

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6071473号
(P6071473)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 11 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-259490 (P2012-259490)
 (22) 出願日 平成24年11月28日 (2012.11.28)
 (65) 公開番号 特開2014-106390 (P2014-106390A)
 (43) 公開日 平成26年6月9日 (2014.6.9)
 審査請求日 平成27年11月11日 (2015.11.11)

(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 篠原 健志
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に配置された、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レンズ群から構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成され、

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの焦点距離を f_{1p} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{12} 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{21} 、前記第1レンズ群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光軸上の距離を D_1 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面と前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の光軸上の距離を d_{12} とするとき、

$$4.6 < f_{1p} / f_w < 9.0$$

$$-0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01$$

$$0.56 \leq d_{12} / D_1 < 0.7$$

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】

物体側より像側へ順に配置された、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レンズ群から構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の

間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成され、

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの焦点距離を f_{1p} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{12}

、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{21} とするとき、

$$4.6 < f_{1p} / f_w < 9.0$$

$$-0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01$$

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3】

物体側より像側へ順に配置された、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レンズ群から構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成され、

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの焦点距離を f_{1p} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{12} 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{21} とするとき、

$$4.6 < f_{1p} / f_w < 9.0$$

$$-0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01$$

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4】

前記第1レンズ群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光軸上の距離を D_1 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面と前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の光軸上の距離を d_{12} とするとき、

$$0.5 < d_{12} / D_1 < 0.7$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項2または3に記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記第3レンズ群は1枚の正レンズから構成され、前記第3レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面と、像側のレンズ面の曲率半径を各々 r_{31} 、 r_{32} とするとき、

$$0.40 < (r_{31} - r_{32}) / (r_{31} + r_{32}) < 0.95$$

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3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$3.5 < f_3 / f_w < 7.0$$

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2レンズ群の広角端における横倍率を $2w$ とするとき、

$$-0.58 < 2w < -0.30$$

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】

10

20

30

40

50

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数を 1 p とするとき、
 $1 p < 2.0$
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。

【請求項9】

像振れ補正に際して、前記第2レンズ群の全体あるいは一部が光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向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】

請求項1乃至9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撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。 10

【請求項11】

広角端における有効像円径が望遠端における有効像円径よりも小さいことを特徴とする請求項10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、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、フィルム用カメラ、TVカメラ、監視用カメラ等に用いられる撮像光学系として好適なものである。 20

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系は、広画角、高ズーム比で全系が小型のズームレンズであることが要望されている。またこの種の撮像装置には、レンズ最後部と撮像素子との間にローパスフィルタや色補正フィルタなどの各種光学部材を配置する為、それに用いる撮像光学系はバックフォーカスが長いことが要求される。全系が小型で広画角、高ズーム比のズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）ネガティブリード型のズームレンズが知られている。 30

【0003】

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レンズ群より成る3群ズームレンズが知られている。この3群ズームレンズにおいて、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3つ又は4つのレンズより構成し、第3レンズ群を1つの正レンズより構成した小型で広画角の3群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。 40

【0004】

特許文献1では、広角端の撮影画角53.7°、ズーム比2.8程度の小型の3群ズームレンズを開示している。特許文献2では広角端の撮影画角30度～35度、ズーム比2.8～3.8程度の小型のズームレンズを開示している。近年、撮像装置においては、諸収差のうち歪曲収差の補正を行わず、撮像素子から得られる画像を電気的に画像処理で補正し、高画質化の画像を得ることが行われている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-170826号公報

【特許文献2】特開2010-85875号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

20

30

40

50

近年、撮像装置に用いられるズームレンズは、全系が小型で広画角、高ズーム比であることが強く要望されている。前述したネガティブリード型の3群ズームレンズにおいて全系の小型化及び高ズーム比化を図るには、ズームレンズを構成する各レンズ群のレンズ構成や各レンズ群の結像倍率等を適切に設定することが重要になってくる。例えば、変倍に伴う像面変動を補正する第1レンズ群の構成や、変倍用の第2レンズ群の広角端における結像倍率、第3レンズ群の構成等を適切に設定することが重要である。

【0007】

これらの構成が不適切であると全系の小型化及び広画角化、高ズーム比化を図りつつ、高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

【0008】

本発明は、レンズ系全体がコンパクトで、また高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置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】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、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レンズ群から構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成され、

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの焦点距離を f_{1p} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{12} 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{21} 、前記第1レンズ群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光軸上の距離を D_1 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面と前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の光軸上の距離を d_{12} とするとき、

$$\begin{aligned} 4.6 < f_{1p} / f_w < 9.0 \\ -0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01 \\ 0.56 \quad d_{12} / D_1 < 0.7 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、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レンズ群から構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成され、

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの焦点距離を f_{1p} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{12} 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{21} とするとき、

$$\begin{aligned} 4.6 < f_{1p} / f_w < 9.0 \\ -0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、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レンズ群から構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成され、

10

20

30

40

50

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの焦点距離を $f_1 p$ 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{12} 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{21} とするとき、

$$4.6 < f_1 p / f_w < 9.0$$

$$-0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01$$

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】

【0010】

本発明によれば、レンズ系全体がコンパクトで、また高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。 10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例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】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図4】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例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】本発明の数値実施例3のレンズ断面図

20

【図6】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例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】本発明の数値実施例4のレンズ断面図

【図8】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例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】本発明の数値実施例5のレンズ断面図

【図10】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例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概略図

【発明を実施するための形態】

30

【0012】

以下に本発明の好ましい実施形態を添付の図面に基づ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配置された、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レンズ群から構成されている。そして、ズーミングに際し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

【0013】

具体的には、広角端から望遠端へのズーム位置へのズーミングに際して、第1レンズ群L1が像側に凸状の軌跡を描いて移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第2レンズ群L2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L3は像側に凸状の軌跡を描いて移動している。 40

【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3.81、開口比(Fナンバー)2.82~6.05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3.81、開口比2.83~5.98程度のズームレンズである。 50

【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4.12、開口比2.70~5.98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4.00、開口比2.79~5.98程度のズームレンズである。

10

【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3.88、開口比3.03~6.60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】

レンズ断面図において、L1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、L2は正の屈折力の第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。GBは光学フィルタ、フェースプレート、水晶ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等に相当する光学ブロックである。

20

【0020】

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。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。収差図のうち球面収差図において、実線はd線、二点鎖線はF線である。非点収差図においてM、Sは各々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、g線によって表している。FnoはFナンバー、は半画角(度)である。

30

【0021】

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L2)が機構上、光軸上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。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】

各実施例のズームレンズでは、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1レンズ群L1が像側に凸状の軌跡を描いて移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第2レンズ群L2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L3は像側に凸状の軌跡を描いて移動している。

40

【0023】

また、第3レンズ群L3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式を採用している。第3レンズ群L3に関する実線の曲線3aと点線の曲線3b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変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。また望遠端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3cに示すように第3レンズ群L3を前方に繰り出すことで行っている。尚、第1レンズ群L1はフォーカスの為には光軸方向に不動であるが、収差補正上必要に応じて移動させてもよい。

【0024】

50

また、像ぶれ補正に際して、第2レンズ群L2の全体または一部が光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動する。即ちズームレンズが振動したときに生ずる画像のぶれを補正している。

【0025】

本発明のズームレンズは、広画角、高ズーム比でありながら全系がコンパクトであることが特徴である。従来、物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群よりなるポジティブリードタイプの4群ズームレンズがある。この4群ズームレンズに比べて物体側から像側へ順に負、正、正の屈折力のレンズ群よりなるネガティブリードタイプの3群ズームレンズの方が構成レンズ枚数が少なくなる分、全系のコンパクト化には適している。また、広画角化に対しても、前述のネガティブリードタイプの3群ズームレンズの方が小さい前玉有効径で広く光線を取り込める為、有利である。10

【0026】

一方、ズームレンズを広画角化すると広角端において、像面湾曲、歪曲収差といった諸収差が増大する。このうち、歪曲収差の発生を許容し、歪曲収差を電気的に補正する方法をとれば、特に第1レンズ群の形状を適切に設定することで像面湾曲を効果的に補正することが容易になる。具体的には、全系のコンパクト化のために第1レンズ群L1内の各レンズの屈折力を強めると、第1レンズ群L1内の空気レンズにおいて特に物体側のレンズ面の曲率がきつくなる（曲率半径が小さくなる）。各実施例ではこのときレンズ面の曲率を緩くすることで最周辺の像面湾曲の悪化を軽減している。20

【0027】

また、第1レンズ群L1内のパワー配置を適切に設定することで広角端において像面湾曲と望遠端において球面収差、中間のズーム位置において、コマ収差を良好に補正している。具体的には、第1レンズ群L1内の正レンズのパワーを緩める事で負の歪曲収差の発生を許容し、広角端において像面湾曲と高ズーム比化した際の望遠側において諸収差の発生を軽減している。これら2つの条件を満たす事で広角端において歪曲収差を許容しつつ、諸収差を良好に補正することを容易にしている。20

【0028】

本発明のズームレンズは、広画角であり、高ズーム比（例えばズーム比4程度）に対応し、全系のコンパクト化を図るために以下の構成をとっている。第1レンズ群L1は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズから構成される。第1レンズ群L1に含まれる正レンズの焦点距離をf1p、広角端における全系の焦点距離をfw、第1レンズ群L1に含まれる負レンズの像側のレンズ面の曲率半径をr12、第1レンズ群L1に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径をr21とする。30

【0029】

このとき、

$$4.6 < f_{1p} / fw < 9.0 \quad \dots (1)$$

$$-0.08 < (r_{12} - r_{21}) / (r_{12} + r_{21}) < -0.01 \dots (2)$$

なる条件式を満足する。

【0030】

全系のコンパクト化を図りつつ、広画角化を図るには広角端において光線がレンズの周辺部を通過する第1レンズ群L1のレンズ構成を適切に設定することが重要である。特に第1レンズ群L1内のレンズ形状、パワー配置は広画角化した際の画角による像面湾曲の変化の補正に対して重要である。40

【0031】

条件式(1)は、第1レンズ群L1内の正レンズのパワーに関する。条件式(1)は特に望遠端において球面収差、軸上色収差を良好に補正するためのものである。条件式(1)の下限値を下回ると、正レンズのパワーが強まり、歪曲収差の補正は容易となるが、望遠端において球面収差を補正するのが困難となる。また、望遠端において軸上色収差、広角端において倍率色収差をバランス良く補正するのが困難となる。

【0032】

50

50

50

50

一方、条件式(1)の上限値を上回ると、正レンズのパワーが弱まり、望遠端において球面収差の補正は容易となるが、第1レンズ群L1内の負レンズのパワーも弱める必要があり、望遠端において軸上色収差の補正が困難となる。また、広角端において倍率色収差を補正する上で第1レンズ群L1の負レンズと正レンズの間隔を広く空ける必要があり、全系が大型化してくる。

【0033】

条件式(2)は、第1レンズ群L1の負レンズと正レンズで形成される空気レンズの形状に関する。条件式(2)は広角端において像面湾曲と歪曲収差を良好に補正するためのものである。条件式(2)の下限値を下回ると、空気レンズの物体側のレンズ面の曲率がきつくなり（曲率半径が小さくなり）、広角端において像面湾曲の補正が困難となる。一方、条件式(2)の上限値を上回ると、空気レンズの物体側のレンズ面の曲率が緩くなり（曲率半径が大きくなり）、歪曲収差の補正が容易になるが、第1レンズ群L1のパワーが弱まり、レンズ全長、前玉有効径が増大してくる。

10

【0034】

以上のように各実施例によれば全系の小型化と高ズーム比化を図りつつ、ズーム領域全域に渡り像面湾曲が良好に補正された高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

【0035】

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。第3レンズ群L3は1枚の正レンズから構成され、第3レンズ群L3の正レンズの物体側のレンズ面と、像側のレンズ面の曲率半径を各々r31、r32とする。

20

【0036】

第3レンズ群L3の焦点距離をf3とする。第1レンズ群L1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光軸上の距離をD1、第1レンズ群L1に含まれる負レンズの像側のレンズ面と第1レンズ群L1に含まれる正レンズの物体側のレンズ面の光軸上の距離をd12とする。第2レンズ群L2の広角端における横倍率を2wとする。第1レンズ群L1に含まれる正レンズの材料のアッペ数を1p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。

【0037】

$$0.40 < (r_{31} - r_{32}) / (r_{31} + r_{32}) < 0.95 \quad \dots (3)$$

$$3.5 < f_3 / f_w < 7.0 \quad \dots (4)$$

$$0.5 < d_{12} / D_1 < 0.7 \quad \dots (5)$$

$$-0.58 < 2w < -0.30 \quad \dots (6)$$

$$1p < 20 \quad \dots (7)$$

30

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0038】

各実施例では第3レンズ群L3にてフォーカスを行っている。条件式(3)は、第3レンズ群L3の正レンズのレンズ形状に関する。条件式(3)はフォーカシングに際しての光学性能の変化を少なくするためのものである。条件式(3)の下限値を下回ると、像側のレンズ面の凸のメニス形状が強まり、望遠端において無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して像面湾曲の変動が大きくなる。

40

【0039】

一方、条件式(3)の上限値を上回ると、正レンズが両凸形状に近づき、望遠端において、フォーカシングに際して像面湾曲の変動は軽減されるが、広角端においてフォーカシングに際して像面湾曲の変動が増大してくる。

【0040】

条件式(4)は、第3レンズ群L3のパワー（屈折力）に関する。条件式(4)はフォーカシングに際しての像面湾曲の変化を軽減するためのものである。条件式(4)の下限値を下回ると、第3レンズ群L3のパワーが強まり、フォーカシングに際しての移動量が小さくなる為、全系のコンパクト化は容易になるが、望遠側において像面湾曲の補正が困難となる。一方、条件式(4)の上限値を上回ると、第3レンズ群L3のパワーが弱まり

50

、フォーカシングに際しての移動量が増加し、全系のコンパクト化が困難になるとともにフォーカシングに際して像面湾曲の変化が増大してくる。

【0041】

条件式(5)は、第1レンズ群L1の負レンズと正レンズの空気間隔に関する。条件式(5)は、全系のコンパクト化を図りつつ、望遠端において球面収差を良好に補正するためのものである。条件式(5)の下限値を下回ると、第1レンズ群L1の負レンズと正レンズの空気間隔が狭まる為、全系のコンパクト化は容易になる。広角端において倍率色収差を補正するために各レンズのパワーを強めなければならず、望遠端において球面収差の補正が困難となる。一方、条件式(5)の上限値を上回ると、第1レンズ群L1の負レンズと正レンズの空気間隔が広がる為、全系のコンパクト化が困難になる。

10

【0042】

条件式(6)は第2レンズ群L2の横倍率に関する。条件式(6)は主に像面湾曲を良好に補正するためのものである。条件式(6)の下限値を下回ると、ズーミングに際しての第2レンズ群L2の望遠端側での繰り出し量が大きくなってしまい、レンズ全長が増大してくる。一方、上限値を上回ると、広角端側において第1レンズ群L1が物体側に多く繰り出す為、前玉有効径の増大してくる。また、ズーミングに際して像面湾曲の変動が大きくなってくる。

【0043】

条件式(7)は、第1レンズ群L1の正レンズの材料に関する。条件式(7)は主に広角端において倍率色収差を望遠端において軸上色収差を良好に補正するためのものである。条件式(7)の上限値を上回ると、広角端において倍率色収差を望遠端において軸上色収差を良好に補正するのが困難になる。

20

【0044】

尚、各数値実施例において、収差補正上更に好ましくは、条件式(1)乃至条件式(8)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0045】

4.65 < f1p / fw < 8.80	• • • (1a)
-0.07 < (r12 - r21) / (r12 + r21) < -0.01	• • • (2a)
0.45 < (r31 - r32) / (r31 + r32) < 0.90	• • • (3a)
3.8 < f3 / fw < 6.8	• • • (4a)
0.51 < d12 / D1 < 0.69	• • • (5a)
-0.57 < 2w < -0.32	• • • (6a)
1p < 19	• • • (7a)

30

より更に好ましくは、条件式(1a)乃至条件式(8a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0046】

4.7 < f1p / fw < 8.6	• • • (1b)
-0.07 < (r12 - r21) / (r12 + r21) < -0.02	• • • (2b)
0.50 < (r31 - r32) / (r31 + r32) < 0.85	• • • (3b)
4.0 < f3 / fw < 6.5	• • • (4b)
0.51 < d12 / D1 < 0.68	• • • (5b)
-0.56 < 2w < -0.34	• • • (6b)
10 < 1p < 19	• • • (7b)

40

尚、条件式(5)に関しては後述する表1に示す実施例2の数値に基づいて

0.56 d12 / D1 < 0.7	• • • (5x)
---------------------	------------

とするのが良い。

各数値実施例では以上のように各レンズ群を構成することによって、広画角であり、また、ズーム比4倍程度に対応した全系がコンパクトなズームレンズが得られる。

【0047】

次に各レンズ群のレンズ構成について説明する。第1レンズ群L1は物体側から像側へ

50

順に、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズと物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。どちらのレンズも球面形状よりなっている。

【0048】

各実施例のズームレンズでは全系を小型とするために第1レンズ群L1の負の屈折力を強めている。即ち負の屈折力の絶対値を大きくしている。このとき、第1レンズ群L1内で諸収差が多く発生する。特に広角端において像面湾曲が多く発生してくる。そこで第1レンズ群L1の負レンズと正レンズの空気間隔を大きくし、各レンズのパワー（屈折力）を緩めることで諸収差の発生を低減している。また、負レンズと正レンズに高屈折率の材料を使用することで各レンズ面の曲率を緩くする事で諸収差の発生を低減している。

【0049】

第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に配置された、物体側の面が凸で非球面形状の正レンズと像側の面が凹形状の負レンズとを接合した接合レンズ、物体側の面が凸で両レンズ面が非球面形状の正レンズで構成している。又は物体側の面が凸で非球面形状の正レンズ、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とを接合した接合レンズ、物体側の面が凸で両レンズ面が非球面形状の正レンズで構成している。

【0050】

各実施例のズームレンズでは広角端において広い画角を得ながら第1レンズ群L1の有効径を小型にするために第2レンズ群L2の正の屈折力を強めている。即ち正の屈折力の絶対値を大きくしている。このとき第2レンズ群L2で諸収差が多く発生する。特に全ズーム範囲で球面収差、コマ収差、広角端において像面湾曲が多く発生してくる。

【0051】

各実施例では第2レンズ群L2の最も物体側に材料の屈折率が1.8を越える非球面形状の正レンズを使用することで、球面収差の発生を低減している。また、最も像側に非球面形状の正レンズを使用することでコマ収差、像面湾曲の発生を低減している。このようなレンズ構成により広角化を図りながら前玉有効径の小型化と高い光学性能を得ている。

【0052】

第3レンズ群L3は物体側が凹形状の1つの正レンズで構成している。各実施例のズームレンズでは、少ないレンズ枚数で第3レンズ群L3を構成することで全系の薄型化、及び軽量化を図っている。特に物体側が凸でメニスカス形状とすることで、広角端において無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングの際に生ずる球面収差の変動を像面湾曲の変動と合わせて画面全体にわたり高い光学性能を得ている。

【0053】

さらに、本発明が提案するズームレンズは、歪曲収差や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（結像位置）と合わせて使用しても良い。これによれば、全ズーム領域でさらに高い光学性能を得るのが容易となる。また、広角端における有効像円径が望遠端における有効像円径よりも小さくしても良い。

【0054】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルカメラ（撮像装置）の実施形態を図11を用いて説明する。図11において、20はデジタルカメラ本体、21は上述の実施形態のズームレンズによって構成された撮影光学系、22は撮影光学系21によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子である。23は撮像素子22が受光した被写体像を記録する記録手段、24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。

【0055】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子22上に形成された被写体像が表示される。また本発明のズームレンズはクイックリターンミラーのないミラーレスのデジタルカメラにも適用することができる。このように本発明のズームレンズをデジタル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を実現している。

【0056】

10

20

30

40

50

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す。

【0057】

数値実施例において r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 $n_{d,i}$ と d_i は各々物体側より順に第 i 番目のレンズの材料の d 線に対する屈折率、アッベ数である。また、もっとも像側の 4 面は水晶ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等のフィルタ部材である。バックフォーカス B_F は最終レンズ面から像面までの空気換算の距離で示している。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、 A_4, A_6, A_8, A_{10} を各々非球面係数としたとき、

10

【0058】

【数 1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A_4 \times H^4 + A_6 \times H^6 + A_8 \times H^8 + A_{10} \times H^{10}$$

【0059】

なる式で表している。また、[e+X] は [× 10⁺] を意味し、[e-X] は [× 10⁻] を意味している。非球面は面番号の後に*を付加して示す。

【0060】

20

各実施例において間隔 d_5 が負になっているが、これは物体側から像側へ順に開口絞り S_P、第 2 レンズ群 L_2 の最も物体側のレンズと数えたためである。又前述の各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【0061】

数値実施例 1

面データ

面番号	r	d	n_d	d
1	78.180	0.80	1.88300	40.8
2	6.510	1.71		
3	7.133	0.78	1.95906	17.5
4	9.531	(可変)		
5		-0.34		
6*	4.133	2.23	1.86400	40.6
7	11.473	0.50	1.80809	22.8
8	2.964	0.30		
9*	3.894	0.83	1.74330	49.3
10*	12.022	(可変)		
11	-147.051	1.10	1.77250	49.6
12	-15.764	(可変)		
13		0.30	1.51633	64.1
14		0.70		
15		0.50	1.51633	64.1
16		0.39		

30

像面

非球面データ

第6面

$$K = -1.81769e-001 \quad A_4 = -1.12749e-004 \quad A_6 = 2.37413e-005$$

K = -5.05375e-001 A 4= 4.51443e-003 A 6= 1.74164e-004 A 8= 1.00075e-004

第10面

K = 2.40906e+001 A 4= 3.71651e-003 A 6= 1.36437e-004 A 8= 1.47248e-004 A10= -4.27603e-006

各種データ

ズーム比 3.81

焦点距離	5.15	12.40	19.60	
Fナンバー	2.82	4.51	6.05	
半画角(度)	32.29	17.36	11.18	
レンズ全長	30.52	27.42	31.05	
BF	4.68	3.56	4.18	
d 4	13.97	4.26	1.28	
d10	3.96	11.69	17.68	
d12	3.06	1.94	2.56	

10

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-12.30
2	5	9.12
3	11	22.77
4	13	

【0062】

数値実施例2

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	60.188	0.80	1.88300	40.8
2	6.495	1.98		
3	7.036	0.73	1.95906	17.5
4	8.973	(可変)		
5(絞り)		-0.34		
6*	5.297	0.95	1.83613	42.8
7	13.941	0.20		
8	4.629	1.22	1.57490	62.0
9	7.490	0.50	1.80809	22.8
10	2.861	0.63		
11*	5.026	0.75	1.76802	49.2
12*	11.680	(可変)		
13	-79.942	1.11	1.69680	55.5
14	-14.371	(可変)		
15		0.30	1.51633	64.1
16		0.70		
17		0.50	1.51633	64.1
18		0.39		

40

50

像面

非球面データ

第6面

K = -7.70586e-001 A 4= 2.60274e-004 A 6= 8.18122e-006

第11面

K = -5.08305e-001 A 4= 4.87000e-003 A 6= 1.01546e-004 A 8= 1.28427e-004

第12面

10

K = 1.17165e+001 A 4= 3.73331e-003 A 6= 2.17553e-005 A 8= 1.50649e-004 A10= 1.22259e-006

各種データ

ズーム比	3.81			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	5.15	12.45	19.60	
Fナンバー	2.83	4.51	5.98	
半画角(度)	32.29	17.28	11.18	
レンズ全長	31.25	27.90	31.42	20
BF	4.68	3.26	4.12	
d 4	14.30	4.36	1.29	
d12	3.74	11.75	17.48	
d14	3.06	1.63	2.50	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	-12.15		30
2	5	9.23		
3	13	24.97		
4	15			

【0063】

数値実施例3

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	99.796	0.80	1.88300	40.8	40
2	6.657	2.10			
3	7.274	0.75	2.10205	16.8	
4	8.848	(可変)			
5		-0.34			
6*	4.198	2.20	1.86400	40.6	
7	10.479	0.50	1.80809	22.8	
8	2.994	0.28			
9*	4.017	1.08	1.74330	49.3	
10*	14.822	(可変)			
11	-90.614	1.31	1.65602	58.0	50

12 -14.383 (可变)
 13 0.30 1.51633 64.1
 14 0.70
 15 0.50 1.51633 64.1
 16 0.39

像面

非球面データ

第6面

K = -2.38508e-001 A 4=-1.39297e-004 A 6= 2.23709e-005

10

第9面

K = -6.24090e-001 A 4= 4.38804e-003 A 6= 1.89934e-004 A 8= 6.68400e-005

第10面

K = 3.64896e+001 A 4= 3.08308e-003 A 6= 2.10578e-004 A 8= 7.45452e-005 A10= -7.81122e-007

各種データ

ズーム比	4.12			20
	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.75	12.29	19.60	
Fナンバー	2.70	4.46	5.98	
半画角(度)	33.12	17.49	11.18	
レンズ全長	31.76	28.09	31.96	
BF	4.67	3.03	4.09	
d 4	14.85	4.30	1.28	
d10	3.57	12.10	17.93	
d12	3.05	1.41	2.47	30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	-11.56	
2	5	9.01	
3	11	25.89	
4	13		

20

30

【0064】

数値実施例4

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	67.383	0.80	1.88300	40.8
2	6.407	2.33		
3	6.797	0.76	2.10205	16.8
4	7.894	(可变)		
5		-0.34		
6*	3.988	2.24	1.86400	40.6

40

50

7	12.813	0.50	1.80518	25.4
8	2.822	0.32		
9*	3.817	1.05	1.59201	67.0
10*	40.180	(可変)		
11	-47.476	1.34	1.56384	60.7
12	-12.398	(可変)		
13		0.30	1.51633	64.1
14		0.70		
15		0.50	1.51633	64.1
16		0.39		

10

像面

非球面データ

第6面

K = -2.53873e-001 A 4=-1.53211e-004 A 6= 1.84720e-005

第9面

K = 3.46060e-001 A 4= 2.05396e-003 A 6= 1.89513e-004 A 8= 1.14561e-004

第10面

20

K = 2.79282e+002 A 4= 3.43106e-003 A 6= 3.38359e-004 A 8= 1.55660e-004 A10= 2.57003e-006

各種データ

ズーム比	4.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.55	11.53	18.22
Fナンバー	2.79	4.53	5.98
半画角(度)	34.26	18.57	12.01
レンズ全長	31.38	27.34	30.55
BF	4.68	2.72	4.09
d 4	14.61	4.32	1.28
d10	3.09	11.30	16.18
d12	3.06	1.10	2.47

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-11.02
2	5	8.70
3	11	29.35
4	13	

40

【0065】

数値実施例5

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	67.588	0.80	1.88300	40.8

50

2	7.202	1.98		
3	7.920	0.86	1.95906	17.5
4	10.420	(可変)		
5		-0.34		
6*	4.127	1.89	1.86400	40.6
7	8.361	0.50	1.80809	22.8
8	2.998	0.29		
9*	4.201	0.86	1.74330	49.3
10*	12.525	(可変)		
11	-399.510	1.02	1.75500	52.3
12	-18.652	(可変)		10
13		0.30	1.51633	64.1
14		0.70		
15		0.50	1.51633	64.1
16		0.40		
像面				

非球面データ

第6面

K = -9.08659e-002 A 4=-3.08749e-004 A 6= 1.77505e-005

20

第9面

K = -4.23334e-001 A 4= 4.44311e-003 A 6= 2.05338e-004 A 8= 4.54727e-005

第10面

K = 9.80376e+000 A 4= 4.08661e-003 A 6= 3.23992e-004 A 8= 5.28840e-005 A10= 1.58454e-006

各種データ

ズーム比	3.88			30
	広角	中間	望遠	
焦点距離	6.08	14.81	23.60	
Fナンバー	3.03	4.86	6.60	
半画角(度)	29.85	14.66	9.32	
レンズ全長	34.09	30.82	35.40	
BF	4.67	3.59	3.81	
d 4	15.45	4.44	1.28	
d10	6.11	14.93	22.45	
d12	3.05	1.96	2.19	40

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-13.85
2	5	10.35
3	11	25.89
4	13	

50

【0066】

【表1】

表1

条件式	実施例				
	1	2	3	4	5
(1) f_{1p}/fw	4.95	5.57	6.25	7.34	7.14
(2) $(r_{12}-r_{21})/(r_{12}+r_{21})$	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03
(3) $(r_{31}-r_{32})/(r_{31}+r_{32})$	0.81	0.70	0.73	0.61	0.59
(4) f_3/fw	4.42	4.85	5.45	6.29	6.45
(5) d_{12}/D_1	0.52	0.56	0.58	0.62	0.60
(6) β_{2w}	-0.53	-0.52	-0.50	-0.47	-0.49
(7) ν_{1p}	17.5	17.5	16.8	16.8	17.5

【符号の説明】

【0067】

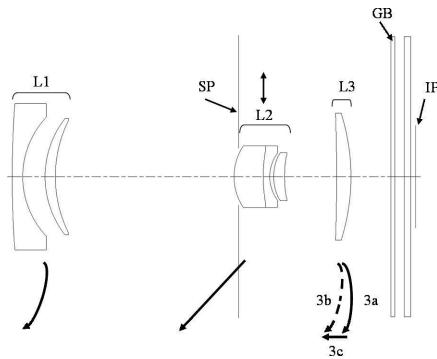
L1 第1レンズ群

L2 第2レンズ群

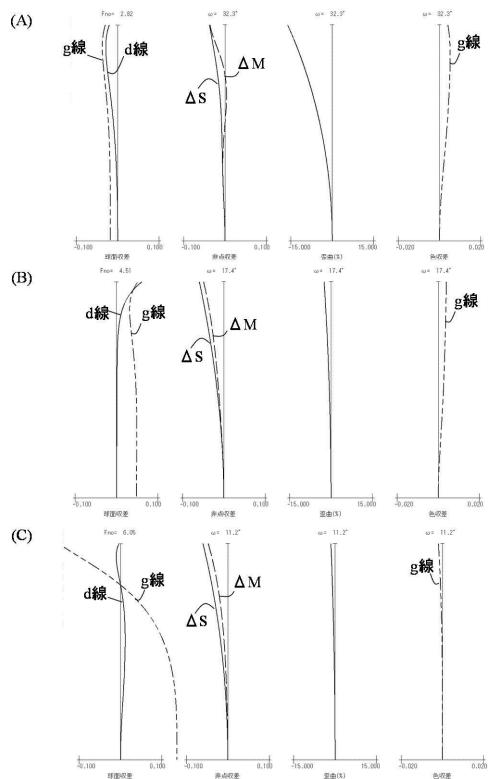
L3 第3レンズ群

10

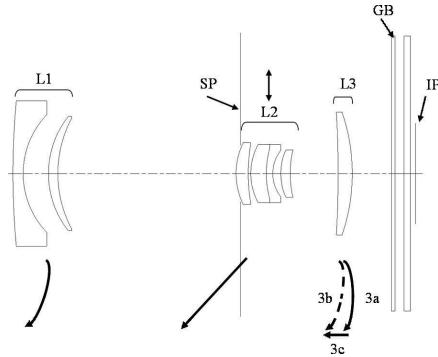
【図1】



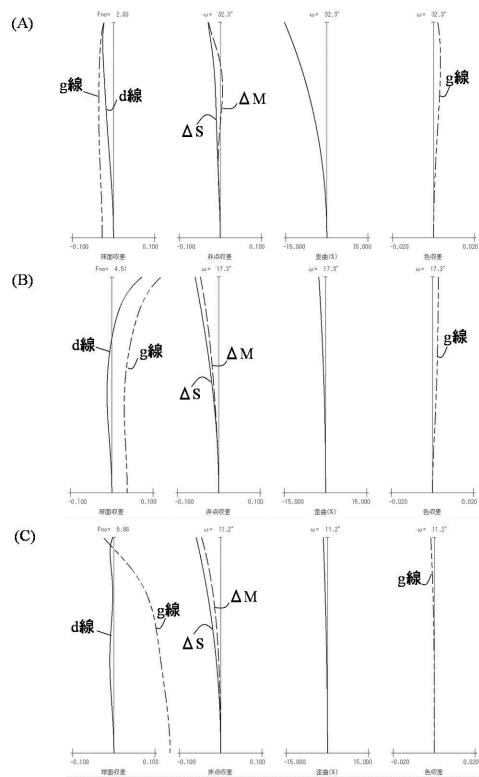
【図2】



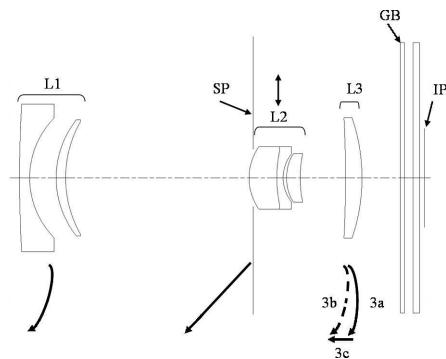
【図3】



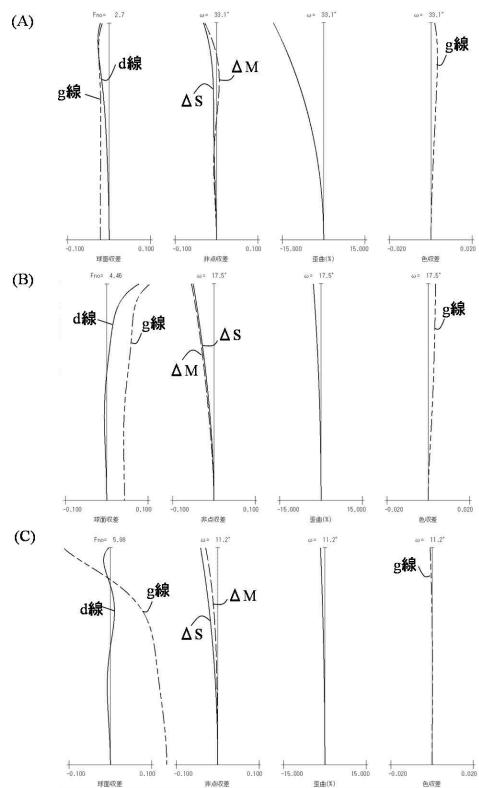
【図4】



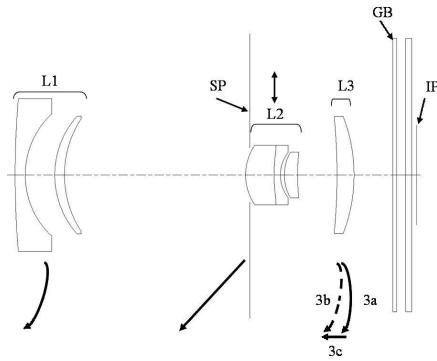
【図5】



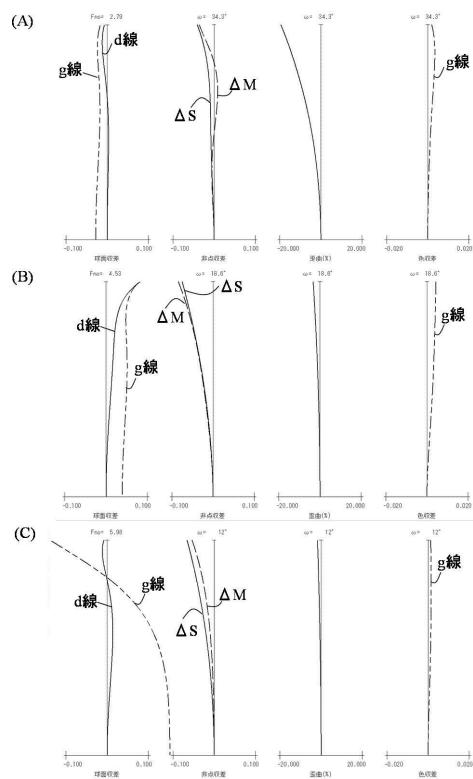
【図6】



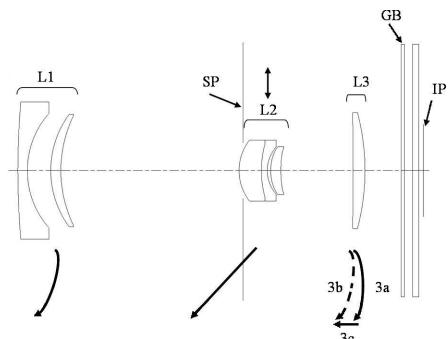
【図7】



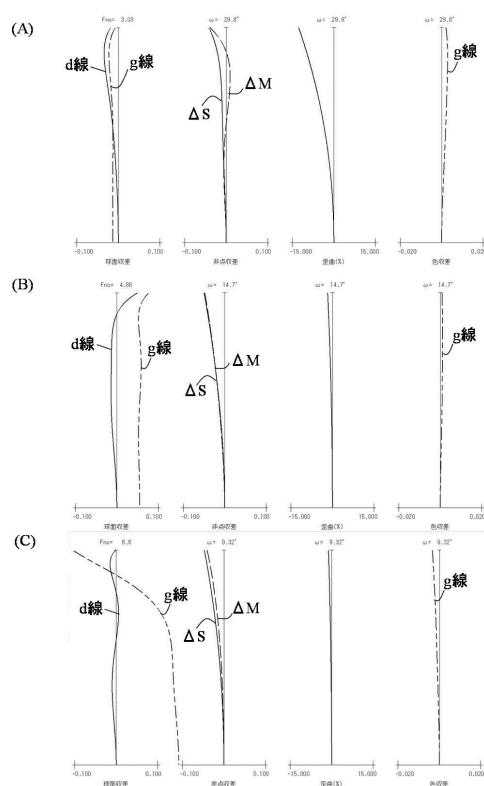
【図8】



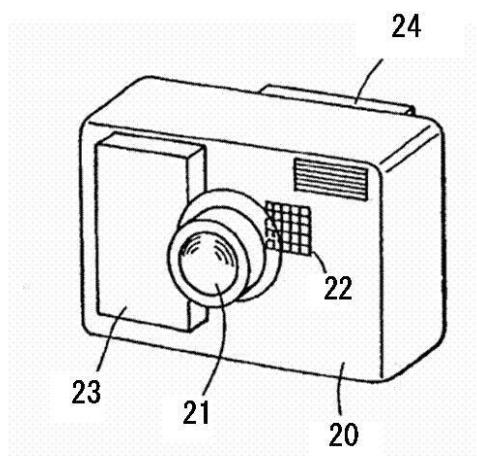
【図9】



【図10】



【図 1 1】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-178300(JP,A)
特開2010-061007(JP,A)
特開2009-237477(JP,A)
特開2005-181774(JP,A)
特開2012-103481(JP,A)
特開2010-102083(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