

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5749629号
(P5749629)

(45) 発行日 平成27年7月15日(2015.7.15)

(24) 登録日 平成27年5月22日(2015.5.22)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 13/02 (2006.01) G 0 2 B 13/02

請求項の数 4 (全 26 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-240698 (P2011-240698) (22) 出願日 平成23年11月1日 (2011.11.1) (65) 公開番号 特開2013-97212 (P2013-97212A) (43) 公開日 平成25年5月20日 (2013.5.20) 審査請求日 平成26年7月2日 (2014.7.2)</p>	<p>(73) 特許権者 000133227 株式会社タムロン 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼 1 3 8 5 番地 (74) 代理人 100104190 弁理士 酒井 昭徳 (72) 発明者 虞 翔 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼 1 3 8 5 番地 株式会社タムロン内 審査官 森内 正明</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インナーフォーカス式望遠レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、からなり、

前記第1レンズ群および前記第3レンズ群を固定したまま、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が拡大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が縮小するように、前記第2レンズ群を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行い、

前記第3レンズ群は、物体側より順に配置された、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する中群と、正の屈折力を有する後群と、からなり、

前記中群を光軸に対して垂直方向へシフトさせることにより撮影画像の結像位置を変位させ、

以下に示す条件式を満足することを特徴とするインナーフォーカス式望遠レンズ。

(1) $0.3 < f_{12} / f < 1.0$

(5) $0.01 < f / f_{3R} < 3$

(6) $0.15 < | f_{3M} / f | < 0.6$

ただし、 f_{12} は無遠物体合焦状態における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成焦点距離、 f は光学系全系の焦点距離、 f_{3R} は前記後群の焦点距離、 f_{3M} は前記中群の焦点距離を示す。

【請求項 2】

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のインナーフォーカス式望遠レンズ。

$$(2) \quad \frac{1.0}{3} < 1.8$$

$$(3) \quad 1.0 < 2 < 2.4$$

ただし、 3 は前記第 3 レンズ群の横倍率、 2 は前記第 2 レンズ群の横倍率を示す。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群の最も物体側には正レンズが配置されており、

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のインナーフォーカス式望遠レンズ。

$$(4) \quad 0.65 < \frac{1}{f_1} < 0.90$$

ただし、 1 は前記正レンズの物体側面の有効径、 f_1 は前記第 1 レンズ群の焦点距離を示す。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群を構成する中群は、1 枚の負レンズ、または負レンズと正レンズとからなる接合レンズで構成されており、

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載のインナーフォーカス式望遠レンズ。

$$(7) \quad 3.9 < d < 5.5$$

ただし、 d は前記中群に含まれる負レンズの d 線に対するアッペ数を示す。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、写真用カメラ、ビデオカメラなどに好適なインナーフォーカス式望遠レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラ市場の増大に伴い、デジタルカメラに対するユーザの要望も多岐にわたり、小型化と軽量化はユーザが最も強く要求するところである。この要求に伴い、デジタルカメラに搭載される撮影レンズに対する小型、軽量化も強く望まれている。小型化という点では、まず「使用時の光学系全長（最も物体側のレンズ面から像面までの距離）」を縮小する必要があり、また、「フォーカシング時のフォーカス群ストローク（合焦する際の移動距離）」を縮小することも重要である。

【0003】

一般に、撮影レンズでは、光学系全体またはその一部を移動させることにより、フォーカシングを行っている。とりわけ、長焦点距離を有する望遠レンズの場合は、光学系全体が大型で重いため、光学系全体を移動させてフォーカシングを行うのは構造的に困難である。

【0004】

そこで、望遠レンズでは一部のレンズ群を移動させてフォーカシングを行っているものが多い。このうち光学系の前方レンズ群以外で、レンズ口径が比較的小さくレンズ重量の軽い中間部または後方部のレンズ群を移動させるインナーフォーカス方式を採用したものが提案されている（たとえば、特許文献 1 ~ 3 を参照。）。

【0005】

これらのインナーフォーカス式望遠レンズでは、いずれも、物体側より順に、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、正の屈折力を有する第 3 レンズ群の 3 つのレンズ群を配置し、第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させてフォーカシングを行っている。特に、特許文献 1 に記載のものは、フォーカス群である第 2 レンズ群を正レンズと負レンズの 2 枚のレンズで構成している。特許文献 2 に記載のものは、第 2 レンズ群を正レンズと負レンズからなる接合レンズで構成している。特許文献 3 に記載のものは、第 2 レンズ群を 2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズで構成している。

【0006】

また、フォーカス群の軽量化を図るため、フォーカス群を1枚の負レンズで構成したインナーフォーカス式望遠レンズも提案されている(たとえば、特許文献4を参照。)。特許文献4に記載のインナーフォーカス式望遠レンズは、第1レンズ群が光軸に対して回転対称形状の回折格子からなる少なくとも1つの正の屈折力を有する回折面を有している。

【0007】

また、長い焦点距離の撮影系を使用する際には、撮影系が振動によって傾くと、撮影画像はその傾き角と撮影系の焦点距離に応じた変位を発生する。そこでかかる不都合を解消するため、撮影系が振動によって傾いた際にも撮影画像の変位、いわゆる撮影画像のブレが発生しないように補正する機能を備えたインナーフォーカス式望遠レンズも提案されている(たとえば、特許文献2, 5, 6を参照。)。特許文献2, 5に記載のものは、光学系中の一部のレンズ群(防振群)を光軸と直交する方向へシフトさせて撮影画像のブレを補正している。また、特許文献6に記載のものは、第1レンズ群と第2レンズ群とが略アフォーカル系をなし、防振群である第3レンズ群を2枚の正レンズと1枚の負レンズ、正レンズと負レンズとの接合レンズ、または1枚の正レンズにより構成し、第3レンズ群を光軸と直交する方向にシフトさせて撮影画像のブレを補正している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第3746942号公報

【特許文献2】特許第3486541号公報

【特許文献3】特許第3541283号公報

【特許文献4】特許第3950571号公報

【特許文献5】特許第4272725号公報

【特許文献6】特許第3646295号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記特許文献1～5に記載のインナーフォーカス式望遠レンズでは、正のパワーを第1レンズ群と第3レンズ群に分担させることで、入射光線の偏角を緩やかに変化させることを実現している。しかし、焦点距離に対して光学系全長が長くなり、光学系全体が大型化するという問題がある。

【0010】

上記文献3に記載の第2群合焦式の望遠レンズでは、第1レンズ群と第2レンズ群とで略アフォーカル光学系が形成されるため、光学系全長が長くなる傾向にある。このため、光学系の大型化、重量化につながり、撮影レンズに対する小型、軽量化を望むユーザを満足させることができない。

【0011】

上記文献4に記載の回折格子を有するインナーフォーカス式望遠レンズは、Fナンバーが4以上で暗く、フォーカシング時の収差変動も大きいので、良好な光学性能が得られない。特に、近年、高画素化が進む個体撮像素子を搭載したカメラには不向きである。

【0012】

上記特許文献2, 5に記載の防振機能を備えたインナーフォーカス式望遠レンズは、防振係数(防振時における像点のシフト量と防振群のシフト量との比率)が大きいので、防振群の移動量が少なく済む点は優れている。しかしながら、防振群が2枚の負レンズと1枚の正レンズで構成されているため重い。このため、防振群を駆動させるアクチュエータの径が増大し、その消費電力も増大する。さらに、防振群を構成するレンズ枚数が多いので、レンズの同軸度を保持することが困難である。レンズの同軸度は防振精度にかかわるため、より高い実装精度が要求されることから、レンズの製造コストが増大するという問題もある。

10

20

30

40

50

【0013】

上記文献6に記載の防振機能を備えたインナーフォーカス式望遠レンズは、防振群が1ないし3枚のレンズで構成されている。防振群を1枚のレンズで構成することができれば、防振群の重量を大幅に低減することができる。しかし、当該特許文献に記載のものは、防振群の防振係数が小さいため、像点振動量を補正するために、防振群を大きくシフトさせる必要があり、光学系の径方向も大きくなる。加えて、防振群を駆動させるアクチュエータの径も大きくなり、またその消費電力も増大するという問題もある。

【0014】

この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するため、フォーカシングのための移動量が少ない小型のフォーカス群と、撮影画像の変位補正のためのシフト量が少ない小型の防振群と、を備えた、小型、軽量で高い光学性能を有する、低望遠比のインナーフォーカス式望遠レンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、からなり、前記第1レンズ群および前記第3レンズ群を固定したまま、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が拡大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が縮小するように、前記第2レンズ群を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行い、前記第3レンズ群が、物体側より順に配置された、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する中群と、正の屈折力を有する後群と、からなり、前記中群を光軸に対して垂直方向へシフトさせることにより撮影画像の結像位置を変位させ、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad 0.3 < f_{12} / f < 1.0$$

$$(5) \quad 0.01 < f / f_{3R} < 3$$

$$(6) \quad 0.15 < |f_{3M} / f| < 0.6$$

ただし、 f_{12} は無遠物体合焦状態における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成焦点距離、 f は光学系全系の焦点距離、 f_{3R} は前記後群の焦点距離、 f_{3M} は前記中群の焦点距離を示す。

【0016】

この発明によれば、全長が短く、優れた光学性能を備えた、低望遠比のインナーフォーカス方式レンズを実現することができる。特に、撮影画像の変位補正を行う第3レンズ群の中群（防振群）のシフト量を抑制することで光学系の径方向の縮小化を図るとともに、諸収差を良好に補正することができる。

【0017】

この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(2) \quad 1.0 < \beta < 1.8$$

$$(3) \quad 1.0 < \beta_2 < 2.4$$

ただし、 β は前記第3レンズ群の横倍率、 β_2 は前記第2レンズ群の横倍率を示す。

【0018】

この発明によれば、フォーカス群である第2レンズ群のフォーカシング時の移動量を抑えることで、収差変動を抑制し、光学系全長も縮小することができる。また、フォーカス群である第2レンズを1枚のレンズで構成してもフォーカシング時の収差変動を抑制し、優れた光学性能を維持することができる。

【0019】

この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズは、前記発明において、前記第1レンズ群の最も物体側には正レンズが配置されており、以下に示す条件式を満足することを

10

20

30

40

50

特徴とする。

$$(4) \quad 0.65 < \quad / f 1 < 0.90$$

ただし、 \quad は前記正レンズの物体側面の有効径、 $f 1$ は前記第 1 レンズ群の焦点距離を示す。

【0020】

この発明によれば、フォーカス群である第 2 レンズ群の径方向の縮小化を図るとともに、諸収差（特に高次の球面収差）を良好に補正することができる。

【0021】

この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズは、前記発明において、前記第 3 レンズ群を構成する中群が、1 枚の負レンズ、または負レンズと正レンズとからなる接合レンズで構成されており、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(7) \quad 3.9 < \quad d < 5.5$$

ただし、 d は前記中群に含まれる負レンズの d 線に対するアッペ数を示す。

【0022】

この発明によれば、撮影画像の変位補正を行う第 3 レンズ群の中群（防振群）の軽量化を図るとともに、色収差を良好に補正することができる。

【発明の効果】

【0023】

この発明によれば、フォーカシングのための移動量が少ない小型のフォーカス群と、撮影画像の変位補正のためのシフト量が少ない小型の防振群と、を備えた、小型、軽量で高い光学性能を有する、低望遠比のインナーフォーカス式望遠レンズを提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図 1】実施例 1 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2】実施例 1 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。

【図 3】実施例 1 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。

【図 4】実施例 2 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 5】実施例 2 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。

【図 6】実施例 2 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。

【図 7】実施例 3 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 8】実施例 3 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。

【図 9】実施例 3 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。

【図 10】実施例 4 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 11】実施例 4 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。

【図 12】実施例 4 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。

【図 13】実施例 5 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

10

20

30

40

50

【図14】実施例5にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。

【図15】実施例5にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0026】

この発明は、フォーカシングのための移動量が少ない小型のフォーカス群を備えた、小型、軽量で高い光学性能を有する、低望遠比（0.75倍程度）のインナーフォーカス式望遠レンズを提供することを目的としている。加えて、撮影画像の変位補正のためのシフト量が少ない小型の防振群を備えた、小型、軽量で高い光学性能を有する、低望遠比のインナーフォーカス式望遠レンズを提供することも目的としている。そこで、かかる目的を達成するため、以下に示すような各種条件を設定している。

【0027】

この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、からなり、第1レンズ群および第3レンズ群を固定したまま、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が拡大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が縮小するように、第2レンズ群を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行う。加えて、第3レンズ群を、物体側より順に、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する中群と、正の屈折力を有する後群と、から構成し、中群を光軸に対して垂直な方向にシフトさせて撮影画像の結像位置を変位させることにより、手振れなどによる光学系の振動時に生じる像ブレの補正（防振補正）を行う。

【0028】

この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズでは、上記構成において、無限遠物体合焦状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離を f_{12} 、光学系全系の焦点距離を f 、第3レンズ群の後群の焦点距離を f_{3R} 、第3レンズ群の中群の焦点距離を f_{3M} とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(1) \quad 0.3 < f_{12} / f < 1.0$$

$$(5) \quad 0.01 < f / f_{3R} < 3$$

$$(6) \quad 0.15 < |f_{3M} / f| < 0.6$$

【0029】

条件式(1)は、全長が短く、優れた光学性能を備えた、低望遠比のインナーフォーカス方式レンズを実現するための条件を示すものである。条件式(1)においてその下限を下回ると、最至近距離物体合焦時に発生する球面収差が顕著になるため、好ましくない。一方、条件式(1)においてその上限を超えると、光学系全長が大きく延びることに加え、低望遠比のインナーフォーカス方式レンズを実現できなくなる。

【0030】

条件式(5)、(6)は、撮影画像の変位補正を行う第3レンズ群の中群（防振群）のシフト量を抑制することで光学系の径方向の縮小化を図るとともに、諸収差を良好に補正するための条件を示すものである。条件式(5)または(6)においてその上限を超えると、防振群である第3レンズ群の中群の敏感度が低くなりすぎて、像変位の補正を行う際に防振群を大きく移動させる必要が生じるため、光学系の径方向が増大して小型化を維持することが困難になる。加えて、当該中群を駆動するレンズ変位機構の負担も大きくなるという不都合が生じる。一方、条件式(5)または(6)においてその下限を下回ると、第3レンズ群の中群の屈折力が弱くなりすぎて、諸収差を良好に補正することが困難になる。

10

20

30

40

50

【0031】

なお、上記条件式(1)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(1)' \quad 0.6 < f_{12} / f < 0.95$$

この条件式(1)'で規定する範囲を満足することにより、より光学系全長を縮小するとともに、諸収差をより良好に補正することができる。

【0032】

さらに、上記条件式(1)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

$$(1)'' \quad 0.75 < f_{12} / f < 0.9$$

この条件式(1)''で規定する範囲を満足することにより、より一層の光学系全長の縮小と、光学性能の向上を図ることができる。

【0033】

また、上記条件式(5)、(6)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(5)' \quad 0.1 < f / f_{3R} < 2.8$$

$$(6)'' \quad 0.16 < |f_{3M} / f| < 0.5$$

この条件式(5)', (6)'で規定する範囲を満足することにより、より中群の防振補正時のシフト量を抑えるとともに、より良好な収差補正効果が得られる。

【0034】

さらに、上記条件式(5)', (6)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

$$(5)'' \quad 0.2 < f / f_{3R} < 2.3$$

$$(6)''' \quad 0.20 < |f_{3M} / f| < 0.4$$

この条件式(5)'', (6)'''で規定する範囲を満足することにより、より一層中群の防振補正時のシフト量を抑えるとともに、より一層良好な収差補正効果が得られる。

【0035】

さらに、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズでは、第3レンズ群の横倍率を β_3 、第2レンズ群の横倍率を β_2 とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(2) \quad \frac{1.0}{\beta_3} < \beta_2 < 1.8$$

$$(3) \quad 1.0 < \beta_2 < 2.4$$

【0036】

条件式(2)、(3)は、フォーカス群である第2レンズ群の単位移動量に対する像面移動量の比、いわゆるガタ倍率を小さくして、第2レンズ群のフォーカシング時の移動量を抑え、収差変動を抑制し、光学系全長を縮小するための条件を示すものである。条件式(2)、(3)を満足することにより、第2レンズ群を1枚のレンズで構成しても、フォーカシング時の収差変動を抑制して、光学性能を向上させることができる。なお、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズにおいて、ガタ倍率 β は、前述のように第2レンズ群の横倍率を β_2 、第3レンズ群の横倍率を β_3 とすると、 $\beta = (1 - (\beta_2)^2) \times (\beta_3)^2$ で求めることができる。条件式(2)または(3)においてその下限を下回ると、近距離物体へのフォーカシングを行う際に第2レンズ群の移動量が増大し、光学系全長の小型化やフォーカシングをつかさどるレンズ変位機構の簡易化が困難になる。さらに、フォーカス群である第2レンズ群の移動量の増大によりもたらされる収差変動も大きくなって、その補正が困難になる。一方、条件式(2)または(3)においてその上限を超えると、ガタ倍率が大きくなりすぎ、高い分解能が要求され、第2レンズ群を駆動するレンズ変位機構にも高い精度が求められ、コスト増にもつながるため、好ましくない。

【0037】

なお、上記条件式(2)、(3)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が

期待できる。

$$(2)' \quad \frac{1.0}{3} < 1.5$$

$$(3)'' \quad 1.5 < 2 < 2.3$$

この条件式(2)', (3)'で規定する範囲を満足することにより、より第2レンズ群の移動量を抑え、第2レンズ群の移動に伴う収差変動を抑制することができる。

【0038】

さらに、上記条件式(2)', (3)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

$$(2)'' \quad \frac{1.0}{3} < 1.35$$

$$(3)''' \quad 1.7 < 2 < 2.25$$

この条件式(2)'', (3)'''で規定する範囲を満足することにより、より一層第2レンズ群の移動量を抑え、第2レンズ群の移動に伴う収差変動を抑制することができる。

【0039】

さらに、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズでは、第1レンズ群の最も物体側には正レンズを配置するとよい。そして、このとき、第1レンズ群の最も物体側に配置された正レンズの物体側面の有効径を、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(4) \quad 0.65 < \frac{D}{f_1} < 0.90$$

【0040】

条件式(4)は、フォーカス群である第2レンズ群の径方向の縮小化を図るとともに、諸収差(特に高次の球面収差)を良好に補正するための条件を示すものである。条件式(4)においてその下限を下回ると、第1レンズ群の屈折力が弱くなりすぎて当該第1レンズ群による光束の収斂作用が弱くなって、第2レンズ群に入射する光束径が大きくなってしまふ。この結果、第2レンズ群のレンズ口径を大きくしなければならず、光学系の径方向の大型化を招き、好ましくない。また、第2レンズ群のレンズ口径が大きくなることにより、その重量も増加するため、第2レンズ群の駆動機構にも大きな負担がかかる。一方、条件式(4)においてその上限を超えると、第1レンズ群の屈折力が強くなりすぎて、高次の球面収差の発生が顕著になる。これを他のレンズ群で補正することは困難である。

【0041】

さらに、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズでは、第3レンズ群を構成する中群を、1枚の負レンズ、または負レンズと正レンズとからなる接合レンズで構成するとよい。このようにすることで、防振機能を有する第3レンズ群の中群を軽量化して、当該中群のレンズ変位機構にかかる重量負荷を軽減することができる。そして、当該中群に含まれる負レンズの d 線に対するアッペ数を d とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(7) \quad 3.9 < d < 5.5$$

【0042】

条件式(7)は、第3レンズ群の中群(防振群)で色収差を良好に補正するための条件を示すものである。条件式(7)においてその下限を下回ると、第3レンズ群の中群による色収差の補正量が不足し、防振補正時の倍率色収差の変動が大きくなり、光学性能が劣化する。一方、条件式(7)においてその上限を超えると、色収差の補正に有利になるが、硝材の屈折率が小さくなって、球面収差の補正量が不足し、光学性能が劣化する。

【0043】

以上説明したように、この発明によれば、フォーカシングのための移動量が少ない小型のフォーカス群と、撮影画像の変位補正のためのシフト量が少ない小型の防振群を備えた、小型、軽量で高い光学性能を有する、低望遠比のインナーフォーカス式望遠レンズを実現することができる。特に、上記各条件式を満足することで、フォーカス群である第2レンズの小型、軽量化とフォーカシング時の移動量の抑制、撮影画像の変位補正時における第3レンズ群の中群(防振群)のシフト量の抑制、光学性能の向上を図ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

以下、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの実施例を図面に基づき詳細に説明する。なお、以下の実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例 1】

【 0 0 4 5 】

図 1 は、実施例 1 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このインナーフォーカス式望遠レンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_{11} と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_{12} と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G_{13} と、が配置されて構成される。また、第 2 レンズ群 G_{12} と第 3 レンズ群 G_{13} との間には、所定の口径を規定する開口絞り S T O P が配置されている。

10

【 0 0 4 6 】

第 1 レンズ群 G_{11} は、物体側から順に、正レンズ L_{111} と、正レンズ L_{112} と、負レンズ L_{113} と、負レンズ L_{114} と、正レンズ L_{115} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{112} と負レンズ L_{113} 、負レンズ L_{114} と正レンズ L_{115} は、接合されている。

【 0 0 4 7 】

第 2 レンズ群 G_{12} は、負レンズ L_{121} により構成される。第 1 レンズ群 G_{11} および第 3 レンズ群 G_{13} を固定したまま、第 1 レンズ群 G_{11} と第 2 レンズ群 G_{12} との間隔が拡大し、第 2 レンズ群 G_{12} と第 3 レンズ群 G_{13} との間隔が縮小するように、第 2 レンズ群 G_{12} を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行う。

20

【 0 0 4 8 】

第 3 レンズ群 G_{13} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{13F} と、負の屈折力を有する中群 G_{13M} と、正の屈折力を有する後群 G_{13R} と、が配置されて構成される。前群 G_{13F} は、正レンズ L_{131} により構成される。中群 G_{13M} は、物体側から順に、負レンズ L_{132} と、正レンズ L_{133} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{132} と正レンズ L_{133} とは、接合されている。中群 G_{13M} には防振群としての機能をもたせている。すなわち、中群 G_{13M} を光軸に対して垂直な方向にシフト（偏芯）させて撮影画像の結像位置を変位させることにより、手振れなどによる光学系の振動時に生じる像ブレの補正を行う。後群 G_{13R} は、物体側から順に、負レンズ L_{134} と、正レンズ L_{135} と、が配置されて構成される。

30

【 0 0 4 9 】

以下、実施例 1 にかかるインナーフォーカス式レンズに関する各種数値データを示す。

【 0 0 5 0 】

(レンズデータ)

$r_1 = 70.3264$
 $d_1 = 6.7914$ $n d_1 = 1.74436$ $d_1 = 52.60$
 $r_2 = -274.7406$
 $d_2 = 1.8927$
 $r_3 = 39.6454$
 $d_3 = 10.0000$ $n d_2 = 1.49845$ $d_2 = 81.61$
 $r_4 = -122.0962$
 $d_4 = 1.6607$ $n d_3 = 1.82017$ $d_3 = 46.57$
 $r_5 = 78.8754$
 $d_5 = 7.2204$
 $r_6 = 56.7446$
 $d_6 = 0.8500$ $n d_4 = 1.79191$ $d_4 = 25.72$
 $r_7 = 28.1569$
 $d_7 = 9.5849$ $n d_5 = 1.51872$ $d_5 = 64.20$
 $r_8 = 241.0821$
 $d_8 = D(8)$ (可変)
 $r_9 = 516.9675$

40

50

$d_9 = 0.5000$ $n d_6 = 1.83944$ $d_6 = 42.72$

$r_{10} = 39.1074$

$d_{10} = D(10)$ (可変)

$r_{11} =$ (開口絞り)

$d_{11} = 1.5000$

$r_{12} = -172.0440$

$d_{12} = 1.8943$ $n d_7 = 1.81263$ $d_7 = 25.46$

$r_{13} = -40.5829$

$d_{13} = 2.5000$

$r_{14} = 440.6293$

$d_{14} = 0.5000$ $n d_8 = 1.83944$ $d_8 = 42.72$

$r_{15} = 20.0000$

$d_{15} = 1.7885$ $n d_9 = 1.67764$ $d_9 = 32.17$

$r_{16} = 34.9981$

$d_{16} = 16.5228$

$r_{17} = -16.4798$

$d_{17} = 0.8500$ $n d_{10} = 1.83944$ $d_{10} = 42.72$

$r_{18} = -24.0084$

$d_{18} = 0.1000$

$r_{19} = 40.9767$

$d_{19} = 3.3815$ $n d_{11} = 1.70444$ $d_{11} = 30.05$

$r_{20} = -176.4246$

$d_{20} = 0.1000$

$r_{21} =$ (像面)

【 0 0 5 1 】

(各合焦状態の数値データ)

無限遠 最至近距離

D(8) 6.2080 11.8591

D(10) 8.3421 2.5040

【 0 0 5 2 】

f (光学系全系の焦点距離) = 133.00

F n o = 2.86

2 (画角) = 12.1

望遠比 = 0.752

(正レンズ L₁₁₁ の物体側面の有効径) = 23.50

f₁ (第 1 レンズ群 G₁₁ の焦点距離) = 30.051

f₁₂ (無限遠物体合焦状態における第 1 レンズ群 G₁₁ と第 2 レンズ群 G₁₂ との合成焦点距離) = 113.582

f_{3M} (中群 G_{13M} の焦点距離) = -38.57

f_{3R} (後群 G_{13R} の焦点距離) = 152.670

【 0 0 5 3 】

(条件式 (1) に関する数値)

f₁₂ / f = 0.854

【 0 0 5 4 】

(条件式 (2) に関する数値)

3 (第 3 レンズ群 G₁₃ の横倍率) = 1.170

【 0 0 5 5 】

(条件式 (3) に関する数値)

2 (第 2 レンズ群 G₁₂ の横倍率) = 1.915

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

(条件式(4)に関する数値)

$$f / f_1 = 0.782$$

【0057】

(条件式(5)に関する数値)

$$f / f_{3R} = 0.871$$

【0058】

(条件式(6)に関する数値)

$$|f_{3M} / f| = 0.29$$

【0059】

(条件式(7)に関する数値)

$$d \text{ (負レンズ } L_{132} \text{ の } d \text{ 線に対するアッペ数)} = 42.72$$

【0060】

図2は、実施例1にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。また、図3は、実施例1にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。図中、gはg線(λ = 435.83 nm)、dはd線(λ = 587.56 nm)、CはC線(λ = 656.28 nm)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図における S、Mは、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。また、横収差図は、それぞれ光軸に対する像高位置(Y)での収差を表している(正が光軸より上の方向)。

【実施例2】

【0061】

図4は、実施例2にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このインナーフォーカス式望遠レンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G₂₁と、負の屈折力を有する第2レンズ群G₂₂と、負の屈折力を有する第3レンズ群G₂₃と、が配置されて構成される。また、第2レンズ群G₂₂と第3レンズ群G₂₃との間には、所定の口径を規定する開口絞りSTOPが配置されている。

【0062】

第1レンズ群G₂₁は、物体側から順に、正レンズL₂₁₁と、正レンズL₂₁₂と、負レンズL₂₁₃と、正レンズL₂₁₄と、が配置されて構成される。正レンズL₂₁₂と負レンズL₂₁₃とは、接合されている。

【0063】

第2レンズ群G₂₂は、負レンズL₂₂₁により構成される。第1レンズ群G₂₁および第3レンズ群G₂₃を固定したまま、第1レンズ群G₂₁と第2レンズ群G₂₂との間隔が拡大し、第2レンズ群G₂₂と第3レンズ群G₂₃との間隔が縮小するように、第2レンズ群G₂₂を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行う。

【0064】

第3レンズ群G₂₃は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G_{23F}と、負の屈折力を有する中群G_{23M}と、正の屈折力を有する後群G_{23R}と、が配置されて構成される。前群G_{23F}は、正レンズL₂₃₁により構成される。中群G_{23M}は、物体側から順に、負レンズL₂₃₂と、正レンズL₂₃₃と、が配置されて構成される。負レンズL₂₃₂と正レンズL₂₃₃とは、接合されている。中群G_{23M}には防振群としての機能をもたせている。すなわち、中群G_{23M}を光軸に対して垂直な方向にシフト(偏芯)させて撮影画像の結像位置を変位させることにより、手振れなどによる光学系の振動時に生じる像ブレの補正を行う。後群G_{23R}は、物体側から順に、負レンズL₂₃₄と、正レンズL₂₃₅と、が配置されて構成される。

【0065】

以下、実施例2にかかるインナーフォーカス式レンズに関する各種数値データを示す。

【0066】

(レンズデータ)

10

20

30

40

50

$r_1 = 59.8072$				
$d_1 = 7.1074$	$n d_1 = 1.83944$		$d_1 = 42.72$	
$r_2 = -835.4183$				
$d_2 = 0.1000$				
$r_3 = 34.8607$				
$d_3 = 9.6505$	$n d_2 = 1.49845$		$d_2 = 81.61$	
$r_4 = -180.0000$				
$d_4 = 2.2980$	$n d_3 = 1.81184$		$d_3 = 33.27$	
$r_5 = 24.5407$				
$d_5 = 3.0000$				10
$r_6 = 25.2708$				
$d_6 = 7.1341$	$n d_4 = 1.51872$		$d_4 = 64.20$	
$r_7 = 440.3397$				
$d_7 = D(7)$ (可変)				
$r_8 = -2287.3310$				
$d_8 = 0.5000$	$n d_5 = 1.69660$		$d_5 = 53.34$	
$r_9 = 42.3977$				
$d_9 = D(9)$ (可変)				
$r_{10} =$ (開口絞り)				
$d_{10} = 1.5000$				20
$r_{11} = -160.3486$				
$d_{11} = 2.0567$	$n d_6 = 1.85505$		$d_6 = 23.78$	
$r_{12} = -43.4481$				
$d_{12} = 2.5000$				
$r_{13} = 277.5057$				
$d_{13} = 0.5000$	$n d_7 = 1.83944$		$d_7 = 42.72$	
$r_{14} = 20.3750$				
$d_{14} = 1.8856$	$n d_8 = 1.79191$		$d_8 = 25.72$	
$r_{15} = 35.4856$				
$d_{15} = 20.0000$				30
$r_{16} = -16.9895$				
$d_{16} = 1.0000$	$n d_9 = 1.88815$		$d_9 = 40.80$	
$r_{17} = -28.0378$				
$d_{17} = 1.0868$				
$r_{18} = 42.7437$				
$d_{18} = 3.8084$	$n d_{10} = 1.52033$		$d_{10} = 58.96$	
$r_{19} = -63.3548$				
$d_{19} = 0.1000$				
$r_{20} =$ (像面)				
【 0 0 6 7 】				40
(各合焦状態の数値データ)				
	無限遠	最至近距離		
D(7)	9.4278	15.2724		
D(9)	8.3446	2.500		
【 0 0 6 8 】				
f (光学系全系の焦点距離) = 133.00				
F n o = 2.88				
2 (画角) = 12.1				
望遠比 = 0.752				
(正レンズ L_{211} の物体側面の有効径) = 23.47				50

f_1 (第1レンズ群 G_{21} の焦点距離) = 29.784

f_{12} (無限遠物体合焦状態における第1レンズ群 G_{21} と第2レンズ群 G_{22} との合成焦点距離) = 107.996

f_{3M} (中群 G_{23M} の焦点距離) = -46.55

f_{3R} (後群 G_{23R} の焦点距離) = 554.167

【0069】

(条件式(1)に関する数値)

$f_{12} / f = 0.812$

【0070】

(条件式(2)に関する数値)

3 (第3レンズ群 G_{23} の横倍率) = 1.232

【0071】

(条件式(3)に関する数値)

2 (第2レンズ群 G_{22} の横倍率) = 1.845

【0072】

(条件式(4)に関する数値)

$f_{12} / f_1 = 0.788$

【0073】

(条件式(5)に関する数値)

$f / f_{3R} = 0.240$

【0074】

(条件式(6)に関する数値)

$|f_{3M} / f| = 0.35$

【0075】

(条件式(7)に関する数値)

d (負レンズ L_{232} の d 線に対するアッベ数) = 42.72

【0076】

図5は、実施例2にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。また、図6は、実施例2にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。図中、 g は g 線 ($\lambda = 435.83 \text{ nm}$)、 d は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、 C は C 線 ($\lambda = 656.28 \text{ nm}$) に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図における S 、 M は、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。また、横収差図は、それぞれ光軸に対する像高位置 (Y) での収差を表している (正が光軸より上の方向)。

【実施例3】

【0077】

図7は、実施例3にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このインナーフォーカス式望遠レンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{31} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{32} と、負の屈折力を有する第3レンズ群 G_{33} と、が配置されて構成される。また、第2レンズ群 G_{32} と第3レンズ群 G_{33} との間には、所定の口径を規定する開口絞り $STOP$ が配置されている。

【0078】

第1レンズ群 G_{31} は、物体側から順に、正レンズ L_{311} と、正レンズ L_{312} と、負レンズ L_{313} と、負レンズ L_{314} と、正レンズ L_{315} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{312} と負レンズ L_{313} 、負レンズ L_{314} と正レンズ L_{315} は、接合されている。

【0079】

第2レンズ群 G_{32} は、負レンズ L_{321} により構成される。第1レンズ群 G_{31} および第3レンズ群 G_{33} を固定したまま、第1レンズ群 G_{31} と第2レンズ群 G_{32} との間隔が拡大し、第2レンズ群 G_{32} と第3レンズ群 G_{33} との間隔が縮小するように、第2レンズ群 G_{32} を光

10

20

30

40

50

軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行う。

【 0 0 8 0 】

第3レンズ群 G_{33} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{33F} と、負の屈折力を有する中群 G_{33M} と、正の屈折力を有する後群 G_{33R} と、が配置されて構成される。前群 G_{33F} は、正レンズ L_{331} により構成される。中群 G_{33M} は、物体側から順に、負レンズ L_{332} と、正レンズ L_{333} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{332} と正レンズ L_{333} とは、接合されている。中群 G_{33M} には防振群としての機能をもたせている。すなわち、中群 G_{33M} を光軸に対して垂直な方向にシフト(偏芯)させて撮影画像の結像位置を変位させることにより、手振れなどによる光学系の振動時に生じる像ブレの補正を行う。後群 G_{33R} は、物体側から順に、負レンズ L_{334} と、正レンズ L_{335} と、が配置されて構成される。

10

【 0 0 8 1 】

以下、実施例3にかかるインナーフォーカス式レンズに関する各種数値データを示す。

【 0 0 8 2 】

(レンズデータ)

$$r_1 = 66.2281$$

$$d_1 = 7.3750 \quad n d_1 = 1.75844 \quad d_1 = 52.32$$

$$r_2 = -253.2931$$

$$d_2 = 0.1000$$

$$r_3 = 43.0037$$

$$d_3 = 11.0161 \quad n d_2 = 1.49845 \quad d_2 = 81.61$$

$$r_4 = -99.7688$$

$$d_4 = 1.4977 \quad n d_3 = 1.88815 \quad d_3 = 40.80$$

$$r_5 = 59.7060$$

$$d_5 = 4.5720$$

$$r_6 = 46.8995$$

$$d_6 = 3.3343 \quad n d_4 = 1.85505 \quad d_4 = 23.78$$

$$r_7 = 33.2819$$

$$d_7 = 10.1049 \quad n d_5 = 1.51872 \quad d_5 = 64.20$$

$$r_8 = -1331.6903$$

$$d_8 = D(8) \text{ (可変)}$$

$$r_9 = 291.8995$$

$$d_9 = 0.9000 \quad n d_6 = 1.73234 \quad d_6 = 54.67$$

$$r_{10} = 35.9220$$

$$d_{10} = D(10) \text{ (可変)}$$

$$r_{11} = \text{ (開口絞り)}$$

$$d_{11} = 1.5000$$

$$r_{12} = -93.8260$$

$$d_{12} = 1.8420 \quad n d_7 = 1.81263 \quad d_7 = 25.46$$

$$r_{13} = -38.3112$$

$$d_{13} = 2.5000$$

$$r_{14} = 336.1878$$

$$d_{14} = 0.9000 \quad n d_8 = 1.83944 \quad d_8 = 42.72$$

$$r_{15} = 20.0000$$

$$d_{15} = 1.8590 \quad n d_9 = 1.57046 \quad d_9 = 42.84$$

$$r_{16} = 39.5281$$

$$d_{16} = 15.8380$$

$$r_{17} = -16.0311$$

$$d_{17} = 0.9000 \quad n d_{10} = 1.83944 \quad d_{10} = 42.72$$

$$r_{18} = -24.9482$$

50

$d_{18} = 0.1000$
 $r_{19} = 47.4345$
 $d_{19} = 3.1983$ $n_{d11} = 1.74707$ $d_{11} = 27.76$
 $r_{20} = -126.0807$
 $d_{20} = 0.1000$
 $r_{21} =$ (像面)

【 0 0 8 3 】

(各合焦状態の数値データ)

	無限遠	最至近距離	
D(8)	6.0206	15.2724	10
D(10)	8.3421	2.500	

【 0 0 8 4 】

f (光学系全系の焦点距離) = 133.00

$Fno = 2.86$

2 (画角) = 12.1

望遠比 = 0.752

(正レンズ L_{311} の物体側面の有効径) = 23.38

f_1 (第 1 レンズ群 G_{31} の焦点距離) = 29.007

f_{12} (無限遠物体合焦状態における第 1 レンズ群 G_{31} と第 2 レンズ群 G_{32} との合成焦点距離) = 99.883

f_{3M} (中群 G_{33M} の焦点距離) = -38.57

f_{3R} (後群 G_{33R} の焦点距離) = 225.424

【 0 0 8 5 】

(条件式 (1) に関する数値)

$f_{12} / f = 0.751$

【 0 0 8 6 】

(条件式 (2) に関する数値)

3 (第 3 レンズ群 G_{33} の横倍率) = 1.330

【 0 0 8 7 】

(条件式 (3) に関する数値)

2 (第 2 レンズ群 G_{32} の横倍率) = 1.752

【 0 0 8 8 】

(条件式 (4) に関する数値)

$f_{12} / f_1 = 0.806$

【 0 0 8 9 】

(条件式 (5) に関する数値)

$f_{12} / f_{3R} = 0.590$

【 0 0 9 0 】

(条件式 (6) に関する数値)

$| f_{3M} / f | = 0.29$

【 0 0 9 1 】

(条件式 (7) に関する数値)

d (負レンズ L_{332} の d 線に対するアッペ数) = 42.72

【 0 0 9 2 】

図 8 は、実施例 3 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。また、図 9 は、実施例 3 にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。図中、 g は g 線 ($\lambda = 435.83 \text{ nm}$)、 d は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、 C は C 線 ($\lambda = 656.28 \text{ nm}$) に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図における S 、 M は、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

また、横収差図は、それぞれ光軸に対する像高位置（ Y ）での収差を表している（正が光軸より上の方向）。

【実施例 4】

【0093】

図10は、実施例4にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このインナーフォーカス式望遠レンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{41} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{42} と、負の屈折力を有する第3レンズ群 G_{43} と、が配置されて構成される。また、第2レンズ群 G_{42} と第3レンズ群 G_{43} との間には、所定の口径を規定する開口絞りSTOPが配置されている。

10

【0094】

第1レンズ群 G_{41} は、物体側から順に、正レンズ L_{411} と、正レンズ L_{412} と、負レンズ L_{413} と、負レンズ L_{414} と、正レンズ L_{415} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{412} と負レンズ L_{413} 、負レンズ L_{414} と正レンズ L_{415} は、接合されている。

【0095】

第2レンズ群 G_{42} は、負レンズ L_{421} により構成される。第1レンズ群 G_{41} および第3レンズ群 G_{43} を固定したまま、第1レンズ群 G_{41} と第2レンズ群 G_{42} との間隔が拡大し、第2レンズ群 G_{42} と第3レンズ群 G_{43} との間隔が縮小するように、第2レンズ群 G_{42} を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行う。

20

【0096】

第3レンズ群 G_{43} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{43F} と、負の屈折力を有する中群 G_{43M} と、正の屈折力を有する後群 G_{43R} と、が配置されて構成される。前群 G_{43F} は、正レンズ L_{431} により構成される。中群 G_{43M} は、物体側から順に、負レンズ L_{432} と、正レンズ L_{433} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{432} と正レンズ L_{433} とは、接合されている。中群 G_{43M} には防振群としての機能をもたせている。すなわち、中群 G_{43M} を光軸に対して垂直な方向にシフト（偏芯）させて撮影画像の結像位置を変位させることにより、手振れなどによる光学系の振動時に生じる像ブレの補正を行う。後群 G_{43R} は、物体側から順に、正レンズ L_{434} と、負レンズ L_{435} と、正レンズ L_{436} と、が配置されて構成される。

30

【0097】

以下、実施例4にかかるインナーフォーカス式レンズに関する各種数値データを示す。

【0098】

(レンズデータ)

$$r_1 = 70.1149$$

$$d_1 = 7.0320 \quad n d_1 = 1.67000 \quad d_1 = 48.30$$

$$r_2 = -232.8818$$

$$d_2 = 0.1000$$

$$r_3 = 40.1811$$

$$d_3 = 10.1770 \quad n d_2 = 1.49845 \quad d_2 = 81.61$$

$$r_4 = -144.1383$$

$$d_4 = 0.8500 \quad n d_3 = 1.83944 \quad d_3 = 42.72$$

$$r_5 = 93.5683$$

$$d_5 = 11.1534$$

$$r_6 = 45.5860$$

$$d_6 = 0.8500 \quad n d_4 = 1.85505 \quad d_4 = 23.78$$

$$r_7 = 26.3525$$

$$d_7 = 7.8375 \quad n d_5 = 1.48914 \quad d_5 = 70.44$$

$$r_8 = 113.8593$$

$$d_8 = D(8) \text{ (可変)}$$

40

50

$r_9 = 417.7519$
 $d_9 = 0.9210$ $n d_6 = 1.83944$ $d_6 = 42.72$
 $r_{10} = 35.4132$
 $d_{10} = D(10)$ (可変)
 $r_{11} =$ (開口絞り)
 $d_{11} = 1.5000$
 $r_{12} = -68.4684$
 $d_{12} = 1.5000$ $n d_7 = 1.85505$ $d_7 = 23.78$
 $r_{13} = -34.8085$
 $d_{13} = 1.7769$ 10
 $r_{14} = 89.0909$
 $d_{14} = 2.5000$ $n d_8 = 1.88815$ $d_8 = 40.80$
 $r_{15} = 20.0000$
 $d_{15} = 0.8500$ $n d_9 = 1.85505$ $d_9 = 23.78$
 $r_{16} = 25.2985$
 $d_{16} = 1.6011$
 $r_{17} = 31.9353$
 $d_{17} = 2.5000$ $n d_{10} = 1.51872$ $d_{10} = 62.20$
 $r_{18} = 1128.3418$
 $d_{18} = 2.3395$ 20
 $r_{19} = -19.9409$
 $d_{19} = 10.9264$ $n d_{11} = 1.83944$ $d_{11} = 42.72$
 $r_{20} = -137.7006$
 $d_{20} = 0.8500$
 $r_{21} = 64.8626$
 $d_{21} = 0.3269$ $n d_{12} = 1.76860$ $d_{12} = 26.61$
 $r_{22} = -45.5295$
 $d_{22} = 3.4450$
 $r_{23} =$ (像面)
【 0 0 9 9 】 30
 (各合焦状態の数値データ)

	無限遠	最至近距離
D(8)	6.0209	11.8595
D(10)	8.3421	2.5040

【 0 1 0 0 】
 f (光学系全系の焦点距離) = 133.00
 $F n o = 2.87$
 2 (画角) = 12.1
 望遠比 = 0.752
 (正レンズ L_{411} の物体側面の有効径) = 23.55 40
 f_1 (第1レンズ群 G_{41} の焦点距離) = 31.316
 f_{12} (無限遠物体合焦状態における第1レンズ群 G_{41} と第2レンズ群 G_{42} との合成焦点距離) = 129.941
 f_{3M} (中群 G_{43M} の焦点距離) = -39.90
 f_{3R} (後群 G_{43R} の焦点距離) = 95.409
【 0 1 0 1 】
 (条件式(1)に関する数値)
 $f_{12} / f = 0.977$
【 0 1 0 2 】
 (条件式(2)に関する数値) 50

3 (第3レンズ群 G_{43} の横倍率) = 1.023

【0103】

(条件式(3)に関する数値)

2 (第2レンズ群 G_{42} の横倍率) = 2.118

【0104】

(条件式(4)に関する数値)

$f/f_1 = 0.752$

【0105】

(条件式(5)に関する数値)

$f/f_{3R} = 1.394$

10

【0106】

(条件式(6)に関する数値)

$|f_{3M}/f| = 0.30$

【0107】

(条件式(7)に関する数値)

d (負レンズ L_{432} の d 線に対するアッペ数) = 40.80

【0108】

図11は、実施例4にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。また、図12は、実施例4にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。図中、 g は g 線 ($= 435.83 \text{ nm}$)、 d は d 線 ($= 587.56 \text{ nm}$)、 C は C 線 ($= 656.28 \text{ nm}$) に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図における S 、 M は、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。また、横収差図は、それぞれ光軸に対する像高位置 (Y) での収差を表している (正が光軸より上の方向)。

20

【実施例5】

【0109】

図13は、実施例5にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このインナーフォーカス式望遠レンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{51} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{52} と、負の屈折力を有する第3レンズ群 G_{53} と、が配置されて構成される。また、第2レンズ群 G_{52} と第3レンズ群 G_{53} との間には、所定の口径を規定する開口絞り $STOP$ が配置されている。

30

【0110】

第1レンズ群 G_{51} は、物体側から順に、正レンズ L_{511} と、正レンズ L_{512} と、負レンズ L_{513} と、負レンズ L_{514} と、正レンズ L_{515} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{512} と負レンズ L_{513} 、負レンズ L_{514} と正レンズ L_{515} は、接合されている。

【0111】

第2レンズ群 G_{52} は、負レンズ L_{521} により構成される。第1レンズ群 G_{51} および第3レンズ群 G_{53} を固定したまま、第1レンズ群 G_{51} と第2レンズ群 G_{52} との間隔が拡大し、第2レンズ群 G_{52} と第3レンズ群 G_{53} との間隔が縮小するように、第2レンズ群 G_{52} を光軸に沿って物体側から像側へ移動させることにより無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態へ至るまでのフォーカシングを行う。

40

【0112】

第3レンズ群 G_{53} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{53F} と、負の屈折力を有する中群 G_{53M} と、正の屈折力を有する後群 G_{53R} と、が配置されて構成される。前群 G_{53F} は、正レンズ L_{531} により構成される。中群 G_{53M} は、負レンズ L_{532} により構成される。中群 G_{53M} には防振群としての機能をもたせている。すなわち、中群 G_{53M} を光軸に対して垂直な方向にシフト (偏芯) させて撮影画像の結像位置を変位させることにより、手振れなどによる光学系の振動時に生じる像ブレの補正を行う。後群 G_{53R} は、物体側から

50

順に、正レンズ L_{533} と、負レンズ L_{534} と、正レンズ L_{535} と、が配置されて構成される。

【 0 1 1 3 】

以下、実施例 5 にかかるインナーフォーカス式レンズに関する各種数値データを示す。

【 0 1 1 4 】

(レンズデータ)

$r_1 = 59.7133$				
$d_1 = 7.9141$	$n d_1 = 1.56605$	$d_1 = 60.83$		
$r_2 = -262.7417$				
$d_2 = 0.1000$				10
$r_3 = 37.4731$				
$d_3 = 10.2958$	$n d_2 = 1.49845$	$d_2 = 81.61$		
$r_4 = -199.4034$				
$d_4 = 1.1508$	$n d_3 = 1.80831$	$d_3 = 46.50$		
$r_5 = 71.0499$				
$d_5 = 7.9425$				
$r_6 = 34.9720$				
$d_6 = 0.8500$	$n d_4 = 1.83930$	$d_4 = 37.34$		
$r_7 = 21.0000$				
$d_7 = 9.7468$	$n d_5 = 1.49845$	$d_5 = 81.61$		20
$r_8 = 108.1912$				
$d_8 = D(8)$ (可変)				
$r_9 = 142.0616$				
$d_9 = 0.8500$	$n d_6 = 1.71615$	$d_6 = 53.94$		
$r_{10} = 29.2165$				
$d_{10} = D(10)$ (可変)				
$r_{11} =$ (開口絞り)				
$d_{11} = 1.5000$				
$r_{12} = -35.6101$				
$d_{12} = 1.5091$	$n d_7 = 1.85505$	$d_7 = 23.78$		30
$r_{13} = -28.6943$				
$d_{13} = 4.5589$				
$r_{14} = 218.1423$				
$d_{14} = 0.8500$	$n d_8 = 1.77621$	$d_8 = 49.62$		
$r_{15} = 25.7190$				
$d_{15} = 2.5000$				
$r_{16} = 32.9384$				
$d_{16} = 1.9755$	$n d_9 = 1.57125$	$d_9 = 56.04$		
$r_{17} = 534.2482$				
$d_{17} = 9.0961$				40
$r_{18} = -18.8316$				
$d_{18} = 0.8500$	$n d_{10} = 1.83944$	$d_{10} = 42.72$		
$r_{19} = -46.1779$				
$d_{19} = 2.5719$				
$r_{20} = 124.5153$				
$d_{20} = 3.2759$	$n d_{11} = 1.76167$	$d_{11} = 27.53$		
$r_{21} = -42.1718$				
$d_{21} = 0.1000$				
$r_{22} =$ (像面)				
【 0 1 1 5 】				50

(各合焦状態の数値データ)

	無限遠	最至近距離
D(8)	6.0207	11.8593
D(10)	8.3421	2.5040

【0 1 1 6】

f (光学系全系の焦点距離) = 133.00

F n o = 2.87

2 (画角) = 12.1

望遠比 = 0.752

(正レンズ L₅₁₁ の物体側面の有効径) = 24.21

f 1 (第1レンズ群 G₅₁ の焦点距離) = 29.417

f 1 2 (無限遠物体合焦状態における第1レンズ群 G₅₁ と第2レンズ群 G₅₂ との合成焦点距離) = 107.065

f 3 M (中群 G_{53M} の焦点距離) = -37.24

f 3 R (後群 G_{53R} の焦点距離) = 65.776

【0 1 1 7】

(条件式(1)に関する数値)

f 1 2 / f = 0.805

【0 1 1 8】

(条件式(2)に関する数値)

3 (第3レンズ群 G₅₃ の横倍率) = 1.242

【0 1 1 9】

(条件式(3)に関する数値)

2 (第2レンズ群 G₅₂ の横倍率) = 1.837

【0 1 2 0】

(条件式(4)に関する数値)

/ f 1 = 0.823

【0 1 2 1】

(条件式(5)に関する数値)

f / f 3 R = 2.022

【0 1 2 2】

(条件式(6)に関する数値)

| f 3 M / f | = 0.28

【0 1 2 3】

(条件式(7)に関する数値)

d (負レンズ L₅₃₂ の d 線に対するアッペ数) = 49.62

【0 1 2 4】

図14は、実施例5にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図である。また、図15は、実施例5にかかるインナーフォーカス式望遠レンズの無限遠物体合焦状態における横収差図である。図中、gはg線(= 435.83nm)、dはd線(= 587.56nm)、CはC線(= 656.28nm)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図における S, Mは、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。また、横収差図は、それぞれ光軸に対する像高位置(Y)での収差を表している(正が光軸より上の方向)。

【0 1 2 5】

なお、上記各実施例中の数値データにおいて、r₁, r₂, …は各レンズ、絞り面などの曲率半径、d₁, d₂, …は各レンズ、絞りなどの肉厚またはそれらの面間隔、n_{d1}, n_{d2}, …は各レンズのd線(= 587.56nm)に対する屈折率、d₁, d₂, …は各レンズのd線(= 587.56nm)に対するアッペ数を

10

20

30

40

50

示している。そして、長さの単位はすべて「mm」、角度の単位はすべて「°」である。

【0126】

以上説明したように、上記各実施例のインナーフォーカス式望遠レンズは、フォーカシングのための移動量が少ない小型のフォーカス群と、撮影画像の変位補正のためのシフト量が少ない小型の防振群を備えることができる。特に、上記各条件式を満足することで、フォーカス群である第2レンズの小型、軽量化とフォーカシング時の移動量の抑制、撮影画像の変位補正時における第3レンズ群の中群（防振群）のシフト量の抑制、光学性能の向上を図り、望遠比が0.75程度、Fナンバーが2.8程度のインナーフォーカス式望遠レンズを実現することができる。また、適宜接合レンズを用いることでより、良好な収差補正を行うことができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0127】

以上のように、この発明にかかるインナーフォーカス式望遠レンズは、写真用カメラ、ビデオカメラなどに有用であり、特に、振動による影響を受けやすい場所で用いられる撮像装置に最適である。

【符号の説明】

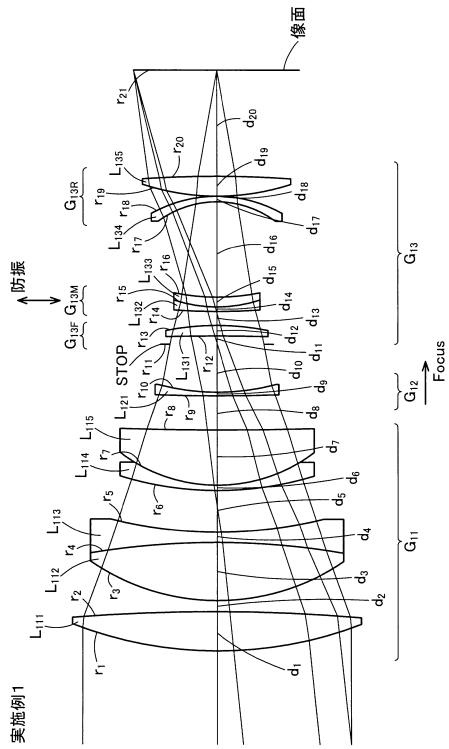
【0128】

G_{11} , G_{21} , G_{31} , G_{41} , G_{51} 第1レンズ群
 G_{12} , G_{22} , G_{32} , G_{42} , G_{52} 第2レンズ群
 G_{13} , G_{23} , G_{33} , G_{43} , G_{53} 第3レンズ群
 G_{13F} , G_{23F} , G_{33F} , G_{43F} , G_{53F} 前群
 G_{13M} , G_{23M} , G_{33M} , G_{43M} , G_{53M} 中群
 G_{13R} , G_{23R} , G_{33R} , G_{43R} , G_{53R} 後群
 L_{111} , L_{112} , L_{115} , L_{131} , L_{133} , L_{135} , L_{211} , L_{212} , L_{214} , L_{231} , L_{233} ,
 L_{235} , L_{311} , L_{312} , L_{315} , L_{331} , L_{333} , L_{335} , L_{411} , L_{412} , L_{415} , L_{431} , L_{433} , L_{434} , L_{436} , L_{511} , L_{512} , L_{515} , L_{531} , L_{533} , L_{535} 正レンズ
 L_{113} , L_{114} , L_{121} , L_{132} , L_{134} , L_{213} , L_{221} , L_{232} , L_{234} , L_{313} , L_{314} ,
 L_{321} , L_{332} , L_{334} , L_{413} , L_{414} , L_{421} , L_{432} , L_{435} , L_{513} , L_{514} , L_{521} , L_{532} , L_{534} 負レンズ
 S T O P 開口絞り

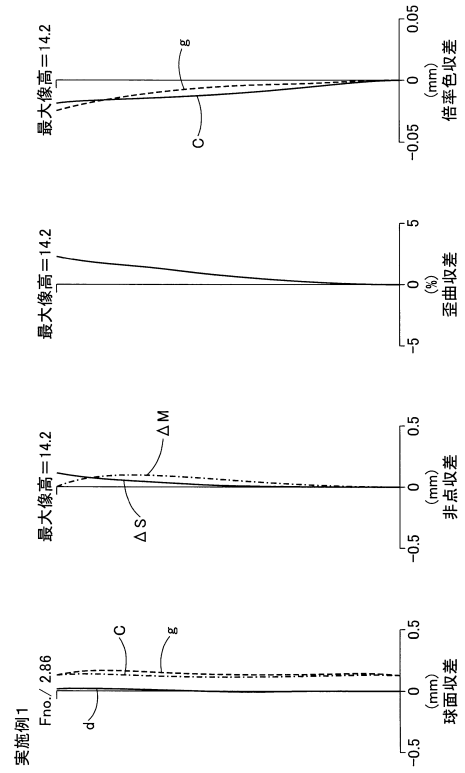
20

30

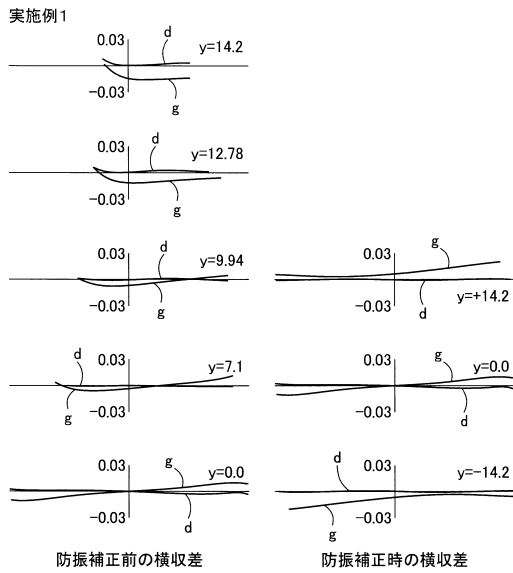
【 図 1 】



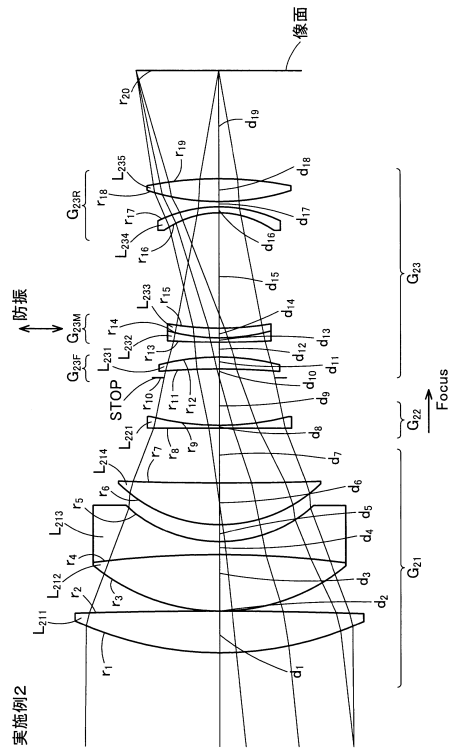
【 図 2 】



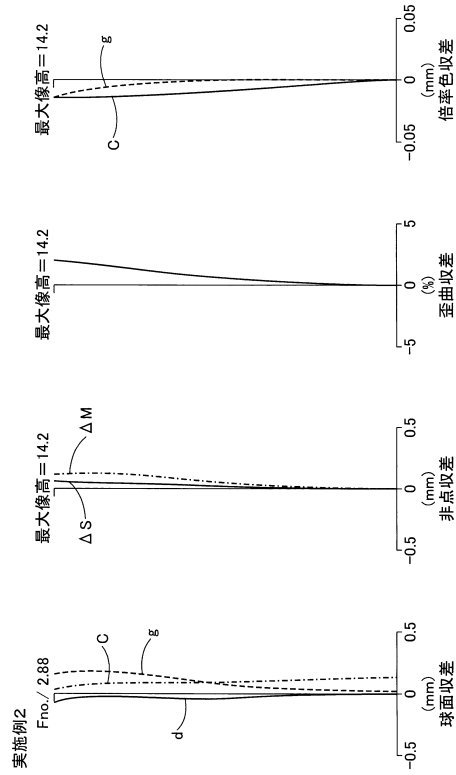
【 図 3 】



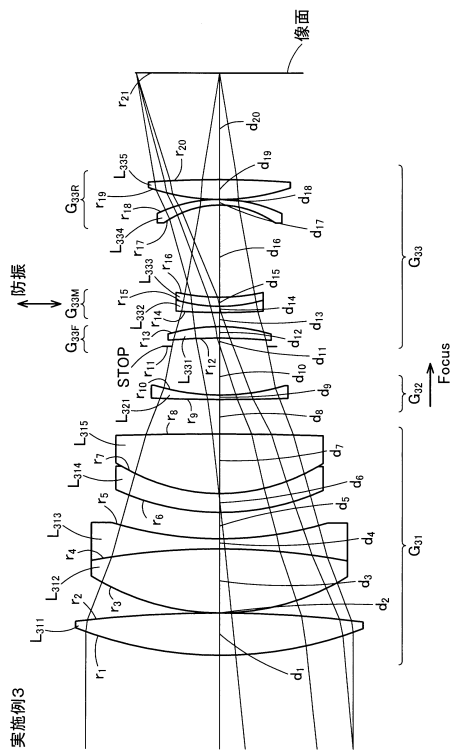
【 図 4 】



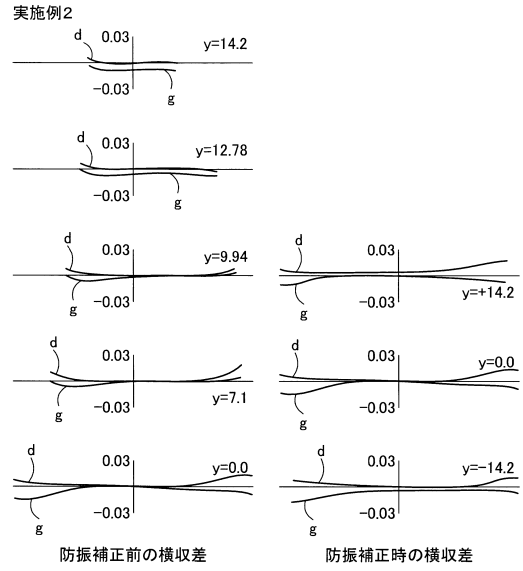
【 図 5 】



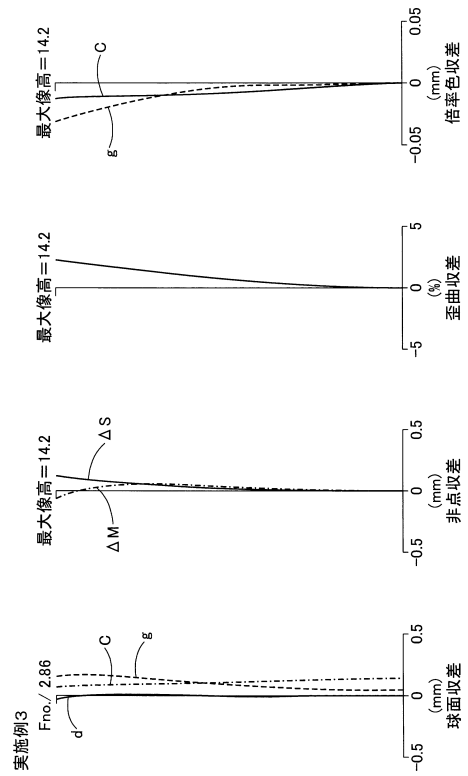
【 図 7 】



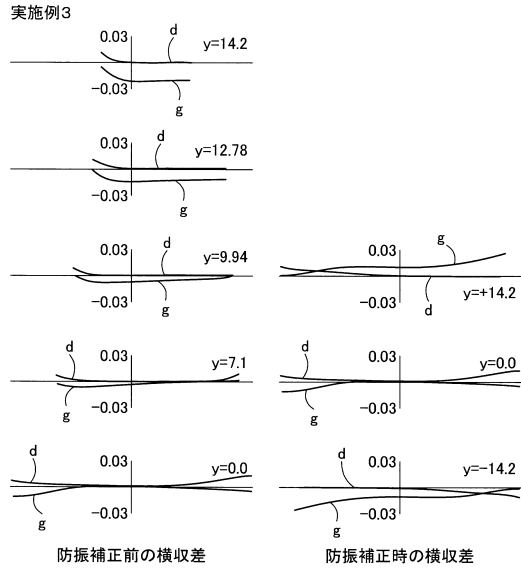
【 図 6 】



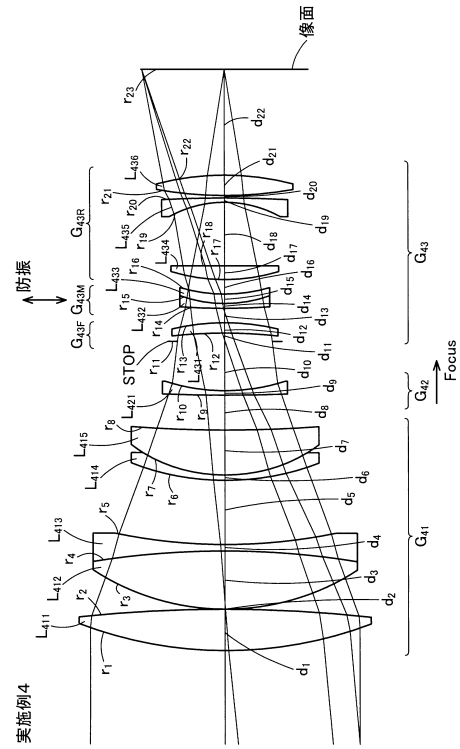
【 図 8 】



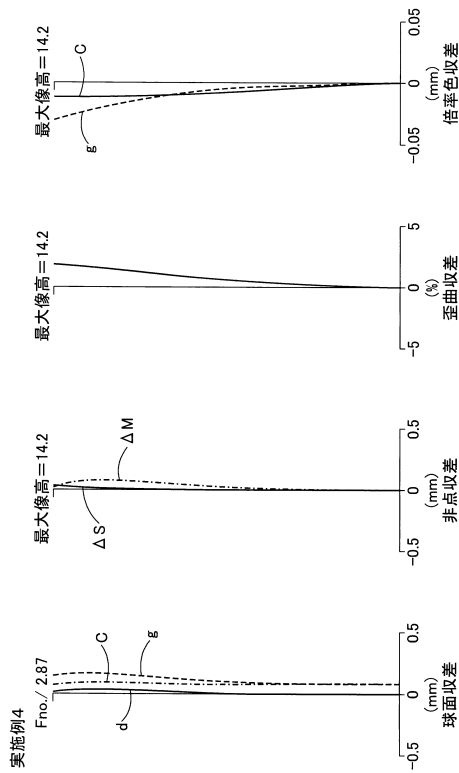
【図9】



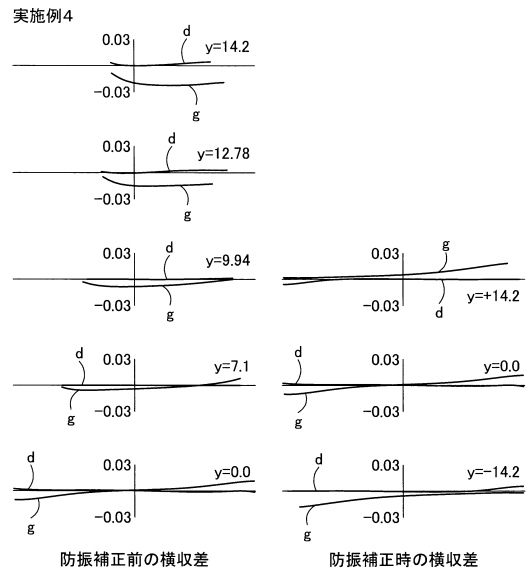
【図10】



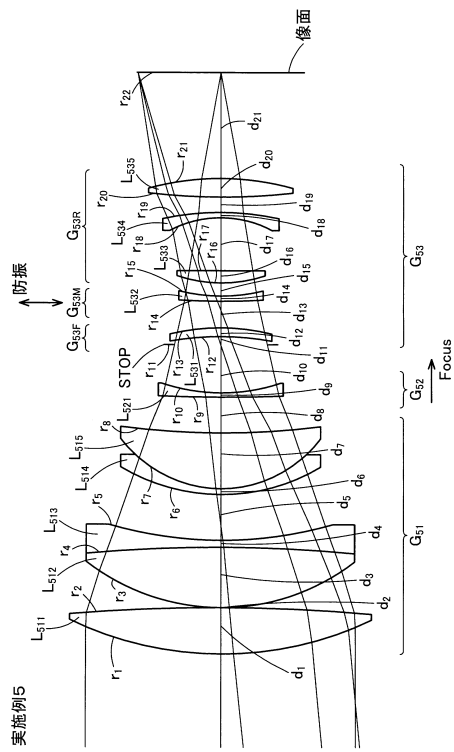
【図11】



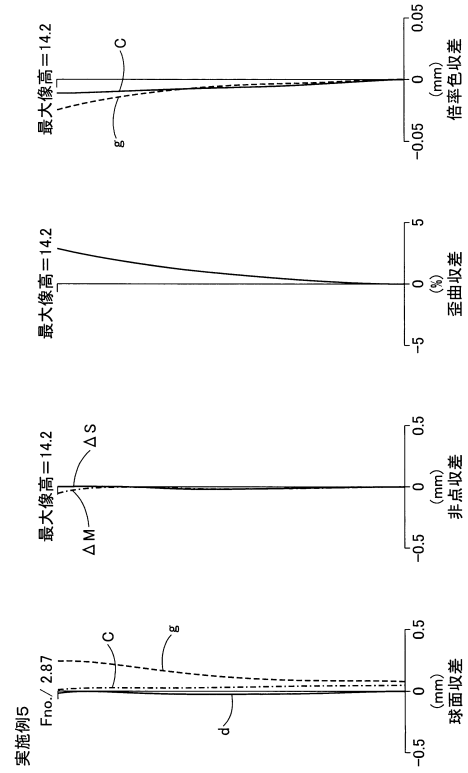
【図12】



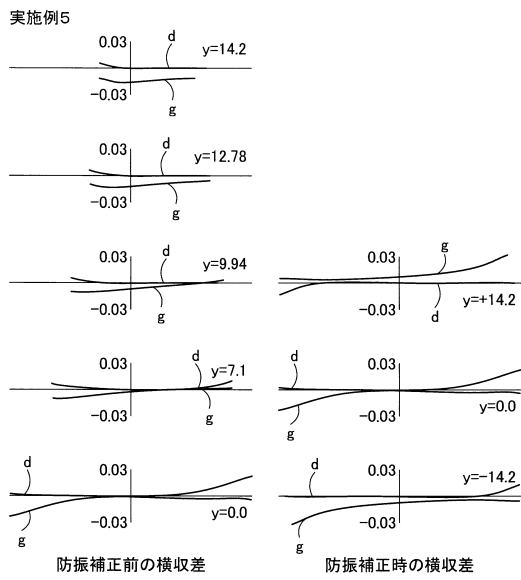
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-145832(JP,A)
特開2007-322986(JP,A)
特開2003-50348(JP,A)
特開昭58-75107(JP,A)
特開2009-271354(JP,A)
特開平10-197786(JP,A)
特許第3950571(JP,B2)

(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