

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4635688号
(P4635688)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010.12.3)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18
G O 3 B 5/00 (2006.01) G O 3 B 5/00 J

請求項の数 18 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2005-102731 (P2005-102731)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成17年3月31日 (2005.3.31)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(65) 公開番号	特開2006-284763 (P2006-284763A)	(74) 代理人	100077919 弁理士 井上 義雄
(43) 公開日	平成18年10月19日 (2006.10.19)	(72) 発明者	鈴木 剛司 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
審査請求日	平成20年3月4日 (2008.3.4)	(72) 発明者	芝山 敦史 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		(72) 発明者	伊藤 智希 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 防振機能を有するズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、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、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とからなり、前記レンズ群どうしの間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、

前記第3レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とからなり、

前記後群のみを光軸と直交する方向へ移動させることによって結像位置の変位を補正し、

前記後群は、両凹形状の負レンズと正メニスカスレンズとの接合レンズからなり、

前記後群中の少なくとも一つのレンズ面は、近軸曲率半径を有する球面に比して、光軸から周辺へ向かって正の屈折力が強くなる又は負の屈折力が弱くなる形状の非球面であり、

以下の条件式を満足することを特徴とする防振機能を有するズームレンズ。

$$3.7 < f1 / fw < 7.0$$

$$-2.3 < f3R / f3F < -1.2$$

ただし、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

fw：広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離

f3F：前記前群の焦点距離

f_{3R} : 前記後群の焦点距離

【請求項2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の防振機能を有するズームレンズ。

$$1.6 < f_3 / f_w < 3.5$$

ただし、

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離

【請求項3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の防振機能を有するズームレンズ。

$$0.0001 \times (h/2) < |X_{50}| < 0.01 \times (h/2)$$

$$0.0001 \times (h/2) < |X_m| < 0.01 \times (h/2)$$

$$|X_{50}| / |X_m| < 1$$

ただし、

h : 前記非球面の有効径

X₅₀ : 前記非球面の光軸から有効径5割の高さにおける近軸曲率半径と非球面形状との偏差量

X_m : 前記非球面の光軸から有効径10割の高さにおける近軸曲率半径と非球面形状との偏差量

【請求項4】

前記第4レンズ群中の最も物体側のレンズは正レンズであり、当該正レンズの像側レンズ面は像側に凸形状であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項5】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群とが物体側へ移動することを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項6】

広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔が、望遠端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔よりも大きいことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項7】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

$$0.90 < f_3 / f_4 < 1.60$$

ただし、

f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離

【請求項8】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

$$1.80 < B f_w / f_w < 3.00$$

ただし、

B f_w : 広角端状態におけるバックフォーカス

【請求項9】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

$$-0.90 < f_w / R_e < 0.20$$

ただし、

R_e : 前記ズームレンズ中の最も像側のレンズ面の曲率半径

【請求項10】

10

20

30

40

50

前記後群中の最も物体側のレンズ面は像側に凸形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項 1 1】

前記第 4 レンズ群における最も物体側のレンズは、少なくとも 1 つのレンズ面が非球面である両凸形状の正レンズであることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項 1 2】

前記第 4 レンズ群は少なくとも 1 つの接合レンズを有し、当該接合レンズの接合面は像側に凸形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項 1 3】

遠距離から近距離へのフォーカシングは、前記第 2 レンズ群を物体側へ移動させることによって行われることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項 1 4】

少なくとも 1 つの非球面を有する非球面レンズを 3 枚有することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の防振機能を有するズームレンズ。

【請求項 1 5】

物体側から順に、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、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とからなるズームレンズの変倍方法であって、

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とからなり、

前記後群は、両凹形状の負レンズと正メニスカスレンズとの接合レンズからなり、

前記後群中の少なくとも 1 つのレンズ面は、近軸曲率半径を有する球面に比して、光軸から周辺へ向かって正の屈折力が強くなる又は負の屈折力が弱くなる形状の非球面であり、

前記後群を光軸と直交する方向へ移動させることによって結像位置の変位を補正し、

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の変倍方法。

$$\begin{aligned} 3.7 < f_1 / f_w < 7.0 \\ -2.3 < f_{3R} / f_{3F} < -1.2 \end{aligned}$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離

f_{3F} : 前記前群の焦点距離

f_{3R} : 前記後群の焦点距離

【請求項 1 6】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との空気間隔が減少し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との空気間隔が減少することを特徴とする請求項 1 5 に記載のズームレンズの変倍方法。

【請求項 1 7】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群とが物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 5 又は請求項 1 6 に記載のズームレンズの変倍方法。

【請求項 1 8】

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に可変開口絞りを配置し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記可変開口絞りは前記前群とともに移動することを特徴とする請求項 1 5 から請求項 1 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズの変倍方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、防振機能を有するズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、防振機能を有するズームレンズが提案されている（例えば、特許文献1, 2を参照。）。

【特許文献1】特開2003-140048号公報

【特許文献2】特開2003-295060号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら上記特許文献1に開示されているズームレンズは変倍比が7倍以下であり、高変倍化の要求に十分応えることができない。

また、上記特許文献2に開示されているズームレンズは広角端状態におけるバックフォーカスが広角端状態における焦点距離の1.7倍以下である。したがってこのようなズームレンズを、長いバックフォーカスを必要とする一眼レフカメラ、特に35mm判（画像サイズ36mm×26mm）よりも画像サイズの小さい固体撮像素子を用いて、35mm判一眼レフカメラと同等のバックフォーカスを必要とするデジタル一眼レフカメラに利用しようとすると、十分に大きな画角を得ることができない、又は一眼レフカメラのミラーにレンズ後部が干渉するという問題が生じてしまう。

20

【0004】

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、防振機能を有するズームレンズであって、デジタル一眼レフカメラに好適な長いバックフォーカスと、10倍程度のズーム比を有し、さらに広角端状態において70°以上の画角を有する小型のズーム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】

【0005】

上記課題を解決するために本発明は、
物体側から順に、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、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とからなり、前記レンズ群どうしの間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、

30

前記第3レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とからなり、

前記後群のみを光軸と直交する方向へ移動させることによって結像位置の変位を補正し、

前記後群は、両凹形状の負レンズと正メニスカスレンズとの接合レンズからなり、

前記後群中の少なくとも一つのレンズ面は、近軸曲率半径を有する球面に比して、光軸から周辺へ向かって正の屈折力が強くなる又は負の屈折力が弱くなる形状の非球面であり

40

以下の条件式(1)、(6)を満足することを特徴とする防振機能を有するズームレンズを提供する。

$$(1) \quad 3.7 < f_1 / f_w < 7.0$$

$$(6) \quad -2.3 < f_{3R} / f_{3F} < -1.2$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離

f_{3F} : 前記前群の焦点距離

f_{3R} : 前記後群の焦点距離

50

【0006】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、
以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 1.6 < f_3 / f_w < 3.5$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

以下の条件式(3)、(4)、(5)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.0001 \times (h/2) < |X_{50}| < 0.01 \times (h/2)$$

$$(4) \quad 0.0001 \times (h/2) < |X_m| < 0.01 \times (h/2)$$

$$(5) \quad |X_{50}| / |X_m| < 1$$

ただし、

h : 前記非球面の有効径

X_{50} : 前記非球面の光軸から有効径5割の高さにおける近軸曲率半径と非球面形状との偏差量

X_m : 前記非球面の光軸から有効径10割の高さにおける近軸曲率半径と非球面形状との偏差量

【0007】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

前記第4レンズ群中の最も物体側のレンズは正レンズであり、当該正レンズの像側レンズ面は像側に凸形状であることが望ましい。

【0008】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群とが物体側へ移動することが望ましい。

【0009】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔が、望遠端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔よりも大きいことが望ましい。

【0011】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.90 < f_3 / f_4 < 1.60$$

ただし、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 1.80 < B f_w / f_w < 3.00$$

ただし、

$B f_w$: 広角端状態におけるバックフォーカス

【0013】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

以下の条件式を満足することが望ましい。

$$(10) \quad -0.90 < f_w / R_e < 0.20$$

ただし、

R_e : 前記ズームレンズ中の最も像側のレンズ面の曲率半径

【0014】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、

前記後群中の最も物体側のレンズ面は像側に凸形状であることが望ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、
前記第 4 レンズ群における最も物体側のレンズは、少なくとも 1 つのレンズ面が非球面である両凸形状の正レンズであることが望ましい。

【 0 0 1 6 】

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、
前記第 4 レンズ群は少なくとも 1 つの接合レンズを有し、当該接合レンズの接合面は像側に凸形状であることが望ましい。

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、
遠距離から近距離へのフォーカシングは、前記第 2 レンズ群を物体側へ移動させること
によって行われることが望ましい。

また本発明の防振機能を有するズームレンズは、
少なくとも 1 つの非球面を有する非球面レンズを 3 枚有することが望ましい。

また本発明は、
物体側から順に、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、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とからなる
ズームレンズの変倍方法であって、

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とからなり、

前記後群は、両凹形状の負レンズと正メニスカスレンズとの接合レンズからなり、
前記後群中の少なくとも 1 つのレンズ面は、近軸曲率半径を有する球面に比して、光軸から周辺へ向かって正の屈折力が強くなる又は負の屈折力が弱くなる形状の非球面であり、

前記後群を光軸と直交する方向へ移動させることによって結像位置の変位を補正し、
以下の条件式 (1) , (6) を満足することを特徴とするズームレンズの変倍方法を提供する。

$$(1) \quad 3 . 7 < f 1 / f w < 7 . 0$$

$$(6) \quad - 2 . 3 < f 3 R / f 3 F < - 1 . 2$$

ただし、

$f 1$: 前記第 1 レンズ群の焦点距離

$f w$: 広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離

$f 3 F$: 前記前群の焦点距離

$f 3 R$: 前記後群の焦点距離

また本発明のズームレンズの変倍方法は、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との空気間隔が減少し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との空気間隔が減少することが望ましい。

また本発明のズームレンズの変倍方法は、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群とが物体側へ移動することが望ましい。

また本発明のズームレンズの変倍方法は、

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に可変開口絞りを配置し、
広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記可変開口絞りは前記前群とともに移動することが望ましい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、防振機能を有するズームレンズであって、デジタル一眼レフカメラに好適な長いバックフォーカスと、10 倍程度のズーム比を有し、さらに広角端状態において 70 ° 以上の画角を有する小型のズームレンズを提供することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【0018】

本発明の防振機能を有するズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、前記レンズ群どうしの間隔を変化させて変倍を行うズームレンズである。そして本発明の防振機能を有するズームレンズは、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とからなり、前記後群のみを光軸と直交する方向へ移動させることによって結像位置の変位を補正し、前記後群中の少なくとも一つのレンズ面は、近軸曲率半径を有する球面に比して、光軸から周辺へ向かって正の屈折力が強くなる又は負の屈折力が弱くなる形状の非球面であり、以下の条件式(1)を満足するように構成されている。

$$(1) \quad 3.7 < f_1 / f_w < 7.0$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離

【0019】

第3レンズ群は、他のレンズ群に比べてレンズ径の小型化を図ることが可能であるため防振機構を組み込むことに適している。そして、第3レンズを正の屈折力を有する前群と負の屈折力を有する後群とから構成して後群のみを防振レンズ群として用いることで、防振機構の小型化、及び防振レンズ群の質量の軽減を図ることができる。また、正の屈折力を有する第3レンズ群において負の屈折力を有する後群で防振を行うことで、防振時のコマ収差変動を小さく抑えることができる。さらに、このような屈折力配分と、防振レンズ群である後群に少なくとも一つの非球面を導入することによって、防振レンズ群を光軸と直交する方向へ移動させた場合の結像性能の劣化を小さくすることができる。

【0020】

上記条件式(1)は、バックフォーカスの確保と結像性能の確保に適した第1レンズ群の焦点距離の範囲を規定するものである。条件式(1)の上限値を上回ると、ズームレンズの全長及び直径が大型化して実用に供することが困難となってしまう。一方、条件式(1)の下限値を下回ると、バックフォーカスが短縮してしまったり、高変倍化する際に望遠端状態において諸収差が大きく発生して結像性能が劣化してしまう。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(1)の上限値を6.0とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(1)の下限値を3.8とすることが望ましい。

【0021】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 1.6 < f_3 / f_w < 3.5$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、以下の条件式(3)、(4)、(5)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.0001 \times (h/2) < |X_{50}| < 0.01 \times (h/2)$$

$$(4) \quad 0.0001 \times (h/2) < |X_m| < 0.01 \times (h/2)$$

$$(5) \quad |X_{50}| / |X_m| < 1$$

ただし、

h : 前記非球面の有効径

X_{50} : 前記非球面の光軸から有効径5割の高さにおける近軸曲率半径と非球面形状との偏差量

X_m : 前記非球面の光軸から有効径10割の高さにおける近軸曲率半径と非球面形状との偏差量

【0022】

10

20

30

40

50

条件式(2)は、バックフォーカスの確保と製造誤差に対する性能劣化の緩和に適した第3レンズ群の焦点距離の範囲を規定するものである。条件式(2)の上限値を上回ると、ズームレンズの全長及び直径が大型化して実用に供することが困難となってしまう。一方、条件式(2)の下限値を下回ると、バックフォーカスが短縮してしまったり、製造誤差によって前群と第4レンズ群との間に偏心が生じた場合に諸収差が大きく発生して結像性能が劣化してしまう。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(2)の上限値を3.0とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(2)の下限値を1.8とすることが望ましい。

【0023】

条件式(3)、(4)、(5)は、防振レンズ群である後群を光軸と直交する方向へ移動させた際に結像性能の劣化を小さく抑えるための非球面形状を規定するものである。条件式(3)及び条件式(4)の下限値を下回ると、非球面の補正効果を発揮することができず、諸収差補正のためにレンズ枚数が増加してしまうため望ましくない。一方、条件式(3)及び条件式(4)の上限値を上回ると、コマ収差等の収差補正が過剰になり、これと同時に防振レンズ群を移動させた際の結像性能の劣化を招いてしまう。

【0024】

また、防振用レンズ群である後群中の少なくとも一つのレンズ面が、近軸曲率半径を有する球面に比して、光軸から周辺へ向かって正の屈折力が徐々に強くなる又は負の屈折力が弱くなる形状の非球面であることによって、防振用レンズ群を移動させる際に、軸上光束及び軸外光束の諸収差を効率良く補正することができる。

【0025】

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(3)の上限値を $0.005 \times (h/2)$ とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(3)の下限値を $0.0002 \times (h/2)$ とすることが望ましい。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(4)の上限値を $0.007 \times (h/2)$ とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(4)の下限値を $0.0005 \times (h/2)$ とすることが望ましい。

【0026】

条件式(5)の上限値を上回ると、防振レンズ群を移動させる際に防振レンズ群内で高次の収差を発生させ、移動後に高次のコマ収差が大きく発生して結像性能の劣化を招いてしまう。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(5)の上限値を0.8とすることが望ましい。

【0027】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群とが物体側へ移動することがズームレンズを小型化する上で望ましい。

【0028】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔が、望遠端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔よりも大きいことがズーム全域で良好な収差性能を実現する上で望ましい。

【0029】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad -2.3 < f_{3R} / f_{3F} < -1.2$$

ただし、

f_{3F} : 前記前群の焦点距離

f_{3R} : 前記後群の焦点距離

10

20

30

40

50

【0030】

条件式(6)は、後群を防振レンズ群とする際に適切な前群の焦点距離と後群の焦点距離との比を規定するものである。条件式(6)の上限値を上回ると、防振時に光軸と直交する方向へ移動する後群の焦点距離が長くなり、防振時の後群の移動量が大きくなる。このため、防振用の駆動機構の大型化を招いてしまう。一方、条件式(6)の下限値を下回ると、後群の焦点距離が短くなり、防振時に後群を偏心させた場合にコマ収差が大きく発生して結像性能の劣化を招いてしまう。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(6)の上限値を-1.3とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(6)の下限値を-2.0とすることが望ましい。

10

【0031】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.90 < f_3 / f_4 < 1.60$$

ただし、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 1.80 < Bfw / fw < 3.00$$

ただし、

Bfw : 広角端状態におけるバックフォーカス

20

【0032】

条件式(7)は、バックフォーカスの確保と製造誤差に対する性能劣化の緩和に適した第3レンズ群の焦点距離と第4レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。条件式(7)の上限値を上回ると、第4レンズ群の焦点距離が相対的に短くなる。このため、製造誤差によって前群と第4レンズ群との間に偏心が生じた場合に諸収差が大きく発生して結像性能の劣化が大きくなってしまふ。一方、条件式(7)の下限値を下回ると、第3レンズ群の焦点距離が相対的に短くなるため、バックフォーカスの短縮化を招いてしまふ。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(7)の上限値を1.5とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(7)の下限値を1.00とすることが望ましい。

30

【0033】

条件式(8)は、レンズ交換式のデジタル一眼レフカメラに適したバックフォーカスの範囲を規定するものである。条件式(8)の上限値を上回ると、バックフォーカスが大きくなりすぎて、レンズ全長の大型化を招いてしまふ。一方、条件式(8)の下限値を下回ると、バックフォーカスが小さくなり、レンズ後部と一眼レフカメラのミラーとの干渉を招いてしまふ。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(8)の上限値を2.5とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(8)の下限値を1.90とすることが望ましい。

40

【0034】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、前記第2レンズ群と第3レンズ群との間に可変開口絞りを有し、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$(9) \quad 0.15 < Ds / f_3 < 0.30$$

ただし、

Ds : 前記可変開口絞りと前記後群中の最も物体側のレンズ面との光軸上間隔

【0035】

条件式(9)は、防振レンズ群の適切な位置を規定するものである。条件式(9)の下限値を下回ると、可変開口絞りと防振レンズ群との間隔が広くなり、防振レンズ群の収差

50

補正の低下を招いてしまう。一方、条件式(9)の上限値を上回ると、可変開口絞りと防振レンズ群との間隔が狭くなり、可変開口絞りのメカ機構と防振用のメカ機構との干渉を招いてしまう。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(9)の上限値を0.26とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(9)の下限値を0.18とすることが望ましい。

【0036】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$(10) \quad -0.90 < f_w / R_e < 0.20$$

ただし、

R_e ：前記ズームレンズ中の最も像側のレンズ面の曲率半径

【0037】

条件式(10)は、諸収差の良好な補正とゴーストの低減に適した最終レンズ面、即ちズームレンズ中の最も像側のレンズ面の曲率半径の範囲を規定するものである。なお、最終レンズ面は、「 f_w / R_e 」の符号が正の場合は像側に凹形状、負の場合は像側に凸形状となる。

条件式(10)の上限値を上回ると、最終レンズ面は像側に凹で比較的屈折力の強いレンズ面となる。このため、像面で反射された光が最終レンズ面でさらに反射されてゴーストとなる際に、像側に凹の最終レンズ面によって収斂されて像面に達することとなるため、目立ちやすくなってしまう。一方、条件式(10)の下限値を下回ると、最終レンズ面は像側に凸で屈折力の強いレンズ面となる。このため、コマ収差と像面湾曲収差を良好に補正することが困難となってしまう。

なお、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(10)の上限値を0.15とすることが望ましい。また、本発明の効果をさらに確実なものとするためには、条件式(10)の下限値を-0.70とすることが望ましい。

【0038】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、前記後群中の最も物体側のレンズ面は像側に凸形状であることが望ましい。

この構成により、防振レンズ群に入射する軸外光束の入射角を緩やかにすることができ、防振のために後群を偏心させた際のコマ収差の発生を軽減できる。

【0039】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、前記第4レンズ群中の最も物体側のレンズは正レンズであり、当該正レンズの像側レンズ面は像側に凸形状であることが望ましい。そうすることにより、像面からの反射光によるゴーストを軽減することが可能である。

防振レンズ群である後群が負の屈折力を有し、該後群の像側に正レンズを隣接させることで、防振時に発生する諸収差に対して良好な補正を行うことが可能となる。

【0040】

また、防振時に収差を良好に補正した状態を保つためには、防振レンズ群のみでなく該防振レンズ群の像側に位置するレンズ群に対しても良好な収差補正が必要となる。そこで、前記正レンズの像側レンズ面を像側に凸形状とする。これにより、特にこの像側レンズ面から出射される光の出射角を小さく保つことができるため、防振のために後群を偏心させた際の結像性能の劣化を軽減することができる。

【0041】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、前記第4レンズ群における最も物体側のレンズは、少なくとも1つのレンズ面が非球面である両凸形状の正レンズであることが望ましい。

この構成により、正レンズの強い屈折力を保ちながら、防振のために後群を偏心させた際の結像性能の劣化をより一層軽減することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

また本発明の好ましい態様によれば、防振機能を有するズームレンズは、前記第4レンズ群は少なくとも1つの接合レンズを有し、当該接合レンズの接合面は像側に凸形状であることが望ましい。

この構成により、軸外光束の色収差を良好に補正し、かつ前記接合面から出射される光の出射角を小さく保つことができ、諸収差を良好に補正することが可能となる。

【 0 0 4 3 】

以下、本発明の各実施例に係る防振機能を有するズームレンズを添付図面に基づいて説明する。

(第1実施例)

図1は、本発明の第1実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、可変開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

【 0 0 4 4 】

そして本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が減少するように、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3と第4レンズ群G4が物体側へ移動し、第2レンズ群G2が移動する。

【 0 0 4 5 】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。そして、第2レンズ群G2において最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

【 0 0 4 6 】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G3Fと、負の屈折力を有する後群G3Rとから構成されており、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって防振、即ち手ぶれ補正を行う。

前群G3Fは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。

後群G3Rは、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズからなる。そして、後群G3Rにおいて最も物体側に位置する両凹形状の負レンズL34は、物体側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

【 0 0 4 7 】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と両凹形状の負レンズL43との接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL44とからなる。そして、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する両凸形状の正レンズL41は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

【 0 0 4 8 】

可変開口絞りSは、上述のように第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に位置し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第3レンズ群G3の前群G3Fとともに移

10

20

30

40

50

動する。

また、遠距離から近距離へのフォーカシングは、第2レンズ群G2を物体側へ移動させることによって行われる。

【0049】

上述のようにぶれ補正は、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって行われる。ここで、レンズ全系の焦点距離がfで、ぶれ補正に際する移動レンズ群の移動量に対する結像面における像の移動量の比、即ち防振係数がKのレンズにおいて、角度θの回転ぶれを補正するためには、ぶれ補正用の移動レンズ群を(f・tanθ)/Kだけ光軸と直交する方向へ移動させればよい。

【0050】

したがって本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態において、防振係数Kは1.115、焦点距離fは18.50(mm)であるため、0.60°の回転ぶれを補正するための後群G3Rの移動量は0.174(mm)となる。また、望遠端状態においては、防振係数Kは2.016、焦点距離fは194.45(mm)であるため、0.20°の回転ぶれを補正するための後群G3Rの移動量は0.337(mm)となる。

【0051】

以下の表1に、本実施例に係る防振機能を有するズームレンズの諸元の値を掲げる。

[全体諸元]において、fは焦点距離、FNOはFナンバー、2θは画角をそれぞれ示す。

[レンズデータ]において、第1カラム面は物体側からのレンズ面の順序、第2カラムrはレンズ面の曲率半径、第3カラムdはレンズ面の間隔、第4カラムλはd線(λ=587.6nm)に対するアッペ数、第5カラムnはd線(λ=587.6nm)に対する屈折率をそれぞれ示す。また、σは平面、B.f.はバックフォーカスをそれぞれ示し、空気の屈折率1.0000はその記載を省略している。

【0052】

[非球面データ]には、非球面を次式で表した場合の非球面係数を示す。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (h/r)^2\}^{1/2}] + bh^4 + ch^6 + dh^8 + eh^{10}$$

ここで、xを非球面の頂点を基準としたときの光軸からの高さhの位置における光軸方向の変位、rを円錐定数、b, c, d, eを非球面係数、rを[レンズ諸元]中に示される近軸曲率半径とする。

なお、「E-n」は「x10⁻ⁿ」を示し、例えば「1.234E-05」は「1.234×10⁻⁵」を示す。

[可変間隔データ]には、焦点距離f及び可変間隔の値を示す。

【0053】

ここで、以下の各実施例の全ての諸元値において掲載されている焦点距離f、曲率半径r、その他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかし光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、単位は「mm」に限られるものではない。

尚、以下の全実施例の諸元値においても、本実施例と同様の符号を用いる。

【0054】

(表1)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.50	~ 69.55	~ 194.45
FNO	= 3.52	~ 5.08	~ 5.88
2θ	= 77.59	~ 22.23	~ 8.12

[レンズデータ]

面	r	d	n
---	---	---	---

10

20

30

40

50

(第 1 レンズ群 G 1)					
1	140.0000	2.0000	32.35	1.850260	
2	66.3969	8.7000	82.52	1.497820	
3	-405.8300	0.1000			
4	59.5278	6.1000	65.47	1.603000	
5	264.8699	(d5)			
(第 2 レンズ群 G 2)					
6	500.0000	0.2000	38.09	1.553890	非球面
7	300.0000	1.2000	46.63	1.816000	
8	15.0345	5.9000			10
9	-52.6734	1.2000	46.63	1.816000	
10	45.9439	0.1000			
11	30.0000	4.6000	23.78	1.846660	
12	-50.4359	1.0000			
13	-28.5856	1.0000	52.32	1.755000	
14	-185.8275	(d14)			
(可変開口絞り S)					
15		0.5000			
(第 3 レンズ群 G 3)					
(前群 G 3 F)					20
16	34.7750	3.0000	60.09	1.640000	
17	-37.3372	0.1000			
18	29.1870	3.6000	82.52	1.497820	
19	-24.9540	1.0000	32.35	1.850260	
20	197.2081	3.0000			
(後群 G 3 R)					
21	-43.6102	0.0500	38.09	1.553890	非球面
22	-43.6102	1.0000	49.61	1.772500	
23	25.2115	1.8000	25.43	1.805180	
24	92.1796	(d24)			30
(第 4 レンズ群 G 4)					
25	80.0000	4.0000	55.34	1.677900	非球面
26	-32.0531	1.5000			
27	80.0000	3.6000	82.52	1.497820	
28	-40.0000	1.4000	37.17	1.834000	
29	46.7003	1.8000			
30	-120.0000	2.8000	65.47	1.603000	
31	-29.3134	(B.f.)			

[非球面データ] 40

第 6 面

	b	c	d	e
1.0000	1.10280E-05	-3.56250E-08	1.02120E-10	-1.60960E-13

第 2 1 面 非球面有効径 14.8mm

	b	c	d	e
0.0837	7.62690E-06	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

第 2 5 面

	b	c	d	e
-22.2603	-1.24410E-05	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	18.50075	69.54912	194.45435
d5	2.40000	38.00000	60.56391
d14	29.30000	11.00000	1.50000
d24	10.00000	3.60000	2.00000
B. f.	38.11416	66.22937	78.56798

【 0 0 5 5 】

図 2 (a)、及び図 2 (b) はそれぞれ、本発明の第 1 実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.60° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

10

図 3 は、本発明の第 1 実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

図 4 (a)、及び図 4 (b) はそれぞれ、本発明の第 1 実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【 0 0 5 6 】

各収差図において、FNO は F ナンバー、Y は像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバーの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。また d は d 線 ($\lambda = 587.6$ nm)、g は g 線 ($\lambda = 435.8$ nm) をそれぞれ示す。そして非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。

20

なお、以下に示す各実施例の諸収差図において、本実施例と同様の符号を用いる。

【 0 0 5 7 】

各諸収差図より本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 5 8 】

(第 2 実施例)

図 5 は、本発明の第 2 実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。

30

本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、可変開口絞り S と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とから構成されている。

【 0 0 5 9 】

そして本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔が減少するように、第 1 レンズ群 G 1 と第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 が物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。

40

【 0 0 6 0 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸形状の正レンズ L 1 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、両凸形状の正レンズ L 2 3 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 4 とからなる。そして、第 2 レンズ群 G 2 において最も物体側に位置する負メニスカスレンズ L 2 1 は、物体側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

50

【 0 0 6 1 】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G3Fと、負の屈折力を有する後群G3Rとから構成されており、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって防振、即ち手ぶれ補正を行う。

前群G3Fは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と物体側に凹面を向けた平凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。

後群G3Rは、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズからなる。そして、後群G3Rにおいて最も物体側に位置する両凹形状の負レンズL34は、物体側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

10

【 0 0 6 2 】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と両凹形状の負レンズL43との接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL44とからなる。そして、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する両凸形状の正レンズL41は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

【 0 0 6 3 】

可変開口絞りSは、上述のように第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に位置し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第3レンズ群G3の前群G3Fとともに移動する。

20

また、遠距離から近距離へのフォーカシングは、第2レンズ群G2を物体側へ移動させることによって行われる。

【 0 0 6 4 】

上述のようにぶれ補正は、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって行われる。本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態において、防振係数Kは1.134、焦点距離fは18.50(mm)であるため、0.60°の回転ぶれを補正するための後群G3Rの移動量は0.171(mm)となる。また、望遠端状態においては、防振係数Kは2.009、焦点距離fは195.00(mm)であるため、0.20°の回転ぶれを補正するための後群G3Rの移動量は0.339(mm)となる。

30

以下の表2に、本実施例に係る防振機能を有するズームレンズの諸元の値を掲げる。

【 0 0 6 5 】

(表2)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.50	~ 70.58	~ 195.00
FNO	= 3.57	~ 5.09	~ 5.81
2	= 77.44	~ 21.91	~ 8.10

[レンズデータ]

40

面	r	d	n	
(第1レンズ群G1)				
1	134.2298	2.0000	32.35	1.850260
2	64.0930	8.8000	81.61	1.497000
3	-455.1922	0.1000		
4	59.0442	6.3000	65.47	1.603000
5	278.8837	(d5)		
(第2レンズ群G2)				
6	169.6714	0.1500	38.09	1.553890 非球面
7	116.5468	1.2000	46.63	1.816000

50

8	14.1945	5.6000			
9	-50.0283	1.0000	46.63	1.816000	
10	39.1951	0.1000			
11	27.2138	4.8000	23.78	1.846660	
12	-47.2390	0.9000			
13	-26.4293	1.0000	47.38	1.788000	
14	-144.6464	(d14)			
(可変開口絞り S)					
15		0.5000			
(第3レンズ群 G3)					
(前群 G3F)					
16	40.5909	3.0000	65.47	1.603000	
17	-40.5909	0.1000			
18	26.4211	3.6000	81.61	1.497000	
19	-31.3570	1.0000	32.35	1.850260	
20		3.0000			
(後群 G3R)					
21	-48.0486	0.1000	38.09	1.553890	非球面
22	-50.9404	1.0000	49.61	1.772500	
23	29.8100	1.8000	25.43	1.805180	
24	78.3305	(d24)			
(第4レンズ群 G4)					
25	80.0866	4.4000	54.52	1.676974	非球面
26	-32.2199	0.6000			
27	119.1591	4.0000	70.24	1.487490	
28	-32.0950	1.4000	37.17	1.834000	
29	60.5341	1.5000			
30	-119.5799	3.3000	64.12	1.516800	
31	-28.0454	(B.f.)			

10

20

30

[非球面データ]

第6面

	b	c	d	e
1.0000	1.00790E-05	-4.17580E-08	1.36860E-10	-2.18740E-13

第21面 非球面有効径 15.0mm

	b	c	d	e
1.0000	9.66620E-06	3.29250E-09	0.00000E+00	0.00000E+00

第25面

	b	c	d	e
1.0000	-1.94720E-05	2.75020E-09	0.00000E+00	0.00000E+00

40

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	18.50109	70.58244	194.99580
d5	2.07000	38.00000	60.00000
d14	29.40000	11.00000	1.80000
d24	10.10000	4.60000	3.00000
B.f.	38.04456	67.30022	79.17192

【0066】

図6(a)、及び図6(b)はそれぞれ、本発明の第2実施例に係る防振機能を有する

50

ズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.60° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

図7は、本発明の第2実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

図8(a)、及び図8(b)はそれぞれ、本発明の第2実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【0067】

各諸収差図より本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

10

【0068】

(第3実施例)

図9は、本発明の第3実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、可変開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

【0069】

20

そして本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が減少するように、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3と第4レンズ群G4が物体側へ移動し、第2レンズ群G2が移動する。

【0070】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。そして、第2レンズ群G2において最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

30

【0071】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G3Fと、負の屈折力を有する後群G3Rとから構成されており、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって防振、即ち手ぶれ補正を行う。

前群G3Fは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。

40

後群G3Rは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL34と両凹形状の負レンズL35との接合レンズからなる。そして、後群G3Rにおいて最も物体側に位置する正メニスカスレンズL34は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

【0072】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42と両凹形状の負レンズL43との接合レンズとからなる。そして、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する両凸形状の正レンズL41は、両側のレンズ面を非球面形状とした両面非球面レンズである。

【0073】

50

可変開口絞り S は、上述のように第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に位置し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第 3 レンズ群 G 3 の前群 G 3 F とともに移動する。

また、遠距離から近距離へのフォーカシングは、第 2 レンズ群 G 2 を物体側へ移動させることによって行われる。

【 0 0 7 4 】

上述のようにぶれ補正は、後群 G 3 R のみを光軸と直交する方向へ移動させることによって行われる。本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態において、防振係数 K は 0 . 8 8 9、焦点距離 f は 1 8 . 3 0 (mm) であるため、0 . 6 0 ° の回転ぶれを補正するための後群 G 3 R の移動量は 0 . 2 1 6 (mm) となる。また、望遠端状態においては、防振係数 K は 1 . 7 4 7、焦点距離 f は 1 9 6 . 0 0 (mm) であるため、0 . 2 0 ° の回転ぶれを補正するための後群 G 3 R の移動量は 0 . 3 9 2 (mm) となる。

10

以下の表 3 に、本実施例に係る防振機能を有するズームレンズの諸元の値を掲げる。

【 0 0 7 5 】

(表 3)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.30	~ 72.00	~ 196.00
F N O	= 3.32	~ 5.33	~ 5.95
2	= 78.14	~ 21.85	~ 8.13

20

[レンズデータ]

面	r	d	n	
(第 1 レンズ群 G 1)				
1	105.9610	2.0000	23.78	1.846660
2	71.3260	7.5407	81.54	1.496999
3	-1309.8498	0.2000		
4	62.7400	5.6340	65.44	1.603001
5	172.3159	(d5)		
(第 2 レンズ群 G 2)				
6	3247.3313	0.2000	38.09	1.553890 非球面
7	350.0000	1.4000	46.62	1.816000
8	15.5519	7.2691		
9	-38.1063	1.4000	46.62	1.816000
10	58.2259	0.2096		
11	39.9359	4.0201	23.78	1.846660
12	-38.0549	0.6961		
13	-28.7047	1.4000	46.62	1.816000
14	-92.9967	(d14)		
(可変開口絞り S)				
15		0.5000		
(第 3 レンズ群 G 3)				
(前群 G 3 F)				
16	41.2957	2.7565	70.23	1.487490
17	-49.3120	0.4901		
18	20.9493	4.6210	81.54	1.496999
19	-41.7503	1.4000	32.35	1.850260
20	170.2856	2.2624		
(後群 G 3 R)				

30

40

50

21	-68.7491	1.8465	23.78	1.846660	非球面
22	-31.9511	1.4000	46.62	1.816000	
23	107.0149	(d23)			
(第4レンズ群G4)					
24	54.7472	7.6656	59.46	1.583129	非球面
25	-19.8886	0.2000			非球面
26	-80.6973	3.5979	60.08	1.639999	
27	-16.9513	1.6279	40.92	1.806098	
28	447.1115	(B.f.)			

10

[非球面データ]

第6面

	b	c	d	e
914152	1.46890E-05	-5.00490E-08	2.39330E-10	-5.14510E-13

第21面 非球面有効径 17.88mm

	b	c	d	e
-5.4970	2.63620E-06	-3.02920E-08	4.35670E-10	-1.87450E-12

第24面

	b	c	d	e
10.2988	-3.86840E-05	-2.10020E-08	-6.08770E-10	-1.90870E-12

20

第25面

	b	c	d	e
-0.5656	-1.50360E-05	-3.40270E-08	-2.15350E-10	-1.74120E-12

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	18.30014	72.00011	196.00082
d5	2.00001	32.05608	59.13620
d14	31.55579	9.21847	1.00000
d23	9.40857	4.33178	3.16583
B.f.	39.00002	78.75226	89.56258

30

【0076】

図10(a)、及び図10(b)はそれぞれ、本発明の第3実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び0.60°の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

図11は、本発明の第3実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

図12(a)、及び図12(b)はそれぞれ、本発明の第3実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び0.20°の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

40

【0077】

各諸収差図より本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0078】

(第4実施例)

図13は、本発明の第4実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、可変開口絞りSと、正

50

の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

【0079】

そして本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が減少するように、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3と第4レンズ群G4が物体側へ移動し、第2レンズ群G2が移動する。

【0080】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。

10

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。そして、第2レンズ群G2において最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

【0081】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G3Fと、負の屈折力を有する後群G3Rとから構成されており、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって防振、即ち手ぶれ補正を行う。

20

前群G3Fは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33との接合レンズとからなる。

後群G3Rは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL34と両凹形状の負レンズL35との接合レンズからなる。そして、後群G3Rにおいて最も物体側に位置する正メニスカスレンズL34は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

【0082】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。そして、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する両凸形状の正レンズL41は、両側のレンズ面を非球面形状とした両面非球面レンズである。

30

【0083】

可変開口絞りSは、上述のように第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に位置し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第3レンズ群G3の前群G3Fとともに移動する。

また、遠距離から近距離へのフォーカシングは、第2レンズ群G2を物体側へ移動させることによって行われる。

【0084】

上述のようにぶれ補正は、後群G3Rのみを光軸と直交する方向へ移動させることによって行われる。本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態において、防振係数Kは1.147、焦点距離fは20.63(mm)であるため、0.60°の回転ぶれを補正するための後群G3Rの移動量は0.188(mm)となる。また、望遠端状態においては、防振係数Kは1.976、焦点距離fは196.46(mm)であるため、0.20°の回転ぶれを補正するための後群G3Rの移動量は0.347(mm)となる。

40

以下の表4に、本実施例に係る防振機能を有するズームレンズの諸元の値を掲げる。

【0085】

(表4)

[全体諸元]

50

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 20.63	~ 72.05	~ 196.46
F N O	= 3.56	~ 5.27	~ 5.70
2	= 71.47	~ 21.56	~ 8.02

[レンズデータ]

面	r	d	n		
(第 1 レンズ群 G 1)					
1	93.1885	1.5000	32.35	1.850260	
2	54.0487	8.8553	82.52	1.497820	10
3	-263.5006	0.2000			
4	45.9278	5.3255	82.52	1.497820	
5	164.8751	(d 5)			
(第 2 レンズ群 G 2)					
6	69.8459	0.1380	38.09	1.553890	非球面
7	74.3360	1.4000	46.63	1.816000	
8	13.3861	4.4109			
9	-25.9378	1.4000	46.63	1.816000	
10	75.9758	0.2000			
11	33.1079	3.4027	23.78	1.846659	20
12	-26.3636	0.8226			
13	-17.4698	1.4000	46.63	1.816000	
14	-151.0383	(d14)			
(可変開口絞り S)					
15		0.2000			
(第 3 レンズ群 G 3)					
(前群 G 3 F)					
16	41.1222	2.0987	60.08	1.639999	
17	-70.8824	0.2000			
18	19.6574	3.8836	82.52	1.497820	30
19	-25.0076	1.4000	25.42	1.805181	
20	-120.5054	1.5000			
(後群 G 3 R)					
21	-100.4883	2.8127	28.46	1.728250	非球面
22	-16.5477	1.4000	46.62	1.816000	
23	61.8649	(d23)			
(第 4 レンズ群 G 4)					
24	70.4569	3.2409	54.52	1.676974	非球面
25	-18.8411	0.2000			非球面
26	-52.6818	2.7746	47.22	1.540720	40
27	-14.4027	1.4000	34.97	1.800999	
28	-132.0069	(B.f.)			

[非球面データ]

第 6 面

	b	c	d	e
1.0000	1.21650E-05	5.07790E-08	-8.31590E-10	6.35490E-12

第 2 1 面 非球面有効径 15.6mm

	b	c	d	e	
-0.5201	1.10140E-05	3.88890E-08	-3.77380E-10	2.20940E-12	50

第 2 4 面

	b	c	d	e
-14.2400	-2.66160E-05	-1.00060E-07	-3.80740E-10	6.55080E-13

第 2 5 面

	b	c	d	e
0.3071	-6.09280E-06	-6.17870E-08	-8.42130E-10	2.52800E-12

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	20.62988	72.05031	196.46091
d5	1.40201	27.41287	46.50963
d14	21.02277	8.78717	0.99999
d23	6.18019	3.84692	3.23042
B.f.	40.03100	68.41700	75.26872

10

【 0 0 8 6 】

図 1 4 (a)、及び図 1 4 (b) はそれぞれ、本発明の第 4 実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0 . 6 0 ° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

図 1 5 は、本発明の第 4 実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

20

図 1 6 (a)、及び図 1 6 (b) はそれぞれ、本発明の第 4 実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0 . 2 0 ° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【 0 0 8 7 】

各諸収差図より本実施例に係る防振機能を有するズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 8 8 】

以下の表 5 に、上記各実施例に係る防振機能を有するズームレンズについて、各条件式の値を示す。

30

【 0 0 8 9 】

(表 5)

		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	$f 1 / f w$	5.470	5.408	5.682	3.944
(2)	$f 3 / f w$	2.926	2.660	2.744	1.841
(3 , 4)	$0 . 0 0 0 1 \times (h / 2)$	0.0007	0.0008	0.0009	0.0008
	$ X 5 0 $	0.0017	0.0019	0.0019	0.0027
	$ X m $	0.0271	0.0312	0.0284	0.0469
	$0 . 0 1 \times (h / 2)$	0.074	0.075	0.089	0.078
(5)	$ X 5 0 / X m $	0.063	0.061	0.067	0.058
(6)	$f 3 R / f 3 F$	-1.419	-1.501	-1.746	-1.693
(7)	$f 3 / f 4$	1.367	1.143	1.050	0.907
(8)	$B f w / f w$	2.060	2.056	2.131	1.940
(9)	$D s / f 3$	0.207	0.228	0.240	0.244
(1 0)	$f w / R e$	-0.631	-0.660	0.041	-0.156

40

【 0 0 9 0 】

以上より上記各実施例によれば、防振機能を有するズームレンズであって、デジタル一眼レフカメラに好適な長いバックフォーカスと、10倍程度のズーム比を有し、さらに広角端状態において70°以上の画角を有する小型のズームレンズを提供することができる。

50

【0091】

なお、本発明の実施例として4群構成のレンズ系を示したが、該4群を含む5群及びそれ以上の群構成のレンズ系も、本発明の効果を内在したレンズ系であることは言うまでもない。また、各レンズ群内の構成においても、実施例の構成に付加レンズを加えただけのレンズ群も、本発明の効果を内在した同等のレンズ群であることは言うまでもない。

また、本発明の防振機能を有するズームレンズは、デジタル一眼レフカメラに用いることに限られず、フィルムカメラにも用いることができることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図1】本発明の第1実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。 10

【図2】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第1実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.60° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図3】本発明の第1実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

【図4】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第1実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図5】本発明の第2実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。 20

【図6】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第2実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.60° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図7】本発明の第2実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

【図8】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第2実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図9】本発明の第3実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。 30

【図10】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第3実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.60° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図11】本発明の第3実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

【図12】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第3実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図13】本発明の第4実施例に係る防振機能を有するズームレンズのレンズ構成を示す図である。 40

【図14】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第4実施例に係る防振機能を有するズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.60° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図15】本発明の第4実施例に係る防振機能を有する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諸収差図である。

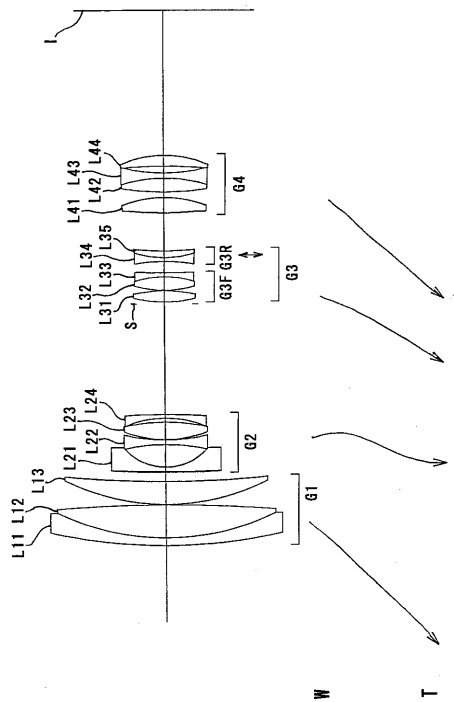
【図16】(a)、及び(b)はそれぞれ、本発明の第4実施例に係る防振機能を有するズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

【符号の説明】

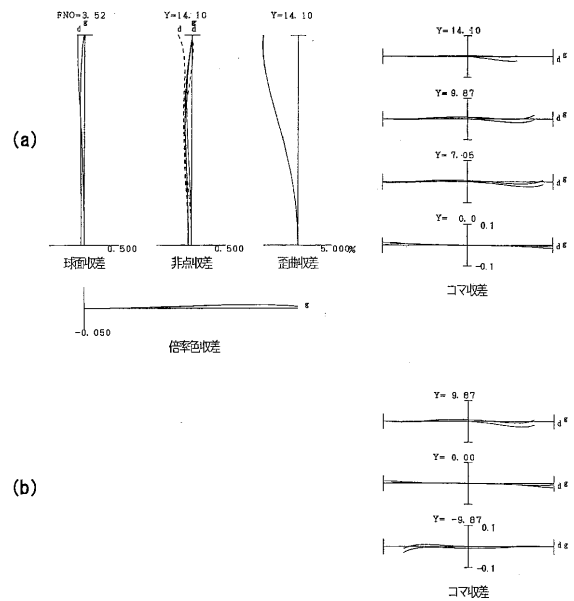
【 0 0 9 3 】

- 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 3 F 前群
- G 3 R 後群
- G 4 第 4 レンズ群
- S 可変開口絞り
- W 広角端状態
- T 望遠端状態
- I 像面

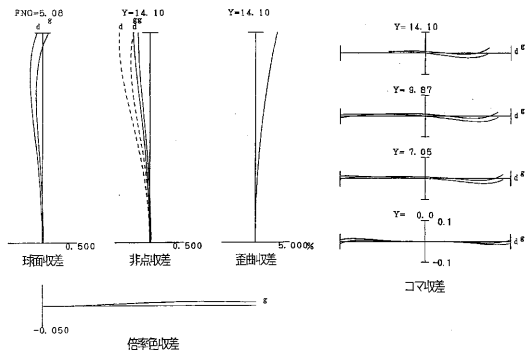
【 図 1 】



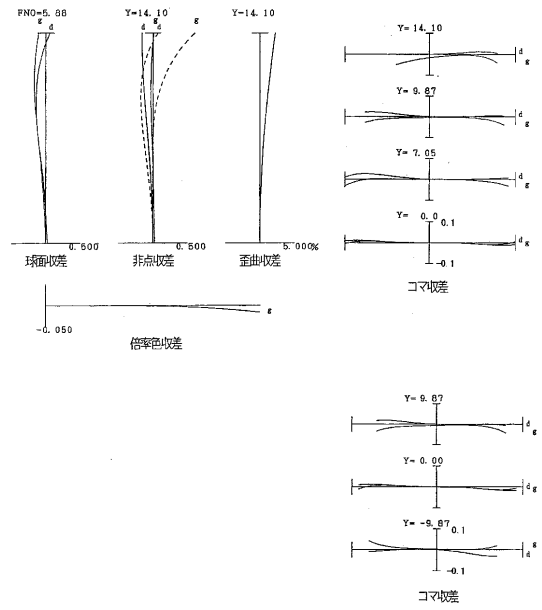
【 図 2 】



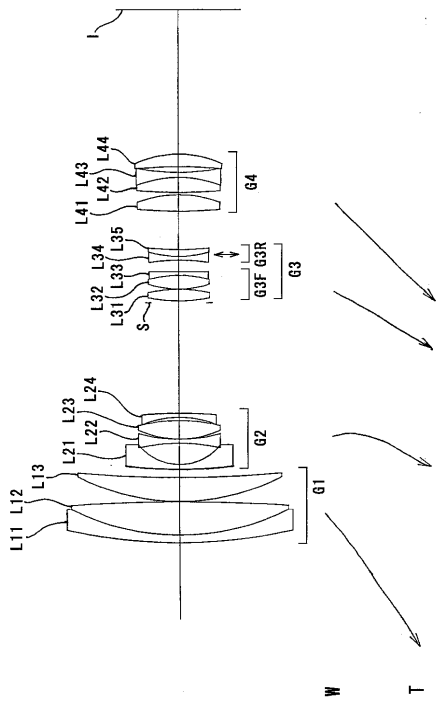
【 図 3 】



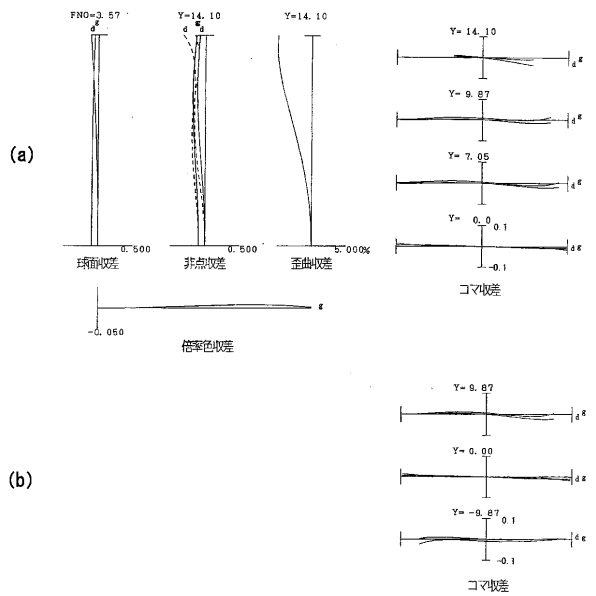
【 図 4 】



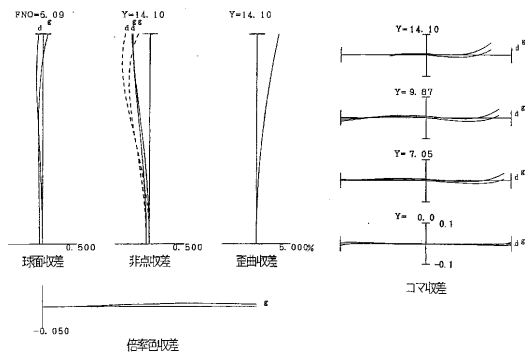
【 図 5 】



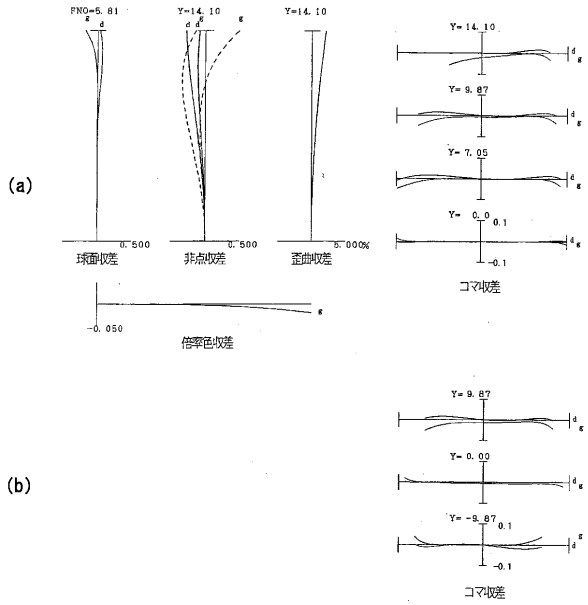
【 図 6 】



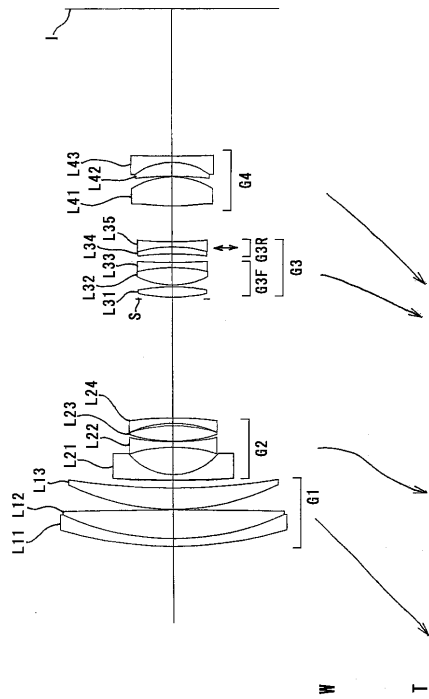
【図7】



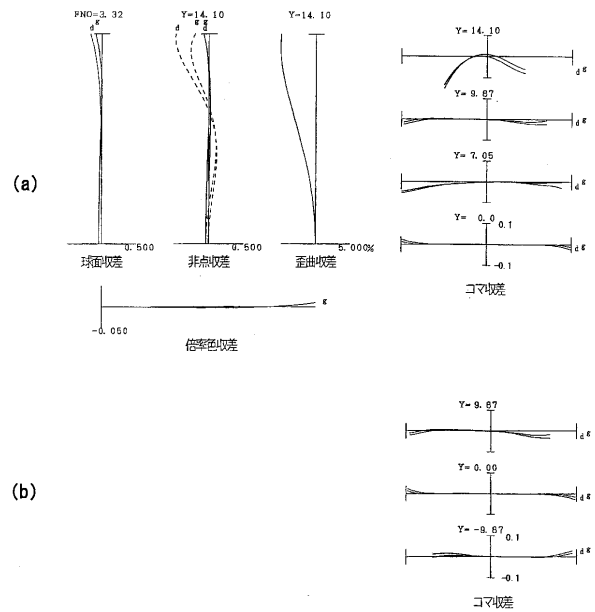
【図8】



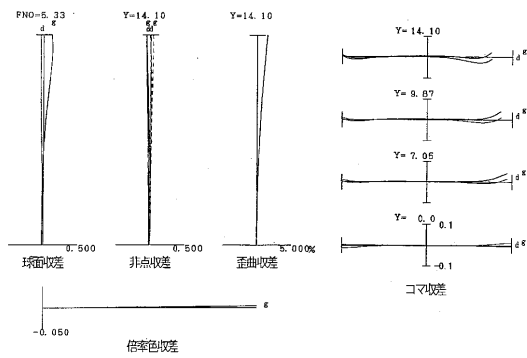
【図9】



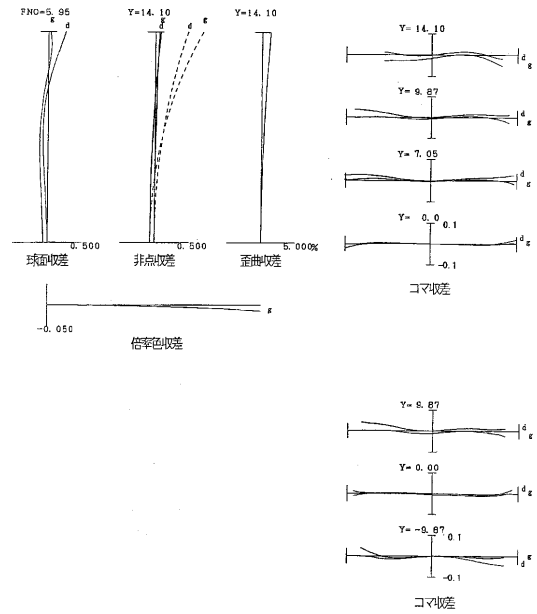
【図10】



【 図 1 1 】



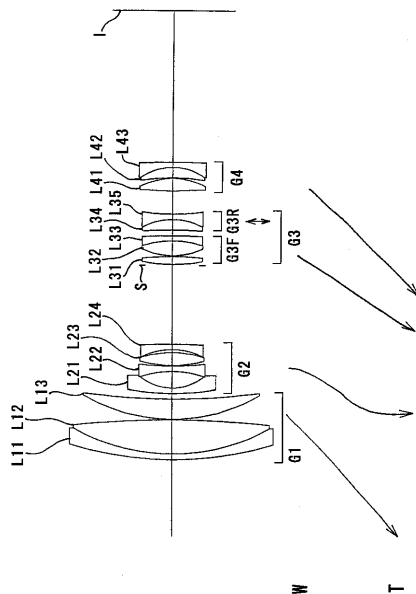
【 図 1 2 】



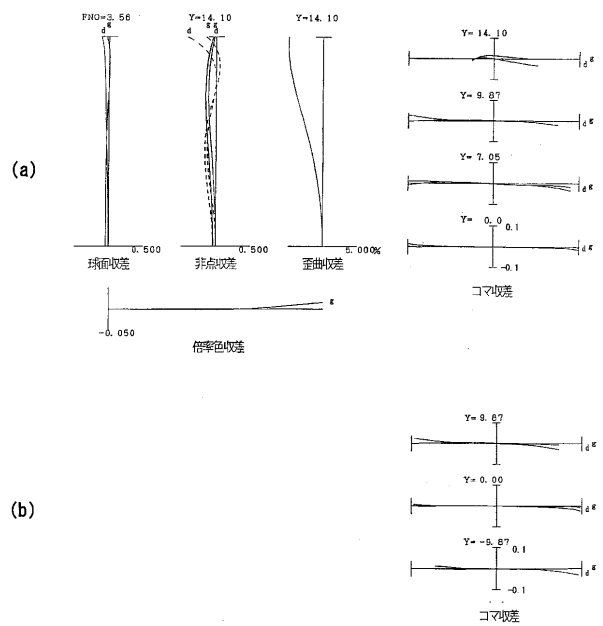
(a)

(b)

【 図 1 3 】



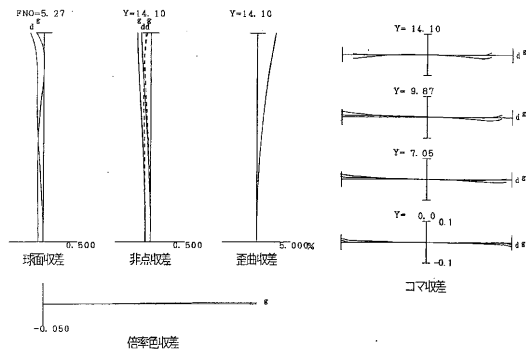
【 図 1 4 】



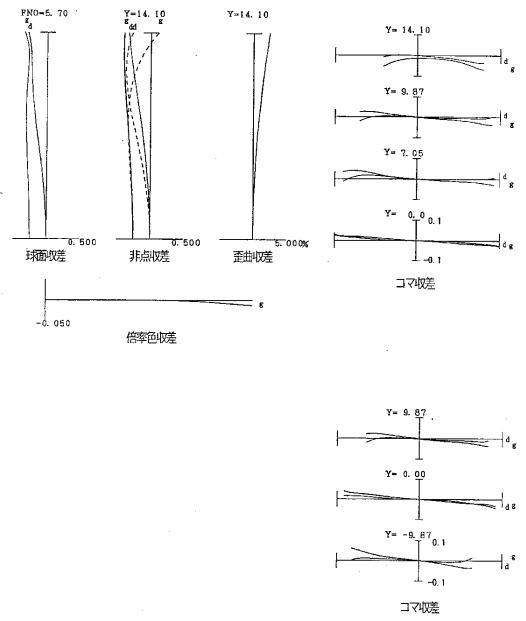
(a)

(b)

【図15】



【図16】



(a)

(b)

フロントページの続き

審査官 原田 英信

(56)参考文献 国際公開第2004/111698(WO, A1)

特開平05-060971(JP, A)

特開2004-258247(JP, A)

特開2003-295057(JP, A)

特開2004-199000(JP, A)

特開2004-258509(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04