

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6601471号
(P6601471)

(45) 発行日 令和1年11月6日(2019.11.6)

(24) 登録日 令和1年10月18日(2019.10.18)

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

請求項の数 22 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-204935 (P2017-204935)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成29年10月24日(2017.10.24)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2013-157108 (P2013-157108) の分割		東京都港区港南二丁目15番3号
原出願日	平成25年7月29日(2013.7.29)	(74) 代理人	100140800
(65) 公開番号	特開2018-28686 (P2018-28686A)		弁理士 保坂 丈世
(43) 公開日	平成30年2月22日(2018.2.22)	(74) 代理人	100156281
審査請求日	平成29年10月24日(2017.10.24)		弁理士 岩崎 敬
		(72) 発明者	町田 幸介
			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	堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系及び光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負の屈折力を有する第2レンズ群と、

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、

負の屈折力を有する第5レンズ群と、

正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、前記第6レンズ群が物体方向に移動し、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レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が増大し、前記第5レンズ群と前記第6レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_5 : 前記第 5 レンズ群の焦点距離

【請求項 2】

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、

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、

負の屈折力を有する第 5 レンズ群と、

正の屈折力を有する第 6 レンズ群との実質的に 6 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、前記第 6 レンズ群が物体方向に移動し、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 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔が増大し、前記第 5 レンズ群と前記第 6 レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記第 3 レンズ群が光軸方向に移動し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.70 < f_6 / f_w < 2.60$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_6 : 前記第 6 レンズ群の焦点距離

【請求項 3】

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、

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、

負の屈折力を有する第 5 レンズ群と、

正の屈折力を有する第 6 レンズ群との実質的に 6 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、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変化し、前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔が増大し、前記第 5 レンズ群と前記第 6 レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記第 3 レンズ群が光軸方向に移動し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_5 : 前記第 5 レンズ群の焦点距離

【請求項 4】

10

20

30

40

50

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、

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、

負の屈折力を有する第5レンズ群と、

正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、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変化し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が増大し、前記第5レンズ群と前記第6レンズ群との間隔が変化し、

10

合焦に際し、前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.70 < f_6 / f_w < 2.60$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成焦点距離

離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

20

f_6 : 前記第6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、

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、

負の屈折力を有する第5レンズ群と、

正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、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変化し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が変化し、前記第5レンズ群と前記第6レンズ群との間隔が減少し、

30

合焦に際し、前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成焦点距離

離

40

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_5 : 前記第5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、

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、

負の屈折力を有する第5レンズ群と、

50

正の屈折力を有する第 6 レンズ群との実質的に 6 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、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変化し、前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔
 が変化し、前記第 5 レンズ群と前記第 6 レンズ群との間隔が減少し、

合焦に際し、前記第 3 レンズ群が光軸方向に移動し、
 次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.70 < f_6 / f_w < 2.60$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_6 : 前記第 6 レンズ群の焦点距離

【請求項 7】

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、

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、

負の屈折力を有する第 5 レンズ群と、

正の屈折力を有する第 6 レンズ群との実質的に 6 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、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 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔
 が増大し、前記第 5 レンズ群と前記第 6 レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記第 3 レンズ群が光軸方向に移動し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$2.00 < f_{12w} / f_3 < 4.50$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

f_{12w} : 広角端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

f_3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

【請求項 8】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 6 レンズ群が物体方向に移動するこ
 とを特徴とする請求項 3 ~ 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 9】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 5 レンズ群と前記第 6 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 ~ 4、7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 3 ~ 6 のいずれか一項に記載の変倍光学
 系。

$$2.00 < f_{12w} / f_3 < 5.00$$

但し、

f_{12w} : 広角端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離

10

20

30

40

50

離

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 1】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 2、4、6、7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.40 < (-f5) / fw < 2.30$$

但し、

f w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f 5 : 前記第 5 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 2】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1、3、5、7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.60 < f6 / fw < 2.60$$

但し、

f w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f 6 : 前記第 6 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 3】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 4 レンズ群が物体方向に移動することを特徴とする請求項 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 4】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群が物体方向に移動することを特徴とする請求項 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 5】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 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 ~ 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 3 レンズ群が 1 枚の負レンズのみで構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 7】

前記第 3 レンズ群の最も物体側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 8】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.45 < f1 / ft < 0.90$$

但し、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 9】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.00 < f4 / fw < 1.70$$

但し、

f w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f 4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

【請求項 2 0】

前記第 5 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持つように移動させることを特徴とする請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 2 1】

10

20

30

40

50

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第4レンズ群と前記第6レンズ群とが一体に移動することを特徴とする請求項1～20のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項22】

請求項1～21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。

【背景技術】

10

【0002】

従来、インナーフォーカス方式の導入で、合焦用レンズ群の軽量化がなされた写真用カメラ、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）。しかしながら、従来の変倍光学系において、オートフォーカス時の十分な静粛性を実現するためには合焦用レンズ群の軽量化が不十分であり、また、合焦用レンズ群の重量が大きいために、高速にオートフォーカスを行おうとすると、大きなモータやアクチュエータが必要となり、鏡筒が大型化してしまうという課題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【特許文献1】特開2007-093975号公報

【発明の概要】

【0004】

本発明の第一の一の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第6レンズ群が物体方向に移動し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増大し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

30

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30$$

但し、

f_t ：望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} ：望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_w ：広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_5 ：前記第5レンズ群の焦点距離

本発明の第一の二の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第6レンズ群が物体方向に移動し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増大し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

40

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.70 < f_6 / f_w < 2.60$$

50

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_6 : 前記第6レンズ群の焦点距離

本発明の第二の一の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が増大し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増大し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

本発明の第二の二の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が増大し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増大し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.70 < f_6 / f_w < 2.60$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_6 : 前記第6レンズ群の焦点距離

本発明の第三の一の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が増大し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が変化し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が減少し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

10

20

30

40

50

本発明の第三の二の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が増大し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が変化し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が減少し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$1.70 < f_6 / f_w < 2.60$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の全系の焦点距離

f_6 : 前記第6レンズ群の焦点距離

【0005】

本発明の第四の態様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レンズ群と、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6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、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増大し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、第3レンズ群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10$$

$$2.00 < f_{12w} / f_3 < 4.50$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_{12w} : 広角端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との合成焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1の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】第1の実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は中間焦点距離状態を示し、(c)は望遠端状態を示す。

【図3】第1の実施例に係る変倍光学系の近距離合焦時の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は中間焦点距離状態を示し、(c)は望遠端状態を示す。

【図4】第2の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】第2の実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は中間焦点距離状態を示し、(c)は望遠端状態を示す。

【図6】第2の実施例に係る変倍光学系の近距離合焦時の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は中間焦点距離状態を示し、(c)は望遠端状態を示す。

【図7】上記変倍光学系を搭載するカメラの断面図を示す。

【図8】上記変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。図1に示すように、本実施形態に係る変倍光学系ZL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、負の屈折力を有する第3レンズ群G

10

20

30

40

50

3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6と、を有して構成されている。また、この変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔を変化させ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔を変化させ、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔を変化させ、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔を変化させ、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔を変化させることで変倍時の良好な収差補正を図ることができる。

【0008】

このような変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間隔を増大させ、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間隔を縮小させることで、5倍程度以上の変倍比を確保することができる。さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1を物体方向に移動させる構成とすることで、広角端状態でのレンズ全長の短縮と、第1レンズ群G1の有効径の縮小ができ、変倍光学系ZLの小型化を図ることができる。

10

【0009】

また、このような変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第4レンズ群G4と前記第6レンズ群G6とを一体に移動させることで、第4レンズ群G4と第6レンズ群G6の相互偏芯の変化を抑えることができ、偏芯収差の発生を抑制でき良好な結像性能を得られる。

【0010】

20

また、このような変倍光学系ZLは、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、第3レンズ群G3を光軸方向に移動させることで、ピント合わせの際の像の大きさの変化を抑えることができ、また、球面収差等の収差変動を良好に抑えることができる。

【0011】

また、このような変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(1)を満足することが望ましい。

【0012】

$$-0.25 < f_t / f_{12t} < 0.10 \quad (1)$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系ZLの全系の焦点距離

30

f_{12t} : 望遠端状態における第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との合成焦点距離

【0013】

条件式(1)は、無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動の抑制に適した望遠端状態における第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との合成焦点距離を規定するものである。この条件式(1)の上限値及び下限値のいずれを超えても、望遠端状態における第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との合成屈折力が大きくなり、望遠端状態での無限遠物体から近距離物体への合焦時の球面収差の変化が増大する。なお、条件式(1)の上限値を0.06に設定することで、本願の効果をより確実なものとするることができる。あるいは、条件式(1)の下限値を-0.20に設定することで、本願の効果をより確実なものとするることができる。

40

【0014】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第4レンズ群G4と第6レンズ群G6とが物体方向に移動し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間隔が増大し、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔が減少することが望ましい。この構成により、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差補正と、無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動の抑制と、5倍程度以上の変倍比の確保とを、より確実なものとするることができる。

【0015】

50

また、このような変倍光学系 Z L は、以下に示す条件式 (2) を満足することが望ましい。

【 0 0 1 6 】

$$2.00 < f_{12w} / f_3 < 5.00 \quad (2)$$

但し、

f_{12w} : 広角端状態における第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との合成焦点距離

f_3 : 第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離

【 0 0 1 7 】

条件式 (2) は、無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動の抑制に適した広角端状態における第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との合成焦点距離と第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (2) の上限値を上回ると、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が大きくなり、望遠端状態での無限遠物体から近距離物体への合焦時の球面収差の変化が増大する。なお、条件式 (2) の上限値を 4.50 に設定することで、本願の効果をより確実なものとすることができる。一方、この条件式 (2) の下限値を下回ると、広角端状態における第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との合成屈折力が大きくなり、広角端状態での無限遠物体から近距離物体への合焦時の像面湾曲をはじめとする諸収差の変動が増大する。さらに、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が小さくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍や無限遠物体から近距離物体への合焦のための第 3 レンズ群 G 3 の移動量が増大し、光学系が大型化してしまう。なお、条件式 (2) の下限値を 2.50 に設定することで、本願の効果をより確実なものとすることができる。

【 0 0 1 8 】

また本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 3 レンズ群 G 3 が 1 枚の負レンズで構成されていることが望ましい。この構成により、合焦用レンズ群である第 3 レンズ群 G 3 が軽量化され、鏡筒を大型化することなく高速なオートフォーカス、及びこのオートフォーカス時の静粛性を実現することができる。

【 0 0 1 9 】

また本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 3 レンズ群 G 3 の最も物体側の面が非球面であることが望ましい。この構成により、合焦用レンズ群である第 3 レンズ群 G 3 の軽量化と無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動の抑制が両立でき、鏡筒を大型化することなく高速なオートフォーカス、及びこのオートフォーカス時の静粛性を実現することができる。

【 0 0 2 0 】

また、このような変倍光学系 Z L は、以下に示す条件式 (3) を満足することが望ましい。

【 0 0 2 1 】

$$0.45 < f_1 / f_t < 0.90 \quad (3)$$

但し、

f_t : 望遠端状態における変倍光学系 Z L の全系の焦点距離

f_1 : 第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離

【 0 0 2 2 】

条件式 (3) は、望遠端状態における変倍光学系 Z L の焦点距離に対する第 1 レンズ群 G 1 の適正な焦点距離を規定するものである。本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、条件式 (3) を満足することにより、レンズ全長の小型化と、像面湾曲、歪曲収差、及び球面収差の良好な補正を両立することができる。この条件式 (3) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力が大きくなり、球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。なお、条件式 (3) の下限値を 0.55 に設定することで、本願の効果をより確実なものとすることができる。一方、条件式 (3) の上限値を上回ると、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力が小さくなり、レンズ全長の小型化が困難となる。なお、条件式 (3) の上限値を 0.80 に設定することで、本願の効果をより確実なものとすることができる。

【 0 0 2 3 】

ところで、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 4 レンズ群 G 4、第 5 レンズ群 G 5、第 6 レンズ群 G 6 は収斂、発散、収斂の構造を持ち、さらに、各レンズ群の間隔を変化させることによって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する構造を有している。このような第 4 レンズ群 G 4 から第 6 レンズ群 G 6 の各レンズ群の焦点距離は、以下の条件を満足することが望ましい。

【 0 0 2 4 】

まず、このような変倍光学系 Z L は、以下に示す条件式 (4) を満足することが望ましい。

【 0 0 2 5 】

$$1.00 < f_4 / f_w < 1.70 \quad (4)$$

但し、

f_4 : 第 4 レンズ群 G 4 の焦点距離

f_t : 広角端状態における変倍光学系 Z L の全系の焦点距離

【 0 0 2 6 】

条件式 (4) は、広角端状態における変倍光学系 Z L の焦点距離に対する第 4 レンズ群 G 4 の適正な焦点距離を規定するものである。本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、条件式 (4) を満足することにより、レンズ全長の小型化と、像面湾曲、歪曲収差、及び球面収差の良好な補正を両立することができる。この条件式 (4) の下限値を下回ると、第 4 レンズ群 G 4 の屈折力が大きくなり、球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。なお、条件式 (4) の下限値を 1.20 に設定することで、本願の効果をより確実なものとする事ができる。一方、この条件式 (4) の上限値を上回ると、第 4 レンズ群 G 4 の屈折力が小さくなり、レンズ全長の小型化が困難となる。なお、条件式 (4) の上限値を 1.50 に設定することで、本願の効果をより確実なものとする事ができる。

【 0 0 2 7 】

また、このような変倍光学系 Z L は、以下に示す条件式 (5) を満足することが望ましい。

【 0 0 2 8 】

$$1.40 < (-f_5) / f_w < 2.30 \quad (5)$$

但し、

f_5 : 第 5 レンズ群 G 5 の焦点距離

f_t : 広角端状態における変倍光学系 Z L の全系の焦点距離

【 0 0 2 9 】

条件式 (5) は、広角端状態における変倍光学系 Z L の焦点距離に対する第 5 レンズ群 G 5 の適正な焦点距離を規定するものである。本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、条件式 (5) を満足することにより、像面湾曲、歪曲収差、及び球面収差の良好な補正をおこなうことができる。この条件式 (5) の下限値を下回ると、第 5 レンズ群 G 5 の屈折力が大きくなり、球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。なお、条件式 (5) の下限値を 1.60 に設定することで、本願の効果をより確実なものとする事ができる。一方、この条件式 (5) の上限値を上回ると、第 5 レンズ群 G 5 の屈折力が小さくなり、第 4 レンズ群 G 4 及び第 6 レンズ群 G 6 とあわせて、収斂、発散、収斂の構造によって諸収差を良好に補正する効果が減少し、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の像面湾曲、歪曲収差、及び球面収差の変化を抑え、良好な収差補正を維持することが困難となる。なお、条件式 (5) の上限値を 2.20 に設定することで、本願の効果をより確実なものとする事ができる。

【 0 0 3 0 】

また、このような変倍光学系 Z L は、以下に示す条件式 (5) を満足することが望ましい。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

$$1.60 < f_6 / f_w < 2.60 \quad (6)$$

但し、

f_6 : 第6レンズ群G6の焦点距離

f_t : 広角端状態における変倍光学系ZLの全系の焦点距離

【0032】

条件式(6)は、広角端状態における変倍光学系ZLの焦点距離に対する第6レンズ群G6の適正な焦点距離を規定するものである。本実施形態に係る変倍光学系ZLは、条件式(6)を満足することにより、球面収差をはじめとする諸収差の良好な補正をおこなうことができる。この条件式(6)の下限値を下回ると、第6レンズ群G6の屈折力が大きくなり、球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。なお、条件式(6)の下限値を1.70に設定することで、本願の効果をより確実なものとすることができる。一方、この条件式(6)の上限値を上回ると、第6レンズ群G6の屈折力が小さくなり、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5とあわせて、収斂、発散、収斂の構造によって諸収差を良好に補正する効果が減少し、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の像面湾曲、歪曲収差、及び球面収差の変化を抑え、良好な収差補正を維持することが困難となる。なお、条件式(6)の上限値を2.40に設定することで、本願の効果をより確実なものとするすることができる。

10

【0033】

また本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第5レンズ群G5の少なくとも一部を光軸と直交する方向の成分を持つように移動させることによって、手ブレ等による結像位置の変位を補正することが望ましい。この構成により、効果的に手ブレ等による結像位置の変位を補正することができる。

20

【0034】

次に、本実施形態に係る変倍光学系ZLを備えた光学装置であるカメラを図7に基づいて説明する。このカメラ1は、撮影レンズ2として本実施形態に係る変倍光学系ZLを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。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、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り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。

30

【0035】

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により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る変倍光学系ZL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。

【0036】

このように、本実施形態に係る光学装置は、上述した構成の変倍光学系ZLを備えることにより、合焦(ピント合わせ)の際の像の大きさの変化を抑え、さらに、変倍時、ならびに合焦時の収差変動を良好に抑えた光学装置を実現することができる。

40

【0037】

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。

【0038】

本実施形態では、6群構成の変倍光学系ZLを示したが、以上の構成条件等は、7群、8群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、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

50

部分を示す。

【0039】

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。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、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、前述のように第3レンズ群G3を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0040】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）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よい。特に、前述のように第5レンズ群G5の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

10

【0041】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を妨げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。レンズ面が非球面の場合、非球面は、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。また、レンズ面は回折面としても良く、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良い。

20

【0042】

開口絞りSは、第4レンズ群G4の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を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

【0043】

さらに、各レンズ面には、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ために、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良い。

【0044】

また、本実施形態の変倍光学系ZLは、変倍比が5～15倍程度である。

【0045】

以下、本実施形態に係る変倍光学系ZLの製造方法の概略を、図8を参照して説明する。まず、各レンズを配置して第1～第6レンズ群G1～G6をそれぞれ準備する（ステップS100）。また、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が変化し、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔が変化するように配置する（ステップS200）。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、第3レンズ群G3が光軸方向に移動するように配置する（ステップS300）。さらにまた、各レンズ群G1～G6が、前述の条件式（1）を満足するように配置する（ステップS400）。

30

40

【0046】

具体的には、本実施形態では、例えば図1に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12とを接合した接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13を配置して第1レンズ群G1とし、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の非球面負レンズL21、両凹形状の負レンズL22及び両凸形状の正レンズL23を配置して第2レンズ群G2とし、両凹レンズ形状の非球面負レンズL31を配置して第3レンズ群G3とし、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41と両凸形状の正レンズL42とを接合した接合正レンズ、及び、両凸形状の正レンズL43と両凹形状の負レンズL44とを接合した接合正レンズを配置して第4レンズ群G4とし、両凹レンズ形状の非球面負レンズL51と物体側に

50

凸面を向けた正メニスカスレンズL52とを接合した接合負レンズを配置して第5レンズ群G5とし、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL61、及び、両凸形状の正レンズL62と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL63とを接合した接合正レンズを配置して第6レンズ群G6とする。このように準備した各レンズ群を上述の手順で配置して変倍光学系ZLを製造する。

【実施例】

【0047】

以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。なお、図1及び図4は、各実施例に係る変倍光学系ZL(ZL1, ZL2)の構成及び屈折力配分を示す断面図である。また、これらの変倍光学系ZL1, ZL2の断面図の下部には、広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際の各レンズ群G1~G6の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

10

【0048】

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)をS(y)とし、基準球面の曲率半径(近軸曲率半径)をrとし、円錐定数をKとし、n次の非球面係数をAnとしたとき、以下の式(a)で表される。なお、以降の実施例において、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

【0049】

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \quad (a)$$

20

【0050】

なお、各実施例において、2次の非球面係数A2は0である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

【0051】

[第1実施例]

図1は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の構成を示す図である。この図1に示す変倍光学系ZL1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、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。

30

【0052】

この変倍光学系ZL1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13から構成されている。また、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形状の非球面負レンズL21、両凹形状の負レンズL22、及び、両凸形状の正レンズL23から構成されている。この第2レンズ群G2の非球面負レンズL21は、物体側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えている。また、第3レンズ群G3は、両凹レンズ形状の非球面負レンズL31から構成されている。この第3レンズ群G3の非球面負レンズL31は、物体側レンズ面が非球面形状である。また、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負メニスカスレンズL41と両凸形状の正レンズL42との接合正レンズ、及び、両凸形状の正レンズL43と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL44との接合正レンズから構成されている。また、第5レンズ群G5は、物体側から順に、両凹レンズ形状の非球面負レンズL51と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL52との接合負レンズから構成されている。この第5レンズ群G5の非球面負レンズL51は、物体側レンズ面が非球面形状である。また、第6レンズ群G6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L61、及び、両凸形状の正レンズL62と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL63との接合正レンズから構成されている。

40

50

【 0 0 5 3 】

この第1実施例に係る変倍光学系Z L 1では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2の空気間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3の空気間隔が増大し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4の空気間隔が減少し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5の空気間隔が増大し、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6の空気間隔が減少するように、第1レンズ群G 1から第6レンズ群G 6の各レンズ群が物体方向へ移動する。なお、開口絞りSは第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間に配置されており、この開口絞りSは、変倍に際し第4レンズ群G 4とともに移動する。また、第4レンズ群G 4と第6レンズ群G 6とは、変倍に際し一体に移動する。

10

【 0 0 5 4 】

また、この第1実施例に係る変倍光学系Z L 1では、第3レンズ群G 3を物体方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

【 0 0 5 5 】

また、この第1実施例に係る変倍光学系Z L 1では、第5レンズ群G 5を光軸と直交する方向の成分を持つように移動させることによって、手ブレ等による結像位置の変位を補正する。

【 0 0 5 6 】

以下の表1に、第1実施例に係る変倍光学系Z L 1の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元におけるfは全系の焦点距離、FNOはFナンバー、2は画角、Ymaxは最大像高、及び、TLは全長をそれぞれ表している。ここで、全長TLは、無限遠合焦時のレンズ面の第1面から像面Iまでの光軸上の距離を表している。また、レンズデータにおける第1欄mは、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序(面番号)を、第2欄rは、各レンズ面の曲率半径を、第3欄dは、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離(面間隔)を、第4欄d及び第5欄ndは、d線(λ=587.6nm)に対するアッペ数及び屈折率を示している。また、曲率半径は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。なお、表1に示す面番号1~29は、図1に示す番号1~29に対応している。また、レンズ群焦点距離は第1~第6レンズ群G 1~G 6の各々の始面と焦点距離を示している。

20

【 0 0 5 7 】

ここで、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、その他長さの単位は一般に「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、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

30

【 0 0 5 8 】

(表1)

[全体諸元]

変倍比 = 7.41

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.5	~ 69.8	~ 137.1
FNO	= 3.37	~ 5.35	~ 5.87
2	= 78.0	~ 22.27	~ 11.45
Ymax	= 14.25	~ 14.25	~ 14.25
TL	= 140.30	~ 182.76	~ 206.23

40

[レンズデータ]

m	r	d	nd	d
物面				
1	219.5586	2.000	1.846660	23.78
2	76.5672	8.100	1.593190	67.90

50

3	-193.1433	0.100			
4	62.9929	4.369	1.816000	46.62	
5	135.2434	d5			
6*	200.0000	0.150	1.553890	38.23	
7	264.2433	1.200	1.772499	49.61	
8	14.5524	6.639			
9	-55.9960	1.000	1.882997	40.76	
10	70.0778	1.368			
11	34.2278	4.994	1.846660	23.78	
12	-40.2215	d12			10
13*	-38.0000	1.000	1.816000	46.62	
14	73.1158	d14			
15		0.400			開口絞り S
16	31.3375	1.000	2.000690	25.45	
17	17.5382	4.020	1.696797	55.52	
18	-45.2689	0.100			
19	25.2062	3.378	1.530784	53.99	
20	-50.1174	1.000	1.902650	35.70	
21	221.7499	d21			
22*	-49.6292	1.000	1.729157	54.66	20
23	14.2070	2.838	1.850260	32.35	
24	37.8185	d24			
25	-987.2356	4.223	1.497820	82.51	
26	-22.6220	0.100			
27	42.2054	7.527	1.487490	70.40	
28	-17.4688	1.301	1.882997	40.76	
29	-69.1566	BF			

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	93.305
第2レンズ群	6	-59.998
第3レンズ群	13	-30.519
第4レンズ群	15	25.075
第5レンズ群	22	-34.507
第6レンズ群	25	40.427

【 0 0 5 9 】

この第1実施例に係る変倍光学系Z L 1において、第6面、第13面、及び、第22面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。次の表2に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 0 6 0 】

(表2)

[非球面データ]

	K	A4	A6	A8	A10
第6面	22.2541	2.73433E-06	-3.40694E-08	8.73889E-11	-1.04437E-13
第13面	0.0119	1.07136E-06	1.36110E-08	9.05198E-11	-2.63445E-13
第22面	0.5764	2.56475E-06	-5.34939E-09	1.12941E-10	0.00000E+00

【 0 0 6 1 】

この第1実施例に係る変倍光学系Z L 1において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G

30

40

50

2との軸上空気間隔d5、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d12、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d14、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d21、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との軸上空気間隔d24、及び、バックフォーカスBFは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表3に無限遠合焦時及び近距離合焦時のそれぞれにおける広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠状態の各焦点距離における可変間隔及びバックフォーカスの値を示す。なお、バックフォーカスBFは、最も像側のレンズ面(図1における第29面)から像面Iまでの光軸上の距離を示している。この説明は以降の実施例においても同様である。

【0062】

10

(表3)

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態			近距離合焦状態		
	広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
f	18.5	69.8	137.1	18.5	69.8	137.1
d5	1.500	28.674	46.349	1.500	28.674	46.349
d12	2.962	4.304	7.318	2.481	3.970	6.822
d14	26.115	7.463	3.000	26.596	7.797	3.496
d21	2.500	7.495	8.806	2.500	7.495	8.806
d24	11.306	6.311	5.000	11.306	6.311	5.000
BF	38.11	70.71	77.95	38.11	70.71	77.95

20

【0063】

次の表4に、この第1実施例に係る変倍光学系ZL1における各条件式対応値を示す。なお、この表4において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との合成焦点距離f12について、広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠状態の各焦点距離の値を示している。また、fwは広角端状態における変倍光学系ZL1の全系の焦点距離を、ftは望遠端状態における変倍光学系ZL1の全系の焦点距離を、f1は第1レンズ群G1の焦点距離を、f12wは広角端状態における第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との合成焦点距離を、f12tは望遠端状態における第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との合成焦点距離を、f3は第3レンズ群G3の焦点距離を、f4は第4レンズ群G4の焦点距離を、f5は第5レンズ群G5の焦点距離を、f6は第6レンズ群G6の焦点距離を、それぞれ表している。以上の符号の説明は以降の実施例においても同様である。

30

【0064】

(表4)

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f12	-131.84	-366.17	2345.12

[条件対応値]

(1) ft / f12t = 0.058

(2) f12w / f3 = 4.320

(3) f1 / ft = 0.680

(4) f4 / fw = 1.355

(5) (-f5) / fw = 1.865

(6) f6 / fw = 2.185

40

【0065】

このように、この第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、上記条件式(1)~(6)を全て満足している。

【0066】

この第1実施例に係る変倍光学系ZL1の、無限遠合焦状態での広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における諸収差図を図2に示し、近距離合焦状態での広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における諸収差図を図3に示す。各収差図に

50

において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Yは像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーまた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。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。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。これらの諸収差図より、この第1実施例に係る変倍光学系ZL1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、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【0067】

[第2実施例]

図4は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の構成を示す図である。この図4に示す変倍光学系ZL2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、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。

【0068】

この変倍光学系ZL2において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合負レンズ、及び、両凸形状の正レンズL13から構成されている。また、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形状の非球面負レンズL21、両凹形状の負レンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合負レンズ、及び、両凸形状の正レンズL24から構成されている。この第2レンズ群G2の非球面負レンズL21は、物体側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えている。また、第3レンズ群G3は、両凹レンズ形状の非球面負レンズL31から構成されている。この第3レンズ群G3の非球面負レンズL31は、物体側レンズ面が非球面形状である。また、第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41、及び、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合正レンズから構成されている。また、第5レンズ群G5は、物体側から順に、両凹レンズ形状の非球面負レンズL51と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL52との接合負レンズから構成されている。この第5レンズ群G5の非球面負レンズL51は、物体側レンズ面が非球面形状である。また、第6レンズ群G6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L61、両凸形状の正レンズL62、及び、両凸形状の正レンズL63と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL64との接合負レンズから構成されている。

【0069】

この第2実施例に係る変倍光学系ZL2では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の空気間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の空気間隔が減少し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の空気間隔が増大し、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6の空気間隔が減少するように、第1レンズ群G1から第6レンズ群G6の各レンズ群が物体方向へ移動する。なお、開口絞りSは第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に配置されており、この開口絞りSは、変倍に際し第4レンズ群G4とともに移動する。また、第4レンズ群G4と第6レンズ群G6とは、変倍に際し一体に移動する。

【0070】

また、この第2実施例に係る変倍光学系ZL2では、第3レンズ群G3を物体方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

【0071】

また、この第2実施例に係る変倍光学系ZL2では、第5レンズ群G5を光軸と直交す

10

20

30

40

50

る方向の成分を持つように移動させることによって、手ブレ等による結像位置の変位を補正する。

【 0 0 7 2 】

以下の表 5 に、第 2 実施例の変倍光学系 Z L 2 の諸元の値を掲げる。なお、表 5 に示す面番号 1 ~ 3 1 は、図 4 に示す番号 1 ~ 3 1 に対応している。

【 0 0 7 3 】

(表 5)

[全体諸元]

変倍比 = 7.42

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f	= 18.5	~ 69.5	~ 137.2	10
F N O	= 3.23	~ 5.27	~ 5.94	
2	= 78.1	~ 22.37	~ 11.44	
Y m a x	= 14.25	~ 14.25	~ 14.25	
T L	= 147.44	~ 186.83	~ 213.32	

[レンズデータ]

m	r	d	n d	d	
物面					
1	240.0000	2.000	1.800999	34.96	20
2	52.7117	8.100	1.497820	82.51	
3	-443.0237	0.100			
4	64.5223	6.447	1.696797	55.52	
5	-936.2592	d5			
6*	500.0000	0.150	1.553890	38.23	
7	822.4858	1.200	1.772499	49.61	
8	18.2758	5.256			
9	-165.4567	1.000	1.816000	46.62	
10	19.8601	3.118	1.622049	36.15	
11	32.0132	1.000			30
12	29.4566	4.897	1.846660	23.78	
13	-55.0484	d13			
14*	-49.4019	1.000	1.816000	46.62	
15	61.9839	d15			
16		0.400			開口絞り S
17	48.3794	3.113	1.639999	60.09	
18	-39.1683	0.100			
19	26.2287	4.086	1.487490	70.40	
20	-26.5392	1.000	1.846660	23.78	
21	-148.2799	d21			40
22*	-42.1109	1.000	1.729157	52.66	
23	16.2392	2.676	1.850260	31.35	
24	40.3742	d24			
25	-302.1886	4.124	1.497820	82.51	
26	-25.5978	0.100			
27	141.8594	2.868	1.557443	45.43	
28	-91.1593	0.100			
29	62.4497	6.548	1.487490	70.40	
30	-19.7577	1.301	1.834807	44.72	
31	-154.3786	BF			50

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	96.473
第2レンズ群	6	-50.028
第3レンズ群	14	-33.555
第4レンズ群	16	24.677
第5レンズ群	22	-31.897
第6レンズ群	25	39.477

10

【 0 0 7 4 】

この第2実施例に係る変倍光学系Z L 2において、第6面、第14面、及び、第22面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。次の表6に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 0 7 5 】

(表6)

[非球面データ]

	K	A4	A6	A8	A10
第6面	1.0000	2.02178E-06	-1.91245E-08	5.41632E-11	-7.16953E-14
第14面	1.0000	6.73106E-06	1.51641E-08	-6.05979E-11	0.00000E+00
第22面	1.0000	6.96942E-06	4.75469E-10	2.28841E-11	0.00000E+00

20

【 0 0 7 6 】

この第2実施例に係る変倍光学系Z L 2において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d5、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d13、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d15、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d21、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との軸上空気間隔d24、及び、バックフォーカスBFは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表7に無限遠合焦時及び近距離合焦時のそれぞれにおける広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠状態の各焦点距離における可変間隔及びバックフォーカスの値を示す。

30

【 0 0 7 7 】

(表7)

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態			近距離合焦状態		
	広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
f	18.5	69.5	137.2	18.5	69.5	137.2
d5	1.500	27.643	46.848	1.500	27.643	46.848
d13	3.056	4.300	7.199	2.535	3.977	6.751
d15	27.000	7.501	3.000	27.521	7.823	3.448
d21	2.500	9.585	11.183	2.500	9.585	11.183
d24	13.683	6.598	5.000	13.683	6.598	5.000
BF	38.02	69.51	78.41	38.02	69.51	78.41

40

【 0 0 7 8 】

次の表8に、この第2実施例に係る変倍光学系Z L 2における各条件式対応値を示す。

【 0 0 7 9 】

(表8)

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f 1 2	-93.11	-187.87	-744.06

[条件式対応値]

(1) f t / f 1 2 t = -0.184

50

$$(2) f_{12w} / f_3 = 2.775$$

$$(3) f_1 / f_t = 0.703$$

$$(4) f_4 / f_w = 1.334$$

$$(5) (-f_5) / f_w = 1.724$$

$$(6) f_6 / f_w = 2.134$$

【0080】

このように、この第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、上記条件式(1)~(6)を全て満足している。

【0081】

この第2実施例に係る変倍光学系ZL2の、無限遠合焦状態での広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における諸収差図を図5に示し、近距離合焦状態での広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における諸収差図を図6に示す。これらの諸収差図より、この第2実施例に係る変倍光学系ZL2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、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

10

【0082】

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。

【0083】

本実施の形態によれば、合焦用レンズ群を小型軽量化することで、鏡筒を大型化することなく高速なオートフォーカス、及びこのオートフォーカス時の静粛性を実現し、さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、並びに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系、光学装置及び変倍光学系の製造方法を提供することができる。

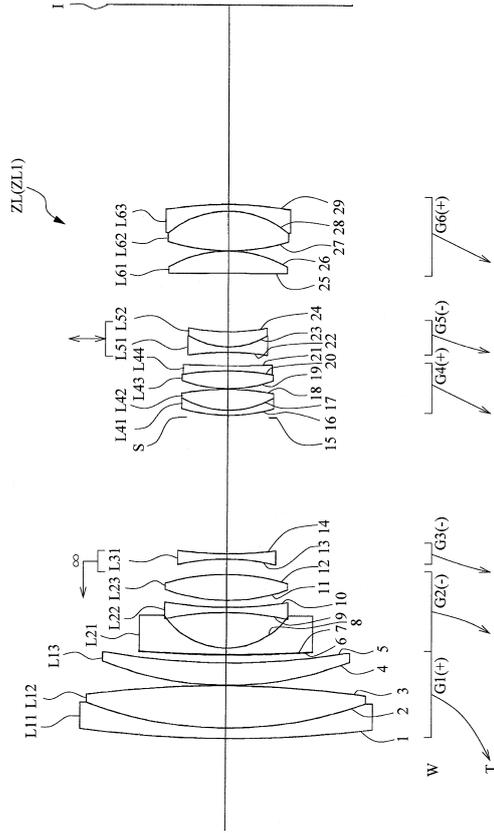
20

【符号の説明】

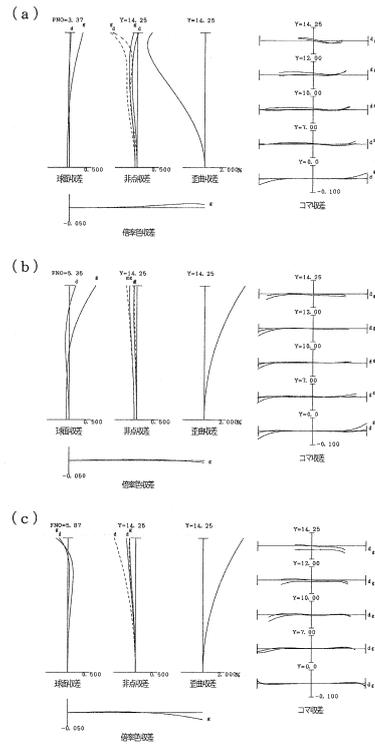
【0084】

1	カメラ(光学装置)	ZL(ZL1, ZL2)	変倍光学系
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
G5	第5レンズ群	G6	第6レンズ群

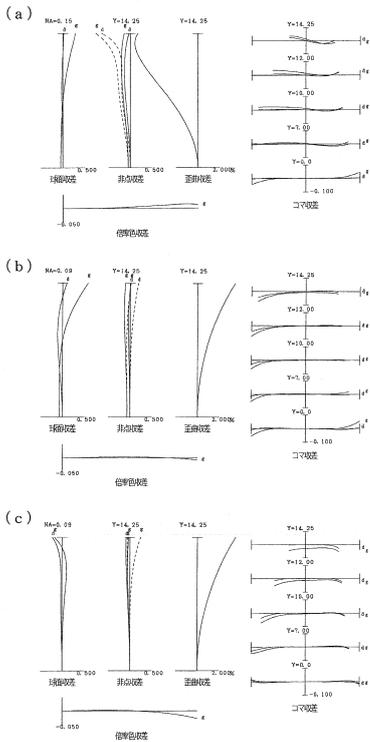
【 図 1 】



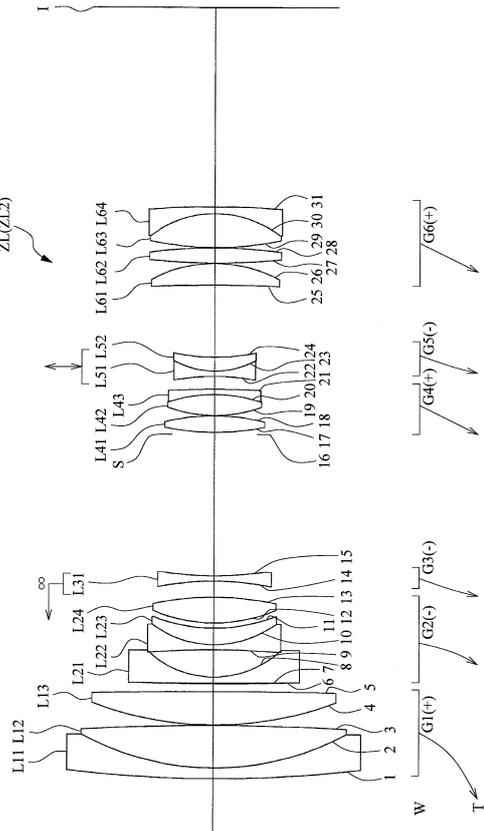
【 図 2 】



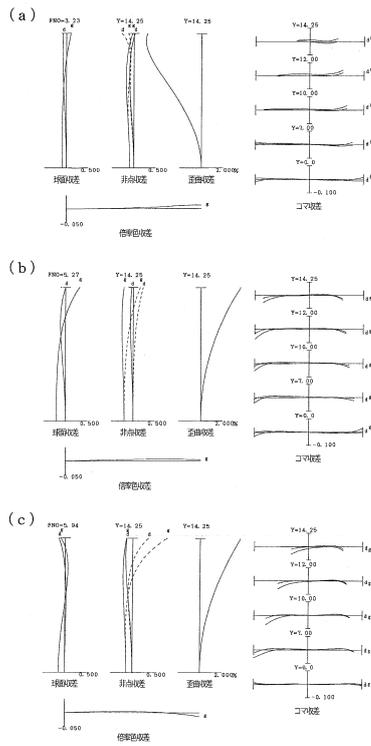
【 図 3 】



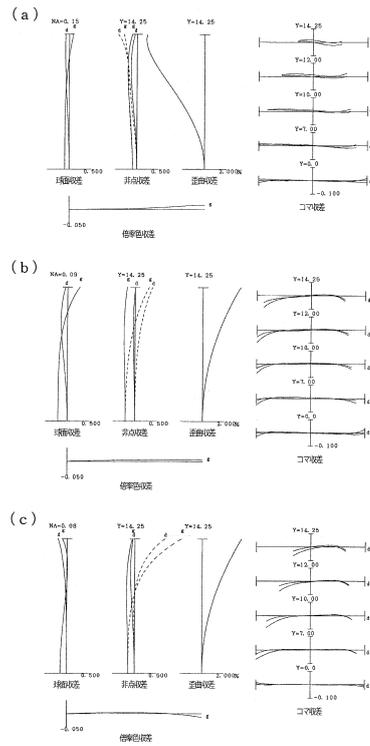
【 図 4 】



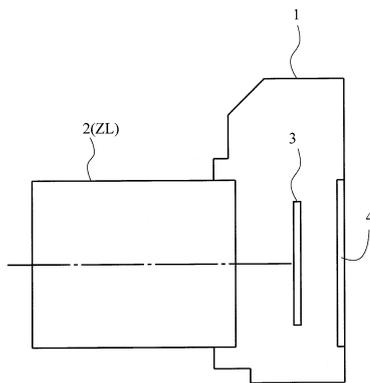
【図5】



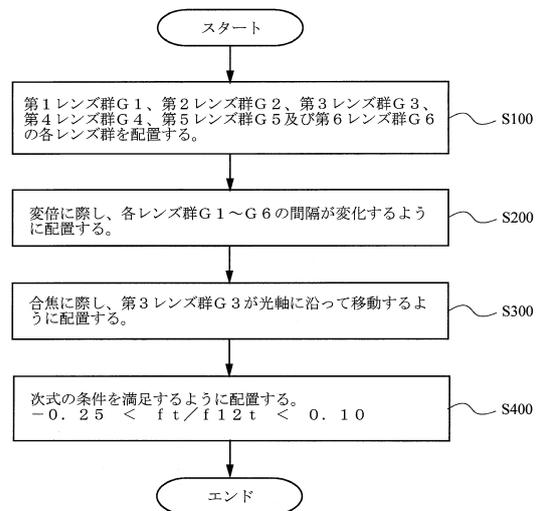
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-097184(JP,A)
特開2009-265652(JP,A)
特開2004-029617(JP,A)
特開2011-090099(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