

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5115718号
(P5115718)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 19 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2008-89060 (P2008-89060)
 (22) 出願日 平成20年3月31日 (2008.3.31)
 (65) 公開番号 特開2009-244445 (P2009-244445A)
 (43) 公開日 平成21年10月22日 (2009.10.22)
 審査請求日 平成23年1月27日 (2011.1.27)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100140800
 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、
 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、
 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、実質的に5個のレンズ群からなり、
 前記第4レンズ群は、物体側から順に、
 負の屈折力を有する第4aレンズと、
 正の屈折力を有する第4bレンズと、
 負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、

前記第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4BR2とし、前記第4レンズ群の焦点距離をf4としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r4BR2) \times (-f4)) \quad 0.324$$

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、
 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、

10

20

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、実質的に5個のレンズ群からなり、
前記第4レンズ群は、物体側から順に、

負の屈折力を有する第4aレンズと、
正の屈折力を有する第4bレンズと、

負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、

前記第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} 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

$$-1.00 < ((1/r_{4BR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

の条件を満足し、

前記第4aレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4AR2} とし、前記第4bレンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR1} としたとき、次式

$$0.30 < ((1/r_{4AR2}) \times (-f_4)) \quad \underline{1.246}$$

$$0.30 < ((1/r_{4BR1}) \times (-f_4)) < 4.00$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項3】

光軸に沿って、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、

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、実質的に5個のレンズ群からなり、

前記第4レンズ群は、物体側から順に、

負の屈折力を有する第4aレンズと、

正の屈折力を有する第4bレンズと、

負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、

前記第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} 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

$$-1.00 < ((1/r_{4BR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

の条件を満足し、

前記第4aレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4AR2} とし、前記第4bレンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR1} としたとき、次式

$$0.30 < ((1/r_{4AR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

$$0.30 < ((1/r_{4BR1}) \times (-f_4)) \quad \underline{1.291}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項4】

光軸に沿って、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、

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、実質的に5個のレンズ群からなり、

前記第4レンズ群は、物体側から順に、

負の屈折力を有する第4aレンズと、

正の屈折力を有する第4bレンズと、

負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、

前記第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} 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

$$-1.00 < ((1/r_{4BR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

10

20

30

40

50

の条件を満足し、

前記第4aレンズのd線に対する屈折率をN4Aとし、前記第4bレンズのd線に対する屈折率をN4Bとしたとき、次式

$$-0.150 < (N4B - N4A) < \underline{0.045}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項5】

光軸に沿って、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、

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、実質的に5個のレンズ群からなり、

前記第4レンズ群は、物体側から順に、

負の屈折力を有する第4aレンズと、

正の屈折力を有する第4bレンズと、

負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、

前記第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4BR2とし、前記第4レンズ群の焦点距離をf4としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r4BR2) \times (-f4)) < 4.00$$

の条件を満足し、

前記第4aレンズのアッベ数を4Aとし、前記第4bレンズのアッベ数を4Bとしたとき、次式

$$5.00 < (4A - 4B) < \underline{19.00}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項6】

前記第4aレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4AR2とし、前記第4bレンズの物体側のレンズ面の曲率半径をr4BR1としたとき、次式

$$0.30 < ((1/r4AR2) \times (-f4)) < 4.00$$

$$0.30 < ((1/r4BR1) \times (-f4)) < 4.00$$

の条件を満足する請求項1、4、5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項7】

前記第4aレンズのd線に対する屈折率をN4Aとし、前記第4bレンズのd線に対する屈折率をN4Bとしたとき、次式

$$-0.150 < (N4B - N4A) < 0.150$$

の条件を満足する請求項1、2、3、5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項8】

前記第4aレンズのアッベ数を4Aとし、前記第4bレンズのアッベ数を4Bとしたとき、次式

$$5.00 < (4A - 4B) < 30.00$$

の条件を満足する請求項1～4のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項9】

広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との合成焦点距離をfw345とし、前記第4レンズ群の焦点距離をf4としたとき、次式

$$0.10 < (-f4 / fw345) < 1.60$$

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】

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3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔はd34wからd34tに変化し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔はd45wからd45tに変化し、

広角端状態における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との合成

10

20

30

40

50

焦点距離を $f_w 3 4 5$ としたとき、次式

$$0.02 < (d_{34t} - d_{34w}) / f_w 3 4 5 < 0.40$$

$$0.02 < (d_{45w} - d_{45t}) / f_w 3 4 5 < 0.40$$

の条件を満足する請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 1】

前記第4レンズ群は、当該第4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可能に構成された請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 2】

前記第4aレンズは、両凹形状である請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の変倍光学系。 10

【請求項 1 3】

前記第4レンズ群は、前記第4aレンズと前記第4bレンズとを接合した接合レンズとして有し、当該接合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可能に構成された請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 4】

前記第4cレンズは、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズである請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 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に、前記第3レンズ群と前記第5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。 20

【請求項 1 6】

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2レンズ群との間隔は増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は減少し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔は増大し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔は減少する請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 1 7】

前記第4レンズ群より物体側に開口絞りを有する請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の変倍光学系。 30

【請求項 1 8】

請求項 1 ~ 17 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 1 9】

光軸に沿って、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、

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レンズ群とによる、実質的に5個のレンズ群を配置し、

前記第4レンズ群として、物体側から順に、 40

負の屈折力を有する第4aレンズと、

正の屈折力を有する第4bレンズと、

負の屈折力を有する第4cレンズとを配置し、

前記第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} 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

$$-1.00 < ((1/r_{4BR2}) \times (-f_4)) \quad 0.324$$

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。

【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）。

【特許文献1】特開2006-85155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、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。

【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、小型・高変倍であり、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、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、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、実質的に5個のレンズ群からなり、第4レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズと、正の屈折力を有する第4bレンズと、負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4BR2とし、第4レンズ群の焦点距離をf4としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r4BR2) \times (-f4)) \quad 0.324$$

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、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、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、実質的に5個のレンズ群からなり、第4レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズと、正の屈折力を有する第4bレンズと、負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4BR2とし、第4レンズ群の焦点距離をf4としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r4BR2) \times (-f4)) < 4.00$$

の条件を満足し、第4aレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4AR2とし、第4bレンズの物体側のレンズ面の曲率半径をr4BR1としたとき、次式

$$0.30 < ((1/r4AR2) \times (-f4)) \quad 1.246$$

$$0.30 < ((1/r4BR1) \times (-f4)) < 4.00$$

の条件を満足するように構成される。

【0007】

また、第3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、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、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、実質的に5個のレンズ群からなり、第4レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズと、正の屈折力を有する第4bレンズと、負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4BR2とし、第4レンズ群の焦点距離をf4としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r4BR2) \times (-f4)) < 4.00$$

の条件を満足し、第4aレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4AR2とし、第4bレンズ

10

20

30

40

50

の物体側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR1} としたとき、次式

$$\begin{array}{l} 0.30 < ((1/r_{4AR2}) \times (-f_4)) < 4.00 \\ 0.30 < ((1/r_{4BR1}) \times (-f_4)) < 1.291 \end{array}$$

の条件を満足するように構成される。

【0008】

また、第4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、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、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レンズ群により、実質的に5個のレンズ群からなり、第4レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズと、正の屈折力を有する第4bレンズと、負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r_{4BR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

の条件を満足し、第4aレンズのd線に対する屈折率を N_{4A} とし、第4bレンズのd線に対する屈折率を N_{4B} としたとき、次式

$$-0.150 < (N_{4B} - N_{4A}) < 0.045$$

の条件を満足するように構成される。

【0009】

また、第5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、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、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レンズ群により、実質的に5個のレンズ群からなり、第4レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズと、正の屈折力を有する第4bレンズと、負の屈折力を有する第4cレンズと、を有し、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$-1.00 < ((1/r_{4BR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

の条件を満足し、第4aレンズのアッペ数を 4Aとし、第4bレンズのアッペ数を 4Bとしたとき、次式

$$5.00 < (4A - 4B) < 19.00$$

の条件を満足するように構成される。

10

20

30

【0010】

また、第1、第4及び第5の本発明に係る変倍光学系は、第4aレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4AR2} とし、第4bレンズの物体側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR1} としたとき、次式

$$0.30 < ((1/r_{4AR2}) \times (-f_4)) < 4.00$$

$$0.30 < ((1/r_{4BR1}) \times (-f_4)) < 4.00$$

の条件を満足することが好ましい。

【0011】

また、第1～第3及び第5の本発明に係る変倍光学系は、第4aレンズのd線に対する屈折率を N_{4A} とし、第4bレンズのd線に対する屈折率を N_{4B} としたとき、次式

$$-0.150 < (N_{4B} - N_{4A}) < 0.150$$

の条件を満足することが好ましい。

40

【0012】

また、第1～第4の本発明に係る変倍光学系は、第4aレンズのアッペ数を 4Aとし、第4bレンズのアッペ数を 4Bとしたとき、次式

$$5.00 < (4A - 4B) < 30.00$$

の条件を満足することが好ましい。

【0013】

また、このような変倍光学系は、広角端状態における第3レンズ群と第4レンズ群と第5レンズ群との合成焦点距離を $f_w 345$ とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたと

50

き、次式

$$0.10 < (-f_4 / f_w) 345 < 1.60$$

の条件を満足することが好ましい。

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3レンズ群と第4レンズ群との間隔は d_{34w} から d_{34t} に変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔は d_{45w} から d_{45t} に変化し、広角端状態における第3レンズ群と第4レンズ群と第5レンズ群との合成焦点距離を $f_w 345$ としたとき、次式

$$0.02 < (d_{34t} - d_{34w}) / f_w 345 < 0.40$$

$$0.02 < (d_{45w} - d_{45t}) / f_w 345 < 0.40$$

の条件を満足することが好ましい。

10

また、このような変倍光学系において、第4レンズ群は、当該第4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可能に構成されることが好ましい。

また、このような変倍光学系において、第4aレンズは、両凹形状であることが好ましい。

さらに、このような変倍光学系において、第4レンズ群は、第4aレンズと第4bレンズとを接合した接合レンズとして有し、当該接合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可能に構成されることが好ましい。

【0014】

また、このような変倍光学系において、第4cレンズは、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズであることが好ましい。

20

【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にレンズ位置状態が変化する際に、第3レンズ群と第5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。

【0016】

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2レンズ群との間隔は増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔は増大し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔は減少することが好ましい。

30

【0017】

また、このような変倍光学系は、第4レンズ群より物体側に開口絞りを有することが好ましい。

【0018】

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。

【0019】

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、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、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レンズ群とによる、実質的に5個のレンズ群を配置し、第4レンズ群として、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズと、正の屈折力を有する第4bレンズと、負の屈折力を有する第4cレンズとを配置し、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径を r_{4BR2} とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$-1.00 < ((1 / r_{4BR2}) \times (-f_4)) < 0.324$$

の条件を満足する。

40

【発明の効果】

【0020】

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、小型・高変倍なものを得ることができ、かつ、良好な光学性能を得ることができる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【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。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、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。広角端状態から望遠端状態への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔は変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔は変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔は変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔は変化する。
10

【0022】

このような構成とすることにより、第2レンズ群G2に入射する諸光線（例えば、Rand光、軸外光線など）の高さを低くすることができる。これにより、第2レンズ群G2の屈折力を増大させて高変倍化を図りつつ、球面収差、像面湾曲など、諸収差の劣化を小さく抑えることができる。また、第4レンズ群G4において、前後のレンズ群の間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍全域において、像面湾曲を良好に補正することができる。

【0023】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズG4aと、正の屈折力を有する第4bレンズG4bと、負の屈折力を有する第4cレンズG4cとから構成されることが望ましい。一般に、負レンズ群の中の正レンズは収差補正の負荷が大きく、光線の入射高・角度が大きくなると高次の収差が発生し補正が困難となりやすい。本変倍光学系ZLでは、正の屈折力を有する第4bレンズG4bを負の屈折力を有する第4aレンズG4aの像側に配置することにより、第4bレンズG4bにおけるRand光線の入射角を小さくでき、球面収差を良好に補正することが可能である。また、第4bレンズG4bを第4cレンズG4cより物体側に配置することにより、第4bレンズG4bにおける軸外光線の高さを小さくし、像面湾曲・歪曲収差の良好な補正が可能である。なお、これらの第4a～第4cレンズG4a～G4cは、各レンズ同士を接合させても良い。また、第4cレンズG4cの後に、更なるレンズ（例えば、第4dレンズ）などがあっても良い。
20
30

【0024】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、当該第4レンズ群G4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可能に構成されることが望ましい。これにより、像位置の補正が可能となり、比較的小型・軽量なレンズ系のみの偏心により、撮影範囲を容易に変化させることができる。また、手振れ発生による像位置のズレを補正することにより、手振れ補正機能を持たせることができる。

【0025】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第4aレンズG4aは、両凹形状であることが望ましい。この構成とすることにより、Rand光線に対して最小偏角の配置とすることができる、球面収差の補正に適している。
40

【0026】

さらに、本変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、第4aレンズG4aと第4bレンズG4bとを接合した接合レンズとして有し、当該接合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可能に構成されることが望ましい。第4aレンズG4aと第4bレンズG4bとを接合した接合レンズとすることにより、第4aレンズG4aと第4bレンズG4bの相互偏心の変化を小さくすることができ、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。また、接合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可能とすることにより、本変倍光学系ZLの像位置を変化させ、手振れ補正機能を持たせることができる。また、接合レンズを偏心群とすることにより、手振れ発生時の像
50

位置補正の為に偏心させた際の色収差及びコマ収差などを良好に補正することが可能となる。

【0027】

また、本変倍光学系ZLにおいて、第4cレンズG4cは、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズであることが望ましい。これにより、望遠端におけるコマ収差及び広角端における像面湾曲の良好な補正が可能となる。

【0028】

また、本変倍光学系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3レンズ群G3と第5レンズ群G5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。広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第3レンズ群G3と第5レンズ群G5を物体方向に移動することにより、広角端状態での全長の小型化と、諸収差の良好な補正を両立できる。また、第3レンズ群G3と第5レンズ群G5の移動量を等しくすることにより、第3レンズ群G3と第5レンズ群G5を一体構造とすることができます。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3レンズ群G3と第5レンズ群G5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

【0029】

また、本変倍光学系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と第3レンズ群G3との間隔は減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔は増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔は減少することが望ましい。このような構成とすることにより、第1・第2・第3レンズ群G1～G3において変倍比を稼ぎつつ、第4レンズ群G4において変倍時の像面湾曲の補正を行い、小型・高変倍且つ良好な光学性能を得ることが出来る。

20

【0030】

また、本変倍光学系ZLは、第4bレンズの像側のレンズ面の曲率半径をr4BR2とし、第4レンズ群G4の焦点距離をf4としたとき、以下に示す条件式(1)を満足することが望ましい。

【0031】

$$-1.00 < ((1/r4BR2) \times (-f4)) < 4.00 \quad (1)$$

30

【0032】

条件式(1)は、第4bレンズG4bの像側の面の曲率を規定するものである。本変倍光学系ZLは、この条件式(1)を満足することにより、広角端状態から望遠端状態に至る変倍全域において、諸収差をバランスよく補正することができる。条件式(1)の上限値を上回ると、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して歪曲収差の変動が過大となり、特に望遠端状態における正の歪曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(1)の上限を、3.00, 2.00, 1.00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ます。反対に、条件式(1)の下限値を下回ると、第4bレンズG4bの像側の面におけるRand光線の屈折角が大きくなり、高次の球面収差及び色収差が過大となる。また、第4レンズ群G4内の正のパワーが大きくなるので、これを打ち消すために、第3レンズ群G3内の負の屈折力を強くすると、変倍時の球面収差及び色収差の変動が過大となり、補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(1)の下限を、-0.50, 0.00, 0.10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ます。

40

【0033】

また、本変倍光学系ZL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と第5レンズ群G5との合成焦点距離をfw345とし、第4レンズ群G4の焦点距離をf4としたとき、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

【0034】

$$0.10 < (-f4/fw345) < 1.60 \quad (2)$$

50

【0035】

条件式(2)は、本変倍光学系ZLの第4レンズ群G4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(2)を満足することにより、広角端状態から望遠端状態に変倍する際の像面湾曲の変動を良好に補正することができる。条件式(2)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が小さくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、像面湾曲の変動を補正することができない。これを補うため、変倍時に第4レンズ群G4の前後の間隔を大きく変化させると、広角端状態での全長の拡大を招くため好ましくない。なお、条件式(2)の上限を、1.40, 1.20, 1.00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ます。反対に、条件式(2)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が大きくなり、広角端状態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、レンズ群相互の偏心(等)による光学性能の劣化、特に偏心像面タオレが著しくなるため好ましくない。なお、条件式(2)の下限を、0.50, 0.60, 0.70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ます。

10

【0036】

また、本変倍光学系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3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔はd_{34w}からd_{34t}に変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔はd_{45w}からd_{45t}に変化し、広角端状態における第3レンズ群G3と第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との合成焦点距離をf_{w345}としたとき、以下に示す条件式(3)及び(4)を満足することが望ましい。

20

【0037】

$$0.02 < (d_{34t} - d_{34w}) / f_{w345} < 0.40 \quad (3)$$

$$0.02 < (d_{45w} - d_{45t}) / f_{w345} < 0.40 \quad (4)$$

【0038】

条件式(3)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3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間隔の変化量を規定するものである。また、条件式(4)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4レンズ群G4と第5レンズ群G5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(3)及び(4)を満足することにより、広角端における全長の小型化を実現しつつ、望遠端状態における球面収差と広角端状態における像面湾曲とを良好に補正することができる。

30

【0039】

条件式(3)の上限値を上回ると、望遠端状態における第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間隔が大きくなり、望遠端状態における球面収差及び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(3)の上限を、0.30, 0.20, 0.15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ます。反対に、条件式(3)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(3)の下限を、0.05, 0.07, 0.09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ます。

40

【0040】

条件式(4)の上限値を上回ると、広角端状態において第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間隔が大きくなり、軸外光線の第5レンズ群G5における光線高が大きくなる。これにより、広角端状態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。なお、条件式(4)の上限を、0.30, 0.20, 0.15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ます。反対に、条件式(4)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(4)の下限を、0.05, 0.07, 0.09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ます。

【0041】

50

また、本変倍光学系ZLは、第4aレンズG4aの像側のレンズ面の曲率半径をr4AR2とし、第4bレンズG4bの物体側のレンズ面の曲率半径をr4BR1としたとき、以下に示す条件式(5)及び(6)を満足することが望ましい。

【0042】

$$0.30 < ((1/r4AR2) \times (-f4)) < 4.00 \quad (5)$$

$$0.30 < ((1/r4BR1) \times (-f4)) < 4.00 \quad (6)$$

【0043】

条件式(5)は、第4レンズ群G4の焦点距離に対する、第4aレンズG4aの像側の面の曲率を規定するものである。条件式(6)は、第4レンズ群G4の焦点距離に対する、第4bレンズG4bの物体側の面の曲率を規定するものである。条件式(5)、(6)とともに、上限及び下限のいずれを超えても、球面収差の補正が困難となり、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るため、好ましくない。
10

【0044】

条件式(5)の上限値を上回ると、第4aレンズG4aの像側面の曲率が大きくなり、正の球面収差が過大となるため、補正が困難となり好ましくない。なお、条件式(5)の上限を、3.00, 2.00, 1.50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ます。反対に、条件式(5)の下限値を下回ると、第4aレンズG4aの像側面の曲率が小さくなり、負の球面収差が過大となるため、補正が困難となり好ましくない。なお、条件式(5)の下限を、0.50, 0.80, 1.00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ます。
20

【0045】

また、条件式(6)の上限値を上回ると、第4bレンズG4bの像側面の曲率が大きくなり、正の球面収差が過大となるため、補正が困難となり好ましくない。なお、条件式(6)の上限を、3.00, 2.00, 1.50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ます。反対に、条件式(6)の下限値を下回ると、第4bレンズG4bの像側面の曲率が小さくなり、負の球面収差が過大となるため、補正が困難となり好ましくない。なお、条件式(6)の下限を、0.50, 0.80, 1.00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ます。

【0046】

また、本変倍光学系ZLは、第4aレンズG4aのd線に対する屈折率をN4Aとし、第4bレンズG4bのd線に対する屈折率をN4B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。
30

【0047】

$$-0.150 < (N4B - N4A) < 0.150 \quad (7)$$

【0048】

条件式(7)は、第4bレンズG4bのd線に対する屈折率と、第4aレンズG4aのd線に対する屈折率の関係を規定するものである。条件式(7)の上限及び下限いずれを超えても、広角端状態から望遠端状態へ移る際の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、本発明の効果を確実にするために、条件式(7)の上限を、0.100, 0.045, 0.020とし、下限を、-0.100, -0.030とすることが好ましい。
40

【0049】

また、本変倍光学系ZLは、第4aレンズのアッベ数を4Aとし、第4bレンズのアッベ数を4B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。

【0050】

$$5.00 < (4A - 4B) < 30.00 \quad (8)$$

【0051】

条件式(8)は第4aレンズG4aのアッベ数と、第4bレンズG4bのアッベ数の関係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、第4レンズ群G4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
50

の効果を確実にするために、条件式(8)の上限を、25.00, 19.00とし、下限を、8.00, 11.50とすることが好ましい。

【0052】

また、本変倍光学系ZLにおいては、第2レンズ群G2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。また、第4レンズ群G4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コマ収差を良好に補正することができる。また、第5レンズ群G5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る。なお、第2レンズ群G2及び第4レンズ群G4が、複合型非球面レンズを有することが好ましい。本明細書では、複合型非球面レンズは一枚のレンズとみなし、曲率は中心曲率を用いることとする。10

【0053】

また、本変倍光学系ZLは、第4レンズ群G4より物体側に開口絞り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ことができる。

【0054】

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、レリーズボタン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。20

【0055】

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)にズーミ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。30

【0056】

なお、上述の説明及び以降に示す実施形態においては、5群構成を示したが、以上の構成条件等は、第1レンズ群G1及び第2レンズ群G2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、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、及び、第5レンズ群G5の3つの可動群から構成されたレンズ系において、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。

【0057】

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、第1レンズ群G1または第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。40

【0058】

また、本実施形態においては、高変倍ズームレンズ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、レンズ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50

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、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。また、第3レンズ群G3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。

【0059】

また、上述の説明では、第2レンズ群G2中または第4レンズ群G4中、若しくは、第5レンズ群G5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も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非球面のいずれの非球面でも構わない。10

【0060】

開口絞りSは、上述のように第4レンズ群G4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。

【0061】

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。

【0062】

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。20

【実施例】

【0063】

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、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とから構成される。30 また、第4レンズ群G4は、物体側から順に、負の屈折力を有する第4aレンズG4aと、正の屈折力を有する第4bレンズG4bと、負の屈折力を有する第4cレンズG4cとから構成される。広角端状態から望遠端状態への変倍に際しては、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d34wからd34tに増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との空気間隔がd45wからd45tに減少するように各レンズ群の間隔が変化し、第4レンズ群G4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させることにより、手振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3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔d34wまたはd34t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4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔d45wまたはd45tは、各実施例の諸元の値を示す表ではd4に相当する。40

【0064】

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。遠距離から近距離へのフォーカシングは、第2レンズ群G2を物体方向に移動させて行う。

【0065】

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- κ とし、n次の非球面係数をA50

n 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。

【0066】

$$S(y) = (y^2/r) / \{ 1 + (1 - A_2 \times y^2/r^2)^{1/2} \} \\ + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} \quad (a)$$

【0067】

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、各実施例の表中にいて、非球面には面番号の左側に*印を付している。

【0068】

〔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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12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L13から構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24から構成され、第2レンズ群G2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体側のガラス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。

【0069】

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との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33から構成される。第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43(第4cレンズG4c)から構成され、第4レンズ群G4の最も物体側に位置する両凹レンズL41(第4aレンズG4a)は、物体側のガラス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5レンズ群G5は、物体側から順に、両凸レンズL51、及び、両凸レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズから構成され、第5レンズ群G5の最も像側に位置する負メニスカスレンズL53は、像側のガラスレンズ面を非球面形状とする、ガラスマールド型非球面レンズとなっている。

【0070】

第1実施例では、第4レンズ群G4において、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ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、手振れ発生時の像位置補正を行う。

【0071】

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θ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·tanθ)/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°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4b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°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4b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°~0.60°の範囲)が発生したことを見定し、回転ぶれを補正するための移動レンズ群(第4aレンズG4a及び第4bレンズG4b)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。

【0072】

10

20

30

40

50

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、 θ は半画角、 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、屈折率及びアッベ数はそれぞれ d 線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)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。

10

【0073】

(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		
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		
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		
29	50.3975	7.5000	70.41	1.487490
30	-15.1843	1.4000	40.78	1.806100
*31	-55.8591	(Bf)		

20

30

40

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

50

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

G 1	1	75.683
G 2	6	-12.500
G 3	15	21.900
G 4	21	-18.673
G 5	27	25.435

10

【 0 0 7 4 】

この第1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 A4 ~ A10の値を示す。

【 0 0 7 5 】

(表 2)

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

20

【 0 0 7 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、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。

【 0 0 7 7 】

(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

30

【 0 0 7 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、r4AR2は第4aレンズG4aの像側のレンズ面の曲率半径を、r4BR1は第4bレンズG4bの物体側のレンズ面の曲率半径を、r4BR2は第4bレンズG4bの像側のレンズ面の曲率半径を、4Aは第4aレンズG4aのアッペ数を、4Bは第4bレンズG4bのアッペ数を、N4Aは第4aレンズG4aのd線に対する屈折率を、N4Bは第4bレンズG4bのd線に対する屈折率を、f4は第4レンズ群G4の焦点距離を、fw345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と第5レンズ群G5との合成焦点距離を、d34w、d34t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3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔を、d45w、d45t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4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔を、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。

40

【 0 0 7 9 】

(表 4)

$$(1) ((1 / r4BR2) \times (-f4)) = 0.103$$

$$(2) (-f4 / fw345) = 0.591$$

$$(3) (d34t - d34w) / fw345 = 0.092$$

50

$$\begin{aligned}
 (4) (d 45w - d 45t) / fw 345 &= 0.092 \\
 (5) ((1 / r 4AR2) \times (-f 4)) &= 1.246 \\
 (6) ((1 / r 4BR1) \times (-f 4)) &= 1.246 \\
 (7) (N 4B - N 4A) &= -0.029 \\
 (8) (4A - 4B) &= 11.730
 \end{aligned}$$

【0080】

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

【0081】

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($= 587.6\text{ mm}$)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。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。

【0082】

〔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と両凸正レンズL12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L13から構成される。第2レンズ群G2は物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24からなり、群2レンズ群G2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体側のガラス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。
20

【0083】

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との接合レンズ、及び、両凸レンズL33から構成される。第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)、両凸レンズL42(第4bレンズG4b)、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43(第4cレンズG4c)から構成され、第4レンズ群G4の最も物体側に位置する両凹レンズL41(第4aレンズG4a)は、物体側のガラス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5レンズ群G5は、物体側から順に、両凸レンズL51、及び、両凸レンズL52と両凹レンズL53との接合レンズから構成され、第5レンズ群の最も像側に位置する両凹レンズL53は、像側のガラスレンズ面を非球面形状とするガラスマールド型非球面レンズとなっている。
30

【0084】

第2実施例では、第4レンズ群G4において、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と両凸レンズL42(第4bレンズG4b)と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、手振れ発生時の像位置補正を行う。

【0085】

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0.98であり、焦点距離は18.4(mm)であるので、1.50°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4bの移動量は0.49(mm)である。また、この第2実施例の望遠端状態においては、防振補正係数は1.61であり、焦点距離は102.5(mm)であるので、0.60°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレン
40

10

20

30

40

50

ズ G 4 b の移動量は 0 . 6 7 (m m) である。

【 0 0 8 6 】

以下の表 5 に、第 2 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 0 8 7 】

(表 5)

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率	
1	124.9637	1.8000	23.78	1.846660	
2	56.8830	7.1441	63.88	1.612832	
3	-7734.1185	0.1000			
4	49.2404	4.4150	49.99	1.753624	10
5	144.3285	(d1)			
*6	82.4998	0.2000	38.09	1.553890	
7	67.3309	1.0000	50.68	1.765402	
8	11.5199	6.3636			
9	-27.5207	1.0000	37.22	1.832009	
10	33.8876	0.74330			
11	28.4691	5.4311	23.01	1.848138	
12	-26.0659	0.8224			
13	-22.5881	1.0028	37.28	1.831988	
14	-100.4879	(d2)			20
15	0.0000	1.1000			
16	23.7667	1.7500	23.78	1.846660	
17	14.2775	4.0262	53.27	1.519000	
18	-84.0994	0.2000			
19	25.2960	2.6614	80.31	1.507189	
20	-199.9118	(d3)			
*21	-48.1707	0.1500	38.09	1.553890	
22	-50.0223	1.0000	37.16	1.834000	
23	19.0552	0.7200			
24	21.6558	2.8272	25.43	1.805181	30
25	-1722.7441	4.8673			
26	-20.2262	1.0000	54.65	1.729242	
27	-31.0886	(d4)			
28	37.4227	5.5104	66.05	1.494951	
29	-21.3225	0.2115			
30	32.6832	7.1815	70.41	1.487490	
31	-15.2216	1.4000	40.78	1.806100	
*32	429.2340	(BF)			
40					
広角端 中間焦点距離 望遠端					
f = 18.4	~	55.0	~	102.5	
FNO = 3.7	~	5.2	~	5.9	
= 38.7	~	13.9	~	7.6	
像高 = 14.0	~	14.0	~	14.0	
全長 = 129.039	~	160.882	~	180.265	
Bf = 38.850	~	61.185	~	73.846	

[各レンズ群の焦点距離]

レンズ群 始面 焦点距離

G 1 1 77.537

G 2	6	-12.500
G 1	15	25.028
G 2	21	-27.950
G 3	28	29.989

【0088】

この第2実施例において、第6面、第21面、及び、第32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。

【0089】

(表6)

	A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	10.4276	1.44360E-05	-8.21560E-08	1.82050E-10
第21面	-2.4536	1.67080E-05	-8.08760E-09	0.00000E+00
第32面	687.4144	1.28060E-05	-2.80800E-08	2.48990E-11

【0090】

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、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。

【0091】

(表7)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.805	23.781	35.291
d2	17.359	4.967	0.200
d3	2.400	4.774	5.300
d4	3.997	1.547	1.000

【0092】

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。

【0093】

(表8)

- (1) $((1 / r4BR2) \times (-f4)) = -0.016$
- (2) $(-f4 / fw345) = 0.941$
- (3) $(d34t - d34w) / fw345 = 0.098$
- (4) $(d45w - d45t) / fw345 = 0.101$
- (5) $((1 / r4AR2) \times (-f4)) = 1.467$
- (6) $((1 / r4BR1) \times (-f4)) = 1.291$
- (7) $(N4B - N4A) = -0.029$
- (8) $(4A - 4B) = 11.730$

【0094】

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°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°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。

【0095】

〔第3実施例〕

10

20

30

40

50

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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12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L13から構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24から構成され、第2レンズ群G2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21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。

【0096】

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との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズL33から構成される。第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43(第4cレンズG4c)から構成され、第4レンズ群G4の最も物体側に位置する両凹レンズL41(第4aレンズG4a)は、物体側のガラスレンズ面を非球面形状とするガラスマールド型非球面レンズとなっている。第5レンズ群G5は物体側から順に、両凸レンズL51、及び、両凸レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズから構成され、第5レンズ群G5の最も像側に位置する負メニスカスレンズL53は、像側のガラスレンズ面を非球面形状とするガラスマールド型非球面レンズとなっている。

10

【0097】

第3実施例では、第4レンズ群G4において、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ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、手振れ発生時の像位置補正を行う。

20

【0098】

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0.96であり、焦点距離は18.4(mm)であるので、1.50°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4bの移動量は0.50(mm)である。また、この第3実施例の望遠端状態においては、防振補正係数は1.52であり、焦点距離は102.5(mm)であるので、0.60°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4bの移動量は0.71(mm)である。

30

【0099】

以下の表9に、第3実施例の諸元の値を掲げる。

【0100】

(表9)

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	106.5447	1.8000	23.78	1.846660
2	53.1328	6.6073	60.67	1.603112
3	929.6811	0.1000		
4	45.1672	4.4150	55.52	1.696797
5	130.4132	(d1)		
*6	73.2062	0.2000	38.09	1.553890
7	69.9141	1.2500	42.72	1.834807
8	11.7817	6.0844		
9	-36.2230	1.0000	42.72	1.834807
10	29.7784	0.5926		
11	24.7279	4.9966	23.78	1.846660
12	-32.4638	0.4768		
13	-24.7636	1.0028	42.72	1.834807

40

50

14	-123.4621	(d2)			
15	0.0000	0.4000			
16	35.2418	1.7500	23.78	1.846660	
17	19.6378	4.3631	64.10	1.516800	
18	-26.4692	0.2000			
19	22.6241	2.5093	82.52	1.497820	
20	207.8965	(d3)			
*21	-63.2652	1.0600	40.78	1.806100	
22	20.6257	2.2933	23.78	1.846660	
23	77.0490	4.6000			10
24	-15.7754	1.0000	49.61	1.772500	
25	-24.3844	(d4)			
26	69.9562	5.4301	64.03	1.516120	
27	-16.7732	0.2000			
28	82.3696	5.9867	82.52	1.497820	
29	-14.7499	1.4000	40.94	1.806100	
*30	-160.0000	(BF)			

広角端	中間焦点距離	望遠端	
f = 18.4	~ 60.6	~ 102.5	20
FNO = 3.6	~ 5.0	~ 5.8	
= 38.7	~ 12.7	~ 7.6	
像高 = 14.0	~ 14.0	~ 14.0	
全長 = 128.754	~ 157.913	~ 172.473	
Bf = 38.400	~ 57.190	~ 66.380	

[各レンズ群の焦点距離]

レンズ群 始面 焦点距離

G 1	1	77.677
G 2	6	-12.500
G 3	15	22.182
G 4	21	-25.000
G 5	26	32.805

【 0 1 0 1 】

この第3実施例において、第6面、第21面、及び、第30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 0 2 】

(表10)

	A 4	A 6	A 8	A 10	40
第6面	-38.5232	2.34900E-05	-9.72290E-08	2.52500E-10	-3.95910E-13
第21面	-2.3286	3.73530E-06	-1.34160E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
第30面	0.3410	7.31970E-07	5.79300E-09	-2.89660E-10	4.51210E-13

【 0 1 0 3 】

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、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 0 4 】

(表11)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	1.797	25.651	35.025
d2	20.489	7.005	3.000
d3	2.400	6.587	7.350
d4	5.950	1.763	1.000

【0105】

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。

【0106】

(表12)

- (1) $((1/r4BR2) \times (-f4)) = 0.324$
- (2) $(-f4/fw345) = 0.814$
- (3) $(d34t - d34w) / fw345 = 0.161$
- (4) $(d45w - d45t) / fw345 = 0.161$
- (5) $((1/r4AR2) \times (-f4)) = 1.212$
- (6) $((1/r4BR1) \times (-f4)) = 1.212$
- (7) $(N4B - N4A) = 0.041$
- (8) $(4A - 4B) = 17.000$

【0107】

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°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°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。

【0108】

[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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12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L13から構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24から構成され、第2レンズ群G2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21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。

【0109】

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との接合レンズ、及び、両凸レンズL33から構成される。第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43(第4cレンズG4c)から構成され、第4レンズ群G4の最も物体側に位置する両凹レンズL41(第4aレンズG4a)は、物体側のレンズ面を非球面形状とするガラスマールド型非球面レンズとなっている。第5レンズ群G5は、物体側から順に、両凸レンズL51、及び、両凸レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズから構成され、第5レンズ群G5の最も物体側に位置する両凸レンズL51は、像側のレンズ面を非球面形状とするガラスマールド型非球面レンズとなっている。

【0110】

10

20

30

40

50

第4実施例では、第4レンズ群G4において、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ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、手振れ発生時の像位置補正を行う。

【0111】

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0.96であり、焦点距離は18.4(mm)であるので、1.50°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4bの移動量は0.50(mm)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1.69であり、焦点距離は131.2(mm)であるので、0.60°の回転ぶれを補正するための第4aレンズG4a及び第4bレンズG4bの移動量は0.81(mm)である。

10

【0112】

以下の表13に、第4実施例の諸元の値を掲げる。

【0113】

(表13)

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	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	20
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)			30
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	40
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	
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

50

= 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

[各レンズ群の焦点距離]

レンズ群 始面 焦点距離

G 1	1	80.846
G 2	6	-12.289
G 1	15	21.900
G 2	21	-22.542
G 3	26	29.108

【 0 1 1 4 】

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 1 5 】

(表14)

	A 4	A 6	A 8	A 10	
第6面	24.8303	9.11840E-06	-6.69300E-08	1.74540E-10	-5.56370E-13
第21面	-0.4549	4.72520E-06	-8.61830E-09	0.00000E+00	0.00000E+00
第27面	0.3588	-4.67110E-07	-1.27860E-09	-1.10550E-10	-8.78330E-14

【 0 1 1 6 】

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、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 1 7 】

(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	

【 0 1 1 8 】

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 1 9 】

(表16)

(1) ((1 / r 4BR2) × (- f 4)) = 0.250	
(2) (- f 4 / f w 3 4 5) = 0.751	
(3) (d 3 4 t - d 3 4 w) / f w 3 4 5 = 0.134	
(4) (d 4 5 w - d 4 5 t) / f w 3 4 5 = 0.134	
(5) ((1 / r 4AR2) × (- f 4)) = 1.032	
(6) ((1 / r 4BR1) × (- f 4)) = 1.032	
(7) (N 4B - N 4A) = 0.012	
(8) (4A - 4B) = 18.710	

【 0 1 2 0 】

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° 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° 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。

【0121】

[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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12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L13から構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24から構成され、第2レンズ群G2の最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21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。

10

【0122】

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との接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33から構成される。第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43(第4cレンズG4c)から構成され、第4レンズ群G4の最も物体側に位置する両凹レンズL41(第4aレンズG4a)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5レンズ群G5は、物体側から順に、両凸レンズL51、及び、両凸レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズから構成され、第5レンズ群G5の最も像側に位置する負メニスカスレンズL53は、像側のレンズ面を非球面形状とするガラスマールド型非球面レンズとなっている。

20

【0123】

第5実施例では、第4レンズ群G4において、両凹レンズL41(第4aレンズG4a)と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42(第4bレンズG4b)との接合レンズ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、手振れ発生時の像位置補正を行う。

30

【0124】

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4aレンズG4a及び第4bレンズG4b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4aレンズG4a及び第4bレンズG4bの移動量は 0.59 (mm) である。

40

【0125】

以下の表17に、第5実施例の諸元の値を掲げる。

【0126】

(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)		

50

*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			10
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	20
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)			

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

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

【 0 1 2 7 】

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 2 8 】

(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	50

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

【 0 1 2 9 】

この第5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、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 3 0 】

(表19)

10

	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

【 0 1 3 1 】

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 3 2 】

(表20)

20

$$\begin{aligned}
 (1) & ((1 / r4BR2) \times (-f4)) = 0.038 \\
 (2) & (-f4 / fw345) = 0.596 \\
 (3) & (d34t - d34w) / fw345 = 0.097 \\
 (4) & (d45w - d45t) / fw345 = 0.097 \\
 (5) & ((1 / r4AR2) \times (-f4)) = 1.198 \\
 (6) & ((1 / r4BR1) \times (-f4)) = 1.198 \\
 (7) & (N4B - N4A) = -0.029 \\
 (8) & (4A - 4B) = 11.730
 \end{aligned}$$

【 0 1 3 3 】

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のように、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。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 3 4 】

【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。

40

【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。

50

【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。 10

【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。 20

【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。 30

【図 22】図 21 (a) の A - A 線に沿った断面図である。

【符号の説明】

【0135】

Z L (Z L 1 ~ Z L 5) 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

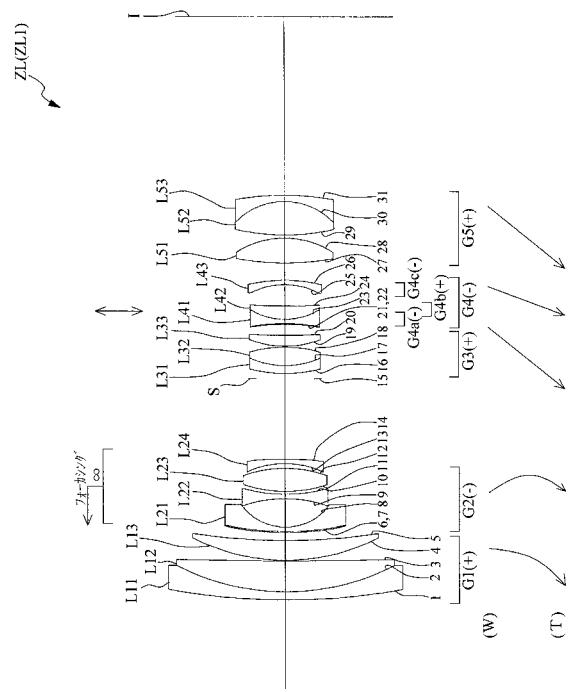
G 4 第 4 レンズ群

G 4 a 第 4 a レンズ G 4 b 第 4 b レンズ G 4 c 第 4 c レンズ

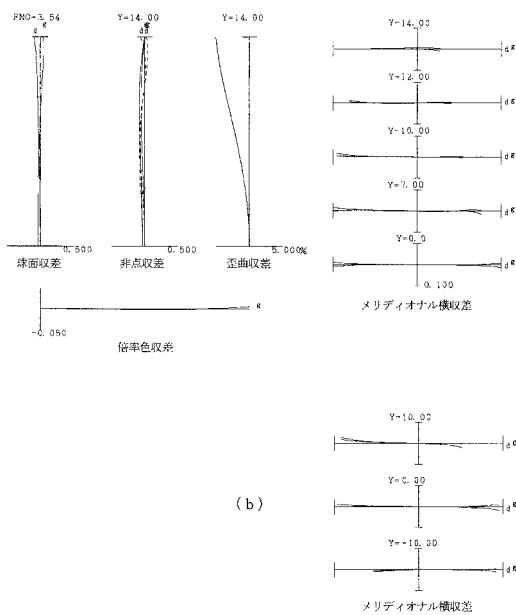
G 5 第 5 レンズ群 S 開口絞り

1 電子スチルカメラ (光学機器)

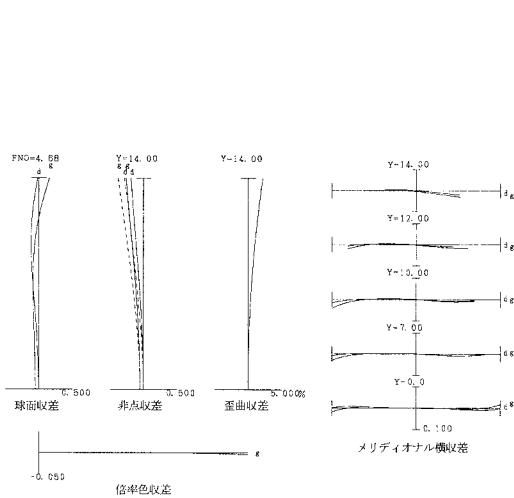
【図1】



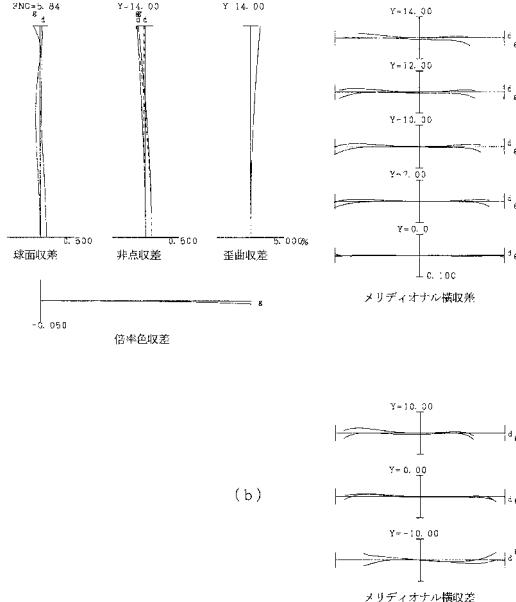
【図2】



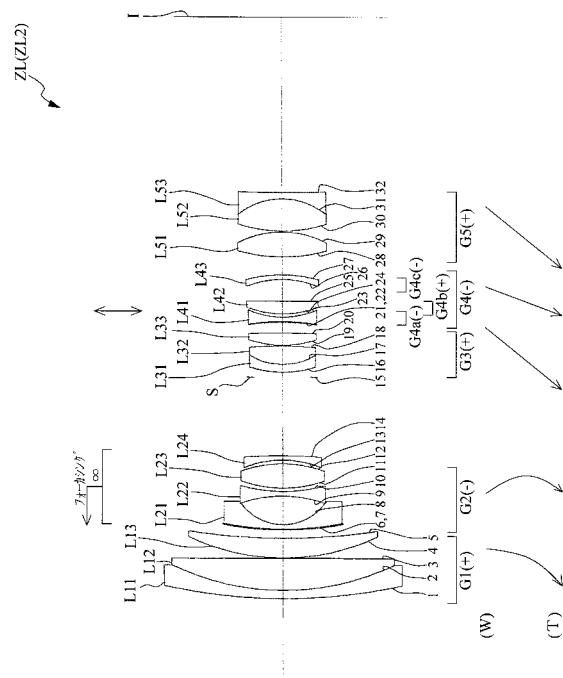
【図3】



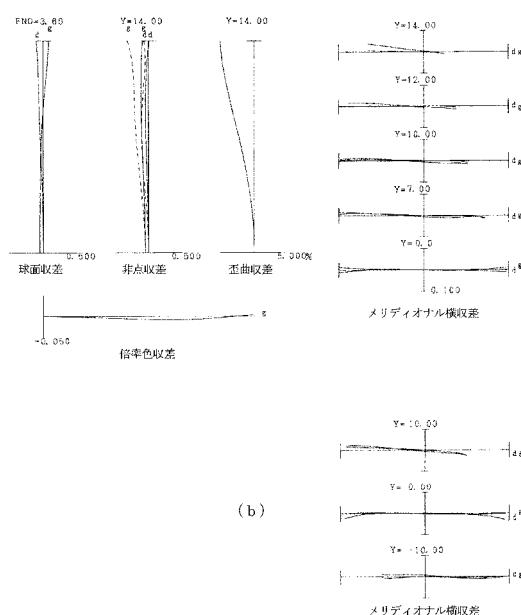
【図4】



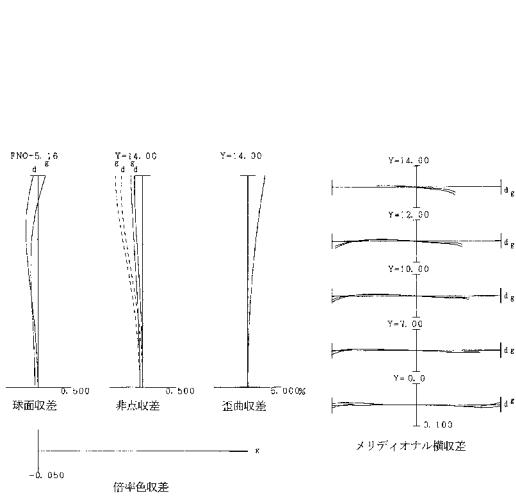
【図5】



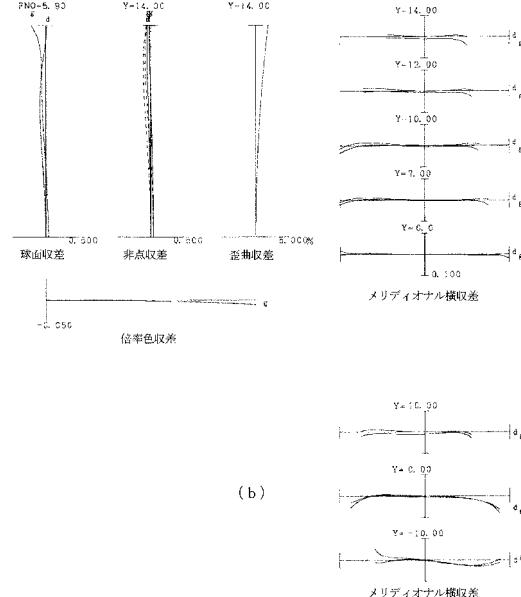
【図6】



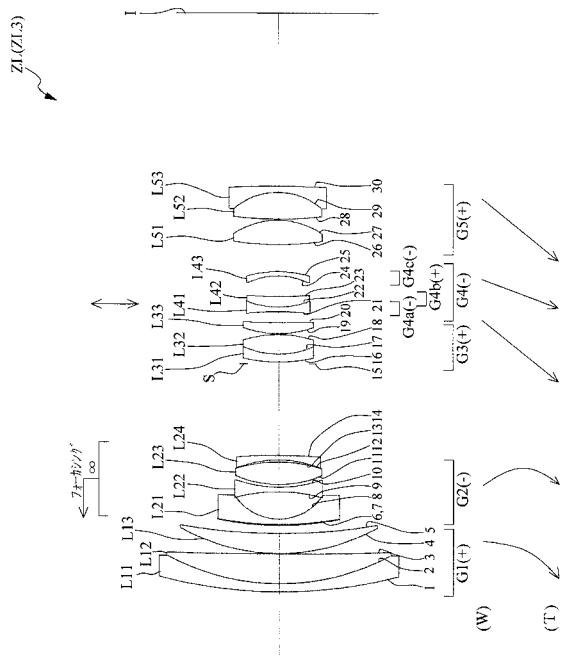
【図7】



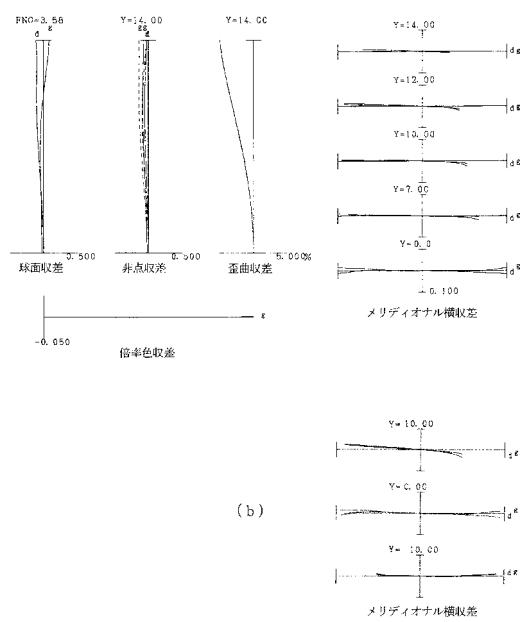
【図8】



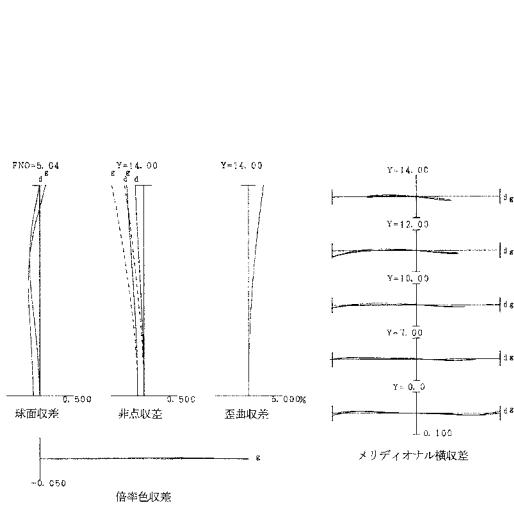
【図 9】



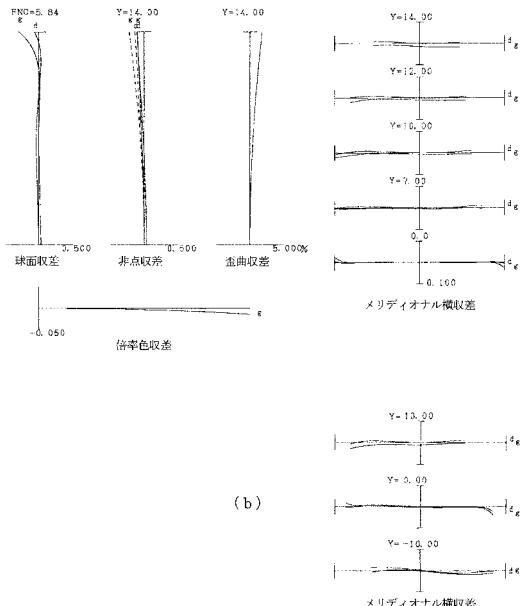
【図 10】



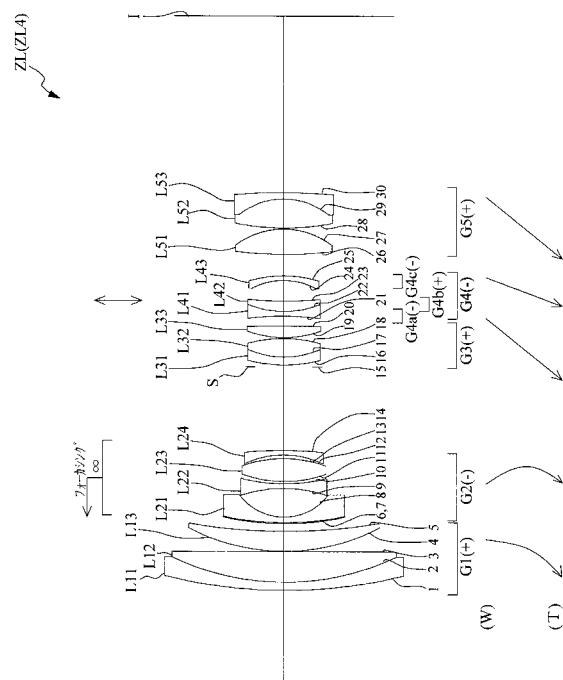
【図 11】



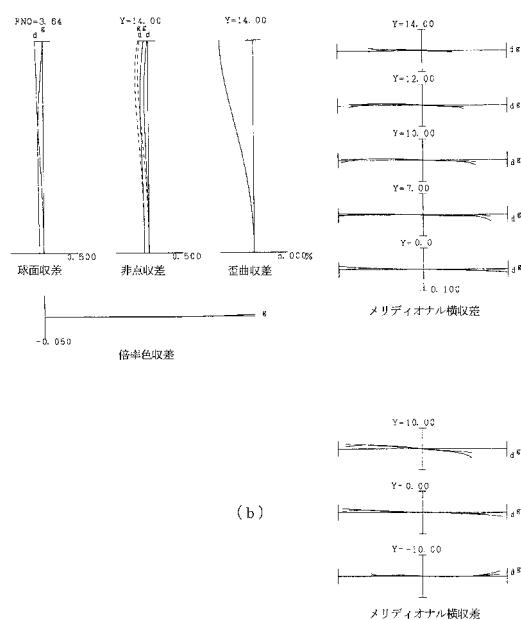
【図 12】



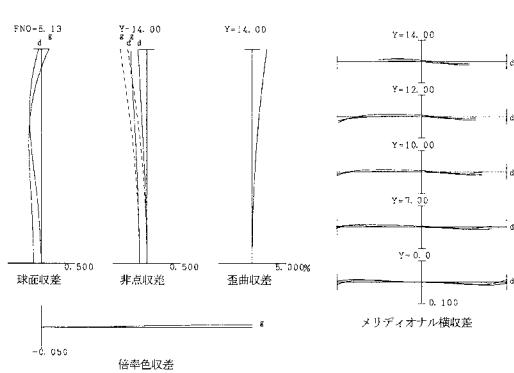
【図 1 3】



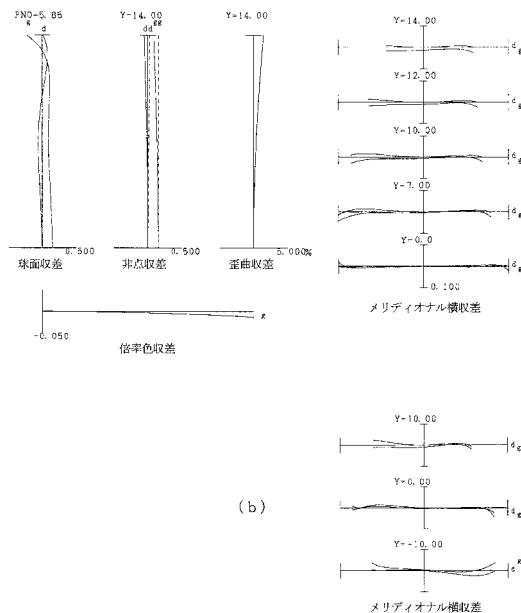
【図 1 4】



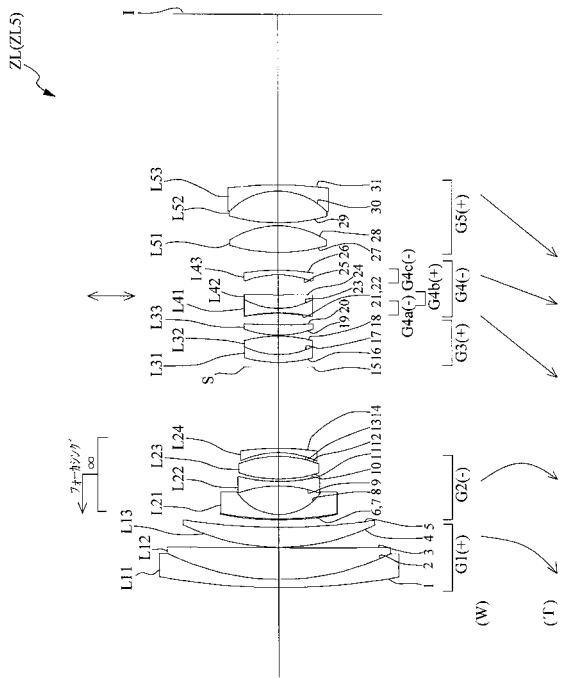
【図 1 5】



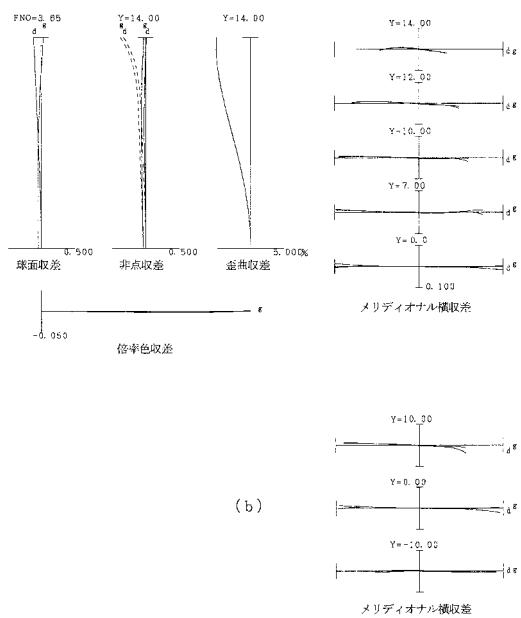
【図 1 6】



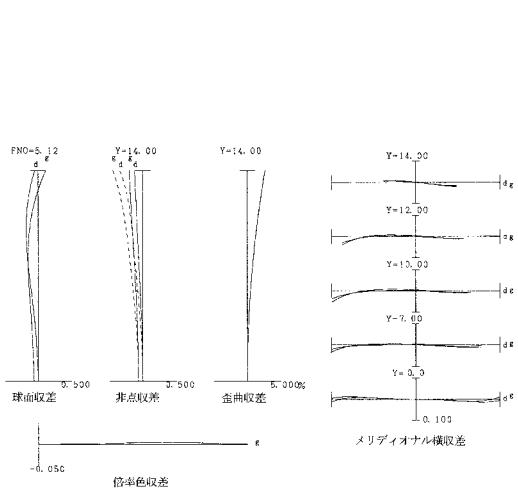
【図 17】



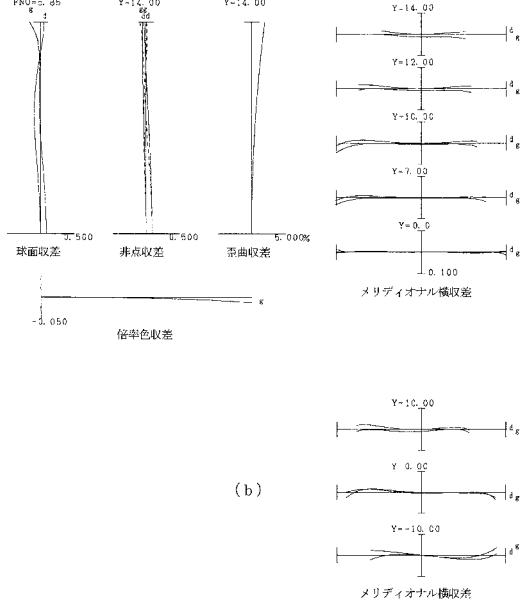
【図 18】



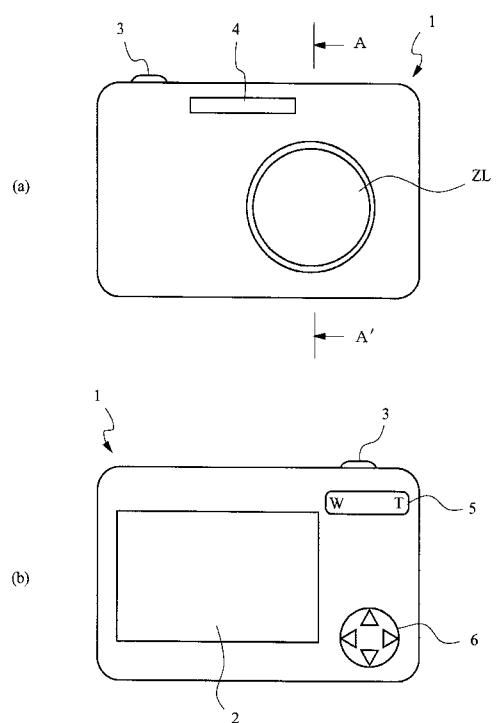
【図 19】



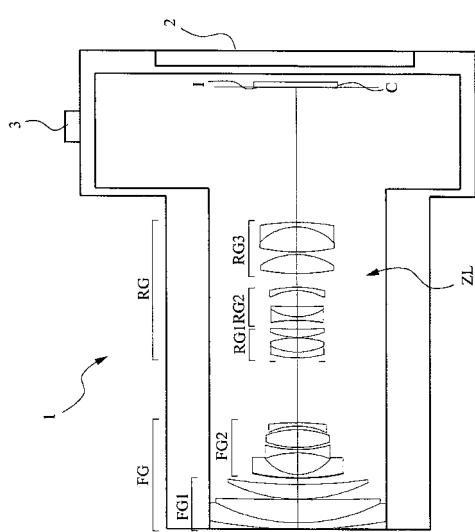
【図 20】



【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2007-225822(JP,A)
特開2007-156251(JP,A)
特開平10-111456(JP,A)
特開2000-231050(JP,A)
特開2005-284097(JP,A)
特開2006-085155(JP,A)
特開2008-003511(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 00	-	17 / 08
G 02 B	21 / 02	-	21 / 04
G 02 B	25 / 00	-	25 / 04