

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6551420号
(P6551420)

(45) 発行日 令和1年7月31日(2019.7.31)

(24) 登録日 令和1年7月12日(2019.7.12)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 15/20 (2006.01) G 0 2 B 15/20

請求項の数 11 (全 28 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-566566 (P2016-566566)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成27年12月25日 (2015.12.25)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/086407</p> <p>(87) 国際公開番号 W02016/104785</p> <p>(87) 国際公開日 平成28年6月30日 (2016.6.30)</p> <p>審査請求日 平成29年6月23日 (2017.6.23)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2014-266036 (P2014-266036)</p> <p>(32) 優先日 平成26年12月26日 (2014.12.26)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000004112 株式会社ニコン 東京都港区港南二丁目15番3号</p> <p>(74) 代理人 100161207 弁理士 西澤 和純</p> <p>(74) 代理人 100140774 弁理士 大浪 一徳</p> <p>(74) 代理人 100175824 弁理士 小林 淳一</p> <p>(72) 発明者 山本 浩史 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内</p> <p>(72) 発明者 松尾 拓 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、
前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第2レンズ群と、
前記第2レンズ群と開口絞りの間に配置された合焦群と、
前記開口絞りより像側に配置された正の屈折力を有する1つのレンズ群と、により実質的に4個のレンズ群からなり、

変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、

前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.11$$

但し、

- f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離
- f_f : 前記合焦群の焦点距離
- f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

【請求項 2】

最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、
前記第 1 レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、
前記第 2 レンズ群と開口絞りの間に配置された合焦群と、
前記開口絞りより像側に配置された第 4 レンズ群と、により実質的に 4 個のレンズ群と
からなり、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群
と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの
間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間
隔が変化し、

10

前記合焦群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足す
る変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.30$$

$$0.10 < f_f / f_4 < 0.64$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

20

f_4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

【請求項 3】

最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、
前記第 1 レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、
少なくとも一部に光軸と直交方向の成分を持つように移動可能な防振群を有する正レン
ズ群と、

前記第 2 レンズ群と前記正レンズ群との間に配意された合焦群とにより、実質的に 4 個
のレンズ群からなり、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群
と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記正レンズ群との間隔が変化し、

30

合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの
間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間
隔が変化し、

前記合焦群が正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.11$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

40

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 4】

最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、
前記第 1 レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、
少なくとも一部に光軸と直交方向の成分を持つように移動可能な防振群を有する第 4 レ
ンズ群と、

前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に配置された合焦群とにより、実質的に 4
個のレンズ群からなり、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群
と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、

50

合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、

前記合焦群が正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.30$$

$$0.10 < f_f / f_4 < 0.64$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

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 5】

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

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、

前記第 3 レンズ群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.11$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 6】

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

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、

前記第 3 レンズ群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.30$$

$$0.10 < f_f / f_4 < 0.64$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第 3 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_4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

【請求項 7】

前記第 3 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う請求項 5 または請求項 6 に記載の変倍光学系。

【請求項 8】

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

10

20

30

40

50

群と、を有し、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$2.00 < f_1 / (-f_2) < 4.00$$

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

【請求項 9】

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有し、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、

前記第 4 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移動する請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、を有し、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$60.00 < d_3$$

ただし、

d₃ : 前記第 3 レンズ群に含まれる単レンズのアッペ数

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項に記載の変倍光学系を有する光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、及び光学装置に関する。

本願は、2014年12月26日に出願された日本国特許出願2014-266036号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【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。)

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-217838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、上述のような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】

【0005】

本発明の一態様に係る変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第2レンズ群と、前記第2レンズ群と開口絞りとの間に配置された合焦群と、前記開口絞りより像側に配

10

20

30

40

50

置された正の屈折力を有する 1つのレンズ群と、により実質的に 4個のレンズ群からなり、変倍時に、前記第 1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記第 2レンズ群と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する 1枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.11$$

ただし、

f_1 : 前記第 1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_2 : 前記第 2レンズ群の焦点距離

本発明の別の一態様に係る変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1レンズ群と、前記第 1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第 2レンズ群と、前記第 2レンズ群と開口絞りの間に配置された合焦群と、前記開口絞りより像側に配置された第 4レンズ群と、により実質的に 4個のレンズ群とからなり、変倍時に、前記第 1レンズ群と前記第 2レンズ群との間隔が変化し、前記第 2レンズ群と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記第 4レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する 1枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.30$$

$$0.10 < f_f / f_4 < 0.64$$

ただし、

f_1 : 前記第 1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

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

【0006】

本発明の別の一態様に係る変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1レンズ群と、前記第 1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第 2レンズ群と、少なくとも一部に光軸と直交方向の成分を持つように移動可能な防振群を有する正レンズ群と、前記第 2レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群とにより、実質的に 4個のレンズ群からなり、変倍時に、前記第 1レンズ群と前記第 2レンズ群との間隔が変化し、前記第 2レンズ群と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記正レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する 1枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

$$1.00 < f_f / (f_2) < 2.11$$

ただし、

f_1 : 前記第 1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_2 : 前記第 2レンズ群の焦点距離

本発明の別の一態様に係る変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1レンズ群と、前記第 1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する第 2レンズ群と、少なくとも一部に光軸と直交方向の成分を持つように移動可能な防振群を有する第

10

20

30

40

50

4 レンズ群と、前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に配置された合焦群とにより、実質的に 4 個のレンズ群からなり、変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記合焦群との間隔が変化し、前記合焦群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$\frac{1.40 < f_1 / f_f < 2.20}{1.00 < f_f / (f_2) < 2.30}$$

$$\frac{0.10 < f_f / f_4 < 0.64}{}$$

ただし、

f₁ : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

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

【0007】

本発明の別の一態様は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とにより、実質的に 4 個のレンズ群からなり、変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する変倍光学系を提供する。

$$\frac{1.40 < f_1 / f_f < 2.20}{1.00 < f_f / (f_2) < 2.11}$$

$$\frac{0.10 < f_f / f_4 < 0.64}{}$$

ただし、

f₁ : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f₂ : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

本発明の別の一態様は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とにより、実質的に 4 個のレンズ群からなり、変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$\frac{1.40 < f_1 / f_f < 2.20}{1.00 < f_f / (f_2) < 2.30}$$

$$\frac{0.10 < f_f / f_4 < 0.64}{}$$

ただし、

f₁ : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

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

【0008】

また本発明の別の一態様は、

前記変倍光学系を有する光学装置を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】図 1 は第 1 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図 2】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

10

20

30

40

50

系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図3】図3(a)、図3(b)及び図3(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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図4】図4は第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図5】図5(a)、図5(b)及び図5(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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図6】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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

10

【図7】図7は第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図8】図8(a)、図8(b)及び図8(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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図9】図9(a)、図9(b)及び図9(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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図10】図10は第4実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

20

【図11】図11(a)、図11(b)及び図11(c)はそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図12】図12(a)、図12(b)及び図12(c)はそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図13】図13は変倍光学系を備えたカメラの一例の構成を示す図である。

【図14】図14は変倍光学系の製造方法の一例の概略を示す図である。

【図15】図15は変倍光学系の製造方法の一例の概略を示す図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0012】

以下、変倍光学系、光学装置及び変倍光学系の製造方法について説明する。

【0013】

一実施形態において、変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、前記負レンズ群と開口絞りとの間に配置された合焦群と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記絞りとの間隔が変化する。この構成により、広角端状態から望遠端状態への変倍を実現しつつ、変倍時でも良好な光学性能を実現することができる。また、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなる。この構成により、鏡筒の小型化を図りつつ、変倍時の収差変動を良好に補正することができる。

40

【0014】

代替実施形態において、変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、少なくとも一部に光軸と直交方向の成分を持つように移動可能な防振群を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化する。この構成により、広角端状態から望遠端状態への変倍を実現しつ

50

つ、変倍時でも良好な光学性能を実現することができる。また、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなる。この構成により、鏡筒の小型化を図りつつ、変倍時の収差変動を良好に補正することができる。

【0015】

別の代替実施形態において、変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化する。この構成において、広角端状態から望遠端状態への変倍を実現しつつ、変倍時でも良好な光学性能を実現することができる。また、前記第3レンズ群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなる。この構成により、鏡筒の小型化を図りつつ、変倍時の収差変動を良好に補正することができる。

10

【0016】

これらの実施形態において、変倍光学系は、以下の条件式(1)を満足することが好ましくは可能である。

$$(1) \quad 1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群(第3レンズ群)の焦点距離

20

【0017】

条件式(1)は、第1レンズ群の焦点距離と合焦群(合焦レンズ群、第3レンズ群)の焦点距離の比を規定するものである。変倍光学系は、条件式(1)を満足することにより、望遠端状態において球面収差、軸上色収差及びコマ収差を良好に補正することができる。

【0018】

変倍光学系において、条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差と軸上色収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を1.45とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(1)の下限値を1.48とすることが好ましくは可能である。

30

【0019】

一方、変倍光学系において、条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差とコマ収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を2.00とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を1.93とすることが好ましくは可能である。

【0020】

以上の構成により、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。なお、上述のような従来の変倍光学系では、近距離物体合焦時の収差変動が大きい。また、従来の変倍光学系では、近距離物体合焦時に重量の大きな第1レンズ群を繰り出す構成であるため、モータ等のオートフォーカス機構の負担が大きい。これに対して、上述の実施形態において、変倍光学系は、近距離物体合焦時の収差変動を抑えることができる。また、これらの実施形態において、変倍光学系は、インナーフォーカス方式を採用して小型軽量のレンズで合焦を行う構成であるため、オートフォーカス機構の負担が小さい。

40

【0021】

これらの実施形態において、変倍光学系は、前記合焦群(第3レンズ群)を光軸に沿って移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行うことが好ましくは可能である。この構成により、合焦時の収差変動を良好に補正することができる。

50

【 0 0 2 2 】

これらの実施形態において、変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群（負レンズ群）と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式（2）を満足することが好ましくは可能である。

$$(2) \quad 2.00 < f_1 / (-f_2) < 4.00$$

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

【 0 0 2 3 】

条件式（2）は、第1レンズ群の焦点距離と第2レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。変倍光学系は、条件式（2）を満足することにより、望遠端状態における球面収差と軸上色収差、及び広角端状態におけるコマ収差と非点収差を良好に補正することができる。

【 0 0 2 4 】

変倍光学系において、条件式（2）の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差と軸上色収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（2）の下限値を2.50とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（2）の下限値を2.85とすることが好ましくは可能である。

【 0 0 2 5 】

一方、変倍光学系において、条件式（2）の対応値が上限値を上回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、広角端状態においてコマ収差と非点収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（2）の上限値を3.70とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（2）の上限値を3.63とすることが好ましくは可能である。

【 0 0 2 6 】

これらの実施形態において、変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群（負レンズ群）と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式（3）を満足することが好ましくは可能である。

$$(3) \quad 1.00 < f_f / (-f_2) < 2.30$$

ただし、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

【 0 0 2 7 】

条件式（3）は、第2レンズ群の焦点距離と第3レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。変倍光学系において、条件式（3）を満足することにより、望遠端状態における球面収差とコマ収差、及び広角端状態におけるコマ収差と非点収差を良好に補正することができる。

【 0 0 2 8 】

変倍光学系において、条件式（3）の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差とコマ収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（3）の下限値を1.40とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（3）の下限値を1.61とすることが好ましくは可能である。

【 0 0 2 9 】

一方、変倍光学系において、条件式（3）の対応値が上限値を上回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、広角端状態においてコマ収差と非点収差の補正が困

10

20

30

40

50

難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を2.20とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(3)の上限値を2.16とすることが好ましくは可能である。

【0030】

これらの実施形態において、変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群(負レンズ群)と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群(正レンズ群)とを有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、前記第4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移動することが好ましくは可能である。これにより、手ぶれや振動等に起因する像ぶれの補正即ち防振を行うことができ、特に鏡筒の小型化を図りつつ防振時にも良好な光学性能を達成することができる。

10

【0031】

これらの実施形態において、変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群(負レンズ群)と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群(正レンズ群)とを有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式(4)を満足することが好ましくは可能である。

20

$$(4) \quad 0.10 < f_3 / f_4 < 0.90$$

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

【0032】

条件式(4)は、第3レンズ群の焦点距離と第4レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。変倍光学系において、条件式(4)を満足することにより、望遠端状態における球面収差、コマ収差及び非点収差を良好に補正することができる。

【0033】

変倍光学系において、条件式(4)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差とコマ収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を0.20とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を0.24とすることが好ましくは可能である。

30

【0034】

一方、変倍光学系において、条件式(4)の対応値が上限値を上回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態においてコマ収差と非点収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を0.75とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を0.64とすることが好ましくは可能である。

40

【0035】

これらの実施形態において、変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群(負レンズ群)と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式(5)を満足することが好ましくは可能である。

$$(5) \quad 60.00 < d_3$$

ただし、

d_3 : 前記第3レンズ群に含まれる前記単レンズのアップ数

【0036】

50

条件式(5)は、第3レンズ群における単レンズのアッペ数を規定するものである。変倍光学系において、条件式(5)を満足することにより、望遠端状態において軸上色収差と球面収差を良好に補正することができる。

【0037】

変倍光学系において、条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、望遠端状態において軸上色収差と球面収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を63.00とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を64.00とすることが好ましくは可能である。

【0038】

一実施形態において、光学装置は、上述した構成の変倍光学系を有する。これにより、良好な光学性能を備えた光学装置を実現することができる。

【0039】

一実施形態において、変倍光学系の製造方法は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、前記負レンズ群と開口絞りとの間に配置された合焦群と、を有する変倍光学系の製造方法であって、変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記絞りとの間隔が変化するように配置し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化するように配置し、前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなるように構成し、以下の条件式(1)を満足する変倍光学系の製造方法である。これにより、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。

$$(1) \quad 1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

【0040】

代替実施形態において、変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第3レンズ群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなるようにし、前記変倍光学系が以下の条件式(1)を満足するようにし、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化するようにする。これにより、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。

$$(1) \quad 1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

【0041】

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。

(第1実施例)

図1は第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における断面図である。なお、図1及び後述する図4、図7及び図10中の矢印は、広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍時の各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0042】

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

【0043】

10

20

30

40

50

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

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22との接合レンズと、両凹形状の負レンズL23とからなる。

【0044】

第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL41と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42との接合レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43と両凹形状の負レンズL44との接合レンズと、両凸形状の正レンズL45と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL46とからなる。

10

【0045】

以上の構成の下、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時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

【0046】

また本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

20

また本実施例に係る変倍光学系では、第4レンズ群G4中の正メニスカスレンズL43と負レンズL44との接合レンズを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

【0047】

以下の表1に、本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(最も像側のレンズ面と像面Iとの光軸上の距離)を示す。

[面データ]において、面番号は物体側から数えた光学面の順番、rは曲率半径、dは面間隔(第n面(nは整数)と第n+1面との間隔)、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=は平面を示している。

30

【0048】

[各種データ]において、FNOはFナンバー、は半画角(単位は「°」)、Yは像高、TLは本実施例に係る変倍光学系の全長(第1面から像面Iまでの光軸上の距離)、dnは第n面と第n+1面との可変の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。d0は物体から第1面までの距離を示す。

[レンズ群データ]には、各レンズ群の始面と焦点距離を示す。

[条件式対応値]には、本実施例に係る変倍光学系の各条件式の対応値を示す。

40

【0049】

ここで、表1に掲載されている焦点距離f、曲率半径r及びその他の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。

【0050】

(表1)第1実施例

[面データ]

面番号 r d nd d

50

物面

1	71.181	3.783	1.51680	63.88	
2	215.901	0.095	1.00000		
3	63.130	1.500	1.78472	25.64	
4	39.888	7.004	1.48749	70.31	
5	-337.340	可変			
6	-522.329	1.200	1.72916	54.61	
7	18.825	4.059	1.80518	25.45	
8	50.914	3.117	1.00000		
9	-43.738	1.100	1.80400	46.60	10
10	217.724	可変			
11	94.133	3.391	1.49782	82.57	
12	-41.765	可変			
13(絞リS)		0.100	1.00000		
14	29.229	4.644	1.56384	60.71	
15	-31.326	1.100	1.80518	25.45	
16	-2034.980	13.423	1.00000		
17	-65.010	2.981	1.85026	32.35	
18	-15.931	1.100	1.75500	52.34	
19	42.547	4.150	1.00000		20
20	95.432	2.397	1.77250	49.62	
21	-36.738	8.561	1.00000		
22	-22.000	1.400	1.80100	34.92	
23	-39.498	B f			

像面

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	T	
f	56.59	193.99	30
F N O	4.12	5.80	
	14.31 °	4.06 °	
Y	14.00	14.00	
T L	148.31	170.32	
B f	39.30	63.82	

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T	
d 0				
d 5	3.619	23.832	27.378	40
d 10	34.229	11.631	1.500	
d 12	6.050	10.275	12.507	

< 近距離物体合焦時 (撮影距離 1 . 5 m) >

	W	M	T	
d 0	1351.68	1337.34	1329.67	
d 5	3.619	23.832	27.378	
d 10	36.680	18.152	9.762	
d 12	3.599	3.753	4.244	

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	89.021
2	6	-27.756
3	11	58.599
4	13	165.813

[条件式対応値]

(1)	f_1 / f_f	=	1.52
(2)	$f_1 / (-f_2)$	=	3.21
(3)	$f_f / (-f_2)$	=	2.11
(4)	f_f / f_4	=	0.35
(5)	d_3	=	82.57

10

【 0 0 5 1 】

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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 3 (a)、図 3 (b) 及び図 3 (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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

20

【 0 0 5 2 】

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。詳しくは、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーFNO又は開口数NAの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高Y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、各収差図において、dはd線(波長587.6nm)、gはg線(波長435.8nm)における収差をそれぞれ示す。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。コマ収差図は、各像高Yにおけるコマ収差を示す。なお、後述する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。

30

【 0 0 5 3 】

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、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 5 4 】

(第 2 実施例)

図 4 は第 2 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における断面図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とから構成されている。

【 0 0 5 5 】

40

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

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 2 1 と両凹形状の負レンズ L 2 2 との接合レンズと、両凹形状の負レンズ L 2 3 とからなる。

【 0 0 5 6 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸形状の正レンズ L 3 1 からなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、開口絞り S と、両凸形状の正レンズ L 4 1 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 2 との接合レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 3 と両凹形状の負レンズ L 4 4 との接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 4 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 6 とからなる。

50

【 0 0 5 7 】

以上の構成の下、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時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

【 0 0 5 8 】

また本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

また本実施例に係る変倍光学系では、第4レンズ群G4中の正メニスカスレンズL43と負レンズL44との接合レンズを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

10

以下の表2に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 9 】

(表2) 第2実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	63.095	1.500	1.80518	25.45
2	41.791	7.123	1.58913	61.22
3	-386.418	可変		
4	479.014	3.954	1.80518	25.45
5	-32.519	1.100	1.72916	54.61
6	59.138	3.181	1.00000	
7	-37.896	1.100	1.80400	46.60
8	743.156	可変		
9	114.932	2.900	1.49782	82.57
10	-47.146	可変		
11(絞りS)		0.100	1.00000	
12	32.029	4.395	1.60300	65.44
13	-34.300	1.100	1.80518	25.45
14	-459.609	15.385	1.00000	
15	-63.416	3.199	1.85026	32.35
16	-16.491	1.100	1.75500	52.34
17	44.329	5.586	1.00000	
18	92.872	2.697	1.71999	50.26
19	-40.382	8.116	1.00000	
20	-22.000	1.400	1.80100	34.92
21	-35.076	B f		
像面				

20

30

40

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	T
f	56.60	194.00
FNO	4.12	5.86
	14.25°	4.06°
Y	14.00	14.00
TL	148.32	180.32
Bf	39.01	65.83

50

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T
d 0			
d 3	3.000	31.280	36.518
d 8	34.644	12.104	1.500
d 10	7.717	12.876	12.530

< 近距離物体合焦時 (撮影距離 1 . 5 m) >

	W	M	T
d 0	1351.67	1327.14	1319.67
d 3	3.000	31.280	36.518
d 8	36.933	18.430	9.778
d 10	5.427	6.550	4.252

10

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	109.858
2	4	-32.251
3	9	67.558
4	11	127.122

20

[条件式対応値]

(1)	f_1 / f_f	= 1.63
(2)	$f_1 / (- f_2)$	= 3.41
(3)	$f_f / (- f_2)$	= 2.09
(4)	f_f / f_4	= 0.53
(5)	d 3	= 82.57

【 0 0 6 0 】

図 5 (a)、図 5 (b) 及び図 5 (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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

30

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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【 0 0 6 1 】

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、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 6 2 】

(第 3 実施例)

40

図 7 は第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における断面図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とから構成されている。

【 0 0 6 3 】

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

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 2 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 2 との接合レンズと、両凹形状の負レンズ L 2 3 とからなる。

50

【 0 0 6 4 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸形状の正レンズ L 3 1 からなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 4 1 と両凹形状の負レンズ L 4 2 との接合レンズと、開口絞り S と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 3 と両凹形状の負レンズ L 4 4 との接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 4 5 と、両凸形状の正レンズ L 4 6 と、両凹形状の負レンズ L 4 7 とからなる。

【 0 0 6 5 】

以上の構成の下、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時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔、及び第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔がそれぞれ変化するように、第 1 ~ 第 4 レンズ群 G 1 ~ G 4 が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

10

【 0 0 6 6 】

また本実施例に係る変倍光学系では、第 3 レンズ群 G 3 を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

また本実施例に係る変倍光学系では、第 4 レンズ群 G 4 中の正メニスカスレンズ L 4 3 と負レンズ L 4 4 との接合レンズを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

以下の表 3 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 6 7 】

(表 3) 第 3 実施例

20

[面 データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	52.406	1.800	1.80518	25.45
2	38.475	8.542	1.48749	70.31
3	-284.767	可変		
4	-199.633	1.200	1.79500	45.31
5	20.975	3.861	1.80518	25.45
6	77.691	3.309	1.00000	
7	-41.578	1.200	1.60300	65.44
8	934.959	可変		
9	132.334	3.206	1.60300	65.44
10	-49.998	可変		
11	23.991	4.868	1.49782	82.57
12	-45.086	1.100	1.84666	23.80
13	540.330	4.000	1.00000	
14(絞り S)		7.518	1.00000	
15	-65.783	2.726	1.90366	31.27
16	-17.427	1.100	1.77250	49.62
17	36.809	2.000	1.00000	
18	43.409	2.613	1.58913	61.22
19	-46.365	7.365	1.00000	
20	65.436	2.969	1.51823	58.82
21	-74.103	1.270	1.00000	
22	-22.594	1.300	1.48749	70.31
23	90.297	B f		

30

40

像面

[各種データ]

変倍比 3.43

50

	W	T
f	56.60	194.00
F N O	4.03	5.87
	14.30 °	4.06 °
Y	14.00	14.00
T L	145.47	177.47
B f	39.01	65.81

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T
d 0			
d 3	1.945	30.560	35.645
d 8	33.942	11.510	1.500
d 10	8.611	12.554	12.554

10

< 近距離物体合焦時 (撮影距離 1 . 5 m) >

	W	M	T
d 0	1354.52	1330.98	1322.52
d 3	1.945	30.560	35.645
d 8	36.720	18.240	9.780
d 10	5.834	5.824	4.273

20

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	113.015
2	4	-33.355
3	9	60.579
4	11	212.840

[条件式対応値]

(1)	f_1 / f_f	= 1.87
(2)	$f_1 / (- f_2)$	= 3.39
(3)	$f_f / (- f_2)$	= 1.82
(4)	f_f / f_4	= 0.28
(5)	d 3	= 65.44

30

【 0 0 6 8 】

図 8 (a)、図 8 (b) 及び図 8 (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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

40

図 9 (a)、図 9 (b) 及び図 9 (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、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【 0 0 6 9 】

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、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 0 】

(第 4 実施例)

図 1 0 は第 4 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における断面図である。

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

50

と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

【0071】

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正メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13との接合レンズとからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22との接合レンズと、両凹形状の負レンズL23とからなる。

【0072】

第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凸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と両凹形状の負レンズL43との接合レンズと、開口絞りSと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL44と両凹形状の負レンズL45との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL46と両凸形状の正レンズL47との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL48とからなる。

【0073】

以上の構成の下、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時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

【0074】

また本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

また本実施例に係る変倍光学系では、第4レンズ群G4中の正メニスカスレンズL44と負レンズL45との接合レンズを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

以下の表4に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0075】

(表4) 第4実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	51.1394	5.8000	1.487490	70.31
2	1133.2099	0.1000	1.000000	
3	82.0020	1.5000	1.672700	32.19
4	33.9780	6.2000	1.516800	63.88
5	133.9229	可変		
6	-577.3429	1.0000	1.772500	49.62
7	21.5312	3.4000	1.846660	23.80
8	63.3609	3.4167	1.000000	
9	-39.1089	1.0000	1.622990	58.12
10	126.2187	可変		
11	2276.1596	3.2242	1.603000	65.44
12	-37.4736	可変		
13	23.6470	3.8000	1.487490	70.31
14	161.4472	0.1000	1.000000	
15	35.8671	4.4658	1.497820	82.57
16	-50.2203	1.6000	1.902000	25.26
17	64.6451	5.3469	1.000000	

10

20

30

40

50

18(絞リS)	7.4591	1.000000		
19	-157.1854	2.9000	1.850260	32.35
20	-14.7113	0.9000	1.795000	45.31
21	35.0299	2.2000	1.000000	
22	29.4465	1.0000	1.806100	40.97
23	21.3319	3.3000	1.603420	38.03
24	-48.3688	11.6956	1.000000	
25	-16.7768	1.0000	1.744000	44.81
26	-31.2907	B f		
像面				10

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	M	T
f	56.60	135.00	194.00
F N O	4.11	5.27	5.82
	14.23 °	5.84 °	4.07 °
Y	14.00	14.00	14.00
T L	131.99	157.03	166.71
B f	23.64	39.59	52.68

20

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T
d 0			
d 5	2.595	24.025	28.556
d 10	28.666	9.576	1.980
d 12	5.674	12.431	12.086

< 近距離物体合焦時 (撮影距離 1 . 5 m) >

	W	M	T
d 0	1368.01	1342.97	1333.288
d 5	2.595	24.025	28.5560
d 10	30.970	14.542	8.1859
d 12	3.371	7.464	5.8803

30

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	108.548
2	6	-30.400
3	11	61.171
4	13	141.532

40

[条件式対応値]

(1)	f_1 / f_f	= 1.77
(2)	$f_1 / (- f_2)$	= 3.57
(3)	$f_f / (- f_2)$	= 2.01
(4)	f_f / f_4	= 0.43
(5)	d 3	= 65.44

【 0 0 7 6 】

50

図11(a)、図11(b)及び図11(c)はそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図12(a)、図12(b)及び図12(c)はそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【0077】

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、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。

【0078】

上記各実施例によれば、防振機能を備えつつ、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。なお、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。以下の内容は、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。

【0079】

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、変倍光学系の最も物体側や最も像側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。

【0080】

また、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、正の単レンズ1枚からなる第3レンズ群を合焦群(合焦レンズ群)として光軸に沿って移動させる構成である。上記の合焦群は、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。

【0081】

また、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対して垂直な方向の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)させることにより、防振を行う構成とすることもできる。特に、変倍光学系では第4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くは可能である。

【0082】

また、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。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ない。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(GRINレンズ)或いはプラスチックレンズとしてもよい。

【0083】

また、変倍光学系において開口絞りは第4レンズ群中に配置されることが好ましくは可能であり、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。

【0084】

また、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。

【0085】

次に、変倍光学系を備えたカメラの一例を図13に基づいて説明する。

図13は、変倍光学系を備えたカメラの一例の構成を示す図である。

図13に示すようにカメラ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

10

20

30

40

50

を備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。

【0086】

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、不図示のOLPF(Optical low pass filter:光学ローパスフィルタ)を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF(Electronic view finder:電子ビューファインダ)4に表示される。これにより撮影者は、EVF4を介して被写体を観察することができる。

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、撮像部3で生成された被写体の画像が不図示のメモリに記憶される。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。

10

【0087】

ここで、カメラ1に撮影レンズ2として搭載した上記第1実施例に係る変倍光学系は良好な光学性能を備えている。即ちカメラ1は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。また、クイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに上記各実施例に係る変倍光学系を搭載した場合でも、上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。

【0088】

20

最後に、変倍光学系の製造方法の一例の概略を図14及び図15に基づいて説明する。図14及び図15は、変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

【0089】

図14に示す例において、変倍光学系の製造方法は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、前記負レンズ群と開口絞りとの間に配置された合焦群と、を有する変倍光学系の製造方法であって、以下のステップS1~S3を含むものである。

【0090】

すなわち、ステップS1として、変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記絞りとの間隔が変化するように配置し、合焦に際し、前記合焦群(第3レンズ群の少なくとも一部)と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群(第3レンズ群の少なくとも一部)と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化するように配置する。ステップS2として、前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなるように構成する。ステップS3として、以下の条件式(1)を満足するようにする。

30

$$(1) \quad 1.40 < f_1 / f_f < 2.20$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_f : 前記合焦群の焦点距離

【0091】

40

図15に示す例において、変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、以下のステップS1~S3を含むものである。

【0092】

ステップS1: 第1~第4レンズ群を準備し、第3レンズ群が正の屈折力を有する1枚の単レンズからなるようにする。そして、各レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置する。

【0093】

ステップS2: 変倍光学系が以下の条件式(1)を満足するようにする。

50

(1) $1.40 < f1 / ff < 2.20$

ただし、

f1 : 第1レンズ群の焦点距離

ff : 第3レンズ群の焦点距離

【0094】

ステップS3 : 公知の移動機構を鏡筒に設けることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、レンズ群どうしの間隔が変化するようにする。

【0095】

以上の変倍光学系の製造方法によれば、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。

【符号の説明】

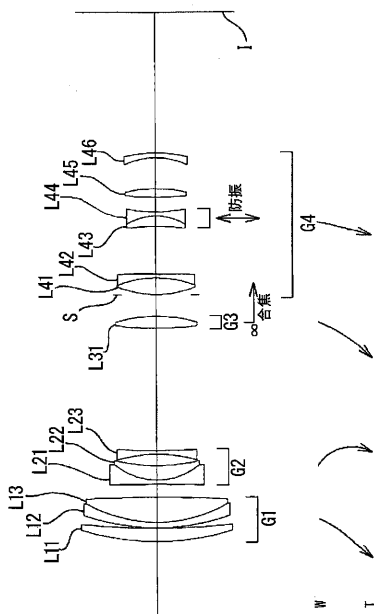
【0096】

- G1 第1レンズ群
- G2 第2レンズ群(負レンズ群)
- G3 第3レンズ群(合焦群)
- G4 第4レンズ群(正レンズ群)
- S 開口絞り
- I 像面
- W 広角端状態
- T 望遠端状態。

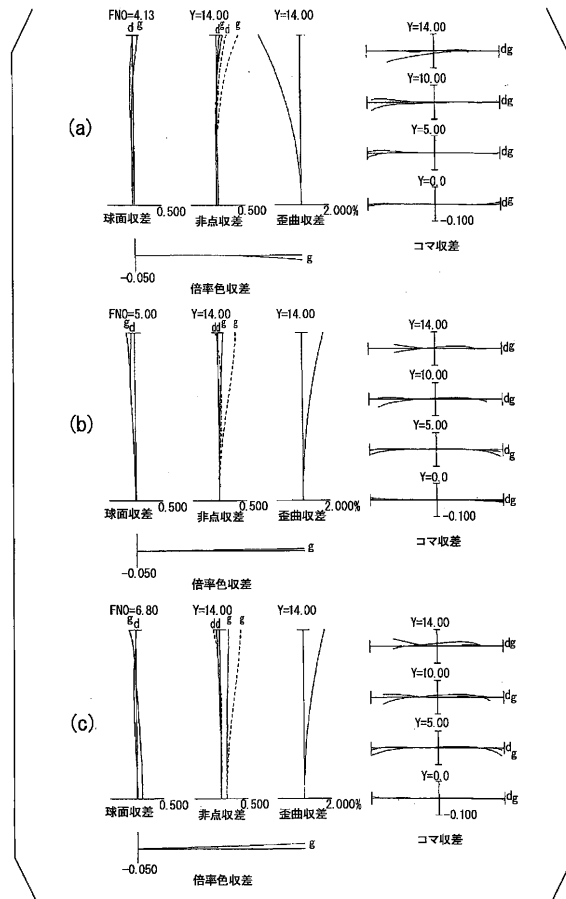
10

20

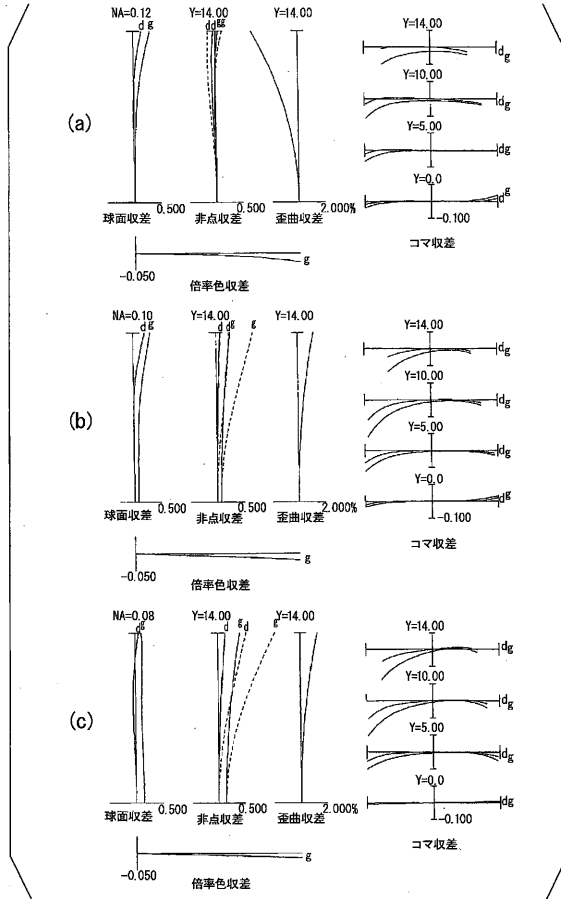
【図1】



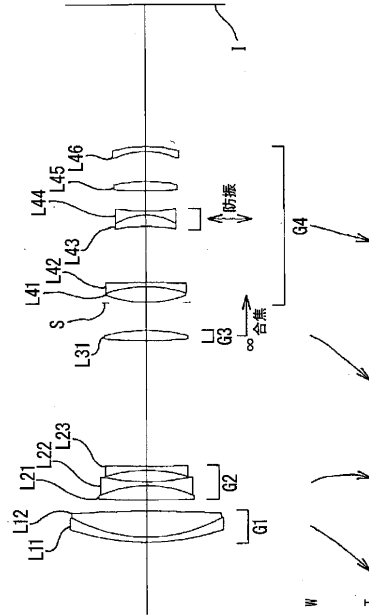
【図2】



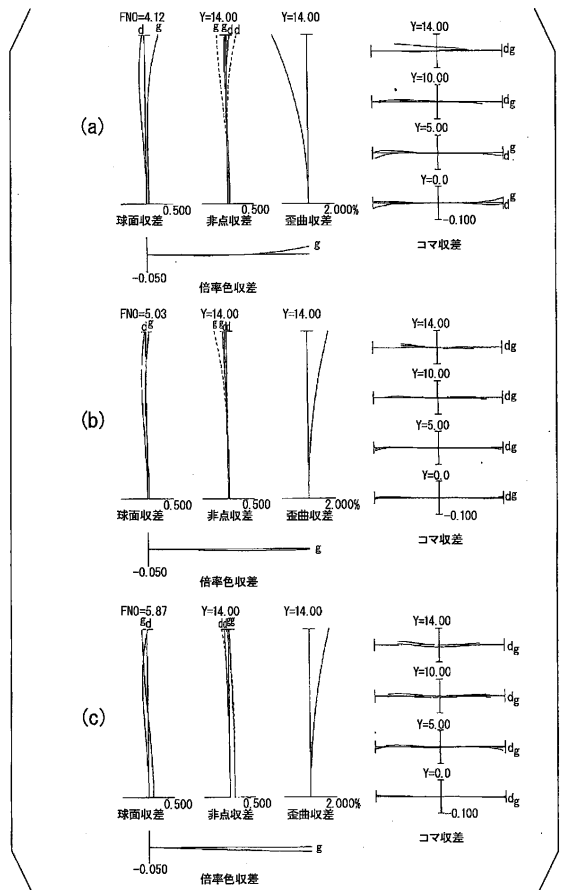
【 図 3 】



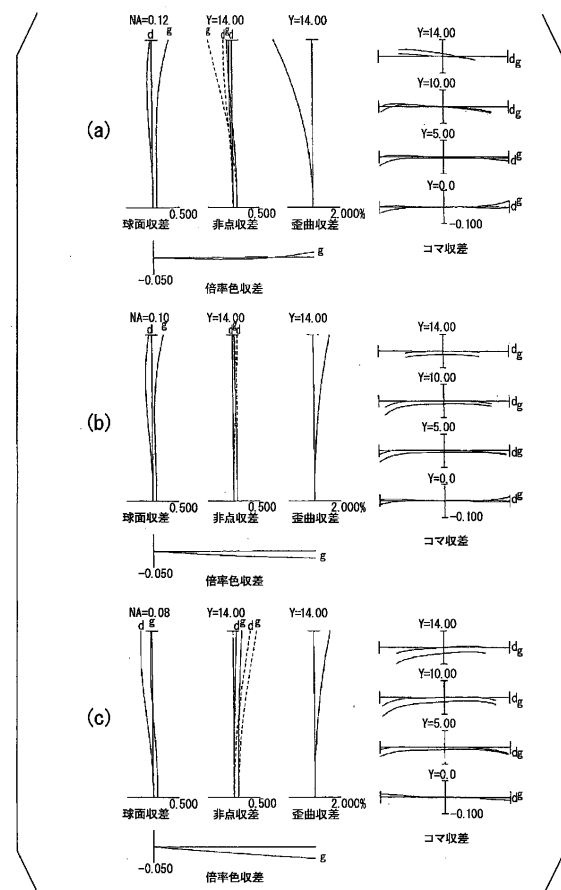
【 図 4 】



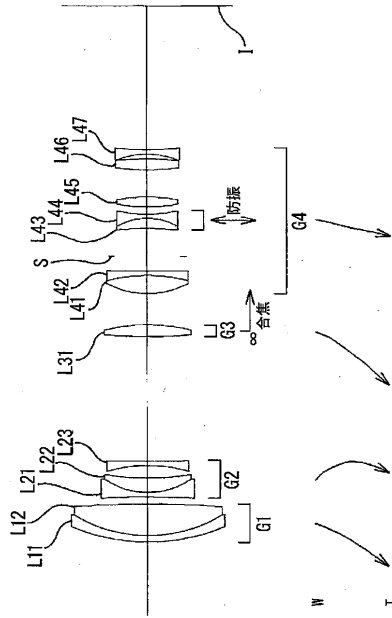
【 図 5 】



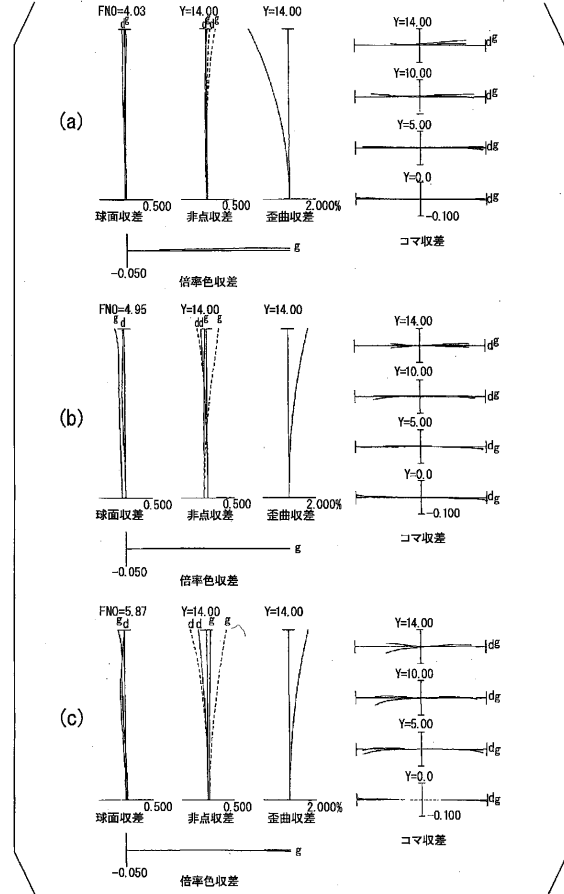
【 図 6 】



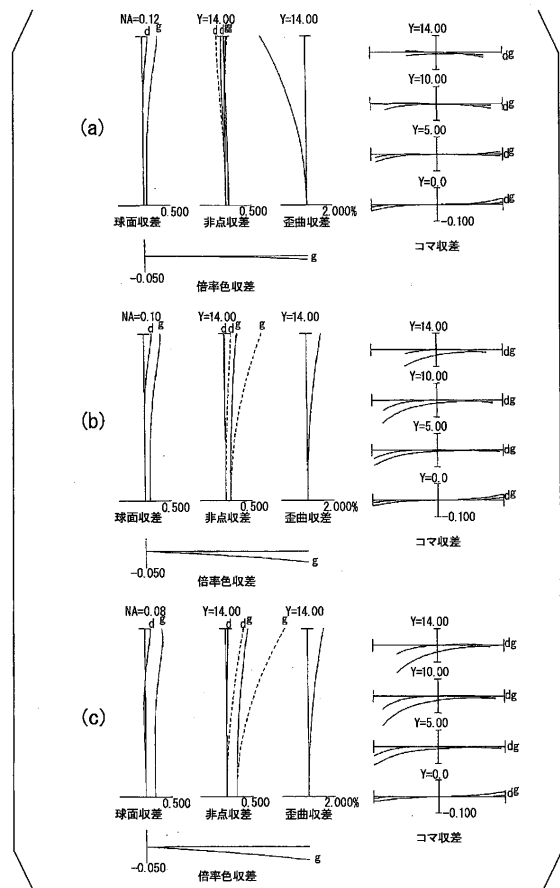
【 図 7 】



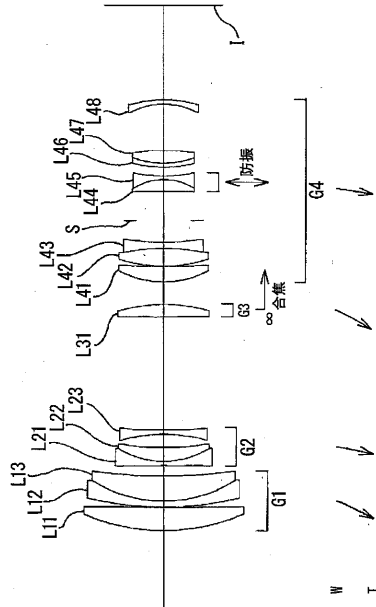
【 図 8 】



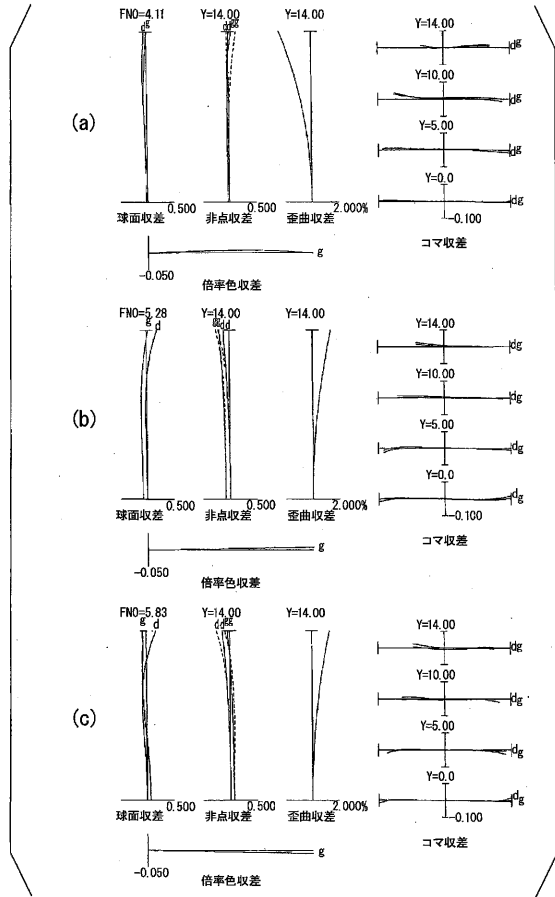
【 図 9 】



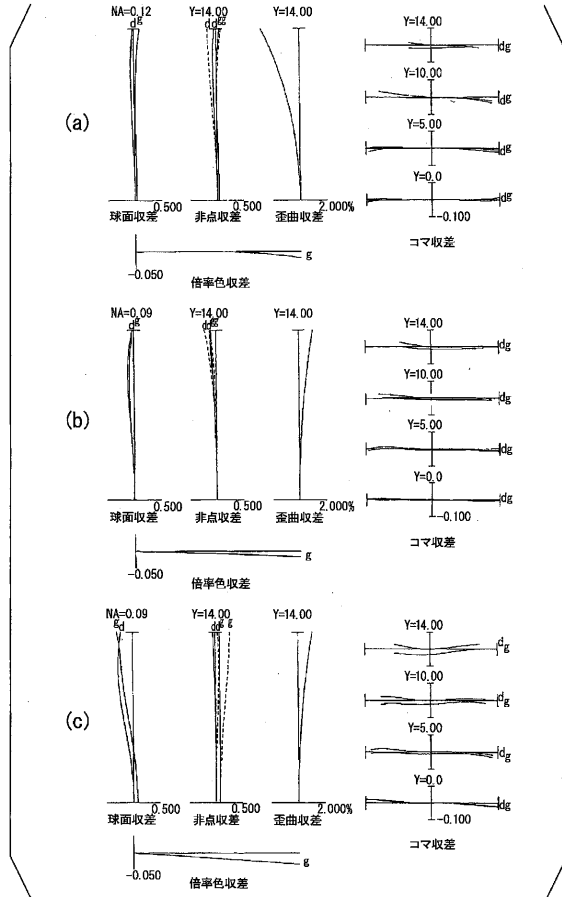
【 図 10 】



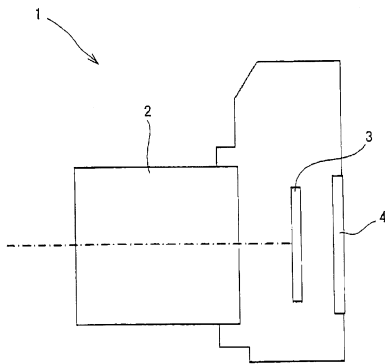
【図11】



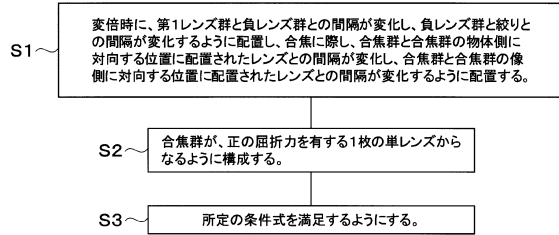
【図12】



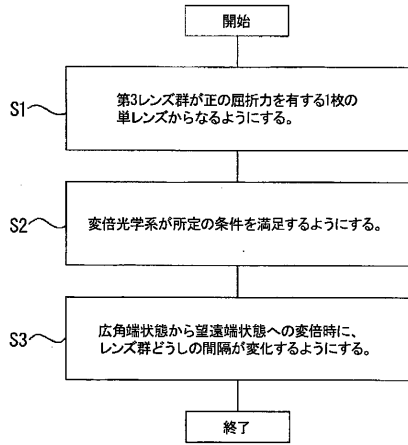
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

- (72)発明者 小濱 昭彦
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内
- (72)発明者 内田 健介
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内

審査官 森内 正明

- (56)参考文献 特開2014-126766(JP,A)
国際公開第2013/146758(WO,A1)
特開2001-33698(JP,A)
特開平7-113955(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