

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-12082

(P2016-12082A)

(43) 公開日 平成28年1月21日(2016.1.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 13/02 (2006.01)	G02B 13/02	2H087
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04	2K005
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	
G03B 5/00 (2006.01)	G03B 5/00	J

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2014-134561 (P2014-134561)
 (22) 出願日 平成26年6月30日 (2014.6.30)

(71) 出願人 000133227
 株式会社タムロン
 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地
 (74) 代理人 100124327
 弁理士 吉村 勝博
 (74) 代理人 100143786
 弁理士 根岸 宏子
 (72) 発明者 岡田 圭介
 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地
 株式会社タムロン内
 (72) 発明者 阿部 真悟
 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地
 株式会社タムロン内

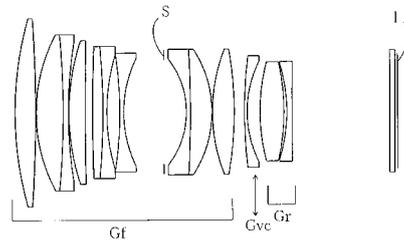
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系及び撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 防振光学系の小型化及び軽量化を図ると共に、防振時の光学性能に優れた明るい大口径の光学系を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、第一レンズ群Gf、防振レンズ群Gvc及び第三レンズ群Grから構成された光学系であって、第三レンズ群Grは少なくとも1枚の負の屈折力を有するレンズを有し、以下の条件式(1)~条件式(3)を満足する。
 $-0.60 < (1 - \nu c)$
 $r < -0.32 \dots (1)$ 、 $0.60 < |fr| / f < 3.90 \dots (2)$ 、 $-0.3 < Cr1vc / f < 9.0 \dots (3)$ 、 νc : Gvcの横倍率、 r : Grの横倍率、 f : 光学系全体の焦点距離、 fr : Grの焦点距離、 $Cr1vc$: Gvcの最も物体側の面の曲率半径、 ff : 第一レンズ群Gfの焦点距離である。



【選択図】 図1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、第一レンズ群 G f、光軸に対して垂直方向に移動して像位置を変化させる防振レンズ群 G v c 及び第三レンズ群 G r から構成された光学系であって、当該第三レンズ群 G r は少なくとも 1 枚の負の屈折力を有するレンズを有し、以下の条件式 (1) ~ 条件式 (3) を満足することを特徴とする光学系。

$$- 0 . 6 0 < (1 - v c) r < - 0 . 3 2 \cdots (1)$$

$$0 . 6 0 < | f r | / f < 3 . 9 0 \cdots (2)$$

$$- 0 . 3 < C r 1 v c / f f < 9 . 0 \cdots (3)$$

ただし、上記各式において、

v c は、当該防振レンズ群 G v c の横倍率、

r は、当該第三レンズ群 G r の横倍率、

f は、当該光学系全体の焦点距離、

f r は、当該第三レンズ群 G r の焦点距離、

C r 1 v c は、当該防振レンズ群 G v c の最も物体側の面の曲率半径、

f f は、当該第一レンズ群 G f の焦点距離である。

【請求項 2】

全系の F n o は、2 . 8 よりも明るい請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第三レンズ群 G r は、正の屈折力を有する請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記防振群 G v c は、以下の条件式 (4) を満足する請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載の光学系。

$$- 1 0 . 0 < f v c / f < - 0 . 1 \cdots (4)$$

ただし、上記式 (4) において、

f v c は、当該防振レンズ群 G v c の焦点距離である。

【請求項 5】

前記第一レンズ群 G f は、以下の条件式 (5) を満足する請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0 . 5 0 < | f f / f | \cdots (5)$$

【請求項 6】

請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか一項に記載の光学系と、当該光学系の像側に設けられた、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えた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】

本件発明は、撮像光学系として好適な光学系及び撮像装置に関し、特に、撮像時の手振れ等の振動に起因する像ブレを低減するための防振機能を備えた光学系及び撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、デジタルカメラやビデオカメラ等の固体撮像素子を用いた撮像装置が普及している。また、近年では、レンズ交換システムにおける光学系の小型化等に伴い、一眼レフカメラやミラーレス一眼カメラ等のレンズ交換式撮像装置の市場拡大が著しく、幅広いユーザ層がレンズ交換式撮像装置を利用するようになってきている。このようなユーザ層の拡大に伴い、レンズ交換システムにおいては、光学系の高性能化及び小型化は勿論のこと、より明るい大口径の光学系に対する要求がある。また、撮像時の手振れ等の振動に起因する像ブレの低減に対する要求も強い。さらに、これらと共にローコスト化も求められている。

10

20

30

40

50

【0003】

このような状況下、例えば、特許文献1に開示の大口径内焦点望遠レンズは、全長を短くしながら光学性能を維持すると共に、光学系内に防振光学系を設け、撮像時の手振れ等の振動に起因する像ブレを良好に補正するものとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4639635号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の光学系は良好な光学性能を示しているものの、防振光学系は3枚構成の正群により構成されており、防振光学系のより一層の小型化及び軽量化が求められる。

【0006】

そこで、本件発明の課題は、防振光学系の小型化及び軽量化を図ると共に、防振時の光学性能に優れた明るい大口径の光学系を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者等は、鋭意研究を行った結果、以下の光学系を採用することで上記課題を達成するに到った。

20

【0008】

本件発明に係る光学系は、物体側から順に、第一レンズ群G_f、光軸に対して垂直方向に移動して像位置を変化させる防振レンズ群G_{vc}及び第三レンズ群G_rから構成された光学系であって、当該第三レンズ群G_rは少なくとも1枚の負の屈折力を有するレンズを有し、以下の条件式(1)~条件式(3)を満足することを特徴とする。

【0009】

$$-0.60 < (1 - v_c) r < -0.32 \dots (1)$$

$$0.60 < |f_r| / f < 3.90 \dots (2)$$

$$-0.3 < C_{r1vc} / f f < 9.0 \dots (3)$$

30

ただし、上記各式において、

v_cは、当該防振レンズ群G_{vc}の横倍率、

rは、当該第三レンズ群G_rの横倍率、

fは、当該光学系全体の焦点距離、

f_rは、当該第三レンズ群G_rの焦点距離、

C_{r1vc}は、当該防振レンズ群G_{vc}の最も物体側の面の曲率半径、

f_fは、当該第一レンズ群G_fの焦点距離である。

【0010】

本件発明に係る光学系において、全系のF_{no}は2.8よりも明るいことが好ましい。

【0011】

40

本件発明に係る光学系において、前記第三レンズ群G_rは、正の屈折力を有することが好ましい。

【0012】

本件発明に係る光学系において、前記防振群G_{vc}は、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

【0013】

$$-10.0 < f_{vc} / f < -0.1 \dots (4)$$

ただし、上記式(4)において、

f_{vc}は、当該防振レンズ群G_{vc}の焦点距離である。

【0014】

50

本件発明に係る光学系において、前記第一レンズ群 G f は、以下の条件式 (5) を満足することが好ましい。

【 0 0 1 5 】

$$0.50 < |f_f / f| \dots (5)$$

【 0 0 1 6 】

本件発明に係る撮像装置は、上記光学系と、当該光学系の像側に設けられた、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本件発明によれば、防振光学系の小型化及び軽量化を図ることができ、防振時においても優れた光学性能を有する明るい大口径の光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】本件発明の実施例 1 の光学系 (固定焦点レンズ) のレンズ構成例を示す断面図である。

【図 2】実施例 1 の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図 3】実施例 1 の光学系の (a) 無限遠合焦時の基準状態における横収差図及び (b) 無限合焦時の 0 . 3 ° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

【図 4】本件発明の実施例 2 の光学系 (固定焦点レンズ) のレンズ構成例を示す断面図である。

【図 5】実施例 2 の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図 6】実施例 2 の光学系の (a) 無限遠合焦時の基準状態における横収差図及び (b) 無限合焦時の 0 . 3 ° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

【図 7】本件発明の実施例 3 の光学系 (固定焦点レンズ) のレンズ構成例を示す断面図である。

【図 8】実施例 3 の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図 9】実施例 3 の光学系の (a) 無限遠合焦時の基準状態における横収差図及び (b) 無限合焦時の 0 . 3 ° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

【図 10】本件発明の実施例 4 の光学系 (固定焦点レンズ) のレンズ構成例を示す断面図である。

【図 11】実施例 4 の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図 12】実施例 4 の光学系の (a) 無限遠合焦時の基準状態における横収差図及び (b) 無限合焦時の 0 . 3 ° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

【図 13】本件発明の実施例 5 の光学系 (固定焦点レンズ) のレンズ構成例を示す断面図である。

【図 14】実施例 5 の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図 15】実施例 5 の光学系の (a) 無限遠合焦時の基準状態における横収差図及び (b) 無限合焦時の 0 . 3 ° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

以下、本件発明に係る光学系及び撮像装置の実施の形態を説明する。

【 0 0 2 0 】

1 - 1 . 光学系の構成

まず、本件発明に係る光学系の構成について説明する。本件発明に係る光学系は、物体

10

20

30

40

50

側から順に配置された、第一レンズ群 G_f 、光軸に対して垂直方向に移動して像位置を変化させる防振レンズ群 G_{vc} 及び第三レンズ群 G_r から構成されており、第三レンズ群 G_r は少なくとも1枚の負の屈折力を有するレンズを有し、後述する条件式(1)~条件式(3)を満足することを特徴とし、条件式(4)~条件式(7)を満足することが好ましい。本件発明によれば、防振光学系の小型化及び軽量化を図ることができ、防振時においても優れた光学性能(結像性能)を有する明るい大口径の光学系(以下、「大口径レンズ」と称する。)を実現することができる。以下、当該光学系の構成及び条件式について、順に説明する。

【0021】

(1) 第1レンズ群 G_f

当該光学系において少なくとも条件式(1)~条件式(3)を満足するように第1レンズ群 G_f が構成されていれば、その屈折力は正であっても負であってもよく、具体的なレンズ構成についても特に限定されるものではない。

10

【0022】

(2) 防振レンズ群 G_{vc}

防振レンズ群 G_{vc} についても、少なくとも条件式(1)~条件式(3)を満足するように構成されていれば、当該防振レンズ群 G_{vc} の屈折力及び具体的なレンズ構成は特に限定されるものではない。本件発明によれば、第1レンズ群 G_f と第3レンズ群 G_r との間に当該防振レンズ群 G_{vc} を配置すると共に、少なくとも条件式(1)~条件式(3)を満足させることにより、当該防振レンズ群 G_{vc} の小型化及び軽量化を図ると共に、防振時の光学性能に優れた明るい大口径レンズを提供することが可能になる。

20

【0023】

防振レンズ群 G_{vc} の屈折力は、正及び負のいずれであってもよいが、当該防振レンズ群 G_{vc} の軽量化を図るという観点から、当該防振レンズ群 G_{vc} の屈折力は負であることが好ましい。明るい大口径レンズを実現するには、多くの光を取り入れるため外径の大きいレンズにより当該光学系を構成することが求められる。このため、当該防振レンズ群 G_{vc} の屈折力を負とすることにより、当該防振レンズ群 G_{vc} を構成するレンズの厚みを削減することが容易になり、当該防振レンズ群 G_{vc} の軽量化を図ることができる。これに伴い、防振レンズ群 G_{vc} を駆動するためのアクチュエータや駆動モータ等の負荷を小さくすることができ、これらの防振駆動機構の小型化を図ることができる。このため、当該光学系及び防振駆動機構等を収容する鏡筒の外径を小さくすることができる。

30

【0024】

また、防振レンズ群 G_{vc} は複数のレンズユニットで構成されていてもよいが、当該防振レンズ群 G_{vc} の軽量化及び当該光学系の光軸方向の長さ(以下、レンズ全長と称する)の短縮化を図るという観点から、当該防振レンズ群 G_{vc} は負の屈折力を有する単一のレンズユニットから構成されることが好ましい。当該防振レンズ群 G_{vc} を負の屈折力を有する単一のレンズユニットから構成することにより、当該防振レンズ群 G_{vc} を複数のレンズユニットから構成する場合と比較すると、その軽量化を図ることができ、当該光学系の小型化を図ることができる。

40

【0025】

さらに、防振レンズ群 G_{vc} は接合レンズ等の複数枚のレンズをユニット化した単一のレンズユニットから構成されていてもよいが、当該防振レンズ群 G_{vc} の軽量化及び当該光学系の光軸方向の長さの短縮化を図るという観点から、当該防振レンズ群 G_{vc} は負の屈折力を有する単レンズから構成されることが好ましい。当該防振レンズ群 G_{vc} を負の屈折力を有する単レンズから構成することにより、当該防振レンズ群 G_{vc} を複数枚のレンズから構成する場合と比較すると、その軽量化を図ることができ、当該光学系の小型化を図ることができる。

【0026】

ここで、レンズユニットとは、単レンズの他、正レンズ及び負レンズ等の複数枚のレンズをその光学面において互いに空気層を介在させずに接着又は密着させた接合レンズ等を

50

いい、複数のレンズの光学面間に空気層を介在させた状態で一体化させたものは除かれる。

【0027】

また、単レンズとは、光学面を物体側と像側とにそれぞれ1つ備えた1枚のレンズ（光学素子）を指し、その光学面に反射防止膜や保護膜等の各種コーティングが行われたものも当該単レンズに含まれる。単レンズの光学面の形状等は特に限定されるものではなく、球面レンズ及び非球面レンズのいずれであってもよく、それには球面レンズの表面に薄い樹脂層で非球面を形成したいわゆる複合非球面レンズも含まれ、その片面が平面であってもよい。また、当該単レンズの製造方法は、特に限定されるものではなく、研磨、モールド成型、或いは射出成型等により製造された各種レンズを含む。また、当該単レンズは硝材から成る硝子レンズ又は樹脂材から成る樹脂レンズ等のいずれでもよく、当該単レンズの材質等は特に限定されるものではない。

10

【0028】

さらに、当該防振レンズ群Gvcの軽量化及び当該レンズ全長の短縮化を図るという観点から、当該防振レンズ群Gvcは単レンズユニットから構成されることがより好ましい。ここで、単レンズユニットとは、上記単レンズ又は複合レンズ等のユニット内に存在する光学面の数が2のレンズユニットを指し、接合レンズ等のユニット内に存在する光学面の数が3以上のレンズユニットは含まれないものとする。

【0029】

(3) 第3レンズ群Gr

第3レンズ群Grは、上述のとおり、少なくとも1枚の負の屈折力を有するレンズを備え、且つ、少なくとも条件式(1)～条件式(3)を満足するように構成されていれば、当該第3レンズ群Grの屈折力及び具体的なレンズ構成は限定されるものではない。第3レンズ群Grに、少なくとも1枚の負の屈折力を有するレンズを配置することにより、当該光学系内において発生した色収差を第3レンズ群Grで低減することができる。また、第3レンズ群Grの屈折力は正であっても負であってもよいが、大口径レンズの小型化を図るという観点から、第3レンズ群Grは正の屈折力を有することが好ましい。当該光学系における最終群である第3レンズ群Grの屈折力を正とすることにより、最終群に収束作用を持たせ、倍率を小さくすることができ、物体側群である第1レンズ群Gfの径を小さくすることができる。

20

30

【0030】

1-2. 条件式

次に、各条件式について説明する。上述したとおり、当該光学系は、下記条件式(1)～条件式(3)を満足することを特徴とする。以下、各条件式について順に説明する。

【0031】

$$-0.60 < (1 - v_c) r < -0.32 \dots (1)$$

$$0.60 < |f_r| / f < 3.90 \dots (2)$$

$$-0.3 < C_{r1} v_c / f f < 9.0 \dots (3)$$

ただし、上記各式において、

v_cは、当該防振レンズ群Gvcの横倍率、

rは、当該第3レンズ群Grの横倍率、

fは、当該光学系全体の焦点距離、

f_rは、当該第三レンズ群Grの焦点距離、

C_{r1} v_cは、当該防振レンズ群Gvcの最も物体側の面の曲率半径、

f fは、当該第一レンズ群Gfの焦点距離である。

40

【0032】

1-2-1. 条件式(1)

条件式(1)は、防振レンズ群Gvcの垂直方向の移動量と、像面上での像点移動量との比、すなわちブレ補正係数を規定した式である。本件発明では、手振れ等の振動が生じたとき、当該防振レンズ群Gvcを光軸に対して垂直方向に移動させる。すなわち、防振

50

時は、当該防振レンズ群 G v c を偏芯させ、手振れ等の振動に起因して移動した像を元の結像位置に戻す。一般に、大口径レンズでは、共軸の収差の発生量も大きくなる傾向がある点に加えて、防振レンズ群 G v c を偏芯させた場合、その偏芯による収差の発生量が大きく、特に偏芯コマ収差及び偏芯像面湾曲の発生量が大きくなる傾向にある。本件発明では、当該条件式 (1) を満足する光学系とすることにより、ブレ補正係数を適正な範囲とすることができ、偏芯コマ収差及び偏芯像面湾曲の発生量を抑え、防振時においても優れた光学性能を有する明るい大口径レンズを実現することができる。その結果、当該光学系を少ないレンズ枚数で構成した場合にも、優れた光学性能を実現することができるため、当該大口径レンズの小型化を図ることができる。

【 0 0 3 3 】

条件式 (1) の数値が下限値以下となると、すなわち、ブレ補正係数が小さくなると、防振時における防振レンズ群 G v c の垂直方向の移動量が大きくなり、防振レンズ群 G v c を駆動するためのアクチュエータなどの防振駆動機構が大きくなる。その結果、これらを収容する鏡筒の外径が大きくなり、当該大口径レンズの小型化を図る上で好ましくない。

10

【 0 0 3 4 】

また、条件式 (1) の数値が上限値以上になると、すなわち、ブレ補正係数が大きくなると、防振時における偏芯コマ収差及び偏芯像面湾曲の変動が大きくなり、これらの補正が困難となる。このため、防振時における光学性能が低下する場合があります。また、ブレ補正係数が大きくなると、防振時における防振レンズ群 G v c の移動量が小さくなり、防振レンズ群 G v c の精密な駆動制御が要求されるようになる。このため、電気的機械的精度の負荷が高くなり好ましくない。

20

【 0 0 3 5 】

上記効果を得る上で、当該光学系は下記条件式 (1) ' を満足することが好ましく、下記条件式 (1) ' ' を満足することがより好ましい。

【 0 0 3 6 】

$$\begin{aligned} -0.60 < (1 - v c) r < -0.40 \quad \dots (1)' \\ -0.56 < (1 - v c) r < -0.40 \quad \dots (1)'' \end{aligned}$$

【 0 0 3 7 】

1 - 2 - 2 . 条件式 (2)

条件式 (2) は、第三レンズ群 G r の焦点距離と、当該光学系全体の焦点距離との比を規定した式である。条件式 (2) を満足させることにより、少ないレンズ枚数で優れた光学性能を確保することができ、当該大口径レンズの小型化を図ることができ、コストの増加を抑制することができる。

30

【 0 0 3 8 】

条件式 (2) の数値が下限値以下となると、第三レンズ群 G r の焦点距離が小さくなりすぎるため、第三レンズ群 G r で発生する球面収差及び像面湾曲が大きくなる。これらの収差を補正し、優れた光学性能を確保するには、レンズ枚数を増加させる必要がある。その結果、当該大口径レンズの大型化やコスト増を招くことになり、好ましくない。

【 0 0 3 9 】

また、条件式 (2) の数値が上限値以上になると、第三レンズ群 G r の焦点距離が大きくなりすぎるため、光学性能の優れた大口径レンズを実現する上で、第一レンズ群 G f や防振レンズ群 G v c に割り当てるべき収差補正量が大きくなり、防振時における光学性能の悪化を招くとともに、当該光学系を大口径レンズとすることが困難になる。

40

【 0 0 4 0 】

上記効果を得る上で、当該光学系は下記条件式 (2) ' を満足することが好ましく、下記条件式 (2) ' ' を満足することがより好ましく、下記条件式 (2) ' ' ' を満足することがさらに好ましい。

【 0 0 4 1 】

$$0.62 < |f r| / f < 3.90 \quad \dots (2)'$$

50

$$0.62 < |f_r| / f < 3.50 \quad \dots (2) \prime \prime$$

$$0.65 < |f_r| / f < 3.50 \quad \dots (2) \prime \prime \prime$$

【0042】

1-2-3. 条件式(3)

条件式(3)は、防振レンズ群Gvcの物体側の面(光学面)の曲率半径と、第一レンズ群Gfの焦点距離との比を規定した式である。条件式(3)を満足するように、当該光学系を構成することにより、第1レンズ群Gf側から防振レンズ群Gvcの物体側の面に対して軸上光束が入射するときの角度が0°又は0°に近くなる。このように、防振レンズ群Gvcの物体側の面に入射する軸上光束の角度を小さくすることにより、物体側の面にほぼ垂直で入射し、発生する偏芯コマ収差を小さくすることができ、防振時の光学性能の劣化を抑制することができる。

10

【0043】

上記効果を得る上で、当該光学系は下記条件式(3)′を満足することが好ましく、下記条件式(3)′′を満足することがより好ましい。

【0044】

$$-0.1 < Cr1vc / ff < 8.8 \quad \dots (3) \prime$$

$$0 < Cr1vc / ff < 8.6 \quad \dots (3) \prime \prime$$

【0045】

1-2-4. 条件式(4)

本件発明に係る光学系において防振レンズ群Gvcは、上記条件式(1)~条件式(3)に加えて、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

20

【0046】

$$-10.0 < fvc / f < -0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、上記式(4)において、

fvcは、当該防振レンズ群Gvcの焦点距離である。

【0047】

上記条件式(4)は、防振レンズ群Gvcの焦点距離と当該光学系全体の焦点距離との比を規定した式である。条件式(4)を満足させることにより、少ないレンズ枚数で、防振時においてもより優れた光学性能を確保することができ、当該大口径レンズの小型化を図ることができ、コストの増加を抑制することができる。

30

【0048】

条件式(4)の数値が下限値以下になると、防振レンズ群Gvcの焦点距離が小さくなりすぎ、防振時の防振レンズ群Gvcの偏芯に伴う偏芯コマ収差及び偏芯像面湾曲の変動が大きくなり、少ないレンズ枚数で防振時における良好な光学性能を確保することが困難となる。

【0049】

条件式(4)の数値が上限値以上になると、防振レンズ群Gvcの焦点距離が大きくなりすぎ、防振時における防振レンズ群Gvcの垂直方向の移動量が適正な範囲を超えて大きくなり、条件式(1)の場合と同様に、防振駆動機構が大きくなり、鏡筒の外径も大きくなるため、当該大口径レンズの小型化を図る上で好ましくない。

40

【0050】

上記効果を得る上で、当該光学系において防振レンズ群Gvcは下記条件式(4)′を満足することがより好ましく、下記条件式(4)′′を満足することがさらに好ましく、下記条件式(4)′′′を満足することがより一層好ましく、下記条件式(4)′′′′を満足することが最も好ましい。

【0051】

$$-9 < fvc / f < -0.2 \quad \dots (4) \prime$$

$$-8 < fvc / f < -0.3 \quad \dots (4) \prime \prime$$

$$-4.4 < fvc / f < -0.6 \quad \dots (4) \prime \prime \prime$$

$$-4.4 < fvc / f < -0.7 \quad \dots (4) \prime \prime \prime \prime$$

50

【0052】

1-2-5. 条件式(5)

本件発明に係る光学系において、第一レンズ群Gfは、上記条件式(1)~条件式(3)に加えて、以下の条件式(5)を満足することも好ましい。

【0053】

$$0.50 < |f_f / f| \cdots (5)$$

【0054】

条件式(5)は、第一レンズ群Gfの焦点距離と当該光学系全体の焦点距離との比を規定した式である。条件式(5)を満足することにより、第一レンズ群Gfの屈折力が強くなりすぎることの抑制し、当該光学系を少ないレンズ枚数で構成することができ、当該光学系の小型化を図ると共に、高い光学性能を有する光学系を得ることができる。

10

【0055】

上記効果を得る上で、当該光学系において、第一レンズ群Gfは、下記条件式(5)'を満足することがより好ましく、下記条件式(5)''を満足することがさらに好ましく、下記条件式(5)'''を満足することがより一層好ましい。

【0056】

$$\begin{aligned} 0.73 &< |f_f / f| \cdots (5)' \\ 0.77 &< |f_f / f| \cdots (5)'' \\ 1.11 &< |f_f / f| \cdots (5)''' \end{aligned}$$

【0057】

1-2-6. 条件式(6)

本件発明に係る光学系において、第三レンズ群Grに含まれる少なくとも一枚の負レンズが、以下の条件式(6)を満足することが、色収差の補正に効果的であり、条件式(6)'を満足することがより好ましく、条件式(6)''を満足することがさらに好ましく、条件式(6)'''を満足することがより一層好ましく、条件式(6)''''を満足することが最も好ましい。

20

【0058】

$$\begin{aligned} 71 &> dn \cdots (6) \\ 64 &> dn \cdots (6)' \\ 57 &> dn \cdots (6)'' \\ 51 &> dn \cdots (6)''' \\ 41 &> dn \cdots (6)'''' \end{aligned}$$

30

【0059】

1-2-7. 条件式(7)

本件発明に係る光学系において、第三レンズ群Grに含まれる少なくとも一枚の負レンズが、以下の条件式(7)を満足することが、像面性の補正に効果的であり、条件式(7)'を満足することがより好ましく、条件式(7)''を満足することがさらに好ましい。

【0060】

$$\begin{aligned} 1.48 &< Ndn \cdots (7) \\ 1.51 &< Ndn \cdots (7)' \\ 1.61 &< Ndn \cdots (7)'' \end{aligned}$$

40

【0061】

1-3. 明るさ

本件発明は、当該光学系全系のFnoは2.8よりも明るい大口径レンズに適用することが好ましい。上述してきたように、防振レンズ群Gvcを第一レンズ群Gfと第三レンズ群Grとの間に配置し、第三レンズ群に少なくとも一枚の負レンズを配置し、少なくとも条件式(1)~条件式(3)を満足させることにより、防振時における防振レンズ群Gvcの移動量、プレ補正係数、各レンズ群の屈折力、近軸倍率等を適性なものとし、防振時においても優れた光学性能を有する大口径レンズとすることができる。

50

【0062】

本件発明の効果をより確実にする上で、本件発明は光学系全景のFnoが2.4より明るい光学系に適用することがより好ましく、Fnoが2.0より明るい光学系に適用することがさらに好ましく、Fnoが1.8より明るい光学系に適用することがより一層好ましい。本発明によれば、このようにFnoが2.8より明るい大口径レンズにおいて、防振レンズ群Gvc及び防振駆動機構を含む防振機構の小型化及び軽量化を実現することができ、少ないレンズ枚数で防振時の光学性能に優れた明るい大口径レンズが得られる。

【0063】

2. 撮像装置

次に、本件発明に係る撮像装置について説明する。本件発明に係る撮像装置は、上記本件発明に係る光学系と、当該光学系の像側に設けられた、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする。ここで、撮像素子等に特に限定はなく、CCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子等も用いることができ、本件発明に係る撮像装置は、デジタルカメラやビデオカメラ等のこれらの固体撮像素子を用いた撮像装置に好適である。また、当該撮像装置は、レンズが筐体に固定されたレンズ固定式の撮像装置であってもよいし、一眼レフカメラやミラーレス一眼カメラ等のレンズ交換式の撮像装置であってもよいのは勿論である。

10

【0064】

次に、実施例および比較例を示して本件発明を具体的に説明する。但し、本件発明は以下の実施例に限定されるものではない。以下に挙げる各実施例の光学系は、デジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルムカメラ等の撮像装置（光学装置）に用いられる撮影光学系である。また、レンズ断面図（図1、図4、図7、図10及び図13）において、図面に向かって左方が物体側、右方が像側である。

20

【実施例1】

【0065】

(1) 光学系の構成

図1は、本件発明に係る実施例1の光学系である固定焦点レンズの構成を示すレンズ断面図である。当該固定焦点レンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第一レンズ群Gfと、負の屈折力を有する防振レンズ群Gvcと、正の屈折力を有する第三レンズ群Grとを備え、これらのレンズ群により構成されている。防振レンズ群は、光軸に対して垂直方向に移動して像位置を変化させるもので、当該防振レンズ群Gvcにより、撮像時の手振れ等の振動に起因する像ブレを低減することができる。図1において、第1レンズ群Gf内に示す「S」は開口絞りである。また、第3レンズ群Grの像側に示す「I」は像面であり、具体的には、CCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子の撮像面、或いは、銀塩フィルムのフィルム面等を示す。なお、各レンズ群の具体的なレンズ構成は図1に示すとおりである。なお、これらの符号は実施例2～実施例5で示す図4、図7、図10及び図13においても同様のものを示すため、以下では説明を省略する。

30

【0066】

(2) 数値実施例

次に、当該固定焦点レンズの具体的な数値を適用した数値実施例について説明する。表1に当該固定焦点レンズのレンズデータを示す。表1において、面番号No.は物体側から数えたレンズ面の順番、Rはレンズ面の曲率半径、Dはレンズ面の光軸上の間隔、Ndはd線（波長 = 587.6nm）に対する屈折率、dはd線（波長 = 587.6nm）に対するアッペ数をそれぞれ示している。また、開口絞り（絞りS）は、面番号にSTOPを付して示している。さらに、レンズ面が非球面である場合には、面番号にASPHを示し、曲率半径Rの欄には近軸曲率半径を示している。なお、これらは実施例2～実施例5で示す表2、表3、表5及び表7においても同様であるため、以下では説明を省略する。

40

【0067】

図2に、当該固定焦点レンズの無限遠合焦時の縦収差図を示す。それぞれの縦収差図は

50

、図面に向かって左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差を表している。球面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。非点収差を示す図において、実線はd線のサジタル方向X、破線はd線のメリディオナル方向Yを表している。なお、これらの収差を表示する順序、並び、各図において実線、波線等が示すものは実施例2～実施例5で示す図5、図8、図11及び図14においても同様であるため、以下では説明を省略する。

【0068】

図3は、(a)無限遠合焦時、基準状態の横収差図、及び(b)無限遠合焦時、0.3°角度ぶれ補正時の横収差図である。中央に軸上の横収差図、上下に7割像高の横収差図を示す。d線（587.6nm）、破線はg線（435.8nm）を表している。なお、これらの収差を表示する順序、各図において実線、波線等が示すものは実施例2～実施例5で示す図6、図9、図12及び図15においても同様であるため、以下では説明を省略する。

10

【0069】

当該固定焦点レンズの焦点距離（ f ）、大口径比（ Fno ）、画角（ θ ）はそれぞれ以下のとおりである。また、各条件式（1）～条件式（7）の数値を表9に示す。

【0070】

$$f = 87.5187 \quad Fno = 1.4578 \quad \theta = 13.8585^\circ$$

【0071】

【表 1】

No.	R	D	Nd	νd
1	130.5915	7.7913	1.8348	42.72
2	-511.5873	0.2000		
3	61.9450	10.2311	1.4370	95.10
4	-315.6108	2.0000	1.8467	23.78
5	163.4058	0.2000		
6	84.8549	6.1756	1.4370	95.10
7	1244.5105	2.7767		
8	630.0948	3.9085	1.8467	23.78
9	-260.1856	1.5000	1.5163	64.14
10	73.9656	4.9026		
11	-143.7768	1.5000	1.4875	70.24
12	45.4403	15.2727		
STOP	0	8.5154		
14	-32.0994	1.5000	1.6727	32.10
15	-455.7313	8.1563	1.8348	42.72
16	-42.8293	0.2000		
17	63.2271	8.2536	1.6968	55.46
18	-131.6830	3.9161		
19	175.2441	1.0000	1.4875	70.24
20	42.0498	4.8927		
21	73.1809	8.9962	1.8040	46.58
22	-84.1420	1.1111		
23	-59.9352	2.0000	1.8052	25.46
24	3171.6936	2.0000		
25	0	34.9999		
26	0	2.0000	1.5168	64.20
27	0	1.0588		
28	0	-0.0587		

10

20

30

40

【実施例 2】

【0072】

(1) 光学系の構成

図 4 は、本件発明に係る実施例 2 の光学系である固定焦点レンズの構成を示すレンズ断面図である。当該固定焦点レンズは、物体側から順に正の屈折力を有する第一レンズ群 G_f と、負の屈折力を有する防振レンズ群 G_{vc} と、正の屈折力を有する第三レンズ群 G_r とを備え、これらのレンズ群により構成されている。防振レンズ群 G_{vc} の機能は実施例 1 と同様である。また、具体的なレンズ構成は図 4 に示すとおりである。

【0073】

50

(2) 数値実施例

次に、当該固定焦点レンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表2に当該固定焦点レンズのレンズデータを示す。図5は無遠合焦時の縦収差図であり、図6は、(a)無遠合焦時、基準状態の横収差図、及び(b)無遠合焦時、 0.3° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

【0074】

また、当該固定焦点レンズの焦点距離(f)、大口径比(Fno)、画角(θ)はそれぞれ以下のとおりである。また、各条件式(1)~条件式(7)の数値を表9に示す。

【0075】

$$f = 87.0859 \quad Fno = 1.4743 \quad \theta = 14.0419^\circ$$

10

【0076】

【表 2】

No.	R	D	Nd	νd
1	165.4816	7.2000	1.7292	54.67
2	-281.6076	1.0000		
3	57.1839	9.6000	1.4970	81.61
4	-732.6318	2.4873	1.8467	23.78
5	241.3524	5.0428		
6	-189.8873	2.0000	1.4875	70.24
7	63.9570	2.5421		
8	142.2633	2.0000	1.4875	70.44
9	29.5854	5.0000	1.9037	31.31
10	36.6588	18.1275		
11	77.7797	7.5000	1.5928	68.62
12	-84.1315	1.4990		
13	-56.3694	2.0000	1.6990	30.05
14	57.3014	6.8420		
STOP	0	1.1233		
16	83.1141	9.6000	1.9108	35.25
17	-75.2992	2.0000		
18	338.7740	1.0000	1.4875	70.44
19	67.4539	3.0000		
20	43.3795	11.2500	1.5928	68.62
21	-41.5126	2.2000	1.6200	36.30
22	36.4486	2.3665		
23	86.0703	4.4500	1.9108	35.25
24	-5000.0000	2.5343		
25	0	39.6000		
26	0	2.0000	1.5168	64.20
27	0	1.0347		
28	0	-0.0347		

10

20

30

40

【実施例 3】

【0077】

(1) 光学系の構成

図 7 は、本件発明に係る実施例 3 の光学系である固定焦点レンズの構成を示すレンズ断面図である。当該固定焦点レンズは、物体側から順に正の屈折力を有する第一レンズ群 G_f と、負の屈折力を有する防振レンズ群 G_{vc} と、正の屈折力を有する第三レンズ群 G_r とを備え、これらのレンズ群により構成されている。防振レンズ群 G_{vc} の機能は実施例 1 と同様である。また、具体的なレンズ構成は図 7 に示すとおりである。

【0078】

50

(2) 数値実施例

次に、当該固定焦点レンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表3に当該固定焦点レンズのレンズデータを示す。また、図8は無遠合焦時の縦収差図であり、図9は、(a)無遠合焦時、基準状態の横収差図、及び(b)無遠合焦時、0.3°角度ぶれ補正時の横収差図である。

【0079】

また、当該固定焦点レンズの焦点距離(f)、大口径比(Fno)、画角(θ)はそれぞれ以下のとおりである。また、各条件式(1)~条件式(7)の数値を表9に示す。

【0080】

$$f = 82.8700 \quad Fno = 1.4617 \quad \theta = 14.5834^\circ$$

10

【表3】

No.	R	D	Nd	νd
1	52.5487	11.7380	1.7469	49.22
2	684.1766	1.0000		
3	52.0526	4.8000	1.8565	32.27
4	63.0459	5.2500		
5	1282.1057	1.2003	1.6777	32.10
6	31.6602	29.3008		
7	-42.2805	1.3000	1.7617	27.53
8	358.0772	9.4000	1.8395	42.72
9	-55.9281	1.0000		
10	74.0045	6.9000	1.8395	42.72
11	-314.6059	2.9808		
STOP	0	3.7071		
13	264.1298	1.0000	1.6998	55.46
14	77.3091	10.0815		
15	-36.3902	2.0000	1.7471	27.79
16	77.5544	7.3411	1.9170	35.25
17	-45.4256	1.0004		
ASPH	639.9402	3.0000	1.8877	37.22
19	-158.3350	41.9994		
20	0	2.0000	1.5187	64.20
21	0	1.0000		
22	0	0.0151		

20

30

40

【0081】

上記表3に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を表4に示す。なお、後述する表6及び表8に示す非球面係数及び円錐定数も同様に下記定義に基づくものとする。

【0082】

ここで、非球面は次式で定義されるものとする。

$$z = ch^2 / [1 + \{1 - (1+k)c^2h^2\}^{1/2}] + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} \dots$$

50

(但し、 c は曲率($1/r$)、 h は光軸からの高さ、 k は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} ・・・は各次数の非球面係数)

【0083】

【表4】

No.	K	A4	A6	A8	A10
18	0.0000E+00	-1.2422E-06	-2.4860E-10	-4.0303E-13	-3.3628E-16

【実施例4】

【0084】

10

(1) 光学系の構成

図10は、本件発明に係る実施例4の光学系である固定焦点レンズの構成を示すレンズ断面図である。当該固定焦点レンズは、物体側から順に負の屈折力を有する第一レンズ群Gfと、負の屈折力を有する防振レンズ群Gvcと、正の屈折力を有する第三レンズ群Grとを備え、これらのレンズ群により構成されている。防振レンズ群Gvcの機能は実施例1と同様である。また、具体的なレンズ構成は図10に示すとおりである。

【0085】

(2) 数値実施例

次に、当該固定焦点レンズの具体的な数値を適用した数値実施例について説明する。表5に当該固定焦点レンズのレンズデータを示す。また、図11は無遠合焦時の縦収差図であり、図12は、(a)無遠合焦時、基準状態の横収差図、及び(b)無遠合焦時、 0.3° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

20

【0086】

また、当該固定焦点レンズの焦点距離(f)、大口径比(Fno)、画角(θ)はそれぞれ以下のとおりである。また、各条件式(1)~条件式(7)の数値を表9に示す。

【0087】

$$f = 35.3524 \quad Fno = 1.8354 \quad \theta = 31.7460^\circ$$

【0088】

【表 5】

No.	R	D	Nd	νd
1	58.8035	1.5000	1.5168	64.20
2	23.0731	6.5474		
3	75.0230	1.5000	1.6180	63.39
4	43.6088	3.3982		
5	327.9197	3.5859	1.7408	27.76
6	-199.2922	11.7995		
7	-48.4812	1.0000	1.5168	64.20
8	448.7897	1.5000		
9	59.7707	6.7095	1.5928	68.62
10	-45.3546	2.1566		
STOP	0	11.0735		
12	29.1436	7.9767	1.8348	42.72
13	-44.4621	1.0056	1.6889	31.16
14	25.9492	6.5903		
15	-21.8007	1.2000	1.7174	29.50
16	-816.7136	0.2014		
17	80.8248	7.8510	1.8042	46.50
18	-27.9048	0.3148		
ASPH	-77.7618	2.6143	1.8014	45.45
ASPH	-62.4139	35.9755		
21	0	2.0000	1.5168	64.20
22	0	1.0413		
23	0	-0.0413		

10

20

30

【 0 0 8 9 】

表 5 に示した非球面について、その非球面係数及び円錐定数を表 6 に示す。

【 0 0 9 0 】

【表 6】

No.	K	A4	A6	A8	A10
19	0.0000E+00	-1.2866E-05	4.6104E-09	-1.9619E-11	1.7757E-13
20	0.0000E+00	2.7066E-07	1.0370E-08	7.2545E-11	-1.7881E-13
No.	A12				
19	9.4853E-16				
20	7.0915E-17				

40

【実施例 5】

【 0 0 9 1 】

(1) 光学系の構成

50

図13は、本件発明に係る実施例5の光学系である固定焦点レンズの構成を示すレンズ断面図である。当該固定焦点レンズは、物体側から順に負の屈折力を有する第一レンズ群Gfと、負の屈折力を有する防振レンズ群Gvcと、正の屈折力を有する第三レンズ群Grとを備え、これらのレンズ群により構成されている。防振レンズ群Gvcの機能は実施例1と同様である。また、具体的なレンズ構成は図13に示すとおりである。

【0092】

(2) 数値実施例

次に、当該固定焦点レンズの具体的な数値を適用した数値実施例について説明する。表7に当該固定焦点レンズのレンズデータを示す。また、図14は無遠合焦時の縦収差図であり、図15は、(a)無遠合焦時、基準状態の横収差図、及び(b)無遠合焦時、 0.3° 角度ぶれ補正時の横収差図である。

10

【0093】

また、当該固定焦点レンズの焦点距離(f)、大口径比(Fno)、画角(θ)はそれぞれ以下のとおりである。また、各条件式(1)~条件式(7)の数値を表9に示す。

【0094】

$$f = 35.3498 \quad Fno = 1.8352 \quad \theta = 31.9864^\circ$$

【0095】

【表 7】

No.	R	D	Nd	νd
ASPH	71.8890	2.5000	1.6935	53.20
ASPH	22.0526	12.3467		
3	223.4425	3.4553	1.8467	23.78
4	-244.1103	3.9109		
5	-43.8869	1.0000	1.5168	64.20
6	703.0434	2.0002		
7	48.0382	7.2379	1.5928	68.62
8	-48.2641	1.5333		
STOP	0	7.2229		
10	49.4118	2.8634	1.6968	55.46
11	56.5777	0.1500		
12	30.9592	6.6907	1.8348	42.72
13	-66.8414	1.2000	1.6990	30.05
14	24.2401	7.5851		
15	-19.0972	1.2000	1.7174	29.50
16	-330.8818	0.1500		
17	91.8840	7.2347	1.7725	49.62
18	-25.8572	0.3000		
ASPH	-65.0125	3.0806	1.8014	45.45
ASPH	-40.8735	36.2516		
21	0	2.0000	1.5168	64.20
22	0	1.0116		
23	0	-0.0115		

10

20

30

【 0 0 9 6 】

表 7 に示した非球面について、その非球面係数及び円錐定数を表 8 に示す。

【 0 0 9 7 】

【表 8】

No.	K	A4	A6	A8	A10
1	-2.8777E-01	-1.9212E-07	-9.3030E-10	2.5195E-12	2.2543E-15
2	-6.0999E-02	-1.1417E-06	4.9762E-09	-8.4047E-11	4.4284E-13
19	0.0000E+00	-1.6083E-05	-3.1784E-08	2.3495E-10	-7.0783E-13
20	0.0000E+00	-2.8710E-06	-2.4337E-08	2.6187E-10	-7.1100E-13
No.	A12				
1	-1.7506E-17				
2	-8.2534E-16				
19	7.5796E-16				
20	8.3518E-16				

10

【0098】

各数値実施例における条件式の数値を表9に示す。

【0099】

【表 9】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
条件式(1)	0.447	0.351	0.323	0.560	0.588
条件式(2)	1.547	1.513	1.062	0.996	1.004
条件式(3)	2.144	3.450	2.871	0.624	0.534
条件式(4)	-1.300	-1.986	-1.889	-2.393	-2.260
条件式(5)	0.934	1.128	1.110	2.198	2.323
条件式(6)	25.460	36.300	27.790	31.160	30.050
条件式(7)	1.805	1.620	1.747	1.689	1.699

20

【産業上の利用可能性】

【0100】

30

本件発明によれば、防振光学系の小型化及び軽量化を図ることができ、防振時においても優れた光学性能を有する明るい大口径の光学系を実現することができる。

【符号の説明】

【0101】

G f・・・第1レンズ群

G r・・・第3レンズ群

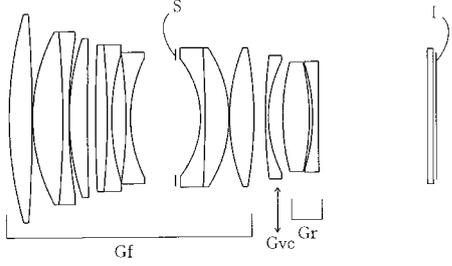
G v c・・・防振レンズ群

S・・・絞り

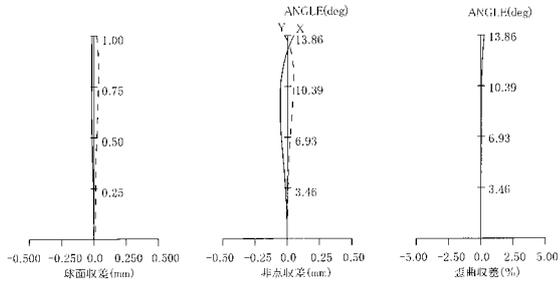
I・・・像面

40

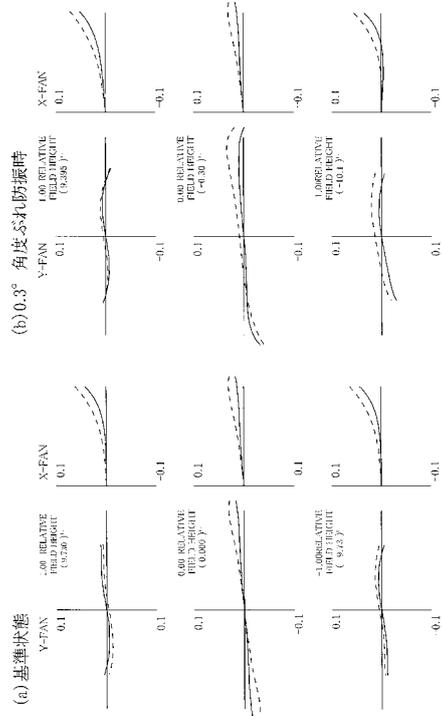
【 図 1 】



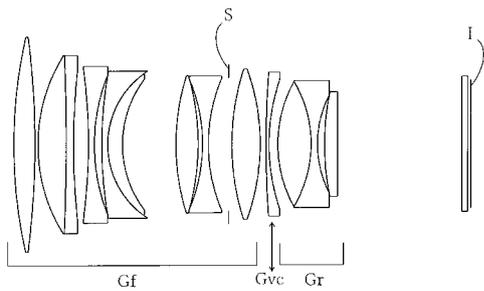
【 図 2 】



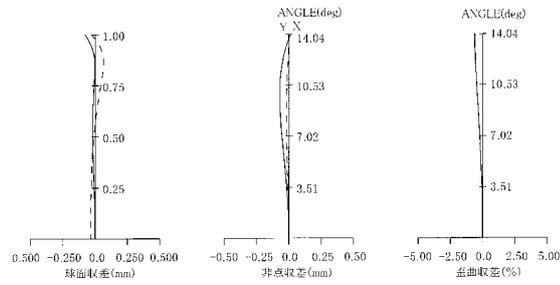
【 図 3 】



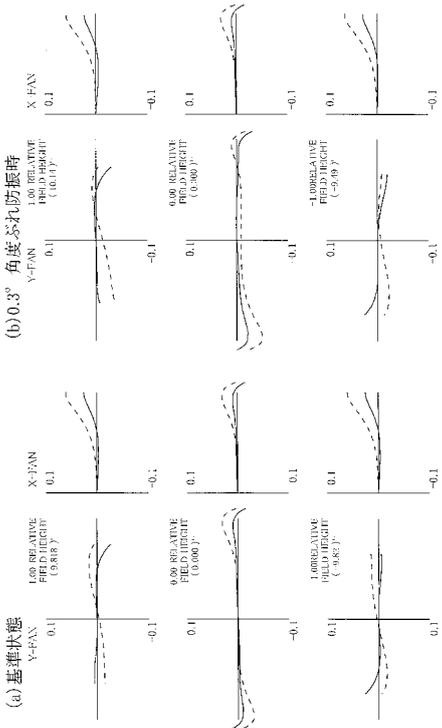
【 図 4 】



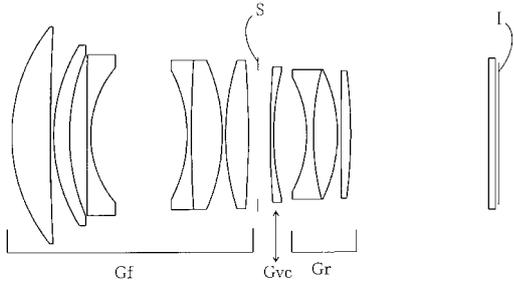
【 図 5 】



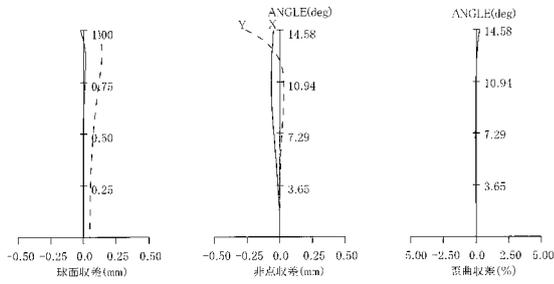
【 図 6 】



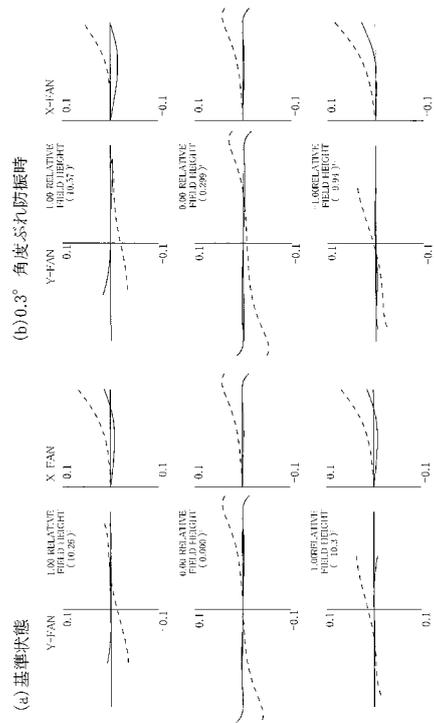
【 図 7 】



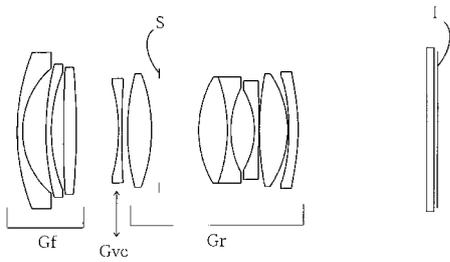
【 図 8 】



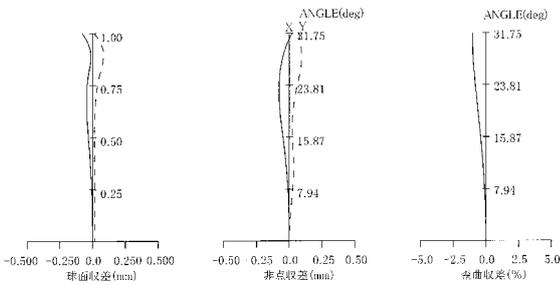
【 図 9 】



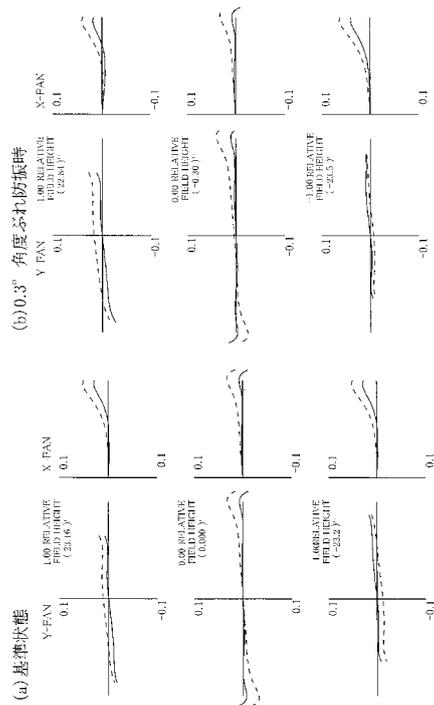
【 図 10 】



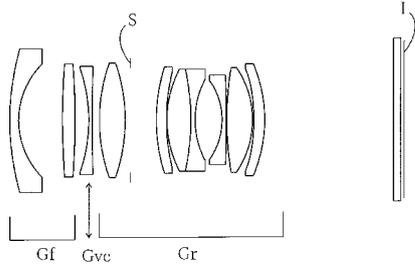
【 図 11 】



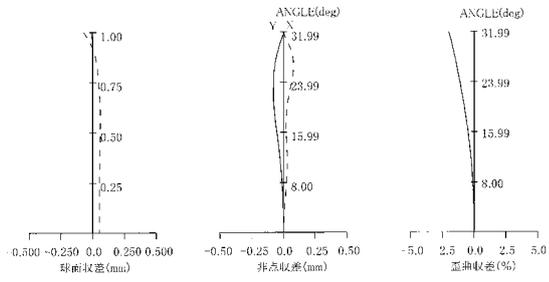
【 図 12 】



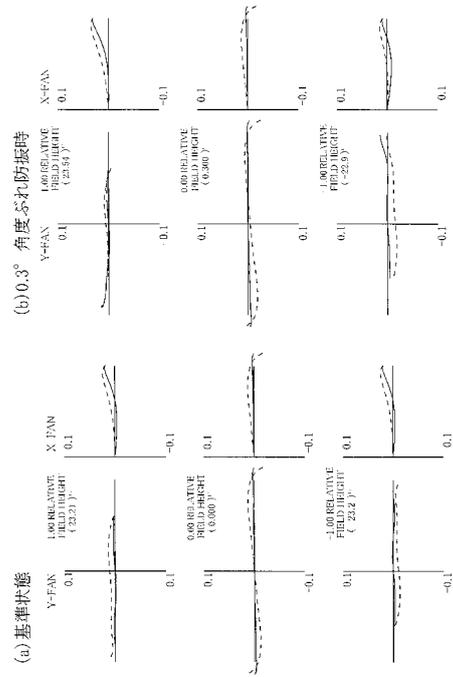
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA02 LA03 NA07 PA08 PA09 PA10 PA18 PA19 PA20
PB10 PB13 QA02 QA06 QA07 QA12 QA14 QA17 QA21 QA22
QA25 QA26 QA32 QA34 QA39 QA41 QA42 QA45 QA46 RA05
RA12 RA13 RA32 RA42 RA43 UA04
2K005 AA05 BA52 CA02 CA23