

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5939788号
(P5939788)

(45) 発行日 平成28年6月22日(2016.6.22)

(24) 登録日 平成28年5月27日(2016.5.27)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 11 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2011-279588 (P2011-279588)
 (22) 出願日 平成23年12月21日(2011.12.21)
 (65) 公開番号 特開2013-130676 (P2013-130676A)
 (43) 公開日 平成25年7月4日(2013.7.4)
 審査請求日 平成26年12月22日(2014.12.22)

(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
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 結城 明彦
 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
 審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよびそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズームングに際し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第11レンズ、正の屈折力の第12レンズからなり、

前記第2レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、物体側の面が凸形状の正レンズと像側の面が凹形状の負レンズを接合した接合レンズ、正レンズからなり、

前記第11レンズの材料のアッペ数を d_{11} 、部分分散比を g_{F11} 、前記第12
 レンズの材料のアッペ数を d_{12} 、部分分散比を g_{F12} 、前記第1レンズ群の焦点
 距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T 、前記第11レンズの物体側のレンズ
 面の曲率半径を R_{11a} 、前記第11レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_{11b} とす
 るとき、

$$-0.6 < f_1 / f_T < -0.1$$

$$-0.020 < (g_{F11} - g_{F12}) / (d_{11} - d_{12}) < -0.004$$

$$1.5 < d_{11} - d_{12} < 4.0$$

$$0.75 < (R_{11a} - R_{11b}) / (R_{11a} + R_{11b}) < 1.00$$

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】

10

20

前記第 1 1 レンズの材料の屈折率を N_{d11} 、前記第 1 2 レンズの材料の屈折率を N_{d12} とするとき、

$$1.90 < (N_{d11} + N_{d12}) / 2 < 2.30$$

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 1 1 レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{11a} 、前記第 1 2 レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_{12b} とするとき、

$$0.40 < (R_{11a} - R_{12b}) / (R_{11a} + R_{12b}) < 0.80$$

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 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$0.3 < |f_1| / f_3 < 0.5$$

なる条件式を満足す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。

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$0.9 < |f_1| / f_2 < 1.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 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 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 とするとき、

$$0.25 < f_2 / f_3 < 0.50$$

なる条件式を満足する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。

【請求項 7】

前記第 1 1 レンズは、物体側の面が凸でメニスカス形状のレンズであり、前記第 1 2 レンズは、物体側の面が凸でメニスカス形状のレンズであ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 3 レンズ群は、1 枚の正レンズより構成され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。

【請求項 9】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群は像側に凸状の軌跡を描いて移動し、前記第 2 レンズ群は物体側に単調に移動し、前記第 3 レンズ群は像側に移動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】

前記第 3 レンズ群の像側に、正の屈折力の第 4 レンズ群を有することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 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る像を受光する固体撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズおよびそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラ、デジタルカメラ、TVカメラ、監視用カメラなどに好適なものである。

【背景技術】

【0002】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルカメラ等の撮像装置は、小型化及び高機能化され、それに用いる撮影光学系には、広画角、高ズーム比で全系が小型のズー

10

20

30

40

50

ムレンズであることが求められている。全系が小型で広画角のズームレンズとして、最も物体側に負の屈折力のレンズ群を配置した、ネガティブリード型のズームレンズが知られている。

【 0 0 0 3 】

ネガティブリード型のズームレンズは、広角端において広い撮影画角を得るのが容易で、しかも最も物体側の負の屈折力のレンズ群の小型化によってズームレンズ全体の小型化が容易となる。ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、および正の屈折力の第3レンズ群を有する3群ズームレンズや4群ズームレンズが知られている（特許文献1乃至3）。

【 0 0 0 4 】

特許文献1乃至3の3群ズームレンズでは、第1レンズ群を負レンズと正レンズより構成し、第2レンズ群を正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成し、第3レンズ群を正レンズより構成している。この他、ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第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レンズ群よりなる4群ズームレンズが知られている（特許文献4）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 0 4 9 1 8 9 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 0 - 0 6 0 8 9 4 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 8 - 2 5 0 3 3 2 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 4 - 3 1 8 1 1 0 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

近年、ビデオカメラやデジタルカメラ等に用いるズームレンズには、固体撮像素子の高性能化（画素ピッチの微細化）に伴って、小型でかつ高い光学性能を有すること（高解像力であること）が強く要望されている。ズームレンズの高解像力を図る際の1つの方法として、固体撮像素子の感度波長分布（分光感度特性）に合わせて収差補正する方法がある。固体撮像素子が感知する信号は、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）の各信号によって構成されている。

【 0 0 0 7 】

一般的な固体撮像素子は、RGB信号ごとに例えば図12に示すような感度波長分布を有しており、特にG信号帯域の波長において高い感度を有している。したがって、高い解像力を有するズームレンズを実現するには、固体撮像素子の感度が高いG信号帯域の波長に相当する、F線（486.13nm）～d線（587.56nm）の波長範囲において、色収差を良好に補正することが重要になってくる。色収差のうち、特に倍率色収差は画面全体の解像力に大きく影響するため、倍率色収差が全ズーム範囲にわたり、良好に補正されていることが特に重要になってくる。

【 0 0 0 8 】

ネガティブリード型の3群ズームレンズ又は4群ズームレンズにおいて、全系の小型化及び広画角化を図りつつ、倍率色収差を良好に補正し、高い光学性能を得るためには、各レンズ群の構成を適切に設定することが重要になってくる。例えば、第1レンズ群のレンズ構成や第1レンズ群を構成する各レンズの材料（アッベ数、部分分散比）等を適切に設定しないと全系の小型化及び広画角化を図りつつ、高い光学性能を得るのが困難になってくる。これらのことはネガティブリード型の3群ズームレンズや4群ズームレンズに限らず、それ以上のレンズ群を有するネガティブリード型のズームレンズでも同様である。

【 0 0 0 9 】

本発明は、レンズ系全体がコンパクトで、全ズーム範囲中で高い光学性能が得られるズ

10

20

30

40

50

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】

【0010】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズームングに際し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第11レンズ、正の屈折力の第12レンズからなり、

前記第2レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、物体側の面が凸形状の正レンズと像側の面が凹形状の負レンズを接合した接合レンズ、正レンズからなり、

前記第11レンズの材料のアッベ数を d_{11} 、部分分散比を g_{F11} 、前記第12レンズの材料のアッベ数を d_{12} 、部分分散比を g_{F12} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T 、前記第11レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{11a} 、前記第11レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_{11b} とするとき、

$$\begin{aligned} & -0.6 < f_1 / f_T < -0.1 \\ & -0.020 < (g_{F11} - g_{F12}) / (d_{11} - d_{12}) < -0.004 \\ & 1.5 < d_{11} - d_{12} < 4.0 \\ & 0.75 < (R_{11a} - R_{11b}) / (R_{11a} + R_{11b}) < 1.00 \end{aligned}$$

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】

【0011】

本発明によれば、レンズ系全体がコンパクトで、全ズーム範囲中で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明のズームレンズの数値実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 本発明のズームレンズの数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】本発明のズームレンズの数値実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 本発明のズームレンズの数値実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図5】本発明のズームレンズの数値実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 本発明のズームレンズの数値実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図7】本発明のズームレンズの数値実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B)、(C) 本発明のズームレンズの数値実施例4の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図9】本発明のズームレンズの数値実施例5の広角端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B)、(C) 本発明のズームレンズの数値実施例5の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図11】本発明の撮像装置の要部概略図

【図12】固体撮像素子のRGB信号感度分布

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に本発明の好ましい実施の形態を添付の図面に基いて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群を有している。広角端から望遠端へのズームングに際し、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔及び第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が変化す

10

20

30

40

50

る。第3レンズ群の像側にズーミングに際して固定又は移動する正の屈折力の第4レンズ群が配置される場合もある。

【0014】

図1は本発明の実施例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である。図2（A）、（B）、（C）はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、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。実施例1はズーム比3.93、開口比2.88～6.08程度のズームレンズである。

【0015】

図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4（A）、（B）、（C）はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比4.71、開口比2.88～6.08程度のズームレンズである。

10

【0016】

図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6（A）、（B）、（C）はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比4.95、開口比2.88～6.08程度のズームレンズである。

【0017】

図7は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8（A）、（B）、（C）はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比5.14、開口比2.88～6.08程度のズームレンズである。

20

【0018】

図9は本発明の実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図10（A）、（B）、（C）はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例5はズーム比4.71、開口比2.88～6.08程度のズームレンズである。図11は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ（撮像装置）の要部概略図である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。

【0019】

30

レンズ断面図において、 i は物体側から像側への各レンズ群の順序を示し、 L_i は第 i レンズ群である。 SP は開放Fナンバー（ Fno ）光束を決定（制限）する開口絞りの作用をするFナンバー決定部材（以下「開口絞り」と呼ぶ）である。 G は光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。 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）の撮像面が置かれる。

【0020】

又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が置かれている。収差図において、 d 、 F は各々 d 線及び F 線、 M 、 S はメリディオナル像面、サジタル像面を表している。また、倍率色収差は、 d 線を基準とした際の F 線の差分を表している。

40

【0021】

Fno はFナンバーである。は撮影半画角である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群（第2レンズ群 L_2 ）が機構上、光軸上移動可能な両端に位置したときのズーム位置をいう。レンズ断面図において、矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0022】

図1、図3、図5、図7の実施例1乃至4のレンズ断面図において、 L_1 は負の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第1レンズ群、 L_2 は正の屈折力の第2レンズ群、

50

L 3 は正の屈折力の第 3 レンズ群である。実施例 1 乃至 4 のズームレンズでは、広角端から望遠端の位置へのズームングに際して、第 1 レンズ群 L 1 が像側に凸状の軌跡の一部を描いて略往復移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第 2 レンズ群 L 2 が物体側に単調に移動して主たる変倍を行っている。

【 0 0 2 3 】

第 3 レンズ群 L 3 は像側に移動している。このとき広角端から望遠端へのズームングに際して第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 との間隔が小さく、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 との間隔が大きくなるように各レンズ群が移動している。第 3 レンズ群 L 3 を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。F ナンバー決定部材 S P は、第 2 レンズ群 L 2 の像側に位置し、ズームングに際して第 2 レンズ群 L 2 と一体的に移動する。

10

【 0 0 2 4 】

各レンズ群においては第 2 レンズ群 L 2 を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させて像を光軸に対して垂直方向へ移動させても良い。すなわち、第 2 レンズ群 L 2 で防振を行っても良い。図 9 の実施例 5 のレンズ断面図において、L 1 は負の屈折力の第 1 レンズ群、L 2 は正の屈折力の第 2 レンズ群、L 3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、L 4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。

【 0 0 2 5 】

実施例 5 のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーム位置へのズームングに際して第 1 レンズ群 L 1 が像側に凸状の軌跡の一部を描いて略往復移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第 2 レンズ群 L 2 が物体側に単調に移動して主たる変倍を行っている。第 3 レンズ群 L 3 は像側に移動している。第 4 レンズ群 L 4 は物体側へ移動している。このとき広角端から望遠端へのズームングに際して第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 との間隔が大きく、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 との間隔が大きく、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 の間隔が小さくなるように各レンズ群が移動している。

20

【 0 0 2 6 】

第 3 レンズ群 L 3 を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。F ナンバー決定部材 S P は、第 2 レンズ群 L 2 の像側に位置し、ズームングに際して第 2 レンズ群 L 2 と一体的に移動する。第 2 レンズ群 L 2 を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させて像を光軸に対して垂直方向へ移動させても良い。すなわち、第 2 レンズ群 L 2 で防振を行っても良い。各レンズ断面図において G i j は第 i j レンズを示す。

30

【 0 0 2 7 】

各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は物体側より像側へ順に負の屈折力の第 1 1 レンズ（負レンズ）G 1 1、正の屈折力の第 1 2 レンズ（正レンズ）G 1 2 の 2 枚で構成されている。これにより、F 線から d 線までの波長範囲における倍率色収差を良好に補正しながら、第 1 レンズ群 L 1 を必要最低限のレンズ枚数として第 1 レンズ群 L 1 の小型化を図っている。

【 0 0 2 8 】

更に第 1 レンズ群 L 1 の第 1 1 レンズ G 1 1 は低分散材料、第 1 2 レンズ G 1 2 は高分散材料を用いている。これにより F 線から d 線までの波長範囲において色収差の補正のために必要な第 1 1 レンズ G 1 1、第 1 2 レンズ G 1 2 の屈折力を極力緩めて各レンズの厚みを薄くして第 1 レンズ群 L 1 を薄型化している。

40

【 0 0 2 9 】

各実施例において第 1 1 レンズ G 1 1 の材料のアッペ数を d_{11} 、部分分散比を g_{F11} 、第 1 2 レンズ G 1 2 の材料のアッペ数を d_{12} 、部分分散比を g_{F12} とする。第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T とする。このとき、

$$-0.6 < f_1 / f_T < -0.1 \quad \cdots (1)$$

$$-0.020 < (g_{F11} - g_{F12}) / (d_{11} - d_{12}) < -0.004$$

50

・・・(2)

$$1.5 < d_{11} - d_{12} < 4.0 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足している。

【0030】

ここで、材料の部分分散比 $\frac{g_F}{g}$ は、g線の屈折率を n_g 、F線の屈折率を n_F 、C線の屈折率を n_C としたとき、 $\frac{g_F}{g} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で表される量である。条件式(1)～(3)は、F線からd線までの波長範囲において、主に倍率色収差と像面彎曲を良好に補正するためのものである。

【0031】

条件式(1)は第1レンズ群L1の屈折力の範囲を規定する式である。条件式(1)が上限値を上回ると、第1レンズ群L1の負の屈折力が強くなり過ぎるため、第1レンズ群L1より発生する倍率色収差が補正不足となり、広角端においてF線の倍率色収差がアンダー側に増大してくる。条件式(1)が下限値を下回ると、第1レンズ群L1より発生するベッツバル和が大きくなりすぎ、広角端において正方向に発生する像面彎曲の補正が困難となる。また、広画角化や高ズーム比化を図るためには、各レンズ群の移動距離を長くする必要があり、この結果、全系が大型化してしまう。

【0032】

条件式(2)は、第1レンズ群L1を構成する第11レンズG11と第12レンズG12の材料の部分分散比の差とアッペ数差の比率を規定する式である。条件式(2)が上限値を上回ると、F線からd線までの波長範囲において倍率色収差を補正するのに、第1レンズ群L1を構成する各レンズ面の曲率半径を小さくする必要がある。この結果、例えば第11レンズG11の像側のレンズ面の曲率半径が小さくなり、広角端において像面彎曲が増大してくる。条件式(2)が下限値を下回ると、g線からF線までの波長範囲において倍率色収差が悪化してくる。

【0033】

条件式(3)は、条件式(2)において、更に、第11レンズG11と第12レンズG12の材料のアッペ数差を規定するものである。条件式(3)の下限値を下回ると、第11レンズG11と第12レンズG12の材料のアッペ数差が小さくなりすぎる。この結果F線からd線までの波長範囲において倍率色収差を補正するために、第1レンズ群L1内の各レンズ面の曲率半径が小さくなり、広角端において像面彎曲が増大してくる。

【0034】

条件式(3)が上限値を上回ると、第11レンズG11に屈折率の低い材料を用いなければならず、第1レンズ群L1に所望の屈折力を与えるために、レンズ面の曲率半径が小さくなり過ぎ、倍率色収差の補正が困難となる。条件式(1)乃至(3)を満たすことにより、F線からd線までの波長範囲において倍率色収差と像面彎曲を良好に補正することが容易となる。更に好ましくは、条件式(1)乃至(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0035】

$$-0.6 < f_1 / f_T < -0.2 \quad \dots (1a)$$

$$-0.010 < (\frac{g_{F11}}{g_{F12}} - \frac{g_{F11}}{g_{F12}}) / (d_{11} - d_{12}) < -0.004 \quad \dots (2a)$$

$$1.5 < d_{11} - d_{12} < 3.0 \quad \dots (3a)$$

さらに、好ましくは条件式(1a)乃至(3a)の数値範囲を以下のように設定することが望ましい。

【0036】

$$-0.6 < f_1 / f_T < -0.4 \quad \dots (1b)$$

$$-0.006 < (\frac{g_{F11}}{g_{F12}} - \frac{g_{F11}}{g_{F12}}) / (d_{11} - d_{12}) < -0.004 \quad \dots (2b)$$

$$2.0 < d_{11} - d_{12} < 3.0 \quad \dots (3b)$$

各実施例において、更に好ましくは次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。

【0037】

第11レンズG11の材料の屈折率を $Nd11$ 、第12レンズG12の材料の屈折率 $Nd12$ とする。第11レンズG11の物体側のレンズ面の曲率半径を $R11a$ 、第11レンズの像側のレンズ面の曲率半径を $R11b$ とする。第12レンズG12の像側のレンズ面の曲率半径を $R12b$ とする。第2レンズ群L2の焦点距離を $f2$ 、第3レンズ群L3の焦点距離を $f3$ とする。このとき、以下の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0038】

$$1.90 < (Nd11 + Nd12) / 2 < 2.30 \quad \dots (4)$$

$$0.75 < (R11a - R11b) / (R11a + R11b) < 1.00 \quad \dots (5)$$

$$0.40 < (R11a - R12b) / (R11a + R12b) < 0.80 \quad \dots (6)$$

$$0.3 < |f1| / f3 < 0.5 \quad \dots (7)$$

$$0.9 < |f1| / f2 < 1.2 \quad \dots (8)$$

$$0.25 < f2 / f3 < 0.50 \quad \dots (9)$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0039】

条件式(4)は、第1レンズ群L1の第11レンズG11と第12レンズG12の材料の平均屈折率を規定する式である。条件式(4)が下限値を下回ると、第1レンズ群L1に所望の屈折力を与えるために、第11レンズG11と第12レンズG12の各レンズ面の曲率半径が小さくなりすぎ、倍率色収差の補正が困難となる。また、レンズの厚みも増大するため、全系の小型化が困難となる。条件式(4)の上限値を超えて、平均屈折率が大きくなると、第11レンズG11と第12レンズG12に、低分散と高分散材料を組み合わせることを考えた場合、現存する材料では、最適な組み合わせが難しくなる。

【0040】

さらに好ましくは、条件式(4)の数値範囲を以下のように設定するのが良い。 $1.95 < (Nd11 + Nd12) / 2 < 2.20 \quad \dots (4a)$

【0041】

条件式(5)は、第11レンズG11の形状因子(レンズ形状)を規定する式である。条件式(5)が上限値を超えると、第11レンズG11において、像側のレンズ面の曲率半径が小さくなり過ぎ、画面周辺の像高でF線の倍率色収差がアンダー側に傾き、この補正が困難になる。条件式(5)が下限値を下回ると、物体側のレンズ面に対して、像側のレンズ面の曲率半径が大きくなりすぎるため、広角端において画面周辺の像高において、正の像面湾曲が増大し、この補正が困難となる。更に好ましくは条件式(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0042】

$$0.755 < (R11a - R11b) / (R11a + R11b) < 0.950 \quad \dots (5a)$$

【0043】

条件式(6)は、第1レンズ群L1の入射面(第11レンズG11の物体側のレンズ面)と射出面(第12レンズG12の像側のレンズ面)の形状を規定する式である。条件式(6)が上限値を超えると、第1レンズ群L1の射出面の曲率半径が入射面に対して小さくなり過ぎるため、第1レンズ群L1で発生するF線の倍率色収差がアンダー側に傾き過ぎてしまい、これの補正が困難となる。

【0044】

条件式(6)が下限値を下回ると、第1レンズ群L1内の入射面の形状が射出面に対して凸形状になりすぎ、望遠側において高次の球面収差が多く発生し、この補正が困難となる。更に好ましくは条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0045】

$$0.45 < (R11a - R12b) / (R11a + R12b) < 0.78 \quad \dots (6a)$$

【0046】

条件式(7)は、第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の屈折力の比率の好ましい範囲を規定するものである。条件式(7)が上限値を超えると、第1レンズ群L1の屈折力に対して、第3レンズ群L3の屈折力が強くなり過ぎてしまい、ズーム全域で倍率色収差と像面湾曲が増大し、これらの補正が困難になる。条件式(7)が下限値を下回ると、第3レンズ群L3で軸外光束を屈折させる作用が弱まる。このため、画面周辺において像面への光束の入射角度が大きくなり過ぎてしまい、固体撮像素子への光束の取り込み効率が悪化し、シェーディングが多く発生してくる。

【0047】

条件式(8)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離の比に関する。条件式(8)の上限値を超えると、第2レンズ群L2の屈折力が強くなり過ぎてしまうため、ズーム全域において、球面収差とコマ収差の補正が困難となる。また下限値を超えると、第1レンズ群L1の屈折力が強くなり過ぎてしまうため、第1レンズ群L1で発生する倍率色収差が補正不足となり、広角端においてF線の倍率色収差がアンダー側に増大してくる。

10

【0048】

もしくは、第2レンズ群L2の屈折力が弱くなり過ぎてしまい、高ズーム比を得るには、第2レンズ群L2の移動量を増加させる必要があるため、レンズ全長が大型化してしまう。

【0049】

条件式(9)は第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の焦点距離の比に関する。条件式(9)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が強くなり過ぎてしまうため、フォーカス時の倍率色収差変動が大きくなり、特に、望遠端の近距離物体に対してフォーカス時にF線の倍率色収差がアンダー側に増大してしまう。また下限値を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が弱くなり過ぎてしまうため、フォーカス時の第3レンズ群L3の移動量が増大し、レンズ全長が大型化してしまう。

20

更に好ましくは条件式(8)、(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0050】

$$0.95 < |f1| / f2 < 1.10 \quad \dots (8a)$$

$$0.30 < f2 / f3 < 0.45 \quad \dots (9a)$$

各実施例のズームレンズを固体撮像素子を有する撮像装置に適用したとき、歪曲収差と倍率色収差を含んだ電気信号を画像処理によって補正するシステムと合わせて使用しても良い。これによれば、広角端における歪曲収差とF線からd線に至る波長範囲において倍率色収差の補正残りにについても、電氣的に補正することが容易となる。これによれば全ズーム領域でさらに高い光学性能が得られる。

30

【0051】

以上のように各実施例によれば、広い画角と高ズーム比を有しながらも、F線(486.13nm)~d線(587.56nm)の広い波長域において倍率色収差を良好に補正し、高い解像力を有した小型のズームレンズが得られる。

【0052】

次に、各実施例のズームレンズの特徴について説明する。実施例1乃至4のズームレンズは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡で略往復移動し、第2レンズ群L2は物体側に移動し、第3レンズ群L3は像側に移動している。このとき広角端に比べ望遠端での第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が小さく、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が大きくなるように各レンズ群が移動してズーミングを行っている。

40

【0053】

ズーミングに際して、第2レンズ群L2と、第3レンズ群L3の移動によって変倍を行い、第1レンズ群L1の往復移動によって、変倍によって生ずる像面の変動を補正している。開口絞りSPは、光軸方向に関して、第2レンズ群L2の像側に配置している。開口絞りSPをこのように配置することにより望遠端における第1レンズ群L1と第2レンズ

50

群 L 2 の間隔が詰められるため、ズームングのための第 2 レンズ群 L 2 の物体側への移動量を十分確保することができる。

【 0 0 5 4 】

これにより高ズーム化としながら望遠端におけるレンズ全長の増大を軽減している。また、各ズーム位置において、開口絞り S P の開口寸法を変えて各ズーム位置の最小 F n o を決定しても良い。このようにすることで、広角端と望遠端における F ナンバーを個別に設定することができるため広角端と望遠端における F ナンバーの変化を低減するとともに第 2 レンズ群 L 2 の有効径の増大を防ぐことが容易となる。尚、開口絞り S P の開口寸法はズームングに際して固定であってもよい。

【 0 0 5 5 】

図 9 の実施例 5 のズームレンズは、実施例 1 乃至 4 の 3 群ズームレンズに比べて、第 3 レンズ群 L 3 の像側に正の屈折力の第 4 レンズ群 (L 4) を有している点が異なる。第 4 レンズ群 L 4 は広角端から望遠端へのズームングに際して物体側へ移動する。その他の構成は実施例 1 乃至 4 と同じである。

【 0 0 5 6 】

各実施例において第 1 1 レンズ G 1 1 は物体側の面が凸でメニスカス形状である。第 1 2 レンズ G 1 2 は物体側の面が凸でメニスカス形状である。第 2 レンズ群 L 2 は物体側より像側へ順に、物体側の面が凸形状の正の屈折力の第 2 1 レンズ G 2 1 と像側の面が凹形状の負の屈折力の第 2 2 レンズ G 2 2 を接合した接合レンズ G 2 2 a、正の屈折力の第 2 3 レンズ G 2 3 より構成されている。第 3 レンズ群 L 3 は 1 枚 の正の屈折力の第 3 1 レンズ G 3 1 より構成されている。実施例 5 において第 4 レンズ群 L 4 は 1 枚 の正の屈折力の第 4 1 レンズ G 4 1 より構成されている。

【 0 0 5 7 】

次に本発明の撮像装置の一例としてデジタルスチルカメラを用いたときの実施例を図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 において 2 0 はカメラ本体、2 1 は本発明に係るズームレンズによって構成された撮影光学系である。2 2 はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系 2 1 によって形成された被写体像を受光する C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子 (光電変換素子) である。2 3 は撮像素子 2 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録するメモリである。2 4 は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子 2 2 上に形成された被写体像を観察するためのファインダーである。

【 0 0 5 8 】

このように本発明によれば、小型で高い光学性能を有する撮像装置が得られる。次に本発明の各実施例の数値実施例を示す。各数値実施例において、i は物体側からの面の順序を示し、r i はレンズ面の曲率半径、d i は第 i 面と第 i + 1 面との間のレンズ肉厚および空気間隔、n d i、d i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。また、もっとも像側の 2 つの面は水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルター部材 (光学ブロック) である。B F はバックフォーカスであり、最終レンズ面から像面までの空気換算長で表している。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空気換算長でのバックフォーカスを加えた値で示している。

【 0 0 5 9 】

非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、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, A12, A14 を各々非球面係数としたとき

【 0 0 6 0 】

【 数 1 】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10} + A12 \times H^{12} + A14 \times H^{14}$$

【 0 0 6 1 】

なる式で表している。また、[e+X] は [× 10 + x] を意味し、[e-X] は [× 10 - x] を意味している。

非球面は面番号の後に * を付加して示す。又前述の各条件式と数値実施例の関係を表 1 に

示す。

【 0 0 6 2 】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	100.506	0.70	1.88300	40.8	
2*	5.100	2.22			
3	8.741	2.20	2.14352	17.8	10
4	13.045	(可変)			
5*	4.726	2.11	1.85135	40.1	
6	-241.727	0.68	1.80518	25.5	
7	3.756	0.62			
8*	8.916	1.30	1.55332	71.7	
9*	-9.327	0.46			
10(絞リ)		(可変)			
11*	33.968	1.40	1.58313	59.5	
12*	-21.711	(可変)			
13		0.80	1.51633	64.1	20
14		<u>0.52</u>			
像面					

非球面データ

第2面

K = -1.12757e+000 A 4= 5.22323e-004 A 6= 7.48195e-006
 A 8= -3.17601e-007 A10= 1.14170e-008 A12= -1.72097e-010
 A14= 6.97497e-013

第5面

K = -9.53205e-001 A 4= 5.79473e-004 A 6= -6.57755e-006
 A 8= 1.61607e-006

第8面

K = -2.14952e+001 A 4= 2.90082e-003 A 6= -9.59881e-005
 A 8= -3.05030e-005

第9面

K = -1.62937e-001 A 4= -1.02222e-003 A 6= 1.72899e-004
 A 8= -5.30654e-005

第11面

K = 2.67092e+001 A 4= 7.51691e-004 A 6= -1.69912e-005
 A 8= 1.21998e-006 A10= 1.06676e-010 A12= 2.56854e-010

第12面

K = -5.19998e+001 A 4= 5.51747e-004 A 6= 6.35788e-006
 A 8= 6.77639e-007 A10= 2.81985e-009 A12= 9.35952e-010

各種データ

10

20

30

40

50

ズーム比 3.93

焦点距離	4.18	10.32	16.43
Fナンバー	2.88	5.14	6.08
<u>半画角(度)</u>	39.18	20.58	13.27
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	<u>33.36</u>	<u>30.80</u>	<u>35.77</u>
BF	<u>4.50</u>	<u>4.54</u>	<u>4.59</u>

d 4	13.09	3.02	0.46
d10	4.09	11.56	19.03
d12	3.45	3.49	3.54

10

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-9.64
2	5	9.31
3	11	22.93

【 0 0 6 3 】

20

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	88.000	0.70	1.88300	40.8
2*	4.871	1.82		
3	8.199	1.58	2.14352	17.8
4	12.811	0.46		
5*	4.649	2.14	1.85135	40.1
6	-97.876	0.65	1.80518	25.5
7	3.726	0.62		
8*	8.810	1.30	1.55332	71.7
9*	-10.029	(可変)		
10(絞り)		(可変)		
11*	29.598	1.40	1.58313	59.5
12*	-22.726	(可変)		
13		0.80	1.51633	64.1
14		<u>1.03</u>		

像面

30

40

非球面データ

第1面

K = 1.48604e+002 A 4=-1.35119e-004 A 6= 4.12531e-007
A 8= 2.99213e-008 A10= 1.84480e-011 A12=-1.09388e-011

第2面

K =-1.05144e+000 A 4= 4.01906e-004 A 6=-2.14566e-006
A 8= 1.33034e-007 A10= 1.14170e-008 A12=-2.69394e-010
A14= 6.97497e-013

50

第5面

K = -9.17854e-001 A 4= 5.56333e-004 A 6=-1.67296e-005
A 8= 1.08584e-006

第8面

K = -1.33480e+001 A 4= 2.43735e-003 A 6= 1.31166e-004
A 8= 4.75368e-006

第9面

K = -2.37419e+000 A 4=-5.51195e-004 A 6= 1.54215e-004
A 8=-5.08123e-006

10

第11面

K = 3.99945e+000 A 4= 7.47048e-004 A 6=-1.30679e-005
A 8= 1.14464e-006 A10= 9.00951e-011 A12= 3.19277e-010

第12面

K = -3.79170e+001 A 4= 6.82283e-004 A 6=-2.43754e-006
A 8= 8.94031e-007 A12= 9.35952e-010

20

各種データ

ズーム比 4.71

焦点距離	4.12	11.74	19.40
Fナンバー	2.88	5.14	6.08
半画角(度)	39.61	18.26	11.30
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	32.86	31.35	38.48
BF	4.50	4.46	4.42

30

d 4	13.77	2.79	0.45
d10	3.92	13.43	22.94
d12	2.94	2.90	2.86

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-9.60
2	5	9.32
3	11	22.26

40

【 0 0 6 4 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	55.775	0.70	2.03972	40.4
2*	5.373	1.87		
3	8.467	1.45	2.10205	16.8
4	13.401	(可変)		

50

5*	4.589	2.01	1.85135	40.1
6	-40.812	0.68	1.80518	25.5
7	3.771	0.62		
8*	12.507	1.30	1.55332	71.7
9*	-7.711	0.24		
10(絞り)		(可変)		
11*	29.375	1.40	1.58313	59.5
12*	-32.692	(可変)		
13		0.80	1.51633	64.1
14		<u>1.03</u>		
像面				

10

非球面データ

第1面

K = 5.57862e+001 A 4=-7.71380e-005 A 6= 1.48289e-006
 A 8= 5.02698e-009 A10=-2.14727e-010 A12=-6.23872e-012

第2面

K =-9.66332e-001 A 4= 3.61547e-004 A 6= 2.46915e-006
 A 8= 1.71086e-007 A10= 1.14170e-008 A12=-3.31567e-010
 A14= 6.97497e-013

20

第5面

K =-6.43510e-001 A 4= 2.53492e-004 A 6=-1.59481e-005
 A 8= 1.14361e-006 A12=-2.58006e-014

第8面

K =-4.87370e+000 A 4=-1.67198e-003 A 6= 2.35658e-004
 A 8=-6.63398e-005

30

第9面

K = 3.97291e+000 A 4=-7.38132e-004 A 6= 1.60014e-004
 A 8=-5.22186e-005

第11面

K = 2.37665e+001 A 4= 6.12067e-004 A 6=-1.43037e-005
 A 8= 1.73712e-006 A12=-1.68803e-010

第12面

K = 3.74825e+001 A 4= 1.14514e-003 A 6=-1.29988e-005
 A 8= 2.11995e-006 A12= 9.35952e-010

40

各種データ

ズーム比 4.95

焦点距離	3.92	11.64	19.40
Fナンバー	2.88	5.14	6.08
<u>半画角(度)</u>	41.03	18.41	11.30
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	<u>32.99</u>	<u>31.20</u>	<u>38.48</u>

50

BF	<u>4.52</u>	<u>4.47</u>	<u>4.42</u>
d 4	14.12	2.75	0.44
d10	4.08	13.71	23.34
d12	2.96	2.91	2.86

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-9.05
2	5	9.14
3	11	26.76

10

【 0 0 6 5 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	35.211	0.70	2.03972	40.4
2*	4.701	1.62		
3	7.481	1.32	2.10205	16.8
4	12.108	(可変)		
5*	4.480	2.09	1.85135	40.1
6	-17.619	0.47	1.80518	25.5
7	3.782	0.55		
8*	14.413	1.27	1.55332	71.7
9*	-7.155	0.19		
10(絞り)		(可変)		
11*	40.761	1.40	1.58313	59.5
12*	-18.847	(可変)		
13		0.80	1.51633	64.1
14		<u>0.77</u>		

20

30

像面

非球面データ

第1面

K = 1.79697e+001 A 4= 4.65889e-005 A 6=-8.87048e-007
A 8= 1.54431e-008 A10=-9.71293e-010 A12= 5.50899e-012

第2面

K =-9.21491e-001 A 4= 6.51932e-004 A 6= 4.59250e-006
A 8= 2.94972e-007 A10= 1.14170e-008 A12=-7.75143e-010
A14= 6.97497e-013

40

第5面

K =-6.59728e-001 A 4= 2.15749e-004 A 6=-1.96571e-005
A 8=-8.66399e-007 A12= 3.51503e-009

第8面

K =-9.11569e+000 A 4=-1.84052e-003 A 6= 2.67416e-004

50

A 8=-1.87259e-005

第9面

K = 4.02986e+000 A 4=-6.15745e-004 A 6= 2.13941e-004
A 8=-2.15824e-005 A10=-1.19250e-008

第11面

K =-1.38433e+002 A 4= 5.53869e-004 A 6=-5.26681e-005
A 8= 3.16059e-006 A12=-9.81690e-010

10

第12面

K = 1.44537e+001 A 4= 7.69116e-004 A 6=-3.03137e-005
A 8= 2.58150e-006 A12= 9.35952e-010

各種データ

ズーム比 5.14

焦点距離	3.78	11.59	19.40
Fナンバー	2.88	5.14	6.08
半画角(度)	42.09	18.48	11.30
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	31.06	30.49	38.48
BF	4.39	4.40	4.42

20

d 4	13.10	2.48	0.42
d10	3.95	13.99	24.03
d12	3.09	3.10	3.12

ズームレンズ群データ

30

群	始面	焦点距離
1	1	-8.60
2	5	8.74
3	11	22.29

【 0 0 6 6 】

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

40

面番号	r	d	nd	d
1*	93.993	0.70	1.88300	40.8
2*	4.791	1.94		
3	8.772	1.55	2.14352	17.8
4	14.640	(可変)		
5*	4.591	2.50	1.85135	40.1
6	-34.920	0.50	1.80518	25.5
7	3.579	0.63		
8*	9.086	1.30	1.55332	71.7
9*	-9.839	0.46		

50

10(絞り)	(可変)			
11*	22.267	1.40	1.58313	59.5
12*	-59.189	(可変)		
13	50.000	1.00	1.51633	64.1
14	-50.000	(可変)		
15		0.50	1.51633	64.1
16		<u>0.53</u>		
像面				

非球面データ

10

第1面

K = 1.71859e+002 A 4=-1.64078e-004 A 6= 2.06163e-007
 A 8= 4.27964e-008 A10=-6.21705e-011 A12=-1.14345e-011

第2面

K =-1.14617e+000 A 4= 4.28021e-004 A 6=-4.99773e-006
 A 8= 1.14281e-007 A10= 1.14170e-008 A12=-2.52677e-010
 A14= 6.97497e-013

第5面

20

K =-1.12886e+000 A 4= 9.44942e-004 A 6=-3.83783e-006
 A 8= 1.38766e-006

第8面

K =-1.46489e+001 A 4= 1.40536e-003 A 6=-5.22821e-005
 A 8=-4.25627e-005

第9面

K = 4.23754e+000 A 4=-5.39069e-004 A 6= 2.65822e-005
 A 8=-4.24268e-005 A10=-2.01686e-011

30

第11面

K =-3.80856e+000 A 4= 6.85871e-004 A 6=-1.66450e-005
 A 8= 2.03099e-007 A10= 3.89238e-009 A12= 4.75889e-010

第12面

K =-2.93401e+002 A 4= 7.21385e-004 A 6=-1.02932e-005
 A 8=-8.49219e-008 A12= 9.35952e-010

各種データ

40

ズーム比 4.71

焦点距離	4.12	11.79	19.40
Fナンバー	2.88	5.14	6.08
<u>半画角(度)</u>	39.61	18.20	11.30
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	<u>33.80</u>	<u>32.39</u>	<u>39.82</u>
BF	<u>1.36</u>	<u>1.86</u>	<u>2.37</u>

d 4 14.04 2.83 0.46

50

d10	3.84	13.84	23.84
d12	2.58	1.87	1.17
d14	0.50	1.00	1.51

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-9.57
2	5	9.47
3	11	27.92
4	13	48.58

【 0 0 6 7 】

【表 1】

表 1

条件式		条件式範囲		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
		下限値	上限値					
	f1			-9.64	-9.60	-9.05	-8.60	-9.57
	f2			9.31	9.32	9.14	8.74	9.47
	f3			22.93	22.26	26.76	22.29	27.92
	f _w			4.18	4.12	3.92	3.78	4.12
	f _t			16.43	19.40	19.40	19.40	19.40
	f4							48.58
(1)	f1/f _T	-0.60	-0.10	-0.59	-0.49	-0.47	-0.44	-0.49
(2)	式値	-0.0200	-0.0040	-0.0041	-0.0041	-0.0055	-0.0055	-0.0041
	$\theta_{g,F11}$			0.565	0.565	0.540	0.540	0.565
	ν_{d11}			40.8	40.8	40.4	40.4	40.8
	$\theta_{g,F12}$			0.659	0.659	0.671	0.671	0.659
	ν_{d12}			17.8	17.8	16.8	16.8	17.8
(3)	$\nu_{d11} - \nu_{d12}$	15	40	23.0	23.0	23.6	23.6	23.0
(4)	$(Nd11 + Nd12) / 2$	1.90	2.30	2.01	2.01	2.07	2.07	2.01
	Nd11			1.88	1.88	2.04	2.04	1.88
	Nd12			2.14	2.14	2.10	2.10	2.14
(5)		0.75	1	0.903414	0.895099	0.824249	0.764442	0.902993
(6)		0.4	0.8	0.770235	0.745843	0.612552	0.488227	0.730467
(7)	$ f1 / f3$	0.30	0.50	0.42	0.43	0.34	0.39	0.34
(8)	$ f1 / f2$	0.90	1.20	1.04	1.03	0.99	0.98	1.01
(9)	f2/f3	0.25	0.50	0.41	0.42	0.34	0.39	0.34

【符号の説明】

【 0 0 6 8 】

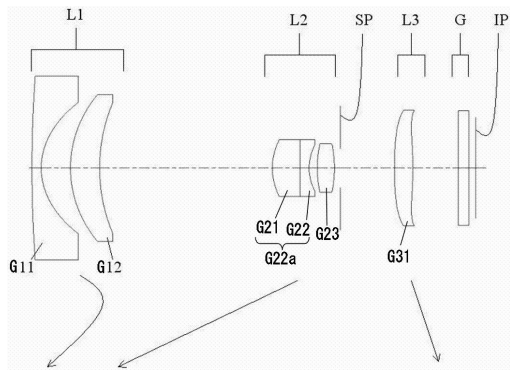
L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群 L 3 第 3 レンズ群
 L 4 第 4 レンズ群

10

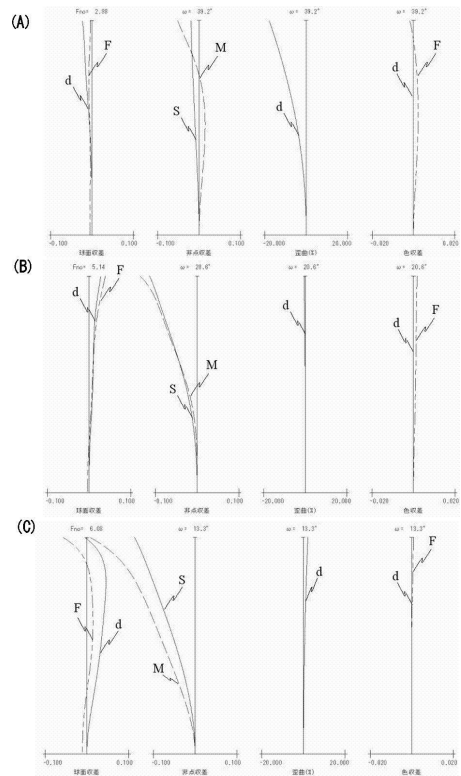
20

30

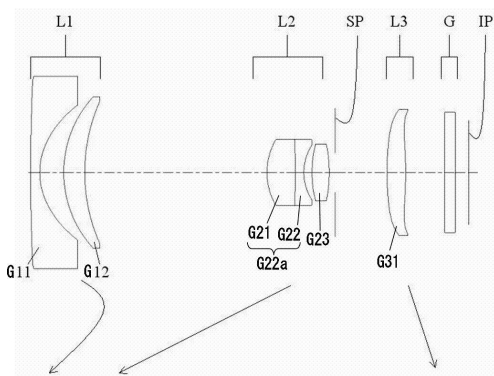
【図 1】



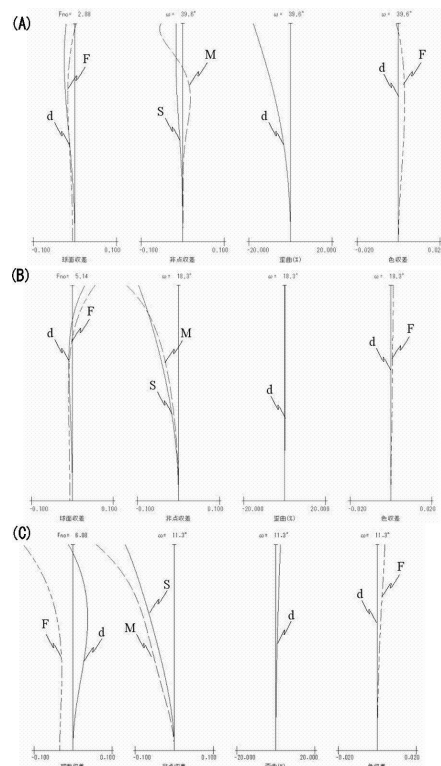
【図 2】



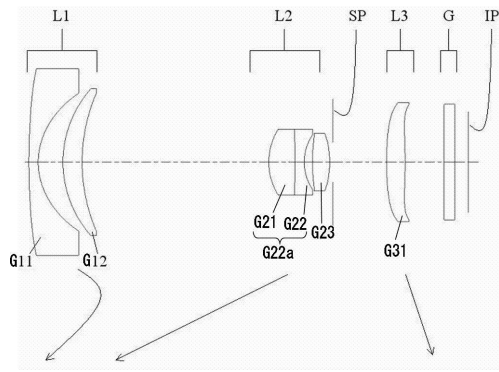
【図 3】



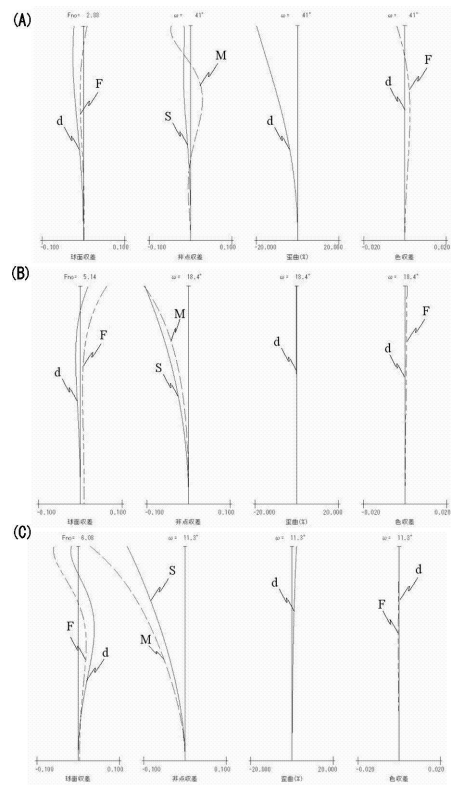
【図 4】



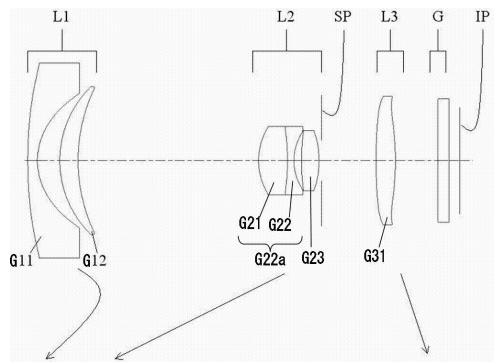
【図 5】



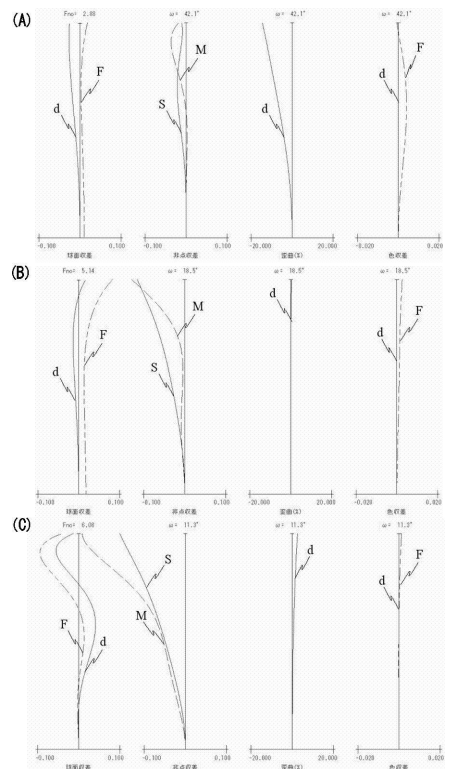
【図 6】



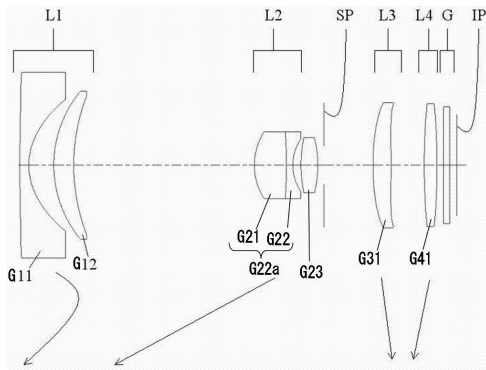
【図 7】



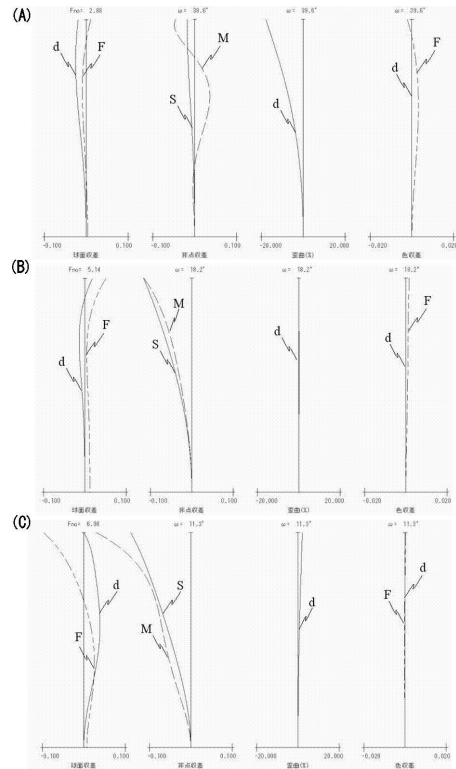
【図 8】



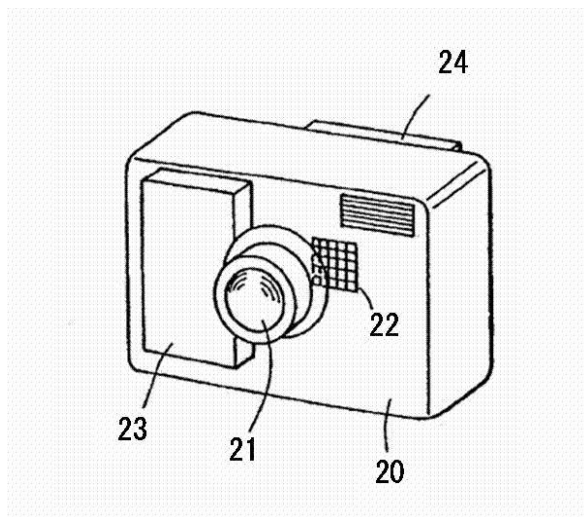
【図 9】



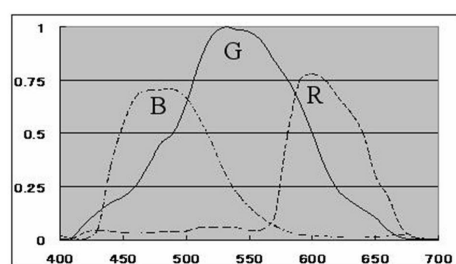
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-091948(JP,A)
特開2010-237454(JP,A)
特開2006-065034(JP,A)
特開2009-163222(JP,A)
国際公開第2009/096152(WO,A1)
特開2010-060894(JP,A)
特開2010-085875(JP,A)
国際公開第2011/001663(WO,A1)
特開2011-017848(JP,A)
特開2012-168343(JP,A)
特開2012-123270(JP,A)
国際公開第2009/096156(WO,A1)
特開2006-010895(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