

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6226611号
(P6226611)

(45) 発行日 平成29年11月8日(2017.11.8)

(24) 登録日 平成29年10月20日(2017.10.20)

(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 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-157621 (P2013-157621)
(22) 出願日	平成25年7月30日 (2013.7.30)
(65) 公開番号	特開2015-28530 (P2015-28530A)
(43) 公開日	平成27年2月12日 (2015.2.12)
審査請求日	平成28年7月15日 (2016.7.15)

(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	白砂 貴司 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 濱戸 息吹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群、正の屈折力の後群からなり、広角端に比べて望遠端において、前記前群と前記後群の間隔が短くなるズームレンズであって、

前記前群は、ズーミングに際して一体的に移動する一つのレンズ群からなり、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第2aレンズ群、正の屈折力の第2bレンズ群、又は負の屈折力の第2cレンズ群から構成され、

無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記第2aレンズ群が像側に移動し、第2bレンズ群が物体側に移動し、

前記第2aレンズ群の焦点距離をf_{2a}、前記第2bレンズ群の焦点距離をf_{2b}とするとき、 10

$$1.1 < f_{2b} / f_{2a} < 3.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおける前記第2aレンズ群の移動量をD_{F1}、無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおける前記第2bレンズ群の移動量をD_{F2}とするとき、

$$-0.50 < D_{F2} / D_{F1} < -0.05$$

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】

広角端における前記後群の焦点距離を f_R とするとき、

$$0.7 < f_2a / f_R < 3.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 2c レンズ群の焦点距離を f_{2c} 、広角端における前記後群の焦点距離を f_R とするとき、

$$-0.5 < f_R / f_{2c} < 0.5$$

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】

広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$2.5 < f_2a / f_w < 6.0$$

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】

前記前群の焦点距離を f_1 、望遠端におけるレンズ全長を TDL_t とするとき、

$$0.06 < |f_1| / TDL_t < 0.25$$

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】

前記前群の焦点距離を f_1 、広角端における前記後群の焦点距離を f_R とするとき、

$$1.2 < f_R / |f_1| < 3.0$$

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際して、前記前群は像側へ凸状の軌跡で移動し、前記第 2a レンズ群、前記第 2b レンズ群及び前記第 2c レンズ群は互いに異なる軌跡で物体側へ移動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】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記前群は像側へ凸状の軌跡で移動し、前記第 2a レンズ群は物体側へ移動し、前記第 2b レンズ群と前記第 2c レンズ群は前記第 2a レンズ群とは異なる軌跡で物体側へ移動し、前記第 2b レンズ群と前記第 2c レンズ群は互いに同じ軌跡で移動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 10】

前記第 2a 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を接合した接合レンズ、正レンズからなり、

前記第 2b レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正レンズ、負レンズ、正レンズから構成され、

前記第 2c 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を接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズと正レンズを接合し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 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記前群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の 4 枚の負レンズ、両凹形状の負レンズ、正レンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 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。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、ズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、T V カメラ、監視用カメラ等の撮像装置の撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、固体撮像素子を用いた撮像装置に用いられる撮像光学系においては、広画角で歪曲が小さく、物体距離全般にわたり高性能（高解像力）なズームレンズであることが要求されている。また像面側にクイックリターンミラーを配置する一眼レフカメラの交換レンズの場合は十分な長さのバックフォーカスを有することが要求されている。広画角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。このうち撮影全画角 100 度以上の広角域からのズーミングが可能な、広画角のズームレンズが知られている（特許文献 1、2）。

【0003】

特許文献 1 では、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、又は負の屈折力の第 4 レンズ群より成る、広角端での撮影全画角 120 度で、ズーム比 2 度程度の広画角のズームレンズを開示している。特許文献 2 では、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群より成る、広角端での撮影全画角 114.7 度で、ズーム比 1.65 度程度の広画角のズームレンズを開示している。

【0004】

この他、特許文献 2 では負の屈折力の第 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 レンズ群よりなり、広角端での撮影全画角 114.7 度でズーム比 1.65 度程度の広画角のズームレンズを開示している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特開 2005 - 106878 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 94174 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ネガティブリード型のズームレンズは広画角化及び長いバックフォーカスを得るのが容易である。

【0007】

しかしながらネガティブリード型のズームレンズは、レンズ構成が開口絞りに対して非対称な配置となるため、像面湾曲や歪曲などの収差が多く発生し、これらの収差補正が難しくなる。特に撮影画角が 120 度を超えるような超広画角域を含むズームレンズは、前述の諸収差が多く発生してくる。またネガティブリード型のズームレンズは、フォーカシングに際しての収差変動も多くなり、無限遠から至近距離の物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが難しい。

【0008】

特許文献 1 では第 1 レンズ群を 2 つの負レンズからなる負の屈折力の第 1 A レンズ群と 2 つの負レンズを含む負の屈折力の第 1 B レンズ群に分けて、このうち第 1 B レンズ群でフォーカシングを行っている。特許文献 1 では、第 1 レンズ群内を軸外光線が大きく屈折している部分でレンズ群を 2 つの部分レンズ群に分割して、そのうちの一方の第 1 B レンズ群でフォーカシングを行っているため、第 1 B レンズ群の移動に伴う軸外光線の光路変動が大きい。

【0009】

そのため、フォーカシングによる軸外収差、特に像面湾曲の変動が大きく、無限遠から至近距離までの全ての領域で良好な光学性能を得ることが難しくなる傾向があった。

10

20

30

40

50

【0010】

特許文献2では、第2レンズ群内の正の屈折力の接合レンズをフォーカスレンズ群としてフォーカシングを行っている。しかしながら、撮影画角110度程の超広画角域ではフォーカスレンズ群に入射する軸外光線の角度が大きい。このため、フォーカスレンズ群の移動に伴う軸外光線の光路の変動が大きく、フォーカシングによる軸外収差、特に像面湾曲の変動が大きく、無限遠から至近距離までの全ての領域で良好な光学性能を得ることが難しくなる傾向があった。

【0011】

一般に広画角域を含むズームレンズは、フォーカシングによる光学系内を通る光線の経路の変化が顕著であるため、フォーカシングによる軸外収差の変動が大きくなる傾向がある。¹⁰ ネガティブリード型のズームレンズにおいて広画角化を図りつつ、物体距離全般にわたり高い光学性能を得るには、フォーカシングの際に移動させるフォーカスレンズ群を適切に設定することが重要になってくる。更にフォーカスレンズ群の屈折力そしてフォーカスレンズ群の無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての移動量等を適切に設定することが重要になってくる。

【0012】

これらの構成が不適切であると、広画角化を図りつつ無限遠から至近距離までの物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

【0013】

本発明は、広画角で物体距離全般にわたり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。²⁰

【課題を解決するための手段】**【0014】**

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群、正の屈折力の後群からなり、広角端に比べて望遠端において、前記前群と前記後群の間隔が短くなるズームレンズであって、前記前群は、ズーミングに際して一体的に移動する一つのレンズ群からなり、前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第2aレンズ群、正の屈折力の第2bレンズ群、又は負の屈折力の第2cレンズ群から構成され、無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記第2aレンズ群が像側に移動し、第2bレンズ群が物体側に移動し、前記第2aレンズ群の焦点距離をf_{2a}、前記第2bレンズ群の焦点距離をf_{2b}とするとき、³⁰

$$1.1 < f_{2b} / f_{2a} < 3.0$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】**【0015】**

本発明によれば、広画角で物体距離全般にわたり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】**【0016】****【図1】実施例1の広角端におけるレンズ断面図**

40

【図2】(a), (b) 実施例1の広角端における無限遠と最至近距離での縦収差図**【図3】(a), (b) 実施例1の望遠端における無限遠と最至近距離での縦収差図****【図4】実施例2の広角端におけるレンズ断面図****【図5】(a), (b) 実施例2の広角端における無限遠と最至近距離での縦収差図****【図6】(a), (b) 実施例2の望遠端における無限遠と最至近距離での縦収差図****【図7】実施例3の広角端におけるレンズ断面図****【図8】(a), (b) 実施例3の広角端における無限遠と最至近距離での縦収差図****【図9】(a), (b) 実施例3の望遠端における無限遠と最至近距離での縦収差図****【図10】本発明によるズームレンズを使用した撮像装置の要部概略図****【発明を実施するための形態】**

50

【0017】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、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、物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群、正の屈折力の後群からなっている。広角端に比べて望遠端において、前群と後群の間隔が短くなる。前群はズーミングに際して一体的に移動する負の屈折力の第1レンズ群より構成されている。後群は物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第2aレンズ群、正の屈折力の第2bレンズ群、正又は負の屈折力の第2cレンズ群から構成されている。

【0018】

そして無限遠から最至近距離へのフォーカシング(フォーカス)に際して、第2aレンズ群は像側へ移動し、第2bレンズ群は物体側へ異なった速度で移動する。

10

【0019】

図1は本発明の実施例1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)は実施例1の広角端における無限遠と最至近距離における縦収差図である。図3(a),(b)は実施例1の望遠端(長焦点距離端)における無限遠と最至近距離における縦収差図である。図4は本発明の実施例2の広角端におけるレンズ断面図である。図5(a),(b)は実施例2の広角端における無限遠と最至近距離における縦収差図である。図6(a),(b)は実施例1の望遠端における無限遠と最至近距離における縦収差図である。

【0020】

図7は本発明の実施例3の広角端におけるレンズ断面図である。図8(a),(b)は実施例3の広角端における無限遠と最至近距離における縦収差図である。図9(a),(b)は実施例3の望遠端における無限遠と最至近距離における縦収差図である。図10は本発明のズームレンズを備える一眼レフカメラ(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、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。

20

【0021】

レンズ断面図において、L Fは負の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の前群である。L Rは1以上のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群である。実施例1乃至3において前群L Fは負の屈折力の第1レンズ群L 1より構成されている。後群L Rは物体側から像側へ順に、正の屈折力の第2aレンズ群L 2a、正の屈折力の第2bレンズ群L 2b、正又は負の屈折力の第2cレンズ群L 2cより構成されている。

30

【0022】

S Pは撮影時の絞り値に応じた撮影光束径を制御する開口径可変の撮影光束径決定部材(以下「開口径」と呼ぶ)である。S S P 1、S S P 2はズーミングに合わせて開口径が変化する開放Fナンバー絞り(開放F絞り)であり、各ズーム位置での開放Fナンバーを決定している。F C 1、F C 2はフレアカッターであり、開放Fナンバー光束より外側のフレアーア光をカット(遮光)している。

【0023】

I P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像光学系として使用する際には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)の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮像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。球面収差図において、実線dはd線(波長587.6nm)、2点鎖線gはg線(波長435.8nm)である。非点収差図において点線Mはd線のメリディオナル像面、実線Sはd線の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g線の差分を表している。

40

【0024】

F n oはFナンバーである。は撮影半画角(度)である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上、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

50

ての各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0025】

各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際し、矢印の如く負の屈折力の前群LFと正の屈折力の後群LRの空気間隔が短く（小さく）なるように、移動する。具体的には前群LFが像側に凸状を描く軌跡で光軸上を移動する。後群LRの移動は次のとおりである。

【0026】

図1の実施例1、図4の実施例2では第2aレンズ群L2a、第2bレンズ群L2b、第2cレンズ群L2cは互いに異なる軌跡で物体側へ移動する。図7の実施例3では第2aレンズ群は物体側へ移動し、第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cは第2aレンズ群L2aとは異なった軌跡で物体側へ移動する。第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cは互いに同じ軌跡で移動する。
10

【0027】

ズーミングに際してこのような移動をすることで、撮影画角120度を超える超広画角のズームレンズを得ている。特に広角端から望遠端へのズーミングを効率良く行い、前群LFの移動により変倍による像面位置の補正も確実に行っている。

【0028】

前群LFは、物体側から像側へ順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズを少なくとも3枚配置している。そしてそれらの3つの負レンズのうちの少なくとも2面を非球面形状としている。このときの少なくとも2つの非球面のうち1つは光軸（レンズ中心）から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状であり、他の1つは光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状である。光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状は、前群LFに配した負レンズにより発生する強い負の歪曲収差を補正する役割を担っている。
20

【0029】

本発明のような超広画角系のズームレンズでは、物体側の前群LFに強い負の屈折力を有したレンズを多く配置するため、負の歪曲収差が大きく発生する。その負の歪曲収差を良好に補正するには、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる形状の非球面を効果的に配置するのが良い。

【0030】

一方、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる形状の非球面は、広画角系のズームレンズで問題となる像面湾曲を補正する役割を担っている。一般に本発明のようなレトロフォーカスタイルの非対称形の超広画角系のズームレンズでは、画面周辺部で像面が急激にオーバー方向に倒れる像面湾曲が発生する。
30

【0031】

特に超広画角化を図るとその傾向が強くなる。このため、各実施例では前述の2つの非球面に加えて光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる形状の非球面でその像面湾曲を補正している。超広画角域を含むズームレンズは、特に広角端において歪曲収差と像面湾曲をバランス良く補正することが重要になってくる。そこで各実施例では、前群LFのレンズ構成を上記のようなレンズ構成としている。
40

【0032】

各実施例のズームレンズでは、正の屈折力の後群LRは物体側から像側へ順に、正の屈折力の第2aレンズ群L2a、正の屈折力の第2bレンズ群L2b、又は負の屈折力の第2cレンズ群L2cを有している。

【0033】

無限遠から最至近距離へのフォーカスに際しては、第2aレンズ群L2aは像側へ第2bレンズ群L2bは物体側で光軸上を移動する。この時の、フォーカシングは第2aレンズ群L2aが主にその機能を果たしており、フォーカシングに際して光軸上の移動量の絶対値は第2bレンズ群L2bより第2aレンズ群L2aの方が大きくなるようにしている。第2bレンズ群L2aは弱い正の屈折力を有するレンズ群であり、光軸上を移動させて
50

もフォーカシング作用は少なく、第2aレンズ群L2aによるフォーカシングの際に生ずる像面湾曲の変動を補正する役割を果たしている。

【0034】

尚、レンズ群とはズーミングやフォーカシングの際に変化する光軸に沿ったレンズ間隔によって分けられる部分をいう。超広画角域を含む負レンズ群先行型のズームレンズにおいて、正の屈折力の後群LRの最も物体側の正の屈折力の部分レンズ群でフォーカスを行うと、無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおいてサジタル像面が大きくアンダーフォーカス方向に変動する。ここで正の屈折力の部分レンズ群は例えば第2aレンズ群L2aである。

【0035】

10

そこで各実施例では、そのときのサジタル像面のフォーカシングに際しての変動を弱い屈折力の第2bレンズ群L2bと第2aレンズ群L2aを光軸上逆方向でかつ異なる速さで動かして補正している。

【0036】

即ち各実施例では、正の屈折力の第2bレンズ群L2bを正の屈折力の第2aレンズ群L2aと光軸上逆方向且つ異なる早さで移動させることで所謂フローティングフォーカスを行っている。第2bレンズ群L2bを第2aレンズ群L2aと光軸上逆方向に動かすと、サジタル像面の変動は第2aレンズ群L2aを移動させた場合とは逆方向に変動し、像焦点位置は第2aレンズ群L2bを移動させた場合と同じ方向に変動する。

【0037】

20

即ち、第2bレンズ群L2bを第2aレンズ群L2aとは光軸上逆方向に移動させることで、無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおいて、フォーカス駆動量を小さく保ち、且つサジタル像面の変動も少ない良好な撮影画像を得ている。

【0038】

第2bレンズ群L2bは、物体側の面が凸形状のレンズ面と像側の面が凸形状のレンズ面をそれぞれ少なくとも1つ有する構成としている。そして、第2bレンズ群L2b内で発生する収差を打ち消し合うようにし、且つ第2bレンズ群L2b全体を適度に弱い屈折力を有する状態に保っている。これにより、第2bレンズ群L2bがフォーカス作用にあまり影響を与えずに、像面湾曲の変動を良好に補正するようしている。

【0039】

30

また、第2bレンズ群L2bの最も像側のレンズ面は、像側に緩い凸面を向けたレンズ形状である。これにより、第2bレンズ群L2bから射出する光線に正の屈折を与えて、正の屈折力の第2aレンズ群L2aのフォーカスにより変動する像面湾曲を逆方向に発生させて補正している。また各実施例のズームレンズでは、第2aレンズ群L2aの焦点距離f2a、第2bレンズ群L2bの焦点距離をf2bとするとき、以下の条件式を満足する構成としている。

【0040】

$$1.1 < f_{2b} / f_{2a} < 3.0 \quad \dots (1)$$

条件式(1)は、第2aレンズ群L2aの焦点距離に対する第2bレンズ群L2bの焦点距離の比を規定する。条件式(1)は第2bレンズ群L2bのフローティングにより第2aレンズ群L2aによるフォーカシングを適切に補足し、且つフォーカシングに伴う像面湾曲の変動を良好に補正するためのものである。条件式(1)の下限を超えて第2bレンズ群L2bの屈折力が強くなりすぎると、球面収差を始めとした諸収差の変動が大きくなり、諸収差の補正が困難となる。

40

【0041】

また条件式(1)の上限を超えて第2bレンズ群L2bの屈折力が弱くなりすぎると、フォーカシングに際して像面湾曲の変動の補正が不十分となる。また同時に第2bレンズ群L2bのフローティングの際の移動量が大きくなり過ぎてくるので望ましくない。

【0042】

以上のように、本発明によれば、物体距離全般にわたり高い光学性能が得られるズーム

50

レンズが得られる。各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおける第2aレンズ群L2aの移動量をDF1、無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおける第2bレンズ群L2bの移動量をDF2とする。

【0043】

ここで、無限遠から最至近距離へのフォーカシングにおけるレンズ群の移動量とは、無限遠と最至近距離でのレンズ群の位置の差をいう。移動量の符号はレンズ群が無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動するときを正とし、物体側へ移動するときを負とする。広角端における後群LRの焦点距離をfRとする。第2cレンズ群L2cの焦点距離をf2cとする。広角端における全系の焦点距離をfwとする。前群LFの焦点距離をf1、望遠端におけるレンズ全長（最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離）をTDLt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。
10

【0044】

$$\begin{aligned} -0.50 < DF2 / DF1 < -0.05 & \cdots (2) \\ 0.7 < f2a / fR < 3.0 & \cdots (3) \\ -0.5 < fR / f2c < 0.5 & \cdots (4) \\ 2.5 < f2a / fw < 6.0 & \cdots (5) \\ 0.06 < |f1| / TDLt < 0.25 & \cdots (6) \\ 1.2 < fR / |f1| < 3.0 & \cdots (7) \end{aligned}$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。
20

【0045】

条件式(2)は、フォーカシングに際しての第2aレンズ群L2aの移動量に対する第2bレンズ群L2bの移動量の比を規定し、主にフォーカシングに際しての像面湾曲の変動を良好に補正するためのものである。

【0046】

条件式(2)の下限を超えてフォーカシングに際して第2aレンズ群L2aの移動量に対する第2bレンズ群の移動量の絶対値が大きいと、フォーカシングに際して像面湾曲の変動を補正が過剰となるため望ましくない。また同時に、第2bレンズ群L2bのフォーカシングのための空気間隔が大きくなり、全系が大型化するので望ましくない。また、条件式(2)の上限を超えてフォーカシングに際しての第2aレンズ群L2aの移動量に対する第2bレンズ群L2bの移動量の絶対値が小さいと、フォーカシングに際して像面湾曲の変動を補正するのが困難になる。
30

【0047】

条件式(3)は、後群LR内における第2aレンズ群L2aの焦点距離を適切に規定し、主に第2aレンズ群L2aによるフォーカシングと収差補正をバランスを良く行うものである。条件式(3)の下限を超えて第2aレンズ群L2aの屈折力が強くなりすぎると、フォーカシングに際して球面収差を始めとする諸収差の変動が大きくなり、諸収差の変動を補正するのが困難になる。また条件式(3)の上限を超えて第2aレンズ群L2aの屈折力が弱くなりすぎると、無限遠から最至近距離までのフォーカシングに必要なフォーカス移動量が大きくなり、全系が大型化するため望ましくない。
40

【0048】

条件式(4)は、第2cレンズ群L2cの焦点距離に対する後群LRの焦点距離の比を適切に規定し、主に十分な長さのバックファーカスを確保しながらも全系の小型化を図りつつ諸収差をバランス良く補正するためのものである。条件式(4)の下限を超えて第2cレンズ群L2cの屈折力が負の方向に強くなると、バックフォーカスが長くなり過ぎて全系が大型化するため望ましくない。

【0049】

また同時に、正の屈折力の後群LR内の屈折力のバランスを保つために第2aレンズ群L2a、第2bレンズ群L2bの正の屈折力が強くなり過ぎ、諸収差が大きく発生してきて、これらの補正が困難となる。また、条件式(4)の上限を超えて第2cレンズ群L2
50

cの屈折力が正の方向に強くなると、十分な長さのバックフォーカスを確保することが難しくなるため望ましくない。また同時に、後群L R全体の正の屈折力が強くなり過ぎ、諸収差が正の方向に大きく発生してきて、これらの補正が困難となる。

【0050】

条件式(5)は、広角端における全系の焦点距離に対する第2aレンズ群L 2 aの焦点距離の比を規定し、主に第2aレンズ群L 2 aによるフォーカシングと収差補正をバランス良く行うためのものである。条件式(5)の下限を超えて第2aレンズ群L 2 aの屈折力が強くなりすぎると、フォーカシングに際して球面収差を始めとする諸収差が大きくなり、諸収差の変動を補正するのが困難になる。また条件式(5)の上限を超えて第2aレンズ群L 2 aの屈折力が弱くなりすぎると、無限遠から最至近距離までのフォーカシングに必要なフォーカス移動量が大きくなり、全系が大型化するので望ましくない。10

【0051】

条件式(6)は、望遠端における全系のレンズ全長に対する前群L Fの焦点距離の比を規定し、主に十分な長さのバックファーカスを確保しながらも全系の小型化を図りつつ、諸収差をバランス良く補正するためのものである。

【0052】

条件式(6)の下限を超えて前群L Fの負の屈折力の絶対値が大きくなりすぎると、後群L Rに入射する光線の入射高が高くなり後群L Rが大型化する。更に、前群L Fで発生する負の収差が大きくなつてこれを後群L Rで補正することが困難になる。また、条件式(6)の上限を超えて前群L Fの負の屈折力の絶対値が小さくなりすぎると、広画角化が困難となるとともに、十分な長さのバックフォーカスを確保することが困難となる。20

【0053】

条件式(7)は、前群L Fの焦点距離に対する広角端における後群L Rの焦点距離の比を規定し、主に十分な長さのバックフォーカスを確保しながらも全系の小型化を図りつつ、諸収差をバランス良く補正するためのものである。条件式(7)の下限を超えて前群L Fの負の屈折力の絶対値が後群L Rの屈折力に比べて小さくなると、十分な長さのバックフォーカスを確保することが困難となると共に、軸上収差が大きく発生してきて、この補正が困難となる。

【0054】

また、条件式(7)の上限を超えて後群L Rの屈折力が前群L Fの負の屈折力の絶対値に比べて小さくなると後群L Rが大型化してくるとともに、前群L Fより発生する負の収差が大きくなつてこれを後群L Rで補正することが困難となる。また、本発明のズームレンズをより好ましい形態とするには、前記各条件式の範囲を以下のように設定することが良い。30

【0055】

$$\begin{aligned} 1.2 < f_{2b} / f_{2a} < 2.8 & \cdots (1a) \\ -0.40 < Df_2 / Df_1 < -0.06 & \cdots (2a) \\ 1.0 < f_{2a} / f_R < 2.5 & \cdots (3a) \\ -0.3 < f_R / f_{2c} < 0.3 & \cdots (4a) \\ 3.0 < f_{2a} / f_w < 5.5 & \cdots (5a) \\ 0.07 < |f_1| / TDLt < 0.23 & \cdots (6a) \\ 1.4 < f_R / |f_1| < 2.8 & \cdots (7a) \end{aligned}$$
40

【0056】

以上のように各実施例よれば、広角端で撮影画角120度を超えるような超広画角で、全フォーカス域で良好な像面特性を維持した高画質の画像が得られる。各実施例では全ズーム範囲、また物体距離全般にわたり良好なる光学性能を得るために前群L Fと後群L Rの各レンズ群を次のように構成している。

【0057】

第2aレンズ群を物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成されている。第2bレンズ群を物体側から像側へ順に配置さ50

れた正レンズ、負レンズ、正レンズより構成されている。第2cレンズ群を物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズより構成されている。また前群LFを物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の4枚の負レンズ、両凹形状の負レンズ、正レンズから構成している。

【0058】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成について説明する。実施例1は、ネガティブリードタイプのズームレンズであり、物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群LF、正の屈折力の後群LRより構成している。後群LRは、正の屈折力の第2aレンズ群L2aと、正の屈折力の第2bレンズ群L2bと、負の屈折力の第2cレンズ群L2cで構成されている。尚、第2cレンズ群L2cは正の屈折力であっても良い。10

【0059】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前群LFと後群LRの間隔が狭く（短く）なるように、前群LFは像側に凸状の軌跡を描いて移動している。第2aレンズ群L2a、第2bレンズ群L2b、第2cレンズ群L2cはいずれも物体側へ互いに異なった軌跡で移動する。

【0060】

実施例1は4群ズームレンズである。前群LFは物体側から像側へ順に、負の屈折力のレンズ（以下単に「負レンズ」という）G11、負レンズG12、負レンズG13を有している。更に像側に凹面を向けた負レンズG14、負レンズG15、正レンズG16を有している。無限遠から最至近距離までのフォーカシングに際しては、第2aレンズ群L2aは像側へ第2bレンズ群L2bは物体側へ移動している。20

【0061】

また、第2aレンズ群L2aの物体側にズーミングに際して独立に移動するフレアカッター絞りFC1を配置している。第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cの間に開放Fナンバー絞りSSP1を配置している。開放Fナンバー絞りSSP1は、開放Fナンバーでの中心光束を決定する。また更に、第2レンズ群L2cの像側にもズーミングに際して不動のフレアカッター絞りFC2を配置している。開口絞りSPは第2bレンズ群L2bの物体側に配置され、ズーミングに際して第2bレンズ群L2bと一体的（同じ軌跡）に移動する。30

【0062】

各収差図から明らかなように、本実施例はズーム全域で諸収差が良好に補正された高い光学性能を有している。且つ最至近距離へのフォーカシングに際しても像面湾曲の変動が少なく、全フォーカス域で高い光学性能を得ている。

【0063】

実施例2は、ネガティブリードタイプのズームレンズであり、物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群LF、正の屈折力の後群LRより構成している。後群LRは、正の屈折力の第2aレンズ群L2aと、正の屈折力の第2bレンズ群L2bと、負の屈折力の第2cレンズ群L2cより構成されている。第2cレンズ群L2cは正の屈折力であっても良い。広角端から望遠端へのズーミングに際して、前群LFと後群LRの間隔が狭くなる。具体的には、前群LFは像側に凸状の軌跡を描いて移動する。40

【0064】

第2aレンズ群L2a、第2bレンズ群L2b、第2cレンズ群L2cはいずれも物体側へ互いに異なった軌跡で移動する。実施例2は4群ズームレンズである。前群LFと後群LRのレンズ構成は実施例1と同じである。無限遠から最至近距離までのフォーカシングに際しては、実施例1と同じである。また、第2aレンズ群L2aの物体側にズーミングに際して独立に移動するフレアカッター絞りFC1を配置している。

【0065】

第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cの間に開放Fナンバー絞りSSP1を配置している。開放Fナンバー絞りSSP1は、開放Fナンバーでの中心光束を決定する役50

割と共に、それより外側のフレア成分をカットするフレアカッターとしての役割を担っている。また更に、第2cレンズ群L2cの像側にもズーミングに際して不動のフレアカッター絞りFC2を配置している。開口絞りSPは第2bレンズ群L2bの物体側に配置され、ズーミングに際して第2bレンズ群L2bと一体的に移動する。

【0066】

各収差図から明らかなように、本実施例はズーム全域で諸収差が良好に補正された高い光学性能を有している。且つ最至近距離へのフォーカシングに際しても像面湾曲の変動が少なく、全フォーカス域で高い光学性能を得ている。

【0067】

実施例3は、ネガティブリードタイプのズームレンズであり、物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群LF、正の屈折力の後群LRより構成している。後群LRは、正の屈折力の第2aレンズ群L2aと、正の屈折力の第2bレンズ群L2bと、負の屈折力の第2cレンズ群L2cで構成している。第2cレンズ群L2cは正の屈折力であっても良い。無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際しては実施例1と同じである。

【0068】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前群LFは像側へ凸状の軌跡で移動する。第2aレンズ群L2aは物体側へ移動する。第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cは第2aレンズ群L2aとは異なる軌跡で物体側へ移動する。第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cは互いに同じ軌跡で移動する。

【0069】

また、第2aレンズ群L2aの物体側に、物体側から順に開放Fナンバー絞りSSP1と開口絞りSPを配置しており、ズーミングに際して第2aレンズ群L2aと一体的に移動する。第2bレンズ群L2bと第2cレンズ群L2cの間に開放Fナンバー絞りSSP2を配置している。開放Fナンバー絞りSSP1と開放Fナンバー絞りSSP2は、開放Fナンバーでの中心光束を決定する役割と共に、それより外側のフレア成分をカットするフレアカッターとしての役割を担っている。また更に、第2cレンズ群L2cの像側にもズーミングに際して不動のフレアカッター絞りFC1を配置している。

【0070】

各収差図から明らかなように、本実施例はズーム全域で諸収差が良好に補正された高い光学性能を有している。且つ最至近距離へのフォーカシングに際しても像面湾曲の変動が少なく、全フォーカス域で高い光学性能を有している。

【0071】

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。

【0072】

次に、本発明のズームレンズを用いた一眼レフカメラシステム（撮像装置）の実施例を、図10を用いて説明する。図10において、10は一眼レフカメラ本体、11は本発明のズームレンズを搭載した交換レンズである。12は交換レンズ11を通して得られる被写体像を記録するフィルムや撮像素子などの記録手段である。13は交換レンズ11からの被写体像を観察するファインダー光学系、14は交換レンズ11で形成された被写体像を記録手段12とファインダー光学系13に切り替えて伝送するために回動するクイックリターンミラーである。

【0073】

ファインダーで被写体像を観察する場合は、クイックリターンミラー14を介してピント板15に結像した被写体像をペンタプリズム16で正立像としたのち、接眼光学系17で拡大して観察する。撮影時にはクイックリターンミラー14が矢印方向に回動して被写体像は記録手段12に結像して記録される。18はサブミラー、19は焦点検出装置である。

【0074】

このように本発明のズームレンズを一眼レフカメラ等の交換レンズ等の撮像装置に適用

10

20

30

40

50

することにより、高い光学性能を有した撮像装置が実現できる。尚、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一眼レフカメラにも同様に適用することができる。又、プロジェクター用の投射レンズにも同様に適用することができる。

【0075】

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、アッベ数を示す。BF 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距離で示している。レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離である。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、A4, A6, A8, A10, A12, A14 を各々非球面係数としたとき、

【0076】

【数1】

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

【0077】

なる式で表している。また [e-X] は [x10^-x] を意味している。非球面は面番号の後に * を附加して示す。また、各光学面の間隔 d が（可変）となっている部分は、ズーミングに際して変化するものである。また前述の各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【0078】

(数値実施例 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	44.642	3.50	1.77250	49.6	
2	30.575	9.02			
3*	39.834	3.50	1.59522	67.7	
4	26.292	6.00			
5	32.116	2.80	1.56907	71.3	30
6*	14.569	9.50			
7	39.825	2.00	1.83481	42.7	
8	20.395	10.80			
9	-49.294	1.80	1.49700	81.5	
10	41.949	2.83			
11	39.739	6.53	1.59551	39.2	
12	-74.048	(可変)			
13(FC1)		(可変)			
14	34.156	1.00	1.83481	42.7	
15	16.677	3.67	1.49700	81.5	40
16	69.429	0.15			
17	28.518	3.06	1.68893	31.1	
18	786.593	(可変)			
19(絞りSP)		1.38			
20	103.013	3.85	1.51633	64.1	
21	-23.139	0.52			
22	-22.534	0.80	1.83481	42.7	
23	86.583	0.61			
24	32.307	3.80	1.62588	35.7	
25	-51.738	0.56			50

26(SSP1)	(可変)				
27	87.697	0.80	1.83481	42.7	
28	13.146	3.82	1.49700	81.5	
29	46.364	0.28			
30	21.023	4.80	1.49700	81.5	
31	-24.714	0.10			
32	-54.812	1.00	1.80400	46.6	
33	14.730	5.56	1.58313	59.4	
34*	-52.555	(可変)			
35(FC2)					10

【 0 0 7 9 】

非球面データ

第3面

K = 0.000 A 4= 4.70510e-006 A 6=-1.28063e-008 A 8= 2.85216e-011
A10=-2.80741e-014 A12= 1.21207e-017

第6面

K = -1.14600 A 4= 3.01502e-005 A 6=-1.31934e-007 A 8= 7.95882e-010
A10=-2.46864e-012 A12= 3.61458e-015 A14=-2.36308e-018

20

第34面

K = 1.43692 A 4= 1.31360e-005 A 6=-3.73780e-008 A 8= 4.19002e-010
A10=-3.63062e-012

各種データ

	広角	中間	望遠	
焦点距離	12.30	17.96	23.64	
Fナンバー	4.10	4.10	4.10	
半画角(度)	60.38	50.30	42.46	30
像高	21.64	21.64	21.64	
光学全長	167.40	160.44	162.15	
BF	38.80	38.80	38.80	
d12	18.90	5.61	1.00	
d13	9.98	5.14	0.30	
d18	4.60	4.42	4.24	
d26	1.07	1.37	1.68	
d34	0.00	11.04	22.09	

40

ズームレンズ群データ

群 焦点距離

LF	-18.76
2a	49.43
2b	79.06
2c	-2933.36
LR	37.65

フォーカス移動量(物体距離無限遠 最至近距離(300mm))

群 移動量

50

2a 3.045
2b -0.300

【 0 0 8 0 】

(数値実施例 2)

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	45.887	3.50	1.77250	49.6	
2	30.720	8.06			
3*	38.003	3.50	1.59522	67.7	10
4	26.162	6.00			
5	31.599	2.80	1.56907	71.3	
6*	14.150	9.50			
7	37.908	2.00	1.83481	42.7	
8	20.303	11.07			
9	-48.934	1.80	1.49700	81.5	
10	41.161	2.86			
11	39.443	6.64	1.59551	39.2	
12	-74.091	(可変)			
13(FC1)		(可変)			20
14	34.330	1.00	1.85026	32.3	
15	16.113	3.67	1.54814	45.8	
16	58.966	0.18			
17	28.385	3.08	1.68893	31.1	
18	1324.046	(可変)			
19(絞りSP)		1.42			
20	91.644	3.86	1.49700	81.5	
21	-23.242	0.55			
22	-22.946	0.80	1.88300	40.8	
23	93.124	0.70			30
24	35.278	3.65	1.68893	31.1	
25	-52.709	0.59			
26(SSP1)		(可変)			
27	87.305	0.80	1.83481	42.7	
28	13.178	3.81	1.49700	81.5	
29	46.385	0.26			
30	20.826	4.82	1.49700	81.5	
31	-24.729	0.10			
32	-54.747	1.00	1.80400	46.6	
33	14.647	5.62	1.58313	59.4	40
34*	-52.077	(可変)			
35(FC2)					

【 0 0 8 1 】

非球面データ

第3面

K = 0.000 A 4= 4.03292e-006 A 6=-1.28699e-008 A 8= 2.82932e-011

A10=-2.78839e-014 A12= 1.19245e-017

K = -1.13252 A 4= 2.96520e-005 A 6=-1.34434e-007 A 8= 7.93257e-010
A10=-2.45844e-012 A12= 3.60709e-015 A14=-2.34289e-018

第34面

K = 2.05983 A 4= 1.33558e-005 A 6=-3.47592e-008 A 8= 3.64581e-010
A10=-3.31340e-012

各種データ

	広角	中間	望遠	10
焦点距離	12.30	17.95	23.60	
Fナンバー	4.10	4.10	4.10	
半画角(度)	60.38	50.32	42.51	
像高	21.64	21.64	21.64	
光学全長	167.40	160.21	161.82	
BF	38.80	38.80	38.80	
d12	19.28	5.74	1.00	
d13	9.99	5.15	0.30	
d18	4.63	4.55	4.47	20
d26	1.07	1.30	1.54	
d34	0.00	11.04	22.09	

ズームレンズ群データ

群	焦点距離	30
LF	-18.94	
2a	49.15	
2b	82.15	
2c	-32674.69	
LR	37.92	

フォーカス移動量(物体距離無限遠 最至近距離(300mm))

群	移動量
2a	3.098
2b	-0.379

【0082】

(数値実施例3)

面データ

面番号	r	d	nd	d	40
1	47.728	3.50	1.77250	49.6	
2	31.157	7.74			
3*	41.094	3.50	1.59522	67.7	
4	25.707	6.00			
5	30.632	2.80	1.56907	71.3	
6*	14.238	9.50			
7	35.822	2.00	1.83481	42.7	
8	20.125	11.13			
9	-51.475	1.80	1.49700	81.5	
10	40.426	2.26			50

11	36.576	6.95	1.59551	39.2	
12	-76.990	(可变)			
13(SSP1)		0.50			
14(絞りSP)		0.50			
15	31.195	1.00	1.83400	37.2	
16	15.838	3.79	1.51742	52.4	
17	61.117	0.15			
18	28.366	3.00	1.67270	32.1	
19	366.598	(可变)			
20	85.928	4.01	1.49700	81.5	10
21	-22.195	0.35			
22	-22.104	0.80	1.83481	42.7	
23	88.064	0.81			
24	38.049	3.69	1.67270	32.1	
25	-46.614	0.50			
26(SSP2)		1.15			
27	110.524	0.80	1.83481	42.7	
28	13.389	3.94	1.49700	81.5	
29	56.474	0.15			
30	21.374	5.03	1.49700	81.5	20
31	-24.002	0.10			
32	-49.555	1.00	1.80400	46.6	
33	14.867	6.06	1.58313	59.4	
34*	-54.784	(可变)			
35(FC2)					

【 0 0 8 3 】

非球面データ

第3面

K = 0.000 A 4= 5.82898e-006 A 6=-1.43491e-008 A 8= 2.99848e-011

A10=-2.87674e-014 A12= 1.21227e-017

30

第6面

K = -1.07646 A 4= 3.04718e-005 A 6=-1.30498e-007 A 8= 7.85119e-010

A10=-2.43141e-012 A12= 3.59143e-015 A14=-2.44438e-018

第34面

K = 2.62355 A 4= 1.32159e-005 A 6=-3.88594e-008 A 8= 3.62573e-010

A10=-3.24894e-012

40

各種データ

	広角	中間	望遠
焦点距離	12.30	17.96	23.60
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	60.38	50.30	42.51
像高	21.64	21.64	21.64
光学全長	167.40	160.30	162.09
BF	38.80	38.80	38.80

d12 29.16 10.63 1.00

50

d19	4.95	5.24	5.54
d34	0.00	11.13	22.25

ズームレンズ群データ

群	焦点距離		10
LF	-19.14		
2a	49.76		
2b	73.18		
2c	-642.52		
LR	37.87		

フォーカス移動量(物体距離無限遠 最至近距離(300mm))

群	移動量
2a	3.206
2b	-0.317

【0084】

【表1】

条件式		実施例1	実施例2	実施例3
(1)	f2b/f2a	1.599	1.671	1.471
(2)	DF2/DF1	-0.098	-0.122	-0.099
(3)	f2a/fR	1.313	1.296	1.314
(4)	fR/f2c	-0.013	-0.001	-0.059
(5)	f2a/fw	4.019	3.996	4.046
(6)	f1 /TDLt	0.116	0.117	0.118
(7)	fR/ f1	2.007	2.002	1.979

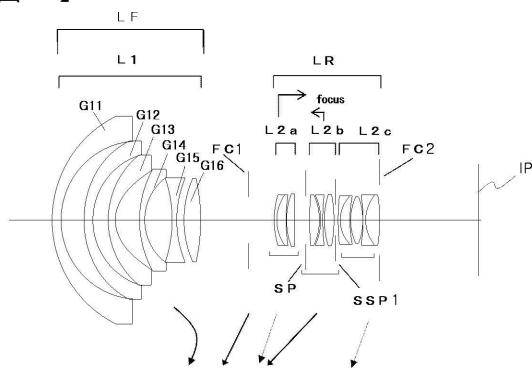
【符号の説明】

30

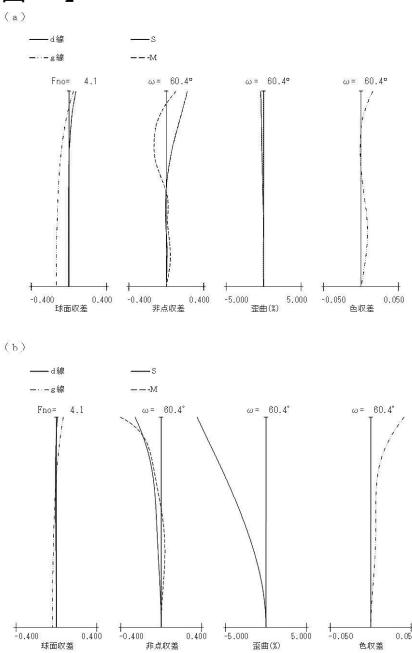
【0085】

LF 前群 L1 第1レンズ群 LR 後群 L2a 第2aレンズ群
 L2b 第2bレンズ群 L2c 第2cレンズ群

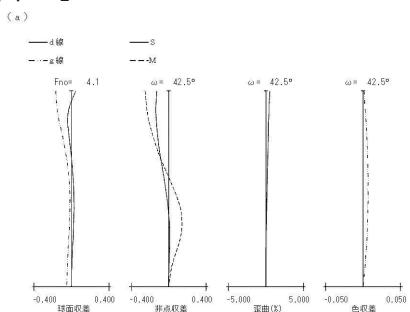
【図1】



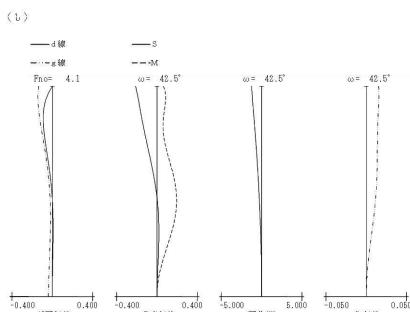
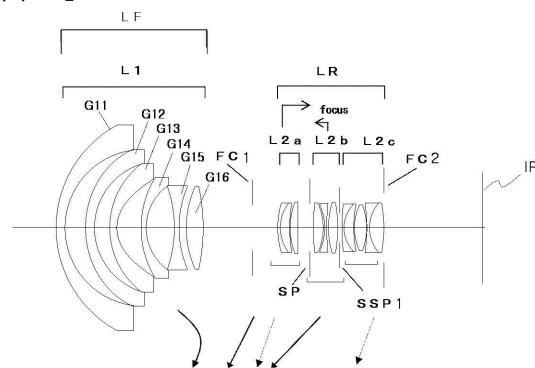
【図2】



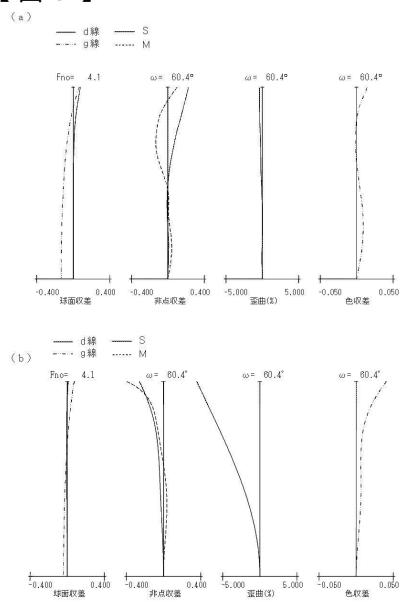
【図3】



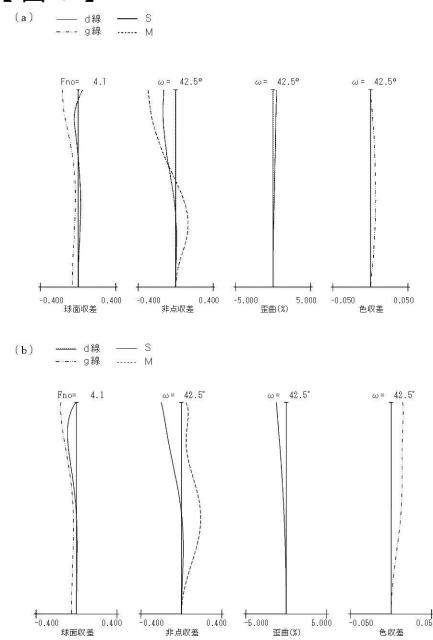
【図4】



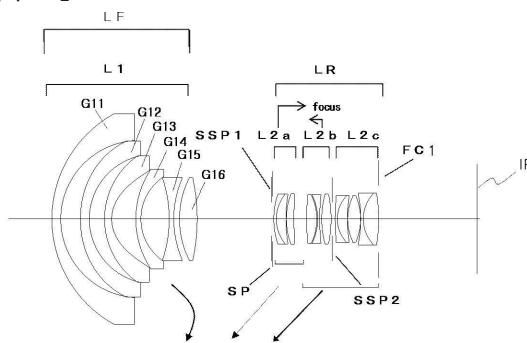
【図5】



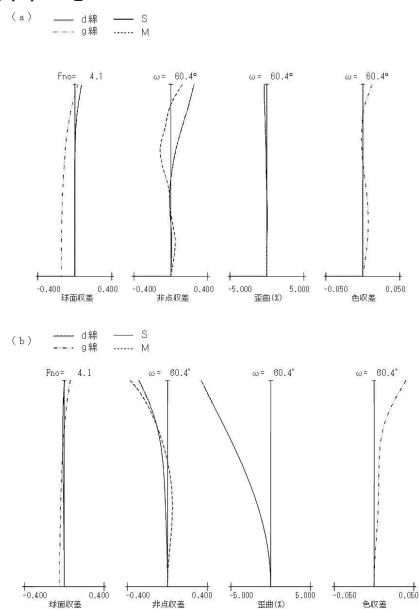
【図6】



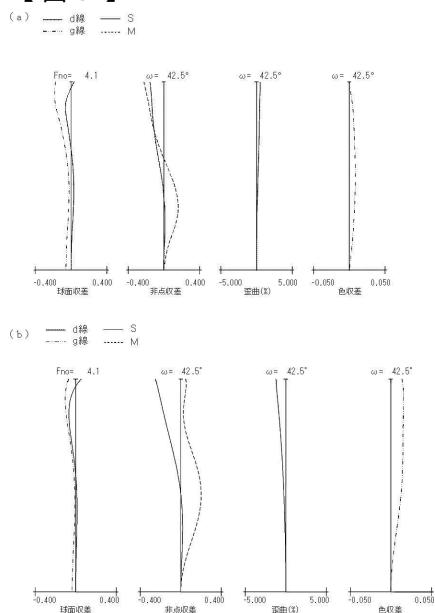
【図7】



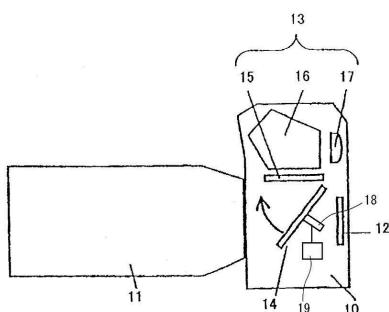
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-106878(JP,A)
特開2007-094174(JP,A)
特開2012-008273(JP,A)
特開2011-107269(JP,A)
特開2010-170062(JP,A)
特開2010-044225(JP,A)
特開2006-039063(JP,A)
特開2009-042527(JP,A)
特開2006-251529(JP,A)
特開2004-212913(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0116172(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0188755(US,A1)
米国特許出願公開第2011/0134537(US,A1)
米国特許出願公開第2006/0066956(US,A1)
米国特許出願公開第2004/0184161(US,A1)

(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