

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5407363号  
(P5407363)

(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 2 B 13/18 (2006.01)** G O 2 B 13/18

請求項の数 20 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2009-14768 (P2009-14768)  
 (22) 出願日 平成21年1月26日(2009.1.26)  
 (65) 公開番号 特開2010-170061 (P2010-170061A)  
 (43) 公開日 平成22年8月5日(2010.8.5)  
 審査請求日 平成24年1月19日(2012.1.19)

(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  
 (74) 代理人 100153899  
 弁理士 相原 健一  
 (72) 発明者 柴田 悟  
 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  
 審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、撮像装置、変倍光学系の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.60 < |f1| / (fw \cdot ft) < 0.78$$

$$1.20 < f2 / (-f1) < 1.80$$

$$1.80 < f3 / f1 < 2.20$$

$$0.60 < (Dt - Dw) / Ymax < 1.60$$

ただし、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

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

ft：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

D 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

D 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

Y max : 最大像高

【請求項 2】

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し

10

、前記第 3 レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし

、以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

$$721 \leq |RA \cdot f_1| < 1100 \quad (\text{単位: mm}^2)$$

ただし、

f<sub>1</sub> : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f<sub>2</sub> : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

20

f<sub>w</sub> : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

f<sub>t</sub> : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

RA : 前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径

【請求項 3】

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 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 1 レンズ群は、最も物体側に負レンズを有し、

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し

30

、前記第 3 レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし

、以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.20$$

$$1.40 < f_{11} / f_1 < 2.10$$

ただし、

f<sub>1</sub> : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f<sub>2</sub> : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

40

f<sub>3</sub> : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f<sub>w</sub> : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

f<sub>t</sub> : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

f<sub>11</sub> : 前記第 1 レンズ群における前記負レンズの焦点距離

【請求項 4】

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し

50

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足し、

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.20$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{\max} < 1.60$$

前記第1レンズ群が、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有することを特徴とする変倍光学系。

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_3$  : 前記第3レンズ群の焦点距離

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{\max}$  : 最大像高

【請求項5】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足し、

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.50$$

$$721 \leq |R_A \cdot f_1| < 1300 \quad (\text{単位: mm}^2)$$

前記第1レンズ群が、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有することを特徴とする変倍光学系。

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_2$  : 前記第2レンズ群の焦点距離

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$R_A$  : 前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径

【請求項6】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

10

20

30

40

50

以下の条件式を満足し、

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{\max} < 1.60$$

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変倍光学系の焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{\max}$  : 最大像高

前記第1レンズ群が、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有し、

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

前記第1レンズ群は、最も物体側に負レンズを有し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$1.40 < f_{11} / f_1 < 2.10$$

ただし、

$f_{11}$  : 前記第1レンズ群における前記負レンズの焦点距離

【請求項7】

前記第1レンズ群は、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

【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2、請求項5、請求項6のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.50$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_3$  : 前記第3レンズ群の焦点距離

【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2、請求項3、請求項5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{\max} < 1.60$$

ただし、

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{\max}$  : 最大像高

【請求項10】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1、請求項3、請求項4、請求項6のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$400 < |RA \cdot f_1| < 1300 \quad (\text{単位: mm}^2)$$

ただし、

$RA$  : 前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径

10

20

30

40

50

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 1】

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 1 0 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.00 < f_4 / f_2 < 2.00$$

ただし、

f 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

f 4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 2】

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 1 1 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.80 < f_4 / (-f_3) < 1.30$$

ただし、

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f 4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 3】

前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に、開口絞りを有することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 4】

前記第 3 レンズ群が、少なくとも 1 つの接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 5】

前記第 1 レンズ群が、少なくとも 2 枚の負レンズと、少なくとも 1 枚の正レンズとから構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 6】

前記第 1 レンズ群が、非球面レンズを有することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 7】

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群とが一体となって移動することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 8】

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、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 から請求項 1 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 9】

請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2 0】

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とにより、実質的に 4 個のレンズ群からなる変倍光学系の製造方法であって、

前記変倍光学系の各レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に前記各レンズ群どうしの間隔を変化可能とし、

前記第 3 レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフト可能とすることを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

10

20

30

40

50

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.20$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{max} < 1.60$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_2$  : 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

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{max}$  : 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、撮像装置、変倍光学系の製造方法に関する。

【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ており、防振機能を備え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。）。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平11-231220号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら従来の変倍光学系は、変倍比が小さく、高変倍化の要求を十分に満足することができないという問題があった。 30

【0005】

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、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を備えた変倍光学系、撮像装置、変倍光学系の製造方法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】

【0006】

上記課題を解決するために本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とにより、実質的に4個のレンズ群からなり、 40

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.20$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{max} < 1.60$$

ただし、

10

20

30

40

50

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

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

f t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

D 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

D 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

Y max : 最大像高

10

また本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第 3 レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$0.60 < |f 1| / (f w \cdot f t) < 0.78$$

20

$$1.20 < f 2 / (-f 1) < 1.80$$

$$721 |R A \cdot f 1| < \underline{1100} \quad (\text{単位: mm}^2)$$

ただし、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f 2 : 前記第 2 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

f t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

R A : 前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径

また本発明は、

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

30

前記第 1 レンズ群は、最も物体側に負レンズを有し、

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第 3 レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$0.60 < |f 1| / (f w \cdot f t) < 0.78$$

$$1.20 < f 2 / (-f 1) < 1.80$$

40

$$\underline{1.80 < f 3 / f 1 < 2.20}$$

$$1.40 < f 11 / f 1 < 2.10$$

ただし、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

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

f t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

f 11 : 前記第 1 レンズ群における前記負レンズの焦点距離

【 0 0 0 7 】

50

また本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足し、

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78 \quad 10$$

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.20$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{\max} < 1.60$$

前記第1レンズ群が、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_3$  : 前記第3レンズ群の焦点距離

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6 nm)に対する屈折率

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{\max}$  : 最大像高

また本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし、

以下の条件式を満足し、

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.50$$

$$721 \leq |RA \cdot f_1| < 1300 \quad (\text{単位: mm}^2)$$

前記第1レンズ群が、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_2$  : 前記第2レンズ群の焦点距離

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6 nm)に対する屈折率

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$RA$  : 前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径

また本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ

10

20

30

40

50



群と、負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まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し

、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトし

、以下の条件式を満足し、

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{\max} < 1.60$$

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変倍光学系の焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{\max}$  : 最大像高

前記第1レンズ群が、以下の条件式を満足するレンズを少なくとも2枚有し、

$$1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

前記第1レンズ群は、最も物体側に負レンズを有し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$1.40 < f_{11} / f_1 < 2.10$$

ただし、

$f_{11}$  : 前記第1レンズ群における前記負レンズの焦点距離

【0008】

また本発明は、

前記変倍光学系を備えたことを特徴とする撮像装置を提供する。

【0009】

また本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とにより、実質的に4個のレンズ群からなる変倍光学系の製造方法であって、

前記変倍光学系の各レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に前記各レンズ群どうしの間隔を変化可能とし、

前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフト可能とすることを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

$$0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

$$1.80 < f_3 / f_1 < 2.20$$

$$0.60 < (D_t - D_w) / Y_{\max} < 1.60$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_2$  : 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

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

10

20

30

40

50

D 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

D 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

Y max : 最大像高

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を備えた変倍光学系、撮像装置、変倍光学系の製造方法を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

【図2】(a)及び(b)は本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図3】本願の第1実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図である。

【図4】(a)及び(b)は本願の第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図5】本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

20

【図6】(a)及び(b)は本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図7】本願の第2実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図である。

【図8】(a)及び(b)は本願の第2実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図9】本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

【図10】(a)及び(b)は本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図11】本願の第3実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図である。

30

【図12】(a)及び(b)は本願の第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図13】本願の第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

【図14】(a)及び(b)は本願の第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

【図15】本願の第4実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図である。

【図16】(a)及び(b)は本願の第4実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

40

【図17】本願の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

【図18】本願の変倍光学系の製造方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本願の変倍光学系、撮像装置、変倍光学系の製造方法について説明する。

本願の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、前記各レンズ群どうしの間隔が変化し、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を

50

含むようにシフトし、以下の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad 0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$(2) \quad 1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_2$  : 前記第2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

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0013】

条件式(1)は、第1レンズ群の屈折力を設定するものであり、これによって本願の変倍光学系は良好な光学性能を保つことができる。 10

条件式(1)の下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなり過ぎて、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。なお、条件式(1)の下限値を0.65に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が小さくなり過ぎて、高変倍を実現することができなくなってしまう。なお、条件式(1)の上限値を0.76に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0014】

条件式(2)は、第1レンズ群と第2レンズ群の屈折力を設定するものである。これにより、所定の変倍比を効果的に確保しつつ良好な光学性能を確保しながら、第3レンズ群の少なくとも一部を光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトした際(以下、単に「シフト時」という。)にも良好な光学性能を実現している。 20

条件式(2)の下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が小さくなりすぎて、高変倍比化を実現することができない、若しくはシフト時のコマ収差が悪化してしまう。なお、条件式(2)の下限値を1.25に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0015】

一方、条件式(2)の上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなりすぎて、変倍時の球面収差変動を良好に補正することができない。なお、条件式(2)の上限値を1.60に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。またより好ましくは、当該上限値を1.50に設定すれば、本発明の効果を最大限に発揮することができる。 30

また、第3レンズ群の少なくとも一部を光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトすることで、振動に起因する画像ブレ発生時の像面補正を行うことができる。

以上の構成により、高変倍比と良好な光学性能を備えた変倍光学系を実現することができる。

【0016】

また本願の変倍光学系は、前記第1レンズ群は、以下の条件式(3)を満足するレンズを少なくとも2枚有することが望ましい。

$$(3) \quad 1.750 < n_1 < 2.500$$

ただし、 40

$n_1$  : 前記第1レンズ群中のレンズのd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

【0017】

条件式(3)は、第1レンズ群中のレンズの屈折力を設定するものであり、これによって本願の変倍光学系は良好な光学性能を保つことができる。

条件式(3)の下限値を下回ると、第1レンズ群中の各レンズの曲率半径が小さくなり、球面収差、像面湾曲収差、コマ収差を良好に補正することができなくなってしまう。なお、条件式(3)の下限値を1.770に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。また、条件式(3)の下限値を1.785に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(3)の上限値を上回ると、可視域短波長光の透過率が低くなり、色付き 50

が生ずるので好ましくない。なお、条件式(3)の上限値を2.250に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。また、条件式(3)の上限値を2.150に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。さらに、条件式(3)の上限値を2.000に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0018】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 1.80 < f_3 / f_1 < 2.50$$

ただし、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_3$  : 前記第3レンズ群の焦点距離

10

【0019】

条件式(4)は、第1レンズ群と第3レンズ群の屈折力を設定するものである。これにより、所定の変倍比を効果的に確保しつつ良好な光学性能を確保しながら、シフト時にも良好な光学性能を実現することができる。

条件式(4)の下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなりすぎて、変倍時の球面収差変動を良好に補正することができない。なお、条件式(4)の下限値を1.82に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(4)の上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が小さくなりすぎて、高変倍比化を実現することができない。なお、条件式(4)の上限値を2.20に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

20

【0020】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 0.50 < (D_t - D_w) / f_w < 1.50$$

ただし、

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0021】

30

条件式(5)は、本願の変倍光学系中の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を設定するものであり、これによって良好な光学性能を確保しながら高変倍比化を実現することができる。

条件式(5)の下限値を下回ると、変倍時の像面湾曲収差を良好に補正することができなくなってしまう。なお、条件式(5)の下限値を0.70に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(5)の上限値を上回ると、望遠端状態における本願の変倍光学系の全長が大きくなりすぎてしまう。なお、条件式(5)の上限値を1.30に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0022】

40

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.60 < (D_t - D_w) / Y_{max} < 1.60$$

ただし、

$D_t$  : 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

$D_w$  : 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

$Y_{max}$  : 最大像高

【0023】

条件式(6)は、本願の変倍光学系中の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を設

50

定するものであり、これによって良好な光学性能を確保しながら高変倍比化を実現することができる。

条件式(6)の下限値を下回ると、変倍時の像面湾曲収差を良好に補正することができなくなってしまう。なお、条件式(6)の下限値を0.80に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(6)の上限値を上回ると、望遠端状態における本願の変倍光学系の全長が大きくなりすぎてしまう。なお、条件式(6)の上限値を1.40に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0024】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 400 < |RA \cdot f1| < 1300$$

ただし、

RA：前記変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

【0025】

条件式(7)は、本願の変倍光学系中の最も物体側のレンズ面の曲率半径と第1レンズ群の焦点距離を設定するものであり、これによって良好な光学性能を保つことができる。

条件式(7)の下限値を下回ると、最も物体側のレンズ面の曲率半径が小さくなりすぎる、若しくは第1レンズ群の屈折力が大きくなりすぎるため、変倍時の像面湾曲変動を良好に補正することができなくなってしまう。なお、条件式(7)の下限値を550に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

条件式(7)の上限値を上回ると、最も物体側のレンズ面の曲率半径が大きくなりすぎる、若しくは第1レンズ群の屈折力が小さくなりすぎるため、コマ収差を良好に補正することができない、若しくは高変倍比化を実現することができなくなってしまう。なお、条件式(7)の上限値を1100に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0026】

また本願の変倍光学系は、前記第1レンズ群は、最も物体側に負レンズを有し、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 1.40 < f11 / f1 < 2.10$$

ただし、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

f11：前記第1レンズ群における前記負レンズの焦点距離

【0027】

条件式(8)は、第1レンズ群中の最も物体側の負レンズの焦点距離と第1レンズ群の焦点距離を設定するものであり、これによって良好な光学性能を保つことができる。

条件式(8)の下限値を下回ると、第1レンズ群中の最も物体側の負レンズの屈折力が大きくなりすぎるため、コマ収差を良好に補正することができなくなってしまう。なお、条件式(8)の下限値を1.50に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

条件式(8)の上限値を上回ると、第1レンズ群中の最も物体側の負レンズの屈折力が小さくなりすぎるため、レンズ外径が大きくなってしまう。また、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。なお、条件式(8)の上限値を2.00に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

【0028】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$(9) \quad 1.00 < f4 / f2 < 2.00$$

ただし、

f2：前記第2レンズ群の焦点距離

f4：前記第4レンズ群の焦点距離

10

20

30

40

50

## 【0029】

条件式(9)は、第2レンズ群と第4レンズ群の屈折力を設定するものであり、これによって良好な光学性能を確保しながら、シフト時にも良好な光学性能を実現することができる。

条件式(9)の下限値を下回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなりすぎて、シフト時のコマ収差が悪化してしまう。なお、条件式(9)の下限値を1.20に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(9)の上限値を上回ると、第4レンズ群の屈折力が小さくなりすぎて、シフト時のコマ収差が悪化してしまう。なお、条件式(9)の上限値を1.80に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

10

## 【0030】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$(10) \quad 0.80 < f_4 / (-f_3) < 1.30$$

ただし、

f<sub>3</sub>：前記第3レンズ群の焦点距離

f<sub>4</sub>：前記第4レンズ群の焦点距離

## 【0031】

条件式(10)は、第3レンズ群と第4レンズ群の屈折力を設定するものであり、これによって良好な光学性能を確保しながら、シフト時にも良好な光学性能を実現することができる。

20

条件式(10)の下限値を下回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなりすぎて、シフト時のコマ収差が悪化してしまう。なお、条件式(10)の下限値を0.90に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

一方、条件式(10)の上限値を上回ると、第4レンズ群の屈折力が小さくなりすぎて、シフト時のコマ収差が悪化してしまう。なお、条件式(10)の上限値を1.20に設定すれば、本発明の効果をより発揮することができる。

## 【0032】

また本願の変倍光学系は、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群との間に、開口絞りを有することが望ましい。

この構成により、本願の変倍光学系では変倍時における光軸外のコマ収差を補正し、良好な光学性能を実現することができる。

30

## 【0033】

また本願の変倍光学系は、前記第3レンズ群が、少なくとも1つの接合レンズを有することが望ましい。

この構成により、本願の変倍光学系ではシフト時の色収差を良好に保つことができる。

## 【0034】

また本願の変倍光学系は、前記第1レンズ群が、少なくとも2枚の負レンズと、少なくとも1枚の正レンズとから構成されていることが望ましい。

この構成により、本願の変倍光学系では変倍時における光軸外の色収差の変動を良好に補正することができる。

40

## 【0035】

また本願の変倍光学系は、前記第1レンズ群が、非球面レンズを有することが望ましい。

この構成により、本願の変倍光学系では歪曲収差を良好に補正することができる。

## 【0036】

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群とが一体となって移動することが望ましい。

この構成により、本願の変倍光学系では変倍時における像面湾曲収差を良好に補正することができる。

## 【0037】

50

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に、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。

この構成により、本願の変倍光学系では第1レンズ群の径を小さくすることができ、また、高変倍比化を図ることが容易となる。また、望遠端状態において球面収差を良好に補正することもできる。

【0038】

また本願の撮像装置は、上述した構成の変倍光学系を備えていることを特徴とする。

これにより、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を備えた撮像装置を実現することができる。

10

【0039】

また本願の変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第1レンズ群及び前記第2レンズ群が以下の条件式(1)、(2)を満足するようにし、広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に前記各レンズ群どうしの間隔を変化可能とし、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフト可能とすることを特徴とする。

$$(1) \quad 0.60 < |f1| / (fw \cdot ft) < 0.78$$

$$(2) \quad 1.20 < f2 / (-f1) < 1.80$$

20

ただし、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

f2：前記第2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

ft：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

これにより、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を備えた変倍光学系を製造することができる。

【0040】

以下、本願の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。

(第1実施例)

30

図1は、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負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とからなる。

【0041】

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。なお、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を形成した非球面レンズである。

40

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。

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。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、像面I側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ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。

【0042】

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に開口絞

50

りSが配置されており、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G3と一体となって移動する。

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まで変倍を行う際に、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が像面I側へ移動した後に物体側へ移動する、即ち移動軌跡が像面I側へ凸形状となるように光軸に沿って移動し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、及び第4レンズ群G4が物体側へ光軸に沿って移動する。なお、このとき第2レンズ群G2と第4レンズ群G4は一体となって移動する。

本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトする。

10

【0043】

以下の表1に、本願の第1実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

表1において、fは焦点距離、BFはバックフォーカスを示す。

[面データ]において、面番号は物体側から数えたレンズ面の順番、rはレンズ面の曲率半径、dはレンズ面の間隔、ndはd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率、dはd線(波長 = 587.6nm)に対するアッペ数をそれぞれ示している。また、物面は物体面、可変は可変の面間隔、(絞りS)は開口絞りS、像面は像面Iをそれぞれ示している。なお、曲率半径rの「」は平面を示し、空気の屈折率nd = 1.00000の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合には面番号に\*印を付して曲率半径rの欄には近軸曲率半径を示している。

20

【0044】

[非球面データ]には、[面データ]に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数を示す。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - K(h/r)^2\}^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$$

ここで、xは光軸から垂直方向の高さhにおける各非球面の頂点の接平面から光軸方向に沿った距離(サグ量)、Kを円錐定数、A4, A6, A8, A10を非球面係数、rを基準球面の曲率半径(近軸曲率半径)とする。また、「E-n」(n:整数)は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 $1.234 \times 10^{-5}$ 」を示す。

30

【0045】

[各種データ]において、FNOはFナンバー、 $\omega$ は画角、Yは像高、TLは光学系全長、di(i:整数)は第i面の可変の面間隔をそれぞれ示す。なお、Wは広角端状態、Mは中間焦点距離状態、Tは望遠端状態をそれぞれ示す。

ここで、表1に掲載されている焦点距離fや曲率半径r、及びその他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかしながら光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

なお、以上に述べた表1の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いるものとする。

【0046】

(表1)第1実施例

40

[面データ]

面番号	r	d	nd	d
物面				
1)	33.333	1.90	1.79500	45.30
2)	16.100	0.17	1.55389	38.09
*3)	13.600	10.60		
4)	-102.031	1.50	1.72916	54.66
5)	27.621	2.30		
6)	28.541	3.45	1.84666	23.78
7)	82.554	可変		

50



8)	27.300	0.90	1.80518	25.43	
9)	15.551	4.60	1.51823	58.89	
10)	-37.422	0.10			
11)	25.246	2.45	1.51823	58.89	
12)	55.309	可変			
13) (絞り S)		2.90			
14)	-32.302	2.75	1.85026	32.35	
15)	-11.682	0.80	1.77250	49.61	
16)	161.664	可変			
17)		3.00	1.51823	58.89	10
18)	-23.681	0.10			
19)	114.651	5.00	1.49782	82.56	
20)	-16.345	1.00	1.85026	32.35	
21)	-46.453	B F			

像面

## [ 非球面データ ]

## 第 3 面

K	=	1			
A 4	=	2.54910E-05			20
A 6	=	5.94080E-08			
A 8	=	-1.06500E-10			
A 10	=	7.27750E-13			

## [ 各種データ ]

ズーム比	3.22				
	W	M	T		
f	16.5	32.8	53.3		
F N O	3.5	4.8	6.0		
2	84.4	47.2	29.9		30
Y	14.25	14.25	14.25		
T L	130.18	128.00	147.05		
B F	38.29	57.79	84.31		
d 7	31.23	9.55	2.07		
d 12	1.61	7.22	11.15		
d 16	15.53	9.92	5.99		

## [ レンズ群データ ]

群	始面	f			40
1	1	-21.64			
2	8	27.99			
3	13	-40.96			
4	17	43.13			

## [ 条件式対応値 ]

( 1 )	f 1   / ( f w · f t ) = 0.729				
( 2 )	f 2 / ( - f 1 ) = 1.29				
( 3 )	n 1 = 1.79500, 1.84666				
( 4 )	f 3 / f 1 = 1.89				50

- (5)  $(D_t - D_w) / f_w = 1.02$   
 (6)  $(D_t - D_w) / Y_{\max} = 1.18$   
 (7)  $|RA \cdot f_1| = 721$   
 (8)  $f_{11} / f_1 = 1.52$   
 (9)  $f_4 / f_2 = 1.54$   
 (10)  $f_4 / (-f_3) = 1.05$

## 【0047】

図2(a)及び図2(b)は、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。図3は、本願の第1実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図である。図4(a)及び図4(b)は、本願の第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

10

## 【0048】

図2～図4の各収差図において、FNOはFナンバー、Aは半画角をそれぞれ示す。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半画角の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各半画角の値を示す。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。

なお、以下に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

## 【0049】

20

図2～図4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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらにシフト時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

## 【0050】

(第2実施例)

図5は、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負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とからなる。

30

## 【0051】

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負メニスカスレンズL13と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14とからなる。なお、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を形成した非球面レンズである。

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。

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。

40

第4レンズ群G4は、物体側から順に、像面I側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ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。

## 【0052】

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に開口絞りSが配置されており、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G3と一体となって移動する。

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まで変倍を行う際に、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G

50

4 との間隔が減少するように、第 1 レンズ群 G 1 が像面 I 側へ移動した後に物体側へ移動する、即ち移動軌跡が像面 I 側へ凸形状となるように光軸に沿って移動し、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 が物体側へ光軸に沿って移動する。なお、このとき第 2 レンズ群 G 2 と第 4 レンズ群 G 4 は一体となって移動する。

本実施例に係る変倍光学系では、第 3 レンズ群 G 3 が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトする。

以下の表 2 に、本願の第 2 実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 3 】

( 表 2 ) 第 2 実施例

[ 面 データ ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1)	40.043	1.90	1.51680	64.12	
2)	16.100	0.17	1.55389	38.09	
* 3)	13.900	11.00			
4)	-114.885	1.40	1.80400	46.58	
5)	32.203	3.00			
6)	123.629	1.28	1.80400	46.58	
7)	45.051	0.10			
8)	32.378	3.50	1.80518	25.43	20
9)	838.071	可変			
10)	31.539	0.90	1.75520	27.51	
11)	16.577	4.30	1.51680	64.12	
12)	-44.059	2.16			
13)	21.883	2.10	1.51823	58.89	
14)	52.902	可変			
15) ( 絞リ S )		2.90			
16)	-36.742	2.75	1.85026	32.35	
17)	-12.426	0.80	1.77250	49.61	
18)	104.520	可変			30
19)		2.75	1.48749	70.45	
20)	-23.444	0.10			
21)	116.161	5.26	1.49782	82.56	
22)	-15.151	1.00	1.80100	34.96	
23)	-41.509	B F			
像面					

[ 非球面データ ]

第 3 面

K	=	1			40
A 4	=	2.65560E-05			
A 6	=	5.94080E-08			
A 8	=	-1.00010E-10			
A 10	=	9.63140E-13			

[ 各種データ ]

ズーム比	3.24				
	W	M	T		
f	16.5	32.6	53.3		
F N O	3.7	4.8	5.9		50

2	84.6	47.4	29.9
Y	14.25	14.25	14.25
T L	130.85	128.70	148.00
B F	38.56	57.90	84.68
d 9	29.65	8.16	0.69
d 14	1.69	7.40	11.23
d 18	13.58	7.87	4.04

## [ レンズ群データ ]

群	始面	f
1	1	-21.90
2	10	29.17
3	15	-41.04
4	19	41.07

## [ 条件式対応値 ]

- ( 1 )  $| f_1 | / ( f_w \cdot f_t ) = 0.739$   
 ( 2 )  $f_2 / ( - f_1 ) = 1.33$   
 ( 3 )  $n_1 = 1.80400, 1.80400, 1.80518$   
 ( 4 )  $f_3 / f_1 = 1.87$   
 ( 5 )  $( D_t - D_w ) / f_w = 1.04$   
 ( 6 )  $( D_t - D_w ) / Y_{max} = 1.20$   
 ( 7 )  $| R A \cdot f_1 | = 885$   
 ( 8 )  $f_{11} / f_1 = 1.91$   
 ( 9 )  $f_4 / f_2 = 1.41$   
 ( 10 )  $f_4 / ( - f_3 ) = 1.00$

## 【 0 0 5 4 】

図 6 ( a ) 及び図 6 ( b ) は、本願の第 2 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。図 7 は、本願の第 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諸収差図である。図 8 ( a ) 及び図 8 ( b ) は、本願の第 2 実施例  
 に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

図 6 ~ 図 8 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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらにシフト時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

## 【 0 0 5 5 】

( 第 3 実施例 )

図 9 は、本願の第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負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 とからなる。

## 【 0 0 5 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負メニスカスレンズ L 1 3 と、両凸形状の正レンズ L 1 4 とからなる。なお、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を形成した非球面レンズである。

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

。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。

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。

【0057】

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に開口絞りSが配置されており、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G3と一体となって移動する。

10

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まで変倍を行う際に、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が像面I側へ移動した後に物体側へ移動する、即ち移動軌跡が像面I側へ凸形状となるように光軸に沿って移動し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、及び第4レンズ群G4が物体側へ光軸に沿って移動する。なお、このとき第2レンズ群G2と第4レンズ群G4は一体となって移動する。

本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトする。

以下の表3に、本願の第3実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0058】

20

(表3) 第3実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1)	48.776	1.90	1.51680	64.12
2)	16.100	0.17	1.55389	38.09
*3)	13.900	11.00		
4)	-114.885	1.40	1.80400	46.58
5)	28.378	3.20		
6)	486.611	1.28	1.80400	46.58
7)	87.125	0.10		
8)	36.548	3.50	1.80518	25.43
9)	-893.698	可変		
10)	31.539	0.90	1.80518	25.43
11)	17.844	2.89	1.51823	58.89
12)	-80.458	4.24		
13)	29.000	2.30	1.51823	58.89
14)	-257.990	可変		
15)(絞りS)		2.90		
16)	-42.033	2.75	1.85026	32.35
17)	-14.348	0.80	1.77250	49.61
18)	92.894	可変		
19)	-1000.000	2.75	1.48749	70.45
20)	-23.091	0.10		
21)	113.640	5.88	1.49782	82.56
22)	-15.170	1.00	1.80100	34.96
23)	-45.654	B F		

30

像面

40

[非球面データ]

50

## 第3面

$K = 1$   
 $A4 = 2.59080E-05$   
 $A6 = 5.94080E-08$   
 $A8 = -1.85780E-10$   
 $A10 = 9.08510E-13$

## [各種データ]

ズーム比	3.12			
	W	M	T	10
f	16.0	31.2	49.9	
FNO	3.6	4.8	5.9	
2	87.6	49.7	31.9	
Y	14.25	14.25	14.25	
TL	132.45	130.09	147.53	
BF	38.56	57.70	82.60	
d9	29.65	8.16	0.69	
d14	1.89	7.40	11.23	
d18	10.88	5.37	1.54	20

## [レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-20.95
2	10	29.66
3	15	-42.98
4	19	43.95

## [条件式対応値]

(1)	$ f_1  / (f_w \cdot f_t) = 0.741$	30
(2)	$f_2 / (-f_1) = 1.42$	
(3)	$n_1 = 1.80400, 1.80400, 1.80518$	
(4)	$f_3 / f_1 = 2.05$	
(5)	$(D_t - D_w) / f_w = 1.04$	
(6)	$(D_t - D_w) / Y_{\max} = 1.21$	
(7)	$ RA \cdot f_1  = 879$	
(8)	$f_{11} / f_1 = 1.90$	
(9)	$f_4 / f_2 = 1.48$	
(10)	$f_4 / (-f_3) = 1.02$	

## 【0059】

図10(a)及び図10(b)は、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。図11は、本願の第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諸収差図である。図12(a)及び図12(b)は、本願の第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

図10~図12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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらにシフト時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

## 【0060】

(第4実施例)

50

図 1 3 は、本願の第 4 実施例に係る変倍光学系の広角端状態におけるレンズ断面図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負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 とからなる。

【 0 0 6 1 】

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負メニスカスレンズ L 1 3 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 4 とからなる。なお、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を形成した非球面レンズ

10

である。  
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。

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 との接合負レンズと、像面 I 側に凹面を向けた平凹形状の負レンズ L 3 3 とからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、像面 I 側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と像面 I 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。

20

【 0 0 6 2 】

本実施例に係る変倍光学系では、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に開口絞り S が配置されており、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 と一体となって移動する。

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まで変倍を行う際に、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 が像面 I 側へ移動した後に物体側へ移動する、即ち移動軌跡が像面 I 側へ凸形状となるように光軸に沿って移動し、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 が物体側へ光軸に沿って移動する。なお、このとき第 2 レンズ群 G 2 と第 4 レンズ群 G 4 は一体となって移動する。

30

本実施例に係る変倍光学系では、第 3 レンズ群 G 3 中の上記接合負レンズが光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトする。

以下の表 4 に、本願の第 4 実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 6 3 】

(表 4) 第 4 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1)	40.043	1.90	1.51680	64.12
2)	16.100	0.17	1.55389	38.09
3)	13.900	11.00		
4)	-114.885	1.40	1.80400	46.58
5)	30.106	3.00		
6)	120.351	1.28	1.80400	46.58
7)	50.332	0.10		
8)	33.144	3.50	1.80518	25.43
9)	838.075	可変		
10)	31.539	0.90	1.75520	27.51
11)	16.806	4.30	1.51680	64.12
12)	-57.150	2.06		

40

50

13)	24.603	2.10	1.51823	58.89	
14)	107.987	可変			
15) (絞り S)		2.90			
16)	-50.100	2.75	1.85026	32.35	
17)	-14.650	0.80	1.77250	49.61	
18)	104.520	2.50			
19)		1.20	1.51680	64.12	
20)	100.452	可変			
21)	0.000	2.75	1.48749	70.45	
22)	-24.078	0.10			10
23)	74.578	4.72	1.49782	82.56	
24)	-16.452	1.00	1.80100	34.96	
25)	-49.260	B F			

像面

## [ 非球面データ ]

## 第 3 面

K	=	1			
A 4	=	2.47620E-05			
A 6	=	5.94080E-08			20
A 8	=	-7.24100E-11			
A 10	=	6.81200E-13			

## [ 各種データ ]

ズーム比	3.24				
	W	M	T		
f	16.5	32.5	53.3		
F N O	3.6	4.9	5.9		
2	84.6	47.4	29.8		
Y	14.25	14.25	14.25		30
T L	131.41	129.27	148.63		
B F	38.56	57.91	84.73		
d 9	29.65	8.16	0.69		
d 14	1.69	7.40	11.23		
d 20	11.08	5.37	1.54		

## [ レンズ群データ ]

群	始面	f			
1	1	-21.94			40
2	10	29.55			
3	15	-40.37			
4	21	40.26			

## [ 条件式対応値 ]

( 1 )	f 1   / ( f w · f t ) = 0.740				
( 2 )	f 2 / ( - f 1 ) = 1.35				
( 3 )	n 1 = 1.80400, 1.80400, 1.80518				
( 4 )	f 3 / f 1 = 1.84				
( 5 )	( D t - D w ) / f w = 0.94				50



$$(6) \quad (D_t - D_w) / Y_{\max} = 1.06$$

$$(7) \quad |R_A \cdot f_1| = 1022$$

$$(8) \quad f_{11} / f_1 = 1.81$$

$$(9) \quad f_4 / f_2 = 1.36$$

$$(10) \quad f_4 / (-f_3) = 1.00$$

#### 【0064】

図14(a)及び図14(b)は、本願の第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。図15は、本願の第4実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図である。図16(a)及び図16(b)は、本願の第4実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図及びシフト時のコマ収差図である。

10

図14～図16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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらにシフト時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

#### 【0065】

上記各実施例によれば、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を備えた変倍光学系を実現することができる。ここで、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。

#### 【0066】

なお、以下の内容は、本願の変倍光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

20

本願の変倍光学系の数値実施例として4群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成(例えば、5群等)の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、本願の変倍光学系の最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。なお、レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。

#### 【0067】

また、本願の変倍光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、1つのレンズ群全体、又は複数のレンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させる構成としてもよい。特に、第1レンズ群の少なくとも一部又は第2レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とすることが好ましい。また、斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ等による駆動にも適している。

30

また、本願の変倍光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振レンズ群として光軸に垂直な成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動(揺動)させることで、手ブレによって生じる像ブレを補正する構成とすることもできる。特に、本願の変倍光学系では第3レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましい。

#### 【0068】

また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ(GRI Nレンズ)或いはプラスチックレンズとしてもよい。

40

#### 【0069】

また、本願の変倍光学系において開口絞りは第3レンズ群の内部又は近傍に配置される

50

ことが好ましいが、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用する構成としてもよい。

また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

【0070】

また、本願の変倍光学系は、変倍比が2～5倍程度である。

また、本願の変倍光学系は、第1レンズ群が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を2つ、又は、正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を3つ有することが好ましい。また、第1レンズ群はこれらのレンズ成分を、物体側から負負正、又は、負負正の順に空気間隔を介在させて配置することが好ましい。

10

また、本願の変倍光学系は、第2レンズ群が正のレンズ成分を2つ、又は、正のレンズ成分を2つと負のレンズ成分を1つ有することが好ましい。また後者の場合、第2レンズ群はこれらのレンズ成分を、物体側から正正負の順に空気間隔を介在させて配置することが好ましい。

【0071】

また、本願の変倍光学系は、第3レンズ群が負のレンズ成分を1つ、又は、負のレンズ成分を2つ有することが好ましい。

また、本願の変倍光学系は、第4レンズ群が正のレンズ成分を2つ、又は、正のレンズ成分を2つと負のレンズ成分を1つ有することが好ましい。また後者の場合、第2レンズ群はこれらのレンズ成分を、物体側から正正負の順に空気間隔を介在させて配置することが好ましい。

20

【0072】

次に、本願の変倍光学系を備えたカメラを図17に基づいて説明する。

図17は、本願の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

本カメラ1は、図17に示すように撮影レンズ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。

本カメラ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。

30

【0073】

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、当該撮像素子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、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。

以上の構成により、上記第1実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ2として搭載した本カメラ1は、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を実現することができる。なお、上記第2～第4実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ2として搭載したカメラを構成しても上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。

40

【0074】

以下、本願の変倍光学系の製造方法の概略を図18に基づいて説明する。

図18は、本願の変倍光学系の製造方法を示す図である。

本願の変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、図18に示す各ステップS1～S3を含むものである。

【0075】

50

ステップS1：以下の条件式(1)、(2)を満足するように、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを用意し、円筒状の鏡筒内に物体側から配置する。

$$(1) \quad 0.60 < |f_1| / (f_w \cdot f_t) < 0.78$$

$$(2) \quad 1.20 < f_2 / (-f_1) < 1.80$$

ただし、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

f2：前記第2レンズ群の焦点距離

f<sub>w</sub>：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

f<sub>t</sub>：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

10

【0076】

ステップS2：前記各レンズ群に公知の移動機構を設ける等することで、広角端状態から望遠端状態まで変倍を行う際に前記各レンズ群どうしの光軸上の間隔を変化可能とする。

ステップS3：前記第3レンズ群の少なくとも一部に公知の移動機構を設ける等することで、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むようにシフト可能とする。

【0077】

斯かる本願の変倍光学系の製造方法によれば、光軸と直交する方向の成分を含むようにシフトするレンズを有し、高変倍比と良好な光学性能を備えた変倍光学系を製造することができる。

20

【符号の説明】

【0078】

G1 第1レンズ群

G2 第2レンズ群

G3 第3レンズ群

G4 第4レンズ群

S 開口絞り

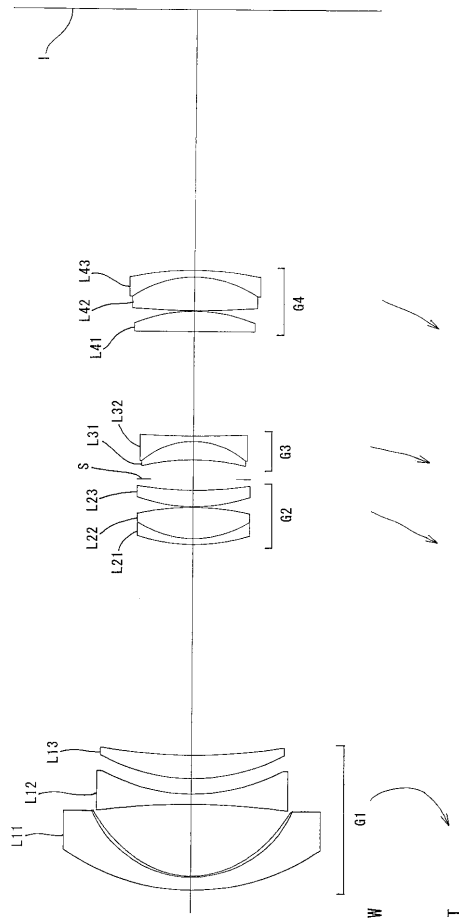
I 像面

W 広角端状態

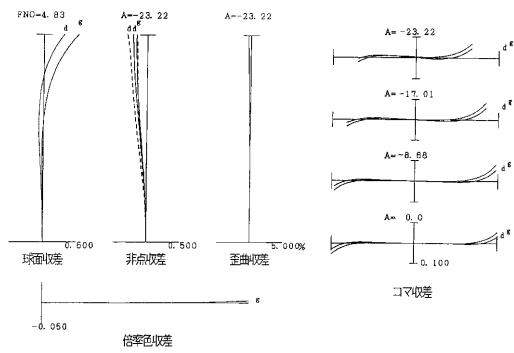
T 望遠端状態

30

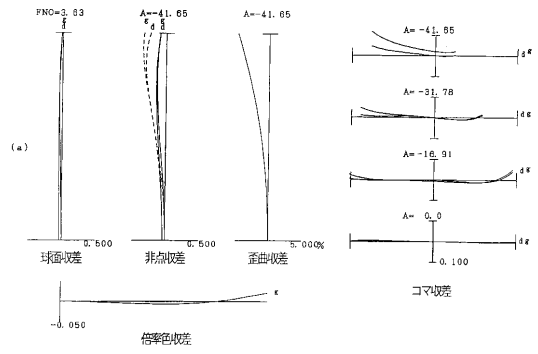
【 図 1 】



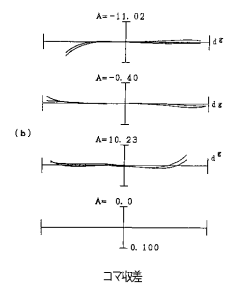
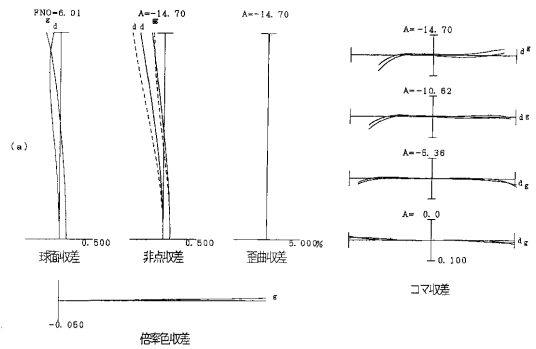
【 図 3 】



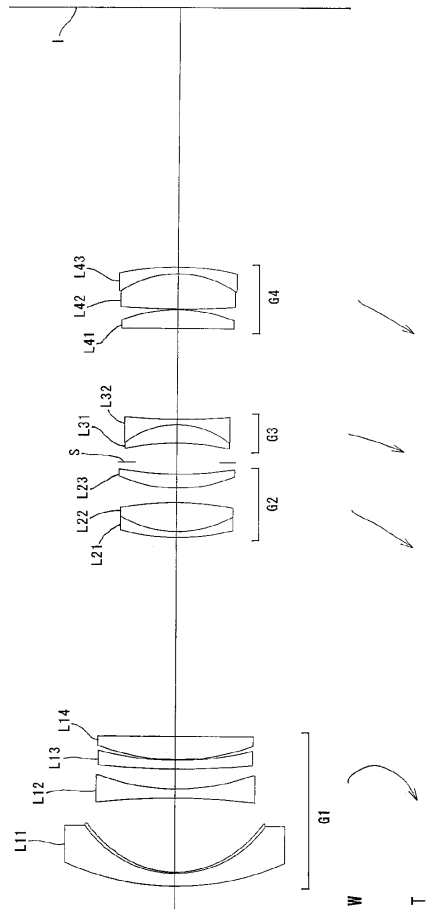
【 図 2 】



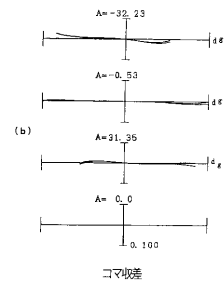
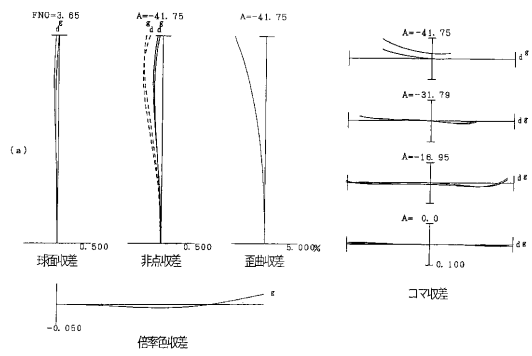
【 図 4 】



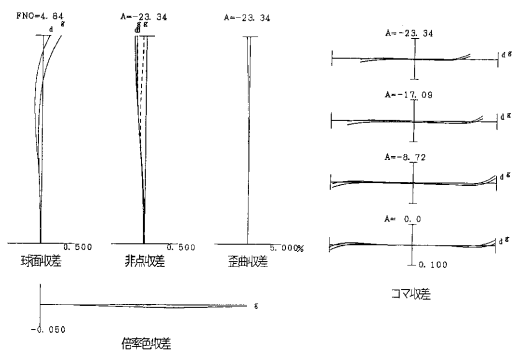
【図5】



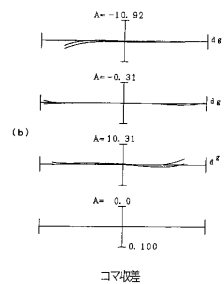
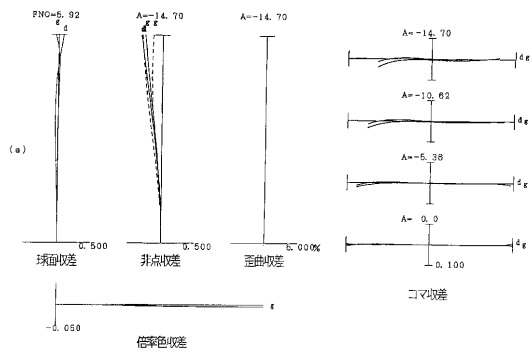
【図6】



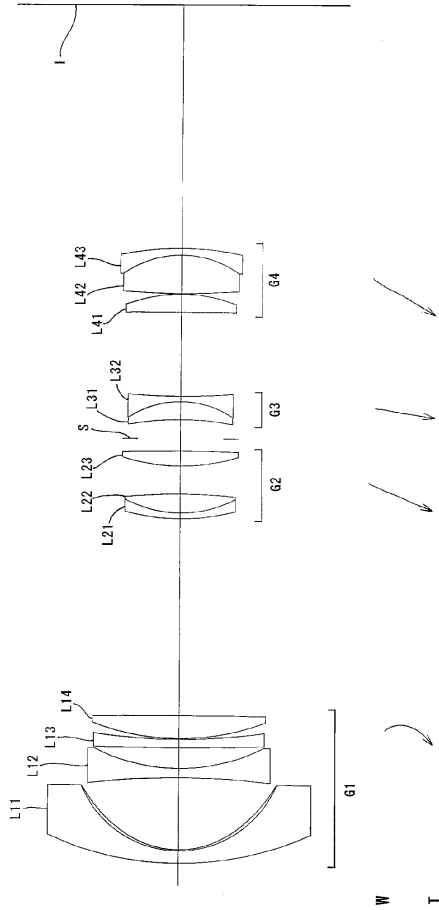
【図7】



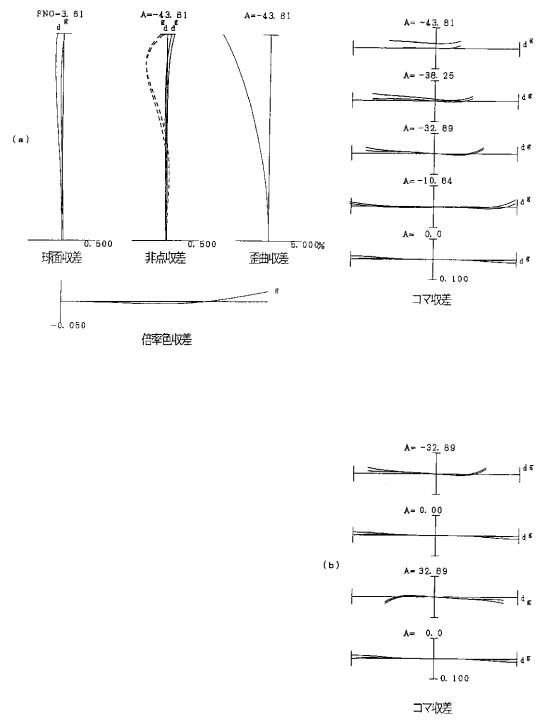
【図8】



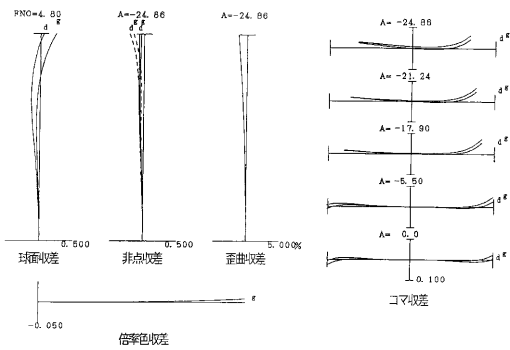
【図 9】



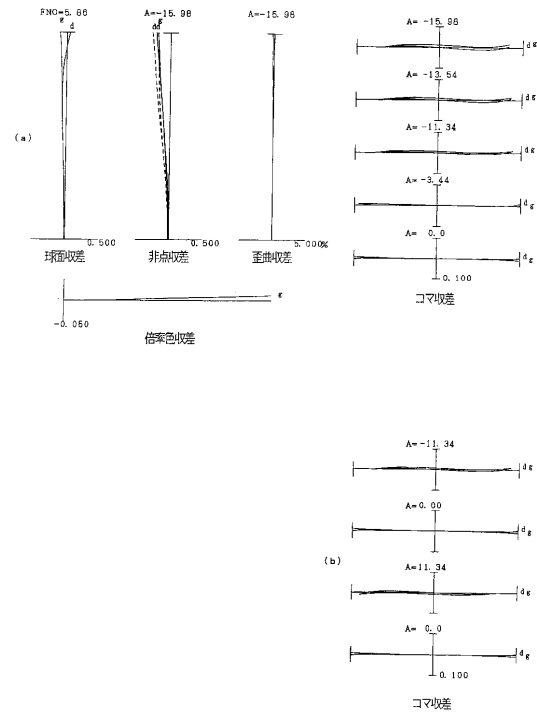
【図 10】



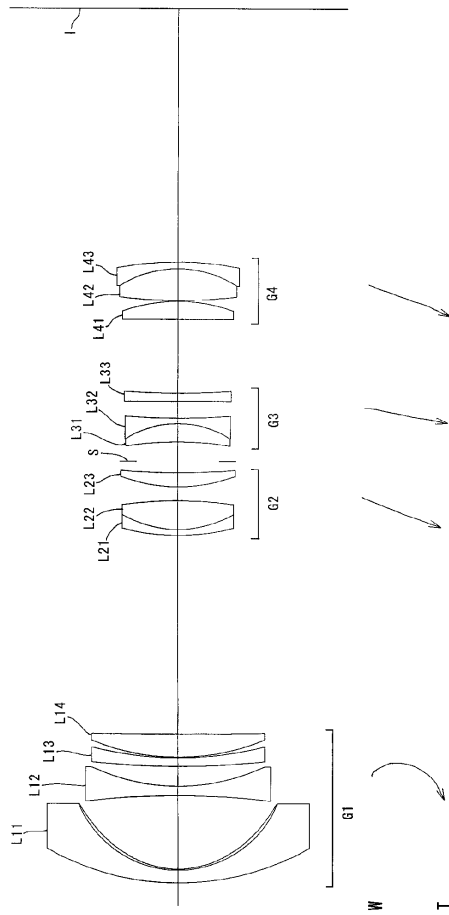
【図 11】



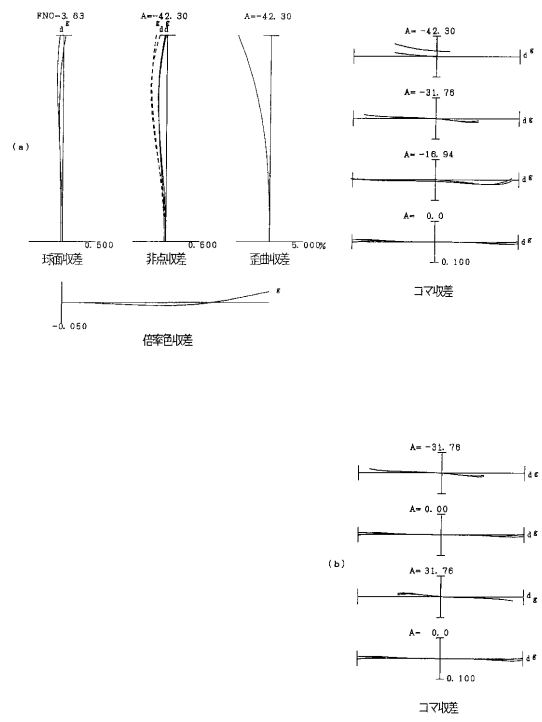
【図 12】



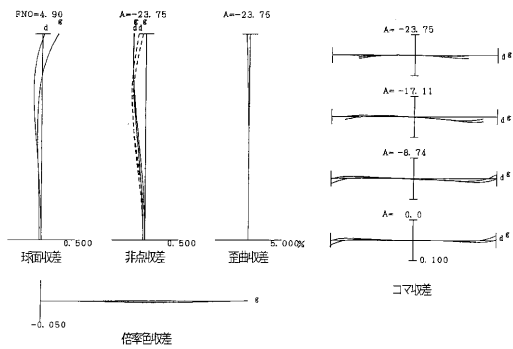
【図13】



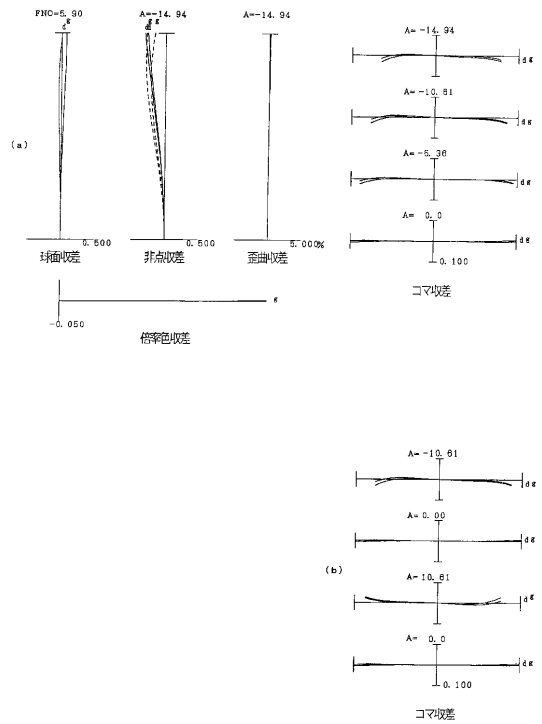
【図14】



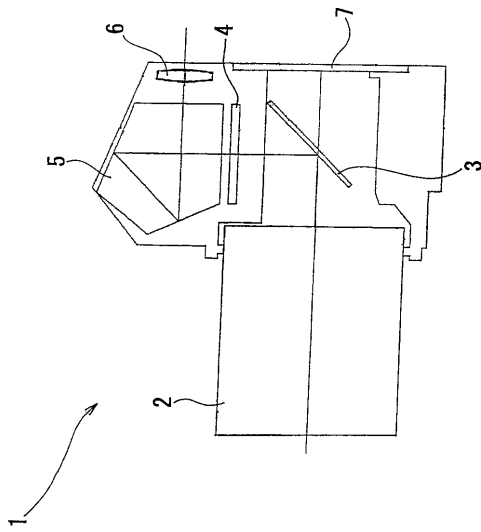
【図15】



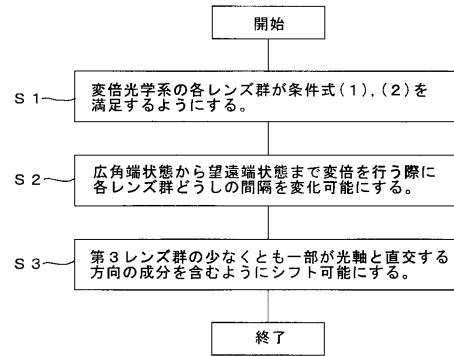
【図16】



【図 17】



【図 18】





## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-281917(JP,A)  
特開2008-304777(JP,A)  
特開2010-160198(JP,A)  
特開2010-152148(JP,A)  
特開2010-152147(JP,A)  
特開2010-152146(JP,A)  
特開2010-152145(JP,A)  
特開2010-152144(JP,A)  
特開2010-152143(JP,A)  
特開2008-249842(JP,A)  
特開2008-233611(JP,A)  
特開2001-318314(JP,A)  
特開平08-021952(JP,A)  
特開2007-010911(JP,A)  
特開2007-010913(JP,A)  
特開平10-039210(JP,A)  
特開2008-176271(JP,A)  
特開2009-014766(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20  
G02B 13/18