

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5622103号
(P5622103)

(45) 発行日 平成26年11月12日(2014.11.12)

(24) 登録日 平成26年10月3日(2014.10.3)

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

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-284989 (P2010-284989)	(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
(22) 出願日	平成22年12月21日(2010.12.21)	(74) 代理人	100092897 弁理士 大西 正悟
(65) 公開番号	特開2012-133116 (P2012-133116A)	(72) 発明者	滴木 伸一 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
(43) 公開日	平成24年7月12日(2012.7.12)	審査官	堀井 康司
審査請求日	平成25年11月11日(2013.11.11)	(56) 参考文献	特開2010-217478 (JP, A)) 特開2002-006217 (JP, A))

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ、このズームレンズを搭載した光学機器、及び、ズームレンズの製造方法

(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並んだ、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が光軸上を移動することにより変倍を行い、

前記第1レンズ群は、1つの負レンズと、1つの正レンズとから構成され、

前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に連続して並び、第1の負レンズと、第2の負レンズとを有し、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。

$$-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0$$

$$0.3 < f3 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} < 0.63$$

但し、

R1b：前記第3レンズ群を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：前記第3レンズ群を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、

f3：前記第3レンズ群の焦点距離、

FNOW：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

【請求項2】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が光軸上を移動することにより変倍を行い、

前記第1レンズ群は、1つの負レンズと、1つの正レンズとから構成され、

前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に連続して並ぶ、第1の負レンズと、第2の負レンズとを有し、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。

$$-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0$$

$$1.0 < f1 / FNOw / (fw \times ft)^{1/2} < 2.16$$

10

但し、

R1b：前記第3レンズ群を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：前記第3レンズ群を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離、

FNOw：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

【請求項3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

$$1.0 < f1 / FNOw / (fw \times ft)^{1/2} < 3.0$$

20

但し、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離、

FNOw：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

【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2に記載のズームレンズ。

$$0.3 < f3 / FNOw / (fw \times ft)^{1/2} < 0.7$$

但し、

f3：前記第3レンズ群の焦点距離、

FNOw：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

30

【請求項5】

前記第3レンズ群を構成する前記第1の負レンズ及び前記第2の負レンズの少なくとも1つは、正レンズと接合した接合レンズであ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。

【請求項6】

前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズと、正レンズと前記第1の負レンズとの接合レンズと、前記第2の負レンズと正レンズとの接合レンズとから構成され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。

40

【請求項7】

前記第2レンズ群は、2枚の負レンズと、1枚の正レンズとから構成され、以下の条件式を満足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。

$$1.2 < (-f2) / fw < 2.2$$

但し、

f2：前記第2レンズ群の焦点距離、

fw：広角端状態における全系の焦点距離。

【請求項8】

請求項1～7のいずれか一項に記載のズームレンズを搭載することを特徴とする光学機

50

器。

【請求項 9】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第 1 レンズ群と、負の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群と、正の屈折力を持つ第 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、

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記第 3 レンズ群が光軸上を移動することにより変倍を行い、

前記第 1 レンズ群は、1つの負レンズと、1つの正レンズとから構成され、

前記第 3 レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に連続して並ぶ、第 1 の負レンズと、第 2 の負レンズとを有し、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組み込むことを特徴とするズームレンズの製造方法。

$$-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0$$

$$0.3 < f3 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} < 0.63$$

但し、

R1b：前記第 3 レンズ群を構成する第 1 の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：前記第 3 レンズ群を構成する第 2 の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、

f3：前記第 3 レンズ群の焦点距離、

FNOW：広角端状態における全系の開放 F ナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズ、このズームレンズを搭載した光学機器、及び、ズームレンズの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラやビデオカメラにおいて、より広い範囲での撮影を可能にするための広角化や、暗い場所での撮影を可能にするための大口径化、さらに高画素化に対応するための高性能化が求められるようになってきた。

【0003】

このような要求に応えるべく、例えば、光軸に沿って物体側より順に並んだ、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群とから構成された、デジタルカメラ用のズームレンズが開示されている（例えば、特許文献 1 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 232918 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献 1 に開示されているズームレンズでは、広角端状態における F ナンバーが 2.5 以下ではあるが、変倍比が小さく、また十分な光学性能を有しているとは言えず、更なる大口径化は困難である。

【0006】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、大口径で良好な光学性能を達成したズームレンズ、このズームレンズを搭載した光学機器、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】

10

20

30

40

50

【0007】

このような目的を達成するため、本発明のズームレンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とを有し、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が光軸上を移動することにより変倍を行い、前記第1レンズ群は、1つの負レンズと、1つの正レンズとから構成され、前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に連続して並ぶ、第1の負レンズと、第2の負レンズとを有し、以下の条件式を満足する。

$$\frac{-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0}{0.3 < f3 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} < 0.63}$$

10

但し、

R1b：前記第3レンズ群を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：前記第3レンズ群を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、

f3：前記第3レンズ群の焦点距離、

FNOW：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

【0008】

また、本発明のズームレンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とを有し、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が光軸上を移動することにより変倍を行い、前記第1レンズ群は、1つの負レンズと、1つの正レンズとから構成され、前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に連続して並ぶ、第1の負レンズと、第2の負レンズとを有し、以下の条件式を満足する。

20

$$\frac{-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0}{1.0 < f1 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} < 2.16}$$

但し、

R1b：前記第3レンズ群を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：前記第3レンズ群を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、

30

f1：前記第1レンズ群の焦点距離、

FNOW：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

【0009】

なお、本発明において「レンズ成分」とは、単レンズ、及び、接合レンズを含む表現として用いている。

【0010】

また、本発明のズームレンズにおいて、前記第3レンズ群を構成する前記第1の負レンズ及び前記第2の負レンズの少なくとも1つは、正レンズと接合した接合レンズであることが好ましい。

40

【0011】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0012】

$$0.3 < f3 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} < 0.7$$

但し、

f3：前記第3レンズ群の焦点距離、

FNOW：広角端状態における全系の開放Fナンバー、

fw：広角端状態における全系の焦点距離、

ft：望遠端状態における全系の焦点距離。

50

【0013】

また、本発明のズームレンズは、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0014】

$$1.0 < f_1 / FNO_w / (f_w \times f_t)^{1/2} < 3.0$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離、

FNO_w : 広角端状態における全系の開放Fナンバー、

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。

【0015】

また、本発明のズームレンズにおいて、前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズと、正レンズと前記第1の負レンズとの接合レンズと、前記第2の負レンズと正レンズとの接合レンズとから構成されることが好ましい。

【0016】

また、本発明のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は、2枚の負レンズと、1枚の正レンズとから構成され、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0017】

$$1.2 < (-f_2) / f_w < 2.2$$

但し、

f_2 : 前記第2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。

【0018】

また、本発明の光学機器（例えば、本実施形態におけるデジタルスチルカメラCAM）は、上記いずれかのズームレンズを搭載する。

【0019】

本発明に係るズームレンズの製造方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第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、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が光軸上を移動することにより変倍を行い、前記第1レンズ群は、1つの負レンズと、1つの正レンズとから構成され、前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に連続して並び、第1の負レンズと、第2の負レンズとを有し、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組み込む。

【0020】

$$-2.0 < (R1_b + R2_a) / (R1_b - R2_a) < 0.0$$

$$0.3 < f_3 / FNO_w / (f_w \times f_t)^{1/2} < 0.63$$

但し、

$R1_b$: 前記第3レンズ群を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

$R2_a$: 前記第3レンズ群を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離、

FNO_w : 広角端状態における全系の開放Fナンバー、

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。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、大口径で良好な光学性能を達成したズームレンズ、このズームレンズを搭載した光学機器、及び、ズームレンズの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】第1実施例に係るズームレンズの構成及び広角端状態（W）から望遠端状態（T）

10

20

30

40

50

）までのズーム軌道を示す図である。

【図2】第1実施例に係るズームレンズの諸収差図であり、(a)は広角端状態における撮影距離無限遠での諸収差図であり、(b)は中間焦点距離状態における撮影距離無限遠での諸収差図であり、(c)は望遠端状態における撮影距離無限遠での諸収差図である。

【図3】第2実施例に係るズームレンズの構成及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)までのズーム軌道を示す図である。

【図4】第2実施例に係るズームレンズの諸収差図であり、(a)は広角端状態における撮影距離無限遠での諸収差図であり、(b)は中間焦点距離状態における撮影距離無限遠での諸収差図であり、(c)は望遠端状態における撮影距離無限遠での諸収差図である。

【図5】第3実施例に係るズームレンズの構成及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)までのズーム軌道を示す図である。

【図6】第3実施例に係るズームレンズの諸収差図であり、(a)は広角端状態における撮影距離無限遠での諸収差図であり、(b)は中間焦点距離状態における撮影距離無限遠での諸収差図であり、(c)は望遠端状態における撮影距離無限遠での諸収差図である。

【図7】本実施形態に係るズームレンズを搭載するデジタルカメラ(光学機器)を説明する図であり、(a)は正面図であり、(b)は背面図である。

【図8】図7(a)のA-A'線に沿った断面図である。

【図9】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】

【0023】

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、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、負の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、正の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを有し、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3が光軸上を移動することにより変倍を行い、第1レンズ群G1は、1つの負レンズ成分(図1ではレンズL11が該当)と、1つの正レンズ成分(図1ではレンズL12が該当)とから構成され、第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に連続して並ぶ、第1の負レンズ(図1ではレンズL33が該当)と、第2の負レンズ(図1ではレンズL34が該当)とを有して構成されている。

【0024】

従来、Fナンバーの小さな大口径レンズでは、開口絞り近傍のレンズ群に入射する光束が大きく、球面収差や軸上色収差、コマ収差が発生していた。これに対し、本実施形態のズームレンズZLでは、第1レンズ群G1に負レンズ成分と正レンズ成分との2枚を配置するとともに、第3レンズ群G3に2枚以上の負レンズ(具体的には、第1の負レンズ、第2の負レンズ)を配置することで、十分な収差補正を可能にした。

【0025】

また、第3レンズ群G3に配置する負レンズのうち、2枚の負レンズ(第1の負レンズ及び第2の負レンズ)を物体側から順に連続して配置するとともに、以下の条件式(1)を満足させることで、諸収差をより良好に補正することを可能にしている。

【0026】

$$-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0 \quad \dots (1)$$

但し、

R1b：第3レンズ群G3を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：第3レンズ群G3を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径。

【0027】

上記条件式(1)は、第3レンズ群G3の2枚の負レンズの向かい合った面が形成する形状因子を規定したものである。条件式(1)の下限値を下回ると、第2の負レンズの物体側のレンズ面における負の屈折力が強くなり、コマ収差が多く発生する。一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第1の負レンズの像側のレンズ面における負の屈折力が強く

10

20

30

40

50

なり、特に球面収差における色収差が多く発生する。このような条件式(1)を満足することで、大口径レンズにおいても良好な光学性能を達成することができる。

【0028】

なお、本実施形態のズームレンズZLにおいて、第3レンズ群G3を構成する第1の負レンズ及び第2の負レンズの少なくとも1つは、正レンズと接合した接合レンズであることが好ましい。このような構成によって、球面収差をはじめとする諸収差が良好に補正され、また組み込み精度が緩和され、製造時の性能劣化を防ぐことができる。

【0029】

また、本実施形態に係るズームレンズZLは、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0030】

$$0.3 < f_3 / FNOw / (f_w \times f_t)^{1/2} < 0.7 \quad \dots (2)$$

但し、

f_3 : 第3レンズ群G3の焦点距離、

$FNOw$: 広角端状態における全系の開放Fナンバー、

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。

【0031】

上記条件式(2)は、第3レンズ群G3の焦点距離とFナンバーの関係を規定したものである。条件式(2)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が大きくなり、大口径レンズのFナンバーに対応した光学性能、特に球面収差が悪化する。または、光学性能を確保するためにズームの変倍比を小さくする必要がある。一方、条件式(2)の上限値を上回ると、第3レンズ群G3の屈折力が小さくなり、光学全長が大きくなるため、その場合に光学全長を小型化しようとする、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2の屈折力を大きくする必要がある、広角端状態における歪曲収差や非点収差が悪化する。このような条件式(2)を満足することで、大口径レンズに適した良好な光学性能が達成される。

【0032】

また、本実施形態に係るズームレンズZLは、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0033】

$$1.0 < f_1 / FNOw / (f_w \times f_t)^{1/2} < 3.0 \quad \dots (3)$$

但し、

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離、

$FNOw$: 広角端状態における全系の開放Fナンバー、

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。

【0034】

上記条件式(3)は、第1レンズ群G1の焦点距離とFナンバーの関係を規定したものである。条件式(3)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が大きくなり、球面収差や倍率色収差が悪化する。または、光学性能を確保するためにズームの変倍比を小さくする必要がある。一方、条件式(3)の上限値を上回ると、第1レンズ群G1の屈折力が小さくなり、光学全長が大きくなるため、その場合に光学全長を小型化しようとする、第3レンズ群の屈折力を大きくする必要がある、大口径のFナンバーに対応した球面収差が確保できない。このような条件式(3)を満足することで、大口径レンズに適した良好な光学性能が達成される。

【0035】

また、本実施形態のズームレンズZLにおいて、第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズと、正レンズと第1の負レンズとの接合レンズと、第2の負レンズと正レンズとの接合レンズとから構成されることが好ましい。このような構成と

10

20

30

40

50

することで、球面収差や軸上色収差をより良好に補正することができる。

【0036】

また、本実施形態のズームレンズ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構成され、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0037】

$$1.2 < (-f_2) / f_w < 2.2 \quad \dots (4)$$

但し、

f₂ : 第2レンズ群G2の焦点距離、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離。

【0038】

上記条件式(4)は、第2レンズ群G2の焦点距離を規定したものである。条件式(4)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の屈折力が小さくなり、変倍に必要な移動量が増えるために光学全長が大きくなる。一方、条件式(4)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が大きくなり、広角端状態における非点収差が大きくなる。または、第2レンズ群G2のレンズ構成枚数を増やす必要があり、大型化する。このような条件式(4)を満足することで、大型化することなく、光学性能の確保が可能となる。

【0039】

なお、第2レンズ群G2を構成する負レンズにおいて、少なくとも1面を非球面とすることで、より良好な光学性能を達成することができる。

【0040】

図7及び図8に、上述のズームレンズZLを備える光学機器として、デジタルスチルカメラCAM(光学機器)の構成を示す。このデジタルスチルカメラCAMは、不図示の電源釦を押すと、撮影レンズ(ズームレンズZL)の不図示のシャッタが開放されて、ズームレンズZLで被写体(物体)からの光が集光され、像面I(図1参照)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、デジタルスチルカメラCAMの背後に配置された液晶モニターMに表示される。撮影者は、液晶モニター2を見ながら被写体像の構図を決めた後、リリース釦B1を押下げて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。

【0041】

なお、このカメラCAM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D、撮影レンズZLを広角端状態(W)から望遠端状態(T)にズームングする際のワイド(W)-テレ(T)ボタンB2、及び、デジタルスチルカメラCAMの種々の条件設定等に使用するファンクションボタンB3等が配置されている。なお、図8では、カメラCAMとズームレンズ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、ズームレンズ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。

【0042】

続いて、図9を参照しながら、上述のズームレンズZLの製造方法の概略を説明する。まず、鏡筒内に、第1レンズ群G1~第4レンズ群G4を組み込む(ステップS10)。この組み込みステップにおいて、第1レンズ群G1は正の屈折力を持つように、第2レンズ群G2は負の屈折力を持つように、第3レンズ群G3は正の屈折力を持つように、第4レンズ群G4は正の屈折力を持つように、各レンズを配置する。

【0043】

具体的に、本実施形態では、第1レンズ群G1として、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹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との接合レンズを配置し、第2レンズ群G2として、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けて像側のレンズ面が非球面である負メニスカスレンズL21と、両凹面の負レンズL22と、両凸面の正レンズL23とを配置し、第3レンズ群G3として、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両面が凸面かつ非球面である正レンズL31と、両凸面の正レンズL32と両凹面の負レンズL33(第1の負レンズ)との

10

20

30

40

50

接合レンズと、両凹面の負レンズL 3 4（第2の負レンズ）と両凸面の正レンズL 3 5との接合レンズとを配置し、第4レンズ群G 4として、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けて物体側レンズ面が非球面である正メニスカスレンズL 4 1を配置して、ズームレンズZ Lを製造する。

【0044】

この際、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2及び第3レンズ群G 3が、光軸上を移動して変倍を行うように、各レンズを配置する（ステップS 20）。

【0045】

また、第1レンズ群G 1が、1つの負レンズ成分と、1つの正レンズ成分とから構成されるように、各レンズを配置する（ステップS 30）。

10

【0046】

また、第3レンズ群G 3が、第1の負レンズ（両凹面の負レンズL 3 3）と、第2の負レンズ（両凹面の負レンズL 3 4）とが光軸に沿って物体側から順に連続して並び、以下の条件式（1）を満足するように、各レンズを配置する（ステップS 40）。

【0047】

$$-2.0 < (R1b + R2a) / (R1b - R2a) < 0.0 \dots (1)$$

但し、

R1b：第3レンズ群G 3を構成する第1の負レンズの像側のレンズ面の曲率半径、

R2a：第3レンズ群G 3を構成する第2の負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径。

【0048】

20

以上のような本実施形態の製造方法によれば、大口径で良好な光学性能を達成したズームレンズZ Lを得ることができる。

【実施例】

【0049】

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。

【0050】

表中の[全体諸元]において、fは焦点距離を、FNoはFナンバーを、 θ は半画角を、Yは像高を示す。

【0051】

30

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レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、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を、ndはd線（波長587.6nm）に対する屈折率を、 n_d はd線に対するアッペ数を示す。なお、曲率半径の「∞」は平面又は開口を示す。また、空気の屈折率1.000000は省略する。

【0052】

表中の[非球面データ]には、[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。なお、X（y）は非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸方向に沿った距離を、rは基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 K は円錐定数を、 A_i は第i次の非球面係数を示す。また、「E-n」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、1.234E-05 = 1.234×10^{-5} である。

40

【0053】

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

【0054】

なお、[レンズデータ]において、非球面には面番号の左側に*印を付している。

【0055】

表中の[ズームングデータ]において、広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態の各状態における、 D_i （但し、iは整数）は第i面と第(i+1)面の可変間隔を、Bfは最も像側に配置されている光学部材の像側の面から近軸像面までの距離を、TLはレ

50

レンズ全長を示す。

【0056】

表中の[ズームレンズ群データ]において、Gは群番号、群初面は各群の最も物体側の面番号を、群焦点距離は各群の焦点距離を、レンズ構成長は各群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上での距離を示す。

【0057】

表中の[条件式]において、上記の条件式(1)~(4)に対応する値を示す。

【0058】

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。

10

【0059】

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。

【0060】

(第1実施例)

第1実施例について、図1、図2及び表1を用いて説明する。図1は、第1実施例に係るズームレンズZL(ZL1)の構成及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)までのズーム軌跡を示す。第1実施例に係るズームレンズ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、正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、負の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、正の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを有する。

20

【0061】

変倍時には、広角端状態から望遠端状態にかけて、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化するように、第1レンズ群G1が物体側へ移動し、第2レンズ群が像側へ凸状の軌跡で移動し、第3レンズ群G3が物体側へ移動し、第4レンズ群G4が物体側へ凸状の軌跡で移動する。

【0062】

第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹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との接合レンズから構成されている。

30

【0063】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹面の負レンズL22と、両凸面の正レンズL23とから構成されている。なお、負メニスカスレンズL21の像側の面は、非球面である。

【0064】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸面の正レンズL31と、両凸面の正レンズL32と両凹面の負レンズL33との接合レンズと、両凹面の負レンズL34と両凸面の正レンズL35との接合レンズとから構成されている。なお、正レンズL31の両面は、非球面である。

40

【0065】

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL41で構成されている。なお、正メニスカスレンズL41の物体側の面は、非球面である。

【0066】

開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側に配置され、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第3レンズ群G3と共に移動する。フレアカット絞りFSは、第3レンズ群G3の像側に配置され、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第3レンズ群G3と共に移動する。また、像面Iの物体側に、赤外域の波長をカットするフィルターFLを配置している。

50

【 0 0 6 7 】

下記の表 1 に、第 1 実施例における各諸元の値を示す。なお、表 1 における面番号 1 ~ 2 3 は、図 1 に示す面 1 ~ 2 3 に対応している。なお、第 1 実施例では、第 5 面、第 1 1 面、第 1 2 面及び第 2 0 面が、非球面形状に形成されている。

【 0 0 6 8 】

(表 1)

[全体諸元]

ズーム比	3.8785			
	広角端	中間位置	望遠端	
f	6.09	12.32	23.62	10
F n o	2.03	2.42	2.96	
	40.0	21.5	11.3	
Y	4.85	4.85	4.85	

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	35.8032	1.0000	1.922860	20.88	
2	23.4242	4.0000	1.816000	46.59	20
3	509.2462	(D3)			
4	584.0921	0.9000	1.851350	40.10	
* 5	7.3515	4.0000			
6	-80.0000	0.9000	1.816000	46.59	
7	24.5863	0.5000			
8	17.3293	2.2000	1.922860	20.88	
9	-1874.8340	D9(可変)			
10		0.8000	(開口絞り)		
* 11	10.0353	2.2000	1.693500	53.22	
* 12	-46.3092	0.5000			30
13	9.6304	2.5000	1.772499	49.61	
14	-18.4201	0.5000	1.738000	32.26	
15	5.4858	1.5000			
16	-52.6211	0.5000	1.720467	34.71	
17	10.7742	2.5000	1.497820	82.56	
18	-12.7880	0.0000			
19		D19(可変)	(フレアカット絞り)		
* 20	9.8772	2.7000	1.593190	67.90	
21	37.4321	D21(可変)			
22		1.0000	1.516330	64.14	40
23		Bf			
像面					

[非球面データ]

第 5 面

= 0.7644

A 4 = -6.98711E-05

A 6 = 5.85502E-08

A 8 = -1.76684E-08

A 10 = -2.96370E-10

第 1 1 面

$$= -0.0080$$

$$A 4 = 1.42545E-06$$

$$A 6 = 0.00000E+00$$

$$A 8 = 0.00000E+00$$

$$A 10 = 0.00000E+00$$

第 1 2 面

$$= 1.0000$$

$$A 4 = -2.37100E-05$$

$$A 6 = 5.63314E-07$$

$$A 8 = 0.00000E+00$$

$$A 10 = 0.00000E+00$$

10

第 2 0 面

$$= 1.0000$$

$$A 4 = 6.52101E-05$$

$$A 6 = -2.30877E-08$$

$$A 8 = 0.00000E+00$$

$$A 10 = 0.00000E+00$$

20

[ズーミングデータ]

可変間隔	広角端	中間位置	望遠端
f	6.09	12.32	23.62
D 3	1.1000	8.0000	16.3838
D 9	18.2260	6.4552	1.8000
D 19	4.7883	8.0975	14.4075
D 21	2.8520	4.3717	3.6259
B f	1.0000	1.0000	1.0000
T L	56.1664	56.1245	65.4173

30

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	50.5834
G 2	4	-10.7540
G 3	10	14.2787
G 4	20	21.8235

[条件式]

$$(1) (R 1 b + R 2 a) / (R 1 b - R 2 a) = -0.81$$

$$(2) f 3 / F N O w / (f w \times f t)^{1/2} = 0.59$$

$$(3) f 1 / F N O w / (f w \times f t)^{1/2} = 2.09$$

$$(4) (-f 2) / f w = 1.77$$

40

【 0 0 6 9 】

表 1 に示す諸元の表から、本実施例に係るズームレンズ Z L 1 は、上記条件式 (1) ~ (4) を全て満たすことが分かる。

【 0 0 7 0 】

図 2 は、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 の諸収差図 (具体的には、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図) であり、図 2 (a) は広角端状

50

態 ($f = 6.09$) における撮影距離無限遠での諸収差図であり、図 2 (b) は中間焦点距離状態 ($f = 12.32$) における撮影距離無限遠での諸収差図であり、図 2 (c) は望遠端状態 ($f = 23.62$) における撮影距離無限遠での諸収差図である。

【0071】

なお、各収差図において、FNO は F ナンバーを、Y は像高を示す。また、d, g は、それぞれ d 線, g 線における収差を表す。また、非点収差図において、実線はサジタル像面を、破線はメリディオナル像面を示す。以上の収差図の説明は、他の実施例においても同様である。

【0072】

各収差図から明らかなように、第 1 実施例は、諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

【0073】

(第 2 実施例)

第 2 実施例について、図 3, 図 4 及び表 2 を用いて説明する。図 3 は、第 2 実施例に係るズームレンズ ZL (ZL2) の構成及び広角端状態 (W) から望遠端状態 (T) までのズーム軌跡を示す。第 2 実施例に係るズームレンズ ZL2 は、図 3 に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G1 と、負の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G3 と、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群 G4 と、負の屈折力を持つ第 5 レンズ群 G5 とを有する。

【0074】

変倍時には、広角端状態から望遠端状態にかけて、第 1 レンズ群 G1 と第 2 レンズ群 G2 との間隔が増加し、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 との間隔が減少し、第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G1 が物体側へ移動し、第 2 レンズ群が像側へ凸状の軌跡で移動し、第 3 レンズ群 G3 が物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G4 が物体側へ凸状の軌跡で移動し、第 5 レンズ群 G5 は像面 I に対して固定されている。

【0075】

第 1 レンズ群 G1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹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 との接合レンズから構成されている。

【0076】

第 2 レンズ群 G2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L21 と、両凹面の負レンズ L22 と、両凸面の正レンズ L23 とから構成されている。なお、負メニスカスレンズ L21 の像側の面は、非球面である。

【0077】

第 3 レンズ群 G3 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸面の正レンズ L31 と、両凸面の正レンズ L32 と両凹面の負レンズ L33 との接合レンズと、両凹面の負レンズ L34 と両凸面の正レンズ L35 との接合レンズとから構成されている。なお、正レンズ L31 の両面は、非球面である。

【0078】

第 4 レンズ群 G4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L41 で構成されている。

【0079】

第 5 レンズ群 G5 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L51 で構成されている。なお、負メニスカスレンズ L51 の像側の面は、非球面である。

【0080】

開口絞り S は、第 3 レンズ群 G3 の物体側に配置され、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第 3 レンズ群 G3 と共に移動する。フレアカット絞り FS は、第 3 レンズ群 G3 の像側に配置され、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第 3 レンズ群 G3 と共に移動する。また、像面 I の物体側に、赤外域の波長をカットするフィルター FL

10

20

30

40

50

を配置している。

【 0 0 8 1 】

下記の表 2 に、第 2 実施例における各諸元の値を示す。なお、表 2 における面番号 1 ~ 2 5 は、図 3 に示す面 1 ~ 2 5 に対応している。なお、第 2 実施例では、第 5 面、第 1 1 面、第 1 2 面及び第 2 3 面が、非球面形状に形成されている。

【 0 0 8 2 】

(表 2)

[全体諸元]

ズーム比	3.9073				
	広角端	中間位置	望遠端		10
f	6.04	12.00	23.60		
F n o	2.03	2.40	3.01		
	40.3	21.6	11.2		
Y	4.85	4.85	4.85		

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	38.5885	1.0000	1.922860	20.88	
2	26.8265	4.0000	1.816000	46.62	20
3	817.4240	D3(可変)			
4	184.7470	0.9000	1.851348	40.10	
* 5	8.5399	3.7000			
6	-38.2468	0.9000	1.816000	46.62	
7	29.8945	1.7000			
8	24.9858	2.0000	1.922860	20.88	
9	-198.2903	D9(可変)			
10		0.8000	(開口絞り)		
* 11	11.0628	2.2000	1.693500	53.20	
* 12	-35.8026	0.1000			30
13	10.4828	2.5000	1.754999	52.31	
14	-107.8380	0.8000	1.720467	34.71	
15	6.4783	1.6000			
16	-27.9866	0.7000	1.720467	34.71	
17	7.4845	2.8000	1.497820	82.51	
18	-11.6897	0.1000			
19		D19(可変)	(フレアカット絞り)		
20	10.5587	2.9000	1.593190	67.90	
21	107.0236	D21(可変)			
22	-89.0000	0.8000	1.524440	56.21	40
* 23	-250.0000	0.7000			
24		0.6000	1.516330	64.14	
25		Bf			
像面					

[非球面データ]

第 5 面

$$= 1.0969$$

$$A 4 = -8.55906E-05$$

$$A 6 = -1.17495E-06$$

A 8 = 1.86977E-08
A 10 = -6.63796E-10

第 1 1 面

= 1.0840
A 4 = -9.89179E-05
A 6 = 0.00000E+00
A 8 = 0.00000E+00
A 10 = 0.00000E+00

10

第 1 2 面

= -3.2368
A 4 = 5.50061E-05
A 6 = 2.40994E-07
A 8 = 0.00000E+00
A 10 = 0.00000E+00

第 2 3 面

= 1.0000
A 4 = 9.41287E-04
A 6 = -4.16393E-05
A 8 = 1.10892E-06
A 10 = -1.33574E-08

20

[ズーミングデータ]

可変間隔	広角端	中間位置	望遠端
f	6.04	12.00	23.60
D 3	1.1064	7.9661	16.1439
D 9	19.8581	7.4148	1.8487
D 19	5.2617	9.0766	16.7928
D 21	2.5412	4.0546	3.9147
B f	0.5638	0.5638	0.5638
T L	60.1314	59.8761	70.0640

30

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	52.5219
G 2	4	-10.9248
G 3	10	15.3954
G 4	20	19.5296
G 5	22	-263.9680

40

[条件式]

(1) $(R 1 b + R 2 a) / (R 1 b - R 2 a) = - 0 . 6 1$
 (2) $f 3 / F N O w / (f w \times f t) ^ { 1 / 2 } = 0 . 6 3$
 (3) $f 1 / F N O w / (f w \times f t) ^ { 1 / 2 } = 2 . 1 6$
 (4) $(- f 2) / f w = 1 . 8 1$

【 0 0 8 3 】

表 2 に示す諸元の表から、本実施例に係るズームレンズ Z L 2 は、上記条件式 (1) ~ (4) を全て満たすことが分かる。

50

【 0 0 8 4 】

図 4 は、第 2 実施例に係るズームレンズ Z L 2 の諸収差図（具体的には、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図）であり、図 4 (a) は広角端状態 ($f = 6.04$) における撮影距離無限遠での諸収差図であり、図 4 (b) は中間焦点距離状態 ($f = 12.00$) における撮影距離無限遠での諸収差図であり、図 4 (c) は望遠端状態 ($f = 23.60$) における撮影距離無限遠での諸収差図である。

【 0 0 8 5 】

各収差図から明らかなように、第 2 実施例は、諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

【 0 0 8 6 】

(第 3 実施例)

第 3 実施例について、図 5 , 図 6 及び表 3 を用いて説明する。図 5 は、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L (Z L 3) の構成及び広角端状態 (W) から望遠端状態 (T) までのズーム軌跡を示す。第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 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、正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群 G 4 とを有する。

【 0 0 8 7 】

変倍時には、広角端状態から望遠端状態にかけて、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増加し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 が物体側へ移動し、第 2 レンズ群が像側へ凸状の軌跡で移動し、第 3 レンズ群 G 3 が物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 が物体側へ凸状の軌跡で移動する。

【 0 0 8 8 】

第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2 との接合レンズから構成されている。

【 0 0 8 9 】

第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹面の負レンズ L 2 2 と、両凸面の正レンズ L 2 3 とから構成されている。なお、負メニスカスレンズ L 2 1 の像側の面は、非球面である。

【 0 0 9 0 】

第 3 レンズ群 G 3 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸面の正レンズ L 3 1 と、両凸面の正レンズ L 3 2 と両凹面の負レンズ L 3 3 との接合レンズと、両凹面の負レンズ L 3 4 と両凸面の正レンズ L 3 5 との接合レンズとから構成されている。なお、正レンズ L 3 1 の両面は、非球面である。

【 0 0 9 1 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 で構成されている。なお、正メニスカスレンズ L 4 1 の物体側の面は、非球面である。

【 0 0 9 2 】

開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置され、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。フレアカット絞り F S は、第 3 レンズ群 G 3 の像側に配置され、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。また、像面 I の物体側に、赤外域の波長をカットするフィルター F L を配置している。

【 0 0 9 3 】

下記の表 3 に、第 3 実施例における各諸元の値を示す。なお、表 3 における面番号 1 ~ 2 3 は、図 5 に示す面 1 ~ 2 3 に対応している。なお、第 3 実施例では、第 5 面、第 1 1 面、第 1 2 面及び第 2 0 面が、非球面形状に形成されている。

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

50

(表3)

[全体諸元]

ズーム比	3.8944		
	広角端	中間位置	望遠端
f	6.06	12.00	23.60
F n o	2.05	2.42	3.00
	40.3	21.6	11.2
Y	4.85	4.85	4.85

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	31.8172	1.0000	1.922860	20.88
2	22.9532	4.1000	1.816000	46.62
3	166.3837	D3(可変)		
4	90.0000	0.9000	1.820800	42.71
* 5	7.2369	5.0000		
6	-20.6748	0.9000	1.772500	49.61
7	192.1271	0.6000		
8	28.7697	2.2000	1.922860	20.88
9	-93.9939	D9(可変)		
10		0.8000	(開口絞り)	
* 11	9.2364	2.2000	1.593190	67.90
* 12	-50.2713	0.5000		
13	9.6455	2.5000	1.772499	49.61
14	-12.2709	0.5000	1.673000	38.15
15	5.2072	1.5000		
16	-382.5506	0.5000	1.720467	34.71
17	7.7003	2.5000	1.593190	67.90
18	-27.9684	0.0000		
19		D19(可変)	(フレアカット絞り)	
* 20	9.8772	3.0000	1.593190	67.90
21	37.4321	D21(可変)		
22		1.0000	1.516330	64.14
23		0.6000		
像面				

[非球面データ]

第5面

= 0.7644

A4 = -5.80782E-05

A6 = 4.74055E-07

A8 = -2.15095E-08

A10 = -1.04950E-10

第11面

= 0.2849

A4 = -7.53439E-05

A6 = -6.01302E-07

A8 = 0.00000E+00

10

20

30

40

50

A 10 = 0.00000E+00

第 1 2 面

= 1.0000

A 4 = 5.37085E-05

A 6 = 0.00000E+00

A 8 = 0.00000E+00

A 10 = 0.00000E+00

第 2 0 面

= 1.0400

A 4 = -3.05955E-05

A 6 = 8.32460E-07

A 8 = 0.00000E+00

A 10 = 0.00000E+00

10

[ズーミングデータ]

可変間隔	広角端	中間位置	望遠端
f	6.04	12.00	23.60
D 3	1.1000	8.2856	16.3852
D 9	18.2260	7.0010	1.7990
D 19	4.7883	7.8503	14.4098
D 21	3.2661	4.6305	4.0472
B f	0.6000	0.6000	0.6000
T L	57.6805	58.0675	66.9413

20

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	50.3530
G 2	4	-10.5848
G 3	10	14.4857
G 4	20	21.7385

30

[条件式]

$$(1) \quad (R1b + R2a) / (R1b - R2a) = -0.97$$

$$(2) \quad f3 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} = 0.59$$

$$(3) \quad f1 / FNOW / (fw \times ft)^{1/2} = 2.05$$

$$(4) \quad (-f2) / fw = 1.75$$

【 0 0 9 5 】

表 3 に示す諸元の表から、本実施例に係るズームレンズ Z L 3 は、上記条件式 (1) ~ (4) を全て満たすことが分かる。

40

【 0 0 9 6 】

図 6 は、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L 3 の諸収差図 (具体的には、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図) であり、図 6 (a) は広角端状態 ($f = 6.06$) における撮影距離無限遠での諸収差図であり、図 6 (b) は中間焦点距離状態 ($f = 12.00$) における撮影距離無限遠での諸収差図であり、図 6 (c) は望遠端状態 ($f = 23.60$) における撮影距離無限遠での諸収差図である。

【 0 0 9 7 】

各収差図から明らかのように、第 3 実施例は、諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

50

【 0 0 9 8 】

なお、上述の実施形態において、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【 0 0 9 9 】

各実施例では、ズームレンズとして4群及び5群構成を示したが、6群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分をいう。

【 0 1 0 0 】

また、本実施形態においては、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4レンズ群を合焦レンズ群とするのが好ましい。

10

【 0 1 0 1 】

また、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に振動させ、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2レンズ群または第3レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

20

【 0 1 0 2 】

また、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。

【 0 1 0 3 】

また、本実施形態において、開口絞りは第3レンズ群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。

30

【 0 1 0 4 】

また、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。

【 0 1 0 5 】

ここまで、本発明を分かりやすく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。

【 0 1 0 6 】

以上のように、本実施形態によれば、広角端状態における画角が十分に広く、大口径で高性能を達成した、電子撮像素子を用いたデジタルカメラやビデオカメラに好適なズームレンズを提供することができた。

40

【 符号の説明 】

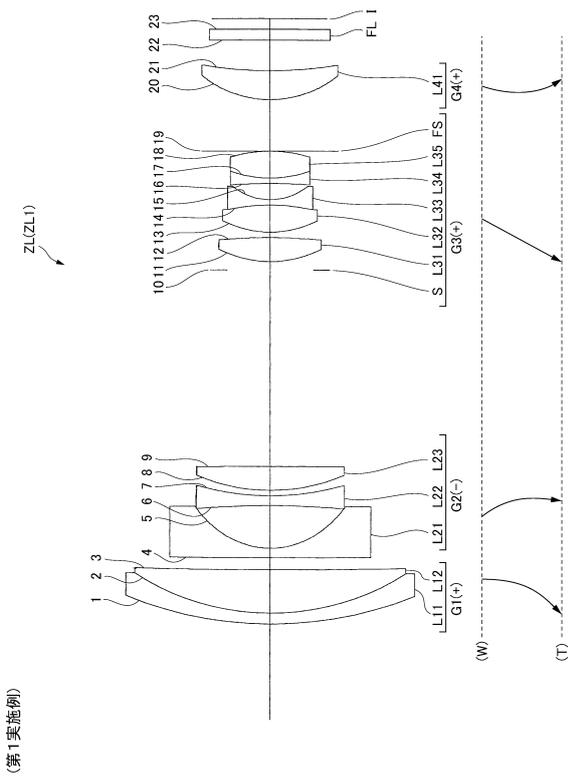
【 0 1 0 7 】

Z L (Z L 1 ~ Z L 3) ズームレンズ
 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
 S 開口絞り
 F S フレアカット絞り

50

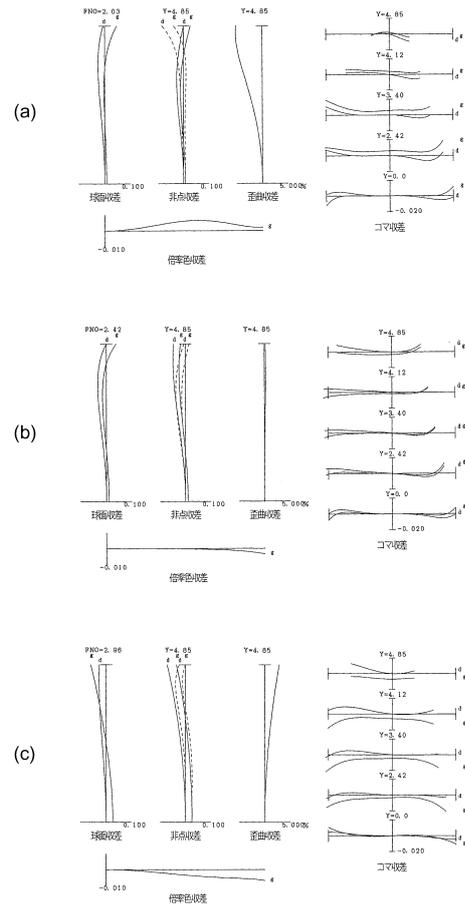
F L フィルター
I 像面
C A M デジタルスチルカメラ (光学機器)

【図1】

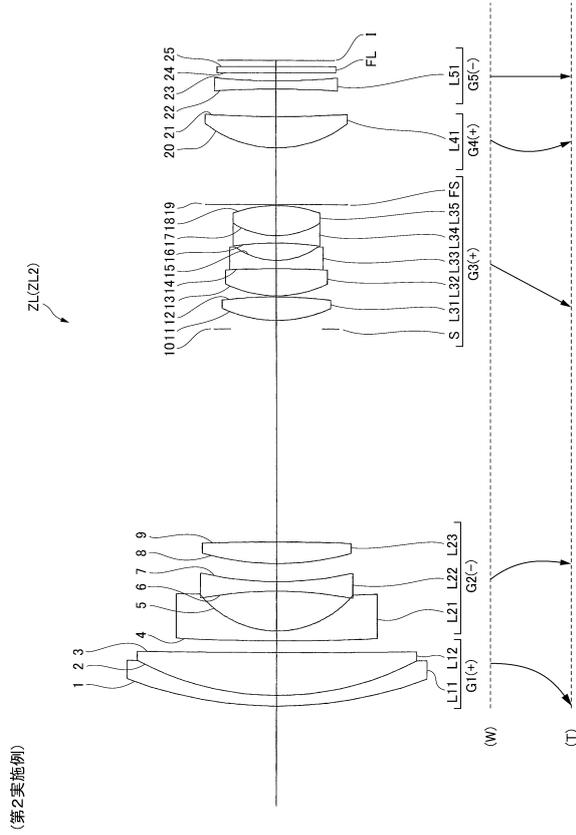


(第1実施例)

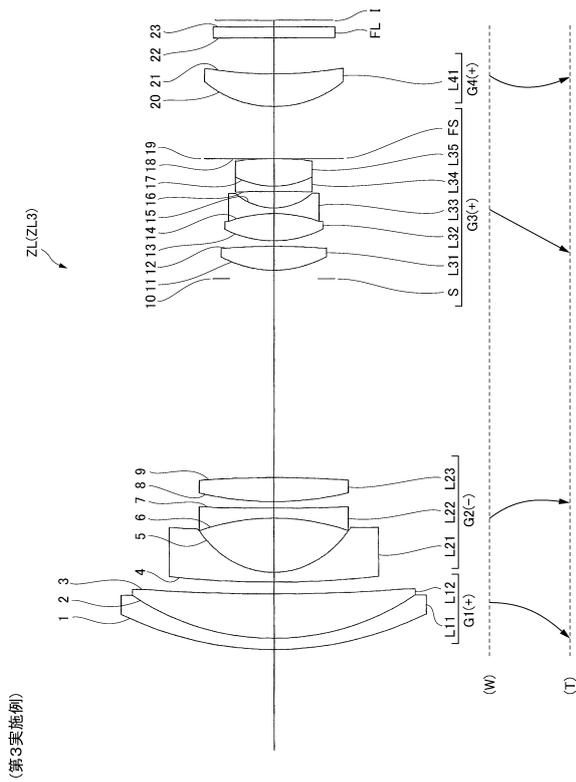
【図2】



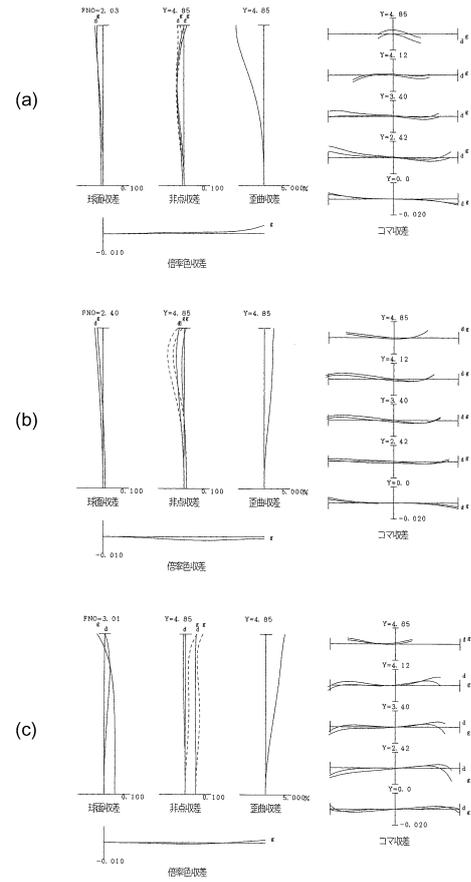
【 図 3 】



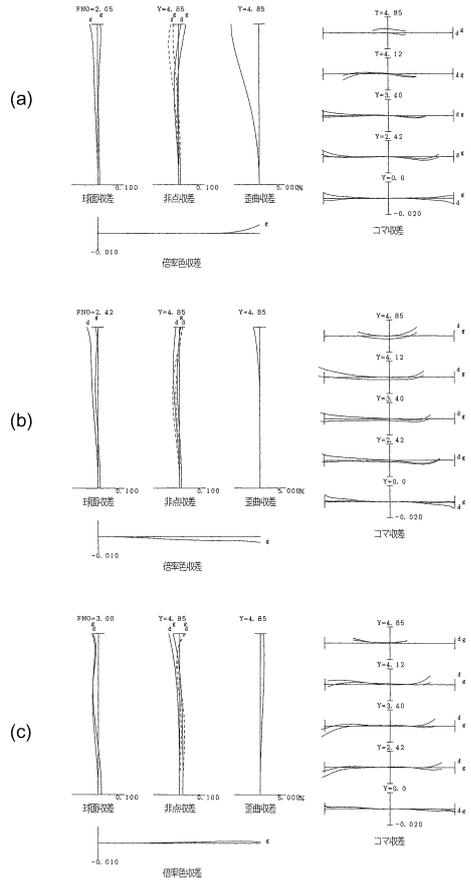
【 図 5 】



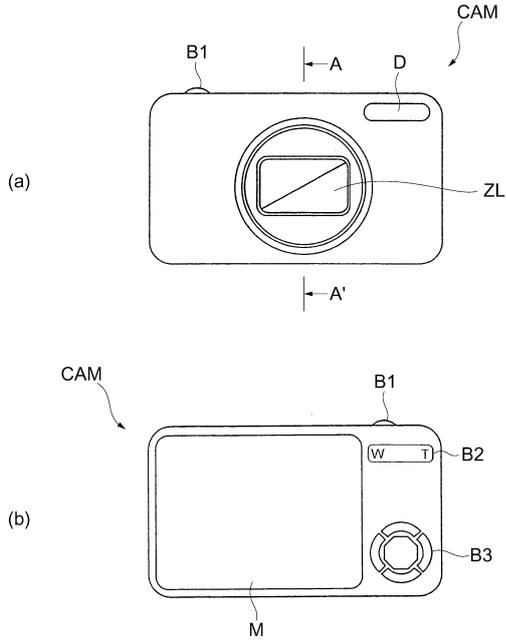
【 図 4 】



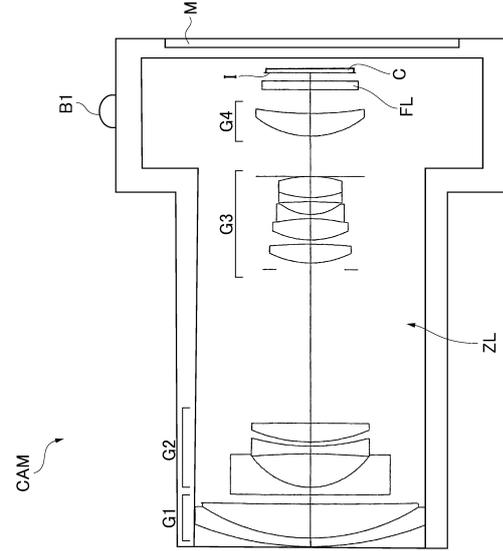
【 図 6 】



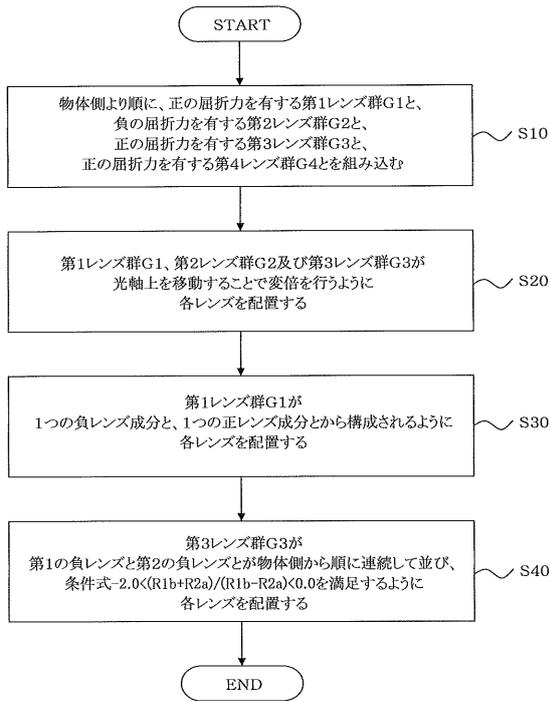
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 2 B 1 5 / 2 0

G 0 2 B 1 3 / 1 8