

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6354196号
(P6354196)

(45) 発行日 平成30年7月11日(2018.7.11)

(24) 登録日 平成30年6月22日(2018.6.22)

(51) Int.Cl.		F I	
GO2B	15/167	(2006.01)	GO2B 15/167
GO2B	5/18	(2006.01)	GO2B 5/18
HO4N	5/225	(2006.01)	HO4N 5/225 400

請求項の数 10 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2014-29568 (P2014-29568)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成26年2月19日(2014.2.19)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2015-152900 (P2015-152900A)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成27年8月24日(2015.8.24)	(74) 代理人	100082670
審査請求日	平成29年2月7日(2017.2.7)		弁理士 西脇 民雄
		(72) 発明者	須藤 芳文
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		審査官	小倉 宏之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよびこのズームレンズを用いた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群、および、正の屈折力を有する第4レンズ群で構成され、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して、前記第1レンズ群は像面に対して固定であり、前記第2レンズ群は像側に移動し、前記第3レンズ群は移動し、前記第4レンズ群は像面に対して固定であるズームレンズであって、

前記第4レンズ群は、該第4レンズ群内で最も大きい間隔を介して、物体側に第4aレンズ群を配置し、像側に第4bレンズ群を配置して構成され、前記第4aレンズ群は、負の屈折力を有する樹脂レンズを1枚のみと、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズ、を有し、

前記第4レンズ群に含まれる前記正レンズのうち、少なくとも1枚が、

該正レンズの屈折率を n_d とし、該正レンズのアッベ数を d とし、該正レンズを構成する材料の g 線に対する屈折率を n_g 、F 線に対する屈折率を n_F 、C 線に対する屈折率を n_C としたときに、 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で求まる値を該正レンズの部分分散比 $P_{g,F}$ としたとき、以下の条件式

$$1.40 < n_d < 1.65$$

$$65.0 < d < 100.0$$

$$0.015 < P_{g,F} - (-0.001802 \cdot d + 0.6483) < 0.060$$

を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第 4 レンズ群に含まれる前記樹脂レンズの焦点距離を f_{-p1a} とし、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、以下の条件式

$$-12.0 < f_{-p1a} / f_4 < -3.0$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群は回折面を有し、前記回折面の焦点距離を f_{1d0e} とし、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式

$$50 < f_{1d0e} / f_1 < 200$$

を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 4 レンズ群は、該第 4 レンズ群内で最も大きい間隔を介して、物体側に第 4 a レンズ群を配置し、像側に第 4 b レンズ群を配置して構成され、前記第 4 a レンズ群に含まれる正レンズの少なくとも 2 枚が、以下の条件式

$$1.40 < n_d < 1.65$$

$$65.0 < d < 100.0$$

$0.015 < P_{g,F} - (-0.001802 \cdot n_d + 0.6483) < 0.060$ を満足することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 4 a レンズ群は、物体側から像面側に向かって順に、正レンズ、正レンズ、正レンズ、負レンズ、樹脂レンズからなる負レンズ、および、正レンズで構成されることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 4 レンズ群内で最も大きい間隔を D_{4a} とし、前記第 4 レンズ群の厚さを D_4 としたとき、以下の条件式

$$0.2 < D_{4a} / D_4 < 0.4$$

を満足することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とし、長焦点端の焦点距離を f_t としたとき、以下の条件式

$$0.6 < f_1 / f_t < 0.9$$

$$0.1 < f_4 / f_t < 0.3$$

を満足することを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群でフォーカシングすることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載のズームレンズを、撮影用光学系として有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載のズームレンズを、動画撮影用光学系として有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、テレビカメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラに用いられ、特に監視用途に用いられるズームレンズおよびこのズームレンズを用いた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

セキュリティ等に用いるカメラ市場は大きなものとなっており、ユーザからの要望も多岐にわたっている。なかでも、高画質化と高変倍化とは常にユーザが要望するところであり、そのウエイトが大きい。よって、カメラの撮影レンズとして使用されるズームレンズにも、高性能化と高変倍化との両立が求められている。

【0003】

ここで、高性能化という面では、少なくとも100万～500万画素の撮像素子に対応した解像力を全ズーム域にわたって有することが必要である。また、高変倍化としては、16倍程度の変倍が必要と考えられる。

【0004】

高性能化という面では特に、監視用途のテレビカメラにおいては、暗い状態においても撮影できるように、波長900nm程度以下の近赤外域においても収差が十分に補正されていることが望まれている。

【0005】

このようなズームレンズには、いくつかのタイプのものが考えられている。例えば、物体側から像側へ向かって順に、正の焦点距離を持つ第1レンズ群、負の焦点距離を持つ第2レンズ群、負の焦点距離を持つ第3レンズ群、正の焦点距離を持つ第4レンズ群を有し、第1レンズ群が物体側から像側へ向かって順に、負レンズと正レンズとの接合レンズ、正レンズ、正レンズで構成され、第4レンズ群に異常分散ガラスを用いたものが知られている（例えば、特許文献1～3参照）。

【0006】

しかしながら、特許文献1～3に開示されたズームレンズは、高変倍化や大口径化、耐温度性等を図ってはいるものの、近赤外域の収差補正について考慮されていない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであって、高倍率で近赤外域においても収差が十分に補正できるズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するため、本願に係るズームレンズは、物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群、および、正の屈折力を有する第4レンズ群で構成され、短焦点端から長焦点端への変倍に際して、前記第1レンズ群は像面に対して固定であり、前記第2レンズ群は像側に移動し、前記第3レンズ群は移動し、前記第4レンズ群は像面に対して固定であるズームレンズであって、前記第4レンズ群は、該第4レンズ群内で最も大きい間隔を介して、物体側に第4aレンズ群を配置し、像側に第4bレンズ群を配置して構成され、前記第4aレンズ群は、負の屈折力を有する樹脂レンズを1枚のみと、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズ、を有し、前記第4レンズ群に含まれる前記正レンズのうち、少なくとも1枚が、該正レンズの屈折率を n_d とし、該正レンズのアップ数を d とし、該正レンズを構成する材料のg線に対する屈折率を n_g 、F線に対する屈折率を n_F 、C線に対する屈折率を n_C としたときに、 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で求まる値を該正レンズの部分分散比 $P_{g,F}$ としたとき、以下の条件式

$$1.40 < n_d < 1.65$$

$$65.0 < d < 100.0$$

$$0.015 < P_{g,F} - (-0.001802 \cdot d + 0.6483) < 0.060$$

を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、高倍率で近赤外域においても収差が十分に補正できるズームレンズを提供することができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1に係るズームレンズの構成を示す断面図であり、(a)は短焦点端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は長焦点端状態をそれぞれ示す。

【図2】実施例2に係るズームレンズの構成示す断面図であり、(a)は短焦点端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は長焦点端状態をそれぞれ示す。

【図3】実施例3に係るズームレンズの構成示す断面図であり、(a)は短焦点端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は長焦点端状態をそれぞれ示す。

【図4】実施例4に係るズームレンズの構成示す断面図であり、(a)は短焦点端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は長焦点端状態をそれぞれ示す。

10

【図5】実施例1に係るズームレンズの短焦点端における収差曲線図である。

【図6】実施例1に係るズームレンズの中間焦点距離における収差曲線図である。

【図7】実施例1に係るズームレンズの長焦点端における収差曲線図である。

【図8】実施例2に係るズームレンズの短焦点端における収差曲線図である。

【図9】実施例2に係るズームレンズの中間焦点距離における収差曲線図である。

【図10】実施例2に係るズームレンズの長焦点端における収差曲線図である。

【図11】実施例3に係るズームレンズの短焦点端における収差曲線図である。

【図12】実施例3に係るズームレンズの中間焦点距離における収差曲線図である。

【図13】実施例3に係るズームレンズの長焦点端における収差曲線図である。

【図14】実施例4に係るズームレンズの短焦点端における収差曲線図である。

20

【図15】実施例4に係るズームレンズの中間焦点距離における収差曲線図である。

【図16】実施例4に係るズームレンズの長焦点端における収差曲線図である。

【図17】実施例5に係るカメラ(撮像装置)としてのデジタルカメラの外観構成を模式的に示す斜視図であって、(a)は正面側の斜視図を示し、(b)は裏面側の斜視図を示す。

【図18】図17のデジタルカメラのシステム構造例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明に係るズームレンズの実施形態を、図面を参照しながら説明する。図1ないし図4に示すように、本発明の実施形態に係るズームレンズ1は、物体側から像面Iの側に向かって順に、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3、および、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有して構成される。短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に際して、第1レンズ群G1は像面Iに対して固定であり、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は移動し、第4レンズ群G4は像面Iに対して固定であって、さらに、それぞれ以下で述べるような特徴を有している。

30

【0012】

本発明の実施形態のような、正、負、負、正の4レンズ群で構成されるズームレンズ1は、一般に、第2レンズ群G2が主要な変倍作用を負担する、いわゆるバリエータとして構成される。上述したように、短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に際して、第1レンズ群G1は像面Iに対して固定であり、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は移動し、第4レンズ群G4は像面Iに対して固定であることにより、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔は大きくなり、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔は小さくなる。

40

【0013】

短焦点端の軸上色収差を補正しようとする場合、異常分散性がある光学材料を第4レンズ群G4に用いるとよい。望ましくは、第4レンズ群G4は、第4レンズ群G4内で最も大きい間隔を介して物体側に第4aレンズ群G4aを配置し、像側に第4bレンズ群G4bを配置して構成する。そして、最も軸上光束が太くなる第4aレンズ群G4aに含まれる正レンズに異常分散性がある光学材料を用いることで、軸上色収差への効果を高めるこ

50

とができる。

【0014】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1において、第4レンズ群G4は、負の屈折力を有する樹脂レンズ（例えば、図1のL4a5）を1枚のみと、少なくとも1枚の正レンズ（例えば、図1のL4a1, L4a2, L4a3, L4a6, L4b2）と、を有して構成する。また、条件式としては、第4レンズ群G4に含まれる正レンズのうち、少なくとも1枚が、以下の条件式(1)ないし(3)を満足する構成としている。ただし、以下の条件式(1)ないし(3)中、 n_d は該正レンズの屈折率を表し、 d は該正レンズのアップ数を表す。 $P_{g,F}$ は該正レンズの部分分散比を表し、該正レンズを構成する材料のg線に対する屈折率を n_g 、F線に対する屈折率を n_F 、C線に対する屈折率を n_C としたときに、 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で求まる値である。

10

【0015】

$$(1) 1.40 < n_d < 1.65$$

$$(2) 65.0 < d < 100.0$$

$$(3) 0.015 < P_{g,F} - (-0.001802 \cdot d + 0.6483) < 0.060$$

【0016】

上記条件式(1)ないし(3)を満足するような異常分散性が高く、低分散な光学材料を第4レンズ群G4の正レンズに用いることにより、色収差を十分に補正することができる。しかし、異常分散性がある光学材料は、線膨張係数や温度変化による屈折率変化が大きく、温度変化によりピント位置がオーバー側に移動する。そこで、第4レンズ群G4の負レンズL4a5に樹脂レンズを用いることで、異常分散性がある光学材料の温度変化によるピント移動を補正する。

20

【0017】

ここで、条件式(1)が下限値以下であると、単色収差の補正が不十分となり、条件式(2)が下限値以下であると、色収差の補正が不十分となり、条件式(3)が下限値以下であると、色収差の二次スペクトルの補正が不十分となるため好ましくない。一方、条件式(1)、(2)、(3)についてすべて上限以上となるような光学材料は存在しないか、存在したとしても非常に特殊かつ高価であり、現実的でない。

【0018】

また、監視カメラ等に用いるズームレンズとして、少なくとも100万～500万画素の撮像素子に対応した解像力を有し、16倍程度の変倍を有する高変倍なものが望まれている。また、高性能化という面では特に、監視用途のテレビカメラにおいては、暗い状態においても撮影できるように、波長900nm程度以下の近赤外域においても収差が十分に補正されていることが望まれている。更に、広画角化も望まれており、短焦点端の半画角は25度以上であることが望ましい。さらに、セキュリティ等に用いるカメラは高温で使われることもあるため、温度変化による性能への影響が小さいことが望まれている。さらに、大口径化を望まれており、短焦点端のFナンバーが2.0以下であることが望ましい。

30

【0019】

本発明の実施形態に係るズームレンズ1は、上述のような構成とすることで、16倍程度の変倍比で短焦点端の半画角が30度程度でありながら、短焦点端のFナンバーが2.0以下、長焦点端のFナンバーが2.0程度であり、構成枚数が16程度で比較的安価であり、近赤外の波長域においても収差が十分に補正され、小型でかつ100万～500万画素の撮像素子に対応した解像力を有するズームレンズを提供することができる。このようなズームレンズ1を用いることで、小型かつ高画質で、通常の撮影領域を十分にカバーする変倍域を有したカメラを実現することができる。

40

【0020】

以下、本発明のズームレンズ1のより好ましい形態について説明する。本発明の実施形態に係るズームレンズ1は、各種収差を補正しつつ、温度変化によるピント位置移動を小

50

さくするためには、第4レンズ群G4が、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。ただし、以下の条件式(4)中、 $f_{_p1a}$ は第4レンズ群G4に含まれる樹脂レンズL4a5の焦点距離を表し、 f_4 は第4レンズ群G4の焦点距離を表す。

【0021】

$$(4) \quad -1.2 < f_{_p1a} / f_4 < -3.0$$

【0022】

上記条件式(4)を満足することにより、温度変化によるピント位置が変わらないズームレンズ1を提供することができる。そのため、温度変化にロバストである高性能な撮像装置を実現することができる。ここで、条件式(4)が上限値以上であると、異常分散性レンズによるピント位置変動を補正しすぎることになり、ピント位置がアンダーになるため好ましくない。一方、条件式(4)が下限値以下であると、異常分散性レンズによるピント位置変動の補正が不足し、ピント位置がオーバーになるため好ましくない。

10

【0023】

また、各種収差をより効果的に補正するには、以下の条件式(4')を満足することがさらに望ましい。

【0024】

$$(4') \quad -1.0 < f_{_p1a} / f_4 < -5.0$$

【0025】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1において、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。ただし、以下の条件式(5)中、 $f_{_p1a}$ は第4レンズ群G4に含まれる樹脂レンズL4a5の焦点距離を表し、 f_w は短焦点端における全系の焦点距離を表す。

20

【0026】

$$(5) \quad -3.0 < f_{_p1a} / f_w < -1.0$$

【0027】

上記条件式(5)を満足することにより、軸上色収差を良好に補正し、高性能なズームレンズ1を提供することができる。そのため、可視域から近赤外域まで良好な描写の得られる撮像装置を実現することができる。ここで、条件式(5)が上限値以上であると、異常分散性レンズによるピント位置変動を補正しすぎることになり、ピント位置がアンダーになるため好ましくない。一方、条件式(5)が下限値以下であると、異常分散性レンズによるピント位置変動の補正が不足し、ピント位置がオーバーになるため好ましくない。

30

【0028】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1において、長焦点端の軸上色収差を十分に補正するためには、第1レンズ群G1は回折面を有し、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。ただし、以下の条件式(6)中、 f_{1doe} は回折面の焦点距離を表し、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離を表す。

【0029】

$$(6) \quad 5.0 < f_{1doe} / f_1 < 20.0$$

【0030】

第1レンズ群G1は、長焦点端において軸上光線が最も高い位置を通るため、長焦点端の軸上色収差を補正するためには第1レンズ群G1に回折面を用いるとよい。さらに、上記条件式(6)を満足することにより、長焦点端の軸上色収差を過不足なく補正することが可能となる。

40

【0031】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1において、大口径でありながら小型で高性能にするためには、第4レンズ群G4は、該第4レンズ群G4内で最も大きい間隔を介して、物体側に第4aレンズ群G4aを配置し、像側に第4bレンズ群G4bを配置して構成することが望ましい。さらに、短焦点端の軸上色収差を十分に補正するためには、第4aレンズ群G4aに含まれる正レンズは、少なくとも2枚が前述の条件式(1)ないし(3)を満足することが望ましい。また、第4aレンズ群G4aに含まれる正レンズが全

50

て前述の条件式(1)ないし(3)を満足することがさらに望ましい。この構成によっても、軸上色収差を良好に補正し、高性能なズームレンズ1を提供することができる。そのため、可視域から近赤外域まで良好な描写の得られる撮像装置を実現することができる。

【0032】

また、第4レンズ群G4を、該第4レンズ群G4内で最も大きい間隔を介して、物体側に第4aレンズ群G4aを配置し、像側に第4bレンズ群G4bを配置して構成した場合、大口径なズームレンズ1を達成するためには、第4aレンズ群G4aのレンズ構成が重要になる。そこで、第4aレンズ群G4aは、例えば、図1に示すように、物体側から像面Iの側に向かって順に、正レンズL4a1、正レンズL4a2、正レンズL4a3、負レンズL4a4、樹脂レンズからなる負レンズL4a5、および、正レンズL4a6で構成することが望ましい。

10

【0033】

この構成の第4aレンズ群G4aでは、多くの正レンズで分担して収差補正することにより、大口径でありながら、十分に収差を補正することができる。また、負レンズL4a4と樹脂の負レンズL4a5とを2枚用いることにより、樹脂の負レンズL4a5で温度変化によるピント移動を抑えつつ、各種収差を十分に補正することができる。このように、より高性能なズームレンズ1を提供することができるため、さらに高い解像力を有する高画質の撮像装置を実現することができる。

【0034】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1において、より高性能にするためには、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。ただし、以下の条件式(7)中、 D_{4a} は第4レンズ群G4内で最も大きい間隔を表し、 D_4 は第4レンズ群G4の厚さを表す。

20

【0035】

$$(7) \quad 0.2 < D_{4a} / D_4 < 0.4$$

【0036】

上記条件式(7)を満足することにより、より高性能なズームレンズ1を提供することができる。そのため、さらに高い解像力を有する高画質の撮像装置を実現することができる。なお、第4aレンズ群G4aと第4bレンズ群G4bとは、比較的大きな間隔を有することにより、収差補正のバランスを図っている。条件式(7)が上限値以上であると、第4レンズ群G4が構成する各々のレンズのスペースがなくなり、収差補正が困難になるため好ましくない。一方、条件式(7)が下限値以下であると、第4aレンズ群G4aと第4bレンズ群G4bとの間隔が小さくなりすぎ、第4aレンズ群G4aと第4bレンズ群G4bとで図っている収差補正のバランスが困難になるため好ましくない。

30

【0037】

さらに高性能なズームレンズ1を提供し、さらに高い解像力を有する高画質の撮像装置を実現するため、本発明の実施形態に係るズームレンズ1は、以下の条件式(8)および(9)を満足することが望ましい。ただし、以下の条件式(8)および(9)中、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離を表し、 f_4 は第4レンズ群G4の焦点距離を表し、 f_t は長焦点端における全系の焦点距離を表す。

【0038】

$$(8) \quad 0.6 < f_1 / f_t < 0.9$$

$$(9) \quad 0.1 < f_4 / f_t < 0.3$$

40

【0039】

上記条件式(8)および(9)を満足することにより、ズーム域全体としての収差補正が可能となる。ここで、条件式(8)が上限値以上であると、第1レンズ群G1の焦点距離が長くなりすぎ、変倍するためには第2レンズ群G2の移動量が大きくなり大型化につながるため好ましくない。一方、条件式(8)が下限値以下であると、第1レンズ群G1の焦点距離が短くなりすぎ、第1レンズ群G1内の収差補正が困難になるため好ましくない。また、条件式(9)が上限値以上であると、レンズ全長が長くなり大型化につながるため好ましくない。一方、条件式(9)が下限値以下であると、第4レンズ群G4内の収

50

差補正が困難になるため好ましくない。

【0040】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1は、第1レンズ群G1でフォーカシングすることが望ましい。このように第1レンズ群G1でフォーカシングすることにより、ズーム位置が変化してもピントがずれないメリットがある。また、長焦点端における温度変化によるピント位置変動に対し、第1レンズ群G1で再度フォーカシングする場合、フォーカシング時の移動量が小さくできる点もメリットとなる。また、このようにどのズーム位置においてもピント位置が変わらないズームレンズ1を提供することができるため、ズーム位置の変化によりフォーカスする必要がない撮像装置を実現することができる。

【0041】

また、本発明の実施形態に係るズームレンズ1において、レンズの面に到達する光量を減少させる必要があるときには、絞りを小さくしてもよい。しかし、絞り径を大きく変えることなく、NDフィルタ等により光量を減少させた方が、回折現象による解像力の低下を防止できて好ましい。

【0042】

また、本発明に係る撮像装置は、上述のようなズームレンズ1を撮影用光学系として有している。このズームレンズ1は、16倍程度の変倍比で短焦点端の半画角が30度程度でありながら短焦点端のFナンバーが2.0以下、長焦点端のFナンバーが2.0程度であり、構成枚数が16程度で比較的安価であり、近赤外の波長域においても収差が十分に補正され、小型でかつ100万～500万画素の撮像素子に対応した解像力を有する。このズームレンズ1を撮影光学系として使用することで、小型で高画質の撮像装置を提供することができるため、ユーザは携帯性に優れた撮像装置で高画質な画像を撮影することができる。

【0043】

また、本発明に係る撮像装置は、上述のようなズームレンズ1を動画撮影用光学系として有している。このズームレンズ1は、16倍程度の変倍比で短焦点端の半画角が30度程度でありながら短焦点端のFナンバーが2.0以下、長焦点端のFナンバーが2.0程度であり、構成枚数が16程度で比較的安価であり、近赤外の波長域においても収差が十分に補正され、小型でかつ100万～500万画素の撮像素子に対応した解像力を有する。このズームレンズ1をカメラ機能部の動画撮影光学系として使用することで、小型で高画質であって動画が撮影できる撮影装置を提供することができるため、ユーザは携帯性に優れた撮像装置で高画質な動画を撮影することができる。

【0044】

以下、本発明の各実施例を、図面に基づいて説明する。図1ないし図4は、本発明の第1実施形態ないし第4実施形態に係る実施例1ないし実施例4のズームレンズ1の構成を示す断面図である。これらの図に示すように、実施例1ないし実施例4に係るズームレンズ1は、物体側から像面Iの側に向かって順に、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、負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と、から構成される。そして、短焦点端（広角端）から長焦点端（望遠端）への変倍に際して、第1レンズ群G1は像面Iに対して固定であり、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は移動し、第4レンズ群G4は像面Iに対して固定であるため、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔は大きくなり、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔は小さくなる。

【0045】

実施例1ないし実施例4のズームレンズ1において、第4レンズ群G4の像面Iの側に配置される平行平板からなる光学要素は、光学ローパスフィルタ、紫外カットフィルタ等の各種フィルタや、CMOS（相補型金属酸化物半導体）イメージセンサまたはCCD（電荷結合素子）イメージセンサ等の受光撮像素子のカバーガラス（シールガラス）を想定したものである。ここでは、等価的な透明平行平板として、フィルタFGと総称することにする。また、絞りSの物体側または像面Iの側に配置される平行平板からなる光学要素

10

20

30

40

50

は、光量調整用のNDフィルタFを想定したものである。

【0046】

また、各実施例において用いている光学ガラスの硝材は、株式会社オハラ(OHARA)およびHOYA株式会社(HOYA)の製品の光学硝種名で示している。レンズの材質は、樹脂レンズL4a5以外は、すべて光学ガラスとなっているが、これらに樹脂レンズを用いてもよい。

【0047】

実施例1ないし実施例4のズームレンズ1における収差は、十分に補正されており、100万~500万画素またはそれ以上の画素数の受光素子に対応することが可能となっている。本発明の実施形態に従ってズームレンズ1を構成することで、十分な小型化を達成しながら、非常に良好な像性能を確保し得ることは、実施例1ないし実施例4より明らかである。

10

【0048】

各実施例における共通の記号の意味は、以下の通りである。

f : 全系の焦点距離

F : Fナンバ

: 半画角(度)

R : 曲率半径(非球面については近軸曲率半径)

d : 面間隔

n_d : 屈折率

20

d : アッペ数

C_2 : 位相関数の2次係数

C_4 : 位相関数の4次係数

Wide : 短焦点端(広角端)

Mean : 中間焦点距離

Tele : 長焦点端(望遠端)

【0049】

各実施例において、曲率半径 $R = \infty$ は平面を表す。また、「*(アスタリスク)」を付して示した面番号2(第2面)のレンズ面(負レンズL11と正レンズL12との接合面)が回折面である。回折面の焦点距離 f_{1doe} は、位相関数の2次項の係数を C_2 としたとき、下記式で表される。

30

【0050】

$$f_{1doe} = -1 / (2 \cdot C_2)$$

【0051】

また、回折格子の形状を、基準波長(d線)を d 、光軸からの距離を h 、位相を (h) としたとき、以下の位相関数で表される。

【0052】

$$(h) = (2 \pi / d) (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4)$$

【0053】

図1ないし図4に示す実施例1ないし実施例4に係るズームレンズ1の各レンズ群のレンズ構成を説明する。第1レンズ群G1は、物体側から像面Iの側に向かって順に、凹面を像側に向けた負メニスカスレンズからなる負レンズL11と、物体側に像側より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる正レンズL13とを、配置している。第1レンズ群G1の負レンズL11および正レンズL12の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、接合レンズを形成している。この第1レンズ群G1の負レンズL11と正レンズL12との接合面に、積層型の回折光学素子を密着する。

40

【0054】

第2レンズ群G2は、物体側から像面Iの側に向かって順に、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズからなる負レンズL21と、像側に物体側の面より曲率の大きな凹面を向

50

けた両凹レンズからなる負レンズL 2 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる正レンズL 2 3とを配置している。第2レンズ群G 2の負レンズL 2 2および正レンズL 2 3の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、接合レンズを形成している。

【0055】

第3レンズ群G 3は、物体側に像側より曲率の大きな凹面を向けた両凹レンズからなる負レンズL 3 1と、物体側に像側より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL 3 2とを配置している。第3レンズ群G 3の負レンズL 3 1および正レンズL 3 2の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、接合レンズを形成している。

10

【0056】

第4レンズ群G 4は、該第4レンズ群G 4内で最も大きい間隔（図1ないし図4中の D_{4a} ）を介して、物体側に第4aレンズ群G 4aを配置し、像側に第4bレンズ群G 4bを配置している。第4aレンズ群G 4aは、物体側から像面Iの側に向かって順に、像側に物体側の面より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL 4a 1と、物体側に像側の面より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL 4a 2と、像側に物体側の面より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL 4a 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる負レンズL 4a 4と、樹脂レンズからなる負レンズL 4a 5と、物体側に像側の面より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL 4a 6とを配置している。第4aレンズ群G 4aの正レンズL 4a 3および負レンズL 4a 4の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、接合レンズを形成している。樹脂レンズからなる負レンズL 4a 5は、実施例1、実施例2では、物体側に凹面を向けた平凹レンズであり、実施例3、実施例4では、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズである。

20

【0057】

第4bレンズ群G 4bは、物体側から像面Iの側に向かって順に、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズからなる負レンズL 4b 1と、物体側に像面側より曲率の大きな凸面を向けた両凸レンズからなる正レンズL 4b 2と、を配置している。

【0058】

また、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間には、絞りSと、NDフィルタFとが配置され、これらは第4レンズ群G 4と一体に保持されている。なお、実施例1、実施例4では、図1、図4に示すように、物体側に絞りSを配置し、像側にNDフィルタFを配置している。実施例2、実施例3では、図2、図3に示すように、物体側にNDフィルタFを配置し、像側に絞りSを配置している。

30

【0059】

（実施例1）

以下に、図1に示す実施例1に係るズームレンズ1の数値例を示す。下記表1に、各光学要素の光学特性を示す。また、下記表2に、位相係数を示す。

【0060】

【表 1】

	R	D	N_d	ν_d	硝種名
1	135.306	2.50	1.74950	35.33	S-NBH51 (OHARA)
2*	55.224	15.14	1.58913	61.13	S-BAL35 (OHARA)
3	-511.378	0.50			
4	51.934	9.18	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
5	231.955	A			
6	179.606	1.50	1.90366	31.31	TAFD25 (HOYA)
7	15.178	7.32			
8	-36.694	1.20	1.48749	70.24	S-FSL5 (OHARA)
9	20.512	4.29	1.92286	20.88	E-FDS1 (HOYA)
10	87.171	B			
11	-26.226	1.20	1.78800	47.37	S-LAH64 (OHARA)
12	86.152	2.29	1.92286	18.90	S-NPH2 (OHARA)
13	-234.050	C			
14	絞り	0.50			
15	∞	0.80	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
16	∞	0.50			
17	893.200	3.96	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
18	-23.214	0.50			
19	65.296	3.22	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
20	-68.631	0.50			
21	30.807	5.11	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
22	-25.482	1.20	1.90366	31.31	TAFD25 (HOYA)
23	-300.108	0.89			
24	-77.083	1.20	1.53110	56.00	ZEONEX E48R
25	∞	0.50			
26	17.000	3.92	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
27	218.016	8.92			
28	23.382	1.20	1.83481	42.72	S-LAH55V (OHARA)
29	9.717	1.83			
30	25.748	2.93	1.54814	45.78	S-TIL1 (OHARA)
31	-30.657	11.00			
32	∞	2.70	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
33	∞				

10

20

【 0 0 6 1 】

【表 2】

	λ (λd)	C_2	C_4
2	587.6	-4.29310E-05	9.94175E-09

30

【 0 0 6 2 】

実施例 1 において、全系の焦点距離 f 、F ナンバ、半画角、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間の可変間隔 A、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間の可変間隔 B、および、第 3 レンズ群 G 3 と絞り S との間の可変間隔 C は、短焦点端（広角端：Wide）から長焦点端（望遠端：Tele）へのズームングに伴って変化する。下記表 3 に、実施例 1 での各々の変化量を示す。

【 0 0 6 3 】

【表 3】

	Wide	Mean	Tele
f	7.72	29.99	116.37
F ナンバ	1.84	1.83	2.02
ω	30.70	8.25	2.13
A	1.4990	39.8694	57.4791
B	56.1070	13.0119	3.4199
C	4.7944	9.5182	1.5000

40

50

【 0 0 6 4 】

条件式数値

(1) $n_d = 1.49700$

(2) $d = 81.54$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.036$

以上、正レンズ L 4 a 1 , L 4 a 2 , L 4 a 3 , L 4 a 6 (S - F P L 5 1)

(4) $f_{-p1a} / f_4 = -7.18$

(5) $f_{-p1a} / f_w = -18.81$

(6) $f_{1doe} / f_1 = 130.30$

(7) $D_{4a} / D_4 = 0.25$

(8) $f_1 / f_t = 0.77$

(9) $f_4 / f_t = 0.17$

【 0 0 6 5 】

また、図 5 ないし図 7 に、実施例 1 に係るズームレンズ 1 の短焦点端（広角端）、中間焦点距離、長焦点端（望遠端）における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差の各収差曲線図を示す。これらの収差図において、球面収差における実線は球面収差を示し、破線は正弦条件を示している。また、非点収差における実線はサジタル収差を示し、破線はメリディオナル収差を示している。また、細線は d 線であり、太線は g 線と波長 = 850 nm の収差曲線図である。これらは、他の実施例に係る収差曲線図についても同様である。

【 0 0 6 6 】

図 5 ないし図 7 より明らかなように、実施例 1 のズームレンズ 1 では、収差が十分に補正されており、100 万 ~ 500 万画素またはそれ以上の画素数の受光素子に対応することが可能となっている。したがって、実施例 1 のようにズームレンズ 1 を構成することで、十分な小型化を達成しながら、非常に良好な像性能を確保し得ることは明らかである。

【 0 0 6 7 】

(実施例 2)

以下に、図 2 に示す実施例 2 に係るズームレンズ 1 の数値例を示す。下記表 4 に、各光学要素の光学特性を示す。また、下記表 5 に、位相係数を示す。

【 0 0 6 8 】

10

20

30

【表 4】

	R	D	N_d	ν_d	硝種名
1	127.571	2.50	1.74950	35.33	S-NBH51 (OHARA)
2*	53.637	14.81	1.58913	61.13	S-BAL35 (OHARA)
3	-539.381	0.50			
4	51.161	9.01	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
5	239.735	A			
6	184.214	1.50	1.90366	31.31	TAFD25 (HOYA)
7	14.711	7.14			
8	-33.851	1.20	1.48749	70.24	S-FSL5 (OHARA)
9	19.969	4.20	1.92286	20.88	E-FDS1 (HOYA)
10	87.525	B			
11	-26.101	1.20	1.78800	47.37	S-LAH64 (OHARA)
12	135.046	2.17	1.92286	18.90	S-NPH2 (OHARA)
13	-219.603	C			
14	∞	0.80	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
15	∞	0.50			
16	絞り	0.50			
17	805.616	3.94	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
18	-23.641	0.50			
19	57.388	3.33	1.43875	94.94	S-FPL53 (OHARA)
20	-71.184	0.50			
21	30.246	5.14	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
22	-27.036	1.20	1.85026	32.27	TAFD25 (HOYA)
23	-136.019	0.96			
24	-53.160	1.20	1.53110	56.00	ZEONEX E48R
25	∞	0.50			
26	17.000	3.90	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
27	158.627	8.83			
28	23.062	1.20	1.83400	37.16	S-LAH55V (OHARA)
29	9.500	1.74			
30	22.374	2.90	1.54814	45.78	S-TIL1 (OHARA)
31	-37.489	11.00			
32	∞	2.70	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
33	∞				

10

20

【 0 0 6 9 】

【表 5】

	$\lambda (\lambda d)$	C_2	C_4
2	587.6	-4.59280E-05	1.02111E-08

30

【 0 0 7 0 】

実施例 2 において、全系の焦点距離 f 、F ナンバ、半画角、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間の可変間隔 A、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間の可変間隔 B、および、第 3 レンズ群 G 3 と ND フィルタ F との間の可変間隔 C は、短焦点端（広角端：Wide）から長焦点端（望遠端：Tele）へのズームングに伴って変化する。下記表 6 に、実施例 2 での各々の変化量を示す。

【 0 0 7 1 】

【表 6】

	Wide	Mean	Tele
f	7.72	29.98	116.32
F ナンバ	1.80	1.80	1.91
ω	30.68	8.23	2.13
A	1.5029	38.4771	55.3991
B	54.3131	12.6568	3.4233
C	4.5010	9.1885	1.5000

40

50

【 0 0 7 2 】

条件式数値

(1) $n_d = 1.49700$

(2) $d = 81.54$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.036$

以上、正レンズ L 4 a 1 , L 4 a 3 , L 4 a 6 (S - F P L 5 1)

(1) $n_d = 1.43875$

(2) $d = 94.94$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.057$

以上、正レンズ L 4 a 2 (S - F P L 5 3)

(4) $f_{\text{pl a}} / f_4 = -5.08$

(5) $f_{\text{pl a}} / f_w = -12.97$

(6) $f_{1\text{doe}} / f_1 = 125.95$

(7) $D_{4a} / D_4 = 0.25$

(8) $f_1 / f_t = 0.74$

(9) $f_4 / f_t = 0.17$

【 0 0 7 3 】

図 8 ないし図 1 0 に、実施例 2 に係るズームレンズ 1 の短焦点端（広角端）、中間焦点距離、長焦点端（望遠端）における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差の各収差曲線図を示す。図 8 ないし図 1 0 より明らかなように、実施例 2 のズームレンズ 1 では、収差が十分に補正されており、1 0 0 万～5 0 0 万画素またはそれ以上の画素数の受光素子に対応することが可能となっている。したがって、実施例 2 のようにズームレンズ 1 を構成することで、十分な小型化を達成しながら、非常に良好な像性能を確保し得ることは明らかである。

【 0 0 7 4 】

(実施例 3)

以下に、図 3 に示す実施例 3 に係るズームレンズ 1 の数値例を示す。下記表 7 に、各光学要素の光学特性を示す。また、下記表 8 に、位相係数を示す。

【 0 0 7 5 】

10

20

【表 7】

	R	D	N_d	ν_d	硝種名
1	128.907	2.50	1.74950	35.33	S-NBH51 (OHARA)
2*	53.705	14.89	1.58913	61.13	S-BAL35 (OHARA)
3	-521.533	0.50			
4	50.504	9.01	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
5	221.808	A			
6	169.847	1.50	1.90366	31.31	TAFD25 (HOYA)
7	14.541	7.17			
8	-33.765	1.20	1.48749	70.24	S-FSL5 (OHARA)
9	19.949	4.19	1.92286	20.88	E-FDS1 (HOYA)
10	88.128	B			
11	-25.837	1.20	1.78800	47.37	S-LAH64 (OHARA)
12	131.908	2.21	1.92286	18.90	S-NPH2 (OHARA)
13	-192.018	C			
14	∞	0.80	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
15	∞	0.50			
16	絞り	0.50			
17	151.970	4.11	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
18	-24.793	0.50			
19	60.701	3.24	1.53775	74.70	S-FPM3 (OHARA)
20	-74.879	0.50			
21	30.032	5.01	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
22	-27.559	1.20	1.85026	32.27	S-LAH71 (OHARA)
23	1158.281	1.47			
24	-41.635	1.20	1.53110	56.00	ZEONEX E48R
25	-105.780	0.50			
26	17.000	3.87	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
27	292.249	8.02			
28	23.167	1.20	1.83400	37.16	S-LAH60 (OHARA)
29	9.529	1.80			
30	23.850	2.83	1.56732	42.82	S-TIL26 (OHARA)
31	-40.099	11.00			
32	∞	2.70	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
33	∞				

10

20

【 0 0 7 6 】

【表 8】

	λ (λd)	C_2	C_4
2	587.6	-4.55824E-05	9.96811E-09

30

【 0 0 7 7 】

実施例 3 において、全系の焦点距離 f 、F ナンバ、半画角、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間の可変間隔 A、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間の可変間隔 B、および、第 3 レンズ群 G 3 と ND フィルタ F との間の可変間隔 C は、短焦点端（広角端：Wide）から長焦点端（望遠端：Tele）へのズームングに伴って変化する。下記表 9 に、実施例 3 での各々の変化量を示す。

【 0 0 7 8 】

【表 9】

	Wide	Mean	Tele
f	7.72	29.98	116.32
F ナンバ	1.82	1.82	1.91
ω	30.73	8.26	2.14
A	1.5001	38.6495	55.6365
B	54.7758	12.7821	3.4378
C	4.2984	9.1426	1.5000

40

50

【 0 0 7 9 】

条件式数値

(1) $n_d = 1.49700$

(2) $d = 81.54$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.036$

以上、正レンズ L 4 a 1 , L 4 a 3 , L 4 a 6 (S - F P L 5 1)

(1) $n_d = 1.53775$

(2) $d = 74.70$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.026$

以上、正レンズ L 4 a 2 (S - F P M 3)

(4) $f_{-pl a} / f_4 = -6.65$

(5) $f_{-pl a} / f_w = -16.87$

(6) $f_{1d o e} / f_1 = 126.44$

(7) $D_{4 a} / D_4 = 0.23$

(8) $f_1 / f_t = 0.75$

(9) $f_4 / f_t = 0.17$

【 0 0 8 0 】

図 1 1 ないし図 1 3 に、実施例 3 に係るズームレンズ 1 の短焦点端（広角端）、中間焦点距離、長焦点端（望遠端）における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差の各収差曲線図を示す。図 1 1 ないし図 1 3 より明らかなように、実施例 3 のズームレンズ 1 では、収差が十分に補正されており、100万～500万画素またはそれ以上の画素数の受光素子に対応することが可能となっている。したがって、実施例 3 のようにズームレンズ 1 を構成することで、十分な小型化を達成しながら、非常に良好な像性能を確保し得ることは明らかである。

【 0 0 8 1 】

(実施例 4)

以下に、図 4 に示す実施例 4 に係るズームレンズ 1 の数値例を示す。下記表 1 0 に、各光学要素の光学特性を示す。また、下記表 1 1 に、位相係数を示す。

【 0 0 8 2 】

10

20

【表 1 0】

	R	D	N_d	ν_d	硝種名
1	129.344	2.50	1.74950	35.33	S-NBH51 (OHARA)
2*	53.903	14.95	1.58913	61.13	S-BAL35 (OHARA)
3	-537.022	0.50			
4	50.795	9.07	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
5	225.440	A			
6	172.832	1.50	1.90366	31.31	TAFD25 (HOYA)
7	14.708	7.22			
8	-33.151	1.20	1.48749	70.24	S-FSL5 (OHARA)
9	20.418	4.18	1.92286	20.88	E-FDS1 (HOYA)
10	93.725	B			
11	-26.025	1.20	1.78800	47.37	S-LAH64 (OHARA)
12	112.133	2.24	1.92286	18.90	S-NPH2 (OHARA)
13	-207.451	C			
14	絞り	0.50			
15	∞	0.80	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
16	∞	0.50			
17	136.311	4.12	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
18	-25.027	0.50			
19	56.896	3.21	1.59522	67.73	S-FPM2 (OHARA)
20	-84.740	0.50			
21	28.204	4.98	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
22	-28.891	1.20	1.85026	32.27	S-LAH71 (OHARA)
23	152.445	1.89			
24	-33.304	1.20	1.53110	56.00	ZEONEX E48R
25	-55.420	0.50			
26	17.000	3.83	1.49700	81.54	S-FPL51 (OHARA)
27	509.107	7.19			
28	19.400	1.20	1.85026	32.27	S-LAH60 (OHARA)
29	9.256	2.04			
30	30.651	2.64	1.59270	35.31	S-TIL26 (OHARA)
31	-43.477	11.00			
32	∞	2.70	1.51633	64.14	S-BSL7 (OHARA)
33	∞				

10

20

【 0 0 8 3】

【表 1 1】

	λ (λd)	C_2	C_4
2	587.6	-4.55824E-05	9.96811E-09

30

【 0 0 8 4】

実施例 4 において、全系の焦点距離 f 、F ナンバ、半画角、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間の可変間隔 A、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間の可変間隔 B、および、第 3 レンズ群 G 3 と絞り S との間の可変間隔 C は、短焦点端（広角端：Wide）から長焦点端（望遠端：Tele）へのズームングに伴って変化する。下記表 1 2 に、実施例 4 での各々の変化量を示す。

【 0 0 8 5】

【表 1 2】

	Wide	Mean	Tele
f	7.72	29.99	116.34
F ナンバ	1.80	1.80	1.91
ω	30.77	8.27	2.13
A	1.5000	38.8605	55.9480
B	54.9944	12.8013	3.4087
C	4.3623	9.1949	1.5000

40

50

【 0 0 8 6 】

条件式数値

(1) $n_d = 1.49700$

(2) $d = 81.54$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.036$

以上、正レンズ L 4 a 1 , L 4 a 3 , L 4 a 6 (S - F P L 5 1)

(1) $n_d = 1.58522$

(2) $d = 67.73$

(3) $P_{g,F} - (- 0 . 0 0 1 8 0 2 \cdot d + 0 . 6 4 8 3) = 0.018$

以上、正レンズ L 4 a 2 (S - F P M 2)

(4) $f_{-pl a} / f_4 = -8.27$

(5) $f_{-pl a} / f_w = -20.76$

(6) $f_{1d o e} / f_1 = 125.74$

(7) $D_{4 a} / D_4 = 0.21$

(8) $f_1 / f_t = 0.75$

(9) $f_4 / f_t = 0.17$

【 0 0 8 7 】

図 1 4 ないし図 1 6 に、実施例 4 に係るズームレンズ 1 の短焦点端（広角端）、中間焦点距離、長焦点端（望遠端）における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差の各収差曲線図を示す。図 1 4 ないし図 1 6 より明らかなように、実施例 4 のズームレンズ 1 では、収差が十分に補正されており、1 0 0 万 ~ 5 0 0 万画素またはそれ以上の画素数の受光素子に対応することが可能となっている。したがって、実施例 4 のようにズームレンズ 1 を構成することで、十分な小型化を達成しながら、非常に良好な像性能を確保し得ることは明らかである。

【 0 0 8 8 】

また、上記実施例 1 ないし実施例 4 のズームレンズ 1 の温度変化によるデフォーカス変化を検証した。具体的には、温度変化による空気間隔の変化を、アルミの線膨張係数で計算した。そして、ガラスや樹脂の線膨張係数や屈折率変化を考慮し、2 0 から 7 0 までの温度変化によるズームレンズ 1 のデフォーカス変化を計算した。その計算結果を以下に示す。この計算結果より、実施例 1 ないし実施例 4 のズームレンズ 1 は、温度変化によるデフォーカス変化が十分に小さい事が分かる。

【 0 0 8 9 】

実施例 1

短焦点端のデフォーカス : +0.013mm

長焦点端のデフォーカス : +0.001mm

実施例 2

短焦点端のデフォーカス : -0.023mm

長焦点端のデフォーカス : -0.036mm

実施例 3

短焦点端のデフォーカス : +0.003mm

長焦点端のデフォーカス : -0.010mm

実施例 4

短焦点端のデフォーカス : +0.023mm

長焦点端のデフォーカス : +0.011mm

【 0 0 9 0 】

(実施例 5)

次に、実施例 5 として、上述した本発明に係る実施例 1 ないし実施例 4 等のズームレンズ 1 を撮影用光学系または動画撮影用光学系として採用して構成したカメラ（撮像装置）について、図 1 7 および図 1 8 を参照して説明する。実施例 5 では、図 1 7 および図 1 8 を用いてカメラとしてのデジタルカメラについて説明する。しかし、本願がデジタルカメ

10

20

30

40

50

ラに限定されることはなく、動画撮影を主としたビデオカメラおよび在来の、いわゆる銀塩フィルムを用いるフィルムカメラ等を含む主として撮像専用の撮像装置にも、実施例 1 ないし実施例 4 のようなズームレンズ 1 を撮像用光学系として用いることができる。

【0091】

また、このような撮像装置だけでなく、携帯電話機や、PDA (personal data assistant) などと称される携帯情報端末装置、さらにはこれらの機能を含む、いわゆるスマートフォンやタブレット端末などの携帯端末装置を含む種々の情報装置に、デジタルカメラ等に相当する撮像機能が組み込まれることが多い。このような情報装置も、外観は若干異なるもののデジタルカメラ等と実質的に全く同様の機能・構成を含んでおり、このような情報装置に、上述した実施例 1 ないし実施例 4 のズームレンズ 1 を撮像用光学系として用いることができる。

10

【0092】

図 17 (a) または図 17 (b) に示すように、デジタルカメラ 100 は、筐体 (カメラボディ) 105 に、撮影レンズ (撮像レンズ) 101、光学ファインダ 102、ストロボ (電子フラッシュライト) 103、シャッターボタン 104、電源スイッチ 106、液晶モニタ 107、操作ボタン 108、メモリカードスロット 109 およびズームスイッチ 110 等を装備している。さらに、図 18 に示すように、デジタルカメラ 100 は、筐体 105 内に、中央演算装置 (CPU) 111、画像処理装置 112、受光素子 113、信号処理装置 114、半導体メモリ 115 および通信カード等 116 を具備している。

【0093】

デジタルカメラ 100 は、撮影用光学系としての撮影レンズ 101 と、CMOS (相補型金属酸化物半導体) 撮像素子または CCD (電荷結合素子) 撮像素子等を用いてイメージセンサとして構成された受光素子 113 とを有しており、撮影レンズ 101 によって結像される被写体光学像を受光素子 113 によって読み取る。この撮影レンズ 101 として、上述した実施例 1 ないし実施例 4 のズームレンズ 1 を用いる。

20

【0094】

受光素子 113 の出力は、中央演算装置 111 によって制御される信号処理装置 114 によって処理され、デジタル画像情報に変換される。信号処理装置 114 によってデジタル化された画像情報は、やはり中央演算装置 111 によって制御される画像処理装置 112 において所定の画像処理が施された後、不揮発性メモリ等の半導体メモリ 115 に記録される。この場合、半導体メモリ 115 は、メモリカードスロット 109 に装填されたメモリカードでもよく、デジタルカメラ本体にオンボードで内蔵された半導体メモリでもよい。液晶モニタ 107 には、撮影中の画像を表示することもできるし、半導体メモリ 115 に記録されている画像を表示することもできる。また、半導体メモリ 115 に記録した画像は、通信カードスロット (明確には図示していないが、メモリカードスロット 109 と兼用してもよい) に装填した通信カード等 116 を介して外部へ送信することも可能である。

30

【0095】

撮影レンズ 101 は、カメラの携帯時には、その対物面がレンズバリア (明確には図示していない) により覆われており、ユーザが電源スイッチ 106 を操作して電源を投入すると、レンズバリアが開き、対物面が露出する構成とする。このとき、撮影レンズ 101 の鏡胴の内部では、ズームレンズ 1 を構成する各群の光学系が、例えば短焦点端 (広角端) の配置となっており、ズームスイッチ 110 を操作することによって、各群光学系の配置が変更されて、中間焦点距離を経て長焦点端 (望遠端) への変倍動作を行うことができる。

40

【0096】

なお、光学ファインダ 102 の光学系も撮影レンズ 101 の画角の変化に連動して変倍するようにすることが望ましい。多くの場合、シャッターボタン 104 の半押し操作により、フォーカシングがなされる。本発明に係る実施例 1 ないし実施例 4 のズームレンズ 1 におけるフォーカシングは、ズームレンズ 1 を構成する複数群の光学系の一部の群の移動に

50

よって行うことができる。シャッターボタン104を更に押し込み全押し状態とすると撮影が行なわれ、その後上述した通りの処理がなされる。

【0097】

半導体メモリ115に記録した画像を液晶モニタ107に表示させたり、通信カード等116を介して外部へ送信させたりする際には、操作ボタン108を所定のごとく操作する。半導体メモリ115および通信カード等116は、メモリカードスロット109および通信カードスロット等のような、それぞれ専用または汎用のスロットに装填して使用される。

【0098】

なお、撮影レンズ101が沈胴状態にあるときには、結像レンズの各群は必ずしも光軸上に並んでいなくても良い。例えば、沈胴時に第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の少なくとも一方が光軸上から退避して、その他のレンズ群と並列的に収納されるような機構とすれば、デジタルカメラのさらなる薄型化を実現することができる。

10

【0099】

上述したデジタルカメラ(カメラ)のような撮像装置または同様の撮像機能を有する情報装置には、既に述べた通り、本願の実施形態に係る実施例1ないし実施例4のようなズームレンズ1を用いて構成した撮影レンズ101を撮影用光学系として使用することができる。したがって、16倍程度の変倍比で短焦点端の半画角が30度程度でありながら短焦点端のFナンバーが2.0以下、長焦点端のFナンバーが2.0程度であり、構成枚数が16程度で比較的安価であり、近赤外の波長域においても収差が十分に補正され、100万

20

【0100】

以上、本願のズームレンズおよび撮像装置を各実施例に基づき説明してきたが、上記各実施例は本発明の例示にしか過ぎないものであり、本発明は上記各実施例の構成にのみ限定されるものではない。本願の要旨を逸脱しない限り、設計の変更や追加等は許容される。また、前記構成部材の数、位置、形状等は各実施例に限定されることはなく、本願を実施する上で好適な数、位置、形状等にすることができる。

30

【符号の説明】

【0101】

1 ズームレンズ 101 撮影レンズ(撮影用光学系、動画撮影用光学系)
 100 デジタルカメラ(撮像装置)
 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 G4a 第4aレンズ群 G4b 第4bレンズ群
 L4a1, L4a2, L4a3, L4a6 正レンズ
 L4a4 負レンズ L4a5 樹脂レンズからなる負フレズ
 L4b1 負レンズ L4b2 正レンズ I 像面

【先行技術文献】

40

【特許文献】

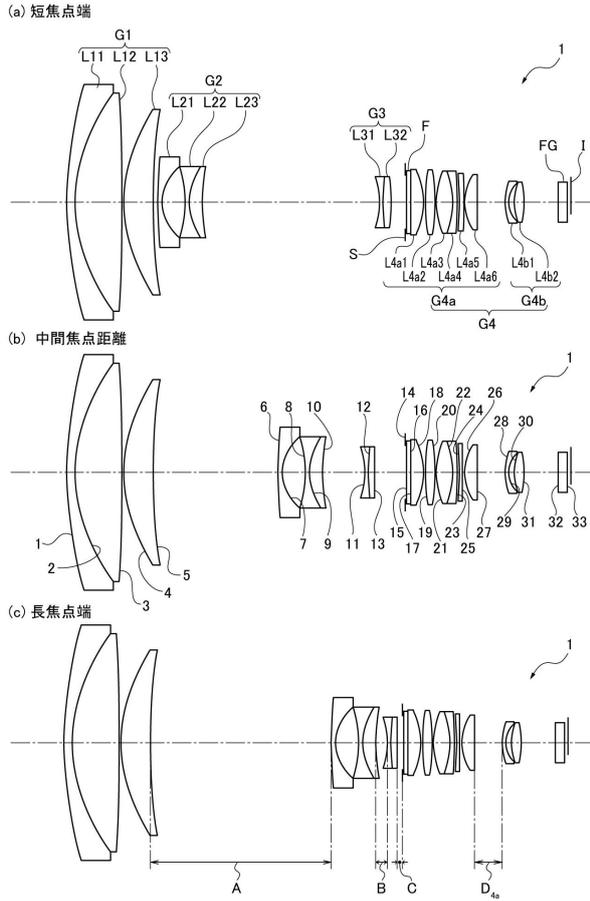
【0102】

【特許文献1】特開昭60-126618号公報

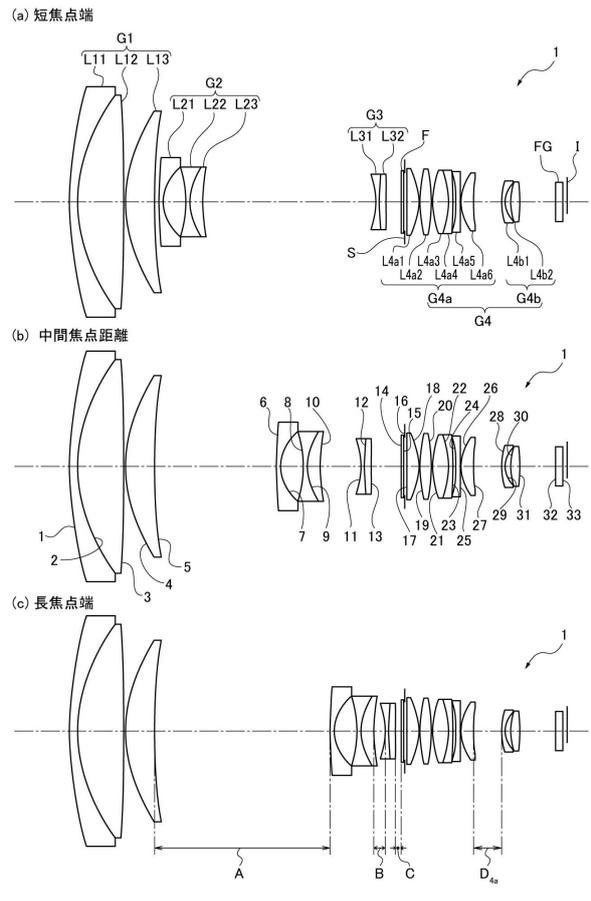
【特許文献2】特開昭61-204610号公報

【特許文献3】特開平4-88310号公報

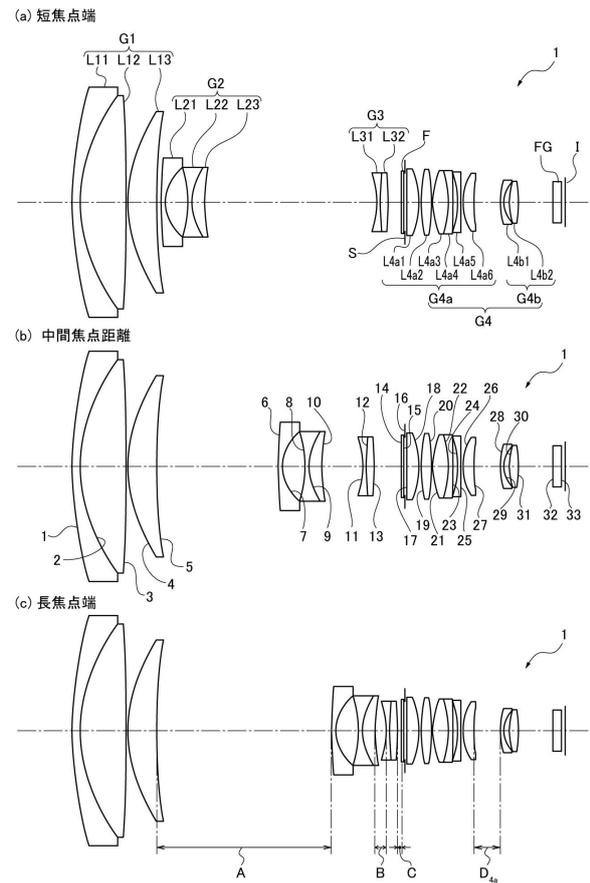
【図1】



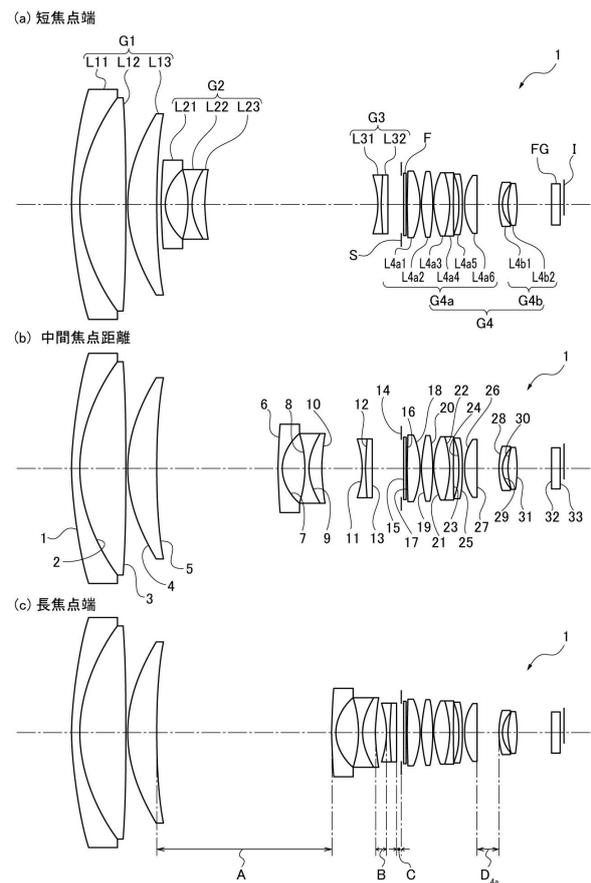
【図2】



【図3】

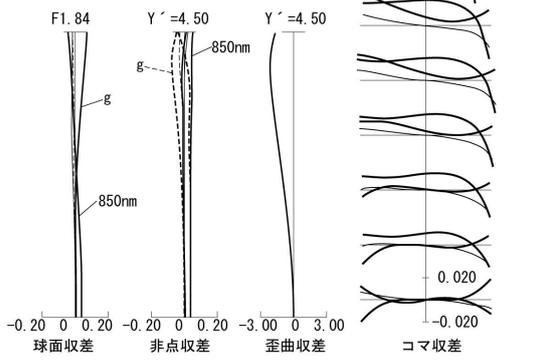


【図4】



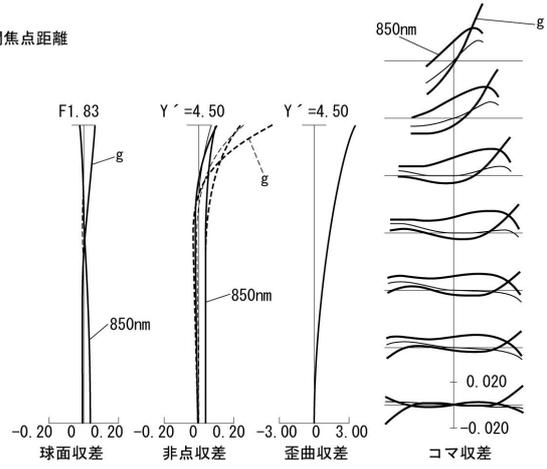
【図5】

短焦点端



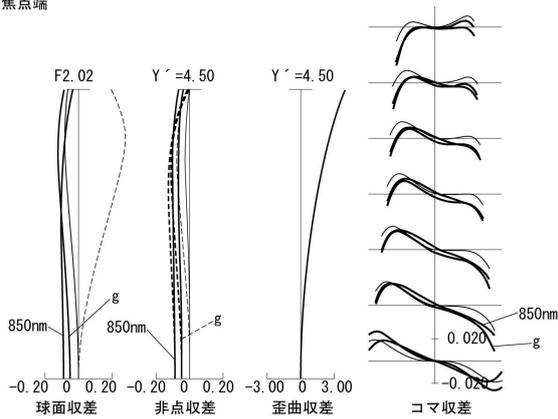
【図6】

中間焦点距離



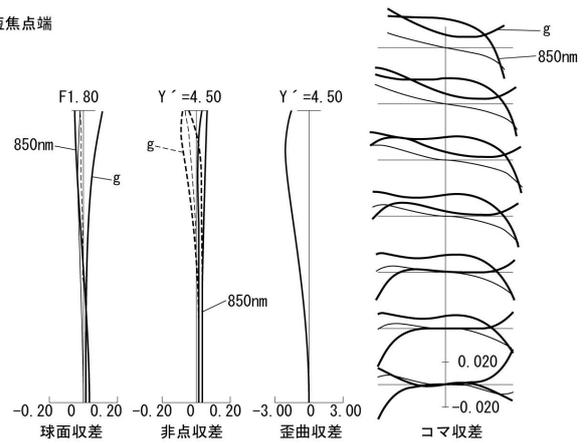
【図7】

長焦点端



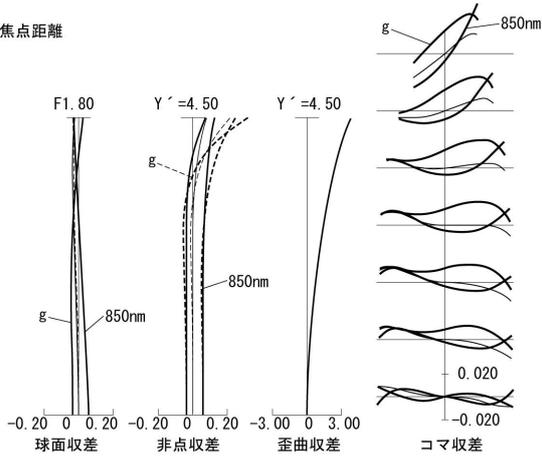
【図8】

短焦点端



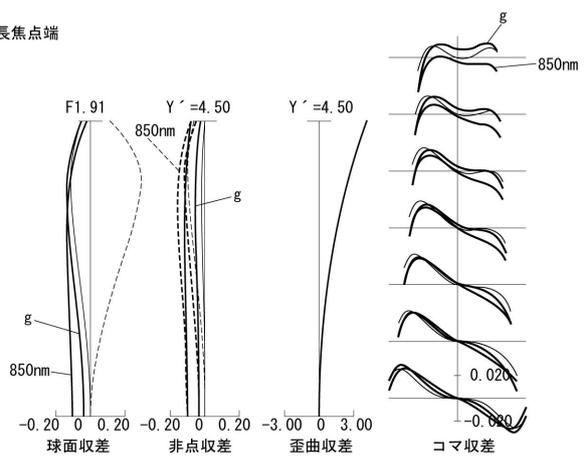
【図9】

中間焦点距離



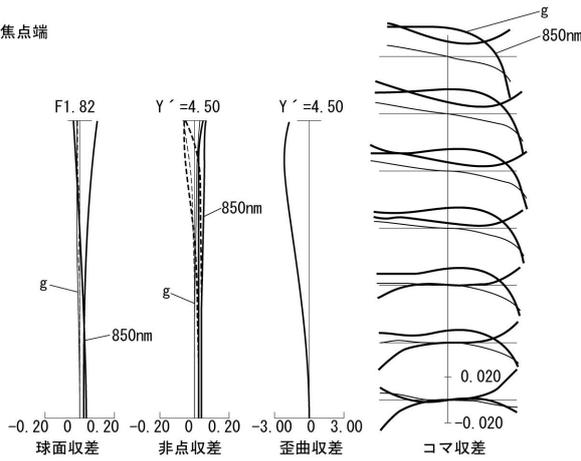
【図10】

長焦点端



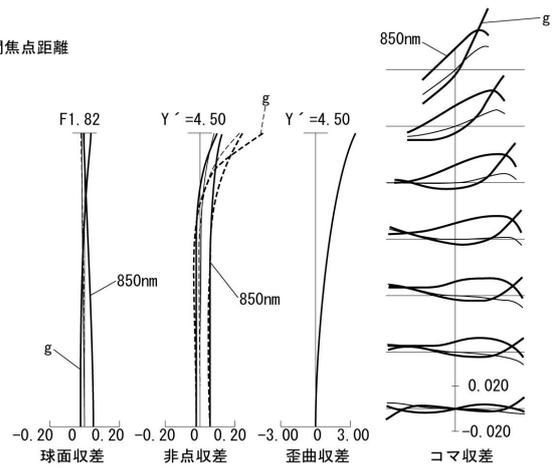
【図11】

短焦点端



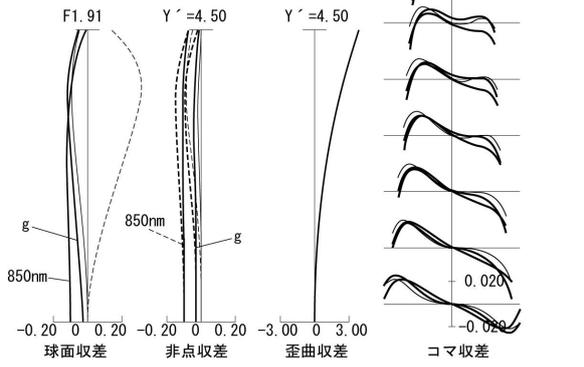
【図12】

中間焦点距離



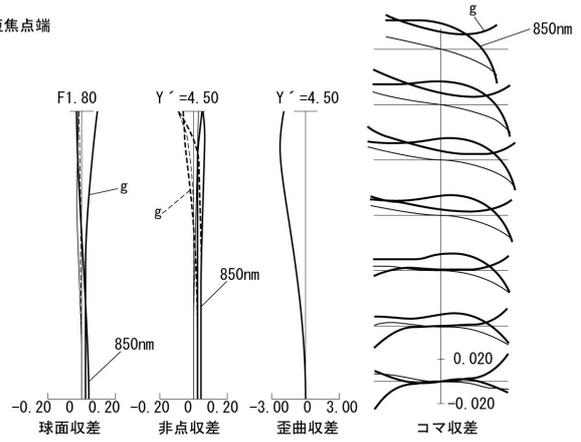
【図13】

長焦点端



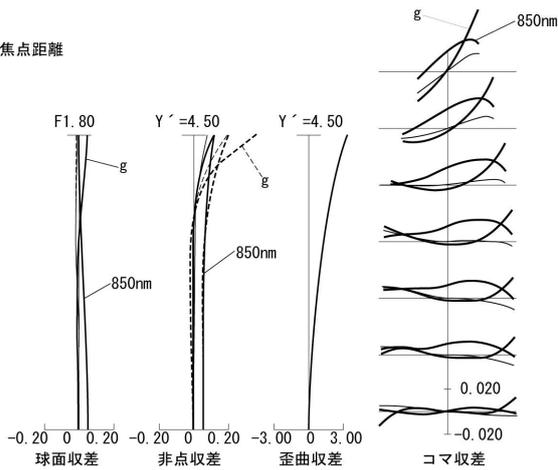
【図14】

短焦点端



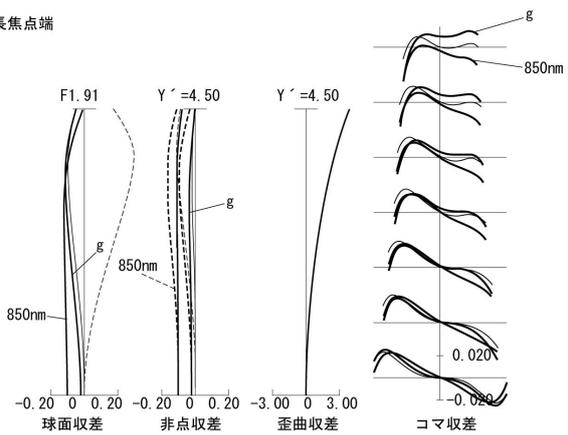
【図15】

中間焦点距離

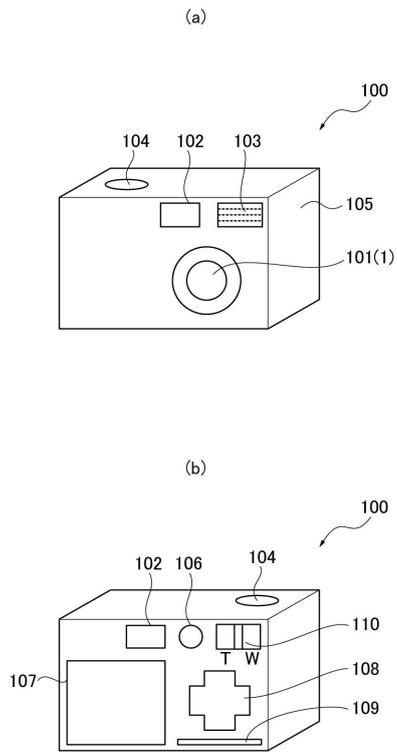


【図16】

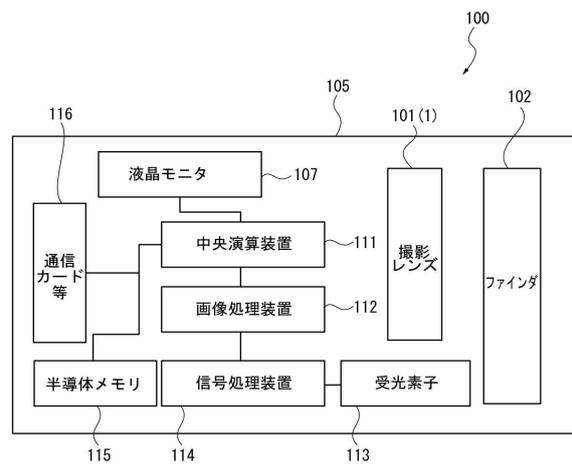
長焦点端



【図17】



【図18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-141600(JP,A)
特開2011-248057(JP,A)
特開平07-199067(JP,A)
特開平02-126213(JP,A)
特開平10-054937(JP,A)
米国特許第7885014(US,B2)
米国特許出願公開第2013/0003189(US,A1)

(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