

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5959938号
(P5959938)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 13/18

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-123562 (P2012-123562)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年5月30日 (2012. 5. 30)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-250340 (P2013-250340A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年12月12日 (2013. 12. 12)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成27年5月22日 (2015. 5. 22)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	酒井 秀樹
			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	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、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レンズ群を有し、

広角端から望遠端へのズームングに際し、少なくとも前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第2レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料の屈折率を N_{d2n} とするとき、

$$0.01 < |f_2| / f_t < 0.057$$
$$1.93 < N_{d2n} < 2.50$$

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、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レンズ群を有し、

広角端から望遠端へのズームングに際し、少なくとも前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第2

レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料の屈折率を N_{d2} 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の光軸方向の移動量を M_2 、前記第3レンズ群の光軸方向の移動量を M_3 とするとき、

$$\begin{aligned} 0.01 &< |f_2| / f_t < 0.057 \\ 1.90 &< N_{d2} < 2.50 \\ -3.0 &< M_2 / M_3 < -0.8 \end{aligned}$$

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、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レンズ群を有し、

広角端から望遠端へのズーミングに際し、少なくとも前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

広角端から望遠端へのズーミングに際して各レンズ群とは独立に移動する開口絞りを有し、該開口絞りは前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間に配置され、像側に凸状の軌跡を描いて移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第2レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料の屈折率を N_{d2} とするとき、

$$\begin{aligned} 0.01 &< |f_2| / f_t < 0.057 \\ 1.90 &< N_{d2} < 2.50 \end{aligned}$$

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レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.05 < |f_2| / f_1 < 0.15$$

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】

広角端における前記第2レンズ群の横倍率を 2_w 、望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を 2_t とするとき、

$$15.0 < 2_t / 2_w < 30.0$$

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レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの焦点距離を f_{2n} とするとき、

$$0.01 < |f_{2n}| / f_t < 0.07$$

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レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料のアッベ数を 2_n とするとき、

$$20.0 < 2_n < 45.0$$

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】

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の光軸方向の移動量を M_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$-15.0 < M_1 / f_w < -7.5$$

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

10

20

30

40

50

ンズ。

【請求項 9】

前記第 3 レンズ群より像側に負の屈折力の第 4 レンズ群と、正の屈折力の第 5 レンズ群が配置されてい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 レンズ群より像側に正の屈折力の第 4 レンズ群と、正の屈折力の第 5 レンズ群が配置されてい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 11】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第 5 レンズ群が物体側に移動することを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記第 3 レンズ群より像側に正の屈折力の第 4 レンズ群が配置されてい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 13】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第 4 レンズ群が物体側に移動することを特徴とする請求項 12 に記載のズームレンズ。

【請求項 14】

物体側より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 レンズ群から構成され、

広角端から望遠端へのズーミングに際し、少なくとも前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記第 3 レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第 4 レンズ群が物体側に移動し、

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第 2 レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料の屈折率を N_{d2n} とするとき、

$$0.01 < |f_2| / f_t < 0.057$$

$$1.90 < N_{d2n} < 2.50$$

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 15】

請求項 1 乃至 14 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とを有していることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えば電子スチルカメラやビデオカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のような固体撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩写真フィルムを用いたカメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ、そして銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置は高機能化され、又装置全体が小型化されている。そしてこれらに用いる撮影光学系として、レンズ全長が短く、高ズーム比であり、なおかつ高解像力のズームレンズであることが要求されている。これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側に正の屈折力のレンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズが知られている。

【0003】

10

20

30

40

50

ポジ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、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 レンズ群を有するズームレンズが知られている。このようなタイプのズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の 4 つのレンズ群より成るズームレンズが知られている（特許文献 1）。また物体側より像側へ順に正、負、正、正、正の屈折力の 5 つのレンズ群より成るズームレンズが知られている（特許文献 2）。さらに物体側より像側へ順に正、負、正、負、正の屈折力の 5 つのレンズ群より成るズームレンズが知られている（特許文献 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献 1】特開 2006 - 171655 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 047903 号公報

【特許文献 3】特開 2008 - 281927 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に高ズーム比を有しつつ、全系の小型化を達成したズームレンズを得るためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力（光学的パワー、つまり焦点距離の逆数）を強めつつ、レンズ枚数を削減すればよい。しかし、こうしたズームレンズはズーミングに伴う収差変動が大きくなり、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得ることが難しくなる。

20

【0006】

前述のポジティブリード型のズームレンズにおいて、高ズーム比化とレンズ系全体の小型化を図りつつ、良好な光学性能を得るためには、各レンズ群の屈折力やレンズに使用する材料の屈折率を適切に設定することが重要である。特に第 2 レンズ群の屈折力や、第 2 レンズ群中の負レンズの屈折率を適切に設定することが重要である。

【0007】

本発明は、光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比であり、さらに全ズーム範囲において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の提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

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 レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際し、少なくとも第 1 レンズ群、第 2 レンズ群及び第 3 レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、第 2 レンズ群の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料の屈折率を N_{d2n} とするとき、

$$0.01 < |f_2| / f_t < 0.057$$

$$1.93 < N_{d2n} < 2.50$$

40

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】

本発明によれば光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

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

50

【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】(A)、(B)、(C) 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

【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】(A)、(B)、(C) 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

【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】(A)、(B)、(C) 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

【図 9】本発明の撮像装置の要部概略図

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置について説明する。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 レンズ群を有する。広角端（短焦点距離端）から望遠端（長焦点距離端）へのズームング（変倍）に際して各レンズ群が移動する。

【0012】

具体的には広角端から望遠端へのズームングに際して、広角端に比べ望遠端で第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の間隔が大きくなり、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群の間隔が小さくなる。また第 1 レンズ群は像側へ凸状の軌跡を描いて移動し、第 2 レンズ群は像側に、第 3 レンズ群は物体側に各々移動する。

20

【0013】

図 1 は実施例 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、望遠端における収差図である。実施例 1 はズーム比 5.1、3.9、開口比 2.87 ~ 7.07 程度のズームレンズである。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 6.4、3.4、開口比 2.87 ~ 7.07 程度のズームレンズである。

【0014】

30

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 4.1、6.7、開口比 2.87 ~ 7.07 程度のズームレンズである。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 4.3、6.4、開口比 2.89 ~ 7.07 程度のズームレンズである。

【0015】

図 9 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。各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルスチルカメラ、銀塩フィルムカメラ、テレビカメラ等の撮像装置に用いられる撮像レンズ系である。また各実施例のズームレンズは投射装置（プロジェクタ）用の投射光学系としても用いることができる。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。またレンズ断面図において、 i を物体側から像側へのレンズ群の順番とすると L_i は第 i レンズ群を示す。

40

【0016】

図 1、図 3 の実施例 1、2 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 L_1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 、開口絞り S_P 、正の屈折力の第 3 レンズ群 L_3 、負の屈折力の第 4 レンズ群 L_4 、正の屈折力の第 5 レンズ群 L_5 から成る。実施例 1、2 は 5 つのレンズ群から成るポジティブリード型の 5 群ズームレンズである。

50

【 0 0 1 7 】

図5の実施例3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L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSP、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から構成される。実施例3は4つのレンズ群から成るポジティブリード型の4群ズームレンズである。図7の実施例4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L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSP、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、正の屈折力の第5レンズ群L5から成る。実施例4は5つのレンズ群から成るポジティブリード型の5群ズームレンズである。

【 0 0 1 8 】

各実施例において、SPは開口絞りであり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に位置し、広角端から望遠端へのズーミングに際して各レンズ群とは独立に移動する。なお開口絞りSPの開口面積は可変でも不変でも良い。なお開口絞りSPはズーミングに際して、レンズ群と一体で移動するようにしてもよい。またFSはフレアカット絞りであり、第3レンズ群L3の像側に配置され、不要光を遮光している。

【 0 0 1 9 】

Gは光学フィルター、フェースプレート、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。Imgは像面である。ビデオカメラやデジタルカメラの撮像光学系としてズームレンズを使用する際には、像面ImgはCCDセンサやCMOSセンサといった固体撮像素子（光電変換素子）に相当する。銀塩フィルムカメラの撮像光学系としてズームレンズを使用する際には、像面Imgはフィルム面に相当する。レンズ断面図中の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。

【 0 0 2 0 】

球面収差図においてFnoはFナンバーである。また実線はd線（波長587.6nm）、2点鎖線はg線（波長435.8nm）を示している。非点収差図において実線はd線におけるサジタル像面、点線はメリディオナル像面である。歪曲収差はd線について示している。倍率色収差図において2点鎖線はg線である。は撮像半画角である。なお以下の各実施例において広角端と望遠端はそれぞれ、機構上の制約の下、変倍用のレンズ群が光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときの各ズーム位置をいう。

【 0 0 2 1 】

本発明では、高ズーム比化を達成するために第2レンズ群L2の変倍負担を高めている。物体側より像側へ順に、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を有するズームレンズにおいて、第1レンズ群L1の変倍負担を高めると軸上色収差が増大し、移動量が増すため好ましくない。また第3レンズ群L3の変倍負担を高めると、第2レンズ群L2の変倍負担を高める場合と比較してレンズ群の移動量が大きく増加するため、レンズ全長の増大を招くことになり好ましくない。

【 0 0 2 2 】

そこで本発明においては第2レンズ群L2の屈折力を強くして、第2レンズ群L2の変倍負担を高めることで高ズーム比化を図っている。さらに第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズに高屈折率の材料を用いることで、レンズの肉厚の薄型化と前玉径の小型化を達成することができる。

【 0 0 2 3 】

また各実施例において、広角端に比べて望遠端で開口絞りSPと第3レンズ群L3の間隔が小さくなるように、開口絞りSPを他のレンズ群とは異なる軌跡で、像側へ凸状の軌跡を描くように移動させている。このようにすることで、開口絞りSPを第3レンズ群L3近傍に配置して第3レンズ群L3と一体で移動させる場合に比べて、入射瞳位置を物体側に移動させることができる。そのため第1レンズ群L1や第2レンズ群L2を通過する軸外光線の入射高を低くすることができ、結果としてレンズの有効径の小型化を達成でき

10

20

30

40

50

る。また広角端におけるFナンバーを小さくしても、中間像高の下線フレアを抑えることが容易となる。

【0024】

各実施例においては、第3レンズ群L3の全部または一部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、ズームレンズが振動したときの撮影画像のブレを補正するようにしても良い。

【0025】

また各実施例では、最も像側に位置するレンズ群を光軸方向に移動させることでフォーカシングを行う。軽量のレンズ群をフォーカスレンズ群とすることで、高速かつ容易にフォーカシングを行うことが可能となる。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、レンズ断面図中の矢印4c、5cに示すように、最も像側に位置するレンズ群を前方に繰り出すことによって行っている。曲線4a、5aは、無限遠物体にフォーカスしているときの、広角端から望遠端へのズーミングに伴う像面変動を補正するための移動軌跡を示す。曲線4b、5bは近距離物体にフォーカスしているときの、広角端から望遠端へのズーミングに伴う像面変動を補正するための移動軌跡を示す。

【0026】

各実施例では第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの屈折率を Nd_2n とすると、

$$0.01 < |f_2| / f_t < 0.057 \quad \dots (1)$$

$$1.90 < Nd_2n < 2.50 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足している。

【0027】

条件式(1)は、第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 と望遠端における全系の焦点距離 f_t との比を規定したものである。条件式(1)の上限値を超えて第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 の絶対値が大きくなると、像面湾曲を十分に補正することができなくなり、さらに所望の変倍比を得るために第2レンズ群L2の移動量が増加し、レンズ全長の増大を招くため好ましくない。また、条件式(1)の下限値を超えて第2レンズ群L2の屈折力が強くなると(f_2 の絶対値が小さくなると)、ズーミングに伴う倍率色収差の変動が大きくなり、その補正をすることが難しくなる。そして補正をするためには第2レンズ群L2のレンズ枚数を増やすことが必要になる。さらに各レンズの曲率が増加し、第2レンズ群L2の厚さが増し、レンズ全長や前玉径の増大を招くため好ましくない。

【0028】

条件式(2)は、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料の屈折率 Nd_2n の好ましい数値範囲を規定したものである。条件式(2)の上限値を超えて、屈折率 Nd_2n の値が大きくなると、正のベッツバル和が増加し、像面湾曲を十分に補正することができなくなるため、好ましくない。条件式(2)の下限値を超えて屈折率 Nd_2n の値が小さくなると、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置する負レンズの曲率が大きくなるため、像面湾曲等のズーミングに伴う変動を補正することが困難になる。そして補正をするためには、各レンズ群間の間隔を大きくすることや、各レンズ群のレンズ枚数を増やすことが必要になるので、レンズ全長や前玉径の大型化を招くことになり好ましくない。なお、好ましくは条件式(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.93 < Nd_2n < 2.50 \quad \dots (2b)$$

【0029】

各実施例では上記の如く、条件式(1)、(2)を満足するように各要素を適切に設定している。なお各実施例において、好ましくは条件式(1)、(2)の数値範囲を次のようにするのがよい。

$$0.025 < |f_2| / f_t < 0.053 \quad \dots (1a)$$

$$1.93 < Nd_2n < 2.31 \quad \dots (2a)$$

【 0 0 3 0 】

各実施例では以上の如く構成することにより、広画角かつ高ズーム比で全ズーム範囲において高い光学性能を有するズームレンズを得ることができる。

【 0 0 3 1 】

各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足することがより好ましい。ここで第1レンズ群L1の焦点距離を f_1 、広角端における第2レンズ群L2の横倍率を $2w$ 、望遠端における第2レンズ群L2の横倍率を $2t$ 、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの焦点距離を f_{2n} とする。さらに広角端から望遠端へのズームングにおける第1レンズ群L1の移動量を M_1 、第2レンズ群L2の移動量を M_2 、第3レンズ群L3の移動量を M_3 、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料のアップ数を $2n$ とする。また広角端における全系の焦点距離を f_w とする。ここで移動量とは、広角端と望遠端における各レンズ群の光軸上での位置の差であり、移動量の符号は広角端に比べて望遠端で像側に位置するときを正、物体側に位置するときを負とする。

10

【 0 0 3 2 】

このとき

$$0.05 < |f_2| / f_1 < 0.15 \quad \dots (3)$$

$$15.0 < 2t / 2w < 30.0 \quad \dots (4)$$

$$0.01 < |f_{2n}| / f_t < 0.07 \quad \dots (5)$$

$$-3.0 < M_2 / M_3 < -0.8 \quad \dots (6)$$

$$20.0 < 2n < 45.0 \quad \dots (7)$$

$$-15.0 < M_1 / f_w < -7.5 \quad \dots (8)$$

20

なる条件式のうち1つ以上を満足するのがよい。

【 0 0 3 3 】

条件式(3)は第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 と第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 との比を規定したものである。条件式(3)の上限値を超えて第1レンズ群L1の屈折力が強くなると(f_1 の値が小さくなると)、望遠側の軸上色収差が大きくなり、第1レンズ群L1のレンズ枚数を増やして補正をする必要が生じる。結果としてレンズ全長や前玉径の増大を招くため好ましくない。条件式(3)の下限値を超えて第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 が長くなると、レンズ全長の増大を招くため好ましくない。

30

【 0 0 3 4 】

条件式(4)は第2レンズ群L2の望遠端における横倍率 $2t$ と広角端における横倍率 $2w$ との比を規定したものである。条件式(4)の上限値を超えて第2レンズ群L2の変倍比が大きくなると、倍率色収差や像面湾曲の変動を補正することが困難になり、好ましくない。条件式(4)の下限値を超えて第2レンズ群L2の変倍比が小さくなると、第2レンズ群L2よりも像側に位置するレンズ群の変倍比を大きくする必要がある。そのためにはレンズ群の移動量を増やすことが必要となり、コマ収差等を補正するのが困難になるとともに、レンズ全長の増大を招くため好ましくない。

【 0 0 3 5 】

条件式(5)は、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの焦点距離 f_{2n} と望遠端における全系の焦点距離 f_t との比を規定したものである。条件式(5)の上限値を超えて、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置する負レンズの焦点距離 f_{2n} の絶対値が大きくなると、第2レンズ群L2全体として要求される焦点距離を得ることが難しくなるため、好ましくない。条件式(5)の下限値を超えて、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置する負レンズの屈折力が強くなると(f_{2n} の絶対値が小さくなると)、曲率が大きくなりコマ収差等を補正することが難しくなるため好ましくない。

40

【 0 0 3 6 】

条件式(6)は広角端から望遠端へのズームングにおける第2レンズ群L2の移動量 M_2 と第3レンズ群L3の移動量 M_3 との比を規定したものである。条件式(6)の上限値

50

を超えて第3レンズ群L3の移動量M3が大きくなると、コマ収差等を補正することが難しくなり、レンズ全長の増大を招くため、好ましくない。条件式(6)の下限値を超えて、第2レンズ群L2の移動量M2が大きくなると、倍率色収差や像面湾曲の変動を補正することが難しくなるため好ましくない。

【0037】

条件式(7)は第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置し、負の屈折力を有するレンズの材料のアッペ数 $2n$ の好ましい数値範囲を規定したものである。条件式(7)の上限値を超えてアッペ数 $2n$ の値が大きくなると、望遠側において軸上色収差が補正過剰となり好ましくない。条件式(7)の下限値を超えてアッペ数 $2n$ の値が小さくなると、第2レンズ群L2の中で最も物体側に位置する負レンズが高分散となる。そして変倍に伴う倍率色収差の変動が大きくなり、その補正をすることが難しくなるため好ましくない。

10

【0038】

条件式(8)は広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群L1の移動量M1と広角端における全系の焦点距離 f_w の好ましい比を規定したものである。条件式(8)の上限値を超えて物体側への移動量M1が小さくなると、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔の変化が小さくなることにより第2レンズ群L2の変倍負担が小さくなり、高ズーム比化が困難となるため好ましくない。条件式(8)の下限値を超えて物体側への移動量M1が大きくなるとレンズ全長が増大化するため好ましくない。

【0039】

なお好ましくは条件式(3)～条件式(8)の数値範囲を次の如く設定するのがよい。

$$\begin{aligned} 0.08 < |f_2|/f_1 < 0.12 & \dots (3a) \\ 15.2 < 2t/2w < 20.0 & \dots (4a) \\ 0.032 < |f_{2n}|/f_t < 0.062 & \dots (5a) \\ -2.3 < M_2/M_3 < -1.2 & \dots (6a) \\ 25.0 < 2n < 36.5 & \dots (7a) \\ -10.0 < M_1/f_w < -8.5 & \dots (8a) \end{aligned}$$

20

【0040】

各実施例では以上のように各要素を構成することにより、光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比で、さらに全ズーム範囲で軸上色収差、倍率色収差、球面収差、及び像面湾曲等の諸収差を十分に補正した高い光学性能を有するズームレンズが得られる。また以上の条件式は任意に複数組み合わせることにより、さらに本発明の効果を高めることができる。

30

【0041】

本発明の撮像装置は、上記のいずれかのズームレンズとともに、歪曲収差と倍率色収差のどちらか、もしくは両方を画像処理によって補正する回路を有していても良い。このようにズームレンズの歪曲収差を許容することができる構成にすれば、ズームレンズ全体のレンズ枚数を少なくし、レンズ全長の短縮化が容易になる。また倍率色収差を画像処理によって補正することにより、画像の色にじみを軽減し、また解像力の向上を図ることが容易になる。

40

【0042】

次に、各実施例のレンズ構成について説明する。各実施例において第1レンズ群L1、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3の構成は共通する。正の屈折力の第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズから構成され、ズーミングに際して像側に凸状の軌跡で物体側に移動する。このような構成により、望遠端における軸上色収差を効果的に補正しつつ、少ないレンズ枚数で高ズーム比化を実現できる。

【0043】

負の屈折力の第2レンズ群L2は、物体側から像側へ順に、像側へ凹面を向けた負レンズ、像側へ凹面を向けた負レンズ、負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正

50

レンズの４枚で構成され、ズーミングに際して像側に移動する。このような構成により、高ズーム比を実現しつつ、ズーミングに伴う収差変動を効果的に抑制することができる。

【００４４】

正の屈折力の第３レンズ群Ｌ３は、物体側から像側へ順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、像側に凹面を向けた負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズから構成され、ズーミングに際して物体側に移動する。第３レンズ群Ｌ３の中で最も物体側に位置する正レンズは、物体側及び像側の面を非球面形状としている。このような構成により、少ないレンズ枚数で球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。

【００４５】

実施例１、２のズームレンズ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、負の屈折力の第４レンズ群Ｌ４、正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５から成る。負の屈折力の第４レンズ群Ｌ４は負の屈折力の単レンズのみから成る。正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５は、物体側から像側へ順に正レンズと負レンズの接合レンズから成る。実施例１、２のズームレンズでは、負の屈折力の第４レンズ群Ｌ４を有することで、フォーカスレンズ群である第５レンズ群Ｌ５のフォーカス感度を高めている。これによりフォーカシングに際しての第５レンズ群Ｌ５の移動量を減少させることができる。

【００４６】

実施例３のズームレンズ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から成る。正の屈折力の第４レンズ群Ｌ４は物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズから成る。実施例３のズームレンズでは、レンズ群の数を減らすことでレンズ全長の短縮化を実現している。

【００４７】

実施例４のズームレンズ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、正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５から成る。正の屈折力の第４レンズ群Ｌ４は正の屈折力の単レンズのみから成る。正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５は、物体側から像側へ順に負レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズから成る。実施例４のズームレンズでは、正の屈折力の第４レンズ群Ｌ４を有し、ズーミングに際して第３レンズ群Ｌ３と第４レンズ群Ｌ４の間隔が大きくなる。第３レンズ群Ｌ３と第４レンズ群Ｌ４の間隔を適切に設定することにより、望遠端において内向性のコマ収差を補正すると共に、倍率色収差を良好に補正することができる。

【００４８】

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。

【００４９】

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スチルカメラの実施例について図９を用いて説明する。図９において、２０はカメラ本体、２１は実施例１～４で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮影光学系である。２２はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系２１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。２３は固体撮像素子２２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である。２４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２２上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。このように本発明のズームレンズをデジタルスチ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が実現できる。

【００５０】

次に、本発明の実施例１～４にそれぞれ対応する数値実施例１～４を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの光学面の順序を示す。 r_i は第 i 番目の光学面（第 i 面）の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $i+1$ 面との間の間隔、 n_{di} 、 d_i はそれぞれ d 線に

10

20

30

40

50

対する第 i 番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。

【 0 0 5 1 】

また k を離心率、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} を非球面係数、面頂点を基準にして光軸からの高さ h の位置における光軸方向の変位を x とするとき、非球面形状は

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h/R)^2\}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10}$$

で表される。但し R は近軸曲率半径である。数値実施例において最も像側の 2 つの面はフィルター、フェースプレート等の光学ブロックの面である。 SP は開口絞り（あるいは虹彩絞り）、 FS はフレアカット絞り、 G は水晶ローパスフィルターや赤外カットフィルター等のガラスブロックである。 Img は CCD センサや $CMOS$ センサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の感光面が位置する像面である。各数値実施例における上述した条件式との対応を表 1 に示す。

10

【 0 0 5 2 】

（数値実施例 1）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	121.795	1.80	1.83400	37.2
2	49.164	6.00	1.49700	81.5
3	-173.017	0.20		
4	42.006	3.50	1.59282	68.6
5	125.211	(可変)		
6	88.754	1.00	2.00100	29.1
7	8.499	3.10		
8	34.955	0.70	1.51633	64.1
9	15.310	2.00		
10	-46.368	0.70	1.80400	46.6
11	31.226	0.20		
12	16.990	1.80	1.95906	17.5
13	207.278	(可変)		
14(絞り)		(可変)		
15*	9.436	3.30	1.55332	71.7
16*	-138.882	2.00		
17	23.833	1.30	1.83481	42.7
18	6.103	2.90	1.49700	81.5
19	-56.502	0.30		
20		(可変)		
21	-46.085	0.70	1.48749	70.2
22	28.739	(可変)		
23	27.523	2.30	1.83481	42.7
24	-12.487	0.60	1.84666	23.8
25	-63.058	(可変)		
26		1.00	1.51633	64.1
27		1.00		

20

30

40

像面

非球面データ

第15面

$K = -1.90668e-001$ $A_4 = -5.52586e-006$ $A_6 = 3.05369e-007$ $A_8 = -3.33145e-008$ $A_{10} =$

50

8.54000e-010

第16面

K = 5.63494e+002 A 4= 1.29451e-004 A 6= 3.84312e-007

各種データ

ズーム比	51.39		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.11	12.54	211.23
Fナンバー	2.87	4.93	7.07
画角	39.03	17.18	1.05
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	94.56	96.02	134.23
BF	10.69	16.66	7.80

10

d 5	0.80	15.68	63.90
d13	29.19	16.41	0.53
d14	13.49	0.30	0.30
d20	2.20	6.64	13.22
d22	3.78	5.93	14.08
d25	9.03	15.01	6.14

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	80.80
2	6	-8.71
3	15	18.01
4	21	-36.20
5	23	23.69

【 0 0 5 3 】

30

(数値実施例 2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	107.655	1.80	1.83400	37.2
2	47.507	6.00	1.49700	81.5
3	-209.763	0.20		
4	41.462	3.50	1.59282	68.6
5	117.532	(可変)		
6	38.420	1.00	2.30000	25.5
7	8.591	3.10		
8	41.509	0.70	1.59282	68.6
9	15.078	2.00		
10	-60.313	0.70	1.69680	55.5
11	30.907	0.20		
12	16.906	1.80	1.95906	17.5
13	194.568	(可変)		
14(絞リ)		(可変)		
15*	9.166	3.30	1.55332	71.7

40

50

16*	-146.352	2.00		
17	24.076	1.30	1.83481	42.7
18	5.980	2.90	1.49700	81.5
19	-61.563	0.30		
20		(可変)		
21	-33.085	0.70	1.48749	70.2
22	35.522	(可変)		
23	29.613	2.30	1.83481	42.7
24	-10.226	0.60	1.84666	23.8
25	-53.768	(可変)		
26		1.00	1.51633	64.1
27		1.00		

像面

非球面データ

第15面

K = -2.78194e-001 A 4 = -5.71435e-006 A 6 = 1.46733e-006 A 8 = -1.90994e-008 A10 = 7.30173e-010

第16面

K = 5.79258e+002 A 4 = 1.12832e-004 A 6 = 2.21247e-006

各種データ

ズーム比	64.34		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.08	12.97	262.59
Fナンバー	2.87	4.93	7.07
画角	39.23	16.63	0.85
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	94.84	94.76	131.59
BF	10.70	14.27	0.92
d 5	0.77	14.52	64.52
d13	28.64	16.18	0.89
d14	14.17	0.30	0.52
d20	2.21	11.13	12.92
d22	3.94	3.96	17.41
d25	9.84	13.41	0.09

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	80.68
2	6	-8.55
3	15	17.95
4	21	-35.02
5	23	23.74

【 0 0 5 4 】

(数値実施例 3)

単位 mm

10

20

30

40

50

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	123.517	1.80	1.83400	37.2
2	49.043	6.00	1.49700	81.5
3	-173.716	0.20		
4	41.868	3.50	1.59282	68.6
5	126.408	(可変)		
6	103.274	1.00	1.94000	36.0
7	8.518	3.10		
8	32.657	0.70	1.83481	42.7
9	15.173	2.00		
10	-53.198	0.70	1.77250	49.6
11	32.604	0.20		
12	16.861	1.80	1.92286	18.9
13	219.777	(可変)		
14(絞り)		(可変)		
15*	9.446	3.30	1.55332	71.7
16*	-148.505	2.00		
17	23.123	1.30	1.83481	42.7
18	6.102	2.90	1.49700	81.5
19	-61.864	0.30		
20		(可変)		
21	-54.404	0.70	1.48749	70.2
22	26.024	2.00		
23	28.146	2.30	1.83481	42.7
24	-13.313	0.60	1.84666	23.8
25	-59.884	(可変)		
26		1.00	1.51633	64.1
27		0.20		

像面

10

20

30

非球面データ

第15面

K = -1.94279e-001 A 4= -2.44163e-006 A 6= 4.95673e-007 A 8= -2.21380e-008 A10= 5.49114e-010

第16面

K = 6.00981e+002 A 4= 1.28301e-004 A 6= 7.08493e-007

各種データ

ズーム比	41.67		
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.91	11.88	162.78
Fナンバー	2.87	4.93	7.07
画角	40.47	18.06	1.36
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	93.42	92.78	127.69
BF	11.01	16.95	13.49

40

d 5 0.80 15.61 63.97

50

d13	28.91	16.47	0.61
d14	13.91	0.50	0.31
d20	2.40	6.85	12.92
d25	9.35	15.29	11.83

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	80.99
2	6	-8.52
3	15	17.99
4	21	56.73

10

【 0 0 5 5 】

(数値実施例 4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	120.955	1.80	1.83400	37.2
2	50.855	6.00	1.49700	81.5
3	-166.914	0.20		
4	42.729	3.50	1.59282	68.6
5	111.562	(可変)		
6	89.467	1.00	2.00069	25.5
7	8.554	3.10		
8	41.060	0.70	1.59282	68.6
9	13.775	2.00		
10	-62.882	0.70	1.80400	46.6
11	31.341	0.20		
12	16.557	1.80	1.95906	17.5
13	259.772	(可変)		
14(絞リ)		(可変)		
15*	9.507	3.30	1.55332	71.7
16*	-135.668	2.00		
17	23.658	1.30	1.83481	42.7
18	6.156	2.90	1.49700	81.5
19	-61.576	0.30		
20		(可変)		
21	-57.600	2.00	1.48749	70.2
22	-41.437	(可変)		
23	-40.175	0.70	1.48749	70.2
24	34.105	2.00		
25	27.212	2.30	1.83481	42.7
26	-11.336	0.60	1.84666	23.8
27	-70.283	(可変)		
28		1.00	1.51633	64.1
29		1.00		

20

30

40

像面

非球面データ

第15面

50

K = -1.70654e-001 A 4 = -1.59984e-006 A 6 = 4.66232e-007 A 8 = -2.65617e-008 A10 = 5.99053e-010

第16面

K = 6.09888e+002 A 4 = 1.36395e-004 A 6 = 1.04661e-006

各種データ

ズーム比	43.64			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.00	12.42	174.61	10
Fナンバー	2.89	4.93	7.07	
画角	39.79	17.32	1.27	
像高	3.33	3.88	3.88	
レンズ全長	94.29	95.04	131.89	
BF	8.44	12.03	6.50	
d 5	0.77	16.15	66.06	
d13	29.19	16.40	0.50	
d14	13.49	0.30	0.30	
d20	2.00	6.00	10.00	20
d22	2.00	5.75	10.12	
d27	6.78	10.37	4.84	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	83.67	
2	6	-8.71	
3	15	18.10	
4	21	291.10	
5	23	57.09	30

【 0 0 5 6 】

【表 1】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
$ f_2 /f_t$	0.041	0.033	0.052	0.050
N_{d2n}	2.00	2.30	1.94	2.00
$ f_2 /f_1$	0.108	0.106	0.105	0.104
β_{2t}/β_{2w}	16.7	19.8	15.9	15.3
$ f_{2n} /f_t$	0.045	0.033	0.061	0.054
M_2/M_3	-1.27	-1.87	-2.22	-1.95
v_{2n}	29.1	25.5	36.0	25.5
M_1/f_w	-9.65	-9.00	-8.77	-9.40

【符号の説明】

【 0 0 5 7 】

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

L 5 第 5 レンズ群

S P 開口絞り

F S フレアカット絞り

G フェースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック

I m g 像面

d d 線

g g 線

S サジタル像面

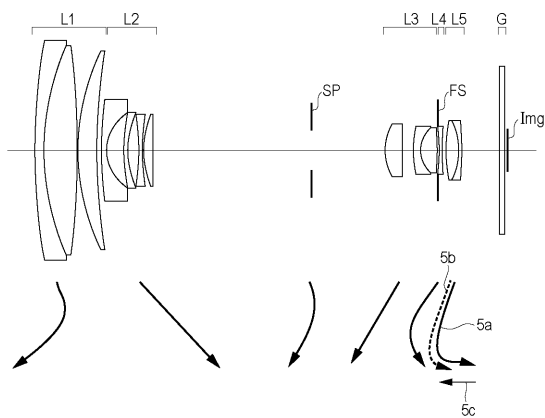
M メリディオナル像面

半画角

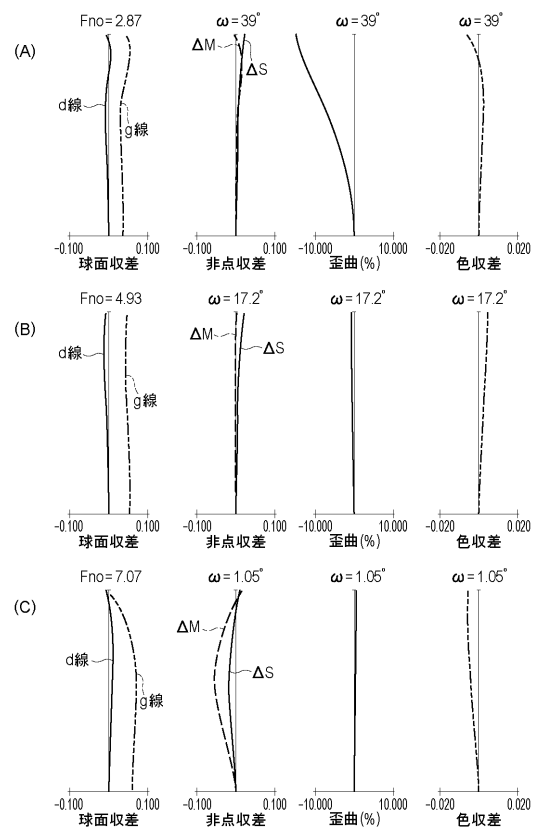
F n o F ナンバー

10

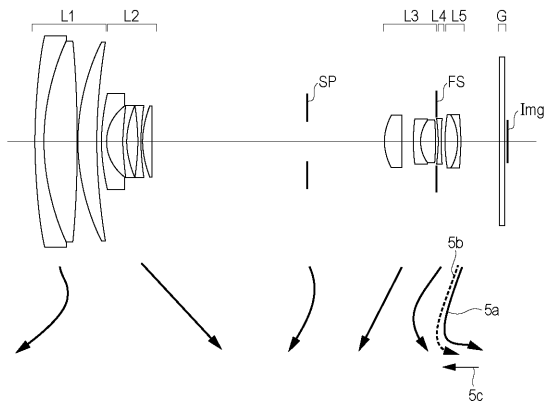
【 図 1 】



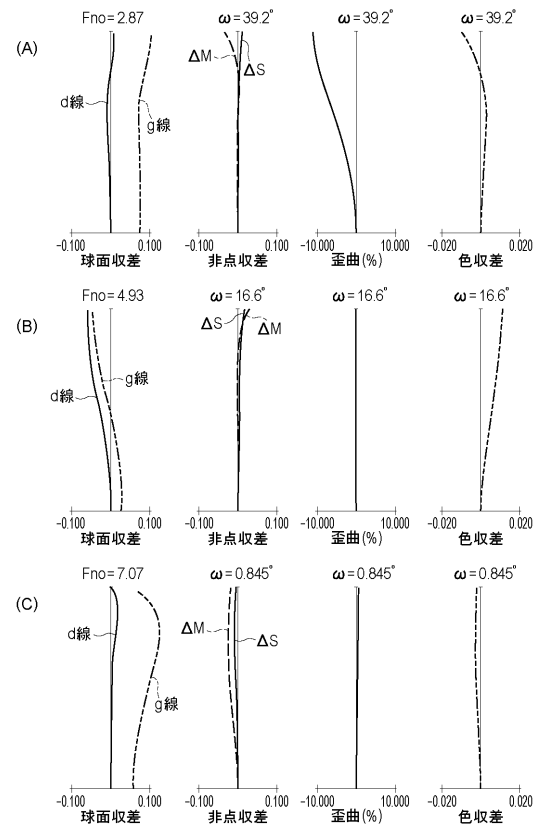
【 図 2 】



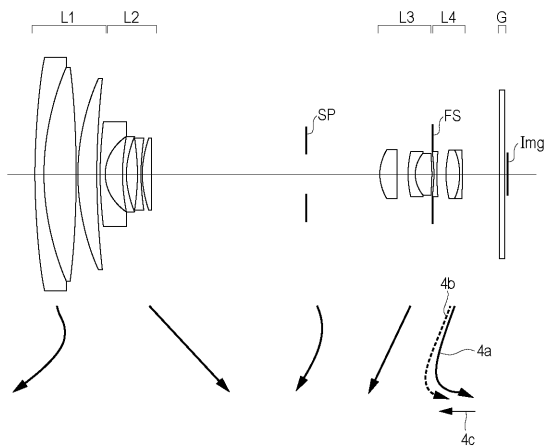
【図 3】



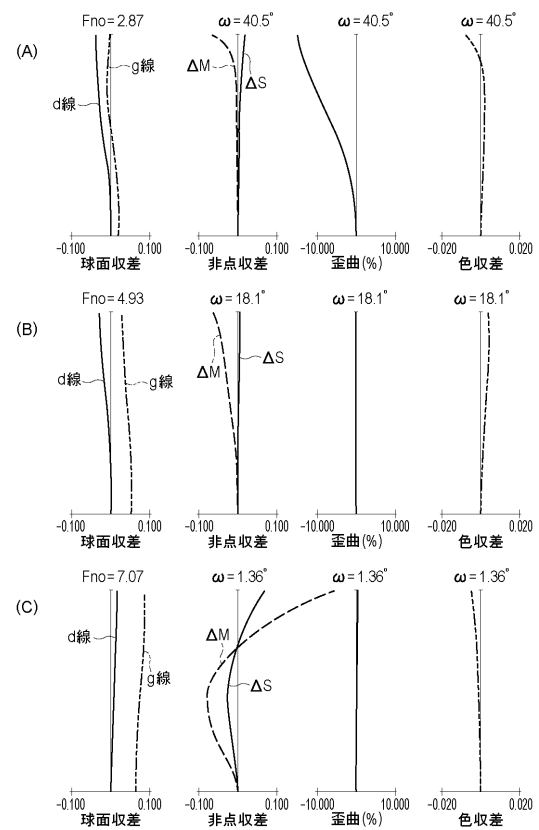
【図 4】



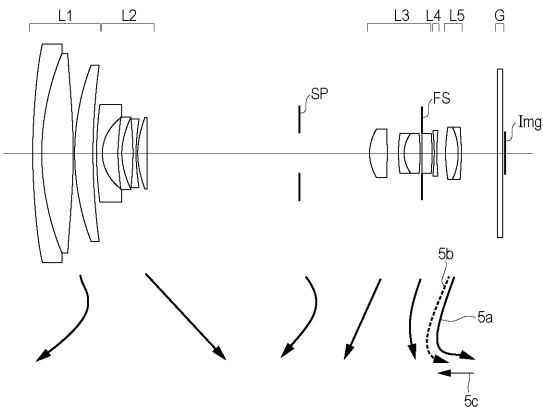
【図 5】



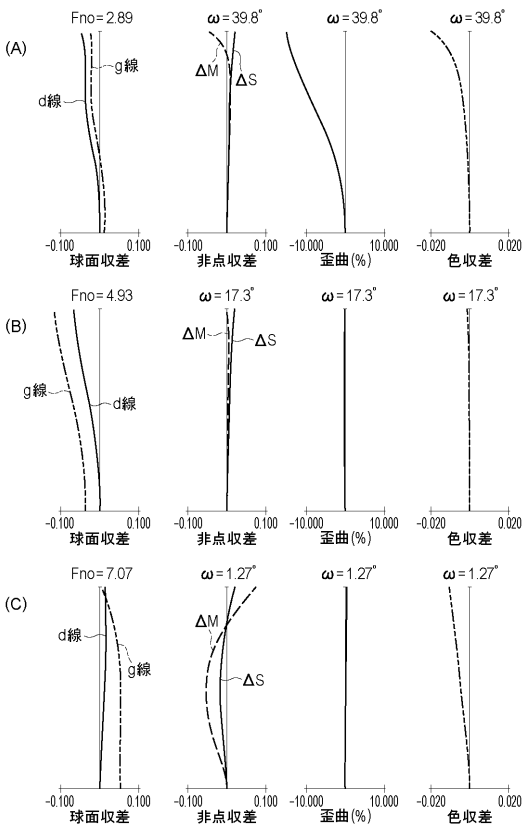
【図 6】



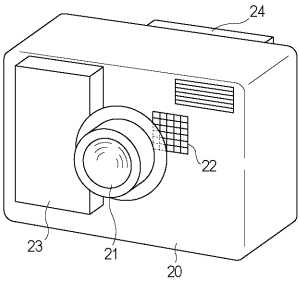
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2013 - 228500 (JP, A)
特開 2013 - 178298 (JP, A)
国際公開第 2012 / 102105 (WO, A1)
特開 2013 - 152373 (JP, A)
特開 2010 - 124335 (JP, A)
特開 2009 - 294513 (JP, A)
特開 2012 - 098699 (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