

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6057663号
(P6057663)

(45) 発行日 平成29年1月11日(2017.1.11)

(24) 登録日 平成28年12月16日(2016.12.16)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 2 B 13/04 (2006.01)

G 0 2 B 13/04 C

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/04 D

G 0 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-232686 (P2012-232686)
(22) 出願日 平成24年10月22日(2012.10.22)
(65) 公開番号 特開2014-85429 (P2014-85429A)
(43) 公開日 平成26年5月12日(2014.5.12)
審査請求日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(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 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

焦点距離がバックフォーカスより短く、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を隔てて配置された、負の屈折力の前群と正の屈折力の後群よりなる光学系において、

前記光学系は、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させるために、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動するレンズ群 L_{is} を有し、該レンズ群 L_{is} は正レンズと、該正レンズに隣接して配置された負レンズからなり、前記後群は開口絞りを含み、

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記前群及び前記後群は一体的に物体側へ移動し、

全系の焦点距離を f 、前記レンズ群 L_{is} の焦点距離を f_{is} 、前記開口絞りから、前記レンズ群 L_{is} の中で前記開口絞りとの距離が最も長いレンズ面までの光軸上の長さを D_{is} 、前記光学系の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを D_L 、前記レンズ群 L_{is} に含まれる正レンズの焦点距離を f_p 、前記レンズ群 L_{is} に含まれる負レンズの焦点距離を f_n とするとき、

$$0.08 < f / |f_{is}| < 0.50$$

$$-0.7 < D_{is} / D_L < 0.4$$

$$0.607 \leq |f_p / f_n| \leq 1.217$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項2】

前記レンズ群 L_{is} の横倍率を i_s 、前記レンズ群 L_{is} よりも像側に配置されたレ

10

20

ンズ成分の横倍率 r とするとき、

$$0.1 < |(1 - i_s) \times r| < 0.7$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記レンズ群 L_{is} に含まれる正レンズの材料のアッベ数を p 、前記レンズ群 L_{is} に含まれる負レンズの材料のアッベ数を n とするとき、

$$5 < |p - n|$$

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 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記レンズ群 L_{is} に含まれる正レンズと前記レンズ群 L_{is} に含まれる負レンズのうち、前記レンズ群 L_{is} の屈折力と同符号の屈折力を有するレンズの材料のアッベ数を i_s とするとき、

$$3.5 < i_s$$

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 項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記レンズ群 L_{is} の光軸上の長さを T_{is} とするとき、

$$0.03 < T_{is} / D_L < 0.30$$

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 項に記載の光学系。

【請求項 6】

前記光学系の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の長さを T_L とするとき、

$$2.0 < T_L / f < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記前群は複数のレンズを有し、前記後群は前記レンズ群 L_{is} を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記前群は前記レンズ群 L_{is} を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光学系と、該光学系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、光学系に関し、例えば銀塩フィルム用カメラ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、デジタルビデオカメラ、監視用カメラ、TVカメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラやビデオカメラ等の撮像装置には、高画素の撮像素子が用いられている。このような高画素の撮像素子を備える撮像装置に用いられる撮像光学系には、諸収差が良好に補正され、画面全体にわたり高い光学性能を有することが要求されている。また、より高精細な画像を得るために、撮影時の手ぶれ等の振動の影響による画像の劣化を抑制する防振機構を有することが求められている。防振機構としては、光学系の一部のレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を含む方向に移動させることによって手ぶれ等に起因する像位置の変動を補正する方式が知られている。

【0003】

従来、焦点距離がバックフォーカスより短い、所謂レトロフォーカスタイプの広角レンズにおいて、防振機構を用いることが知られている（特許文献 1）。特許文献 1 では、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ群と、正の屈折力を有するレンズ群 G_L で構成

10

20

30

40

50

される広角レンズにおいて、レンズ群 G L を構成する最も像側の 2 枚の正レンズを光軸上の点を中心に回転移動させて防振を行うことが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 8 - 220427 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

レトロフォーカス型の撮像光学系では、前方に負の屈折力のレンズ群が配置され、後方に正の屈折力のレンズ群が配置されており、長いバックフォーカスを確保しつつ広画角の撮影を容易にしている。広画角の撮像光学系においても、撮像光学系が振動すると像ぶれが発生するため、良好なる画像を得るためには防振機能を用いるのが有効である。

【0006】

光学系（撮像光学系）が振動したときの像ぶれを補正して、良好なる光学性能を得るためには、撮像光学系の光路中の適切な位置に防振機構（防振レンズ群）を配置することが重要になってくる。特許文献 1 では、最も像面側に近い位置に配置した 2 つのレンズを防振レンズ群としている。このため、防振レンズ群に入射する軸外光線の主光線の入射位置が高くなり、軸外光線において防振時に偏心収差の変動が生じ防振時の収差補正が困難になる傾向がある。また防振レンズ群に入射する軸外光線の入射高が高くなり、防振レンズ群が大型化する傾向がある。

【0007】

光学系が振動したときの像ぶれを、光学性能を良好に維持しつつ、補正するには、防振レンズ群のレンズ構成や屈折力、防振レンズ群の開口絞りからの距離等を適切に設定することが重要である。特に広画角化を図りつつ、画面全体にわたり高い光学性能を得ることを目的とした広画角の撮像光学系では重要である。これらの要素が不適切であると防振時に偏心収差が多く発生し、光学性能が大きく低下してくる。

【0008】

本発明は、広画角でありながら画面全域で高画質の画像を得るのが容易で、防振時においても光学性能を良好に維持することが容易な光学系の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の光学系は、焦点距離がバックフォーカスより短く、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を隔てて配置された、負の屈折力の前群と正の屈折力の後群よりなる光学系において、

前記光学系は、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させるために、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動するレンズ群 L i s を有し、該レンズ群 L i s は正レンズと、該正レンズに隣接して配置された負レンズからなり、前記後群は開口絞りを含み、

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記前群及び前記後群は一体的に物体側へ移動し、

全系の焦点距離を f 、前記レンズ群 L i s の焦点距離を $f_{i s}$ 、前記開口絞りから、前記レンズ群 L i s の中で前記開口絞りとの距離が最も長いレンズ面までの光軸上の長さを $D_{i s}$ 、前記光学系の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを D_L 、前記レンズ群 L i s に含まれる正レンズの焦点距離を f_p 、前記レンズ群 L i s に含まれる負レンズの焦点距離を f_n とするとき、

$0.08 < f / |f_{i s}| < 0.50$

$-0.7 < D_{i s} / D_L < 0.4$

$0.607 \leq |f_p / f_n| \leq 1.217$

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】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、広画角でありながら画面全域で高画質の画像を得るのが容易で、防振時においても光学性能を良好に維持することが容易な光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】実施例 1 のレンズ断面図

【図 2】実施例 1 の縦収差図

【図 3】(A)、(B) 本発明の実施例 1 の基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をした時の横収差図

【図 4】実施例 2 のレンズ断面図

10

【図 5】実施例 2 の縦収差図

【図 6】(A)、(B) 本発明の実施例 2 の基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をした時の横収差図

【図 7】参考例 1 のレンズ断面図

【図 8】参考例 1 の縦収差図

【図 9】(A)、(B) 本発明の参考例 1 の基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をした時の横収差図

【図 1 0】実施例 3 のレンズ断面図

【図 1 1】実施例 3 の縦収差図

【図 1 2】(A)、(B) 本発明の実施例 3 の基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をした時の横収差図

20

【図 1 3】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】

【 0 0 1 2 】

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。本発明の光学系は焦点距離がバックフォーカスより短く、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を隔てて配置された、負の屈折力の前群と正の屈折力の後群よりなる光学系である。光学系は、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させるために、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動するレンズ群 L i s を有している。

【 0 0 1 3 】

30

図 1 は本発明の実施例 1 のレンズ断面図、図 2 は実施例 1 の無限遠物体にフォーカスしているときの縦収差図である。図 3 (A)、(B) は本発明の実施例 1 における基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をしたときの横収差図である。

【 0 0 1 4 】

図 4 は本発明の実施例 2 のレンズ断面図、図 5 は実施例 2 の無限遠物体にフォーカスしているときの縦収差図である。図 6 (A)、(B) は本発明の実施例 2 における基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をしたときの横収差図である。図 7 は本発明の参考例 1 のレンズ断面図、図 8 は参考例 1 の無限遠物体にフォーカスしているときの縦収差図である。図 9 (A)、(B) は本発明の参考例 1 における基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をしたときの横収差図である。

40

【 0 0 1 5 】

図 1 0 は本発明の実施例 3 のレンズ断面図、図 1 1 は実施例 3 の無限遠物体にフォーカスしているときの縦収差図である。図 1 2 (A)、(B) は本発明の実施例 3 における基準状態と 0 . 5 ° の防振補正をしたときの横収差図である。図 1 3 は本発明の光学系を備える一眼レフカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【 0 0 1 6 】

各実施例の光学系は、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置(光学装置)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、各実施例の光学系をプロジェクターなどの投射レンズとして用いても良い。このときは左方がスクリーン、右方が被投射画像

50

となる。

【 0 0 1 7 】

各実施例の光学系を光路中で最も広い空気間隔を境に2つのレンズ群に分けたとき、又は一部のレンズ群を移動させてフォーカシングをするレンズ群があるときは、フォーカシングに際して移動するレンズ群と不動のレンズ群で2つのレンズ群に分ける。このとき物体側を前群、像側を後群と称する。

【 0 0 1 8 】

レンズ断面図において、L Aは光学系である。L Fは複数のレンズを有する負の屈折力の前群、L Rは複数のレンズを有する正の屈折力の後群である。S Pは開口絞りである。L i sは光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向に移動する防振用のレンズ群（防振レンズ群）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影光学系として使用する際にはC C DセンサやC M O Sセンサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

10

【 0 0 1 9 】

それぞれの縦収差図は、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲、倍率色収差を表している。球面収差と倍率色収差を示す図において、実線はd線（587.6nm）、破線はg線（435.8nm）を表している。また、非点収差を示す図において、実線のSはd線のサジタル方向、破線のMはd線のメリディオナル方向を表している。また、歪曲を示す図は、d線における歪曲を表している。横収差図において、実線はd線のメリディオナル方向、破線はd線のサジタル方向、2点鎖線はg線のメリディオナル方向を表している。F n oはFナンバー、 θ は撮影画角の半画角（度）、h g tは像高である。

20

【 0 0 2 0 】

本発明の光学系L Aは、前群L Fが負の屈折力のレンズ群であり、後群L Rが正の屈折力のレンズ群である所謂レトロフォーカスタイプの光学系である。このような光学系では像側主点を全系の最終面（最終レンズ面）より像側に位置させることが容易であり、全系の最終面から像面までの距離（バックフォーカス）より全系の焦点距離が小さい広画角の撮像光学系を実現することが容易である。またこのような光学系は特に、最終面の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など長いバックフォーカスが必要となる広画角用の撮像光学系として有用である。

30

【 0 0 2 1 】

本発明の光学系は、このようなレトロフォーカスタイプを採用し、開口絞りS Pを光学系の中央付近に配置し、且つその近傍に防振用のレンズ群L i sを配置している。一般的に撮像光学系において、最大画角の軸外光線の光軸からの高さは開口絞りからの距離が離れるにつれ高くなる。本発明の光学系はその傾向がより顕著となる。そのため、開口絞りS Pから離れた位置に配置するレンズは光線有効径が大きくなってくる。軸外光線は開口絞りS P中心付近を通る光線束からなっているため、開口絞りS P近傍のレンズでは光線有効径は軸外光線の画角の影響を受けにくい。

【 0 0 2 2 】

一方、軸上光線は光学系のF値（Fナンバー）を決める光線であり、焦点距離が比較的短いレトロフォーカスタイプの広画角レンズでは、光学系の光線有効径を決める上で支配的要因にはならない。そのため、開口絞りS Pを光学系の中央付近に配置することで開口絞りS P前後のレンズ径のバランスを取ることができ、全体としてレンズ径の大型化を抑えることが容易となる。この時、開口絞りS Pから離れた最も物体側のレンズや最も像側のレンズは有効径が大きくなるが、レンズ中央付近に配置した開口絞りS P近傍のレンズは有効径が小さくなる。

40

【 0 0 2 3 】

本発明の光学系は、全系の中でも開口絞りS Pに比較的近い位置のレンズ群を光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動する防振用のレンズ群L i sとしている。これによりレンズ群L i s内を通る軸外光線の入射高さを低くし、防振時の軸外光線の収差変動が少

50

なくなるようにしている。そして更に、レンズ群 L_{is} は正レンズと、正レンズに隣接して配置された負レンズを含むようにして、防振時の色収差の補正や軸外光線の収差補正を容易にしている。

【0024】

各実施例では、レンズ群 L_{is} を光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動させることにより結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させている。即ち手振れ等に起因する像位置の変動を補正（防振）している。

【0025】

各実施例において、全系の焦点距離を f 、レンズ群 L_{is} の焦点距離を f_{is} とする。開口絞り SP から、レンズ群 L_{is} の中で開口絞り SP との距離が最も長いレンズ面までの光軸上の長さを D_{is} とする。光学系 LA の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さ（光学長）を DL とする。このとき、

$$0.08 < f / |f_{is}| < 0.50 \quad \cdots (1)$$

$$-0.7 < D_{is} / DL < 0.4 \quad \cdots (2)$$

なる条件式を満足している。

【0026】

このとき、光軸上の長さは物体側から像面側に向かう方向を正の符号で表し、像面側から物体側に向かう方向を負の符号で表すこととする。

【0027】

条件式（1）は、全系の焦点距離に対する防振用のレンズ群 L_{is} の屈折力（焦点距離の逆数）を適切にし、レンズ群 L_{is} を光軸と垂直方向に移動させた時の収差変動の敏感度と像位置補正の敏感度をバランス良く維持するためのものである。条件式（1）の上限を超えてレンズ群 L_{is} の屈折力が強くなると、防振の際に偏心収差が多く発生し、光学性能が劣化してくる。

【0028】

また、レンズ群 L_{is} の変移量に対する像位置の補正量（防振敏感度）が大きくなってくため、一定の防振効果を得る際のレンズ群 L_{is} の変移量（移動量）が小さくなり過ぎて、その移動量を電氣的又は機械的に精度良く駆動させるのが困難になってくる。また、条件式（1）の下限を超えてレンズ群 L_{is} の屈折力が弱くなると、防振敏感度が低くなり過ぎ、防振時に光軸と垂直成分を持つ方向に駆動させる量が大きくなって駆動機構が大型化してくるので好ましくない。更に好ましくは条件式（1）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0029】

$$0.1 < f / |f_{is}| < 0.4 \quad \cdots (1a)$$

条件式（2）は、開口絞り SP から、レンズ群 L_{is} 内の開口絞り SP から一番遠い側のレンズ面までの光軸上の距離 D_{is} を適切にし、レンズ群 L_{is} の大型化を防止しつつ防振時の光学性能の劣化を防ぐためのものである。条件式（2）の上限を超えてレンズ群 L_{is} が開口絞り SP から離れすぎて像面側に近づく、と、レンズ群 L_{is} が大型化するので好ましくない。また、レンズ群 L_{is} を通る軸外光線の光軸からの入射高さが高くなり、防振時の軸外光線の収差補正が難しくなる。

【0030】

条件式（2）の下限を超えてレンズ群 L_{is} が開口絞り SP から離れすぎて物体側に近づく、と、同様にレンズ群 L_{is} が大型化するので好ましくない。また、レンズ群 L_{is} を通る軸外光線の光軸からの入射高さが高くなり、防振時の軸外光線の収差補正が難しくなる。更に好ましくは条件式（2）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0031】

$$-0.60 < D_{is} / DL < 0.35 \quad \cdots (2a)$$

各実施例によれば、以上のようにレンズ構成を特定することによって高い光学性能を持ちながらも、防振時の収差補正も良好に行ない、且つ防振用のレンズ群 L_{is} の大型化を抑制した広画角の光学系が容易に得られる。

【0032】

各実施例において、防振時の光学性能を良好に維持しつつ、高い光学性能を得るには、以下の条件式のうち1以上を満足することが望ましい。レンズ群L_{i s}の横倍率を i_s 、レンズ群L_{i s}よりも像側に配置されたレンズ成分の横倍率 r とする。但し横倍率は無限遠物体にフォーカスしたときの値である。レンズ群L_{i s}に含まれる正レンズl_pの焦点距離を f_p 、レンズ群L_{i s}に含まれる負レンズl_nの焦点距離を f_n とする。正レンズl_pの材料のアッベ数を p 、負レンズl_nの材料のアッベ数を n とする。

【0033】

レンズ群L_{i s}に含まれる正レンズとレンズ群L_{i s}に含まれる負レンズのうち、レンズ群L_{i s}の屈折力と同符号の屈折力を有するレンズの材料のアッベ数を i_s とする。レンズ群L_{i s}の光軸上の長さ（最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの長さ）を $T_{i s}$ とする。光学系L_Aの最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の長さ（レンズ全長）を T_L 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。

【0034】

$$0.1 < |(1 - i_s) \times r| < 0.7 \quad \dots (3)$$

$$0.607 \leq |f_p / f_n| \leq 1.217 \quad \dots (4)$$

$$5 < |p - n| \quad \dots (5)$$

$$35 < i_s \quad \dots (6)$$

$$0.03 < T_{i s} / D_L < 0.30 \quad \dots (7)$$

$$2.0 < T_L / f < 5.0 \quad \dots (8)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0035】

条件式(3)は防振用のレンズ群L_{i s}の光軸に対する垂直方向成分の移動量と、これに伴い発生する結像面上の光軸に対する垂直方向の像点移動量の比に関する。条件式(3)の値が大きいほど少ない移動量で像点移動が可能となる。以下、条件式(3)で規定する値を防振敏感度と称する。条件式(3)の上限を超えて防振敏感度が高すぎると一定の防振効果を得る時の防振用のレンズ群L_{i s}の変位量（移動量）が小さくなり過ぎて、その移動量を電氣的又は機械的に精度良く駆動させるのが困難になってくる。

【0036】

また、条件式(3)の下限値を超えて防振敏感度が低すぎると、防振時の光軸に対する垂直方向成分の変位量が大きくなって駆動機構の負荷が大きくなり好ましくない。更に好ましくは条件式(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0037】

$$0.12 < |(1 - i_s) \times r| < 0.60 \quad \dots (3a)$$

条件式(4)は防振用のレンズ群L_{i s}に含まれるレンズの中で正の屈折力が最も強い（大きい）レンズl_pと、負の屈折力（負の屈折力の絶対値）が最も強いレンズl_nの焦点距離の比に規定している。条件式(4)の上限または下限の範囲を超えて、レンズl_pとレンズl_nのどちらかの屈折力が弱すぎると、レンズ群L_{i s}内での収差補正が困難となり、防振時の収差変動が大きくなってくる。

【0038】

【0039】

【0040】

条件式(5)は防振用のレンズ群L_{i s}に含まれるレンズの中で正の屈折力が最も強いレンズl_nを構成する材料の分散と、負の屈折力が最も強いレンズl_nを構成する材料の分散の差を規定している。

【0041】

防振時の色収差の変動を小さくするためには、全系での色収差が良好に補正されていることに加えて、レンズ群L_{i s}内でも色収差が良好に補正されていることが望ましい。条件式(5)の範囲を超えてレンズl_pとレンズl_nを構成する材料の分散の差が小さいとレンズ群L_{i s}内での色収差補正が不十分となり、特に防振時の色収差の変動が大きくな

10

20

30

40

50

ってくる。特に前述の条件式(2)において絶対値が大きくなるような位置にレンズ群L_{is}を配置する場合、更に好ましくは条件式(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0042】

$$1.0 < |p - n| \cdots (5a)$$

具体的には、条件式(2)の値が

$$-0.7 < Dis / DL < -0.3$$

若しくは

$$0.2 < Dis / DL < 0.4 \cdots (2b)$$

の範囲にあるような場合は、上記条件式(5a)を満足することが望ましい。

10

【0043】

条件式(2b)の範囲を取るような位置にレンズ群L_{is}を配置した場合、レンズ群L_{is}を通る軸外光線の光軸からの入射高さがやや高くなり、特に防振時の倍率色収差の変動が発生しやすい。そのため、レンズ群L_{is}内での色収差の変動を十分に補正しておく為に、上記(5a)の条件を満足することが望ましい。

【0044】

条件式(6)は、防振用のレンズ群L_{is}を構成するレンズの内、レンズ群L_{is}の屈折力を最も多く担っているレンズを構成する材料に関して、その分散の値の適正な範囲を規定している。条件式(6)の範囲を超えて、レンズ群L_{is}と同符号の屈折力を有するレンズを材料のアップ数が小さくなる(分散が大きくなる)と、防振時の色収差の変動が大きくなって来る。更に好ましくは条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

20

【0045】

$$4.0 < d \cdots (6a)$$

条件式(7)は防振用のレンズ群L_{is}の光軸上の長さT_{is}と第一レンズ面(最も物体側のレンズ面)から最終レンズ面までの光軸上の長さ(光学長)DLの比に関して適切な範囲を規定している。条件式(7)の上限を超えてレンズ群L_{is}の光軸上の長さが長過ぎると、レンズ群L_{is}が大型化し、駆動機構の負荷が過大となってくる。条件式(7)の下限を超えてレンズ群L_{is}の光軸上の長さが短過ぎると、加工が困難なレンズ形状になってくるので良くない。更に好ましくは条件式(7)の数値範囲を次の如く設定する

30

【0046】

$$0.04 < T_{is} / DL < 0.20 \cdots (7a)$$

条件式(8)は、全系の焦点距離に対する好適なレンズ全長の割合を規定する。条件式(8)の上限を超えると、光学系及びそれを保持する鏡筒が大型化し、撮影時の持ち運びが不便になってくる。逆に、条件式(8)の下限を超えると、バックフォーカスを十分確保しつつ良好な光学性能を達成するのが困難になってくる。更に好ましくは条件式(8)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0047】

$$2.5 < TL / f < 4.5 \cdots (8a)$$

40

次に各実施例のレンズ構成について説明する。図1の実施例1において光学系LAは、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を隔てて負の屈折力の前群LFと正の屈折力の後群LRよりなる。

【0048】

前群LFは物体側から像側へ順に正レンズ、負レンズ、負レンズからなる。後群LRは物体側から像側へ順に光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向に移動するレンズ群L_{is}、正レンズ、開口絞り、負レンズ、正レンズ、正レンズからなる。フォーカシングは光学系全体を移動して行っている。

【0049】

図2の実施例2において光学系LAは、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を隔

50

てて負の屈折力の前群 L F と正の屈折力の後群 L R よりなる。前群 L F は物体側から像側へ順に、正レンズ、負レンズ、負レンズ、正レンズからなる。後群 L R は正レンズ、開口絞り、負レンズ、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向に移動するレンズ群 L i s、正レンズ、正レンズからなる。フォーカシングは光学系全体を移動して行っている。

【 0 0 5 0 】

図 7 の参考例 1 において光学系 L A は、物体側から像側へ順に、フォーカシングに際して不動であり、負の屈折力を有する前群 L F と、フォーカシングに際して移動し、正の屈折力を有する後群 L R よりなる。前群 L F は物体側から像側へ順に正レンズ、負レンズ、正レンズよりなる。後群 L R は物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズ、負レンズ、開口絞り、正レンズ、負レンズ、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向に移動するレンズ群 L i s、正レンズよりなる。

10

【 0 0 5 1 】

図 1 0 の実施例 3 において光学系 L A は、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を隔てて負の屈折力の前群 L F と正の屈折力の後群 L R よりなる。前群は物体側から像側へ順に負レンズ、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向に移動するレンズ群 L i s、負レンズよりなる。前記後群は負レンズ、正レンズ、開口絞り、正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズよりなる。フォーカシングは光学系全体を移動して行っている。

【 0 0 5 2 】

20

次に、本発明の光学系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 1 3 を用いて説明する。図 1 3 において、1 0 は一眼レフカメラ本体、1 1 は本発明による光学系を搭載した交換レンズである。1 2 は交換レンズ 1 1 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。1 3 は交換レンズ 1 1 からの被写体像を観察するファインダー光学系、1 4 は交換レンズ 1 1 で形成された被写体像を記録手段 1 2 とファインダー光学系 1 3 に切り替えて伝送するための回動するクイックリターンミラーである。

【 0 0 5 3 】

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 1 4 を介してピント板 1 5 に結像した被写体像をペンタプリズム 1 6 で正立像としたのち、接眼光学系 1 7 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 1 4 が矢印方向に回動して被写体像は記録手段 1 2 に結像して記録される。1 8 はサブミラー、1 9 は焦点検出装置である。このように本発明の光学系を一眼レフカメラ等の交換レンズ等の撮像装置に適用することにより、高い光学性能を有した撮像装置を実現している。

30

【 0 0 5 4 】

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

【 0 0 5 5 】

以下に、実施例 1、2、参考例 1、実施例 3 に各々対応する数値実施例 1 ~ 4 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）の曲率半径である。d i は第 i 面と第 i + 1 面との間の間隔である。n d i、d i はそれぞれ d 線を基準とした屈折率、アッペ数を示す。B F はバックフォーカスである。* はその面が非球面であることを示す。（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。

40

【 0 0 5 6 】

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2} + B \cdot h^4 + C \cdot h^6 + D \cdot h^8 + E \cdot h^{10}]$$

但し、

x：光軸方向の基準面からの変位量である。

h：光軸に対して垂直な方向の高さである。

50

R：ベースとなる２次曲面の半径である。

【 0 0 5 7 】

B、C、D、Eはそれぞれ４次、６次、８次、１０次の非球面係数である。なお、「e - Z」の表示は「 10^{-2} 」を意味する。又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 5 8 】

【 0 0 5 9 】

(数値実施例 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	68.237	2.99	1.51633	64.1
2	160.754	0.20		
3	52.637	1.50	1.51633	64.1
4	18.406	5.06		
5	81.357	1.50	1.58913	61.1
6	18.954	14.34		
7	43.097	2.34	1.80400	46.6
8	-138.167	0.60		
9	-226.375	1.00	1.61293	37.0
10	35.059	2.00		
11	19.707	5.13	1.65412	39.7
12	-78.719	2.74		
13(絞り)		4.00		
14	-23.416	1.00	1.80518	25.4
15	48.743	0.92		
16	52.996	2.61	1.58913	61.1
17	-47.986	1.99		
18*	-139.826	3.09	1.58313	59.4
19	-20.055			

像面

非球面データ

第18面

B=-4.52781e-05 C=-2.25788e-08 D=-6.86526e-10 E= 0.0

焦点距離 27.59

Fナンバー 2.86

半画角 (度) 38.10

像高 21.64

レンズ全長 91.85

BF 38.83

防振レンズ群(第7面～10面)データ

f i s 193.69

i s 1.211

r -0.867

f p 41.10

f n -49.46

p 46.6
n 37.0

【 0 0 6 0 】

(数 値 実 施 例 2)

単位 mm

面 デ ー タ

面 番 号	r	d	nd	d
1	77.184	3.28	1.51633	64.1
2	230.985	0.10		
3	40.584	1.50	1.51633	64.1
4	16.912	6.65		
5	137.144	1.50	1.51633	64.1
6	18.110	7.99		
7	32.844	3.41	1.83400	37.2
8	-1157.221	9.46		
9	48.745	2.82	1.72916	54.7
10	-38.501	0.86		
11(絞リ)		1.97		
12	-27.330	1.60	1.84666	23.8
13	63.253	1.90		
14	-60.483	1.76	1.78590	44.2
15	-20.152	1.00	1.62230	53.2
16	464.380	1.20		
17	105.809	3.57	1.58913	61.1
18	-23.419	0.20		
19*	-112.098	2.29	1.58313	59.4
20	-39.160			

像 面

10

20

30

非 球 面 デ ー タ

第19面

B=-1.49085e-05 C= 1.57058e-08 D=-4.27129e-10 E= 1.51433e-12

焦 点 距 離 28.42

F ナ ン バ ー 2.86

半 画 角 (度) 37.28

像 高 21.64

レ ン ズ 全 長 90.84

BF 37.80

40

防 振 レ ン ズ 群 (第 1 4 面 ~ 1 6 面) デ ー タ

f i s -163.07

i s 0.596

r -0.543

f p 37.73

f n -31.01

p 44.2

n 53.2

【 0 0 6 1 】

50

(数値実施例 3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	66.998	3.75	1.48749	70.2
2	197.486	0.10		
3	40.664	2.00	1.65160	58.5
4	17.649	4.64		
5	46.839	2.60	1.77250	49.6
6	100.511	3.13		
7	26.865	1.60	1.65160	58.5
8	9.583	3.59		
9	81.025	2.50	1.84666	23.8
10	554.320	0.21		
11	42.536	7.90	1.84666	23.8
12	34.328	1.57		
13(絞り)		2.50		
14	74.525	3.75	1.79952	42.2
15	-17.110	2.04		
16	-31.690	1.60	1.80518	25.4
17	63.141	1.08		
18*	136.755	3.60	1.63930	44.9
19	-18.630	1.20	1.80000	29.8
20	-51.939	1.45		
21*	-53.318	3.20	1.67790	55.3
22	-18.616			

像面

非球面データ

第18面

B= 3.12785e-06 C =-6.65485e-08 D= 5.91710e-10 E=-1.60210e-12

第21面

B=-2.73568e-05 C= 3.68829e-08 D=-3.83418e-10 E=0.0

焦点距離 24.50

Fナンバー 2.86

半画角 (度) 41.45

像高 21.64

レンズ全長 91.91

BF 37.90

防振レンズ群 (第18面~20面) データ

焦点距離

f i s 87.55

i s -3.614

r 0.093

f p 25.88

f n -36.91

p 44.9

n 29.8

【 0 0 6 2 】

(数値実施例 4)

単位 mm

面番号	r	d	nd	d
1*	40.777	1.80	1.65100	56.2
2	18.414	8.03		
3*	41.792	1.20	1.83400	37.2
4	24.123	5.40	1.51633	64.1
5	-245.518	1.00		
6	16.493	1.24	1.62041	60.3
7	9.902	9.00		
8	-39.271	1.60	1.51633	64.1
9	53.179	0.20		
10	26.595	3.40	1.84666	23.8
11	189.806	2.71		
12(絞リ)		1.00		
13	39.449	3.74	1.69680	55.5
14	-23.883	3.66		
15	-18.260	1.80	1.84666	23.8
16	61.382	0.42		
17	180.550	3.17	1.69680	55.5
18	-19.247	0.54		
19*	-28.376	2.00	1.72916	54.7
20	-19.797			

像面

非球面データ

第1面

B= 3.10251e-06 C=-5.18081e-09 D= 1.06929e-11 E=-5.02984e-15

第3面

B= 1.85875e-06 C= 6.78623e-09 D=-6.34644e-12 E=0.0

第19面

B=-3.02320e-05 C= 8.08892e-08 D=-2.62288e-09 E= 1.22172e-11

焦点距離 23.50

Fナンバー 2.86

半画角 (度) 42.63

像高 21.64

レンズ全長 89.80

BF 37.90

防振レンズ群 (第 3 面 ~ 5 面) データ

f i s 111.32

i s 2.186

r -0.202

10

20

30

40

50

f p 42.83
 f n -70.60
 p 64.1
 n 37.2

【 0 0 6 3 】

【表 1】

表 1

条件式	実施例 1	実施例 2	参考例 1	実施例 3
(1)	0.142	0.174	0.28	0.211
(2)	-0.26	0.155	0.292	-0.496
(3)	0.183	0.219	0.427	0.239
(4)	0.831	1.217	0.701	0.607
(5)	9.6	9.0	15.1	26.9
(6)	46.6	53.2	44.9	64.1
(7)	0.074	0.052	0.089	0.127
(8)	3.329	3.196	3.751	3.822

10

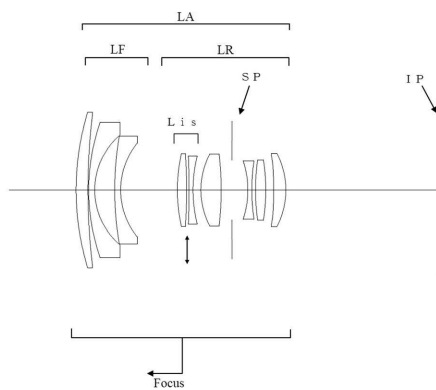
【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

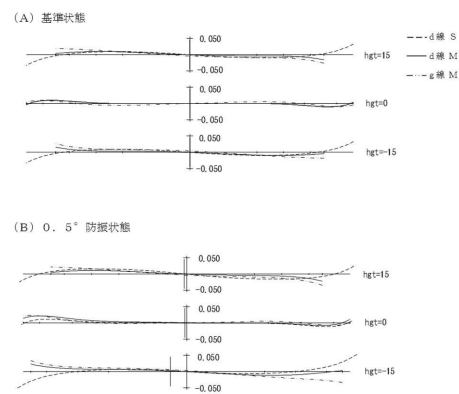
L A 光学系 L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群
 G i s 防振レンズ群 S P 開口絞り

20

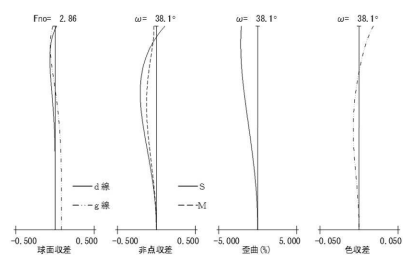
【図 1】



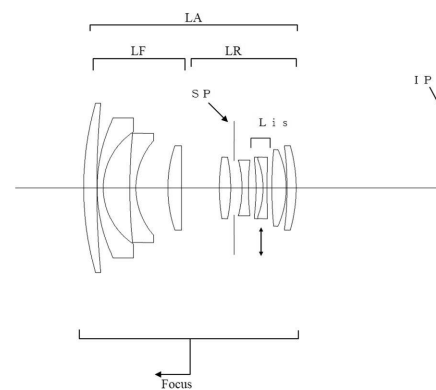
【図 3】



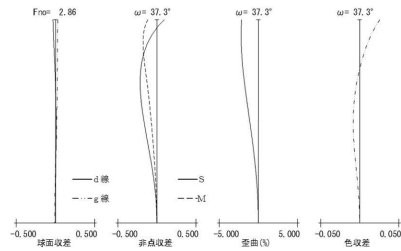
【図 2】



【図 4】

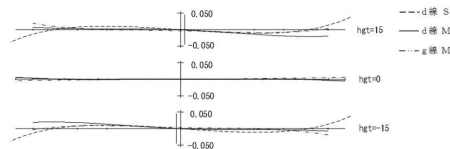


【図 5】

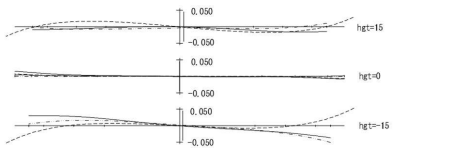


【図 6】

(A) 基準状態

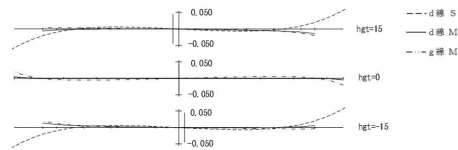


(B) 0.5° 防振状態

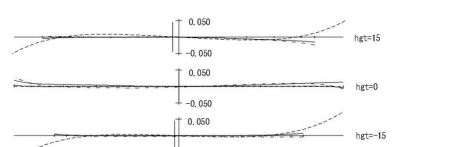


【図 9】

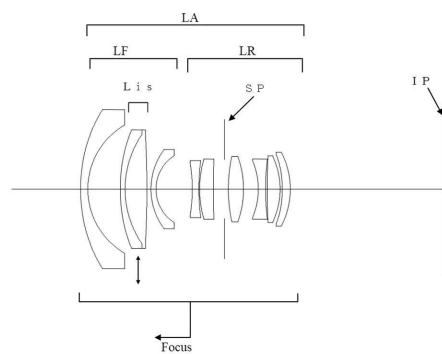
(A) 基準状態



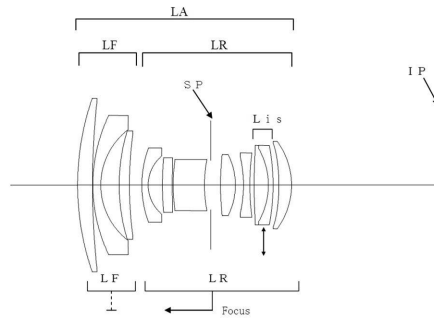
(B) 0.5° 防振状態



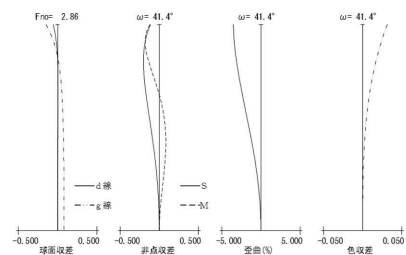
【図 10】



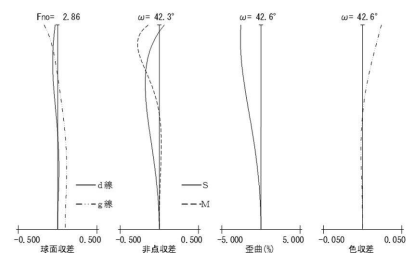
【図 7】



【図 8】

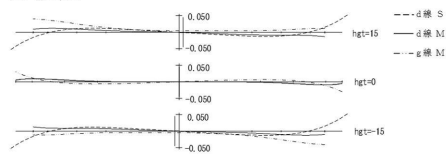


【図 11】

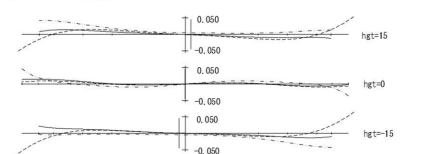


【図 12】

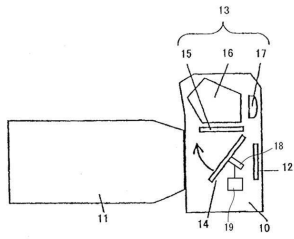
(A) 基準状態



(B) 0.5° 防振状態



【図 13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-220427(JP,A)
特開2012-083703(JP,A)
特開2010-176015(JP,A)
特開2007-286596(JP,A)
特開2010-014897(JP,A)
特開平11-052228(JP,A)
特開2012-173730(JP,A)
特開平11-052245(JP,A)
特開平08-327907(JP,A)
特開2010-181518(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