

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5695497号
(P5695497)

(45) 発行日 平成27年4月8日(2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

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

請求項の数 20 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2011-118208 (P2011-118208)	(73) 特許権者	504371974
(22) 出願日	平成23年5月26日 (2011.5.26)		オリンパスイメージング株式会社
(65) 公開番号	特開2012-247562 (P2012-247562A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成24年12月13日 (2012.12.13)	(74) 代理人	100123962
審査請求日	平成26年3月11日 (2014.3.11)		弁理士 斎藤 圭介
		(74) 代理人	100120204
			弁理士 平山 巖
		(72) 発明者	三木 真優
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスイメージング株式会社内
		(72) 発明者	細谷 剛
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスイメージング株式会社内

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撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群を、正の屈折力の第3レンズ群と、負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力の第5レンズ群からなるズームレンズにおいて、

広角端から望遠端への変倍に際し、
 前記第1レンズ群は物体側に移動し、
 前記第3レンズ群は物体側に移動し、
 前記第4レンズ群は物体側に移動し、
 前記第5レンズ群は移動し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増加し、
 前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、
 前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、
 前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が増加し、

以下の条件式(1)、(2)、(3)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$1.54 < \frac{4T}{4W} < 3.0 \dots (1)$$

$$1.0 < \frac{3T}{3W} < 5.0 \dots (2)$$

$$1.0 < \frac{5T}{5W} < 3.0 \dots (3)$$

但し、

$4T$ は、望遠端における前記第4レンズ群の横倍率、

w_4 は、広角端における前記第 4 レンズ群の横倍率、
 T_3 は、望遠端における前記第 3 レンズ群の横倍率、
 w_3 は、広角端における前記第 3 レンズ群の横倍率、
 T_5 は、望遠端における前記第 5 レンズ群の横倍率、
 w_5 は、広角端における前記第 5 レンズ群の横倍率、
 である。

【請求項 2】

以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$1.0 < 3G / 4G < 1.9 \dots (4)$$

但し、

$3G$ は、前記第 3 レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、
 $4G$ は、前記第 4 レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

である。

ここで、前記移動量は、物体側への移動を正の値とする。

【請求項 3】

以下の条件式 (5) を満たすことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のズームレンズ。

$$0.05 < |f_4| / f_t < 0.14 \dots (5)$$

但し、

f_4 は、前記第 4 レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 4】

以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$0.05 < |f_5| / f_t < 0.3 \dots (6)$$

但し、

f_5 は、前記第 5 レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 5】

以下の条件式 (7) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$0.05 < |f_3| / f_t < 0.15 \dots (7)$$

但し、

f_3 は、前記第 3 レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端における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 (8) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$0.02 < |f_2| / f_t < 0.15 \dots (8)$$

但し、

f_2 は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、
 f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 7】

以下の条件式 (9) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$0.2 < |f_1| / f_t < 0.6 \dots (9)$$

10

20

30

40

50

但し、

f_1 は、前記第 1 レンズ群の焦点距離、

f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 8】

以下の条件式 (1 0 - 1) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$-0.7 \leq 5G / 4G \leq 0 \cdots (10-1)$$

但し、

4G は、前記第 4 レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

5G は、前記第 5 レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

である。

ここで、前記移動量は、物体側への移動を正の値とする。

【請求項 9】

以下の条件式 (1 1 - 1) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$-1.5 \leq 5G / f_w \leq 0 \cdots (11-1)$$

但し、

5G は、前記第 5 レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

f_w は、広角端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

ここで、前記移動量は、物体側への移動を正の値とする。

【請求項 10】

前記第 3 レンズ群は絞りと一体移動し、以下の条件式 (1 2) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$3G / f_t \geq 0.2 \cdots (12)$$

但し、

3G は、前記第 3 レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

ここで、前記移動量は、物体側への移動を正の値とする。

【請求項 11】

以下の条件式 (1 3) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$(2_T / 2_W) / (f_t / f_w) \geq 0.45 \cdots (13)$$

但し、

2_T は、望遠端における前記第 2 レンズ群の横倍率、

2_W は、広角端における前記第 2 レンズ群の横倍率、

f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

f_w は、広角端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 12】

以下の条件式 (1 4) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$|2_T| \geq 0.8 \cdots (14)$$

但し、

2_T は、望遠端における前記第 2 レンズ群の横倍率、

である。

【請求項 13】

前記第 1 レンズ群が、正の屈折力の第 1 レンズと正の屈折力の第 2 レンズを含み、

10

20

30

40

50

以下の条件式(15)、(16)を満たすことを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか1項に記載のズームレンズ。

$$-2.0 < (R_{1r} + R_{1l}) / (R_{1r} - R_{1l}) < 0.3 \dots (15)$$

$$-2.0 < (R_{2r} + R_{2l}) / (R_{2r} - R_{2l}) < 0.9 \dots (16)$$

但し、

R_{1r} は、前記第1レンズ群中の前記第1レンズの物体側の曲率半径、

R_{1l} は、前記第1レンズ群中の前記第1レンズの像側の曲率半径、

R_{2r} は、前記第1レンズ群中の前記第2レンズの物体側の曲率半径、

R_{2l} は、前記第1レンズ群中の前記第2レンズの像側の曲率半径、

である。

10

【請求項14】

前記第1レンズ群が、負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズとの接合レンズを含み、

以下の条件式(17)を満たすことを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか1項に記載のズームレンズ。

$$0.4 < R_{1c} / f_1 < 0.7 \dots (17)$$

但し、

f_1 は、前記第1レンズ群の焦点距離、

R_{1c} は、前記第1レンズ群中の接合レンズにおける、接合面の曲率半径である。

【請求項15】

20

前記第4レンズ群は1枚のレンズで構成され、

前記第5レンズ群は1枚のレンズで構成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項14のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項16】

前記第4レンズ群は、1枚のレンズのみを有し、

前記1枚のレンズは負レンズであり、以下の条件式(18)を満たすことを特徴とする請求項1乃至請求項15のいずれか1項に記載のズームレンズ。

$$d_4 < 6.0 \dots (18)$$

但し、

d_4 は、前記第4レンズ群中の1枚の負レンズのアッペ数、

30

である。

【請求項17】

以下の条件式(19)を満たすことを特徴とする請求項13に記載のズームレンズ。

$$d_{1G} < 7.0 \dots (19)$$

但し、

d_{1G} は、前記第1レンズ群内の正レンズのアッペ数の平均値、

である。

【請求項18】

以下の条件式(20)を満たすことを特徴とする請求項1乃至請求項17のいずれか1項に記載のズームレンズ。

40

$$f_t / f_w > 1.1 \dots (20)$$

但し、

f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、

f_w は、広角端における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(21)を満たすことを特徴とする請求項1乃至請求項18のいずれか1項に記載のズームレンズ。

$$d_t / f_t < 1.0 \dots (21)$$

但し、

50

d_t は、望遠端における前記ズームレンズの全長、
 f_t は、望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離、
 である。

【請求項 20】

請求項 1 乃至請求項 19 のいずれか 1 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
 信号に変換する撮像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズおよびそれを用いた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年では、銀塩フィルムを用いたカメラに代わり、CCD や CMOS といった個体撮像
 素子を用いて被写体を撮影するデジタルカメラが主流となっている。更に、デジタルカメ
 ラは、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。

【0003】

このうち、普及タイプのデジタルカメラに対しては、いつでもどこでも手軽に幅広いシ
 ーンで撮影を楽しみたいというユーザーの要望がある。特に、薄型のデジタルカメラは、
 服やカバンのポケット等への収納性がよく、持ち運びが便利なことから、このようなタイ
 プのデジタルカメラが好まれるようになってきている。そのため、撮影レンズ系にもより一層
 の小型化が要求されている。

【0004】

また、撮像素子の画素数が増加の傾向にあるため、高画素数化に対応した高い光学性能
 が光学系に求められている。また撮影領域を広げるという観点から、変倍比が 10 倍を超
 えるズームレンズも一般化してきているが、更なる高変倍化が期待されている。その一方
 で、画角についても広角化の期待もある。

【0005】

こういった要求に応えるべく様々なタイプのズームレンズ系が提案されている。比較的
 高変倍比でコンパクトなズームレンズとしては、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レン
 ズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ
 群、正の屈折力の第 5 レンズ群を有するズームレンズが知られている（特許文献 1、特許
 文献 2、特許文献 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2010 - 276655 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 33868 号公報

【特許文献 3】特開 2009 - 186983 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献 1 及び特許文献 2 に開示されているズームレンズは、変倍比が 40 倍前後のズ
 ームレンズである。このズームレンズでは、変倍比の負担割合が第 2 レンズ群及び第 3 レ
 ンズ群で大きくなっている。そのため、第 2 レンズ群及び第 3 レンズ群で発生する収差
 が大きくなる。その結果、この第 2 レンズ群及び第 3 レンズ群で収差を補正することが難
 しい。また、望遠端での全長が長くなるので、コンパクトな光学系を設計するのに困難な
 構成である。

【0008】

10

20

30

40

50

一方、特許文献3に開示されているズームレンズは、変倍比の負担割合が各レンズ群に比較的バランスよく配分されている。しかしながら、変倍比は10倍前後であり、さらなる高変倍比への要望に応えるには不十分であった。

【0009】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、高い変倍比を得ながら、レンズ径が小さく光学系全長の短いコンパクトなズームレンズおよびそれを用いた撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群を、正の屈折力の第3レンズ群と、負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力の第5レンズ群からなるズームレンズにおいて、

広角端から望遠端への変倍に際し、第1レンズ群は物体側に移動し、第3レンズ群は物体側に移動し、第4レンズ群は物体側に移動し、第5レンズ群は移動し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増加し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増加し、

以下の条件式(1)、(2)、(3)を満たすことを特徴とする。

$$1.54 < \frac{4T}{4W} < 3.0 \dots (1)$$

$$1.0 < \frac{3T}{3W} < 5.0 \dots (2)$$

$$1.0 < \frac{5T}{5W} < 3.0 \dots (3)$$

但し、

$4T$ は、望遠端における第4レンズ群の横倍率、

$4W$ は、広角端における第4レンズ群の横倍率、

$3T$ は、望遠端における第3レンズ群の横倍率、

$3W$ は、広角端における第3レンズ群の横倍率、

$5T$ は、望遠端における第5レンズ群の横倍率、

$5W$ は、広角端における第5レンズ群の横倍率、

である。

【0011】

本発明のズームレンズでは、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群を、正の屈折力の第3レンズ群と、負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力の第5レンズ群で光学系を構成している。そして、広角端から望遠端への変倍に際し、第1レンズ群は物体側に移動し、第3レンズ群は物体側に移動し、第4レンズ群は物体側に移動し、これにより、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増加し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増加する。

【0012】

このようにすることで、本発明のズームレンズでは、変倍の負担割合を各レンズ群に効率的に(バランス良く)配分することができる。そのため、変倍時に発生する収差変動量を、各レンズ群で小さく抑えることができる。また、各レンズ群の移動量が大きくなることを防止することができる。その結果、光学系のコンパクト化を達成しながら、高い変倍比を持つズームレンズを実現することが出来る。

【0013】

そして、本発明のズームレンズは、条件式(1)、(2)、(3)を満たすことで、各レンズ群における変倍の負担割合をより適切に配分している。

【0014】

条件式(1)は、第4レンズ群の変倍作用に関する条件式である。条件式(1)の下限を上回することで、第4レンズ群の変倍作用を大きく確保できる。この場合、第2レンズ群

10

20

30

40

50

と第3レンズ群における変倍の負担割合の増大が抑制されるので、第2レンズ群と第3レンズ群で発生する収差を抑えることができる。その結果、所望の光学性能を確保しつつ、コンパクトなズームレンズを実現できる。

また、条件式(1)の上限を上回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなりすぎる。そのため、第4レンズ群内で発生する収差の補正が困難となる。

【0015】

条件式(2)は第3レンズ群の変倍作用に関する条件式、条件式(3)は第5レンズ群の変倍作用に関する条件式である。条件式(2)、(3)の各々の下限を上回ることによって、第3レンズ群と第5レンズ群に変倍(増倍)作用を持たせることができる。これにより、第2レンズ群と第4レンズ群における変倍の負担割合が過度になることを防ぐことができる。その結果、各レンズ群における収差変動を抑え、かつ望遠端における望遠比を小さくできる。また、第1レンズ群などのレンズ径を小さくでき、かつ全長の短いコンパクトな光学系を設計できる。

10

また、条件式(2)、(3)の上限を上回ると、第3レンズ群や第5レンズ群の持つ変倍(増倍)作用が大きくなりすぎる。そのため、各々のレンズ群内で発生する収差の補正が難しくなる。

【0016】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(4)を満たすことが好ましい。

$$1.0 < 3G / 4G < 1.9 \dots (4)$$

但し、

3Gは、第3レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

4Gは、第4レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

である。

20

【0017】

条件式(4)は、第3レンズの移動量を、第4レンズ群の移動量で規格化したものである。条件式(4)の上限を上回ると、変倍時における第4レンズ群の移動量に対する第3レンズ群の移動量が多くなりすぎる。そのため、第4レンズ群が第5レンズ群に、より近づくことになる。ここで、第4レンズ群と第5レンズ群では、像面湾曲の補正が行われている。そのため、第4レンズ群が第5レンズ群に近づくことと、第4レンズ群と第5レンズ群との間で偏芯が発生した際に、像面湾曲が補正しきれなくなる。その結果、光学系の性能が著しく低下する。

30

【0018】

また、条件式(4)の下限を下回ると、変倍時における第4レンズ群の移動量に対する第3レンズ群の移動量が少なくなりすぎる。そのため、第4レンズ群が第3レンズ群に、より近づくことになる。ここで、第3レンズ群と第4レンズ群では、球面収差の補正が行われている。そのため、第4レンズ群が第3レンズ群に近づくことと、第3レンズ群と第4レンズ群との間で偏芯が発生した際に、球面収差が補正しきれなくなる。その結果、光学系の性能が著しく低下する。

【0019】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(5)を満たすことが好ましい。

$$0.05 < |f_4| / f_t < 0.14 \dots (5)$$

但し、

f_4 は、第4レンズ群の焦点距離、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

40

【0020】

条件式(5)は、第4レンズ群の焦点距離を、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(5)の上限を上回ると、第4レンズ群の屈折力が弱くなる。この場合、第4レンズ群における変倍の負担割合が小さくなる。そのため、高い変倍比を得ようとするとき、変倍時における第4レンズ群の移動量を大きくする必要があ

50

る。そうすると、ズームレンズの全長が長くなるので、コンパクトなズームレンズを実現することが困難になる。

また、条件式(5)の下限を下回ると、第4レンズ群の屈折力が強くなる。この場合、第4レンズ群内の球面収差や像面湾曲の発生量が大きくなるので、これらの収差補正が困難になる。また、レンズ群の偏芯による影響(収差の発生)も大きくなる。

【0021】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(6)を満たすことが好ましい。

$$0.05 < |f_5| / f_t < 0.3 \dots (6)$$

但し、

f_5 は、第5レンズ群の焦点距離、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0022】

条件式(6)は、第5レンズ群の焦点距離を、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(6)の上限を上回ると、第5レンズ群の屈折力が弱くなる。この場合、第5レンズ群における変倍の負担割合が小さくなるので、変倍比の高いズームレンズを実現することが難しくなる。また、変倍比を大きくしようとすると、ズームレンズをコンパクトな構成にすることが困難になる。

また、条件式(6)の下限を下回ると、第5レンズ群の屈折力が強くなる。この場合、第5レンズ群内の像面湾曲の発生量が大きくなるので、像面湾曲の補正が困難になる。

【0023】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(7)を満たすことが好ましい。

$$0.05 < |f_3| / f_t < 0.15 \dots (7)$$

但し、

f_3 は、第3レンズ群の焦点距離、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0024】

条件式(7)は、第3レンズ群の焦点距離を、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(7)の上限を上回ると、第3レンズ群の屈折力が弱くなる。この場合、第3レンズ群における変倍の負担割合が小さくなる。そのため、高い変倍比を得ようとすると、変倍時における第3レンズ群の移動量を大きくする必要があり、そうすると、ズームレンズの全長が長くなるので、コンパクトなズームレンズを実現することが困難になる。

また、条件式(7)の下限を下回ると、第3レンズ群の屈折力が強くなる。この場合、第3レンズ群内の球面収差や像面湾曲の発生量が大きくなるので、これらの収差補正が困難になる。また、レンズ群の偏芯による影響も大きくなる。

【0025】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(8)を満たすことが好ましい。

$$0.02 < |f_2| / f_t < 0.15 \dots (8)$$

但し、

f_2 は、第2レンズ群の焦点距離、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0026】

条件式(8)は、第2レンズ群の焦点距離を、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(8)の上限を上回ると、第2レンズ群の屈折力が弱くなる。この場合、第2レンズ群における変倍の負担割合が小さくなる。そのため、高い変倍比を得ようとすると、変倍時における第2レンズ群の移動量を大きくする必要があり、そうすると、ズームレンズの全長が長くなるので、コンパクトなズームレンズを実現

10

20

30

40

50

することが困難になる。

また、条件式(8)の下限を下回ると、第2レンズ群の屈折力が強くなる。この場合、第2レンズ群内の像面湾曲の発生量が大きくなるので、像面湾曲の補正が困難になる。また、レンズ群の偏芯による影響も大きくなる。

【0027】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(9)を満たすことが好ましい。

$$0.2 < |f_1| / f_t < 0.6 \dots (9)$$

但し、

f_1 は、第1レンズ群の焦点距離、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0028】

条件式(9)は、第1レンズ群の焦点距離を、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(9)の上限を上回ると、第1レンズ群の屈折力が弱くなる。この場合、第1レンズ群における変倍の負担割合が小さくなる。そのため、高い変倍比を得ようとする、変倍時における第1レンズ群の移動量を大きくする必要がある。そうすると、ズームレンズの全長が長くなるので、コンパクトなズームレンズを実現することが困難になる。

また、条件式(9)の下限を下回ると、第1レンズ群の屈折力が強くなる。この場合、第1レンズ群内の球面収差の発生量が大きくなるので、球面収差の補正が困難になる。

【0029】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(10)を満たすことが好ましい。

$$-0.7 < 5G / 4G < 0 \dots (10)$$

但し、

4Gは、第4レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

5Gは、第5レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

である。

【0030】

条件式(10)は、第5レンズの移動量を、第4レンズ群の移動量で規格化したものである。条件式(10)の上限を上回ると、変倍時に第5レンズ群が物体側に移動することになる。そのため、第5レンズ群の変倍作用が小さくなるので、高変倍なズームレンズを実現することが困難になる。

【0031】

また、条件式(10)の下限を下回ると、変倍時における第4レンズ群の移動量に対する第5レンズ群の移動量が大きくなる。この場合、第5レンズ群での像面湾曲や色収差などは、変倍時の変動が大きくなるので、これらの収差補正が困難となる。また、第5レンズ群の移動量に対する第4レンズ群の移動量が小さくなる。ここで、第4レンズ群と第5レンズ群では、像面湾曲の補正が行われている。そのため、第4レンズ群と第5レンズ群との間で偏芯が発生した際に、像面湾曲が補正しきれなくなる。その結果、光学系の性能が著しく低下する。

【0032】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(11)を満たすことが好ましい。

$$-1.5 < 5G / f_w < 0 \dots (11)$$

但し、

5Gは、第5レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

f_w は、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0033】

条件式(11)は、第5レンズ群の移動量を、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(11)の上限を上回ると、第5レンズ群での変倍

10

20

30

40

50

作用（増倍効果）が得られなくなる。この場合、他のレンズ群での変倍の負担割合が大きくなるので、各レンズ群の収差発生量が増加する。

また、条件式（11）の下限を下回ると、第5レンズ群での像面湾曲や色収差などは、変倍時の変動が大きくなるので、これらの収差補正が困難となる。

【0034】

また、本発明のズームレンズは、第3レンズ群が絞りと一体移動し、以下の条件式（12）を満たすことが好ましい。

$$3G / f_t = 0.2 \cdots (12)$$

但し、

3Gは、第3レンズ群の広角端位置から望遠端位置までの移動量、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、
である。

【0035】

条件式（12）は、第3レンズの移動量を、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離で規格化したものである。条件式（12）を満たすことで、第3レンズ群の移動量を抑制することができる。これにより、変倍時のFナンバーの変動や、諸収差の変動を抑えることができる。

【0036】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式（13）を満たすことが好ましい。

$$(2_T / 2_W) / (f_t / f_w) = 0.45 \cdots (13)$$

但し、

2_T は、望遠端における第2レンズ群の横倍率、

2_W は、広角端における第2レンズ群の横倍率、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

f_w は、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0037】

条件式（13）は第2レンズ群の変倍負担比に関する規定である。条件式（13）を満たすことにより、ズームレンズ全体の変倍比に対する第2レンズ群の変倍比の割合を抑えることができる。その結果、第2レンズ群で発生する諸収差を、効率的に抑制することができる。また、ズーム変倍に伴う収差の変動量が抑制されるため、ズーム全域で良好な光学性能（収差が良好に補正された状態）を確保できる。

【0038】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式（14）を満たすことが好ましい。

$$|2_T| = 0.8 \cdots (14)$$

但し、

2_T は、望遠端における第2レンズ群の横倍率、

である。

【0039】

条件式（14）は、望遠端における第2レンズ群の横倍率に関する規定である。条件式（14）の下限を下回ると、第3レンズ群への入射軸上光束の発散する度合いが大きくなるため、第5レンズ群での有効径が大きくなる。その結果、コンパクトなズームレンズを実現することが困難となる。

【0040】

また、本発明のズームレンズは、第1レンズ群が、正の屈折力の第1レンズと正の屈折力の第2レンズを含み、以下の条件式（15）、（16）を満たすことが好ましい。

$$-2.0 < (R_{1r} + R_{1l}) / (R_{1r} - R_{1l}) < 0.3 \cdots (15)$$

$$-2.0 < (R_{2r} + R_{2l}) / (R_{2r} - R_{2l}) < 0.9 \cdots (16)$$

但し、

R_{1r} は、第1レンズ群中の第1レンズの物体側面の曲率半径、

10

20

30

40

50

R_{1l} は、第1レンズ群中の第1レンズの像側面の曲率半径、
 R_{2r} は、第1レンズ群中の第2レンズの物体側面の曲率半径、
 R_{2l} は、第1レンズ群中の第2レンズの像側面の曲率半径、
 である。

【0041】

条件式(15)、(16)は、第1レンズ群を構成する正の屈折力のレンズ、より詳しくは正の屈折力の第1レンズ及び正の屈折力の第2レンズについてのシェイプファクターである。条件式(15)および(16)を満たすことにより、各レンズで、物体側面の屈折力が像側面の屈折力よりも強くなる。そのため、コマ収差の発生を抑制できる。その結果、第1レンズ群と第2レンズ群との間に群偏芯が生じて、収差の悪化を抑制できる。

10

【0042】

また、本発明のズームレンズは、第1レンズ群が、負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズとの接合レンズを含み、以下の条件式(17)を満たすことが好ましい。

$$0.4 < R_{1c} / f_1 < 0.7 \dots (17)$$

但し、

f_1 は、第1レンズ群の焦点距離、

R_{1c} は、第1レンズ群中の接合レンズにおける、接合面の曲率半径である。

【0043】

条件式(17)は、第1レンズ群中の接合レンズの接合面の曲率半径を、第1レンズ群の焦点距離で規格化したものである。条件式(17)の上限を上回ると、接合面の曲率半径が大きくなる(曲率がゆるくなる)ので、軸上色収差などの発生が大きくなる。

20

条件式(17)の下限を下回ると、接合面の曲率半径が小さくなる(曲率がきつくなる)ので、色コマ収差などの諸収差の発生量が大きくなる。

【0044】

また、本発明のズームレンズは、第4レンズ群は1枚のレンズで構成され、第5レンズは1枚のレンズで構成されていることが好ましい。第4レンズ群と第5レンズ群を、それぞれ最小のレンズ枚数で構成とすることで、ズームレンズをコンパクトな構成とすることができる。

【0045】

また、本発明のズームレンズは、第4レンズを構成する1枚のレンズは負レンズであり、以下の条件式(18)を満たすことが好ましい。

$$d_4 < 60 \dots (18)$$

但し、

d_4 は、第4レンズ群中の1枚の負レンズのアップ数、
 である。

【0046】

条件式(18)は第4レンズ群を構成する負レンズに関する規定である。条件式(18)を満たすことにより、第4レンズ群が担う変倍比が大きくなることで第4レンズ群の移動量が大きくなっても、色収差の変動を抑える事ができる。

【0047】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(19)を満たすことが好ましい。

$$d_{1G} > 70 \dots (19)$$

但し、

d_{1G} は、第1レンズ群内の正レンズのアップ数の平均値、
 である。

【0048】

条件式(19)は、第1レンズ群を構成する正レンズに関する規定である。条件式(19)を満たすことにより、第1レンズ群で発生する色収差を抑えることができる。

【0049】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(20)を満たすことが好ましい。

50

$$f_t / f_w > 1.1 \dots (20)$$

但し、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

f_w は、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0050】

条件式(20)は、ズームレンズ全系の変倍比に関する規定である。条件式(20)を満たすことにより、高い変倍比を確保できる。

【0051】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式(21)を満たすことが好ましい。

$$d_t / f_t < 1.0 \dots (21)$$

但し、

d_t は、望遠端におけるズームレンズの全長、

f_t は、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、

である。

【0052】

条件式(21)は、望遠端におけるズームレンズ全系の全長を、望遠端におけるズームレンズの焦点距離で規格化したものである。条件式(21)を満たすことにより、望遠端でのズームレンズ全長を抑える事が出来る。

【0053】

また、本発明の撮像装置は、上記のズームレンズと、このズームレンズの像側に配置され、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撮像素子とを有することを特徴とする。このようにすることで、広画角で高い変倍比を持つ薄型の撮像装置を実現できる。

【0054】

また、上述の各条件式については、更に以下のようにすることが好ましい。なお、各条件式の上限值のみ、もしくは下限値のみを新たな上限値、下限値としても良い。このようにすることで、各条件式で説明した効果をより有効に得ることができる。

【0055】

また以下のように条件式を変更する事で、より好ましい構成となる。

$$1.54 < 4_T / 4_W < 2.5 \dots (1)'$$

$$1.54 < 4_T / 4_W < 2.1 \dots (1)''$$

$$1.0 < 3_T / 3_W < 4.0 \dots (2)'$$

$$1.0 < 5_T / 5_W < 2.0 \dots (3)'$$

$$1.03 < 3_G / 4_G < 1.8 \dots (4)'$$

$$1.05 < 3_G / 4_G < 1.7 \dots (4)''$$

$$0.05 < |f_4| / f_t < 0.12 \dots (5)'$$

$$0.05 < |f_4| / f_t < 0.10 \dots (5)''$$

$$0.05 < |f_5| / f_t < 0.20 \dots (6)'$$

$$0.05 < |f_5| / f_t < 0.16 \dots (6)''$$

$$0.06 < |f_3| / f_t < 0.13 \dots (7)'$$

$$0.06 < |f_3| / f_t < 0.11 \dots (7)''$$

$$0.03 < |f_2| / f_t < 0.10 \dots (8)'$$

$$0.03 < |f_2| / f_t < 0.095 \dots (8)''$$

$$0.3 < |f_1| / f_t < 0.55 \dots (9)'$$

$$-0.6 < 5_G / 4_G < 0 \dots (10)'$$

$$-0.2 < 5_G / 4_G < 0 \dots (10)''$$

$$-0.19 < 5_G / 4_G < 0 \dots (10)'''$$

$$-1.3 < 5_G / f_w < 0 \dots (11)'$$

$$-1.1 < 5_G / f_w < 0 \dots (11)''$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
& - 0.9 \quad 5 G / f_w \quad 0 \dots (11)''' \\
& 3 G / f_t \quad 0.16 \dots (12)' \\
& (\quad 2_T / \quad 2_W) / (f_t / f_w) \quad 0.4 \dots (13)' \\
& (\quad 2_T / \quad 2_W) / (f_t / f_w) \quad 0.35 \dots (13)'' \\
& (\quad 2_T / \quad 2_W) / (f_t / f_w) \quad 0.34 \dots (13)''' \\
& | \quad 2_T | \quad 1.0 \dots (14)' \\
& - 1.8 \quad (R_{1r} + R_{1l}) / (R_{1r} - R_{1l}) \quad - 0.7 \dots (15)' \\
& - 1.6 \quad (R_{1r} + R_{1l}) / (R_{1r} - R_{1l}) \quad - 1.0 \dots (15)'' \\
& - 1.8 \quad (R_{2r} + R_{2l}) / (R_{2r} - R_{2l}) \quad - 1.0 \dots (16)' \\
& - 1.5 \quad (R_{2r} + R_{2l}) / (R_{2r} - R_{2l}) \quad - 1.1 \dots (16)'' \\
& - 1.5 \quad (R_{2r} + R_{2l}) / (R_{2r} - R_{2l}) \quad - 1.2 \dots (16)''' \\
& 0.4 \quad R_{1c} / f_1 \quad 0.65 \dots (17)' \\
& 0.4 \quad R_{1c} / f_1 \quad 0.56 \dots (17)'' \\
& d_4 \quad 64 \dots (18)' \\
& d_{1G} \quad 75 \dots (19)' \\
& d_{1G} \quad 80 \dots (19)'' \\
& f_t / f_w > 13 \dots (20)' \\
& f_t / f_w > 15 \dots (20)'' \\
& d_t / f_t < 0.9 \dots (21)'
\end{aligned}$$

10

【発明の効果】

20

【0056】

本発明によれば、高い変倍比を得ながら、レンズ径が小さく光学系全長の短いコンパクトなズームレンズおよびそれを用いた撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【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。

30

【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】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図9】実施例2の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図10】実施例3の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図11】実施例4の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図12】実施例5の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図13】実施例6の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図14】実施例7の無限遠物点合焦時の収差図である。

40

【図15】歪曲収差の補正を説明する図である。

【図16】本発明によるズームレンズを組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図17】上記デジタルカメラの後方図である。

【図18】上記デジタルカメラの断面図である。

【図19】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。

【発明を実施するための形態】

【0058】

本実施形態のズームレンズ及び撮像装置の構成による作用効果を説明する。なお、この実施形態によって本発明は限定されるものではない。すなわち、実施形態の説明に当たっ

50

て、例示のために特定の詳細な内容が多く含まれるが、これらの詳細な内容に色々なバリエーションや変更を加えても、本発明の範囲を超えない。従って、以下で説明する本発明の例示的な実施形態は、権利請求された発明に対して、一般性を失わせることなく、また、何ら限定をすることもなく、述べられたものである。

【0059】

以下、本実施形態のズームレンズの実施例1～7について説明する。実施例1～7の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間焦点距離状態(b)、望遠端(c)のレンズ断面図をそれぞれ図1～図7に示す。図1～図7中、第1レンズ群はG1、第2レンズ群はG2、明るさ(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、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。

10

【0060】

また、各実施例において、明るさ絞りSは第3レンズ群G3と一体で移動する。数値データはいずれも無限遠の被写体に合焦した状態でのデータである。各数値の長さの単位はmm、角度の単位は°(度)である。フォーカシングはいずれの実施例も最も像側のレンズ群の移動により行う。さらに、ズームデータは広角端、中間焦点距離状態、望遠端での値である。また、屈折力の正負は、近軸曲率半径に基づく。

【0061】

また、ゴーストや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。フレア絞りは、第1レンズ群の物体側、第1レンズ群と2レンズ群の間、第2レンズ群と3レンズ群の間、第3レンズ群と4レンズ群の間、第4レンズ群と5レンズ群の間、第5レンズ群と像面の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。

20

【0062】

また、各レンズには反射防止コートを行い、ゴーストやフレアを軽減してもかまわない。反射防止コートがマルチコートであれば、効果的にゴーストやフレアを軽減できる。ゴーストやフレアの発生を防止するためにレンズの空気接触面に反射防止コートを施すことは一般的に行われている。また赤外カットコートをレンズ面やカバーガラスの表面に施してもかまわない。

30

【0063】

一方、接合レンズの接合面では、接着材の屈折率が空気の屈折率よりも十分高い。そのため、接合面での反射率は、もともと単層コート並みか、あるいはそれ以下となっていることが多い。そのため、接合レンズの接合面にあえて反射防止コートを施すことは少ない。しかしながら、接合面にも積極的に反射防止コートを施せば、さらにゴーストやフレアを軽減することができる。その結果、より良好な画像を得ることができるようになる。

40

【0064】

特に、最近になって普及してきた高屈折率硝材は、収差補正効果が高い。そのため、高屈折率硝材はカメラ光学系に多用されるようになってきている。ただし、高屈折率硝材を接合レンズとして用いた場合、接合面での反射も無視できなくなってくる。そのような場合、接合面に反射防止コートを施しておくことは特に効果的である。接合面コートの効果的な使用法に関しては、特開平2-27301号公報、特開2001-324676号公報、特開2005-92115号公報、米国特許第7116482号明細書等の特許文献に開示されている。

【0065】

50

これらの特許文献のズームレンズは正先行型のズームレンズで、第1レンズ群内の接合レンズ面コートについて述べられている。本実施形態の正屈折力の第1レンズ群内の接合レンズ面についてもこれら文献に開示されているごとく実施すればよい。使用するコート材としては、基盤となるレンズの屈折率と接着材の屈折率に応じて、比較的高屈折率な Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 CeO_2 、 SnO_2 、 In_2O_3 、 ZnO 、 Y_2O_3 などのコート材、比較的低屈折率な MgF_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 などのコート材、などを適宜選択し、位相条件を満たすような膜厚に設定すれば良い。

【0066】

当然のことながら、レンズの空気接触面へのコーティング同様、接合面コートをマルチコートとしても良い。2層あるいはそれ以上の膜数のコート材や膜厚を適宜組み合わせることで、更なる反射率の低減や、反射率の分光特性・角度特性等のコントロールなどを行うことが可能となる。また第1レンズ群以外のレンズ接合面についても、同様の思想に基づいて接合面コートを行うことが効果的なのは言うまでもない。

10

【0067】

またピント調節を行うためのフォーカシングは第5レンズ群、もしくは第4レンズ群が望ましい。この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。他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。またレンズ系全体を繰り出してフォーカスを行っても良いし、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スしても良い。

【0068】

20

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

【0069】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は像側に移動する。第3レンズ群G3は物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に移動する。第5レンズ群G5は物体側に移動した後、像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

30

【0070】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4レンズ群G4は、両凹負レンズからなる。第5レンズ群G5は、両凸正レンズからなる。

【0071】

40

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0072】

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

【0073】

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

50

物体側に移動する。第5レンズ群G5は物体側に移動した後、像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

【0074】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4

10

【0075】

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0076】

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

【0077】

20

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は像側に移動する。第3レンズ群G3は物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に移動する。第5レンズ群G5は物体側に移動した後、像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

【0078】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4レンズ群G4は、両凹負レンズからなる。第5レンズ群G5は、両凸正レンズからなる。

30

【0079】

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0080】

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

40

【0081】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は像側に移動する。第3レンズ群G3は物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に移動する。第5レンズ群G5は物体側に移動した後、像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

【0082】

50

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4レンズ群G4は、両凹負レンズからなる。第5レンズ群G5は、両凸正レンズからなる。

【0083】

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0084】

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

【0085】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は像側に移動する。第3レンズ群G3は物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に移動する。第5レンズ群G5は物体側に移動した後、像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

【0086】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、両凹負レンズと、両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4レンズ群G4は、両凹負レンズからなる。第5レンズ群G5は、両凸正レンズからなる。

【0087】

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0088】

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

【0089】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は像側に移動した後、物体側に移動する。第3レンズ群G3は物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に移動する。第5レンズ群G5は像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

【0090】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹負レンズと、両凸正レンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4レンズ群G4は、両凹負レンズからなる。第5レンズ群G5は、両凸正レンズからなる。

10

20

30

40

50

【0091】

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0092】

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、負の屈折力の第4レンズ群G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5とを有している。

【0093】

広角端から望遠端にかけての変倍時、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は像側に移動した後、物体側へ移動する。第3レンズ群G3は物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に移動する。第5レンズ群G5は像側に移動する。よって、レンズ群の間隔は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加する。

10

【0094】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる。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負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる。第4レンズ群G4は、両凹負レンズからなる。第5レンズ群G5は、両凸正レンズからなる。

20

【0095】

非球面は、第3レンズ群の両凸正レンズの両面と、第5レンズ群G5の両凸正レンズの像側面との3面に用いている。

【0096】

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、fbはバックフォーカス、f1、f2...は各レンズ群の焦点距離、IH(FIY)は像高、Fno.はFナンバー、は半画角、広角は広角端、中間は中間焦点距離状態、望遠は望遠端、rは各レンズ面の曲率半径、dは各レンズ面間隔、ndは各レンズのd線の屈折率、dは各レンズのアッベ数である。後述する全長は、レンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。fb(バックフォーカス)は、レンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。

30

【0097】

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。

【0098】

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

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、A4、A6、A8、A10、A12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。

40

【0099】

数値実施例1
単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	29.178	0.83	1.80100	34.97

50

2	18.031	3.00	1.49700	81.54
3	170.790	0.15		
4	19.566	2.23	1.49700	81.54
5	101.299	可変		
6	11894.827	0.40	1.88300	40.76
7	5.702	2.37		
8	-23.961	0.40	1.72916	54.68
9	16.197	0.20		
10	10.678	1.13	1.94595	17.98
11	39.196	可変		
12(絞り)		0.66		
13*	6.275	2.98	1.58313	59.38
14*	-18.669	0.78		
15	20.888	0.40	1.90366	31.31
16	4.562	2.79	1.51633	64.14
17	-7.103	可変		
18	-6.039	0.40	1.51633	64.14
19	8.557	可変		
20	136.416	2.34	1.53071	55.60
21*	-6.448	可変		
22		0.30	1.51633	64.14
23		0.40		
24		0.50	1.51633	64.14
25		可変		

10

20

像面(撮像面)

非球面データ

第13面

k=0.000

A4=-7.53708e-04, A6=-2.07762e-05, A8=-1.93232e-06

30

第14面

k=0.000

A4=2.83429e-04, A6=-2.64067e-05, A8=-1.88441e-06

第21面

k=0.000

A4=1.07927e-03, A6=-1.41822e-05, A8=4.15097e-07

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.34	13.16	70.83
F no.	2.93	4.45	5.76
画角2	85.58	31.35	6.14
fb (in air)	3.47	3.85	3.05
全長 (in air)	44.78	50.78	61.12

40

d5	0.46	8.23	21.65
d11	15.75	7.58	0.54
d17	3.21	3.74	4.00
d19	0.82	6.30	10.81
d21	2.00	2.49	1.50

50

d25 0.54 0.44 0.62

群焦点距離

f1=35.72 f2=-5.97 f3=7.71 f4=-6.79 f5=11.67

【 0 1 0 0 】

数值実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	27.097	0.83	1.80100	34.97	
2	17.249	3.00	1.49700	81.54	
3	111.151	0.15			
4	19.580	2.23	1.49700	81.54	
5	100.640	可変			
6	-347.813	0.40	1.88300	40.76	
7	5.878	2.34			
8	-24.308	0.40	1.72916	54.68	
9	17.062	0.20			20
10	10.971	1.13	1.94595	17.98	
11	40.238	可変			
12(絞リ)		0.66			
13*	6.146	2.96	1.58313	59.38	
14*	-18.801	0.74			
15	20.683	0.40	1.90366	31.31	
16	4.568	2.72	1.51633	64.14	
17	-7.182	可変			
18	-5.206	0.40	1.51633	64.14	
19	9.484	可変			30
20	144.745	2.16	1.53071	55.60	
21*	-6.167	可変			
22		0.30	1.51633	64.14	
23		0.40			
24		0.50	1.51633	64.14	
25		可変			

像面(撮像面)

非球面データ

第 1 3 面

k=0.000

A4=-8.87758e-04, A6=-1.88845e-05, A8=-2.83426e-06

第 1 4 面

k=0.000

A4=1.44309e-04, A6=-2.85426e-05, A8=-2.32488e-06

第 2 1 面

k=0.000

A4=1.22391e-03, A6=-1.76446e-05, A8=6.07832e-07

ズームデータ

10

20

30

40

50

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.33	13.24	70.64
F no.	2.87	4.44	5.74
画角 2	87.78	31.35	6.17
fb (in air)	3.13	3.67	2.96
全長 (in air)	44.20	50.06	60.49

d5	0.46	8.08	21.66
d11	15.80	7.60	0.54
d17	3.37	3.75	3.92
d19	0.72	6.24	10.69
d21	1.70	2.20	1.50
d25	0.50	0.54	0.53

10

群焦点距離

f1=36.03 f2=-6.09 f3=7.61 f4=-6.45 f5=11.20

【 0 1 0 1 】

数值実施例 3

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	24.835	0.83	1.80100	34.97
2	16.341	3.00	1.49700	81.54
3	76.979	0.15		
4	21.495	2.23	1.49700	81.54
5	144.658	可変		
6	679.580	0.40	1.88300	40.76
7	5.895	2.39		
8	-26.792	0.40	1.72916	54.68
9	17.687	0.20		
10	11.217	1.13	1.94595	17.98
11	39.935	可変		
12(絞リ)		0.66		
13*	6.045	2.87	1.58313	59.38
14*	-17.330	0.73		
15	20.695	0.40	1.90366	31.31
16	4.515	2.76	1.51633	64.14
17	-7.253	可変		
18	-4.714	0.40	1.51633	64.14
19	9.195	可変		
20	51.514	2.17	1.53071	55.60
21*	-6.371	可変		
22		0.30	1.51633	64.14
23		0.40		
24		0.50	1.51633	64.14
25		可変		

30

40

像面(撮像面)

50

非球面データ

第 1 3 面

k=0.000

A4=-1.01518e-03, A6=-2.23928e-05, A8=-4.02266e-06

第 1 4 面

k=0.000

A4=1.85402e-05, A6=-3.64816e-05, A8=-2.82883e-06

第 2 1 面

k=0.000

A4=1.20763e-03, A6=-1.62921e-05, A8=4.76270e-07

10

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.52	13.27	69.30
F no.	2.86	4.51	6.13
画角 2	82.40	31.14	6.31
fb (in air)	2.71	3.29	2.37
全長 (in air)	43.46	48.95	60.37

d5	0.46	7.50	21.62
d11	15.40	7.53	0.54
d17	3.41	3.67	4.05
d19	0.76	6.25	11.07
d21	1.20	1.80	1.00
d25	0.59	0.56	0.44

20

群焦点距離

f1=37.43 f2=-6.37 f3=7.48 f4=-5.98 f5=10.82

【 0 1 0 2 】

数値実施例 4

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	29.605	0.83	1.80100	34.97
2	17.880	3.00	1.49700	81.54
3	188.328	0.15		
4	19.808	2.23	1.49700	81.54
5	132.819	可変		
6	-117.028	0.40	1.88300	40.76
7	5.980	2.47		
8	-16.680	0.40	1.72916	54.68
9	17.120	0.20		
10	11.441	1.13	1.94595	17.98
11	72.766	可変		
12(絞リ)		0.66		
13*	5.494	2.84	1.58313	59.38
14*	-40.404	0.63		
15	15.696	0.40	1.90366	31.31

40

50

16	4.160	3.14	1.51633	64.14
17	-8.145	可変		
18	-4.424	0.40	1.51633	64.14
19	19.387	可変		
20	33.604	3.04	1.53071	55.60
21*	-6.305	可変		
22		0.30	1.51633	64.14
23		0.40		
24		0.50	1.51633	64.14
25		可変		

10

像面(撮像面)

非球面データ

第13面

k=0.000

A4=-8.60497e-04, A6=-1.99413e-05, A8=-2.00308e-06

第14面

k=0.000

A4=4.63011e-05, A6=-1.65346e-05, A8=-2.22887e-06

第21面

k=0.000

A4=1.86983e-03, A6=-5.15517e-05, A8=1.14256e-06

20

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.41	12.24	88.38
F no.	2.93	4.55	6.71
画角2	87.26	34.09	5.03
fb (in air)	2.43	2.81	2.21
全長 (in air)	43.53	50.82	64.10

30

d5	0.46	7.61	22.03
d11	14.39	8.30	0.54
d17	3.90	3.99	3.97
d19	0.41	6.19	13.44
d21	1.00	1.33	0.75
d25	0.51	0.55	0.53

群焦点距離

f1=35.07 f2=-5.73 f3=7.88 f4=-6.94 f5=10.28

40

【0103】

数值実施例5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	28.671	0.83	1.80100	34.97
2	17.550	3.00	1.49700	81.54
3	160.357	0.15		

50

4	19.520	2.23	1.49700	81.54	
5	118.212	可変			
6	-177.924	0.40	1.88300	40.76	
7	5.950	2.46			
8	-16.543	0.40	1.72916	54.68	
9	15.575	0.20			
10	11.548	1.13	1.94595	17.98	
11	79.158	可変			
12(絞リ)		0.66			
13*	5.486	2.84	1.58313	59.38	10
14*	-39.378	0.63			
15	15.425	0.40	1.90366	31.31	
16	4.190	3.13	1.51633	64.14	
17	-8.177	可変			
18	-4.463	0.40	1.51633	64.14	
19	18.084	可変			
20	38.070	3.07	1.53071	55.60	
21*	-6.331	可変			
22		0.30	1.51633	64.14	
23		0.40			20
24		0.50	1.51633	64.14	
25		可変			

像面(撮像面)

非球面データ

第13面

k=0.000

A4=-8.34408e-04, A6=-2.05634e-05, A8=-2.11872e-06

第14面

k=0.000

A4=1.00116e-04, A6=-2.12976e-05, A8=-2.06386e-06

第21面

k=0.000

A4=1.40798e-03, A6=-2.06580e-05, A8=5.58190e-07

ズームデータ

	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.39	12.18	91.52	
F no.	2.95	4.53	6.83	
画角 2	87.03	34.22	4.86	40
fb (in air)	2.86	3.02	2.08	
全長 (in air)	43.72	50.88	64.10	
d5	0.46	7.66	22.02	
d11	14.40	8.24	0.54	
d17	3.57	3.88	3.99	
d19	0.49	6.15	13.53	
d21	1.42	1.58	0.64	
d25	0.51	0.51	0.51	

群焦点距離

f1=35.03 f2=-5.60 f3=7.80 f4=-6.89 f5=10.48

【 0 1 0 4 】

数值実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	45.206	1.00	1.88300	40.76	10
2	25.345	4.07	1.43700	95.10	
3	-485.800	0.15			
4	24.539	3.33	1.49700	81.54	
5	230.426	可変			
6	250.000	0.40	1.88300	40.76	
7	7.782	3.56			
8*	-11.908	0.45	1.67790	54.89	
9*	23.948	0.25			
10	17.898	1.77	1.94595	17.98	
11	-361.806	可変			20
12(絞リ)		0.30			
13*	7.323	2.12	1.55332	71.68	
14*	-32.960	1.27			
15	28.799	0.92	1.90366	31.32	
16	5.744	2.57	1.51742	52.43	
17	-11.326	可変			
18	-33.381	0.40	1.59201	67.02	
19	6.761	可変			
20	54.355	2.73	1.58913	61.15	
21*	-7.762	可変			30
22		0.30	1.51633	64.14	
23		0.40			
24		0.50	1.51633	64.14	
25		可変			

像面(撮像面)

非球面データ

第 8 面

k=0.000

A4=-1.36479e-04, A6=3.73634e-06, A8=-6.40571e-09

40

第 9 面

k=0.000

A4=-1.08550e-04, A6=5.62375e-06

第 1 3 面

k=0.000

A4=-1.88539e-04, A6=1.11154e-06

第 1 4 面

k=0.000

A4=3.56276e-04, A6=1.24325e-06

第 2 1 面

50

k=0.000

A4=1.05000e-03, A6=-1.78207e-05, A8=2.43867e-07

ズームデータ

	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.55	23.00	140.00	
F no.	2.78	4.60	7.00	
画角 2	81.83	17.73	3.09	
fb (in air)	4.10	3.22	2.25	
全長 (in air)	60.41	70.53	85.22	10
D5	0.40	17.55	32.05	
D11	23.46	8.41	0.90	
D17	5.62	9.45	8.80	
D19	1.54	6.61	15.93	
D21	2.68	1.77	0.80	
D25	0.49	0.53	0.52	

群焦点距離

f1=47.84 f2=-6.83 f3=10.60 f4=-9.46 f5=11.72

20

【 0 1 0 5 】

数値実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	48.170	1.00	1.88300	40.76	
2	26.183	4.13	1.43700	95.10	
3	-214.568	0.15			30
4	24.404	2.97	1.49700	81.54	
5	196.706	可変			
6	250.000	0.40	1.88300	40.76	
7	7.698	3.53			
8*	-13.017	0.45	1.67790	54.89	
9*	20.154	0.25			
10	15.549	1.81	1.94595	17.98	
11	440.974	可変			
12(絞リ)		0.30			
13*	6.882	1.92	1.55332	71.68	40
14*	-37.736	0.79			
15	25.954	1.62	1.90366	31.32	
16	5.263	2.42	1.51742	52.43	
17	-10.993	可変			
18	-54.334	0.40	1.59201	67.02	
19	7.896	可変			
20	207.451	2.27	1.58913	61.15	
21*	-9.652	可変			
22		0.30	1.51633	64.14	
23		0.40			50

24 0.50 1.51633 64.14
 25 可変
 像面(撮像面)

非球面データ

第 8 面

k=0.000

A4=-4.77476e-05, A6=2.76876e-06, A8=-4.11745e-09

第 9 面

k=0.000

A4=-2.19248e-05, A6=3.99206e-06

第 13 面

k=0.000

A4=-2.02438e-04, A6=3.20022e-06

第 14 面

k=0.000

A4=4.01470e-04, A6=3.66199e-06

第 21 面

k=0.000

A4=5.16276e-04, A6=1.78992e-06, A8=-1.94839e-07

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.55	23.00	140.00
F N O .	3.03	4.91	7.00
画角 2	82.04	17.87	3.08
fb (in air)	5.52	3.99	2.72
全長 (in air)	58.36	68.59	85.23

d5	0.40	17.68	32.87
d11	22.29	7.46	0.90
d17	4.19	8.07	4.72
d19	1.56	6.99	19.61
d21	4.07	2.53	1.26
d25	0.52	0.53	0.53

群焦点距離

f1=47.24 f2=-6.93 f3=10.19 f4=-11.62 f5=15.72

【 0 1 0 6 】

以上の実施例 1 ~ 7 の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図 8 ~ 図 14 に示す。これらの収差図において、(a) は広角端、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す。各図中、" F I Y " は最大像高を示す。

【 0 1 0 7 】

次に、各実施例における条件式の値を掲げる。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1) 4T/ 4W	1.641	1.732	1.802	1.966
(2) 3T/ 3W	1.737	1.708	1.760	1.584
(3) 5T/ 5W	1.052	1.022	1.044	1.031
(4) 3G/ 4G	1.082	1.057	1.064	1.005

10

20

30

40

50

(5)	$ f4 /ft$	0.096	0.091	0.086	0.078
(6)	$ f5 /ft$	0.165	0.159	0.156	0.116
(7)	$ f3 /ft$	0.109	0.108	0.108	0.089
(8)	$ f2 /ft$	0.084	0.086	0.092	0.065
(9)	$ f1 /ft$	0.504	0.510	0.540	0.397
(10)	5G/ 4G	-0.044	-0.018	-0.035	-0.018
(11)	5G/fw	-0.097	-0.041	-0.077	-0.053
(12)	3G/ft	0.146	0.146	0.153	0.145
(13)	$(2T/2W)/(ft/fw)$	0.334	0.331	0.302	0.312
(14)	$ 2T $	1.253	1.265	1.094	1.397
(15)	$(R1r+R1l)/(R1r-R1l)$	-1.236	-1.367	-1.539	-1.210
(16)	$(R2r+R2l)/(R2r-R2l)$	-1.479	-1.483	-1.349	-1.351
(17)	R1c/f1	0.505	0.479	0.437	0.510
(18)	d4	64.14	64.14	64.14	64.14
(19)	d1G	81.54	81.54	81.54	81.54
(20)	ft/fw	16.314	16.326	15.332	20.070
(21)	dt/ft	0.863	0.856	0.871	0.725

【 0 1 0 8 】

	実施例 5	実施例 6	実施例 7		
(1)	4T/ 4W	1.836	1.550	1.550	20
(2)	3T/ 3W	1.622	2.156	1.649	
(3)	5T/ 5W	1.107	1.251	1.277	
(4)	3G/ 4G	1.034	1.254	1.035	
(5)	$ f4 /ft$	0.075	0.068	0.083	
(6)	$ f5 /ft$	0.114	0.084	0.112	
(7)	$ f3 /ft$	0.085	0.076	0.073	
(8)	$ f2 /ft$	0.061	0.049	0.049	
(9)	$ f1 /ft$	0.383	0.342	0.337	
(10)	5G/ 4G	-0.064	-0.148	-0.184	
(11)	5G/fw	-0.179	-0.408	-0.617	30
(12)	3G/ft	0.138	0.112	0.113	
(13)	$(2T/2W)/(ft/fw)$	0.303	0.239	0.306	
(14)	$ 2T $	1.382	1.375	1.799	
(15)	$(R1r+R1l)/(R1r-R1l)$	-1.246	-0.901	-0.782	
(16)	$(R2r+R2l)/(R2r-R2l)$	-1.396	-1.238	-1.283	
(17)	R1c/f1	0.501	0.530	0.554	
(18)	d4	64.14	67.02	67.02	
(19)	d1G	81.54	88.32	88.32	
(20)	ft/fw	20.834	30.780	30.779	
(21)	dt/ft	0.700	0.608	0.609	40

【 0 1 0 9 】

(歪曲収差の補正)

ところで、本発明のズームレンズを用いたときに、像の歪曲は電氣的にデジタル補正する。そのため、広角端付近での像高IHを小さくし、広角端付近での有効撮像領域をたる型にしている。

以下に、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。

【 0 1 1 0 】

例えば、図15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。

【0111】

例えば、図15において、半径 R の円の内側に位置する任意の半径 r_1 () の円周上の点 P_1 は、円の中心に向けて補正すべき半径 r_1' () 円周上の点 P_2 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_2 () の円周上の点 Q_1 は、円の中心から離れる方向に向けて補正すべき半径 r_2' () 円周上の点 Q_2 に移動させる。

【0112】

ここで、 r' () は次のように表すことができる。

$$r' () = \frac{R}{f \cdot \tan \theta} \quad (0 < \theta < 1)$$

ただし、

θ 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、 θ は0以上1以下、

である。

【0113】

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、
 $Y = R / \tan \theta = R / (f \cdot \tan \theta)$

となる。

【0114】

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。

【0115】

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。

【0116】

つまり、離散的座標点毎に表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_i, Y_j) 毎に、移動先の座標 (X_i', Y_j') を決める方法を用いるのがよい。なお、座標 (X_i', Y_j') に (X_i, Y_j) 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_i', Y_j') の値を用いて補間すればよい。

【0117】

このような方法は、特にズームレンズを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。

【0118】

本発明の電子撮像装置では、補正量 $r' () - r ()$ を計算するために、 $r ()$ 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 $r' / \tan \theta$ 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。

【0119】

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。

【0120】

$$0 < R < 0.6 L_s$$

ただし、 L_s は有効撮像面の短辺の長さである。

10

20

30

40

50

【0121】

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。

$$0.3L_s < R < 0.6L_s$$

さらには、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、画質の面で若干の不利があるが、広画角化しても小型化するための効果は確保できる。

【0122】

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、

$$r'(y) = y \cdot f \cdot \tan \theta$$

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。

【0123】

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。

【0124】

そして、前記分割されたゾーン内の望遠端近傍で略、

$$r'(y) = y \cdot f \cdot \tan \theta$$

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。

【0125】

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、 θ 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。

【0126】

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、 θ の値は大きくなる。

【0127】

(デジタルカメラ)

図16~図18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16はデジタルカメラ140の外観を示す前方斜視図、図17は同後方正面図、図18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16と図18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18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

10

20

30

40

50

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込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。

【0128】

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が配置してある。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

【0129】

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、高変倍で全変倍域において結像性能が極めて安定的であるので、高性能・小型化・広画角化が実現できる。

20

【0130】

また、撮像素子を保持するカメラ本体から、ズームレンズを分離可能に構成し、ズームレンズを交換レンズとして構成しても良い。最近では、カメラ本体内にクイックリターンミラーを備えた一眼レフレックスカメラの他に、クイックリターンミラーを排除したレンズ交換式のカメラが人気を集めているが、各実施例のズームレンズは、バックフォーカスが適度に短いので、このようなクイックリターンミラーの無いカメラの交換レンズとして用いることが好ましい。

【0131】

(内部回路構成)

図19は、上記デジタルカメラ140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、上記の処理手段は、例えばCDS/ADC部124、一時記憶メモリ117、画像処理部118等からなり、記憶手段は、例えば記憶媒体部119等からなる。

30

【0132】

図19に示すように、デジタルカメラ140は、操作部112と、この操作部112に接続された制御部113と、この制御部113の制御信号出力ポートにバス114及び115を介して接続された撮像駆動回路116並びに一時記憶メモリ117、画像処理部118、記憶媒体部119、表示部120、及び設定情報記憶メモリ部121を備えている。

【0133】

上記の一時記憶メモリ117、画像処理部118、記憶媒体部119、表示部120、及び設定情報記憶メモリ部121は、バス122を介して相互にデータの入力又は出力が可能のように構成され、また、撮像駆動回路116には、CCD149とCDS/ADC部124が接続されている。

40

【0134】

操作部112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。

【0135】

制御部113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

50

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 112 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 140 全体を制御する回路である。

【0136】

CCD 149 は、本発明による撮影光学系 141 を介して形成された物体像を受光する。CCD 149 は、撮像駆動回路 116 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 124 に出力する撮像素子である。

【0137】

CDS / ADC 部 124 は、CCD 149 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（バイヤーデータ、以下 RAW データという。）を一時記憶メモリ 117 に出力する回路である。

【0138】

一時記憶メモリ 117 は、例えば SDRAM 等からなるバッファであり、CDS / ADC 部 124 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 118 は、一時記憶メモリ 117 に記憶された RAW データ又は記憶媒体部 119 に記憶されている RAW データを読み出して、制御部 113 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。

【0139】

記録媒体部 119 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、一時記憶メモリ 117 から転送される RAW データや画像処理部 118 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。

【0140】

表示部 120 は、液晶表示モニターを備え、その液晶表示モニター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 121 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 112 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 121 は、それらのメモリへの入出力を制御する回路である。

【0141】

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、十分な広角域を有し、コンパクトな構成としながら、高変倍で全変倍域において結像性能が極めて安定的であるので、高性能・小型化・広画角化が実現できる。そして、広角側、望遠側での速い合焦動作が可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0142】

以上のように、本発明にかかるズームレンズは、広画角で高い変倍比を持ちながら、諸収差を良好に補正する光学系に有用であり、特に、CCD や CMOS 等の電子撮像素子を備える撮像装置の光学系に適している。

【符号の説明】

【0143】

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

S ... 明るさ絞り

F ... ローパスフィルタ

C ... カバーガラス

I ... 像面

10

20

30

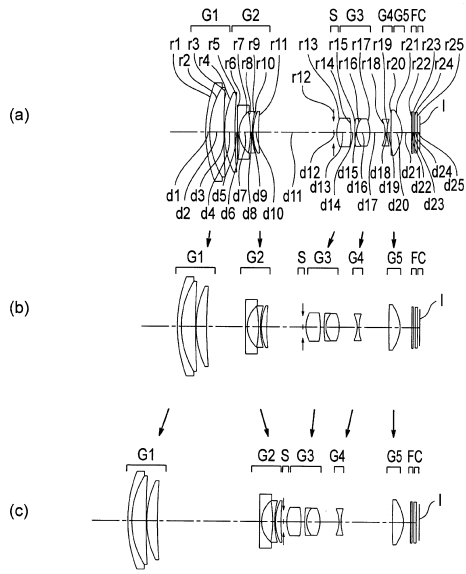
40

50

1 1 2 ... 操作部	
1 1 3 ... 制御部	
1 1 4 ... バス	
1 1 5 ... バス	
1 1 6 ... 撮像駆動回路	
1 1 7 ... 一時記憶メモリ	
1 1 8 ... 画像処理部	
1 1 9 ... 記憶媒体部	
1 2 0 ... 表示部	
1 2 1 ... 設定情報記憶メモリ部	10
1 2 2 ... バス	
1 2 4 ... C D S / A D C 部	
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	20
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	30
1 6 2 ... 設定変更スイッチ	

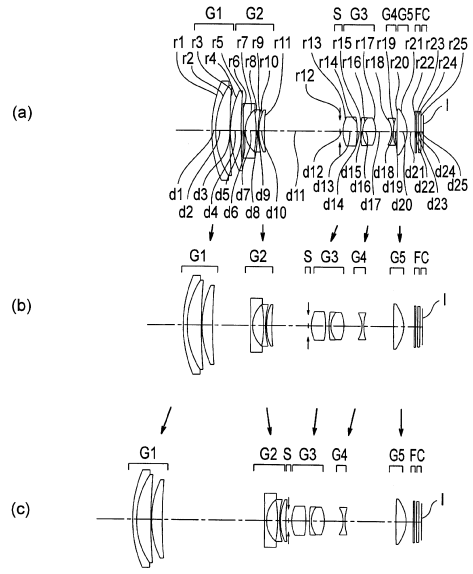
【 図 1 】

実施例1



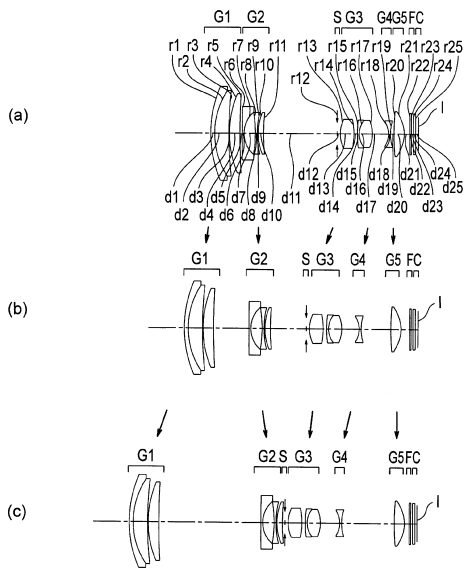
【 図 2 】

実施例2



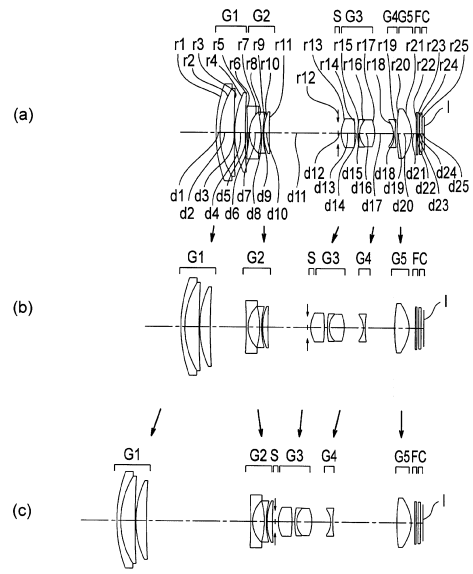
【 図 3 】

実施例3



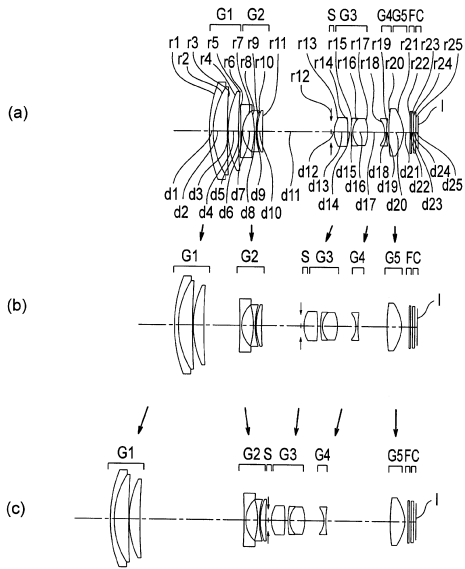
【 図 4 】

実施例4



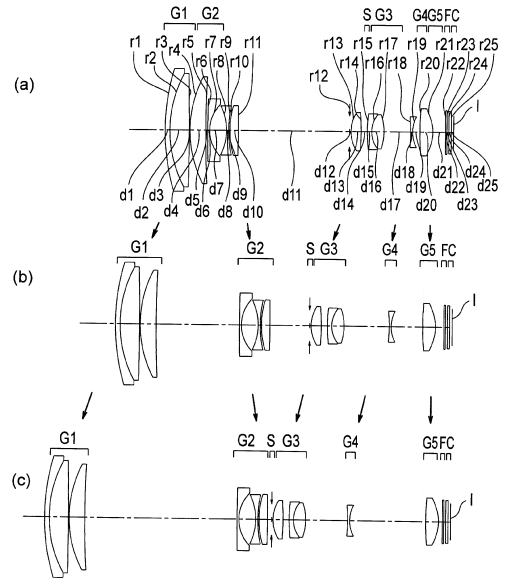
【 図 5 】

実施例5



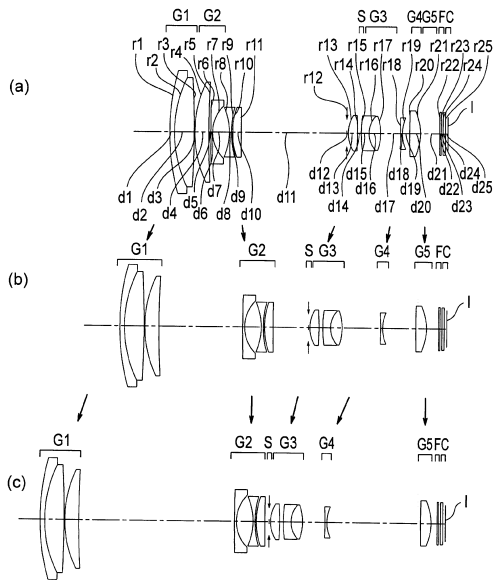
【 図 6 】

実施例6



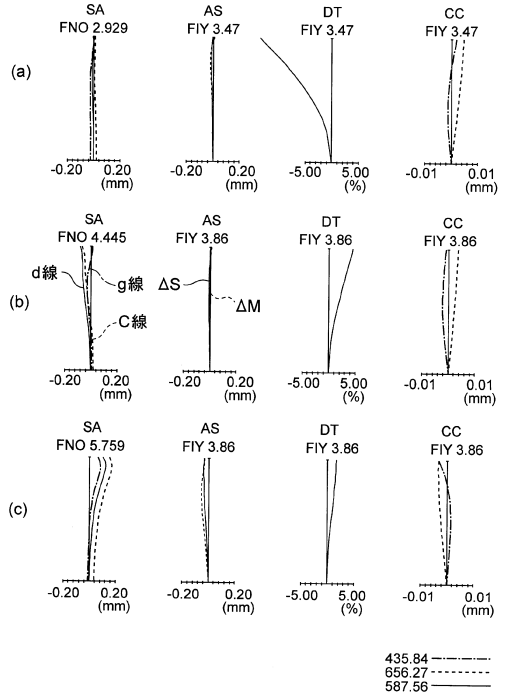
【 図 7 】

実施例7

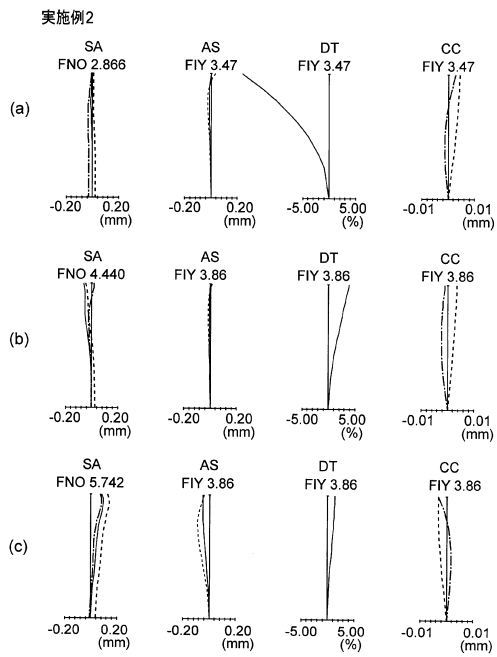


【 図 8 】

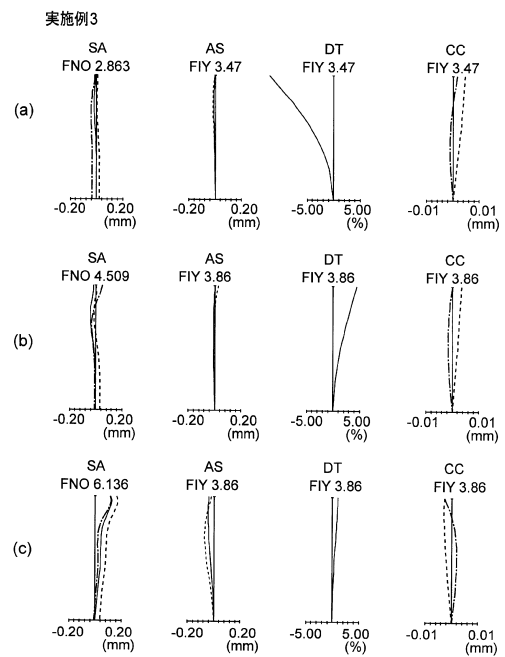
実施例1



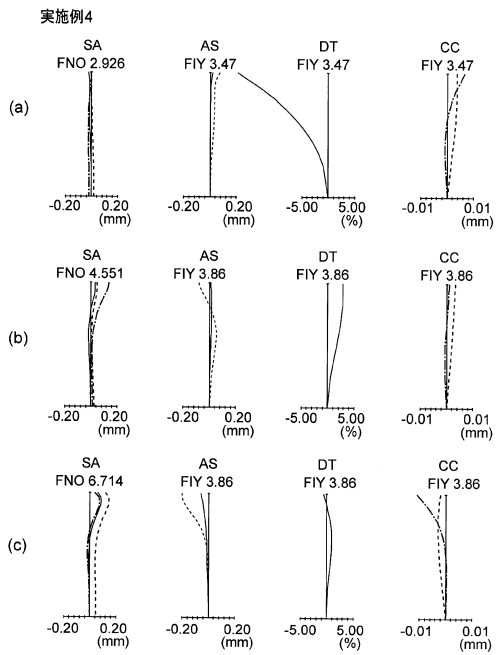
【 図 9 】



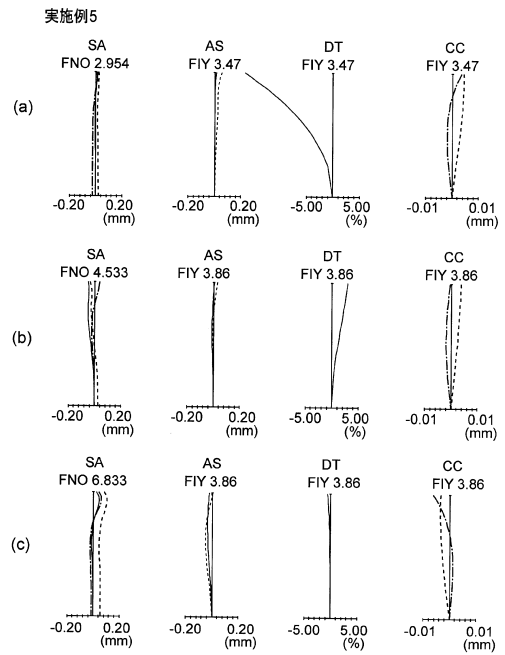
【 図 10 】



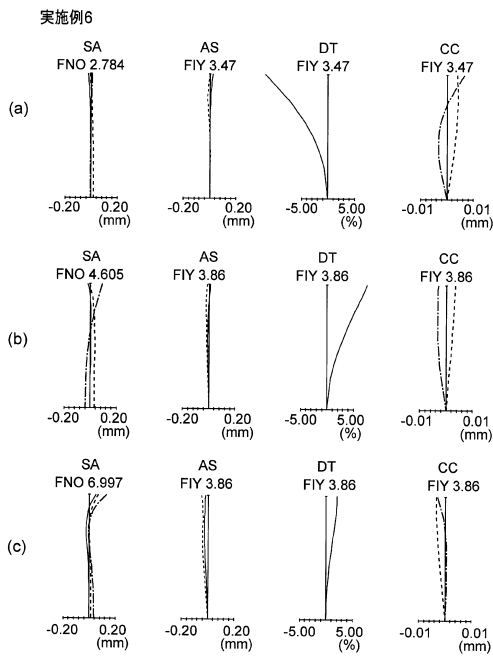
【 図 11 】



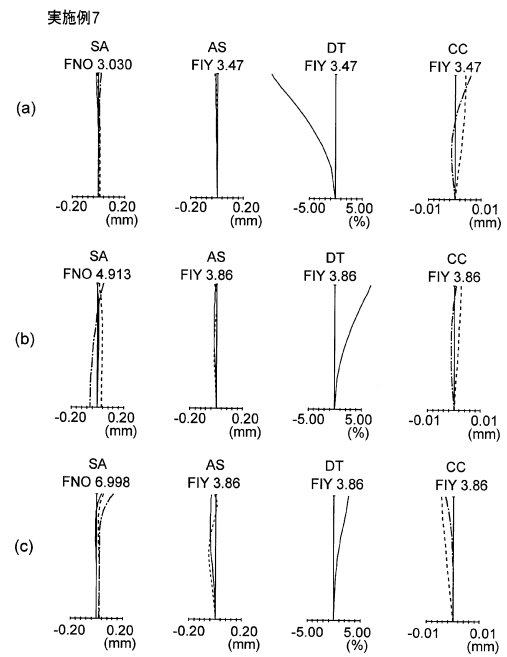
【 図 12 】



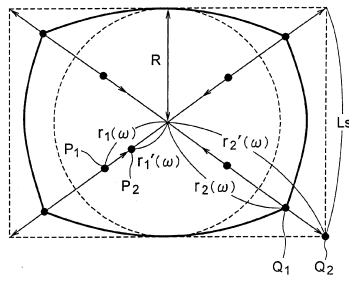
【 図 1 3 】



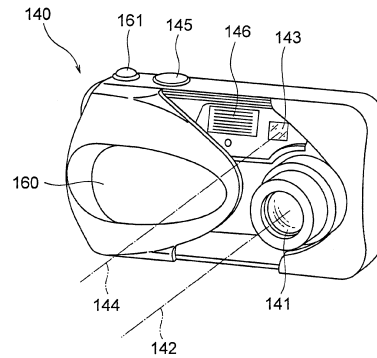
【 図 1 4 】



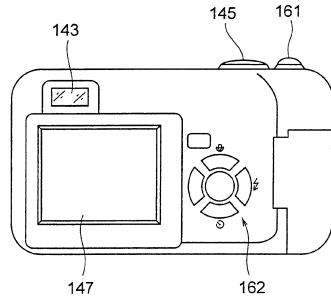
【 図 1 5 】



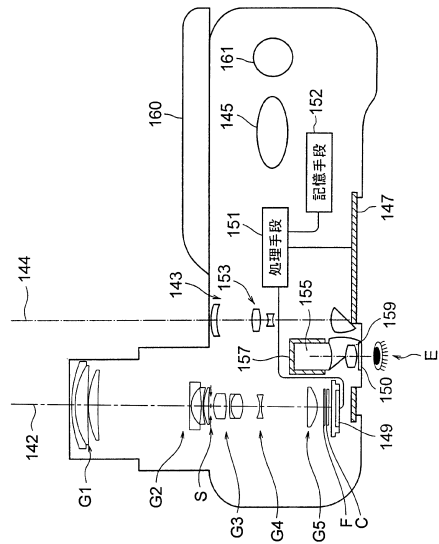
【 図 1 6 】



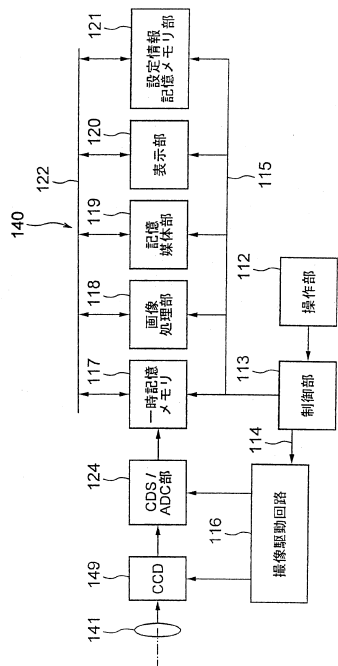
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

- (72)発明者 西尾 彰訓
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
- (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
- (72)発明者 上田 稔
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
- (72)発明者 矢内 哲也
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
- (72)発明者 内藤 彰子
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 殿岡 雅仁

- (56)参考文献 特開2007-047538(JP,A)
特開2009-282398(JP,A)
特開2003-255228(JP,A)
特開2009-294513(JP,A)
特開2010-276655(JP,A)
特開2011-033868(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04