

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5893423号
(P5893423)

(45) 発行日 平成28年3月23日(2016.3.23)

(24) 登録日 平成28年3月4日(2016.3.4)

(51) Int.Cl. F 1
GO 2 B 15/20 (2006.01) GO 2 B 15/20
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2012-23338 (P2012-23338)
(22) 出願日 平成24年2月6日(2012.2.6)
(65) 公開番号 特開2013-160944 (P2013-160944A)
(43) 公開日 平成25年8月19日(2013.8.19)
審査請求日 平成27年2月5日(2015.2.5)

(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 島田 隆弘
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】ズームレンズおよ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、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、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において、

前記第2レンズ群は、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを含み、全体として5枚以上のレンズを有し、

前記接合レンズは、物体側から像側へ順に配置された、両凹レンズ、物体側に凸面を向けた正レンズから構成され、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記接合レンズを構成する正レンズの材料の屈折率を N_{dp} 、前記接合レンズを構成する負レンズの材料の屈折率を N_{dn} とするとき、

$$5.0 < |f_1 / f_2| < 9.0$$

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5$$

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】

前記第2レンズ群に含まれる前記接合レンズの像側に隣接して正レンズ $1p$ が配置されており、該正レンズ $1p$ の材料の屈折率を N_{d1p} とするとき、

$$1.4 < N_{d1p} < 1.7$$

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。

10

20

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群に含まれる前記接合レンズの像側に隣接して正レンズ 1 p が配置されており、該正レンズ 1 p の焦点距離を f_{1p} とするとき、

$$2.0 < |f_{1p} / f_2| < 4.5$$

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】

物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、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において、

前記第 2 レンズ群は、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを含み、全体として 5 枚以上のレンズを有し、前記第 2 レンズ群に含まれる前記接合レンズの像側に隣接して正レンズ 1 p が配置されており、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記接合レンズを構成する正レンズの材料の屈折率を N_{dp} 、前記接合レンズを構成する負レンズの材料の屈折率を N_{dn} 、前記正レンズ 1 p の材料の屈折率を N_{d1p} とするとき、

$$5.0 < |f_1 / f_2| < 9.0$$

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5$$

$$1.4 < N_{d1p} < 1.7$$

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 5】

物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、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において、

前記第 2 レンズ群は、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを含み、全体として 5 枚以上のレンズを有し、前記第 2 レンズ群に含まれる前記接合レンズの像側に隣接して正レンズ 1 p が配置されており、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記接合レンズを構成する正レンズの材料の屈折率を N_{dp} 、前記接合レンズを構成する負レンズの材料の屈折率を N_{dn} 、前記正レンズ 1 p の焦点距離を f_{1p} とするとき、

$$5.0 < |f_1 / f_2| < 9.0$$

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5$$

$$2.0 < |f_{1p} / f_2| < 4.5$$

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 6】

前記接合レンズを構成する負レンズの材料のアッベ数を d_n 、部分分散比を g_{Fn} とするとき、

$$0 < g_{Fn} - (0.6438 - 0.001682 \times d_n) < 0.1$$

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】

前記接合レンズを構成する正レンズの材料のアッベ数を d_p 、部分分散比を g_{Fp} とするとき、

$$-0.1 < g_{Fp} - (0.6438 - 0.001682 \times d_p) < 0$$

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】

広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$0.5 < |f_2 / f_w| < 0.8$$

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

【請求項 9】

固体撮像素子に像を形成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、例えばデジタルビデオカメラ 10 やデジタルスチルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置において好適に用いられる。

【背景技術】

【0002】

従来、負の屈折力のレンズ群が最も物体側に配置された大口径ズームレンズは、高性能化に有利であるため種々の提案がなされている。例えば、特許文献 1 は、物体側から像側へ順に負の屈折力の第 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 レンズ群を備える大口径ズームレンズを開示している。

【0003】

また、特許文献 2 は、物体側から像側へ順に、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、正の屈折力の第 4 レンズ群を備える大口径 20 ズームレンズを開示している。最も物体側に正の屈折力の第 1 レンズ群が配置されているタイプのズームレンズは、レンズ全長（最も物体側のレンズ面から像面までの長さ）やレンズ径の小型化に有利である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 198529 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 295601 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】 30

【0005】

最も物体側に負の屈折力のレンズ群が配置された大口径ズームレンズは、ズームレンズが大きく重くなりやすく、最も物体側に正の屈折力のレンズ群が配置された大口径ズームレンズ系は、小型化に有利であるが、広画角化するとバックフォーカスの確保が困難であるという特徴がある。

【0006】

特許文献 1 に開示されたズームレンズは、F ナンバー 2.8 と明るく、画角も約 84° と大口径で広画角化を達成しているが、レンズ系が大型である。

【0007】

特許文献 2 に開示されたズームレンズは、F ナンバー 2.8 と明るく、レンズ系は小型 40 であるが、広角端の画角は約 65° までしかカバーされておらず、さらなる広画角化が望まれる。

【0008】

また、ズーミング時の球面収差や非点収差の変動が補正しきれず、コマ収差の変動も残留しており、前記ズームレンズの構成、屈折力配置のままでは、大口径でありながら、画角 2 = 80° を超えた広角をカバーするズームレンズを実現することは困難である。

【0009】

そこで、本発明は、大口径かつ広画角であり、全ズーム範囲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。 50

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、ズームングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は、最も物体側から像側へ順に、負レンズと、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを含み、全体として5枚以上のレンズを有し、前記接合レンズは、物体側から像側へ順に配置された、両凹レンズ、物体側に凸面を向けた正レンズから構成され、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記接合レンズを構成する正レンズと負レンズの材料の屈折率を各々 N_{dp} 、 N_{dn} とするとき、

$$5.0 < |f_1 / f_2| < 9.0$$

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

その他、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、ズームングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを含み、全体として5枚以上のレンズを有し、前記第2レンズ群に含まれる前記接合レンズの像側に隣接して正レンズ $1p$ が配置されており、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記接合レンズを構成する正レンズの材料の屈折率を N_{dp} 、前記接合レンズを構成する負レンズの材料の屈折率を N_{dn} 、前記正レンズ $1p$ の材料の屈折率を N_{d1p} とするとき、

$$5.0 < |f_1 / f_2| < 9.0$$

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5$$

$$1.4 < N_{d1p} < 1.7$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

その他、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、ズームングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを含み、全体として5枚以上のレンズを有し、前記第2レンズ群に含まれる前記接合レンズの像側に隣接して正レンズ $1p$ が配置されており、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記接合レンズを構成する正レンズの材料の屈折率を N_{dp} 、前記接合レンズを構成する負レンズの材料の屈折率を N_{dn} 、前記正レンズ $1p$ の焦点距離を f_{1p} とするとき、

$$5.0 < |f_1 / f_2| < 9.0$$

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5$$

$$2.0 < |f_{1p} / f_2| < 4.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、大口径かつ広画角であり、全ズーム範囲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ができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】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

【図2】本発明の実施例1のズームレンズの広角端と望遠端における縦収差図

【図3】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

【図4】本発明の実施例2のズームレンズの広角端と望遠端における縦収差図

【図5】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

【図 6】本発明の実施例 3 のズームレンズの広角端と望遠端における縦収差図

【図 7】アッベ数 d と部分分散比 $g F$ の関係を示す説明図

【図 8】本発明のズームレンズにおける倍率色収差の補正原理の説明図

【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】

【0013】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

【0014】

図 1 は、本発明の実施例 1 のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図である。

10

図 2（A）、（B）はそれぞれ本発明の実施例 1 のズームレンズの広角端と望遠端（長焦点距離端）における縦収差図である。

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）はそれぞれ本発明の実施例 2 のズームレンズの広角端と望遠端における縦収差図である。

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）は、本発明の実施例 3 のズームレンズの広角端と望遠端における縦収差図である。

図 7 は、アッベ数 d と部分分散比 $g F$ の関係を示す説明図である。

図 8 は、本発明のズームレンズにおける倍率色収差の補正原理の説明図である。

20

図 9 は、本発明のズームレンズを備えるカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

【0015】

各実施例のレンズ断面図と縦収差図は、それぞれ無限遠物体に合焦している状態を図示している。

【0016】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ、そして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。

【0017】

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。レンズ断面図において、 i は物体側からレンズ群の順番を示し、 $L i$ は第 i レンズ群である。

30

【0018】

本発明の各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群、負の屈折力を有する第 2 レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群を有し、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る。

【0019】

図 1、図 5 のレンズ断面図において、 $L 1$ は正の屈折力（焦点距離の逆数）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、 $L 4$ は正の屈折力の第 4 レンズ群である。実施例 1、3 のズームレンズでは、第 3 レンズ群 $L 3$ と第 4 レンズ群 $L 4$ によって後群が構成されており、後群は全体として正の屈折力を有している。

40

【0020】

図 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、 $L 4$ は負の屈折力の第 4 レンズ群、 $L 5$ は正の屈折力の第 5 レンズ群である。実施例 2 のズームレンズでは、第 3 レンズ群 $L 3$ と第 4 レンズ群 $L 4$ と第 5 レンズ群 $L 5$ によって後群が構成されており、後群は全体として正の屈折力を有している。

【0021】

$S P$ は開口絞りであり、第 3 レンズ群 $L 3$ の物体側に配置されている。 $I P$ 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影光学系として使用する際には $C C D$ セン

50

サやＣＭＯＳセンサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する感光面が置かれる。

【００２２】

収差図において d 、 g 、 C は順に d 線、 g 線、 C 線である。 M 、 S はメリディオナル像面、サジタル像面、倍率色収差は g 線によって表している。 θ は半画角、 Fno は F ナンバーである。横収差図において Y は像高である。実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面である。又、横収差図において横軸は瞳面上における高さである。

【００２３】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は各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。

10

【００２４】

矢印は広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。本発明の各実施例のズームレンズは、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。

【００２５】

本発明の実施例１、３では、広角端から望遠端へのズーミングに際して、矢印の如く第１レンズ群 $L1$ は物体側へ移動している。第２レンズ群 $L2$ は第１レンズ群 $L1$ との間隔が大きくなるように移動している。第３レンズ群 $L3$ は第２レンズ群 $L2$ との間隔が小さくなるように物体側へ移動している。第４レンズ群 $L4$ は第３レンズ群 $L3$ との間隔が小さくなるように物体側へ移動している。絞り SP は第３レンズ群 $L3$ と一体に移動している。

20

【００２６】

本発明の実施例２では、広角端から望遠端へのズーミングに際して、矢印の如く第１レンズ群 $L1$ は物体側へ移動している。第２レンズ群 $L2$ は第１レンズ群 $L1$ との間隔が大きくなるように移動している。第３レンズ群 $L3$ は第２レンズ群 $L2$ との間隔が小さくなるように物体側へ移動している。第４レンズ群 $L4$ は第３レンズ群 $L3$ との間隔が大きくなるように物体側へ移動している。第５レンズ群 $L5$ は第４レンズ群 $L4$ との間隔が小さくなるように物体側へ移動している。絞り SP は第３レンズ群 $L3$ と一体に移動している。

【００２７】

フォーカスは第２レンズ群 $L2$ を光軸方向に移動させて行っている。尚、フォーカスはズームレンズ全体又は任意の１つのレンズ群を移動させて行っても良い。

30

【００２８】

本発明の実施例２においては、第４レンズ群 $L4$ を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて、光軸と垂直方向に結像位置を移動させることによって、ズームレンズ全体が振動したときの像ぶれを補正することができる。即ち防振を行っている。

【００２９】

一般にレンズ群を小型化するためには、レンズ外径（レンズ有効径）を小さくする必要がある。レンズ外径を小さくするためには、レンズ群に入射する光束をそのレンズ群の光入射側で十分に収斂させることが必要となる。そのためには、レンズ群の物体側に強い正の屈折力を有するレンズ群を配置すればよい。

40

【００３０】

本発明の実施例２では、広角端に比べて望遠端において第３レンズ群 $L3$ と第４レンズ群 $L4$ との間隔が大きくなるように第３レンズ群 $L3$ と第４レンズ群 $L4$ が移動する。これにより、軸上光束径が増大する望遠端において、第３レンズ群 $L3$ から射出した軸上光束が収斂する距離を確保しやすくして、防振レンズ群 IS の小型化を容易にしている。

【００３１】

また、各実施例の光学系は、第１レンズ群の焦点距離を $f1$ 、第２レンズ群の焦点距離を $f2$ とすると、

$$5.0 < |f1 / f2| < 9.0 \quad \cdots (1)$$

50

の条件式を満足している。

【0032】

条件式(1)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離の比を適切に設定するものである。条件式(1)を満足することで、広角端でレトロフォーカスタイプのパワー配置とすることが容易となり、広角端の広画角化と、全ズーム範囲にわたり諸収差の変動が少なく、画面全体にわたり高い光学性能を得ることを両立することができる。

【0033】

条件式(1)の上限を越えると、第2レンズ群L2の屈折力が強くなりすぎるため、ズームに伴う球面収差、倍率色収差の変動を小さくするのが困難となる。又、第2レンズ群L2による軸上光束の発散作用が大きくなり過ぎるために後群の小型化が困難になってくる。下限を越えるとレトロフォーカスタイプのパワー配置とするのが難しくなり、広角端の画角を大きくすることが困難となる。又、第1レンズ群L1の屈折力が強くなりすぎるため、望遠端での球面収差の補正が困難となる。

【0034】

また、第2レンズ群L2は、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズを含み、5枚以上のレンズを有する。

【0035】

第2レンズ群L2が、最も物体側から像側へ順に、負レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズを有することにより、第2レンズ群L2がレトロフォーカスのパワー配置をとりやすくなり、広角端の広画角化に有利となる。また、接合レンズが、物体側から像側へ順に両凹レンズ、物体側に凸面を向けた正レンズが配置された構成とすれば、接合レンズの接合面が軸外光線に対してコンセントリックな形状となり、倍率色収差の補正に有利となる。

【0036】

また、第2レンズ群L2を5枚以上のレンズで構成することによって、ズームレンズの広画角化のために強い負の屈折力を有する第2レンズL2で生じる収差を良好に補正することが可能になる。

【0037】

第2レンズ群L2の接合レンズを構成する正レンズの屈折率を N_{dp} 、第2レンズ群L2の接合レンズを構成する負レンズの屈折率を N_{dn} とすると、

$$1.1 < N_{dp} / N_{dn} < 1.5 \quad \dots (2)$$

の条件を満足している。

【0038】

条件式(2)は、第2レンズ群L2の接合レンズを構成する正レンズと負レンズの各屈折率 N_{dp} 、 N_{dn} の比を適切に設定するものである。

【0039】

条件式(1)で説明したように、本発明は第2レンズ群の屈折力を強くすることでレトロフォーカスタイプのパワー配置とし、広角端の広画角化を達成している。しかし、Fナンバーが2.8程度の大口径となると、ズームに伴う球面収差、特に色の球面収差の変動を小さくすることが困難となる。

【0040】

そこで、条件式(2)を満足するように、接合レンズの接合面で負の球面収差を発生させることにより、強い負の屈折力の第2レンズ群L2で発生する正の球面収差を低減することができる。このため、ズームに伴う球面収差、特に色の球面収差の変動を小さくすることが可能となる。

【0041】

条件式(2)の上限を超えて、正レンズと負レンズの屈折率の比が大きくなりすぎると、第2レンズ群のペッツバル和が負の方向に大きくなりすぎ、ズームに伴う像面湾曲の変動を小さくすることが困難となる。条件式(2)の下限を超えて、正レンズと負レンズの屈折率の比が小さくなると、接合面での球面収差補正作用が小さくなり、ズーミン

10

20

30

40

50

グに伴う球面収差、特に色の球面収差の変動を小さくすることが困難となる。

【0042】

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。

$$6.0 < |f_1 / f_2| < 8.5 \quad \dots (1a)$$

$$1.1 < Nd_p / Nd_n < 1.3 \quad \dots (2a)$$

これらの条件式を満たすことで、より広画角化を図りつつ全ズーム領域における収差の抑制が容易になる。

【0043】

各実施例の光学系において、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。次の条件式のうち1以上を満足することにより、各条件式に対応した効果が得られる。

10

【0044】

波長436nm(g線)、486nm(F線)、588nm(d線)、656nm(C線)のそれぞれに対する硝材の屈折率をそれぞれ、 n_g 、 n_F 、 n_d 、 n_C とし、

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

とし、第2レンズ群L2を構成する接合レンズの負レンズの材料のアップベ数を d_n 、部分分散比を $g_F n$ とするとき、

$$0 < g_F n - (0.6438 - 0.001682 \times d_n) < 0.1 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足するのが良い。

【0045】

20

図7は、光学ガラスのアップベ数 d と部分分散比 $g_F n$ の関係を示したグラフである。図7において、点Aは株式会社オハラ社製の製品名PBM2 ($d = 36.26$ 、 $g_F n = 0.5828$)、点Bは株式会社オハラ社製の製品名NSL7 ($d = 60.49$ 、 $g_F n = 0.5436$)を示している。点A、点Bを結んだ線を基準線とすると、光学ガラスの分布としてはアップベ数 d が35より小さい高分散ガラスは基準線より上側に、アップベ数 d が35から60程度までの低分散ガラスは基準線より下側に位置するものが多い。アップベ数 d が60以上で、基準線より上側に位置する異常分散ガラスが存在している。低分散ガラスに関しては基準線より上側に位置するものを使用するのが二次スペクトルの補正に対し効果的であり基準線から離れるほど補正効果が高まる。

【0046】

30

倍率色収差を全ズーム範囲で良好に補正するためには、全ズーム範囲で全系の倍率色収差係数をゼロ近傍の値に制御する必要がある。ここで倍率色収差係数 T は、レンズの屈折力を ϕ 、軸上光線入射高を h 、軸外主光線入射高を h_b 、アップベ数を d としたとき、

$$T = (h \cdot h_b \cdot \phi) / d$$

で表される。従って倍率色収差の変動は、軸外主光線入射高 h_b の変動が大きいレンズ群の影響が支配的であり、次いで屈折力 ϕ の絶対値が大きい第2レンズ群L2の影響が大きくなっていく。

【0047】

図8に、本発明のズームレンズにおける倍率色収差の補正原理の説明図を示す。図8は、物体側より像側へ順に正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群及び正の屈折力の後群を有するズームレンズである。全系の焦点距離が長くなるに従い第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の距離が大きくなると共に第2レンズ群L2と後群との距離が小さくなるズームレンズにおいて、軸外の主光線について考察する。広角端では、(a)のように、望遠端では(b)のようになる。なお、(a)、(b)では絞りより像側のレンズは省略している。

40

【0048】

従来のズームレンズにおいて、g線とC線の倍率色収差を像面上で同一位置になるように補正した場合、その位置はd線に対して、広角端では光軸外側にずれ、望遠端では光軸内側にずれることになる。

【0049】

50

上記 g 線の倍率色収差は以下のような原理によって補正される。負の屈折力を持つ第 2 レンズ群 L 2 の負レンズに異常分散ガラスを用いた場合、光軸内側に g 線を曲げる力が強くなる。これは異常分散ガラスの g 線の屈折力が通常の硝材に対して相対的に高いからである。ここで、広角端と望遠端での軸外主光線 h b の高さに注目すると、望遠端では h b が小さくなるため、第 2 レンズ群 L 2 の影響が広角端に比べて小さくなる。そのため、条件式 (3) を満たすことで望遠端の倍率色収差をさほど悪化させることなく望遠端の倍率色収差の二次スペクトルを大きく改善することができる。

【0050】

条件式 (3) の下限を越えると、第 2 レンズ群の接合レンズを構成する負レンズに使用するレンズ材料の異常分散性が小さくなり、広角端の倍率色収差を充分小さく補正することが難しくなる。上限を超えると、接合レンズの負レンズに使用するレンズ材料の異常分散性が大きくなりすぎ、軸上色収差の補正が困難となる。

10

【0051】

前記第 2 レンズ群 L 2 の接合レンズの正レンズのアップ数を d_p 、部分分散比を g_{Fp} とするとき、

$-0.1 < g_{Fp} - (0.6438 - 0.001682 \times d_p) < 0 \dots (4)$
なる条件式を満足するのが良い。

【0052】

条件式 (4) を満たすことで望遠端の倍率色収差をさほど悪化させることなく望遠端の倍率色収差の二次スペクトルを大きく改善することができる。

20

【0053】

条件式 (4) の下限を越えると、接合レンズの負レンズに使用するレンズ材料の異常分散性が大きくなりすぎ、軸上色収差の補正が困難となる。上限を超えると、接合レンズの負レンズに使用するレンズ材料の異常分散性が小さくなり、広角端の倍率色収差を充分小さく補正することが難しくなる。

【0054】

第 2 レンズ群 L 2 は、接合レンズの像側に隣り合う位置に配置された正レンズ 1_p を有し、該正レンズの屈折率を N_{d1p} とするとき、

$1.4 < N_{d1p} < 1.7 \dots (5)$

なる条件式を満足するのが良い。

30

【0055】

条件式 (2) を満たすことで、ズーミングに伴う球面収差、特に色の球面収差の変動を小さくすることが可能であるが、第 2 レンズ群 L 2 のペッツバール和が負に大きくなる傾向がある。そこで、条件式 (5) を満たすことで第 2 レンズ群 L 2 のペッツバール和を良好に補正することができる。

【0056】

条件式 (5) の上限を越えると、第 2 レンズ群 L 2 のペッツバール和が負に大きくなりすぎ、ズーミングに伴う像面湾曲の変動を小さくすることが困難となる。下限を越えると、望遠端での球面収差の補正が困難となる。

【0057】

40

第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を f_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$0.5 < |f_2 / f_w| < 0.8 \dots (6)$

なる条件式を満足するのが良い。

【0058】

条件式 (6) は第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を規定するものである。条件式 (6) の上限を超えるとズーミングのために第 1 レンズ群 L 1 の移動量を大きくしなければならず、この結果、望遠端においてレンズ全長が長くなっていくので良くない。または、第 1 レンズ群 L 1 のズーミングにおける移動量が大きくなり全系の小型化が難しくなる。

【0059】

50

条件式(6)の下限を超えると、高ズーム比化には有利であるが、ペッツバル和が負の方向に大きくなり全ズーム範囲で非点収差の補正が困難になる。

【0060】

第2レンズ群は、前記接合レンズの像側に隣り合う位置に配置された正レンズ1pを有し、該正レンズ1pの焦点距離を f_{1p} とすると、

$$2.0 < |f_{1p} / f_2| < 4.5 \quad \dots (7)$$

なる条件式を満足するのが良い。

【0061】

条件式(7)は第2レンズ群を構成する正レンズ1pの焦点距離を規定するものである。条件式(7)の上限を超えると、正レンズ1pの屈折力が弱くなりすぎ、第2レンズ群L2のペッツバル和が負に大きくなりすぎ、ズーミングに伴う像面湾曲の変動を小さくすることが困難となる。下限を越えると、望遠端において球面収差を補正することが困難となる。

【0062】

尚、各実施例において、収差補正を良好に行いつつ、更にズーミングに際しての収差変動を小さくしつつズームレンズの小型化を図るには、条件式(3)乃至(7)の数値範囲を次の如く設定するのが好ましい。

$$0 < gFn - (0.6438 - 0.001682 \times dn) < 0.02 \dots (3a)$$

$$-0.02 < gFp - (0.6438 - 0.001682 \times dp) < 0 \dots (4a)$$

$$1.45 < Nd_{1p} < 1.65 \quad \dots (5a)$$

$$0.60 < |f_2 / f_w| < 0.75 \quad \dots (6a)$$

$$2.0 < |f_{1p} / f_2| < 4.0 \quad \dots (7a)$$

【0063】

以上のように各実施例によれば、大口径かつ広画角であり、全ズーム範囲にわたって良好な光学性能を有するズームレンズを提供することができる。

【0064】

以下に、実施例1～3に各々対応する数値実施例1～3を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順番を示し、 r_i は第i番目(第i面)の曲率半径、 d_i は第i面と第i+1面との間の間隔、 n_{di} 、 d_i はそれぞれd線を基準とした屈折率、アッベ数を示す。fは焦点距離、FnoはFナンバーである。

【0065】

非球面データには、非球面を次式で表した場合の非球面係数を示す。

【0066】

【数1】

$$x = \frac{\frac{h^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{h}{R}\right)^2}} + c_4 h^2 + c_6 h^2 + c_8 h^2 + c_{10} h^2 + c_{12} h^2$$

【0067】

但し、

x：光軸方向の基準面からの変位量

h：光軸に対して垂直な方向の高さ

R：ベースとなる2次曲面の半径

k：円錐定数

C_n ：n次の非球面係数

なお、「E-Z」の表示は「10^{-Z}」を意味する。

【0068】

10

20

30

40

50

また、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表 1 に示す。

【 0 0 6 9 】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | vd | |
|--------|----------|-------|---------|------|----|
| 1 | 216.045 | 2.10 | 1.92286 | 18.9 | |
| 2 | 84.115 | 5.93 | 1.83481 | 42.7 | |
| 3 | 332.605 | 0.15 | | | 10 |
| 4 | 52.943 | 6.27 | 1.83481 | 42.7 | |
| 5 | 121.076 | (可変) | | | |
| 6* | 88.860 | 0.05 | 1.52421 | 51.4 | |
| 7 | 63.222 | 1.45 | 1.88300 | 40.8 | |
| 8 | 15.982 | 8.56 | | | |
| 9 | -43.310 | 1.15 | 1.59522 | 67.7 | |
| 10 | 21.252 | 4.07 | 1.88300 | 40.8 | |
| 11 | 62.227 | 1.16 | | | |
| 12 | 103.049 | 3.77 | 1.59270 | 35.3 | |
| 13 | -56.438 | 1.67 | | | 20 |
| 14 | -24.379 | 1.15 | 1.72916 | 54.7 | |
| 15 | 253.018 | 2.80 | 1.84666 | 23.9 | |
| 16 | -61.103 | (可変) | | | |
| 17 | | 1.90 | | | |
| 18(絞り) | | 0.00 | | | |
| 19 | 27.371 | 1.45 | 1.91082 | 35.3 | |
| 20 | 22.146 | 11.86 | 1.49700 | 81.5 | |
| 21 | -50.936 | 0.20 | | | |
| 22* | 48.675 | 2.30 | 1.59522 | 67.7 | |
| 23 | 80.867 | 4.31 | | | 30 |
| 24 | -39.283 | 1.40 | 1.83481 | 42.7 | |
| 25 | -167.482 | (可変) | | | |
| 26 | 32.964 | 8.16 | 1.43875 | 94.9 | |
| 27 | -58.829 | 0.15 | | | |
| 28 | 39.932 | 6.23 | 1.49700 | 81.5 | |
| 29 | -78.274 | 1.94 | | | |
| 30* | -58.014 | 2.81 | 1.85006 | 40.2 | |
| 31* | 62.716 | 2.64 | | | |
| 32 | 310.584 | 3.89 | 1.49700 | 81.5 | |
| 33 | -56.805 | (可変) | | | 40 |

像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.07504e-005 A 6=-1.68182e-008 A 8= 5.19696e-011 A10=-1.28132e-013 A12= 1.92909e-016

第22面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.10421e-006 A 6=-1.20819e-008 A 8= 3.26627e-011 A10=-2.21138e-013 A12= 1.55087e-016

第30面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.20799e-005 A 6=-1.49034e-007 A 8= 4.35698e-010 A10=
-6.24320e-013 A12= 1.78997e-016

第31面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.71266e-005 A 6=-1.32679e-007 A 8= 3.36842e-010 A10=
-2.39584e-013 A12=-4.74998e-016

各種データ

10

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| ズーム比 | 2.75 | | |
| | 広角 | 中間 | 望遠 |
| 焦点距離 | 24.70 | 34.80 | 67.88 |
| Fナンバー | 2.91 | 2.91 | 2.91 |
| 画角 | 41.22 | 31.87 | 17.68 |
| 像高 | 21.64 | 21.64 | 21.64 |
| レンズ全長 | 152.13 | 159.36 | 182.26 |
| BF | 38.09 | 46.23 | 63.20 |

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| d 5 | 2.74 | 11.28 | 28.55 |
| d16 | 13.37 | 7.70 | 0.23 |
| d25 | 8.39 | 4.61 | 0.73 |
| d33 | 38.09 | 46.23 | 63.20 |

20

ズームレンズ群データ

| 群 | 始面 | 焦点距離 |
|---|----|--------|
| 1 | 1 | 101.22 |
| 2 | 6 | -16.14 |
| 3 | 17 | 59.63 |
| 4 | 26 | 43.27 |

30

【 0 0 7 0 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | vd |
|-----|---------|------|---------|------|
| 1 | 214.310 | 2.00 | 1.84666 | 23.9 |
| 2 | 85.357 | 8.60 | 1.77250 | 49.6 |
| 3 | 334.696 | 0.15 | | |
| 4 | 58.434 | 6.96 | 1.80400 | 46.6 |
| 5 | 104.363 | (可変) | | |
| 6* | 84.749 | 0.05 | 1.52421 | 51.4 |
| 7 | 59.530 | 1.50 | 1.88300 | 40.8 |
| 8 | 16.668 | 8.28 | | |
| 9 | -46.739 | 1.20 | 1.59282 | 68.6 |
| 10 | 29.584 | 3.77 | 1.83481 | 42.7 |
| 11 | 41.274 | 0.23 | | |
| 12 | 36.615 | 4.88 | 1.51742 | 52.4 |
| 13 | -54.495 | 3.07 | | |

40

50

| | | | | |
|--------|----------|-------|---------|------|
| 14 | -20.885 | 1.20 | 1.51742 | 52.4 |
| 15 | 113.075 | 2.54 | 1.84666 | 23.9 |
| 16 | -81.636 | (可変) | | |
| 17(絞り) | | 0.25 | | |
| 18 | 31.551 | 3.98 | 1.49700 | 81.5 |
| 19 | 146.999 | 0.15 | | |
| 20 | 34.745 | 1.60 | 1.83400 | 37.2 |
| 21 | 18.906 | 10.75 | 1.49700 | 81.5 |
| 22 | -118.586 | 0.15 | | |
| 23* | 91.061 | 6.41 | 1.77250 | 49.6 |
| 24 | -29.797 | 1.50 | 1.83400 | 37.2 |
| 25 | -68.933 | (可変) | | |
| 26 | -89.645 | 3.95 | 1.80809 | 22.8 |
| 27 | -24.421 | 1.20 | 1.81600 | 46.6 |
| 28* | 61.980 | (可変) | | |
| 29 | 51.860 | 6.41 | 1.59240 | 68.3 |
| 30 | -42.592 | 0.15 | | |
| 31 | 134.500 | 4.86 | 1.49700 | 81.5 |
| 32 | -41.347 | 1.50 | 1.84666 | 23.9 |
| 33 | 58.026 | 2.31 | | |
| 34* | 191.875 | 2.31 | 1.85006 | 40.2 |
| 35 | -126.942 | (可変) | | |

像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.30747e-005 A 6=-7.43299e-009 A 8=-7.41602e-012 A10=
7.77842e-014

第23面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.87604e-006 A 6= 2.24848e-009 A 8=-1.10262e-011 A10=
7.00033e-014

第28面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.07649e-006 A 6= 2.92429e-010 A 8=-8.11720e-012 A10=
3.01831e-014

第34面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.49366e-006 A 6=-2.75698e-009 A 8=-8.44615e-012 A10=
-6.02441e-015

各種データ

ズーム比 2.76

| | 広角 | 中間 | 望遠 |
|-------|--------|--------|--------|
| 焦点距離 | 24.70 | 34.91 | 68.25 |
| Fナンバー | 2.91 | 2.91 | 2.91 |
| 画角 | 41.22 | 31.79 | 17.59 |
| 像高 | 21.64 | 21.64 | 21.64 |
| レンズ全長 | 160.64 | 169.65 | 196.67 |
| BF | 38.42 | 42.01 | 53.09 |

10

20

30

40

50

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| d 5 | 3.21 | 15.77 | 40.60 |
| d16 | 17.09 | 9.94 | 1.05 |
| d25 | 0.69 | 4.30 | 9.08 |
| d28 | 9.31 | 5.71 | 0.92 |
| d35 | 38.42 | 42.01 | 53.09 |

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

| | | |
|---|----|--------|
| 1 | 1 | 139.18 |
| 2 | 6 | -17.48 |
| 3 | 17 | 28.17 |
| 4 | 26 | -43.76 |
| 5 | 29 | 56.49 |

10

【 0 0 7 1 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

20

| 面番号 | r | d | nd | vd |
|--------|----------|-------|---------|------|
| 1 | 203.844 | 2.10 | 1.84666 | 23.9 |
| 2 | 72.022 | 7.41 | 1.77250 | 49.6 |
| 3 | 330.893 | 0.15 | | |
| 4 | 56.152 | 6.73 | 1.77250 | 49.6 |
| 5 | 146.214 | (可変) | | |
| 6* | 108.833 | 1.60 | 1.88300 | 40.8 |
| 7 | 16.535 | 7.96 | | |
| 8 | -46.335 | 1.15 | 1.59522 | 67.7 |
| 9 | 21.502 | 4.18 | 1.88300 | 40.8 |
| 10 | 66.987 | 1.43 | | |
| 11 | 126.217 | 3.10 | 1.59270 | 35.3 |
| 12 | -49.936 | 1.62 | | |
| 13 | -23.459 | 1.15 | 1.72916 | 54.7 |
| 14 | 432.841 | 2.76 | 1.84666 | 23.9 |
| 15 | -57.478 | (可変) | | |
| 16 | | 1.90 | | |
| 17(絞り) | | 0.00 | | |
| 18 | 27.563 | 1.45 | 1.88300 | 40.8 |
| 19 | 21.272 | 11.03 | 1.49700 | 81.5 |
| 20 | -66.483 | 0.20 | | |
| 21 | 43.019 | 2.70 | 1.58313 | 59.4 |
| 22* | 63.198 | 4.67 | | |
| 23 | -45.003 | 1.40 | 1.72047 | 34.7 |
| 24 | -151.840 | (可変) | | |
| 25 | 31.049 | 6.94 | 1.43875 | 94.9 |
| 26 | -216.866 | 0.20 | | |
| 27 | 47.221 | 5.86 | 1.49700 | 81.5 |
| 28 | -71.326 | 1.90 | | |
| 29* | -208.068 | 2.13 | 1.85006 | 40.2 |

30

40

50

30* 86.193 2.76
 31 -613.677 1.40 1.83400 37.2
 32 57.864 5.29 1.51633 64.1
 33 -61.669 (可変)
 像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.24687e-006 A 6=-9.33789e-009 A 8= 2.38226e-011 A10=
 -5.23831e-014 A12= 8.03521e-017

10

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.45182e-006 A 6= 4.70739e-009 A 8= 2.06430e-013 A10=
 7.16170e-014 A12=-2.30646e-017

第29面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.73159e-005 A 6=-1.56554e-007 A 8= 4.00484e-010 A10=
 -7.50876e-013 A12= 7.01430e-016

第30面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.42990e-005 A 6=-1.33910e-007 A 8= 3.22402e-010 A10=
 -4.40140e-013 A12= 2.46872e-016

20

各種データ

ズーム比 2.75
 広角 中間 望遠
 焦点距離 24.70 34.93 67.88
 Fナンバー 2.91 2.91 2.91
 画角 41.22 31.77 17.68
 像高 21.64 21.64 21.64
 レンズ全長 154.56 162.05 185.77
 BF 38.08 46.62 63.32

30

d 5 2.75 11.72 30.30
 d15 13.76 7.73 0.23
 d24 8.79 4.80 0.74
 d33 38.08 46.62 63.32

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離
 1 1 105.87
 2 6 -16.39
 3 16 58.01
 4 25 46.14

40

【 0 0 7 2 】

【表 1】

| 条件式 | 実施例 1 | 実施例 2 | 実施例 3 |
|-----|--------|--------|--------|
| (1) | 6.27 | 7.96 | 6.49 |
| (2) | 1.18 | 1.15 | 1.18 |
| (3) | 0.014 | 0.016 | 0.014 |
| (4) | -0.009 | -0.007 | -0.009 |
| (5) | 1.59 | 1.52 | 1.59 |
| (6) | 0.65 | 0.71 | 0.66 |
| (7) | 3.8 | 2.5 | 3.7 |

10

【0073】

次に、本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた実施例を図 9 を用いて説明する。図 9 において、10 は一眼レフカメラ本体、11 は本発明によるズームレンズを搭載した交換レンズである。

【0074】

20

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銀塩フィルムや被写体像を受光する固体撮像素子（光電変換素子）などの感光面である。

【0075】

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 からの被写体像を感光面 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。

【0076】

ファインダー光学系 13 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。

30

【0077】

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感光面記録手段 12 に形成される結像して記録される。

【0078】

このように本発明のズームレンズを一眼レフカメラ交換レンズ等の光学機器に適用することにより、高い光学性能を有した光学機器が実現できる。

【0079】

尚、本発明はクイックリターンミラーのない SLR (Single Lens Reflex) カメラにも同様に適用することができる。

【0080】

40

尚、本発明のズームレンズはビデオカメラにも同様に適用することができる。

【0081】

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。

【符号の説明】

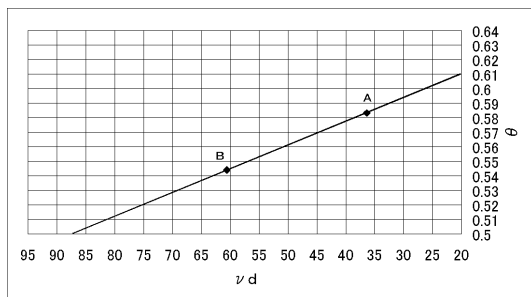
【0082】

- 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

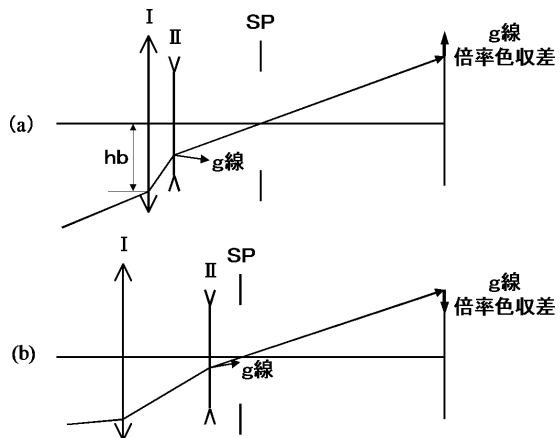
50

L 5 第5レンズ群
 S P 開口絞り
 I P 像面
 d d 線
 g g 線
 c c 線
 M メリディオナル像面
 S サジタル像面

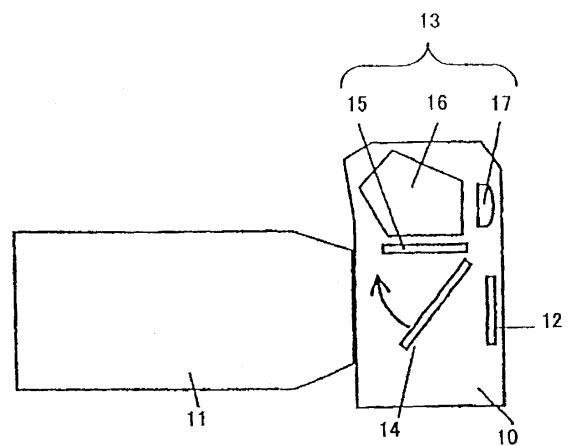
【図7】



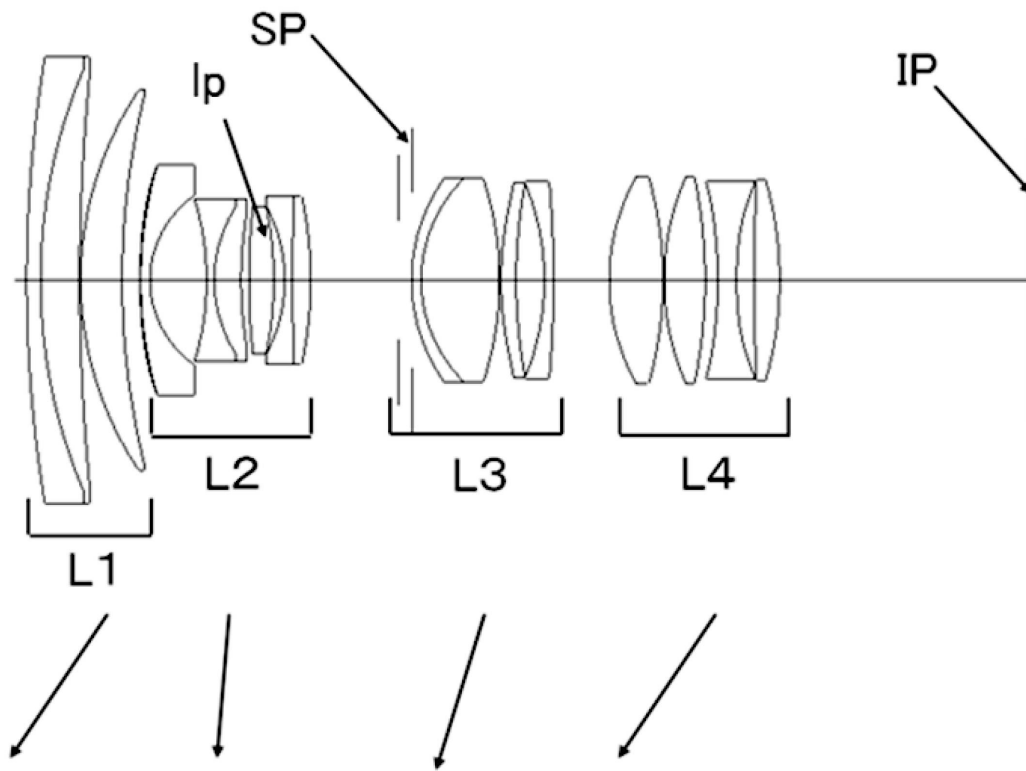
【図8】



【図9】

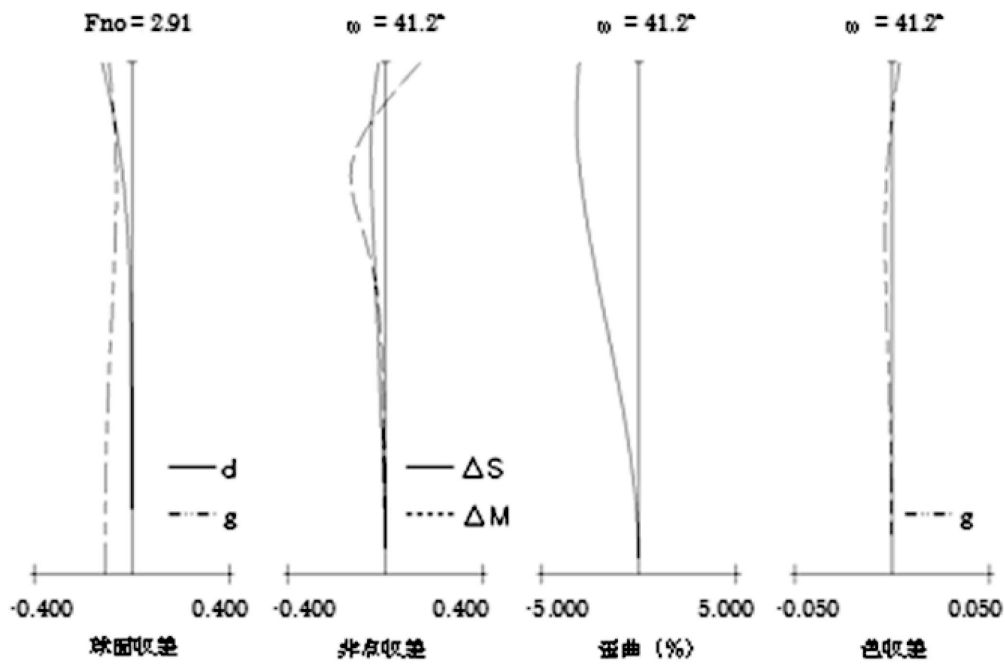


【図 1】

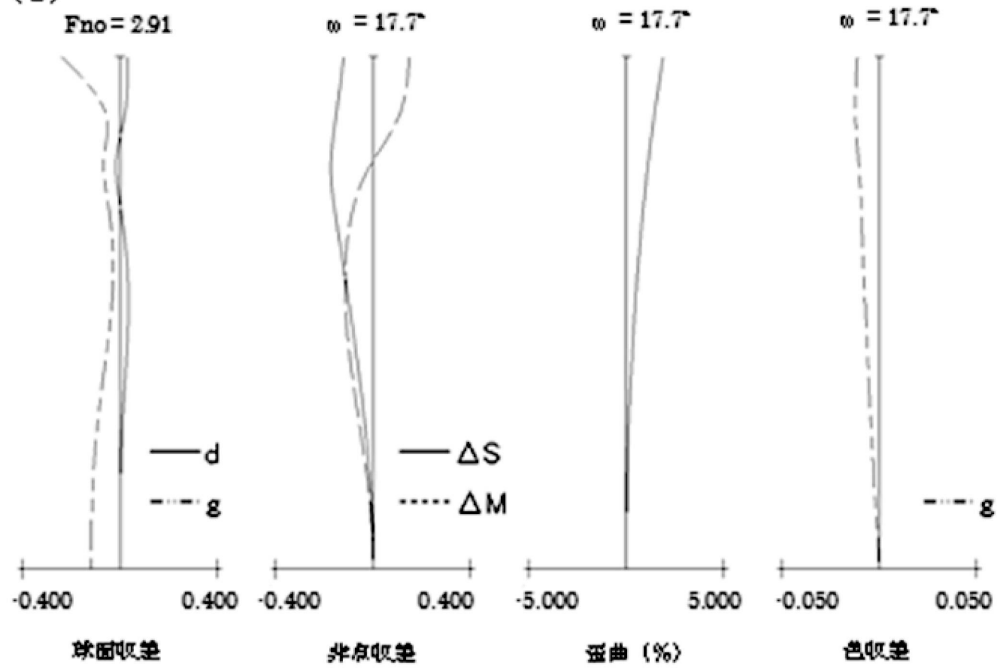


【図2】

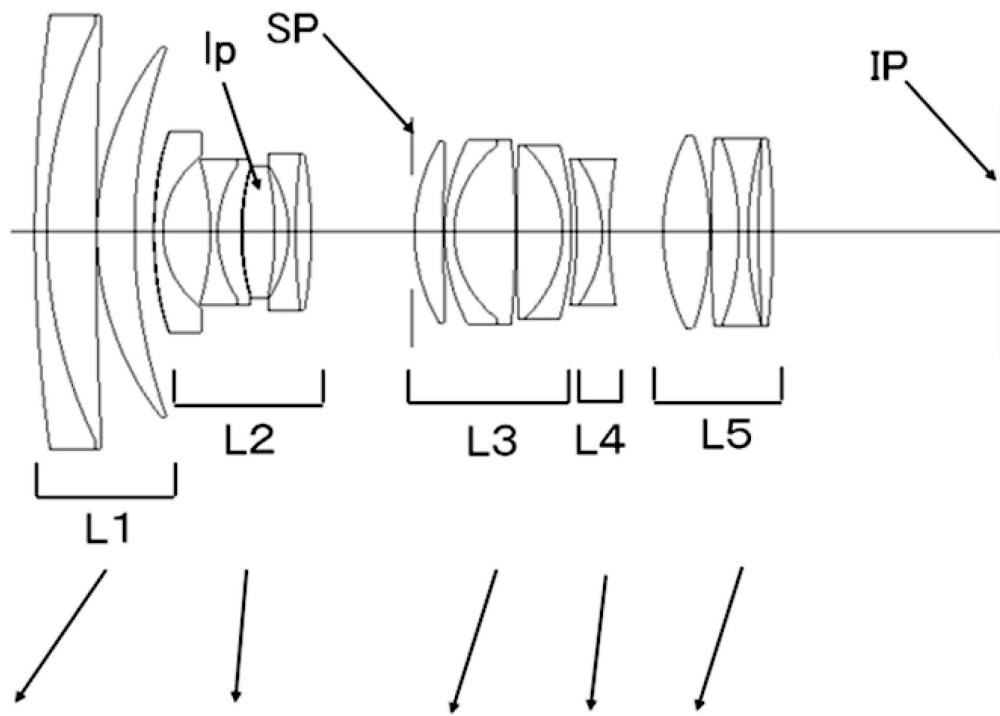
(A)



(B)

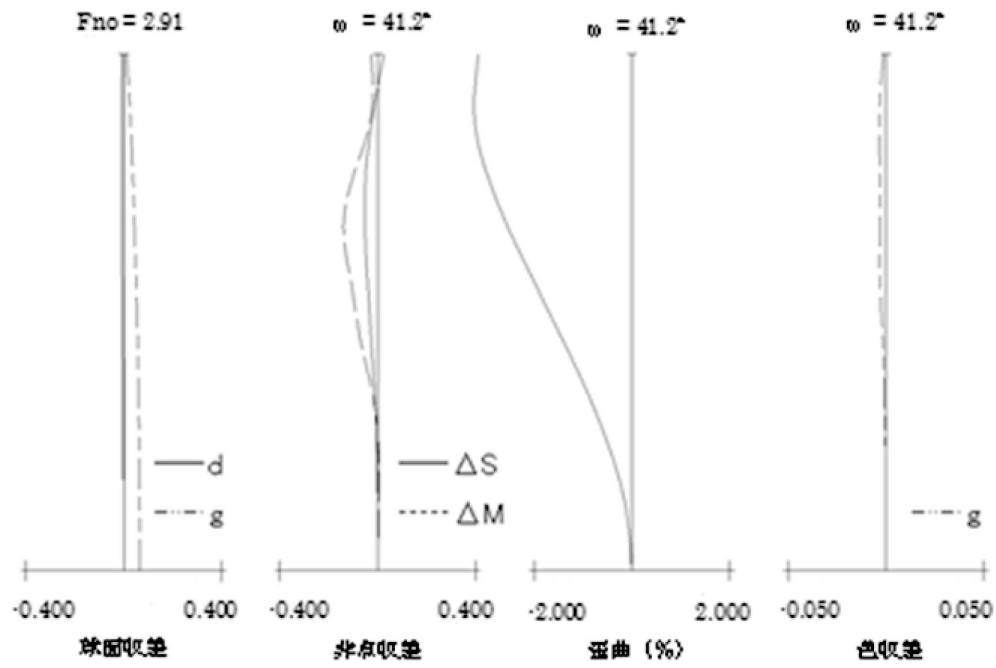


【図3】

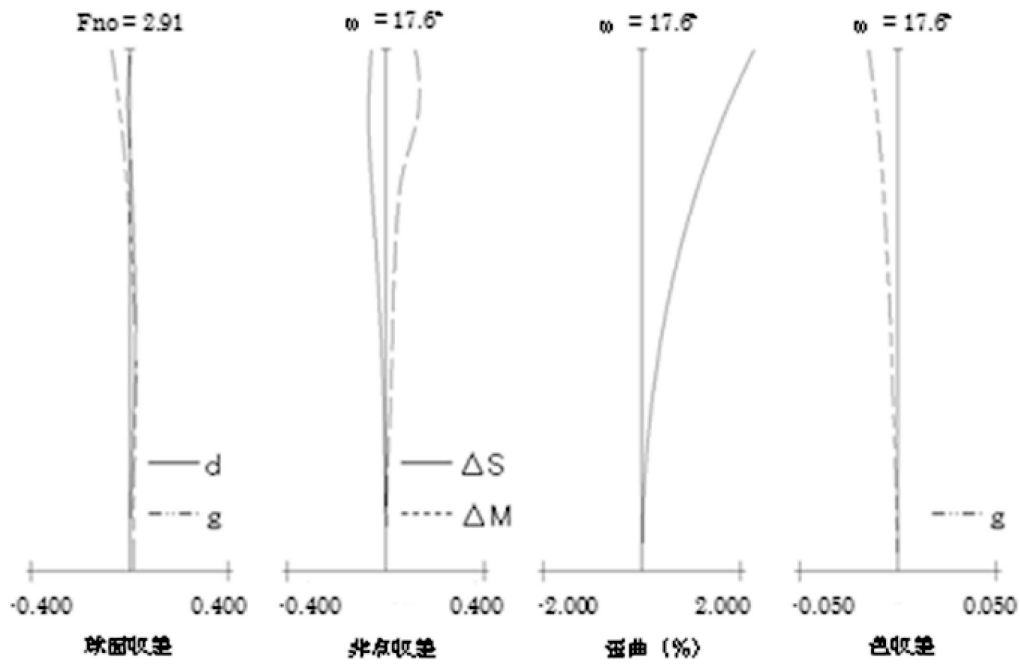


【図4】

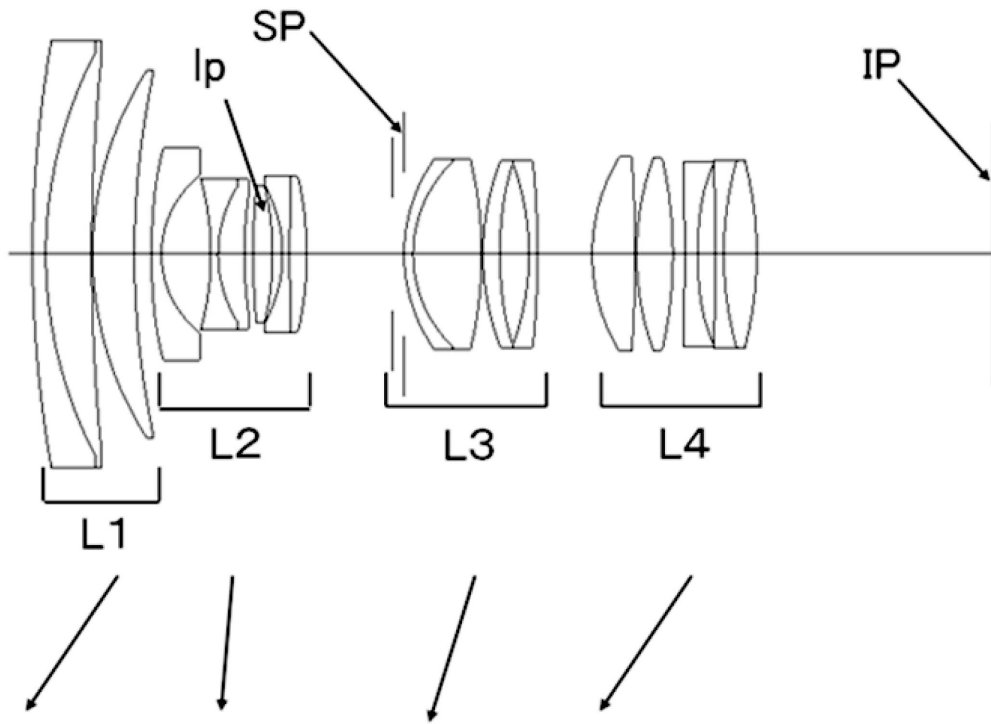
(A)



(B)

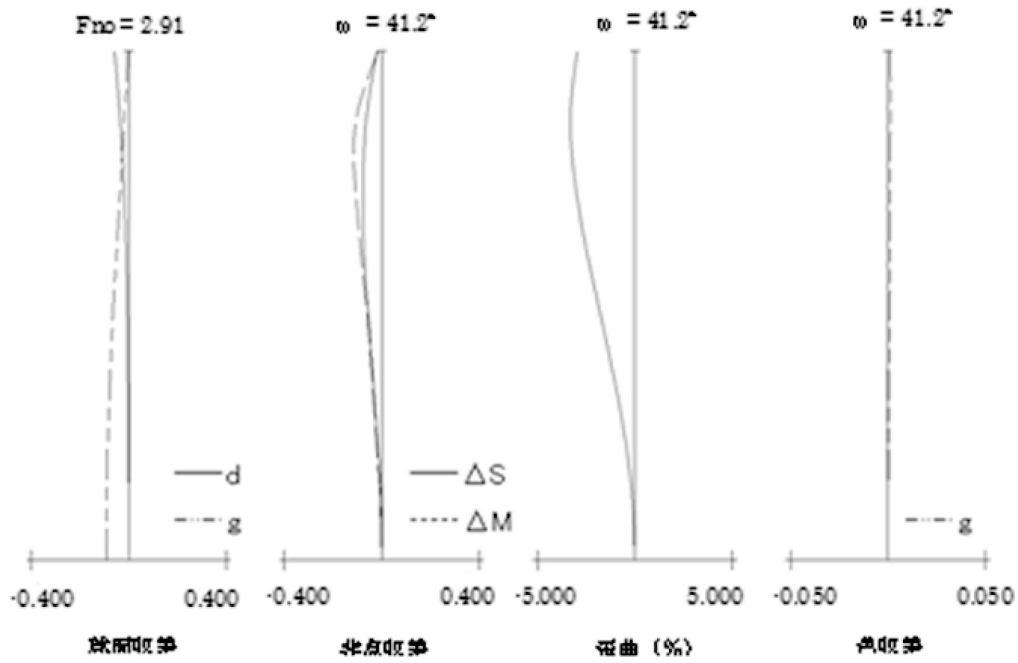


【図5】

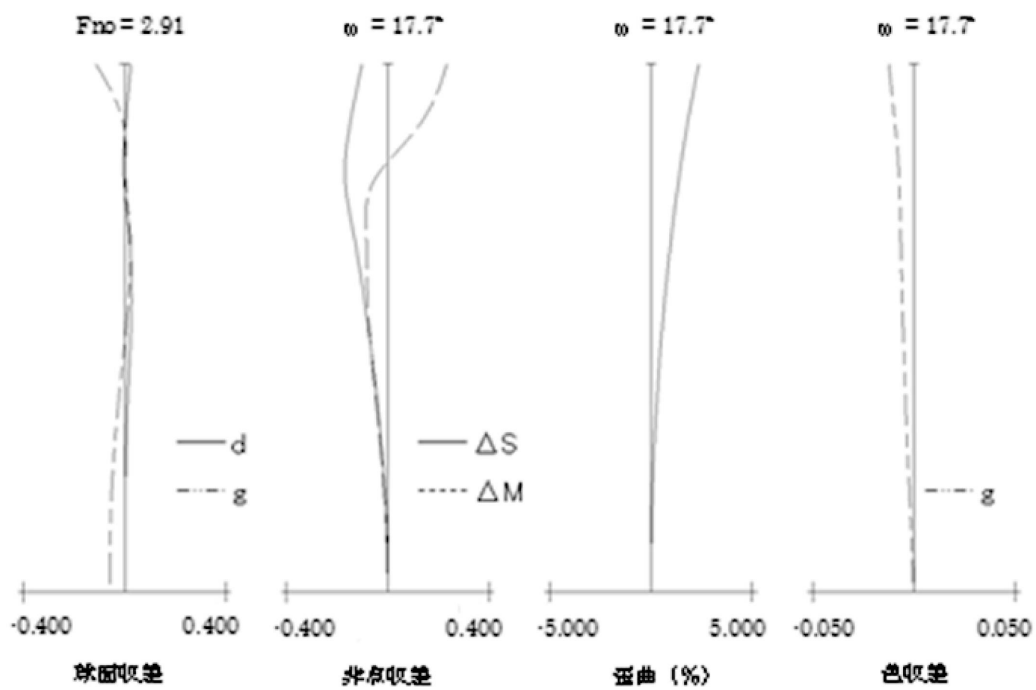


【図 6】

(A)



(B)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-178244(JP,A)
特開2001-350092(JP,A)
特開2002-098893(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08
G02B 21/02-21/04
G02B 25/00-25/04