

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5407119号
(P5407119)

(45) 発行日 平成26年2月5日 (2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月15日 (2013.11.15)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 3 B 5/00 (2006.01)

G O 3 B 5/00

J

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 12 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2007-173146 (P2007-173146)
 (22) 出願日 平成19年6月29日 (2007.6.29)
 (65) 公開番号 特開2009-14761 (P2009-14761A)
 (43) 公開日 平成21年1月22日 (2009.1.22)
 審査請求日 平成22年6月25日 (2010.6.25)

(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
 (74) 代理人 100077919
 弁理士 井上 義雄
 (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
 (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
 (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

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、

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1レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

以下の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$1.54 \quad f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} < 0.17$$

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

d_{1w} : 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

d 1 t : 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 2】

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、

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 1 レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

以下の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} < 0.05$$

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

d 1 w : 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

d 1 t : 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 3】

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、

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 1 レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

前記第 2 レンズ群は、少なくとも 1 つの接合レンズを有し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

以下の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} < 0.17$$

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

d 1 w : 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

d 1 t : 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

10

20

30

40

50

$Y_{\max}$: 最大像高

【請求項 4】

前記第 2 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 または 2 に記載の変倍光学系。

【請求項 5】

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 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 3 レンズ群全体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 5 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。 10

【請求項 7】

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 から 6 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群は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 7 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【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。 20

【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、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、 30

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

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し、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変倍光学系の変倍方法。

$$1.54 \quad f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} < 0.17$$

但し、 40

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

d_{1w} : 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

d_{1t} : 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 12】

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 50

、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、

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 1 レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

以下の条件を満足する変倍光学系のフォーカシング方法であって、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動することを特徴とする変倍光学系のフォーカシング方法。

$$\begin{aligned} 1.54 \quad f_2 / f_w &< 2.50 \\ -2.10 &< f_3 / f_w < -0.80 \\ -0.60 &< (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} < 0.17 \end{aligned}$$

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

d_{1w} : 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

d_{1t} : 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

【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。）。 30

【特許文献 1】特開 2005 - 92056 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 40 個のレンズ群からなり、

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 1 レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

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。

$$\begin{aligned} 1.54 \quad f_2 / f_w &< 2.50 \\ -2.10 &< f_3 / f_w < -0.80 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

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

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

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

d_{1w} : 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

d_{1t} : 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

10

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、

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1レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

20

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。

$$1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d1w - d1t) / Y_{\max} < 0.05$$

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

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

d_{1w} : 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

30

d_{1t} : 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

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、

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1レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

40

前記第2レンズ群は、少なくとも1つの接合レンズを有し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

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。

$$1.20 < f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

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

但し、

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

50

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

d_{1w} : 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

d_{1t} : 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

【0005】

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。

【0006】

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、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

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し、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変倍光学系の変倍方法を提供する。

$$1.54 \quad f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{max} < 0.17$$

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

d_{1w} : 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

d_{1t} : 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

【0007】

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、

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 1 レンズ群は、一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、

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接合レンズと、正屈折力を有する単レンズとからなり、

以下の条件を満足する変倍光学系のフォーカシング方法であって、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動することを特徴とする変倍光学系のフォーカシング方法を提供する。

$$1.54 \quad f_2 / f_w < 2.50$$

$$-2.10 < f_3 / f_w < -0.80$$

$$-0.60 < (d_{1w} - d_{1t}) / Y_{max} < 0.17$$

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

d_{1w} : 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

d_{1t} : 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

【発明の効果】

【0008】

10

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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

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。

【0010】

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レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、以下の条件式(1)、(2)を満足する。

20

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

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

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。

【0011】

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、良好な光学性能を実現することができる。また、この構成で防振を行う際にも、良好な光学性能を実現することができる。

30

【0012】

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。

【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)の下限値を1.30に設定することが望ましい。

【0014】

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。

40

【0015】

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。

【0016】

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、良好な光学性能を実現することができる。また、この構成で防振を行う際にも、良好な光学性能を実現することができる。

50

【 0 0 1 7 】

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。

【 0 0 1 8 】

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。

【 0 0 1 9 】

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 . 5 0 に設定することが望ましい。

10

【 0 0 2 0 】

また、前記前群を光軸に沿って移動させることで物体へのフォーカシングを行う構成である。

【 0 0 2 1 】

この構成により、フォーカス群の軽量化とフォーカシングに伴う収差変動を良好に補正することができる。

【 0 0 2 2 】

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。

20

【 0 0 2 3 】

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。

【 0 0 2 4 】

また本変倍光学系は、前記第3レンズ群全体が光軸と略直交する方向へシフトすることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

第3レンズ群を防振レンズ群とすることにより、防振時のコマ収差又は非点収差を良好に補正することができる。

【 0 0 2 6 】

30

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。

【 0 0 2 7 】

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。

【 0 0 2 8 】

また本変倍光学系は、前記第3レンズ群は接合レンズを有していることが望ましい。

【 0 0 2 9 】

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。

【 0 0 3 0 】

40

また本変倍光学系は、前記第2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。

【 0 0 3 1 】

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。

【 0 0 3 2 】

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。

【 0 0 3 3 】

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。

50

【 0 0 3 4 】

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。

【 0 0 3 5 】

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。

【 0 0 3 6 】

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。

$$(3) \quad - 0 . 6 0 < (d 1 w - d 1 t) / Y_{\max} < 0 . 1 7$$

但し、 $d 1 w$ 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、 $d 1 t$ 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

【 0 0 3 7 】

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。

【 0 0 3 8 】

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。

20

【 0 0 3 9 】

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 $- 0 . 5 0$ に設定することが望ましい。

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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 $0 . 0 5$ に設定することが望ましい。

30

【 0 0 4 2 】

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。

【 0 0 4 3 】

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。

【 0 0 4 4 】

本光学装置は、上述した構成の変倍光学系を備えている。

【 0 0 4 5 】

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

【 0 0 4 6 】

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 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動し、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。

$$(1) \quad 1 . 2 0 < f 2 / f w < 2 . 5 0$$

$$(2) \quad - 2 . 1 0 < f 3 / f w < - 0 . 8 0$$

50

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。

【0047】

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。

【0048】

本変倍光学系のフォーカシング方法は、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、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、以下の条件式 (1)、(2) を満足する変倍光学系のフォーカシング方法であって、前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正屈折力を有する前群と後群とを有し、物体へのフォーカシングに際して、前記前群が光軸に沿って移動する。

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

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

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。

【0049】

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。

【0050】

(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。

【0051】

(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。

【0052】

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。

【0053】

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。

【0054】

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。

【0055】

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り、正メニスカスレンズ L31 の物体側のレンズ面が非球面で構成されている。

【0056】

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。

【0057】

斯かる構成の本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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

10

20

30

40

50

レンズ群 G 4 との間隔が減少するように、第 1 レンズ群 G 1 は一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3、及び第 4 レンズ群 G 4 は物体側へ移動する。

【 0 0 5 8 】

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

【 0 0 5 9 】

また、本実施例に係る変倍光学系では、第 3 レンズ群 G 3 全体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 6 0 】

10

また、本実施例に係る変倍光学系では、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、正屈折力の前群 G 2 a と正屈折力の後群 G 2 b から構成され、前群 G 2 a を光軸に沿って移動させて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングが行なわれる。

【 0 0 6 1 】

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 6 2 】

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 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）における屈折率、v d は d 線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）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。

20

【 0 0 6 3 】

（非球面データ）において、非球面は以下の式で表される。

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

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 k、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。

30

【 0 0 6 4 】

（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、 ω 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。

【 0 0 6 5 】

（近距離合焦時データ）において、W は広角端状態、M は中間焦点距離状態、T は望遠端状態、 β は近距離合焦時の結像倍率、d 0 は物体から最も物体側のレンズ面までの距離、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。

40

【 0 0 6 6 】

（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。

【 0 0 6 7 】

（条件式対応値）は、各条件式の対応値をそれぞれ示す。

【 0 0 6 8 】

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、

50

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。

【 0 0 6 9 】

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 θ の回転ぶれを補正するためには、防振レンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ 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 1.097、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 3 レンズ群 G 3 の移動量は 0.206 (mm) となる。また、望遠端状態においては防振係数が 1.897、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 3 レンズ群 G 3 の移動量は 0.198 (mm) となる。

10

【 0 0 7 0 】

(表 1)

(面 データ)

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	76.6711	1.90	1.516800	64.12
2	16.1960	0.15	1.553890	38.09
3*	13.6679	9.20		
4	-108.0100	1.50	1.516800	64.12
5	25.3227	1.20		
6	24.5263	2.90	1.717360	29.52
7	66.3231	(可 変)		
8	28.3050	1.00	1.795040	28.69
9	16.5196	3.80	1.516800	64.12
10	-40.0046	(可 変)		
11	23.3582	2.40	1.518600	69.89
12	46.9081	(可 変)		
13 (絞 り)	∞	0.40		
14*	-37.8179	2.40	1.850260	32.35
15	-12.0629	1.00	1.804000	46.58
16	99.4328	(可 変)		
17	-345.9200	2.50	1.516800	64.12
18	-23.8260	0.10		
19	61.6524	5.70	1.487490	70.45
20	-17.9642	1.00	1.850260	32.35
21	-49.0586			
像面	∞			

20

30

40

(非 球 面 データ)

第3面

K = -1.0

A4 = 2.7914E-05

A6 = 5.5403E-08

A8 = -4.7221E-11

A10 = 1.0722E-12

第14面

50

$K = -1.0$
 $A4 = -2.1349E-06$
 $A6 = -1.7205E-09$
 $A8 = 0.0000E+00$
 $A10 = 0.0000E+00$

(各種データ)

変倍比 2.8864

	W	M	T
f	18.5	34.7	53.4
FNO	3.7	4.7	6.1
ω	38.7	22.2	14.8
Y	14.00	14.00	14.00
TL	130.133	124.719	136.922
Bf	37.624	54.431	74.106

10

d7	31.694	9.473	2.002
d10	5.900	5.900	5.900
d12	2.600	7.957	12.188
d16	15.164	9.807	5.576

20

(近距離合焦時データ)

	W	M	T
β	-0.033	-0.033	-0.033
d0	507.490	1010.870	1573.940
d7	33.975	10.122	2.416
d10	3.620	5.251	5.486
d12	2.600	7.957	12.188
d16	15.164	9.807	5.576

30

(ズームレンズ群データ)

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

(条件式対応値)

(1) $f_2 / f_w = 1.60$
 (2) $f_3 / f_w = -2.00$
 (3) $(d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} = -0.48$
 【0071】

40

図2(a)、図2(b)、及び図2(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【0072】

図3(a)、及び図3(b)はそれぞれ、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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

50

【 0 0 7 3 】

図 4 (a)、図 4 (b)、及び図 4 (c) 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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【 0 0 7 4 】

各収差図において、FNO は F ナンバー、Y は像高、NA は開口数をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバー又は開口数の値を示し、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 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、g は g 線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) 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。

10

【 0 0 7 5 】

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。

【 0 0 7 6 】

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 7 7 】

(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。

20

【 0 0 7 8 】

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 G 1 と、正屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とからなる。

【 0 0 7 9 】

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、両凹形状の負レンズ L 1 2 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。そして、負メニスカスレンズ L 1 1 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。

30

【 0 0 8 0 】

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 と両凸形状の正レンズ L 2 2 との接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 2 3 とからなる。

【 0 0 8 1 】

第 3 レンズ群 G 3 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 L 3 1 と両凹形状の負レンズ L 3 2 との接合レンズからなる。

【 0 0 8 2 】

第 4 レンズ群 G 4 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 L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 との接合レンズとからなる。

40

【 0 0 8 3 】

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

【 0 0 8 4 】

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

50

【 0 0 8 5 】

また、本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3全体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 6 】

また、本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2は正屈折力の前群G2aと正屈折力の後群G2bから構成され、前群G2aを光軸に沿って移動させて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングが行なわれる。

【 0 0 8 7 】

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 8 】

10

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1.080、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3レンズ群G3の移動量は0.209(mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が1.914、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3レンズ群G3の移動量は0.203(mm)となる。

【 0 0 8 9 】

(表2)

(面データ)

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	100.2745	1.80	1.516800	64.10
2	15.5000	0.15	1.553890	38.09
3*	13.2795	9.00		
4	-156.5550	1.50	1.516800	64.10
5	32.0305	0.50		
6	25.4347	3.00	1.755199	27.51
7	56.1425	(可変)		
8	28.5221	1.00	1.784723	25.68
9	15.8457	3.20	1.517420	52.31
10	-92.5316	(可変)		
11	27.3382	1.80	1.518601	69.98
12	-1019.5800	(可変)		
13(絞り)	∞	1.00		
14	-45.4911	2.50	1.850260	32.35
15	-11.8100	1.00	1.794997	45.29
16	65.4532	(可変)		
17	-201.4780	2.50	1.497820	82.52
18	-24.2776	0.10		
19	52.9747	5.80	1.516800	64.10
20	-17.3379	1.00	1.803840	33.89
21	-57.0853			
像面	∞			

20

30

40

(非球面データ)

第3面

$\kappa = -0.4102$

50

$A4 = -2.5862E-06$
 $A6 = -2.9897E-08$
 $A8 = 1.2079E-10$
 $A10 = -5.2684E-13$

(各種データ)

変倍比 2.8864

	W	M	T
f	18.5	34.8	53.4
FNO	3.6	4.6	5.9
ω	38.4	22.1	14.7
Y	14.00	14.00	14.00
TL	126.319	120.149	131.726
Bf	37.819	53.646	72.796

10

d7	31.038	9.040	1.468
d10	3.951	3.951	3.951
d12	3.796	9.136	12.904
d16	13.866	8.526	4.757

20

(近距離合焦時データ)

	W	M	T
β	-0.033	-0.033	-0.033
d0	524.960	1018.360	1578.170
d7	32.304	9.745	1.968
d10	2.684	3.246	3.451
d12	3.796	9.136	12.904
d16	13.866	8.526	4.757

(ズームレンズ群データ)

30

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

(条件式対応値)

(1) $f_2 / f_w = 1.602$
 (2) $f_3 / f_w = -2.04$
 (3) $(d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} = -0.38$

40

【0090】

図6(a)、図6(b)、及び図6(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【0091】

図7(a)、及び図7(b)はそれぞれ、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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【0092】

50

図 8 (a)、図 8 (b)、及び図 8 (c) 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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【 0 0 9 3 】

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 4 】

(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 5 】

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 G 1 と、正屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とからなる。

【 0 0 9 6 】

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、両凹形状の負レンズ L 1 2 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。そして、負メニスカスレンズ L 1 1 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 7 】

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 と両凸形状の正レンズ L 2 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 2 3 とからなる。

【 0 0 9 8 】

第 3 レンズ群 G 3 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 L 3 1 と両凹形状の負レンズ L 3 2 との接合レンズからなる。

【 0 0 9 9 】

第 4 レンズ群 G 4 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 L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 との接合レンズとからなる。

【 0 1 0 0 】

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

【 0 1 0 1 】

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

【 0 1 0 2 】

また、本実施例に係る変倍光学系では、第 3 レンズ群 G 3 全体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 1 0 3 】

また、フレアカット絞り F S は、第 3 レンズ群 G 3 の近傍に配置されており、第 3 レンズ群 G 3 と一体的に移動する。

【 0 1 0 4 】

また、本実施例に係る変倍光学系では、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、正屈折力の前群 G 2 a と正屈折力の後群 G 2 b から構成され、前群 G 2 a を光軸に沿って移動させて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングが行なわれる。

【 0 1 0 5 】

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 6 】

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 . 1 4 3、焦点距離が 1 8 . 5 (mm) であるため、0 . 7 ° の回転ぶれを補正するための第 3 レンズ群 G 3 の移動量は 0 . 1 9 8 (mm) となる。また、望遠端状態においては防振係数が 1 . 9 2 9、焦点距離が 5 3 . 4 (mm) であるため、0 . 4 ° の回転ぶれを補正するための第 3 レンズ群 G 3 の移動量は 0 . 1 9 3 (mm) となる。

【 0 1 0 7 】

(表 3)

10

(面 データ)

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	120.0750	1.90	1.516800	64.12
2	16.0000	0.17	1.553890	38.09
3*	13.6190	9.50		
4	-82.2133	1.50	1.516800	64.12
5	31.2246	0.50		
6	28.2589	2.90	1.728250	28.46
7	94.9739	(可 変)		
8	31.7022	1.00	1.805180	25.43
9	18.6003	4.00	1.516800	64.12
10	-40.8517	(可 変)		
11	23.4934	2.00	1.618000	63.38
12	50.1283	(可 変)		
13 (絞 り)	∞	2.00		
14	-38.6050	2.50	1.850260	32.35
15	-11.2143	0.90	1.804000	46.58
16	81.8324	4.30		
17	∞	(可 変)		
18	-169.2280	2.90	1.516800	64.12
19	-26.8105	0.10		
20	74.6396	5.60	1.497820	82.56
21	-16.9392	1.00	1.850260	32.35
22	-36.9823			
像面	∞			

20

30

40

(非球面データ)

第3面

K = -1

A4 = 2.4135E-05

A6 = 3.2982E-08

A8 = 7.9053E-11

A10 = 3.8408E-13

(各種データ)

50

変倍比 2.8864

	W	M	T
f	= 18.5	34.7	53.4
FNO	= 3.6	4.6	5.9
ω	= 38.5	22.1	14.7
Y	= 14.00	14.00	14.00
TL	= 130.546	125.180	137.382
Bf	= 38.293	55.148	74.822
d7	31.694	9.473	2.002
d10	4.600	4.600	4.600
d12	2.600	7.957	12.188
d17	10.588	5.231	1.000

10

(近距離合焦時データ)

	W	M	T
β	-0.033	-0.033	-0.033
d0	517.340	1014.110	1575.730
d7	33.350	10.082	2.402
d10	2.945	3.992	4.200
d12	2.600	7.957	12.188
d17	10.588	5.231	1.000

20

(ズームレンズ群データ)

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

30

(条件式対応値)

(1) $f_2 / f_w = 1 . 5 4$

(2) $f_3 / f_w = - 1 . 9 3$

(3) $(d_{1w} - d_{1t}) / Y_{\max} = - 0 . 4 8$

【 0 1 0 8 】

図 1 0 (a)、図 1 0 (b)、及び図 1 0 (c) 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、 $0 . 7 ^\circ$ 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、及び $\beta = - 0 . 0 3 3$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【 0 1 0 9 】

40

図 1 1 (a)、及び図 1 1 (b) はそれぞれ、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、及び $\beta = - 0 . 0 3 3$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【 0 1 1 0 】

図 1 2 (a)、図 1 2 (b)、及び図 1 2 (c) 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、 $0 . 4 ^\circ$ 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、及び $\beta = - 0 . 0 3 3$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【 0 1 1 1 】

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

50

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。

【0112】

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。

【0113】

次に、本変倍光学系を備えたカメラについて説明する。

【0114】

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。

【0115】

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。

【0116】

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。

【0117】

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。

【0118】

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。

【0119】

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。

【0120】

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。

【0121】

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。

【0122】

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2レンズ群の部分レンズ群を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0123】

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3レンズ群を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0124】

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。

【0125】

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。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 6 】

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。

【 0 1 2 7 】

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】

【 0 1 2 8 】

【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)、(b)、及び(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

10

【図 3】(a)、(b)はそれぞれ、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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【図 4】(a)、(b)、及び(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

20

【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)、(b)、及び(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【図 7】(a)、(b)はそれぞれ、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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【図 8】(a)、(b)、及び(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

30

【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)、(b)、及び(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【図 11】(a)、(b)はそれぞれ、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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

40

【図 12】(a)、(b)、及び(c)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、 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、及び $\beta = -0.033$ での近距離合焦時の諸収差図である。

【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 9 】

G 1 第 1 レンズ群

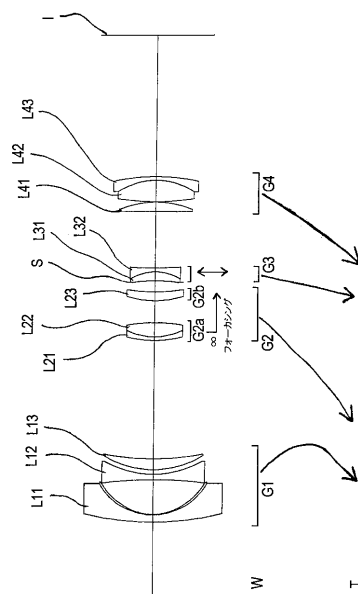
G 2 第 2 レンズ群

G 2 a 第 2 レンズ群の前群

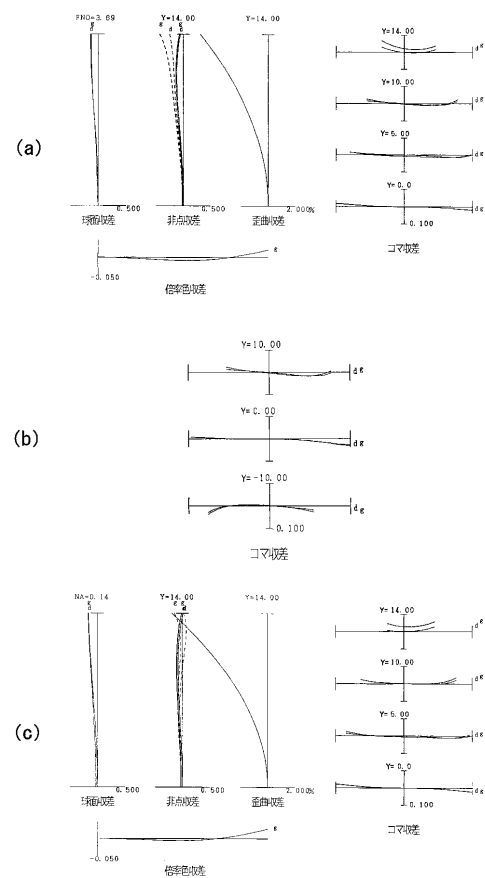
50

- G 2 b 第2レンズ群の後群
- 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

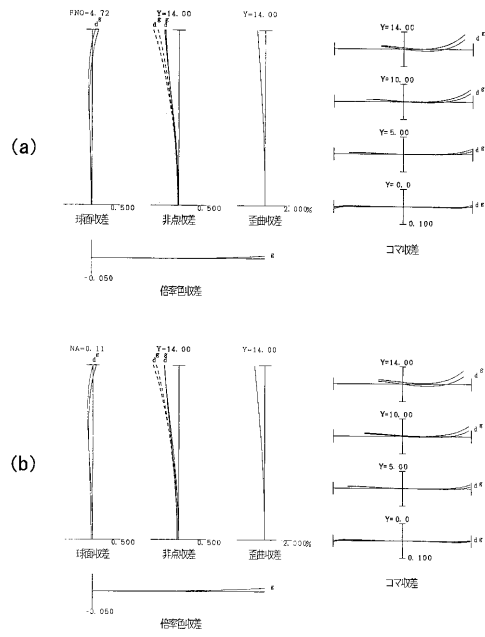
【図1】



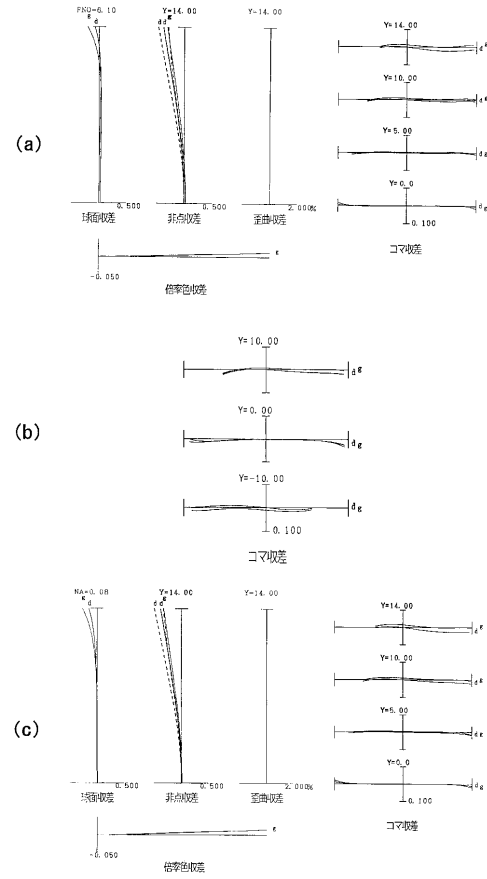
【図2】



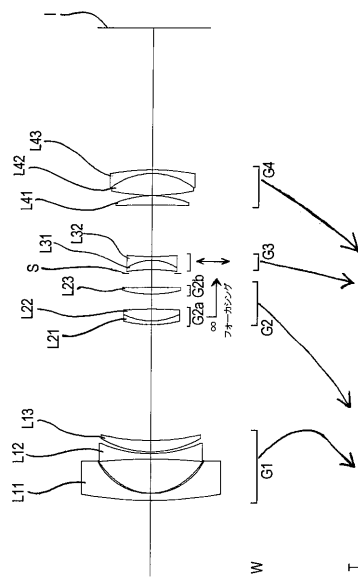
【図 3】



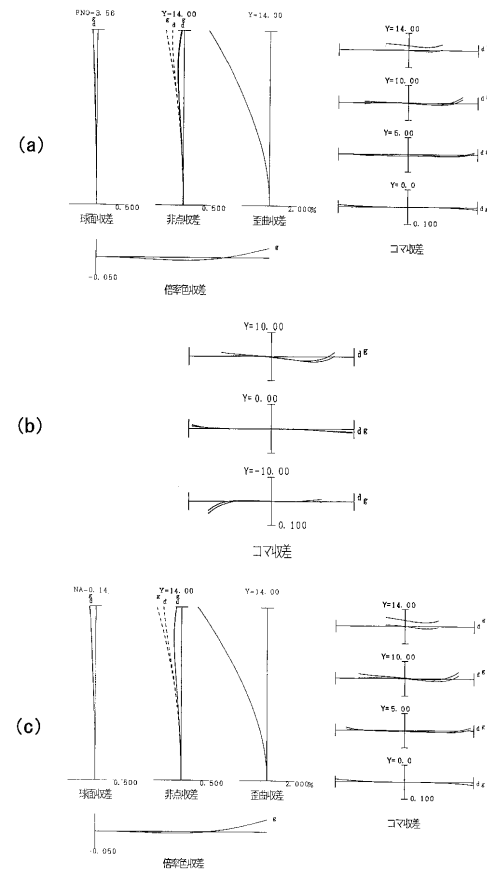
【図 4】



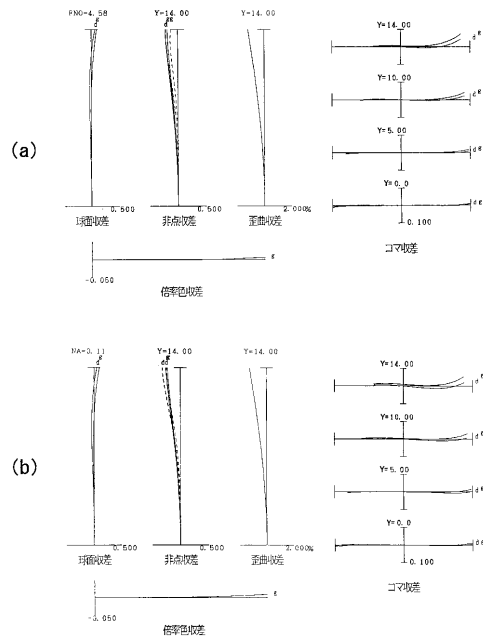
【図 5】



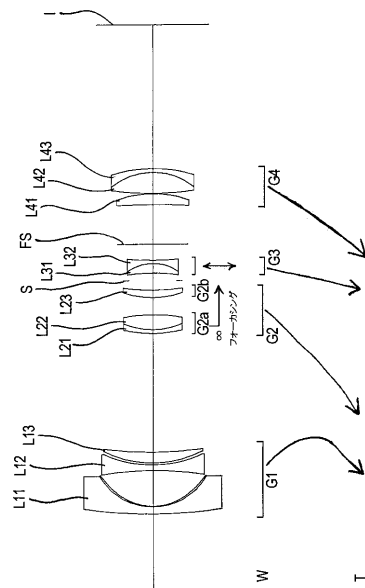
【図 6】



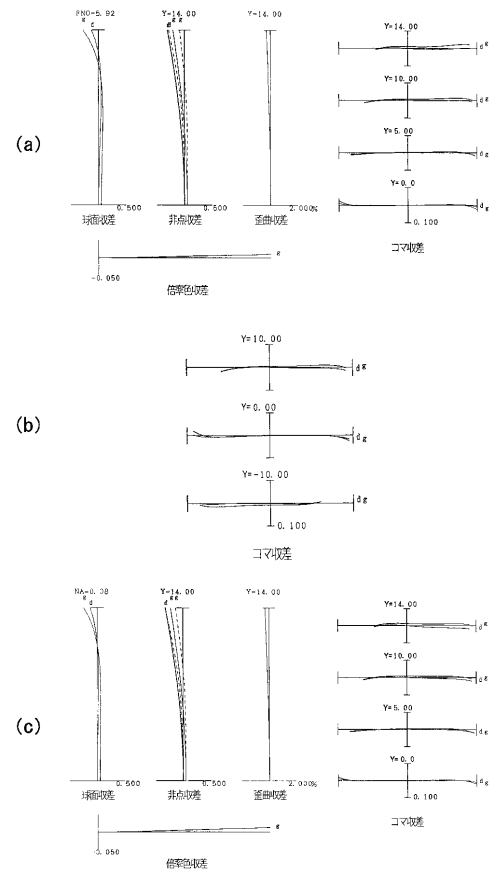
【図 7】



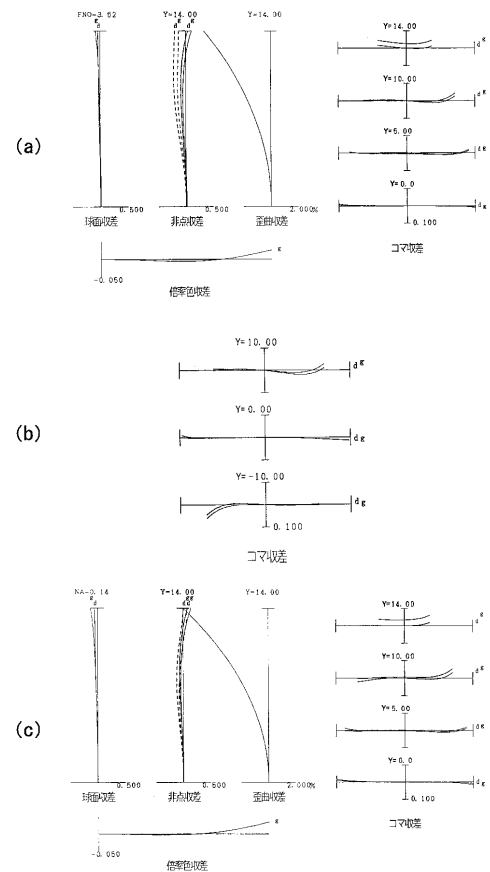
【図 9】



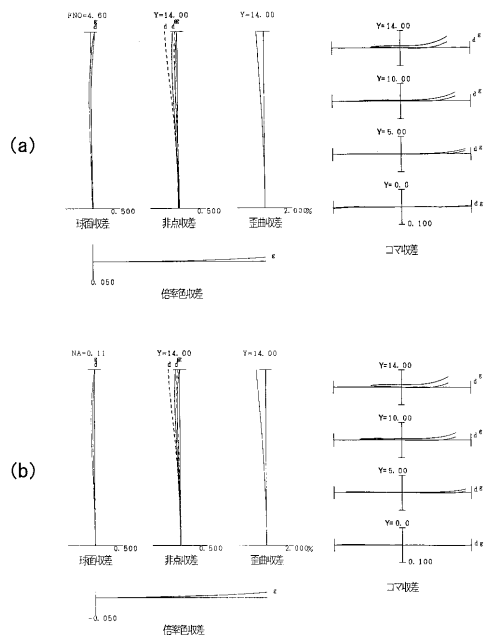
【図 8】



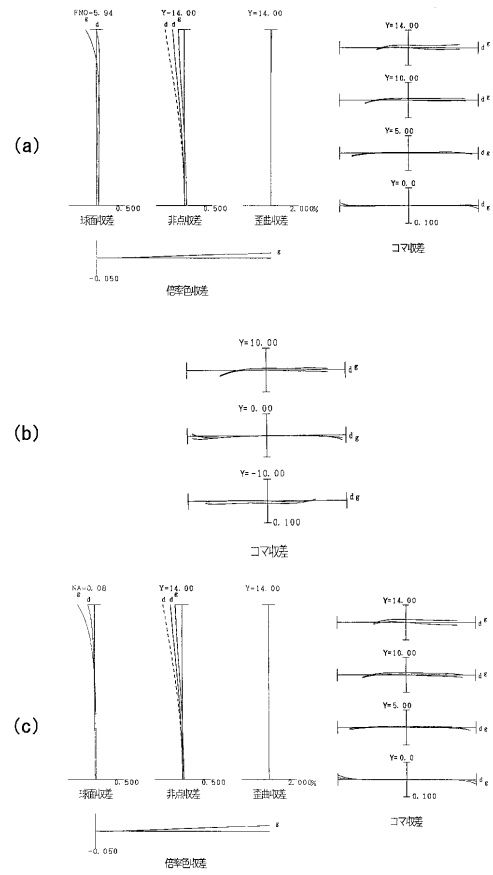
【図 10】



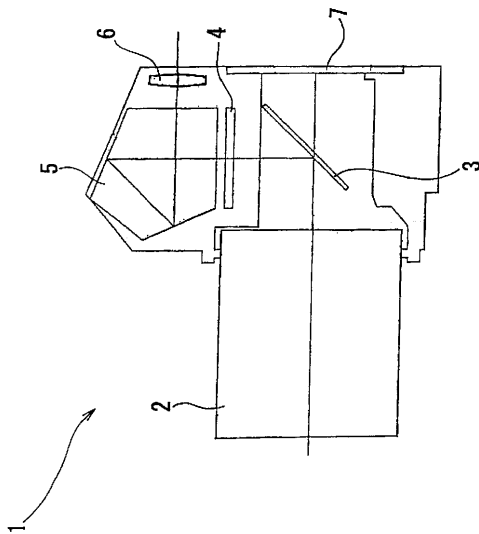
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



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05 - 173071 (JP, A)
特開平10 - 039210 (JP, A)
特開平07 - 152002 (JP, A)
特開2004 - 212541 (JP, A)
特開2007 - 094169 (JP, A)
特開2005 - 107036 (JP, A)
特開2005 - 049843 (JP, A)
特開2004 - 069808 (JP, A)
特開2004 - 348082 (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