

また、意図的に光学系で歪曲収差を出しておき、撮影後に電気的に画像処理を行って歪みを補正してもかまわない。

30

RGBそれぞれの色の画像について個別に歪曲収差や倍率の補正を行えば、倍率の色収差も同時に電気的に補正できる。

【0193】

図19～図21は、以上のようなズームレンズを撮影光学系141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19はデジタルカメラ140の外観を示す前方斜視図、図20は同後方正面図、図21はデジタルカメラ140の構成を示す模式的な断面図である。ただし、図19と図21においては、撮影光学系141の非沈胴時を示している。デジタルカメラ140は、この例の場合、撮影用光路142を有する撮影光学系141、ファインダー用光路144を有するファインダー光学系143、シャッターボタン145、フラッシュ146、液晶表示モニター147、焦点距離変更ボタン161、設定変更スイッチ162等を含み、撮影光学系141の沈胴時には、カバー160をスライドすることにより、撮影光学系141とファインダー光学系143とフラッシュ146はそのカバー160で覆われる。そして、カバー160を開いてカメラ140を撮影状態に設定すると、撮影光学系141は図21の非沈胴状態になり、カメラ140の上部に配置されたシャッターボタン145を押圧すると、それに連動して撮影光学系141、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141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FとカバーガラスCを介してCCD149の撮像面上に形成される。このCCD149で受光された物体像は、処理手段151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147に表示される。また、この処理手段151には記録手段152が接続され、撮影された電子画像

40

50

を記録することもできる。なお、この記録手段 152 は処理手段 151 と別体に設けててもよいし、フレキシブルディスクやメモリーカード、MO 等により電子的に記録書きを行うように構成してもよい。また、CCD149 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。

【0194】

さらに、ファインダー用光路 144 上にはファインダー用対物光学系 153 が配置している。ファインダー用対物光学系 153 は、複数のレンズ群（図の場合は 3 群）と 2 つのプリズムからなり、撮影光学系 141 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 153 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 155 の視野枠 157 上に形成される。この正立プリズム 155 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 159 が配置されている。なお、接眼光学系 159 の射出側にカバー部材 150 が配置されている。

10

【0195】

このように構成されたデジタルカメラ 140 は、撮影光学系 141 が本発明により、沈胴時に厚みを極めて薄く、高変倍で全変倍域で結像性能を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。

【産業上の利用可能性】

【0196】

本発明では、カメラの薄型化を行い易いように配慮された、5 倍程度の高変倍比を持つズームレンズ光学系を実現できる。当然ながら撮影画像の画質は良好に維持されており、また CCD や CMOS 等の電子撮像素子に有用である。

20

【図面の簡単な説明】

【0197】

【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。

【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。

30

【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】実施例 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 11】実施例 2 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 12】実施例 3 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 13】実施例 4 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 14】実施例 5 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 15】実施例 6 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 16】実施例 7 の無限遠物点合焦時の収差図である。

40

【図 17】実施例 8 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 18】実施例 9 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 19】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。

【図 20】図 19 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 21】図 19 のデジタルカメラの断面図である。

【符号の説明】

【0198】

G1 … 第 1 レンズ群

G2 … 第 2 レンズ群

G3 … 第 3 レンズ群

50

G 4 ... 第 4 レンズ群

S ... 開口絞り

F ... ローパスフィルタ

C ... カバーガラス

I ... 像面

1 4 0 ... デジタルカメラ

1 4 1 ... 撮影光学系

1 4 2 ... 撮影用光路

1 4 3 ... ファインダー光学系

1 4 4 ... ファインダー用光路

1 4 5 ... シャッター ボタン

1 4 6 ... フラッシュ

1 4 7 ... 液晶表示モニター

1 4 9 ... C C D

1 5 0 ... カバー部材

1 5 1 ... 処理手段

1 5 2 ... 記録手段

1 5 3 ... ファインダー用対物光学系

1 5 5 ... 正立プリズム

1 5 7 ... 視野枠

1 5 9 ... 接眼光学系

1 6 0 ... カバー

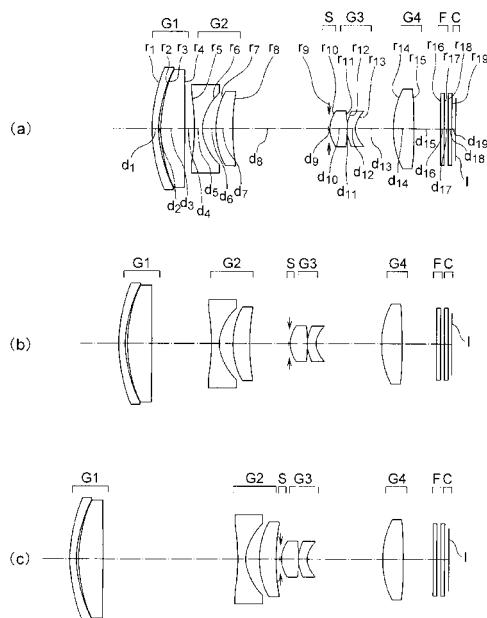
1 6 1 ... 焦点距離変更ボタン

1 6 2 ... 設定変更スイッチ

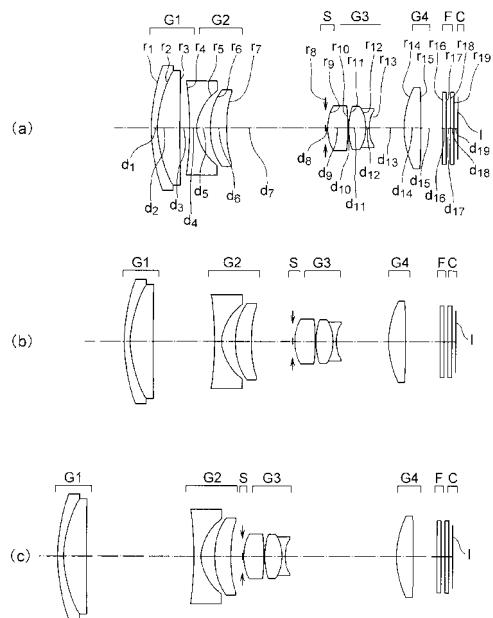
10

20

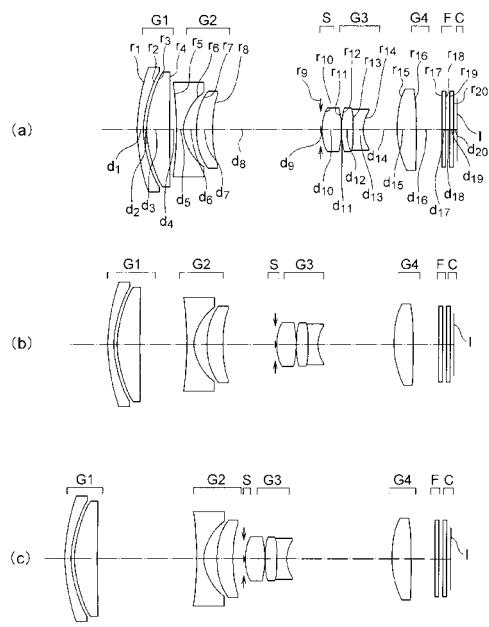
【図 1】



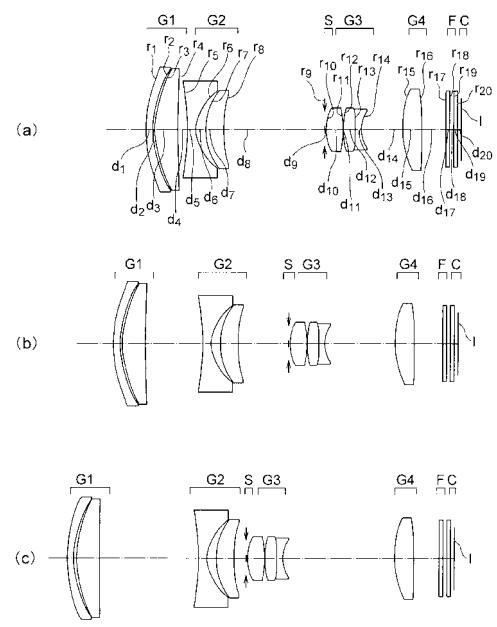
【図 2】



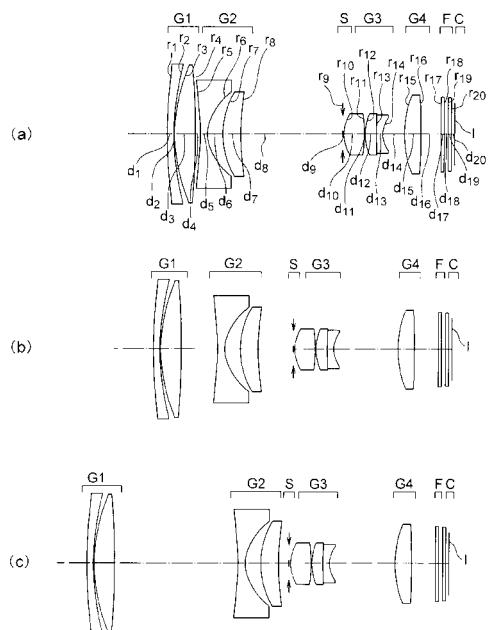
【図3】



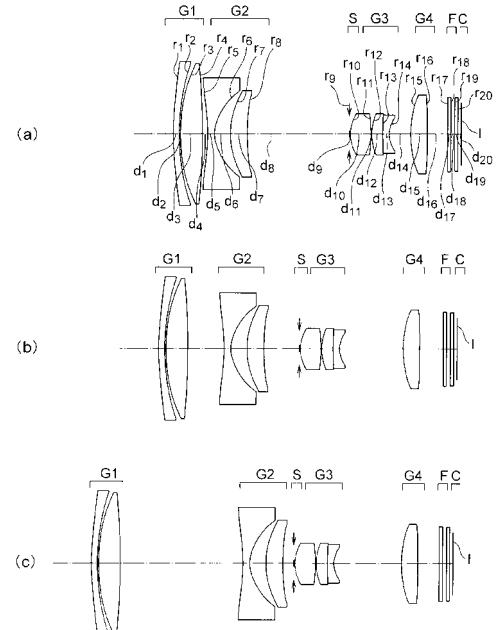
【図4】



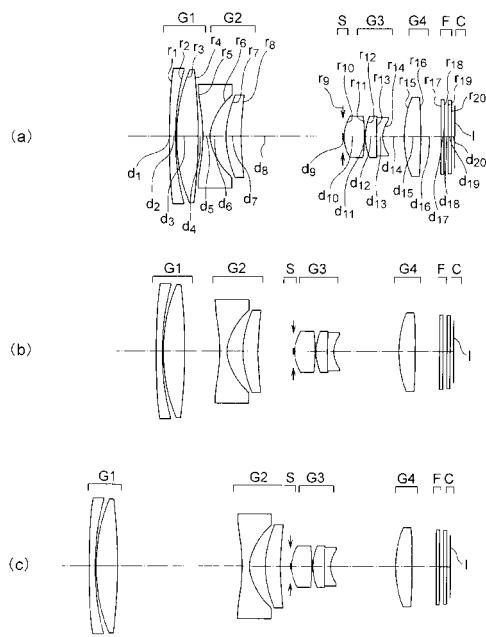
【図5】



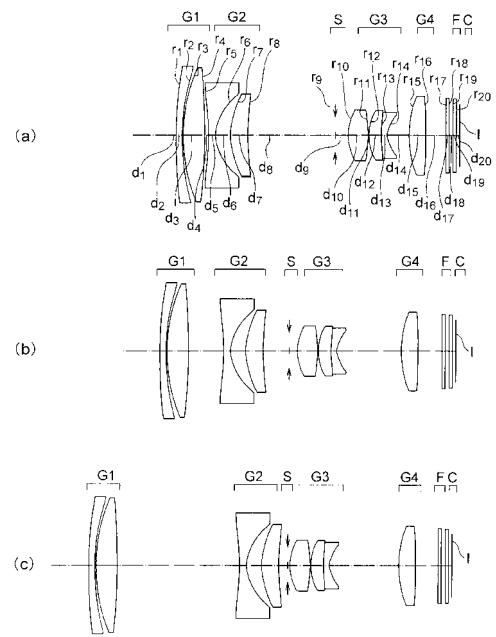
【図6】



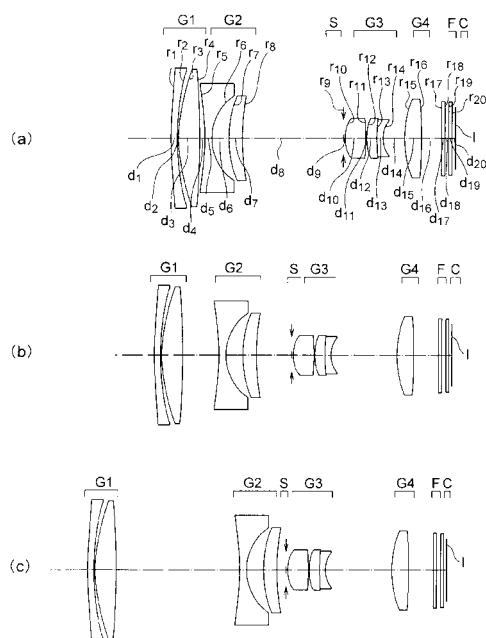
【図7】



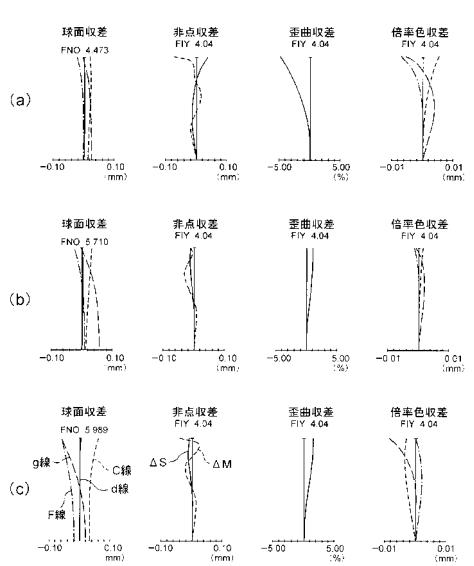
【図8】



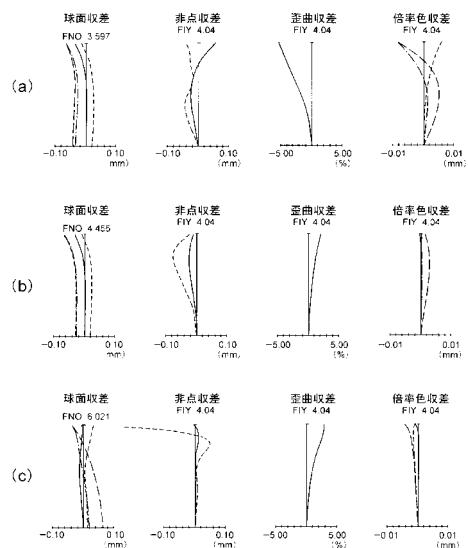
【図9】



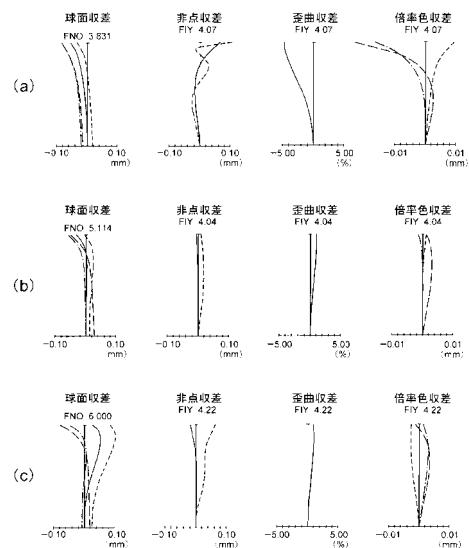
【図10】



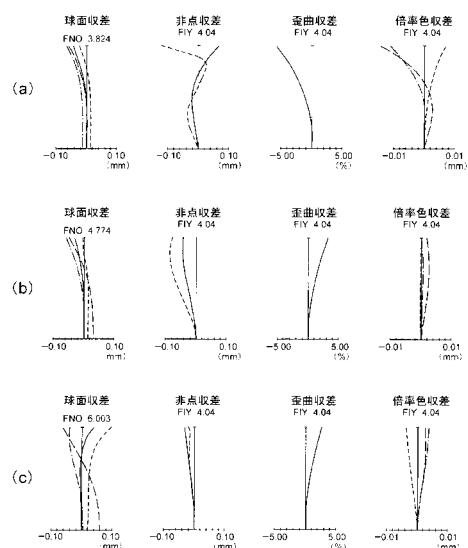
【図11】



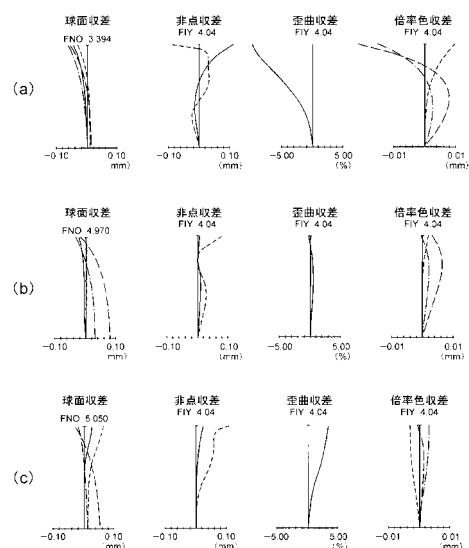
【図12】



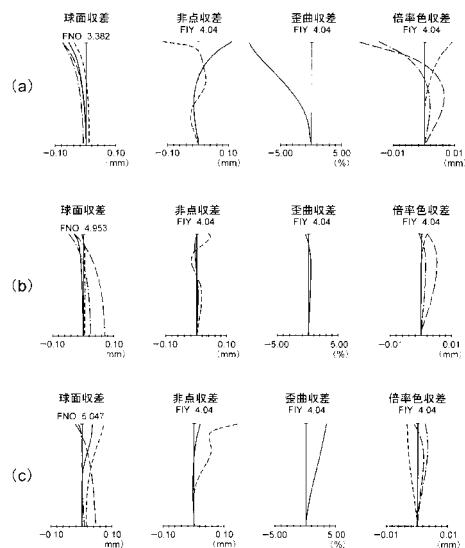
【図13】



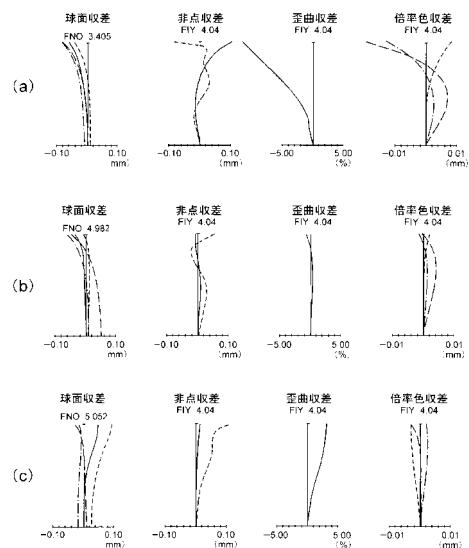
【図14】



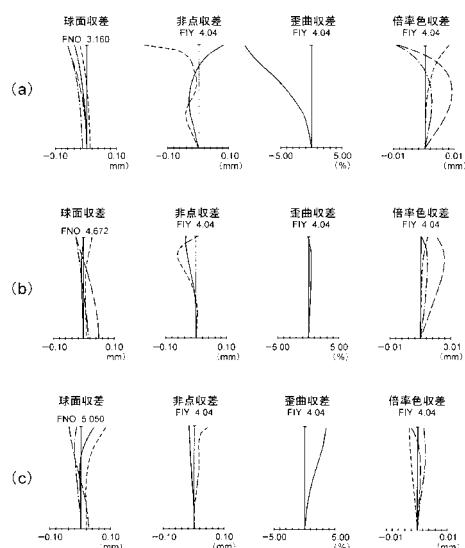
【図15】



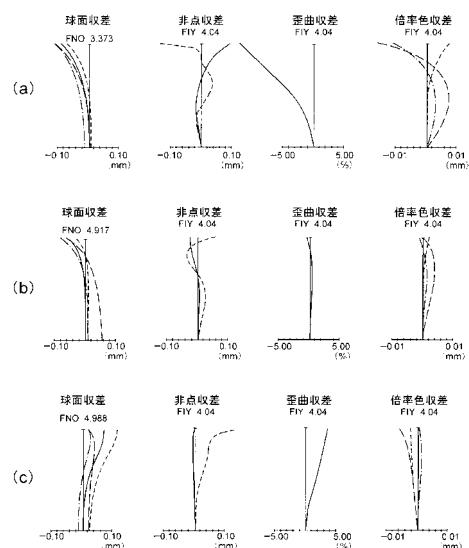
【図16】



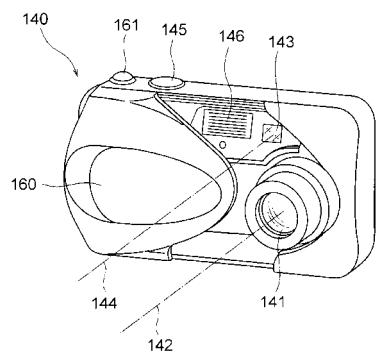
【図17】



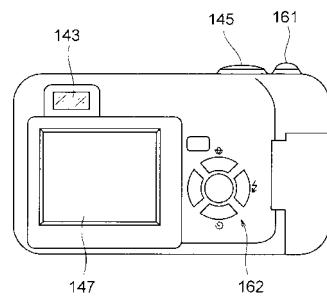
【図18】



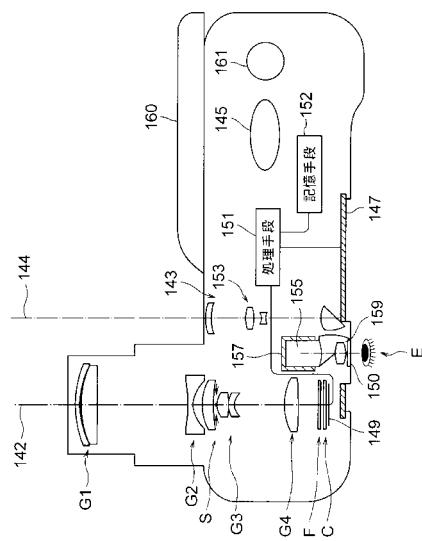
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | | | |
|---------|-----------|---|-----------|
| G 0 2 B | 9 / 0 0 | - | 1 7 / 0 8 |
| G 0 2 B | 2 1 / 0 2 | - | 2 1 / 0 4 |
| G 0 2 B | 2 5 / 0 0 | - | 2 5 / 0 4 |