

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7179595号
(P7179595)

(45)発行日 令和4年11月29日(2022.11.29)

(24)登録日 令和4年11月18日(2022.11.18)

(51)国際特許分類
G 0 2 B 15/20 (2006.01)F I
G 0 2 B 15/20

請求項の数 13 (全23頁)

(21)出願番号 特願2018-224739(P2018-224739)
 (22)出願日 平成30年11月30日(2018.11.30)
 (65)公開番号 特開2020-86355(P2020-86355A)
 (43)公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)
 審査請求日 令和3年11月19日(2021.11.19)

(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
 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72)発明者 片寄 慎斗
 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】

物体側から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レンズ群と、5つまたは6つのレンズ群からなる後群より構成され、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、

前記後群に含まれ、正レンズと負レンズを含むレンズ群のうち、最も像側のレンズ群をレンズ群 L_n とするとき、

ズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記レンズ群 L_n が移動し、

前記第1レンズ群は物体側より像側へ順に配置された第1正レンズ、第2正レンズ、第1負レンズを有し、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記レンズ群 L_n の焦点距離を f_n 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t 、広角端における前記レンズ群 L_n の最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を $L_{n w i}$ 、望遠端における前記レンズ群 L_n の最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を $L_{n t i}$ とするとき、

$$0.20 < f_1 / f_t < 0.45$$

$$-0.15 < f_n / f_t < -0.05$$

$$0.05 < L_{n w i} / L_{n t i} < 0.25$$

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】

前記レンズ群 L_n に含まれる全ての負レンズの材料の d 線におけるアッベ数の平均値を

d_{nave} とするとき、

$6.5 < d_{nave}$

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】

前記第 1 レンズ群に含まれる全ての正レンズの材料の d 線におけるアッペ数の平均値を

d_{1pave} とするとき、

$7.0 < d_{1pave}$

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 1 正レンズの焦点距離を f_{11} 、前記第 2 正レンズの焦点距離を f_{12} とするとき、

$0.70 < f_{11} / f_{12} < 1.20$

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

【請求項 5】

前記レンズ群 L_n に配置された負レンズは 2 つであり、前記 2 つの負レンズのうち物体側に配置された負レンズの焦点距離を f_{n1} 、前記 2 つの負レンズのうち像側に配置された負レンズの焦点距離を f_{n2} とするとき、

$0.60 < f_{n1} / f_{n2} < 1.30$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$3.5 < f_t / f_w < 8.0$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記レンズ群 L_n の広角端における横倍率を w_n 、前記レンズ群 L_n の望遠端における横倍率を t_n とするとき、

$1.20 < t_n / w_n < 3.00$

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】

前記後群は、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群、正の屈折力の第 7 レンズ群、負の屈折力の第 8 レンズ群からなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載ズームレンズ。

【請求項 9】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群、正の屈折力の第 7 レンズ群、負の屈折力の第 8 レンズ群、負の屈折力の第 9 レンズ群からなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載ズームレンズ。

【請求項 10】

前記レンズ群 L_n は物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第 n_1 レンズ、負の屈折力の第 n_2 レンズ、正の屈折力の第 n_3 レンズの 3 枚のレンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載ズームレンズ。

【請求項 11】

フォーカシングに際して前記第 4 レンズ群と前記第 6 レンズ群は、互いに異なった軌跡で移動することを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

無限遠から近距離のフォーカシングに際して、前記第4レンズ群は物体側へ、前記第6レンズ群は像側へ移動することを特徴とする請求項11に記載のズームレンズ。

【請求項13】

請求項1乃至12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と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】

【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、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のような撮像素子を用いた撮像装置の撮像光学系として好適なものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置に用いられるズームレンズは、レンズ全長が短く、高ズーム比で全ズーム領域にわたり高い光学性能を有することが求められている。特に焦点距離が長い望遠型のズームレンズは諸収差のうち、軸上色収差や倍率色収差が大きく発生する傾向にあるため、高画質化のためには色収差の補正が重要となる。

【0003】

望遠型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群、負の屈折力のレンズ群、正の屈折力のレンズ群、そしてそれに続く複数のレンズ群を含む後群を有するズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2007-192858号公報

特開2017-207730号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

望遠型のズームレンズにおいて、ズームレンズを小型化するためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めるのが有効である。例えばズームレンズにおいて、望遠端におけるレンズ全長を短縮するためには第1レンズ群の屈折力を強くすることが特に効果的である。

30

【0006】

しかしながら、望遠型のズームレンズは、第1レンズ群にて発生した諸収差が第1レンズ群より像側に配置された後群によって拡大されるため、第1レンズ群のレンズ構成および屈折力を適切に設定することが収差補正を良好に行う上で重要となる。例えば、第1レンズ群の屈折力を強くしすぎてしまうと望遠端において色収差が大きく発生し、高画質化が困難になる。

【0007】

40

本発明は、小型でありながら高ズーム比で、特に望遠端における色収差が良好に補正された高い光学性能を有するズームレンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のズームレンズは、物体側から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レンズ群と、5つまたは6つのレンズ群からなる後群より構成され、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、前記後群に含まれ、正レンズと負レンズを含むレンズ群のうち、最も像側のレンズ群をレンズ群L_nとするとき、ズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記レンズ群L_nが移動し、前記第1レンズ群は物体側より像側へ順に配置された第1

50

正レンズ、第2正レンズ、第1負レンズを有し、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記レンズ群 L_n の焦点距離を f_n 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t 、広角端における前記レンズ群 L_n の最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を L_{nwi} 、望遠端における前記レンズ群 L_n の最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を L_{nti} とするとき、

$$0.20 < f_1 / f_t < 0.45$$

$$-0.15 < f_n / f_t < -0.05$$

$$0.05 < L_{nwi} / L_{nti} < 0.25$$

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】

10

【0009】

本発明によれば、小型でありながら高ズーム比で特に望遠端における色収差が良好に補正された高い光学性能を有するズームレンズを実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施例1の広角端におけるズームレンズのレンズ断面図

【図2】本発明の実施例1のズームレンズの収差図

【図3】本発明の実施例2の広角端におけるズームレンズのレンズ断面図

【図4】本発明の実施例2のズームレンズの収差図

20

【図5】本発明の実施例3の広角端におけるズームレンズのレンズ断面図

【図6】本発明の実施例3のズームレンズの収差図

【図7】本発明の実施例4の広角端におけるズームレンズのレンズ断面図

【図8】本発明の実施例4のズームレンズの収差図

【図9】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】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、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、複数のレンズ群を含む後群を有する。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。

【0012】

30

図1は本発明の実施例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5.83、Fナンバー4.60～6.80のズームレンズである。

【0013】

図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)、はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比5.83、Fナンバー4.60～6.80のズームレンズである。

【0014】

40

図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)、はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比5.69、Fナンバー4.60～8.00のズームレンズである。

【0015】

図7は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)、(C)、はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比5.30、Fナンバー4.60～8.00のズームレンズである。

【0016】

50

図9は本発明の撮像装置の要部概略図である。

【0017】

各実施例のズームレンズはビデオカメラ、デジタルカメラ、TVカメラ、監視用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、左方が被写体側（物体側）（前方）で、右方が像側（後方）である。レンズ断面図において、 L_0 はズームレンズである。 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第*i*レンズ群である。 L_R は後群である。 L_n は後群 L_R に含まれ、正レンズと負レンズを含むレンズ群のうち、最も像側のレンズ群である。

【0018】

実施例1乃至3のレンズ断面図において、 L_1 は正の屈折力の第1レンズ群、 L_2 は負の屈折力の第2レンズ群、 L_3 は正の屈折力の第3レンズ群である。 L_R は複数のレンズ群を有する後群である。後群 L_R は物体側から像側へ順に配置された負の屈折力の第4レンズ群 L_4 、正の屈折力の第5レンズ群 L_5 、負の屈折力の第6レンズ群 L_6 、正の屈折力の第7レンズ群 L_7 、負の屈折力の第8レンズ群 L_8 より構成されている。第8レンズ群 L_8 はレンズ群 L_n である。実施例1乃至3は8つのレンズ群よりなる8群ズームレンズである。

10

【0019】

実施例4のレンズ断面図において、 L_1 は正の屈折力の第1レンズ群、 L_2 は負の屈折力の第2レンズ群、 L_3 は正の屈折力の第3レンズ群である。 L_R は複数のレンズ群を含む後群である。後群 L_R は物体側から像側へ順に配置された負の屈折力の第4レンズ群 L_4 、正の屈折力の第5レンズ群 L_5 、負の屈折力の第6レンズ群 L_6 、正の屈折力の第7レンズ群 L_7 、負の屈折力の第8レンズ群 L_8 、負の屈折力の第9レンズ群 L_9 より構成されている。第8レンズ群 L_8 はレンズ群 L_n である。実施例4は9つのレンズ群よりなる9群ズームレンズである。

20

【0020】

レンズ断面図において、 S_P は解放Fナンバー（Fno）の光束を決定（制限）する開口絞りであり、第3レンズ群 L_3 と第4レンズ群 L_4 の間に配置している。

【0021】

レンズ断面図において、 G は光学フィルター、フェースプレート、水晶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素子である。 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CCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。

30

【0022】

収差図において F_{no} はFナンバー、 α は撮像半画角（度）であり、光線追跡値による画角である。球面収差図において、 d はd線（波長587.56nm）、 g はg線（波長435.8nm）である。非点収差図において実線のSはd線におけるサジタル像面、点線のMはd線における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 g はg線である。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を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

40

【0023】

各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際して実線の矢印のように各レンズ群を移動させている。

【0024】

具体的には、実施例1で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 は物体側へ移動する。第2レンズ群 L_2 はズーミングの際には不動である。第3レンズ群 L_3 は物体側へ移動する。開口絞り S_P は第3レンズ群 L_3 と一体で移動する。第4レンズ群 L_4 は物体側へ移動する。第5レンズ群 L_5 は物体側へ移動する。第6レンズ群 L_6 は物体側へ移動する。第7レンズ群 L_7 は物体側へ移動する。第8レンズ群 L_8 は物体側へ移動する。第3レンズ群 L_3 と第5レンズ群 L_5 と第7レンズ群 L_7 はズーミングの際

50

には同一軌跡で移動する。

【0025】

実施例2、3で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は物体側へ移動する。第2レンズ群L2は物体側へ移動する。第3レンズ群L3は物体側へ移動する。開口絞りSPは第3レンズ群L3と一緒に移動する。第4レンズ群L4は物体側へ移動する。第5レンズ群L5は物体側へ移動する。第6レンズ群L6は物体側へ移動する。第7レンズ群L7は物体側へ移動する。第8レンズ群L8は物体側へ移動する。第3レンズ群L3と第5レンズ群L5と第7レンズ群L7はズーミングの際には同一軌跡で移動する。

【0026】

実施例4で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は物体側へ移動する。第2レンズ群L2は物体側へ移動する。第3レンズ群L3は物体側へ移動する。開口絞りSPは第3レンズ群L3と一緒に移動する。第4レンズ群L4は物体側へ移動する。第5レンズ群L5は物体側へ移動する。第6レンズ群L6は物体側へ移動する。第7レンズ群L7は物体側へ移動する。第8レンズ群L8は物体側へ移動する。第9レンズ群L9は物体側へ移動する。第3レンズ群L3と第5レンズ群L5と第7レンズ群L7はズーミングの際には同一軌跡で移動する。

10

【0027】

各実施例では第4レンズ群L4および第6レンズ群L6を各々別の軌跡で移動させることでズーミングに伴う像面変動を補正すると共に、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は、点線の矢印に示す如く第4レンズ群L4を前方(物体側)に繰り出し、第6レンズ群L6を後方(像側)に繰り込むことで行っている。フォーカシングは第4レンズ群L4、第6レンズ群L6に限らず、他のレンズ群を単独、もしくは複数のレンズで行っても良い。

20

【0028】

実施例1乃至4において、レンズ群Lnは物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第n1レンズ、負の屈折力の第n2レンズ、正の屈折力の第n3レンズの3枚のレンズからなる。

【0029】

各実施例では、物体側から像側へ順に配置された、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と、複数のレンズ群を含む後群LRからなり、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。

30

【0030】

後群LRに含まれ、1枚以上の正レンズと1枚以上の負レンズを含むレンズ群のうち、最も像側のレンズ群をレンズ群Lnとする。ズーミングに際して第1レンズ群L1とレンズ群Lnが移動し、第1レンズ群L1は物体側より像側へ順に配置された正の屈折力の第11レンズ(第1正レンズ)、正の屈折力の第12レンズ(第2正レンズ)、負の屈折力の第13レンズ(第1負レンズ)を有する。第1レンズ群L1の焦点距離をf1、レンズ群Lnの焦点距離をfn、望遠端におけるズームレンズの焦点距離をftとする。このとき、

$$0.20 < f1 / ft < 0.45 \quad \dots \quad (1)$$

$$-0.15 < fn / ft < -0.05 \quad \dots \quad (2)$$

40

なる条件式を満足する。

【0031】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0032】

条件式(1)は望遠端において軸上色収差と倍率色収差を良好に補正しつつ、望遠端におけるレンズ全長の短縮を図るためのものである。条件式(1)は、第1レンズ群L1の焦点距離と、望遠端におけるズームレンズの焦点距離を適切に定めている。

【0033】

50

条件式(1)の上限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が長くなると、広角端から望遠端へズーミングする際の第1レンズ群L1の移動量が大きくなりすぎて、望遠端におけるレンズ全長が長くなり、小型化が困難となる。条件式(1)の下限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が短くなると、第1レンズ群L1より軸上色収差と倍率色収差が多く発生し、望遠端において軸上色収差と倍率色収差の補正が困難となる。

【0034】

条件式(2)は望遠端において倍率色収差を良好に補正するためにレンズ群Lnの焦点距離と望遠端におけるズームレンズの焦点距離を適切に定めている。一般に倍率色収差は軸上光束と軸外光束が分離している箇所で補正することが好ましい。各実施例のようなズームレンズでは開口絞りSP近傍のレンズ群を通過する光束よりも、開口絞りSPから像側に離れて配置されたレンズ群を通過する光束の方が軸上光束と軸外光束が光軸直交方向に大きく分離している。そのため、開口絞りSPから像側に向かって離れた位置に配置されたレンズ群Lnで倍率色収差を補正することが効果的である。

10

【0035】

条件式(2)の上限を超えて、レンズ群Lnの負の焦点距離が短くなると(負の焦点距離の絶対値が小さくなると)、望遠端における倍率色収差の補正が過剰となるため、好ましくない。条件式(2)の下限を超えて、レンズ群Lnの負の焦点距離が長くなると(負の焦点距離の絶対値が大きくなると)、望遠端における倍率色収差の補正が十分に行うことが困難となり好ましくない。

【0036】

20

尚、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】

$0.25 < f_1 / f_t < 0.42 \dots (1a)$

$-0.13 < f_n / f_t < -0.07 \dots (2a)$

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】

$0.30 < f_1 / f_t < 0.39 \dots (1b)$

$-0.12 < f_n / f_t < -0.08 \dots (2b)$

以上の如く構成することにより、レンズ全長が短く望遠端における色収差が良好に補正されたズームレンズを得ることができる。

30

【0039】

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。

【0040】

レンズ群Lnに含まれる全ての負レンズの材料のd線におけるアッペ数の平均値を d_{nave} とする。第1レンズ群L1に含まれる全ての正レンズの材料のd線におけるアッペ数の平均値を d_{1pave} とする。広角端におけるレンズ群Lnの最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を L_{nwi} 、望遠端におけるレンズ群Lnの最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を L_{nti} とする。

【0041】

40

第11レンズの焦点距離を f_{11} 、第12レンズの焦点距離を f_{12} とする。レンズ群Lnは物体側から像側へ順に配置された負の屈折力の第n1レンズ、負の屈折力の第n2レンズの2つの負レンズを有し、第n1レンズの焦点距離を f_{n1} 、第n2レンズの焦点距離を f_{n2} とする。広角端におけるズームレンズの焦点距離を f_w とする。レンズ群Lnの広角端における横倍率を w_n 、レンズ群Lnの望遠端における横倍率を t_n とする。

【0042】

このとき、以下の条件式のうち1つ以上を満足することが好ましい。

【0043】

$65 < d_{nave} \dots (3)$

50

```

7 0 < d 1 p a v e      . . . ( 4 )
0 . 0 5 < L n w i / L n t i < 0 . 2 5 . . . ( 5 )
0 . 7 0 < f 1 1 / f 1 2 < 1 . 2 0      . . . ( 6 )
0 . 6 0 < f n 1 / f n 2 < 1 . 3 0      . . . ( 7 )
3 . 5 < f t / f w < 8 . 0      . . . ( 8 )
1 . 2 0 < t n / w n < 3 . 0 0      . . . ( 9 )

```

次に前述の条件式の技術的意味について説明する。

【 0 0 4 4 】

条件式(3)は望遠端において倍率色収差を良好に補正するために、レンズ群 L_n に含まれる負レンズの全ての負レンズの材料のd線におけるアッペ数の平均値を適切に定めている。条件式(3)の下限を下回らないようにレンズ群 L_n に含まれる負レンズの全ての負レンズの材料のd線におけるアッペ数の平均値を設定することで望遠端において倍率色収差を良好に補正している。

10

【 0 0 4 5 】

条件式(4)は望遠端において軸上色収差および倍率色収差を良好に補正するために、第1レンズ群 L_1 に含まれる正レンズの全ての正レンズの材料のd線におけるアッペ数の平均値を適切に定めている。条件式(4)の下限を下回らないように第1レンズ群 L_1 に含まれる正レンズの全ての正レンズの材料のd線におけるアッペ数の平均値を設定することで望遠端において軸上色収差および倍率色収差を良好に補正している。

20

【 0 0 4 6 】

条件式(5)は広角端におけるレンズ群 L_n の最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離(バックフォーカス)と、望遠端におけるレンズ群 L_n の最も像側のレンズ面から近軸像面までの光軸上の距離を適切に定めている。条件式(5)の上限を超えて、広角端におけるバックフォーカスが長くなると、又は、望遠端におけるバックフォーカスが短くなると、広角端と望遠端における双方で倍率色収差の補正をすることが困難となる。条件式(5)の下限を超えて、望遠端におけるバックフォーカスが長くなると、望遠端におけるレンズ全長が長くなるため小型化が困難となる。

【 0 0 4 7 】

条件式(6)は第1レンズ群 L_1 に含まれる第11レンズと第12レンズの焦点距離を適切に定めている。条件式(6)の上限を超えて第11レンズの焦点距離が長くなると、望遠端において軸上色収差および倍率色収差を良好に補正することが困難となる。条件式(6)の下限を超えて第11レンズの焦点距離が短くなると、望遠端において球面収差を良好に補正することが困難となる。

30

【 0 0 4 8 】

条件式(7)はレンズ群 L_n に含まれる第 n_1 レンズ、第 n_2 レンズの焦点距離を適切に定めている。条件式(7)の上限を超えて第 n_2 レンズの負の焦点距離が短くなると、望遠端において倍率色収差の補正が過剰となるため好ましくない。条件式(7)の下限を超えて第 n_2 レンズの焦点距離が長くなると、望遠端において倍率色収差を良好に補正することが困難となる。

40

【 0 0 4 9 】

条件式(8)はズームレンズのズーム比を規定している。条件式(8)の上限値を上回らないようにすることで、全ズーム領域に渡り高い光学性能を有しつつ、ズームレンズの小型化を達成している。条件式(8)の下限値を下回らないようにすることで、様々な撮影場面において適切な撮影画角を得ている。

【 0 0 5 0 】

条件式(9)はレンズ群 L_n の望遠端における横倍率と広角端における横倍率を適切に定めている。条件式(9)の上限値を超えてレンズ群 L_n の望遠端における横倍率が大きくなると、望遠端において倍率色収差を良好に補正することが困難となる。条件式(9)の下限値を超えてレンズ群 L_n の望遠端における横倍率が小さくなると望遠端におけるレンズ全長の短縮が困難となる。

50

【0051】

なお、各実施例において、好ましくは条件式(3)乃至(9)の数値範囲を次の如くするのが良い。

【0052】

6.8 < d n a v e . . . (3a)
 7.5 < d 1 p a v e . . . (4a)
 0.08 < L n w i / L n t i < 0.22 . . . (5a)
 0.75 < f 11 / f 12 < 1.15 . . . (6a)
 0.65 < f n 1 / f n 2 < 1.25 . . . (7a)
 4.0 < f t / f w < 7.0 . . . (8a)
 1.50 < t n / w n < 2.50 . . . (9a)

10

また、さらに好ましくは条件式(3a)乃至条(9a)の数値範囲を次の如く設定すると、先に述べた各条件式が意味する効果を最大限に得られる。

【0053】

7.3 < d n a v e . . . (3b)
 8.0 < d 1 p a v e . . . (4b)
 0.12 < L n w i / L n t i < 0.19 . . . (5b)
 0.80 < f 11 / f 12 < 1.12 . . . (6b)
 0.70 < f n 1 / f n 2 < 1.20 . . . (7b)
 4.5 < f t / f w < 6.0 . . . (8b)
 1.70 < t n / w n < 2.30 . . . (9b)

20

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、小型でありながら望遠端における色収差が良好に補正されたズームレンズを得ている。

【0054】

各実施例において、負の屈折力の第2レンズ群L2または第2レンズ群L2の一部を光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動させて、光軸に対し垂直方向に像を変移させても良い。これによれば光学系(ズームレンズ)全体が振動(傾動)したときの撮影画像のぶれ(像ぶれ)を補正することが容易になる。

【0055】

なお、各実施例では第2レンズ群L2、もしくはその一部を光軸に対して垂直方向に移動させて像ぶれ補正を行う際の移動方式は第2レンズ群L2、もしくはその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れば、どのような移動方式でも良い。例えば鏡筒構造の複雑化を許容すれば、光軸上に回転中心を持つように第2レンズ群L2、もしくはその一部を回動させて像ぶれ補正を行っても良い。また、第3レンズ群L3で像ぶれ補正を行ってもよい。さらには複数のレンズ群、もしくはレンズ群の1部を同時に動かすことで像ぶれ補正を行ってもよい。

30

【0056】

各実施例のような望遠端の焦点距離が長いズームレンズにおいては、各レンズ群を物体側より像側へ順に配置された次のレンズより構成するのが良い。以下、ことわりがないときは各レンズは物体側から像側へ順に配置されているものとする。

40

【0057】

第1レンズ群L1は正の屈折力のレンズ11(以下単に「正レンズ11」という。)、正レンズ12と負の屈折力のレンズ13(以下に「負レンズ13」という。)を接合した接合レンズを有することが好ましい。具体的には実施例1、3、4では正レンズ11、正レンズ12と負レンズ13を接合した接合レンズからなることが良い。もしくは実施例2のように正レンズ11、正レンズ12と負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ14からなることが好ましい。

【0058】

第1レンズ群L1をこのように構成することにより、望遠端において球面収差や軸上色収差、倍率色収差を良好に補正することが容易となる。

50

【0059】

第2レンズ群L2は実施例1、2では、負レンズ21、負レンズ22と正レンズ23を接合した接合レンズより構成している。実施例3、4では正レンズ21と負レンズ22を接合した接合レンズ、負レンズ23、負レンズ24と正レンズ25を接合した接合レンズから構成することが好ましい。第2レンズ群L2をこのように構成することにより、広角端において像面湾曲および倍率色収差を良好に補正することが容易となる。

【0060】

第3レンズ群L3は正レンズ31、正レンズ32と負レンズ33を接合した接合レンズから構成することが好ましい。第3レンズ群L3をこのように構成することにより、全ズーム領域において球面収差や軸上色収差を良好に補正することが容易となる。

10

【0061】

第4レンズ群L4は実施例1では、負レンズ41と正レンズ42を接合した接合レンズから構成している。実施例2、3、4では負レンズ41から構成されることが好ましい。また、負レンズ41は物体側に凹面を向けた形状であることが好ましい。このような構成をとることにより、全ズーム領域において球面収差を良好に補正することが容易になる。また、全ズーム領域においてフォーカシングの際の球面収差の変動を抑えることが容易となる。

【0062】

第5レンズ群L5は実施例1、2では、正レンズ51、正レンズ52と負レンズ53を接合した接合レンズ、正レンズ54より構成している。実施例3、4では、正レンズ51、正レンズ52と負レンズ53を接合した接合レンズから構成されることが好ましい。このような構成をとることにより、全ズーム領域において球面収差やコマ収差、軸上色収差を良好に補正することが容易になる。

20

【0063】

第6レンズ群L6は、正レンズ61と負レンズ62を接合した接合レンズから構成されることが好ましい。また、負レンズ62は像側に凹面を向けた形状であることが好ましい。このような構成をとることにより、全ズーム領域においてコマ収差や像面湾曲を良好に補正することが容易になる。また、全ズーム領域においてフォーカシングの際の軸上色収差や倍率色収差の変動を抑えることが容易となる。

30

【0064】

第7レンズ群L7は、正レンズ71と負レンズ72を接合した接合レンズから構成されることが好ましい。このような構成をとることにより、特に望遠端において倍率色収差を良好に補正することが容易となる。

【0065】

第8レンズ群L8は、負レンズ81、負レンズ82と正レンズ83を接合した接合レンズから構成されることが好ましい。このような構成をとることにより、特に望遠端において倍率色収差を良好に補正することが容易となる。

40

【0066】

第9レンズ群L9は実施例4では負レンズ91から構成されることが好ましい。このような構成をとることにより、全ズーム領域において像面湾曲を良好に補正することが容易となる。

【0067】

各実施例によれば、以上の如く構成することにより、小型でありながら望遠端において色収差が良好に補正されたズームレンズを得ることが容易となる。

【0068】

次に、本実施形態のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルカメラの実施例を図9を用いて説明する。図9において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至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像光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系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センサ等の撮像素子（光電変換素子）である。13はレンズ装置（撮像装置）である。

50

レンズ装置 13 は撮像光学系 11 を有する。

【0069】

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。

【0070】

複数のレンズ群を有する後群 L R の構成は、実施例に示した 4 つ又は 5 つのレンズ群からなる場合に限られない。ズームレンズの比較的像側に条件式 (2) を満たすような負の屈折力を有するレンズ群を含んでいれば、4 つより少ないレンズ群、または、5 つより多いレンズ群で構成されていてもよい。

【0071】

次に、本発明の実施例 1 乃至 4 に対応する数値実施例 1 乃至 4 を示す。各実施実施例において、 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 d 線に対する材料の屈折率とアッペ数を示す。

10

【0072】

各数値実施例において最後の 2 つの面は、フィルター、フェースプレート等の光学プロックの面である。

【0073】

各実施例において、バックフォーカス (BF) はレンズ最終面から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表したものである。レンズ全長は最も物体側のレンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。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。

20

【0074】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n_d	v_d
1	125.878	13.66	1.49700	81.5
2	-394.145	0.23		
3	173.206	12.00	1.43875	94.7
4	-260.097	2.40	1.88300	40.8
5	629.720	(可変)		
6	-557.143	1.50	1.77250	49.6
7	68.411	5.00		
8	-103.764	1.50	1.49700	81.5
9	63.855	5.00	1.71736	29.5
10	-4870.716	(可変)		
11	44.113	7.60	1.43875	94.7
12	-131.977	0.15		
13	70.184	5.30	1.51742	52.4
14	-149.068	1.60	1.91082	35.3
15	227.603	2.50		
16(絞り)	(可変)			
17	-39.659	1.00	1.77250	49.6
18	120.000	3.00	1.58144	40.8
19	-201.574	(可変)		
20	-188.106	4.15	1.59551	39.2
21	-36.089	10.00		
22	179.927	5.00	1.48749	70.2

30

40

50

23	-33.258	1.20	2.00100	29.1
24	-72.041	0.20		
25	40.646	3.00	1.51633	64.1
26	264.879	(可变)		
27	-220.976	3.10	1.80518	25.4
28	-38.213	1.20	1.80400	46.5
29	37.945	(可变)		
30	62.413	6.09	1.51823	58.9
31	-39.273	1.60	1.92286	20.9
32	-48.247	(可变)		10
33	-66.555	1.45	1.59522	67.7
34	56.205	3.50		
35	-121.798	1.50	1.49700	81.5
36	42.015	5.73	1.67300	38.3
37	-880.714	(可变)		
38		1.00	1.51633	64.1
39		1.00		

像面

各種データ

ズーム比	5.83	20		
	広角	中間	望遠	
焦点距離	103.00	248.70	600.00	
Fナンバー	4.60	5.85	6.80	
半画角(度)	11.86	4.97	2.07	
像高	21.64	21.64	21.64	
レンズ全長	238.44	305.28	331.62	
BF	13.96	30.69	82.37	
d5	4.00	70.84	97.18	
d10	41.59	33.92	1.35	
d16	7.17	11.92	13.23	30
d19	8.67	3.91	2.61	
d26	13.52	6.58	2.00	
d29	9.20	16.14	20.72	
d32	30.16	21.11	2.00	
d37	12.30	29.03	80.71	

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	207.63
2	6	-71.99
3	11	69.87
4	17	-55.38
5	20	42.72
6	27	-40.02
7	30	59.31
8	33	-54.02

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	193.66
2	3	238.99
3	4	-208.20

10

20

30

40

50

4	6	-78.79
5	8	-79.30
6	9	87.90
7	11	76.36
8	13	92.99
9	14	-98.69
10	17	-38.48
11	18	129.81
12	20	74.23
13	22	58.03
14	23	-62.69
15	25	92.57
16	27	56.95
17	28	-23.52
18	30	47.49
19	31	-250.21
20	33	-50.97
21	35	-62.66
22	36	59.74

10

20

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	134.914	9.79	1.49700	81.5
2	-6721.245	0.23		
3	137.154	12.00	1.43875	94.7
4	-425.440	2.40	1.88300	40.8
5	298.947	2.00		
6	268.064	6.50	1.49700	81.5
7	-999.736	(可変)		
8	-857.743	1.50	1.77250	49.6
9	60.559	5.50		
10	-91.937	1.50	1.49700	81.5
11	60.619	5.00	1.71736	29.5
12	-1482.613	(可変)		
13	49.993	7.60	1.43875	94.7
14	-102.834	0.15		
15	80.657	5.00	1.51742	52.4
16	-155.188	1.60	1.91082	35.3
17	511.702	2.50		
18(絞り)	(可変)			
19	-42.764	1.30	1.77250	49.6
20	-92692.282	(可変)		
21	-188.510	4.03	1.59551	39.2
22	-37.719	5.58		
23	257.937	4.62	1.48749	70.2
24	-36.110	1.20	2.00100	29.1
25	-76.229	0.20		
26	45.741	3.00	1.51633	64.1

30

40

50

27 233.297 (可変)
 28 -419.106 3.17 1.80518 25.4
 29 -38.129 1.20 1.80400 46.5
 30 39.290 (可変)
 31 64.867 5.46 1.51823 58.9
 32 -34.694 1.60 1.92286 20.9
 33 -45.897 (可変)
 34 -81.065 1.45 1.53775 74.7
 35 57.898 3.50
 36 -130.610 1.50 1.49700 81.5
 37 65.180 3.50 1.73800 32.3
 38 584.985 (可変)
 39 1.00 1.51633 64.1
 40 1.00

像面

各種データ

ズーム比 5.83
 広角 中間 望遠
 焦点距離 103.00 248.50 600.00
 Fナンバー 4.60 5.85 6.80
 半画角(度) 11.86 4.98 2.07
 像高 21.64 21.64 21.64
 レンズ全長 241.66 305.61 331.66
 BF 17.57 37.01 97.33
 d7 2.00 63.58 86.90
 d12 41.59 35.60 1.35
 d18 5.54 9.90 10.19
 d20 12.06 7.70 7.41
 d27 14.35 5.60 2.00
 d30 7.56 16.31 19.91
 d33 36.42 25.33 2.00
 d38 15.91 35.35 95.67

レンズ群データ

群 始面 焦点距離
 1 1 187.17
 2 8 -66.90
 3 13 66.06
 4 19 -55.38
 5 21 46.08
 6 28 -44.55
 7 31 61.55
 8 34 -57.39

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離
 1 1 266.24
 2 3 237.94
 3 4 -198.53
 4 6 426.05
 5 8 -73.17
 6 10 -73.27

10

20

30

40

50

7	11	81.29
8	13	77.85
9	15	103.32
10	16	-130.58
11	19	-55.38
12	21	78.40
13	23	65.31
14	24	-69.58
15	26	109.60
16	28	51.90
17	29	-23.90
18	31	44.45
19	32	-165.35
20	34	-62.58
21	36	-87.27
22	37	99.11

10

数值実施例 3

単位 mm

面データ

20

面番号	r	d	nd	vd
1	139.899	11.00	1.49700	81.5
2	-725.218	0.50		
3	137.265	9.80	1.43875	94.7
4	-864.666	2.40	1.83481	42.7
5	266.138	(可変)		
6	116.936	5.20	1.57501	41.5
7	-98.739	1.30	1.77250	49.6
8	90.713	3.40		
9	-1515.584	1.70	1.77250	49.6
10	111.336	1.70		
11	2482.774	1.70	1.49700	81.5
12	65.651	4.00	1.63980	34.5
13	349.948	(可変)		
14	57.517	6.50	1.43875	94.7
15	-130.235	0.15		
16	105.689	5.00	1.51823	58.9
17	-136.115	1.60	1.83481	42.7
18	-1116.555	2.50		
19(絞り)		(可変)		
20	-52.949	1.50	1.77250	49.6
21	-1031.670	(可変)		
22	282.299	4.99	1.58144	40.8
23	-51.259	7.96		
24	61.917	5.47	1.48749	70.2
25	-47.586	1.20	2.00100	29.1
26	-127.040	(可変)		
27	-12810.854	2.74	1.80518	25.4
28	-59.209	1.20	1.80400	46.5
29	40.324	(可変)		

30

40

50

30	65.917	4.88	1.51823	58.9
31	-46.560	1.60	1.92286	20.9
32	-62.745	(可变)		
33	-232.616	1.45	1.59282	68.6
34	45.680	4.20		
35	-78.865	1.50	1.49700	81.5
36	47.251	5.27	1.72047	34.7
37	-812.592	(可变)		
38		1.00	1.51633	64.1
39		1.00		

10

像面

各種データ

ズーム比	5.69
	広角 中間 望遠
焦点距離	123.00 293.00 700.00
Fナンバー	4.60 5.85 8.00
半画角(度)	9.98 4.22 1.77
像高	21.64 21.64 21.64
レンズ全長	246.28 322.64 370.48
BF	14.01 44.69 107.78
d5	1.50 74.51 118.12
d13	45.00 31.94 1.35
d19	6.30 11.18 10.01
d21	8.70 3.83 5.00
d26	11.48 4.00 1.20
d29	12.33 19.81 22.62
d32	44.54 30.26 2.00
d37	12.35 43.03 106.12

20

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	247.49
2	6	-80.80
3	14	70.63
4	20	-72.30
5	22	55.88
6	27	-50.04
7	30	72.81
8	33	-62.05

30

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	236.97
2	3	270.80
3	4	-243.54
4	6	93.93
5	7	-61.02
6	9	-134.20
7	11	-135.71
8	12	125.62
9	14	91.90
10	16	115.62

40

50

11	17	-185.82
12	20	-72.30
13	22	75.02
14	24	56.11
15	25	-76.59
16	27	73.87
17	28	-29.68
18	30	53.44
19	31	-205.33
20	33	-64.28
21	35	-59.22
22	36	62.14

10

数值実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	132.456	10.00	1.49700	81.5
2	-625.423	0.50		
3	145.081	9.10	1.43875	94.7
4	-565.251	2.40	1.83481	42.7
5	286.490	(可変)		
6	125.458	5.20	1.57501	41.5
7	-101.387	1.30	1.77250	49.6
8	111.773	3.40		
9	2034.061	1.70	1.77250	49.6
10	105.701	2.70		
11	-421.286	1.70	1.49700	81.5
12	67.536	3.50	1.63980	34.5
13	303.714	(可変)		
14	64.721	6.00	1.43875	94.7
15	-144.502	0.15		
16	122.285	4.70	1.51823	58.9
17	-136.115	1.60	1.83481	42.7
18	-503.340	2.50		
19(絞り)	(可変)			
20	-60.867	1.50	1.77250	49.6
21	2445.612	(可変)		
22	115.544	6.50	1.58144	40.8
23	-58.890	4.31		
24	72.494	5.34	1.48749	70.2
25	-49.206	1.20	2.00100	29.1
26	-155.810	(可変)		
27	-2965.051	2.98	1.80518	25.4
28	-53.617	1.20	1.80400	46.5
29	43.670	(可変)		
30	66.451	5.41	1.51823	58.9
31	-41.564	1.60	1.92286	20.9
32	-58.619	(可変)		
33	-200.908	1.45	1.59282	68.6

20

30

40

50

34 55.617 3.50
 35 -97.132 1.50 1.49700 81.5
 36 50.159 5.00 1.72047 34.7
 37 -600.974 (可変)
 38 -69.214 1.80 1.65160 58.5
 39 -133.310 (可変)
 40 1.00 1.51633 64.1
 41 0.50

像面

各種データ

ズーム比 5.30
 広角 中間 望遠
 焦点距離 122.75 282.00 650.00
 Fナンバー 4.60 5.85 8.00
 半画角(度) 10.00 4.39 1.91
 像高 21.64 21.64 21.64
 レンズ全長 252.02 324.42 363.59
 BF 10.22 17.42 31.79
 d5 1.50 69.46 109.38
 d13 46.47 34.36 2.44
 d19 7.61 13.81 13.05
 d21 11.16 4.97 5.72
 d26 11.98 3.69 1.20
 d29 12.53 20.81 23.30
 d32 44.82 30.04 2.00
 d37 6.00 30.13 74.97
 d39 9.06 16.26 30.63

10

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 241.00
 2 6 -81.20
 3 14 75.72
 4 20 -76.86
 5 22 57.34
 6 27 -53.56
 7 30 73.20
 8 33 -77.42
 9 38 -223.40

30

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 220.90
 2 3 264.16
 3 4 -227.46
 4 6 98.34
 5 7 -68.64
 6 9 -144.39
 7 11 -116.98
 8 12 134.96
 9 14 102.78
 10 16 125.07

40

50

11 17 -223.93
 12 20 -76.86
 13 22 68.02
 14 24 61.00
 15 25 -72.25
 16 27 67.79
 17 28 -29.77
 18 30 50.20
 19 31 -162.10
 20 33 -73.32
 21 35 -66.33
 22 36 64.46
 23 38 -223.40

【0075】

【表1】

条件式	数値実施例			
	1	2	3	4
(1) $0.20 < f1/ft < 0.45$	0.346	0.312	0.354	0.371
(2) $-0.15 < fn/ft < -0.05$	-0.090	-0.096	-0.089	-0.119
(3) $65 < \nu_{dnav}$	74.6	78.1	75.1	75.1
(4) $70 < \nu_{d1pav}$	88.1	85.9	88.1	88.1
(5) $0.05 < L_{nwi}/L_{nti} < 0.25$	0.169	0.180	0.130	0.169
(6) $0.70 < f11/f12 < 1.20$	0.810	1.119	0.875	0.836
(7) $0.60 < fn1/fn2 < 1.30$	0.813	0.717	1.086	1.105
(8) $3.5 < ft/fw < 8.0$	5.83	5.83	5.69	5.30
(9) $1.20 < \beta_{tn}/\beta_{wn} < 3.00$	1.888	1.978	2.104	1.844

【符号の説明】

【0076】

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 R 後群
 L n レンズ群 L n

10

20

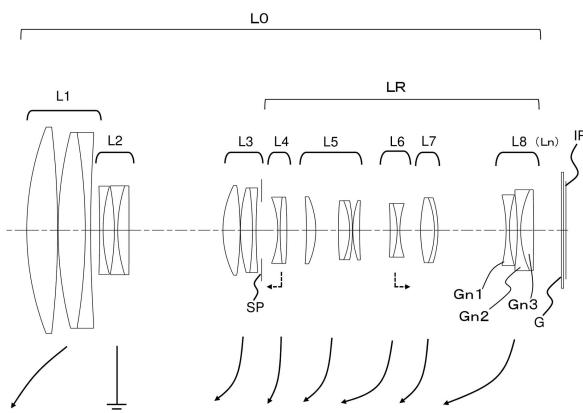
30

40

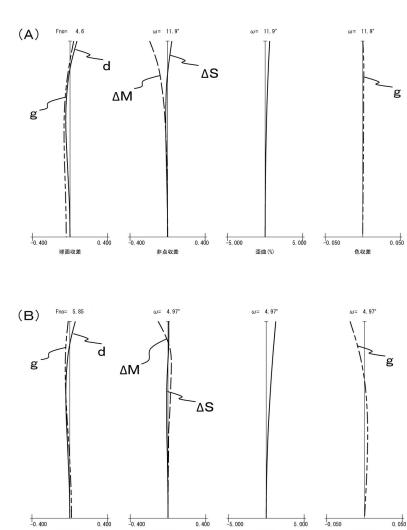
50

【図面】

【図 1】



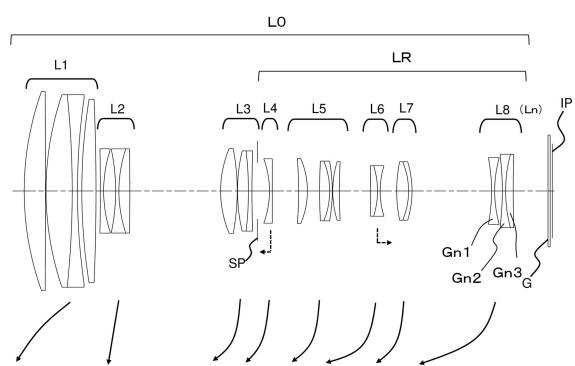
【図 2】



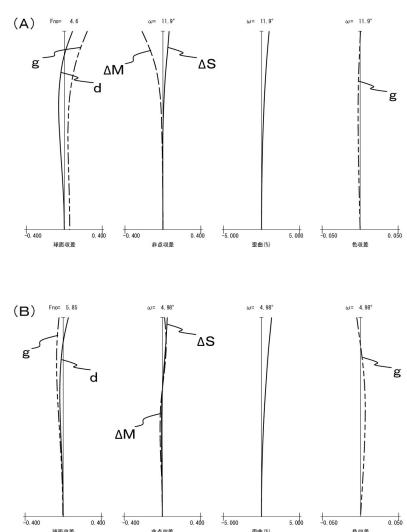
10

20

【図 3】

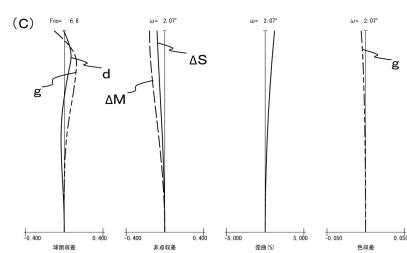


【図 4】



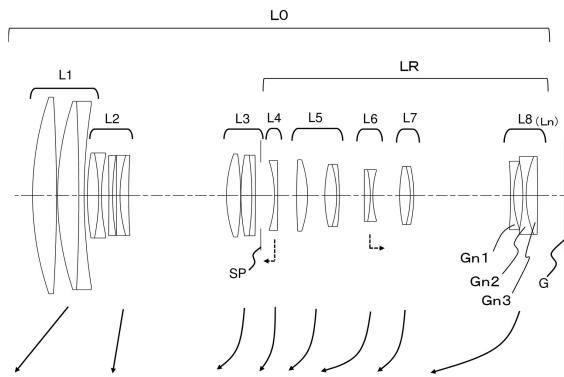
30

40

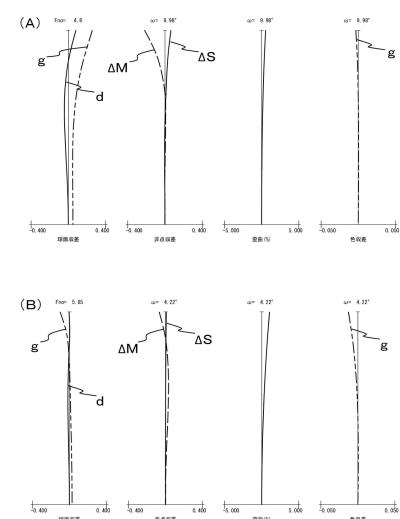


50

【図 5】

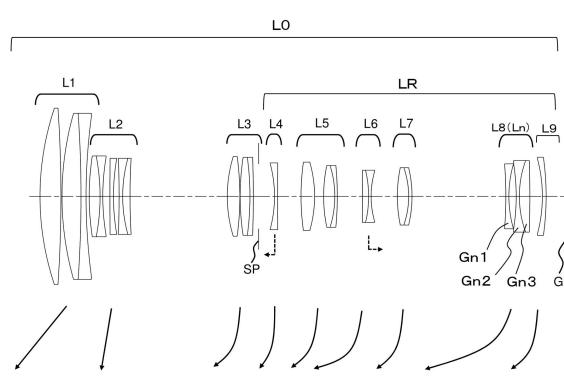


【図 6】

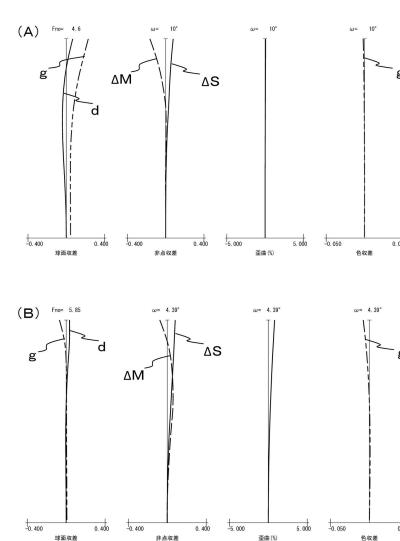


10

【図 7】

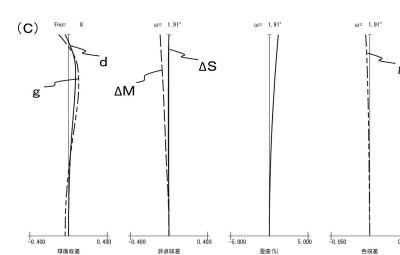


【図 8】



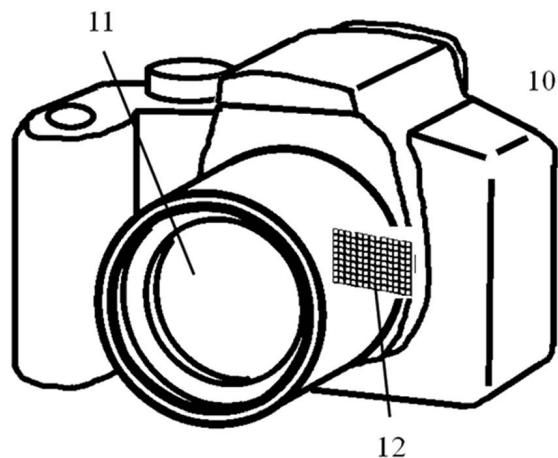
30

40



50

【図9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-140404(JP, A)

特開平11-202204(JP, A)

特開平02-168214(JP, A)

特開2018-004885(JP, A)

特開2016-031419(JP, A)

米国特許出願公開第2007/0091459(US, A1)

(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

C O D E V