

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4624730号
(P4624730)

(45) 発行日 平成23年2月2日(2011.2.2)

(24) 登録日 平成22年11月12日(2010.11.12)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/20 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 15/20

GO 2 B 13/18

請求項の数 10 (全 53 頁)

(21) 出願番号	特願2004-191006 (P2004-191006)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成16年6月29日 (2004. 6. 29)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2005-338740 (P2005-338740A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成17年12月8日 (2005. 12. 8)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成19年4月9日 (2007. 4. 9)		弁理士 荏澤 弘
(31) 優先権主張番号	特願2004-135191 (P2004-135191)	(74) 代理人	100088041
(32) 優先日	平成16年4月30日 (2004. 4. 30)		弁理士 阿部 龍吉
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを搭載した撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4からなり、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以上で、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以上であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$
$$0.8 < \left(\frac{2T}{2W} \right) / \left(\frac{3T}{3W} \right) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、
 $2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【請求項 3】

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

$$0.9 < T_{3G} / f_W < 1.72 \quad \dots (8)$$

ただし、 T_{3G} : 広角端から望遠端の間での第 3 レンズ群の移動量、
である。

【請求項 4】

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

$$1.2 < f_3 / f_W < 1.85 \quad \dots (9)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 f_3 : 第 3 レンズ群の焦点距離、
である。

【請求項 5】

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

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W : 広角端での全長、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
である。

【請求項 6】

4 倍以上の変倍比を有し、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離、
である。

【請求項 7】

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

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、
 D_{3W} : 広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、
である。

【請求項 8】

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

$$\frac{3.99}{1.8} < \frac{(D_{2T} / D_{2W}) * (D_{3T} / D_{3W}) * (D_{4T} / D_{4W})}{D_{2W} / f_W} < 12 \quad \dots (4)$$

ただし、 D_{2T} , D_{3T} , D_{4T} : それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、
 D_{2W} , D_{3W} , D_{4W} : それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、
である。

【請求項 9】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負メニスカスレンズ L 2 1、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズ L 2 2、正メニスカスレンズ L 2 3 から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

$$\frac{3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)}{1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)}$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離、

$2T, 3T, 4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W, 3W, 4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【請求項10】

請求項1から9の何れか1項記載のズームレンズと、その像側に配置された撮像素子とを備えてい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、ズームレンズ及びそれを搭載した撮像装置に関し、特に、CCD等の電子撮像素子に適した4倍以上の変倍比を持つズームレンズとそれを搭載した撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラが普及している。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブル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。本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、変倍比が比較的高く、高画質を確保しながら奥行きが薄い、ビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することを狙っている。

【0003】

カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。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、携帯時に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を採用することが主流になっている。

【0004】

薄型化小型化を実施するには、撮像素子を小さくすればよいが、同じ画素数とするためには画素ピッチを小さくする必要があり、感度不足を光学系でカバーしなければならない。回折の影響も然りである。したがって、F値の明るい光学系が必要となる。このような光学系として、物体側から順に、正の屈折力を持った第1群、負の屈折力を持った第2群、正の屈折力を持った第3群、正の屈折力を持った第4群の4つのレンズ群から構成され、ズーム時に各レンズ群の間隔を変化させる光学系が知られている。このような光学系の従来技術として、特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4、特許文献5に、変倍比が4倍から5倍程度の電子撮像装置に適し、比較的構成レンズ枚数が少ないズームレンズが開示されているが、全長が長い等コンパクト性が十分でない等の課題がある。また、変倍比が3倍程度の従来例として、特許文献6、特許文献7、特許文献8、特許文献9にそのようなレンズ系の開示がある。また、特許文献10には、変倍比は3倍程度の銀塩フィルムに適した光学系が開示されているが、F値が広角端で3.5程度と暗いという課題がある。

【特許文献1】特開2003-315676号公報

【特許文献2】特開2003-43357号公報

【特許文献3】特開2001-42215号公報

【特許文献4】特開2004-12639号公報

【特許文献5】特開2004-12638号公報

【特許文献6】特開2001-356269号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 7】特開 2 0 0 1 - 2 4 2 3 7 9 号公報

【特許文献 8】特開 2 0 0 1 - 1 9 4 5 8 6 号公報

【特許文献 9】特開 2 0 0 0 - 1 8 8 1 7 0 号公報

【特許文献 1 0】特開昭 5 7 - 5 0 1 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5】

本発明は、従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、コンパクトで明るく高変倍比化を行いやすいズームレンズとそれを搭載した撮像装置を提供することである。より具体的には、構成枚数を少なくしやすく、F 値が広角端で 2 . 8 程

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6】

上記目的を達成するための本発明の第 1 のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負レンズ L 2 1、負レンズ L 2 2、正レンズ L 2 3 から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

20

【 0 0 0 7】

$$6 . 4 < L_w / f_w < 7 . 4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_w : 広角端での全長、

f_w : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【 0 0 0 8】

以下、第 1 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

30

【 0 0 0 9】

物体側より順にレンズ群の屈折力が正負正正の順に並ぶ構成とすることにより、変倍比が 4 倍を越えても性能を維持することができる。

【 0 0 1 0】

ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔を、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間を拡大させ、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間を縮小させ、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間を拡大させることにより、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 に変倍の負担を分担させて効率的な変倍をさせることができる。さらに、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 に加え、第 1 レンズ群 G 1 を移動させることにより、コンパクトな光学系で変倍比を大きくさせやすくなる。

40

【 0 0 1 1】

ここで、第 1 レンズ群 G 1 は、広角端に対し望遠端で物体側に位置させるようにするのが望ましい。それにより、広角端での全長が小さくでき、また、望遠端の焦点距離を長くするのに有利となる。

【 0 0 1 2】

若しくは、第 2 レンズ群 G 2 は、広角端と望遠端の間で最も像側に近づけるようにするのが望ましい。つまり、第 2 レンズ群 G 2 は、広角端から望遠端にて像側の凸状の軌跡で移動することが好ましい。それにより、広角側での変倍負担を担い、一方、望遠側では第 3 レンズ群 G 3 の移動範囲を確保し、高変倍比化に有利となる。

【 0 0 1 3】

50

若しくは、第3レンズ群G3は、広角端から望遠端にほぼ単調に物体側に移動させるようにするのが望ましい。つまり、第3レンズ群G3は、広角端から望遠端までのズームの間物体側にのみ移動することが好ましい。

【0014】

上述の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が共に上述の移動を行うことにより、広角域では第3レンズ群G3に、望遠域では第2レンズ群G2に変倍負担が大きくなり、高変倍でも結像性能の確保がしやすくなる。

【0015】

また、第1レンズ群G1は、多くても2枚のレンズで構成することにより、第1レンズ群G1のレンズ径をコンパクトにすることができる。これは結果として、第1レンズ群G1の厚さを小さくすることができる。

10

【0016】

さらに、第1レンズ群G1は、1枚の正レンズから構成するのが望ましい。これは、全長短縮、第1レンズ群G1のコスト低減上、好ましい。

【0017】

あるいは、物体側より順に、1枚の負レンズと1枚の正レンズから構成するのが望ましい。こうすることにより、第1レンズ群G1での色収差等の補正に効果がある。

【0018】

さらには、1枚の負レンズと1枚の正レンズからなる接合レンズから構成するのが望ましい。こうすることにより、2つのレンズ面間での反射光が抑えら、ゴースト低減しやすくなる。

20

【0019】

第2レンズ群G2は、物体側より順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成することにより、変倍比を稼ぎ、かつ、パワーを持ちつつ、第2レンズ群G2の厚さを薄くして変倍のためのスペースを確保することができる。

【0020】

条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3

30

【0021】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【0022】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0023】

本発明の第2のズームレンズは、第1のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

【0024】

第2のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、このような構成により、第3レンズ群G3に収斂作用を持たせ、収差を良好に抑えつつ、第3レンズ群G3の厚さを薄くすることができる。

40

【0025】

本発明の第3のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に

50

、負レンズL 2 1、負レンズL 2 2、正レンズL 2 3 から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 2 6 】

$$5.8 < f_1 / f_w < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_w : 広角端での全系の焦点距離、

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離、

である。

【 0 0 2 7 】

以下、第3のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【 0 0 2 8 】

第1のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式(1)に関する説明以外は同様である。

【 0 0 2 9 】

さらに、条件式(2)は、第1レンズ群G1の屈折力を適切に定めた条件である。条件式(2)の上限の8.0を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の5.8を越えると、第1レンズ群G1で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【 0 0 3 0 】

また、条件式(2)の下限値を5.95、さらには6.05としてもよい。

【 0 0 3 1 】

また、条件式(2)の上限値を7.5、さらには7.0としてもよい。

【 0 0 3 2 】

本発明の第4のズームレンズは、第3のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 3 3 】

$$6.4 < L_w / f_w < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_w : 広角端での全長、

f_w : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【 0 0 3 4 】

第4のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

【 0 0 3 5 】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【 0 0 3 6 】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【 0 0 3 7 】

本発明の第5のズームレンズは、第3、第4のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 3 8 】

第5のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用は、第2のズームレンズに関して説明した理由と作用と同様である。

【 0 0 3 9 】

本発明の第6のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔

10

20

30

40

50

が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0040】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

D_{3W} ：広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、

である。

【0041】

以下、第6のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0042】

第1のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式(1)に関する説明以外は同様である。

【0043】

さらに、条件式(3)は、広角端における第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の適切な群間隔比を定めたものである。条件式(3)の上限の2.6より大きくなると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第3レンズ群G3と共に移動させる場合、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(3)の下限値2より小さくなると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

【0044】

また、条件式(3)の下限値を2.05、さらには2.07としてもよい。

【0045】

また、条件式(3)の上限値を2.55、さらには2.52としてもよい。

【0046】

本発明の第7のズームレンズは、第6のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0047】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0048】

第7のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

【0049】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【0050】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0051】

本発明の第8のズームレンズは、第6、第7のズームレンズにおいて、第3レンズ群G

10

20

30

40

50

3 は、正レンズ 2 枚と負レンズ 1 枚から構成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 5 2 】

第 8 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用は、第 2 のズームレンズに関して説明した理由と作用と同様である。

【 0 0 5 3 】

本発明の第 9 のズームレンズは、第 6 ~ 第 8 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 5 4 】

$$5.8 < f_1 / f_w < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_w : 広角端での全系の焦点距離、

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離、

である。

【 0 0 5 5 】

第 9 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (2) は、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力を適切に定めた条件である。条件式 (2) の上限の 8.0 を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の 5.8 を越えると、第 1 レンズ群 G 1 で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【 0 0 5 6 】

また、条件式 (2) の下限値を 5.95、さらには 6.05 としてもよい。

【 0 0 5 7 】

また、条件式 (2) の上限値を 7.5、さらには 7.0 としてもよい。

【 0 0 5 8 】

本発明の第 10 のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負レンズ L 2 1、負レンズ L 2 2、正レンズ L 2 3 から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 5 9 】

$$3 < (2T / 2W) * (3T / 3W) * (4T / 4W) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_w < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

f_w : 広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

である。

【 0 0 6 0 】

以下、第 8 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【 0 0 6 1 】

第 1 のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式 (1) に関する説明以外は同様である。

【 0 0 6 2 】

さらに、条件式 (4) は基本的な変倍比に関するものである。条件式 (4) を満足し、条件式 (5) の上限の 2.8 を越えると、広角時の第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2

10

20

30

40

50

が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなりレンズ径の大型化を招くか、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなり、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(5)の下限の1.8を越えると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔の変化量が確保できず、結像性能を確保した上で条件式(4)を満足するのが難しくなる。

【0063】

条件式(4)、(5)何れか一方若しくは双方について、以下の数値範囲としてもよい。

【0064】

$$3 < \left(\frac{{}_2T}{{}_2W} \right) * \left(\frac{{}_3T}{{}_3W} \right) * \left(\frac{{}_4T}{{}_4W} \right) < 7 \quad \dots (4)'$$

10

$$2.0 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)'$$

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【0065】

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

【0066】

また、条件式(5)の下限値を2.2、さらには2.35としてもよい。

【0067】

また、条件式(5)の上限値を2.75、さらには2.7としてもよい。

【0068】

本発明の第11のズームレンズは、第10のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

20

【0069】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0070】

第11のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

30

【0071】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【0072】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0073】

本発明の第12のズームレンズは、第10～第11のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

40

【0074】

第12のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用は、第2のズームレンズに関して説明した理由と作用と同様である。

【0075】

本発明の第13のズームレンズは、第10～第12のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0076】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

50

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離、
である。

【 0 0 7 7 】

第 1 3 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (2) は、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力を適切に定めた条件である。条件式 (2) の上限の 8 . 0 を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の 5 . 8 を越えると、第 1 レンズ群 G 1 で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【 0 0 7 8 】

また、条件式 (2) の下限値を 5 . 9 5、さらには 6 . 0 5 としてもよい。

10

【 0 0 7 9 】

また、条件式 (2) の上限値を 7 . 5、さらには 7 . 0 としてもよい。

【 0 0 8 0 】

本発明の第 1 4 のズームレンズは、第 1 0 ~ 第 1 3 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 8 1 】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2 . 6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

D_{3W} : 広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、

である。

20

【 0 0 8 2 】

第 1 4 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (3) は、広角端における第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3、第 4 レンズ群 G 4 の適切な群間隔比を定めたものである。条件式 (3) の上限の 2 . 6 より大きくなると、広角時の第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第 3 レンズ群 G 3 と共に移動させる場合、第 2 レンズ群 G 2 - 第 3 レンズ群 G 3 間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式 (3) の下限値 2 より小さくなると、第 2 レンズ群 G 2 - 第 3 レンズ群 G 3 間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

30

【 0 0 8 3 】

また、条件式 (3) の下限値を 2 . 0 5、さらには 2 . 0 7 としてもよい。

【 0 0 8 4 】

また、条件式 (3) の上限値を 2 . 5 5、さらには 2 . 5 2 としてもよい。

【 0 0 8 5 】

本発明の第 1 5 のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負メニスカスレンズ L 2 1、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズ L 2 2、正メニスカスレンズ L 2 3 から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

40

【 0 0 8 6 】

$$3 < (\quad_{2T} / \quad_{2W}) * (\quad_{3T} / \quad_{3W}) * (\quad_{4T} / \quad_{4W}) < 1 2 \quad \dots (4)$$

$$1 . 1 < | f_2 / f_W | < 1 . 8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離、

\quad_{2T} 、 \quad_{3T} 、 \quad_{4T} : それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠

50

端での倍率、
 $2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角
 端での倍率、

である。

【0087】

以下、第15のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0088】

物体側より順にレンズ群の屈折力が正負正正の順に並ぶ構成とすることにより、変倍比が4倍を越えても性能を維持することができる。

【0089】

ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔を、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間を拡大させ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間を縮小させ、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間を拡大させることにより、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3に変倍の負担を分担させて効率的な変倍をさせることができる。さらに、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3に加え、第1レンズ群G1を移動させることにより、コンパクトな光学系で変倍比を大きくさせやすくなる。

【0090】

ここで、第1レンズ群G1は、広角端に対し望遠端で物体側に位置させるようにするのが望ましい。それにより、広角端での全長が小さくでき、また、望遠端の焦点距離を長くするのに有利となる。

【0091】

若しくは、第2レンズ群G2は、広角端と望遠端の間で最も像側に近づけるようにするのが望ましい。つまり、第2レンズ群G2は、広角端から望遠端にて像側の凸状の軌跡で移動することが好ましい。それにより、広角側での変倍負担を担い、一方、望遠側では第3レンズ群G3の移動範囲を確保し、高変倍比化に有利となる。

【0092】

若しくは、第3レンズ群G3は、広角端から望遠端にほぼ単調に物体側に移動させるようにするのが望ましい。つまり、第3レンズ群G3は、広角端から望遠端までのズームの間物体側にのみ移動することが好ましい。

【0093】

上述の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が共に上述の移動を行うことにより、広角域では第3レンズ群G3に、望遠域では第2レンズ群G2に変倍負担が大きくなり、高変倍でも結像性能の確保がしやすくなる。

【0094】

また、第1レンズ群G1は、多くても2枚のレンズで構成することにより、第1レンズ群G1のレンズ径をコンパクトにすることができる。これは結果として、第1レンズ群G1の厚さを小さくすることができる。

【0095】

さらに、第1レンズ群G1は、1枚の正レンズから構成するのが望ましい。これは、全長短縮、第1レンズ群G1のコスト低減上、好ましい。

【0096】

あるいは、物体側より順に、1枚の負レンズと1枚の正レンズから構成するのが望ましい。こうすることにより、第1レンズ群G1での色収差等の補正に効果がある。

【0097】

さらには、1枚の負レンズと1枚の正レンズからなる接合レンズから構成するのが望ましい。こうすることにより、2つのレンズ面間での反射光が抑えられ、ゴースト低減しやすくなる。

【0098】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、負メニスカスレンズL21、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズL22、正メニスカスレンズL23から構成することにより、高次収

10

20

30

40

50

差を精度良くコントロールすることができ、性能の確保が容易になる。

【0099】

さらに、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(6)の上限の1.8を越えると、コンパクトで条件式(4)で規定される変倍比を稼ぐのが難しくなる。その下限の1.1を越えると、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズだけでは、コンパクトのままパワーを確保するのが難しくなる。

【0100】

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【0101】

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

10

【0102】

また、条件式(6)の下限値を1.3、さらには1.35としてもよい。

【0103】

また、条件式(6)の上限値を1.7、さらには1.6としてもよい。

【0104】

本発明の第16のズームレンズは、第15のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0105】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W : 広角端での全長、

f_W : 広角端での全系の焦点距離、

である。

20

【0106】

第16のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2~第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

【0107】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

30

【0108】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0109】

本発明の第17のズームレンズは、第15、第16のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

【0110】

第17のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、このような構成により、第3レンズ群G3に収斂作用を持たせ、収差を良好に抑えつつ、第3レンズ群G3の厚さを薄くすることができる。

40

【0111】

本発明の第18のズームレンズは、第15~第17のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0112】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0113】

50

第 18 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (2) は、第 1 レンズ群 G1 の屈折力を適切に定めた条件である。条件式 (2) の上限の 8.0 を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の 5.8 を越えると、第 1 レンズ群 G1 で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【0114】

また、条件式 (2) の下限値を 5.95、さらには 6.05 としてもよい。

【0115】

また、条件式 (2) の上限値を 7.5、さらには 7.0 としてもよい。

【0116】

本発明の第 19 のズームレンズは、第 15 ~ 第 18 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0117】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

D_{3W} : 広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、

である。

【0118】

第 19 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (3) は、広角端における第 2 レンズ群 G2、第 3 レンズ群 G3、第 4 レンズ群 G4 の適切な群間隔比を定めたものである。条件式 (3) の上限の 2.6 より大きくなると、広角時の第 1 レンズ群 G1、第 2 レンズ群 G2 が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第 3 レンズ群 G3 と共に移動させる場合、第 2 レンズ群 G2 - 第 3 レンズ群 G3 間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式 (3) の下限値 2 より小さくなると、第 2 レンズ群 G2 - 第 3 レンズ群 G3 間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

【0119】

また、条件式 (3) の下限値を 2.05、さらには 2.07 としてもよい。

【0120】

また、条件式 (3) の上限値を 2.55、さらには 2.52 としてもよい。

【0121】

本発明の第 20 のズームレンズは、第 15 ~ 第 19 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0122】

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【0123】

第 20 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (4) を満足し、条件式 (5) の上限の 2.8 を越えると、広角時の第 1 レンズ群 G1、第 2 レンズ群 G2 が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなりレンズ径の大型化を招くか、第 2 レンズ群 G2 - 第 3 レンズ群 G3 間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなり、シェーディング特性の悪化を招く。条件式 (5) の下限の 1.8 を越えると、第 2 レンズ群 G2 - 第 3 レンズ群 G3 間の間隔の変化量が確保できず、結像性能を確保した上で条件式 (4) を満足するのが難しくなる。

【0124】

条件式 (4)、(5) 何れか一方若しくは双方について、以下の数値範囲としてもよい。

【0125】

10

20

30

40

50

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 7 \quad \dots (4)'$$

$$2.0 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)'$$

また、条件式(5)の下限値を2.2、さらには2.35としてもよい。

【0126】

また、条件式(5)の上限値を2.75、さらには2.7としてもよい。

【0127】

本発明の第21のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以上で、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以上であることを特徴とするものである。

10

【0128】

以下、第21のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0129】

第1のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式(1)に関する説明以外は同様である。

20

【0130】

さらに、第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以下であり、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以下であると、色収差の補正が難しくなる。また、ペッツバル和が負方向に大きくなり、像面湾曲が大きくなってしまう。

【0131】

本発明の第22のズームレンズは、第21のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0132】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

30

【0133】

第22のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

40

【0134】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【0135】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0136】

本発明の第23のズームレンズは、第21、第22のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

【0137】

50

第23のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、このような構成により、第3レンズ群G3に収斂作用を持たせ、収差を良好に抑えつつ、第3レンズ群G3の厚さを薄くすることができる。

【0138】

本発明の第24のズームレンズは、第21～第23のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0139】

$$5.8 < f_1 / f_w < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_w ：広角端での全系の焦点距離、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0140】

第24のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(2)は、第1レンズ群G1の屈折力を適切に定めた条件である。条件式(2)の上限の8.0を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の5.8を越えると、第1レンズ群G1で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【0141】

また、条件式(2)の下限値を5.95、さらには6.05としてもよい。

【0142】

また、条件式(2)の上限値を7.5、さらには7.0としてもよい。

【0143】

本発明の第25のズームレンズは、第21～第24のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0144】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

D_{3W} ：広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、

である。

【0145】

第25のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(3)は、広角端における第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の適切な群間隔比を定めたものである。条件式(3)の上限の2.6より大きくなると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第3レンズ群G3と共に移動させる場合、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(3)の下限値2より小さくなると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

【0146】

また、条件式(3)の下限値を2.05、さらには2.07としてもよい。

【0147】

また、条件式(3)の上限値を2.55、さらには2.52としてもよい。

【0148】

本発明の第26のズームレンズは、第21～第25のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0149】

$$3 < (\frac{2T}{2W}) * (\frac{3T}{3W}) * (\frac{4T}{4W}) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_w < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠

10

20

30

40

50

端での倍率、
 $2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角
 端での倍率、
 f_W ：広角端での全系の焦点距離、
 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

である。

【0150】

第26のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(5)の上限の2.8を越えると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなりレンズ径の大型化を招くか、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなり、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(5)の下限の1.8を越えると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔の変化量が確保できず、結像性能を確保した上で条件式(4)を満足するのが難しくなる。

10

【0151】

条件式(4)、(5)何れか一方若しくは双方について、以下の数値範囲としてもよい。

【0152】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 7 \quad \dots (4)'$$

$$2.0 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)'$$

20

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【0153】

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

【0154】

また、条件式(5)の下限値を2.2、さらには2.35としてもよい。

【0155】

また、条件式(5)の上限値を2.75、さらには2.7としてもよい。

【0156】

本発明の第27のズームレンズは、第21～第26のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

30

【0157】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

40

である。

【0158】

第27のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(6)の上限の1.8を越えると、コンパクトで条件式(4)で規定される変倍比を稼ぐのが難しくなる。その下限の1.1を越えると、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズだけでは、コンパクトのままパワーを確保するのが難しくなる。

【0159】

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【0160】

50

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

【0161】

また、条件式(6)の下限値を1.3、さらには1.35としてもよい。

【0162】

また、条件式(6)の上限値を1.7、さらには1.6としてもよい。

【0163】

本発明の第28のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0164】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$0.8 < \left(\frac{2T}{2W} \right) / \left(\frac{3T}{3W} \right) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0165】

以下、第28のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0166】

第1のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式(1)に関する説明以外は同様である。

【0167】

さらに、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(7)の上限の1.1を越えると、第2レンズ群G2の変倍負担が大きくなり、全長の増加及び前玉径の増大を招きやすい。下限の0.8を越えると、第3レンズ群G3の変倍による移動量が大きくなり、望遠端のFナンバーが暗くなる。また、撮像素子のCCDへの入射角変動量が大きくなる。若しくは、第3レンズ群G3のパワーが大きくなり、収差量が増大して結像性能の確保が難しくなる。

【0168】

本発明の第29のズームレンズは、第28のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0169】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0170】

第29のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

【 0 1 7 1 】

また、条件式 (1) の下限値を 6 . 5 5、さらには 6 . 5 としてもよい。

【 0 1 7 2 】

また、条件式 (1) の上限値を 7 . 2、さらには 7 . 0 としてもよい。

【 0 1 7 3 】

本発明の第 3 0 のズームレンズは、第 2 8、第 2 9 のズームレンズにおいて、第 3 レンズ群 G 3 は、正レンズ 2 枚と負レンズ 1 枚から構成されていることを特徴とするものである。

【 0 1 7 4 】

第 3 0 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、このような構成により、第 3 レンズ群 G 3 に収斂作用を持たせ、収差を良好に抑えつつ、第 3 レンズ群 G 3 の厚さを薄くすることができる。

10

【 0 1 7 5 】

本発明の第 3 1 のズームレンズは、第 2 8 ~ 第 3 0 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 1 7 6 】

$$5 . 8 < f_1 / f_w < 8 . 0 \quad \cdots (2)$$

ただし、 f_w : 広角端での全系の焦点距離、

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離、

である。

20

【 0 1 7 7 】

第 3 1 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (2) は、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力を適切に定めた条件である。条件式 (2) の上限の 8 . 0 を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の 5 . 8 を越えると、第 1 レンズ群 G 1 で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【 0 1 7 8 】

また、条件式 (2) の下限値を 5 . 9 5、さらには 6 . 0 5 としてもよい。

【 0 1 7 9 】

また、条件式 (2) の上限値を 7 . 5、さらには 7 . 0 としてもよい。

30

【 0 1 8 0 】

本発明の第 3 2 のズームレンズは、第 2 8 ~ 第 3 1 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 1 8 1 】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2 . 6 \quad \cdots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

D_{3W} : 広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、

である。

【 0 1 8 2 】

第 3 2 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (3) は、広角端における第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3、第 4 レンズ群 G 4 の適切な群間隔比を定めたものである。条件式 (3) の上限の 2 . 6 より大きくなると、広角時の第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第 3 レンズ群 G 3 と共に移動させる場合、第 2 レンズ群 G 2 - 第 3 レンズ群 G 3 間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式 (3) の下限値 2 より小さくなると、第 2 レンズ群 G 2 - 第 3 レンズ群 G 3 間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

40

【 0 1 8 3 】

また、条件式 (3) の下限値を 2 . 0 5、さらには 2 . 0 7 としてもよい。

50

【 0 1 8 4 】

また、条件式 (3) の上限値を 2 . 5 5、さらには 2 . 5 2 としてもよい。

【 0 1 8 5 】

本発明の第 3 3 のズームレンズは、第 2 8 ~ 第 3 2 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 1 8 6 】

$$3 < (\frac{2T}{2W}) * (\frac{3T}{3W}) * (\frac{4T}{4W}) < 1.2 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} ：広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

である。

【 0 1 8 7 】

第 3 3 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (4) は基本的な変倍比に関するものである。条件式 (4) を満足し、条件式 (5) の上限の 2 . 8 を越えると、広角時の第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなりレンズ径の大型化を招くか、第 2 レンズ群 G 2 - 第 3 レンズ群 G 3 間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなり、シェーディング特性の悪化を招く。条件式 (5) の下限の 1 . 8 を越えると、第 2 レンズ群 G 2 - 第 3 レンズ群 G 3 間の間隔の変化量が確保できず、結像性能を確保した上で条件式 (4) を満足するのが難しくなる。

【 0 1 8 8 】

条件式 (4)、(5) 何れか一方若しくは双方について、以下の数値範囲としてもよい。

【 0 1 8 9 】

$$3 < (\frac{2T}{2W}) * (\frac{3T}{3W}) * (\frac{4T}{4W}) < 7 \quad \dots (4)'$$

$$2.0 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)'$$

また、条件式 (4) の下限値を 3 . 3、さらには 3 . 5 としてもよい。

【 0 1 9 0 】

また、条件式 (4) の上限値を 7 . 0、さらには 6 . 3 としてもよい。

【 0 1 9 1 】

また、条件式 (5) の下限値を 2 . 2、さらには 2 . 3 5 としてもよい。

【 0 1 9 2 】

また、条件式 (5) の上限値を 2 . 7 5、さらには 2 . 7 としてもよい。

【 0 1 9 3 】

本発明の第 3 4 のズームレンズは、第 2 8 ~ 第 3 3 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 1 9 4 】

$$3 < (\frac{2T}{2W}) * (\frac{3T}{3W}) * (\frac{4T}{4W}) < 1.2 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < | f_2 / f_W | < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_2 ：第 2 レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

である。

【 0 1 9 5 】

第 3 4 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (4) は基本的な変倍比に関するものである。条件式 (4) を満足し、条件式 (6) の上限の 1 . 8 を越えると、コンパクトで条件式 (4) で規定される変倍比を稼ぐのが難しくなる。その下限の 1 . 1 を越えると、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズだけでは、コンパクトのままパワーを確保するのが難しくなる。

【 0 1 9 6 】

また、条件式 (4) の下限値を 3 . 3、さらには 3 . 5 としてもよい。

【 0 1 9 7 】

また、条件式 (4) の上限値を 7 . 0、さらには 6 . 3 としてもよい。

10

【 0 1 9 8 】

また、条件式 (6) の下限値を 1 . 3、さらには 1 . 3 5 としてもよい。

【 0 1 9 9 】

また、条件式 (6) の上限値を 1 . 7、さらには 1 . 6 としてもよい。

【 0 2 0 0 】

本発明の第 3 5 のズームレンズは、第 2 8 ~ 第 3 4 のズームレンズにおいて、第 2 レンズ群 G 2 の 2 枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも 1 . 8 1 以下で、かつ、第 2 レンズ群 G 2 の正レンズの硝材の屈折率が 1 . 9 以下であることを特徴とするものである。

【 0 2 0 1 】

第 3 5 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、第 2 レンズ群 G 2 の 2 枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも 1 . 8 1 以下であり、かつ、第 2 レンズ群 G 2 の正レンズの硝材の屈折率が 1 . 9 以下であると、色収差の補正が難しくなる。また、ペッツバル和が負方向に大きくなり、像面湾曲が大きくなってしまう。

20

【 0 2 0 2 】

本発明の第 3 6 のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負レンズ L 2 1、負レンズ L 2 2、正レンズ L 2 3 から構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

30

【 0 2 0 3 】

$$0.9 < T_{3G} / f_W < 3 \quad \dots (8)$$

ただし、 T_{3G} : 広角端から望遠端の間での第 3 レンズ群の移動量、である。

【 0 2 0 4 】

以下、第 3 6 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【 0 2 0 5 】

第 1 のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式 (1) に関する説明以外は同様である。

40

【 0 2 0 6 】

さらに、条件式 (8) の上限の 3 を越えると、望遠端での全長が長くなりすぎ好ましくなく、下限の 0 . 9 を越えると、第 3 レンズ群 G 3 での変倍比が小さくなり、若しくは、少ない枚数で結像性能を確保するのが難しくなり、好ましくない、

本発明の第 3 7 のズームレンズは、第 3 6 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 2 0 7 】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

50

ただし、 L_W : 広角端での全長、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 である。

【0208】

第37のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2~第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

10

【0209】

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【0210】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0211】

本発明の第38のズームレンズは、第36、第37のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

【0212】

第38のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、このような構成により、第3レンズ群G3に収斂作用を持たせ、収差を良好に抑えつつ、第3レンズ群G3の厚さを薄くすることができる。

20

【0213】

本発明の第39のズームレンズは、第36~第38のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0214】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 f_1 : 第1レンズ群の焦点距離、
 である。

30

【0215】

第39のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(2)は、第1レンズ群G1の屈折力を適切に定めた条件である。条件式(2)の上限の8.0を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の5.8を越えると、第1レンズ群G1で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【0216】

また、条件式(2)の下限値を5.95、さらには6.05としてもよい。

【0217】

また、条件式(2)の上限値を7.5、さらには7.0としてもよい。

40

【0218】

本発明の第40のズームレンズは、第36~第39のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0219】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、
 D_{3W} : 広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、
 である。

【0220】

第40のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(3)

50

は、広角端における第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の適切な群間隔比を定めたものである。条件式(3)の上限の2.6より大きくなると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第3レンズ群G3と共に移動させる場合、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(3)の下限値2より小さくなると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

【0221】

また、条件式(3)の下限値を2.05、さらには2.07としてもよい。

10

【0222】

また、条件式(3)の上限値を2.55、さらには2.52としてもよい。

【0223】

本発明の第41のズームレンズは、第36～第40のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0224】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

20

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

である。

【0225】

第41のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(5)の上限の2.8を越えると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなりレンズ径の大型化を招くか、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなり、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(5)の下限の1.8を越えると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔の変化量が確保できず、結像性能を確保した上で条件式(4)を満足するのが難しくなる。

30

【0226】

条件式(4)、(5)何れか一方若しくは双方について、以下の数値範囲としてもよい。

【0227】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 7 \quad \dots (4)'$$

$$2.0 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)'$$

40

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【0228】

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

【0229】

また、条件式(5)の下限値を2.2、さらには2.35としてもよい。

【0230】

また、条件式(5)の上限値を2.75、さらには2.7としてもよい。

【0231】

本発明の第42のズームレンズは、第36～第41のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

50

【 0 2 3 2 】

$$3 < (\quad_{2T} / \quad_{2W}) * (\quad_{3T} / \quad_{3W}) * (\quad_{4T} / \quad_{4W}) < 1.2 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < | f_2 / f_W | < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離、

\quad_{2T} 、 \quad_{3T} 、 \quad_{4T} : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

\quad_{2W} 、 \quad_{3W} 、 \quad_{4W} : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

10

【 0 2 3 3 】

第42のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(6)の上限の1.8を越えると、コンパクトで条件式(4)で規定される変倍比を稼ぐのが難しくなる。その下限の1.1を越えると、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズだけでは、コンパクトのままパワーを確保するのが難しくなる。

【 0 2 3 4 】

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【 0 2 3 5 】

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

20

【 0 2 3 6 】

また、条件式(6)の下限値を1.3、さらには1.35としてもよい。

【 0 2 3 7 】

また、条件式(6)の上限値を1.7、さらには1.6としてもよい。

【 0 2 3 8 】

本発明の第43のズームレンズは、第36～第42のズームレンズにおいて、第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以上で、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以上であることを特徴とするものである。

【 0 2 3 9 】

第43のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以下であり、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以下であると、色収差の補正が難しくなる。また、ベッツバール和が負方向に大きくなり、像面湾曲が大きくなってしまう。

30

【 0 2 4 0 】

本発明の第44のズームレンズは、第36～第43のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 2 4 1 】

$$3 < (\quad_{2T} / \quad_{2W}) * (\quad_{3T} / \quad_{3W}) * (\quad_{4T} / \quad_{4W}) < 1.2 \quad \dots (4)$$

$$0.8 < (\quad_{2T} / \quad_{2W}) / (\quad_{3T} / \quad_{3W}) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 \quad_{2T} 、 \quad_{3T} 、 \quad_{4T} : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

40

\quad_{2W} 、 \quad_{3W} 、 \quad_{4W} : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【 0 2 4 2 】

第44のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(7)の上限の1.1を越えると、第2レンズ群G2の変倍負担が大きくなり、全長の増加及び前玉径の増大を招きやすい。下限の0.8を越えると、第3レンズ群G3の変倍による移動量が大きくなり、望遠端のFナンバーが暗くなる。また、撮像素子のCCDへの入射角変動量が大き

50

きくなる。若しくは、第3レンズ群G3のパワーが大きくなり、収差量が増大して結像性能の確保が難しくなる。

【0243】

本発明の第45のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順

10

【0244】

$$1.2 < f_3 / f_w < 1.85 \quad \dots (9)$$

ただし、 f_w : 広角端での全系の焦点距離、

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離、

である。

【0245】

以下、第45のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0246】

第1のズームレンズの構成をとる理由と作用に関する説明中の条件式(1)に関する説明以外は同様である。

20

【0247】

さらに、条件式(9)は、第3レンズ群G3の適正な屈折力を特定したものである。条件式(9)の上限の1.85を越えると、第3レンズ群G3での変倍作用が弱くなり、望遠端への変倍時の全長が長くなる。また、射出瞳位置の変動量が大きくなるため、軸外の像面位置でCCD等撮像素子への入射角変動が大きくなり、シェーディング等に悪影響を及ぼす。条件式(9)の下限の1.2より小さくなると、枚数を増やしコンパクト性を損なわないと、収差発生量が増えて良好な結像性能を得るのが難しくなる。また、十分なバックフォーカスが得難くなる。

30

【0248】

また、条件式(9)の下限値を1.4、さらには1.6としてもよい。

【0249】

また、条件式(9)の上限値を1.83、さらには1.81としてもよい。

【0250】

本発明の第46のズームレンズは、第45のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0251】

$$6.4 < L_w / f_w < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_w : 広角端での全長、

f_w : 広角端での全系の焦点距離、

である。

40

【0252】

第46のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(1)は、広角端での全系の焦点距離に対する全長(レンズ系第1面から像面までの長さ)の比を規定したもので、その上限の7.4を越えると、広角端での全長が長くなり、レンズユニットの大型化を招く。また、第1レンズ群G1での光線高が高くなるので、レンズ径の増大を招く。下限の6.4を越えると、結果的に第2レンズ群G2～第3レンズ群G3の間隔が狭くなるため、変倍に必要なスペースを確保できなくなる。

【0253】

50

また、条件式(1)の下限値を6.55、さらには6.5としてもよい。

【0254】

また、条件式(1)の上限値を7.2、さらには7.0としてもよい。

【0255】

本発明の第47のズームレンズは、第45、第46のズームレンズにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とするものである。

【0256】

第47のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、このような構成により、第3レンズ群G3に収斂作用を持たせ、収差を良好に抑えつつ、第3レンズ群G3の厚さを薄くすることができる。

【0257】

本発明の第48のズームレンズは、第45～第47のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0258】

$$5.8 < f_1 / f_w < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_w ：広角端での全系の焦点距離、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0259】

第48のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(2)は、第1レンズ群G1の屈折力を適切に定めた条件である。条件式(2)の上限の8.0を越えて f_1 が大きくなると、小型化を維持しつつ、後ろの群で変倍を行うのが難しくなる。下限の5.8を越えると、第1レンズ群G1で発生する収差量が増えて、良好な結像性能を得るのが難しくなる。

【0260】

また、条件式(2)の下限値を5.95、さらには6.05としてもよい。

【0261】

また、条件式(2)の上限値を7.5、さらには7.0としてもよい。

【0262】

本発明の第49のズームレンズは、第45～第48のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0263】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

D_{3W} ：広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、

である。

【0264】

第49のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(3)は、広角端における第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の適切な群間隔比を定めたものである。条件式(3)の上限の2.6より大きくなると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなり、レンズ径の大型化を招きやすくなる。若しくは、明るさ絞りを、第3レンズ群G3と共に移動させる場合、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなりやすく、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(3)の下限値2より小さくなると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔が小さくなり、変倍に必要なスペースが確保し難くなる。

【0265】

また、条件式(3)の下限値を2.05、さらには2.07としてもよい。

【0266】

また、条件式(3)の上限値を2.55、さらには2.52としてもよい。

【0267】

本発明の第50のズームレンズは、第45～第49のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0268】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

である。

【0269】

第50のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式(4)は基本的な変倍比に関するものである。条件式(4)を満足し、条件式(5)の上限の2.8を越えると、広角時の第1レンズ群G1、第2レンズ群G2が物体側に寄って、軸外光線の高さが大きくなりレンズ径の大型化を招くか、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間が狭まることによって像面への射出角度が大きくなり、シェーディング特性の悪化を招く。条件式(5)の下限の1.8を越えると、第2レンズ群G2 - 第3レンズ群G3間の間隔の変化量が確保できず、結像性能を確保した上で条件式(4)を満足するのが難しくなる。

【0270】

条件式(4)、(5)何れか一方若しくは双方について、以下の数値範囲としてもよい。

【0271】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 7 \quad \dots (4)'$$

$$2.0 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)'$$

また、条件式(4)の下限値を3.3、さらには3.5としてもよい。

【0272】

また、条件式(4)の上限値を7.0、さらには6.3としてもよい。

【0273】

また、条件式(5)の下限値を2.2、さらには2.35としてもよい。

【0274】

また、条件式(5)の上限値を2.75、さらには2.7としてもよい。

【0275】

本発明の第51のズームレンズは、第45～第50のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0276】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0277】

10

20

30

40

50

第 5 1 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (4) は基本的な変倍比に関するものである。条件式 (4) を満足し、条件式 (6) の上限の 1.8 を越えると、コンパクトで条件式 (4) で規定される変倍比を稼ぐのが難しくなる。その下限の 1.1 を越えると、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズだけでは、コンパクトのままパワーを確保するのが難しくなる。

【0278】

また、条件式 (4) の下限値を 3.3、さらには 3.5 としてもよい。

【0279】

また、条件式 (4) の上限値を 7.0、さらには 6.3 としてもよい。

【0280】

また、条件式 (6) の下限値を 1.3、さらには 1.35 としてもよい。

【0281】

また、条件式 (6) の上限値を 1.7、さらには 1.6 としてもよい。

【0282】

本発明の第 5 2 のズームレンズは、第 4 5 ~ 第 5 1 のズームレンズにおいて、第 2 レンズ群 G 2 の 2 枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも 1.81 以上で、かつ、第 2 レンズ群 G 2 の正レンズの硝材の屈折率が 1.9 以上であることを特徴とするものである。

【0283】

第 5 2 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、第 2 レンズ群 G 2 の 2 枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも 1.81 以下であり、かつ、第 2 レンズ群 G 2 の正レンズの硝材の屈折率が 1.9 以下であると、色収差の補正が難しくなる。また、ペッツバル和が負方向に大きくなり、像面湾曲が大きくなってしまう。

【0284】

本発明の第 5 3 のズームレンズは、第 4 5 ~ 第 5 2 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0285】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$0.8 < \left(\frac{2T}{2W} \right) / \left(\frac{3T}{3W} \right) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0286】

第 5 3 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (4) は基本的な変倍比に関するものである。条件式 (4) を満足し、条件式 (7) の上限の 1.1 を越えると、第 2 レンズ群 G 2 の変倍負担が大きくなり、全長の増加及び前玉径の増大を招きやすい。下限の 0.8 を越えると、第 3 レンズ群 G 3 の変倍による移動量が大きくなり、望遠端の F ナンバーが暗くなる。また、撮像素子の CCD への入射角変動量が大きくなる。若しくは、第 3 レンズ群 G 3 のパワーが大きくなり、収差量が増大して結像性能の確保が難しくなる。

【0287】

本発明の第 5 4 のズームレンズは、第 4 5 ~ 第 5 3 のズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【0288】

$$0.9 < T_{3G} / f_W < 3 \quad \dots (8)$$

ただし、 T_{3G} ：広角端から望遠端の間での第 3 レンズ群の移動量、
である。

【0289】

第 5 4 のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用を説明すると、条件式 (8)

の上限の3を越えると、望遠端での全長が長くなりすぎ好ましくなく、下限の0.9を越えると、第3レンズ群G3での変倍比が小さくなり、若しくは、少ない枚数で結像性能を確保するのが難しくなり、好ましくない、

なお、以上の本発明において、駆動機構を含めてコンパクト性等の観点から、第4レンズ群G4は1枚のレンズで構成するのが好ましい。また、フォーカシングは第4レンズ群G4で行うのが好ましい。また、明るさ絞りは、第3レンズ群G3の物体側に配置し、第3レンズ群G3と一体として移動するのが好ましい。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、像面側に凹面を向けた正メニスカスレンズL32と、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33とから構成するのが好ましい。また、この正メニスカスレンズL32と負メニスカスレンズL33は接合レンズとするのが好ましい。

10

【0290】

なお、本発明は、コンパクトにするため4群構成とするのが好ましいが、パワーの弱いレンズ群を加えてもよいし、また、本発明の作用効果を享受しながら、像面側にレンズ群を追加し、さらに高倍率なズームレンズとしたり、高性能としたり、機能を拡大するようにしてもよい。

【0291】

また、本発明の撮像装置は、以上のようなズームレンズと、その像側に配置された撮像素子とを備えているとを備えている。上記のズームレンズは、コンパクトで明るく高変倍比のものである。よって、このようなズームレンズを撮像光学系として撮像装置に搭載すれば、小型化・高機能化を図ることができる。なお、撮像装置としては、デジタルカメラ以外に、ビデオカメラ、デジタルビデオユニット等がある。

20

【発明の効果】

【0292】

以上の本発明のズームレンズ及びそれを搭載した撮像装置によると、コンパクトで明るく高変倍比化を行いやすいズームレンズとそれを搭載した撮像装置を得ることができ、より具体的には、構成枚数を少なくしやすく、F値が広角端で2.8程度と明るく、ズーム比が4~5倍程度と大きく、結像性能が高いコンパクトなズームレンズとそれを搭載した撮像装置を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0293】

以下、本発明のズームレンズの実施例1~6について説明する。実施例1~6の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)のレンズ断面図をそれぞれ図1~図6に示す。図中、第1レンズ群はG1、第2レンズ群はG2、開口絞りはS、第3レンズ群はG3、第4レンズ群はG4、IRカットコートを施したローパスフィルター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CG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CGにローパスフィルター作用を持たせるようにしてもよい。

なお、以上の実施例の中、実施例2~4は本発明の参考例である。

【0294】

40

実施例1のズーム光学系は、図1に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、開口絞りS、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側の凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側に単調に移動し、第4レンズ群G4は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置する。

【0295】

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からなり、第2レンズ群G2は、物

50

体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、平凹負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズとからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0296】

非球面は、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面と、第4レンズ群G4の両凸正レンズの両面の4面に用いている。

【0297】

実施例2のズーム光学系は、図2に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、開口絞りS、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側の凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側に単調に移動し、第4レンズ群G4は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置する。

10

【0298】

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からなり、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2枚と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズとからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

20

【0299】

非球面は、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面の2面に用いている。

【0300】

実施例3のズーム光学系は、図3に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、開口絞りS、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側の凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側に単調に移動し、第4レンズ群G4は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置する。

30

【0301】

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からなり、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2枚と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3レンズ群G3は、両凸正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズとからなり、第4レンズ群G4は、両凸正レンズ1枚からなる。

【0302】

非球面は、第3レンズ群G3の両凸正レンズの両面の2面に用いている。

40

【0303】

実施例4のズーム光学系は、図4に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、開口絞りS、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側の凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞りSと第3レンズ群G3は一体に物体側に単調に移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に移動する。

【0304】

50

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

【 0 3 0 5 】

非球面は、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面と、第 4 レンズ群 G 4 の両凸正レンズの物体側の面の 3 面に用いている。

【 0 3 0 6 】

実施例 5 のズーム光学系は、図 5 に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側の凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側に単調に移動し、第 4 レンズ群 G 4 は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置する。

【 0 3 0 7 】

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

【 0 3 0 8 】

非球面は、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面と、第 4 レンズ群 G 4 の両凸正レンズの物体側の面の 3 面に用いている。

【 0 3 0 9 】

実施例 6 のズーム光学系は、図 6 に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2、開口絞り S、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側の凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より像側に位置する。開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 は一体に物体側に単調に移動し、第 4 レンズ群 G 4 は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端の位置より物体側に位置する。

【 0 3 1 0 】

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

【 0 3 1 1 】

非球面は、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズの両面と、第 4 レンズ群 G 4 の正メニスカスレンズの両面の 4 面に用いている。

【 0 3 1 2 】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 F_{NO} は F ナンバー、 ω は半画角、 WE は広角端、 ST は中間状態、 TE は望遠端、 r_1 、 $r_2 \dots$ は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 $d_2 \dots$ は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 $n_{d2} \dots$ は各レンズの d 線の屈折率、 ν_{d1} 、 $\nu_{d2} \dots$ は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて

表される。

【 0 3 1 3 】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + A_{12} y^{12} + A_{14} y^{14}$$

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 、 A_{14} はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次、12 次、14 次の非球面係数である。

【 0 3 1 4 】

実施例 1

$r_1 = 26.052$	$d_1 = 1.00$	$n_{d1} = 1.84666$	$d_1 = 23.78$	10
$r_2 = 18.749$	$d_2 = 3.20$	$n_{d2} = 1.71300$	$d_2 = 53.87$	
$r_3 = 129.413$	$d_3 = (\text{可変})$			20
$r_4 = 44.225$	$d_4 = 0.90$	$n_{d3} = 1.88300$	$d_3 = 40.76$	
$r_5 = 8.187$	$d_5 = 2.50$			
$r_6 =$	$d_6 = 0.85$	$n_{d4} = 1.88300$	$d_4 = 40.76$	
$r_7 = 15.273$	$d_7 = 1.09$			
$r_8 = 13.756$	$d_8 = 2.00$	$n_{d5} = 1.92286$	$d_5 = 20.88$	
$r_9 = 56.639$	$d_9 = (\text{可変})$			
$r_{10} = (\text{絞り})$	$d_{10} = 1.00$			
$r_{11} = 13.960$ (非球面)	$d_{11} = 2.00$	$n_{d6} = 1.74330$	$d_6 = 49.33$	
$r_{12} = -35.983$ (非球面)	$d_{12} = 0.50$			
$r_{13} = 6.486$	$d_{13} = 2.25$	$n_{d7} = 1.69680$	$d_7 = 55.53$	30
$r_{14} = 21.204$	$d_{14} = 0.01$	$n_{d8} = 1.56384$	$d_8 = 60.67$	
$r_{15} = 21.204$	$d_{15} = 0.80$	$n_{d9} = 1.84666$	$d_9 = 23.78$	
$r_{16} = 4.830$	$d_{16} = (\text{可変})$			
$r_{17} = 11.548$ (非球面)	$d_{17} = 2.74$	$n_{d10} = 1.52542$	$d_{10} = 55.78$	
$r_{18} = 218.908$ (非球面)	$d_{18} = (\text{可変})$			
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.95$	$n_{d11} = 1.54771$	$d_{11} = 62.84$	
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.60$			
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d12} = 1.51633$	$d_{12} = 64.14$	
$r_{22} =$	$d_{22} = 1.00$			
$r_{23} =$				

非球面係数

第 1 1 面

$$K = -0.392$$

$$A_4 = -5.42519 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -7.99687 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 6.60675 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.95317 \times 10^{-8}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 4.18583 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = -9.94224 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 8.61195 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -2.49912 \times 10^{-8}$$

第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.11365 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.70713 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 3.48360 \times 10^{-7}$$

40

50

$$A_{10} = -1.13679 \times 10^{-8}$$

$$A_{12} = -1.43708 \times 10^{-10}$$

$$A_{14} = 6.12273 \times 10^{-12}$$

第 18 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.44874 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 6.46769 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.13764 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -7.27999 \times 10^{-11}$$

$$A_{12} = 3.72890 \times 10^{-11}$$

$$A_{14} = -6.98251 \times 10^{-13}$$

10

ズームデータ ()

	W E	S T	T E
f (mm)	8.026	17.475	38.830
F _{NO}	2.88	3.34	4.39
(°)	30.46	14.51	6.43
d ₃	0.80	10.39	19.17
d ₉	18.16	6.64	1.67
d ₁₆	8.63	10.11	19.99
d ₁₈	2.68	5.70	3.48

20

実施例 2

r ₁ = 29.488	d ₁ = 1.00	n _{d1} = 1.84666	d ₁ = 23.78
r ₂ = 19.156	d ₂ = 3.60	n _{d2} = 1.67790	d ₂ = 50.72
r ₃ = -390894.267	d ₃ = (可変)		
r ₄ = 177.797	d ₄ = 0.85	n _{d3} = 1.88300	d ₃ = 40.76
r ₅ = 9.237	d ₅ = 2.00		
r ₆ = 2214.408	d ₆ = 0.80	n _{d4} = 1.72916	d ₄ = 54.68
r ₇ = 14.895	d ₇ = 1.20		
r ₈ = 13.788	d ₈ = 2.20	n _{d5} = 1.84666	d ₅ = 23.78
r ₉ = 60.326	d ₉ = (可変)		
r ₁₀ = (絞り)	d ₁₀ = 1.00		
r ₁₁ = 10.975 (非球面)	d ₁₁ = 2.30	n _{d6} = 1.69350	d ₆ = 53.20
r ₁₂ = -33.341 (非球面)	d ₁₂ = 0.10		
r ₁₃ = 5.712	d ₁₃ = 2.50	n _{d7} = 1.49700	d ₇ = 81.54
r ₁₄ = 10.692	d ₁₄ = 0.01	n _{d8} = 1.56384	d ₈ = 60.67
r ₁₅ = 10.692	d ₁₅ = 0.80	n _{d9} = 1.84666	d ₉ = 23.78
r ₁₆ = 4.300	d ₁₆ = (可変)		
r ₁₇ = 11.921	d ₁₇ = 2.20	n _{d10} = 1.48749	d ₁₀ = 70.23
r ₁₈ = -10407.303	d ₁₈ = (可変)		
r ₁₉ =	d ₁₉ = 0.95	n _{d11} = 1.54771	d ₁₁ = 62.84
r ₂₀ =	d ₂₀ = 0.60		
r ₂₁ =	d ₂₁ = 0.50	n _{d12} = 1.51633	d ₁₂ = 64.14
r ₂₂ =	d ₂₂ = 0.60		
r ₂₃ =			

30

40

非球面係数

第 11 面

$$K = -1.149$$

$$A_4 = -1.22308 \times 10^{-8}$$

$$A_6 = 8.10316 \times 10^{-9}$$

50

$$A_8 = -5.55681 \times 10^{-9}$$

第 1 2 面

$$K = -10.109$$

$$A_4 = 3.71688 \times 10^{-11}$$

$$A_6 = 2.51887 \times 10^{-7}$$

ズームデータ ()

	W E	S T	T E
f (mm)	7.843	15.841	39.635
F _{NO}	2.80	3.13	4.50
(°)	30.67	15.37	6.17
d ₃	0.80	9.57	18.65
d ₉	20.01	8.14	1.50
d ₁₆	8.69	8.91	20.02
d ₁₈	1.98	5.16	2.67

【 0 3 1 5 】

実施例 3

r ₁ = 26.986	d ₁ = 1.00	n _{d1} = 1.84666	d ₁ = 23.78
r ₂ = 16.515	d ₂ = 3.80	n _{d2} = 1.67003	d ₂ = 47.23
r ₃ = -244257.033	d ₃ = (可変)		
r ₄ = 112.654	d ₄ = 0.85	n _{d3} = 1.88300	d ₃ = 40.76
r ₅ = 9.347	d ₅ = 2.00		
r ₆ = 18401.111	d ₆ = 0.80	n _{d4} = 1.72916	d ₄ = 54.68
r ₇ = 11.494	d ₇ = 1.20		
r ₈ = 12.358	d ₈ = 2.20	n _{d5} = 1.84666	d ₅ = 23.78
r ₉ = 53.415	d ₉ = (可変)		
r ₁₀ = (絞り)	d ₁₀ = 1.00		
r ₁₁ = 9.677 (非球面)	d ₁₁ = 2.30	n _{d6} = 1.58313	d ₆ = 59.46
r ₁₂ = -25.547 (非球面)	d ₁₂ = 0.10		
r ₁₃ = 5.680	d ₁₃ = 2.30	n _{d7} = 1.49700	d ₇ = 81.54
r ₁₄ = 8.984	d ₁₄ = 0.01	n _{d8} = 1.56384	d ₈ = 60.67
r ₁₅ = 8.984	d ₁₅ = 0.80	n _{d9} = 1.84666	d ₉ = 23.78
r ₁₆ = 4.272	d ₁₆ = (可変)		
r ₁₇ = 12.940	d ₁₇ = 2.20	n _{d10} = 1.49700	d ₁₀ = 81.54
r ₁₈ = -23190.917	d ₁₈ = (可変)		
r ₁₉ =	d ₁₉ = 0.95	n _{d11} = 1.54771	d ₁₁ = 62.84
r ₂₀ =	d ₂₀ = 0.60		
r ₂₁ =	d ₂₁ = 0.50	n _{d12} = 1.51633	d ₁₂ = 64.14
r ₂₂ =	d ₂₂ = 0.59		
r ₂₃ =			

非球面係数

第 1 1 面

$$K = -1.239$$

$$A_4 = -6.46005 \times 10^{-9}$$

$$A_6 = 1.85826 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -2.59108 \times 10^{-8}$$

第 1 2 面

$$K = -4.428$$

$$A_4 = 2.79009 \times 10^{-10}$$

$$A_6 = 3.14257 \times 10^{-7}$$

10

20

30

40

50

ズームデータ ()

	W E	S T	T E
f (mm)	7.853	15.765	45.985
F _{NO}	2.80	3.18	4.84
(°)	30.47	15.46	5.32
d ₃	0.80	8.80	19.39
d ₉	20.04	8.14	1.50
d ₁₆	9.33	8.60	22.68
d ₁₈	2.21	6.37	2.35
【 0 3 1 6 】			

。

10

実施例 4

r ₁ = 25.729	d ₁ = 3.30	n _{d1} = 1.48749	d ₁ = 70.23
r ₂ = -195211.986	d ₂ = (可変)		
r ₃ = 62.315	d ₃ = 0.85	n _{d2} = 1.88300	d ₂ = 40.76
r ₄ = 8.171	d ₄ = 2.00		
r ₅ = 11064.958	d ₅ = 0.80	n _{d3} = 1.72916	d ₃ = 54.68
r ₆ = 16.294	d ₆ = 1.15		
r ₇ = 13.261	d ₇ = 2.20	n _{d4} = 1.84666	d ₄ = 23.78
r ₈ = 54.781	d ₈ = (可変)		
r ₉ = (絞り)	d ₉ = 1.00		
r ₁₀ = 11.449 (非球面)	d ₁₀ = 2.40	n _{d5} = 1.69350	d ₅ = 53.20
r ₁₁ = -24.146 (非球面)	d ₁₁ = 0.10		
r ₁₂ = 5.500	d ₁₂ = 2.60	n _{d6} = 1.48749	d ₆ = 70.23
r ₁₃ = 18.893	d ₁₃ = 0.01	n _{d7} = 1.56384	d ₇ = 60.67
r ₁₄ = 18.893	d ₁₄ = 0.80	n _{d8} = 1.84666	d ₈ = 23.78
r ₁₅ = 4.313	d ₁₅ = (可変)		
r ₁₆ = 19.027 (非球面)	d ₁₆ = 2.20	n _{d9} = 1.84666	d ₉ = 23.78
r ₁₇ = -12117.666	d ₁₇ = (可変)		
r ₁₈ =	d ₁₈ = 0.95	n _{d10} = 1.54771	d ₁₀ = 62.84
r ₁₉ =	d ₁₉ = 0.60		
r ₂₀ =	d ₂₀ = 0.50	n _{d11} = 1.51633	d ₁₁ = 64.14
r ₂₁ =	d ₂₁ = 0.59		
r ₂₂ =			

20

30

非球面係数

第 1 0 面

K = -1.005

A₄ = 3.59202 × 10⁻⁹

A₆ = 1.69640 × 10⁻⁸

A₈ = -1.84829 × 10⁻⁸

40

第 1 1 面

K = -8.581

A₄ = -2.03082 × 10⁻¹¹

A₆ = 4.48326 × 10⁻¹⁰

第 1 6 面

K = 0.002

A₄ = -3.12266 × 10⁻¹⁰

A₆ = 1.67936 × 10⁻⁸

A₈ = 9.76314 × 10⁻⁹

ズームデータ ()

50

	W E	S T	T E
f (mm)	7.823	15.672	31.181
F _{NO}	2.80	3.28	4.28
(°)	30.41	15.32	7.89
d ₂	0.80	10.32	16.18
d ₈	19.10	8.70	1.81
d ₁₅	8.45	10.63	17.69
d ₁₇	1.94	3.58	4.37
【 0 3 1 7 】			

10

実施例 5

r ₁ = 33.302	d ₁ = 1.00	n _{d1} = 1.84666	d ₁ = 23.78
r ₂ = 19.902	d ₂ = 3.60	n _{d2} = 1.71700	d ₂ = 47.92
r ₃ = -10505.082	d ₃ = (可変)		
r ₄ = 197.422	d ₄ = 0.85	n _{d3} = 1.81600	d ₃ = 46.62
r ₅ = 8.612	d ₅ = 2.00		
r ₆ = 65.254	d ₆ = 0.80	n _{d4} = 1.90366	d ₄ = 31.31
r ₇ = 13.669	d ₇ = 0.80		
r ₈ = 12.087	d ₈ = 2.20	n _{d5} = 1.92286	d ₅ = 20.88
r ₉ = 43.061	d ₉ = (可変)		
r ₁₀ = (絞り)	d ₁₀ = 1.00		
r ₁₁ = 10.627 (非球面)	d ₁₁ = 2.30	n _{d6} = 1.69350	d ₆ = 53.20
r ₁₂ = -33.162 (非球面)	d ₁₂ = 0.10		
r ₁₃ = 5.800	d ₁₃ = 2.50	n _{d7} = 1.49700	d ₇ = 81.54
r ₁₄ = 11.640	d ₁₄ = 0.01	n _{d8} = 1.56384	d ₈ = 60.67
r ₁₅ = 11.640	d ₁₅ = 0.80	n _{d9} = 1.84666	d ₉ = 23.78
r ₁₆ = 4.350	d ₁₆ = (可変)		
r ₁₇ = 12.332 (非球面)	d ₁₇ = 2.30	n _{d10} = 1.52542	d ₁₀ = 55.78
r ₁₈ = -260808.000	d ₁₈ = (可変)		
r ₁₉ =	d ₁₉ = 0.95	n _{d11} = 1.54771	d ₁₁ = 62.84
r ₂₀ =	d ₂₀ = 0.60		
r ₂₁ =	d ₂₁ = 0.50	n _{d12} = 1.51633	d ₁₂ = 64.14
r ₂₂ =	d ₂₂ = 1.00		
r ₂₃ =			

20

30

非球面係数

第 1 1 面

$$K = -0.806$$

$$A_4 = -1.99973 \times 10^{-9}$$

$$A_6 = 1.19364 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -3.01523 \times 10^{-8}$$

40

第 1 2 面

$$K = -22.194$$

$$A_4 = -1.02289 \times 10^{-11}$$

$$A_6 = 1.12572 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -1.88817 \times 10^{-9}$$

第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.79706 \times 10^{-13}$$

$$A_6 = 8.43506 \times 10^{-14}$$

$$A_8 = -2.26626 \times 10^{-12}$$

50

$A_{10} = 1.27028 \times 10^{-10}$
ズームデータ ()

	W E	S T	T E
f (mm)	7.964	17.453	38.463
F_{NO}	2.81	3.33	4.30
(°)	30.56	14.05	6.41
d_3	0.80	11.18	20.49
d_9	19.10	7.68	1.80
d_{16}	7.64	9.77	17.57
d_{18}	2.18	4.37	2.83
【 0 3 1 8 】			

。 10

実施例 6

$r_1 = 26.272$	$d_1 = 1.00$	$n_{d1} = 1.84666$	$d_1 = 23.78$
$r_2 = 18.575$	$d_2 = 3.40$	$n_{d2} = 1.74100$	$d_2 = 52.64$
$r_3 = 130.489$	$d_3 = (\text{可変})$		
$r_4 = 57.666$	$d_4 = 0.90$	$n_{d3} = 1.88300$	$d_3 = 40.76$
$r_5 = 8.282$	$d_5 = 2.40$		
$r_6 =$	$d_6 = 0.85$	$n_{d4} = 1.88300$	$d_4 = 40.76$
$r_7 = 15.434$	$d_7 = 0.99$		
$r_8 = 13.647$	$d_8 = 2.30$	$n_{d5} = 1.92286$	$d_5 = 20.88$
$r_9 = 60.518$	$d_9 = (\text{可変})$		
$r_{10} = (\text{絞り})$	$d_{10} = 1.00$		
$r_{11} = 14.164 (\text{非球面})$	$d_{11} = 2.00$	$n_{d6} = 1.74330$	$d_6 = 49.33$
$r_{12} = -33.166 (\text{非球面})$	$d_{12} = 0.20$		
$r_{13} = 5.685$	$d_{13} = 2.20$	$n_{d7} = 1.58913$	$d_7 = 61.14$
$r_{14} = 16.732$	$d_{14} = 0.01$	$n_{d8} = 1.56384$	$d_8 = 60.67$
$r_{15} = 16.732$	$d_{15} = 0.80$	$n_{d9} = 1.84666$	$d_9 = 23.78$
$r_{16} = 4.631$	$d_{16} = (\text{可変})$		
$r_{17} = 15.194$	$d_{17} = 2.00$	$n_{d10} = 1.74330$	$d_{10} = 49.33$
$r_{18} = 149.038 (\text{非球面})$	$d_{18} = (\text{可変})$		
$r_{19} =$	$d_{19} = 0.95$	$n_{d11} = 1.54771$	$d_{11} = 62.84$
$r_{20} =$	$d_{20} = 0.60$		
$r_{21} =$	$d_{21} = 0.50$	$n_{d12} = 1.51633$	$d_{12} = 64.14$
$r_{22} =$	$d_{22} = 1.00$		
$r_{23} =$			

20

30

非球面係数

第 1 1 面

$$K = 1.826$$

$$A_4 = -1.43848 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.29825 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 1.52442 \times 10^{-7}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.01488 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 8.15030 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 2.16546 \times 10^{-7}$$

第 1 8 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.59845 \times 10^{-5}$$

40

50

$$A_6 = -1.74722 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 7.23073 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.56839 \times 10^{-8}$$

ズームデータ ()

	W E	S T	T E
f (mm)	8.048	17.491	38.757
F_{NO}	2.88	3.29	4.32
(°)	30.66	14.47	6.46
d_3	0.80	10.10	18.34
d_9	18.15	6.59	1.71
d_{16}	8.62	9.60	19.76
d_{18}	3.58	6.73	4.40

10

【0319】

以上の実施例 1 ~ 6 の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図 7 ~ 図 12 に示す。これらの収差図において、(a) は広角端、(b) は中間状態、(c) は望遠端におけるの球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す。

【0320】

上記実施例 1 ~ 6 の条件式 (1) ~ (9) の絶対値記号を除いた値は次の通りである。

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
1	6.75	6.97	7.08	6.69	6.66	6.74
2	6.12	6.36	6.10	6.75	6.59	5.82
3	2.10	2.30	2.15	2.26	2.50	2.10
4	4.84	5.05	5.86	3.99	4.83	4.82
5	2.39	2.68	2.68	2.57	2.52	2.38
6	-1.42	-1.51	-1.41	-1.57	-1.53	-1.39
7	0.96	0.82	0.90	0.62	0.94	1.01
8	1.52	1.53	1.72	1.49	1.33	1.49
9	1.81	1.77	1.78	1.74	1.72	1.82

20

【0321】

以上の実施例 1 ~ 6 において、フォーカシングは第 4 レンズ群 G4 の物体側への繰り出しで行っている。

30

【0322】

さて、以上のような本発明のズームレンズで物体像を形成しその像を CCD 等の撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0323】

図 13 ~ 図 15 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 41 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 13 はデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 14 は同後方正面図、図 15 はデジタルカメラ 40 の構成を示す模式的な透視平面図である。ただし、図 13 と図 15 においては、撮影光学系 41 の非沈胴時を示している。デジタルカメラ 40 は、この例の場合、撮影用光路 42 を有する撮影光学系 41、ファインダー用光路 44 を有するファインダー光学系 43、シャッター 45、フラッシュ 46、液晶表示モニター 47、焦点距離変更ボタン 61、設定変更スイッチ 62 等を含み、撮影光学系 41 の沈胴時には、カバー 60 をスライドすることにより、撮影光学系 41 とファインダー光学系 43 とフラッシュ 46 はそのカバー 60 で覆われる。そして、カバー 60 を開いてカメラ 40 を撮影状態に設定すると、撮影光学系 41 は図 15 の非沈胴状態になり、カメラ 40 の上部に配置されたシャッター 45 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 41、例えば実施例 1 のズームレンズを通して撮影が行われる。撮影光学系 41 によって形成された物体像が、IR カットコートを施したローパスフィルター LF とカバーガラス CG を介して CCD 49 の撮像面上に形成される。この CCD 49 で受光された物体像は

40

50

、処理手段 51 を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 47 に表示される。また、この処理手段 51 には記録手段 52 が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段 52 は処理手段 51 と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO 等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD 49 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。

【0324】

さらに、ファインダー用光路 44 上にはファインダー用対物光学系 53 が配置してある。ファインダー用対物光学系 53 は、複数のレンズ群（図の場合は 3 群）と 2 つのプリズムからなり、撮影光学系 41 のズームレンズに連動して焦点距離が変化するズーム光学系 10 からなり、このファインダー用対物光学系 53 によって形成された物体像は、像正立部材である正立プリズム 55 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。

【0325】

このように構成されたデジタルカメラ 40 は、撮影光学系 41 が高性能で小型で沈胴収納が可能であるるので、高性能・小型化が実現できる。

【0326】

以上の本発明のズームレンズ及びそれを搭載した撮像装置は、例えば次のように構成することができる。

【0327】

〔1〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G1 と第 2 レンズ群 G2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G1、第 2 レンズ群 G2、第 3 レンズ群 G3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G2 は、物体側から順に、負レンズ L21、負レンズ L22、正レンズ L23 から構成され、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。

【0328】

$$6.4 < L_w / f_w < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_w : 広角端での全長、

f_w : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【0329】

〔2〕 第 3 レンズ群 G3 は、正レンズ 2 枚と負レンズ 1 枚から構成されていることを特徴とする上記 1 記載のズームレンズ。

【0330】

〔3〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G1 と第 2 レンズ群 G2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G1、第 2 レンズ群 G2、第 3 レンズ群 G3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G2 は、物体側から順に、負レンズ L21、負レンズ L22、正レンズ L23 から構成され、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。

【0331】

$$5.8 < f_1 / f_w < 8.0 \quad \dots (2)$$

10

20

30

40

50

ただし、 f_w : 広角端での全系の焦点距離、
 f_1 : 第1レンズ群の焦点距離、
 である。

【0332】

〔4〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記3記載のズームレンズ。

【0333】

$$6.4 < L_w / f_w < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_w : 広角端での全長、
 f_w : 広角端での全系の焦点距離、
 である。

10

【0334】

〔5〕 第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とする上記3又は4記載のズームレンズ。

【0335】

〔6〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、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。

20

【0336】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、
 D_{3W} : 広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、
 である。

【0337】

〔7〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記6記載のズームレンズ。

30

【0338】

$$6.4 < L_w / f_w < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_w : 広角端での全長、
 f_w : 広角端での全系の焦点距離、
 である。

【0339】

〔8〕 第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とする上記6又は7記載のズームレンズ。

【0340】

〔9〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記6から8の何れか1項記載のズームレンズ。

40

【0341】

$$5.8 < f_1 / f_w < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_w : 広角端での全系の焦点距離、
 f_1 : 第1レンズ群の焦点距離、
 である。

【0342】

〔10〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G

50

1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負レンズ L 2 1、負レンズ L 2 2、正レンズ L 2 3 から構成され、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 3 4 3 】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} ：広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

である。

【 0 3 4 4 】

〔 1 1 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 0 記載のズームレンズ。

【 0 3 4 5 】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1) \quad 20$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【 0 3 4 6 】

〔 1 2 〕 第 3 レンズ群 G 3 は、正レンズ 2 枚と負レンズ 1 枚から構成されていることを特徴とする上記 1 0 又は 1 1 記載のズームレンズ。

【 0 3 4 7 】

〔 1 3 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 0 から 1 2 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 4 8 】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2) \quad 30$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_1 ：第 1 レンズ群の焦点距離、

である。

【 0 3 4 9 】

〔 1 4 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 0 から 1 3 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 5 0 】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3) \quad 40$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

D_{3W} ：広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、

である。

【 0 3 5 1 】

〔 1 5 〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負メニスカスレン

10

20

30

40

50

ズ L 2 1、負メニスカスレンズ又は平凹負レンズ L 2 2、正メニスカスレンズ L 2 3 から構成され、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 3 5 2 】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

10

である。

【 0 3 5 3 】

〔 1 6 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 5 記載のズームレンズ。

【 0 3 5 4 】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W : 広角端での全長、

f_W : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【 0 3 5 5 】

20

〔 1 7 〕 第 3 レンズ群 G 3 は、正レンズ 2 枚と負レンズ 1 枚から構成されていることを特徴とする上記 1 5 又は 1 6 記載のズームレンズ。

【 0 3 5 6 】

〔 1 8 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 5 から 1 7 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 5 7 】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離、

である。

30

【 0 3 5 8 】

〔 1 9 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 5 から 1 8 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 5 9 】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

D_{3W} : 広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、

である。

【 0 3 6 0 】

〔 2 0 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 1 5 から 1 9 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

40

【 0 3 6 1 】

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【 0 3 6 2 】

〔 2 1 〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し

50

、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以上で、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以上であることを特徴とするズームレンズ。

【0363】

〔22〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記21記載のズームレンズ。

【0364】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1) \quad 10$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0365】

〔23〕 第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とする上記21又は22記載のズームレンズ。

【0366】

〔24〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記21から23の何れか1項記載のズームレンズ。

【0367】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2) \quad 20$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0368】

〔25〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記21から24の何れか1項記載のズームレンズ。

【0369】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3) \quad 30$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

D_{3W} ：広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、

である。

【0370】

〔26〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記21から25の何れか1項記載のズームレンズ。

【0371】

$$3 < ({}_{2T} / {}_{2W}) * ({}_{3T} / {}_{3W}) * ({}_{4T} / {}_{4W}) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 ${}_{2T}$ 、 ${}_{3T}$ 、 ${}_{4T}$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

${}_{2W}$ 、 ${}_{3W}$ 、 ${}_{4W}$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

である。

【0372】

〔27〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記21から26の何れか1項記載のズームレンズ。

【0373】

$$3 < ({}_{2T} / {}_{2W}) * ({}_{3T} / {}_{3W}) * ({}_{4T} / {}_{4W}) < 12 \quad \dots (4) \quad 50$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0374】

〔28〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、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。

10

【0375】

$$3 < (2T / 2W) * (3T / 3W) * (4T / 4W) < 12 \quad \dots (4)$$

20

$$0.8 < (2T / 2W) / (3T / 3W) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0376】

〔29〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記28記載のズームレンズ。

【0377】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

30

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0378】

〔30〕 第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とする上記28又は29記載のズームレンズ。

【0379】

〔31〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記28から30の何れか1項記載のズームレンズ。

【0380】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

40

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0381】

〔32〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記28から31の何れか1項記載のズームレンズ。

【0382】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

50

D_{3W} : 広角端での第 3 レンズ群 - 第 4 レンズ群間隔、
である。

【 0 3 8 3 】

〔 3 3 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 2 8 から 3 2 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 8 4 】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

f_W : 広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} : 広角端での第 2 レンズ群 - 第 3 レンズ群間隔、

である。

【 0 3 8 5 】

〔 3 4 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 2 8 から 3 3 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 8 6 】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$: それぞれ第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群の広角端での倍率、

である。

【 0 3 8 7 】

〔 3 5 〕 第 2 レンズ群 G 2 の 2 枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも 1.81 以上で、かつ、第 2 レンズ群 G 2 の正レンズの硝材の屈折率が 1.9 以上であることを特徴とする上記 2 8 から 3 4 の何れか 1 項記載のズームレンズ。

【 0 3 8 8 】

〔 3 6 〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間が拡大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間が縮小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 の間が拡大するように、少なくとも第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動し、第 1 レンズ群 G 1 は多くても 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負レンズ L 2 1、負レンズ L 2 2、正レンズ L 2 3 から構成され、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 3 8 9 】

$$0.9 < T_{3G} / f_W < 3 \quad \dots (8)$$

ただし、 T_{3G} : 広角端から望遠端の間での第 3 レンズ群の移動量、

である。

【 0 3 9 0 】

〔 3 7 〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記 3 6 記載のズームレンズ。

【 0 3 9 1 】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W : 広角端での全長、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 である。

【0392】

〔38〕 第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とする上記36又は37記載のズームレンズ。

【0393】

〔39〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記36から38の何れか1項記載のズームレンズ。

【0394】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 f_1 : 第1レンズ群の焦点距離、
 である。

【0395】

〔40〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記36から39の何れか1項記載のズームレンズ。

【0396】

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} : 広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、
 D_{3W} : 広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、
 である。

【0397】

〔41〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記36から40の何れか1項記載のズームレンズ。

【0398】

$$3 < (2_T / 2_W) * (3_T / 3_W) * (4_T / 4_W) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 2_T 、 3_T 、 4_T : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、
 2_W 、 3_W 、 4_W : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 D_{2W} : 広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、
 である。

【0399】

〔42〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記36から41の何れか1項記載のズームレンズ。

【0400】

$$3 < (2_T / 2_W) * (3_T / 3_W) * (4_T / 4_W) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W : 広角端での全系の焦点距離、
 f_2 : 第2レンズ群の焦点距離、
 2_T 、 3_T 、 4_T : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、
 2_W 、 3_W 、 4_W : それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、
 である。

【0401】

〔43〕 第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以上

10

20

30

40

50

で、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以上であることを特徴とする上記36から42の何れか1項記載のズームレンズ。

【0402】

〔44〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記36から43の何れか1項記載のズームレンズ。

【0403】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$0.8 < \left(\frac{2T}{2W} \right) / \left(\frac{3T}{3W} \right) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0404】

〔45〕 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズーム時に、広角端に対し望遠端で間隔が、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間が拡大するように、少なくとも第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3が光軸上を移動し、第1レンズ群G1は多くても2枚のレンズで構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズL21、負レンズL22、正レンズL23から構成され、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。

【0405】

$$1.2 < f_3 / f_W < 1.85 \quad \dots (9)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離、

である。

【0406】

〔46〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45記載のズームレンズ。

【0407】

$$6.4 < L_W / f_W < 7.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 L_W ：広角端での全長、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0408】

〔47〕 第3レンズ群G3は、正レンズ2枚と負レンズ1枚から構成されていることを特徴とする上記45又は46記載のズームレンズ。

【0409】

〔48〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45から47の何れか1項記載のズームレンズ。

【0410】

$$5.8 < f_1 / f_W < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0411】

〔49〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45から48の何れか1項記載のズームレンズ。

【0412】

10

20

30

40

50

$$2 < D_{2W} / D_{3W} < 2.6 \quad \dots (3)$$

ただし、 D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、
 D_{3W} ：広角端での第3レンズ群 - 第4レンズ群間隔、
 である。

【0413】

〔50〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45から49の何れか1項記載のズームレンズ。

【0414】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < D_{2W} / f_W < 2.8 \quad \dots (5)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

f_W ：広角端での全系の焦点距離、

D_{2W} ：広角端での第2レンズ群 - 第3レンズ群間隔、

である。

【0415】

〔51〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45から50の何れか1項記載のズームレンズ。

【0416】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$1.1 < |f_2 / f_W| < 1.8 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_W ：広角端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離、

$2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0417】

〔52〕 第2レンズ群G2の2枚の負レンズの硝材の屈折率が何れも1.81以上で、かつ、第2レンズ群G2の正レンズの硝材の屈折率が1.9以上であることを特徴とする上記45から51の何れか1項記載のズームレンズ。

【0418】

〔53〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45から52の何れか1項記載のズームレンズ。

【0419】

$$3 < \left(\frac{2T}{2W} \right) * \left(\frac{3T}{3W} \right) * \left(\frac{4T}{4W} \right) < 12 \quad \dots (4)$$

$$0.8 < \left(\frac{2T}{2W} \right) / \left(\frac{3T}{3W} \right) < 1.1 \quad \dots (7)$$

ただし、 $2T$ 、 $3T$ 、 $4T$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の望遠端での倍率、

$2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ ：それぞれ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の広角端での倍率、

である。

【0420】

〔54〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記45から53の何れか1項記載のズームレンズ。

【0421】

$$0.9 < T_{3G} / f_W < 3 \quad \dots (8)$$

ただし、 T_{3G} : 広角端から望遠端の間での第3レンズ群の移動量、である。

【0422】

〔55〕 上記1から54の何れか1項記載のズームレンズと、その像側に配置された撮像素子とを備えていることを特徴とする撮像装置。

【図面の簡単な説明】

【0423】

【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)のレンズ断面図である。

【図2】実施例2のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

10

【図3】実施例3のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】実施例4のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図5】実施例5のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図6】実施例6のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図7】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図8】実施例2の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図9】実施例3の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図10】実施例4の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図11】実施例5の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図12】実施例6の無限遠物点合焦時の収差図である。

20

【図13】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14】図13のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図15】図13のデジタルカメラの断面図である。

【符号の説明】

【0424】

G1...第1レンズ群

G2...第2レンズ群

G3...第3レンズ群

G4...第4レンズ群

30

S...開口絞り

F...ローパスフィルターを構成する平行平板

C...カバーガラス

I...像面

LF...ローパスフィルター

CG...カバーガラス

E...観察者眼球

40...デジタルカメラ

41...撮影光学系

42...撮影用光路

40

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

46...フラッシュ

47...液晶表示モニター

49...CCD

50...カバー部材

51...処理手段

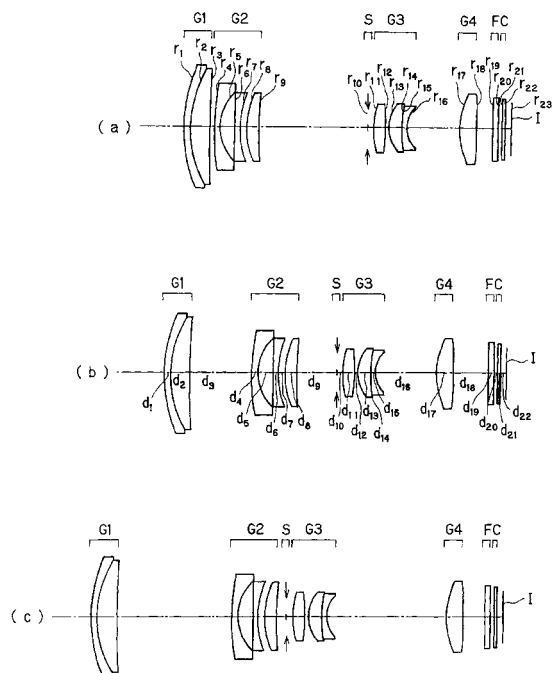
52...記録手段

53...ファインダー用対物光学系

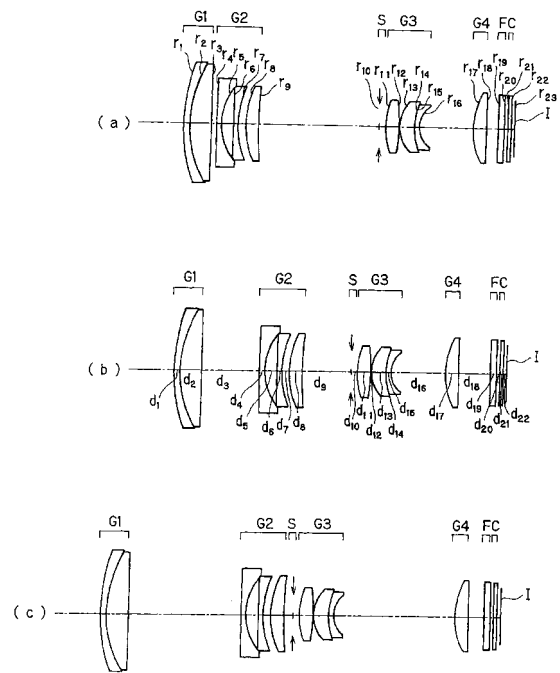
50

- 5 5 ...正立プリズム
- 5 7 ...視野枠
- 5 9 ...接眼光学系
- 6 0 ...カバー
- 6 1 ...焦点距離変更ボタン
- 6 2 ...設定変更スイッチ

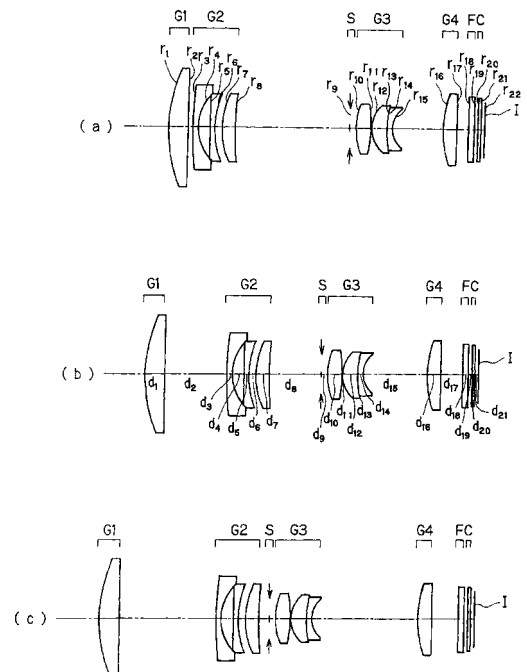
【図 1】



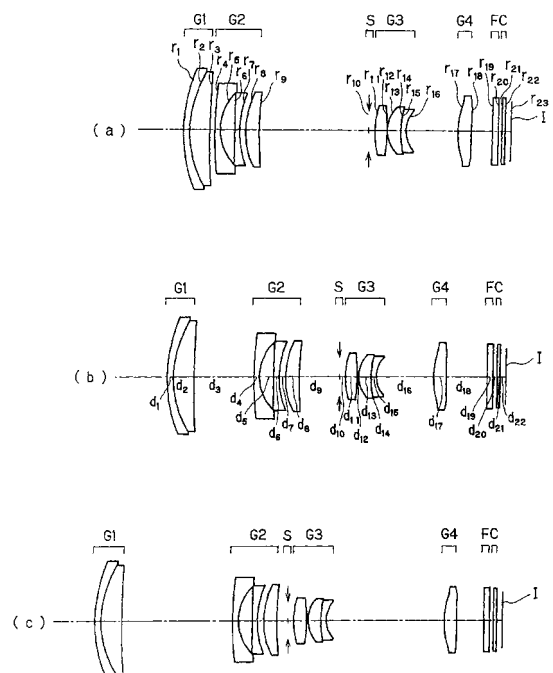
【図 2】



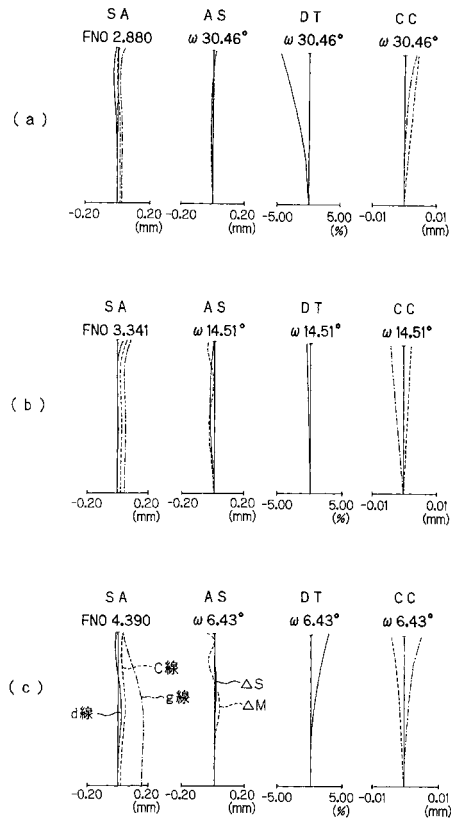
【 図 4 】



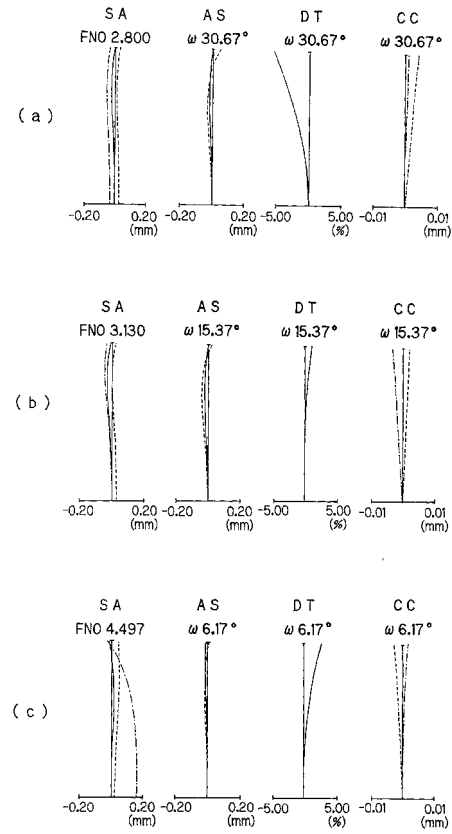
【圖 6】



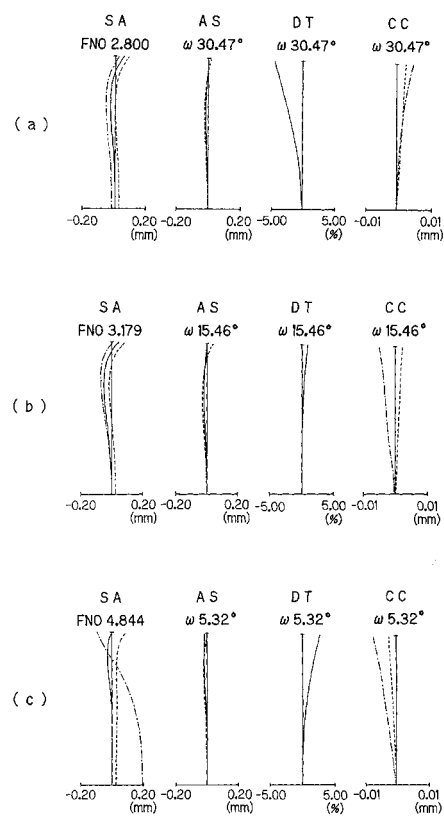
【図 7】



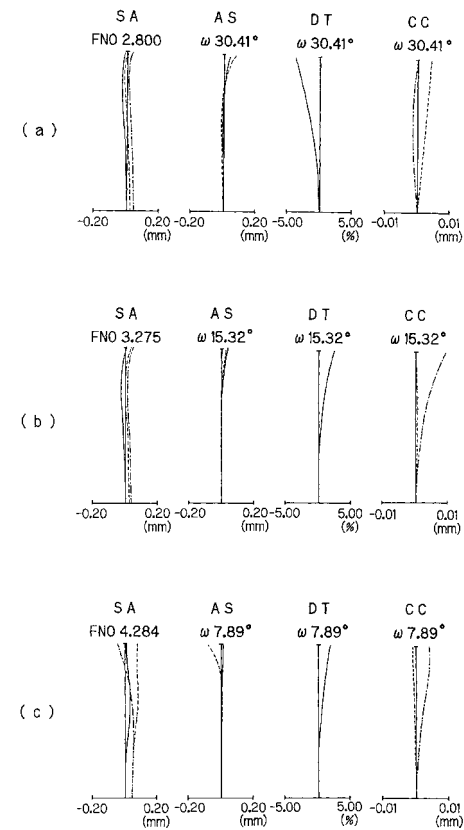
【図 8】



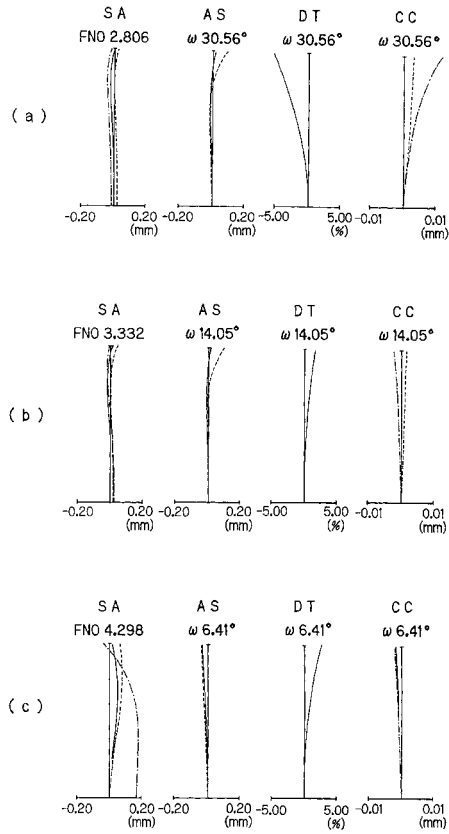
【図 9】



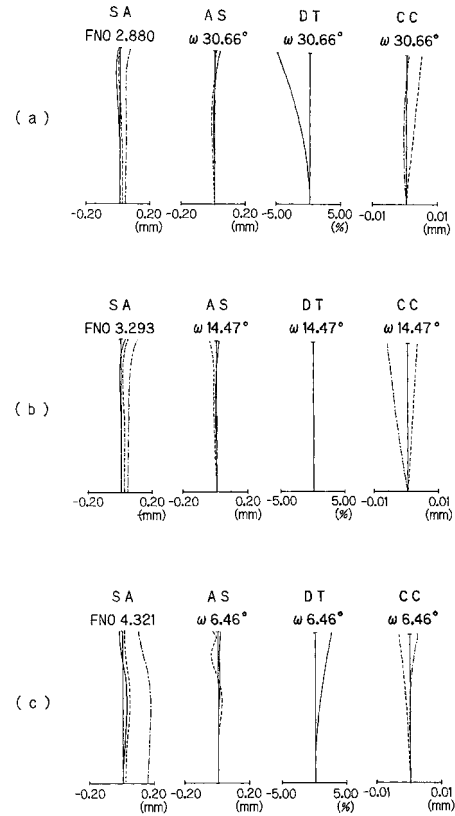
【図 10】



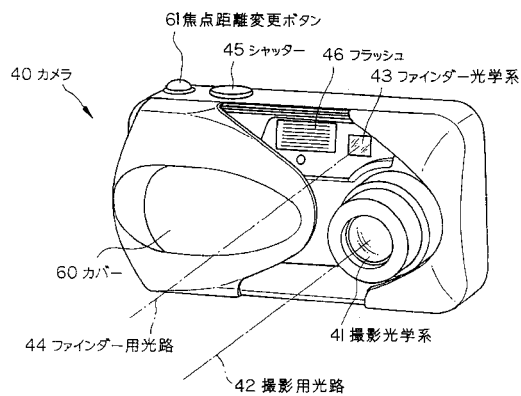
【図 1 1】



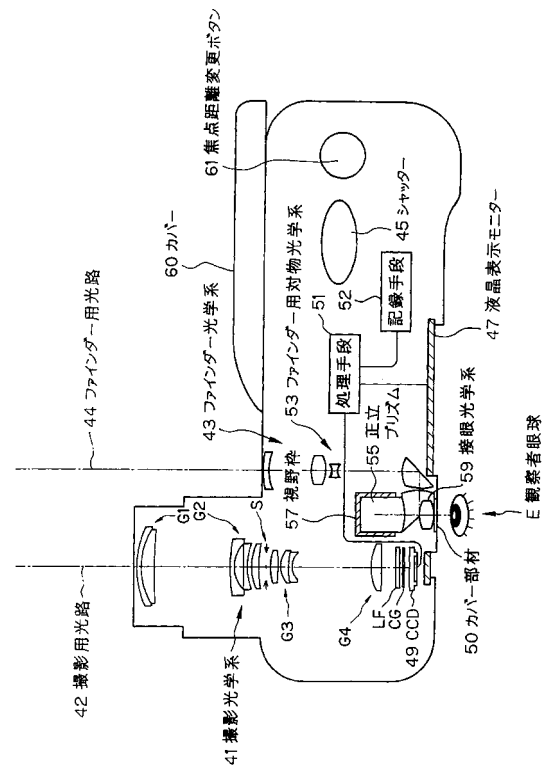
【図 1 2】



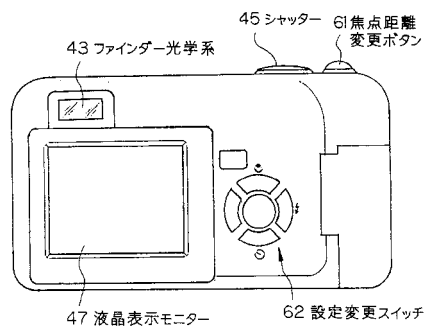
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 穂積 綱樹

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリパス株式会社内

(72)発明者 諸岡 優

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリパス株式会社内

審査官 下村 一石

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 0 9 4 2 3 3 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 0 7 6 2 4 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 3 1 5 6 7 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8

G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 0 4

G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 0 4