

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5176410号
(P5176410)

(45) 発行日 平成25年4月3日(2013.4.3)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int. Cl.		F I	
G02B	15/20	(2006.01)	G02B 15/20
G03B	5/00	(2006.01)	G03B 5/00 J
H04N	5/225	(2006.01)	H04N 5/225 D
G02B	13/18	(2006.01)	G02B 13/18

請求項の数 11 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2007-173173 (P2007-173173)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成19年6月29日(2007.6.29)	(74) 代理人	100077919 弁理士 井上 義雄
(65) 公開番号	特開2009-14767 (P2009-14767A)	(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
(43) 公開日	平成21年1月22日(2009.1.22)	(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
審査請求日	平成22年6月25日(2010.6.25)	(72) 発明者	山本 浩史 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、光学装置、変倍光学系の変倍方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群と、正屈折力を有する第2レンズ群と、負屈折力を有する第3レンズ群と、正屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなる接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、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と両凹形状の負レンズとの接合レンズからなり、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群の間隔が変化し、

前記第2レンズ群の少なくとも一部が光軸と略直交する方向へシフトし、

以下の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$1.20 < f2 / fw < 2.50$$

$$-2.00 < f3 / fw < -0.80$$

但し、

f2：前記第2レンズ群の焦点距離

f3：前記第3レンズ群の焦点距離

fw：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【請求項2】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と

の間隔が増大し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が減少することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

【請求項3】

開口絞りを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記開口絞りは前記第3レンズ群とともに移動することを特徴とする請求項1又は2に記載の変倍光学系。

【請求項4】

前記第2レンズ群の前記接合レンズが光軸と略直交する方向へシフトすることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項5】

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ていることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項6】

前記第4レンズ群は、像面側から順に、負レンズと正レンズとからなる前記接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項7】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第1レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動することを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項8】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$-0.60 < (d1w - d1t) / Y_{max} < 0.17$$

但し、

d1w：広角端状態における前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離

d1t：望遠端状態における前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離

Y_{max}：最大像高

【請求項9】

前記変倍光学系中の最も像面側のレンズ面が、像面側に凸形状であることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項10】

請求項1から9のいずれか1項に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。

【請求項11】

物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群と、正屈折力を有する第2レンズ群と、負屈折力を有する第3レンズ群と、正屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなる接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、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と両凹形状の負レンズとの接合レンズからなり、

前記第2レンズ群の少なくとも一部が光軸と略直交する方向へシフトし、

以下の条件を満足する変倍光学系の変倍方法であって、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群の間隔が変化することを特徴とする変倍光学系の変倍方法。

$$1.20 < f2 / fw < 2.50$$

$$-2.00 < f3 / fw < -0.80$$

10

20

30

40

50

但し、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、光学装置、変倍光学系の変倍方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した変倍光学系が提案されている（例えば、特許文献1を参照。）。

【特許文献1】特開平11-174329号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来の変倍光学系は、良好な光学性能を達成できていないという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するために、本発明は、

物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群と、正屈折力を有する第2レンズ群と、負屈折力を有する第3レンズ群と、正屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなる接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、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と両凹形状の負レンズとの接合レンズからなり、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群の間隔が変化し、

前記第2レンズ群の少なくとも一部が光軸と略直交する方向へシフトし、

以下の条件を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.00 < f_3 / f_w < -0.80$$

但し、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離。

また、本発明は、前記変倍光学系を有することを特徴とする光学装置を提供する。

【0005】

また、本発明は、

物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群と、正屈折力を有する第2レンズ群と、負屈折力を有する第3レンズ群と、正屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなる接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、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と両凹形状の負レンズとの接合レンズからなり、

前記第2レンズ群の少なくとも一部が光軸と略直交する方向へシフトし、

以下の条件を満足する変倍光学系の変倍方法であって、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群の間隔が変化することを特徴とする変倍光学系の変倍方法を提供する。

10

20

30

40

50

$$1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.00 < f_3 / f_w < -0.80$$

但し、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、良好な光学性能を有する変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の変倍方法を提供することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明の実施形態に係る変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の変倍方法について説明する。

【0008】

本変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群と、正屈折力を有する第2レンズ群と、負屈折力を有する第3レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群が光軸と略直交する方向へシフトし、以下の条件式(1)、(2)を満足する。

$$(1) \quad 1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

20

$$(2) \quad -2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

但し、 f_2 は前記第2レンズ群の焦点距離、 f_3 は前記第3レンズ群の焦点距離、 f_w は広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離である。

【0009】

条件式(1)は、第2レンズ群の屈折力を規定したものである。本変倍光学系は、この条件式(1)を満足することで、所定の変倍比を効果的に確保しつつ、良好な光学性能、特に防振時においても良好な光学性能を実現することができる。

【0010】

条件式(1)の下限値を下回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなり過ぎて、コマ収差が悪化してしまう。また、防振時の偏心収差、即ちコマ収差又は非点収差が悪化してしまう。

30

【0011】

なお、本発明の効果をより確実にするためには、条件式(1)の下限値を1.30に設定することが望ましい。

【0012】

一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第2レンズ群の屈折力が小さくなり過ぎて、変倍時の各レンズ群の移動量が増加してしまう。このため、広角端状態から望遠端状態への変倍時に像面湾曲収差や色収差を補正することが困難になってしまう。

【0013】

なお、本発明の効果をより確実にするためには、条件式(1)の上限値を1.80に設定することが望ましい。

40

【0014】

条件式(2)は、第3レンズ群の屈折力を規定したものである。本変倍光学系は、この条件式(2)を満足することで、所定の変倍比を効果的に確保しつつ、良好な光学性能、特に防振時においても良好な光学性能を実現することができる。

【0015】

条件式(2)の下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が小さくなり過ぎて、変倍時の第3レンズ群の移動量が増加してしまう。このため、変倍時の像面湾曲収差の変動が大きくなり、これを補正することが困難になってしまう。

【0016】

50

なお、本発明の効果をより確実にするためには、条件式(2)の下限値を -2.00 に設定することが望ましい。

【0017】

一方、条件式(2)の上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなり過ぎて、球面収差が悪化してしまう。また、防振時の偏心収差、即ちコマ収差又は非点収差が悪化してしまう。

【0018】

なお、本発明の効果をより確実にするためには、条件式(2)の上限値を -1.50 に設定することが望ましい。

【0019】

また、前記第2レンズ群を光軸と略直交する方向へシフトさせる構成である。

【0020】

この構成により、防振時のコマ収差と非点収差を良好に補正することができる。

【0021】

また本変倍光学系は、正屈折力を有する第4レンズ群を有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が増大し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が減少することが望ましい。

【0022】

この構成により、各レンズ群で効果的に変倍を行うことができる。

【0023】

また本変倍光学系は、開口絞りを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記開口絞りは前記第3レンズ群とともに移動することが望ましい。

【0024】

この構成により、変倍時において光軸外でのコマ収差をバランス良く補正し、良好な光学性能を実現することができる。また、レンズ群全体、特に第1レンズ群及び最終レンズ群(最も像面側のレンズ群)の小型化を図ることができる。

【0025】

また本変倍光学系は、前記第2レンズ群は接合レンズを有していることが望ましい。

【0026】

この構成により、変倍時において倍率色収差の変動を良好に補正することができる。

【0027】

また本変倍光学系は、前記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなる前記接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、前記接合レンズが光軸と略直交する方向へシフトすることが望ましい。

【0028】

この構成により、防振時の下側斜光線のコマ収差と非点収差を良好に補正することができ、さらに接合レンズのみ光軸と略直交する方向へシフトさせることで2群のパワーバランスと防振性能を良好に保つ事ができる。

【0029】

また本変倍光学系は、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群はそれぞれ、少なくとも1つの接合レンズを有していることが望ましい。

【0030】

この構成により、変倍時において倍率色収差の変動を良好に補正することができる。

【0031】

また本変倍光学系は、前記第4レンズ群は、像面側から順に、負レンズと正レンズとからなる前記接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなることが望ましい。

【0032】

この構成により、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔を確保しつつ、倍率色収差や球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。

【0033】

10

20

30

40

50

また本変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第1レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動することが望ましい。

【0034】

この構成により、本変倍光学系の小型化と高変倍比化を実現することができる。

【0035】

また本変倍光学系は、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad -0.60 < (d1w - d1t) / Y_{max} < 0.17$$

但し、 $d1w$ は、広角端状態における前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離、 $d1t$ は、望遠端状態における前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離、 Y_{max} は最大像高である。

10

【0036】

条件式(3)は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際する第1レンズ群の移動条件を規定したものである。本変倍光学系は、この条件式(3)を満足することで、所定の変倍比を効果的に確保しつつ、良好な光学性能を実現することができ、小型化を実現することもできる。

【0037】

条件式(3)の下限値を下回ると、屈折力の大きな第1レンズ群の変倍時の移動量が大きくなり過ぎるため、広角端状態から望遠端状態にわたって球面収差を良好に補正することができなくなってしまう。

【0038】

なお、本発明の効果をより確実にするためには、条件式(3)の下限値を -0.50 に設定することが望ましい。

20

【0039】

一方、条件式(3)の上限値を上回ると、変倍時の第2レンズ群と第3レンズ群の移動量が小さくなるため、第2レンズ群と第3レンズ群の屈折力がそれぞれ大きくなり過ぎて、球面収差が悪化してしまう。また、防振時の偏心収差、即ちコマ収差又は非点収差が悪化してしまう。

【0040】

なお、本発明の効果をより確実にするためには、条件式(3)の上限値を 0.05 に設定することが望ましい。

30

【0041】

また本変倍光学系は、該変倍光学系中の最も像面側のレンズ面が、像面側に凸形状であることが望ましい。

【0042】

この構成により、像面からの反射光によるゴーストを軽減することができる。

【0043】

本光学装置は、上述した構成の変倍光学系を備えている。

【0044】

これにより、高変倍比を有し、良好な光学性能を有する光学装置を実現することができる。

40

【0045】

本変倍光学系の変倍方法は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群と、正屈折力を有する第2レンズ群と、負屈折力を有する第3レンズ群とを有し、前記第2レンズ群が光軸と略直交する方向へシフトし、以下の条件式(1)、(2)を満足する変倍光学系の変倍方法であって、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群の間隔が変化する。

$$(1) \quad 1.20 < f2 / fw < 2.50$$

$$(2) \quad -2.10 < f3 / fw < -0.80$$

但し、 $f2$ は前記第2レンズ群の焦点距離、 $f3$ は前記第3レンズ群の焦点距離、 fw は広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離である。

50

【 0 0 4 6 】

これにより、変倍光学系において高変倍比化と良好な光学性能を実現することができる。

【 0 0 4 7 】

(実施例)

以下、数値実施例に係る変倍光学系を添付図面に基づいて説明する。

【 0 0 4 8 】

(第1実施例)

図1は、第1実施例に係る変倍光学系の構成を示す広角端状態でのレンズ断面図である。

10

【 0 0 4 9 】

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群G1と、正屈折力を有する第2レンズ群G2と、負屈折力を有する第3レンズ群G3と、正屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

【 0 0 5 0 】

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、両凹形状の負レンズL12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。そして、負メニスカスレンズL11は、像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面が形成された非球面レンズである。

【 0 0 5 1 】

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と両凸形状の正レンズL22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L23とからなる。

20

【 0 0 5 2 】

第3レンズ群G3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L31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

【 0 0 5 3 】

第4レンズ群G4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L41と、両凸形状の正レンズL42と像面I側に凸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。

30

【 0 0 5 4 】

斯かる構成の本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍に際して、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像面I側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、及び第4レンズ群G4は物体側へ移動する。

【 0 0 5 5 】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されており、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍に際して第3レンズ群G3とともに移動する。

【 0 0 5 6 】

また本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群中のL21とL22との接合レンズを光軸と略直交する方向へシフトさせることで像ブレ発生時の像面補正が行われる。

40

【 0 0 5 7 】

また、フレアカット絞りFSは、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間において第3レンズ群G3の近傍に配置されており、第3レンズ群G3と一体的に移動する。

【 0 0 5 8 】

以下の表1に第1実施例に係る変倍光学系の諸元値を掲げる。

【 0 0 5 9 】

表中の(面データ)において、物面は物体面、面番号は物体側からの面の番号、rは曲率半径、dは面間隔、 n_d はd線(波長 = 587.6nm)における屈折率、 d はd

50

線（波長 = 587.6 nm）におけるアッペ数、（可変）は可変面間隔、（絞り）は開口絞り S、像面は像面 I をそれぞれ表している。なお、空気の屈折率 $n_d = 1.000000$ は記載を省略している。また、曲率半径 r 及び面間隔 d 欄の「」は平面を示している。

【0060】

（非球面データ）において、非球面は以下の式で表される。

$$X(y) = (y^2/r) / [1 + [1 - (y^2/r^2)]^{1/2}] + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10}$$

ここで、光軸に垂直な方向の高さを y 、高さ y における光軸方向の変位量を $X(y)$ 、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r 、円錐係数を、 n 次の非球面係数を A_n とする。なお、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。また、各非球面は、（面データ）において、面番号の右側に「*」を付して示している。

【0061】

（各種データ）において、変倍比は変倍光学系の変倍比、 W は広角端状態、 M は中間焦点距離状態、 T は望遠端状態、 f は焦点距離、 FNO は F ナンバー、は半画角（単位：「°」）、 Y は像高、 TL はズームレンズ全長、 Bf はバックフォーカス、 d_i は面番号 i での可変面間隔値をそれぞれ表している。

【0062】

（ズームレンズ群データ）は、各レンズ群の始面番号とレンズ群の焦点距離をそれぞれ示す。

【0063】

（条件式対応値）は、各条件式の対応値をそれぞれ示す。

【0064】

なお、以下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 、面間隔 d その他の長さ等は、特記の無い場合一般に「mm」が使われるが、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ので、これに限られるものではない。また、単位は「mm」に限定されること無く他の適当な単位を用いることもできる。さらに、これらの記号の説明は、以降の他の実施例においても同様とし説明を省略する。

【0065】

ここで、レンズ全系の焦点距離が f 、ぶれ補正時の防振レンズ群の移動量に対する像面 I における像の移動量の比、即ち防振係数が K であるレンズにおいて、角度の回転ぶれを補正するためには、防振レンズ群を $(f \cdot \tan) / K$ だけ光軸と直交する方向へ移動させればよい。したがって、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が 1.333、焦点距離が 18.5 (mm) であるため、0.7° の回転ぶれを補正するための第 2 レンズ群中の L 2 1 と L 2 2 の接合レンズの移動量は 0.150 (mm) となる。また、望遠端状態においては防振係数が 2.222、焦点距離が 53.4 (mm) であるため、0.4° の回転ぶれを補正するための第 2 レンズ群中の L 2 1 と L 2 2 の接合レンズの移動量は 0.168 (mm) となる。

【0066】

（表 1）

（面データ）

面番号	r	d	n_d	d
物面				
1	120.000	1.90	1.51680	64.12
2	15.400	0.15	1.55389	38.09
3*	13.400	9.40		
4	-1809.922	1.50	1.62299	58.22
5	27.803	1.00		
6	24.779	3.20	1.75520	27.51

10

20

30

40

50

7	61.610	(可変)			
8	25.814	1.00	1.84666	23.78	
9	15.602	4.20	1.51823	58.89	
10	-35.194	0.10			
11	21.899	1.70	1.48749	70.45	
12	43.506	(可変)			
13 (絞り)		2.60			
14	-37.463	2.65	1.85026	32.35	10
15	-10.093	0.90	1.81600	46.63	
16	105.000	4.90			
17		(可変)			
18	-103.623	2.50	1.51823	58.89	
19	-25.585	0.10			
20	99.568	5.60	1.51823	58.89	
21	-15.750	1.30	1.79504	28.69	
22	-38.473				
像面					20
(非球面データ)					
第3面					
	=	0.0			
A4	=	2.6707E-05			
A6	=	4.2684E-08			
A8	=	3.0111E-11			
A10	=	6.16E-13			
(各種データ)					
変倍比		2.8864			30
	W	M	T		
f	= 18.5	35.0	53.4		
FNO	= 3.7	4.6	5.9		
	= 19.2	10.9	7.3		
Y	= 14.25	14.25	14.25		
TL	= 127.70	121.40	132.28		
Bf	= 37.62	53.54	71.89		
d7	31.69	9.47	2.00		40
d12	2.60	7.96	12.19		
d17	11.09	5.73	1.50		
(ズームレンズ群データ)					
群	始面	焦点距離			
1	1	- 2 5 . 1			
2	8	2 6 . 9			
3	1 4	- 3 6 . 6			
4	1 8	4 2 . 6			

(条件式対応値)

$$(1) \quad f_2 / f_w = 1.45$$

$$(2) \quad f_3 / f_w = -1.98$$

$$(3) \quad (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} = -0.32$$

【0067】

図2(a)、及び図2(b)はそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.7°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。

【0068】

図3は、第1実施例に係る変倍光学系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。

【0069】

図4(a)、及び図4(b)はそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.4°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。

【0070】

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(λ = 587.6 nm)、gはg線(λ = 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。

【0071】

なお、以降の実施例においても同様の記号を使用し、以降の説明を省略する。

【0072】

各収差図より本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0073】

(第2実施例)

図5は、第2実施例に係る変倍光学系の構成を示す広角端状態でのレンズ断面図である。

【0074】

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群G1と、正屈折力を有する第2レンズ群G2と、負屈折力を有する第3レンズ群G3と、正屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

【0075】

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、両凹形状の負レンズL12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。そして、負メニスカスレンズL11は、像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面が形成された非球面レンズである。

【0076】

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と両凸形状の正レンズL22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L23とからなる。

【0077】

第3レンズ群G3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L31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

【0078】

第4レンズ群G4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L41と、両凸形状の正レンズL42と像面I側に凸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。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

斯かる構成の本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍に際して、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像面I側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、及び第4レンズ群G4は物体側へ移動する。

【 0 0 8 0 】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されており、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍に際して第3レンズ群G3とともに移動する。

【 0 0 8 1 】

また本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群中のL21とL22との接合レンズを光軸と略直交する方向へシフトさせることで像ブレ発生時の像面補正が行われる。

【 0 0 8 2 】

また、フレアカット絞りFSは、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間において第3レンズ群G3の近傍に配置されており、第3レンズ群G3と一体的に移動する。

【 0 0 8 3 】

以下の表2に、第2実施例に係る変倍光学系の諸元値を掲げる。

【 0 0 8 4 】

ここで、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が1.087、焦点距離が18.5(mm)であるため、0.7°の回転ぶれを補正するための第2レンズ群中のL21とL22の接合レンズの移動量は0.108(mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が1.802、焦点距離が53.4(mm)であるため、0.4°の回転ぶれを補正するための第2レンズ群中のL21とL22の接合レンズの移動量は0.207(mm)となる。

【 0 0 8 5 】

(表2)

(面データ)

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	71.493	1.80	1.51680	64.10
2	15.544	0.15	1.55389	38.09
3*	13.612	9.00		
4	-182.855	1.50	1.51680	64.10
5	25.496	0.60		
6	23.646	3.00	1.78470	26.30
7	49.198	(可変)		
8	34.463	1.00	1.78470	26.30
9	18.206	4.00	1.51860	69.98
10	-36.088	2.44		
11	18.370	2.00	1.51823	58.93
12	43.588	(可変)		
13(絞り)		1.00		
14	-37.471	2.50	1.85026	32.35
15	-10.944	1.00	1.80400	46.57
16	66.452	2.00		
17		(可変)		
18	-139.816	3.20	1.49782	82.52

10

20

30

40

50

19	-21.720	0.10		
20	68.096	6.00	1.51860	69.98
21	-15.449	1.00	1.83400	37.16
22	-44.317			

像面

(非球面データ)

第3面

	= -0.5048	
A4	= 4.0935E-06	
A6	= 3.2895E-08	
A8	= -1.7008E-10	
A10	= 9.5756E-13	

10

(各種データ)

変倍比 2.8864

	W	M	T
f	= 18.5	34.6	53.4
FNO	= 3.6	4.6	5.9
	= 19.2	11.1	7.3
Y	= 14.25	14.25	14.25
TL	= 124.15	117.62	127.62
Bf	= 37.82	53.11	70.81
d7	31.91	10.08	2.39
d12	2.14	5.95	9.34
d17	10.00	6.19	2.80

20

(ズームレンズ群データ)

群	始面	焦点距離
1	1	- 2 6 . 3
2	8	2 6 . 4
3	1 4	- 3 2 . 3
4	1 8	3 9 . 0

30

(条件式対応値)

- (1) $f_2 / f_w = 1.43$
 (2) $f_3 / f_w = -1.75$
 (3) $(d_{1w} - d_{1t}) / Y_{max} = -0.24$

【0086】

図6(a)、及び図6(b)はそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.7°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。

【0087】

図7は、第2実施例に係る変倍光学系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。

【0088】

図8(a)、及び図8(b)はそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.4°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

50

【 0 0 8 9 】

各収差図より本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 9 0 】

(第3実施例)

図9は、第3実施例に係る変倍光学系の構成を示す広角端状態でのレンズ断面図である。

【 0 0 9 1 】

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群G1と、正屈折力を有する第2レンズ群G2と、負屈折力を有する第3レンズ群G3と、正屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

10

【 0 0 9 2 】

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、両凹形状の負レンズL12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。そして、負メニスカスレンズL11は、像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面が形成された非球面レンズである。

【 0 0 9 3 】

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と両凸形状の正レンズL22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L23とからなる。

20

【 0 0 9 4 】

第3レンズ群G3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L31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

【 0 0 9 5 】

第4レンズ群G4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L41と、両凸形状の正レンズL42と像面I側に凸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。

【 0 0 9 6 】

斯かる構成の本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍に際して、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像面I側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、及び第4レンズ群G4は物体側へ移動する。

30

【 0 0 9 7 】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されており、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍に際して第3レンズ群G3とともに移動する。

【 0 0 9 8 】

また本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群中のL21とL22との接合レンズを光軸と略直交する方向へシフトさせることで像ブレ発生時の像面補正が行われる。

【 0 0 9 9 】

また、フレアカット絞りFSは、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間において第3レンズ群G3の近傍に配置されており、第3レンズ群G3と一体的に移動する。

40

【 0 1 0 0 】

以下の表3に、第3実施例に係る変倍光学系の諸元値を掲げる。

【 0 1 0 1 】

ここで、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が1.117、焦点距離が18.5(mm)であるため、0.7°の回転ぶれを補正するための第2レンズ群中のL21とL22の接合レンズの移動量は0.202(mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が1.872、焦点距離が53.4(mm)であるため、0.4°の回転ぶれを補正するための第2レンズ群中のL21とL22の接合レンズの移動量は

50

0.184 (mm) となる。

【 0 1 0 2 】

(表 3)

(面データ)

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	67.809	1.90	1.51680	64.12	
2	15.703	0.16	1.55389	38.09	
3*	13.795	9.60			
4	-385.006	1.60	1.51680	64.12	10
5	25.456	0.80			
6	23.559	3.10	1.75520	27.51	
7	45.397	(可変)			
8	32.087	0.90	1.80518	25.43	
9	18.951	4.00	1.48749	70.45	
10	-32.360	0.30			
11	19.104	2.00	1.48749	70.45	
12	49.291	(可変)			20
13 (絞リ)		1.80			
14	-38.593	2.30	1.80518	25.43	
15	-14.806	0.90	1.74320	49.32	
16	48.154	2.80			
17		(可変)			
18	-129.727	2.70	1.48749	70.45	
19	-23.935	0.10			
20	114.841	5.30	1.51823	58.89	
21	-15.137	1.40	1.75520	27.51	30
22	-35.148				
像面					

(非球面データ)

第3面

= -1

A4 = 2.8619E-05

A6 = 6.0722E-08

A8 = -1.1756E-10

A10 = 1.1889E-12

40

(各種データ)

変倍比 2.8864

	W	M	T
f =	18.5	35.0	53.4
FNO =	3.6	4.6	5.9
	19.2	11.0	7.3
Y =	14.25	14.25	14.25
TL =	124.36	116.75	124.07
Bf =	38.31	52.96	67.25

50

d7	31.23	8.97	2.00
d12	2.60	7.03	11.66
d17	10.56	6.13	1.50

(ズームレンズ群データ)

群	始面	焦点距離
1	1	- 2 6 . 6
2	8	2 5 . 9
3	1 4	- 3 0 . 7
4	1 8	3 7 . 6

10

(条件式対応値)

$$(1) \quad f_2 / f_w = 1.40$$

$$(2) \quad f_3 / f_w = -1.66$$

$$(3) \quad (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} = 0.02$$

【0103】

図10(a)、及び図10(b)はそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.7° 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。

20

【0104】

図11は、第3実施例に係る変倍光学系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。

【0105】

図12(a)、及び図12(b)はそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.4° 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。

【0106】

各収差図より本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

30

【0107】

以上の各実施例によれば、高変倍比と良好な光学性能を有し、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に好適な防振機能を有する変倍光学系を実現することができる。

【0108】

次に、本変倍光学系を備えたカメラについて説明する。

【0109】

図13は、上記第1実施例に係る変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

【0110】

図13において、カメラ1は、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る変倍光学系を備えたデジタル一眼レフカメラである。なお、第1実施例に係る変倍光学系を搭載した場合について説明するが、他の実施例でも同様である。

40

【0111】

カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして焦点板4に結像されたこの光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へ導かれる。これにより撮影者は、被写体像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

【0112】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、不図示の被写体からの光は撮像素子7へ到達する。これにより被写

50

体からの光は、撮像素子7によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。

【0113】

ここで、カメラ1に撮影レンズ2として搭載した第1実施例に係る変倍光学系は、第1実施例において説明したように、その特徴的なレンズ構成によって、高変倍比、良好な光学性能、及び防振機能を実現している。これによりカメラ1は、防振機能を有し、高変倍比と良好な光学性能を実現することができる。

【0114】

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0115】

実施例では、4群構成を示したが、5群、6群等の他の群構成にも適用可能である。

【0116】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。

【0117】

また、前記合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用出来、オートフォーカス用の(超音波モーター等の)モーター駆動にも適している。特に第1レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0118】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向に振動させて、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としても良い。特に第2レンズ群を防振レンズ群とするのが好ましい。また、防振レンズ群の振動方向は、光軸に垂直でなくとも同等の効果があれば多少傾いていても良く、チルトでも構わない。

【0119】

また、レンズ面を非球面としても構わない。また、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。

【0120】

また、開口絞りは第3レンズ群近傍に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材は設けずにレンズ枠でその役割を代用しても良い。

【0121】

また、各レンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜が施されれば、フレアやゴーストを軽減し高いコントラストの高い光学性能を達成できる。

【0122】

なお、本発明を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明がこれに限定されるものでないことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0123】

【図1】第1実施例に係る変倍光学系の構成を示す広角端状態でのレンズ断面図である。

【図2】(a)、及び(b)はそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.7°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】第1実施例に係る変倍光学系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、第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.4°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】第2実施例に係る変倍光学系の構成を示す広角端状態でのレンズ断面図である。

【図6】(a)、及び(b)はそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び0.7°の回転ぶれに対してぶれ補正を行った際の

10

20

30

40

50

メリディオナル横収差図である。

【図 7】第 2 実施例に係る変倍光学系の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、第 2 実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.4° 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】第 3 実施例に係る変倍光学系の構成を示す広角端状態でのレンズ断面図である。

【図 10】(a)、及び(b)はそれぞれ、第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.7° 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 11】第 3 実施例に係る変倍光学系の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、第 3 実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における、無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.4° 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】第 1 実施例に係る変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

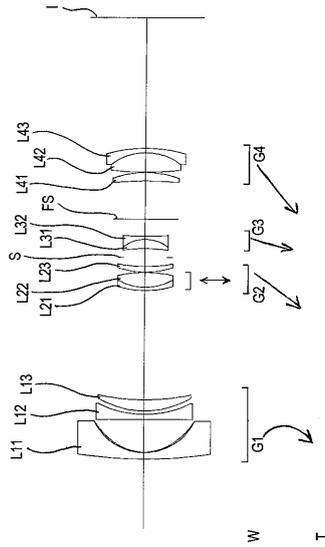
【符号の説明】

【 0 1 2 4 】

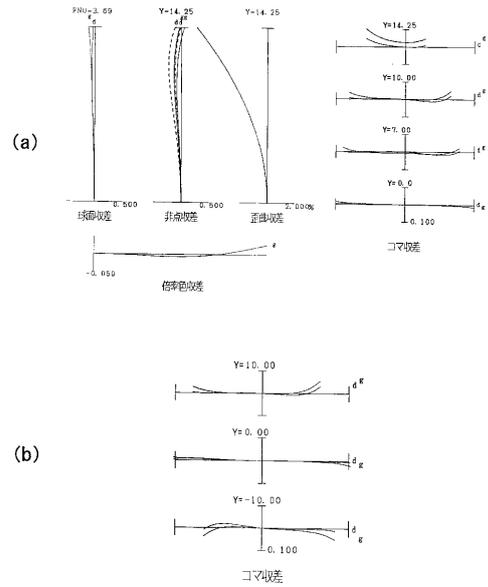
G 1 第 1 レンズ群
 G 2 第 2 レンズ群
 G 3 第 3 レンズ群
 G 4 第 4 レンズ群
 S 開口絞り
 I 像面
 W 広角端状態
 T 望遠端状態
 1 カメラ

20

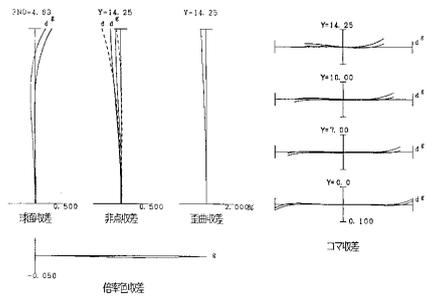
【図 1】



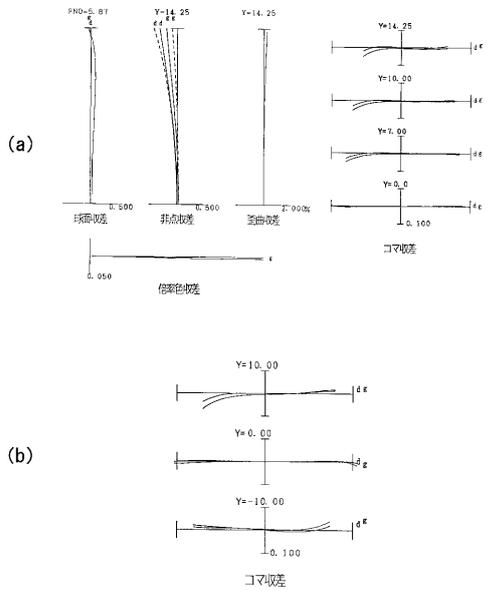
【図 2】



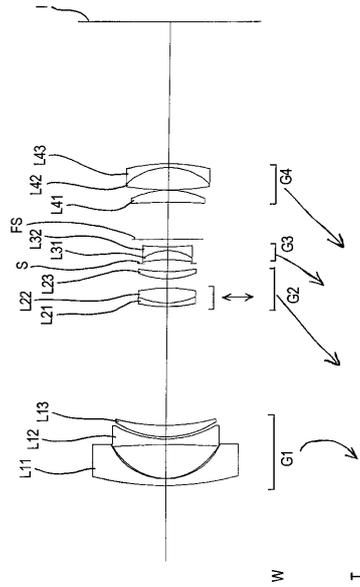
【図 3】



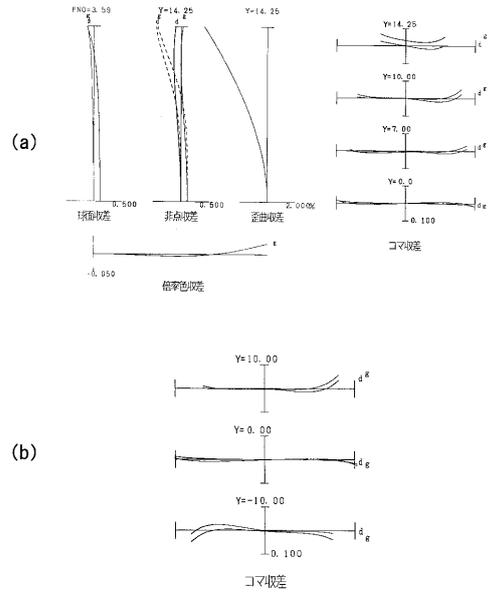
【図 4】



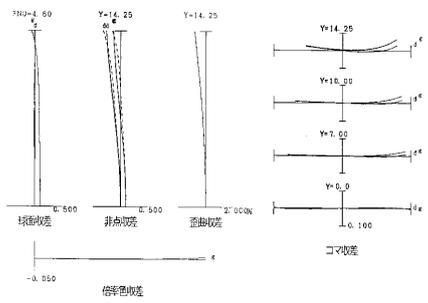
【図5】



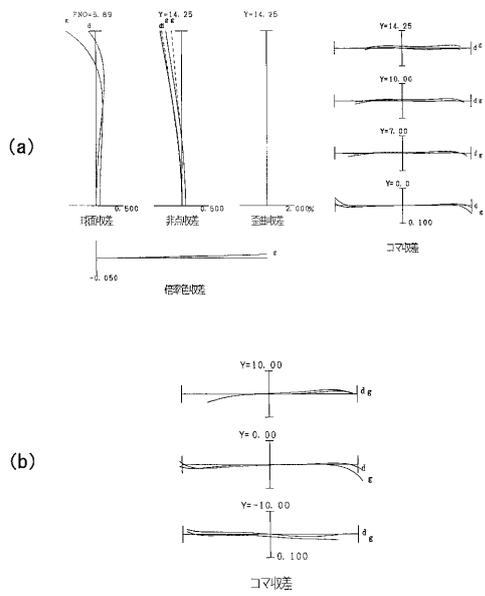
【図6】



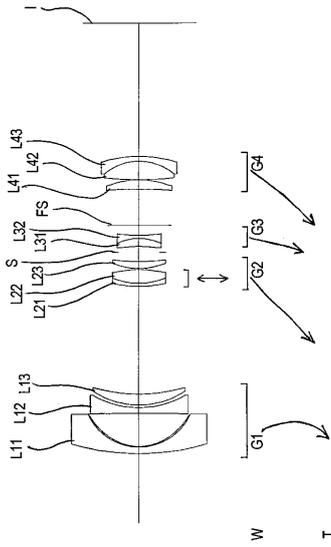
【図7】



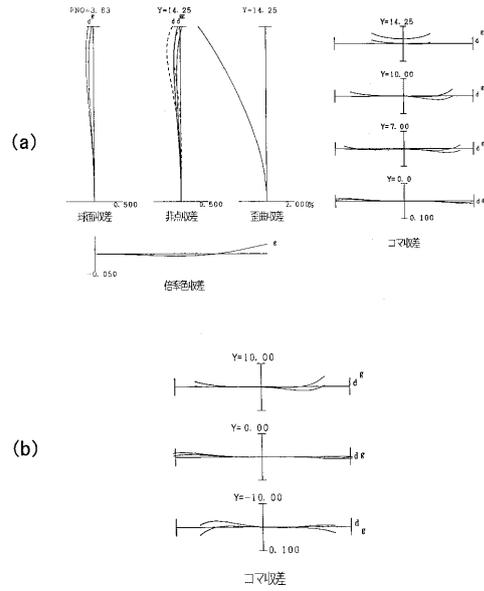
【図8】



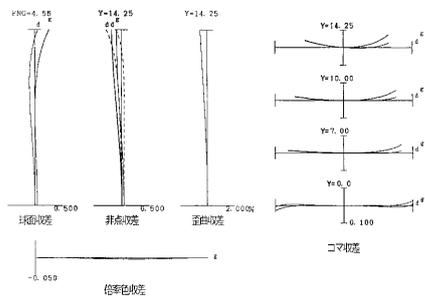
【 図 9 】



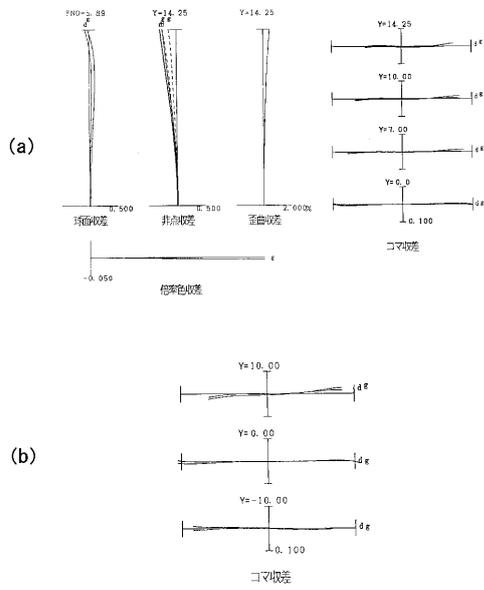
【 図 10 】



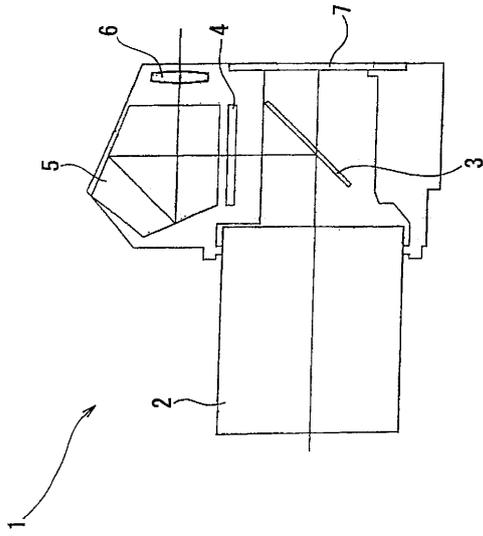
【 図 11 】



【 図 12 】



【図13】



フロントページの続き

審査官 原田 英信

- (56)参考文献 特開平02 - 201310 (JP, A)
特開平10 - 325923 (JP, A)
特開2007 - 078834 (JP, A)
特開2004 - 061910 (JP, A)
特開2006 - 113572 (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