

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6433194号
(P6433194)

(45) 発行日 平成30年12月5日(2018.12.5)

(24) 登録日 平成30年11月16日(2018.11.16)

(51) Int.Cl.		F I	
G02B 15/20	(2006.01)	G02B 15/20	
G03B 5/00	(2006.01)	G03B 5/00	J
G02B 13/18	(2006.01)	G02B 13/18	

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2014-168329 (P2014-168329)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成26年8月21日(2014.8.21)	(74) 代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(65) 公開番号	特開2016-45297 (P2016-45297A)	(72) 発明者	宮沢 伸幸 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(43) 公開日	平成28年4月4日(2016.4.4)	審査官	岡田 弘
審査請求日	平成29年8月8日(2017.8.8)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群からなり、

ズームングに際して、前記第1レンズ群は不動で、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、正レンズと負レンズを有する正の屈折力の第3a群、正レンズと負レンズからなる第3b群からなり、

像ぶれ補正に際して前記第3b群は光軸に垂直な方向の成分を持つ方向に移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第3b群の焦点距離を f_{3b} 、前記第3レンズ群の正レンズの中で最も物体側に位置する正レンズの焦点距離を f_{3fp} とするとき、

$$-3.9 < f_3 / f_2 < -2.2$$

$$0.9 < f_{3b} / f_3 < 1.6$$

$$1.5 < f_{3b} / f_{3fp} < 2.9$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

全系のズーム比を z 、広角端から望遠端までのズームングに際しての前記第2レンズ群の移動量を m_2 、広角端から望遠端までのズームングに際しての前記第3レンズ群の移動量を m_3 とするとき（移動量の符号は広角端に比べて望遠端において像側に位置する場合

を正の符号とする)、

$$-5.1 < z \times m_3 / m_2 < -1.8$$

なる条件式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3レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離をD3、前記第4レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離をD4とすると、

$$3.0 < D_3 / D_4 < 14.0$$

なる条件式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2レンズ群と前記第3レンズ群の間に開口絞りが配置されており、ズーミングに際して前記開口絞りは不動であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

10

【請求項5】

前記第3a群の焦点距離をf3aとすると、

$$0.7 < f_{3b} / f_{3a} < 1.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記第3b群を構成する全てのレンズの材料の比重は、4.5よりも小さいことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のズームレンズ。

20

【請求項7】

前記第3a群に含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値を3apav、前記第3a群に含まれる負レンズの材料のアッペ数の平均値を3anavとすると、

$$1.3 < 3apav / 3anav < 4.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記第3b群の正レンズの材料のアッペ数を3bp、前記第3b群の負レンズの材料のアッペ数を3bnとすると、

$$1.3 < 3bp / 3bn < 4.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載のズームレンズ。

30

【請求項9】

広角端における全系の焦点距離をfw、広角端における入射瞳位置をT1w、中間のズーム位置における全系の焦点距離をfm、中間のズーム位置における入射瞳位置をT1mとすると、

$$0.7 < (T1m / fm) / (T1w / fw) < 1.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項10】

40

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群からなり、

ズーミングに際して、前記第1レンズ群は不動で、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、正レンズと負レンズを有する正の屈折力の第3a群、正レンズと負レンズからなる第3b群からなり、

像ぶれ補正に際して前記第3b群は光軸に垂直な方向の成分を持つ方向に移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離をf2、前記第3レンズ群の焦点距離をf3、前記第3a群の焦点距離をf3a、前記第3b群の焦点距離をf3bとすると、

$$-3.9 < f_3 / f_2 < -2.2$$

50

$$\frac{0.9 < f_{3b} / f_3 < 1.6}{0.7 < f_{3b} / f_{3a} < 1.1}$$

$$\frac{0.7 < f_{3b} / f_{3a} < 1.1}{1.3 < 3_{apav} / 3_{anav} < 4.0}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項11】

前記第3a群に含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値を 3_{apav} 、前記第3a群に含まれる負レンズの材料のアッペ数の平均値を 3_{anav} とするとき、

$$1.3 < 3_{apav} / 3_{anav} < 4.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項10に記載のズームレンズ。

【請求項12】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群からなり、

ズームングに際して、前記第1レンズ群は不動で、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、正レンズと負レンズを有する正の屈折力の第3a群、正レンズと負レンズからなる第3b群からなり、

像ぶれ補正に際して前記第3b群は光軸に垂直な方向の成分を持つ方向に移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第3b群の焦点距離を f_{3b} 、前記第3a群に含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値を

3_{apav} 、前記第3a群に含まれる負レンズの材料のアッペ数の平均値を 3_{anav} とするとき、

$$-3.9 < f_3 / f_2 < -2.2$$

$$\frac{0.9 < f_{3b} / f_3 < 1.6}{1.3 < 3_{apav} / 3_{anav} < 4.0}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項13】

請求項1乃至12のいずれか1項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項14】

前記撮像素子の使用範囲の対角長を $2Y$ とするとき、

$$2.1 < f_{3b} / 2Y < 7.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項13に記載の撮像装置。

【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有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラ、銀塩写真用カメラ、デジタルカメラ、TVカメラ、監視用カメラ等の撮像装置の撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置に用いるズームレンズは、高ズーム比かつ高解像度であり、全系がコンパクトであることが要望されている。更に、被写体を撮影するときにズームレンズに振動が加えられると、像ぶれ（撮像画像のぶれ）が生じるため、ズームレンズには、像ぶれを防止する防振機能を有していることが要望されている。従来、物体側から像側へ順に正、負、正、正の屈折力の第1、第2、第3、第4レンズ群より成る4群構成のズームレンズが知られている（特許文献1乃至3）。

【0003】

特許文献1では第2レンズ群及び第3レンズ群を移動させて変倍を行ない、第4レンズ群で変倍に伴う像面移動を補正する4群ズームレンズを開示している。特許文献2では第2レンズ群を移動させて変倍を行ない、第4レンズ群で変倍に伴う像面移動を補正し、第3レンズ群全体を光軸に垂直に移動させる事で像振れを補正する4群ズームレンズを開示

10

20

30

40

50

している。特許文献3ではズームングに際して第2、第4レンズ群が移動し、第3レンズ群の一部のレンズ部が光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動して像ぶれを補正した4群ズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-031756号公報

【特許文献2】特開平11-311742号公報

【特許文献3】特開2003-322795号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

防振機能を有するズームレンズにおいて、防振レンズ群が大型で高重量であると、防振レンズ群を動作させるのに大きな駆動力を持つ駆動源を採用しなければならない。この結果、駆動源を含めた光学系ユニット全体が大型化し、全系の重量が増加してくる。また、防振レンズ群の重量が増加すると、防振動作の応答性が低下し、迅速なる制御が困難となる。

【0006】

防振のために、ズームレンズの一部のレンズ群を、光軸に対して垂直方向に平行偏心させる方法は、防振レンズ群が小型軽量となり、高速な防振が容易である。しかしながら防振の際に偏心収差が多く発生し、光学性能が大きく低下してくる傾向がある。この為、防振機構を有するズームレンズは、防振用のレンズ群が小型軽量であること、そして像ぶれの補正時（防振時）に光学的な性能劣化が少ないこと等が重要となっている。

20

【0007】

本発明は、防振用のレンズ群が小型軽量で、かつ像ぶれ補正に際して良好な画像を維持することができる防振機能を有したズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としてのズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群からなり、ズームングに際して、前記第1レンズ群は不動で、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、正レンズと負レンズを有する正の屈折力の第3a群、正レンズと負レンズからなる第3b群からなり、像ぶれ補正に際して前記第3b群は光軸に垂直な方向の成分を持つ方向に移動する構成を有する。

30

そして、上記構成において、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第3b群の焦点距離を f_{3b} 、前記第3レンズ群の正レンズの中で最も物体側に位置する正レンズの焦点距離を f_{3fp} とするとき、

$$-3.9 < f_{3fp} / f_2 < -2.2$$

$$0.9 < f_{3b} / f_3 < 1.6$$

$$1.5 < f_{3b} / f_{3fp} < 2.9$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

40

また、本発明の他の側面としてのズームレンズは、上記構成において、前記第3a群の焦点距離を f_{3a} とするとき、

$$-3.9 < f_{3fp} / f_2 < -2.2$$

$$0.9 < f_{3b} / f_3 < 1.6$$

$$0.7 < f_{3b} / f_{3a} < 1.1$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

さらに、本発明の他の側面としてのズームレンズは、上記構成において、前記第3a群

50

に含まれる正レンズの材料のアッベ数の平均値を $3apav$ 、前記第3a群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の平均値を $3anav$ とするとき、

$$-3.9 < f3 / f2 < -2.2$$

$$0.9 < f3b / f3 < 1.6$$

$$1.3 < 3apav / 3anav < 4.0$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、防振用のレンズ群が小型軽量で、かつ像ぶれ補正に際して良好な画像を維持することができる防振機能を有したズームレンズが得られる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの諸収差図

【図3】実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図4】実施例2のズームレンズの諸収差図

【図5】実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図6】実施例3のズームレンズの諸収差図

【図7】実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図8】実施例4のズームレンズの諸収差図

20

【図9】実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図10】実施例5のズームレンズの諸収差図

【図11】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を用いて本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有する。そしてズーミングに際して、第2レンズ群と第3レンズ群と第4レンズ群が互いに異なった軌跡で光軸上を移動する。第3レンズ群は、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第3a群と、像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動する第3b群（防振レンズ群）から成っている。

30

【0012】

図1は実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図、図2（A）、（B）、（C）は実施例1のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。図3は実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図4（A）、（B）、（C）は実施例2のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0013】

40

図5は実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図6（A）、（B）、（C）は実施例3のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図7は実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図8（A）、（B）、（C）は実施例4のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0014】

図9は実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図10（A）、（B）、（C）は実施例5のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図11は本発明のズームレンズを備える

50

ビデオカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

【0015】

レンズ断面図において、L1は正の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群である。第3レンズ群L3は正の屈折力の第3a群L3aと像ぶれ補正のため（画像の変位を調整するため）（防振のため）に光軸と垂直方向の成分を持つ方向に移動する正の屈折力の第3b群L3bを有している。なお、防振のための移動としては光軸上のある点を回転中心とした揺動（回転移動）でも良い。

【0016】

光軸と垂直方向の成分を持つ方向に防振用の第3b群L3bを移動させれば、像の面内での移動が可能となる。Pは光学フィルター、フェースプレート等に相当する光学ブロックであり、後述する数値実施例では、屈折力のない1つの群として示している。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。SPは開口絞りであり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間に設けている。

10

【0017】

開口絞りSPは後述する数値実施例では1つの群として示している。球面収差図においてdはd線、gはg線である。非点収差図においてMはメリディオナル像面、Sはサジタル像面である。倍率色収差はg線によって表している。FnoはFナンバー、 ω は半画角（度）である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端のズーム位置とは変倍用のレンズ群（各実施例では第2レンズ群L2）が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

20

【0018】

本発明のズームレンズでは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4より構成されている。これにより全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を確保している。第1レンズ群L1が偏芯すると、望遠端において像面湾曲の非対称性が多く発生してくる。その為、ズーミングに際して第1レンズ群L1は不動としている。

【0019】

各実施例では、広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して、第2レンズ群L2は像側へ移動する。第3レンズ群L3は物体側に非直線的に移動する。第2レンズ群L2及び第3レンズ群L3を移動させて変倍を行っている。このとき、第3レンズ群L3を広角端に比べて中間のズーム位置で物体側へ位置するように移動させて中間のズーム位置において入射瞳位置を短くしている。これにより前玉有効径の小型化を図っている。第4レンズ群L4は変倍に伴う像面位置の変動を補正するように移動している。

30

【0020】

第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行うリアフォーカス方式を採用している。第4レンズ群L4の実線の曲線4aと点線の曲線4bは、各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。

40

【0021】

各実施例において、例えば望遠端のズーム位置において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0022】

本実施例においてレンズ群とはズーミングに伴うレンズ間隔の変化によって分けられるものであり、各レンズ群は1つ以上のレンズを含んでいれば良い。第3レンズ群L3は2つ以上の正レンズと2つ以上の負レンズを有している。第3レンズ群L3は正の屈折力の第3a群L3aと第3b群L3bよりなっている。第3b群L3bは正レンズと負レンズ

50

よりなっている。

【0023】

像ぶれ補正に際して第3b群L3bは光軸に対して直行方向の成分を持つ様に移動する。これによって防振を行っている。第3a群L3aで発生した色収差を第3b群L3bで補正すると、像振れ補正時に偏芯による倍率色収差や色のコマ収差が多く発生してくる。そこで、第3a群L3aと第3b群L3bで、それぞれ色収差を補正するように第3a群L3aと第3b群L3bそれぞれに、正レンズと負レンズを配している。また、第3レンズ群L3のレンズのうち、物体側のレンズ程、高ズーム比化と大口径比化を図ると有効径が大きくなり易い。

【0024】

像振れ補正用のレンズ群は小さく、軽い程、鏡筒やアクチュエーターの小型化が容易となる。この為、第3b群L3bを正レンズと負レンズを有するようにしている。これにより色収差を補正しつつ小型化を図っている。そして第3b群L3bが第3レンズ群L3の最も像側に位置するようにして第3b群L3bで像振れ補正を行っている。

【0025】

各実施例において、第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 、第3レンズ群L3の焦点距離を f_3 、第3b群L3bの焦点距離を f_{3b} とする。このとき、

$$-3.9 < f_3 / f_2 < -2.2 \quad \dots (1)$$

$$0.9 < f_{3b} / f_3 < 1.6 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足する。

【0026】

条件式(1)は第2レンズ群L2の焦点距離と第3レンズ群L3の焦点距離の比を規定した式である。条件式(1)の下限値を超えると、第3レンズ群L3の移動による変倍作用が小さくなる為に中間のズーム位置において入射瞳が長くなり、前玉有効径が大きくなってしまふ。逆に上限値を超えると、第3レンズ群L3の正の屈折力が強くなってしまい、特に広角端において光束径が太い状態で入射する第3a群L3aより高次の収差が増大し、例えばコマ収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0027】

条件式(2)は第3b群L3bと第3レンズ群L3の焦点距離の比を規定した式である。条件式(2)の上限値を超えると、第3b群L3bで像ぶれ補正するとき、光軸に対して垂直方向の成分を持つように動かす量が増えてしまい、鏡筒やアクチュエーターが大型化してくる。

【0028】

条件式(2)の下限値を超えて $0.0 < f_{3b} / f_3 < 0.9$ となり、第3b群L3bの焦点距離 f_{3b} が短くなると、第3b群L3bの正の屈折力が強くなり過ぎて、像ぶれ補正に際して像面湾曲の変動が多く発生するため、好ましくない。また、条件式(2)の下限値を超えて $f_{3b} / f_3 < 0.0$ となり、第3b群L3bが負の屈折力を有するようになると、第3レンズ群L3における正の屈折力を保持するために、第3a群L3aの屈折力を強める必要が生じる。結果として、第3a群L3aで発生する広角端における高次収差、特に、色のコマ収差が多く発生するため好ましくない。

【0029】

以上のように本発明によれば、広画角で明るく全系が小型で、像振れ補正用のレンズ群が小さいズームレンズ及びそれを有する撮像装置が得られる。

【0030】

各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。全系のズーム比を z 、広角端から望遠端までのズーミングに際しての第2レンズ群L2の移動量を m_2 とする。広角端から望遠端までのズーミングに際しての第3レンズ群L3の移動量を m_3 とする。但し、移動量の符号は広角端に比べて望遠端において像側に位置する場合を正の符号とする。

【0031】

10

20

30

40

50

第3レンズ群L3の正レンズの中で最も物体側に位置する正レンズの焦点距離を f_{3f} とする。第3レンズ群L3の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離を D_3 、第4レンズ群L4の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離を D_4 とする。第3a群L3aの焦点距離を f_{3a} とする。第3b群L3bを構成する各レンズの材料の比重を s_{3b} とする。第3a群に含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値を $3apav$ とする。第3a群に含まれる負レンズの材料のアッペ数の平均値を $3anav$ とする。

【0032】

第3b群の正レンズの材料のアッペ数を $3bp$ 、第3b群の負レンズの材料のアッペ数を $3bn$ とする。広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端における入射瞳位置（第1レンズ面からの距離）を T_{1w} とする。中間のズーム位置における全系の焦点距離を f_m 、中間のズーム位置における入射瞳位置を T_{1m} とする。ここで中間のズーム位置は、第2レンズ群L2の移動量が $m_2 \times 0.55$ から $m_2 \times 0.8$ の間の任意の位置である。また各実施例のズームレンズを撮像素子を有する撮像装置を用いたとき、撮像素子の使用範囲の対角長を $2Y$ とする。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0033】

$$\begin{aligned} -5.1 < z \times m_3 / m_2 < -1.8 & \dots (3) \\ 1.5 < f_{3b} / f_{3fp} < 2.9 & \dots (4) \\ 3.0 < D_3 / D_4 < 14.0 & \dots (5) \\ 0.7 < f_{3b} / f_{3a} < 1.1 & \dots (6) \\ s_{3b} < 4.5 & \dots (7) \\ 1.3 < 3apav / 3anav < 4.0 & \dots (8) \\ 1.3 < 3bp / 3bn < 4.0 & \dots (9) \\ 0.7 < (T_{1m} / f_m) / (T_{1w} / f_w) < 1.2 & \dots (10) \\ 2.1 < f_{3b} / 2Y < 7.5 & \dots (11) \end{aligned}$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0034】

条件式(3)は第2レンズ群L2の広角端から望遠端までのズームングに際しての移動量と第3レンズ群L3の広角端から望遠端までのズームングに際しての移動量の比を規定した式である。条件式(3)の上限値を超えると、ズームングに際して第3レンズ群L3の移動によって動く入射瞳の移動量が小さくなり、前玉有効径を小型にしつつ、広画角化を図るのが困難となる。逆に下限値を超えると、ズームングにおける第3レンズ群L3の移動量が増加し、第3レンズ群L3の変倍負担が大きくなる。

【0035】

しかしながら、第3レンズ群L3は第2レンズ群L2に比べて、変倍への寄与が小さい為、移動量が増えた割には高ズーム比化が難しく、逆に全系が大型化してしまう。

【0036】

条件式(4)は第3レンズ群L3の中で最も物体側に配置された正レンズG31の焦点距離と第3b群L3bの焦点距離の比を規定した式である。条件式(4)の上限値を超えて、正レンズG31の正の屈折力が強くなると、広角端において球面収差とコマ収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。逆に下限値を超えて、正レンズG31の正の屈折力が弱くなると、第3b群L3bを通過する光束径が大きくなり、像振れ補正用の第3b群L3bが大型化すると共に鏡筒やアクチュエーターが大型化してくる。

【0037】

条件式(5)は第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離（レンズ群厚）と第4レンズ群L4の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離（レンズ群厚）の比を規定した式である。条件式(5)の上限値を超えて、第3レンズ群L3のレンズ群厚が厚くなると、レンズ全長が長くなる。逆に下限値を超えて、第4レンズ群L4のレンズ群厚が厚くなるとレンズ全長が長くなる、もしくは、第3レンズ群L3を2つ以上の正レンズと2つ以上の負レンズを有するように構成することが

10

20

30

40

50

困難となる。

【0038】

条件式(6)は第3a群L3aの焦点距離と、第3b群L3bの焦点距離の比を規定した式である。条件式(6)の上限値を超えて、第3a群L3aの正の屈折力が強くなると、広角端において球面収差とコマ収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。逆に下限値を超えると、第3b群L3bで発生する収差が大きくなり、像振れ補正時の像面湾曲の変動を多く発生するため好ましくない。

【0039】

条件式(7)は第3b群L3bに用いている各レンズの材料の比重を規定した式である。各実施例では第3b群L3bは正レンズと負レンズよりなり、いずれのレンズも条件式(7)を満足することを規定している。条件式(7)の上限値を超えると、像振れ補正のために第3b群L3bを駆動させる推力を得る為にアクチュエーターが大型化してしまう。

10

【0040】

条件式(8)は第3a群L3aに含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値と第3a群L3aに含まれる負レンズの材料のアッペ数の平均値の比を規定した式である。条件式(8)の上限値を超えると光学系に用いる光学ガラスが少なく、諸収差を補正する自由度が減るので好ましくない。逆に下限値を超えると、第3a群L3aより発生した色収差を第3b群L3bで補正することが困難となり、更に像振れ補正時に偏芯による倍率色収差や色のコマ収差が多く発生してくる。

20

【0041】

条件式(9)は第3b群L3bの正レンズの材料のアッペ数と第3b群L3bの負レンズの材料のアッペ数の比を規定した式である。条件式(8)の上限値を超えると光学系に用いる光学ガラスが少なく、諸収差を補正する自由度が減るので好ましくない。逆に下限値を超えると、第3b群L3bより発生した色収差を第3a群L3aで補正することが困難となり、更に像振れ補正時に偏芯による倍率色収差や色のコマ収差が多く発生してくる。

【0042】

条件式(10)は、広角端における全系の焦点距離と入射瞳位置の比、中間のズーム位置における全系の焦点距離と入射瞳位置の比の二つの比の比を規定したものである。前玉有効径は広画角を図る程大きくなり易いが、焦点距離に対して入射瞳位置が長いと前玉有効径は更に大きくなる。従って、条件式(10)の上限値を超えると中間のズーム位置において前玉有効径の決定に支配的になる為に広角端の画角が同じでも前玉有効径が大きくなってしまい、広画角化と全系の小型化が困難となる。

30

【0043】

逆に下限値を超えると中間のズーム位置において入射瞳位置を短くする為に第3レンズ群L3が広角端から中間のズーム位置までに移動する距離が長くなる。この結果、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の合成の収差変化が増加し、広角端から中間のズーム位置において像面湾曲の変化が増大し、この補正が困難となる。

【0044】

条件式(11)は第3b群L3bの焦点距離と撮像素子の使用範囲の対角長の比を規定した式である。条件式(11)の上限値を超えると、像振れ補正時に光軸に対して垂直方向の成分を持つように動かす量が撮像素子の有効寸法に対して大きくなり、撮像装置が大型化してくる。条件式(11)の下限値を超えて第3b群L3bの正の屈折力が強くなると像振れ補正時の光学性能、特に像振れ補正前後の像面湾曲の変化が増大し、この補正が困難となる。なお、条件式(1)乃至(11)の数値範囲は以下の如く特定するのが更に望ましい。

40

【0045】

$$-3.4 < f_{3a} / f_{2a} < -2.3 \quad \dots (1a)$$

$$1.1 < f_{3b} / f_{3c} < 1.4 \quad \dots (2a)$$

50

- 4 . 9 < z x m 3 / m 2 < - 1 . 9 . . . (3 a)
- 1 . 7 < f 3 b / f 3 f p < 2 . 8 . . . (4 a)
- 3 . 7 < D 3 / D 4 < 1 2 . 3 . . . (5 a)
- 0 . 7 3 < f 3 b / f 3 a < 1 . 0 7 . . . (6 a)
- s 3 b < 4 . 4 . . . (7 a)
- 1 . 5 < 3 a p a v / 3 a n a v < 2 . 7 . . . (8 a)
- 1 . 4 < 3 b p / 3 b n < 2 . 7 . . . (9 a)
- 0 . 8 < (T 1 m / f m) / (T 1 w / f w) < 1 . 1 . . . (1 0 a)
- 2 . 3 < f 3 b / 2 Y < 7 . 0 . . . (1 1 a)

また、本発明は、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に開口絞りSPを有し、ズームinggに際して、開口絞りは不動であるのが望ましい。 10

【0046】

本発明の4群ズームレンズでは、開口絞りSPを小さく絞った際にも軸外光線を開口径内に通過させる為に、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間、もしくは第3レンズ群L3内に開口絞りSPを配するのが一般的である。しかしながら、ズームinggに際して開口絞りSPを移動させるとアクチュエーターの増加や鏡筒の大型化してくる。そこで本発明では、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に開口絞りSPを配置し、ズームinggに際して不動としている。

【0047】

以下に、実施例1~5に各々対応する数値実施例1~5を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順番を示し、riは第i番目(第i面)の曲率半径、diは第i面+1面との間の間隔、ndi、diはそれぞれd線を基準とした第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。また、数値実施例1~5では最も像側の2つの面は光学ブロックに相当する平面である。非球面形状は光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてXとする。光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、kを円錐定数、A4, A6, A8, A10を各々非球面係数とする。このとき 20

【0048】

【数1】

$$X = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10}$$

30

【0049】

なる式で表している。*は非球面形状を有する面を意味している。「e-x」は10^-xを意味している。BFは空気演算でのバックフォーカスである。レンズ全長は第1レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えた値である。半画角は光線追跡で求めた値である。T1は入射瞳位置である。又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。 40

【0050】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	87.623	2.70	1.85478	24.8
2	50.853	10.70	1.49700	81.5
3	970.631	0.17		

50

4	66.904	5.38	1.83481	42.7	
5	272.955	(可変)			
6	1524.393	1.36	1.83481	42.7	
7	16.865	6.23			
8	-175.054	1.01	1.60311	60.6	
9	50.468	3.57			
10	-35.069	1.21	1.48749	70.2	
11	776.374	1.88			
12	57.431	2.06	1.95906	17.5	
13	1309.647	(可変)			10
14(絞リ)		(可変)			
15*	19.977	4.64	1.58313	59.4	
16*	-46.389	4.25			
17	-3272.901	0.67	1.60342	38.0	
18	18.975	6.94			
19	1328.858	5.13	1.48749	70.2	
20	-22.780	0.17			
21	-42.360	0.70	1.58144	40.8	
22	40.245	1.64			
23	37.811	4.79	1.48749	70.2	20
24	-18.687	0.78	1.74400	44.8	
25	-37.779	(可変)			
26	38.676	6.52	1.49700	81.5	
27	-17.346	1.09	1.51742	52.4	
28	-59.717	(可変)			
29		2.78	1.51633	64.1	
30		1.00			

像面

【 0 0 5 1 】

非球面データ

第15面

K = -3.30425e+000 A 4= 4.34285e-005 A 6= -1.56281e-007 A 8= 9.39308e-010 A10= -1.77648e-012

第16面

K = -2.97840e+001 A 4= -1.26495e-005 A 6= 9.80886e-008 A 8= -8.57213e-011

各種データ

ズーム比

4.70

40

広角

中間

望遠

焦点距離 9.30 23.36 43.70

Fナンバー 2.06 2.60 2.65

半画角(度) 42.4 18.8 10.4

像高 7.14 7.93 7.93

レンズ全長 156.58 156.58 156.58

BF 21.12 29.60 37.35

T1 33.51 80.40 134.59

d 5 1.15 21.60 35.22

50

d13	39.12	18.68	5.05
d14	17.44	4.21	3.09
d25	4.14	8.89	2.27
d28	18.29	26.77	34.51

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	86.61
2	6	-15.81
3	14	
4	15	42.91
5	26	50.39
6	29	

10

【 0 0 5 2 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	58.427	1.75	1.85478	24.8
2	31.430	7.31	1.49700	81.5
3	411.755	0.17		
4	32.292	5.38	1.80400	46.6
5	149.281	(可変)		
6	413.905	0.98	1.83481	42.7
7	11.808	4.38		
8	1535.890	0.73	1.63854	55.4
9	30.494	3.01		
10	-22.344	0.70	1.48749	70.2
11	288.871	0.17		
12	34.927	1.76	1.95906	17.5
13	518.903	(可変)		
14(絞り)		(可変)		
15*	16.479	5.62	1.62229	53.3
16*	-50.071	4.07		
17	83.026	0.60	1.72825	28.5
18	14.396	0.72		
19	18.635	2.24	1.49782	67.0
20	21.104	5.69		
21	28.087	5.48	1.48749	70.2
22	-14.695	0.76	1.74000	28.3
23	-28.690	(可変)		
24	40.500	3.29	1.49700	81.5
25	-83.504	(可変)		
26		2.78	1.51633	64.1
27		1.00		

20

30

40

像面

【 0 0 5 3 】

50

非球面データ

第15面

K = -2.69230e+000 A 4= 5.45306e-005 A 6= -1.48901e-007 A 8= 1.17373e-009 A10= -6.90052e-013

第16面

K = -3.32947e+001 A 4= -9.75944e-006 A 6= 1.17407e-007 A 8= 2.14739e-010

各種データ

ズーム比	4.53			10
	広角	中間	望遠	
焦点距離	10.82	26.92	48.96	
Fナンバー	2.06	2.60	2.62	
半画角(度)	36.9	16.8	9.34	
像高	7.14	7.93	7.93	
レンズ全長	111.18	111.18	111.18	
BF	15.83	25.07	28.04	
T1	26.70	57.13	92.75	
d 5	0.98	11.67	18.80	20
d13	19.47	8.78	1.65	
d14	12.48	3.56	3.11	
d23	7.60	7.27	4.75	
d25	13.00	22.24	25.21	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	46.37		
2	6	-11.04		
3	14			30
4	15	28.69		
5	24	55.36		
6	26			

【 0 0 5 4 】

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	54.772	1.79	1.85478	24.8	
2	30.857	7.43	1.49700	81.5	
3	226.066	0.17			
4	32.737	5.61	1.80400	46.6	
5	150.152	(可変)			
6	299.071	1.02	1.83481	42.7	
7	12.332	4.56			
8	-1004.015	0.76	1.67790	50.7	
9	32.378	3.03			
10	-23.635	1.81	1.48749	70.2	50

11	485.846	0.17		
12	39.503	2.03	1.95906	17.5
13	1587.304	(可変)		
14(絞り)		(可変)		
15*	16.911	5.50	1.61272	58.7
16*	-55.232	5.53		
17	37.723	0.60	1.80809	22.8
18	14.941	8.71		
19	24.258	4.63	1.49782	67.0
20	-21.730	0.93		
21	-18.520	0.73	1.78472	25.7
22	-31.451	(可変)		
23	45.599	2.27	1.49700	81.5
24	-219.269	(可変)		
25		2.78	1.51633	64.1
26		1.00		

像面

【 0 0 5 5 】

非球面データ

第15面

K = -2.96251e+000 A 4= 5.61609e-005 A 6= -1.48370e-007 A 8= 1.11808e-009 A10= -1.64773e-014

第16面

K = -3.98851e+001 A 4= -7.23135e-006 A 6= 1.29213e-007 A 8= 2.28035e-010

各種データ

ズーム比	4.64		
	広角	中間	望遠
焦点距離	10.82	27.08	50.14
Fナンバー	2.06	2.65	2.73
半画角(度)	36.9	16.8	9.16
像高	7.14	7.93	7.93
レンズ全長	111.46	111.46	111.46
BF	14.07	20.80	24.23
T1	27.99	60.07	98.67

d 5	0.97	11.85	19.11
d13	19.99	9.10	1.85
d14	13.42	4.44	3.11
d22	5.73	7.98	5.88
d24	11.24	17.97	21.40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	47.61
2	6	-11.61
3	14	
4	15	27.72

10

20

30

40

50

5 23 76.17
6 25

【 0 0 5 6 】

[数值実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	44.098	1.32	1.85478	24.8	10
2	23.185	6.42	1.59522	67.7	
3	-638.516	0.17			
4	21.426	3.63	1.71300	53.9	
5	73.924	(可変)			
6	320.985	0.60	1.83481	42.7	
7	6.849	2.76			
8	185.189	0.60	1.79952	42.2	
9	19.814	1.50			
10	-17.064	0.60	1.45600	90.3	
11	22.499	0.17			20
12	15.242	1.43	1.95906	17.5	
13	60.639	(可変)			
14(絞り)		(可変)			
15*	7.834	3.55	1.75501	51.2	
16*	-30.168	0.72			
17	143.347	0.71	1.80100	35.0	
18	6.125	1.41			
19	8.922	3.37	1.43875	94.9	
20	-9.262	0.32			
21	-11.770	0.60	1.57956	53.9	30
22	13.937	2.04			
23	13.058	3.37	1.48656	84.5	
24	-7.349	0.60	1.72000	42.0	
25	-14.520	(可変)			
26	13.246	3.35	1.49700	81.5	
27	-9.288	0.60	1.48749	70.2	
28	1687.678	(可変)			
29		1.06	1.51633	64.1	
30		1.00			

像面

40

【 0 0 5 7 】

非球面データ

第15面

K = -1.13742e+000 A 4= 1.74386e-004 A 6= 1.28080e-006 A 8= 1.63173e-016

第16面

K = -8.11629e+000 A 4= 2.19279e-004 A 6= -1.57913e-006

各種データ

50

ズーム比	9.68		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.12	13.64	39.89
Fナンバー	1.65	2.13	2.32
半画角(度)	35.1	12.0	4.16
像高	2.73	2.90	2.90
レンズ全長	74.82	74.82	74.82
BF	5.22	7.37	7.10
T1	19.63	54.73	122.55

10

d 5	0.98	10.07	16.14
d13	16.93	7.83	1.77
d14	10.40	4.35	3.09
d25	1.46	5.36	6.90
d28	3.52	5.67	5.40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	30.73
2	6	-6.04
3	14	
4	15	16.36
5	26	26.18
6	29	

20

【 0 0 5 8 】

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	154.380	1.76	1.80610	33.3
2	48.911	6.68	1.43700	95.1
3	-191.883	0.17		
4	65.434	3.13	1.49700	81.5
5	393.082	0.17		
6	35.355	4.36	1.59522	67.7
7	136.223	(可変)		
8	118.188	0.79	1.88300	40.8
9	8.067	3.39		
10	466.002	0.60	2.00069	25.5
11	53.941	1.32		
12	-22.700	0.75	1.91082	35.3
13	54.499	0.19		
14	24.698	2.16	2.10205	16.8
15	-98.944	(可変)		
16(絞リ)		(可変)		
17*	11.851	3.54	1.75501	51.2
18*	-75.163	1.61		
19	408.966	0.75	1.74950	35.3

30

40

50

20	10.310	0.39		
21	13.233	3.63	1.43387	95.1
22	-13.688	0.17		
23	-19.138	0.60	1.61272	58.7
24	16.034	2.06		
25	33.988	2.50	1.49700	81.5
26	-11.947	0.60	1.69680	55.5
27	-23.512	(可変)		
28	16.243	2.97	1.59522	67.7
29	-16.217	0.60	1.90366	31.3
30	-36.089	(可変)		
31		2.01	1.51633	64.1
32		1.00		

像面

【 0 0 5 9 】

非球面データ

第17面

K = -1.04299e+000 A 4= 4.53942e-005 A 6= 1.60642e-007 A 8= 2.20262e-011

10

20

第18面

K = -6.19472e+001 A 4= 4.00026e-005 A 6= -5.05699e-008

各種データ

ズーム比	29.70		
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.94	25.79	117.14
Fナンバー	1.85	2.67	3.30
半画角(度)	36.9	6.09	1.34
像高	2.75	2.75	2.75
レンズ全長	109.35	109.35	109.35
BF	11.36	17.58	9.24
T1	22.95	158.31	438.51
d 7	0.71	28.85	38.22
d15	39.18	11.04	1.66
d16	8.86	5.15	3.09
d27	4.33	1.82	12.23
d30	9.03	15.26	6.91

30

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	52.67
2	8	-8.39
3	16	
4	17	27.37
5	28	23.75
6	31	

【 0 0 6 0 】

50

前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表 1 に示す。表 1 における条件式 (7) の上段は第 3 b 群の物体側のレンズの比重、下段は第 3 b 群の像側のレンズの比重である。また、表 1 における条件式 (1 1) の上段は広角端における値を示し、表 1 における条件式 (1 1) の下段は中間のズーム位置及び望遠端における値を示している。

【 0 0 6 1 】

【表 1】

条件式	数値実施例				
	1	2	3	4	5
(1)	-2.715	-2.599	-2.388	-2.711	-3.262
(2)	1.252	1.372	1.372	1.144	1.341
(3)	-1.980	-2.378	-2.636	-4.673	-4.571
(4)	2.186	1.912	1.747	2.181	2.660
(5)	3.906	7.657	11.723	4.230	4.450
(6)	0.770	0.976	1.015	0.860	0.842
(7)	2.46	2.46	2.39	3.68	3.62
	4.32	3.11	3.24	4.00	3.70
(8)	1.65	2.11	2.58	1.64	1.56
(9)	1.57	2.48	2.61	2.01	1.47
(10)	0.955	0.860	0.857	0.842	1.055
(11)	3.762	2.757	2.663	3.428	6.666
	3.387	2.482	2.398	3.227	6.666

10

20

【 0 0 6 2 】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラの実施例を図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 において、1 0 はビデオカメラ本体、1 1 は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系である。1 2 は撮影光学系 1 1 によって形成された被写体像を受光する CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子 (光電変換素子) である。

【 0 0 6 3 】

1 3 は撮像素子 1 2 によって光電変換された被写体像に対応する情報を記憶するメモリ、1 4 は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置が実現できる。尚、本発明のズームレンズはデジタルスチルカメラにも同様に適用することができる。尚、本発明の撮像装置において、撮像素子に CCD 等の電子撮像素子を用いれば、電子的に収差補正をする事で出力画像を更に高画質化する事ができる。

30

【 0 0 6 4 】

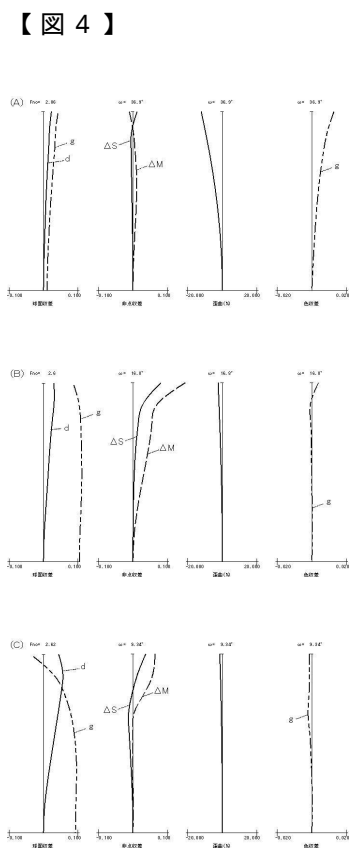
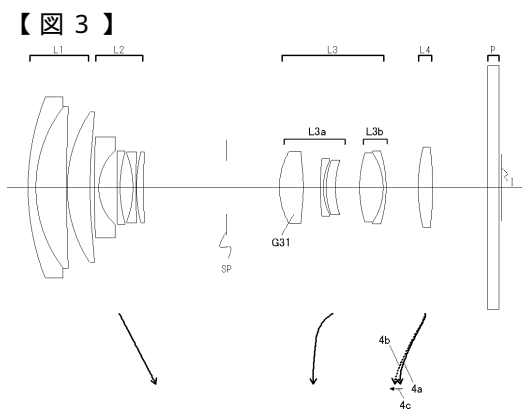
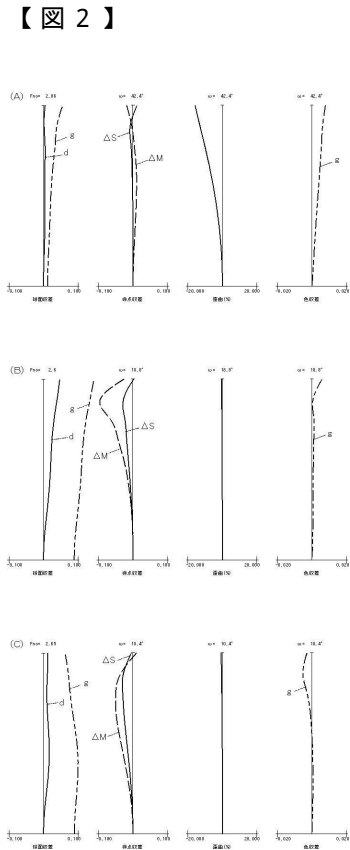
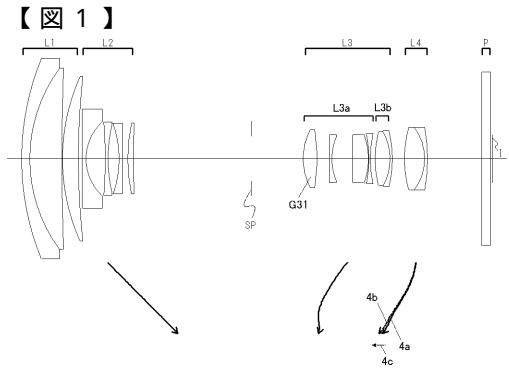
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

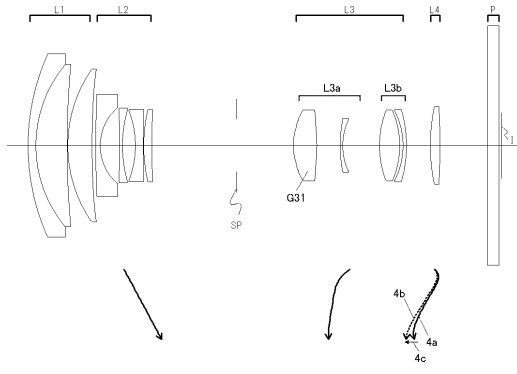
【 0 0 6 5 】

L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群 L 3 第 3 レンズ群
L 4 第 4 レンズ群 S P 開口絞り

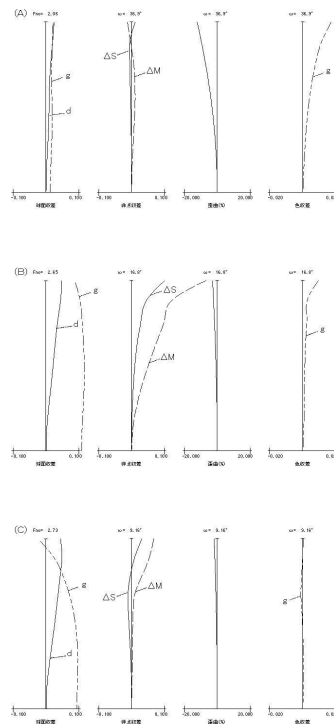
40



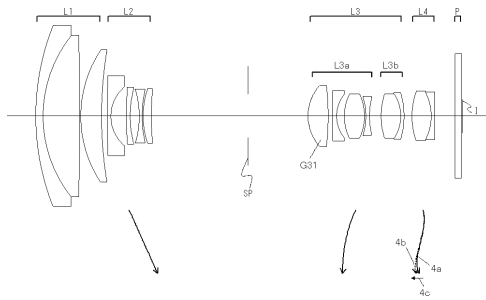
【図5】



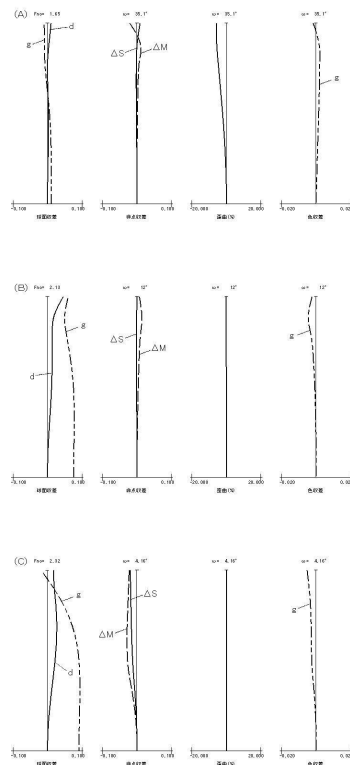
【図6】



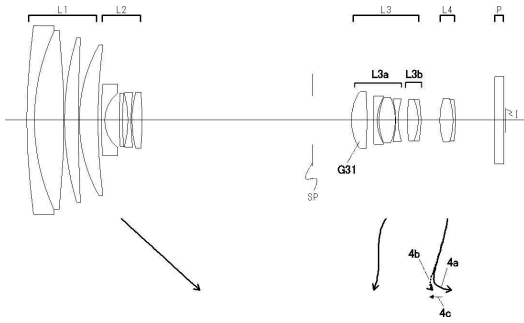
【図7】



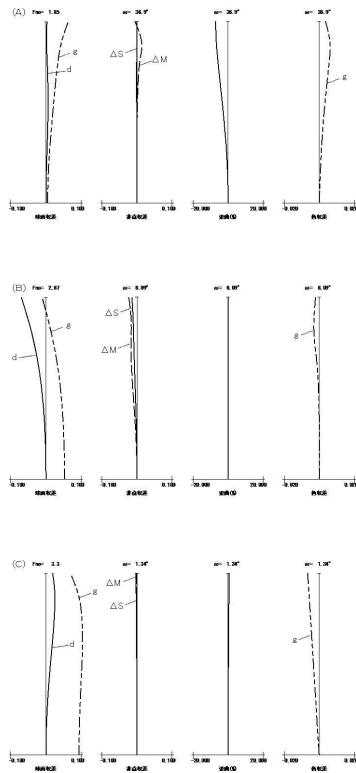
【図8】



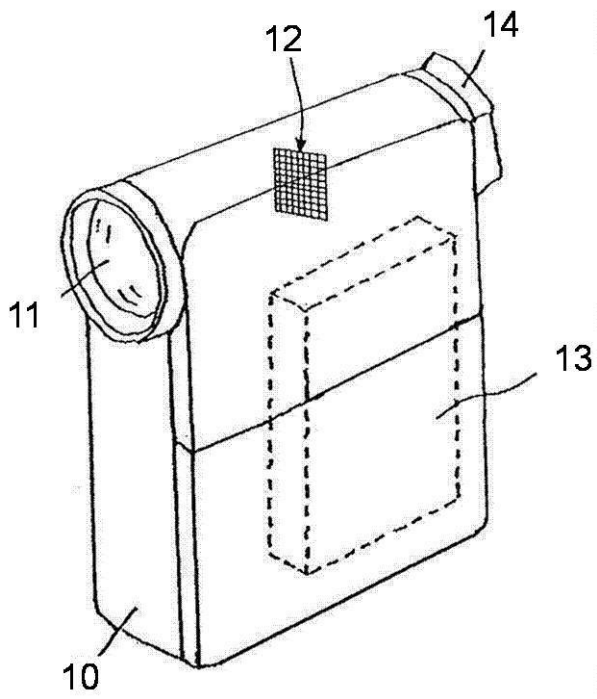
【 9 】



【 10 】



【 11 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-010324(JP,A)
特開2005-062228(JP,A)
特開2002-072086(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04
G03B 5/00