

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6270342号
(P6270342)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 15/16	(2006.01) G02B 15/16
G02B 15/20	(2006.01) G02B 15/20
G02B 13/18	(2006.01) G02B 13/18
G03B 5/00	(2006.01) G03B 5/00 J

請求項の数 5 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2013-110439 (P2013-110439)
(22) 出願日	平成25年5月24日 (2013.5.24)
(65) 公開番号	特開2014-228811 (P2014-228811A)
(43) 公開日	平成26年12月8日 (2014.12.8)
審査請求日	平成28年4月25日 (2016.4.25)

(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	蒂金 靖彦 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

審査官 越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及び撮像装置

(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、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、負の屈折力を有する第4レンズ群、及び、負の屈折力を有する第5レンズ群から構成され、各レンズ群の間隔を変化させることにより変倍するズームレンズであって、

広角端から望遠端にかけて変倍する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が大きくなり、且つ、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動し、

全レンズ群のうち、絞りよりも像面側に配置された負レンズ群をフォーカス群とし、当該フォーカス群は最像面側面が像面に対して凹面であるメニスカス形状を呈した単一レンズブロックからなり、無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、当該フォーカス群を像面側へ移動することによってフォーカスし、

前記第3レンズ群は、単一レンズブロックからなる防振群を少なくとも備え、当該防振群を光軸に対して垂直方向に移動させることにより、手ぶれ補正を行い、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【数1】

$$-0.07 \leq m3/\sqrt{(f_w \times f_t)} \leq 0.07 \dots \dots \dots (1)$$

但し、

$m3$ ：像面基準で第3レンズ群の広角端から望遠端への移動距離（像側への移動をマイナスとする）

f_w ：広角端の焦点距離

f_t ：望遠端の焦点距離

10

【数2】

$$3.10 \leq r_{a4}/r_{b4} \leq 210.00 \dots \dots \dots (5)$$

但し、

r_{a4} ：フォーカスレンズ群の最物体側面の曲率半径

r_{b4} ：フォーカスレンズ群の最像面側面の曲率半径

20

$$\underline{-0.95 \quad r_{a3}/r_{b3} \quad -0.70 \dots \dots \dots (4b)}$$

但し、

r_{a3} ：防振群の最物体側面の曲率半径

r_{b3} ：防振群の最像面側面の曲率半径

【請求項2】

以下の条件式を満足する請求項1に記載のズームレンズ。

【数3】

$$1.00 \leq f_1/\sqrt{(f_w \times f_t)} \leq 2.10 \dots \dots \dots (2)$$

30

但し、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

【請求項3】

以下の条件式を満足する請求項1又は請求項2に記載のズームレンズ。

【数4】

$$1.30 \leq \beta_{4W} \times \beta_{5W} \leq 3.60 \dots \dots \dots (3)$$

但し、

40

β_{4W} ：第4レンズ群の広角端における横倍率

β_{5W} ：第5レンズ群の広角端における横倍率

【請求項4】

前記第5レンズ群は、最物体側面が物体側に対して凹面であるメニスカス形状の単一レンズブロックを少なくとも備え、

当該メニスカス形状の単一レンズブロックは負の焦点距離を持ち、以下の条件式を満足する請求項1～請求項3のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【数5】

$$0.00 < r_{a5}/r_{b5} \leq 3.00 \dots \dots \dots \quad (6)$$

但し、

r_{a5} ：前記メニスカス形状のレンズの最物体側面の曲率半径

r_{b5} ：前記メニスカス形状のレンズの最像面側面の曲率半径

【請求項5】

10

請求項1～請求項4のいずれか一項に記載のズームレンズと、その像面側に当該ズームレンズ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、ズームレンズ及び撮像装置に関し、特に小型軽量であり、且つ、手ぶれ補正機能を備えたズームレンズ及び撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

20

従来の一眼レフレックスカメラ用のズームレンズ等では、光学式ファインダーに関する光学要素等を配置するため、焦点距離に対して長いフランジバックを確保する必要性があった。そのため、ズームレンズを構成するレンズ群のうち像面側に配置される後方のレンズ群には、正の屈折力を有するレンズ群を配置してバックフォーカスを確保しやすいようなレンズ設計を行い、長いフランジバックを確保していた。しかしながら、近年では、撮像装置本体の小型化のため、また撮像装置本体の背面等に設けた液晶画面に表示されるライブビュー画像により撮像を行うデジタルスチルカメラ等の普及に伴い、光学式ファインダーを備えていない撮像装置が広く用いられるようになっている。このため、長いフランジバックを必要としないズームレンズも増えてきており、ズームレンズの小型化が求められている。また、このような小型のズームレンズにおいて、フォーカス群の小型化を図ったものや手振れ補正に必要な防振レンズを備えたものなど、動画撮影に適したズームレンズなどが提案されている。

30

【0003】

特に、動画撮影時等において、オートフォーカスを高速で連続して行うには、一部のレンズ群（フォーカス群）を光軸方向に高速で振動（ウォブリング）させながら、非合焦状態 合焦状態 非合焦状態を作り出し、撮像素子の出力信号から一部画像領域のある周波数帯の信号成分を検出して、合焦状態となるフォーカス群の最適位置を求め、その最適位置にフォーカス群を移動させるといった一連の動作を繰り返す方法が考えられる。このようなウォブリングを導入する場合、ズームレンズ設計においては、ウォブリング時に被写体に対応する画像の大きさが変化することに注意する必要がある。このようなフォーカス時の変倍作用は、ウォブリング時にフォーカス群が光軸方向に移動することにより、レンズ系全体の焦点距離が変化することに起因している。例えば、ライブビュー撮影を行う際に、ウォブリングによるこの変倍作用が大きい場合にはユーザに違和感を生じさせることになる。この違和感を軽減させる為には絞りよりも後方のレンズ群でフォーカスを行う事により効果がある事が知られている。また、ウォブリングを導入し、高速オートフォーカスを実現する為にはフォーカス群の小型・軽量化は必須の条件となる。

40

【0004】

このように、近年の撮像装置本体の小型化及びフランジバックの短縮化に合わせてズームレンズ自体の小型化が必要になる事はもとより、フォーカス群を高速に駆動させられるようにフォーカス群の外径を極力小さくすると共に、その軽量化を図る事が望まれている

50

。

【0005】

また、防振レンズ群においても同様に手ブレによる画像劣化の影響を軽減させると共に、防振駆動系の負荷を軽減させる為に、防振レンズ群も外径を小さく、そして軽くする事が望まれている。

【0006】

このような背景の下、例えば、特許文献1には、物体側から順に正負正負正の5群レンズからなる広角高倍率ズームレンズが提案されている。また、特許文献2には、コンパクトな高変倍率ズームレンズが記載されており、その実施例7では正負正負負の光学系が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第3958489号公報

【特許文献2】特許第2773131号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、従来、光学像を受光して電気的な画像信号に変換する固体撮像素子においては、オンチップマイクロレンズ等で入射光の効率的な取り込みをする為の制限があり、その為レンズ側で射出瞳をある一定以上大きくして固体撮像素子への入射光束のテレセントリック性を確保する事が望まれていた。しかしながら、近年の固体撮像素子では開口率の向上やオンチップマイクロレンズの設計自由度の進歩があり、レンズ側に求められる射出瞳の制限も少なくなってきた。その為、従来においては、ズームレンズの後方に正の屈折力を有するレンズ群を配置し、テレセントリック性を確保する為の各種提案が行われてきたが、近年はその限りではなくなってきている。このため、ズームレンズの後方に負の屈折力を有するレンズ群を配置して固体撮像素子に対する光束の斜入射があった場合でもオンチップマイクロレンズとの瞳のミスマッチ等での周辺減光（シェーディング）が目立つにくくなってきた。また、歪曲収差がある程度大きく、従来であれば目立つものであったとしても、ソフトウェアやカメラシステムの進歩、向上に伴い、画像処理により補正する事も可能になってきている。

20

【0009】

上記特許文献1に記載のズームレンズでは、テレセントリック性を持たせながら歪曲収差を含めた諸収差を良好に補正する事に注力している。このため、上述したように、ズームレンズの後方に正の屈折力を有するレンズ群を配置していることから、例えば、物体側から順に正負正負の5群レンズからなり歪曲収差を意図的に残存させた場合と比較すると、この特許文献1に記載のズームレンズ光学系は十分に小型化ができているとは言えない。また、フランジバックも従来の一眼レフレックスカメラ用に使用される前提で設計がなされており、ズームレンズ全長に対するバックフォーカスが長く設定されている面でも全長が長くなっている。

30

【0010】

また、特許文献2に記載のズームレンズは、光学系自体はコンパクトであるが、フィルムカメラに適した光学系に関する発明であり、近年の動画撮影に対応させたフォーカス群の規定や防振光学系の配置がなされたものではない。

40

【0011】

そこで、本件発明の課題は、全体として小型で、ウォブリングによる撮影倍率の変化を小さく保ち、特にフォーカス群のレンズ系を軽量化してフォーカス駆動系の負荷を減少させる事が可能なズームレンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

50

本発明者等は、鋭意研究を行った結果、以下のズームレンズを採用することで上記課題を達成するに到った。

【0013】

本件発明に係るズームレンズは、物体側から順に、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、負の屈折力を有する第4レンズ群、及び、負の屈折力を有する第5レンズ群を備え、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動し、全レンズ群のうち、絞りよりも像面側に配置された負レンズ群をフォーカス群とし、当該フォーカス群は最像面側面が像面に対して凹面であるメニスカス形状を呈した単一レンズプロックからなり、無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、当該フォーカス群を像面側へ移動することによってフォーカスし、以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0014】

【数1】

$$-0.07 \leq m_3 / \sqrt{f_w \times f_t} \leq 0.07 \dots \dots \dots (1)$$

但し、

m_3 ：像面基準で第3レンズ群の広角端から望遠端への移動距離（像側への移動をマイナスとする）

f_w ：広角端の焦点距離

f_t ：望遠端の焦点距離

10

【0015】

【数2】

$$3.10 \leq r_{a4} / r_{b4} \leq 210.00 \dots \dots \dots (5)$$

但し、

r_{a4} ：フォーカスレンズ群の最物体側面の曲率半径

r_{b4} ：フォーカスレンズ群の最像面側面の曲率半径

20

30

【0016】

本件発明に係るズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0017】

【数3】

$$1.00 \leq f_1 / \sqrt{f_w \times f_t} \leq 2.10 \dots \dots \dots (2)$$

但し、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

40

【0018】

本件発明に係るズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0019】

【数4】

$$1.30 \leq \beta_{4W} \times \beta_{5W} \leq 3.60 \dots \dots \dots \quad (3)$$

但し、

β_{4W} ：第4レンズ群の広角端における横倍率

β_{5W} ：第5レンズ群の広角端における横倍率

【0020】

本件発明に係るズームレンズにおいて、前記第3レンズ群は、単一レンズブロックからなる防振群を少なくとも備え、当該防振群を光軸に対して垂直方向に移動させることにより、手ぶれ補正を行い、以下の条件式を満足することが好ましい。 10

【0021】

【数5】

$$-1.20 \leq r_{a3} / r_{b3} \leq -0.40 \dots \dots \dots \quad (4)$$

但し、

r_{a3} ：防振群の最物体側面の曲率半径

r_{b3} ：防振群の最像面側面の曲率半径 20

【0022】

本件発明に係るズームレンズにおいて、前記第5レンズ群は、最物体側の面が物体側に対して凹面であるメニスカス形状の単一レンズブロックを少なくとも備え、当該メニスカス形状の単一レンズブロックは負の焦点距離を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。 20

【0023】

【数6】

$$0.00 < r_{a5} / r_{b5} \leq 3.00 \dots \dots \dots \quad (6)$$

30

但し、

r_{a5} ：前記メニスカス形状のレンズの最物体側面の曲率半径

r_{b5} ：前記メニスカス形状のレンズの最像面側面の曲率半径

【0024】

本件発明に係る撮像装置は、上記記載のズームレンズと、その像面側に当該ズームレンズ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。 40

【発明の効果】

【0025】

本件発明によれば、全体として小型で、ウォーリングによる撮影倍率の変化を小さく保ち、特にフォーカス群のレンズ系を軽量化してフォーカス駆動系の負荷を減少させる事が可能なズームレンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本件発明の実施例1のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。上段が広角端におけるレンズ構成図であり、下段が望遠端におけるレンズ構成図である。

【図2】本件発明の実施例1のズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の球面収 50

差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図3】本件発明の実施例1のズームレンズの中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図4】本件発明の実施例1のズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図5】本件発明の実施例1のズームレンズの望遠端状態における横収差図である。

【図6】本件発明の実施例2のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。上段が広角端におけるレンズ構成図であり、下段が望遠端におけるレンズ構成図である。

【図7】本件発明の実施例2のズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。 10

【図8】本件発明の実施例2のズームレンズの中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図9】本件発明の実施例2のズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図10】本件発明の実施例2のズームレンズの望遠端状態における横収差図である。

【図11】本件発明の実施例3のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。上段が広角端におけるレンズ構成図であり、下段が望遠端におけるレンズ構成図である。

【図12】本件発明の実施例3のズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。 20

【図13】本件発明の実施例3のズームレンズの中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図14】本件発明の実施例3のズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図15】本件発明の実施例3のズームレンズの望遠端状態における横収差図である。

【図16】本件発明の実施例4のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。上段が広角端におけるレンズ構成図であり、下段が望遠端におけるレンズ構成図である。

【図17】本件発明の実施例4のズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。 30

【図18】本件発明の実施例4の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図19】本件発明の実施例4のズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図20】本件発明の実施例4のズームレンズの望遠端状態における横収差図である。

【図21】本件発明の実施例5のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。上段が広角端におけるレンズ構成図であり、下段が望遠端におけるレンズ構成図である。

【図22】本件発明の実施例5のズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。 40

【図23】本件発明の実施例5の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図24】本件発明の実施例5のズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図である。

【図25】本件発明の実施例5のズームレンズの望遠端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】

【0027】

以下、本件発明に係るズームレンズ及び撮像装置の実施の形態を説明する。

【0028】

1. ズームレンズ

1 - 1. 光学系の構成

まず、本件発明に係るズームレンズの光学系の構成と動作について説明する。本件発明に係るズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力 50

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、負の屈折力を有する第4レンズ群、及び、負の屈折力を有する第5レンズ群を備え、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動し、全レンズ群のうち、絞りよりも像面側に配置された負レンズ群をフォーカス群とし、当該フォーカス群は最像面側面が像面に対して凹面であるメニスカス形状を呈した単一レンズブロックからなり、無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、当該フォーカス群を像面側へ移動することによってフォーカスする。

【0029】

本件発明に係るズームレンズは、いわゆるテレフォトタイプのズームレンズであり、上記第1レンズ群～第3レンズ群は全体として正の屈折力を有する物体側群であり、第4レンズ群～第5レンズ群は全体として負の屈折力を有する像面側群である。本件発明では、テレフォトタイプのズームレンズとすることにより、当該ズームレンズの望遠端における焦点距離よりも当該ズームレンズの望遠端における光学全長を短縮することができる。このため、例えば、35mmフィルム換算で焦点距離300mm超等に変倍率を高くしたときも望遠端における光学全長の増加を抑制することができる。

10

【0030】

また、本件発明では、上記のとおりテレフォトタイプのズームレンズとすると共に、像面側群を負の屈折力を有する第4レンズ群及び第5レンズ群を少なくとも備える構成としている。このため、従来の正負正負正の5群構成のズームレンズと比較すると、像面側群における全体の負の屈折力を強くすることが容易になる。つまり、よりテレフォト傾向の強いズームレンズとすることが容易になるため、変倍率を高くしたときも望遠端における焦点距離に対して望遠端における光学全長をより短縮することが可能になる。

20

【0031】

ここで、ズームレンズは、一般に、鏡筒（最外筒）内に1以上の内筒が入れ子式に収容されている。内筒は、変倍率に応じて物体側に繰り出される。望遠端と広角端とにおける光学全長の差が大きくなると、内筒収納時の鏡筒全長を短くするために、最外筒内に複数の内筒を収容させることが行われる。しかしながら、最外筒内に複数の内筒を収容させると、内筒の厚みの分だけ最外筒の径が大きくなる。そこで、本件発明では、上述のとおりよりテレフォト傾向の強いズームレンズとすることにより、変倍率を高くした場合であっても、望遠端における光学全長の増加を抑制することが可能であるため、最外筒内に収容される内筒の数の増加を抑制することができる。このため、本件発明によれば、望遠端における光学全長だけではなく、鏡筒の外径についても小型化を図ることができる。

30

【0032】

1 - 2 . 動作

次に、上記構成のズームレンズにおけるフォーカシング及びズーミングについて順に説明する。

【0033】

(1) フォーカシング（合焦動作）

まず、フォーカシングについて説明する。本件発明に係るズームレンズは、上記のとおり、全レンズ群のうち、絞りよりも像面側に配置された負レンズ群をフォーカス群とし、無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、当該フォーカス群を像面側へ移動することによってフォーカスする。絞りよりも像面側に配置された負レンズ群をフォーカス群とし、これを像面側に移動させることにより、フォーカスの際にウォブリングに起因して変倍作用が生じるのを抑制することができる。

40

【0034】

また、絞りよりも像面側に配置された負レンズ群を、つまり、比較的径の小さいズームレンズ後方のレンズ群をフォーカス群とすることにより、フォーカス群のレンズ系を軽量化してフォーカス駆動系の負荷を減少させる事ができるため、高速オートフォーカスを実現することができる。この際、フォーカス群の軽量化を図り、より一層高速のオートフォ

50

一カスを実現するという観点から、本件発明では、当該フォーカス群を上記単一レンズブロックから構成する。ここで、単一レンズブロックは、単レンズであってもよいし、複数のレンズを接合した接合レンズであってもよい（以下、同じである）。

【0035】

なお、絞り（開口絞り）の位置は第2レンズ群よりも像面側に配置することが一般的であり、本件発明においても第2レンズ群よりも像面側に配置されるものとするが、具体的な絞りの位置は特に限定されるものではなく、要求される光学特性等に応じて、適宜適切な位置に配置することができる。また、フォーカス群に関しては、絞りよりも像面側に配置される負の屈折力を有するレンズ群であれば、いずれのレンズ群であってもよい。例えば、第2レンズ群よりも像面側であって第4レンズ群よりも物体側に絞りを配置すると共に、第4レンズ群又は第5レンズ群のいずれかをフォーカス群とすることが好ましい。いずれの負レンズ群をフォーカス群とするかは、当該ズームレンズの具体的なレンズ構成等に応じて、適宜選択することができる。

【0036】

ここで、テレフォト傾向の強いズームレンズとするには、上記のとおり、像面側群の負の屈折力を強くすることが求められる。従来、テレフォトタイプのズームレンズでは、第4レンズ群の屈折力を負、第5レンズ群の屈折力を正とすることが一般的に行われていた。これは上述したとおり、テレセントリック性を確保する必要性等のためである。しかしながら、第4レンズ群をフォーカス群としたとき、第4レンズ群に強い屈折力を持たせると、フォーカシングを行う間に第4レンズ群を光軸方向に振動させた場合、このウォブリングに伴い収差変動や変倍作用が生じる。そこで、本件発明では、像面側群を構成する第4レンズ群及び第5レンズ群にそれぞれ負の屈折力を配分することによりテレフォト傾向の強いズームレンズとすると共に、像面側群を構成する負レンズ群をフォーカス群とした場合にも合焦時の収差変動や変倍作用を抑制することができる。例えば、ミラーレス一眼カメラ等の光学式ファインダーを備えていない撮像装置等では、ユーザは装置本体の背面に設けられた液晶画面等に表示されるライブビュー画像等により画像を確認しながら撮像を行う。このとき、本件発明に係るズームレンズを用いれば、合焦の間も変倍等を抑制しながら結像性能の高い画像をライブビュー画像として表示することができる。従って、本件発明に係るズームレンズは、ミラーレス一眼カメラ等の撮像装置に好適に用いることができる。

【0037】

（2）ズーミング（変倍動作）

次に、ズーミングについて説明する。本件発明に係るズームレンズでは、上述のとおり広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動すれば、各レンズ群の具体的な動作は特に限定されるものではない。しかしながら、収差補正の自由度を向上させ、ズーム全域において高い結像性能を得るという観点から、変倍時に第1レンズ群～第5レンズ群の各レンズ群間の間隔をそれぞれ変化させるように、各レンズ群を相対的に移動させることができ。変倍時に各レンズ群間の間隔をそれぞれ変化させることにより、各変倍率において各レンズ群の位置を収差補正上好ましい位置に調整することが容易になるためである。このとき、変倍時に全レンズ群をそれぞれ別個に移動させることにより、各レンズ群間の間隔を変化させてもよいし、全レンズ群のうち一部のレンズ群を一体に移動させ、残りのレンズ群を別個に移動させてもよい。また、全レンズ群を全て移動群とするのではなく、一部のレンズ群を固定群としてもよい。

【0038】

（3）防振動作

上記構成のズームレンズにおいて、本件発明では、第3レンズ群を、単一レンズブロックからなる防振群を設け、当該防振群を光軸に対して垂直方向に移動させることにより、手ぶれ補正を行うことができるよう構成されていることが好ましい。防振群を第3レンズ群に配置し、当該防振群を単一レンズブロックにより構成することにより、防振群の小

10

20

30

40

50

型・軽量化を図ることができるため、防振駆動系の負荷を減少させることができる。

【0039】

以上説明した本件発明に係るズームレンズは、本件発明に係るズームレンズの一態様であり、本件発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜、その具体的なレンズ構成等を変更してもよいのは勿論である。

【0040】

1 - 3 . 条件式

次に、本件発明に係るズームレンズが満足すべき、或いは、満足することが好ましい条件式について説明する。本件発明に係るズームレンズは、下記条件式(1)及び後述する条件式(5)を満足することを特徴とし、後述する条件式(2)～条件式(4)及び条件式(6)を満足することが好ましい。

【0041】

【数7】

$$-0.07 \leq m3 / \sqrt{(f_w \times f_t)} \leq 0.07 \dots \dots \dots (1)$$

但し、

$m3$ ：像面基準で第3レンズ群の広角端から望遠端への移動距離（像側への移動をマイナスとする）

f_w ：広角端の焦点距離

f_t ：望遠端の焦点距離

10

20

【0042】

1 - 3 - 1 . 条件式(1)

まず、条件式(1)について説明する。条件式(1)はレンズ系全体の実効焦点距離に対する第3レンズ群の移動距離を規定したものである。物体側より順に正負正の群を具備したズームレンズ光学系にて、変倍比を増やす為に広角端よりも望遠端で正の第3レンズ群を物体側に移動させる事が良く知られているが、変倍時に光学的絞りを第3レンズ群と共に移動する場合、望遠端でのFナンバーが暗くなるという問題点がある。また、暗くならないように光学的絞りの開口径を大きくする事も考えられるが、光学的絞り近傍の有効径が大きくなる為に望ましくない。本件発明では、上述したように相対偏芯等の影響で組立後に設計性能に対する性能劣化を小さくするため、またメカの構成を簡易にする為に変倍群の構成としては、変倍時に第3レンズ群と第5レンズ群は同一の軌跡で移動する構成についても提案している。この場合、第3レンズ群から第5レンズ群が一つのグループとしてカム等で変倍時に移動する事となるが、重量が重くなり移動させる負荷が大きくなる事を軽減させる為に移動量を小さく取る事が望まれている。そこで、条件式(1)は上記問題を解決する為に第3レンズ群の移動量が大きくなりすぎないように規定している。

30

【0043】

上記観点から、条件式(1)に関して、その数値は下記の(1a)の範囲内であることが好ましく、(1b)の範囲内であることがさらに好ましい。

【0044】

$$-0.05 \leq m3 / (f_w \times f_t) \leq 0.05 \dots \dots \dots (1a)$$

$$-0.03 \leq m3 / (f_w \times f_t) \leq 0.03 \dots \dots \dots (1b)$$

40

【0045】

1 - 3 - 2 . 条件式(2)

次に、条件式(2)について説明する。本件発明に係るズームレンズは、下記条件式(2)を満足することが好ましい。

【0046】

【数8】

$$1.00 \leq f_1 / \sqrt{f_w \times f_t} \leq 2.10 \dots \dots \dots \quad (2)$$

但し、

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

【0047】

条件式(2)は、当該ズームレンズの光学系全体の実効焦点距離に対する第1レンズ群の焦点距離を規定したものである。条件式(2)に関して、当該数値がその下限値を下回る場合、第1レンズ群の屈折力が強いため、相対偏芯等の影響で組立後に設計性能に対する性能劣化が大きくなる恐れがある。また、当該数値がその上限値を上回る場合、第1レンズ群の屈折力が弱いため、特に望遠端状態における光学全長を短縮することが困難となる。

10

【0048】

これらの観点から、条件式(2)に関して、当該数値は下記の(2a)の範囲内であることが好ましく、(2b)の範囲内であることがさらに好ましい。

【0049】

1.10	$f_1 / (f_w \times f_t)$	1.90	$\dots \dots \dots$	(2a)
1.20	$f_1 / (f_w \times f_t)$	1.70	$\dots \dots \dots$	(2b)

20

【0050】

1-3-3. 条件式(3)

次に、条件式(3)について説明する。本件発明に係るズームレンズは、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

【0051】

【数9】

$$1.30 \leq \beta_{4W} \times \beta_{5W} \leq 3.60 \dots \dots \dots \quad (3)$$

但し、

30

β_{4W} : 第4レンズ群の広角端における横倍率

β_{5W} : 第5レンズ群の広角端における横倍率

【0052】

上記条件式(3)は第4レンズ群の広角端における横倍率と第5レンズ群の広角端における横倍率の積を規定したものである。条件式(3)に関して、当該数値がその下限値を下回ると第1レンズ群から第3レンズ群までの焦点距離を短くする事が困難となり、結果として広角端状態における光学全長を短縮することが困難になる。また、当該数値がその上限値を上回る場合、第4レンズ群及び第5レンズ群の横倍率が大きく屈折力が強くなる為に、相対偏芯等の影響で組立後に設計性能に対する性能劣化が大きくなる。

40

【0053】

これらの観点から、条件式(3)に関して、当該数値は下記の(3a)の範囲内であることが好ましく、(3b)の範囲内であることがさらに好ましい。

【0054】

1.40	$4W \times 5W$	3.30	$\dots \dots \dots$	(3a)
1.50	$4W \times 5W$	3.00	$\dots \dots \dots$	(3b)

【0055】

1-3-4. 条件式(4)

次に、条件式(4)について説明する。本件発明に係るズームレンズにおいて、第3レンズ群が上記防振群を備える場合、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。なお

50

、この場合において、防振群は上述したとおり、単一のレンズブロックにより構成されており、光軸方向に対して垂直に移動することにより手ぶれ補正を行うものであり、第3レンズ群の一部を構成するものであることが好ましい。

【0056】

【数10】

$$-1.20 \leq r_{a3}/r_{b3} \leq -0.40 \quad \dots \quad (4)$$

但し、

r_{a3} ：防振群の最物体側面の曲率半径

10

r_{b3} ：防振群の最像面側面の曲率半径

【0057】

上記条件式(4)は防振群の最物体側面の曲率半径と防振群の最像面側面の曲率半径の比を規定したものである。条件式(4)に関して、その数値が下限値を下回ると、防振群の屈折力が強いため、防振群を偏芯させた際の偏心コマ収差、偏心非点収差が増大するため好ましくない。また、この数値が上限値を上回ると、防振群の屈折力が弱いため、防振群のストロークが大きくなり、鏡筒の外径が大きくなると共に、防振群の駆動高速化が困難になる。

【0058】

20

これらの観点から、条件式(4)に関して、当該数値は下記の(4a)の範囲内であることが好ましく、(4b)の範囲内であることがさらに好ましい。

【0059】

$$-1.10 \leq r_{a3}/r_{b3} \leq -0.50 \quad \dots \quad (4a)$$

$$-0.95 \leq r_{a3}/r_{b3} \leq -0.70 \quad \dots \quad (4b)$$

【0060】

1-3-5. 条件式(5)

次に、条件式(5)について説明する。本件発明に係るズームレンズにおいては、上述のとおり、高速オートフォーカスの実現、当該ズームレンズの小型軽量化等の観点から、上記フォーカス群を単一レンズブロックから構成する。このとき、当該単一レンズブロックを像面側に凹を向けたメニスカス形状を呈する単レンズ又は接合レンズであるものとし、この場合、当該フォーカス群は以下の条件式を満足する。

30

【0061】

【数11】

$$3.10 \leq r_{a4}/r_{b4} \leq 210.00 \quad \dots \quad (5)$$

但し、

r_{a4} ：フォーカスレンズ群の最物体側面の曲率半径

40

r_{b4} ：フォーカスレンズ群の最像面側面の曲率半径

【0062】

上記条件式(5)はフォーカス群をメニスカス形状を呈する単一レンズブロックから構成したときに、その最物体側面の曲率半径とフォーカス群の最像面側面の曲率半径の比を規定したものである。条件式(5)に関して、その数値が下限値を下回ると、フォーカス群の屈折力が弱くなり、無限遠物体から最至近物体へのフォーカストロークが大きくなるため、光学全長が長くなり、当該ズームレンズの小型化を図る上で好ましくない。また、この数値が上限値を上回ると、フォーカス群の屈折力が強くなり、フォーカス群の光軸上の移動に対する感度、すなわちピント敏感度が高くなりフォーカス駆動系の制御が困難

50

になるため好ましくない。

【0063】

これらの観点から、条件式(5)に関して、当該数値は下記の(5a)の範囲内であることが好ましく、(5b)の範囲内であることがさらに好ましい。

【0064】

3.30	$r_a 4 / r_b 4$	190.00	· · · · · (5a)
3.50	$r_a 4 / r_b 4$	170.00	· · · · · (5b)

【0065】

1 - 3 - 6. 条件式(6)

次に、条件式(6)について説明する。条件式(6)は第5レンズ群に関する式である。本件発明に係るズームレンズにおいて、上記第5レンズ群は、物体側面が凹面であるメニスカス形状を有する単一レンズブロックを備えることが好ましい。この場合、当該メニスカス形状の単一レンズブロックは負の焦点距離を持ち、以下の条件式(6)を満足することが好ましい。

【0066】

【数6】

$$0.00 < r_a 5 / r_b 5 \leq 3.00 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (6)$$

但し、

$r_a 5$: 前記メニスカス形状のレンズの最物体側面の曲率半径

$r_b 5$: 前記メニスカス形状のレンズの最像面側面の曲率半径

【0067】

上記条件式(6)は、第5レンズ群が最物体側の面が物体側に対して凹面であるメニスカス形状の単一レンズブロックから構成される負レンズを備える場合、その最物体側面の曲率半径と最像面側面の曲率半径の比を規定するものである。条件式(6)に関して、その数値が下限値を下回ると、両面が凹面の負レンズとなる。このため、最像面側面は、像面側に凹を向けた形状となり像面との多重反射によるゴーストの照度が高くなるため好ましくない。また、この数値が上限値を上回ると、当該負レンズの屈折力が強くなるため、非点収差や像面湾曲等の諸収差が増大しそれを補正するには、第5レンズ群を構成するレンズ枚数が増えるため、光学全長の短縮が困難になる。

【0068】

これらの観点から、条件式(6)に関して、当該数値は下記の(6a)の範囲内であることが好ましく、(6b)の範囲内であることがさらに好ましい。

【0069】

0.01	$r_a 5 / r_b 5$	2.60	· · · · · (6a)
0.02	$r_a 5 / r_b 5$	2.20	· · · · · (6b)

【0070】

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、上記ズームレンズと、その像面側に当該ズームレンズ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い。しかしながら、上述したとおり、本件発明に係るズームレンズのフランジバックは短くすることができるため、当該ズームレンズは、光学式ファインダーやレフレックスミラ-等を備えていないタイプの撮像装置に好適である。特に、本件発明に係るズームレンズは小型で高い変倍率を実現することができるため、いわゆるミラーレス一眼カメラ等の小型の固体撮像素子を搭載した小型の撮像装置とすることが好ましい。また、本件発明においては、動画撮影においても高速オートフォーカスを実現することができるため、動画撮影が

10

20

30

40

50

可能な撮像装置に適用することも好ましい。

【0071】

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く、下記実施例に記載するレンズ構成は本件発明の一例に過ぎず、本件発明に係るズームレンズのレンズ構成は本件発明の趣旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能であるのは勿論である。

【0072】

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。

【実施例1】

10

【0073】

本発明によるズームレンズの実施例を図面を参照して説明する。図1は、本実施例1のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。上段が広角端状態におけるレンズ構成図であり、下段が望遠端状態におけるレンズ構成図である。

【0074】

まず、実施例1のズームレンズの光学系を図面を参照して説明する。図1は、本実施例1のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。実施例1のズームレンズは、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、負の屈折力を有する第4レンズ群G4、負の屈折力を有する第5レンズ群G5を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に絞りSが配置されている。また、第3レンズ群は、単正レンズから構成される防振群VCを有し、第4レンズ群G4は像面側が凹面のメニスカス形状を呈する正レンズと負レンズとを接合した接合レンズから構成されており、第4レンズ群G4がフォーカス群Fとして機能する。さらに、第5レンズ群の最も物体側には、物体側面が凹面のメニスカスレンズが配置されている。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。

20

【0075】

本実施例1のズームレンズでは、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3及び第5レンズ群G5は像面に対して固定であり、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が小さくなるように他のレンズ群(G2、G4)が移動する。また、無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、第4レンズ群が像面側に移動する。

30

【0076】

望遠端における手ぶれ補正状態での防振群VCの光軸に対して垂直方向への移動量は0.328mmである。撮影距離がで望遠端において、ズームレンズ系が0.3°だけ傾いた場合の像偏心量は、防振群が光軸と垂直な方向に平行移動したときの像偏心量に等しい。なお、各実施例2～実施例9のズームレンズについても、各防振群の光軸に対して垂直方向への移動量と、ズームレンズ系が0.3°だけ傾いた場合の上記像偏心量は等しい。

【0077】

図2～図4に、本実施例1のズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図をそれぞれ示す。各縦収差図は、それぞれ左側から順に球面収差(SA(mm))、非点収差(AST(mm))、歪曲収差(DIS(%))を示す。球面収差図において、縦軸はFナンバー(図中、FNOで示す)を表し、実線はd線(d-line)、短破線はF線(F-line)、長破線はC線(C-line)の特性である。非点収差図において、縦軸は画角(図中、で示す)を表し、実線はサジタル平面(図中、Sで示す)、破線はメリディオナル平面(図中、Mで示す)の特性である。歪曲収差図において、縦軸は画角(図中、で示す)を表す。なお、これらは図7～図9、図12～図14、図17～図19、図22～図24においても同じである。

40

【0078】

50

また、図5は、実施例1のズームレンズの望遠端における横収差図である。図5に示す各横収差図において、図面に向かって左側に位置する3つの収差図は、望遠端における手振れ補正を行っていない基本状態に対応する。また、図面に向かって右側に位置する3つの収差図は、防振群（手振れ補正光学系）を光軸と垂直な方向に所定量移動させた望遠端における手振れ補正状態に対応する。なお、これらは図5、図10、図15、図20及び図25においても同じである。

【0079】

基本状態の各横収差図のうち、上段は最大像高の70%の像点における横収差、中段は軸上像点における横収差、下段は最大像高の-70%の像点における横収差に、それぞれ対応する。手振れ補正状態の各横収差図のうち、上段は最大像高の70%の像点における横収差、中段は軸上像点における横収差、下段は最大像高の-70%の像点における横収差に、それぞれ対応する。また各横収差図において、横軸は瞳面上での主光線からの距離を表し、実線はd線（d-line）、短破線はF線（F-line）、長破線はC線（C-line）の特性である。

【0080】

図5から明らかなように、軸上像点における横収差の対称性は良好であることがわかる。また、+70%像点における横収差と-70%像点における横収差とを基本状態で比較すると、いずれも湾曲度が小さく、収差曲線の傾斜がほぼ等しいことから、偏心コマ収差、偏心非点収差が小さいことがわかる。このことは、手振れ補正状態であっても充分な結像性能が得られていることを意味している。ズームレンズ系の手振れ補正角が同じ場合には、ズームレンズ系全体の焦点距離が短くなるにつれて、手振れ補正に必要な平行移動量が減少する。したがって、いずれのズーム位置であっても、0.3°までの手振れ補正角に対して、結像特性を低下させることなく充分な手振れ補正を行うことが可能である。また、望遠端での手振れ補正光学系の平行移動量を広角端及び中間焦点位置状態に適用することで手振れ補正角度を0.3°よりも更に大きく取ることも可能である。これらの点は、後述する実施例2～実施例9についても同様である。

【0081】

次に、当該本実施例1において、具体的な数値を適用した数値実施例1のレンズデータを表1に示す。表1に示すレンズデータは次のものである。「面NO.」は、レンズの面番号であり、物体側から数えたレンズ面の順番を示す。「r」はレンズ面の曲率半径を示し、「d」はレンズ厚又は、互いに隣接するレンズ面の光軸上の間隔を示し、「Nd」はd線（波長=587.6nm）に対する屈折率を示し、「d」はd線（波長=587.6nm）に対するアッベ数を示している。また、レンズ面が非球面である場合には、面番号の後に「*（アスタリスク）」を付して曲率半径「r」の欄には近軸曲率半径を示している。

【0082】

また、当該実施例1のズームレンズ系において、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態におけるFナンバー（FNO.）、全系の焦点距離（f）、半画角（（°））は以下のとおりである。なお、下記式において、右側から順に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における各数値をハイフン（-）を介して示している。

【0083】

FNO. =	4.12	-	4.12	-	4.12
f =	18.36	-	43.50	-	102.77
	= 38.81	-	16.39	-	6.92

【0084】

10

20

30

40

【表1】

面NO.	r	d	Nd	vd	
1	138.108	1.500	1.9229	20.88	
2	66.033	8.302	1.4970	81.61	
3	-256.58	0.200			
4	52.015	4.799	1.8810	40.14	
5	166.297	d5			
6*	-1036.4	0.200	1.5146	49.96	
7	994.17	0.700	2.0010	29.13	
8	19.674	4.203			
9	-36.371	0.700	2.0006	25.46	
10	124.076	0.200			
11	42.187	3.926	1.9459	17.98	
12	-30.137	0.971			
13	-20.346	0.700	1.7725	49.62	
14	-37597	d14			
15	INF	1.000			(開口絞り)
16	17.031	4.958	1.4970	81.61	
17	-19.586	0.700	1.8810	40.14	
18	INF	0.500			
19*	32.656	3.388	1.4971	81.56	
20*	-43.566	0.800			
21*	49.526	3.969	1.4971	81.56	
22*	-20.415	d22			
23	87.354	1.970	1.8467	23.78	
24	-31.022	0.600	1.8042	46.5	
25	14.904	d25			
26	-44.937	1.000	2.0010	29.13	
27	27.322	4.988	1.6226	58.16	
28*	-21.872	15.993			
29	INF	2.000	1.5168	64.2	
30	INF	1.000			

*は非球面。

【0085】

10

20

30

40

【表2】

面NO.	k	A4	A6	A8	A10
6	0.0000E+00	7.3213E-06	2.3331E-08	-2.1365E-10	1.6028E-12
19	0.0000E+00	-2.1583E-05	-3.3715E-08	8.2591E-10	-2.7701E-11
20	0.0000E+00	3.4332E-06	-1.0498E-07	1.6658E-09	-3.0867E-11
21	0.0000E+00	-8.0365E-05	-2.4170E-07	-3.1409E-09	5.2437E-11
22	0.0000E+00	7.4867E-06	-2.1834E-07	-1.5058E-09	3.8798E-11
28	0.0000E+00	1.8214E-05	-3.9548E-08	6.3045E-10	-3.0935E-12

10

【0086】

【表3】

f	18.36	43.50	102.77
d5	1.415	21.005	35.052
d14	35.137	15.547	1.500
d22	2.001	6.086	11.413
d25	16.196	12.111	6.784

20

【実施例2】

【0087】

次に、実施例2のズームレンズの光学系を図面を参照して説明する。図6は、本実施例2のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。実施例2のズームレンズは、実施例1のズームレンズと略同様の構成を有し、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、負の屈折力を有する第4レンズ群G4、負の屈折力を有する第5レンズ群G5を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に絞りSが配置されている。また、第3レンズ群は、単正レンズから構成される防振群VCを有し、第4レンズ群G4は像面側が凹面の単負レンズから構成されており、第4レンズ群G4がフォーカス群Fとして機能する。さらに、第5レンズ群の最も物体側には、物体側面が凹面のメニスカスレンズが配置されている。なお、各レンズ群の具体的なレンズ構成は図6に示すとおりである。また、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動する。変倍時において、第3レンズ群G3と第5レンズ群とが同一の軌跡で移動する。無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、第4レンズ群G4が像面側に移動する。望遠端における手ぶれ補正状態での防振群VCの光軸に対して垂直方向への移動量は0.430mmである。

30

【0088】

図7～図9に、本実施例2のズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図をそれぞれ示す。図10は望遠端における横収差図である。表4～表6は具体的な数値を適用した数値実施例6のレンズデータであり、表1～表3に示す数値データと同様であるため、各表に関する説明は省略する。

40

【0089】

また、当該実施例2のズームレンズ系において、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠

50

端状態におけるFナンバー(FNO.)、全系の焦点距離(f)、半画角((°))は以下のとおりである。なお、下記式において、右側から順に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における各数値をハイフン(-)を介して示している。

【0090】

FNO.	=	4	.	1	2	-	4	.	1	2	-	4	.	1	2					
f	=	7	2	.	0	9	-	1	1	9	.	9	5	-	2	0	3	.	4	4
	=	1	0	.	9	7	-	6	.	4	8	-	3	.	8	2				

【0091】

【表4】

面NO.	r	d	Nd	vd	
1	142.791	2.944	1.5168	64.2	
2	422.646	0.200			
3	112.717	1.500	1.7234	37.99	
4	61.198	6.903	1.4970	81.61	
5	-582.03	d5			
6	612.697	1.000	1.8340	37.35	
7	17.343	3.860	1.8467	23.78	
8	56.582	1.848			
9	-64.509	1.000	1.8061	33.27	
10	-1770.5	d10			
11	26.284	3.431	1.9037	31.31	
12	80.671	2.315			
13	INF	1.008			(開口絞り)
14	28.098	4.571	1.4970	81.61	
15	-51.823	1.000	1.9037	31.31	
16	23.344	2.231			
17*	23.639	5.051	1.4971	81.56	
18*	-32.122	d18			
19	97.955	1.000	1.4970	81.61	
20	24.498	d20			
21	-76.135	2.347	1.8467	23.78	
22	-34.676	9.743			
23	-27.107	1.000	1.4875	70.44	
24	-766.41	d24			
25	INF	2.000	1.5168	64.2	
26	INF	1.000			

*は非球面。

【表5】

面NO.	k	A4	A6	A8	A10
17	0.0000E+00	-2.0038E-05	-1.9478E-08	-5.8966E-11	-3.9986E-13
18	0.0000E+00	7.8153E-06	-2.6570E-08	-5.1167E-11	-4.4465E-13

【0093】

【表6】

f	72.09	119.95	203.44
d5	1.500	60.687	90.512
d10	18.348	14.591	1.500
d18	14.206	9.260	2.520
d20	16.111	21.056	27.796
d24	20.064	17.070	17.900

10

20

【実施例3】

【0094】

次に、実施例3のズームレンズの光学系を図面を参照して説明する。図11は、本実施例3のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。実施例3のズームレンズは、実施例1のズームレンズと略同様の構成を有し、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、負の屈折力を有する第4レンズ群G4、負の屈折力を有する第5レンズ群G5を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に絞りSが配置されている。また、第3レンズ群は、単正レンズから構成される防振群VCを有し、第4レンズ群G4は像面側が凹面の単負レンズから構成されており、第4レンズ群G4がフォーカス群Fとして機能する。さらに、第5レンズ群の最も物体側には、物体側面が凹面のメニスカスレンズが配置されている。なお、各レンズ群の具体的なレンズ構成は図31に示すとおりである。また、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動する。変倍時において、第3レンズ群G3と第5レンズ群とが同一の軌跡で移動する。無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、第4レンズ群G4が像面側に移動する。望遠端における手ぶれ補正状態での防振群VCの光軸に対して垂直方向への移動量は0.451mmである。

30

【0095】

図12～図14に、本実施例3のズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図をそれぞれ示す。図15は望遠端における横収差図である。表7～表9は具体的な数値を適用した数値実施例7のレンズデータであり、表1～表3に示す数値データと同様であるため、各表に関する説明は省略する。

40

【0096】

また、当該実施例3のズームレンズ系において、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態におけるFナンバー(FNO.)、全系の焦点距離(f)、半画角(°)は以下のとおりである。なお、下記式において、右側から順に広角端状態、中間焦点距離状

50

態、望遠端状態における各数値をハイフン(-)を介して示している。

【 0 0 9 7 】

F N O . =	4 . 1 2	-	4 . 1 2	-	4 . 1 2	
f	=	7 2 . 1 4	-	1 2 0 . 1 1	-	2 0 3 . 6 8
	=	1 1 . 0 0	-	6 . 4 8	-	3 . 8 3

【 0 0 9 8 】

【表7】

面NO.	r	d	Nd	vd	
1	121.51	3.402	1.7725	49.62	
2	471.503	0.200			
3	138.72	1.500	1.6727	32.17	
4	62.298	6.028	1.4970	81.61	
5	1557.77	d5			
6	717.948	1.000	1.9108	35.25	
7	18.413	4.239	1.9212	23.96	
8	82.689	1.720			
9	-64.356	1.000	1.8340	37.35	
10	284.447	d10			
11	29.555	3.776	1.8340	37.35	
12	281.869	1.743			
13	INF	1.000			(開口絞り)
14	32.617	4.383	1.5168	64.2	
15	-52.916	1.000	1.9037	31.31	
16	25.397	2.156			
17*	26.659	4.980	1.4971	81.56	
18*	-36.927	d18			
19	195.033	1.000	1.4970	81.61	
20	29.174	d20			
21	-81.984	2.732	1.8467	23.78	
22	-38.884	14.268			
23	-26.41	1.000	1.4875	70.44	
24	-964.49	d24			
25	INF	2.000	1.5168	64.2	
26	INF	1.000			

*は非球面。

【表8】

面NO.	k	A4	A6	A8	A10
17	0.0000E+00	-1.2265E-05	-1.4384E-08	-2.0345E-11	1.2540E-13
18	0.0000E+00	7.1272E-06	-2.6106E-08	7.0501E-11	-2.2784E-13

【0100】

【表9】

f	72.14	120.11	203.68
d5	1.500	58.779	76.541
d10	22.067	19.437	1.500
d18	12.610	6.344	2.495
d20	15.515	21.781	25.630
d24	18.126	13.406	18.706

10

20

【実施例4】

【0101】

次に、実施例4のズームレンズの光学系を図面を参照して説明する。図16は、本実施例4のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。実施例4のズームレンズは、実施例1のズームレンズと略同様の構成を有し、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、正の屈折力を有する第3レンズ群G3、負の屈折力を有する第4レンズ群G4、負の屈折力を有する第5レンズ群G5を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に絞りSが配置されている。また、第3レンズ群は、単正レンズから構成される防振群VCを有し、第4レンズ群G4は像面側が凹面のメニスカス形状を呈する接合レンズから構成されており、第4レンズ群G4がフォーカス群Fとして機能する。さらに、第5レンズ群の最も物体側には、物体側面が凹面のメニスカスレンズが配置されている。なお、各レンズ群の具体的なレンズ構成は図16に示すとおりである。また、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が大きくなり、且つ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動する。変倍時において、第3レンズ群G3と第5レンズ群とは像面に対して固定である。無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、第4レンズ群G4が像面側に移動する。望遠端における手ぶれ補正状態での防振群VCの光軸に対して垂直方向への移動量は0.398mmである。

30

【0102】

40

図17～図19に、本実施例4のズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図をそれぞれ示す。図20は望遠端における横収差図である。表22～表24は具体的な数値を適用した数値実施例4のレンズデータであり、表1～表3に示す数値データと同様であるため、各表に関する説明は省略する。

【0103】

また、当該実施例4のズームレンズ系において、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態におけるFナンバー(FNO.)、全系の焦点距離(f)、半画角(°)は以下のとおりである。なお、下記式において、右側から順に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における各数値をハイフン(-)を介して示している。

50

【 0 1 0 4 】

F N O . = 4 . 1 2 - 4 . 1 2 - 4 . 1 2

$$f = 72.08 - 120.11 - 203.44$$

$$= 1 \ 1 \ . \ 0 \ 2 \quad - \quad 6 \ . \ 4 \ 9 \quad - \quad 3 \ . \ 8 \ 2$$

【 0 1 0 5 】

【表10】

面NO.	r	d	Nd	vd	
1	122.657	4.131	1.6180	63.4	
2	-2798.9	0.200			
3	134.158	1.500	1.7015	41.15	
4	54.357	6.456	1.4970	81.61	
5	666.872	d5			
6	540.538	1.000	1.8061	40.73	
7	18.742	3.863	1.8467	23.78	
8	61.764	1.820			
9	-70.462	1.000	1.9108	35.25	
10	236.022	d10			
11	30.99	3.429	1.9108	35.25	
12	193.165	2.826			
13	INF	1.000			(開口絞り)
14	34.046	4.825	1.4970	81.61	
15	-41.99	1.000	1.9037	31.31	
16	28.783	3.844			
17*	24.849	5.685	1.4971	81.56	
18*	-31.596	d18			
19	148.678	1.153	1.6889	31.16	
20	208.098	0.700	1.4875	70.44	
21	26.774	d21			
22	-60.779	2.637	1.7847	25.72	
23	-29.036	8.194			
24	-21.554	1.000	1.4875	70.44	
25	-220.94	25.760			
26	INF	2.000	1.5168	64.2	
27	INF	1.000			

*は非球面。

【表 1 1】

面NO.	k	A4	A6	A8	A10
17	0.0000E+00	-1.7661E-05	-1.7620E-08	2.8553E-11	-5.7066E-13
18	0.0000E+00	8.9046E-06	-2.6251E-08	8.8222E-11	-7.6672E-13

【0 1 0 7】

【表 1 2】

f	72.10	119.96	203.54
d5	1.500	59.243	82.909
d10	17.909	18.098	1.500
d18	10.049	2.856	2.508
d21	15.516	22.710	23.058

【実施例 5】

10

【0 1 0 8】

次に、実施例 5 のズームレンズの光学系を図面を参照して説明する。図 2 1 は、本実施例 5 のズームレンズのレンズ構成例を示す図である。実施例 5 のズームレンズは、実施例 1 のズームレンズと略同様の構成を有し、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 、負の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 を有し、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間に絞り S が配置されている。また、第 3 レンズ群は、単正レンズから構成される防振群 V C を有し、第 4 レンズ群 G 4 は像面側が凹面のメニスカス単負レンズから構成されており、第 4 レンズ群 G 4 がフォーカス群 F として機能する。さらに、第 5 レンズ群の物体側から二枚目に、物体側面が凹面のメニスカスレンズが配置されている。なお、各レンズ群の具体的なレンズ構成は図 2 1 に示すとおりである。また、広角端から望遠端にかけて変倍する際に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が大きくなり、且つ、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が小さくなるようにレンズ群が移動する。変倍時において、第 3 レンズ群 G 3 と第 5 レンズ群とは像面に対して固定である。無限遠から近距離物体へのフォーカシングの際には、第 4 レンズ群 G 4 が像面側に移動する。望遠端における手ぶれ補正状態での防振群 V C の光軸に対して垂直方向への移動量は 0.586 mm である。

20

【0 1 0 9】

30

図 2 2 ~ 図 2 4 に、本実施例 5 のズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠合焦時の球面収差、非点収差及び歪曲収差の縦収差図をそれぞれ示す。図 2 5 は望遠端における横収差図である。表 1 3 ~ 表 1 5 は具体的な数値を適用した数値実施例 5 のレンズデータであり、表 1 ~ 表 3 に示す数値データと同様であるため、各表に関する説明は省略する。

40

【0 1 1 0】

また、当該実施例 5 のズームレンズ系において、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における F ナンバー (F N O .) 、全系の焦点距離 (f) 、半画角 ((°)) は以下のとおりである。なお、下記式において、右側から順に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における各数値をハイフン (-) を介して示している。

【0 1 1 1】

F N O . = 4.12 - 4.12 - 4.12

50

f = 72.10 - 120.03 - 203.58
 = 10.87 - 6.40 - 3.74

【0112】

【表13】

面NO.	r	d	Nd	vd	
1	173.721	3.461	1.7433	49.22	
2	-1601.2	0.200			
3	131.511	1.500	1.6477	33.84	
4	55.998	6.453	1.4970	81.61	
5	985.677	d5			
6	167.987	1.000	1.9108	35.25	
7	17.351	4.043	1.9212	23.96	
8	56.995	1.875			
9	-67.89	1.000	1.9108	35.25	
10	2048.78	d10			
11	36.71	3.312	1.8061	33.27	
12	927.577	3.317			
13	INF	2.258			(開口絞り)
14	28.916	4.607	1.4970	81.61	
15	-49.194	1.000	1.9037	31.31	
16	34.308	2.090			
17*	35.491	4.271	1.4971	81.56	
18*	-39.801	d18			
19*	6078.59	1.000	1.4971	81.56	
20*	36.992	d20			
21	-148.25	3.118	1.5481	45.82	
22	-24.206	5.641			
23	-19.741	1.200	1.9537	32.32	
24	-38.602	3.730			
25	-17.269	1.500	1.4875	70.44	
26	170.496	3.920	1.8467	23.78	
27	-36.962	12.500			
28	INF	2.000	1.5168	64.2	
29	INF	1.000			

*は非球面。

【0113】

10

20

30

40

【表14】

面NO.	k	A4	A6	A8	A10
17	0.0000E+00	-8.2062E-06	-2.7516E-08	1.5458E-10	2.7650E-13
18	0.0000E+00	4.5179E-06	-3.2091E-08	1.7045E-10	1.6525E-13
19	0.0000E+00	-1.1842E-06	3.2272E-08	1.6678E-11	-2.0119E-12
20	0.0000E+00	-3.6053E-06	2.6782E-08	1.7304E-10	-3.1306E-12

【0114】

【表15】

10

f	72.10	120.03	203.58
d5	1.500	47.492	77.338
d10	22.338	16.290	1.500
d18	17.948	12.089	2.498
d20	12.220	18.078	27.669

20

【0115】

表16に、上記実施例1～実施例5の各条件式(1)～条件式(6)に記載の数式に対応する各数値を示す。

【0116】

【表 1 6】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
条件式(1)	0.000	-0.018	0.005	0.000	0.000
条件式(2)	1.644	1.387	1.277	1.369	1.271
条件式(3)	2.851	1.708	1.725	1.841	1.648
条件式(4)	-0.750	-0.736	-0.722	-0.786	-0.892
条件式(5)	5.861	3.998	6.685	5.553	164.324
条件式(6)	2.055	0.035	0.027	0.098	0.511
m3	0.000	-2.164	0.580	0.000	0.000
fw	18.360	72.091	72.136	72.083	72.104
ft	102.771	203.437	203.679	203.445	203.580
f1	71.408	168.012	154.750	165.827	153.953
β_{4W}	2.374	1.856	1.875	1.828	1.577
β_{5W}	1.201	0.920	0.920	1.007	1.045
ra3	32.656	23.639	26.659	24.849	35.491
rb3	-43.566	-32.122	-36.927	-31.596	-39.801
ra4	87.354	97.955	195.033	148.678	6078.592
rb4	14.904	24.498	29.174	26.774	36.992
ra5	-44.937	-27.107	-26.410	-21.554	-19.741
rb5	-21.872	-766.409	-964.493	-220.940	-38.602

【産業上の利用可能性】

【0117】

本件発明によれば、全体として小型で、ウォーリングによる撮影倍率の変化を小さく保ち、特にフォーカス群のレンズ系を軽量化してフォーカス駆動系の負荷を減少させ、防振レンズ系を小型・軽量化して防振駆動系の負荷も減少させる事が可能なズームレンズを提供することができる。

【符号の説明】

【0118】

G 1 . . . 第1レンズ群
 G 2 . . . 第2レンズ群
 G 3 . . . 第3レンズ群
 G 4 . . . 第4レンズ群
 G 5 . . . 第5レンズ群
 F . . . フォーカス群
 V C . . . 防振群
 S . . . 開口絞り

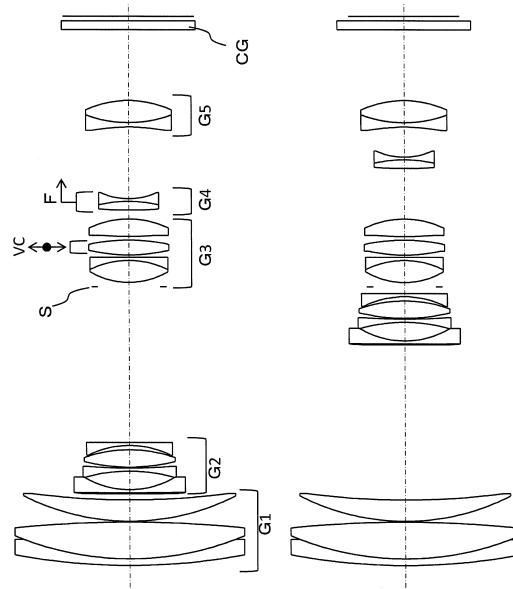
10

20

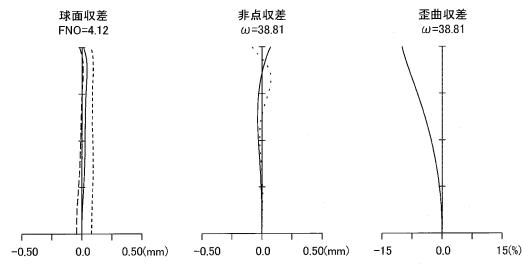
30

40

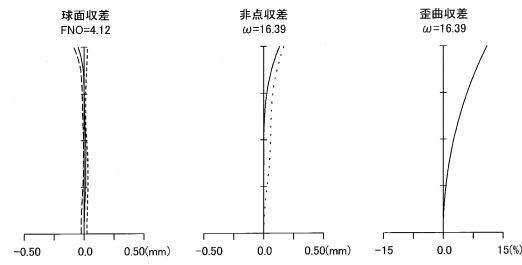
【図1】



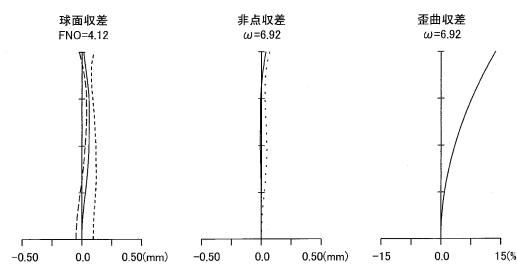
【図2】



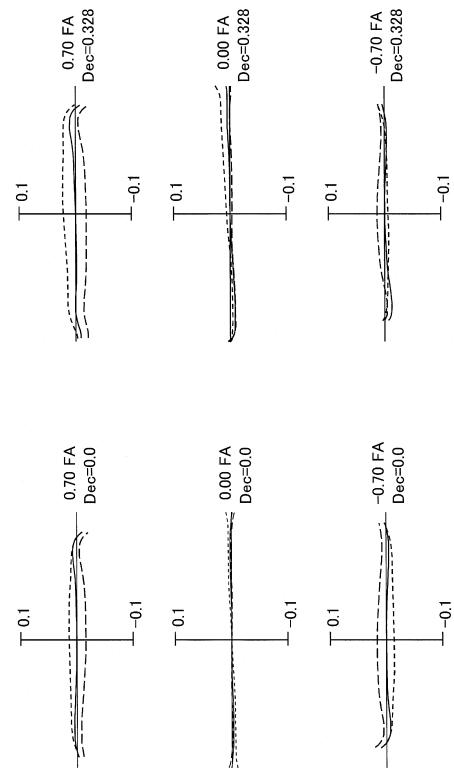
【図3】



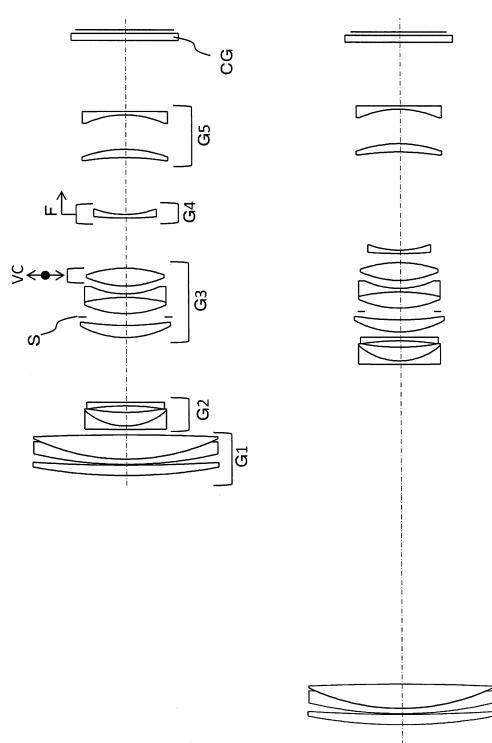
【図4】



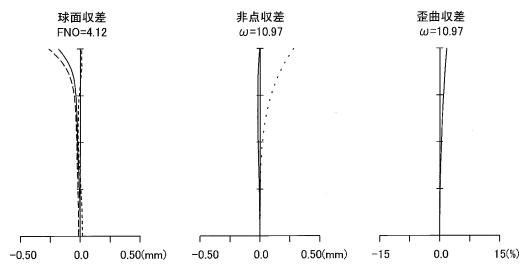
【図5】



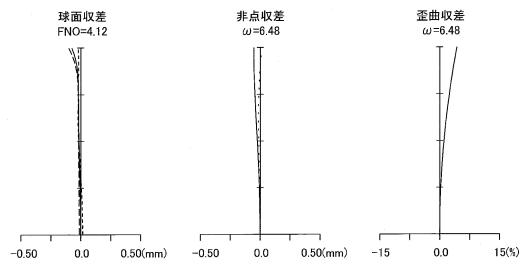
【図6】



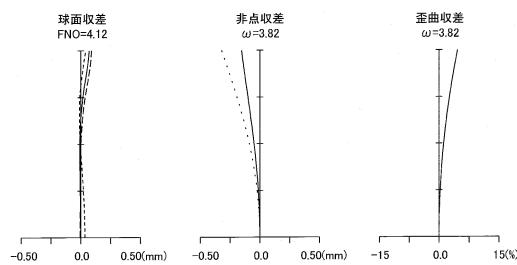
【図7】



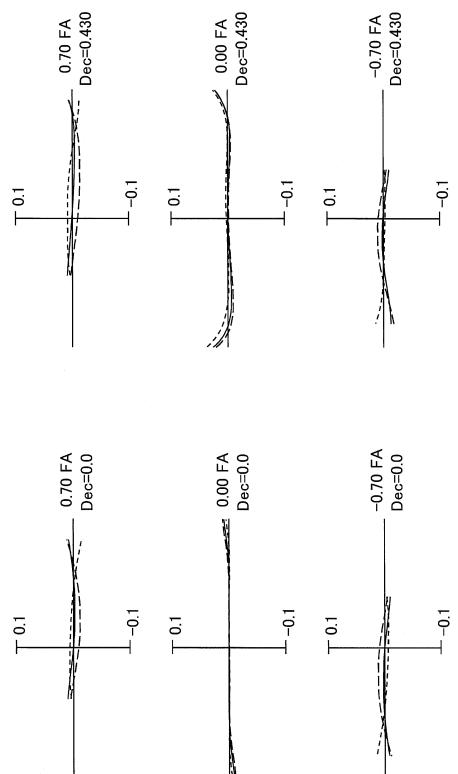
【図8】



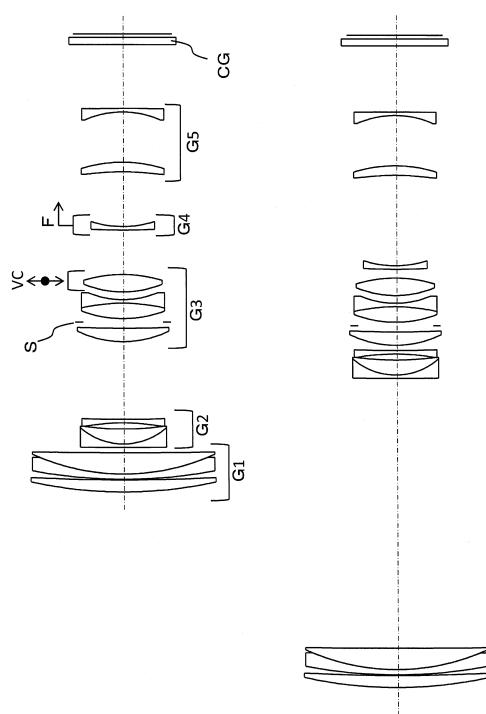
【図9】



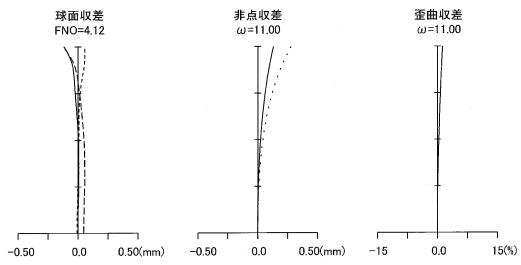
【図10】



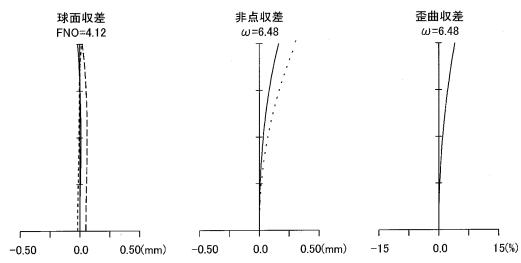
【図11】



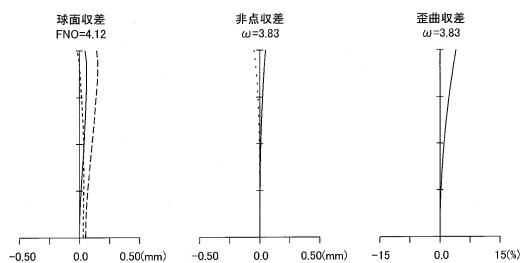
【図12】



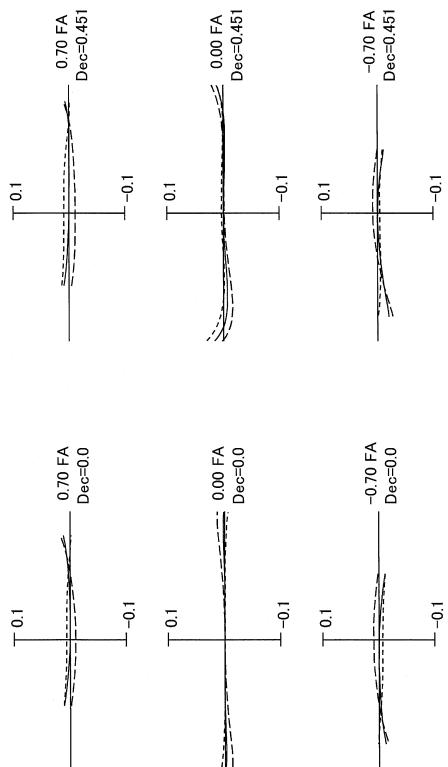
【図13】



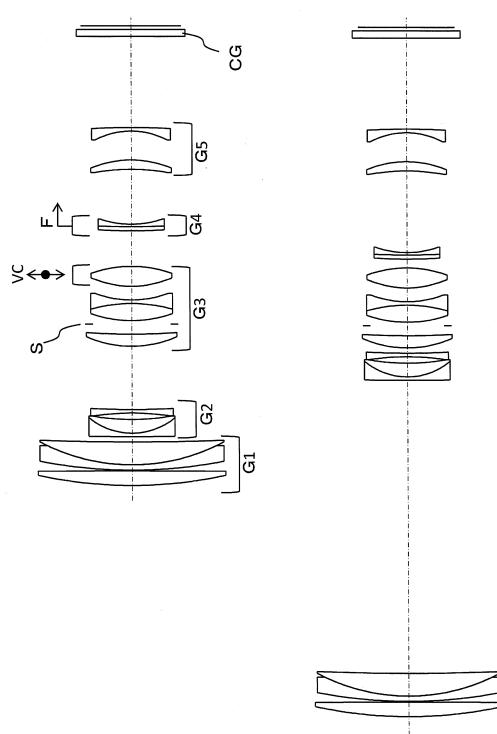
【図14】



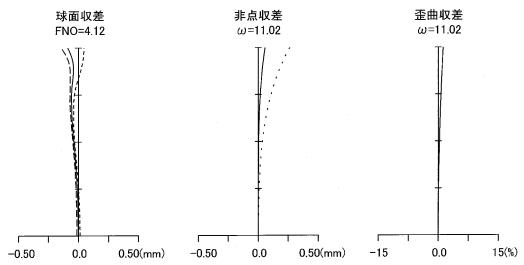
【図15】



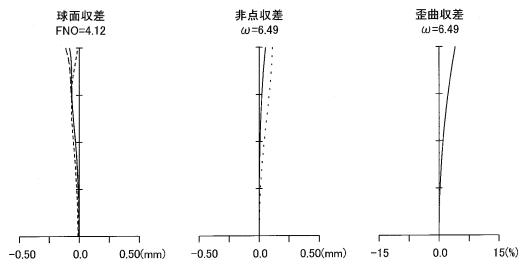
【図16】



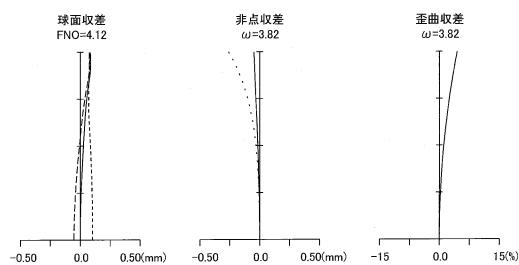
【図17】



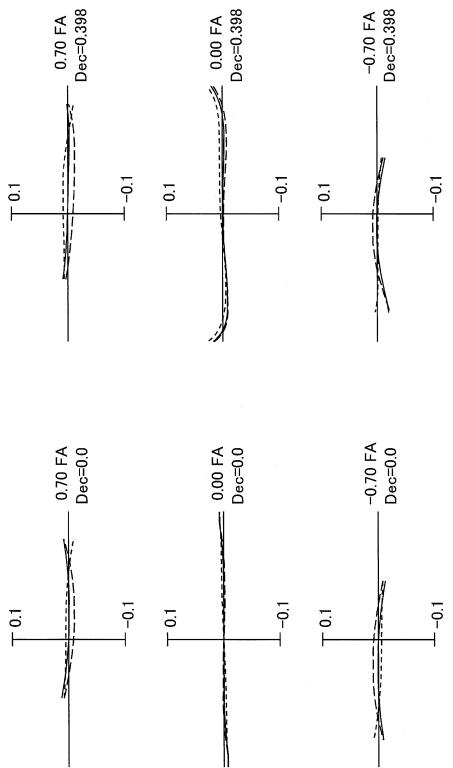
【図18】



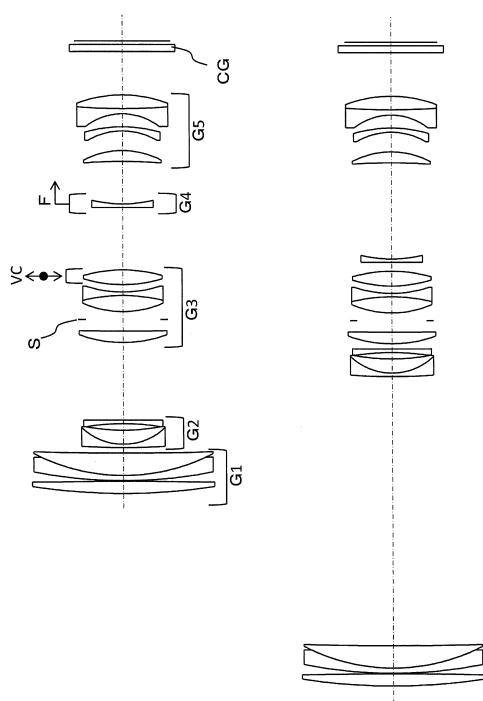
【図19】



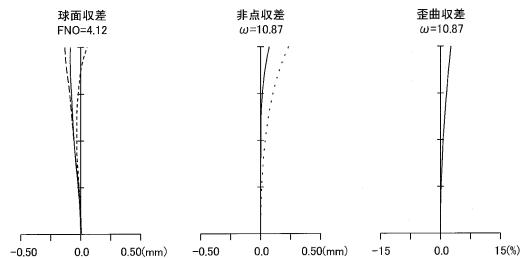
【図20】



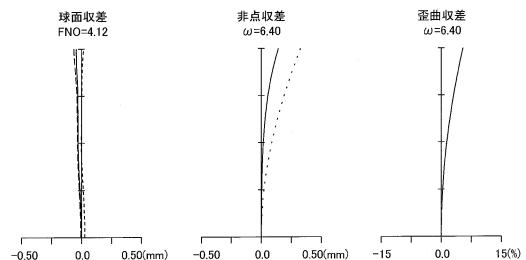
【図21】



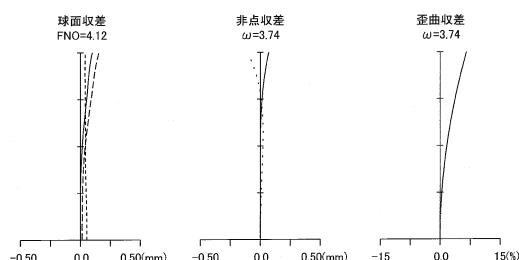
【図22】



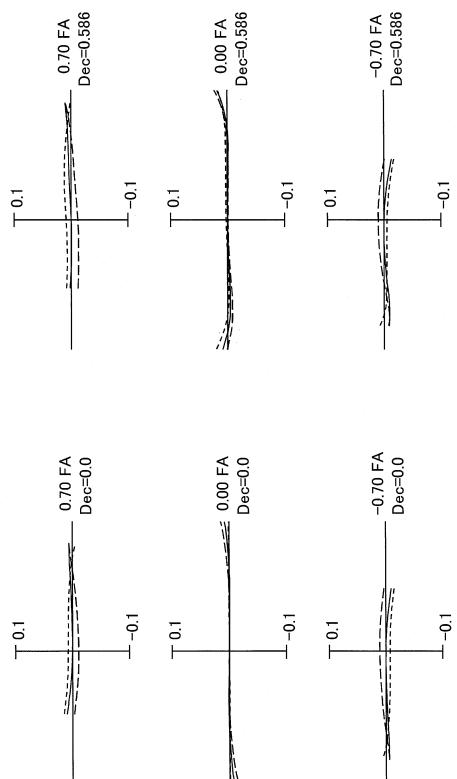
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-182259(JP, A)
特開2014-219616(JP, A)
国際公開第2013/027364(WO, A1)
国際公開第2012/169154(WO, A1)
米国特許出願公開第2014/0132830(US, A1)
特開2014-157168(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0229565(US, A1)
米国特許出願公開第2014/0333821(US, A1)
特開平05-341189(JP, A)
特開平01-252915(JP, A)
米国特許第05086356(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B9/00-17/08, 21/02-21/04, 25/00-25/04