

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6354257号  
(P6354257)

(45) 発行日 平成30年7月11日(2018.7.11)

(24) 登録日 平成30年6月22日(2018.6.22)

(51) Int.Cl.		F 1
<b>G 0 2 B 15/20</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 15/20
<b>G 0 2 B 13/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 13/18

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2014-67080 (P2014-67080)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成26年3月27日(2014.3.27)		東京都港区港南二丁目15番3号
(65) 公開番号	特開2015-191064 (P2015-191064A)	(74) 代理人	100092897 弁理士 大西 正悟
(43) 公開日	平成27年11月2日(2015.11.2)	(74) 代理人	100097984 弁理士 川野 宏
審査請求日	平成29年2月22日(2017.2.22)	(74) 代理人	100157417 弁理士 並木 敏章
		(72) 発明者	山本 浩史 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内
		審査官	堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系及び撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に並んだ、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レンズ群との実質的に3つのレンズ群からなり、

前記第3レンズ群の少なくとも一部を、像ブレを補正するための防振レンズ群として、光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.60 < f_3 / f_w < 3.50$$

$$4.76 < f_1 / f_3 < 30.00$$

但し、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離、

$f_3$  : 前記第3レンズ群の焦点距離、

$f_w$  : 広角端状態における全系の焦点距離。

【請求項2】

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔と、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との空気間隔とを変化させることにより変倍を行うことを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

【請求項3】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔を拡大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔を縮小することを特

徴とする請求項 1 又は 2 に記載の変倍光学系。

【請求項 4】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.60 < (-f_2) / f_3 < 1.05$$

但し、

$f_2$  : 前記第 2 レンズ群の焦点距離。

【請求項 5】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$5.20 < f_1 / (-f_2) < 30.00$$

但し、

$f_1$  : 前記第 1 レンズ群の焦点距離、

$f_2$  : 前記第 2 レンズ群の焦点距離。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系及び撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

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

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開昭 63 - 298210 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、より良好な光学性能である変倍光学系が求められている。

【0005】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、良好な光学性能を有する変倍光学系及び撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的を達成するため、本発明に係る変倍光学系は、物体側から順に並んだ、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 レンズ群とを有し、前記第 3 レンズ群の少なくとも一部を、像ブレを補正するための防振レンズ群として、光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成し、以下の条件式を満足する。

【0007】

$$0.60 < f_3 / f_w < 3.50$$

$$4.76 < f_1 / f_3 < 30.00$$

但し、

$f_1$  : 前記第 1 レンズ群の焦点距離、

$f_3$  : 前記第 3 レンズ群の焦点距離、

$f_w$  : 広角端状態における全系の焦点距離。

【0025】

10

20

30

40

50

本発明に係る撮像装置は、上記いずれかの変倍光学系を備える。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、良好な光学性能を有する変倍光学系及び撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態 ( $f = 18.50$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.009)の諸収差図を示す。

10

【図3】第1実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態 ( $f = 34.95$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.018)の諸収差図を示す。

【図4】第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態 ( $f = 53.50$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.027)の諸収差図を示す。

20

【図5】第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図6】第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態 ( $f = 18.74$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.010)の諸収差図を示す。

【図7】第2実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態 ( $f = 34.50$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.018)の諸収差図を示す。

30

【図8】第2実施例に係る変倍光学系の望遠端状態 ( $f = 52.08$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.026)の諸収差図を示す。

【図9】第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図10】第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態 ( $f = 18.72$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.010)の諸収差図を示す。

【図11】第3実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態 ( $f = 35.50$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.018)の諸収差図を示す。

40

【図12】第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態 ( $f = 52.00$ ) における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm)のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.027)の諸収差図を示す。

【図13】本実施形態に係るカメラの構成を示す略断面図である。

【図14】本実施形態に係る変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0030】

以下、本実施形態について、図面を参照しながら説明する。本実施形態に係る変倍光学系ZLは、図1に示すように、物体側から順に並んだ、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とを有する。

## 【0031】

この構成により、鏡筒の小型化と、変倍時の収差変動を良好に補正することができる。

## 【0032】

また、変倍光学系ZLは、第3レンズ群G3の少なくとも一部（例えば、図1の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34）を、像ブレを補正するための防振レンズ群として、光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成している。

10

## 【0033】

この構成により、像ブレ補正時の像面湾曲の変動と、偏芯コマ収差の変動を同時に補正することができる。

## 【0034】

上記構成のもと、変倍光学系ZLは、次の条件式(1)を満足する。

## 【0035】

$$0.60 < f_3 / f_w < 3.50 \quad \dots (1)$$

但し、

$f_3$  : 第3レンズ群G3の焦点距離、

$f_w$  : 広角端状態における全系の焦点距離。

20

## 【0036】

条件式(1)は、第3レンズ群G3の焦点距離 $f_3$ と、広角端状態における全系の焦点距離 $f_w$ との比を規定するものである。本変倍光学系ZLは、条件式(1)を満足することにより、鏡筒の小型化と、良好な光学性能とを実現することができる。

## 【0037】

条件式(1)の上限値を上回ると、第3レンズ群G3の屈折力が弱くなり、鏡筒の小型化が困難になる。小型化するためには、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の屈折力を強めることになり、コマ収差、非点収差、像面湾曲の補正が困難となる。条件式(1)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が強くなり、球面収差、コマ収差、非点収差の補正が困難になる。

30

## 【0038】

条件式(1)の下限値を0.75に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。条件式(1)の下限値を0.85に設定することにより、さらに良好な収差補正が可能になる。

## 【0039】

条件式(1)の上限値を2.00に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。条件式(1)の上限値を1.50に設定することにより、さらに良好な収差補正が可能になる。

40

## 【0040】

本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔とを変化させることにより変倍を行うことが好ましい。

## 【0041】

この構成により、変倍時に発生する球面収差と像面湾曲を良好に補正することができる。

## 【0042】

本実施形態に係る変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔を拡大し、第2レンズ群G2と第3レン

50

ズ群 G 3 との間隔を縮小することが好ましい。

【 0 0 4 3 】

この構成により、変倍時に発生する球面収差と像面湾曲を良好に補正することができる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、次の条件式 ( 2 ) を満足することが好ましい。

【 0 0 4 5 】

$$4 . 7 0 < f 1 / f 3 < 3 0 . 0 0 \dots ( 2 )$$

但し、

f 1 : 第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離。

10

【 0 0 4 6 】

条件式 ( 2 ) は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離 f 1 と、第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離 f 3 との比を規定するものである。本変倍光学系 Z L は、条件式 ( 2 ) を満足することにより、鏡筒の小型化と、所定の変倍比を実現することができる。

【 0 0 4 7 】

条件式 ( 2 ) の上限値を上回ると、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が強くなり、望遠端状態における球面収差、コマ収差の補正が困難になる。条件式 ( 2 ) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力が強くなり、望遠端状態におけるコマ収差、非点収差、像面湾曲の補正が困難となる。

【 0 0 4 8 】

条件式 ( 2 ) の下限値を 4 . 7 6 に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

20

【 0 0 4 9 】

条件式 ( 2 ) の上限値を 1 0 . 0 0 に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

【 0 0 5 0 】

本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、次の条件式 ( 3 ) を満足することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

$$0 . 6 0 < ( - f 2 ) / f 3 < 1 . 0 5 \dots ( 3 )$$

但し、

f 2 : 第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離。

30

【 0 0 5 2 】

条件式 ( 3 ) は、第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離 f 3 と、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離 f 2 との比を規定するものである。本変倍光学系 Z L は、条件式 ( 3 ) を満足することにより、良好な光学性能と、所定の変倍比を実現することができる。

【 0 0 5 3 】

条件式 ( 3 ) の上限値を上回ると、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が強くなり、望遠端状態における球面収差、コマ収差の補正が困難になる。条件式 ( 3 ) の下限値を下回ると、第 2 レンズ群 G 2 の屈折力が強くなり、広角端状態におけるコマ収差、非点収差の補正が困難となる。

40

【 0 0 5 4 】

条件式 ( 3 ) の下限値を 0 . 7 0 に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

【 0 0 5 5 】

条件式 ( 3 ) の上限値を 1 . 0 0 に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

【 0 0 5 6 】

本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、次の条件式 ( 4 ) を満足することが好ましい。

【 0 0 5 7 】

$$5 . 2 0 < f 1 / ( - f 2 ) < 3 0 . 0 0 \dots ( 4 )$$

50

但し、

$f_1$  : 第1レンズ群G1の焦点距離、

$f_2$  : 第2レンズ群G2の焦点距離。

【0058】

条件式(4)は、第1レンズ群G1の焦点距離 $f_1$ と、第2レンズ群G2の焦点距離 $f_2$ との比を規定するものである。本変倍光学系ZLは、条件式(4)を満足することにより、良好な光学性能と、所定の変倍比を実現することができる。

【0059】

条件式(4)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が強くなり、広角端状態におけるコマ収差、非点収差の補正が困難になる。条件式(4)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が強くなり、望遠端状態におけるコマ収差、非点収差、像面湾曲の補正が困難となる。

10

【0060】

条件式(4)の下限値を5.30に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

【0061】

条件式(4)の上限値を10.00に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

【0062】

本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第3レンズ群G3の少なくとも一部(例えば、図1の両凸レンズL31)を、光軸方向に沿って移動させることにより合焦を行うことが好ましい。

20

【0063】

この構成により、鏡筒の小型化と、合焦時の収差変動(例えば、球面収差、像面湾曲など)を良好に補正することができる。

【0064】

本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第1レンズ群G1は、1つの接合レンズからなることが好ましい。

【0065】

この構成により、鏡筒を小型化しつつ、望遠端状態における倍率色収差を良好に補正することができる。

30

【0066】

本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群G2は、2枚の負レンズと、1枚の正レンズとからなることが好ましい。

【0067】

この構成により、広角端状態におけるコマ収差、像面湾曲を良好に補正することができる。

【0068】

本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、負レンズと、負レンズと、正レンズとからなることが好ましい。

40

【0069】

この構成により、広角端状態におけるコマ収差、像面湾曲を良好に補正することができる。

【0070】

本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第3レンズ群G3は、6枚以上のレンズからなることが好ましい。

【0071】

この構成により、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。

【0072】

本実施形態に係る変倍光学系ZLは、次の条件式(5)を満足することが好ましい。

50

## 【 0 0 7 3 】

$$30.00^\circ < w < 80.00^\circ \dots (5)$$

但し、

w：広角端状態における半画角。

## 【 0 0 7 4 】

条件式(5)は、広角端状態における画角の値を規定する条件である。この条件式(5)を満足することにより、広い画角を有しつつ、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲を良好に補正することができる。

## 【 0 0 7 5 】

条件式(5)の下限値を33.00°に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。条件式(5)の下限値を36.00°に設定することにより、さらに良好な収差補正が可能になる。

10

## 【 0 0 7 6 】

条件式(5)の上限値を77.00°に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。

## 【 0 0 7 7 】

本実施形態に係る変倍光学系ZLは、次の条件式(6)を満足することが好ましい。

## 【 0 0 7 8 】

$$2.00 < f_t / f_w < 15.00 \dots (6)$$

但し、

f<sub>t</sub>：望遠端状態の全系の焦点距離。

20

## 【 0 0 7 9 】

条件式(6)は、望遠端状態の全系の焦点距離と広角端状態の全系の焦点距離との比を規定する条件である。本変倍光学系ZLは、条件式(6)を満足することにより、高いズーム比を得ることができるとともに、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。

## 【 0 0 8 0 】

条件式(6)の下限値を2.30に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。条件式(6)の下限値を2.50に設定することにより、さらに良好な収差補正が可能になる。条件式(6)の下限値を2.70に設定することにより、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。

30

## 【 0 0 8 1 】

条件式(6)の上限値を10.00に設定することにより、より良好な収差補正が可能になる。条件式(6)の上限値を7.00に設定することにより、さらに良好な収差補正が可能になる。

## 【 0 0 8 2 】

以上のような本実施形態によれば、良好な光学性能を有する変倍光学系ZLを実現することができる。

## 【 0 0 8 3 】

次に、図13を参照しながら、上述の変倍光学系ZLを備えたカメラ(撮像装置)1について説明する。カメラ1は、図13に示すように、撮影レンズ2として上述の変倍光学系ZLを備えたレンズ交換式のカメラ(所謂ミラーレスカメラ)である。

40

## 【 0 0 8 4 】

カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光され、不図示のOLPF(Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ)を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF(Electronic view finder：電子ビューファインダ)4に表示される。これにより、撮影者はEVF4を介して被写体を観察することができる。

## 【 0 0 8 5 】

50

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部 3 で生成された被写体の画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は、本カメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。

【0086】

カメラ 1 に撮影レンズ 2 として搭載した本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、後述の各実施例からも分かるように、その特徴的なレンズ構成によって、良好な光学性能を有している。したがって、本カメラ 1 によれば、良好な光学性能を有する撮像装置を実現することができる。

【0087】

なお、クイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに、上述の変倍光学系 Z L を搭載した場合でも、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。また、ビデオカメラに、上述の変倍光学系 Z L を搭載した場合でも、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

10

【0088】

続いて、図 14 を参照しながら、上記構成の変倍光学系 Z L の製造方法について概説する。まず、レンズ鏡筒内に、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とを有するように、各レンズを配置する（ステップ S T 1 0）。このとき、第 3 レンズ群 G 3 の少なくとも一部を、像ブレを補正するための防振レンズ群として、光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成する（ステップ S T 2 0）。次の条件式（1）を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する（ステップ S T 3 0）。

20

【0089】

$$0.60 < f_3 / f_w < 3.50 \dots (1)$$

但し、

$f_3$  : 第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離、

$f_w$  : 広角端状態における全系の焦点距離。

【0090】

本実施形態におけるレンズ配置の一例を挙げると、図 1 に示すように、第 1 レンズ群 G 1 として、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸レンズ L 1 2 との接合正レンズを配置する。第 2 レンズ群 G 2 として、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹レンズ L 2 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 とを配置する。第 3 レンズ群 G 3 として、物体側から順に、両凸レンズ L 3 1 と、両凸レンズ L 3 2 と両凹レンズ L 3 3 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 4 と、両凸レンズ L 3 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 6 とを配置する。また、条件式（1）を満足するように、各レンズを配置する（条件式（1）の対応値は、1.14）。

30

【0091】

以上のような本実施形態に係る変倍光学系の製造方法によれば、良好な光学性能を有する変倍光学系 Z L を得ることができる。

【実施例】

40

【0092】

以下、本実施形態に係る各実施例について、図面に基づいて説明する。以下に、表 1 ~ 表 3 を示すが、これらは第 1 実施例 ~ 第 3 実施例における各諸元の表である。

【0093】

図 1、図 5 及び図 9 は、各実施例に係る変倍光学系 Z L ( Z L 1 ~ Z L 3 ) の構成を示す断面図である。これら変倍光学系 Z L 1 ~ Z L 3 の断面図では、広角端状態 ( W ) から望遠端状態 ( T ) に変倍する際の各レンズ群 G 1 ~ G 3 の光軸に沿った移動軌跡を矢印で示す。

【0094】

第 1 実施例に係る図 1 に対する各参照符号は、参照符号の桁数の増大による説明の煩雑

50



化を避けるため、実施例ごとに独立して用いている。ゆえに、他の実施例に係る図面と共通の参照符号を付していても、それらは他の実施例とは必ずしも共通の構成ではない。

【0095】

各実施例では収差特性の算出対象として、d線（波長587.5620nm）、g線（波長435.8350nm）を選んでいる。

【0096】

表中の[レンズデータ]において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からの光学面の順序、rは各光学面の曲率半径、Dは各光学面から次の光学面（又は像面）までの光軸上の距離である面間隔、dは光学部材の材質のd線を基準とするアッペ数、ndは光学部材の材質のd線に対する屈折率を示す。（可変）は可変の面間隔、曲率半径の「」は平面又は開口、（絞りS）は開口絞りSを示す。空気の屈折率（d線）「1.00000」は省略する。光学面が非球面である場合には、面番号の左側に「\*」を付し、曲率半径Rの欄には近軸曲率半径を示す。

10

【0097】

表中の[非球面データ]では、[レンズデータ]に示した非球面について、その形状を次式（a）で示す。ここで、yは光軸に垂直な方向の高さ、X（y）は高さyにおける光軸方向の変位量（サグ量）、rは基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）、は円錐定数、Anは第n次の非球面係数を示す。なお、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 $1.234 \times 10^{-5}$ 」を示す。

【0098】

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

20

【0099】

表中の[各種データ]において、fはレンズ全系の焦点距離、FnoはFナンバー、は半画角（単位：°）、Yは像高、TLはレンズ系の全長（光軸上でのレンズ最前面から像面Iまでの距離）、Bfはバックフォーカス（光軸上でのレンズ最終面から像面Iまでの距離）を示す。

【0100】

表中の[可変間隔データ]において、無限遠物体及び近距離物体（撮影距離R = 2.0m）への合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における全系の焦点距離f又は撮影倍率と、各可変間隔の値を示す。なお、D0は物体面から第1面までの距離、Di（但し、iは整数）は第i面と第（i+1）面の可変間隔、Bfはバックフォーカスを示す。

30

【0101】

表中の[レンズ群データ]において、群初面に各群の始面番号（最も物体側の面番号）、群焦点距離に各群の焦点距離を示す。

【0102】

表中の[条件式対応値]において、上記の条件式（1）～（6）に対応する値を示す。

【0103】

以下、全ての諸元値において、掲載されている焦点距離f、曲率半径r、面間隔D、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、単位は「mm」に限定されることなく、他の適当な単位を用いることが可能である。

40

【0104】

ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での説明を省略する。

【0105】

（第1実施例）

第1実施例について、図1～図4及び表1を用いて説明する。第1実施例に係る変倍光学系ZL（ZL1）は、図1に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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持つ第2レンズ群G2と、正の屈

50

折力を有する第3レンズ群G3とから構成される。

【0106】

第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12との接合正レンズからなる。

【0107】

第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とからなる。負メニスカスレンズL21の物体側面は、非球面である。

【0108】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL31と、両凸レンズL32と両凹レンズL33との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34と、両凸レンズL35と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL36とからなる。

【0109】

Fナンバーを決定する開口絞りSは、第3レンズ群G3中に設けられている。

【0110】

像面Iは、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子はCCDやCMOS等から構成される。

【0111】

第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔と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を行う。このとき、像面Iに対して、第1レンズ群G1～第3レンズ群G3は物体側へ移動する。開口絞りSは、変倍に際して、第3レンズ群G3と一体となって、物体側へ移動する。

【0112】

詳細には、第1実施例に係る変倍光学系ZL1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との空気間隔が縮小するように、各レンズ群G1～G3を光軸に沿って移動させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行う。

【0113】

第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、第3レンズ群G3の両凸レンズL31を光軸方向に沿って移動させることにより合焦を行う構成であり、図1の矢印に示すように、無限遠物体に合焦した状態から近距離物体へ合焦する状態に変化させたときに、両凸レンズL31は物体側から像側へ移動する。

【0114】

像ブレ発生時には、防振レンズ群として、第3レンズ群G3の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正(防振)を行う。

【0115】

下記の表1に、第1実施例における各諸元の値を示す。表1における面番号1～21が、図1に示すm1～m21の各光学面に対応している。

【0116】

(表1)

[レンズデータ]

面番号	r	D	d	n <sub>d</sub>
1	73.1346	1.6000	23.80	1.84666
2	47.7461	4.4680	55.52	1.69680
3	-2795.9453	D3(可変)		
*4	86.1349	1.3000	46.60	1.80400
5	11.7958	6.0000		
6	-86.9238	1.0000	46.60	1.80400

10

20

30

40

50

7	38.6168	0.1000		
8	20.8772	3.0000	23.80	1.84666
9	111.9344	D9(可変)		
10	32.7034	2.2000	55.35	1.67790
11	-64.0118	D11(可変)		
12		0.5000	(絞りS)	
13	9.7190	3.1000	61.22	1.58913
14	-45.7099	1.1044	29.37	1.95000
15	14.5899	5.0000		
16	30.0000	1.5000	31.27	1.90366
17	200.0000	3.0000		
18	296.9316	2.1000	50.27	1.71999
19	-22.1475	1.6841		
20	-9.9417	1.1000	46.60	1.80400
21	-24.7454	Bf(可変)		

10

## [ 非球面データ ]

## 第4面

=	1.0000	
A4	= -1.68932E-06	
A6	= 3.45601E-09	
A8	= 3.25066E-11	
A10	= -1.38349E-13	

20

## [ 各種データ ]

f	18.50	~	53.50	
F n o	3.62	~	5.91	
	39.30	~	14.42	
Y	14.25	~	14.25	
T L	80.892	~	108.569	
B f	18.519	~	37.340	

30

## [ 可変間隔データ ]

( 無限遠 )

( 撮影距離 2 m )

	広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
f,	18.503	34.953	53.500	-0.009	-0.018	-0.027
D0	0.000	0.000	0.000	1918.427	1909.008	1890.749
D3	1.000	9.986	25.233	1.000	9.986	25.233
D9	17.878	6.525	2.500	18.261	6.878	3.013
D11	4.739	4.739	4.739	4.356	4.387	4.226
Bf	18.519	30.304	37.340	18.519	30.304	37.340

40

## [ レンズ群データ ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	114.802
G 2	4	-18.462
G 3	10	21.087

## [ 条件式対応値 ]

条件式 ( 1 ) :  $f_3 / f_w = 1.14$ 

50

$$\text{条件式 (2)} : f_1 / f_3 = 5.44$$

$$\text{条件式 (3)} : f_2 / (-f_3) = 0.88$$

$$\text{条件式 (4)} : f_1 / (-f_2) = 6.22$$

$$\text{条件式 (5)} : w = 39.30$$

$$\text{条件式 (6)} : f_t / f_w = 2.89$$

#### 【0117】

表1から、第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、上記条件式(1)~(6)を満たすことが分かる。

#### 【0118】

図2は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の広角端状態( $f = 18.50$ )における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 $= 0.2\text{mm}$ )のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 $= -0.009$ )の諸収差図を示す。図3は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の中間焦点距離状態( $f = 34.95$ )における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 $= 0.2\text{mm}$ )のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 $= -0.018$ )の諸収差図を示す。図4は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の望遠端状態( $f = 53.50$ )における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 $= 0.2\text{mm}$ )のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 $= -0.027$ )の諸収差図を示す。本実施例では、防振時の光学性能を、図2(b)、図3(b)及び図4(b)のように、像高 $y = 0.0$ を中心に、上下プラスマイナスの像高 $10.0$ に対応したコマ収差図で示す。

#### 【0119】

各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高、dはd線における収差、gはg線における収差を示す。d、gの記載のないものは、d線における収差を示す。球面収差図において、最大口径に対応するFナンバーの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値を示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリジオナル像面を示す。コマ収差図において、実線はメリジオナルコマ、破線はサジタルコマを示す。以上の収差図の説明は、他の実施例においても同様とし、その説明を省略する。

#### 【0120】

図2~図4に示す各収差図から、第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、広角端状態から望遠端状態にわたり諸収差が良好に補正され、高い結像性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時にも高い結像性能を有することが分かる。

#### 【0121】

(第2実施例)

第2実施例について、図5~図8及び表2を用いて説明する。第2実施例に係る変倍光学系ZL(ZL2)は、図5に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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持つ第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成される。

#### 【0122】

第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、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との接合正レンズからなる。

#### 【0123】

第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とからなる。負メニスカスレンズL21の物体側面は、非球面である。

#### 【0124】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、両凸レンズL32と負メニスカスレンズL33との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34と、両凸レンズL35と、像側に凸面を向けた

10

20

30

40

50

負メニスカスレンズL36とからなる。負メニスカスレンズL36の像側面は、非球面である。

【0125】

Fナンバーを決定する開口絞りSは、第3レンズ群G3中に設けられている。

【0126】

像面Iは、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子はCCDやCMOS等から構成される。

【0127】

第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔とを変化させることにより、  
10 広角端状態から望遠端状態への変倍を行う。このとき、像面Iに対して、第1レンズ群G1～第3レンズ群G3は物体側へ移動する。開口絞りSは、変倍に際して、第3レンズ群G3と一体となって、物体側へ移動する。

【0128】

詳細には、第2実施例に係る変倍光学系ZL2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との空気間隔が縮小するように、各レンズ群G1～G3を光軸に沿って移動させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行う。

【0129】

第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、第3レンズ群G3の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31を光軸方向に沿って移動させることにより合焦を行う構成であり、  
20 図5の矢印に示すように、無限遠物体に合焦した状態から近距離物体へ合焦する状態に変化させたときに、正メニスカスレンズL31は物体側から像側へ移動する。

【0130】

像ブレ発生時には、防振レンズ群として、第3レンズ群G3の物体側に凸面を向けた負正メニスカスレンズL34を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、  
像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。

【0131】

下記の表2に、第2実施例における各諸元の値を示す。表2における面番号1～21が、  
30 図5に示すm1～m21の各光学面に対応している。

【0132】

(表2)

[レンズデータ]

面番号	r	D	d	n d
1	53.5681	1.6000	23.80	1.84666
2	37.0346	5.7211	55.52	1.69680
3	353.3821	D3(可変)		
*4	45.0000	1.2492	46.60	1.80400
5	12.0000	4.6255		
6	-419.8499	1.0000	46.60	1.80400
7	16.0327	2.2223		
8	17.7685	3.0523	23.80	1.84666
9	54.0639	D9(可変)		
10	30.8461	2.0203	55.52	1.69680
11	1697.1702	D11(可変)		
12		0.5000	(絞りS)	
13	15.5855	3.7128	63.88	1.51680
14	-13.3636	1.0121	27.57	1.75520
15	-31.5468	4.5348		
16	52.8796	1.0000	29.37	1.95000

10

20

30

40

50

17	26.1372	4.8969		
18	23.6866	2.7133	46.97	1.54072
19	-63.5925	1.9047		
20	-10.9032	1.5000	46.60	1.80400
*21	-19.7349	Bf (可変)		

## [ 非球面データ ]

## 第4面

=	1.0000	
A4	= -5.26610E-06	10
A6	= -3.69410E-08	
A8	= 1.17750E-10	
A10	= -9.98120E-14	

## 第21面

=	1.0000	
A4	= 2.90520E-05	
A6	= -1.19970E-08	
A8	= -6.98280E-10	
A10	= 0.00000E+00	20

## [ 各種データ ]

f	18.74	~	52.08
F n o	3.77	~	5.71
	39.16	~	14.81
Y	14.25	~	14.25
T L	79.523	~	109.107
B f	18.021	~	35.053

## [ 可変間隔データ ]

( 無限遠 )

( 撮影距離 2 m )

	広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
f,	18.741	34.496	52.082	-0.010	-0.018	-0.026
D0	0.000	0.000	0.000	1919.796	1906.950	1890.212
D3	1.546	11.351	25.190	1.546	11.351	25.190
D9	13.592	5.482	2.500	13.794	5.765	2.958
D11	3.099	3.099	3.099	2.897	2.816	2.641
Bf	18.021	29.172	35.053	18.021	29.172	35.053

## [ レンズ群データ ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	100.52307
G 2	4	-15.10823
G 3	10	19.34026

## [ 条件式対応値 ]

条件式 ( 1 )	: f 3 / f w = 1.03
条件式 ( 2 )	: f 1 / f 3 = 5.20
条件式 ( 3 )	: f 2 / ( - f 3 ) = 0.78
条件式 ( 4 )	: f 1 / ( - f 2 ) = 6.65

10

20

30

40

50

条件式(5):  $w = 39.16$

条件式(6):  $f_t / f_w = 2.78$

【0133】

表2から、第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、上記条件式(1)~(6)を満たすことが分かる。

【0134】

図6は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の広角端状態( $f = 18.74$ )における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 $= 0.2\text{mm}$ )のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 $= -0.010$ )の諸収差図を示す。図7は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の中間焦点距離状態( $f = 34.50$ )における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 $= 0.2\text{mm}$ )のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 $= -0.018$ )の諸収差図を示す。図8は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の望遠端状態( $f = 52.08$ )における収差図であり、(a)無限遠合焦時の諸収差図、(b)は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 $= 0.2\text{mm}$ )のコマ収差図、(c)は近距離合焦時(撮影倍率 $= -0.026$ )の諸収差図を示す。

【0135】

図6~図8に示す各収差図から、第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、広角端状態から望遠端状態にわたり諸収差が良好に補正され、高い結像性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時にも高い結像性能を有することが分かる。

【0136】

(第3実施例)

第3実施例について、図9~図12及び表3を用いて説明する。第3実施例に係る変倍光学系ZL(ZL3)は、図9に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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持つ第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成される。

【0137】

第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12との接合正レンズからなる。

【0138】

第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とからなる。負メニスカスレンズL21の物体側面は、非球面である。

【0139】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、両凸レンズL32と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL33との接合正レンズと、両凸レンズL34と、両凹レンズL35とからなる。負メニスカスレンズL34の像側面は、非球面である。

【0140】

Fナンバーを決定する開口絞りSは、第3レンズ群G3中に設けられている。

【0141】

像面Iは、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子はCCDやCMOS等から構成される。

【0142】

第3実施例に係る変倍光学系ZL3は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔と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を行う。このとき、像面Iに対して、第1レンズ群G1~第3レンズ群G3は物体側へ移動する。開口絞りSは、変倍に際して、第3レンズ群G3と一体となって、物体側へ移動する。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 3 】

詳細には、第3実施例に係る変倍光学系Z L 3は、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との空気間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との空気間隔が縮小するように、各レンズ群G 1 ~ G 3を光軸に沿って移動させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行う。

【 0 1 4 4 】

第3実施例に係る変倍光学系Z L 3は、第3レンズ群G 3の両凸レンズL 3 4を光軸方向に沿って移動させることにより合焦を行う構成であり、図9の矢印に示すように、無限遠物体に合焦した状態から近距離物体へ合焦する状態に変化させたときに、両凸レンズL 3 4は物体側から像側へ移動する。

10

【 0 1 4 5 】

像ブレ発生時には、防振レンズ群として、第3レンズ群G 3の像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 1を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正(防振)を行う。

【 0 1 4 6 】

下記の表3に、第3実施例における各諸元の値を示す。表3における面番号1 ~ 19が、図9に示すm 1 ~ m 19の各光学面に対応している。

【 0 1 4 7 】

(表3)

[ レンズデータ ]

20

面番号	r	D	d	n d
1	53.2376	1.6000	23.80	1.84666
2	38.1514	6.3571	63.34	1.61800
3	-369.5355	D3(可変)		
*4	37.0679	1.2789	52.34	1.75500
5	11.0000	5.1524		
6	-55.1564	1.0000	46.60	1.80400
7	24.6508	0.5019		
8	17.1923	3.0456	23.80	1.84666
9	55.8429	D9(可変)		
10	-147.8871	1.8235	59.42	1.58313
11	-38.8546	0.9660		
12		0.4673	(絞りS)	
13	13.2618	3.3759	65.44	1.60300
14	-18.1264	1.0943	29.37	1.95000
15	-141.8073	D15(可変)		
16	32.4435	1.9144	49.62	1.77250
*17	-28.4962	D17(可変)		
18	-19.1230	1.1000	46.59	1.81600
19	55.1349	Bf(可変)		

30

40

[ 非球面データ ]

第4面

- = 1.0000
- A4 = -2.53250E-05
- A6 = -1.03610E-07
- A8 = 7.17390E-10
- A10 = -2.12490E-12

第17面

50



= 1.0000  
 A4 = 7.38500E-05  
 A6 = 4.27730E-07  
 A8 = 0.00000E+00  
 A10 = 0.00000E+00

## [ 各種データ ]

f 18.72 ~ 52.00  
 F n o 3.60 ~ 5.57  
 39.22 ~ 14.29  
 Y 14.25 ~ 14.25  
 T L 74.332 ~ 95.718  
 B f 18.038 ~ 32.068

10

## [ 可変間隔データ ]

	( 無限遠 )			( 撮影距離 2 m )		
	広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
f,	18.724	35.500	52.000	-0.010	-0.018	-0.027
D0	0.000	0.000	0.000	1924.987	1912.247	1903.600
D3	1.000	14.288	20.264	1.000	14.288	20.264
D9	13.907	5.856	2.000	13.907	5.856	2.000
D15	8.710	8.710	8.710	8.661	8.597	8.533
D17	3.000	3.000	3.000	3.049	3.112	3.177
Bf	18.038	25.541	32.068	18.038	25.541	32.068

20

## [ レンズ群データ ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	86.38416
G 2	4	-15.99559
G 3	10	17.86718

30

## [ 条件式対応値 ]

条件式 ( 1 ) :  $f_3 / f_w = 0.95$   
 条件式 ( 2 ) :  $f_1 / f_3 = 4.83$   
 条件式 ( 3 ) :  $f_2 / ( - f_3 ) = 0.90$   
 条件式 ( 4 ) :  $f_1 / ( - f_2 ) = 5.40$   
 条件式 ( 5 ) :  $w = 39.22$   
 条件式 ( 6 ) :  $f_t / f_w = 2.78$

## 【 0 1 4 8 】

表 3 から、第 3 実施例に係る変倍光学系 Z L 3 は、上記条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) を満たすことが分かる。

40

## 【 0 1 4 9 】

図 1 0 は、第 3 実施例に係る変倍光学系 Z L 3 の広角端状態 (  $f = 18.72$  ) における収差図であり、( a ) 無限遠合焦時の諸収差図、( b ) は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時 ( 防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm ) のコマ収差図、( c ) は近距離合焦時 ( 撮影倍率 = -0.010 ) の諸収差図を示す。図 1 1 は、第 3 実施例に係る変倍光学系 Z L 3 の中間焦点距離状態 (  $f = 35.50$  ) における収差図であり、( a ) 無限遠合焦時の諸収差図、( b ) は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時 ( 防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm ) のコマ収差図、( c ) は近距離合焦時 ( 撮影倍率 = -0.018 ) の諸収差図を示す。図 1 2 は、第 3 実施例に係る変倍光学系 Z L 3 の望遠端状態 (  $f = 52.00$  ) における収差図であり、(

50

a) 無限遠合焦時の諸収差図、(b) は無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振レンズ群のシフト量 = 0.2mm) のコマ収差図、(c) は近距離合焦時(撮影倍率 = -0.027) の諸収差図を示す。

【0150】

図10～図12に示す各収差図から、第3実施例に係る変倍光学系ZL3は、広角端状態から望遠端状態にわたり諸収差が良好に補正され、高い結像性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時にも高い結像性能を有することが分かる。

【0151】

以上の各実施例によれば、良好な光学性能を有する変倍光学系が実現できる。

【0152】

なお、上記の各実施例は、本実施形態に係る変倍光学系の一具体例を示しているものであり、本実施形態に係る変倍光学系はこれらに限定されるものではない。本実施形態において、下記の内容は光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0153】

本実施形態の数値実施例では、3群構成を示したが、4群等の他の群構成にも適用可能である。例えば、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、レンズ群とは、変倍時又は合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。

【0154】

本実施形態において、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よい。この合焦レンズ群は、オートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の(超音波モーター等を用いた)モーター駆動にも適している。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0155】

本実施形態において、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動(揺動)させて、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0156】

本実施形態において、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ(GRINレンズ)あるいはプラスチックレンズとしてもよい。

【0157】

本実施形態において、開口絞りSは、第3レンズ群G3の中又は近傍に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用してもよい。

【0158】

本実施形態において、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減して高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。

【0159】

本実施形態の変倍光学系ZLは、変倍比が2～7程度である。

【符号の説明】

【0160】

ZL (ZL1～ZL3) 変倍光学系

G1 第1レンズ群

10

20

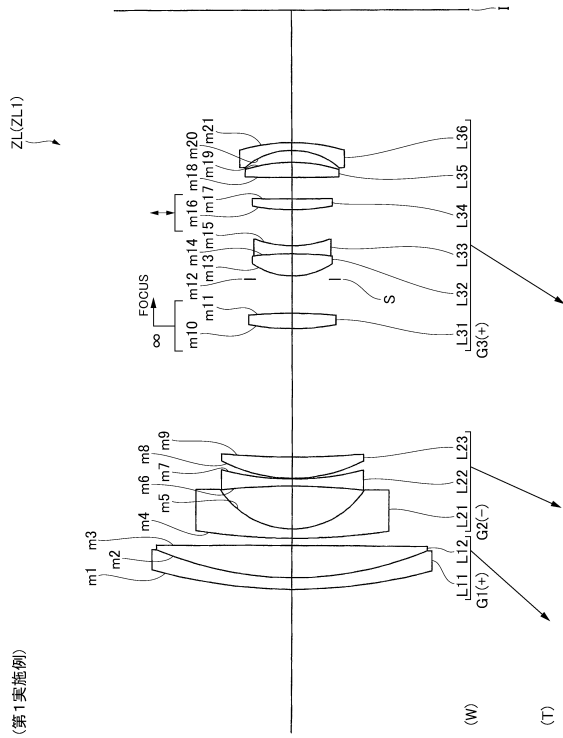
30

40

50

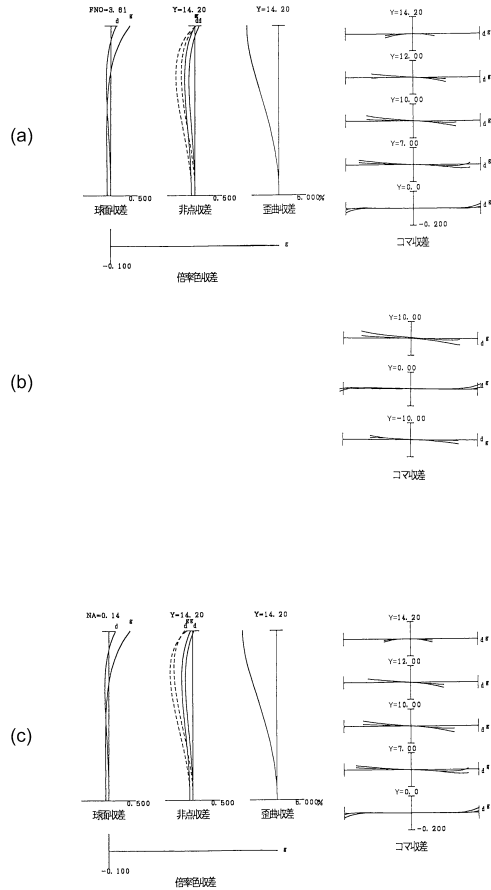
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- S 開口絞り
- I 像面
- 1 カメラ (撮像装置)
- 2 撮影レンズ (変倍光学系)

【図 1】

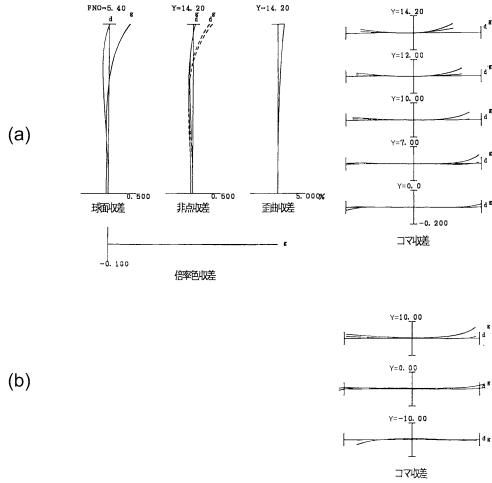


(第 1 実施例)

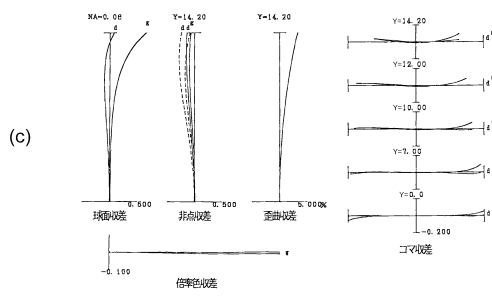
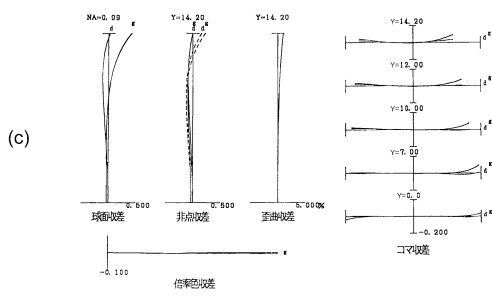
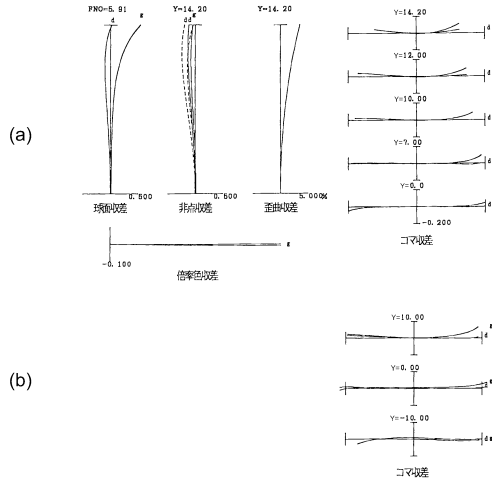
【図 2】



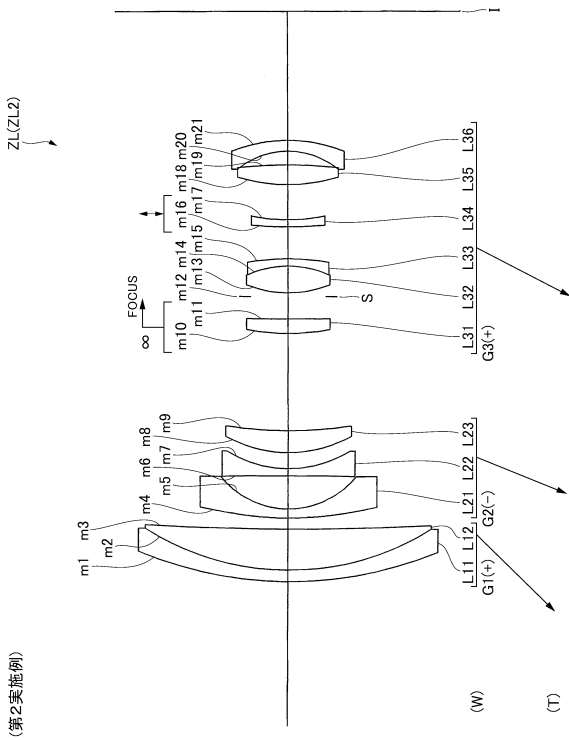
【図3】



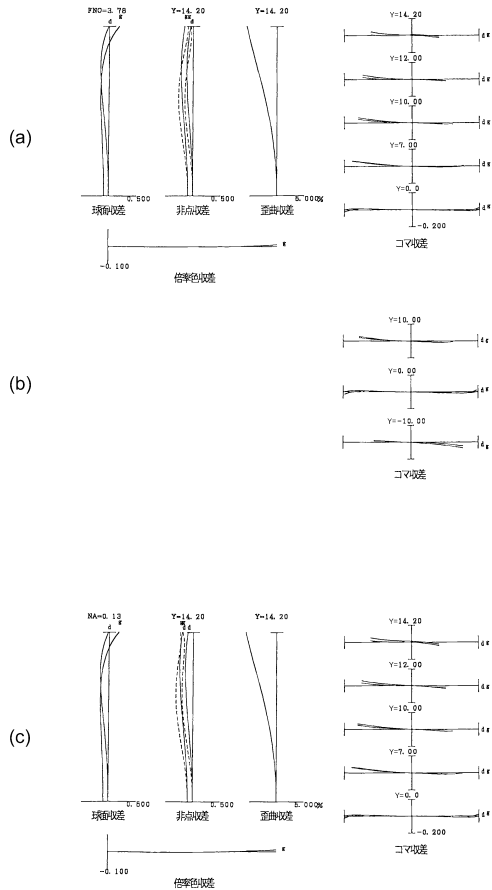
【図4】



【図5】

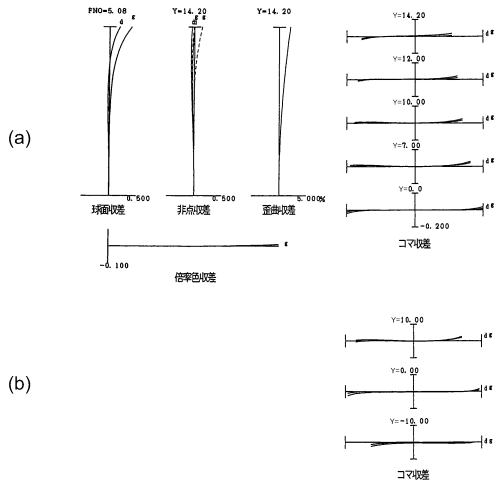


【図6】

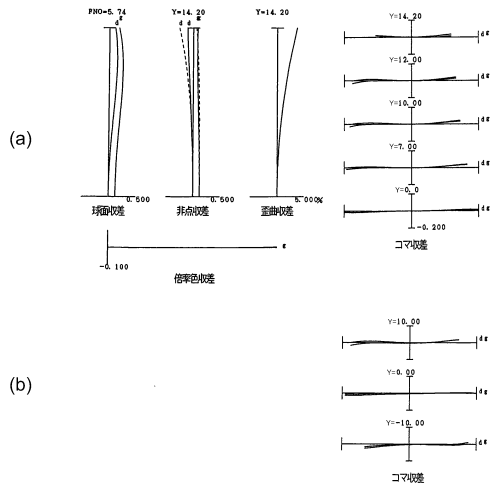


(第2実施例)

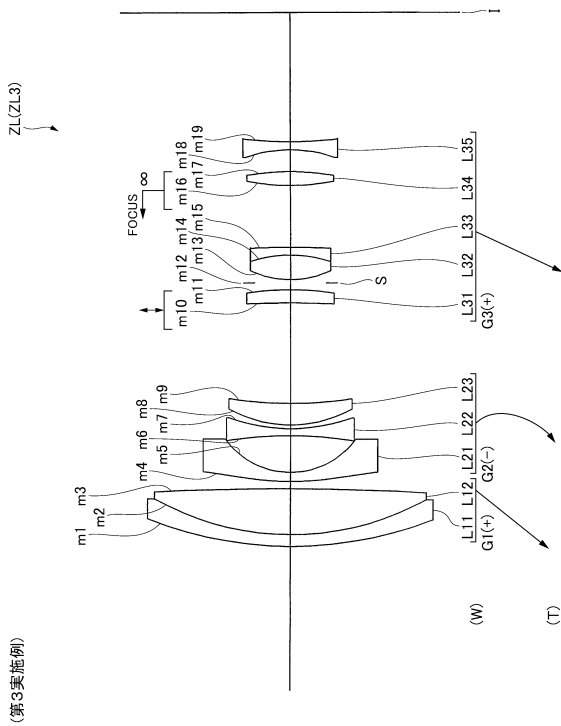
【図7】



【図8】

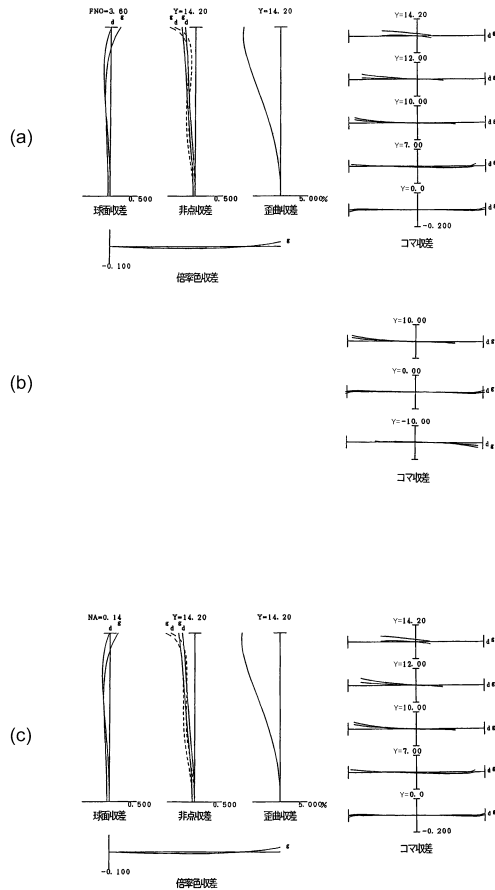


【図9】

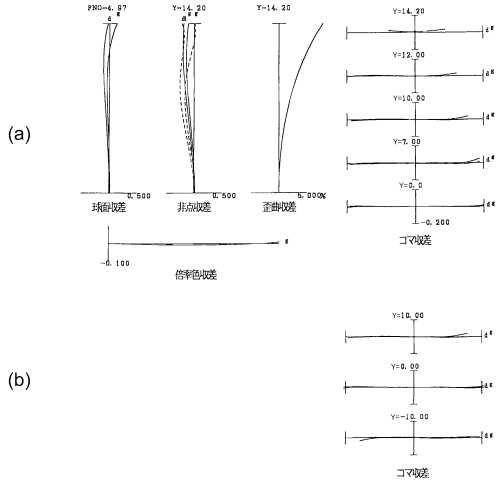


(第3実施例)

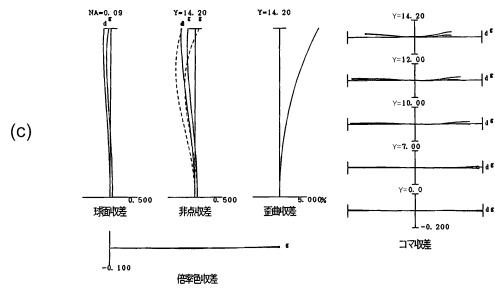
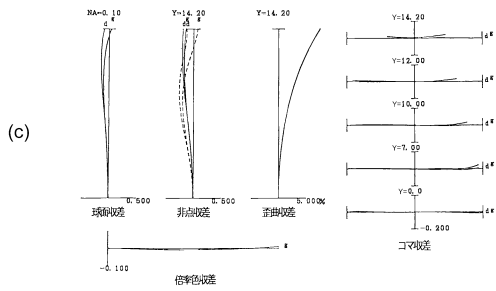
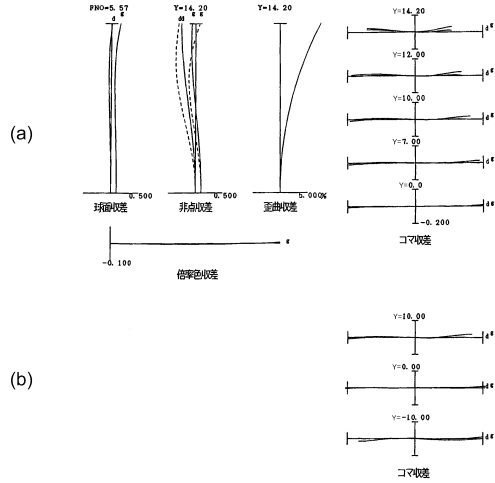
【図10】



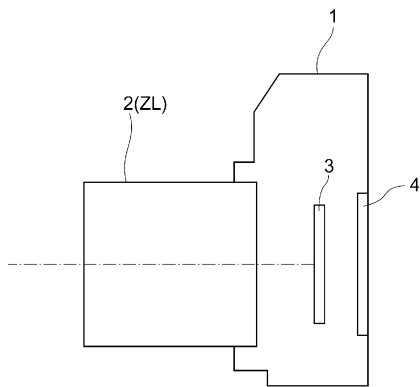
【図11】



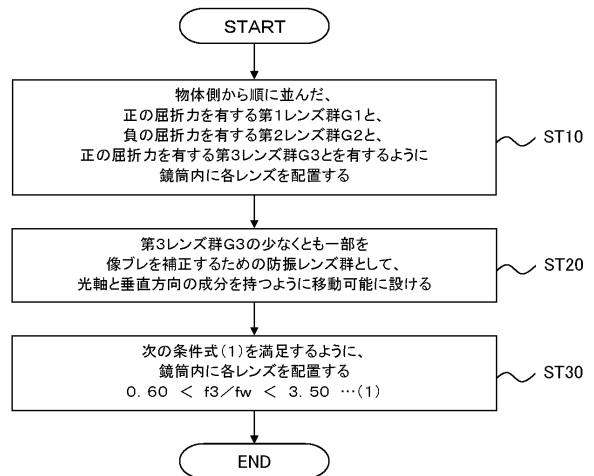
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-001539(JP,A)  
特開2009-210691(JP,A)  
特開2013-011641(JP,A)  
特開2013-008007(JP,A)  
特開2013-210475(JP,A)  
特開平08-278445(JP,A)  
特開2011-232503(JP,A)  
特開2010-044190(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0105976(US,A1)  
特開2015-191060(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