

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6833323号
(P6833323)

(45) 発行日 令和3年2月24日(2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月5日(2021.2.5)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/16	(2006.01)	GO2B 15/16
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18
GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20

請求項の数 14 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-43135 (P2016-43135)
(22) 出願日	平成28年3月7日(2016.3.7)
(65) 公開番号	特開2017-161568 (P2017-161568A)
(43) 公開日	平成29年9月14日(2017.9.14)
審査請求日	平成31年2月28日(2019.2.28)

(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	斎藤 慎一郎 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 小倉 宏之

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配置された、負の屈折力の第1レンズ群、1以上のレンズ群を有し全体として正の屈折力の後群より構成され、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であって、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力を有し接合レンズおよび接合レンズの一部でない第11レンズ要素、負の屈折力を有し接合レンズおよび接合レンズの一部でない第12レンズ要素、正の屈折力を有し接合レンズおよび接合レンズの一部でない第13レンズ要素から構成され、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_kw 、前記第12レンズ要素の焦点距離を f_{L12} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第12レンズ要素の物体側のレンズ面の曲率半径を R_{12a} 、前記第12レンズ要素の像側のレンズ面の曲率半径を R_{12b} 、前記第13レンズ要素の物体側のレンズ面の曲率半径を R_{13a} とするとき、

$$-2.0 < f_{L12} / f_w < -0.2$$

$$2.149 \leq s_kw / f_w \leq 5.0$$

$$0.50 < |f_1 / f_t| < 0.85$$

$$-0.40 < (R_{12b} + R_{12a}) / (R_{12b} - R_{12a}) < -0.05$$

$$2.0 < (R_{13a} + R_{12b}) / (R_{13a} - R_{12b}) < 1.2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

20

【請求項 2】

前記第13レンズ要素の焦点距離を f_{L13} とするとき、

$$0.4 < |f_{L12}/f_{L13}| < 0.8$$

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】

$$0.6 < f_{L12}/f_1 < 1.4$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第11レンズ要素の像側のレンズ面の曲率半径を R_{11b} とするとき、

$$0.30 < (R_{12a} + R_{11b}) / (R_{12a} - R_{11b}) < 0.75$$

10

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】

望遠端における前記後群の焦点距離を f_p とするとき、

$$0.4 < |f_1/f_p| < 0.9$$

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12レンズ要素の材料の屈折率を n_{dL12} 、前記第12レンズ要素の材料のアッベ数を d_{L12} とするとき、

$$1.7 < n_{dL12} < 2.1$$

$$40.0 < d_{L12} < 60.0$$

20

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13レンズ要素の材料のアッベ数と部分分散比を各々 n_{dL13} 、 g_{FL13} とするとき、

$$18.0 < d_{L13} < 40.0$$

$$0.55 < g_{FL13} < -0.003 \times d_{L13} + 0.7$$

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。

30

【請求項 8】

前記後群は、正の屈折力の第2レンズ群より構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群は像側へ凸状の軌跡で移動し、前記第2レンズ群は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】

前記第2レンズ群に含まれる一部のレンズは、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動することを特徴とする請求項8に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第2レンズ群に含まれる一部のレンズは、像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動し、像ぶれ補正に際して移動するレンズは、フォーカシングに際して移動するレンズとは異なることを特徴とする請求項9に記載のズームレンズ。

40

【請求項 11】

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2レンズ群、負の屈折力の第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て、前記第1レンズ群は像側へ凸状の軌跡で移動し、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群は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 12】

前記第3レンズ群は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動するこ

50

とを特徴とする請求項 1 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 3】

前記第 2 レンズ群に含まれる一部のレンズは、像ぶれ補正に際して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 1 又は 1 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 3 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た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】

【技術分野】

10

【0 0 0 1】

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、TV 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】

【0 0 0 2】

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、全系が小型で、広画角でありながら、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。このうち撮像全画角が 100 度程度の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（特許文献 1、2）。

20

【0 0 0 3】

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、負の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群より成る広角端での撮影全画角 90 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 105 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】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2013-182054 号公報

30

【特許文献 2】特開 2012-008273 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

ネガティブリード型のズームレンズは、全系の小型化を図りつつ、広画角化を図るのが比較的容易である。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。特に撮像画角が 100 度を超えるような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。

【0 0 0 6】

40

ネガティブリード型のズームレンズにおいて、全系の小型化と、広画角を確保しつつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、ズームレンズを構成する各レンズ群を適切に設定することが重要である。特に負の屈折力の第 1 レンズ群のレンズ構成が重要となる。例えば、前玉有効径（第 1 レンズ群の有効径）を小さくしつつ、広画角化を図るには、第 1 レンズ群の負の屈折力を強くすれば良い。

【0 0 0 7】

しかしながら、第 1 レンズ群の負の屈折力を強くすると、広角域での倍率色収差や歪曲といった諸収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難になってくる。そのため、第 1 レンズ群のレンズ構成が適切でないと、広画角化を図る際に全系が大型化し、又、ズーミングに伴う諸収差の変動が増大し、全ズーム範囲、及び画面全体にわたり高い光学性能を得

50

るのが大変難しくなってくる。

【0008】

本発明は、全系が小型で、広画角で広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる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の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、1以上のレンズ群を有し全体として正の屈折力の後群より構成され、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であって、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力を有し接合レンズおよび接合レンズの一部でない第11レンズ要素、負の屈折力を有し接合レンズおよび接合レンズの一部でない第12レンズ要素、正の屈折力を有し接合レンズおよび接合レンズの一部でない第13レンズ要素から構成され、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_kw 、前記第12レンズ要素の焦点距離を f_{L12} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第12レンズ要素の物体側のレンズ面の曲率半径を R_{12a} 、前記第12レンズ要素の像側のレンズ面の曲率半径を R_{12b} 、前記第13レンズ要素の物体側のレンズ面の曲率半径を R_{13a} とするとき、

$$-2.0 < f_{L12} / f_w < -0.2$$

$$\underline{2.149} \quad s_kw / f_w < 5.0$$

$$0.50 < |f_1 / f_t| < 0.85$$

$$-0.40 < (R_{12b} + R_{12a}) / (R_{12b} - R_{12a}) < -0.05$$

$$2.0 < (R_{13a} + R_{12b}) / (R_{13a} - R_{12b}) < 12.0$$

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】

【0010】

本発明によれば、全系が小型で、広画角で広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる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】

【0011】

【図1】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図3】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図5】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図7】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】

【0012】

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配置された、負の屈折力の第1レンズ群L1、1以上のレンズ群を有し全体として正の屈折力の後群より構成され、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。

【0013】

図1(A)、(B)、(C)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

10

20

30

40

50

端)、中間ズーム位置、望遠端(長焦点距離端)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2.0、開口比4.0~5.9程度、撮像半画角51度~32度程度のズームレンズである。

【0014】

図3(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠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2.3、開口比4.0~5.8程度、撮像半画角51度~29度程度のズームレンズである。

10

【0015】

図5(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠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2.1、開口比4.0~5.8程度、撮像半画角53度~33度程度のズームレンズである。図7は本発明のズームレンズを備える撮像装置の要部概略図である。

【0016】

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。尚、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用いることもできる。このときは左方がスクリーン、右方が被投射面となる。レンズ断面図において L_i は第*i*レンズ群である。 L_1 は負の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群である。 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。

20

【0017】

図1の実施例1において後群 L_R は正の屈折力の第2レンズ群 L_2 より構成されている。図3の実施例2、図5の実施例3において後群 L_R は正の屈折力の第2レンズ群 L_2 、負の屈折力の第3レンズ群 L_3 、正の屈折力の第4レンズ群 L_4 より構成されている。SP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「開口絞り」と呼ぶ)である。

30

【0018】

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像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。

【0019】

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。歪曲は d 線について示している。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

【0020】

F_{no} はFナンバーである。は撮像半画角(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ての各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0021】

実施例1において後群 L_R は正の屈折力の第2レンズ群より構成されている。実施例1のズームレンズは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群 L_1 は像側に凸状の軌跡で移動する。第2レンズ群 L_2 は物体側へ移動する。そして広角端に比べ望

50

遠端での第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が狭くなるようにしてズーミングを行っている。

【0022】

実施例1のズームレンズでは、第2レンズ群L2に含まれる一部のレンズよりなる最も物体側の負レンズと正レンズを接合した接合レンズはフォーカス部LFであり、光軸上移動させてフォーカシングを行っている。無限遠から近距離へフォーカスを行う場合には、フォーカス部LFを後方(像側)に繰り込むことで行っている。L2Iは開口絞りSPより像側に配置された像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動する防振部であり、フォーカス部LFと異なる第2レンズ群L2の一部のレンズより構成されている。

10

【0023】

実施例2、3において後群LRは物体側から像側へ順に配置された正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群から構成されている。実施例2および3のズームレンズは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡で移動する。第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4は物体側へ移動する。

【0024】

そして広角端に比べ望遠端での第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が狭く、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が広く、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が狭くなるようにしてズーミングを行っている。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、各々無限遠と近距離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。

20

【0025】

実施例2および3のズームレンズにおいて、第3レンズ群L3は光軸上移動させてフォーカシングを行っているフォーカス部である。無限遠から近距離へフォーカスを行う場合には、第3レンズ群L3を後方(像側)に繰り込むことで行っている。また実施例2、3では、望遠端において無限遠から近距離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を後方に繰り込むことで行っている。

【0026】

L2Iは開口絞りSPより像側に配置された像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動する防振部であり、第2レンズ群L2に含まれる一部のレンズより構成されている。尚、各実施例において像ぶれ補正は任意のレンズ群又は任意のレンズで行っても良い。

30

【0027】

各実施例では広画角を達成し、所定のズーム比を確保しつつ、諸収差を良好に補正するために、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群L1、全体として正の屈折力を有する後群LRからなる。そして少なくとも2つ以上のレンズ群からなるレンズ構成を採用している。ズームレンズとして、ネガティブリード型を選択することにより、後側主点位置を像側へ位置させて長いバックフォーカスが容易に得られ、しかも前玉有効径(第1レンズ群L1の有効径)の小さな広画角のズームレンズを得ている。

40

【0028】

さらに、第1レンズ群L1を物体側から像側へ順に、負の屈折力の第11レンズ要素L11、負の屈折力の第12レンズ要素L12、正の屈折力の第13レンズ要素L13の3つのレンズ要素で構成している。これにより広角化を図った際に課題となる前玉有効径が大型化するのを軽減している。

【0029】

ここで、レンズ要素とは、実質的に屈折力を有する1枚のレンズを意味する。2枚のレンズが接合された接合レンズは、レンズ要素に含まれない。1枚のレンズに非球面形状のレプリカ樹脂層等を形成した非球面レンズ等の光学素子はレンズ要素に含まれる。具体的には、後述する実施例3の数値データにおける第12レンズ要素L12の物体側に形成し

50

た樹脂層のように、光軸上の厚みが0.3mm以下（実施例3は0.2mmである）の樹脂層を含むレンズも1つのレンズ要素と定義する。また、材料を規定した後述する各条件式（10）乃至（13）においては、樹脂層を考慮せずに算出する。

【0030】

各実施例では、第11レンズ要素L11に非球面レンズを採用し、広角端において像面湾曲および歪曲収差を良好に補正している。各実施例において、広角端における全系の焦点距離をfw、広角端におけるバックフォーカスをskw、第12レンズ要素L12の焦点距離をfL12とする。このとき、

$$-2.0 < f_{L12} / fw < -0.2 \quad \dots (1)$$

$$1.8 < skw / fw < 5.0 \quad \dots (2)$$

10

なる条件式を満足する。

【0031】

そして、広角端から望遠端への変倍に際し、第1レンズ群L1は広角端のズーム位置から中間のズーム位置までは像側へ移動し、中間のズーム位置から望遠端のズーム位置までは物体側へ移動する。即ち像側に凸状の軌跡の一部を有するように移動する。後群LRに含まれるレンズ群は物体側に移動し変倍を行っている。

【0032】

条件式（1）は、負の屈折力の第12レンズ要素L12の焦点距離fL12を、広角端における全系の焦点距離fwで規定した式であり、広画角化を図った際の前玉有効径の大型化を軽減するためのものである。第1レンズ群L1は、軸外主光線を開口絞りSPの中心に瞳結像させる光学的な役割を持っており、特に広角側においては軸外主光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が多く発生しやすい。そのため、本発明では第1レンズ群L1に含まれる第11レンズ要素L11に非球面を採用することにより、非点収差と歪曲収差をバランスよく補正し、全系の小型化を達成している。

20

【0033】

さらなる全系の小型化のためには、第11レンズ要素L11に大きな負の屈折力を与え、非球面により像面湾曲や歪曲収差を軽減することも考えられるが、そうすると倍率色収差と歪曲収差の補正をバランス良く補正するのが困難になる。そのためには、第12レンズ要素L12に適切な負の屈折力を与え、広画角化を図ることが重要となる。

【0034】

30

条件式（1）の上限を超えて、第12レンズ要素L12の負の屈折力が強くなりすぎると、広画角化には有利だが、像面湾曲が多く発生し、歪曲収差の補正も困難となる。また、第11レンズ要素L11に対し、第12レンズ要素L12の負の屈折力の分担が増加し、前玉有効径が増加する。条件式（1）の下限を超えると、第11レンズ要素L11の負の屈折力の分担が大きくなり、広角側において倍率色収差および像面湾曲の補正が難しくなる。

【0035】

条件式（2）は、広角端のバックフォーカスを広角端における全系の焦点距離で規定した式であり、バックフォーカスの長さを適切に設定するものである。ここで、バックフォーカスとは最も像面側のレンズ面の面頂点から無限物点に対する近軸像面までの距離である。条件式（2）の下限を超えて、バックフォーカスが短くなり過ぎると一眼レフカメラに適用した場合のミラー等と干渉するなど、メカ構成上良くない。条件式（2）の上限を超えて、焦点距離に対してバックフォーカスが長くなり過ぎると、全系のレンズ全長が長くなり、前玉有効径も増大して全系の小型化が困難になる。

40

【0036】

各実施例において更に好ましくは条件式（1）、（2）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0037】

$$-1.7 < f_{L2} / fw < -0.5 \quad \dots (1a)$$

$$2.0 < skw / fw < 3.5 \quad \dots (2a)$$

50

条件式(1a)を満たすことにより、広角端における像面湾曲の補正と歪曲の補正が容易になる。条件式(2a)を満たすことにより、広角端におけるレンズ全長の短縮が容易になる。更に好ましくは条件式(1a)、(2a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0038】

$$\begin{aligned} -1.5 < f_L 2 / f_w < -1.1 & \cdots (1b) \\ 2.1 < s_k w / f_w < 2.3 & \cdots (2b) \end{aligned}$$

【0039】

以上のように、条件式(1)、(2)を同時に満たすことにより、広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有し、広角端における撮像画角が100度を超えるような超広角域を含むズームレンズを得ている。

10

【0040】

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よい。第13レンズ要素L13の焦点距離をfL13とする。第1レンズ群の焦点距離をf1、望遠端における全系の焦点距離をftとする。第12レンズ要素L12の物体側のレンズ面の曲率半径をR12a、第12レンズ要素L12の像側のレンズ面の曲率半径をR12bとする。第11レンズ要素L11の像側のレンズ面の曲率半径をR11bとする。

【0041】

第13レンズ要素L13の物体側のレンズ面の曲率半径をR13aとする。望遠端における後群の焦点距離をfpとする。第12レンズ要素L12の材料の屈折率とアッベ数を各々ndL12、dL12とする。第13レンズ要素L13の材料のアッベ数と部分分散比を各々ndL13、gFL13とする。

20

【0042】

ここで材料のアッベ数d、部分分散比gFはフラウンホーファー線のd線、F線、C線、g線における材料の屈折率を各々Nd、NF、NC、Ngとするとき、

$$\begin{aligned} d &= (Nd - 1) / (NF - NC) \\ gF &= (Ng - NF) / (NF - NC) \end{aligned}$$

で定義される。このとき、次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

【0043】

$$\begin{aligned} 0.4 < |f_L 12 / f_L 13| &< 0.8 & \cdots (3) \\ 0.50 < |f_1 / f_t| &< 0.85 & \cdots (4) \\ 0.6 < f_L 12 / f_1 &< 1.4 & \cdots (5) \\ -0.70 < (R_{12b} + R_{12a}) / (R_{12b} - R_{12a}) &< -0.05 & \cdots (6) \\ 0.30 < (R_{12a} + R_{11b}) / (R_{12a} - R_{11b}) &< 0.75 & \cdots (7) \\ 2.0 < (R_{13a} + R_{12b}) / (R_{13a} - R_{12b}) &< 12.0 & \cdots (8) \end{aligned}$$

30

$$\begin{aligned} 0.4 < |f_1 / f_p| &< 0.9 & \cdots (9) \\ 1.7 < ndL12 &< 2.1 & \cdots (10) \\ 40.0 < dL12 &< 60.0 & \cdots (11) \\ 18.0 < dL13 &< 40.0 & \cdots (12) \\ 0.55 < gFL13 &< -0.003 \times dL13 + 0.7 & \cdots (13) \end{aligned}$$

40

【0044】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(3)は、負の屈折力の第12レンズ要素L12の焦点距離fL2に対する正の屈折力の第13レンズ要素L13の焦点距離fL3の比を規定し、主に広角側の倍率色収差の発生を軽減しつつ前玉有効径の増大を軽減するためのものである。

【0045】

条件式(3)の上限を超えて、第13レンズ要素L13の正の屈折力が強くなりすぎる

50

と、広角側において倍率色収差の曲がり、波長毎のコマ収差のばらつき（色のコマ収差）が増大してくるので好ましくない。条件式（3）の下限を超えて、第12レンズ要素L12の負の屈折力が強くなりすぎると（負の屈折力の絶対値が大きくなりすぎると）、広角側において負の歪曲収差が大きくなり、また高次の非点収差が多く発生しやすくなるので、好ましくない。

【0046】

条件式（4）は、第1レンズ群L1の焦点距離f1に対する望遠端における全系の焦点距離の比を規定し、主にレンズ系の広画角化と高ズーム比化を達成するためのものである。条件式（4）の上限を超えて、第1レンズ群L1の負の屈折力が弱くなると、広画角化を図った際、前玉有効径が増加してくる。

10

【0047】

条件式（4）の下限を超えて、第1レンズ群L1の負の屈折力が強くなると、広画角化には有利だが、広角端において歪曲収差及び非点収差が増大し、全体として正の屈折力の後群LRでこれらの諸収差の補正が難しくなってくる。また、後群LRには強い正の屈折力が必要となるため、望遠側において球面収差が大きく発生し、好ましくない。

【0048】

条件式（5）は、第12レンズ要素L12の焦点距離fL2に対する第1レンズ群L1の焦点距離f1の比に関する。本発明のズームレンズにおいて、第12レンズ要素L12の負の屈折力を強くすると、広角端において負の歪曲収差が増大し、第1レンズ群L1の各レンズ要素に非球面を導入しても良好な収差補正が難しくなる。

20

【0049】

条件式（5）の上限を超えて、第12レンズ要素L12の負の屈折力が弱くなると、相対的に第11レンズ要素L11の負の屈折力が大きくなり、広角側において倍率色収差の補正が難しくなる。条件式（5）の下限を超えて、第12レンズ要素L12の負の屈折力が強くなると、望遠端において球面収差の良好な補正が困難になるだけでなく、広角端からズーム中間にかけての歪曲収差の変動が大きくなり好ましくない。

【0050】

条件式（6）は、第12レンズ要素L12のレンズ形状を規定しており、主に倍率色収差の発生を軽減しつつ、広画角化と全系の小型化を図るためのものである。条件式（6）の上限を超えると、像側のレンズ面の曲率が強まり、望遠側において球面収差が多く発生し、好ましくない。条件式（6）の下限を超えると、物体側のレンズ面の曲率が強まり、広角側において負の歪曲収差が増大し、好ましくない。

30

【0051】

条件式（7）は、第1レンズ群L1において、第11レンズ要素L11と第12レンズ要素L12で形成される空気レンズの形状を規定し、主に第1レンズ群L1の小型化を図るためのものである。この空気レンズは両凸形状で、空気レンズの両側は屈折率1以上の媒質で挟まれており、屈折率差が生じているため、負レンズと同様の屈折作用を有するレンズとみなせる。

【0052】

条件式（7）の値が1となるとき、空気レンズは像側に凸面を向けた平凸形状となる。両凸形状とすることで、第1レンズ群L1の構成要素を抑えつつ、第1レンズ群L1の負の屈折力を強めることができる。条件式（7）の上限を超えると、空気レンズの像側のレンズ面の曲率が強まり、ズーミングに際して倍率色収差の変動が増大し、好ましくない。条件式（7）の下限を超えると、空気レンズの物体側のレンズ面の曲率が強まり、歪曲収差が増大し、好ましくない。

40

【0053】

条件式（8）は、第1レンズ群L1において、第12レンズ要素L12と第13レンズ要素L13で形成される空気レンズの形状を規定し、主に高ズーム比化を図った際のズーミングに伴う球面収差の変動を軽減するためのものである。条件式（8）の上限を超えると、空気レンズの像側のレンズ面の曲率が強まり、ズーミングに際して球面収差やコマ収

50

差の変動が増加し、好ましくない。また、第12レンズ要素L12と第13レンズ要素L13の偏芯敏感度が大きくなり、製造公差が厳しくなる。

【0054】

条件式(8)の下限を超えると、空気レンズの物体側のレンズ面の曲率が強まり、広角化には有利だが、広角側において歪曲収差が増大してくるので好ましくない。

【0055】

条件式(9)は、第1レンズ群L1の焦点距離f1に対する望遠端における後群の合成焦点距離fpの比を規定しており、主にズーミングにおける諸収差の変動を軽減するためのものである。条件式(9)の上限を超えると、望遠端における後群LRの合成屈折力が大きくなると、ズーミングによる球面収差と像面湾曲の変動が大きくなり、高ズーム比化を図ることが難しくなる。条件式(9)の下限を超えると、望遠端における後群LRの合成屈折力が小さくなるとズーミングの際の第2レンズ群の移動量が大きくなり、全系が大型化してくるので好ましくない。10

【0056】

条件式(10)、(11)は、第12レンズ要素L12を構成する材料を規定している。広角端において倍率色収差の発生を軽減しつつ、広角側において歪曲収差を軽減するものである。材料の屈折率とアッベ数が条件式(10)、(11)の範囲内であれば、一次の色消しが容易である。

【0057】

条件式(12)、(13)は、第13レンズ要素L13を構成する材料を規定している。第13レンズ要素L13は第1レンズ群L1の中で最も像側に配置された正レンズであり、正レンズとしては、広角端において最も軸外光の入射高が高くなる。そのため、広角端において倍率色収差を効果的に抑制するために、材料を適切に選択する必要がある。条件式(12)、(13)の範囲内であれば、広角側において倍率色収差の一次の色消しと二次スペクトル、そして望遠側において軸上色収差の補正が容易となる。20

【0058】

更に好ましくは条件式(3)乃至(13)は次の数値範囲を満足するのが良い。

【0059】

$$\begin{aligned}
 0.50 < |f_{L12}/f_{L13}| < 0.75 & \dots (3a) \\
 0.6 < |f_1/f_t| < 0.8 & \dots (4a) \\
 0.7 < f_{L12}/f_1 < 1.2 & \dots (5a) \\
 -0.65 < (R_{12b} + R_{12a}) / (R_{12b} - R_{12a}) < -0.15 & \dots (6a) \\
 0.5 < (R_{12a} + R_{11b}) / (R_{12a} - R_{11b}) < 0.7 & \dots (7a) \\
 3.0 < (R_{13a} + R_{12b}) / (R_{13a} - R_{12b}) < 9.0 & \dots (8a) \\
 0.5 < |f_1/f_p| < 0.8 & \dots (9a) \\
 1.73 < n_{dL12} < 2.0 & \dots (10a) \\
 41.0 < d_{L12} < 55.0 & \dots (11a) \\
 20.0 < d_{L13} < 36.0 & \dots (12a) \\
 0.56 < g_{FL13} < -0.003 \times d_{L13} + 0.7 & \dots (13a)
 \end{aligned}$$

【0060】

条件式(3a)を満たすことにより、広角側において歪曲収差と像面湾曲の補正が容易となる。条件式(4a)を満たすことにより、望遠側において球面収差の発生を抑えつつ、前玉有効径の小型化が容易となる。条件式(5a)を満たすことにより、第12レンズ要素L12の屈折力分担が適切となり、全ズーム領域で諸収差の発生を軽減することが容易となる。条件式(6a)を満たすことにより、ズーミングに伴う歪曲収差の変動を抑制しつつ、広角化が容易になる。40

【0061】

10

20

30

40

50

条件式(7a)を満たすことにより、第1レンズ群L1の小型化を図りつつ、全ズーム範囲にわたりコマ収差の補正が容易になる。条件式(8a)を満たすことにより、望遠端におけるレンズ全長を短縮しつつ、高ズーム比化が容易になる。条件式(9a)を満たすことにより、前玉有効径の小型化を図りつつ、望遠端におけるレンズ全長の短縮が容易になる。条件式(10a)乃至条件式(13a)を満たすと、更に色収差の補正が容易になる。更に好ましくは条件式(3a)乃至(13a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0062】

0.6 < fL12 / fL13 < 0.7	... (3b)	
0.64 < f1 / ft < 0.75	... (4b)	10
0.8 < fL12 / f1 < 1.1	... (5b)	
-0.4 < (R12b + R12a) / (R12b - R12a) < -0.3	... (6b)	
0.59 < (R12a + R11b) / (R12a - R11b) < 0.65	... (7b)	
4.5 < (R13a + R12b) / (R13a - R12b) < 7.2	... (8b)	
0.6 < f1 / fp < 0.7	... (9b)	
1.75 < ndL12 < 1.90	... (10b)	
42.0 < dL12 < 50.0	... (11b)	20
25.0 < dL13 < 35.0	... (12b)	
0.57 < gFL13 < -0.003 × dL13 + 0.7	... (13b)	

【0063】

次に本発明のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施例を図7を用いて説明する。図7において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至3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。12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11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。

【0064】

次に本発明の各実施例の数値データを示す。各数値データにおいてiは物体側からの面の順序を示し、riはレンズ面の曲率半径、di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、ndi、di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を各々非球面係数としたとき、

【0065】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10} + A12 \times H^{12} \quad 40$$

【0066】

なる式で表している。また[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。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データの関係を表1に示す。

【0067】

[数値データ1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1*	32.562	2.30	1.76802	49.2	
2*	12.508	11.85			
3	-53.860	2.00	1.83481	42.7	
4	25.087	4.62			
5	38.871	5.59	1.73800	32.3	
6	-62.966	(可変)			
7	32.317	1.00	1.76200	40.1	
8	18.252	4.12	1.48749	70.2	10
9	-230.222	8.53			
10(絞り)		0.70			
11	21.057	3.37	1.54814	45.8	
12	121.955	5.42			
13	34.002	2.18	1.72047	34.7	
14	198.433	1.65			
15	-158.437	1.00	1.91082	35.3	
16	12.077	6.16	1.51742	52.4	
17	-42.390	0.20			
18	70.966	1.00	1.80400	46.6	20
19	20.249	6.37	1.43875	94.9	
20*	-43.180	(可変)			
像面					

【 0 0 6 8 】

非球面データ

第1面

K =-4.03000e+000 A 4=-2.23341e-006 A 6= 4.22254e-008 A 8=-8.65590e-011 A10= 8.70330e-014

30

第2面

K =-6.99000e-001 A 4=-9.77241e-006 A 6=-2.66509e-008 A 8= 7.49083e-010 A10= -3.24786e-012 A12= 6.20220e-015

第20面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.46310e-006 A 6=-1.38230e-007 A 8= 4.26092e-011 A10= -1.40841e-012 A12=-4.30007e-014

各種データ

ズーム比	1.95			40
	広角	中間	望遠	
焦点距離	17.50	25.12	34.09	
Fナンバー	4.00	4.85	5.88	
半画角(度)	51.03	40.73	32.40	
像高	21.64	21.64	21.64	
レンズ全長	130.88	128.52	134.05	
BF	37.60	49.75	64.06	
d 6	25.20	10.68	1.92	
d20	37.60	49.75	64.06	50

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-22.91
2	7	36.53

【 0 0 6 9 】

[数値データ 2]

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	37.571	1.80	1.75501	51.2
2*	13.915	13.25		
3	-64.445	1.60	1.77250	49.6
4	29.603	4.34		
5	39.276	6.36	1.72047	34.7
6	-97.088	(可変)		
7(絞り)		2.00		
8	100.209	2.15	1.48749	70.2
9	-76.174	2.00		
10	19.704	1.00	2.00100	29.1
11	12.655	6.05	1.57099	50.8
12	-51.192	(可変)		
13	-44.141	1.99	1.92286	18.9
14	-24.868	1.20	1.88300	40.8
15	1049.274	(可変)		
16	90.034	6.31	1.53775	74.7
17	-19.294	0.30		
18*	-60.563	1.40	1.85135	40.1
19	18.427	7.54	1.49700	81.5
20	-83.429	(可変)		

像面

20

30

【 0 0 7 0 】

非球面データ

第1面

K = -6.09311e-001 A 4= 3.80343e-006 A 6=-1.14161e-008 A 8= 1.59527e-011 A10=-1.10569e-015

40

第2面

K = -4.17440e-001 A 4= 1.47520e-006 A 6=-2.21518e-008 A 8= 5.95070e-011 A10=-8.17106e-013 A12= 1.71867e-015

第18面

K = 1.41598e+001 A 4=-1.39450e-005 A 6=-1.00133e-008

各種データ

ズーム比 2.26

広角 中間 望遠

50

焦点距離	17.50	29.26	39.51
Fナンバー	3.99	4.94	5.80
半画角(度)	51.03	36.48	28.71
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	143.73	135.54	140.02
BF	38.43	53.88	67.37

d 6	36.97	13.34	4.33
d12	1.50	2.52	3.18
d15	7.55	6.53	5.87
d20	38.43	53.88	67.37

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-25.53
2	7	26.43
3	13	-49.65
4	16	144.29

【0071】

[数値データ3]

単位 mm

10

20

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	33.113	1.80	1.77377	47.2
2*	13.254	12.35		
3*	-49.382	0.20	1.51640	52.2
4	-49.382	1.40	1.80139	45.5
5	25.884	4.64		
6	39.753	5.35	1.72047	34.7
7	-59.797	(可変)		
8	76.662	2.97	1.48749	70.2
9	-128.453	2.00		
10(絞り)		1.50		
11	18.940	1.20	2.00100	29.1
12	12.077	5.25	1.54814	45.8
13	-45.577	(可変)		
14	-39.918	0.80	1.88300	40.8
15	80.297	1.98	1.80810	22.8
16	-141.903	(可変)		
17	115.056	5.94	1.49700	81.5
18	-17.683	0.30		
19*	-55.822	1.40	1.85135	40.1
20	19.046	7.81	1.49700	81.5
21	-49.647	(可変)		

像面

30

40

【0072】

非球面データ

50

第1面

K =-1.38395e+000 A 4= 3.29376e-006 A 6=-2.05848e-009 A 8=-1.05203e-011 A10= 3.21797e-014

第2面

K =-9.10675e-001 A 4= 2.24208e-005 A 6=-1.01863e-008 A 8= 3.50616e-010 A10= -2.20851e-012 A12= 4.82789e-015

第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.15529e-006 A 6= 6.41571e-010 A 8= 4.66851e-012 A10= 10 1.23835e-014

第19面

K = 1.05208e+001 A 4=-1.53896e-005 A 6=-2.35641e-008

各種データ

ズーム比	2.05		
	広角	中間	望遠
焦点距離	16.48	26.23	33.81
Fナンバー	4.00	4.98	5.75
画角	52.70	39.52	32.62
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	136.86	129.10	131.99
BF	37.54	51.19	62.07
d 7	33.40	11.99	4.00
d13	1.71	2.54	2.92
d16	7.30	6.47	6.09
d21	37.54	51.19	62.07

20

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-24.53
2	8	27.76
3	14	-58.24
4	17	112.53

【 0 0 7 3 】

【表 1】

[表 1] 実施例条件式対応値

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
f w	17.500	17.500	16.480
f t	34.095	39.507	33.807
f 1	-22.915	-25.529	-24.525
f 2	36.530	26.430	27.757
f 3		-49.654	-58.241
f 4		144.293	112.530
f t / f w	1.948	2.258	2.051
f L 1	-27.829	-30.263	-29.738
f L 2	-20.268	-26.065	-21.017
f L 3	33.344	39.586	33.907
f p	36.530	37.279	37.251
s k w	37.601	38.434	37.541
(1) f L 2 / f w	-1.158	-1.489	-1.275
(2) s k w / f w	2.149	2.196	2.278
(3) f L 1 2 / f L 1 3	0.608	0.658	0.620
(4) f 1 / f t	0.672	0.646	0.725
(5) f L 1 2 / f 1	0.885	1.021	0.857
(6) (R 1 2 b + R 1 2 a) / (R 1 2 b - R 1 2 a)	-0.364	-0.370	-0.312
(7) (R 1 2 a + R 1 1 b) / (R 1 2 a - R 1 1 b)	0.623	0.645	0.577
(8) (R 1 3 a + R 1 2 b) / (R 1 3 a - R 1 2 b)	4.640	7.120	4.732
(9) f 1 / f p	0.627	0.685	0.658
(10) n d L 1 2	1.835	1.772	1.801
(11) v d L 1 2	42.710	49.600	45.450
(12) v d L 1 3	32.260	34.700	34.700
(13) θ g F L 1 3	0.590	0.583	0.583

10

20

【符号の説明】

【0074】

L 1 ... 第 1 レンズ群

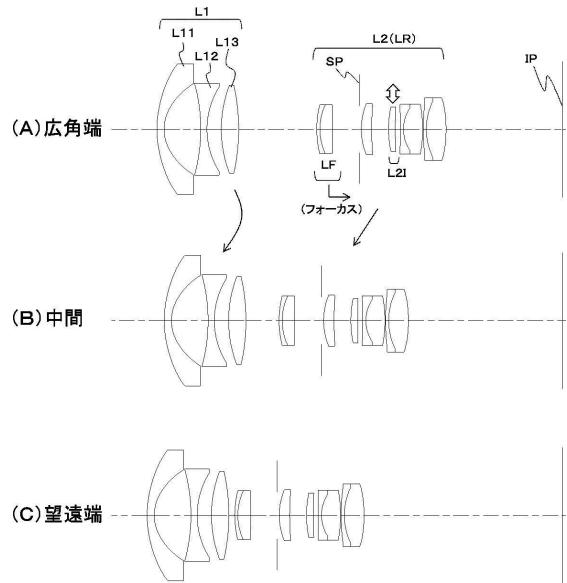
L 2 ... 第 2 レンズ群

L 3 ... 第 3 レンズ群

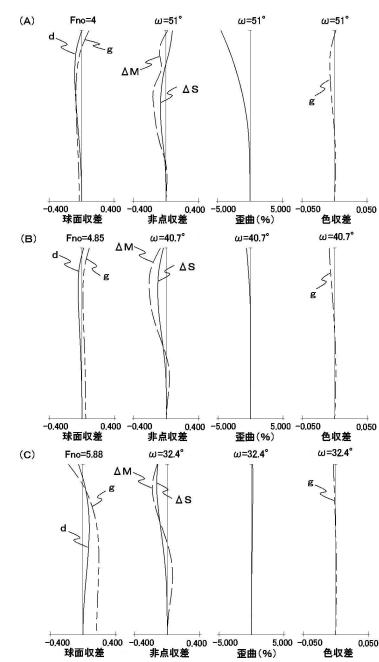
L 4 ... 第 4 レンズ群

L R ... 後群

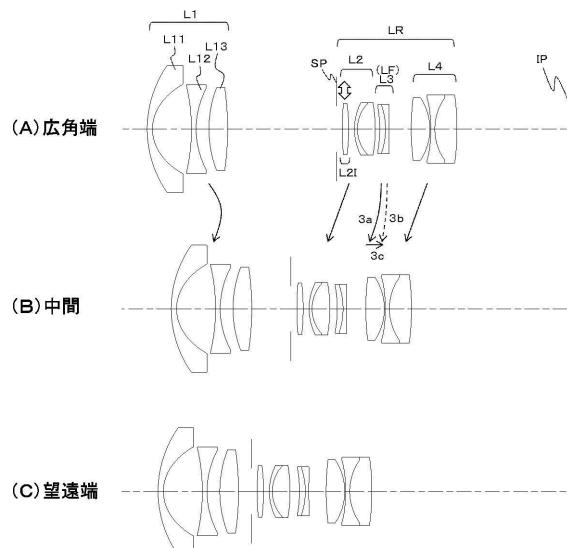
【図1】



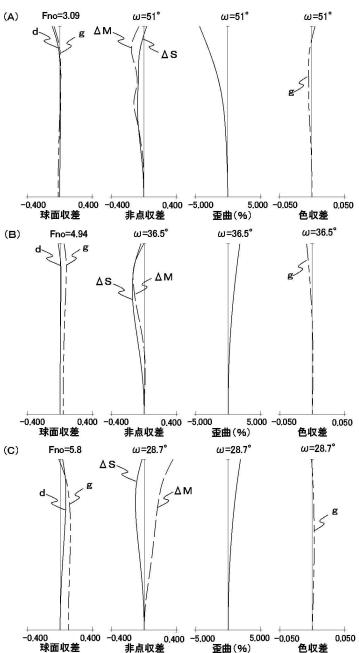
【図2】



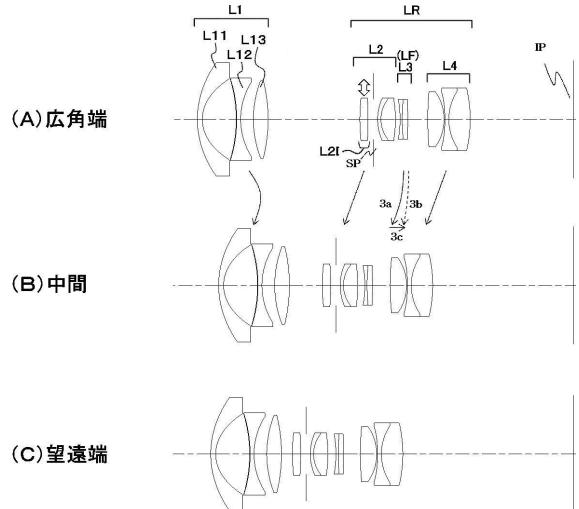
【図3】



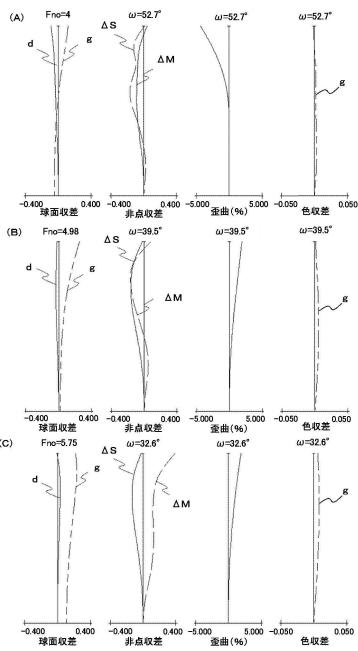
【図4】



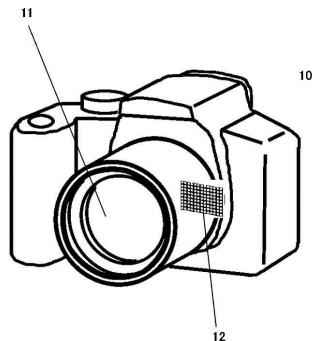
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-256695(JP,A)
特開平05-045582(JP,A)
特開昭63-136013(JP,A)
特開平01-183615(JP,A)
特開平02-047616(JP,A)
特開平03-120507(JP,A)
特開平08-171053(JP,A)
特開平08-320435(JP,A)
特開2014-021258(JP,A)
特開2014-232248(JP,A)
特開2013-182054(JP,A)
特開平04-235514(JP,A)
特開2008-176271(JP,A)
特開2010-170063(JP,A)
特開平05-173071(JP,A)
特開平11-174328(JP,A)
特開2002-287031(JP,A)
特開2005-352057(JP,A)
特開2006-039531(JP,A)
特開2006-113572(JP,A)
特開2009-271165(JP,A)
特開2011-107267(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 15 / 16
G 02 B 13 / 18
G 02 B 15 / 20