

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4863733号
(P4863733)

(45) 発行日 平成24年1月25日(2012. 1. 25)

(24) 登録日 平成23年11月18日(2011. 11. 18)

(51) Int.Cl.

F 1

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 24 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2006-61320 (P2006-61320)
 (22) 出願日 平成18年3月7日(2006. 3. 7)
 (65) 公開番号 特開2007-240747 (P2007-240747A)
 (43) 公開日 平成19年9月20日(2007. 9. 20)
 審査請求日 平成21年2月24日(2009. 2. 24)

(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4番2号
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 加茂 裕二
 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 今村 雅弘
 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】ズームレンズ及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、
 正の屈折力を持つ第1レンズ群と、
 負の屈折力を持つ第2レンズ群と、
 正の屈折力を持つ第3レンズ群と、
 正の屈折力を持つ第4レンズ群とからなり、
 前記第1レンズ群は物体側から順に負レンズと、正レンズとの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と、正レンズとの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と、正レンズと、負レンズとの3枚のレンズ
 からなり、
 前記第4レンズ群は1枚の正レンズからなり、
 前記第1レンズ群と、前記第2レンズ群と、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群とが、
 それぞれのレンズ群に挟まれる空気間隔を変化させるように光軸方向に移動して広角端
 から望遠端への変倍を行うズームレンズであって、
 前記広角端に対して前記望遠端において
 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は増大し、
 前記第3レンズ群は前記第2レンズ群との距離が減少するように物体側に位置し、
 前記第2レンズ群と第3レンズ群との間に、前記変倍時に光軸方向に移動する明るさ絞
 りを備え、

10

20

前記明るさ絞りは前記広角端に対して前記望遠端にて物体側に位置し、
 前記第2レンズ群の負レンズが両凹面レンズであり、
 以下の条件式(2)、(15)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-1.0 < f_T / f_{g2} < -2.5 \quad (2)$$

$$0.1 < (r_{L3f} + r_{L3r}) / (r_{L3f} - r_{L3r}) < 0.75 \quad (15)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g2} は第2レンズ群の焦点距離、 r_{L3f} 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_{L3r} 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】

請求項1に記載のズームレンズにおいて、
 前記広角端に対して前記望遠端において
 前記第1レンズ群が物体側に位置することを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項3】

請求項1または2に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(1)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.6 < f_T / f_{g1} < 2.5 \quad (1)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離である。

【請求項4】

請求項1乃至3の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(3)を満足することを特徴とするズームレンズ。

20

$$2 < f_T / f_{g3} < 7 \quad (3)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離である。

【請求項5】

請求項1乃至4の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(4)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.35 < f_T / f_{g4} < 5 \quad (4)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g4} は第4レンズ群の焦点距離である。

30

【請求項6】

請求項1乃至5の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(5)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.3 < f_{g1} / f_{Tg234} < 2.5 \quad (5)$$

ただし、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離、 f_{Tg234} は第2レンズ群から第4レンズ群までの望遠端での合成焦点距離である。

【請求項7】

請求項1乃至5の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(6)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.7 < f_{g2} / f_{Tg34} < -0.2 \quad (6)$$

40

ただし、 f_{g2} は第2レンズ群の焦点距離、 f_{Tg34} は第3レンズ群から第4レンズ群の望遠端での合成焦点距離である。

【請求項8】

請求項1乃至7の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(7)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.45 < f_{g3} / f_{Tg12} < -0.1 \quad (7)$$

ただし、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離、 f_{Tg12} は第1レンズ群から第2レンズ群までの望遠端での合成焦点距離である。

【請求項9】

請求項2に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(9)を満足することを特徴と

50

するズームレンズ。

$$0.2 < |Dg1/D| < 1.5 \quad (9)$$

ただし、 $Dg1$ は第1レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号とし、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【請求項10】

請求項1乃至9の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(10)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.4 < Dg2/D < 0.4 \quad (10)$$

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【請求項11】

請求項1乃至10の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(11)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.01 < |Dg2|/D \quad (11)$$

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【請求項12】

請求項1乃至11の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は前記広角端から前記望遠端への変倍に際して、物体側への移動後像側への移動に移動方向が反転し、前記広角端に対して前記望遠端にて前記第2レンズ群が像側に位置し、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.01 < Dg2/D < 0.25 \quad (12)$$

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【請求項13】

請求項1乃至12の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(13)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.4 < |Dg3/D| < 1.0 \quad (13)$$

ただし、 $Dg3$ は第3レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【請求項14】

請求項1乃至13の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(14)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.8 < (rL2f + rL2r) / (rL2f - rL2r) < 0.0 \quad (14)$$

ただし、 $rL2f$ は第1レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、 $rL2r$ は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径である。

【請求項15】

請求項1乃至14の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群中の正レンズは物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであることを特徴とするズームレンズ。

【請求項16】

請求項1乃至15の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(16)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-1.0 < (rL4f + rL4r) / (rL4f - rL4r) < -2 \quad (16)$$

ただし、 $rL4f$ 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、 $rL4r$ は

10

20

30

40

50

第2レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径である。

【請求項17】

請求項1乃至16の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第3レンズ群中の負レンズが両凹面レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【請求項18】

請求項17に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(17)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.8 < (r_{L7f} + r_{L7r}) / (r_{L7f} - r_{L7r}) < 0.8 \quad (17)$$

ただし、 r_{L7f} は第3レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L7r} は第3レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径である。

10

【請求項19】

請求項1乃至18の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記明るさ絞りは第3レンズ群と一体となって移動することを特徴とするズームレンズ。

【請求項20】

請求項1乃至19の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群の負レンズの物体側面及び像側面が、光軸から離れるほど負のパワーが弱くなる凹面非球面であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項21】

請求項1乃至20の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群の正レンズが両凸面レンズであり、前記第1レンズ群の正レンズの像側面が以下の条件式(18)を満足することを特徴とするズームレンズ。

20

$$0.15 < r_{L2r} / f_{g1} < 2.00 \quad (18)$$

ただし、 r_{L2r} は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離である。

【請求項22】

請求項21に記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群の正レンズの像側面が、光軸から離れるほど正のパワーが弱くなる凸面非球面であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項23】

請求項1乃至22の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(19)を満足することを特徴とするズームレンズ。

30

$$3.0 < f_T / f_W \quad (19)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_W は広角端のズームレンズ全系の焦点距離である。

【請求項24】

請求項1乃至23に記載された少なくともいずれかのズームレンズと、前記ズームレンズの像側に配され、且つ、前記ズームレンズにより形成された像を電気信号に変換する撮像素子を備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本願の発明は、ズームレンズとそれを用いた撮像装置に関する。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撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

銀塩フィルムに代わり、CCDやCMOSのような固体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普及してきている。このようなデジタルカメラでは、近年、小型で薄型のタイプが好まれるようになってきている。カメラの大きさのうち、厚さ方向は主に光学系の大きさに依存してしまうことから、薄型化を達成するには光学系の構成が重要になってくる。また最近では、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出して、携帯時に

50

は光学系を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。そのためズームレンズの場合は、沈胴時の大きさを考慮したレンズ群の構成が極めて重要になってくる。レンズ枚数が少ないズームレンズを構成した先行技術としては、以下の文献（特許文献 1 及び特許文献 2 参照）に開示されるような、物体側より順に、正パワーを持つ第 1 レンズ群、負パワーを持つ第 2 レンズ群、正パワーを持つ第 3 レンズ群、正パワーを持つ第 4 レンズ群を有するタイプが知られている。

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 1 3 3 6 8 7

【 0 0 0 4 】

【特許文献 2】特開平 1 1 - 1 1 9 1 0 0

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

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、変倍比がそれ以上の高変倍比を有するものも求められるようになってきている。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、これらの先行例には次のような課題を有する。前記特許文献 1 における実施例 3 ではレンズの構成枚数を 8 枚にして小型化には適しているが、変倍比は 3 倍に達していない。また、特許文献 2 における実施例 1 ではレンズの構成枚数を 7 枚、実施例 3、4 では 8 枚にしているが、同様に変倍比は 3 倍に達していない。

20

【 0 0 0 7 】

本願の発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、高変倍比化と小型化を同時に満たすズームレンズ、及びそれを備えた電子撮像装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

前記課題を解決するために、本願の発明によるズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を持つ第 1 レンズ群と、負の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群と、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群とからなり、前記第 1 レンズ群は物体側から順に負レンズと、正レンズとの 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と、正レンズとの 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と、正レンズと、負レンズとの 3 枚のレンズからなり、前記第 4 レンズ群は 1 枚の正レンズからなり、前記第 1 レンズ群と、前記第 2 レンズ群と、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群とが、それぞれのレンズ群に挟まれる空気間隔を変化させるように光軸方向に移動して広角端から望遠端への変倍を行うズームレンズであって、前記広角端に対して前記望遠端において前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は増大し、前記第 3 レンズ群は前記第 2 レンズ群との距離が減少するように物体側に位置し、前記第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間に、前記変倍時に光軸方向に移動する明るさ絞りを備え、前記明るさ絞りは前記広角端に対して前記望遠端にて物体側に位置し、前記第 2 レンズ群の負レンズが両凹面レンズであり、以下の条件式（ 2 ）、（ 1 5 ）を満足することを特徴とする

30

40

$$-1.0 < f_T / f_{g2} < -2.5 \quad (2)$$

$$0.1 < (r_{L3f} + r_{L3r}) / (r_{L3f} - r_{L3r}) < 0.75 \quad (15)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g2} は第 2 レンズ群の焦点距離、 r_{L3f} 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_{L3r} 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。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記広角端に対して前記望遠端において前記第 1 レンズ群が物体側に位置するのが好ましい。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式（ 1 ）を満足するのが好ましい。

50

$$0.6 < f_T / f_{g1} < 2.5 \quad (1)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(3)を満足するのが好ましい。

$$2 < f_T / f_{g3} < 7 \quad (3)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(4)を満足するのが好ましい。

$$1.35 < f_T / f_{g4} < 5 \quad (4)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g4} は第4レンズ群の焦点距離である。

【0009】

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(5)を満足するのが好ましい。

$$0.3 < f_{g1} / f_{Tg234} < 2.5 \quad (5)$$

ただし、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離、 f_{Tg234} は第2レンズ群から第4レンズ群までの望遠端での合成焦点距離である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(6)を満足するのが好ましい。

$$-0.7 < f_{g2} / f_{Tg34} < -0.2 \quad (6)$$

ただし、 f_{g2} は第2レンズ群の焦点距離、 f_{Tg34} は第3レンズ群から第4レンズ群の望遠端での合成焦点距離である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(7)を満足するのが好ましい。

$$-0.45 < f_{g3} / f_{Tg12} < -0.1 \quad (7)$$

ただし、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離、 f_{Tg12} は第1レンズ群から第2レンズ群までの望遠端での合成焦点距離である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(9)を満足するのが好ましい。

$$0.2 < |D_{g1} / D| < 1.5 \quad (9)$$

ただし、 D_{g1} は第1レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号とし、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(10)を満足するのが好ましい。

$$-0.4 < D_{g2} / D < 0.4 \quad (10)$$

ただし、 D_{g2} は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(11)を満足するのが好ましい。

$$0.01 < |D_{g2}| / D \quad (11)$$

ただし、 D_{g2} は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0010】

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記第2レンズ群は前記広角端から前記望遠端への変倍に際して、物体側への移動後像側への移動に移動方向が反転し、前記広角

10

20

30

40

50

端に対して前記望遠端にて前記第2レンズ群が像側に位置し、以下の条件式を満足するのが好ましい。

$$0.01 < Dg2 / D < 0.25 \quad (12)$$

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(13)を満足するのが好ましい。

$$0.4 < |Dg3 / D| < 1.0 \quad (13)$$

ただし、 $Dg3$ は第3レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(14)を満足するのが好ましい。

$$-0.8 < (rL2f + rL2r) / (rL2f - rL2r) < 0.0 \quad (14)$$

ただし、 $rL2f$ は第1レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、 $rL2r$ は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記第2レンズ群中の正レンズは物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであるのが好ましい。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(16)を満足するのが好ましい。

$$-1.0 < (rL4f + rL4r) / (rL4f - rL4r) < -2 \quad (16)$$

ただし、 $rL4f$ 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、 $rL4r$ 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。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記第3レンズ群中の負レンズが両凹面レンズであるのが好ましい。

【0011】

また、本願の発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(17)を満足するのが好ましい。

$$-0.8 < (rL7f + rL7r) / (rL7f - rL7r) < 0.8 \quad (17)$$

ただし、 $rL7f$ は第3レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、 $rL7r$ は第3レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記明るさ絞りは第3レンズ群と一体となって移動するのが好ましい。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記第2レンズ群の負レンズの物体側面及び像側面が、光軸から離れるほど負のパワーが弱くなる凹面非球面であるのが好ましい。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記第1レンズ群の正レンズが両凸面レンズであり、前記第1レンズ群の正レンズの像側面が以下の条件式(18)を満足するのが好ましい。

$$0.15 < rL2r / fg1 < 2.00 \quad (18)$$

ただし、 $rL2r$ は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径、 $fg1$ は第1レンズ群の焦点距離である。

また、本願の発明のズームレンズにおいては、前記第1レンズ群の正レンズの像側面が、光軸から離れるほど正のパワーが弱くなる凸面非球面であるのが好ましい。

また、本発明のズームレンズにおいては、以下の条件式(19)を満足するのが好ましい。

$$3.0 < fT / fW \quad (19)$$

ただし、 fT は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 fW は広角端のズームレンズ全系の焦点距離である。

10

20

30

40

50

また、本願の発明の撮像装置は、上記本発明の少なくともいずれかのズームレンズと、前記ズームレンズの像側に配され、且つ、前記ズームレンズにより形成された像を電気信号に変換する撮像素子を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本願の発明のように構成することにより、小型で薄型のズームレンズを得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本願の発明の実施例の説明に先立ち本願の発明の作用効果について説明する。

10

【0014】

本願の発明は、物体側から順に正パワーの第1レンズ群、負パワーの第2レンズ群、明るさ絞り、正パワーの第3レンズ群、及び正パワーの第4レンズ群を備える構成を有する。

【0015】

この構成において、ズームレンズを小型化するためには、まずレンズ収納時の奥行き方向の厚さを薄くする必要がある。そのため本願の発明では、光学性能を考慮しつつ、総レンズ数をできるだけ少なくして構成すべく、物体側から順に、第1レンズ群を負レンズ、正レンズの2枚のレンズ、第2レンズ群を負レンズ、正レンズの2枚のレンズ、第3レンズ群を正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズ、第4レンズ群を正レンズの1枚のレンズで構成した。

20

【0016】

このようにして、従来ではレンズ群の厚さ方向が特に大きくなりやすい第1レンズ群と第2レンズ群を正レンズと負レンズの2枚ずつで構成することにより、第1、2レンズ群内で収差補正を行いつつ各群の厚さ方向も小さくできるように構成した。

【0017】

また変倍作用が大きくなりやすい第3レンズ群を正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズで構成することにより、良好な収差補正が行われ高性能化を十分発揮できるようにした。また、このように第3レンズ群を構成することにより、第2レンズ群から発散する軸上光束を物体側の2枚の正レンズで収斂させて第3レンズ群の径の小型化を行い、また、像側に負レンズを配することで主点を物体よりにして高変倍比化に寄与している。また第4レンズ群は最小枚数の正レンズ1枚で構成することによって小型化した。

30

【0018】

なお、性能を維持しつつ高変倍比化するためには各レンズ群に効率よく変倍作用を与えて、かつ変倍領域において収差を良好に補正する必要がある。よって第1～4レンズ群、明るさ絞りをすべて移動させるようにした。本願の発明は、広角端に対して前記望遠端において前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は増大し、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群との距離が減少するように物体側に位置し、前記第2レンズ群と第3レンズ群との間に、前記変倍時に光軸方向に移動する明るさ絞りを備え、前記明るさ絞りは前記広角端に対して前記望遠端にて物体側に位置し、前記第2レンズ群の負レンズが両凹面レンズであり、以下の条件式(2)、(15)を満足する。

40

$$-1.0 < f_T / f_{g2} < -2.5 \quad (2)$$

$$0.1 < (r_{L3f} + r_{L3r}) / (r_{L3f} - r_{L3r}) < 0.75 \quad (15)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g2} は第2レンズ群の焦点距離、 r_{L3f} 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_{L3r} 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。

このようにすべてのレンズ群を移動させることにより、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ができるようになる。また、明るさ絞りが広角端に対し望遠端にて物体側に位置するように移動させることにより、明るさ絞りがパワーの強くなりやすい第3レンズ群に近くなり、倍率色収差やディストーション

50

の補正が容易になり、性能面で効果を出すことができる。しかも、第3レンズ群の広角側での光線高が高くなることを抑え、第3レンズ群をレンズ3枚構成としてもこの群の小型化、屈折力の確保に寄与し、沈胴時の薄型化にも効果的である。また、第3レンズ群の変倍時の移動範囲の確保にもつながり、高変倍比化にも有利となる。

また、条件式(2)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、全長の小型化に有利となる。一方、下限を下回らないようにすることで、第2レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、広角端でのディストーション、非点収差、望遠端での球面収差、コマ収差の補正に有利となる。

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-7 < f_T / f_{g2} < -3 \quad (2-1)$$

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-5 < f_T / f_{g2} < -4 \quad (2-2)$$

また、条件式(15)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維持しやすくし、第2レンズ群の前後のレンズ群の移動量が大きくなりすぎることを防止し、全長の小型化に有利となる。一方、下限を超えないようにすることで、第2レンズ群で発生するコマ収差、非点収差の補正に有利となる。

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.2 < (r_{L3f} + r_{L3r}) / (r_{L3f} - r_{L3r}) < 0.7 \quad (15-1)$$

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.35 < (r_{L3f} + r_{L3r}) / (r_{L3f} - r_{L3r}) < 0.55 \quad (15-2)$$

【0021】

本願の発明のズームレンズにおいては、前記広角端に対して前記望遠端にて前記第1レンズ群が物体側に位置するように構成するのが好ましい。

【0022】

このように構成することにより広角端側ではズームレンズ全長を小さくし、また、入射瞳を浅くして第1レンズ群の径が大きくなることを抑え、一方、望遠側では第1レンズ群と第2レンズ群との間隔をより大きくできるため、高変倍比化に有利となる。

【0023】

本願の発明の撮像装置は、上記本願の発明の少なくともいずれかのズームレンズと、前記ズームレンズの像側に配され、且つ、前記ズームレンズにより形成された像を電気信号に変換する撮像素子を備える撮像装置とするのが好ましい。

【0024】

本願の発明のズームレンズは、射出光束を光軸と平行に近づけることに有利となる。そのため、受光面への光線の入射角による依存が大きい撮像素子に用いることが好ましい。

【0025】

次に、本願の発明に係る撮像装置の実施例を図を参照して詳細に説明する。

【0026】

実施例1

図1は、本願の発明の実施例1に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。(a)、(a')、(b)、(b')、(c)の順で焦点距離が長くなる。

【0027】

図2は、前記実施例1に係るズ・ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a)は広角端、(b)は図1の(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【0028】

実施例1のズ・ムレンズ光学系は、物体側から順に、正の第1レンズ群G11と、負の第2レンズ群G12と、明るさ絞りSと、正の第3レンズ群G13と、正の第4レンズ群G14とを備えている。第3レンズ群G13の像側にはフレア絞りF、第4レンズ群G14の像側には平行平面

10

20

30

40

50

板FL1、FL2及びCCD受光面Pが配置される。

【0029】

第1レンズ群G11は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、像側の面が非球面の両凸面の正レンズL12とで構成され、これらの2枚のレンズが接合されている。第2レンズ群G12は両面が非球面の両凹面の負レンズL13、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14とで構成され、第3レンズ群G13は両面が非球面の両凸面の正レンズL15、両凸面の正レンズL16、両凹面の負レンズL17で構成され、これら2枚のレンズL16とL17が接合されている。第4レンズ群G14は物体側が非球面の両凸面の正レンズL18で構成されている。前記平行平板FL1は、赤外線カットを施したロ-パスフィルタ-であり、FL2はCCDカバーガラスで構成されている。

10

【0030】

この実施例1のズ-ムレンズ光学系は、変倍時、広角端から望遠端にかけて、第1レンズ群G11は物体側に移動し、第2レンズ群G12は一旦物体側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し像側に移動する。同時に、第3レンズ群G13は物体側に移動し、第4レンズ群G14は一旦像側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し物体側に移動した後、さらに中間焦点距離状態より望遠側で移動方向が反転し像側に移動するように構成されている。なお、中間焦点距離状態は、広角端でのズームレンズ全系の焦点距離と望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離との相乗平均を焦点距離とする状態とする。

20

【0031】

また、この実施例1においては、像高は3.84mm、焦点距離は6.52~10.34~16.32~22.52~31.49mm、Fnoは3.34~4.13~4.69~4.94~5.13である。

【0032】

次に、実施例1の光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

なお、第1実施例の数値データにおいて、Rは各レンズ面の曲率半径、Dは各レンズの肉厚又は空気間隔、Nd、Vdは各レンズのd線での屈折率及びアッベ数、D3、D7、D14及びD16は可変間隔を表している。FnoはFナンバー、fは全系焦点距離、2は画角（は半画角）を表している。R、D、fの単位はmmである。なお、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をK、非球面係数をA4、A6、A8、A10としたとき、次の式で表される。

30

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y/r)^2\}^{1/2}] + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10}$$

また、非球面係数中、例えば、実施例1の非球面3におけるA4の値、2.22290e-05は、 -2.22290×10^{-5} とも表示され得るが、本数値データ中では、全て前者の形式で表示してある。なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

【0033】

数値データ1

40

面番	R	D	Nd	Vd
1	17.547	0.806	1.84666	23.78
2	12.113	3.328	1.58313	59.38
3	-51.993 ASP	D3		
4	-12.716 ASP	0.903	1.80610	40.92
5	4.886 ASP	0.799		
6	6.865	2.070	1.92286	18.90
7	15.092	D7		
8	絞り	0.100		
9	4.875 ASP	1.603	1.51633	64.14

50

10	-10.936 ASP	0.100			
11	7.923	2.002	1.77250	49.60	
12	-5.497	0.396	1.74950	35.28	
13	3.424	0.809			
14		D14			
15	23.383 ASP	1.873	1.74330	49.33	
16	-26.955	D16			
17		0.400	1.54771	62.84	
18		0.500			
19		0.500	1.51633	64.14	10
20		0.370			
21	像面 (C C D 受光面)				

(A S P は非球面を示す)

【 0 0 3 4 】

非球面係数

面番	R	k			
3	-51.993	0.000			
	A4	A6	A8	A10	
	2.22290e-05	3.21270e-08	-6.34460e-10	-1.31080e-11	
面番	R	k			20
4	-12.716	0.089			
	A4	A6	A8	A10	
	4.97970e-04	8.92410e-06	-6.09010e-07	9.71730e-09	
面番	R	k			
5	4.886	-0.406			
	A4	A6	A8	A10	
	-1.65140e-04	8.13600e-05	-4.74940e-06	1.09450e-07	
面番	R	k			
9	4.875	-0.227			
	A4	A6	A8	A10	30
	-1.20460e-03	-4.75530e-06	1.28240e-05	-2.23310e-07	
面番	R	k			
10	-10.936	0.000			
	A4	A6	A8		
	5.67890e-04	-7.21830e-06	1.35190e-05		
面番	R	k			
16	23.383	-1.490			
	A4	A6	A8	A10	
	1.55200e-04	1.41210e-06	-1.02530e-12	-2.39420e-09	
	A12	A14	A16		40
	1.75310e-11	2.01960e-11	-7.59938e-13		

【 0 0 3 5 】

ズームデータ1

焦点距離 f	6.52	10.34	16.32	22.52	31.49
F no	3.34	4.13	4.69	4.94	5.13
画角 2	66.65	41.31	26.22	19.19	13.72
D3	0.888	3.391	6.624	8.834	11.201
D7	9.594	7.371	5.056	3.198	1.53
D14	2.588	6.839	9.075	9.881	10.843
D16	3.970	2.889	2.921	3.487	2.806

【 0 0 3 6 】

実施例 2

図 3 は、本願の発明の実施例 2 に係るズ - ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。(a)、(a')、(b)、(b')、(c)の順で焦点距離が長くなる。

【 0 0 3 7 】

図 4 は、前記実施例 2 に係るズ - ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a)は広角端、(b)は図 3 (b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

10

【 0 0 3 8 】

実施例 2 のズ - ムレンズ光学系は、物体側から順に、正の第 1 レンズ群 G 2 1、負の第 2 レンズ群 G 2 2、明るさ絞り S、正の第 3 レンズ群 G 2 3、フレア絞り F 及び正の第 4 レンズ群 G 2 4 を備えている。

【 0 0 3 9 】

このズ - ムレンズ光学系においては、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 2 1 は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1、像側の面が非球面の両凸面の正レンズ L 2 2 とで構成されており、これらの 2 枚のレンズ L 2 1 と L 2 2 が接合されている。第 2 レンズ群 G 2 2 は両面が非球面の両凹面の負レンズ L 2 3、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 4 とで構成され、第 3 レンズ群 G 2 3 は両面が非球面の両凸面の正レンズ L 2 5、両凸面の正レンズ L 2 6、両凹面の負レンズ L 2 7 で構成され、2 枚のレンズ L 2 6 と L 2 7 が接合されている。第 4 レンズ群 G 2 4 は物体側が非球面の両凸面の正レンズ L 2 8 で構成されている。

20

【 0 0 4 0 】

前記ズ - ムレンズ光学系は、変倍時、広角端から望遠端にかけて、第 1 レンズ群 G 2 1 は物体側に移動し、第 2 レンズ群 G 2 2 は一旦像側に移動した後、中間焦点距離状態より望遠側で移動方向が反転し物体側に移動し、第 3 レンズ群 G 2 3 は物体側に移動し、第 4 レンズ群 G 2 4 は一旦物体側に移動した後、中間焦点距離状態より望遠側で移動方向が反転し像側に移動するように構成されている。

【 0 0 4 1 】

30

また、本実施例 2 においては、像高が 3.84mm、焦点距離は 6.61 ~ 10.23 ~ 16.36 ~ 23.10 ~ 31.75mm、Fno は 3.44 ~ 3.80 ~ 4.13 ~ 4.36 ~ 5.16 である。

【 0 0 4 2 】

数値データ 2

面番	R	D	Nd	Vd
1	21.131	0.800	1.84666	23.78
2	16.243	3.250	1.49700	81.54
3	-31.280 ASP	D3		
4	-20.143 ASP	0.800	1.80610	40.88
5	5.121 ASP	1.027		
6	6.603	1.762	1.92286	18.90
7	11.070	D7		
8	絞り	0.100		
9	4.877 ASP	1.910	1.56384	60.67
10	-28.445 ASP	0.100		
11	10.231	1.660	1.88300	40.76
12	-7.561	0.700	1.69895	30.13
13	3.556	0.800		
14		D14		
15	11.784 ASP	2.400	1.51633	64.14

40

50

16	-39.468	D16		
17		0.500	1.54771	62.84
18		0.500		
19		0.500	1.51633	64.14
20		0.590		
21	像面 (C C D 受光面)			

【 0 0 4 3 】

非球面係数

面番	R	k					
3	-31.280	0.000					10
	A4		A6	A8	A10		
	3.43788e-05		4.33169e-08	-3.14573e-09	3.63435e-11		
面番	R	k					
4	-20.143	0.000					
	A4		A6	A8	A10		
	-3.74820e-05		1.64482e-05	-5.41840e-07	6.88617e-09		
面番	R	k					
5	5.121	-0.192					
	A4		A6	A8	A10		
	-3.30754e-04		2.71844e-05	-1.30015e-06	3.47164e-08		20
面番	R	k					
9	4.877	0.281					
	A4		A6	A8	A10		
	-6.27098e-04		6.31717e-05	-7.08095e-06	1.82784e-06		
面番	R	k					
10	-28.445	0.000					
	A4		A6	A8	A10		
	1.68212e-03		1.68169e-04	-2.07636e-05	4.64627e-06		
面番	R	k					
15	11.784	1.426					30
	A4						
	3.60839e-05						

【 0 0 4 4 】

ズームデータ 2

焦点距離 f	6.61	10.23	16.36	23.1	31.75	
F no	3.44	3.8	4.13	4.36	5.17	
画角 2	65.53	41.1	25.68	18.4	13.64	
D3	0.527	3.535	7.604	10.327	11.47	
D7	11.42	7.213	4.102	2.096	0.9	
D14	5.432	6.126	6.915	7.896	12.236	40
D16	1.299	2.553	3.581	3.855	2.495	

【 0 0 4 5 】

実施例 3

図 5 は、本願の発明の実施例 3 に係るズ - ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。(a)、(a')、(b)、(b')、(c)の順で焦点距離が長くなる。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、前記実施例 1 に係るズ - ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a)は広角端、(b)は図 5 (b)の

途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【0047】

実施例3のズ-ムレンズ光学系は、物体側から順に、正の第1レンズ群G31、負の第2レンズ群G32、明るさ絞りS、正の第3レンズ群G33、フレア絞りF及び正の第4レンズ群G34が配置される。第4レンズ群G34の像側には平行平板FL1、FL2及びCCD受光面Pが配置される。

【0048】

前記ズ-ムレンズ光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G31は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31、像側の面が非球面の両凸面の正レンズL32とで構成され、これらの2枚のレンズL31とL32が接合されている。第2レンズ群G32は両面が非球面の両凹面の負レンズL33、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34とで構成され、第3レンズ群G33は両面が非球面の両凸面の正レンズL35、両凸面の正レンズL36、両凹面の負レンズL37で構成され、これら2枚のレンズL36とL37が接合されている。また、第4レンズ群G34は物体側が非球面の両凸面の正レンズで構成されている。前記平行平板FL1及びFL2は、赤外線カットを施したロ-パスフィルタ-であり、FL2はCCDカバ-ガラスで構成されている。

【0049】

前記ズ-ムレンズ光学系は、変倍時、広角端から望遠端にかけて、第1レンズ群G31は物体側に移動し、第2レンズ群G32は一旦物体側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し像側に移動し、第3レンズ群G33は物体側に移動し、第4レンズ群G34は一旦像側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し物体側に移動した後、さらに中間焦点距離状態付近で移動方向が反転し像側に移動するように構成されている。

【0050】

また、この実施例3においては、像高は3.84mm、焦点距離は6.61~10.13~16.15~21.91~31.73mm、Fnoは3.26~3.97~4.37~4.62~5.00である。

【0051】

数値データ3

面番	R	D	Nd	Vd
1	19.078	1.100	1.92286	20.88
2	14.113	3.150	1.58313	59.46
3	-58.921 ASP	D3		
4	-18.603 ASP	0.900	1.80610	40.88
5	4.824 ASP	0.918		
6	6.775	2.000	1.92286	18.90
7	12.917	D7		
8	絞り	0.100		
9	5.507 ASP	1.700	1.58313	59.46
10	-8.650 ASP	0.100		
11	18.628	1.900	1.83400	37.16
12	-4.831	0.500	1.69895	30.13
13	3.538	0.800		
14		D14		
15	22.547 ASP	2.100	1.58313	59.46
16	-14.889	D16		
17		0.500	1.54771	62.84
18		0.500		
19		0.500	1.51633	64.14
20		0.540		
21	像面(CCD受光面)			

【 0 0 5 2 】

非球面係数

面番	R	k			
3	-58.921	0.000			
	A4	A6	A8	A10	
	1.95518e-05	3.57791e-08	-1.67912e-09	1.69933e-11	
面番	R	k			
4	-18.603	0.000			
	A4	A6	A8	A10	
	2.67251e-04	3.47099e-06	-1.96142e-07	2.74842e-09	10
面番	R	k			
5	4.824	-2.442			
	A4	A6	A8	A10	
	2.15214e-03	-9.21729e-06	1.17029e-07	1.59779e-08	
面番	R	k			
9	5.507	-3.649			
	A4	A6	A8	A10	
	-3.50628e-05	-1.35947e-04	-1.65657e-05	-3.41534e-06	
面番	R	k			
10	-8.650	0.000			20
	A4	A6	A8		
	-6.78892e-04	1.04973e-06	-4.11558e-05		
面番	R	k			
15	22.547	-20.528			
	A4				
	2.62461e-04				

【 0 0 5 3 】

ズームデータ 3

焦点距離 f	6.61	10.13	16.15	21.92	31.73
F no	3.26	3.97	4.37	4.62	5
画角 2	63.04	41.97	26.41	19.57	13.66
D3	0.77	2.506	6.816	9.646	12.167
D7	9.942	6.944	4.495	3.38	1.62
D14	3.15	6.765	8.635	10.09	11.932
D16	3.797	3.703	4.116	3.500	2.621

【 0 0 5 4 】

実施例 4

図 7 は、本願の発明の実施例 4 に係るズ - ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a) は広角端における、(a')、(b)、(b') は広角端から望遠端への途中状態における、(c) は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。(a)、(a')、(b)、(b')、(c) の順で焦点距離が長くなる。

【 0 0 5 5 】

図 8 は、前記実施例 1 に係るズ - ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a) は広角端、(b) は図 7 (b) の途中状態、(c) は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【 0 0 5 6 】

実施例 4 のズ - ムレンズ光学系は、物体側から順に、正の第 1 レンズ群 G41、負の第 2 レンズ群 G42、明るさ絞り S、正の第 3 レンズ群 G43、フレア絞り F 及び正の第 4 レンズ群 G44 を備えている。第 4 レンズ群 G44 の像側には平行平板 FL1、FL2 及び CCD 受光面 P が配置される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

物体側から順に、第 1 レンズ群 G 41 は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 41、両面が非球面の両凸面の正レンズ L 42 とで構成され、第 2 レンズ群 G 4 2 は両面が非球面の両凹面の負レンズ L 43、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 44 とで構成され、第 3 レンズ群 G 4 3 は両面が非球面の両凸面の正レンズ L 45、両凸面の正レンズ L 46、両凹面の負レンズ L 47 で構成され、また、これら 2 枚のレンズ L 46 と L 47 が接合されており、第 4 レンズ群 G 4 4 は物体側が非球面の両凸面 L 4 8 の正レンズで構成されている。

【 0 0 5 8 】

前記ズ - ムレンズ光学系は、変倍時、広角端から望遠端にかけて、第 1 レンズ群 G 41 は物体側に移動し、第 2 レンズ群 G 42 は一旦物体側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し像側に移動し、第 3 レンズ群 G 43 は物体側に移動し、第 4 レンズ群 G 44 は一旦像側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し物体側に移動した後、さらに中間焦点距離状態より望遠側で移動方向が反転し像側に移動するように構成される。

【 0 0 5 9 】

また本実施例 4 においては、像高は 3.84mm、焦点距離は 6.61 ~ 10.13 ~ 17.14 ~ 23.20 ~ 31.75mm、そして Fno は 3.41 ~ 4.29 ~ 4.55 ~ 4.64 ~ 4.93 である。

【 0 0 6 0 】

数値データ 4

面番	R	D	Nd	Vd
1	16.844	0.800	1.92286	20.88
2	12.784	0.102		
3	12.170 ASP	3.350	1.58913	61.28
4	-80.304 ASP	D4		
5	-21.251 ASP	0.800	1.80610	40.88
6	4.237 ASP	1.128		
7	6.732	1.800	1.92286	18.90
8	13.803	D8		
9	絞り	0.100		
10	5.271 ASP	1.900	1.58313	59.46
11	-12.812 ASP	0.162		
12	17.207	1.700	1.81600	46.62
13	-5.540	0.700	1.66680	33.05
14	3.652	0.800		
15		D15		
16	16.176 ASP	2.200	1.58913	61.28
17	-21.830	D17		
18		0.500	1.54771	62.84
19		0.500		
20		0.500	1.51633	64.14
21		0.590		
22	像面 (C C D 受光面)			

【 0 0 6 1 】

非球面係数

面番	R	k
3	12.170	0.000
	A4	A6
	-4.30559e-06	-1.00105e-08
面番	R	k
4	-80.304	0.000

10

20

30

40

50

	A4	A6	A8	A10
	2.56740e-05	-3.85836e-08	-5.49885e-10	1.58584e-11
面番	R	k		
5	-21.251	0.000		
	A4	A6	A8	A10
	9.26214e-05	1.46075e-05	-5.55617e-07	7.56943e-09
面番	R	k		
6	4.237	-0.506		
	A4	A6	A8	A10
	-2.89325e-04	2.96203e-05	-7.14232e-07	1.38028e-08
面番	R	k		
10	5.271	0.173		
	A4	A6	A8	A10
	-1.32851e-03	2.46293e-05	-3.40819e-06	7.87783e-08
面番	R	k		
11	-12.812	0.000		
	A4	A6		
	7.76003e-04	3.28829e-05		
面番	R	k		
16	16.176	2.340		
	A4			
	1.21657e-04			

10

20

【 0 0 6 2 】

ズームデータ 4

焦点距離 f	6.61	10.13	17.14	23.2	31.75
F no	3.41	4.29	4.56	4.64	4.93
画角 2	63.17	42.9	25.54	19.02	13.8
D4	0.788	2.232	6.973	9.211	11.312
D8	9.864	7.392	4.459	2.556	1.5
D15	2.354	7.289	8.263	8.516	10.559
D17	4.257	3.532	4.215	4.56	2.497

30

【 0 0 6 3 】

実施例 5

図 9 は、本願の発明の参考例としての実施例 5 に係るズームレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。(a)、(a')、(b)、(b')、(c)の順で焦点距離が長くなる。

【 0 0 6 4 】

図 10 は、前記実施例 5 に係るズ - ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a)は広角端、(b)は図 9 (b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

40

【 0 0 6 5 】

実施例 5 のズ - ムレンズ光学系は、物体側から順に、正の第 1 レンズ群 G 51、負の第 2 レンズ群 G 52、明るさ絞り S、正の第 3 レンズ群 G 53 及び正の第 4 レンズ群 G 54 を備えている。第 4 レンズ群 G 54 の像側には平行平板 FL1、FL 2 及び CCD 受光面 P が配置される。

【 0 0 6 6 】

このズ - ムレンズ光学系では、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 51 は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 51、像側の面が非球面の両凸面の正レンズ L 52 とで構成され、これらの 2 枚のレンズ L 51 と L 52 とが接合されている。第 2 レンズ群 G 52 は両面が非球面の両凹面の負レンズ L 53、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 54 とで構成され、

50

第3レンズ群G53は両凸面の正レンズL55、像側が非球面の両凹面の負レンズL56で構成され、これらの2枚のレンズL55とL56とが接合されている。第4レンズ群G54は両面が非球面の両凸面の正レンズL57で構成されている。

【0067】

このズムレンズ光学系は、変倍時、広角端から望遠端にかけて、第1レンズ群G51は物体側に移動し、第2レンズ群G52は一旦像側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し物体側に移動する。同時に、第3レンズ群G53は物体側に移動し、第4レンズ群G54は一旦物体側に移動した後、中間焦点距離状態付近で移動方向が反転し像側に移動するように構成されている。

【0068】

また、この実施例5においては、像高は3.80mm、焦点距離は6.80～10.10～14.95～22.10～32.47mm、そしてFnoは3.28～3.66～4.00～4.44～5.16である。

【0069】

数値データ5

面番	R	D	Nd	Vd
1	15.042	0.900	1.92286	18.90
2	12.868	3.469	1.49700	81.54
3	-29.200 ASP	D3		
4	-8.161 ASP	0.900	1.88300	40.76
5	4.702 ASP	0.946		
6	8.967	1.700	1.92286	18.90
7	48.545	D7		
8	絞り	0.100		
9	4.770	3.834	1.72916	54.68
10	-14.556	0.900	1.84666	23.78
11	16.141 ASP	D11		
12	27.554 ASP	1.900	1.74320	49.34
13	-41.037 ASP	D13		
14		0.500	1.54771	62.84
15		0.500		
16		0.500	1.51633	64.14
17		0.600		
18	像面 (CCD受光面)			

【0070】

非球面係数

面番	R	k		
3	-29.200	-6.549		
	A4	A6	A8	A10
	3.54953e-05	9.31006e-08	-8.16434e-09	1.01788e-10
面番	R	k		
4	-8.161	-16.672		
	A4	A6	A8	A10
	-1.93339e-03	6.97597e-05	4.85947e-06	-4.15553e-07
	A12			
	7.98697e-09			
面番	R	k		
5	4.702	-0.229		
	A4	A6	A8	A10
	1.24912e-04	-3.86680e-04	4.82554e-05	-1.99103e-06
面番	R	k		

11	16.141	-10.633			
	A4	A6	A8	A10	
	3.28941e-03	5.54320e-05	4.25192e-05	-3.07332e-06	
面番	R	k			
12	27.554	1.413			
	A4	A6	A8	A10	
	-3.30498e-04	1.09389e-05	-4.33644e-06	1.24136e-07	
面番	R	k			
13	-41.037	-469.916			
	A4	A6	A8	A10	
	-9.41535e-04	4.48707e-05	-4.94893e-06	1.21165e-07	

10

【 0 0 7 1 】

ズームデータ 5

焦点距離 f	6.8	10.1	14.95	22.1	32.47
F no	3.29	3.66	3.99	4.44	5.16
画角 2	66.39	41.64	27.77	18.91	12.97
D3	1.1	3.458	5.878	7.996	9.456
D7	6.883	4.857	3.232	2.045	1
D11	3.107	3.981	4.857	8.23	13.689
D13	5.769	6.902	7.980	7.637	6.106

20

【 0 0 7 2 】

実施例 6

図 1 1 は、本願の発明の参考例としての実施例 6 に係るズームレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。(a)、(a')、(b)、(b')、(c)の順で焦点距離が長くなる。

【 0 0 7 3 】

図 1 2 は、前記実施例 1 に係るズームレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a)は広角端、(b)は図 1 1 (b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

30

【 0 0 7 4 】

実施例 6 のズームレンズ光学系は、物体側から順に、正の第 1 レンズ群 G 61、負の第 2 レンズ群 G 62、明るさ絞り S、正の第 3 レンズ群 G 63 及び正の第 4 レンズ群 G 64 が配置される。第 4 レンズ群 G 64 の像側には平行平板 FL 1、FL 2 及び CCD 受光面 P が配置される。

【 0 0 7 5 】

前記ズームレンズ光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 61 は両凹面の負レンズ L 61、両面が非球面の両凸面の正レンズ L 62 とで構成され、第 2 レンズ群 G 62 は両面が非球面の両凹面の負レンズ L 63、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 64 とで構成され、第 3 レンズ群 G 63 は両凸面の正レンズ L 65、像側が非球面の両凹面の負レンズ L 66 で構成され、これらの 2 枚のレンズ L 65 と L 66 とが接合されている。第 4 レンズ群 G 64 は両面が非球面の両凸面の正レンズ L 67 で構成されている。

40

【 0 0 7 6 】

前記ズームレンズ光学系は、変倍時、広角端から望遠端にかけて、第 1 レンズ群 G 61 は物体側に移動し、第 2 レンズ群 G 62 は一旦像側に移動した後、中間焦点距離状態より広角側で移動方向が反転し物体側に移動する。同時に、第 3 レンズ群 G 63 は物体側に移動し、第 4 レンズ群 G 64 は一旦物体側に移動した後、中間焦点距離状態よりも広角側で移動方向が反転し像側に移動し、その後中間焦点距離状態付近で移動方向が反転して物体側に移動し、中間焦点距離状態より望遠側で移動方向が反転して像側に移動するように構成されている。

【 0 0 7 7 】

50

この実施例 6 において、像高は3.80mm、焦点距離は6.72 ~ 10.10 ~ 14.80 ~ 22.14 ~ 32.90 mm、そしてFnoは3.14 ~ 3.37 ~ 3.63 ~ 4.19 ~ 5.00である。

数値データ 6

面番	R	D	Nd	Vd	
1	-98.083	0.800	2.00069	25.46	
2	28.999	0.200			
3	13.871 ASP	4.000	1.74320	49.34	
4	-18.782 ASP	D4			
5	-8.080 ASP	0.900	1.77250	49.60	
6	5.187 ASP	0.946			10
7	7.496	1.700	1.92286	18.90	
8	15.803	D8			
9	絞り	0.303			
10	4.751	4.174	1.72916	54.68	
11	-13.632	0.700	1.84666	23.78	
12	13.028 ASP	D12			
13	58.675 ASP	1.900	1.74320	49.34	
14	-31.793 ASP	D14			
15		0.500	1.54771	62.84	
16		0.500			20
17		0.500	1.51633	64.14	
18		0.600			
19	像面 (C C D 受光面)				

【 0 0 7 8 】

非球面係数

面番	R	k			
3	13.871	0.251			
	A4	A6	A8	A10	
	1.61518e-05	-2.76258e-06	5.76931e-08	-4.70760e-10	
面番	R	k			30
4	-18.782	-8.530			
	A4	A6	A8	A10	
	2.03188e-05	-2.21974e-06	6.85474e-08	-6.52439e-10	
面番	R	k			
5	-8.080	-10.198			
	A4	A6	A8	A10	
	-1.31225e-04	-4.01517e-05	4.65102e-06	-2.38759e-07	
	A12				
	4.64521e-09				
面番	R	k			40
6	5.187	-1.320			
	A4	A6	A8	A10	
	2.19700e-03	-1.54581e-04	1.35340e-05	-9.33151e-07	
	A12				
	2.68339e-08				
面番	R	k			
12	13.028	-4.136			
	A4	A6	A8	A10	
	3.18369e-03	3.13607e-04	-5.48068e-05	1.02777e-05	
面番	R	k			50

13	58.675	-1978.115		
	A4	A6	A8	A10
	1.07093e-04	-1.07574e-04	7.45454e-06	-3.42745e-07
面番	R	k		
14	-31.793	-18.018		
	A4	A6	A8	A10
	-8.05881e-04	-8.41325e-06	-1.49187e-07	-5.14667e-08

【 0 0 7 9 】

ズームデータ6

焦点距離 f	6.72	10.1	14.8	22.14	32.89
F no	3.14	3.37	3.63	4.19	5
画角 2	67.6	41.64	28.02	19.12	13.06
D4	1.133	3.735	6.231	7.193	8.581
D8	9.311	6.465	4.763	2.069	0.9
D12	4.834	4.269	5.753	6.268	13.689
D14	4.397	6.25	6.24	9.045	6.106

10

【 0 0 8 0 】

前記各条件式に係る各数値データを以下に示す。

[各実施例の条件式計算表]

20

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
f_T / f_{g1}	1.17	1.08	1.08	1.22	1.45	1.60
f_T / f_{g2}	-4.69	-4.24	-4.40	-4.61	-6.36	-5.70
f_T / f_{g3}	3.58	3.47	3.36	3.26	3.79	3.64
f_T / f_{g4}	1.84	1.78	2.02	1.97	1.45	1.17
f_{g1} / f_{Tg234}	1.69	1.69	2.20	1.88	1.30	0.68
f_{g2} / f_{Tg34}	-0.44	-0.44	-0.38	-0.43	-0.35	-0.43
f_{g3} / f_{Tg12}	-0.32	-0.35	-0.33	-0.30	-0.44	-0.45
$ D_{g1} / D $	0.63	0.55	0.70	0.55	0.91	0.61
D_{g2} / D	0.07	0.16	0.05	0.12	-0.34	-0.14
$ D_{g3} / D $	0.48	0.52	0.50	0.41	0.75	0.68
$(r_{L2f} + r_{L2r}) / (r_{L2f} - r_{L2r})$	-0.62	-0.32	-0.61	-0.74	-0.39	-0.15
$(r_{L3f} + r_{L3r}) / (r_{L3f} - r_{L3r})$	0.44	0.59	0.59	0.67	0.27	0.22
$(r_{L4f} + r_{L4r}) / (r_{L4f} - r_{L4r})$	-2.67	-3.96	-3.21	-2.90	-1.45	-2.80
$(r_{L7f} + r_{L7r}) / (r_{L7f} - r_{L7r})$	0.36	0.15	0.21	-0.20	-0.05	0.02
r_{L2r} / f_{g1}	1.05	0.35	0.90	1.26	0.24	0.84
f_T / f_W	4.83	4.80	4.80	4.80	4.77	4.90

30

40

【 0 0 8 1 】

前記各実施例においてゴースト、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良い。各実施例の第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良い

50

。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、いかなる形状にしても良い。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。

【0082】

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良い。

【0083】

またピント調節を行うためのフォーカシングは第4レンズ群で行うことが望ましいが、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

【0084】

また画像周辺部の明るさ低下を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。

【0085】

また意図的に光学系で歪曲収差を出しておき、撮影後に電氣的に画像処理を行って歪みを補正しても良い。

【0086】

20

前記した本願の発明は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、例えば、次のように構成することができる。また前記発明のいずれかの構成とした場合、以下に示す構成または条件式のいずれか1つ以上を満足することが好ましい。

【0087】

(1) 請求項1または2に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(1)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.6 < f_T / f_{g1} < 2.5 \quad (1)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離である。

【0088】

30

前記条件式(1)の上限を上回らないようにすることで、第1レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、特に望遠端での球面収差、コマ収差の補正に有利となる。

【0089】

一方、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、望遠端での全長短縮に有利となる。

【0090】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.7 < f_T / f_{g1} < 2.0 \quad (1-1)$$

【0091】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

40

$$0.9 < f_T / f_{g1} < 1.3 \quad (1-2)$$

【0098】

(2) 請求項1乃至3の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(3)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$2 < f_T / f_{g3} < 7 \quad (3)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離である。

【0099】

また、第3レンズ群は次の条件式を満たすのが良い。

$$2 < f_T / f_{g3} < 7$$

50

ただし、 f_T は望遠端の焦点距離、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離である。

【0100】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第3レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、特に望遠端での球面収差、コマ収差の補正に有利となる。

【0101】

一方、下限を下回らないようにすることで、第3レンズ群のパワーを確保し、移動量をおさえ、全長の短縮化に有利となる。

【0102】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$2.5 < f_T / f_{g3} < 5 \quad (3-1)$$

10

【0103】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$3 < f_T / f_{g3} < 4 \quad (3-2)$$

【0104】

(3) 請求項1乃至4の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(4)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.35 < f_T / f_{g4} < 5 \quad (4)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_{g4} は第4レンズ群の焦点距離である。

【0105】

20

また第4レンズ群は次の条件式を満たすのが良い。

$$1.35 < f_T / f_{g4} < 5$$

ただし、 f_T は望遠端の焦点距離、 f_{g4} は第4レンズ群の焦点距離である。

【0106】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第4レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、全変倍領域における非点収差やディストーションの補正過剰を抑えられる。

【0107】

一方、下限を下回らないようにすることで、第4レンズ群のパワーを確保し、射出瞳の調整を行い、また、全変倍領域における非点収差やディストーションの補正不足を抑えられる。

30

【0108】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$1.5 < f_T / f_{g4} < 3 \quad (4-1)$$

【0109】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$1.7 < f_T / f_{g4} < 2 \quad (4-2)$$

【0110】

(4) 請求項1乃至5の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(5)を満足することを特徴とするズームレンズ。

40

$$0.3 < f_{g1} / f_{Tg234} < 2.5 \quad (5)$$

ただし、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離、 f_{Tg234} は第2レンズ群から第4レンズ群までの望遠端での合成焦点距離である。

【0111】

また、第1レンズ群と第2～4レンズ群との関係は次の条件式を満たすのが良い。

$$0.3 < f_{g1} / f_{Tg234} < 2.5$$

ただし、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離、 f_{Tg234} は第2～4レンズ群の望遠端での合成焦点距離である。

【0112】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第2～4レンズ群に対する第1レン

50

ズ群のパワーを確保し、全長の小型化に有利となる。

【0113】

一方、下限を下回らないようにすることで、第2～4レンズ群に対する第1レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、第1レンズ群で発生する収差、特に球面収差、コマ収差の補正に有利となる。

【0114】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.9 < f_{g1} / f_{Tg234} < 2.0 \quad (5-1)$$

【0115】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$1.5 < f_{g1} / f_{Tg234} < 1.8 \quad (5-2)$$

【0116】

(5) 請求項1乃至5の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(6)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.7 < f_{g2} / f_{Tg34} < -0.2 \quad (6)$$

ただし、 f_{g2} は第2レンズ群の焦点距離、 f_{Tg34} は第3レンズ群から第4レンズ群の望遠端での合成焦点距離である。

【0117】

また、第2レンズ群と第3～4レンズ群との関係は次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.7 < f_{g2} / f_{Tg34} < -0.2$$

ただし、 f_{g2} は第2レンズ群の焦点距離、 f_{Tg34} は第3～4レンズ群の望遠端での合成焦点距離である。

【0118】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第3～4レンズ群に対する第2レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、全領域におけるコマ収差、非点収差の収差変動をおさえやすくなる。

【0119】

一方、下限を下回らないようにすることで、第3～4レンズ群に対する第2レンズ群のパワーを確保し、全長の小型化や、第2レンズ群の移動量の低減に有利となる。

【0120】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.6 < f_{g2} / f_{Tg34} < -0.3 \quad (6-1)$$

【0121】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.5 < f_{g2} / f_{Tg34} < -0.4 \quad (6-2)$$

【0122】

(6) 請求項1乃至7の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(7)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.45 < f_{g3} / f_{Tg12} < -0.1 \quad (7)$$

ただし、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離、 f_{Tg12} は第1レンズ群から第2レンズ群までの望遠端での合成焦点距離である。

【0123】

また第1の発明では、第1～2レンズ群と第3レンズ群との関係は次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.45 < f_{g3} / f_{Tg12} < -0.1$$

ただし、 f_{g3} は第3レンズ群の焦点距離、 f_{Tg12} は第1～2レンズ群の望遠端での合成焦点距離である。

【0124】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第1～2レンズ群に対する第3レンズ群のパワーが強くなりすぎることをおさえ、全領域における球面収差、コマ収差、非点

10

20

30

40

50

収差の収差変動をおさえるのに有利となる。

【0125】

一方、下限を下回らないようにすることで、第1～2レンズ群に対する第3レンズ群のパワーが確保でき、全長の短縮化や、第3レンズ群の移動量の低減に有利となる。

【0126】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.4 < f_{g3} / f_{Tg12} < -0.2 \quad (7-1)$$

【0127】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.37 < f_{g3} / f_{Tg12} < -0.25 \quad (7-2)$$

10

【0133】

(7) 請求項2に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(9)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.2 < |D_{g1} / D| < 1.5 \quad (9)$$

ただし、 D_{g1} は第1レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号とし、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0134】

また第1レンズ群の移動量は次の条件式を満たすのが良い。

$$0.2 < |D_{g1} / D| < 1.5$$

20

ただし、 D_{g1} は第1レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0135】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第1レンズ群の移動量を抑え、望遠側での全長短縮、カム部材の厚さ方向が大きくなることを抑え、鏡筒の薄型化に有利となる。

【0136】

一方、下限を下回らないようにすることで、第1レンズ群の移動による収差補正効果を維持し、特に全領域のコマ収差、非点収差の補正に有利となる。

30

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.35 < |D_{g1} / D| < 1.0 \quad (9-1)$$

【0137】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.5 < |D_{g1} / D| < 0.8 \quad (9-2)$$

【0138】

(8) 請求項1乃至9の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(10)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.4 < D_{g2} / D < 0.4 \quad (10)$$

ただし、 D_{g2} は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

40

【0139】

また第2レンズ群の移動量は次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.4 < D_{g2} / D < 0.4$$

ただし、 D_{g2} は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0140】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第3レンズ群の移動領域を確保し、

50

変倍比の確保に有利となる。

【0141】

一方、下限を下回らないようにすることで、変倍時の全長の変化を抑えつつ第1レンズ群と第2レンズ群との間隔変化量の確保に有利となる。

【0142】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが各レンズ群の変倍負担が分散できて良い。

$$-0.25 < Dg2 / D < 0.25 \quad (10-1)$$

【0143】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.15 < Dg2 / D < 0.15 \quad (10-2)$$

10

【0144】

(9) 請求項1乃至10の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(11)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.01 < |Dg2| / D \quad (11)$$

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0145】

また、第2レンズ群の移動量は次の条件式を満たすのが良い。

$$0.01 < |Dg2| / D$$

20

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0146】

この条件式の下限を下回らないようにすることで、広角端と望遠端での第2レンズ群の位置の違いによる収差補正効果の調整、特に全領域のコマ収差、非点収差の調整に有利となる。

【0147】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.02 < |Dg2| / D \quad (11-1)$$

30

【0148】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.03 < |Dg2| / D \quad (11-2)$$

【0149】

(10) 請求項1乃至11の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は前記広角端から前記望遠端への変倍に際して、物体側への移動後像側への移動に移動方向が反転し、前記広角端に対して前記望遠端にて前記第2レンズ群が像側に位置し、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.01 < Dg2 / D < 0.25 \quad (12)$$

ただし、 $Dg2$ は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

40

【0150】

前記の構成では、第2レンズ群は第3レンズ群との間隔を小さくし、第1レンズ群との間隔を大きくすることによって大きな変倍作用を発揮できる。そのため第2レンズ群が物体側に移動すると望遠端の全長が大きくなりやすい。したがって第2レンズ群は像側に移動するのが望ましい。ところがこのとき第2レンズ群は広角端では相対的に望遠端よりも物体側に配置されるので、広角端の全長が比較的大きくなってしまいう傾向にある。そこで、広角端から望遠端にかけて物体側に凸面の軌跡を描くように移動することで広角端の全長も小さくすることができる。

50

【0151】

さらに、このとき第2レンズ群の変位量は次の条件式を満たすのが良い。

$$0.01 < Dg_2 / D < 0.25$$

ただし、 Dg_2 は第2レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0152】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第2レンズ群が広角端で物体側に移動しすぎることをおさえ、広角端の全長の小型化に有利となる。また、第2レンズ群の移動量を抑えることにより収差変動を抑えることに有利となる。

10

【0153】

一方、下限を下回らないようにすることで、第2レンズ群が広角端で像側に移動しすぎることをおさえ、第1レンズ群のレンズ径の小径化に有利となる。また、像面への軸外光線の入射角をおさえてシェーディングによる画質劣化を抑えやすくなる。また、望遠端の全長をおさえられる。

【0154】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.02 < Dg_2 / D < 0.2 \quad (12-1)$$

【0155】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.03 < Dg_2 / D < 0.15 \quad (12-2)$$

20

【0156】

(11)請求項1乃至12の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(13)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.4 < |Dg_3 / D| < 1.0 \quad (13)$$

ただし、 Dg_3 は第3レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0157】

また第3レンズ群の移動量は次の条件式を満たすのが良い。

$$0.4 < |Dg_3 / D| < 1.0$$

30

ただし、 Dg_3 は第3レンズ群の広角端に対する望遠端での変位量であり、像側への移動を正符号、 D は第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の各レンズ群の入射面から射出面までの光軸上での厚みの総和である。

【0158】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第3レンズ群の移動量が大きくなりすぎることをおさえ、全長の短縮化、カム部材の厚さ方向をおさえて鏡筒を薄型化に有利となる。

【0159】

一方、下限を下回らないようにすることで、第3レンズ群の収差補正効果を維持し、全変倍領域における他の群の性能、特に全領域のコマ収差、非点収差の補正に有利となる。

40

【0160】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.45 < |Dg_3 / D| < 0.8 \quad (13-1)$$

【0161】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.4 < |Dg_3 / D| < 0.6 \quad (13-2)$$

【0162】

(12)請求項1乃至13の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(14)を満足することを特徴とするズームレンズ。

50

$$-0.8 < (r_{L2f} + r_{L2r}) / (r_{L2f} - r_{L2r}) < 0.0 \quad (14)$$

【0163】

ただし、 r_{L2f} は第1レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L2r} は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径である。

【0164】

また、第1レンズ群中の正レンズは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.8 < (r_{L2f} + r_{L2r}) / (r_{L2f} - r_{L2r}) < 0.0$$

ただし、 r_{L2f} は第1レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L2r} は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径である。

【0165】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、第1レンズ群で発生するコマ収差、非点収差の補正に有利となる。

【0166】

一方、下限を下回らないようにすることで、物体側面の曲率をおさえつつ第1レンズ群のパワーを維持しやすくなり移動量をおさえ全長の小型化に有利となる。

【0167】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.7 < (r_{L2f} + r_{L2r}) / (r_{L2f} - r_{L2r}) < -0.1 \quad (14-1)$$

【0168】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.7 < (r_{L2f} + r_{L2r}) / (r_{L2f} - r_{L2r}) < -0.5 \quad (14-2)$$

【0175】

(13)請求項1乃至14の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群中の正レンズは物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであることを特徴とするズームレンズ。

【0176】

また、第2レンズ群中の正レンズは、負レンズで発生するコマ収差、非点収差、ディストーションを効果的に補正するため、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであることが好ましい。

【0177】

(14)請求項1乃至15の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(16)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-1.0 < (r_{L4f} + r_{L4r}) / (r_{L4f} - r_{L4r}) < -2 \quad (16)$$

ただし、 r_{L4f} は第2レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L4r} 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。

【0178】

また、第2レンズ群中の正レンズは次の条件式を満たすのが良い。

$$-1.0 < (r_{L4f} + r_{L4r}) / (r_{L4f} - r_{L4r}) < -2$$

ただし、 r_{L4f} は第2レンズ群中の正レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L4r} 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。

【0179】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、射出面の曲率半径が長くなりすぎることを抑え、コマ収差、非点収差の補正不足を抑えることに有利となる。

【0180】

一方、下限を下回らないようにすることで、両面の曲率半径が近くなりすぎることをおさえ、正レンズのパワーを確保しやすくして第2レンズ群での諸収差の補正に有利となる。

【0181】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-5 < (r_{L4f} + r_{L4r}) / (r_{L4f} - r_{L4r}) < -2.3 \quad (16-1)$$

10

20

30

40

50

【0182】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-3 < (r_{L4f} + r_{L4r}) / (r_{L4f} - r_{L4r}) < -2.4 \quad (16-2)$$

【0183】

(15) 請求項1乃至16の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第3レンズ群中の負レンズが両凹面レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【0184】

また、前記の構成では、小型化のために第3レンズ群のパワーを確保したほうが良いが、そのとき第3群の正レンズで発生する球面収差、コマ収差が残存しやすくなる。そのため第3レンズ群中の負レンズは正レンズで発生する収差の補正のために両側を凹面にして負レンズによる収差補正効果を高めるのが望ましい。

10

【0185】

(16) 前項(15)に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(17)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-0.8 < (r_{L7f} + r_{L7r}) / (r_{L7f} - r_{L7r}) < 0.8 \quad (17)$$

ただし、 r_{L7f} は第3レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L7r} は第3レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径である。

【0186】

また、光線高が低いほうがレンズのふち肉確保を考慮すると中心肉厚を小さくできるので、光学系の沈胴厚を小型化に有利となる。

20

【0187】

また、第3レンズ群中の負レンズは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.8 < (r_{L7f} + r_{L7r}) / (r_{L7f} - r_{L7r}) < 0.8$$

ただし、 r_{L7f} は第3レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、 r_{L7r} は第3レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径である。

【0188】

この条件式の上限を上回らないようにすることで、物体側面の曲率を確保して収差補正をおこないやすくなる。もしくは、像側面の曲率が強くなりすぎることを防止し、補正過剰による高次収差の発生をおさえることに有利となる。

【0189】

30

一方、下限を下回らないようにすることで、物体側の曲率が強くなりすぎることを抑え、補正過剰による高次収差の発生をおさえることに有利となる。

【0190】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$-0.5 < (r_{L7f} + r_{L7r}) / (r_{L7f} - r_{L7r}) < 0.6 \quad (17-1)$$

【0191】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0 < (r_{L7f} + r_{L7r}) / (r_{L7f} - r_{L7r}) < 0.4 \quad (17-2)$$

【0192】

(17) 請求項1乃至18の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記明るさ絞りは第3レンズ群と一体となって移動することを特徴とするズームレンズ。

40

【0193】

また、明るさ絞りは第3レンズ群と一体となって移動すれば、ズーム領域において第3レンズ群の光線高の変化が小さくなって第3レンズ群の小型化に有利になる。

【0194】

(18) 請求項1乃至19の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群の負レンズの物体側面及び像側面が、光軸から離れるほど負のパワーが弱くなる凹面非球面であることを特徴とするズームレンズ。

【0195】

前記第2レンズ群を2枚のレンズで構成し、その上で第2レンズ群の負の屈折力を確保

50

して小型化を行うと、第2レンズ群中の負レンズの屈折力が大きくなる。そのため、この負レンズを両凹面レンズとし、負のパワーを物体側面と像側面に分担して確保することが好ましい。そして、特に広角側でこの負レンズ周辺の光線入射高が高くなることによる軸外収差の補正のために、両面の凹面を、光軸から離れるほど負のパワーが弱くなる凹面非球面とし、軸外光束の入射角を小さくすることが好ましい。

【0196】

(19) 請求項1乃至20の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群の正レンズが両凸面レンズであり、前記第1レンズ群の正レンズの像側面が以下の条件式(18)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.15 < r_{L2r} / f_{g1} < 2.00 \quad (18)$$

10

ただし、 r_{L2r} は第1レンズ群中の正レンズの像側面の近軸曲率半径、 f_{g1} は第1レンズ群の焦点距離である。

【0197】

前記条件式の下限を下回らないようにすることで、正レンズの像側面の正パワーが強くなりすぎることを抑え、軸上収差をおさえやすくなる。

【0198】

一方、条件式の上限を上回らないようにすることで、正レンズの像側面の凸面にて第2レンズ群負レンズの物体側凹面で発生しやすい広角側の軸外収差を補正しやすくなる。

【0199】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

20

$$0.20 < f_T / f_{g4} < 1.8 \quad (18-1)$$

【0200】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$0.23 < f_T / f_{g4} < 1.5 \quad (18-2)$$

【0201】

(20) 前記(19)に記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群の正レンズの像側面が、光軸から離れるほど正のパワーが弱くなる凸面非球面であることを特徴とするズームレンズ。

【0202】

第1レンズ群は変倍により、最軸外光束の入射光線高が変化する。そのため、第1レンズ群における第2レンズ群に近いこの面を上述の非球面とすることで、前記第2レンズ群にて発生しやすい非点収差の変動を抑えやすく構成できる。

30

【0203】

(21) 請求項1乃至22の少なくともいずれか1項に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式(19)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$3.0 < f_T / f_W \quad (19)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_W は広角端のズームレンズ全系の焦点距離である。

【0204】

この条件式(19)の下限を下回らないようにすると、光学ズームにて高倍ズームを達成でき、電子ズームを用いる場合でも画質劣化を抑えられる。

40

【0205】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$4.0 < f_T / f_W \quad (19-1)$$

【0206】

なお好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$4.5 < f_T / f_W \quad (19-2)$$

【0207】

(22) 物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群、負の屈折力を持つ第2レンズ群、正の屈折力を持つ第3レンズ群、正の屈折力を持つ第4レンズ群を有し、前記第1レ

50

レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群それぞれのレンズ群に挟まれる空気間隔を変化させて広角端から望遠端への変倍を行い、中間焦点距離状態を、前記広角端でのズームレンズ全系の焦点距離と前記望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離との相乗平均を焦点距離とする状態としたとき、前記第2レンズ群は、前記広角端と前記中間焦点距離状態の間にて、物体側への移動から像側への移動において移動方向が反転することを特徴とするズームレンズ。

【0208】

前記の構成では、第1レンズ群の径は広角端付近での軸外光束に依存するところが大きい。広角端側で第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が開きすぎると、入射瞳が深くなり、ケラレが大きくなるか第1レンズ群の径が大きくなりやすくなる。そのため、上述のよう

10

【0209】

(23) 前記(22)に記載のズームレンにおいて、前記広角端に対して前記望遠端にて前記第1レンズ群は前記第2レンズ群との距離が増大するように物体側に位置し、前記第2レンズ群は前記第1レンズ群との距離が増大し且つ前記第3レンズ群との距離が減少するように物体側に位置し、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群との距離が減少するように物体側に位置することを特徴とするズームレンズ。

【0210】

20

前記の構成によれば変倍に伴う第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群の移動量の絶対値をそれぞれ近づけることができ、変倍比を確保しながら各レンズ群を移動させるカムの厚さを近づけられ、収納時の薄型化に有利となる。

【0211】

(24) 前記(23)に記載のズームレンにおいて、前記第4レンズ群は前記広角端から前記望遠端に変倍する際、物体側への移動から像側への移動において移動方向が反転し、その後、像側への移動から物体側への移動において移動方向が反転することを特徴とするズームレンズ。

【0212】

ここで、第2レンズ群が広角端からの変倍にてまず物体側に移動し、広角側での変倍途中にて像側移動となる構成とすると、変倍における非点収差の変動が起こりやすい。第4レンズ群は、非点収差の変動を抑えるように移動させることが好ましいが、上述のように移動させることで、第2レンズ群の広角側での移動による非点収差の変動を抑えることが容易となる。

30

【0213】

(25) 前記(24)に記載のズームレンズにおいて、前記第1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2枚の正レンズ、1枚の負レンズからなり、前記第4レンズ群は1枚の正レンズからなることを特徴とするズームレンズ。

40

【0214】

このように構成することで、各レンズの構成枚数を少なくしつつ各レンズ群での収差を抑えることができ、収納時の小型化に有利となる。とくに、第2レンズの薄型化に有利となる。このとき、第2レンズ群のレンズ枚数を減らしたことによる非点収差の変動を、上述の第4レンズ群の移動方式とすることで抑えることにより、高性能、コンパクトなズームレンズを構成できる。

【0215】

(26) 物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群、負の屈折力を持つ第2レンズ群、正の屈折力を持つ第3レンズ群、正の屈折力を持つ第4レンズ群を有し、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レンズ群それぞれのレンズ群に

50

挟まれる空気間隔を変化させて広角端から望遠端への変倍を行い、前記第4レンズ群は前記広角端から前記望遠端に変倍する際、物体側への移動から像側への移動において移動方向が反転し、その後、像側への移動から物体側への移動において移動方向が反転することを特徴とするズームレンズ。

【0216】

このように構成すると、変倍の際に変動する非点収差の補正に効果的である。

【0217】

(27) 前記(24)に記載のズームレンズにおいて、中間焦点距離状態を、前記広角端でのズームレンズ全系の焦点距離と前記望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離との相乗平均を焦点距離とする状態としたとき、前記第4レンズ群は、前記広角端と前記中間焦点距離状態の間にて、物体側への移動から像側への移動において移動方向が反転し、前記中間焦点距離状態と前記望遠端の間にて、像側への移動から物体側への移動において移動方向が反転することを特徴とするズームレンズ。

【0218】

このように構成すると、変倍の際に変動する非点収差の補正に効果的である。

【0219】

(28) 物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群、負の屈折力を持つ第2レンズ群、正の屈折力を持つ第3レンズ群、正の屈折力を持つ第4レンズ群を有し、前記第1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、正レンズ、負レンズの3枚のレンズからなり、前記第4レンズ群は1枚の正レンズからなり、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レンズ群それぞれのレンズ群に挟まれる空気間隔を変化させて広角端から望遠端への変倍を行い、前記広角端に対して前記望遠端にて前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は増大し、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群との距離が減少するように物体側に位置し、前記第2レンズ群と第3レンズ群との間に、前記変倍時に光軸方向に移動する明るさ絞りを備え、前記明るさ絞りは前記第3レンズ群と一体で移動することを特徴とするズームレンズ。

【0220】

このように構成すると、レンズ収納時の奥行き方向の厚さを薄くしつつ、各レンズ群での収差をおさえやすく構成できる。

【0221】

また、明るさ絞りがパワーの強くなりやすい第3レンズ群と一体で移動することにより、倍率色収差やディストーションの補正が容易になり性能面で効果を出せる。しかも、第3レンズ群の広角側での光線高が高くなることを抑え、第3レンズ群をレンズ3枚構成としてもこの群の小型化、屈折力の確保に寄与し、収納時の薄型化にも効果的である。また、第3レンズ群の変倍時の移動範囲の確保にもつながり、高変倍比化にも有利となる。

【0224】

(29) 物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群、負の屈折力を持つ第2レンズ群、正の屈折力を持つ第3レンズ群及び正の屈折力を持つ第4レンズ群を有し、前記第1レンズ群は多くとも2枚のレンズからなり、前記第2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3レンズ群は3枚のレンズからなり、前記第4レンズ群は1枚の正レンズからなり、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レンズ群それぞれのレンズ群に挟まれる空気間隔を変化させて広角端から望遠端への変倍を行い、前記広角端に対して前記望遠端にて前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように構成されており、かつ、以下の条件式(19)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$3.0 < f_T / f_W \quad (19)$$

ただし、 f_T は望遠端のズームレンズ全系の焦点距離、 f_W は広角端のズームレンズ全系の焦点距離である。

【 0 2 2 5 】

前記の構成によれば、構成レンズ枚数を少なくすることで、レンズ収納時の小型化に有利となる。

【 0 2 2 6 】

前記条件式 (1 9) の下限を下回らないようにすると、光学ズームにて高倍ズームを達成でき、電子ズームや撮影後のトリミングを用いる場合でも画質劣化を抑えられる。

【 0 2 2 7 】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$4.0 < f_T / f_W \quad (19-1)$$

【 0 2 2 8 】

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが良い。

$$4.5 < f_T / f_W \quad (19-2)$$

【 0 2 2 9 】

(3 0) 前記請求項 1 乃至 2 3 または前記 (1) 乃至 (2 9) に記載された少なくともいずれかのズームレンズと、前記ズームレンズの像側に配され、且つ、前記ズームレンズにより形成された像を電気信号に変換する撮像素子を備えたことを特徴とする撮像装置。

【 0 2 3 0 】

前記した本願の発明のズームレンズは、射出光束を光軸と平行に近づけると有利となる。そのため、受光面への光線の入射角による依存度が大きい撮像素子に用いることが好ましい。

【 0 2 3 1 】

前記した本願の各発明の構成要件、各条件式は、複数を同時に満足することが好ましい。前記の構成要件、各条件式を複数、同時に満足することより、小型化、高変倍比化、高性能化に有利となる。

【 0 2 3 2 】

また、本願の発明のズームレンズは、4群ズームレンズとすると小型化と性能とのバランスが取れ好ましい。

【 0 2 3 3 】

また、前記条件式の上限值または下限値のいずれか一方を、より限定した条件式の上限值、または、下限値としても良い。

【 0 2 3 4 】

上述した本願発明のズームレンズは、CCDやCMOSセンサー等の電子撮像素子を用いた各種撮影装置、沈胴式鏡筒を有するカメラ等に用いることができる。以下にその具体的な適用例を示す。

【 0 2 3 5 】

図 1 3 ~ 図 1 5 は、本発明によるズーム光学系をデジタルカメラの撮影光学系 4 1 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 1 3 はデジタルカメラ 4 0 の外観を示す前方斜視図、図 1 4 は同後方正面図、図 1 5 はデジタルカメラ 4 0 の構成を示す模式的な透視平面図である。ただし、図 1 3 と図 1 5 においては、撮影光学系 4 1 の非沈胴時を示している。デジタルカメラ 4 0 は、この例の場合、撮影用光路 4 2 を有する撮影光学系 4 1、ファインダー用光路 4 4 を有するファインダー光学系 4 3、シャッター鉤 4 5、フラッシュ 4 6、液晶表示モニター 4 7、焦点距離変更ボタン 6 1、設定変更スイッチ 6 2 等を含み、撮影光学系 4 1 の沈胴時には、カバー 6 0 をスライドすることにより、撮影光学系 4 1 とファインダー光学系 4 3 とフラッシュ 4 6 はそのカバー 6 0 で覆われる。そして、カバー 6 0 を開いてカメラ 4 0 を撮影状態に設定すると、撮影光学系 4 1 は図 1 5 の非沈胴状態になり、カメラ 4 0 の上部に配置されたシャッター鉤 4 5 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 4 1、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 4 1 によって形成された物体像が、IRカットコートを施したローパスフィルター FL とカバーガラス CG を介して CCD 4 9 の撮像面上に形成される。この CCD 4 9 で受光された物体像は、処理手段 5 1 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 4

10

20

30

40

50

7に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー（登録商標）ディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0236】

さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。ファインダー用対物光学系53は、複数のレンズ群と2つのプリズムからなり、撮影光学系41のズームングに連動して焦点距離が変化するズーム光学系からなり、このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材の一部である正立プリズム55直前の視野枠57上に形成される。この正立プリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、接眼光学系59の射出側にカバー部材50が配置されている。

10

【0237】

このように構成されたカメラ40は、撮影光学系41が高変倍比であり、収差が良好な変倍光学系であるので、高性能化が実現できると共に、撮影光学系41を少ない光学部材で構成でき、沈胴収納が可能であるので小型化、薄型化、低コスト化が実現できる。

【0238】

以上、本願の発明の実施例について説明したが、本願の発明はこれらの実施例に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0239】

【図1】本願の発明の実施例1に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図2】実施例1に係るズ・ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す収差図である。(a)は広角端、(b)は図1(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図3】本願の発明の実施例2に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

30

【図4】実施例2に係るズ・ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、(a)は広角端、(b)は図3(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図5】本願の発明の実施例3に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図6】実施例3に係るズ・ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図である。(a)は広角端、(b)は図5(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

40

【図7】本願の発明の実施例4に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図8】実施例4に係るズ・ムレンズの無限遠合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、(a)は広角端、(b)は図7(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図9】本願の発明の参考例としての実施例5に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図10】実施例5に係るズ・ムレンズの無限遠合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲

50

収差及び倍率色収差を示す図で、(a)は広角端、(b)は図9(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図11】本願の発明の参考例としての実施例6に係るズ・ムレンズの光学構成を示す光軸に沿う断面図である。(a)は広角端における、(a')、(b)、(b')は広角端から望遠端への途中状態における、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図12】実施例6に係るズ・ムレンズの無限遠物点合焦点時での球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、(a)は広角端、(b)は図11(b)の途中状態、(c)は望遠端における状態をそれぞれ示す図である。

【図13】本願の発明のズームレンズを適用した電子カメラ40の外観を示す前方斜視図である。

10

【図14】図13のデジタルカメラ40の後方斜視図である。

【図15】図13のデジタルカメラ40の構成を示す模式的な透視平面図である。

【符号の説明】

【0240】

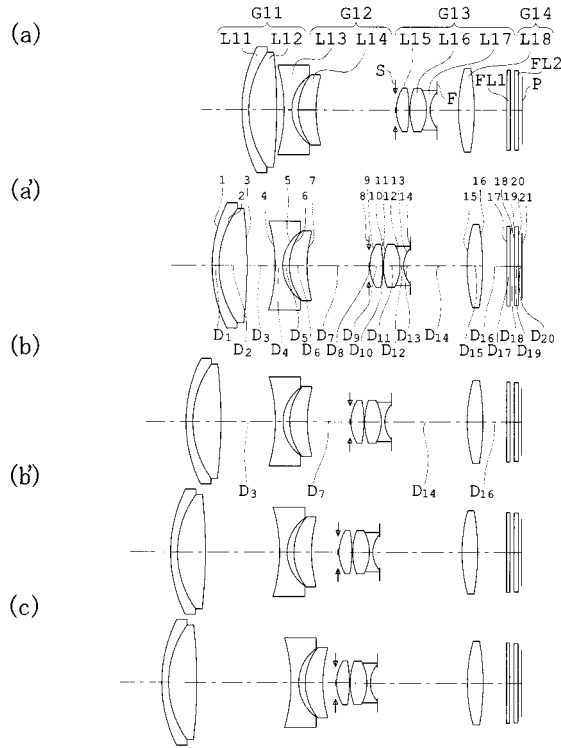
S	明るさ絞り
F	フレア絞り
FL	平行平板
CG	カバーガラス
P	撮像面
Gn1	第1レンズ群(実施例nにおける)
Gn2	第2レンズ群
Gn3	第3レンズ群
Gn4	第4レンズ群
Lmn	実施例mにおけるn番目のレンズ
40	デジタルカメラ
41	撮像光学系
42	撮影用光路
43	ファインダー光学系
44	ファインダー用光路
45	シャッターボタン
46	フラッシュ
47	液晶表示モニター
48	カバーガラス
49	CCD
50	カバー部材
51	処理手段
52	記録手段
53	ファインダー用対物光学系
55	正立プリズム
57	視野枠
59	接眼光学系
60	カバー
61	焦点距離変更ボタン
E	観察者眼球

20

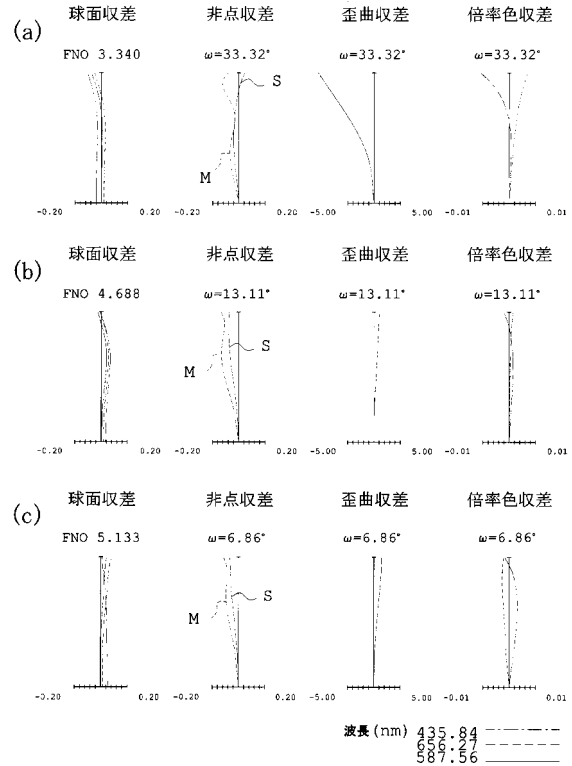
30

40

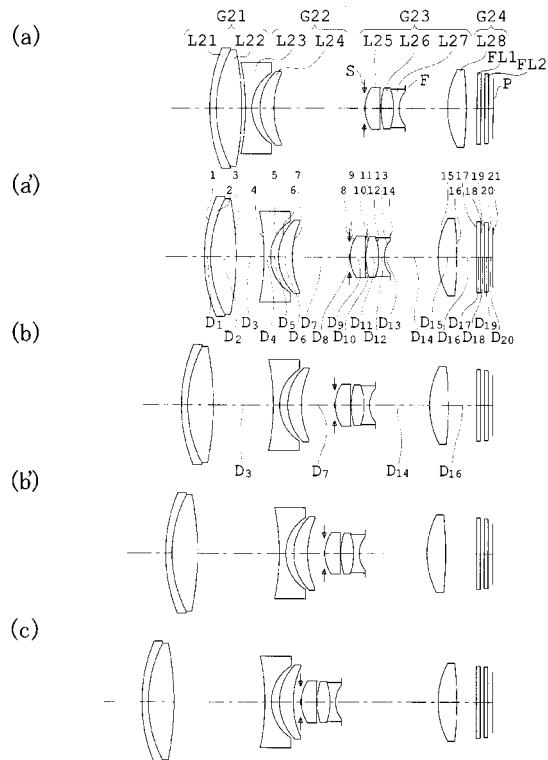
【図 1】



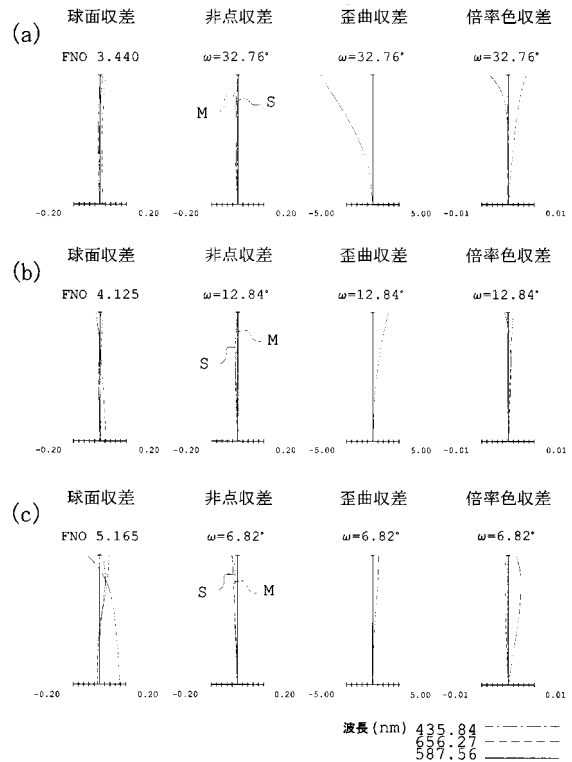
【図 2】



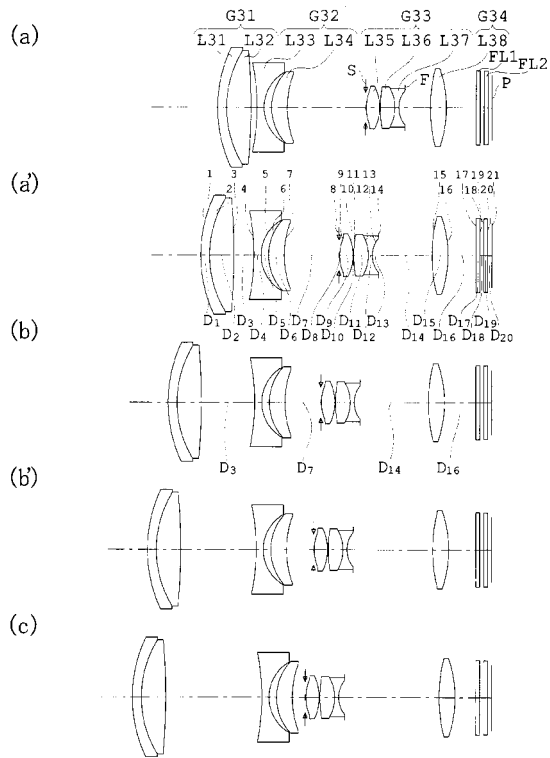
【図 3】



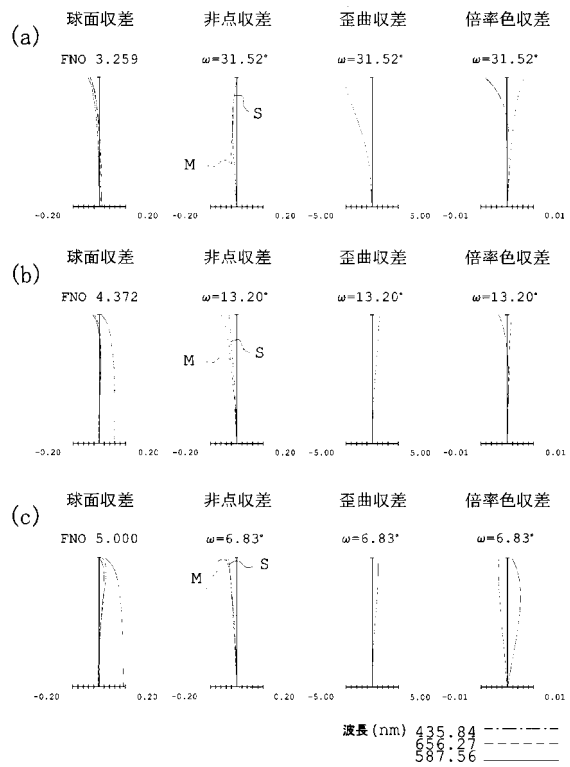
【図 4】



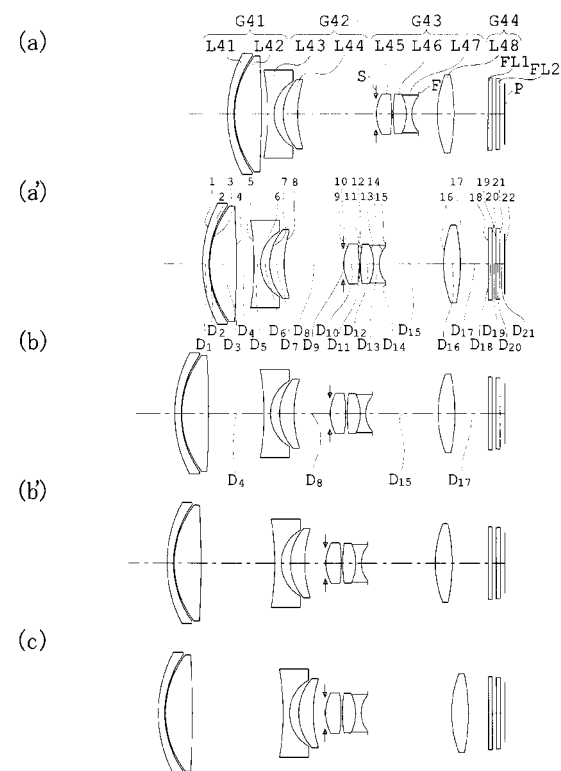
【図 5】



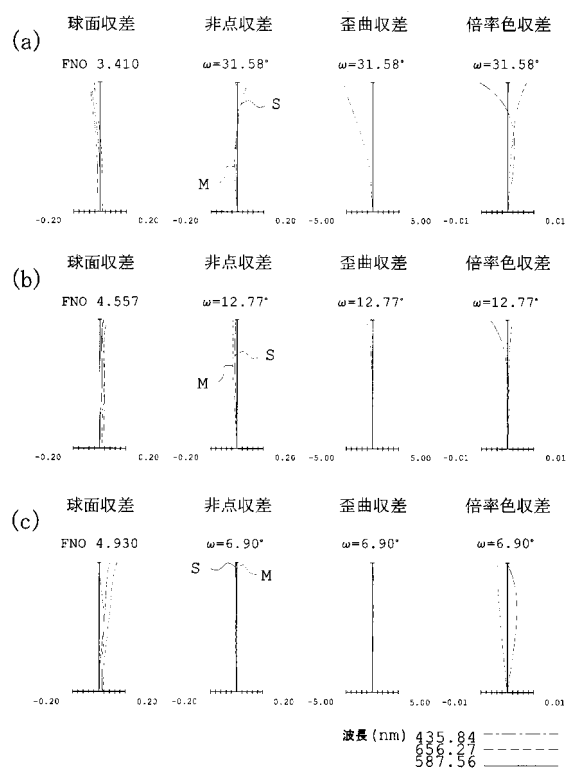
【図 6】



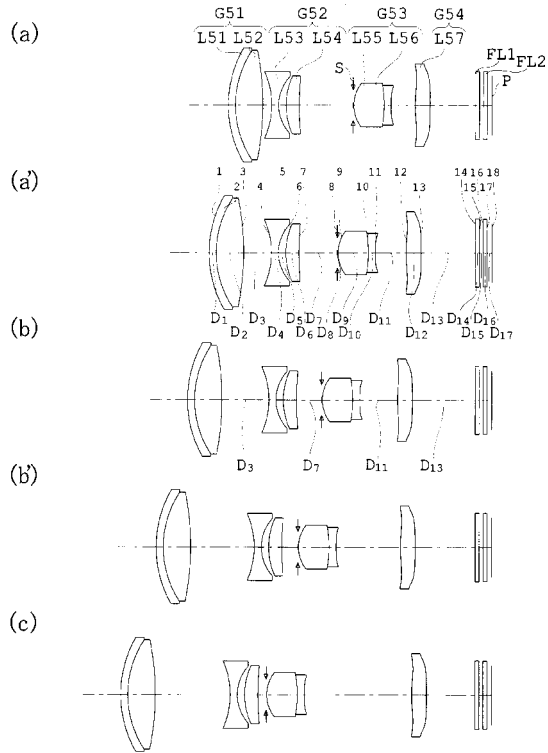
【図 7】



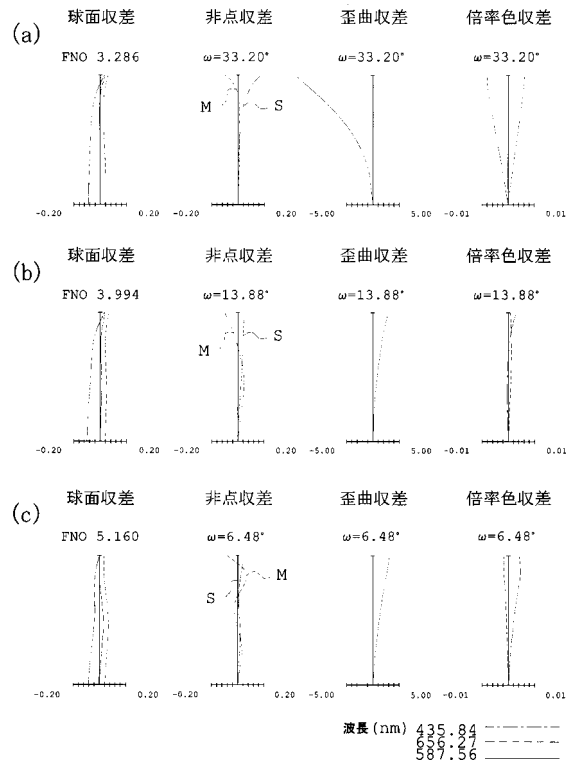
【図 8】



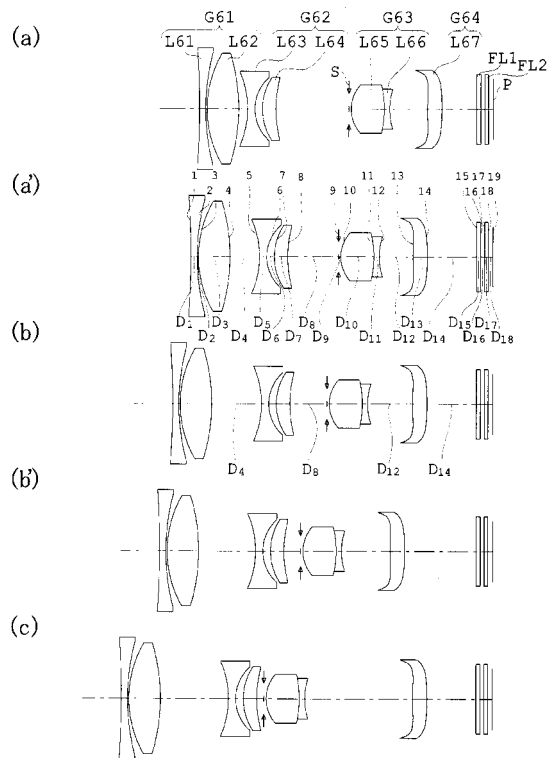
【図 9】



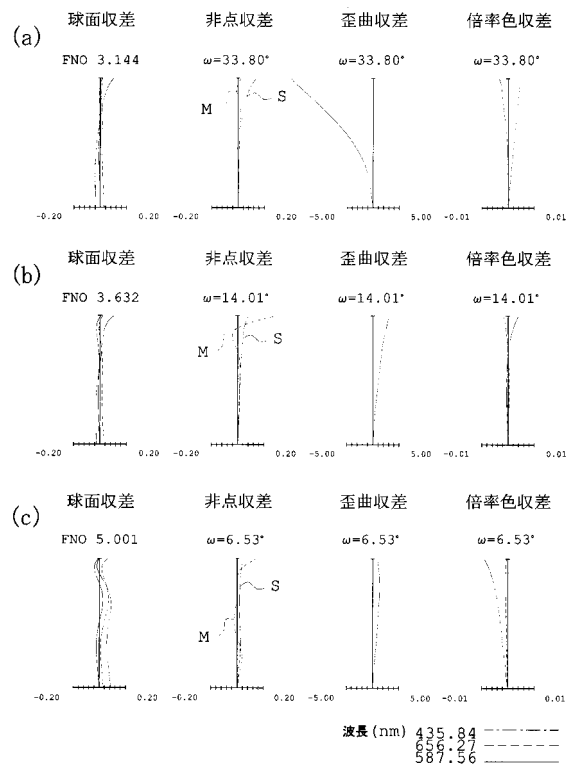
【図 10】



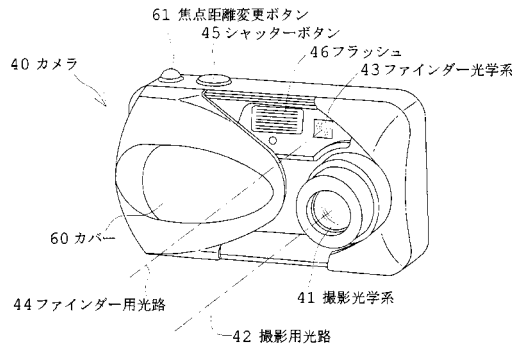
【図 11】



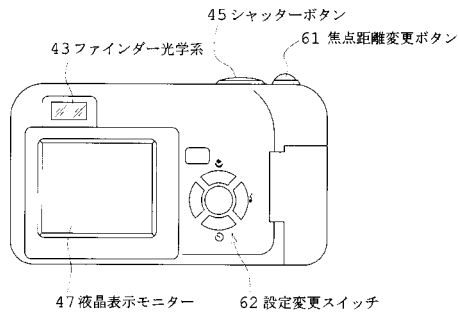
【図 12】



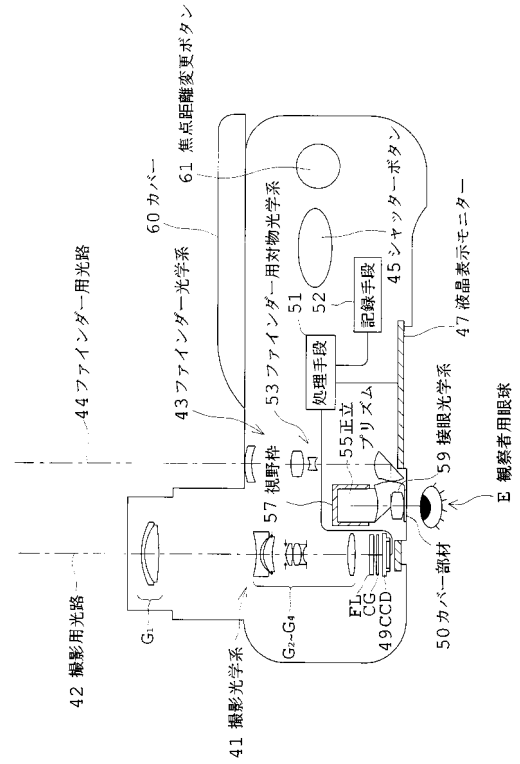
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(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

審査官 森内 正明

(56)参考文献 特開2001-133687(JP,A)

特開平11-119100(JP,A)

特開2005-338740(JP,A)

特開2004-109653(JP,A)

国際公開第2004/111698(WO,A1)

特開2007-171371(JP,A)

特開平9-184982(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