

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6261235号
(P6261235)

(45) 発行日 平成30年1月17日(2018.1.17)

(24) 登録日 平成29年12月22日(2017.12.22)

(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 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-176641 (P2013-176641)
(22) 出願日	平成25年8月28日 (2013.8.28)
(65) 公開番号	特開2015-45729 (P2015-45729A)
(43) 公開日	平成27年3月12日 (2015.3.12)
審査請求日	平成28年8月3日 (2016.8.3)

(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	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(72) 発明者	藤崎 豊克 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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群を有し、ズーミングに際して、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において、

広角端に比べて望遠端において、前記第1レンズ群が物体側に位置し、前記第2レンズ群が像側に位置し、前記第3レンズ群が物体側に位置し、

前記第4レンズ群は、負の屈折力を有するレンズと、該負の屈折力を有するレンズの像側に配置された、正の屈折力を有するレンズとの接合レンズからなり、

広角端におけるレンズ全長を $T_d w$ 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を M_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を M_2 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t としたとき、

$$0.05 < T_d w / f_t < 0.55$$

$$5.0 < f_1 / f_w < 10.0$$

$$-5.00 < M_1 / M_2 < -0.05$$

$$-0.85 < f_3 / f_4 < 0.00$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

20

【請求項 2】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、

$$0.010 < |f_2| / f_t < 0.080$$

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】

請求項1または2に記載のズームレンズにおいて、

$$0.010 < M_1 / f_t < 0.190$$

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】

広角端における前記第2レンズ群の横倍率を $2w$ 、望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を $2t$ としたとき、

$$5.0 < 2t / 2w < 12.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

$$\underline{2.0} < f_1 / f_3 < 5.0$$

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】

望遠端における前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の光軸上の間隔を d_{23t} としたとき、

$$0.001 < d_{23t} / f_t < 0.100$$

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3レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力を有するレンズ、負の屈折力を有するレンズ、正の屈折力を有するレンズから構成され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5レンズ群は、正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズが接合された接合レンズから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】

前記第5レンズ群の像側に、正の屈折力の第6レンズ群を有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】**

40

【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、監視カメラ、放送用カメラ等の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デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置は高機能化され、かつ装置全体が小型化されている。これらの装置に用いられるズームレンズは、レンズ全長が短く、高倍率であることが求められている。こうした要求に応えるべく、最も物体側に正の屈折力を有するレンズ群を配置した、ポジティブリード型のズームレン

50

ズが知られている。（特許文献1、2）

【0003】

特許文献1には、物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力を有するレンズ群から成る4群ズームレンズ、及び物体側から像側へ順に、正、負、正、正、正の屈折力を有するレンズ群から成る5群ズームレンズが記載されている。特許文献2には、物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力を有するレンズ群から成る5群ズームレンズが記載されている。特許文献1に記載のズームレンズでは、ズーミングに際して、第1レンズ群乃至第4レンズ群が移動する。特許文献2に記載のズームレンズでは、ズーミングに際して、第1レンズ群乃至第5レンズ群が移動する。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-171655号公報

【特許文献2】特開2003-255228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、小型かつ高倍率の撮影光学系を得るためにには、撮影光学系を構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、各レンズ群を構成するレンズの枚数を削減すればよい。しかし、レンズ群の屈折力を強めると、各レンズ面の屈折力を強めることになり、レンズのコバ厚を確保するためにレンズの肉厚が増大する。その結果、前玉径（前玉有効径）が大きくなり、小型の撮影光学系を得ることが困難になる。また、望遠端における色収差等の諸収差が多く発生し、これらを補正することが困難になる。

20

【0006】

特許文献1及び2に記載のズームレンズは、各レンズ群のズーミングにおける移動量や、各レンズ群の屈折力が適切に設定されているとはいえないため、ズームレンズの小型化と高倍率化を十分に両立できていない。

【0007】

本発明は、小型かつ高倍率で、全てのズーム領域において良好な光学性能を有す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。

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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群を有し、ズーミングに際して、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において、広角端に比べて望遠端において、前記第1レンズ群が物体側に位置し、前記第2レンズ群が像側に位置し、前記第4レンズ群は、負の屈折力を有するレンズと、該負の屈折力を有するレンズの像側に配置された、正の屈折力を有するレンズとの接合レンズからなり、前記第3レンズ群が物体側に位置し、広角端におけるレンズ全長をTdW、広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群の移動量をM1、広角端から望遠端へのズーミングにおける第2レンズ群の移動量をM2、第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第3レンズ群の焦点距離をf3、前記第4レンズ群の焦点距離をf4、広角端における全系の焦点距離をfw、望遠端における全系の焦点距離をftとしたとき、

40

$$0.05 < TdW / ft < 0.55$$

$$5.0 < f1 / fw < 10.0$$

$$-5.00 < M1 / M2 < -0.05$$

$$-0.85 < f3 / f4 < 0.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

50

【0009】

本発明によれば、小型かつ高倍率で、全てのズーム領域において良好な光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置が得られる。

【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

【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】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)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

【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、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、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、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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群を有する。具体的には、実施例1乃至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、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群から成る。実施例5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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、正の屈折力の第6レンズ群から成る。

【0012】

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2.8~4.1、開口比3.29~7.10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3.0~2.1、開口比3.22~7.10程度のズームレンズである。

【0013】

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3.2~1.8、開口比3.20~7.10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2.7~9.4、開口比3.38~7.10程度のズームレンズである。

【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である。図10(A)、

10

20

30

40

50

(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32.15、開口比3.18~7.10程度のズームレンズである。

【0015】

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。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影レンズ系である。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。
10

【0016】

各実施例において、SPは開口絞りであり、ズーミングに際して第3レンズ群L3と一緒に移動する。これにより、望遠端において第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔を短縮することができ、レンズ全長の小型化に寄与している。FPはフレアーアップ(フレアーカット絞り)であり、第3レンズ群L3の物体側と像側に配置しており、不要光(フレア)を遮光している。

【0017】

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。IP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IP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IPはフィルム面に相当する。
20

【0018】

球面収差図においてFn0はFナンバーであり、d線(波長587.6nm)、g線(波長435.8nm)に対する球面収差を示している。非点収差図においてSはサジタル像面、M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。倍率色収差図ではg線における倍率色収差を示している。 θ 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。
30

【0019】

各実施例では、レンズ断面図中の矢印で示すように、広角端から望遠端へのズーミングに際してレンズ群が移動し、各レンズ群の間隔が変化する。具体的には、各実施例において、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は像側へ凸状の軌跡を描くように移動し、第3レンズ群L3は物体側へ単調に移動する。第2レンズ群L2は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、像側へ凸状の軌跡を描くように移動した後、中間のズーム領域において物体側へ凸状の軌跡を描くような軌跡に切り替えて移動する。こうした軌跡で第2レンズ群L2を移動させることにより、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔を短くすることができ、望遠端におけるレンズ全長を短縮することができる。
40

【0020】

実施例1乃至4の5群ズームレンズでは、第4レンズ群L4は、広角端に比べて望遠端において、像面に対して物体側に位置するように移動する。第5レンズ群L5は、物体側へ凸状の軌跡を描くように移動する。実施例5の6群ズームレンズでは、第4レンズ群L4は、広角端に比べて望遠端において、像面に対して物体側に位置するように移動する。第5レンズ群L5は、物体側へ凸状の軌跡を描くように移動し、第6レンズ群L6は、ズーミングに際して不動である。

【0021】

各実施例のズームレンズでは、広角端に比べて望遠端において第1レンズ群L1及び第3レンズ群L3が物体側に位置するように、ズーミングに際して第1レンズ群L1及び第
50

3レンズ群L3が移動している。これにより、広角端におけるレンズ全長を短くし、最も物体側に位置するレンズの径を小さくすることができる。特に、ズーミングに際して第3レンズ群L3を物体側に移動させることにより、第3レンズ群L3に変倍分担を与え、正の屈折力の第1レンズ群L1を物体側へ移動させることで、第2レンズ群L2に大きな変倍分担を与えている。これにより、第1レンズ群L1及び第2レンズ群L2の屈折力を過度に強めることなく、高倍率のズームレンズを得ることができる。

【0022】

また、第5レンズ群L5が光軸上を移動することにより、フォーカシングが行われる。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、レンズ断面図の矢印5cに示すように、第5レンズ群L5を移動させる。レンズ断面図中の実線5aと点線5b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している。10

【0023】

また、各実施例において、第3レンズ群L3の全体または一部を、光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることで、像ぶれの補正を行っている。

【0024】

次に、各レンズ群の構成に関して説明する。第1レンズ群L1は、物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズ、正レンズの3枚のレンズから構成される。これにより、高倍化に伴って発生する球面収差や色収差を良好に補正することができる。

【0025】

第2レンズ群L2は、物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズ、正レンズの3枚のレンズから構成される。20

【0026】

第3レンズ群L3は、物体側から像側へ順に、正レンズ、負レンズ、正レンズから構成される。第3レンズ群L3を3枚のレンズで構成することにより、像ぶれを補正する際に移動させるレンズ群を軽量化することができ、像ぶれを良好に補正することができる。また、第3レンズ群L3の最も物体側に、正レンズを配置することにより、全てのズーム領域において球面収差を良好に補正することができる。さらに、第3レンズ群L3を、物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズにより構成する場合に比べて、中間のズーム領域におけるコマ収差を良好に補正することができる。30

【0027】

第4レンズ群L4は、物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズから成る接合レンズで構成される。これにより、第4レンズ群L4を1枚のレンズで構成する場合と比べて、中間のズーム領域における色収差を良好に補正することができ、また、フォーカシングに伴う色収差の変動を抑制することができる。

【0028】

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から成る接合レンズで構成される。これにより、中間のズーム領域における色収差を良好に補正することができる。また、フォーカシングに伴う色収差の変動を抑制することができる。40

【0029】

実施例5の6群ズームレンズに関しては、第6レンズ群L6は、正の単レンズから構成される。

【0030】

ここで、広角端におけるレンズ全長をTdW、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の移動量をM1、第2レンズ群L2の移動量をM2とする。さらに、第1レンズ群L1の焦点距離をf1、広角端における全系の焦点距離をfw、望遠端における全系の焦点距離をftとしたとき、各実施例は、

$$0.05 < TdW / ft < 0.55 \quad \dots (1)$$

$$5.0 < f1 / fw < 10.0 \quad \dots (2)$$

$$-5.00 < M1 / M2 < -0.05 \quad \dots (3)$$

50

なる条件式を満足している。

【0031】

ここで、広角端から望遠端へのズーミングにおけるレンズ群の移動量とは、広角端と望遠端における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物体側に位置するときを正、像側に位置するときを負とする。また、レンズ全長は、第1レンズ面から最終レンズ面までの光軸上の距離に、空気換算でのバックフォーカスを加えた値とする。

【0032】

条件式(1)は、広角端におけるレンズ全長 T_{dw} と望遠端における全系の焦点距離 f_t の関係を規定したものである。条件式(1)の下限を超えて、広角端におけるレンズ全長 T_{dw} が短くなると、高倍率のズームレンズを得るためにには、各レンズ群の屈折力を強める必要が生じる。その結果、望遠端における色収差や、広角端における像面湾曲を十分に補正することが困難になるため、好ましくない。10

【0033】

条件式(1)の上限を超えて、広角端におけるレンズ全長 T_{dw} が長くなると、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0034】

条件式(2)は、第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 と広角端における全系の焦点距離 f_w の関係を規定したものである。条件式(2)の下限を超えて、第1レンズ群 L_1 の焦点距離が短くなると、第1レンズ群 L_1 の屈折力が強くなる。その結果、広角端における倍率色収差や、望遠端における軸上色収差及び倍率色収差を十分に補正することが困難になるため好ましくない。また、第1レンズ群 L_1 を構成する正レンズのコバ厚を確保することが困難になり、レンズを厚くする必要が生じる、その結果、レンズ全長が増大するため好ましくない。20

【0035】

条件式(2)の上限を超えて、第1レンズ群 L_1 の焦点距離が長くなると、第1レンズ群 L_1 の屈折力が弱くなる。そのため、高倍率のズームレンズを得るためにには、ズーミングにおける第1レンズ群 L_1 の移動量を大きくする必要が生じ、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0036】

条件式(3)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 L_1 の移動量 M_1 と第2レンズ群 L_2 の移動量 M_2 の関係を規定したものである。条件式(3)の下限を超えて、第1レンズ群 L_1 の移動量が大きくなると、レンズ全長が増大するため好ましくない。30

【0037】

条件式(3)の上限を超えて、第1レンズ群 L_1 の移動量 M_1 が小さくなると、高倍率のズームレンズを得るためにには、第1レンズ群 L_1 の屈折力を強くする必要が生じる。その結果、望遠端における色収差を十分に補正することが困難になるため、好ましくない。

【0038】

各実施例では上記の如く、条件式(1)、(2)、(3)を満足するように各要素を適切に設定している。これにより、小型かつ高倍率で、全てのズーム領域において良好な光学性能を有するズームレンズを得ることができる。40

【0039】

なお、各実施例において、好ましくは条件式(1)、(2)、(3)の数値範囲を次のようにするのがよい。

$$0.10 < T_{dw} / f_t < 0.54 \quad \dots (1a)$$

$$5.5 < f_1 / f_w < 10.0 \quad \dots (2a)$$

$$-4.90 < M_1 / M_2 < -0.10 \quad \dots (3a)$$

【0040】

また、更に好ましくは条件式(1)、(2)、(3)の数値範囲を次の如く設定するの50

が良い。

$$0.15 < T_d w / f_t < 0.53 \dots (1b)$$

$$6.5 < f_1 / f_w < 10.0 \dots (2b)$$

$$-4.80 < M_1 / M_2 < -0.15 \dots (3b)$$

【0041】

さらに、各実施例において、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、第4レンズ群L4の焦点距離をf4、広角端と望遠端における第2レンズ群L2の横倍率をそれぞれ2w、2tとする。また、望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の光軸上の間隔(第2レンズ群L2の最も像側の面から、第3レンズL3の最も物体側の面までの光軸上の距離)をd23tとしたとき、

$$0.010 < |f_2| / f_t < 0.080 \dots (4)$$

$$0.010 < M_1 / f_t < 0.190 \dots (5)$$

$$5.0 < 2t / 2w < 12.0 \dots (6)$$

$$2.0 < f_1 / f_3 < 5.0 \dots (7)$$

$$0.001 < d_{23t} / f_t < 0.100 \dots (8)$$

$$-1.00 < f_3 / f_4 < 0.00 \dots (9)$$

なる条件式のうち1つ以上を満足するのがよい。

【0042】

条件式(4)は、第2レンズ群L2の焦点距離f2と望遠端における全系の焦点距離ftの関係を規定したものである。条件式(4)の下限を超えて、第2レンズ群L2の焦点距離f2が短くなると、第2レンズ群L2の屈折力が強くなる。その結果、広角端から中間のズーム領域におけるコマ収差及び像面変動を補正することが困難になるため、好ましくない。

【0043】

条件式(4)の上限を超えて、第2レンズ群L2の焦点距離f2が長くなると、第2レンズ群L2の屈折力が弱くなる。その結果、高倍率のズームレンズを得るためにには、第2レンズ群L2の移動量を大きくする必要が生じ、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0044】

条件式(5)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と望遠端における全系の焦点距離ftの関係を規定したものである。条件式(5)の下限を超えて、第1レンズ群L1の移動量M1が小さくなると、高倍率のズームレンズを得るためにには、第1レンズ群L1の屈折力を強くする必要が生じる。その結果、望遠端における色収差を十分に補正することが困難になるため、好ましくない。

【0045】

条件式(5)の上限を超えて、第1レンズ群L1の移動量M1が大きくなると、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0046】

条件式(6)は、広角端における第2レンズ群L2の横倍率2wと、望遠端における第2レンズ群L2の横倍率2tの関係を規定したものである。条件式(6)の下限を超えると、第2レンズ群L2の変倍分担が小さくなる。その結果、高倍率のズームレンズを得るためにには、第2レンズ群L2の移動量を大きくする必要が生じ、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0047】

条件式(6)の上限を超えると、第2レンズ群L2の変倍分担が大きくなる。その結果、全ズーム領域におけるコマ収差や、ズーミングにおける像面変動を補正することが困難になるため、好ましくない。

【0048】

条件式(7)は、第1レンズ群L1の焦点距離f1と第3レンズ群L3の焦点距離f3

10

20

30

40

50

の関係を規定したものである。条件式(7)の下限を超えて、第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 が長くなると、第3レンズ群L3の屈折力が弱くなる。その結果、高倍率のズームレンズを得るために、第3レンズ群L3の移動量を大きくする必要が生じ、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0049】

条件式(7)の上限を超えて、第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 が短くなると、第3レンズ群L3の屈折力が強くなる。その結果、望遠端における球面収差や軸上色収差を補正することが困難になるため、好ましくない。

【0050】

条件式(8)は、望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の光軸上の間隔 d_{23t} と、望遠端における全系の焦点距離 f_t の関係を規定したものである。条件式(8)の下限を超えて、望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の光軸上の間隔 d_{23t} が短くなると、レンズを保持する保持部材等が干渉するおそれがあるため、好ましくない。10

【0051】

条件式(8)の上限を超えて、望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の光軸上の間隔 d_{23t} が長くなると、レンズ全長が増大するため好ましくない。

【0052】

条件式(9)は、第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 と第4レンズ群L4の焦点距離 f_4 の関係を規定したものである。条件式(9)の下限を超えて、第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 が長くなると、第3レンズ群L3の屈折力が弱くなる。その結果、高倍率のズームレンズを得るために、第3レンズ群L3の移動量が大きくなり、レンズ全長が増大するため好ましくない。20

【0053】

また、条件式(9)の下限を超えて、第4レンズ群L4の焦点距離 f_4 が短くなると、第4レンズ群L4の屈折力が強くなる。その結果、第4レンズ群L4により光線が強く発散されることになり、像面に入射する光線と像面の角度が大きくなり、色シェーディングが多く発生するため好ましくない。

【0054】

また、好ましくは条件式(4)～(9)の数値範囲を次の如く設定すると、各条件式がもたらす効果を最大限に得られる。30

$$\begin{aligned} 0.010 < |f_2| / f_t < 0.060 & \dots (4a) \\ 0.015 < M_1 / f_t < 0.180 & \dots (5a) \\ 6.0 < 2t / 2w < 11.0 & \dots (6a) \\ 2.5 < f_1 / f_3 < 4.0 & \dots (7a) \\ 0.001 < d_{23t} / f_t < 0.008 & \dots (8a) \\ -0.90 < f_3 / f_4 < 0.00 & \dots (9a) \end{aligned}$$

【0055】

また、更に好ましくは条件式(4)～(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$\begin{aligned} 0.020 < |f_2| / f_t < 0.055 & \dots (4b) \\ 0.020 < M_1 / f_t < 0.180 & \dots (5b) \\ 8.5 < 2t / 2w < 11.0 & \dots (6b) \\ 3.0 < f_1 / f_3 < 3.9 & \dots (7b) \\ 0.002 < d_{23t} / f_t < 0.007 & \dots (8b) \\ -0.85 < f_3 / f_4 < 0.00 & \dots (9b) \end{aligned}$$

【0056】

次に、本発明の実施例1～5にそれぞれ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} と d_i はそれぞれd線に対する第*i*番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。40

【0057】

また k を離心率、 A_4 、 A_6 、 A_8 を非球面係数、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、

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

で表示される。但し R は近軸曲率半径である。また「e-Z」の表示は「10^-z」を意味する。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。

【0058】

各実施例において、バックフォーカス (BF) は、レンズ系の最も像側の面から近軸像面までの距離を、空気換算長により表したものである。また、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。

【0059】

なお、広角端における有効像円径（イメージサークルの直径）を、望遠端における有効像円径に比べて小さくすることができる。これは、画像処理によって画像を引き伸ばすことで、広角側において発生しやすい樽型の歪曲収差を補正することができるためである。

【0060】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	40.488	0.90	1.84666	23.9
2	27.413	3.48	1.49700	81.5
3	-1396.007	0.05		
4	27.911	2.09	1.60311	60.6
5	86.272	(可変)		
6	154.261	0.45	1.83481	42.7
7	6.269	3.65		
8	-21.815	0.35	1.83481	42.7
9	21.815	0.05		
10	13.237	1.70	1.95906	17.5
11	106.482	(可変)		
12		-0.50		
13*	7.234	2.10	1.49710	81.6
14*	-199.138	1.34		
15(絞り)		0.76		
16	8.180	0.40	1.84666	23.9
17	5.343	0.42		
18*	7.846	2.20	1.49710	81.6
19*	-47.001	0.00		
20		(可変)		
21	-26.975	0.40	1.77250	49.6
22	6.416	1.35	1.69895	30.1
23	25.915	(可変)		
24	20.007	2.90	1.83481	42.7
25	-14.903	0.40	1.92286	18.9
26	-41.483	(可変)		
27		1.00	1.51633	64.1
28		1.00		

像面

10

20

30

40

50

非球面データ

第13面

K = -2.88215e-001 A 4= 1.28893e-006 A 6=-6.29316e-006 A 8=-5.63728e-007

第14面

K = 1.96107e+003 A 4= 3.61806e-004 A 6=-2.68335e-005

第18面

K = -1.14104e+000 A 4= 1.02915e-003 A 6=-4.22350e-005 A 8=-2.18430e-008

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.50949e-004 A 6=-3.75122e-005 A 8=-3.14285e-007

各種データ

10

ズーム比	28.41				
焦点距離	4.63	7.35	16.24	70.86	131.62
Fナンバー	3.29	3.74	4.66	5.71	7.10
画角	35.73	26.84	13.42	3.13	1.69
像高	3.33	3.72	3.88	3.88	3.88
レンズ全長	64.50	62.97	68.98	84.60	85.77
BF	8.82	11.83	17.61	14.76	5.31
d5	0.57	4.12	12.01	26.53	29.17
d11	26.40	18.00	9.66	1.94	0.90
d20	1.75	1.70	2.08	7.16	6.52
d23	2.47	2.83	3.12	9.72	19.37
d26	7.16	10.17	15.95	13.10	3.65

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	43.32
2	6	-6.84
3	12	11.67
4	21	-14.67
5	24	17.60

【0061】

30

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	38.868	0.90	1.84666	23.9
2	26.679	3.60	1.49700	81.5
3	-2720.515	0.05		
4	28.174	2.20	1.60311	60.6
5	83.192	(可変)		
6	82.613	0.45	1.83481	42.7
7	5.873	3.80		
8	-20.425	0.35	1.83481	42.7
9	20.425	0.05		
10	12.635	1.70	1.95906	17.5
11	101.842	(可変)		
12		-0.50		
13*	7.002	2.10	1.49710	81.6
14*	-59.115	1.34		
15(絞り)		0.76		
16	8.034	0.40	1.84666	23.9

40

50

17	5.135	0.42		
18*	8.027	2.20	1.49710	81.6
19*	-59.754	0.00		
20		(可変)		
21	-23.576	0.40	1.77250	49.6
22	6.762	1.35	1.69895	30.1
23	37.986	(可変)		
24	19.904	2.90	1.83481	42.7
25	-13.939	0.40	1.92286	18.9
26	-41.146	(可変)		10
27		1.00	1.51633	64.1
28		1.00		

像面

非球面データ

第13面

K = -4.03252e-001 A 4= 1.24062e-004 A 6=-7.75484e-006 A 8=-5.68110e-007

第14面

K = -4.41432e+002 A 4= 3.35069e-004 A 6=-2.87630e-005

第18面

K = -5.19192e-001 A 4= 1.21163e-003 A 6=-7.90248e-005 A 8= 7.55341e-007

20

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.00885e-004 A 6=-6.25617e-005 A 8=-1.54134e-007

各種データ

ズーム比	30.21			
焦点距離	4.36	6.97	15.56	69.89
Fナンバー	3.22	3.67	4.61	5.74
画角	37.41	28.10	13.99	3.17
像高	3.33	3.72	3.88	3.88
レンズ全長	62.28	60.93	67.34	84.49
BF	7.84	10.77	16.52	14.73
d 5	0.38	4.02	12.04	26.84
d11	25.11	16.95	8.99	1.90
d20	1.75	1.70	2.06	6.96
d23	2.33	2.61	2.85	9.19
d26	6.18	9.11	14.86	13.07
				3.64

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	43.50
2	6	-6.50
3	12	11.43
4	21	-15.90
5	24	17.60

40

【0062】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	38.226	0.90	1.84666	23.9
2	26.471	3.60	1.49700	81.5
3	-1945.600	0.05		

50

4	28.395	2.20	1.60311	60.6	
5	81.845	(可变)			
6	87.060	0.45	1.83481	42.7	
7	5.899	3.80			
8	-20.821	0.35	1.83481	42.7	
9	20.821	0.05			
10	12.662	1.70	1.95906	17.5	
11	89.146	(可变)			
12		-0.50			
13*	6.801	2.10	1.49710	81.6	10
14*	-49.264	1.34			
15(絞り)		0.76			
16	8.168	0.40	1.84666	23.9	
17	5.095	0.42			
18*	8.150	2.20	1.49710	81.6	
19*	-94.380	0.00			
20		(可变)			
21	-22.149	0.40	1.77250	49.6	
22	6.009	1.35	1.69895	30.1	
23	48.306	(可变)			20
24	19.904	2.90	1.83481	42.7	
25	-13.594	0.40	1.92286	18.9	
26	-40.853	(可变)			
27		1.00	1.51633	64.1	
28		1.00			

像面

非球面データ

第13面

K = -2.82324e-001 A 4= 8.03641e-005 A 6=-1.24773e-006 A 8=-2.53490e-007

第14面

K = -2.73434e+001 A 4= 5.65331e-004 A 6=-2.13127e-005

第18面

K = -9.23351e-001 A 4= 1.08155e-003 A 6=-3.83559e-005 A 8=-4.16495e-006

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.88306e-004 A 6=-4.46606e-005 A 8=-3.24338e-006

各種データ

ズーム比	32.18				
焦点距離	4.35	6.94	15.50	72.11	139.99
Fナンバー	3.20	3.65	4.60	5.70	7.10
画角	37.45	28.19	14.04	3.08	1.59
像高	3.33	3.72	3.88	3.88	3.88
レンズ全長	62.90	61.54	67.93	84.99	86.39
BF	7.89	10.78	16.52	15.59	5.29
d 5	0.41	4.06	12.10	26.96	29.65
d11	25.81	17.64	9.60	1.99	0.90
d20	1.75	1.70	2.03	6.71	6.00
d23	2.17	2.49	2.81	8.86	19.68
d26	6.23	9.12	14.86	13.94	3.63

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	43.40
2	6	-6.50
3	12	11.57
4	21	-16.04
5	24	17.60

【 0 0 6 3 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	39.003	0.90	1.84666	23.9	10
2	26.853	3.80	1.49700	81.5	
3	-1393.836	0.05			
4	27.837	2.20	1.60311	60.6	
5	76.987	(可変)			
6	105.756	0.45	1.83481	42.7	
7	6.113	3.80			
8	-21.150	0.35	1.83481	42.7	
9	21.150	0.05			
10	12.889	1.70	1.95906	17.5	20
11	134.196	(可変)			
12		-0.50			
13*	7.316	2.10	1.49710	81.6	
14*	-84.419	1.34			
15(絞り)		0.76			
16	8.199	0.40	1.84666	23.9	
17	5.087	0.42			
18*	8.531	2.20	1.49710	81.6	
19*	-109.040	0.00			
20		(可変)			30
21	-22.631	0.40	1.77250	49.6	
22	7.467	1.35	1.69895	30.1	
23	756.603	(可変)			
24	24.270	2.90	1.83481	42.7	
25	-12.844	0.40	1.92286	18.9	
26	-33.181	(可変)			
27		1.00	1.51633	64.1	
28		1.00			

像面

非球面データ

第13面

K = -2.22323e-001 A 4= 2.15637e-004 A 6=-1.68855e-006 A 8=-1.73831e-007

第14面

K = -5.20277e+002 A 4= 6.42911e-004 A 6=-2.18219e-005

第18面

K = -9.25190e-001 A 4= 1.11005e-003 A 6=-4.52650e-005 A 8=-4.69699e-006

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.96495e-004 A 6=-5.37697e-005 A 8=-3.43529e-006

各種データ

ズーム比 27.94

焦点距離	4.71	7.28	15.24	71.19	131.62
Fナンバー	3.38	3.70	4.32	5.67	7.10
画角	35.27	27.06	14.27	3.12	1.69
像高	3.33	3.72	3.88	3.88	3.88
レンズ全長	68.43	67.04	73.37	90.22	91.58
BF	9.37	11.80	16.56	16.84	7.43
d 5	0.52	4.12	12.04	26.45	29.06
d11	27.41	18.97	10.49	2.07	0.90
d20	1.70	2.11	3.33	10.67	10.32
d23	4.36	4.98	5.88	9.13	18.79
d26	7.71	10.14	14.90	15.18	5.77

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	43.74
2	6	-6.91
3	12	13.32
4	21	-22.21
5	24	18.50

【 0 0 6 4 】

[数値実施例 5]

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	37.451	0.90	1.84666	23.9
2	25.778	3.80	1.49700	81.5
3	-1013.903	0.05		
4	27.958	2.20	1.60311	60.6
5	82.604	(可変)		
6	88.536	0.45	1.83481	42.7
7	5.709	3.80		
8	-19.785	0.35	1.83481	42.7
9	19.785	0.05		
10	12.271	1.70	1.95906	17.5
11	100.103	(可変)		
12		-0.50		
13*	7.216	2.10	1.49710	81.6
14*	-38.908	1.34		
15(絞り)		0.76		
16	7.942	0.40	1.84666	23.9
17	5.056	0.42		
18*	8.016	2.20	1.49710	81.6
19*	-62.823	0.00		
20		(可変)		
21	-27.161	0.40	1.77250	49.6
22	6.182	1.35	1.69895	30.1
23	30.566	(可変)		
24	18.968	2.90	1.83481	42.7
25	-13.831	0.40	1.92286	18.9
26	-45.451	(可変)		
27	-12.725	1.00	1.51633	64.1

40

50

28	-11.480	0.46
29		1.00 1.51633 64.1
30		1.00

像面

非球面データ

第13面

K = -3.23201e-001 A 4= 5.01652e-005 A 6=-7.97668e-006 A 8=-7.26346e-007

第14面

K = 3.80739e+001 A 4= 7.07513e-004 A 6=-3.71831e-005

第18面

K = -1.61230e-002 A 4= 1.37402e-003 A 6=-5.25649e-005 A 8=-3.59959e-007

10

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.61308e-004 A 6=-4.12336e-005 A 8=-1.17425e-006

各種データ

ズーム比	32.15				
焦点距離	4.35	7.00	15.96	72.01	140.00
Fナンバー	3.18	3.61	4.60	5.65	7.10
画角	37.43	27.98	13.65	3.08	1.59
像高	3.33	3.72	3.88	3.88	3.88
レンズ全長	62.63	61.26	67.62	84.55	85.92
BF	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
d5	0.41	3.98	11.86	26.07	28.65
d11	24.90	16.82	8.97	1.91	0.90
d20	1.75	1.70	2.03	6.71	6.00
d23	2.35	2.50	2.50	9.12	19.86
d26	5.03	8.06	14.06	12.53	2.31

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	42.11
2	6	-6.26
3	12	11.33
4	21	-15.59
5	24	17.60
6	27	178.38

【0065】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
Tdw／ft	0.490	0.473	0.449	0.520	0.447
f1／fw	9.35	9.98	9.98	9.28	9.67
M1／M2	-2.90	-4.29	-4.08	-4.30	-4.70
f2 ／ft	0.052	0.049	0.046	0.052	0.045
M1／ft	0.162	0.179	0.168	0.176	0.166
β_{2t}/β_{2w}	9.54	9.88	10.63	9.14	10.42
f1／f3	3.71	3.81	3.75	3.28	3.72
d23t／ft	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
f3／f4	-0.80	-0.72	-0.72	-0.60	-0.73

【0066】

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11を用いて説明する。図11において、20はカメラ本体、21は実施例1～5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画像の情報を記録するメモリである。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、小型かつ高倍率で、全てのズーム領域において良好な光学性能を有する撮像装置が得られる。

【符号の説明】

【0067】

L1 第1レンズ群

30

L2 第2レンズ群

L3 第3レンズ群

L4 第4レンズ群

L5 第5レンズ群

L6 第6レンズ群

S P 開口絞り

F P フレアー絞り

G 光学フィルター

I P 像面

d d線

g g線

S サジタル像面

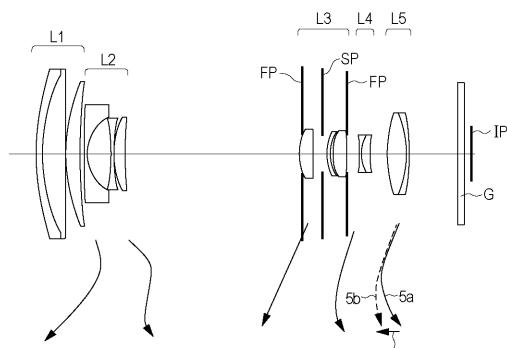
M メリディオナル像面

半画角

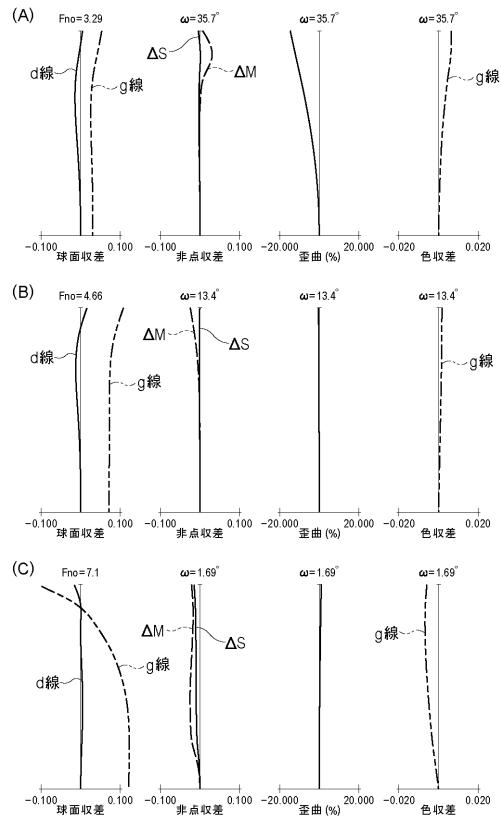
F no Fナンバー

40

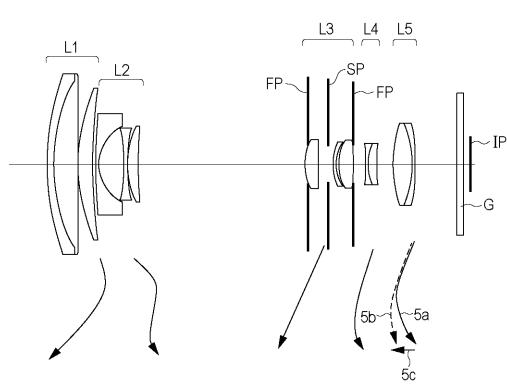
【図1】



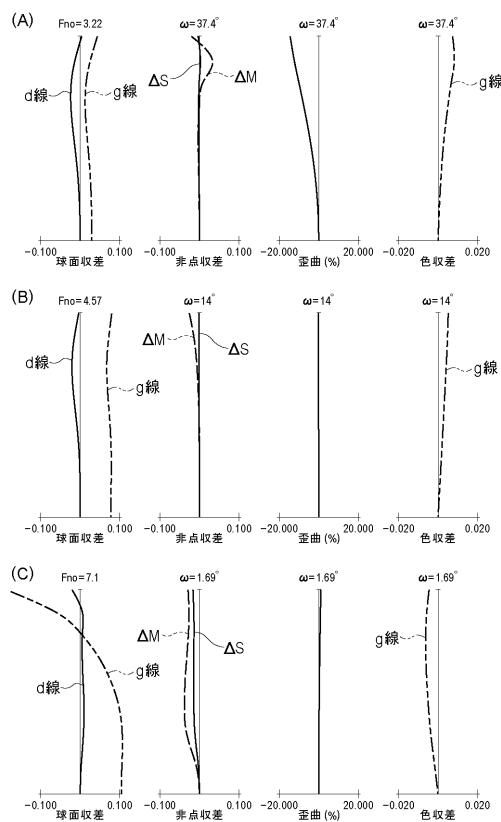
【図2】



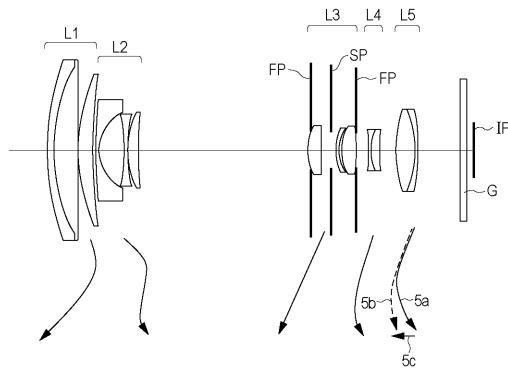
【図3】



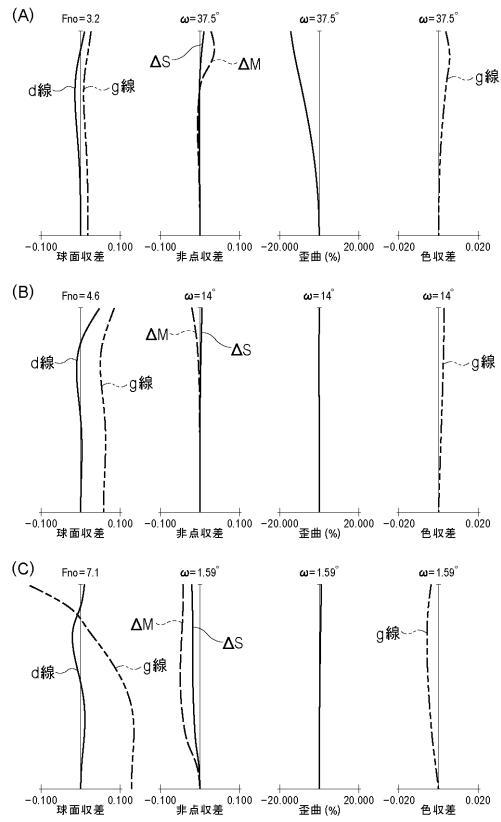
【図4】



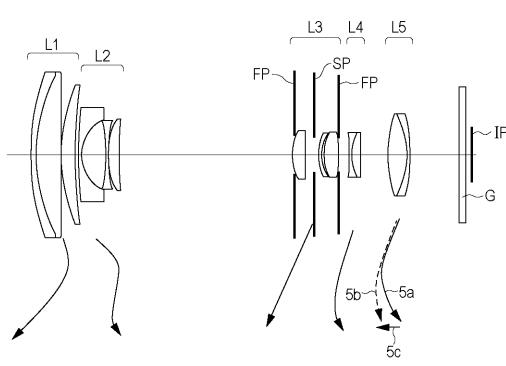
【図5】



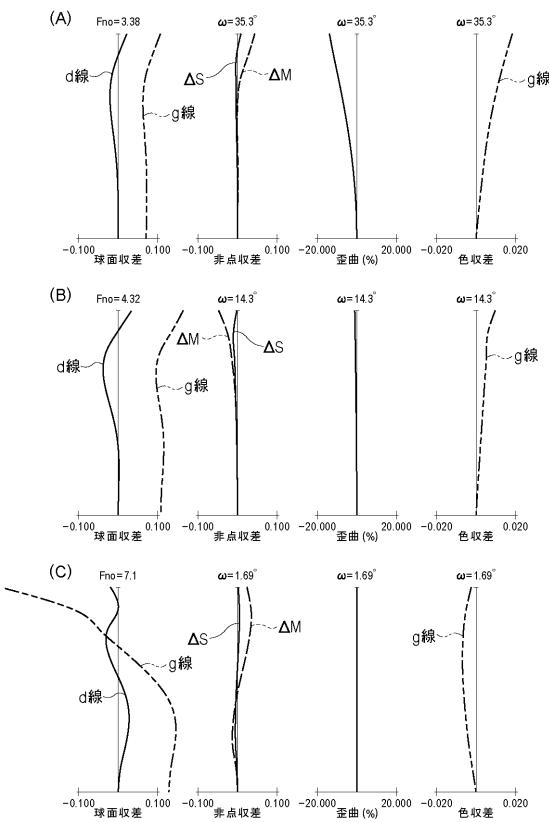
【図6】



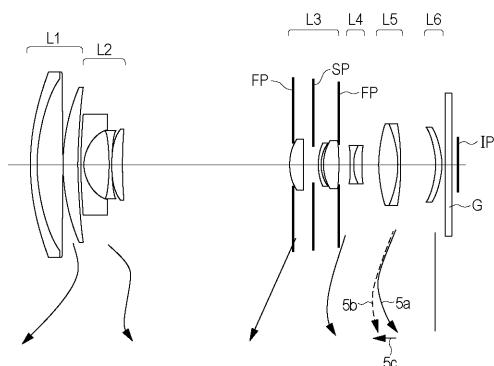
【図7】



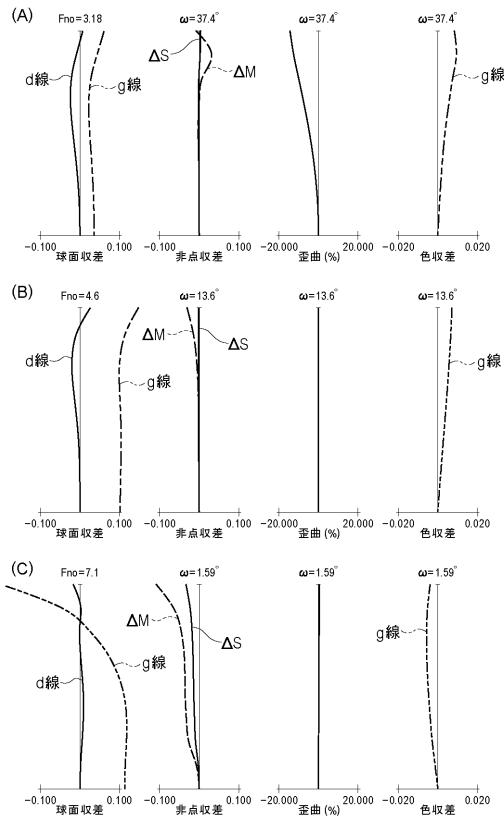
【図8】



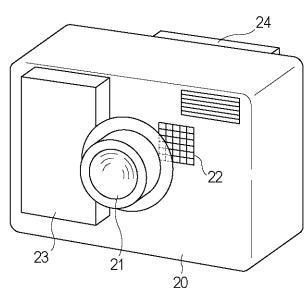
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-247563(JP,A)
特開2012-048199(JP,A)
特開2014-145983(JP,A)
特開2013-228500(JP,A)
特開2014-095754(JP,A)
特開2014-153436(JP,A)
特開2013-224979(JP,A)
特開2013-224993(JP,A)
特開2012-042807(JP,A)
特開2011-252962(JP,A)
特開2011-081113(JP,A)
特開2009-294513(JP,A)
米国特許第08982475(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 00	-	17 / 08
G 02 B	21 / 02	-	21 / 04
G 02 B	25 / 00	-	25 / 04