

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6260075号
(P6260075)

(45) 発行日 平成30年1月17日(2018.1.17)

(24) 登録日 平成29年12月22日(2017.12.22)

(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 11 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-189692 (P2012-189692) (22) 出願日 平成24年8月30日 (2012. 8. 30) (65) 公開番号 特開2014-48374 (P2014-48374A) (43) 公開日 平成26年3月17日 (2014. 3. 17) 審査請求日 平成27年7月30日 (2015. 7. 30)</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 (74) 代理人 100140800 弁理士 保坂 丈世 (72) 発明者 上原 健 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 株式会社ニコン内 (72) 発明者 鈴木 剛司 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 株式会社ニコン内</p> <p>審査官 殿岡 雅仁</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学装置

(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レンズ群との実質的に4個のレンズ群からなり、
 広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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1レンズ群は、物体側から順に、第1負レンズ、第2負レンズ及び正レンズから
なり、

前記第2レンズ群のうち少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を
 含むように移動する防振レンズ群であり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に開口絞りを有し、
 次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$\frac{0.38}{2.14} < D3w / (-f3) < \frac{0.45}{2.35}$$

但し、

D3w : 広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離
 f 1 g f : 前記第 1 負レンズの焦点距離
 f 1 g r : 前記正レンズの焦点距離

【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 レンズ群との実質的に 4 個のレンズ群からなり、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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 1 レンズ群は、最も物体側に第 1 負レンズを有し、最も像側に正レンズを有し、
前記第 2 レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を
含むように移動する防振レンズ群であり、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$\begin{aligned} 0.38 < D3w / (-f3) < 0.45 \\ 2.10 < f1gr / (-f1gf) < 3.00 \\ 0.82 < f2 / (-f3) < 0.84 \end{aligned}$$

但し、

D 3 w : 広角端状態における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との空気間隔

f 3 : 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 1 g f : 前記第 1 負レンズの焦点距離

f 1 g r : 前記正レンズの焦点距離

【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 レンズ群との実質的に 4 個のレンズ群からなり、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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 1 レンズ群は、物体側から順に、第 1 負レンズ、第 2 負レンズ及び正レンズから
なり、

前記第 2 レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を
含むように移動する防振レンズ群であり、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$\begin{aligned} 0.35 < D3w / (-f3) < 0.45 \\ 2.10 < f1gr / (-f1gf) < 2.44 \\ 0.65 < f2 / f4 < 0.70 \end{aligned}$$

但し、

D 3 w : 広角端状態における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との空気間隔

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f 1 g f : 前記第 1 負レンズの焦点距離

f 1 g r : 前記正レンズの焦点距離

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 4】

10

20

30

40

50

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 3 に記載の変倍光学系。

$$0.81 < f_2 / (-f_3) < 1.00$$

但し、

f₂ : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

f₃ : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群と前記第 3 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 2 または 3 に記載の変倍光学系。

【請求項 6】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の変倍光学系。

10

$$0.60 < f_2 / f_4 < 0.70$$

但し、

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

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群のうち、最も物体側のレンズは非球面を有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズであることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

20

【請求項 9】

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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 ~ 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群及び前記第 4 レンズ群は、全てのレンズが球面レンズで構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 11】

物体の像を所定の像面上に結像させる請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学装置に関する。

【背景技術】

【0002】

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

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 11 - 174329 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、変倍時における収差変動が大きく、また、手ぶれ補正時の収差変動にも対応できていないという課題があった。

【0005】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、変倍時における収差変動が小さ

50

く、手ぶれ補正時の収差変動に対応可能な光学性能を備えた変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学装置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】

前記課題を解決するために、本発明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レンズ群との実質的に4個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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1レンズ群は、物体側から順に、第1負レンズ、第2負レンズ及び正レンズからなり、第2レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、第2レンズ群と第3レンズ群との間に開口絞りを有し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$\frac{0.38}{2.14} < \frac{D3w}{f1gr / (-f1gf)} < \frac{0.45}{2.35}$$

但し、

D3w：広角端状態における第3レンズ群と第4レンズ群との空気間隔

f3：第3レンズ群の焦点距離

f1gf：第1負レンズの焦点距離

f1gr：正レンズの焦点距離

【0007】

また、本発明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レンズ群との実質的に4個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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1レンズ群は、最も物体側に第1負レンズを有し、最も像側に正レンズを有し、第2レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$\frac{0.38}{2.10} < \frac{D3w}{f2 / (-f3)} < \frac{0.45}{3.00}$$

$$\frac{0.82}{0.84}$$

但し、

D3w：広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔

f3：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

f1gf：第1負レンズの焦点距離

f1gr：正レンズの焦点距離

【0008】

また、本発明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レンズ群との実質的に4個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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1レンズ群は、物体側から順に、第1負レンズ、第2負レンズ及び正レンズからなり、第2レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$\frac{0.35}{2.10} < \frac{D3w}{f2 / f4} < \frac{0.45}{2.44}$$

$$\frac{0.65}{0.70}$$

10

20

30

40

50

但し、

$D3w$: 広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との空気間隔

$f3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

$f1gf$: 前記第1負レンズの焦点距離

$f1gr$: 前記正レンズの焦点距離

$f2$: 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

【発明の効果】

【0019】

本発明を以上のように構成すると、変倍時における収差変動が小さく、手ぶれ補正時の収差変動に対応可能な光学性能を備えた変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】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】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

【図3】第1実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無遠合焦状態の諸収差図である。

20

【図4】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

【図5】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6】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

【図7】第2実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無遠合焦状態の諸収差図である。

【図8】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

30

【図9】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10】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

【図11】第3実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無遠合焦状態の諸収差図である。

【図12】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

40

【図13】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。

【図14】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

【図15】第4実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無遠合焦状態の諸収差図である。

【図16】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であって、(a)は無遠合焦状態の収差図であり、(b)は無遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

50

【図 17】上記変倍光学系を搭載するカメラの断面図を示す。

【図 18】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】

【0021】

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、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、を有して構成される。また、この変倍光学系 ZL は、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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 との間隔が変化する。また、この変倍光学系 ZL において、第 2 レンズ群 G2 のうちの少なくとも一枚の単レンズ（例えば、図 1 における正メニスカスレンズ L21）は、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群 VL である。本実施形態に係る変倍光学系 ZL をこのように構成すると、変倍時の望遠端におけるコマ収差と広角端における像面湾曲収差とを効果的に補正しつつ、光軸と略直交する方向の所定の像面移動量を確保することができる。

10

【0022】

それでは、このような変倍光学系 ZL を構成するための条件について説明する。まず、この変倍光学系 ZL は、以下に示す条件式 (1) を満足することが望ましい。

【0023】

$$0.35 < D3w / (-f3) < 0.45 \quad (1)$$

20

但し、

D3w : 広角端状態における第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との空気間隔

f3 : 第 3 レンズ群 G3 の焦点距離

【0024】

条件式 (1) は第 3 レンズ群 G3 の焦点距離に対する第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との空気間隔を規定するための条件式である。この条件式 (1) の上限値を上回ると、広角端状態における第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との空気間隔 D3w が広くなり、また第 3 レンズ群 G3 の焦点距離 f3 が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式 (1) の上限値を 0.42 にすることが好ましい。反対に、条件式 (1) の下限値を下回ると、広角端状態における第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との空気間隔 D3w が狭くなり、また第 3 レンズ群 G3 の焦点距離 f3 が長くなり、広角端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式 (1) の下限値を 0.38 にすることが好ましい。

30

【0025】

また、この変倍光学系 ZL において、第 1 レンズ群 G1 は、最も物体側に第 1 負レンズ（例えば、図 1 における非球面負レンズ L11）を有し、最も像側に正レンズ（例えば、図 1 における正メニスカスレンズ L13）を有し、以下に示す条件式 (2) を満足することが望ましい。

40

【0026】

$$2.10 < f1gr / (-f1gf) < 3.00 \quad (2)$$

但し、

f1gf : 第 1 負レンズの焦点距離

f1gr : 正レンズの焦点距離

【0027】

条件式 (2) は第 1 レンズ群 G1 の焦点距離に対して、最も物体側に配置された第 1 負レンズの焦点距離 f1gf と最も像側に配置された正レンズの焦点距離 f1gr とを適切に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 1 負レンズの焦点距離 f1gf が短くなり、また正レンズの焦点距離 f1gr が長くなり、広角端状態における

50

コマ収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を2.44にすることが好ましい。反対に、条件式(2)の下限値を下回ると、第1負レンズの焦点距離 f_{1gf} が長くなり、また正レンズの焦点距離 f_{1gr} が短くなり、望遠端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を2.14にすることが好ましい。

【0028】

ここで、第1負レンズと正レンズとの間に少なくとも一枚の負レンズ(例えば、図1における両凹レンズL12)を設けることにより、先玉レンズ径が大きくなることなく、広角端近傍の像面湾曲を良好に補正することができる。さらには、この第1レンズ群G1を、第1負レンズ、第2負レンズ及び正レンズからなる3枚のレンズで構成することにより、この効果をより発揮させることができる。

10

【0029】

また、この変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(3)を満足することが望ましい。

【0030】

$$0.81 < f_2 / (-f_3) < 1.00 \quad (3)$$

但し、

f_2 : 第2レンズ群G2の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群G3の焦点距離

【0031】

条件式(3)は第2レンズ群G2の焦点距離に対する、適切な第3レンズ群G3の焦点距離を規定するものである。この条件式(3)の上限値を上回ると、第3レンズ群G3の焦点距離が短くなり、また第2レンズ群G2の焦点距離が長くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を0.84とすることが好ましい。反対に、条件式(3)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3の焦点距離が長くなり、また第2レンズ群G2の焦点距離が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を0.82とすることが好ましい。

20

【0032】

また、この変倍光学系ZLは、第3レンズ群G3の近傍に開口絞りSを有することが望ましい。このような構成によると、広角端から望遠端の開放絞り径を一定にして、メカ構成を簡素化することで、組み付け誤差による光学性能の劣化を防ぐことができる。

30

【0033】

また、この変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(4)を満足することが望ましい。

【0034】

$$0.60 < f_2 / f_4 < 0.70 \quad (4)$$

但し、

f_2 : 第2レンズ群G2の焦点距離

f_4 : 第4レンズ群G4の焦点距離

40

【0035】

条件式(4)は第2レンズ群G2の焦点距離に対する、適切な第4レンズ群G4の焦点距離を規定するものである。この条件式(4)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の焦点距離が短くなり、また第2レンズ群G2の焦点距離が長くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を0.68とすることが好ましい。反対に、条件式(4)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の焦点距離が長くなり、また第2レンズ群G2の焦点距離が短くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を0.65とすることが好ましい。

50

【0036】

また、この変倍光学系Z Lにおいて、第1レンズ群G 1のうち、最も物体側のレンズは非球面（例えば、図1における非球面負レンズL 1 1の像側の面（第3面））を有することが望ましい。これにより、広角端状態における像面湾曲収差と望遠端状態における球面収差を効果的に補正することができる。

【0037】

また、この変倍光学系Z Lにおいて、第3レンズ群G 3は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズで構成されていることが望ましい。これにより、広角端状態における色コマ収差を効果的に補正することができる。

【0038】

また、この変倍光学系Z Lは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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構成されていることが望ましい。これにより、球面収差と像面湾曲の変動を効果的に補正しつつ、所定の変倍比を確保することができる。

【0039】

また、この変倍光学系Z Lにおいて、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3及び第4レンズ群G 4は、全てのレンズが球面レンズで構成されていることが望ましい。これにより、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防ぐことができる。

【0040】

次に、本実施形態に係る変倍光学系Z Lを備えた光学装置であるカメラを図17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Z L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O L P F（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E V F（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、E V F 4を介して被写体を観察することができる。

【0041】

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Z L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。

【0042】

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。

【0043】

本実施形態では、4群構成の変倍光学系Z Lを示したが、以上の構成条件等は、5群、6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部分を示す。

【0044】

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1レンズ群G 1の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

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2レンズ群G2の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【 0 0 4 6 】

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。

10

【 0 0 4 7 】

開口絞りSは、第3レンズ群G3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。

【 0 0 4 8 】

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。

20

【 0 0 4 9 】

また、本実施形態の変倍光学系ZLは、変倍比が2.0～5.0程度である。

【 0 0 5 0 】

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18を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群G1～G4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まで変倍する際に、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との間隔が変化するように配置する（ステップS200）。また、第2レンズ群G2のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群VLとして配置する（ステップS300）。さらにまた、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4を、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

【 0 0 5 1 】

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形状の非球面負レンズL11、両凹レンズL12、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、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23を配置して第2レンズ群G2とし、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と両凹レンズL32との接合レンズを配置して第3レンズ群G3とし、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、及び、両凸レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズを配置して第4レンズ群G4とする。このようにして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。

40

【実施例】

【 0 0 5 2 】

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、図5、図9及び図13は、各実施例に係る変倍光学系ZL（ZL1～ZL4）の構成及び屈折力配分並びに無限遠合焦状態から近距離合焦状態への合焦状態の変化における各レンズ群の移動の様子を示す断面図である。また、これらの変倍光学系ZL1～ZL4の断面図の下部には、広角

50

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~G4の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。また、図1、図5、図9及び図13に示すように、第1~第4実施例に係る変倍光学系ZL1~ZL4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とから構成されている。そして、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との空気間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が減少するように、各レンズ群の間隔が変化する。

【0053】

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。

【0054】

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

【0055】

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。また、以降の実施例において、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

【0056】

〔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形状の非球面負レンズL11、両凹レンズL12、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。ここで、非球面負レンズL11は、像側のガラスレンズ面(第2面)に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面(第3面)が非球面形状に形成されている。第2レンズ群G2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L21、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23から構成されている。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と両凹レンズL32との接合レンズから構成されている。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、及び、両凸レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズから構成されている。

【0057】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間(第3レンズ群G3の物体側の近傍)に配置され、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とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第1レンズ群G1を物体方向に繰り出す(移動させる)ことにより行う。

【0058】

また、像ぶれ補正(防振)は、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL21を防振レンズ群VLとし、この防振レンズ群VL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行う。

【0059】

なお、全系の焦点距離がfで、防振係数(像ぶれ補正での防振レンズ群VLの移動量に対する結像面での像移動量の比)がKのレンズで角度の回転ぶれを補正するには、ぶれ補正用の防振レンズ群VLを $(f \cdot \tan)$ / Kだけ光軸と直交方向に移動させればよい(以降の実施例においても同様である)。この第1実施例の広角端状態においては、防振係数は0.77であり、焦点距離は18.11(mm)であるので、0.45°の回転

10

20

30

40

50

ぶれを補正するための防振レンズ群VLの移動量は0.18(mm)である。また、この第1実施例の望遠端状態においては、防振係数は1.29であり、焦点距離は50.92(mm)であるので、0.27°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群VLの移動量は0.18(mm)である。

【0060】

以下の表1に、第1実施例の諸元の値を掲げる。この表1において、fは焦点距離、FNOはFナンバー、2は画角、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。さらに、レンズデータの第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)に対するアッベ数及び屈折率を示している。また、曲率半径0.0000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1~22は、図1に示す番号1~22に対応している。また、レンズ群焦点距離は第1~第4レンズ群G1~G4の各々の始面と焦点距離を示している。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。

10

【0061】

(表1)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.11	~ 43.19	~ 50.92
FNO	= 3.62	~ 5.12	~ 5.72
2	= 79.5	~ 36.33	~ 31.1
TL	= 127.96	~ 121.45	~ 125.27

20

[レンズデータ]

m	r	d	d	nd
1	69.440	2.00	61.22	1.58913
2	15.900	0.17	38.09	1.55389
3*	13.749	10.00		
4	-284.727	1.50	50.84	1.65844
5	39.340	2.70		
6	31.807	2.80	23.78	1.84666
7	65.687	d7		
8	-169.197	2.00	58.54	1.61272
9	-33.549	1.00		
10	18.465	0.90	25.26	1.90200
11	13.324	0.40		
12	13.850	3.80	67.90	1.59319
13	205.700	d13		
14	0.000	1.50		
15	-66.540	2.60	25.45	1.80518
16	-13.193	0.80	37.18	1.83400
17	52.452	d15		
18	-110.104	2.80	70.31	1.48749
19	-17.370	0.10		
20	81.550	4.20	63.88	1.51680

30

開口絞り S

40

50

21	-15.015	1.30	37.18	1.83400
22	-54.306	Bf		

[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	-25.74
第2レンズ群	8	27.22
第3レンズ群	15	-32.68
第4レンズ群	18	40.31

【 0 0 6 2 】

この第1実施例において、第3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、すなわち頂点曲率半径R、円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 0 6 3 】

(表2)

	A4	A6	A8	A10	
第3面	-1.0	2.55993E-05	4.63315E-08	-2.47460E-11	6.32636E-13

【 0 0 6 4 】

この第1実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d7、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とともに移動する開口絞りS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d17、及び、バックフォーカスBfは、変倍に際して変化する。次の表3に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端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Bf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20面)から像面Iまでの光軸上の距離を表している。この説明は以降の実施例においても同様である。

【 0 0 6 5 】

(表3)

[可変間隔データ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	18.11	43.19	50.92
d7	32.88	5.45	2.93
d13	2.87	10.64	12.40
d17	13.06	5.29	3.53
Bf	38.58	59.50	65.84

【 0 0 6 6 】

次の表4に、この第1実施例における各条件式対応値を示す。なおこの表4において、f2は第2レンズ群G2の焦点距離を、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、f1gfは第1レンズ群G1の第1負レンズの焦点距離を、f1grは第1レンズ群G1の正レンズの焦点距離を、D3wは広角端状態における第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔を、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。

【 0 0 6 7 】

(表4)

- (1) $D3w / (-f3) = 0.40$
- (2) $f1gr / (-f1gf) = 2.35$
- (3) $f2 / (-f3) = 0.83$
- (4) $f2 / f4 = 0.68$

【 0 0 6 8 】

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)~(4)を

10

20

30

40

50

全て満足している。

【 0 0 6 9 】

この第1実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図2(a)に示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図3に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図4(a)に示す。また、第1実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.18)を行ったときのコマ収差図を図2(b)に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.18)を行った時のコマ収差図を図4(b)に示す。各収差図において、FNOはFナンバーを、Yは半画角に対する像高を、dはd線(=587.6nm)を、gはg線(=435.6nm)を、それぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。この収差図の説明は以降の実施例においても同様である。各収差図から明らかなように、第1実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

10

【 0 0 7 0 】

[第2実施例]

図5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5に示す変倍光学系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形状の非球面負レンズL11、両凹レンズL12、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。ここで、非球面負レンズL11は、像側のガラスレンズ面(第2面)に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面(第3面)が非球面形状に形成されている。第2レンズ群G2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L21、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22と両凸レンズL23との接合レンズから構成されている。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と両凹レンズL32との接合レンズから構成されている。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、及び、両凸レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズから構成されている。

20

【 0 0 7 1 】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間(第3レンズ群G3の物体側の近傍)に配置され、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とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第1レンズ群G1を物体方向に繰り出す(移動させる)ことにより行う。

30

【 0 0 7 2 】

また、像ぶれ補正(防振)は、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL21を防振レンズ群VLとし、この防振レンズ群VL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行う。この第2実施例の広角端状態においては、防振係数は0.65であり、焦点距離は10.30(mm)であるので、0.61°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群VLの移動量は0.17(mm)である。また、この第2実施例の望遠端状態においては、防振係数は1.10であり、焦点距離は29.60(mm)であるので、0.36°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群VLの移動量は0.17(mm)である。

40

【 0 0 7 3 】

以下の表5に、この第2実施例の諸元の値を掲げる。なお、表5に示す面番号1~21は、図5に示す番号1~21に対応している。

【 0 0 7 4 】

(表5)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 10.30	~ 19.40	~ 29.60

50

F N O = 3.64 ~ 4.53 ~ 5.67
 2 = 80.2 ~ 45.84 ~ 30.7
 T L = 68.73 ~ 64.04 ~ 67.33

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d	
1	31.564	1.11	61.22	1.58913	
2	8.825	0.09	38.09	1.55389	
3*	7.604	5.72			
4	-70.851	0.83	63.88	1.51680	10
5	17.760	1.33			
6	16.239	1.67	25.64	1.78472	
7	34.618	d7			
8	-230.613	1.08	61.22	1.58913	
9	-22.997	0.56			
10	10.388	0.50	23.78	1.84666	
11	6.916	2.16	60.71	1.56384	
12	-116.864	d12			
13	0.000	0.83			開口絞り S
14	-40.668	1.44	25.45	1.80518	20
15	-6.308	0.44	37.18	1.83400	
16	25.885	d16			
17	-102.429	1.55	70.31	1.48749	
18	-10.217	0.06			
19	33.821	2.33	70.31	1.48749	
20	-9.235	0.72	37.18	1.83400	
21	-33.599	Bf			

[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	-14.60	30
第2レンズ群	8	14.57	
第3レンズ群	14	-17.43	
第4レンズ群	17	21.82	

【 0 0 7 5 】

この第2実施例において、第3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、すなわち頂点曲率半径R、円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 0 7 6 】

(表6)

	A4	A6	A8	A10	
第3面	-1.0	1.69521E-04	8.82411E-07	-4.21030E-11	1.60414E-10

【 0 0 7 7 】

この第2実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d7、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とともに移動する開口絞りS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d16、及び、バックフォーカスBfは、変倍に際して変化する。次の表7に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端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Bfの値を示す。

【 0 0 7 8 】

(表7)

[可変間隔データ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	10.30	19.40	29.60
d7	17.11	4.64	0.59
d12	1.83	4.40	7.11
d16	7.36	4.79	2.08
Bf	20.00	27.79	35.11

【0079】

次の表8に、この第2実施例における各条件式対応値を示す。

10

【0080】

(表8)

(1)	$D3w / (-f3)$	= 0.42
(2)	$f1gr / (-f1gf)$	= 2.14
(3)	$f2 / (-f3)$	= 0.84
(4)	$f2 / f4$	= 0.67

【0081】

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)~(4)を全て満足している。

【0082】

20

この第2実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図6(a)に示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図7に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図8(a)に示す。また、第2実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.17)を行ったときのコマ収差図を図6(b)に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.17)を行った時のコマ収差図を図8(b)に示す。各収差図から明らかなように、第2実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

【0083】

30

[第3実施例]

図9は、第3実施例に係る変倍光学系ZL3の構成を示す図である。この図9に示す変倍光学系ZL3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形状の非球面負レンズL11、両凹レンズL12、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。ここで、非球面負レンズL11は、像側のガラスレンズ面(第2面)に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面(第3面)が非球面形状に形成されている。第2レンズ群G2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L21、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合レンズから構成されている。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と両凹レンズL32との接合レンズから構成されている。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、及び、両凸レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズから構成されている。

40

【0084】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間(第3レンズ群G3の物体側の近傍)に配置され、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とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第1レンズ群G1を物体方向に繰り出す(移動させる)ことにより行う。

【0085】

また、像ぶれ補正(防振)は、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL21を防振レ

50

ンズ群V Lとし、この防振レンズ群V L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行う。この第3実施例の広角端状態においては、防振係数は0.84であり、焦点距離は18.50 (mm)であるので、0.44°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群V Lの移動量は0.17 (mm)である。また、この第3実施例の望遠端状態においては、防振係数は1.45であり、焦点距離は53.40 (mm)であるので、0.26°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群V Lの移動量は0.17 (mm)である。

【0086】

以下の表9に、この第3実施例の諸元の値を掲げる。なお、表9に示す面番号1~21は、図9に示す番号1~21に対応している。

10

【0087】

(表9)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.50	~ 35.00	~ 53.40
FNO	= 3.64	~ 4.58	~ 5.87
2	= 78.2	~ 44.4	~ 29.7
TL	= 127.58	~ 119.94	~ 122.39

[レンズデータ]

20

m	r	d	d	n d
1	69.440	2.00	61.22	1.58913
2	15.900	0.17	38.09	1.55389
3*	13.749	10.00		
4	-284.727	1.50	50.84	1.65844
5	39.340	2.70		
6	31.807	2.80	23.78	1.84666
7	65.687	d7		
8	-823.405	2.00	58.54	1.61272
9	-36.990	1.00		
10	18.878	0.90	25.26	1.90200
11	12.630	3.80	58.54	1.61272
12	136.708	d12		
13	0.000	1.50		開口絞り S
14	-64.796	2.60	25.45	1.80518
15	-12.403	0.80	37.18	1.83400
16	52.452	d16		
17	-136.622	2.80	70.31	1.48749
18	-17.927	0.10		
19	90.259	4.20	63.88	1.51680
20	-15.399	1.30	37.18	1.83400
21	-54.3063	Bf		

30

40

[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	-25.74
第2レンズ群	8	26.90
第3レンズ群	14	-32.18
第4レンズ群	17	40.64

【0088】

50

この第3実施例において、第3面は非球面形状に形成されている。次の表10に、非球面のデータ、すなわち頂点曲率半径R、円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【0089】

(表10)

	A4	A6	A8	A10	
第3面	-1.0	2.55993E-05	4.63315E-08	-2.47460E-11	6.32636E-13

【0090】

この第3実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d7、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とともに移動する開口絞りS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d16、及び、バックフォーカスBfは、変倍に際して変化する。次の表11に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端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Bfの値を示す。

10

【0091】

(表11)

[可変間隔データ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	18.50	35.00	53.40
d7	32.88	10.21	2.93
d12	2.87	7.53	12.40
d16	13.06	8.39	3.53
Bf	38.60	53.63	67.80

20

【0092】

次の表12に、この第3実施例における各条件式対応値を示す。

【0093】

(表12)

- (1) $D3w / (-f3) = 0.41$
- (2) $f1gr / (-f1gf) = 2.35$
- (3) $f2 / (-f3) = 0.84$
- (4) $f2 / f4 = 0.66$

30

【0094】

このように、この第3実施例に係る変倍光学系ZL3は、上記条件式(1)~(4)を全て満足している。

【0095】

この第3実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図10(a)に示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図11に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図12(a)に示す。また、第3実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.17)を行ったときのコマ収差図を図10(b)に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.17)を行った時のコマ収差図を図12(b)に示す。各収差図から明らかのように、第3実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

40

【0096】

[第4実施例]

図13は、第4実施例に係る変倍光学系ZL4の構成を示す図である。この図13に示す変倍光学系ZL4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形状の非球面負レンズL11、両凹レンズL12、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。ここで、非球面負レンズ

50

L 1 1 は、像側のガラスレンズ面（第 2 面）に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面（第 3 面）が非球面形状に形成されている。第 2 レンズ群 G 2 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 2 1、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 との接合レンズから構成されている。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 と両凹レンズ L 3 2 との接合レンズから構成されている。第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、両凸レンズ L 4 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 2、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 3、及び、両凸レンズ L 4 4 から構成されている。

【 0 0 9 7 】

10

また、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間（第 3 レンズ群 G 3 の物体側の近傍）に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して第 3 レンズ群 G 3 とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第 1 レンズ群 G 1 を物体方向に繰り出す（移動させる）ことにより行う。

【 0 0 9 8 】

また、像ぶれ補正（防振）は、第 2 レンズ群 G 2 の正メニスカスレンズ L 2 1 を防振レンズ群 V L とし、この防振レンズ群 V L 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行う。この第 4 実施例の広角端状態においては、防振係数は 0 . 8 1 であり、焦点距離は 1 8 . 7 4 (m m) であるので、0 . 4 5 ° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群 V L の移動量は 0 . 1 8 (m m) である。また、この第 4 実施例の望遠端状態においては、防振係数は 1 . 3 8 であり、焦点距離は 5 3 . 1 5 (m m) であるので、0 . 2 7 ° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群 V L の移動量は 0 . 1 8 (m m) である。

20

【 0 0 9 9 】

以下の表 1 3 に、この第 4 実施例の諸元の値を掲げる。なお、表 1 3 に示す面番号 1 ~ 2 4 は、図 1 3 に示す番号 1 ~ 2 4 に対応している。

【 0 1 0 0 】

(表 1 3)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 18.74	~ 44.99	~ 53.15
F N O	= 3.47	~ 5.15	~ 6.12
2	= 78.0	~ 34.9	~ 29.7
T L	= 127.97	~ 122.70	~ 123.10

30

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d
1	60.955	2.00	61.22	1.58913
2	14.479	0.17	38.09	1.55389
3*	14.004	10.00		
4	-189.528	1.50	50.84	1.65844
5	41.116	2.70		
6	32.479	2.80	23.78	1.84666
7	65.687	d7		
8	-471.246	2.00	58.54	1.61272
9	-36.768	1.00		
10	18.710	0.90	25.26	1.90200
11	12.572	3.80	58.54	1.61272
12	136.708	d12		
13	0.000	1.50		

40

開口絞り S

50

14	-68.773	2.60	25.45	1.80518
15	-12.883	0.80	37.18	1.83400
16	52.452	d16		
17	130.964	2.00	70.31	1.48749
18	-28.695	0.10		
19	97.235	1.30	37.18	1.83400
20	18.752	0.30		
21	19.4416	3.00	63.88	1.51680
22	737.7872	0.30		
23	50.7898	1.80	63.88	1.51680
24	-142.991	Bf		

10

[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	-26.03
第2レンズ群	8	26.97
第3レンズ群	14	-33.06
第4レンズ群	17	41.33

【 0 1 0 1 】

この第4実施例において、第3面は非球面形状に形成されている。次の表14に、非球面のデータ、すなわち頂点曲率半径R、円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

20

【 0 1 0 2 】

(表14)

	A4	A6	A8	A10	
第3面	-1.0	2.55993E-05	4.63315E-08	-2.47460E-11	6.32636E-13

【 0 1 0 3 】

この第4実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d7、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とともに移動する開口絞りS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d16、及び、バックフォーカスBfは、変倍に際して変化する。次の表15に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端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Bfの値を示す。

30

【 0 1 0 4 】

(表15)

[可変間隔データ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	18.74	44.99	53.15
d7	32.88	5.45	2.93
d12	2.87	10.64	12.40
d16	13.06	5.29	3.53
Bf	38.59	60.76	67.54

40

【 0 1 0 5 】

次の表16に、この第4実施例における各条件式対応値を示す。

【 0 1 0 6 】

(表16)

- (1) $D3w / (-f3) = 0.40$
- (2) $f1gr / (-f1gf) = 2.32$
- (3) $f2 / (-f3) = 0.82$
- (4) $f2 / f4 = 0.65$

50

【0107】

このように、この第4実施例に係る変倍光学系ZL4は、上記条件式(1)~(4)を全て満足している。

【0108】

この第4実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図14(a)に示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図15に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図16(a)に示す。また、第4実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.18)を行ったときのコマ収差図を図14(b)に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正(防振レンズ群VLのシフト量=0.18)を行った時のコマ収差図を図16(b)に示す。各収差図から明らかかなように、第4実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

10

【符号の説明】

【0109】

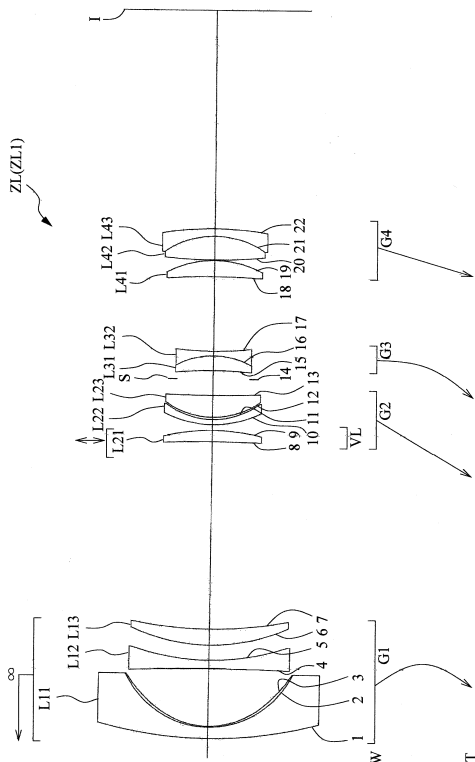
ZL(ZL1~ZL4) 変倍光学系

G1 第1レンズ群 G2 第2レンズ群 G3 第3レンズ群

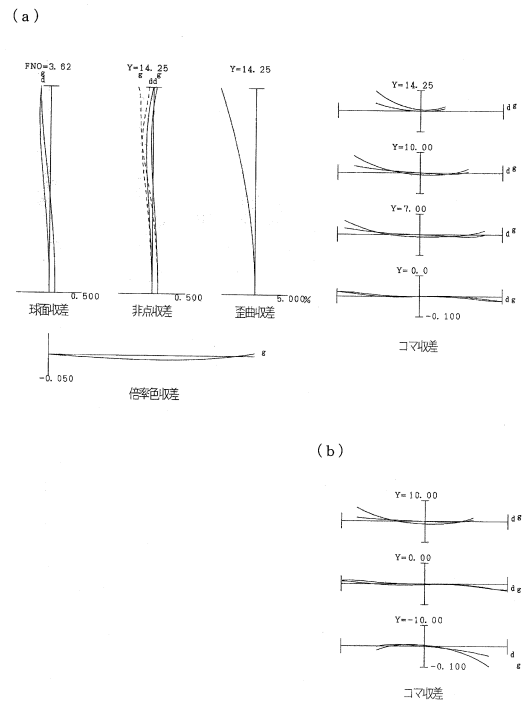
G4 第4レンズ群 S 開口絞り

1 カメラ(光学装置)

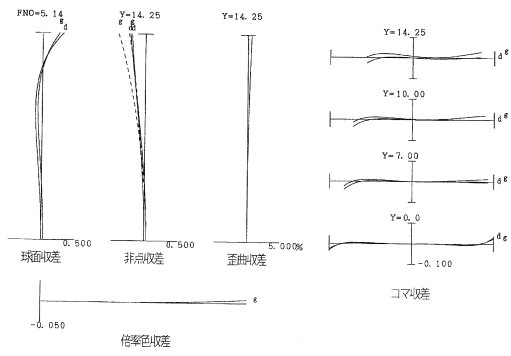
【図1】



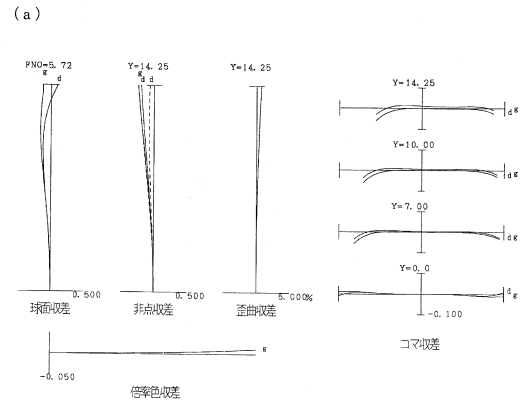
【図2】



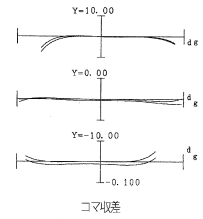
【 図 3 】



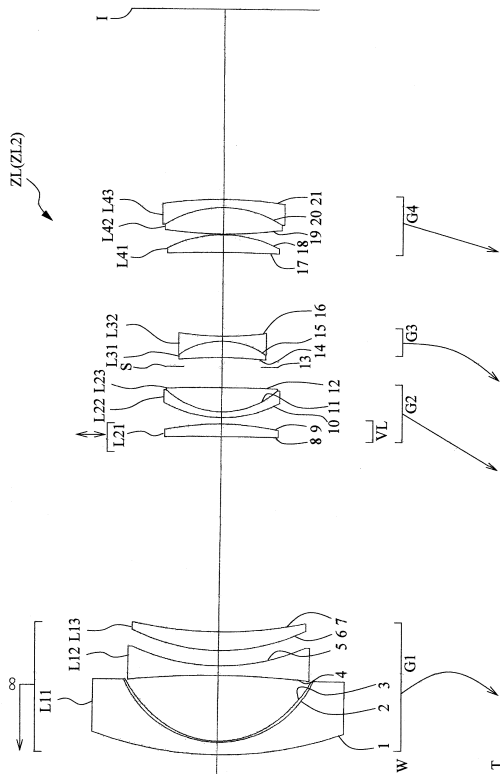
【 図 4 】



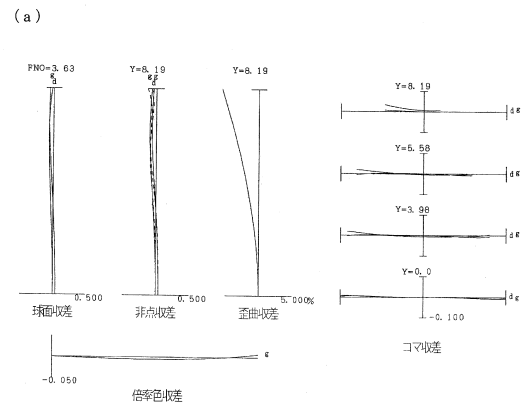
(b)



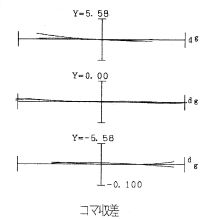
【 図 5 】



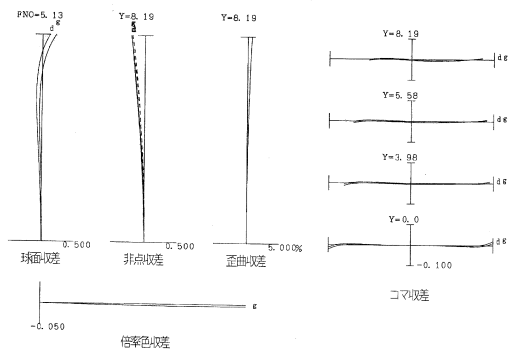
【 図 6 】



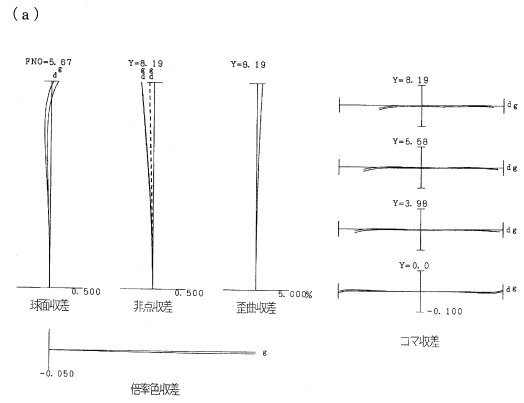
(b)



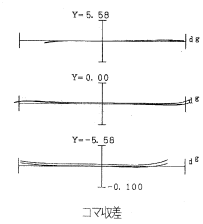
【図7】



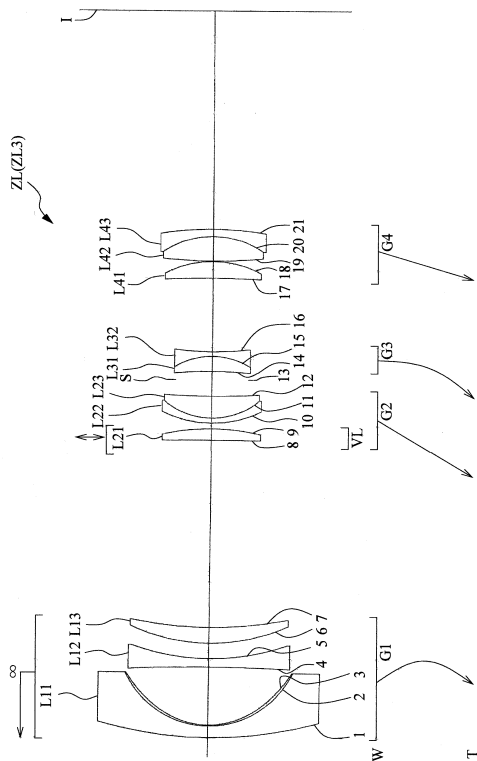
【図8】



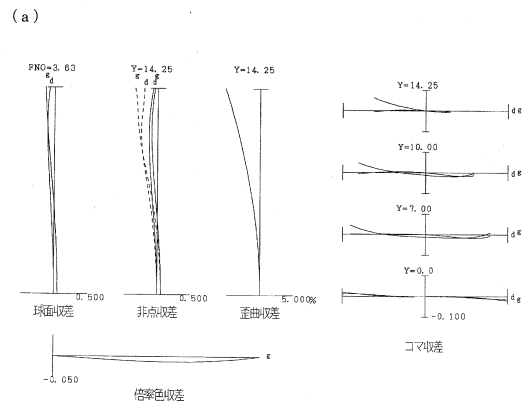
(b)



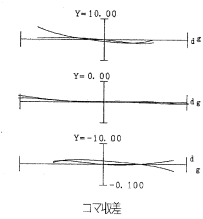
【図9】



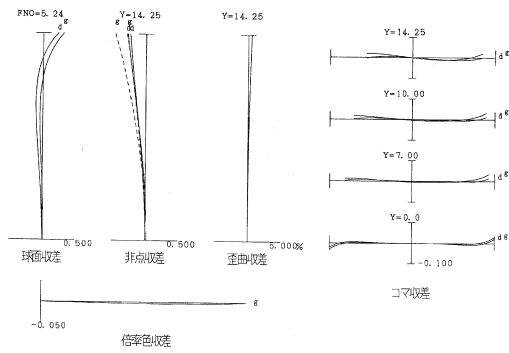
【図10】



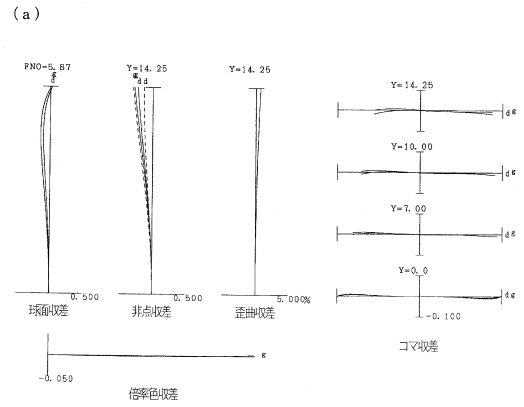
(b)



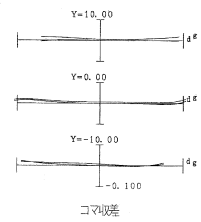
【図 1 1】



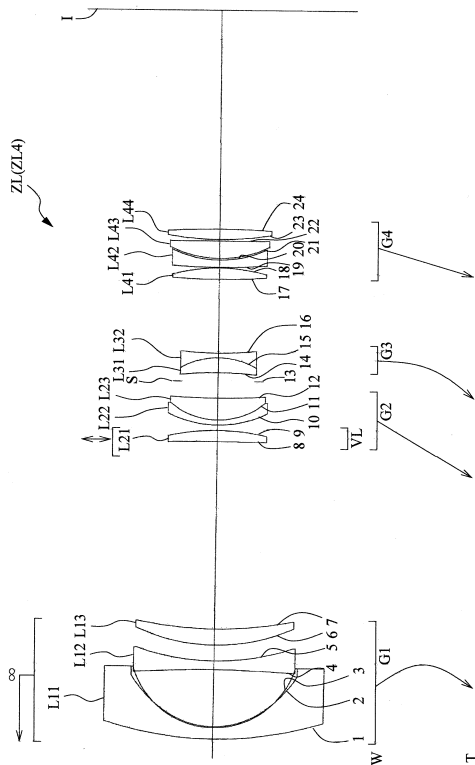
【図 1 2】



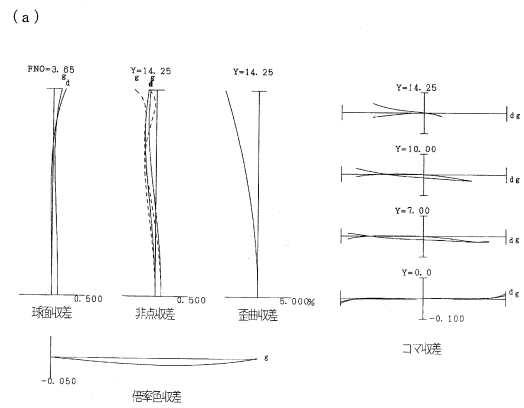
(b)



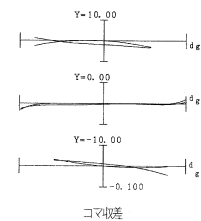
【図 1 3】



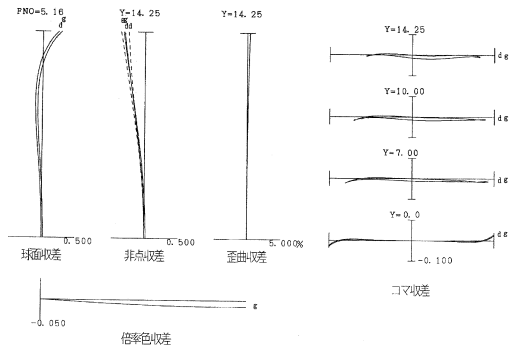
【図 1 4】



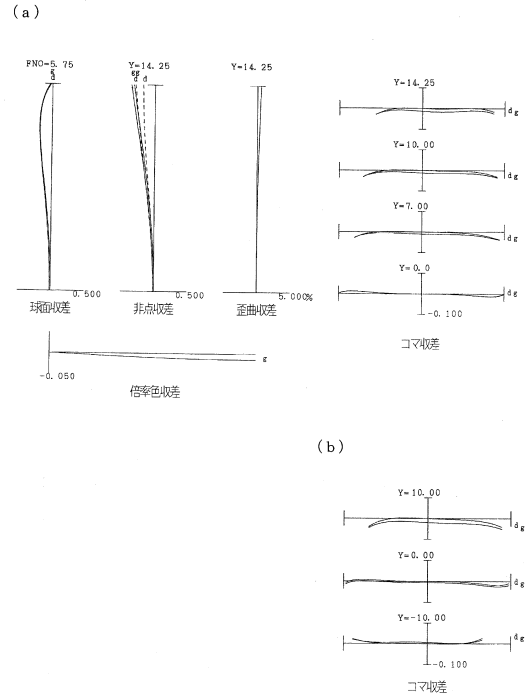
(b)



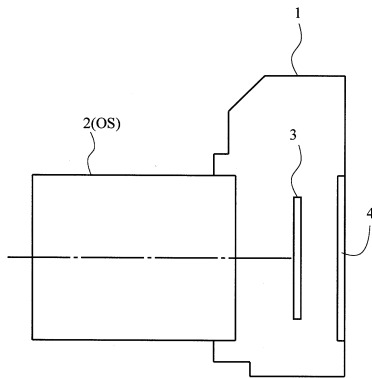
【図15】



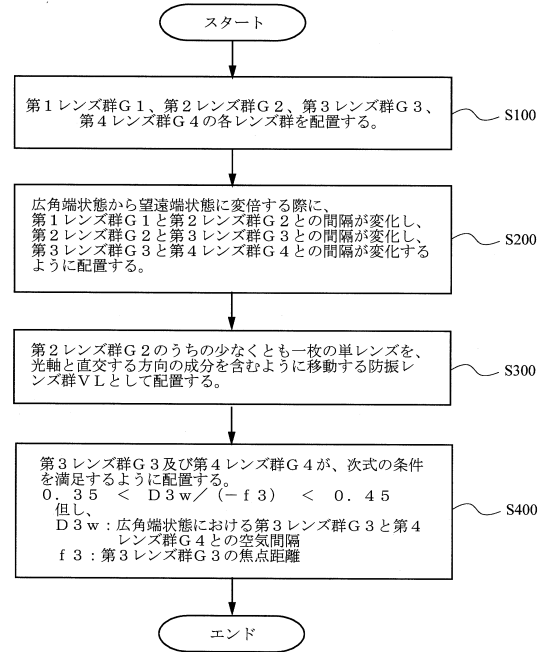
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-031358(JP,A)
特開2008-176271(JP,A)
特開2008-026880(JP,A)
特開2005-049843(JP,A)
特開2009-014767(JP,A)
特開2006-113572(JP,A)
特開平01-193709(JP,A)
特開平11-109230(JP,A)
特開2004-205796(JP,A)
特開2002-311330(JP,A)
特開2000-305017(JP,A)
特開平05-134184(JP,A)
特開2005-283648(JP,A)
特開2007-264600(JP,A)
特開2011-059496(JP,A)
特開2011-059497(JP,A)
特開2005-055496(JP,A)
特開2006-284790(JP,A)
特開2013-242501(JP,A)
特開2012-133230(JP,A)
特開2012-133228(JP,A)
特開2012-133229(JP,A)
特開2012-141600(JP,A)
特開2009-048012(JP,A)
特開2010-152147(JP,A)
特開2009-169051(JP,A)
特開2007-256695(JP,A)
特開2008-046612(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