

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5177795号  
(P5177795)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

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

請求項の数 20 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2008-89058 (P2008-89058)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成20年3月31日 (2008.3.31)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2009-244443 (P2009-244443A)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(43) 公開日	平成21年10月22日 (2009.10.22)	(74) 代理人	100140800
審査請求日	平成23年1月27日 (2011.1.27)		弁理士 保坂 丈世
		(72) 発明者	山口 悟史
			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
		審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、この変倍光学系を備えた光学機器、及び、変倍光学系の変倍方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸に沿って、物体側から順に、  
 フロントレンズ群と、リアレンズ群とからなり、  
 前記フロントレンズ群は、物体側から順に、  
 前部分レンズ群と、  
 後部分レンズ群とからなり、  
 前記リアレンズ群は、物体側から順に、  
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、  
 負の屈折力を有する第2レンズ群と、  
 正の屈折力を有する第3レンズ群とからなり、全体として実質的に5個のレンズ群からなり、

広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前記フロントレンズ群と前記第1レンズ群との間隔は変化し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は  $d_{12w}$  から  $d_{12t}$  に増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は  $d_{23w}$  から  $d_{23t}$  に減少し、前記フロントレンズ群の、前記前部分レンズ群と前記後部分レンズ群との間隔は変化し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、  
 負の屈折力を有する第2a部分レンズ群と、  
 負の屈折力を有する第2b部分レンズ群とを有し、

前記第 2 a 部分レンズ群または前記第 2 b 部分レンズ群のいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成され、

前記第 2 a 部分レンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなり、

広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を  $Bfw$  とし、広角端状態における、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔を  $d13w$  とし、望遠端状態における、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔を  $d13t$  とし、前記第 2 a 部分レンズ群の前記正メニスカスレンズの d 線に対する屈折率を  $Np$  とし、前記第 2 a 部分レンズ群の前記両凹レンズの d 線に対する屈折率を  $Nn$  としたとき、次式

$$\begin{aligned} 0.010 < (d12t - d12w) / Bfw < 0.170 \\ 0.010 < (d23w - d23t) / Bfw < 0.185 \\ 0.010 < (d12w / d13w) < 0.400 \\ 0.050 < (d23t / d13t) < 0.400 \\ -0.150 < Np - Nn < 0.045 \end{aligned}$$

10

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項 2】

光軸に沿って、物体側から順に、  
フロントレンズ群と、リアレンズ群と、からなり、  
前記フロントレンズ群は、物体側から順に、  
前部分レンズ群と、  
後部分レンズ群と、からなり、  
前記リアレンズ群は、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、

20

正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、からなり、全体として実質的に 5 個のレンズ群からなり、

広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前記フロントレンズ群と前記第 1 レンズ群との間隔は変化し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は  $d12w$  から  $d12t$  に増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔は  $d23w$  から  $d23t$  に減少し、前記フロントレンズ群の、前記前部分レンズ群と前記後部分レンズ群との間隔は変化し、

30

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、  
負の屈折力を有する第 2 a 部分レンズ群と、  
負の屈折力を有する第 2 b 部分レンズ群とを有し、  
前記第 2 a 部分レンズ群または前記第 2 b 部分レンズ群のいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成され、

前記第 2 a 部分レンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなり、

広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を  $Bfw$  とし、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の前記第 1 レンズ群の像面に対する移動量を  $x1$  とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を  $Bfw$  としたとき、次式

40

$$\begin{aligned} 0.010 < (d12t - d12w) / Bfw < 0.170 \\ 0.010 < (d23w - d23t) / Bfw < 0.185 \\ 0.883 < |x1| / Bfw < 1.300 \end{aligned}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項 3】

広角端状態における、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔を  $d13w$  とし、望遠端状態における、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔を  $d13t$  としたとき、次式

50

$$0.010 < (d_{12w} / d_{13w}) < 0.400$$

$$0.010 < (d_{23t} / d_{13t}) < 0.400$$

の条件を満足する請求項2に記載の変倍光学系。

【請求項4】

前記第2a部分レンズ群の前記正メニスカスレンズのd線に対する屈折率を $N_p$ とし、前記第2a部分レンズ群の前記両凹レンズのd線に対する屈折率を $N_n$ としたとき、次式

$$-0.150 < N_p - N_n < 0.150$$

の条件を満足する請求項2に記載の変倍光学系。

【請求項5】

広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の前記第1レンズ群の像面に対する移動量を $x_1$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $B_{fw}$ としたとき、次式

$$0.500 < |x_1| / B_{fw} < 1.300$$

の条件を満足する請求項1に記載の変倍光学系。

【請求項6】

前記第2レンズ群の焦点距離を $f_2$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $B_{fw}$ としたとき、次式

$$0.100 < (-f_2) / B_{fw} < 1.500$$

の条件を満足する請求項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2a部分レンズ群は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能であり、

さらに、前記第2a部分レンズ群の焦点距離を $f_{R2a}$ とし、前記第2b部分レンズ群の焦点距離を $f_{R2b}$ としたとき、次式

$$0.050 < f_{R2a} / f_{R2b} < 3.000$$

の条件を満足する請求項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2a部分レンズ群の前記接合レンズにおける接合面の曲率半径を $R_s$ とし、前記第2レンズ群の焦点距離を $f_2$ としたとき、次式

$$0.200 < R_s / (-f_2) < 3.000$$

の条件を満足する請求項1～7のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項9】

前記第2a部分レンズ群の前記両凹レンズのアップ数を $n$ とし、前記第2a部分レンズ群の前記正メニスカスレンズのアップ数を $p$ としたとき、次式

$$5.000 < n - p < 30.000$$

の条件を満足する請求項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2b部分レンズ群は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズからなる請求項1～9のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項11】

前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項1～10のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項12】

前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項1～11のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項13】

前記前部分レンズ群は正の屈折力を有し、

前記後部分レンズ群は負の屈折力を有し、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記前部分レンズ群と前記後部分レンズ群との間隔が増大する請求項1～12のいずれか一項に記載の変倍光学

10

20

30

40

50

系。

【請求項 14】

前記後部分レンズ群は、少なくとも 1 つの非球面を有する請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 15】

広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは物体方向に移動し、且つ、像面に対する移動量が等しい請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 16】

前記第 1 レンズ群の近傍若しくは当該第 1 レンズ群内に開口絞りを有する請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 17】

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記フロントレンズ群と前記第 1 レンズ群との間隔が減少する請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 18】

手振れ発生時に、前記第 2 レンズ群の少なくとも一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動することにより、当該手振れ発生時の像位置の補正を行うように構成された請求項 1 ~ 17 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 19】

請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の変倍光学系を備えた光学機器。

【請求項 20】

光軸に沿って、物体側から順に、

フロントレンズ群と、リアレンズ群とを配置し、

前記フロントレンズ群として、物体側から順に、

前部分レンズ群と、

後部分レンズ群とを配置し、

前記リアレンズ群として、物体側から順に、

正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、

負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、

正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを配置して、全体として実質的に 5 個のレンズ群を配置し、

広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前記フロントレンズ群と前記第 1 レンズ群との間隔は変化し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は  $d_{12w}$  から  $d_{12t}$  に増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔は  $d_{23w}$  から  $d_{23t}$  に減少し、前記フロントレンズ群の、前記前部分レンズ群と前記後部分レンズ群との間隔は変化し、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、

負の屈折力を有する第 2 a 部分レンズ群と、

負の屈折力を有する第 2 b 部分レンズ群とを有し、

前記第 2 a 部分レンズ群または前記第 2 b 部分レンズ群のいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成され、

前記第 2 a 部分レンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなり、

広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を  $Bfw$  とし、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の前記第 1 レンズ群の像面に対する移動量を  $x_1$  とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を  $Bfw$  とし、前記第 2 a 部分レンズ群の前記正メニスカスレンズの d 線に対する屈折率を  $N_p$  とし、前記第 2 a 部分レンズ群の前記両凹レンズの d 線に対する屈折率を  $N_n$  としたとき、次式

$$0.010 < (d_{12t} - d_{12w}) / Bfw < 0.170$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 0.010 < (d_{23w} - d_{23t}) / Bfw < 0.185 \\
 0.010 < (d_{12w} / d_{13w}) < 0.400 \\
 0.050 < (d_{23t} / d_{13t}) < 0.400 \\
 -0.150 < Np - Nn < 0.045
 \end{aligned}$$

の条件を満足する変倍光学系の変倍方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、この変倍光学系を備えた光学機器、及び、変倍光学系の変倍方法に関する。

10

【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、レンズの一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像位置を変化させることのできる変倍光学系が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2006-085155号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、従来の変倍光学系は、一部のレンズを光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させると、良好な光学性能を達成することができないという課題があった。

20

【0004】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、一部のレンズを光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させても良好な光学性能を達成することができる変倍光学系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】

【0005】

前記課題を解決するために、第1の本発明に係る変倍光学系は、光軸に沿って、物体側から順に、フロントレンズ群と、リアレンズ群とからなり、フロントレンズ群は、物体側から順に、前部分レンズ群と、後部分レンズ群とからなり、リアレンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とからなり、全体として実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、フロントレンズ群と第1レンズ群との間隔は変化し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少し、フロントレンズ群の、前部分レンズ群と後部分レンズ群との間隔は変化し、第2レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群と、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群とを有し、第2a部分レンズ群または第2b部分レンズ群のいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成され、第2a部分レンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなる。そして、この変倍光学系は、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ とし、広角端状態における、第1レンズ群と第3レンズ群との間隔を $d_{13w}$ とし、望遠端状態における、第1レンズ群と第3レンズ群との間隔を $d_{13t}$ とし、第2a部分レンズ群の正メニスカスレンズのd線に対する屈折率を $Np$ とし、第2a部分レンズ群の両凹レンズのd線に対する屈折率を $Nn$ としたとき、次式

30

40

$$\begin{aligned}
 0.010 < (d_{12t} - d_{12w}) / Bfw < 0.170 \\
 0.010 < (d_{23w} - d_{23t}) / Bfw < 0.185 \\
 0.010 < (d_{12w} / d_{13w}) < 0.400 \\
 0.050 < (d_{23t} / d_{13t}) < 0.400 \\
 -0.150 < Np - Nn < 0.045
 \end{aligned}$$

50

の条件を満足するように構成される。

【0006】

また、第2の本発明に係る変倍光学系は、光軸に沿って、物体側から順に、フロントレンズ群と、リアレンズ群とからなり、フロントレンズ群は、物体側から順に、前部分レンズ群と、後部分レンズ群とからなり、リアレンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とからなり、全体として実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、フロントレンズ群と第1レンズ群との間隔は変化し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少し、フロントレンズ群の、前部分レンズ群と後部分レンズ群との間隔は変化し、第2レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群と、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群とを有し、第2a部分レンズ群または第2b部分レンズ群のいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成され、第2a部分レンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなる。そして、この変倍光学系は、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ とし、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の前記第1レンズ群の像面に対する移動量を $x_1$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ としたとき、次式

$$0.010 < (d_{12t} - d_{12w}) / Bfw < 0.170$$

$$0.010 < (d_{23w} - d_{23t}) / Bfw < 0.185$$

$$0.883 \quad | \quad x_1 \quad | \quad / \quad Bfw < 1.300$$

の条件を満足するように構成される。

【0007】

また、このような第2の本発明に係る変倍光学系は、広角端状態における、第1レンズ群と第3レンズ群との間隔を $d_{13w}$ とし、望遠端状態における、第1レンズ群と第3レンズ群との間隔を $d_{13t}$ としたとき、次式

$$0.010 < (d_{12w} / d_{13w}) < 0.400$$

$$0.010 < (d_{23t} / d_{13t}) < 0.400$$

の条件を満足することが好ましい。

【0008】

このような第1の本発明に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の第1レンズ群の像面に対する移動量を $x_1$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ としたとき、次式

$$0.500 < | \quad x_1 \quad | \quad / \quad Bfw < 1.300$$

の条件を満足することが好ましい。

【0009】

また、このような変倍光学系は、第2レンズ群の焦点距離を $f_2$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ としたとき、次式

$$0.100 < (-f_2) / Bfw < 1.500$$

の条件を満足することが好ましい。

【0010】

また、このような変倍光学系において、第2a部分レンズ群は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能であり、さらに、第2a部分レンズ群の焦点距離を $f_{R2a}$ とし、第2b部分レンズ群の焦点距離を $f_{R2b}$ としたとき、次式

$$0.050 < f_{R2a} / f_{R2b} < 3.000$$

の条件を満足することが好ましい。

【0012】

また、このような変倍光学系は、第2a部分レンズ群の前記接合レンズにおける接合面の曲率半径を $R_s$ とし、第2レンズ群の焦点距離を $f_2$ としたとき、次式

10

20

30

40

50

$$0.200 < R_s / (-f_2) < 3.000$$

の条件を満足することが好ましい。

【0013】

また、このような第2の本発明に係る変倍光学系は、第2 a部分レンズ群の正メニスカスレンズのd線に対する屈折率を $N_p$ とし、第2 a部分レンズ群の両凹レンズのd線に対する屈折率を $N_n$ としたとき、次式

$$-0.150 < N_p - N_n < 0.150$$

の条件を満足することが好ましい。

【0014】

また、このような変倍光学系は、第2 a部分レンズ群の両凹レンズのアッペ数を  $n$  とし、第2 a部分レンズ群の正メニスカスレンズのアッペ数を  $p$  としたとき、次式

$$5.000 < n - p < 30.000$$

の条件を満足することが好ましい。

【0015】

また、このような変倍光学系において、第2 b部分レンズ群は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズからなることが好ましい。

【0016】

また、このような変倍光学系において、第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有することが好ましい。

【0017】

また、このような変倍光学系において、第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有することが好ましい。

【0018】

また、このような変倍光学系において、前部分レンズ群は正の屈折力を有し、後部分レンズ群は負の屈折力を有し、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群と後部分レンズ群との間隔が増大することが好ましい。

【0019】

また、このような変倍光学系において、後部分レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有することが好ましい。

【0020】

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にレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群と第3レンズ群とは物体方向に移動し、且つ、像面に対する移動量が等しいことが好ましい。

【0021】

また、このような変倍光学系は、第1レンズ群の近傍若しくは当該第1レンズ群内に開口絞りを有することが好ましい。

【0022】

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レンズ位置状態が変化する際に、フロントレンズ群と第1レンズ群との間隔が減少することが好ましい。

【0023】

また、このような変倍光学系は、手振れ発生時に、第2レンズ群の少なくとも一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動することにより、当該手振れ発生時の像位置の補正を行うように構成されることが好ましい。

【0024】

また、本発明に係る光学機器は、上述の変倍光学系のいずれかを備えて構成される。

【0025】

また、本発明に係る変倍光学系の変倍方法は、光軸に沿って、物体側から順に、フロントレンズ群と、リアレンズ群とを配置し、フロントレンズ群として、物体側から順に、前部分レンズ群と、後部分レンズ群とを配置し、リアレンズ群として、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有

10

20

30

40

50

する第3レンズ群とを配置して、全体として実質的に5個のレンズ群を配置し、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、フロントレンズ群と第1レンズ群との間隔は変化し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少し、フロントレンズ群の、前部分レンズ群と後部分レンズ群との間隔は変化し、第2レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群と、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群とを有し、第2a部分レンズ群または第2b部分レンズ群のいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成され、第2a部分レンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなり、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ とし、10  
広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の第1レンズ群の像面に対する移動量を $x_1$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を $Bfw$ とし、第2a部分レンズ群の正メニスカスレンズのd線に対する屈折率を $N_p$ とし、第2a部分レンズ群の両凹レンズのd線に対する屈折率を $N_n$ としたとき、次式

$$\begin{aligned} 0.010 < (d_{12t} - d_{12w}) / Bfw < 0.170 \\ 0.010 < (d_{23w} - d_{23t}) / Bfw < 0.185 \\ 0.010 < (d_{12w} / d_{13w}) < 0.400 \\ 0.050 < (d_{23t} / d_{13t}) < 0.400 \\ -0.150 < N_p - N_n < 0.045 \end{aligned}$$

の条件を満足する。

【発明の効果】

【0027】

本発明に係る変倍光学系、この変倍光学系を備えた光学機器、及び、変倍光学系の変倍方法を以上のように構成すると、変倍光学系の一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させても良好な光学性能を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

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。なお、本明細書中において、広角端状態及び望遠端状態とは、特に記載が無い場合は、無限遠合焦状態を指すものとする。図1に示すように、本変倍光学系ZLは、光軸に沿って、物体側から順に、フロントレンズ群FGと、リアレンズ群RGとを有し、このリアレンズ群RGは、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2レンズ群RG2と、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3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にレンズ位置状態が変化する際に、望遠端状態における第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との間隔を $d_{12t}$ とし、広角端状態における第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との間隔を $d_{12w}$ とし、望遠端状態における第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との間隔を $d_{23t}$ とし、広角端状態における第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との間隔を $d_{23w}$ とすると、フロントレンズ群FGと第1レンズ群RG1との間隔は変化し、第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少するよう構成されている。このような構成とすることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、リアレンズ群RGの主点位置を像面側から物体側に移動させることができ、リアレンズ群RGで得られる変倍量を大きくして全系を高変倍な光学系とすることが可能である。さらに、変倍時の像面湾曲や球面収差の変動を良好に補正することができる。

【0029】

また、この変倍光学系ZLは、手振れ発生時に、第2レンズ群RG2の少なくとも一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動することにより、当該手振れ発生時の像位置の補正を行うように構成されることが望ましい。このように手振れ発生時における像面変動の補正が可能となることにより、本変倍光学系ZLを防振光学系として使用すること

10

20

30

40

50



ができる。また、第2レンズ群RG2は比較的小型な光学素子から構成されており、鏡筒の小型・軽量化と手振れ発生時の像面補正を行った際の結像性能を両立させることができる。なお、第2レンズ群RG2の少なくとも一部は、光軸に対して少なくとも垂直方向の成分を持つように移動すればよい。よって、第2レンズ群RG2の少なくとも一部は、光軸に対して垂直方向に移動する他、光軸に対して斜め方向に移動したり、光軸と垂直方向に対して弧を描くように移動してもよい。

【0030】

また、この変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群RG1と第3レンズ群RG3とは物体方向に移動し、且つ、像面に対する移動量が等しいことが望ましい。このように、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RG1と第3レンズ群RG3を物体方向に移動することにより、広角端での全長の小型化と、諸収差の良好な補正を両立させることができる。また、第1レンズ群RG1と第3レンズ群RG3の移動量を等しくすることにより、第1レンズ群RG1と第3レンズ群RG3とを一体構造とすることができる。この構造とすることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群RG1と第3レンズ群RG3との相互偏心の変化を小さく抑えることができ、製造誤差による光学性能の劣化を緩和することができる。

10

【0031】

また、この変倍光学系ZLは、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離をBfw（但し、Bfwの値は、屈折力を持たないプリズムやフィルター・光学ローパスフィルターなどは除き、空気換算長を用いる）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。

20

【0032】

$$0.010 < (d12t - d12w) / Bfw < 0.170 \quad (1)$$

$$0.010 < (d23w - d23t) / Bfw < 0.185 \quad (2)$$

【0033】

条件式(1)は、本変倍光学系ZLが広角端状態から望遠端状態に移る際の、第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との間隔の変化量を規定するものである。また、条件式(2)は、本変倍光学系ZLが広角端状態から望遠端状態に移る際の、第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との間隔の変化量を規定するものである。本変倍光学系ZLは、この条件式(1)及び(2)を満足することで、大きな変倍比を確保しつつ、手振れ発生時の像面補正を行った際の収差変動を良好に補正することができる。

30

【0034】

条件式(1)の上限値を上回ると、望遠端における第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との間隔が大きくなり、望遠端での球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また、手振れ発生時の像面補正を行った際には、望遠端において、偏心コマ収差が過大となり、補正することが困難となるため好ましくない。なお、条件式(1)の上限を、0.150, 0.130, 0.110とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとすることができる。反対に、条件式(1)の下限値を下回ると、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、球面収差の変動が大きくなり、補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(1)の下限を、0.030, 0.050, 0.070とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとするすることができる。

40

【0035】

条件式(2)の上限値を上回ると、広角端における第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との間隔が大きくなり、広角端における軸外周辺光線の第3レンズ群RG3における光線高が大きくなる。これにより、広角端での像面湾曲及びコマ収差の補正が困難となるため好ましくない。また、手振れ発生時の像面補正を行った際には、広角端における軸外周辺光線が第3レンズ群RG3において大きく変動するようになり、偏心像面タオレを補正することが困難となる。なお、条件式(2)の上限を、0.150, 0.130, 0.110とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとするすることができる。反対に

50

、条件式(2)の下限値を下回ると、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、像面湾曲の変動が大きくなり補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(2)の下限を、0.030, 0.050, 0.070とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。

【0036】

また、この変倍光学系ZLは、更に、広角端状態における第1レンズ群FG1の最も像側の面から第3レンズ群FG3の最も物体側の面までの距離をd13wとし、望遠端状態における第1レンズ群FG1の最も像側の面から第3レンズ群FG3の最も物体側の面までの距離をd13tとしたとき、以下に示す条件式(3)及び(4)を満足することが好ましい。

【0037】

$$0.010 < (d12w / d13w) < 0.400 \quad (3)$$

$$0.010 < (d23t / d13t) < 0.400 \quad (4)$$

【0038】

本変倍光学系ZLは、条件式(3)を満足することで、変倍光学系ZLの小型化を実現しつつ、広角端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。条件式(3)の上限値を上回ると、広角端における負の像面湾曲が過大となり、補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(3)の上限を、0.300, 0.200, 0.160とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。反対に、条件式(3)の下限値を下回ると、広角端における正の像面湾曲と、正の歪曲収差とが過大となるため好ましくない。なお、条件式(3)の下限を、0.030, 0.050, 0.110とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。

【0039】

また、本変倍光学系ZLは、条件式(4)を満足することで、望遠端における球面収差と像面湾曲とを良好に補正することができる。条件式(4)の上限値を上回ると、望遠端における正の球面収差と像面湾曲とが過大となり、補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(4)の上限を、0.300, 0.250, 0.210とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。反対に、条件式(4)の下限値を下回ると、望遠端における負の球面収差と像面湾曲とが過大となり、補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(4)の下限を、0.030, 0.040, 0.050とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。

【0040】

また、この変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の第1レンズ群RG1の像面に対する移動量をx1とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離をBfwとしたとき、以下に示す条件式(5)を満足することが望ましい。

【0041】

$$0.500 < |x1| / Bfw < 1.300 \quad (5)$$

【0042】

条件式(5)は、本変倍光学系ZLが広角端状態から望遠端状態に変倍する際の、第1レンズ群RG1の像面に対する移動量を規定するものである。本変倍光学系ZLは、この条件式(5)を満足することにより、手振れ発生時の像面補正を行った際の結像性能を良好に保ちつつ、変倍比が5倍を超えるような高変倍光学系を実現することが可能である。

【0043】

条件式(5)の上限値を上回ると、本変倍光学系ZLの望遠端における第1レンズ群RG1と第3レンズ群RG3の横倍率(絶対値)が大きくなり、望遠端において球面収差及びコマ収差の補正が困難となる。また、手振れ発生時の像面補正を行った際には、望遠端において偏心コマ収差が過大となり、補正が困難となるため好ましくない。また、第1レンズ群RG1の繰り出し量が大きくなり、メカ構成が困難となる問題もある。これを補うためには、広角端での光学全長を大きくする必要はあるが、鏡筒全長が大きくなってしま

10

20

30

40

50

うため好ましくない。なお、条件式(5)の上限を、1.200, 1.100とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとするができる。反対に、条件式(5)の下限値を下回ると、リアレンズ群RGで稼ぐ変倍量が小さくなり、所定の変倍比を得ることが困難となる。これを補うため、第1レンズ群RG1、第2レンズ群RG2、及び、第3レンズ群RG3の屈折力を大きくすると、望遠端において球面収差及びコマ収差の補正が困難となる。さらに、レンズ群間の偏心等の製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏心コマ収差・偏心像面タオレが大きくなるという問題が発生するため好ましくない。なお、条件式(5)の下限を、0.600, 0.700, 0.850とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとすることができる。

【0044】

また、この変倍光学系ZLは、第2レンズ群RG2の焦点距離を $f_2$ とし、広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離をBfwとしたとき、以下に示す条件式(6)を満足することが望ましい。

【0045】

$$0.100 < (-f_2) / Bfw < 1.500 \quad (6)$$

【0046】

条件式(6)は、本変倍光学系ZLの広角端のバックフォーカスに対する、第2レンズ群RG2の焦点距離を規定するものである。本変倍光学系ZLは、この条件式(6)を満足することで、手振れ発生時の像面補正を行った際の結像性能を良好に保ちつつ、製造誤差による光学性能の劣化を緩和することができる。条件式(6)の上限値を上回ると、第2レンズ群RG2の屈折力が小さくなり、防振補正係数(光軸と垂直方向の像位置移動量÷光軸と垂直方向の防振群移動量)が小さくなってしまふ。これにより、防振群移動量を大きくすると、望遠端における偏心コマ収差及び偏心像面タオレが著しく劣化してしまふため好ましくない。また、鏡筒が大きくなってしまふ問題も発生する。なお、条件式(6)の上限を、0.860, 0.720とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとすることができる。反対に、条件式(6)の下限値を下回ると、第2レンズ群RG2の屈折力が大きくなり、広角端における像面湾曲とコマ収差の補正が困難となる。さらにレンズ群間の偏心等の製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏心像面タオレの劣化が著しくなるため好ましくない。なお、条件式(6)の下限を、0.200, 0.400, 0.450とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとすることができる。

【0047】

また、この変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群RG2は、物体側から順に、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群RG2aと、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群RG2bとを有し、第2a部分レンズ群RG2aまたは第2b部分レンズ群RG2bのいずれか一方は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能であることが望ましい。

【0048】

このような構成とすることにより、手振れ発生時の像面補正を行った際の、第1レンズ群RG1及び第3レンズ群RG3で発生する正屈折力成分の諸収差を、この第2レンズ群RG2内の防振していない方のレンズ群が発生する負屈折力成分の諸収差によって打ち消し、全体として高い収差補正能力を発揮することができる。また、第2レンズ群RG2を二つに分割することにより、防振群の屈折力を変化させることが容易となり、防振補正係数を所望の値にすることができる。このことにより、例えば、高変倍光学系の望遠端で問題となる、光軸と垂直方向の防振群移動量を低減することができ、鏡筒径の小型化が可能である。

【0049】

さらに、この変倍光学系ZLにおいて、第2a部分レンズ群RG2aは、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動可能に構成することが好ましい。このとき、第2a部分レンズ群RG2aの焦点距離を $f_{R2a}$ とし、第2b部分レンズ群RG2bの焦点距離を $f_{R2b}$ としたとき、以下に示す条件式(7)を満足することが望ましい。

【0050】

10

20

30

40

50

$$0.050 < f_{R2a} / f_{R2b} < 3.000 \quad (7)$$

【0051】

条件式(7)は、第2b部分レンズ群RG2bの焦点距離に対する、第2a部分レンズ群RG2aの焦点距離を規定するものである。本変倍光学系ZLは、この条件式(7)を満足することで、広角端から望遠端までの全域において、手振れ発生時の像面補正を行った際の偏心収差をバランスよく補正することができ、良好な結像性能を得ることができる。条件式(7)の上限値を上回ると、第2b部分レンズ群RG2bの屈折力が大きくなり、手振れ発生時の像面補正を行った際の広角端における偏心像面タオレの補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(7)の上限を、1.500, 1.200, 1.050とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。反対に、条件式(7)の下限値を下回ると、第2a部分レンズ群RG2aの屈折力が大きくなり、手振れ発生時の像面補正を行った際の望遠端における偏心コマ収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(7)の下限を、0.300, 0.500, 0.850とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。

10

【0052】

また、この変倍光学系ZLにおいて、第2a部分レンズ群RG2aは、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを接合した接合レンズからなることが望ましい。このような構成とすることにより、第2レンズ群RG2の主点位置を像側に配置でき、第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との主点間隔を小さくすることができる。このことにより、本変倍光学系ZLの広角端において、手振れ発生時の像面補正を行った際の偏心像面タオレを小さくすることができる。また、第3レンズ群RG3の径を小さくする効果もある。

20

【0053】

また、この変倍光学系ZLにおいて、第2b部分レンズ群は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズからなることが望ましい。このような構成とすることにより、手振れ発生時の像面補正を行った際に不足する負の収差成分を効果的に補い、偏心による収差変動を小さく抑えることができる。

【0054】

また、このように第2a部分レンズ群RG2aを接合レンズとしたときに、この第2a部分レンズ群RG2aの接合レンズにおける接合面の曲率半径をRsとし、第2レンズ群RG2の焦点距離をf2としたとき、以下に示す条件式(8)を満足することが望ましい。

30

【0055】

$$0.200 < R_s / (-f_2) < 3.000 \quad (8)$$

【0056】

条件式(8)は、第2レンズ群RG2の焦点距離に対する、第2a部分レンズ群RG2aの接合レンズの接合面の曲率を規定するものである。条件式(8)の上限及び下限いずれを超えても、球面収差の補正が困難となり、手振れ発生時の像面補正を行った際の偏心収差が大きくなるため好ましくない。条件式(8)の上限値を上回ると、接合面の曲率が小さくなり、正の球面収差が過大となるため、補正が困難となる。なお、条件式(8)の上限を、1.500, 1.000とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。反対に、条件式(8)の下限値を下回ると、接合面の曲率が大きくなり、負の球面収差が過大となるため、補正が困難となる。なお、条件式(8)の下限を、0.400, 0.800とすることにより、本発明の効果を、より確実なものとする事ができる。

40

【0057】

また、この場合、第2a部分レンズ群RG2aの正メニスカスレンズのd線に対する屈折率をNpとし、第2a部分レンズ群RG2aの両凹レンズのd線に対する屈折率をNnとしたとき、以下に示す条件式(9)を満足することが望ましい。

【0058】

50

$$-0.150 < N_p - N_n < 0.150 \quad (9)$$

【0059】

条件式(9)は、第2a部分レンズ群RG2aの両凹レンズのd線に対する屈折率と、正メニスカスレンズのd線に対する屈折率との関係を規定するものである。条件式(9)の上限及び下限いずれを超えても、手振れ発生時の像面補正を行った際の偏心像面タオレが大きくなり、補正が困難となるため好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(9)の上限を、0.100, 0.045, 0.020とすることが好ましく、条件式(9)の下限を、-0.100, -0.030とすることが好ましい。

【0060】

さらに、第2a部分レンズ群RG2aの両凹レンズのアップベ数を  $n$  とし、第2a部分レンズ群RG2aの正メニスカスレンズのアップベ数を  $p$  としたとき、以下に示す条件式(10)を満足することが望ましい。

【0061】

$$5.000 < n - p < 30.000 \quad (10)$$

【0062】

条件式(10)は、第2a部分レンズ群RG2aの両凹レンズのアップベ数と、正メニスカスレンズのアップベ数の関係を規定するものである。条件式(10)の上限及び下限いずれを超えても、第2レンズ群RG2で発生する色収差が過大となり補正が困難となるため好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(10)の上限を、25.000, 19.000とすることが好ましく、条件式(10)の下限を、8.000, 11.500とすることが好ましい。

【0063】

以上のような条件式(8)~(10)を満足することにより、諸収差並びに手振れ発生時の偏心収差を抑制することができ、良好な結像性能を得ることができる。

【0064】

また、この変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群RG2は、少なくとも1つの非球面を有することが望ましい。これにより、望遠端における球面収差及び、手振れ発生時の像面補正を行った際の、望遠端における偏心コマ収差を良好に補正することができる。

【0065】

また、この変倍光学系ZLにおいて、第3レンズ群RG3は、少なくとも1つの非球面を有することが望ましい。これにより、広角端における像面収差及び歪曲収差を良好に補正しつつ、手振れ発生時の像面補正を行った際の、広角端における偏心像面タオレを良好に補正することができる。

【0066】

また、この変倍光学系ZLにおいて、フロントレンズ群FGは、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2とを有し、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群FG1と後部分レンズ群FG2との間隔が増大することが望ましい。このような構成とすることにより、大きな変倍比を得ることができ、全系の高変倍化が可能である。また、リアレンズ群RGの第1レンズ群RG1、第2レンズ群RG2、及び、第3レンズ群RG3の変倍比を小さくすることができ、手振れ発生時の像面補正を行った際の結像性能を向上させることが可能である。

【0067】

また、この変倍光学系ZLにおいて、後部分レンズ群FG2は、少なくとも1つの非球面を有することが望ましい。これにより広角端における像面湾曲及び歪曲収差を良好に補正することができ、広角端の広画角化が可能である。

【0068】

また、この変倍光学系ZLは、第2レンズ群RG2より物体側、すなわち、第1レンズ群RG1の近傍若しくは当該第1レンズ群RG1内に開口絞りSを有することが望ましい。このような構造とすることにより、前玉径の小型化と、諸収差の良好な補正を両立する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0069】

図21及び図22に、上述の変倍光学系ZLを備える光学機器として、電子スチルカメラ1（以後、単にカメラと記す）の構成を示す。このカメラ1は、不図示の電源ボタンを押すと撮影レンズ（変倍光学系ZL）の不図示のシャッターが開放され、変倍光学系ZLで不図示の被写体からの光が集光され、像面Iに配置された撮像素子C（例えば、CCDやCMOS等）に結像される。撮像素子Cに結像された被写体像は、カメラ1の背後に配置された液晶モニター2に表示される。撮影者は、液晶モニター2を見ながら被写体像の構図を決めた後、リリースボタン3を押し下げ被写体像を撮像素子Cで撮影し、不図示のメモリーに記録保存する。

10

【0070】

このカメラ1には、被写体が暗い場合に補助光を発光する補助光発光部4、変倍光学系ZLを広角端状態（W）から望遠端状態（T）にズームングする際のワイド（W）-テレ（T）ボタン5、及び、カメラ1の種々の条件設定等に使用するファンクションボタン6等が配置されている。なお、図22ではカメラ1と変倍光学系ZLとが一体に成形されたコンパクトタイプのカメラを例示したが、光学機器としては、変倍光学系ZLを有するレンズ鏡筒とカメラボディ本体とが着脱可能な一眼レフカメラでも良い。

【0071】

なお、上述の説明及び以降に示す実施形態においては、全体として2群構成（フロントレンズ群FGとリアレンズ群RG）を示し、リアレンズ群は、3群構成の変倍光学系ZLを示したが、以上の構成条件等は、フロントレンズ群FGを1群構成としたり、全体として4群、5群等の他の群構成にも適用可能である。例えば、本実施形態では、リアレンズ群RGのレンズ系が3つの可動群から構成されているが、各レンズ群の間に他のレンズ群を付加したり、あるいはレンズ系の像側または物体側に隣接させて他のレンズ群を付加することも可能である。

20

【0072】

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、全体で5群構成の変倍光学系ZLの場合、フロントレンズ群FGの少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。また、フロントレンズ群FGが1つのレンズ群からなる場合、フロントレンズ群FG又はリアレンズ群RGの第1レンズ群RG1及び、第1レンズ群RG1の一部で合焦を行うのが好ましい。

30

【0073】

また、本実施形態においては、高変倍光学系で発生しがちな手ぶれ等に起因する像ぶれによる撮影の失敗を防ぐために、光学系のぶれを検出するぶれ検出系と駆動手段とをレンズ系に組み合わせ、レンズ系を構成するレンズ群のうち1つのレンズ群の全体または一部を防振レンズ群として偏心させることにより、ぶれ検出系により検出されたレンズ系のぶれに起因する像ぶれ（像面位置の変動）を補正するように、駆動手段により防振レンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つように振動させ、像をシフトさせることで、像ぶれを補正することが可能である。特に、リアレンズ群RGを構成する第2レンズ群RG2の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。また、リアレンズ群RGの第1レンズ群RG1を防振レンズ群としても良い。このように、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、いわゆる防振光学系として機能させることが可能である。

40

【0074】

また、上述の説明では、リアレンズ群RGの第2レンズ群RG2中または第3レンズ群RG3中、若しくは、フロントレンズ群FGの後部分レンズ群FG2中のいずれかに少なくとも1枚の非球面レンズを配置する場合について示したが、その他のレンズ群のレンズ面を非球面としても構わない。このとき、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

50

非球面のいずれの非球面でも構わない。

【0075】

開口絞りSは、上述のように第2レンズ群RG2より物体側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。

【0076】

さらに、各レンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施すことにより、フレアやゴーストを軽減し、コントラストの高い光学性能を達成できる。

【0077】

なお、本発明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、本発明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。

10

【実施例】

【0078】

以下、本発明の各実施例を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本実施例に係る変倍光学系ZLの構成を示す断面図であり、この変倍光学系ZLの屈折力配分及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)への焦点距離状態の変化における各レンズ群の移動の様子を図1の下方に矢印で示している。この図1に示すように、本実施例に係る変倍光学系ZLは、光軸に沿って、物体側から順に、フロントレンズ群FGと、リアレンズ群RGとを有する。フロントレンズ群FGは、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2とから構成される。リアレンズ群RGは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2レンズ群RG2と、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3とから構成される。

20

【0079】

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。

【0080】

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

30

【0081】

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。

【0082】

〔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の変倍光学系ZL1は、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2と、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群RG2aと、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群RG2bと、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3とから構成される。この変倍光学系ZL1は、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群FG1と後部分レンズ群FG2との空気間隔は変化し、後部分レンズ群FG2と第1レンズ群RG1との空気間隔が減少し、第1レンズ群RG1と第2a部分レンズ群RG2aとの空気間隔はd12wからd12tに増大し、第2b部分レンズ群RG2bと第3レンズ群RG3との空気間隔はd23wからd23tに減少するように各レンズ群の間隔が変化し、第2a部分レンズ群RG2aを光軸と直交方向の成分を持つように移動させることにより、手ぶれ発生時の像位置補正を行う。なお、広角端状態または望遠端状態における第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との間隔d12wまたはd12tは、各実施例の諸元の値を示す表ではd3に相当し、広角端状態または望遠端状態における第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との間隔d23wまたはd23tは、各実施例の諸元の値を示

40

50

す表では  $d_4$  に相当する。

【0083】

前部分レンズ群 F 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 F L 1 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ F L 1 2 との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ F L 1 3 から構成される。後部分レンズ群 F G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ F L 2 1、両凹レンズ F L 2 2、両凸レンズ F L 2 3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ F L 2 4 から構成され、後部分レンズ群 F G 2 の最も物体側に位置する負メニスカスレンズ F L 2 1 は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

【0084】

第1レンズ群 R 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 R L 1 1 と両凸レンズ R L 1 2 との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ R L 1 3 から構成される。第2 a 部分レンズ群 R G 2 a は、物体側から順に、両凹レンズ R L 2 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ R L 2 2 との接合レンズから構成され、第2 a 部分レンズ群 R G 2 a の最も物体側に位置する両凹レンズ R L 2 1 は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。第2 b 部分レンズ群 R G 2 b は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ R L 2 3 から構成される。第3レンズ群 R G 3 は、物体側から順に、両凸レンズ R L 3 1、及び、両凸レンズ R L 3 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ R L 3 3 との接合レンズから構成され、第3レンズ群 R G 3 の最も像側に位置する負メニスカスレンズ R L 3 3 は、像側のレンズ面を非球面形状とする、ガラスモールド型非球面レンズとなっている。

【0085】

開口絞り S は、後部分レンズ群 F G 2 と第1レンズ群 R G 1 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1レンズ群 R G 1 とともに移動する。遠距離から近距離へのフォーカシングは、後部分レンズ群 F G 2 を物体方向に移動させて行う。

【0086】

なお、全系の焦点距離が  $f$  で、防振補正係数（ぶれ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像位置移動量の比）が  $K$  のレンズにおいて、角度  $\theta$  の回転ぶれを補正するには、ぶれ補正用の移動レンズ群を  $(f \cdot \tan \theta) / K$  だけ光軸と直交方向に移動させればよい。第1実施例の広角端状態においては、防振補正係数は 1.04 であり、焦点距離は 18.4 (mm) であるので、 $1.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための第2 a 部分レンズ群 R G 2 a の移動量は 0.46 (mm) である。第1実施例の望遠端状態においては、防振補正係数は 1.85 であり、焦点距離は 102.5 (mm) であるので、 $0.60^\circ$  の回転ぶれを補正するための第2 a 部分レンズ群 R G 2 a の移動量は 0.58 (mm) である。なお、本実施例においては、通常の場合と比べて、倍の回転ぶれ ( $0^\circ \sim 0.60^\circ$  の範囲) が発生したことを想定し、回転ぶれを補正するための移動レンズ群（第2 a 部分レンズ群 R G 2 a）の移動量は、通常の倍の量で検討している。これらの説明は以降の実施例においても同様である。

【0087】

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、F N O は F ナンバー、 $\theta$  は半画角、 $B f$  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 ( $d = 587.6 \text{ nm}$ ) に対する値を示している。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、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。

【0088】



(表1)

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率	
1	148.6804	1.8000	23.78	1.846660	
2	53.5195	6.9847	56.45	1.672275	
3	1203.8588	0.1000			
4	45.7199	4.4150	48.95	1.770984	
5	136.8162	(d1)			
*6	87.1098	0.2000	38.09	1.553890	
7	65.0000	1.0000	50.73	1.764943	
8	12.2656	6.3636			10
9	-29.3430	1.0000	42.62	1.833873	
10	36.0783	0.6211			
11	29.3049	5.2003	23.07	1.847995	
12	-27.3230	1.0791			
13	-19.6728	1.0028	39.93	1.833079	
14	-72.9545	(d2)			
15	0.0000	1.1000			
16	31.0569	1.7500	23.78	1.846660	
17	18.9160	4.1954	69.20	1.519000	
18	-28.5216	0.2000			20
19	22.7713	2.4518	82.49	1.498000	
20	172.4901	(d3)			
*21	-47.0722	0.1500	38.09	1.553890	
22	-44.0722	1.0000	37.16	1.834000	
23	14.9882	3.0239	25.43	1.805181	
24	182.1551	4.8081			
25	-16.4968	1.0000	43.03	1.818577	
26	-34.2785	(d4)			
27	61.8619	5.5935	65.57	1.538373	
28	-19.6512	0.7000			30
29	50.3975	7.5000	70.41	1.487490	
30	-15.1843	1.4000	40.78	1.806100	
*31	-55.8591	(Bf)			

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f =	18.4	~ 55.0	~ 102.5
FNO =	3.5	~ 4.7	~ 5.8
=	38.7	~ 14.0	~ 7.7
像高 =	14.0	~ 14.0	~ 14.0
全長 =	130.936	~ 161.050	~ 185.048
Bf =	40.000	~ 60.991	~ 82.306

## [ 各レンズ群の焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
F G 1	1	75.683
F G 2	6	-12.500
R G 1	15	21.900
R G 2	21	-18.673
R G 3	27	25.435

[ フロントレンズ群 F G とリアレンズ群 R G の焦点距離 ]

レンズ群	始面	広角端	中間焦点距離	望遠端
F G	1	-17.447	-28.905	-38.479
R G	15	31.603	30.660	30.261

【 0 0 8 9 】

この第 1 実施例において、第 6 面、第 2 1 面、及び、第 3 1 面の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 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 0 9 0 】

( 表 2 )

		A 4	A 6	A 8	A 10
第 6 面	-46.1784	2.75110E-05	-7.34000E-08	1.31870E-10	5.44290E-14
第 21 面	10.3116	2.43420E-05	2.48240E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
第 31 面	4.0858	1.21100E-05	-3.67070E-09	-4.27560E-11	-2.41150E-13

10

【 0 0 9 1 】

この第 1 実施例において、前部分レンズ群 F G 1 と後部分レンズ群 F G 2 との軸上空気間隔 d 1、後部分レンズ群 F G 2 と第 1 レンズ群 R G 1 との軸上空気間隔 d 2、第 1 レンズ群 R G 1 と第 2 レンズ群 R G 2 との軸上空気間隔 d 3、第 2 レンズ群 R G 2 と第 3 レンズ群 R G 3 との軸上空気間隔 d 4 は、ズーミングに際して変化する。次の表 3 に広角端状態、中間焦点距離状態、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 9 2 】

( 表 3 )

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.814	23.307	31.451
d2	18.119	5.749	0.289
d3	2.471	4.753	5.363
d4	3.892	1.611	1.000

【 0 0 9 3 】

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、d 1 2 t は望遠端状態における第 1 レンズ群 R G 1 と第 2 レンズ群 R G 2 との間隔を、d 1 2 w は広角端状態における第 1 レンズ群 R G 1 と第 2 レンズ群 R G 2 との間隔を、d 2 3 t は望遠端状態における第 2 レンズ群 R G 2 と第 3 レンズ群 R G 3 との間隔を、d 2 3 w は広角端状態における第 2 レンズ群 R G 2 と第 3 レンズ群 R G 3 との間隔を、B f w は広角端状態における最も像側のレンズ面から像面までの距離を(但し、B f w の値は、屈折力を持たないプリズムやフィルター・光学ローパスフィルターなどは除き、空気換算長を用いる)、x 1 は広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際の第 1 レンズ群 R G 1 の像面に対する移動量を、f 2 は第 2 レンズ群 R G 2 の焦点距離を、f R 2 a は第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の焦点距離を、f R 2 b は第 2 b 部分レンズ群 R G 2 b の焦点距離を、R s は第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の接合レンズの接合面の曲率半径を、N p は第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の正メニスカスレンズの d 線に対する屈折率を、N n は第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の両凹レンズの d 線に対する屈折率を、p は第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の正メニスカスレンズのアッペ数を、n は第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の両凹レンズのアッペ数を、それぞれ表している。以降の実施例においてもこの符号の説明は同様である。

30

40

【 0 0 9 4 】

( 表 4 )

- ( 1 ) ( d 1 2 t - d 1 2 w ) / B f w = 0.072
- ( 2 ) ( d 2 3 w - d 2 3 t ) / B f w = 0.072
- ( 3 ) ( d 1 2 w / d 1 3 w ) = 0.151
- ( 4 ) ( d 2 3 t / d 1 3 t ) = 0.061

50

$$(5) |x_1| / B f w = 1.058$$

$$(6) (-f_2) / B f w = 0.467$$

$$(7) f R 2 a / f R 2 b = 1.016$$

$$(8) R_s / (-f_2) = 0.803$$

$$(9) N_p - N_n = -0.029$$

$$(10) n - p = 11.730$$

【0095】

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、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、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撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図2(b)に示し、第1実施例の望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図4(b)に示す。

10

【0096】

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( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ )を、gはg線( $\lambda = 435.6 \text{ nm}$ )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。なお、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、優れた結像性能を有することがわかる。

20

【0097】

〔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の変倍光学系ZL2は、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2と、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群RG2aと、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群RG2bと、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3とから構成される。この変倍光学系ZL2は、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群FG1と後部分レンズ群FG2との空気間隔は変化し、後部分レンズ群FG2と第1レンズ群RG1との空気間隔が減少し、第1レンズ群RG1と第2a部分レンズ群RG2aとの空気間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2b部分レンズ群RG2bと第3レンズ群RG3との空気間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少するように各レンズ群の間隔が変化し、第2a部分レンズ群RG2aを光軸と直交方向の成分を持つように移動させることにより、手ぶれ発生時の像位置補正を行う。

30

【0098】

前部分レンズ群FG1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FL11と両凸レンズFL12との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズFL13から構成される。後部分レンズ群FG2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FL21、両凹レンズFL22、両凸レンズFL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズFL24から構成され、後部分レンズ群FG2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズFL21は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

40

【0099】

第1レンズ群RG1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RL11と両凸レンズRL12との接合レンズ、及び、両凸レンズRL13から構成される。第2a部分レンズ群RG2aは、物体側から順に、両凹レンズRL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズRL22との接合レンズから構成され、第2a部分レンズ群RG2aの最も物体側に位置する両凹レンズRL21は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。第2b部分レンズ群RG2bは、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズRL23から構成される。第3レンズ群RG3は、

50

物体側から順に、両凸レンズ R L 3 1、両凸レンズ R L 3 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ R L 3 3 との接合レンズから構成され、第 3 レンズ群 R G 3 の最も像側に位置する負メニスカスレンズ R L 3 3 は、像側のレンズ面を非球面形状とするガラスモールド型非球面レンズとなっている。

【 0 1 0 0 】

開口絞り S は、後部分レンズ群 F G 2 と第 1 レンズ群 R G 1 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 1 レンズ群 R G 1 とともに移動する。遠距離から近距離へのフォーカシングは、後部分レンズ群 F G 2 を物体方向に移動させて行う。

【 0 1 0 1 】

この第 2 実施例の広角端状態においては、防振補正係数は 1 . 0 9 であり、焦点距離は 1 8 . 4 ( m m ) であるので、1 . 5 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の移動量は 0 . 4 4 ( m m ) である。また、この第 2 実施例の望遠端状態においては、防振補正係数は 1 . 8 1 であり、焦点距離は 1 0 2 . 5 ( m m ) であるので、0 . 6 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の移動量は 0 . 5 9 ( m m ) である。

10

【 0 1 0 2 】

以下の表 5 に、第 2 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 1 0 3 】

( 表 5 )

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	141.9672	1.8000	23.78	1.846660
2	59.7282	7.1441	63.88	1.612832
3	-804.2555	0.1000		
4	48.3636	4.4150	49.99	1.753624
5	134.2879	(d1)		
*6	82.4998	0.2000	38.09	1.553890
7	67.3309	1.0000	50.68	1.765402
8	12.0115	6.3636		
9	-27.7455	1.0000	37.22	1.832009
10	30.1271	0.7433		
11	27.3964	5.4311	23.01	1.848138
12	-24.9508	0.8224		
13	-20.1588	1.0028	37.28	1.831988
14	-77.9331	(d2)		
15	0.0000	1.1000		
16	25.6704	1.7500	23.78	1.846660
17	14.9708	4.0262	53.27	1.519000
18	-77.3730	0.2000		
19	26.5715	2.6614	80.31	1.507189
20	-108.7086	(d3)		
*21	-48.1707	0.1500	38.09	1.553890
22	-50.0223	1.0000	37.16	1.834000
23	16.6138	2.8272	25.43	1.805181
24	142.9395	4.6000		
25	-17.7429	1.0000	54.65	1.729242
26	-23.9790	(d4)		
27	49.0756	5.5104	66.05	1.494951
28	-20.6592	0.2115		
29	32.8049	7.1815	70.41	1.487490
30	-15.5785	1.4000	40.78	1.806100

20

30

40

50

\*31 -656.8808 (Bf)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f =	18.4	~ 55.0	~ 102.5
FNO =	3.6	~ 5.1	~ 5.8
	= 38.7	~ 13.9	~ 7.6
像高 =	14.0	~ 14.0	~ 14.0
全長 =	128.696	~ 160.617	~ 179.982
Bf =	39.591	~ 61.928	~ 74.550

10

【各レンズ群の焦点距離】

レンズ群	始面	焦点距離
F G 1	1	77.537
F G 2	6	-12.500
R G 1	15	25.028
R G 2	21	-27.950
R G 3	27	29.989

【フロントレンズ群 F G とリアレンズ群 R G の焦点距離】

レンズ群	始面	広角端	中間焦点距離	望遠端
F G	1	-17.198	-28.191	-42.380
R G	15	29.655	29.105	28.925

20

【0 1 0 4】

この第2実施例において、第6面、第21面、及び、第31面の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、すなわち円錐定数及び各非球面定数 A4 ~ A10の値を示す。

【0 1 0 5】

(表6)

		A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	14.0947	1.46960E-05	-6.48040E-08	1.01710E-10	-3.11160E-14
第21面	0.9876	1.37770E-05	-2.43220E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
第31面	674.6493	1.01750E-05	-3.17940E-08	4.90920E-11	-9.15600E-13

30

【0 1 0 6】

この第2実施例において、前部分レンズ群 F G 1 と後部分レンズ群 F G 2 との軸上空気間隔 d 1、後部分レンズ群 F G 2 と第1レンズ群 R G 1 との軸上空気間隔 d 2、第1レンズ群 R G 1 と第2レンズ群 R G 2 との軸上空気間隔 d 3、第2レンズ群 R G 2 と第3レンズ群 R G 3 との軸上空気間隔 d 4 は、ズーミングに際して変化する。次の表7に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔を示す。

【0 1 0 7】

(表7)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.805	23.781	35.292
d2	17.359	4.967	0.200
d3	2.400	4.774	5.300
d4	3.900	1.526	1.000

40

【0 1 0 8】

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。

【0 1 0 9】

(表8)

(1) (d 1 2 t - d 1 2 w) / B f w = 0.073

50

$$(2) (d_{23w} - d_{23t}) / Bfw = 0.073$$

$$(3) (d_{12w} / d_{13w}) = 0.151$$

$$(4) (d_{23t} / d_{13t}) = 0.063$$

$$(5) |x_1| / Bfw = 0.883$$

$$(6) (-f_2) / Bfw = 0.706$$

$$(7) f_{R2a} / f_{R2b} = 0.403$$

$$(8) R_s / (-f_2) = 0.594$$

$$(9) N_p - N_n = -0.029$$

$$(10) n - p = 11.730$$

【0110】

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、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、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撮影状態において、 $1.50^\circ$ の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図6(b)に示し、第2実施例の望遠端状態での無限遠撮影状態において $0.60^\circ$ の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図8(b)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。

【0111】

〔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。なお、この第3実施例は参考例として示す。この図9の変倍光学系ZL3は、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2と、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2レンズ群RG2と、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3とから構成される。この変倍光学系ZL2は、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群FG1と後部分レンズ群FG2との空気間隔が増大し、後部分レンズ群FG2と第1レンズ群RG1との空気間隔が減少し、第1レンズ群RG1と第2レンズ群RG2との空気間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2レンズ群RG2と第3レンズ群RG3との空気間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少するように各レンズ群の間隔が変化し、第2レンズ群RG2を光軸と直交方向の成分を持つように移動させることにより、手ぶれ発生時の像位置補正を行う。

【0112】

前部分レンズ群FG1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FL11と両凸レンズFL12との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズFL13から構成される。後部分レンズ群FG2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FL21、両凹レンズFL22、両凸レンズFL23、及び、両凹レンズFL24から構成され、後部分レンズ群FG2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズFL21は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

【0113】

第1レンズ群RG1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RL11と両凸レンズRL12との接合レンズ、及び、両凸レンズRL13から構成される。第2レンズ群RG2は、物体側から順に、両凹レンズRL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズRL22との接合レンズから構成され、第2レンズ群RG2の最も物体側に位置する両凹レンズRL21は、物体側のレンズ面を非球面形状とするガラスモールド型非球面レンズとなっている。第3レンズ群RG3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズRL31、両凸レンズRL32、及び、両凸レンズRL33と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズRL34との接合レンズから構成され、第3レンズ群RG3の物体側から2枚目の両凸正レンズRL32は、像側のレンズ面を非球面形状とするガラスモールド型非球面レンズとなっている。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 4 】

開口絞り S は、後部分レンズ群 F G 2 と第 1 レンズ群 R G 1 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 1 レンズ群 R G 1 とともに移動する。フレア絞り F S は、第 2 レンズ群 R G 2 と第 3 レンズ群 R 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 2 レンズ群 R G 2 とともに移動する。遠距離から近距離へのフォーカシングは、後部分レンズ群 F G 2 を物体方向に移動させて行う。

【 0 1 1 5 】

この第 3 実施例の広角端状態においては、防振補正係数は 1 . 3 6 であり、焦点距離は 1 8 . 4 ( m m ) であるので、 1 . 5 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 レンズ群 R G 2 の移動量は 0 . 3 5 ( m m ) である。また、この第 3 実施例の望遠端状態においては、防振補正係数は 2 . 0 7 であり、焦点距離は 1 0 2 . 5 ( m m ) であるので、 0 . 6 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 レンズ群 R G 2 の移動量は 0 . 5 2 ( m m ) である。

10

【 0 1 1 6 】

以下の表 9 に、第 3 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 1 1 7 】

(表 9)

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	168.5241	1.8000	23.78	1.846660
2	63.9191	7.2344	60.67	1.603110
3	-300.0632	0.1000		
4	46.7411	4.4000	55.52	1.696800
5	136.3067	(d1)		
*6	103.2719	0.2000	38.09	1.553890
7	90.0000	1.2500	42.72	1.834810
8	11.9191	5.6078		
9	-56.6965	1.0000	42.72	1.834810
10	30.5436	0.3053		
11	21.3769	5.4731	23.78	1.846660
12	-30.9544	0.3000		
13	-25.6945	1.0000	42.72	1.834810
14	127.3435	(d2)		
15	0.0000	0.4000		
16	26.9094	1.0000	25.43	1.805180
17	14.3402	4.1000	64.11	1.516800
18	-54.4001	0.2000		
19	28.1865	2.7770	82.56	1.497820
20	-48.6011	(d3)		
*21	-42.8743	1.0000	40.94	1.806100
22	15.6173	2.4000	23.78	1.846660
23	61.0904	3.0000		1.000000
24	0.0000	(d4)		
25	-18.2298	1.0000	70.40	1.487490
26	-33.1351	0.1000		
27	53.1321	5.8599	61.18	1.589130
*28	-19.8760	0.5000		
29	49.8623	7.2500	70.44	1.487490
30	-15.8905	1.4000	34.96	1.801000
31	-831.5220	(Bf)		

20

30

40

広角端                      中間焦点距離                      望遠端

50

f = 18.4	~	54.0	~	102.5
FNO = 3.7	~	5.1	~	5.9
= 38.6	~	14.0	~	7.6
像高 = 14.0	~	14.0	~	14.0
全長 = 131.999	~	158.787	~	176.078
Bf = 38.400	~	56.889	~	67.200

[ 各レンズ群の焦点距離 ]

レンズ群 始面 焦点距離

F G 1	1	76.048
F G 2	6	-12.255
R G 1	15	22.167
R G 2	21	-32.817
R G 3	25	41.054

10

[ フロントレンズ群 F G とリアレンズ群 R G の焦点距離 ]

レンズ群	始面	広角端	中間焦点距離	望遠端
F G	1	-16.844	-27.345	-41.734
R G	15	30.713	29.022	28.174

【 0 1 1 8 】

この第3実施例において、第6面、第21面、及び、第28面の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、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 1 1 9 】

(表10)

		A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	24.2949	2.55426E-06	-2.76351E-08	2.37730E-11	-3.74852E-14
第21面	-4.6845	-3.66407E-06	2.99667E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
第28面	0.9199	1.18820E-05	1.03377E-08	1.69107E-11	-4.18115E-13

20

【 0 1 2 0 】

この第3実施例において、前部分レンズ群F G 1と後部分レンズ群F G 2との軸上空気間隔d1、後部分レンズ群F G 2と第1レンズ群R G 1との軸上空気間隔d2、第1レンズ群R G 1と第2レンズ群R G 2との軸上空気間隔d3、第2レンズ群R G 2と第3レンズ群R G 3との軸上空気間隔d4は、ズーミングに際して変化する。次の表11に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔を示す。

【 0 1 2 1 】

(表11)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.790	23.037	34.787
d2	20.718	7.770	3.000
d3	2.032	6.185	7.782
d4	9.402	5.249	3.652

30

40

【 0 1 2 2 】

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。なお、この第3実施例では、条件式(8)~(10)における第2a部分レンズR G 2aは、第2レンズ群R G 2に相当し、R sは第2レンズ群R G 2の接合レンズの接合面の曲率半径を、N pは第2レンズ群R G 2の正メニスカスレンズのd線に対する屈折率を、N nは第2レンズ群R G 2の両凹レンズのd線に対する屈折率を、pは第2レンズ群R G 2の正メニスカスレンズのアップ数を、nは第2レンズ群R G 2の両凹レンズのアップ数を、それぞれ表している。

50



## 【 0 1 2 3 】

(表 1 2)

( 1 )  $( d_{12t} - d_{12w} ) / B f w = 0.150$

( 2 )  $( d_{23w} - d_{23t} ) / B f w = 0.150$

( 3 )  $( d_{12w} / d_{13w} ) = 0.114$

( 4 )  $( d_{23t} / d_{13t} ) = 0.205$

( 5 )  $| x_1 | / B f w = 0.750$

( 6 )  $( - f_2 ) / B f w = 0.855$

( 7 )  $f_{R2a} / f_{R2b} = ( \text{なし} )$

( 8 )  $R_s / ( - f_2 ) = 0.476$

( 9 )  $N_p - N_n = 0.041$

( 10 )  $n - p = 17.160$

## 【 0 1 2 4 】

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、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、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撮影状態において、 $1.50^\circ$ の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図10(b)に示し、第3実施例の望遠端状態での無限遠撮影状態において $0.60^\circ$ の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図12(b)に示す。各収差図から明らかなように、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。

## 【 0 1 2 5 】

〔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の変倍光学系ZL4は、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2と、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群RG2aと、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群RG2bと、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3とから構成される。この変倍光学系ZL4は、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群FG1と後部分レンズ群FG2との空気間隔は変化し、後部分レンズ群FG2と第1レンズ群RG1との空気間隔が減少し、第1レンズ群RG1と第2a部分レンズ群RG2aとの空気間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2b部分レンズ群RG2bと第3レンズ群RG3との空気間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少するように各レンズ群の間隔が変化し、第2a部分レンズ群RG2aを光軸と直交方向の成分を持つように移動させることにより、手ぶれ発生時の像位置補正を行う。

## 【 0 1 2 6 】

前部分レンズ群FG1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FL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズFL12との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズFL13から構成される。後部分レンズ群FG2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FL21、両凹レンズFL22、両凸レンズFL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズFL24から構成され、後部分レンズ群FG2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズFL21は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

## 【 0 1 2 7 】

第1レンズ群RG1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RL11と両凸レンズRL12との接合レンズ、及び、両凸レンズRL13から構成される。第2a部分レンズ群RG2aは、物体側から順に、両凹レンズRL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズRL22との接合レンズから構成され、第2a部分レンズ群RG2aの最も物体側に位置する両凹レンズRL21は、物体側のレンズ面を非球面形状とするガラスモールド型非球面レンズとなっている。第2b部分レンズ群RG2bは、物

10

20

30

40

50

体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ R L 2 3 から構成される。第 3 レンズ群 R G 3 は、物体側から順に、両凸レンズ R L 3 1、及び、両凸レンズ R L 3 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ R L 3 3 との接合レンズから構成され、第 3 レンズ群 R G 3 の最も物体側に位置する両凸レンズ R L 3 1 は、像側のレンズ面を非球面形状とするガラスモールド型非球面レンズとなっている。

【 0 1 2 8 】

開口絞り S は、後部分レンズ群 F G 2 と第 1 レンズ群 R G 1 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 1 レンズ群 R G 1 とともに移動する。遠距離から近距離へのフォーカシングは、後部分レンズ群 F G 2 を物体方向に移動させて行う。

【 0 1 2 9 】

この第 4 実施例の広角端状態においては、防振補正係数は 0 . 9 6 であり、焦点距離は 1 8 . 4 ( m m ) であるので、1 . 5 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の移動量は 0 . 5 0 ( 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、防振補正係数は 1 . 6 9 であり、焦点距離は 1 3 1 . 2 ( m m ) であるので、0 . 6 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 a 部分レンズ群 R G 2 a の移動量は 0 . 8 1 ( m m ) である。

【 0 1 3 0 】

以下の表 1 3 に、第 4 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 1 3 1 】

(表 1 3)

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	112.1569	1.8000	23.78	1.846660
2	58.9628	6.8193	65.36	1.603576
3	134933.2300	0.1000		
4	46.6226	4.4150	58.17	1.656160
5	126.2737	(d1)		
*6	79.1072	0.2000	38.09	1.553890
7	65.0000	1.2500	41.28	1.833557
8	12.4412	6.3645		
9	-30.7007	1.0000	37.30	1.832041
10	37.1726	0.5656		
11	28.6372	5.0654	21.89	1.851566
12	-27.5478	0.8229		
13	-19.8405	1.0028	42.62	1.833884
14	-83.9641	(d2)		
15	0.0000	0.4000		
16	33.4879	1.7500	23.78	1.846660
17	19.6805	4.1226	69.81	1.520350
18	-30.3359	0.2000		
19	24.3031	2.5692	82.50	1.498000
20	-507.4183	(d3)		
*21	-63.2689	1.0600	42.51	1.834032
22	21.8379	2.3208	23.80	1.846000
23	90.2702	4.6000		
24	-15.3335	1.0000	54.66	1.729157
25	-27.1645	(d4)		
26	97.9379	5.6102	63.18	1.536981
*27	-16.7260	0.2000		
28	54.2066	6.4592	64.41	1.513811
29	-15.9610	1.4000	35.86	1.837905

10

20

30

40

50

30 -160.0000 (Bf)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f =	18.4	~ 56.3	~ 131.2
FNO =	3.7	~ 5.1	~ 5.8
	= 38.7	~ 13.7	~ 6.0
像高 =	14.0	~ 14.0	~ 14.0
全長 =	127.748	~ 159.282	~ 185.685
Bf =	39.272	~ 60.150	~ 77.217

10

【各レンズ群の焦点距離】

レンズ群	始面	焦点距離
F G 1	1	80.846
F G 2	6	-12.289
R G 1	15	21.900
R G 2	21	-22.542
R G 3	26	29.108

【フロントレンズ群 F G とリアレンズ群 R G の焦点距離】

レンズ群	始面	広角端	中間焦点距離	望遠端
F G	1	-16.892	-27.528	-47.980
R G	15	30.011	28.413	27.845

20

【0 1 3 2】

この第4実施例において、第6面、第21面、及び、第27面の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、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【0 1 3 3】

(表14)

	A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	24.8303	9.11840E-06	-6.69300E-08	1.74540E-10
第21面	-0.4549	4.72520E-06	-8.61830E-09	0.00000E+00
第27面	0.3588	-4.67110E-07	-1.27860E-09	-1.10550E-10

30

【0 1 3 4】

この第4実施例において、前部分レンズ群F G 1と後部分レンズ群F G 2との軸上空気間隔d1、後部分レンズ群F G 2と第1レンズ群R G 1との軸上空気間隔d2、第1レンズ群R G 1と第2レンズ群R G 2との軸上空気間隔d3、第2レンズ群R G 2と第3レンズ群R G 3との軸上空気間隔d4は、ズーミングに際して変化する。次の表15に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔を示す。

【0 1 3 5】

(表15)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.749	24.474	39.858
d2	18.616	6.547	0.500
d3	2.200	5.386	6.213
d4	4.813	1.627	0.800

40

【0 1 3 6】

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 3 7】

(表16)

(1)  $(d_{21t} - d_{21w}) / Bfw = 0.102$ 

50

$$(2) (d_{23w} - d_{23t}) / Bfw = 0.102$$

$$(3) (d_{12w} / d_{13w}) = 0.138$$

$$(4) (d_{23t} / d_{13t}) = 0.050$$

$$(5) |x_1| / Bfw = 0.966$$

$$(6) (-f_2) / Bfw = 0.574$$

$$(7) f_{R2a} / f_{R2b} = 0.899$$

$$(8) R_s / (-f_2) = 0.969$$

$$(9) N_p - N_n = 0.012$$

$$(10) n - p = 18.710$$

【0138】

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、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、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撮影状態において、 $1.50^\circ$ の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図14(b)に示し、第4実施例の望遠端状態での無限遠撮影状態において $0.60^\circ$ の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図16(b)に示す。各収差図から明らかなように、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、優れた結像性能を有することがわかる。

【0139】

〔第5実施例〕

図17は、第5実施例に係る変倍光学系ZL5の構成を示す図である。この図17の変倍光学系ZL5は、物体側から順に、正の屈折力を有する前部分レンズ群FG1と、負の屈折力を有する後部分レンズ群FG2と、正の屈折力を有する第1レンズ群RG1と、負の屈折力を有する第2a部分レンズ群RG2aと、負の屈折力を有する第2b部分レンズ群RG2bと、正の屈折力を有する第3レンズ群RG3とから構成される。この変倍光学系ZL5は、広角端状態から望遠端状態にレンズ位置状態が変化する際に、前部分レンズ群FG1と後部分レンズ群FG2との空気間隔は変化し、後部分レンズ群FG2と第1レンズ群RG1との空気間隔が減少し、第1レンズ群RG1と第2a部分レンズ群RG2aとの空気間隔は $d_{12w}$ から $d_{12t}$ に増大し、第2b部分レンズ群RG2bと第3レンズ群RG3との空気間隔は $d_{23w}$ から $d_{23t}$ に減少するように各レンズ群の間隔が変化し、第2a部分レンズ群RG2aを光軸と直交方向の成分を持つように移動させることにより、手ぶれ発生時の像位置補正を行う。

【0140】

前部分レンズ群FG1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FL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズFL12との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズFL13から構成される。後部分レンズ群FG2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FL21、両凹レンズFL22、両凸レンズFL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズFL24から構成され、後部分レンズ群FG2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズFL21は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

【0141】

第1レンズ群RG1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RL11と両凸レンズRL12との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズRL13から構成される。第2a部分レンズ群RG2aは、物体側から順に、両凹レンズRL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズRL22との接合レンズから構成され、第2a部分レンズ群RG2aの最も物体側に位置する両凹レンズRL21は、物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。第2b部分レンズ群RG2bは、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズRL23から構成される。第3レンズ群RG3は、物体側から順に、両凸レンズRL31、及び、両凸レンズRL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズRL33との接合レンズから構成さ

10

20

30

40

50

れ、第3レンズ群RG3の最も像側に位置する負メニスカスレンズRL33は、像側のレンズ面を非球面形状とするガラスモールド型非球面レンズとなっている。

【0142】

開口絞りSは、後部分レンズ群FG2と第1レンズ群RG1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1レンズ群RG1とともに移動する。遠距離から近距離へのフォーカシングは、後部分レンズ群FG2を物体方向に移動させて行う。

【0143】

この第5実施例の広角端状態においては、防振補正係数は1.01であり、焦点距離は16.4(mm)であるので、1.50°の回転ぶれを補正するための第2a部分レンズ群RG2aの移動量は0.43(mm)である。また、この第5実施例の望遠端状態においては、防振補正係数は1.81であり、焦点距離は102.0(mm)であるので、0.60°の回転ぶれを補正するための第2a部分レンズ群RG2aの移動量は0.59(mm)である。

10

【0144】

以下の表17に、第5実施例の諸元の値を掲げる。

【0145】

(表17)

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	153.8859	1.8000	23.78	1.846660
2	57.0964	7.0870	61.28	1.630009
3	3646.5256	0.1000		
4	48.8123	4.4150	46.65	1.815470
5	138.1872	(d1)		
*6	99.0907	0.2000	38.09	1.553890
7	69.8084	1.0000	44.24	1.825495
8	11.3523	6.3636		
9	-26.7608	1.0000	42.60	1.834000
10	37.8660	0.5309		
11	29.7415	5.0776	22.93	1.848386
12	-24.9665	0.8398		
13	-20.4861	1.0028	37.93	1.832305
14	-62.1035	(d2)		
15	0.0000	1.1000		
16	28.8737	1.7500	23.78	1.846660
17	17.2050	4.1402	59.42	1.519000
18	-28.5208	0.2000		
19	22.7031	2.3510	82.49	1.498000
20	150.0469	(d3)		
*21	-41.4874	0.1500	38.09	1.553890
22	-36.4874	1.0000	37.16	1.834000
23	15.4285	3.0254	25.43	1.805181
24	480.3477	4.5000		
25	-19.6899	1.0000	40.29	1.820865
26	-51.7953	(d4)		
27	39.2092	5.9232	69.65	1.494313
28	-19.8633	0.6672		
29	41.5729	7.0735	70.41	1.487490
30	-15.2714	1.4000	40.78	1.806100
*31	-67.9910	(Bf)		

20

30

40

50

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f =	16.4	~ 55.0	~ 102.0
FNO =	3.6	~ 5.1	~ 5.8
	= 42.0	~ 13.9	~ 7.7
像高 =	14.0	~ 14.0	~ 14.0
全長 =	128.338	~ 164.176	~ 186.292
Bf =	38.199	~ 62.873	~ 78.620

【各レンズ群の焦点距離】

レンズ群 始面 焦点距離

F G 1	1	80.125
F G 2	6	-12.100
R G 1	15	21.900
R G 2	21	-18.488
R G 3	27	24.700

10

【フロントレンズ群 F G とリアレンズ群 R G の焦点距離】

レンズ群	始面	広角端	中間焦点距離	望遠端
F G	1	-16.109	-27.263	-39.344
R G	15	31.004	30.007	29.700

20

【0 1 4 6】

この第5実施例において、第6面、第21面、及び、第31面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表18に、非球面のデータ、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【0 1 4 7】

(表18)

	A 4	A 6	A 8	A 10	
第6面	-157.1928	4.52590E-05	-2.08030E-07	7.04390E-10	-1.27000E-12
第21面	9.3216	3.11160E-05	3.26730E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
第31面	-1.2227	1.38530E-05	6.33000E-09	-1.41840E-10	1.56520E-13

30

【0 1 4 8】

この第5実施例において、前部分レンズ群 F G 1 と後部分レンズ群 F G 2 との軸上空気間隔 d 1、後部分レンズ群 F G 2 と第1レンズ群 R G 1 との軸上空気間隔 d 2、第1レンズ群 R G 1 と第2レンズ群 R G 2 との軸上空気間隔 d 3、第2レンズ群 R G 2 と第3レンズ群 R G 3 との軸上空気間隔 d 4 は、ズーミングに際して変化する。次の表19に広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔を示す。

【0 1 4 9】

(表19)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.709	26.331	37.251
d2	18.207	4.749	0.200
d3	2.525	5.050	5.525
d4	4.000	1.475	1.000

40

【0 1 5 0】

次の表20に、この第5実施例における各条件式対応値を示す。

【0 1 5 1】

(表20)

- (1)  $(d_{12t} - d_{12w}) / Bfw = 0.079$   
 (2)  $(d_{23w} - d_{23t}) / Bfw = 0.079$   
 (3)  $(d_{12w} / d_{13w}) = 0.156$

50

$$(4) (d_{23t} / d_{13t}) = 0.062$$

$$(5) |x_1| / Bfw = 1.058$$

$$(6) (-f_2) / Bfw = 0.484$$

$$(7) f_{R2a} / f_{R2b} = 1.032$$

$$(8) R_s / (-f_2) = 0.835$$

$$(9) N_p - N_n = -0.029$$

$$(10) n - p = 11.730$$

【0152】

この第5実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図18(a)に、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図19に、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図20(a)に示す。また、第5実施例の広角端状態での無限遠撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図18(b)に示し、第5実施例の望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図を図20(b)に示す。各収差図から明らかなように、第5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。

【図面の簡単な説明】

【0153】

【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。

【図2】第1実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態における諸収差図であり、(b)は広角端状態での無限遠撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図3】第1実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図4】第1実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は望遠端状態における諸収差図であり、(b)は望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図5】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6】第2実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態における諸収差図であり、(b)は広角端状態での無限遠撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図7】第2実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図8】第2実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は望遠端状態における諸収差図であり、(b)は望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図9】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10】第3実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態における諸収差図であり、(b)は広角端状態での無限遠撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図11】第3実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図12】第3実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は望遠端状態における諸収差図であり、(b)は望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図13】第4実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図14】第4実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態における諸収差図であり、(b)は広角端状態での無限遠撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図15】第4実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図16】第4実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は望遠端状態における諸収差図であり、(b)は望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

10

20

30

40

50

【図17】第5実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図18】第5実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態における諸収差図であり、(b)は広角端状態での無限遠撮影状態において1.50°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図19】第5実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図20】第5実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は望遠端状態における諸収差図であり、(b)は望遠端状態での無限遠撮影状態において0.60°の回転ぶれに対するぶれ補正を行った時のメリディオナル横収差図である。

【図21】本発明に係る変倍光学系を搭載する電子スチルカメラを示し、(a)は正面図であり、(b)は背面図である。

【図22】図21(a)のA-A線に沿った断面図である。

【符号の説明】

【0154】

ZL(ZL1~ZL5) 変倍光学系

FG フロントレンズ群 FG1 前部分レンズ群 FG2 後部分レンズ群

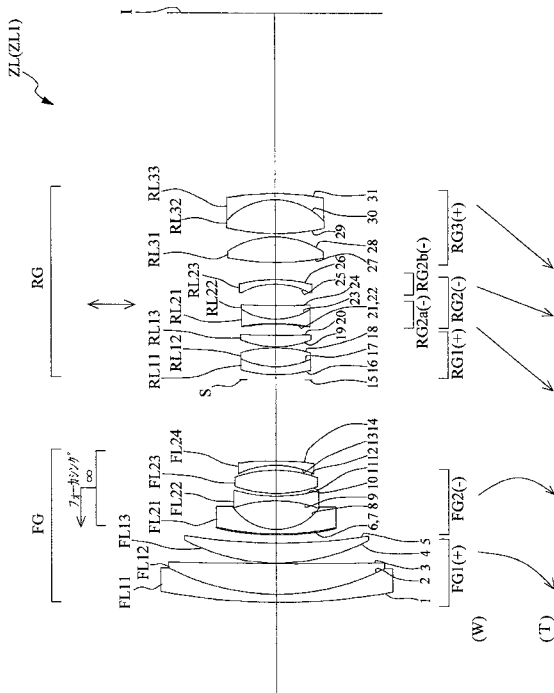
RG リアレンズ群 RG1 第1レンズ群 RG2 第2レンズ群

RG2a 第2a部分レンズ群 RG2b 第2b部分レンズ群

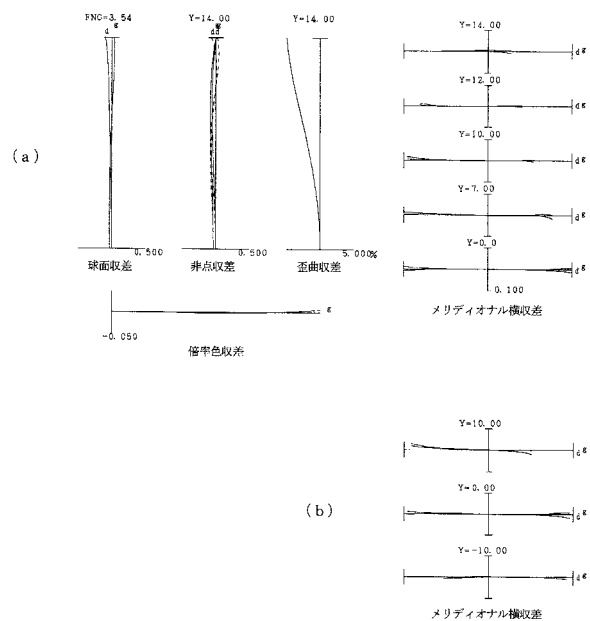
RG3 第3レンズ群 S 開口絞り

1 電子スチルカメラ(光学機器)

【図1】

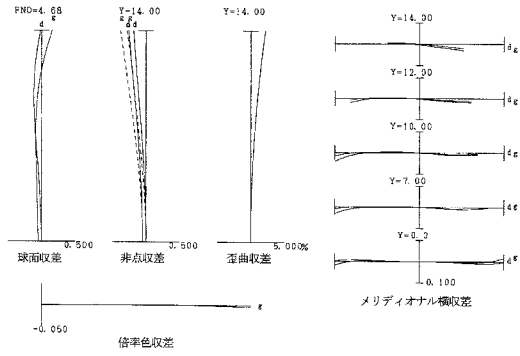


【図2】

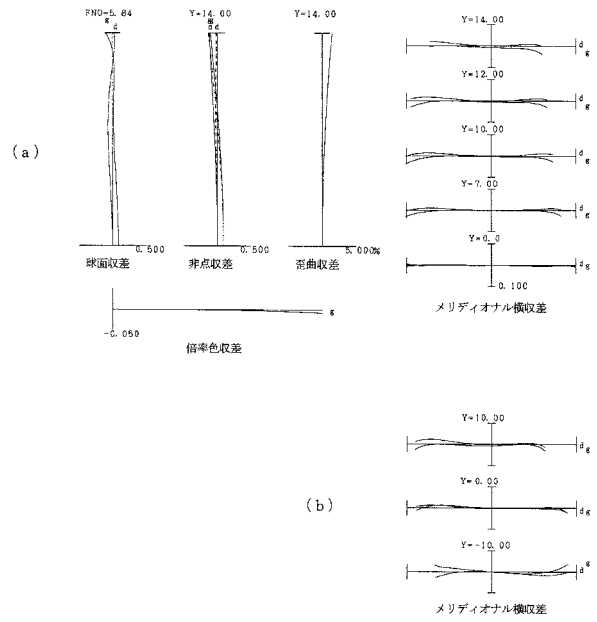




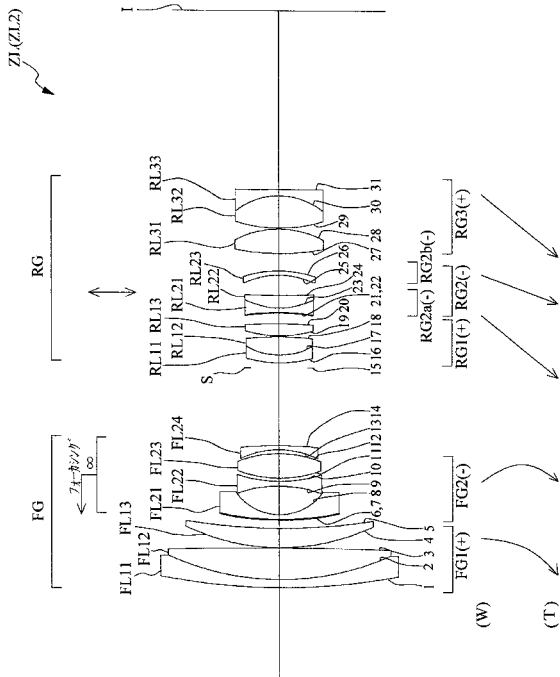
【図3】



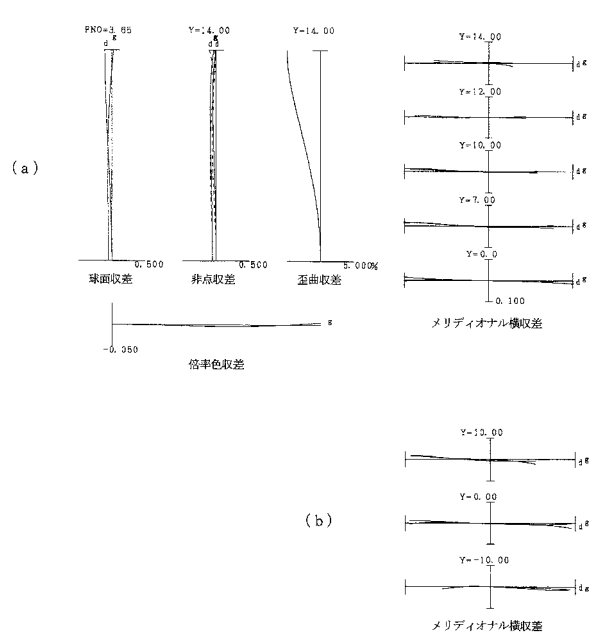
【図4】



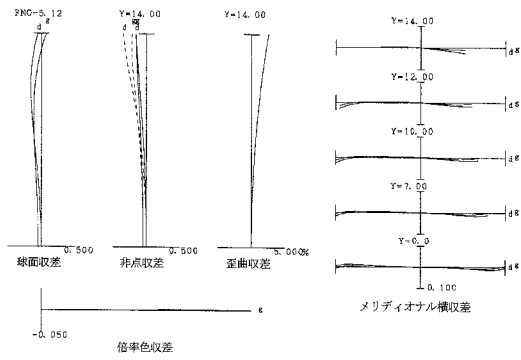
【図5】



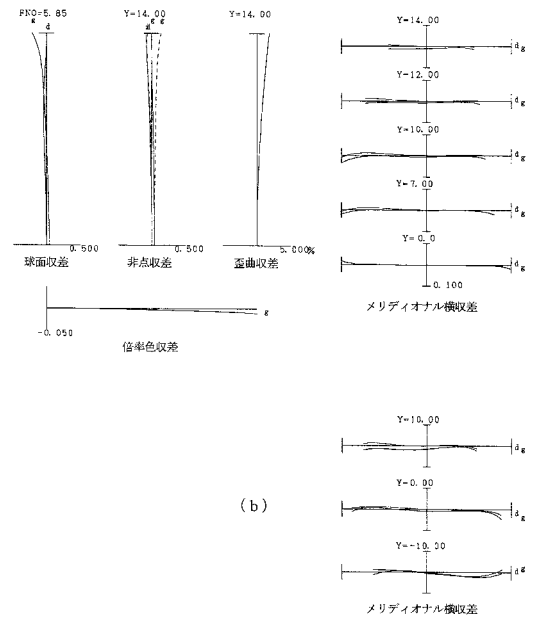
【図6】



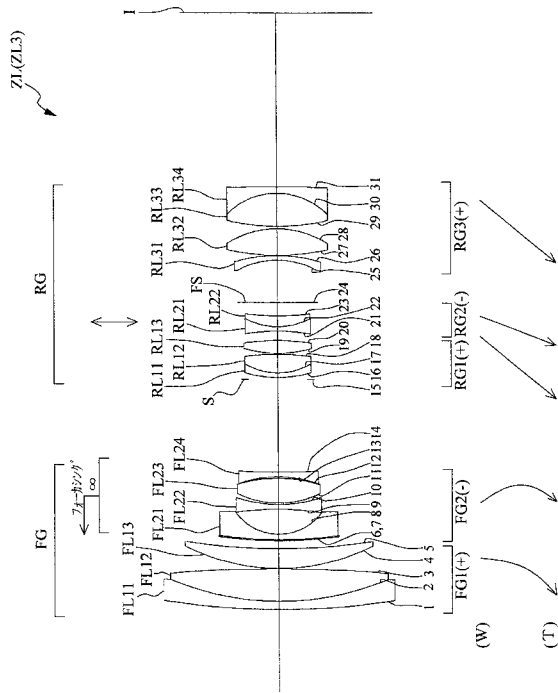
【図7】



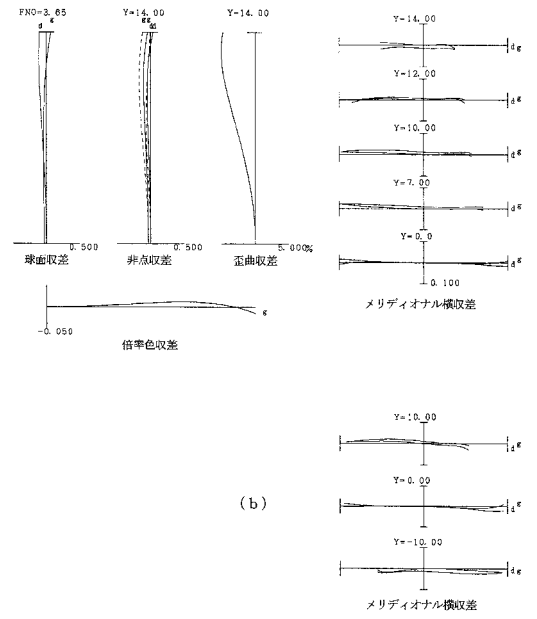
【図8】



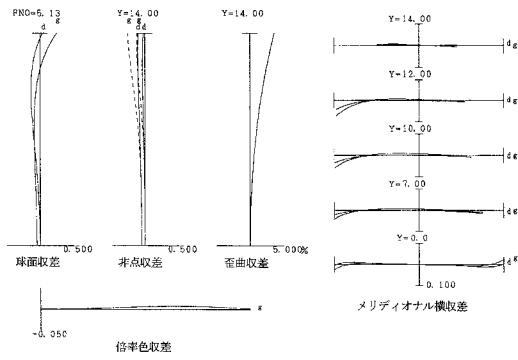
【図9】



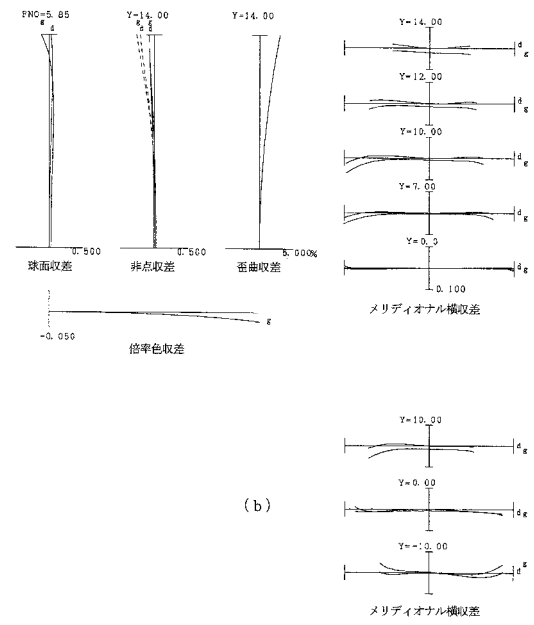
【図10】



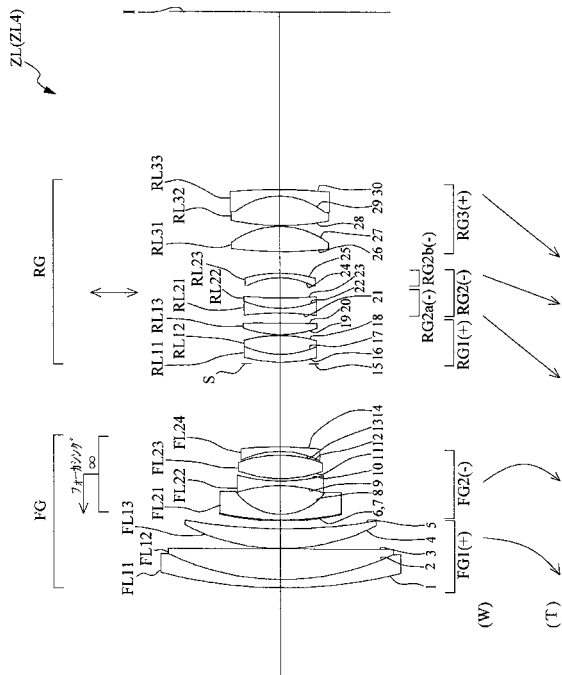
【図11】



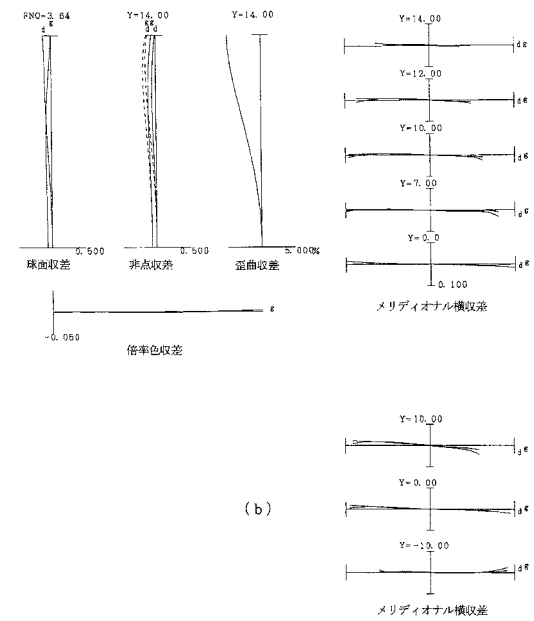
【図12】



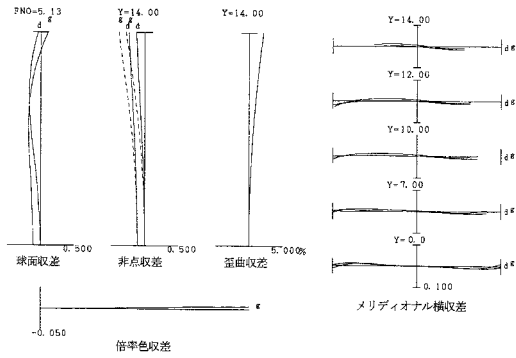
【図13】



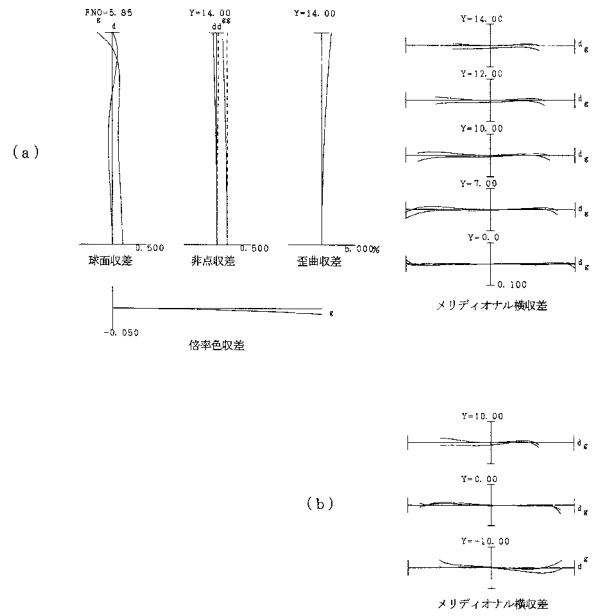
【図14】



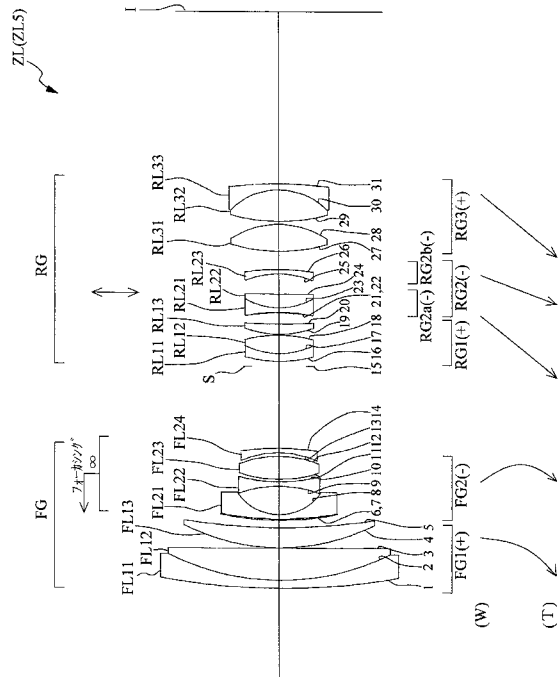
【図15】



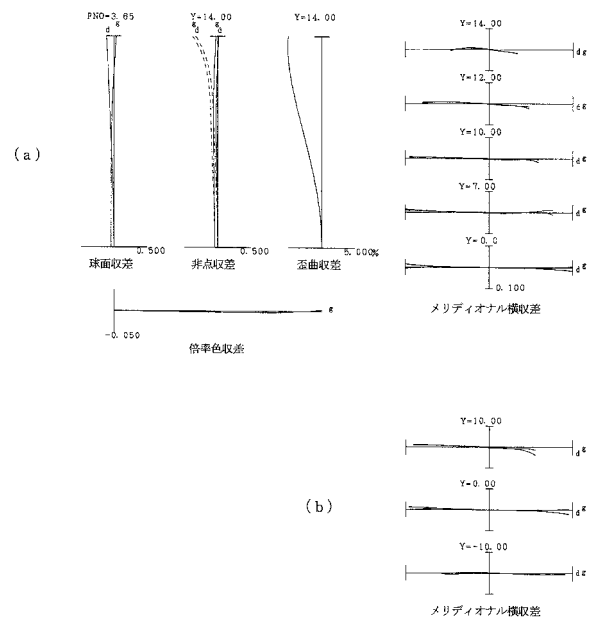
【図16】



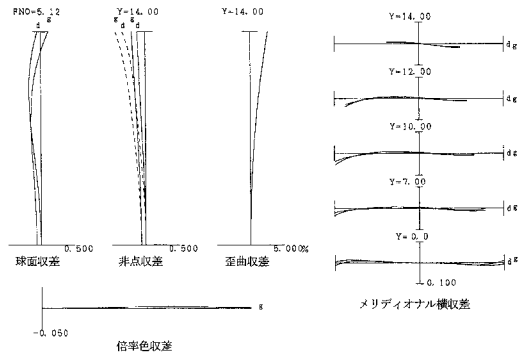
【図17】



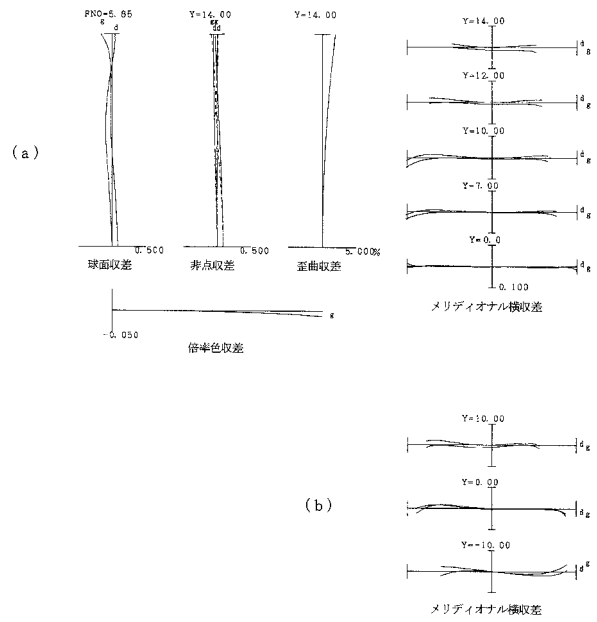
【図18】



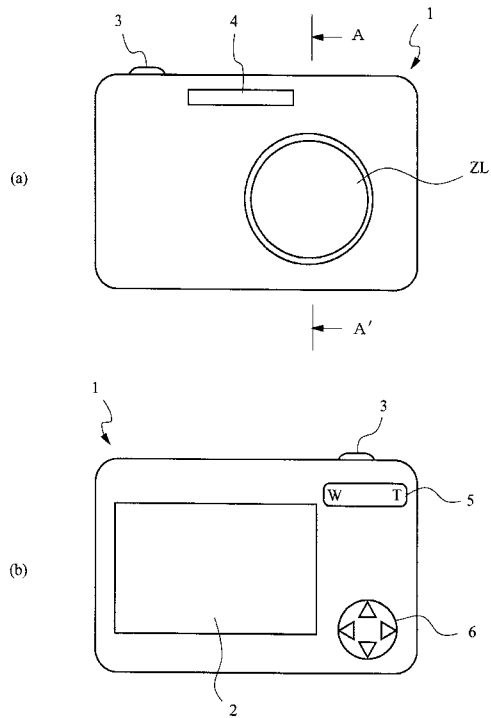
【図19】



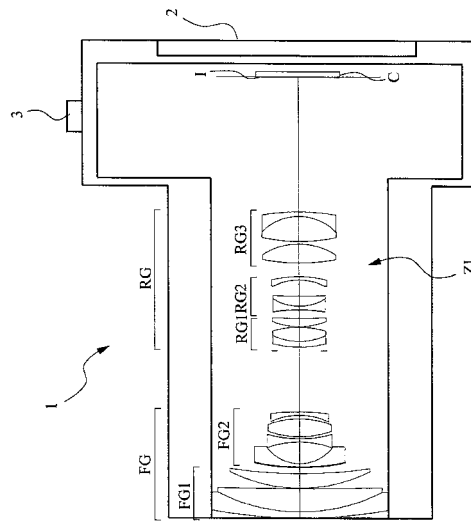
【図20】



【図21】



【図22】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-175324(JP,A)  
特開2003-050350(JP,A)  
特開2002-107625(JP,A)  
特開2005-284097(JP,A)  
特開平10-090601(JP,A)  
特開2008-003511(JP,A)  
特開2006-234892(JP,A)  
特開2006-349947(JP,A)  
特開2006-085155(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