

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-191065

(P2015-191065A)

(43) 公開日 平成27年11月2日(2015.11.2)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G 0 2 B 15/20	2 H 0 8 7
G 0 3 B 5/00 (2006.01)	G 0 3 B 5/00	J 2 K 0 0 5
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2014-67081 (P2014-67081)
 (22) 出願日 平成26年3月27日 (2014. 3. 27)

(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都港区港南二丁目15番3号
 (74) 代理人 100092897
 弁理士 大西 正悟
 (74) 代理人 100097984
 弁理士 川野 宏
 (74) 代理人 100157417
 弁理士 並木 敏章
 (72) 発明者 木村 陽子
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ、撮像装置及びズームレンズの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有するズームレンズ、撮像装置及びズームレンズの製造方法を提供する。

【解決手段】 物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、第1レンズ群G1は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11を有し、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4の少なくとも一部は、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設けられ、第4レンズ群G4は、少なくとも4枚のレンズを有し、次の条件式(1)を満足する。

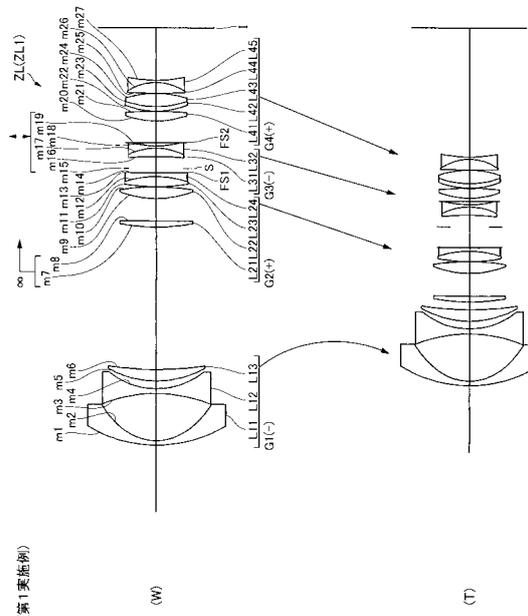
$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 : 第2レンズ群G2の焦点距離。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、

前記第 1 レンズ群は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、

前記第 1 レンズ群～前記第 4 レンズ群の少なくとも一部は、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設けられ、

前記第 4 レンズ群は、少なくとも 4 枚のレンズを有し、

以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離。

【請求項 2】

物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、

前記第 1 レンズ群は、最も物体側に、負メニスカスレンズを有し、

前記第 1 レンズ群～前記第 4 レンズ群の少なくとも一部は、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設けられ、

前記第 4 レンズ群は、少なくとも 3 枚のレンズを有し、

以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.00 < (f_t / f_w) / F_w < 2.00$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離、

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離、

F_w : 広角端状態における開放 F 値。

【請求項 3】

前記第 3 レンズ群の少なくとも一部は、前記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設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【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ズームレンズ。

$$0.90 < f_t / f_2 < 1.50$$

但し、

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離、

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ズームレンズ。

$$0.50 < (-f_1) / f_2 < 0.80$$

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】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

10

20

30

40

50

$$0.80 < f_2 / (-f_3) < 1.20$$

但し、

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離、

f_3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離。

【請求項 7】

前記第 3 レンズ群は、正レンズと負レンズとの接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に並んだ、負メニスカスレンズと、負レンズと、正レンズとを有することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

10

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 枚の非球面レンズを有することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズは、非球面レンズであることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群の少なくとも一部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ることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に、開口絞りを有することを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 13】

変倍時に、前記開口絞りは前記第 3 レンズ群と一体となって移動することを特徴とする請求項 12 に記載のズームレンズ。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載のズームレンズを備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 15】

物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有するズームレンズの製造方法であって、

30

各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、

前記第 1 レンズ群は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、

前記第 1 レンズ群 ~ 前記第 4 レンズ群の少なくとも一部は、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設けられ、

前記第 4 レンズ群は、少なくとも 4 枚のレンズを有し、

以下の条件式を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置することを特徴とするズームレンズの製造方法。

40

$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズ、撮像装置及びズームレンズの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

従来、負先行型の４群ズームレンズは多数提案されているが、明るく、防振機能を備えたものは少なかった（例えば、特許文献１、２参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開平１０－３９２１０号公報

【特許文献２】特開２０１０－１７００６３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

近年のデジタル化に伴い、防振機能を備えつつ、より明るく、よりレンズ性能の高いズームレンズが求められている。

【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、防振機能を備え、明るく、高い光学性能を有するズームレンズ、撮像装置及びズームレンズの製造方法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、本発明に係るズームレンズは、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、負の屈折力を有する第３レンズ群と、正の屈折力を有する第４レンズ群とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、前記第１レンズ群は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、前記第１レンズ群～前記第４レンズ群の少なくとも一部は、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設けられ、前記第４レンズ群は、少なくとも４枚のレンズを有し、次の条件式を満足する。

【０００７】

$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55$$

但し、

f_w ：広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 ：前記第２レンズ群の焦点距離。

【０００８】

本発明に係るズームレンズは、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、負の屈折力を有する第３レンズ群と、正の屈折力を有する第４レンズ群とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、前記第１レンズ群は、最も物体側に、負メニスカスレンズを有し、前記第１レンズ群～前記第４レンズ群の少なくとも一部は、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設けられ、前記第４レンズ群は、少なくとも３枚のレンズを有し、次の条件式を満足する。

【０００９】

$$1.00 < (f_t / f_w) / F_w < 2.00$$

但し、

f_w ：広角端状態における全系の焦点距離、

f_t ：望遠端状態における全系の焦点距離、

F_w ：広角端状態における開放F値。

【００１０】

本発明に係るズームレンズにおいて、前記第３レンズ群の少なくとも一部は、前記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設けられていることが好ましい。

【００１１】

10

20

30

40

50

本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

【0012】

$$0.90 < f_t / f_2 < 1.50$$

但し、

f_t ：望遠端状態における全系の焦点距離、

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離。

【0013】

本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

【0014】

$$0.50 < (-f_1) / f_2 < 0.80$$

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。

【0015】

本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

【0016】

$$0.80 < f_2 / (-f_3) < 1.20$$

但し、

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離、

f_3 ：前記第3レンズ群の焦点距離。

【0017】

本発明に係るズームレンズにおいて、前記第3レンズ群は、正レンズと負レンズとの接合レンズを有することが好ましい。

【0018】

本発明に係るズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は、物体側から順に並んだ、負メニスカスレンズと、負レンズと、正レンズとを有することが好ましい。

【0019】

本発明に係るズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は、少なくとも1枚の非球面レンズを有することが好ましい。

【0020】

本発明に係るズームレンズにおいて、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズは、非球面であることが好ましい。

【0021】

本発明に係るズームレンズは、前記第2レンズ群の少なくとも一部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ることが好ましい。

【0022】

本発明に係るズームレンズは、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に、開口絞りを有することが好ましい。

【0023】

本発明に係るズームレンズにおいて、変倍時に、前記開口絞りは前記第3レンズ群と一体となって移動することが好ましい。

【0024】

本発明の撮像装置は、上記いずれかのズームレンズを備える。

【0025】

本発明のズームレンズの製造方法は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有するズームレンズの製造方法であって、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、前記第1レンズ群は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、前記第1レンズ群～前記第4レンズ群の少なくとも一部は、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

10

20

30

40

50

うに移動可能に設けられ、前記第4レンズ群は、少なくとも4枚のレンズを有し、次の条件式を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

【0026】

$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有するズームレンズ、撮像装置及びズームレンズの製造方法を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例に係るズームレンズの広角端状態 ($f = 9.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.154) のコマ収差図を示す。

【図3】第1実施例に係るズームレンズの第1の中間焦点距離状態 ($f = 13.40$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図4】第1実施例に係るズームレンズの第2の中間焦点距離状態 ($f = 18.40$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

20

【図5】第1実施例に係るズームレンズの望遠端状態 ($f = 29.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.187) のコマ収差図を示す。

【図6】第2実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図7】第2実施例に係るズームレンズの広角端状態 ($f = 9.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.116) のコマ収差図を示す。

【図8】第2実施例に係るズームレンズの第1の中間焦点距離状態 ($f = 13.12$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

30

【図9】第2実施例に係るズームレンズの第2の中間焦点距離状態 ($f = 20.04$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図10】第2実施例に係るズームレンズの望遠端状態 ($f = 29.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.162) のコマ収差図を示す。

【図11】第3実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図12】第3実施例に係るズームレンズの広角端状態 ($f = 9.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.127) のコマ収差図を示す。

【図13】第3実施例に係るズームレンズの第1の中間焦点距離状態 ($f = 12.63$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

40

【図14】第3実施例に係るズームレンズの第2の中間焦点距離状態 ($f = 17.73$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図15】第3実施例に係るズームレンズの望遠端状態 ($f = 29.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.162) のコマ収差図を示す。

【図16】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17】本実施形態に係るズームレンズの製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

50

【0029】

以下、本実施形態について、図面を参照しながら説明する。本実施形態に係るズームレンズZLは、図1に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、第1レンズ群G1は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11を有し、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4の少なくとも一部は、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設けられ、第4レンズ群G4は、少なくとも4枚のレンズを有して構成される。

【0030】

本実施形態のズームレンズZLは、負先行型の4群構成である。このようなズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1の最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11を配置することにより、広角端状態において良好な収差補正（例えば、歪曲収差、像面湾曲）が可能となる。

【0031】

ズームレンズZLは、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4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設けることにより、防振性能と光学性能の両方を良好に確保することができる。

【0032】

ズームレンズZLは、第4レンズ群G4を4枚以上のレンズで構成することにより、F値を確保することができ、良好な収差補正（例えば、球面収差、像面湾曲）が可能となる。

【0033】

上記構成のもと、ズームレンズZLは、次の条件式(1)を満足する。

【0034】

$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55 \dots (1)$$

但し、

f_w ：広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群G2の焦点距離。

【0035】

条件式(1)は、広角端状態における全系の焦点距離と、第2レンズ群G2との焦点距離との関係式であり、第2レンズ群G2の最適なパワーを求めるものである。条件式(1)の上限値を上回ると、相対的に第2レンズ群G2のパワーが強くなり過ぎ、コマ収差が補正不足となる。条件式(1)の下限値を下回ると、相対的に第2レンズ群G2のパワーが弱くなり過ぎ、球面収差の補正不足と、レンズ系が巨大化する。

【0036】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を0.50とすることが好ましい。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(1)の上限値を0.45とすることがより好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(1)の上限値を0.40とすることが好ましい。

【0037】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の下限値を0.25とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(1)の下限値を0.30とすることが好ましい。

【0038】

また、本実施形態に係るズームレンズZLは、図1に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行い、第1レンズ群G1は、最も物体側に、負メニスカスレンズL11を有し、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4の少なくとも一

10

20

30

40

50

部は、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設けられ、第4レンズ群G4は、少なくとも3枚のレンズを有して構成される。

【0039】

このように負先行型の4群構成のズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11を配置することにより、広角端状態において良好な収差補正（例えば、歪曲収差、像面湾曲）が可能となる。

【0040】

ズームレンズZLは、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4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設けることにより、防振性能と光学性能の両方を良好に確保することができる。

10

【0041】

ズームレンズZLは、第4レンズ群G4を少なくとも3枚以上のレンズで構成することにより、F値を確保することができ、良好な収差補正（例えば、球面収差、像面湾曲）が可能となる。

【0042】

上記構成のもと、ズームレンズZLは、次の条件式(2)を満足する。

【0043】

$$1.00 < (f_t / f_w) / F_w < 2.00 \quad \dots (2)$$

但し、

f_w：広角端状態における全系の焦点距離、

f_t：望遠端状態における全系の焦点距離、

F_w：広角端状態における開放F値。

20

【0044】

条件式(2)は、ズーム比と、広角端状態におけるF値との関係式であり、本実施形態に係るズームレンズZLの最適なスペックを求めるものである。条件式(2)の上限値を上回ると、F値が明るくなり過ぎ、球面収差の補正が困難となる。また、ズーム比の確保が困難となる。ここで、無理にズーム比を確保しようとすると、特に、像面湾曲、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、F値が暗くなったり、ズーム比が小さくなったりするため、魅力的なレンズではなくなる。

30

【0045】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の上限値を1.90とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(2)の上限値を1.80とすることが好ましい。

【0046】

本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(2)の下限値を1.10とすることが好ましい。

【0047】

本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、第3レンズ群G3の少なくとも一部は、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設けられていることが好ましい。

40

【0048】

この構成により、像ブレ補正時のコマ収差の変動を良好に抑えることができる。また、レンズ系の小型化を図ることができる。

【0049】

本実施形態に係るズームレンズZLは、次の条件式(3)を満足することが好ましい。

【0050】

$$0.90 < f_t / f_2 < 1.50 \quad \dots (3)$$

但し、

f_t：望遠端状態における全系の焦点距離、

50

f_2 : 第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離。

【 0 0 5 1 】

条件式 (3) は、望遠端状態における全系の焦点距離と、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離との関係式であり、第 2 レンズ群 G 2 の最適なパワーを求めるものである。条件式 (3) の上限値を上回ると、相対的に第 2 レンズ群 G 2 のパワーが強くなり過ぎ、コマ収差が補正不足となる。条件式 (3) の下限値を下回ると、相対的に第 2 レンズ群 G 2 のパワーが弱くなり過ぎ、球面収差の補正不足と、レンズ系が巨大化する。

【 0 0 5 2 】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (3) の上限値を 1 . 4 0 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式 (3) の上限値を 1 . 3 0 とすることが好ましい。

10

【 0 0 5 3 】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (3) の下限値を 0 . 9 5 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式 (3) の下限値を 1 . 0 0 とすることが好ましい。

【 0 0 5 4 】

本実施形態に係るズームレンズ Z L は、次の条件式 (4) を満足することが好ましい。

【 0 0 5 5 】

$$0 . 5 0 < (- f_1) / f_2 < 0 . 8 0 \quad \dots (4)$$

但し、

f_1 : 第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離、

f_2 : 第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離。

20

【 0 0 5 6 】

条件式 (4) は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離と、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離との関係式であり、本実施形態に係るズームレンズ Z L の最適なスペックを求めるものである。条件式 (4) の上限値を上回ると、相対的に第 1 レンズ群 G 1 のパワーが弱くなり、広角端状態における光学性能が劣化する (特に、コマ収差、歪曲収差) 。条件式 (4) の下限値を下回ると、相対的に第 1 レンズ群 G 1 のパワーが強くなり、コマ収差、歪曲収差が補正不足となる。

【 0 0 5 7 】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (4) の上限値を 0 . 7 5 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式 (4) の上限値を 0 . 7 0 とすることが好ましい。

30

【 0 0 5 8 】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (4) の下限値を 0 . 5 5 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式 (4) の下限値を 0 . 6 0 とすることが好ましい。

【 0 0 5 9 】

本実施形態に係るズームレンズ Z L は、次の条件式 (5) を満足することが好ましい。

【 0 0 6 0 】

$$0 . 8 0 < f_2 / (- f_3) < 1 . 2 0 \quad \dots (5)$$

但し、

f_2 : 第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離、

f_3 : 第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離。

40

【 0 0 6 1 】

条件式 (5) は、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離と、第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離との関係式であり、本実施形態に係るズームレンズ Z L の最適なスペックを求めるものである。条件式 (5) の上限値を上回ると、相対的に第 2 レンズ群 G 2 のパワーが弱くなり、球面収差、像面湾曲が補正不足となる。条件式 (5) の下限値を下回ると、相対的に第 2 レンズ群 G 2 のパワーが強くなり、球面収差、像面湾曲が補正不足となる。

50

【0062】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の上限値を1.10とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(5)の上限値を1.05とすることが好ましい。

【0063】

本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を0.85とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(5)の下限値を0.89とすることが好ましい。

【0064】

本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、第3レンズ群G3は、正レンズと負レンズとの接合レンズを有することが好ましい。

10

【0065】

この構成により、防振性能と光学性能の両方を良好に確保することができる。また、正レンズと負レンズとを接合する構成により、軸上色収差などの諸収差を良好に補正することができる。

【0066】

本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、負メニスカスレンズと、負レンズと、正レンズとを有することが好ましい。

【0067】

この構成により、歪曲収差、像面湾曲などの諸収差を良好に補正することができる。

20

【0068】

本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1は、少なくとも1枚の非球面レンズを有することが好ましい。特に、第1レンズ群G1の最も物体側のレンズが非球面レンズであることが好ましい。

【0069】

この構成により、より高解像度の像が得られる。

【0070】

本実施形態に係るズームレンズZLは、第2レンズ群G2の少なくとも一部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ることが好ましい。

【0071】

この構成により、合焦時の像面湾曲の変動を抑えることができる。また、近距離撮影でも良好な像が得られる。

30

【0072】

本実施形態に係るズームレンズZLは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に、開口絞りSを有することが好ましい。

【0073】

この構成により、球面収差を良好に補正することができる。

【0074】

本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、変倍時に、開口絞りSが第3レンズ群G3と一体となって移動することが好ましい。

40

【0075】

この構成により、変倍時に発生する球面収差を良好に補正することができる。

【0076】

以上のような本実施形態によれば、防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有するズームレンズZLを実現することができる。

【0077】

次に、図16を参照しながら、上述のズームレンズ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16に示すように、撮影レンズ2として上述のズームレンズ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。

【0078】

50

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 O L P F（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部 3 の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部 3 に設けられた光電変換素子によ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 E V F（Electronic view finder：電子ビューファインダ）4 に表示される。これにより、撮影者は E V F 4 を介して被写体を観察することができる。

【 0 0 7 9 】

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。

10

【 0 0 8 0 】

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ズームレンズ 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、防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有するズームレンズを実現している。これにより、カメラ 1 は、防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有する撮像装置を実現することができる。

【 0 0 8 1 】

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、上述のズームレンズ 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、上述のズームレンズ 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。

20

【 0 0 8 2 】

続いて、図 1 7 を参照しながら、上記構成のズームレンズ Z L の製造方法について概説する。まず、鏡筒内に、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させて変倍を行うように、各レンズを配置する（ステップ S T 1 0）。このとき、第 1 レンズ群 G 1 は、最も物体側に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有するようにする（ステップ S T 2 0）。第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 4 レンズ群 G 4 の少なくとも一部は、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設ける（ステップ S T 3 0）。第 4 レンズ群 G 4 は、少なくとも 4 枚のレンズを有するようにする（ステップ S T 4 0）。次の条件式（1）を満足するように、各レンズを配置する（ステップ S T 5 0）。

30

【 0 0 8 3 】

$$0.20 < f_w / f_2 < 0.55 \quad \dots (1)$$

但し、

f_w ：広角端状態における全系の焦点距離、

f_2 ：第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離。

【 0 0 8 4 】

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、両凹レンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とを配置する。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正メニスカスレンズ L 2 1 と、両凸レンズ L 2 2 と、両凸レンズ L 2 3 と両凹レンズ L 2 4 との接合レンズとを配置する。第 3 レンズ群 G 3 として、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1 と両凹レンズ L 3 2 との接合レンズを配置する。第 4 レンズ群 G 4 として、物体側から順に、両凸レンズ L 4 1 と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 2 と両凸レンズ L 4 3 との接合レンズと、両凸レンズ L 4 4 と両凹レンズ L 4 5 との接合レンズとを配置する。第 3 レンズ群 G 3 は、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設けられている。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 0.32）。

40

50

【 0 0 8 5 】

以上のような本実施形態に係るズームレンズの製造方法によれば、防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有するズームレンズZ Lを得ることができる。

【 実施例 】

【 0 0 8 6 】

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。

【 0 0 8 7 】

図 1、図 6 及び図 1 1 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 4 の光軸に沿った移動軌跡を矢印で示す。

10

【 0 0 8 8 】

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。

【 0 0 8 9 】

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。

【 0 0 9 0 】

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、n d 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、(絞り F S) はフレアカット絞り F S、B f 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。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。

20

【 0 0 9 1 】

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、A n 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「 1.234×10^{-5} 」を示す。

30

【 0 0 9 2 】

$$X (y) = (y^2 / r) / [1 + \{ 1 - (y^2 / r^2) \}^{1/2}] + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12} \dots (a)$$

【 0 0 9 3 】

表中の [各種データ] において、f はレンズ全系の焦点距離、F N O は F ナンバー、2 は画角 (単位 : °)、Y は像高、T L 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)、B f 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。

40

【 0 0 9 4 】

表中の [可変間隔データ] において、f はレンズ全系の焦点距離、R は撮影距離、D 0 は物体面から第 1 面までの距離、D i (但し、i は整数) は第 i 面と第 (i + 1) 面の可変間隔、B f はバックフォーカスを示す。

【 0 0 9 5 】

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。

【 0 0 9 6 】

50

表中の [条件式対応値] において、上記の条件式 (1) ~ (5) に対応する値を示す。

【 0 0 9 7 】

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。

【 0 0 9 8 】

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。

【 0 0 9 9 】

(第 1 実施例)

第 1 実施例について、図 1 ~ 図 5 及び表 1 を用いて説明する。第 1 実施例に係るズームレンズ 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、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 $G1$ と、正の屈折力を有する持つ第 2 レンズ群 $G2$ と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 $G3$ と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 $G4$ とからなる。

【 0 1 0 0 】

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、両凹レンズ $L12$ と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L13$ とからなる。負メニスカスレンズ $L11$ の像側面は、非球面である。

【 0 1 0 1 】

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正メニスカスレンズ $L21$ と、両凸レンズ $L22$ と、両凸レンズ $L23$ と両凹レンズ $L24$ との接合レンズとからなる。正メニスカスレンズ $L21$ の物体側面は、非球面である。両凹レンズ $L24$ の像側面は、非球面である。

【 0 1 0 2 】

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 $L31$ と両凹レンズ $L32$ との接合レンズからなる。両凹レンズ $L32$ の像側面は、非球面である。

【 0 1 0 3 】

第 4 レンズ群 $G4$ は、物体側から順に並んだ、両凸レンズ $L41$ と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ $L42$ と両凸レンズ $L43$ との接合レンズと、両凸レンズ $L44$ と両凹レンズ $L45$ との接合レンズからなる。両凸レンズ $L44$ の物体側面は、非球面である。

【 0 1 0 4 】

第 2 レンズ群 $G2$ の最も像側に、第 1 のフレアカット絞り $FS1$ を備える。(絞り $FS1$ の像側で、かつ) 第 2 レンズ群 $G2$ と第 3 レンズ群 $G3$ との間に、開口絞り S を備える。第 3 レンズ群 $G3$ の最も像側に、第 2 のフレアカット絞り $FS2$ を備える。

【 0 1 0 5 】

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。

【 0 1 0 6 】

本実施例に係るズームレンズ $ZL1$ は、変倍時に、第 1 レンズ群 $G1$ と第 2 レンズ群 $G2$ との空気間隔、第 2 レンズ群 $G2$ と第 3 レンズ群 $G3$ との空気間隔、第 3 レンズ群 $G3$ と第 4 レンズ群 $G4$ との空気間隔との空気間隔がそれぞれ変化するように、第 1 レンズ群 $G1$ ~ 第 4 レンズ群 $G4$ が光軸に沿って移動する。

【 0 1 0 7 】

詳細には、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第 1 レンズ群 $G1$ は、像側に凸状の軌跡を描くように光軸に沿って像側へ移動する。第 2 レンズ群 $G2$ ~ 第 4 レンズ群 $G4$ は、光軸に沿って物体側へ移動する。開口絞り S は、第 3 レンズ群 $G3$ と一体となって、光軸に沿って物体側へ移動する。

【 0 1 0 8 】

10

20

30

40

50

合焦は、第2レンズ群G2を構成する正メニスカスレンズL21を（合焦群として）光軸に沿って移動させることで行う。詳細には、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、正メニスカスレンズL21を光軸に沿って像側へ移動させることで行う。

【0109】

像ブレ発生時には、防振レンズ群として、第3レンズ群G3全体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。

【0110】

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1～27が、図1に示すm1～m27の各光学面に対応している。

【0111】

（表1）

[レンズデータ]

面番号	r	D	d	n d
1	39.362	1.368	49.25	1.74300
*2	14.687	14.200		
3	-42.564	1.500	82.57	1.49782
4	22.187	2.310		
5	28.667	3.473	25.45	1.80518
6	94.682	D6(可変)		
*7	52.872	1.821	54.89	1.67798
8	1597.743	D8(可変)		
9	29.362	3.459	63.34	1.61800
10	-73.224	0.10		
11	57.876	3.061	82.57	1.49782
12	-30.405	1.000	23.78	1.84666
*13	277.194	0.201		
14		D14(可変)	(絞リFS1)	
15		3.615	(絞リS)	
16	-75.472	2.500	23.80	1.84666
17	-18.028	0.700	44.98	1.79063
*18	31.460	0.994		
19		D19(可変)	(絞リFS2)	
20	26.505	2.915	82.57	1.49782
21	-116.040	0.100		
22	25.540	1.367	48.10	1.70000
23	26.985	3.993	82.57	1.49782
24	-29.826	0.100		
*25	81.449	3.205	82.57	1.49782
26	-15.111	0.700	50.27	1.71999
27	41.832	Bf		

[非球面データ]

第2面

$$= -1.5664$$

$$A4 = 8.04673E-05$$

$$A6 = -1.76449E-07$$

$$A8 = 6.06198E-10$$

$$A10 = -8.92548E-13$$

$$A12 = 0.00000E+00$$

10

20

30

40

50

第7面

= -16.5346
 A4 = 1.06370E-05
 A6 = -3.12969E-08
 A8 = 5.79447E-11
 A10 = 0.00000E+00
 A12 = 0.00000E+00

第13面

= 1.0000
 A4 = 3.94969E-07
 A6 = -8.79660E-09
 A8 = 4.60168E-11
 A10 = 0.00000E+00
 A12 = 0.00000E+00

10

第18面

= 1.0000
 A4 = -1.49447E-05
 A6 = 3.60055E-08
 A8 = -9.93730E-11
 A10 = 0.00000E+00
 A12 = 0.00000E+00

20

第25面

= 1.0000
 A4 = -5.41078E-05
 A6 = -5.42756E-08
 A8 = 0.00000E+00
 A10 = 0.00000E+00
 A12 = 0.00000E+00

30

[各種データ]

f = 9.20 ~ 29.20
 FNO = 3.66 ~ 6.00
 2 = 84.3 ° ~ 30.6 °
 Y = 7.97
 T L = 126.3 ~ 108.1
 B f = 16.196 ~ 39.234

40

[可変間隔データ]

f	9.20	13.40	18.40	29.20
D0	0.000	0.000	0.000	0.000
D6	42.905	23.475	12.302	2.300
D8	6.874	6.874	6.874	6.874
D14	1.263	3.052	4.532	6.056
D19	6.423	4.848	3.291	1.000
Bf	16.196	20.657	26.420	39.234

R 200.0 250.0 300.0 350.0

50

D0	73.659	138.413	193.901	241.855
D6	47.179	26.254	14.607	4.492
D8	2.600	4.095	4.569	4.682
D14	1.263	3.052	4.532	6.056
D19	6.423	4.848	3.291	1.000
Bf	16.196	20.657	26.420	39.234

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-20.5
G 2	7	28.7
G 3	16	-29.7
G 4	20	25.2

10

[条件式対応値]

条件式 (1) : $f_w / f_2 = 0.32$
条件式 (2) : $(f_t / f_w) / F_w = 1.69$
条件式 (3) : $f_t / f_2 = 1.02$
条件式 (4) : $(- f_1) / f_2 = 0.716$
条件式 (5) : $f_2 / (- f_3) = 0.965$

20

【 0 1 1 2 】

表 1 から、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 は、上記条件式 (1) ~ (5) を満たすことが分かる。

【 0 1 1 3 】

図 2 は、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 の広角端状態 ($f = 9.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.154) のコマ収差図を示す。図 3 は、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 の第 1 の中間焦点距離状態 ($f = 13.40$) における無限遠合焦時の諸収差図である。図 4 は、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 の第 2 の中間焦点距離状態 ($f = 18.40$) における無限遠合焦時の諸収差図である。図 5 は、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 の望遠端状態 ($f = 29.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.457) のコマ収差図を示す。本実施例では、防振時の光学性能を、図 2 (b) 及び図 5 (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 5.7 に対応したコマ収差図で示す。

30

【 0 1 1 4 】

各収差図において、FNO は F ナンバー、Y は像高、A は半画角 (単位 : °)、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。

40

【 0 1 1 5 】

各収差図から、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 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。

【 0 1 1 6 】

(第 2 実施例)

第 2 実施例について、図 6 ~ 図 10 及び表 2 を用いて説明する。第 2 実施例に係るズー

50

ムレンズ Z L (Z L 2) は、図 6 に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する持つ第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とからなる。

【 0 1 1 7 】

第 1 レンズ群 G 1 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 L 1 1 と、両凹レンズ L 1 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 との接合レンズとからなる。負メニスカスレンズ L 1 1 の像側面は、非球面である。

【 0 1 1 8 】

第 2 レンズ群 G 2 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 L 2 1 と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 と両凸レンズ L 2 3 との接合レンズと、両凸レンズ L 2 4 とからなる。正メニスカスレンズ L 2 1 の物体側面は、非球面である。両凸レンズ L 2 4 の物体側面は、非球面である。

10

【 0 1 1 9 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズ L 3 1 と両凹レンズ L 3 2 との接合レンズと、両凹レンズ L 3 3 とからなる。

【 0 1 2 0 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズ L 4 1 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 2 と、両凸レンズ L 4 3 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 4 との接合レンズからなる。負メニスカスレンズ L 4 4 の物体側面は、非球面である。

20

【 0 1 2 1 】

第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に、開口絞り S を備える。第 3 レンズ群 G 3 の最も像側に、第 1 のフレアカット絞り F S 1 を備える。第 4 レンズ群 G 4 の最も物体側に、第 2 のフレアカット絞り F S 2 を備える。

【 0 1 2 2 】

像面 I は、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子は C C D や C M O S 等から構成される。

【 0 1 2 3 】

本実施例に係るズームレンズ Z L 2 は、変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔との空気間隔がそれぞれ変化するように、第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 4 レンズ群 G 4 が光軸に沿って移動する。

30

【 0 1 2 4 】

詳細には、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 は、像側に凸状の軌跡を描くように光軸に沿って物体側へ移動する。第 2 レンズ群 G 2 ~ 第 4 レンズ群 G 4 は、光軸に沿って物体側へ移動する。開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 と一体となって、光軸に沿って物体側へ移動する。

【 0 1 2 5 】

合焦は、第 2 レンズ群 G 2 を構成する、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 L 2 1 と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 と両凸レンズ L 2 3 との接合レンズとからなるレンズ群を、合焦群として光軸に沿って移動させることで行う。詳細には、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記合焦群を光軸に沿って像側へ移動させることで行う。

40

【 0 1 2 6 】

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 全体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 2 7 】

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 ~ 2 7 が、図 6 に示す m 1 ~ m 2 7 の各光学面に対応している。

50

【 0 1 2 8 】

(表 2)

[レンズデータ]

面番号	r	D	d	n d	
1	39.318	1.368	49.51	1.74443	
*2	12.056	9.302			
3	-53.536	0.711	82.52	1.49782	
4	19.517	3.371	25.42	1.80518	
5	44.243	D5(可変)			
*6	31.466	1.887	55.42	1.66771	10
7	96.262	0.100			
8	96.831	0.547	23.78	1.84666	
9	20.348	3.173	63.33	1.61800	
10	-62.101	D10(可変)			
*11	46.872	2.899	49.40	1.74172	
12	-104.177	D12(可変)			
13		0.766	(絞リ S)		
14	259.611	2.372	23.78	1.84666	
15	-18.961	0.547	46.57	1.80400	
16	60.707	0.981			20
17	-35.730	0.602	46.57	1.80400	
18	78.964	0.000			
19		D19(可変)	(絞リ F S 1)		
20		2.000	(絞リ F S 2)		
21	21.583	4.288	82.52	1.49782	
22	-35.346	0.130			
23	-99.022	2.001	63.33	1.61800	
24	-37.594	0.100			
*25	63.928	3.419	82.52	1.49782	
26	-21.517	0.547	23.78	1.84666	30
27	-87.812	Bf			

[非球面データ]

第2面

= 0.0685
 A4 = 3.08257E-05
 A6 = -3.02551E-09
 A8 = 8.46814E-10
 A10 = -3.69430E-12
 A12 = 0.12474E-13

40

第6面

= -0.9090
 A4 = -1.12657E-05
 A6 = -6.38068E-09
 A8 = 1.26949E-11
 A10 = 0.00000E+00
 A12 = 0.00000E+00

第11面

50

= 1.9071
 A4 = 1.00746E-05
 A6 = 2.22441E-10
 A8 = 2.03107E-10
 A10 = -9.32160E-13
 A12 = 0.00000E+00

第25面

= -27.8587
 A4 = -2.65684E-05
 A6 = -1.35986E-07
 A8 = -4.35740E-10
 A10 = 8.07566E-13
 A12 = 0.00000E+00

10

[各種データ]

f = 9.20 ~ 29.20
 FNO = 2.00 ~ 4.50
 2 = 84.0 ° ~ 30.4 °
 Y = 7.97
 T L = 104.3 ~ 106.8
 B f = 21.850 ~ 38.073

20

[可変間隔データ]

f	9.20	13.12	20.04	29.20
D0	0.000	0.000	0.000	0.000
D5	24.115	14.050	6.493	3.000
D10	2.735	2.735	2.735	2.735
D12	2.030	7.159	14.705	21.742
D19	12.502	9.234	4.460	0.100
Bf	21.850	24.439	30.115	38.073

30

R	200.0	250.0	300.0	350.0
D0	95.659	151.273	200.382	243.241
D5	26.584	15.747	7.920	4.267
D10	0.266	1.037	1.308	1.468
D12	2.030	7.159	14.705	21.742
D19	12.502	9.234	4.460	0.100
Bf	21.850	24.439	30.115	38.073

40

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-16.9
G 2	6	24.2
G 3	14	-29.7
G 4	21	21.4

[条件式対応値]

条件式 (1) : $f_w / f_2 = 0.38$
 条件式 (2) : $(f_t / f_w) / F_w = 1.59$

50

$$\text{条件式 (3)} : f_t / f_2 = 1.21$$

$$\text{条件式 (4)} : (-f_1) / f_2 = 0.699$$

$$\text{条件式 (5)} : f_2 / (-f_3) = 0.979$$

【0129】

表2から、第2実施例に係るズームレンズZL2は、上記条件式(1)~(5)を満たすことが分かる。

【0130】

図7は、第2実施例に係るズームレンズZL2の広角端状態($f=9.20$)における収差図であり、(a)は無遠合焦時の諸収差図、(b)は無遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振群のシフト量=0.116)のコマ収差図を示す。図8は、第2実施例に係るズームレンズZL2の第1の中間焦点距離状態($f=13.12$)における無遠合焦時の諸収差図である。図9は、第2実施例に係るズームレンズZL2の第2の中間焦点距離状態($f=20.04$)における無遠合焦時の諸収差図である。図10は、第2実施例に係るズームレンズZL2の望遠端状態($f=29.20$)における収差図であり、(a)は無遠合焦時の諸収差図、(b)は無遠合焦時に像ブレ補正を行った時(防振群のシフト量=0.162)のコマ収差図を示す。本実施例では、防振時の光学性能を、図7(b)及び図10(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5.7に対応したコマ収差図で示す。

10

【0131】

各収差図から、第2実施例に係るズームレンズ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。

20

【0132】

(第3実施例)

第3実施例について、図11~図15及び表3を用いて説明する。第3実施例に係るズームレンズZL(ZL3)は、図11に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

【0133】

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、両凹レンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。負メニスカスレンズL11の像側面は、非球面である。

30

【0134】

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正メニスカスレンズL21と、両凸レンズL22と、両凸レンズL23と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。正メニスカスレンズL21の物体側面は、非球面である。負メニスカスレンズL24の像側面は、非球面である。

【0135】

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と両凹レンズL32とからなる。両凹レンズL32の像側面は、非球面である。

40

【0136】

第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL41と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42と両凸レンズL43との接合レンズと、両凸レンズL44と両凹レンズL45との接合レンズからなる。両凸レンズL44の物体側面は、非球面である。

【0137】

第2レンズ群G2の最も像側に、第1のフレアカット絞りFS1を備える。(絞りFS1の像側で、かつ)第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に、開口絞りSを備える。第3レンズ群G3の最も像側に、第2のフレアカット絞りFS2を備える。

50

【 0 1 3 8 】

像面 I は、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子は C C D や C M O S 等から構成される。

【 0 1 3 9 】

本実施例に係るズームレンズ Z L 3 は、変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔との空気間隔がそれぞれ変化するように、第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 4 レンズ群 G 4 が光軸に沿って移動する。

【 0 1 4 0 】

詳細には、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 は、像側に凸状の軌跡を描くように光軸に沿って像側へ移動する。第 2 レンズ群 G 2 ~ 第 4 レンズ群 G 4 は、光軸に沿って物体側へ移動する。開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 と一体となって、光軸に沿って物体側へ移動する。

10

【 0 1 4 1 】

合焦は、第 2 レンズ群 G 2 を構成する正メニスカスレンズ L 2 1 を（合焦群として）光軸に沿って移動させることで行う。詳細には、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、正メニスカスレンズ L 2 1 を光軸に沿って像側へ移動させることで行う。

【 0 1 4 2 】

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 全体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。

20

【 0 1 4 3 】

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 ~ 2 7 が、図 1 1 に示す m 1 ~ m 2 7 の各光学面に対応している。

【 0 1 4 4 】

（表 3）

[レンズデータ]

面番号	r	D	d	n d
1	41.691	1.368	49.25	1.74300
*2	13.609	13.366		
3	-39.182	1.500	82.57	1.49782
4	22.396	1.750		
5	28.193	3.473	25.45	1.80518
6	113.537	D6(可変)		
*7	48.562	1.802	54.89	1.67798
8	457.035	D8(可変)		
9	30.546	3.557	63.34	1.61800
10	-56.387	0.100		
11	85.965	2.940	82.57	1.49782
12	-27.621	1.000	23.78	1.84666
*13	-2008.330	0.100		
14		D14(可変)	(絞り F S 1)	
15		3.891	(絞り S)	
16	-68.720	2.500	23.80	1.84666
17	-17.528	0.700	44.98	1.79063
*18	34.881	0.890		
19		D19(可変)	(絞り F S 2)	
20	26.505	2.915	82.57	1.49782
21	-126.616	0.100		
22	24.825	1.000	48.10	1.70000

30

40

50

23	20.206	4.894	82.57	1.49782
24	-28.630	0.100		
*25	155.411	2.965	82.57	1.49782
26	-15.358	0.700	50.27	1.71999
27	54.136	Bf		

[非球面データ]

第2面

	= -1.1700			
A4	= 7.96413E-05			10
A6	= -1.40084E-07			
A8	= 5.34943E-10			
A10	= -8.12226E-13			
A12	= 0.00000E+00			

第7面

	= -14.0244			
A4	= 1.08842E-05			
A6	= -3.54998E-08			
A8	= 6.06210E-11			20
A10	= 0.00000E+00			
A12	= 0.00000E+00			

第13面

	= 1.0000			
A4	= 8.01417E-07			
A6	= -1.19453E-08			
A8	= 4.72680E-11			
A10	= 0.00000E+00			
A12	= 0.00000E+00			30

第18面

	= 1.0000			
A4	= -1.33809E-05			
A6	= 4.45496E-08			
A8	= -1.85611E-10			
A10	= 0.00000E+00			
A12	= 0.00000E+00			

第25面

	= 1.0000			40
A4	= -5.51507E-05			
A6	= -5.23755E-08			
A8	= 0.00000E+00			
A10	= 0.00000E+00			
A12	= 0.00000E+00			

[各種データ]

f	= 9.20	~	29.20	
FNO	= 2.80	~	5.40	50

2	=	85.8°	~	31.25°
Y	=	7.97		
T L	=	122.1	~	109.1
B f	=	16.825	~	40.890

[可変間隔データ]

f	9.20	12.63	17.73	29.20
D0	0.000	0.000	0.000	0.000
D6	39.000	23.581	12.249	2.300
D8	6.174	6.174	6.174	6.174
D14	1.000	2.851	4.860	7.157
D19	7.502	5.914	3.937	1.000
Bf	16.825	20.596	26.625	40.890

10

R	200.0	250.0	300.0	350.0
D0	77.890	139.276	194.547	240.871
D6	42.574	25.982	14.262	4.251
D8	2.599	3.773	4.160	4.222
D14	1.000	2.851	4.860	7.157
D19	7.502	5.914	3.937	1.000
Bf	16.825	20.596	26.625	40.890

20

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-18.9
G 2	7	28.0
G 3	15	-31.1
G 4	20	26.2

[条件式対応値]

条件式 (1)	: $f_w / f_2 = 0.33$
条件式 (2)	: $(f_t / f_w) / F_w = 1.13$
条件式 (3)	: $f_t / f_2 = 1.04$
条件式 (4)	: $(- f_1) / f_2 = 0.674$
条件式 (5)	: $f_2 / (- f_3) = 0.900$

30

【 0 1 4 5 】

表 3 から、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 は、上記条件式 (1) ~ (5) を満たすことが分かる。

【 0 1 4 6 】

図 1 2 は、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 の広角端状態 ($f = 9.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.127) のコマ収差図を示す。図 1 3 は、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 の第 1 の中間焦点距離状態 ($f = 12.63$) における無限遠合焦時の諸収差図である。図 1 4 は、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 の第 2 の中間焦点距離状態 ($f = 17.73$) における無限遠合焦時の諸収差図である。図 1 5 は、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 の望遠端状態 ($f = 29.20$) における収差図であり、(a) は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 (防振群のシフト量 = 0.162) のコマ収差図である。本実施例では、防振時の光学性能を、図 1 2 (b) 及び図 1 5 (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 5.7 に対応したコマ収差図で示す。

40

50

【0147】

各収差図から、第3実施例に係るズームレンズ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。

【0148】

以上の各実施例によれば、防振機能を備え、明るく、高い結像性能を有するズームレンズを実現できる。

【0149】

なお、上記の各実施例は、本実施形態に係るズームレンズの一具体例を示しているものであり、本実施形態に係るズームレンズ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。

10

【0150】

本実施形態の数値実施例では、4群構成を示したが、5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。

【0151】

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2レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。

20

【0152】

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。

【0153】

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。

30

【0154】

本実施形態において、開口絞りは第3レンズ群G3近傍に配置されるのが好ましい。また、フレアカット絞りは、第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3の近傍に配置されることが好ましいが、部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用してもよい。

【0155】

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。

40

【0156】

本実施形態のズームレンズZLは、変倍比が3倍程度であるが、2～7程度のズームレンズに適している。

【符号の説明】

【0157】

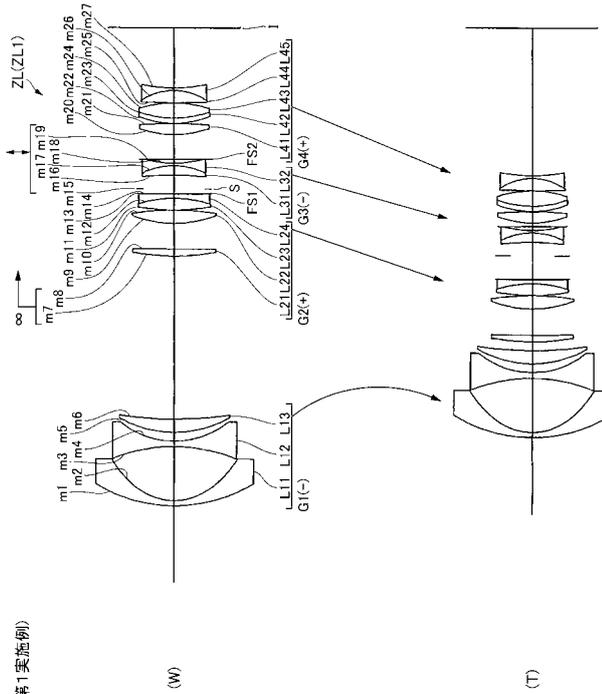
ZL (ZL1～ZL3) ズームレンズ

G1 第1レンズ群

50

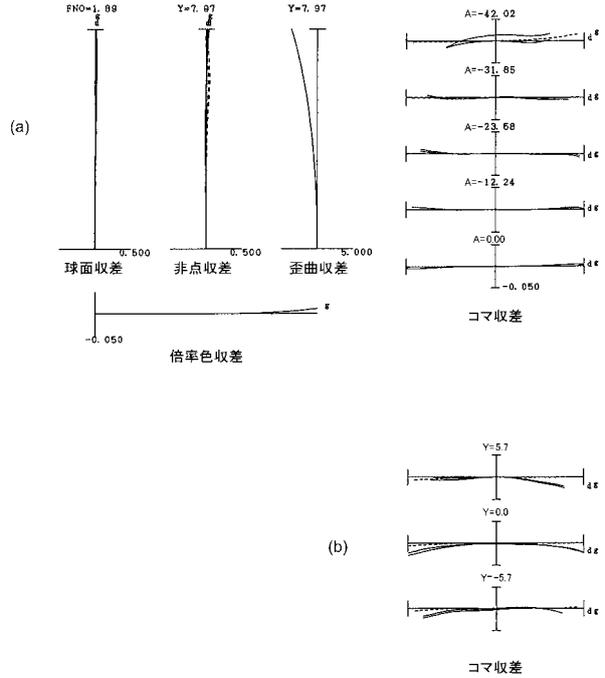
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- S 開口絞り
- FS 1, FS 2 フレアカット絞り
- I 像面
- 1 カメラ (撮像装置)
- 2 撮影レンズ (ズームレンズ)

【 図 1 】

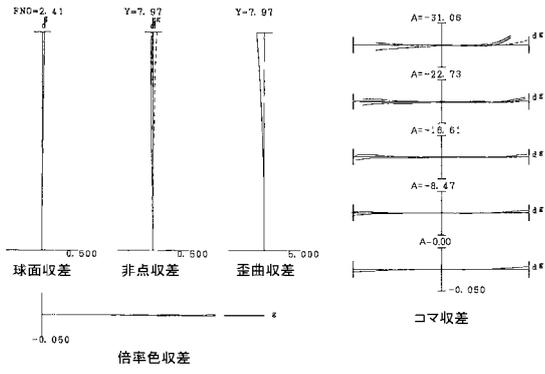


(第 1 実施例)

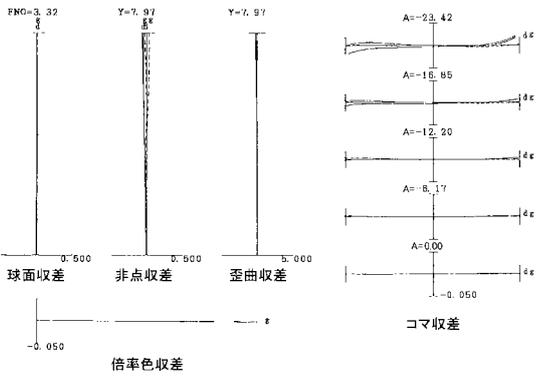
【 図 2 】



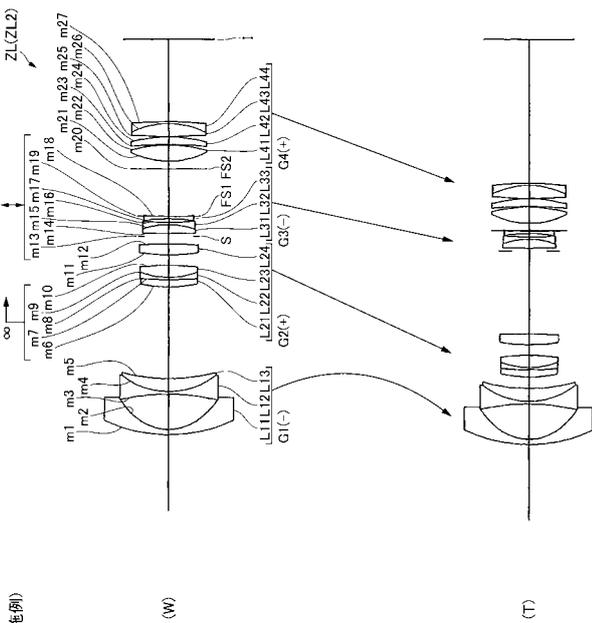
【 図 3 】



【 図 4 】

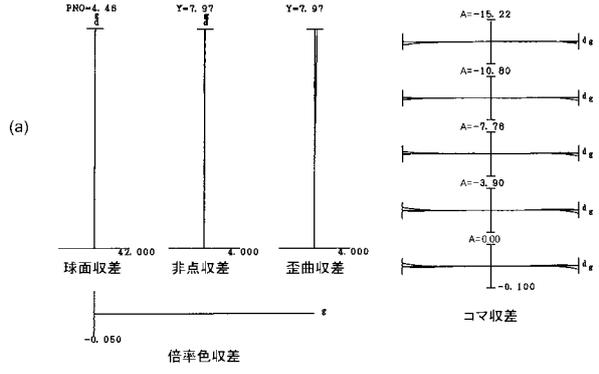


【 図 6 】



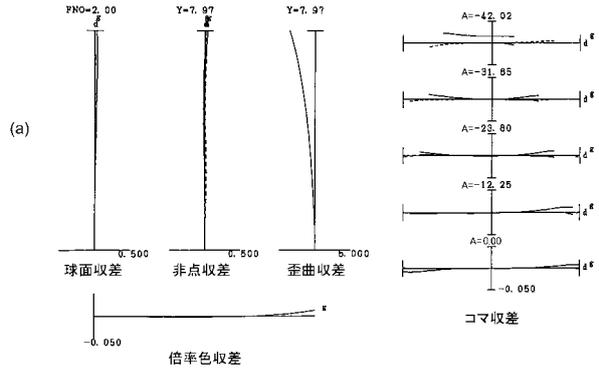
(第2実施例)

【 図 5 】



(b)

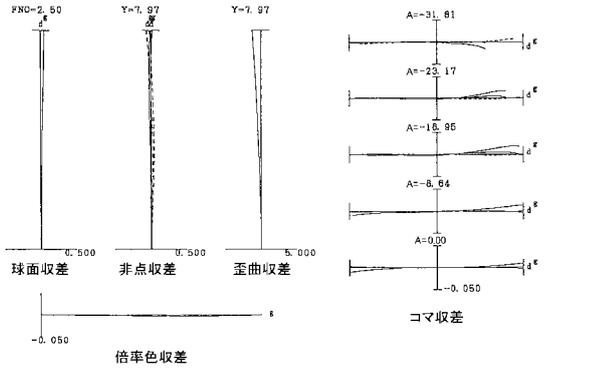
【 図 7 】



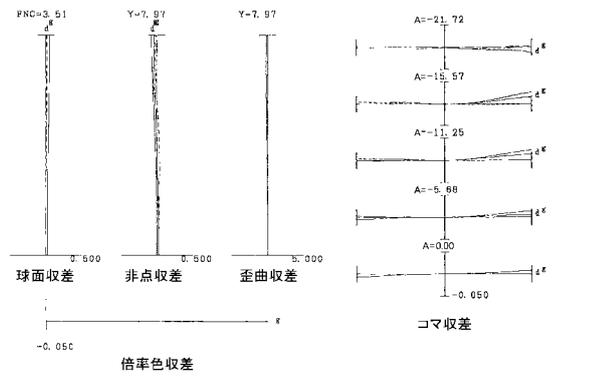
(b)

コマ収差

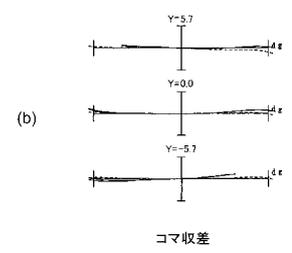
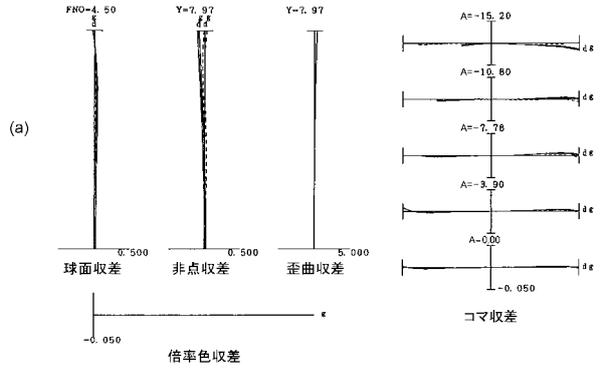
【図 8】



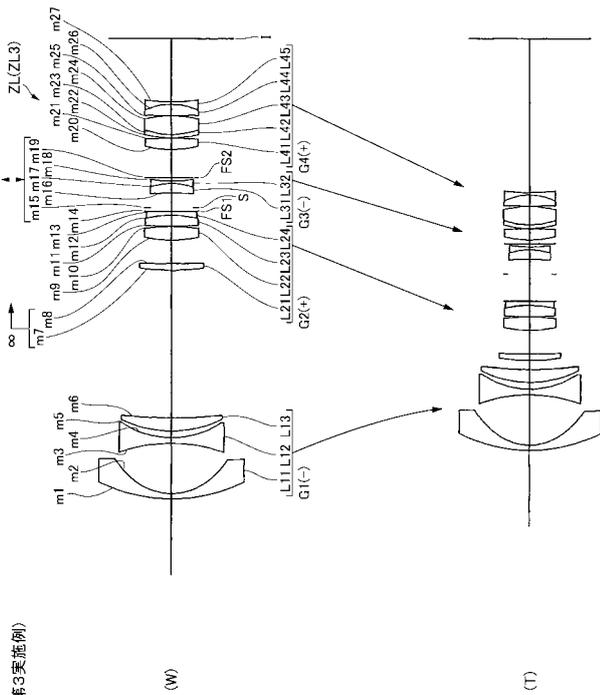
【図 9】



【図 10】

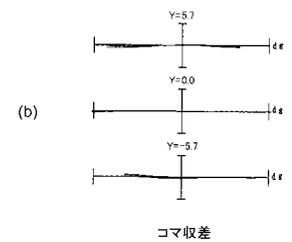
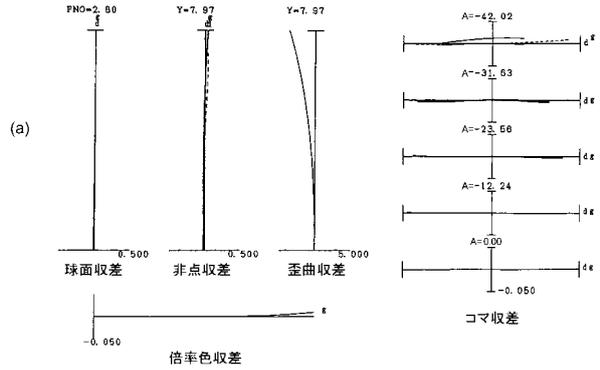


【図 11】

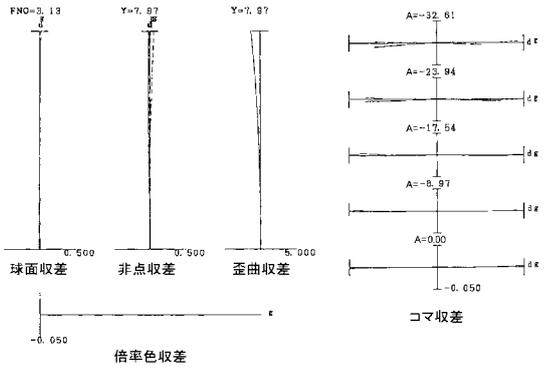


(第3実施例)

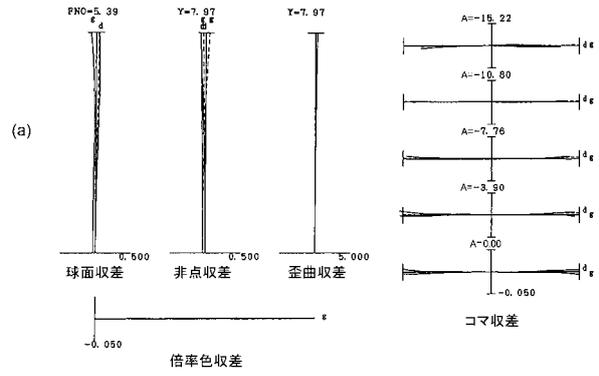
【図 12】



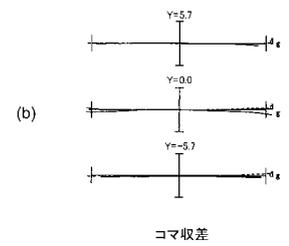
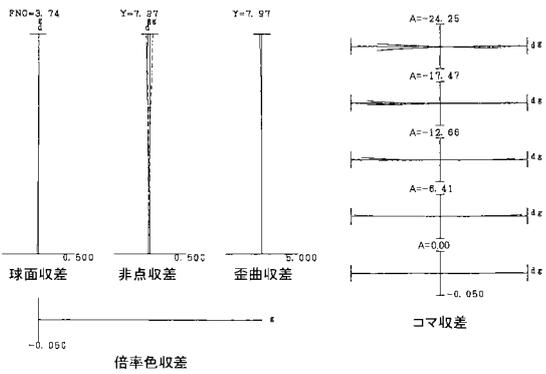
【図13】



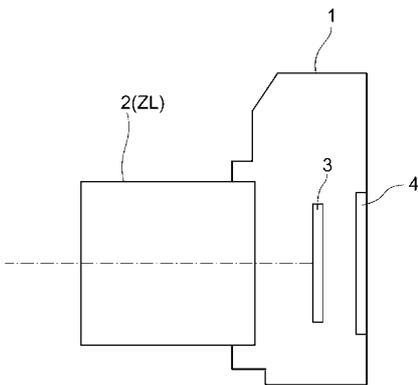
【図15】



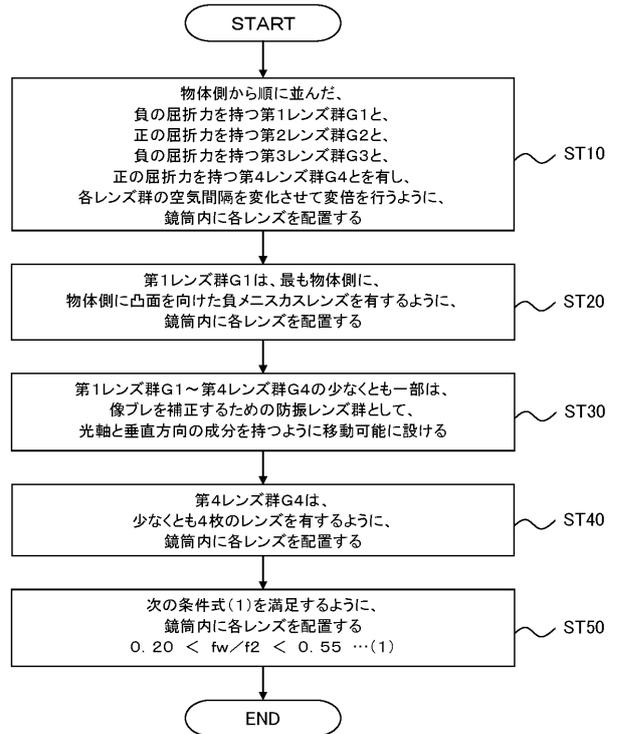
【図14】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 MA13 MA18 NA07 PA10 PA16 PB14 QA02 QA06 QA17
QA22 QA25 QA37 QA39 QA41 QA45 RA05 RA12 RA36 SA24
SA26 SA30 SA32 SA62 SA63 SA64 SA65 SB04 SB15 SB23
SB24 SB35 SB36
2K005 AA05 CA23