

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5540512号
(P5540512)

(45) 発行日 平成26年7月2日(2014.7.2)

(24) 登録日 平成26年5月16日(2014.5.16)

(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
G O 3 B 5/00 (2006.01) G O 3 B 5/00 J

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2009-19331 (P2009-19331)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成21年1月30日 (2009.1.30)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(65) 公開番号	特開2010-175899 (P2010-175899A)	(74) 代理人	100140800 弁理士 保坂 丈世
(43) 公開日	平成22年8月12日 (2010.8.12)	(72) 発明者	山本 浩史 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
審査請求日	平成24年1月19日 (2012.1.19)	(72) 発明者	三輪 哲史 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(72) 発明者	佐藤 治夫 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器

(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、
 広角端状態から望遠端状態までの変倍領域で正の屈折力を有する後群と、からなり、
 広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、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レンズ群と前記後群との間隔が変化し、
 前記後群は、
 物体側から順に、
 正の屈折力を有する第3レンズ群と、
 負の屈折力を有する第4レンズ群と、
 正の屈折力を有する第5レンズ群とにより、光学系全体で実質的に5個のレンズ群から
 なり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、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2レンズ群は、少なくとも1つ以上の正レンズと、前記正レンズのうち最も屈折
 力の大きい正レンズの物体側に隣接して配置される負レンズと、を有し、
 前記第2レンズ群内の前記負レンズの物体側の面の曲率半径を r_1 とし、当該負レンズ
 の像側の面の曲率半径を r_2 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w とし、前記
 第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第4

レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$\begin{aligned} 1.183 & \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50 \\ 0.50 < & \quad (-f_2) / f_w < 0.90 \\ 2.552 & \quad f_1 / |f_4| < 6.00 \end{aligned}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【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、

広角端状態から望遠端状態までの変倍領域で正の屈折力を有する後群と、からなり、

広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、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レンズ群と前記後群との間隔が変化し、

前記後群は、

物体側から順に、

正の屈折力を有する第3レンズ群と、

負の屈折力を有する第4レンズ群と、

正の屈折力を有する第5レンズ群とにより、光学系全体で実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、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2レンズ群は、少なくとも1つ以上の正レンズと、前記正レンズのうち最も屈折力の大きい正レンズの物体側に隣接して配置される負レンズと、を有し、

前記第2レンズ群内の前記負レンズの物体側の面の曲率半径を r_1 とし、当該負レンズの像側の面の曲率半径を r_2 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$\begin{aligned} 1.282 & \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50 \\ 0.50 < & \quad (-f_2) / f_w < 0.90 \\ 2.00 < & \quad f_1 / |f_4| < 6.00 \end{aligned}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【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、

広角端状態から望遠端状態までの変倍領域で正の屈折力を有する後群と、からなり、

広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、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レンズ群と前記後群との間隔が変化し、

前記後群は、

物体側から順に、

正の屈折力を有する第3レンズ群と、

負の屈折力を有する第4レンズ群と、

正の屈折力を有する第5レンズ群とにより、光学系全体で実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、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2レンズ群は、少なくとも1つ以上の正レンズと、前記正レンズのうち最も屈折力の大きい正レンズの物体側に隣接して配置される負レンズと、を有し、

前記第2レンズ群内の前記負レンズの物体側の面の曲率半径を r_1 とし、当該負レンズの像側の面の曲率半径を r_2 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$0.90 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50$$

$$0.50 < (-f_2) / f_w < 0.90$$

$$3.55 < f_1 / |f_4| < 6.00$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項 4】

無限遠から近距離物点への合焦に際して、前記第 2 レンズ群の少なくとも一部が光軸上を移動する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面は、非球面形状である請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 6】

前記後群の一部は、光軸と略垂直方向の成分を持つように移動する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 7】

前記第 4 レンズ群の少なくとも一部は、光軸と略垂直方向の成分を持つように移動する請求項 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 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面は、非球面形状である請求項 1 ~ 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まで変倍する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は増大し、前記第 2 レンズ群と前記後群との間隔は減少する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系を有する光学機器。

【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機器に関する。

【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】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 330777 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、従来の変倍光学系よりも、より良い光学性能が求められている。

【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、良好な光学性能を達成することができる変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器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、本発明の変倍光学系は、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、広角端状態から望遠端状態までの変倍領域で正の屈折力を有する後群と、からなり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔が変化し、第 2 レンズ群と後群との間隔

10

20

30

40

50

が変化する。また、後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とにより、光学系全体で実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が変化する。また、第2レンズ群は、少なくとも1つ以上の正レンズと、正レンズのうち最も屈折力の大きい正レンズの物体側に隣接して配置される負レンズと、を有する。そして、第2レンズ群内の負レンズの物体側の面の曲率半径を r_1 とし、当該負レンズの像側の面の曲率半径を r_2 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$\begin{aligned} 1.183 &< (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50 \\ 0.50 &< (-f_2) / f_w < 0.90 \\ 2.552 &< f_1 / |f_4| < 6.00 \end{aligned}$$

の条件を満足する。

【0007】

また、本発明の変倍光学系は、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、広角端状態から望遠端状態までの変倍領域で正の屈折力を有する後群と、からなり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と後群との間隔が変化する。また、後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4

$$\begin{aligned} 1.282 &< (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50 \\ 0.50 &< (-f_2) / f_w < 0.90 \\ 2.00 &< f_1 / |f_4| < 6.00 \end{aligned}$$

の条件を満足する。

【0008】

また、本発明の変倍光学系は、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、広角端状態から望遠端状態までの変倍領域で正の屈折力を有する後群と、からなり、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と後群との間隔が変化する。また、後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4

$$\begin{aligned} 0.90 &< (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50 \\ 0.50 &< (-f_2) / f_w < 0.90 \\ 3.55 &< f_1 / |f_4| < 6.00 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

の条件を満足する。

【0010】

また、このような変倍光学系は、無限遠から近距離物点への合焦に際して、第2レンズ群の少なくとも一部が光軸上を移動することが好ましい。

【0011】

また、このような変倍光学系において、第2レンズ群の最も像側のレンズ面は、非球面形状であることが好ましい。

【0012】

また、このような変倍光学系において、後群の一部は、光軸と略垂直方向の成分を持つように移動することが好ましい。

10

【0013】

また、このような変倍光学系において、第4レンズ群の少なくとも一部は、光軸と略垂直方向の成分を持つように移動することが好ましい。

【0014】

また、このような変倍光学系において、第2レンズ群の最も物体側のレンズ面は、非球面形状であることが好ましい。

【0015】

また、このような変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は増大し、第2レンズ群と後群との間隔は減少することが好ましい。

20

【0016】

また、本発明に係る光学機器は、物体の像を所定の像面上に結像させる上述の変倍光学系のいずれかを有して構成される。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器を以上のように構成すると、良好な光学性能を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】第1実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

30

【図2】第1実施例の無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での無限遠合焦状態における諸収差である。

【図3】第1実施例の近距離合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での近距離合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での近距離合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での近距離合焦状態における諸収差である。

【図4】第2実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図5】第2実施例の無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での無限遠合焦状態における諸収差である。

40

【図6】第2実施例の近距離合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での近距離合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での近距離合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での近距離合焦状態における諸収差である。

【図7】第3実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図8】第3実施例の無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での無限遠合焦状態における諸収差である。

【図9】第3実施例の近距離合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での近距離合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での近距離合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での近距離合焦状態における諸収差である。

50

【図10】参考例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図11】参考例の無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での無限遠合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での無限遠合焦状態における諸収差である。

【図12】参考例の近距離合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態での近距離合焦状態における収差図であり、(b)は中間撮影距離状態での近距離合焦状態における収差図であり、(c)は望遠端状態での近距離合焦状態における諸収差である。

【図13】本実施形態に係る変倍光学系を搭載するデジタル一眼レフカメラの断面図を示す。

【図14】本実施形態に係る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。

10

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本願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、正の屈折力を有する後群GRと、を有して構成される。第2レンズ群G2は、少なくとも1つ以上の正レンズと、これらの正レンズのうち最も屈折力の大きい正レンズの物体側に隣接して配置される負レンズと、を有して構成される。そして、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と後群GRとの間隔が変化する。このような構成により、鏡筒の小型化と変倍及び合焦時の収差変動とを良好に補正することができる。

20

【0021】

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、第2レンズ群G2内の負レンズの物体側の面の曲率半径をr1とし、当該負レンズの像側の面の曲率半径をr2とし、広角端状態における全系の焦点距離をfwとし、第2レンズ群G2の焦点距離をf2としたとき、以下に示す条件式(1)及び(2)を満足することが望ましい。

【0022】

$$0.80 < (r2 + r1) / (r2 - r1) < 3.50 \quad (1)$$

30

$$0.50 < (-f2) / fw < 0.90 \quad (2)$$

【0023】

条件式(1)は、第2レンズ群G2内の最も屈折力の大きい正レンズの物体側に隣接する負レンズの形状を規定するための条件式である。本変倍光学系ZLは、この条件式(1)を満足することで良好な光学性能を実現することができる。条件式(1)の上限値を上回ると、負レンズの物体側レンズ面の曲率半径が大きくなり、広角端状態におけるコマ収差を補正することが困難に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3.00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、負レンズの物体側レンズ面の曲率半径が小さくなり、望遠端状態における球面収差の補正が困難になると共に、負レンズと正レンズの間隔の製造誤差の影響が大きく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0.90にすることが好ましい。

40

【0024】

条件式(2)は、第2レンズ群G2の焦点距離f2と広角端状態における全系の焦点距離fwとの比を規定するための条件式である。本変倍光学系ZLは、この条件式(2)を満足することで良好な光学性能と所定の変倍比を実現することができる。条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が弱くなり、所定の変倍比を得るために他のレンズ群の屈折力を強くすることになり、球面収差や像面湾曲が劣化す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0.85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2レンズ群G2の屈折力が

50

強くなり、望遠端状態における球面収差とコマ収差との補正が困難に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0.60にすることが好ましい。

【0025】

また、本変倍光学系ZLは、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との間隔は増大し、第2レンズ群G2と後群GRとの間隔は減少することが好ましい。この構成により、球面収差と像面湾曲と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。

【0026】

また、本変倍光学系ZLにおいて、無限遠から近距離物点への合焦に際して、第2レンズ群G2の少なくとも一部が光軸上を移動するように配置することが好ましい。このような構成により、鏡筒の小型化と合焦時の球面収差、像面湾曲等の収差変動の良好な補正とが可能となる。

10

【0027】

また、本変倍光学系ZLにおいて、後群GRは、物体側から順に、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、を有することが望ましい。この構成により、球面収差と像面湾曲と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。

【0028】

また、本変倍光学系ZLにおいて、後群GRは、物体側から順に、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、を有することが好ましい。この構成により、球面収差と像面湾曲と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。

20

【0029】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群G2の最も像側のレンズ面は、非球面形状であることが好ましい。この構成により、望遠端状態における球面収差を良好に補正することができる。

【0030】

また、本変倍光学系ZLは、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 とし、第4レンズ群G4の焦点距離を f_4 としたとき、以下に示す条件式(3)を満足することが望ましい。

30

【0031】

$$2.00 < f_1 / |f_4| < 6.00 \quad (3)$$

【0032】

条件式(3)は、第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 に対する第4レンズ群G4の焦点距離 f_4 を規定するための条件式である。本変倍光学系ZLは、この条件式(3)を満足することで像ブレ補正時の光学性能の確保しつつ、所定の変倍比を確保することができる。条件式(3)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が強くなり、像ブレ補正時の像面湾曲の変動と、偏芯コマ収差の変動を同時に補正することが困難に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5.54に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1レンズ群G1の屈折力が強くなり、望遠端状態における球面収差の補正が困難となる。また、広角端状態における倍率色収差の劣化も顕著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3.55にすることが好ましい。

40

【0033】

また、本変倍光学系ZLにおいて、後群GRの一部は、光軸と略垂直方向の成分を持つように移動することが好ましい。この構成により、像ブレ補正時の像面湾曲の変動と、偏芯コマ収差の変動とを同時に補正することができる。

【0034】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4の少なくとも一部は、光軸と略垂直方向の成分を持つように移動することが好ましい。この構成により、鏡筒を小型化しつ

50

つ、像ブレ補正時の像面湾曲の変動と、偏芯コマ収差の変動とを同時に補正することができる。

【0035】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面は、非球面形状であることが好ましい。この構成により、広角端状態における像面湾曲と歪曲収差とを良好に補正することができる。

【0036】

図13に、上述の変倍光学系ZLを備える光学機器として、デジタル一眼レフカメラ1（以後、単にカメラと記す）の略断面図を示す。このカメラ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（変倍光学系ZL）で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして、焦点板4に結像された光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

10

【0037】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、撮影レンズ2で集光された不図示の物体（被写体）の光は撮像素子7上に被写体像を形成する。これにより、物体（被写体）からの光は、当該撮像素子7により撮像され、物体（被写体）画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ1による物体（被写体）の撮影を行うことができる。なお、図13に記載のカメラ1は、変倍光学系ZLを着脱可能に保持するものでも良く、変倍光学系ZLと一体に成形されるものでも良い。また、カメラ1は、いわゆる一眼レフカメラでも良く、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラでも良い。

20

【0038】

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。

【0039】

本実施形態では、4群または5群構成の変倍光学系ZLを示したが、以上の構成条件等は、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。

30

【0040】

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、無限遠から近距離物点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、第2レンズ群G2の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0041】

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、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部、または第4レンズ群G4の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

40

【0042】

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。

50

【 0 0 4 3 】

開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 近傍または第 3 レンズ群 G 3 の内部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 4 】

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。

【 0 0 4 5 】

本実施形態の変倍光学系 Z L は、変倍比が 3 . 5 ~ 1 5 程度である。

【 0 0 4 6 】

本実施形態の変倍光学系 Z L は、第 1 レンズ群 G 1 が正のレンズ成分を 2 つ有するのが好ましい。また、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、正正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。または、第 1 レンズ群 G 1 が正のレンズ成分を 2 つと負のレンズ成分を 1 つ有するのが好ましい。また、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、負正正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

10

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態の変倍光学系 Z L は、第 2 レンズ群 G 2 が正のレンズ成分を 1 つと負のレンズ成分を 3 つ有するのが好ましい。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負負正負の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。または、第 2 レンズ群 G 2 が正のレンズ成分を 1 つと負のレンズ成分を 2 つ有するのが好ましい。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、負負正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

20

【 0 0 4 8 】

また、本実施形態の変倍光学系 Z L は、第 3 レンズ群 G 3 が正のレンズ成分を 1 つと負のレンズ成分を 1 つ有するのが好ましい。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、正負の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。または、第 3 レンズ群 G 3 が正のレンズ成分を 2 つ有するのが好ましい。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、正正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

【 0 0 4 9 】

本実施形態の変倍光学系 Z L は、第 4 レンズ群 G 4 が負のレンズ成分を 1 つ有するのが好ましい。

30

【 0 0 5 0 】

また、本実施形態の変倍光学系 Z L は、第 5 レンズ群 G 5 が正のレンズ成分を 2 つ有するのが好ましい。また、第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、正正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

【 0 0 5 1 】

なお、本願を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本願がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。

【 0 0 5 2 】

以下、本実施形態の変倍光学系 Z L の製造方法の概略を、図 1 4 を参照して説明する。まず、少なくとも 1 つ以上の正レンズと、これらの正レンズのうち最も屈折力の大きい正レンズの物体側に隣接する負レンズと、を第 2 レンズ群 G 2 に配置する (ステップ S 1 0 0)。

40

【 0 0 5 3 】

この際、第 2 レンズ群 G 2 内の負レンズの物体側の面の曲率半径を r_1 とし、当該負レンズの像側の面の曲率半径を r_2 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w とし、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を f_2 としたとき、以下に示す条件式 (1) 及び (2) を満足するよう配置する (ステップ S 2 0 0)。

【 0 0 5 4 】

50

$$0.80 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 3.50 \quad (1)$$

$$0.50 < (-f_2) / f_w < 0.90 \quad (2)$$

【0055】

そして、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と後群GRとの間隔が変化するように配置する(ステップS300)。

【実施例】

【0056】

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4、図7及び図10は、各実施例に係る撮影レンズSL(SL1~SL4)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。図1、図4、図7に示すように、第1~第3実施例に係る変倍光学系ZL1~ZL3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、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5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との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5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。また、図10に示すように、第4実施例に係る変倍光学系ZL4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。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との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、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。

【0057】

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

【0058】

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

【0059】

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左側に*印を付している。

【0060】

〔第1実施例〕

図1は、本願の第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と両凸レンズL12との接合によりなる接合正レンズ、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。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側レンズ面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズL21、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22、両凸レンズL23、及び、像側レンズ面に非球面を有する非球面両凹レンズL24から構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸レンズL33との接合によりなる接合正レンズ、及び、両凸レンズL34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

10

20

30

40

50

面を向けた正メニスカスレンズL 4 1と両凹レンズL 4 2との接合によりなる接合負レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3から構成されている。第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に非球面を有する両凸レンズL 5 1、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 5 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 3との接合によりなる接合正レンズから構成されている。

【 0 0 6 1 】

また、開口絞りSは、第3レンズ群G 3内部、すなわち両凸レンズL 3 1と負メニスカスレンズL 3 2との間に位置し、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。無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G 2を物体方向に移動させることにより行う。像ブレ補正（防振）は、第4レンズ群G 4の接合負レンズを光軸と略垂直方向の成分を持つように移動させることにより行う。

10

【 0 0 6 2 】

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、Bfはバックフォーカスをそれぞれ表している。さらに、面番号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を、面間隔は各光学面から次の光学面までの光軸上の間隔を、屈折率及びアッペ数はそれぞれd線(λ = 587.6nm)に対する値を示している。全長は、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。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、曲率半径、面間隔、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。なお、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。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。

20

【 0 0 6 3 】

(表1)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f =	24.70	~ 45.75	~ 116.39
FNO =	4.12	~ 4.13	~ 4.14
2 =	85.24	~ 48.96	~ 20.28
像高 =	21.6	~ 21.6	~ 21.6
全長 =	146.351	~ 158.339	~ 190.957
B f =	38.496	~ 48.783	~ 64.317

30

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	207.8010	2.000	23.77	1.846660
2	84.2787	7.595	67.87	1.593189
3	-1502.5800	0.100		
4	57.9483	5.600	52.29	1.755000
5	142.1986	(d1)		
*6	1030.3484	1.200	46.63	1.816000
7	15.8302	8.018		
8	-31.9349	1.000	45.30	1.795000
9	-78.0281	0.100		
10	60.0996	4.200	23.77	1.846660
11	-33.4080	0.537		
12	-28.4260	1.000	40.94	1.806100
*13	1638.3373	(d2)		
14	51.6280	2.600	52.29	1.755000
15	-725.4606	1.400		
16	0.0000	0.500		開口絞り
17	30.6214	3.000	23.77	1.846660

40

50

18	17.0593	6.600	70.45	1.487490	
19	-88.0490	0.100			
20	42.1543	3.400	67.87	1.593189	
21	-433.2258	(d3)			
22	-54.3056	3.500	32.35	1.850260	
23	-17.0745	1.000	52.29	1.755000	
24	85.6576	3.000			
25	-54.2304	1.000	53.89	1.713000	
26	-943.5177	(d4)			
*27	88.1343	5.734	61.18	1.589130	10
28	-24.2775	0.100			
29	-207.7437	6.509	70.45	1.487490	
30	-19.8055	1.000	32.35	1.850260	
31	-73.8800	(Bf)			

【各レンズ群の焦点距離】

レンズ群 始面 焦点距離

G 1	1	106.848
G 2	6	-17.844
G 3	14	25.331
G 4	22	-30.712
G 5	27	45.007

20

【0 0 6 4】

この第1実施例において、第6面、第13面、及び、第27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 5】

(表2)

		A 4	A 6	A 8	A 10	
第6面	1.0000	1.31870E-05	-3.10490E-08	4.74440E-11	-3.43860E-14	30
第13面	1.0000	-9.26690E-07	-2.12150E-08	8.52640E-12	-8.74630E-14	
第27面	-30.0000	-7.12220E-06	-3.55240E-09	4.19740E-11	-1.12730E-13	

【0 0 6 6】

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d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は、変倍に際して変化する。次の表3に、無限遠及び近距離物点での広角端状態、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を示す。

【0 0 6 7】

(表3)

無限遠			
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.899	17.248	44.501
d2	24.017	11.369	1.199
d3	1.779	5.564	8.842
d4	8.342	4.578	1.300

40

近距離			
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.077	16.566	43.557

50

d2	24.840	12.051	2.143
d3	1.799	5.564	8.842
d4	8.342	4.578	1.300

【 0 0 6 8 】

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、 r_1 は第 2 レンズ群 G 2 内の負レンズ L 2 2 の物体側の面の曲率半径を、 r_2 は当該負レンズ L 2 2 の像側の面の曲率半径を、 f_w は広角端状態における変倍光学系 Z L 全系の焦点距離を、 f_1 は第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を、 f_2 は第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を、 f_4 は第 4 レンズ群 G 4 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。

【 0 0 6 9 】

(表 4)

$$(1) (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 2.386$$

$$(2) (-f_2) / f_w = 0.722$$

$$(3) f_1 / |f_4| = 3.479$$

【 0 0 7 0 】

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 2 (b) に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 2 (c) に示す。また、第 1 実施例の広角端状態での近距離合焦状態の収差図を図 3 (a) に示し、中間焦点距離状態での近距離合焦状態の収差図を図 3 (b) に示し、望遠端状態での近距離合焦状態の収差図を図 3 (c) に示す。各収差図において、FNO は F ナンバーを、Y は像高を、 d は d 線 ($= 587.6 \text{ nm}$) を、 g は g 線 ($= 435.6 \text{ nm}$) 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。各収差図から明らかのように、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、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 0 7 1 】

〔第 2 実施例〕

図 4 は、本願の第 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 2 の構成を示す図である。この図 4 の変倍光学系 Z L 2 において、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 と両凸レンズ L 1 2 との接合によりなる接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 から構成されている。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側レンズ面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 1、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2、両凸レンズ L 2 3、及び、両凹レンズ L 2 4 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、両凸レンズ L 3 1、両凸レンズ L 3 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 3 との接合によりなる接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 4 と両凸レンズ L 3 5 との接合によりなる接合正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、両凹レンズ L 4 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 2 との接合によりなる接合負レンズ、及び、物体側に凹面を向け、物体側レンズ面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 4 3 から構成されている。第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、両凸レンズ L 5 1、両凸レンズ L 5 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 3 との接合によりなる接合正レンズ、及び、物体側に凹面を向け、物体側レンズ面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 5 4 から構成されている。

【 0 0 7 2 】

また、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に位置し、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。無限遠から近距離物点への合焦は、第 2 レンズ群 G 2 を物体方向に移動させることにより行う。像ブレ補正 (防振) は、第 4 レンズ群 G 4 の接合負レンズを光軸と略垂直方向の成分を持つよう

10

20

30

40

50

に移動させることにより行う。

【 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。

【 0 0 7 4 】

(表 5)

	広角端	中間焦点距離	望遠端	
f =	28.79	~ 100.00	~ 292.00	
FNO =	3.57	~ 5.34	~ 5.96	
2 =	76.52	~ 23.32	~ 8.16	
像高 =	21.6	~ 21.6	~ 21.6	10
全長 =	159.888	~ 205.193	~ 232.653	
B f =	38.422	~ 65.896	~ 79.261	

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率	
1	125.8687	2.000	31.27	1.903660	
2	68.2116	9.300	82.56	1.497820	
3	-1478.5570	0.100			
4	68.1452	6.700	65.47	1.603000	
5	484.4905	(d1)			
*6	590.8560	1.300	46.73	1.765460	20
7	18.5437	7.000			
8	-38.3401	1.000	46.58	1.804000	
9	-310.1534	0.100			
10	38.1237	4.850	23.78	1.846660	
11	-44.8791	0.950			
12	-29.4340	1.000	46.58	1.804000	
*13	99.9238	(d2)			
14	0.0000	0.500			開口絞り
15	53.3960	3.400	54.66	1.729160	
16	-92.1030	0.100			30
17	39.7508	5.000	82.56	1.497820	
18	-41.4651	1.000	23.78	1.846660	
19	-356.7126	0.100			
20	32.9053	1.400	46.63	1.816000	
21	15.5333	6.600	58.89	1.518230	
22	-67.2953	(d3)			
23	-79.1792	1.000	49.61	1.772500	
24	15.8779	3.000	32.34	1.850260	
25	51.8482	2.586			
26	-23.4054	0.190	38.09	1.553890	40
*27	-23.4054	1.200	54.66	1.729160	
28	-47.5480	(d4)			
29	83.9836	5.600	60.69	1.563840	
30	-26.4280	0.300			
31	59.3963	6.900	45.79	1.548140	
32	-21.2296	1.100	31.27	1.903660	
33	-43.5914	1.600			
34	-28.9812	1.300	42.64	1.820800	
*35	-136.6351	(Bf)			50

[各レンズ群の焦点距離]

レンズ群 始面 焦点距離

G 1	1	109.348
G 2	6	-17.324
G 3	14	25.755
G 4	23	-25.979
G 5	29	43.376

【 0 0 7 5 】

この第2実施例において、第6面、第13面、第27面、及び、第35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。

10

【 0 0 7 6 】

(表6)

		A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	-9.1146	6.35640E-06	-7.76870E-09	-2.54380E-11	1.93540E-13
第13面	1.0000	1.00450E-06	-1.40860E-08	9.73830E-12	0.00000E+00
第27面	-0.2178	1.55140E-06	2.93820E-08	1.09380E-10	0.00000E+00
第35面	1.0000	-8.52260E-06	1.10900E-08	-4.80970E-11	1.46300E-13

【 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d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は、変倍に際して変化する。次の表7に、無限遠及び近距離物点での広角端状態、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を示す。

20

【 0 0 7 8 】

(表7)

	無限遠		
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.534	37.442	63.214
d2	30.341	13.263	1.585
d3	2.961	6.701	7.803
d4	6.152	2.412	1.310

30

	近距離		
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.853	36.751	59.870
d2	31.022	13.954	4.929
d3	2.961	6.701	7.803
d4	6.152	2.412	1.310

【 0 0 7 9 】

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。

40

【 0 0 8 0 】

(表8)

- (1) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 1.282$
 (2) $(-f_2) / f_w = 0.601$
 (3) $f_1 / |f_4| = 4.209$

【 0 0 8 1 】

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5(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5(b)に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図5(c)に示す。また、第2実施例の広角端状態での近距離合焦状態の

50

収差図を図6(a)に示し、中間焦点距離状態での近距離合焦状態の収差図を図6(b)に示し、望遠端状態での近距離合焦状態の収差図を図6(c)に示す。各収差図から明らかのように、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、優れた結像性能を有することがわかる。

【0082】

〔第3実施例〕

図7は、本願の第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7の変倍光学系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L11と両凸レンズL12との接合によりなる接合正レンズ、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。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側レンズ面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズL21、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22、及び両凸レンズL23と像側レンズ面に非球面を有する非球面両凹レンズL24との接合によりなる接合正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、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と両凸レンズL32との接合によりなる接合正レンズ、及び、両凸レンズL33と両凹レンズL34との接合によりなる接合正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、両凹レンズL41と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42との接合によりなる接合負レンズから構成されている。第5レンズ群G5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L51、及び、両凸レンズL52と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL53との接合によりなる接合正レンズから構成されている。

10

20

【0083】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に位置し、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。フレアカット絞りFSは、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間に位置する。無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G2を物体方向に移動させることにより行う。像ブレ補正(防振)は、第4レンズ群G4を光軸と略垂直方向の成分を持つように移動させることにより行う。

【0084】

以下の表9に、この第3実施例の諸元の値を掲げる。

30

【0085】

(表9)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f =	18.39	~ 56.02	~ 101.99
FNO =	3.63	~ 5.21	~ 5.84
2 =	80.32	~ 28.58	~ 16.00
像高 =	14.5	~ 14.5	~ 14.5
全長 =	134.064	~ 160.538	~ 177.708
B f =	39.008	~ 57.868	~ 66.008

40

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	209.4337	1.800	23.78	1.846660
2	79.9301	6.400	60.68	1.603110
3	-294.0880	0.100		
4	53.0478	4.200	53.89	1.713000
5	124.9384	(d1)		
*6	154.1371	0.200	38.09	1.553890
7	130.0000	1.200	42.72	1.834807
8	13.9274	6.800		
9	-43.5879	1.000	42.72	1.834807

50

10	-519.1937	0.300				
11	40.9980	5.000	23.78	1.846660		
12	-26.4284	1.000	42.72	1.834810		
*13	68.0402	(d2)				
14	0.0000	0.600			開口絞り	
15	64.4076	0.900	28.69	1.795040		
16	34.1145	3.600	82.52	1.497820		
17	-31.0643	0.100				
18	25.1181	2.800	49.61	1.772500		
19	-25.1181	0.800	32.35	1.850260		10
20	120.6588	(d3)				
21	-58.6499	0.800	54.66	1.729157		
22	12.6352	2.400	32.35	1.850260		
23	34.1595	3.343				
24	0.0000	(d4)			フレアカット開口絞り	
25	-1531.4175	3.600	64.10	1.516800		
26	-24.8933	0.100				
27	55.6770	6.000	64.12	1.516800		
28	-17.1260	1.200	32.35	1.850260		
29	-64.8623	(Bf)				20

[各レンズ群の焦点距離]

レンズ群 始面 焦点距離

G 1	1	91.398
G 2	6	-14.923
G 3	14	24.587
G 4	21	-35.820
G 5	25	41.672

【 0 0 8 6 】

この第3実施例において、第6面、及び、第13面の各レンズ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。 30

【 0 0 8 7 】

(表10)

		A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	93.3168	5.89740E-06	-7.29460E-08	2.86340E-10	-7.78550E-13
第13面	1.0000	-6.55200E-06	-7.75620E-09	-1.44920E-10	0.00000E+00

【 0 0 8 8 】

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d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は、変倍に際して変化する。次の表11に、無限遠及び近距離物点での広角端状態、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を示す。 40

【 0 0 8 9 】

(表11)

	無限遠		
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.284	27.418	41.691
d2	25.740	8.221	2.978
d3	2.124	7.010	8.712

d4	10.662	5.776	4.074
----	--------	-------	-------

近距離

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.518	26.731	40.680
d2	26.506	8.908	3.989
d3	2.124	7.010	8.712
d4	10.662	5.776	4.074

【 0 0 9 0 】

次の表 1 2 に、この第 3 実施例における各条件式対応値を示す。

10

【 0 0 9 1 】

(表 1 2)

(1) (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = 1.183

(2) (- f 2) / f w = 0.811

(3) f 1 / | f 4 | = 2.552

【 0 0 9 2 】

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 8 (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 8 (b) に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 8 (c) に示す。また、第 3 実施例の広角端状態での近距離合焦状態の収差図を図 9 (a) に示し、中間焦点距離状態での近距離合焦状態の収差図を図 9 (b) に示し、望遠端状態での近距離合焦状態の収差図を図 9 (c) 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、優れた結像性能を有することがわかる。

20

【 0 0 9 3 】

[参考例]

図 1 0 は、本願の参考例に係る変倍光学系 Z L 4 の構成を示す図である。この図 1 0 の変倍光学系 Z L 4 において、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 と両凸レンズ L 1 2 との接合によりなる接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 から構成されている。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側レンズ面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 1、両凹レンズ L 2 2、両凸レンズ L 2 3、及び、像側レンズ面に非球面を有する非球面両凹レンズ L 2 4 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、両凸レンズ L 3 1、両凸レンズ L 3 2 と両凹レンズ L 3 3 との接合によりなる接合正レンズ、及び、物体側レンズ面に非球面を有する非球面両凹レンズ L 3 4 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 5 との接合によりなる接合負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、物体側レンズ面に非球面を有する両凸レンズ L 4 1、両凸レンズ L 4 2 と両凹レンズ L 4 3 との接合によりなる接合負レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 4 から構成されている。

30

【 0 0 9 4 】

また、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に位置し、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。フレアカット絞り F S は、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間に位置する。無限遠から近距離物点への合焦は、第 2 レンズ群 G 2 を物体方向に移動させることにより行う。像ブレ補正 (防振) は、第 3 レンズ群 G 3 の接合負レンズを光軸と略垂直方向の成分を持つようにより移動させることにより行う。

40

【 0 0 9 5 】

以下の表 1 3 に、この参考例の諸元の値を掲げる。

【 0 0 9 6 】

(表 1 3)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
--	-----	--------	-----

50

$f = 18.50 \sim 70.24 \sim 195.00$
 $FNO = 3.58 \sim 5.11 \sim 5.89$
 $2 = 79.78 \sim 22.88 \sim 8.44$
 像高 = 14.5 $\sim 14.5 \sim 14.5$
 全長 = 141.720 $\sim 183.030 \sim 207.403$
 $Bf = 38.000 \sim 67.280 \sim 80.450$

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率	
1	131.6264	2.000	32.35	1.850260	
2	64.5215	8.800	81.61	1.497000	10
3	-502.5306	0.100			
4	60.4775	6.300	65.47	1.603000	
5	295.9384	(d1)			
*6	757.8898	0.150	38.09	1.553890	
7	150.0000	1.200	46.63	1.816000	
8	14.7418	6.500			
9	-37.4285	1.000	46.63	1.816000	
10	855.9338	0.100			
11	36.4002	4.800	23.78	1.846660	
12	-38.2802	0.900			20
13	-25.9865	1.000	47.38	1.788000	
*14	250.1396	(d2)			
15	0.0000	0.500			開口絞り
16	39.9769	3.000	65.47	1.603000	
17	-39.9769	0.100			
18	27.0291	3.600	81.61	1.497000	
19	-30.9025	1.000	32.35	1.850260	
20	15022.6378	3.000			
*21	-47.6472	0.100	38.09	1.553890	
22	-54.8674	1.000	49.61	1.772500	30
23	28.9153	1.800	25.43	1.805180	
24	77.8261	2.600			
25	0.0000	(d3)			フレアカット開口絞り
*26	74.7506	4.400	54.52	1.676974	
27	-32.8683	0.600			
28	113.7229	4.000	70.24	1.487490	
29	-31.3823	1.400	37.17	1.834000	
30	57.5744	1.500			
31	-127.9425	3.300	64.12	1.516800	
32	-27.8519	(Bf)			40

[各レンズ群の焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
G 1	1	100.784
G 2	6	-14.519
G 3	15	49.281
G 4	26	43.229

【 0 0 9 7 】

この参考例において、第6面、第14面、第21面、及び、第26面の各レンズ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。

【 0 0 9 8 】

(表 1 4)

		A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	1.0000	1.85064E-05	-5.88122E-08	1.30157E-10	-1.19816E-13
第14面	1.0000	6.90787E-07	-1.55867E-08	-1.21063E-10	7.07360E-13
第21面	1.0000	8.67713E-06	2.45288E-09	0.00000E+00	0.00000E+00
第26面	1.0000	-1.85346E-05	3.98364E-09	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 0 9 9 】

この参考例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3は、変倍に際して変化する。次の表15に、無限遠及び近距離物点での広角端状態、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を示す。

10

【 0 1 0 0 】

(表 1 5)

無限遠			
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.070	38.000	60.000
d2	29.400	11.000	1.800
d3	7.500	2.000	0.400

20

近距離			
	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	3.280	37.822	58.174
d2	28.189	11.177	3.625
d3	7.500	2.000	0.400

【 0 1 0 1 】

次の表16に、この参考例における各条件式対応値を示す。

【 0 1 0 2 】

(表 1 6)

(1) (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = 0.916

(2) (- f 2) / f w = 0.783

(3) f 1 / | f 4 | = 2.331

【 0 1 0 3 】

この参考例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図11(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(b)に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図11(c)に示す。また、第4実施例の広角端状態での近距離合焦状態の収差図を図12(a)に示し、中間焦点距離状態での近距離合焦状態の収差図を図12(b)に示し、望遠端状態での近距離合焦状態の収差図を図12(c)に示す。各収差図から明らかのように、参考例では、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、優れた結像性能を有することがわかる。

40

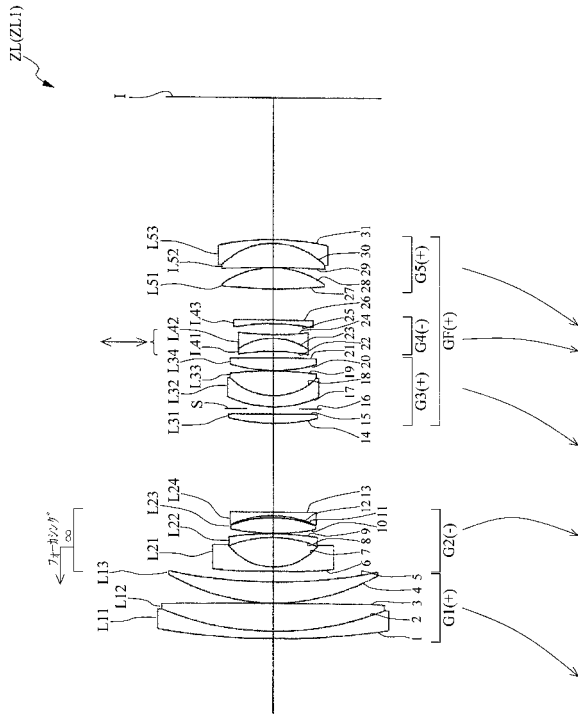
【符号の説明】

【 0 1 0 4 】

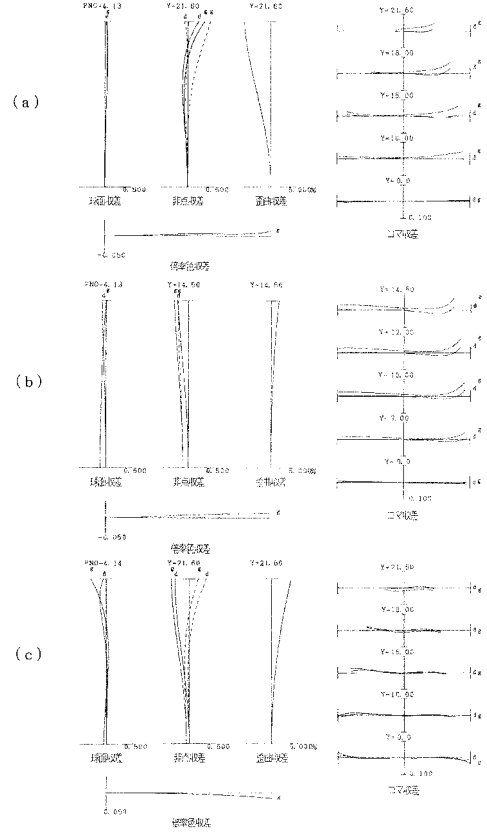
- Z L (Z L 1 ~ Z L 4) 変倍光学系
- G 1 第1レンズ群 G 2 第2レンズ群
- G 3 第3レンズ群 G 4 第4レンズ群
- G 5 第5レンズ群
- S 開口絞り
- 1 デジタル一眼レフカメラ (光学機器)

50

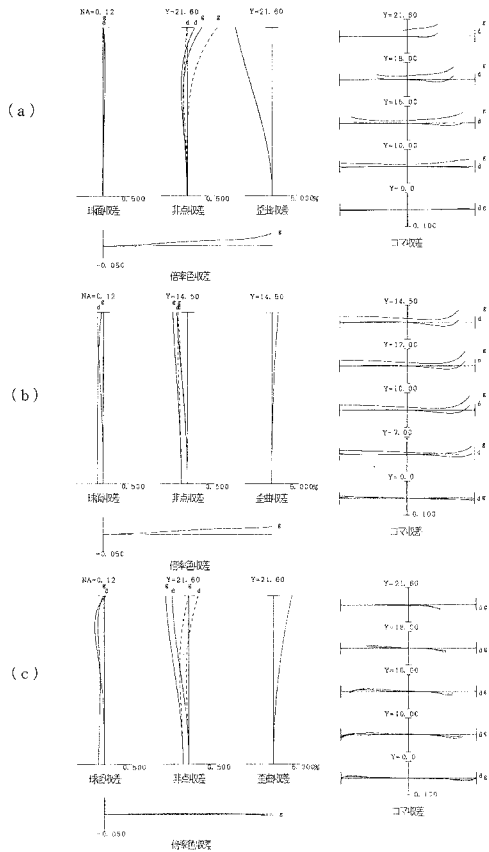
【 図 1 】



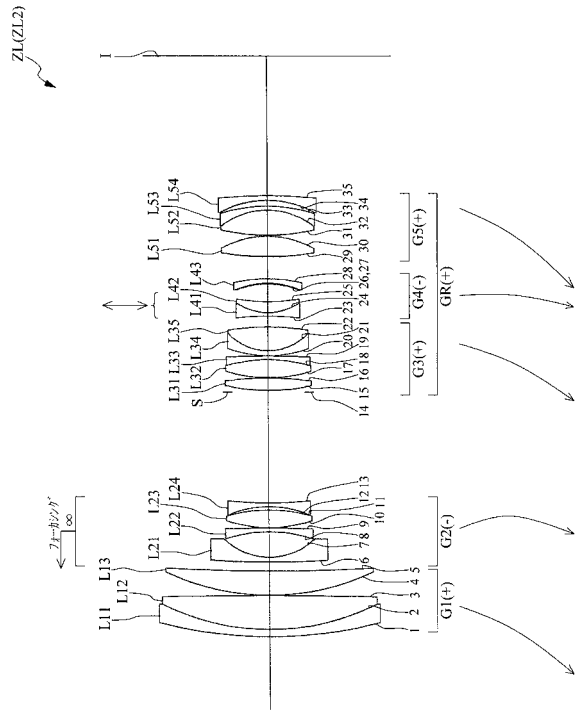
【 図 2 】



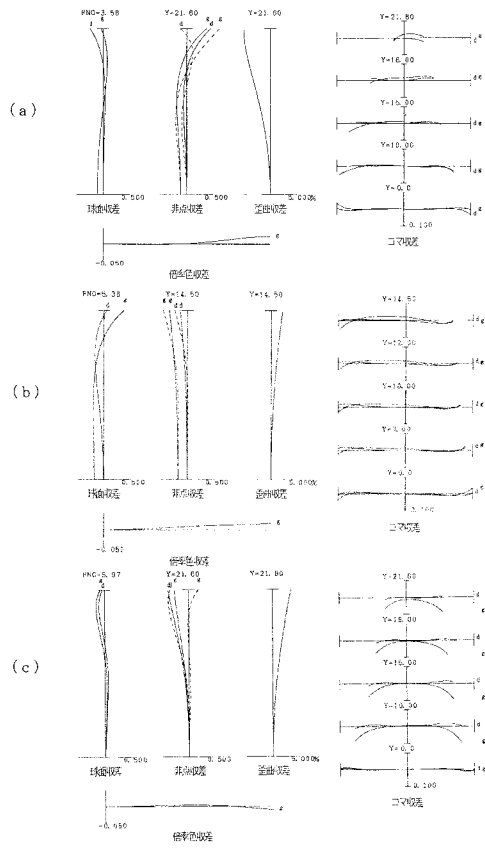
【 図 3 】



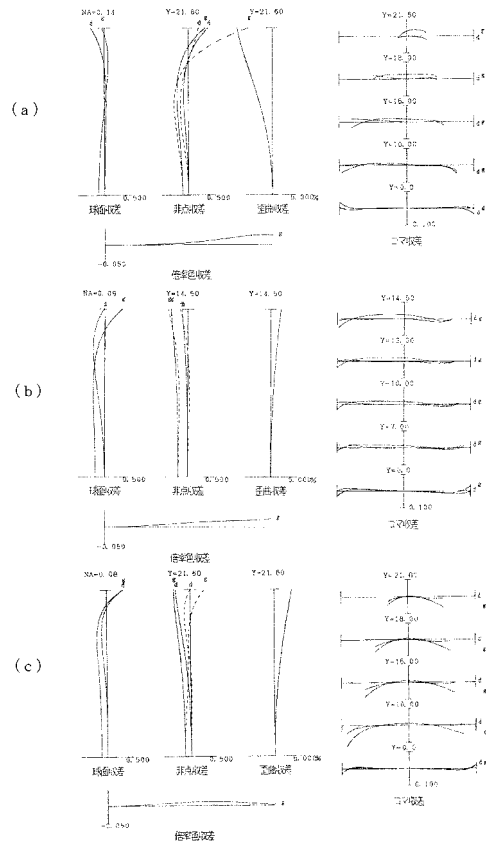
【 図 4 】



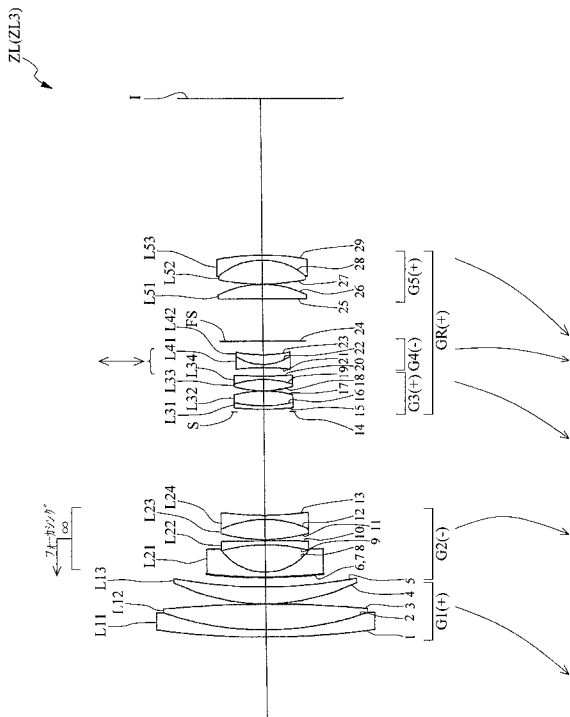
【 図 5 】



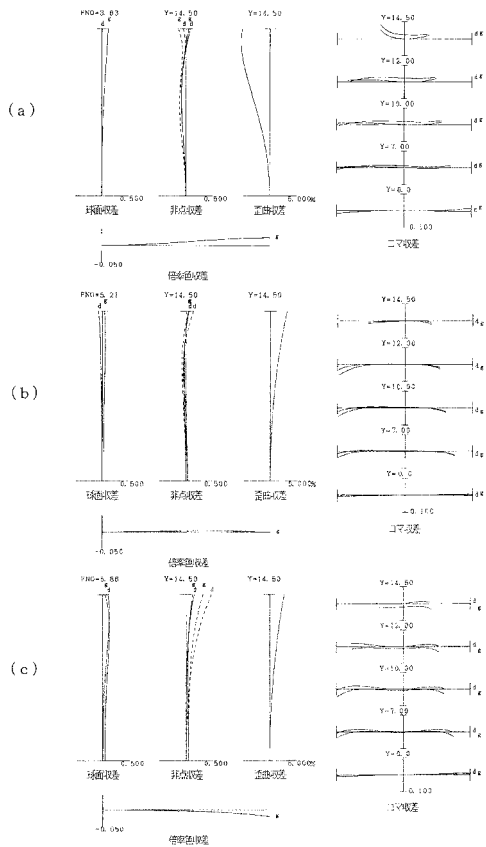
【 図 6 】



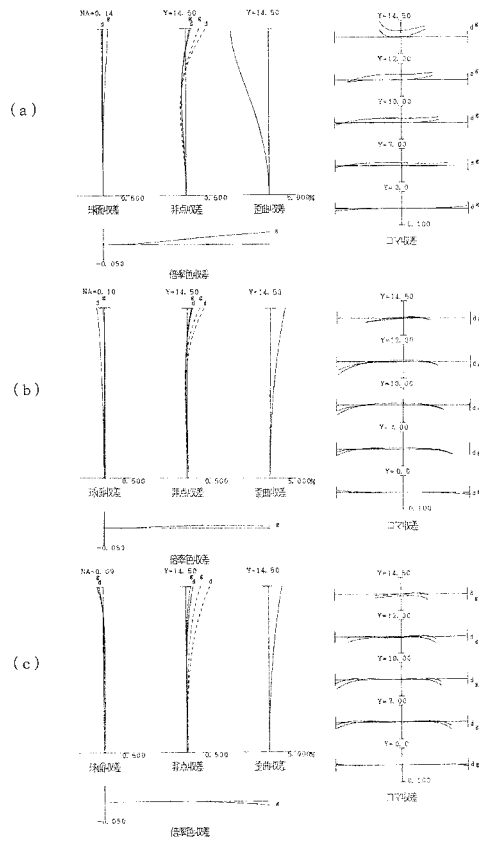
【 図 7 】



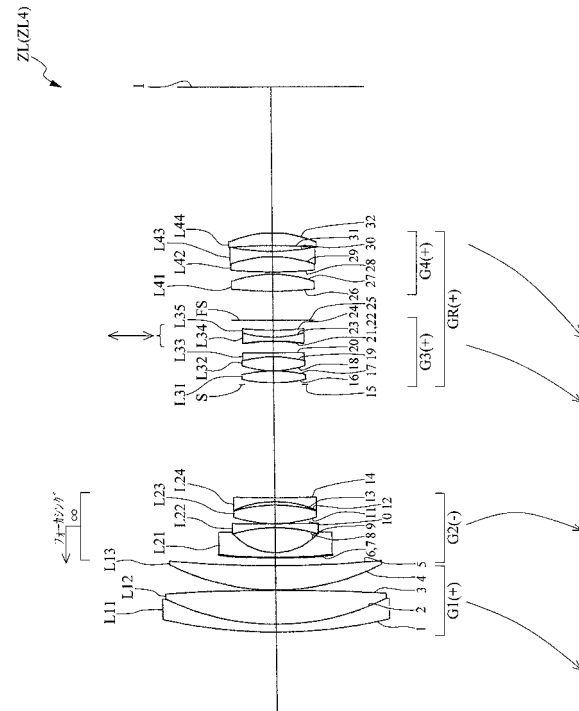
【 図 8 】



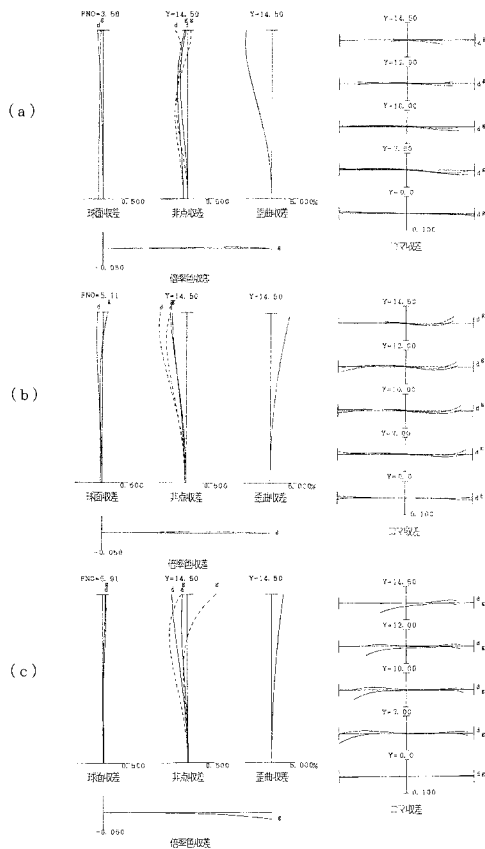
【図9】



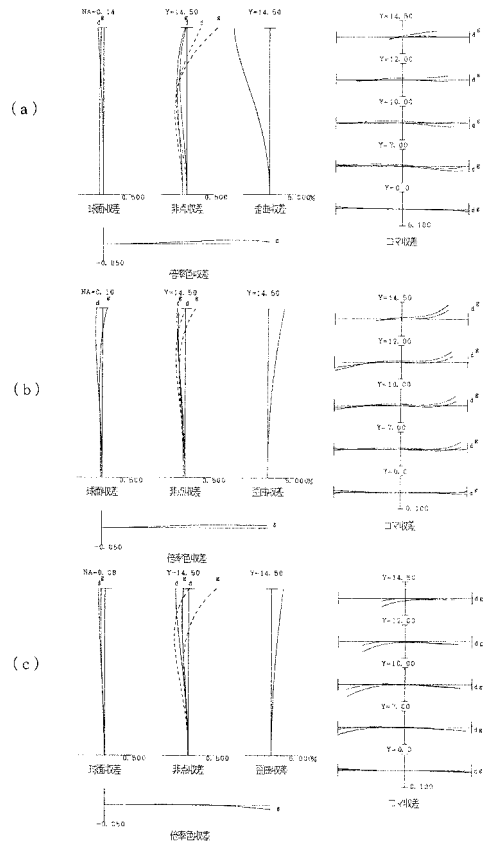
【図10】



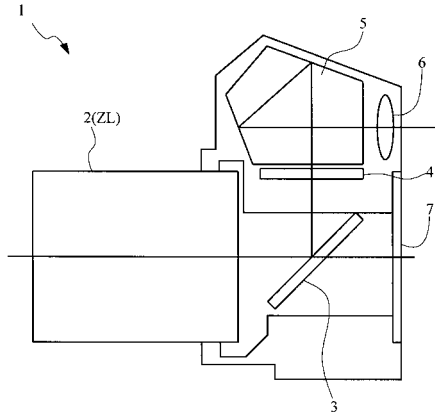
【図11】



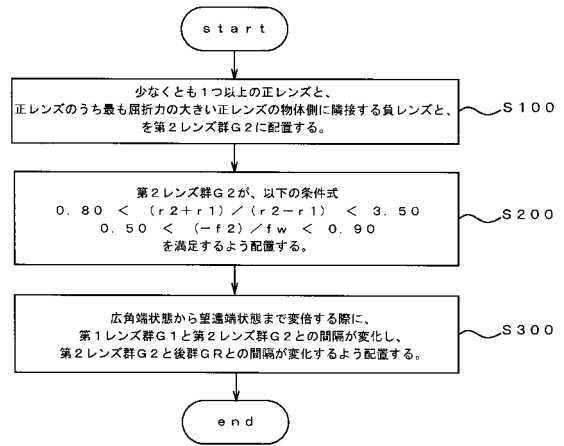
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 剛司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

審査官 小倉 宏之

(56)参考文献 特開平10-062687(JP,A)
特開2005-128186(JP,A)
特開2000-121939(JP,A)
特開2008-040395(JP,A)
特開平08-160299(JP,A)
国際公開第2006/090660(WO,A1)
特開2005-215518(JP,A)
特開2002-244037(JP,A)
特開2001-021804(JP,A)
特開平11-023965(JP,A)
特開2000-231050(JP,A)
特開2006-337745(JP,A)
特開2001-350093(JP,A)
特開2009-204942(JP,A)
特開2009-036844(JP,A)
特開平11-064728(JP,A)
特開2008-033069(JP,A)
国際公開第2003/071332(WO,A1)
特開2002-228927(JP,A)
特開2006-133631(JP,A)
特開2007-219315(JP,A)
特開2001-330777(JP,A)
特開昭61-258219(JP,A)
特開2000-121821(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