

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7597144号
(P7597144)

(45)発行日 令和6年12月10日(2024.12.10)

(24)登録日 令和6年12月2日(2024.12.2)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/18

請求項の数 20 (全37頁)

(21)出願番号	特願2023-72264(P2023-72264)	(73)特許権者	000004112
(22)出願日	令和5年4月26日(2023.4.26)		株式会社ニコン
(62)分割の表示	特願2021-525977(P2021-525977)		東京都品川区西大井一丁目5番20号
	)の分割	(74)代理人	100113549
原出願日	令和2年5月27日(2020.5.27)		弁理士 鈴木 守
(65)公開番号	特開2023-83601(P2023-83601A)	(74)代理人	100115808
(43)公開日	令和5年6月15日(2023.6.15)		弁理士 加藤 真司
審査請求日	令和5年4月26日(2023.4.26)	(74)代理人	100092897
(31)優先権主張番号	特願2019-110863(P2019-110863)		弁理士 大西 正悟
(32)優先日	令和1年6月14日(2019.6.14)	(74)代理人	100157417
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 並木 敏章
		(72)発明者	町田 幸介
			東京都港区港南二丁目15番3号 株式
			会社ニコン内
		審査官	岡田 弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 変倍光学系および光学機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレンズ群と、開口絞りとを有し、
前記複数のレンズ群は、変倍の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、
前記複数のレンズ群は、合焦の際に移動する第1合焦レンズ群と、前記第1合焦レンズ群より像面側に配置され合焦の際に前記第1合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する第2合焦レンズ群とを含み、
前記第1合焦レンズ群および前記第2合焦レンズ群は、いずれも負の屈折力を有し、
前記第1合焦レンズ群は、前記開口絞りより像面側に配置され、
前記第1合焦レンズ群または前記第2合焦レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一つ含み、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \quad 40 < fFP / (-fFN) < 3.50$$

$$1. \quad 0.5 < \beta WF2 < 1.80$$

但し、

fFP：前記第1合焦レンズ群と前記第2合焦レンズ群を構成するレンズのうち、最も正の屈折力の強いレンズの焦点距離

fFN：前記第1合焦レンズ群内または前記第2合焦レンズ群内の、最も負の屈折力の強いレンズの焦点距離

$\beta WF2$ ：広角端状態における前記第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【請求項 2】

前記第 1 合焦レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、像面方向に移動する請求項 1 に記載の変倍光学系。

【請求項 3】

前記第 2 合焦レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、像面方向に移動する請求項 1 または 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請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.00 < (-f F s) / f w < 4.00$$

但し、

$f F s$ ：前記第 1 合焦レンズ群と前記第 2 合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離

$f w$ ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【請求項 5】

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

$$0.10 < M W F 1 / M W F 2 < 3.00$$

但し、

$M W F 1$ ：広角端状態における前記第 1 合焦レンズ群の無限遠物体から近距離物体への合焦の際の移動量の絶対値

$M W F 2$ ：広角端状態における前記第 2 合焦レンズ群の無限遠物体から近距離物体への合焦の際の移動量の絶対値

【請求項 6】

以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.20 < \beta W F 1 / \beta W F 2 < 5.00$$

但し、

$\beta W F 1$ ：広角端状態における前記第 1 合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

$\beta W F 2$ ：広角端状態における前記第 2 合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【請求項 7】

前記複数のレンズ群は、前記第 2 合焦レンズ群より像面側に配置された後続レンズ群を含み、前記後続レンズ群は少なくとも一つのレンズ群により構成される請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 8】

前記複数のレンズ群は、前記第 2 合焦レンズ群より像面側に配置された後続レンズ群を含み、

以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$-2.00 < (-f F s) / f R < 2.00$$

但し、

$f F s$ ：前記第 1 合焦レンズ群と前記第 2 合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離

$f R$ ：前記後続レンズ群の焦点距離

【請求項 9】

前記複数のレンズ群は、前記第 1 合焦レンズ群より物体側に配置された先行レンズ群を含み、前記先行レンズ群は少なくとも一つのレンズ群により構成される請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

前記複数のレンズ群は、前記第 1 合焦レンズ群より物体側に配置された先行レンズ群を含み、

以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.30 < (-f F s) / f F < 3.00$$

但し、

f_{Fs} ：前記第1合焦レンズ群と前記第2合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離

f_F ：前記先行レンズ群を構成するレンズ群のうち、第1合焦レンズ群に隣接するレンズ群の焦点距離

【請求項11】

前記複数のレンズ群は、前記第1合焦レンズ群より物体側に配置された先行レンズ群を含み、

前記先行レンズ群は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群を含む請求項1～8のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項12】

前記複数のレンズ群は、前記第1合焦レンズ群より物体側に配置された先行レンズ群を含み、

前記先行レンズ群は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群を含み、

前記先行レンズ群は、前記第1レンズ群の像面側に隣接して配置された負の屈折力を有する第2レンズ群を含む請求項1～8のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項13】

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群とを有し、

以下の条件式を満足する請求項1～12のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$4.00 < f_1 / (-f_2) < 8.00$$

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14】

以下の条件式を満足する請求項1～13のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$2\omega_w > 75.0^\circ$$

但し、

ω_w ：広角端状態における前記変倍光学系の半画角

【請求項15】

以下の条件式を満足する請求項1～14のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.10 < BFW / f_w < 1.00$$

但し、

BFW ：広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

f_w ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【請求項16】

前記第2合焦レンズ群は、負の屈折力を有するレンズ成分を有し、前記レンズ成分は以下の条件式を満足する請求項1～15のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$-2.00 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 6.00$$

但し、

r_1 ：前記レンズ成分の物体側のレンズ面の曲率半径

r_2 ：前記レンズ成分の像面側のレンズ面の曲率半径

【請求項17】

以下の条件式を満足する請求項1～16のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.05 < \beta_{WF1} < 1.80$$

但し、

β_{WF1} ：広角端状態における前記第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【請求項18】

以下の条件式を満足する請求項1～17のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$(\beta_{WF1} + 1 / \beta_{WF1})^2 < 0.250$$

但し、

10

20

30

40

50

$\beta W F 1$: 広角端状態における前記第 1 合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【請求項 19】

以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 18 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$(\beta W F 2 + 1 / \beta W F 2)^{-2} < 0.250$$

但し、

$\beta W F 2$: 広角端状態における前記第 2 合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【請求項 20】

請求項 1 ～ 19 のいずれかに記載の変倍光学系が搭載された光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、変倍光学系および光学機器に関する。

【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 を参照）。変倍光学系においては、合焦レンズ群の軽量化と、合焦時の収差の変動を抑制することが求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【文献】特開 2013-160944 号公報

【発明の概要】

【0004】

本発明は、以下に説明する変倍光学系と、その変倍光学系を搭載した光学機器を提案するものである。本発明の変倍光学系は複数のレンズ群と、開口絞りとを有し、複数のレンズ群は、変倍の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。複数のレンズ群は、合焦の際に移動する第 1 合焦レンズ群と、第 1 合焦レンズ群より像面側に配置され合焦の際に第 1 合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する第 2 合焦レンズ群とを含む。第 1 合焦レンズ群および第 2 合焦レンズ群は、いずれも負の屈折力を有する。第 1 合焦レンズ群は、開口絞りより像面側に配置される。第 1 合焦レンズ群または第 2 合焦レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一つ含み、以下の条件式を満足するように構成される。

30

$$1.40 < fFP / (-fFN) < 3.50$$

$$1.05 < \beta W F 2 < 1.80$$

但し、

fFP : 第 1 合焦レンズ群と第 2 合焦レンズ群を構成するレンズのうち、最も正の屈折力の強いレンズの焦点距離

fFN : 第 1 合焦レンズ群内または第 2 合焦レンズ群内の、最も負の屈折力の強いレンズの焦点距離

$\beta W F 2$: 広角端状態における前記第 2 合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【図面の簡単な説明】

40

【0005】

【図 1】変倍光学系の第 1 実施例におけるレンズ構成を示す図である。

【図 2】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 1 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図 3】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 1 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

【図 4】変倍光学系の第 2 実施例におけるレンズ構成を示す図である。

【図 5】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 2 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図 6】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 2 実施例の変倍光学系の広角端状態

50

、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

【図 7】変倍光学系の第 3 実施例におけるレンズ構成を示す図である。

【図 8】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 3 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図 9】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 3 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

【図 10】変倍光学系の第 4 実施例におけるレンズ構成を示す図である。

【図 11】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 4 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図 12】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 4 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

【図 13】変倍光学系の第 5 実施例におけるレンズ構成を示す図である。

【図 14】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 5 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図 15】(A)、(B) および (C) はそれぞれ、第 5 実施例の変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

【図 16】光学機器の一実施形態であるデジタルカメラの構成を示す図である。

【図 17】変倍光学系の製造方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0006】

以下に、本発明を実施するための好ましい形態を示す。

【0007】

図 16 に、本発明の光学機器の一実施形態であるデジタルカメラの概略構成を示す。このカメラは、撮像素子 3 が搭載された本体 1 と、本発明の変倍光学系の実施形態に相当する撮影レンズ 2 とにより構成される。不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ 2 で集光されて、撮像素子 3 に到達する。これにより被写体からの光が撮像素子 3 により撮像され、被写体画像として不図示のメモリに記録される。撮影レンズ 2 の詳細は、以下に、変倍光学系の実施形態として説明する。

【0008】

本発明の一実施形態における変倍光学系は、複数のレンズ群を有し、複数のレンズ群は、変倍の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。複数のレンズ群は、合焦の際に移動する第 1 合焦レンズ群と、第 1 合焦レンズ群より像面側に配置され合焦の際に第 1 合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する第 2 合焦レンズ群とを含んでいる。第 1 合焦レンズ群および第 2 合焦レンズ群は、いずれも負の屈折力を有している。第 1 合焦レンズ群または第 2 合焦レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一つ含み、以下の条件式 (1) を満足するように構成される。

$$1. \quad 40 < f_{FP} / (-f_{FN}) < 3.50 \quad \dots (1)$$

但し、

f_{FP} ：第 1 合焦レンズ群と第 2 合焦レンズ群を構成するレンズのうち、最も正の屈折力の強いレンズの焦点距離

f_{FN} ：第 1 合焦レンズ群内または第 2 合焦レンズ群内の、最も負の屈折力の強いレンズの焦点距離

【0009】

上記条件式 (1) は、第 1 合焦レンズ群内または第 2 合焦レンズ群内の最も正の屈折力の強いレンズの焦点距離と、第 1 合焦レンズ群内または第 2 合焦レンズ群内の最も負の屈折力の強いレンズの焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (1) を満足することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0010】

条件式 (1) の対応値が上限値 3.50 を上回ると、第 1 合焦レンズ群内または第 2 合

10

20

30

40

50

焦レンズ群内の最も負の屈折力の強いレンズの屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（１）の上限値を３．４５に設定することが好ましい。条件式（１）の上限値をより小さな値、例えば３．４０、３．３０、３．２０、３．１５、３．１０、３．０５、３．００、２．９５、２．９０に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００１１】

一方、条件式（１）の対応値が下限値１．４０を下回ると、第１合焦レンズ群内、または第２合焦レンズ群内の最も正の屈折力の強いレンズの屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（１）の下限値を１．４５に設定することが好ましい。条件式（１）の下限値をより大きな値、例えば１．５０、１．５５、１．６０、１．６５、１．７０、１．７５、１．８０、１．９０、２．００に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００１２】

上記構成の変倍光学系は、変倍の際に隣り合う各レンズ群の間隔を変化させることで良好な収差補正を図り、屈折力を有する合焦レンズ群を複数配置することにより、合焦レンズ群を大型化することなく、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【００１３】

第１合焦レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、像面方向に移動することが好ましい。これにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を、効果的に抑えることができる。

【００１４】

第２合焦レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、像面方向に移動することが好ましい。これにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を、さらに効果的に抑えることができる。

【００１５】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式（２）を満足することが好ましい。

$$1.00 < (-fFs) / fw < 4.00 \quad \dots (2)$$

但し、

fFs ：第１合焦レンズ群と第２合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離

fw ：広角端状態における変倍光学系の焦点距離

【００１６】

条件式（２）は、第１合焦レンズ群と第２合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離と広角端状態における変倍光学系の焦点距離との比を規定するものである。この条件式（２）を満足することで、鏡筒を大型化することなく広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【００１７】

条件式（２）の対応値が上限値４．００を上回ると、合焦レンズ群の屈折力が弱くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の合焦レンズ群の移動量が大きくなり、鏡筒が大型化してしまう。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（２）の上限値を３．９０に設定することが好ましい。条件式（２）の上限値をより小さな値、例えば３．８０、３．５０、３．３０、３．１５、３．００、２．８０、２．５０、２．２０、２．００に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００１８】

一方、条件式（２）の対応値が下限値１．００を下回ると、合焦レンズ群の屈折力が強くなり、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめ

10

20

30

40

50

とする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(2)の下限値を1.10に設定することが好ましい。条件式(2)の下限値をより大きな値、例えば1.20、1.25、1.30、1.35、1.40、1.45、1.50、1.55、1.60に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0019】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.10 < MWF1 / MWF2 < 3.00 \quad \dots (3)$$

但し、

MWF1：広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体から近距離物体への合焦の際の移動量の絶対値

10

MWF2：広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体から近距離物体への合焦の際の移動量の絶対値

【0020】

条件式(3)は、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体から近距離物体への合焦の際の移動量の絶対値と広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体から近距離物体への合焦の際の移動量の絶対値の比を規定するものである。この条件式(3)を満足することで、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0021】

20

条件式(3)の対応値が上限値3.00を上回ると、第1合焦レンズ群の移動量が大きくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(3)の上限値を2.50に設定することが好ましい。条件式(3)の上限値をより小さな値、例えば2.00、1.75、1.50、1.30、1.15、1.00、0.85、0.80、0.75に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0022】

一方、条件式(3)の対応値が下限値0.10を下回ると、第2合焦レンズ群の移動量が大きくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(3)の下限値を0.13、0.15、0.18、0.20、0.21、0.23に設定することが好ましい。条件式(3)の下限値をより大きな値、例えば0.25、0.30、0.35、0.38に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

30

【0023】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$0.20 < \beta W F1 / \beta W F2 < 5.00 \quad \dots (4)$$

但し、

$\beta W F1$ ：広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

40

$\beta W F2$ ：広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【0024】

条件式(4)は、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率と広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率の比を規定するものである。この条件式(4)を満足することで、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0025】

条件式(4)の対応値が上限値5.00を上回ると、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が大きくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難とな

50

る。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（４）の上限値を４．８０に設定することが好ましい。条件式（４）の上限値をより小さな値、例えば４．６０、４．００、３．５０、３．３０、３．００、２．５０、２．００、１．５０、１．２５に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００２６】

一方、条件式（４）の対応値が下限値０．２０を下回ると、広角端状態における第２合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が大きくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（４）の下限値を０．３０または０．３５に設定することが好ましい。条件式（４）の下限値をより大きな値、例えば０．４０、０．４５、０．５０、０．５５、０．６０、０．６５、０．７０、０．７５に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

10

【００２７】

また、前記複数のレンズ群は、第２合焦レンズ群より像面側に配置された後続レンズ群を含み、後続レンズ群は少なくとも一つのレンズ群により構成されることが好ましい。これにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

【００２８】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式（５）を満足することが好ましい。

$$-2.00 < (-fFs) / fR < 2.00 \quad \dots (5)$$

20

但し、

fFs ：第１合焦レンズ群と第２合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離

fR ：後続レンズ群の焦点距離

【００２９】

条件式（５）は、第１合焦レンズ群と第２合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離と後続レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。この条件式（５）を満足することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【００３０】

30

条件式（５）の対応値が上限値２．００を上回ると、後続レンズ群の正の屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（５）の上限値を１．９０に設定することが好ましい。また、条件式（５）の上限値をより小さな値、例えば１．８０、１．６５、１．５０、１．３５、１．２０、１．１０、１．１０、０．９０、０．８０に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００３１】

一方、条件式（５）の対応値が下限値－２．００を下回ると、後続レンズ群の負の屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（５）の下限値を－１．９０に設定することが好ましい。また、条件式（５）の下限値をより大きな値、例えば－１．８０、－１．６５、－１．５０、－１．２５、－１．００、－０．７５、－０．５０、－０．２５、－０．１０に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

40

【００３２】

また、上記複数のレンズ群は、第１合焦レンズ群より物体側に配置された先行レンズ群を含み、先行レンズ群は少なくとも一つのレンズ群により構成されることが好ましい。これにより、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

【００３３】

50

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式（６）を満足することが好ましい。

$$0.30 < (-fFs) / fF < 3.00 \quad \dots (6)$$

但し、

fFs ：第１合焦レンズ群と第２合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離

fF ：先行レンズ群のうち、第１合焦レンズ群に隣接するレンズ群の焦点距離

【００３４】

条件式（６）は、第１合焦レンズ群と第２合焦レンズ群のうち、屈折力が強い方のレンズ群の焦点距離と先行レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。この条件式（６）を満足することで、鏡筒を大型化することなく広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

10

【００３５】

条件式（６）の対応値が上限値３．００を上回ると、先行レンズ群の屈折力が強くなり、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（６）の上限値を２．９０に設定することが好ましい。また、条件式（６）の上限値をより小さな値、例えば２．８０、２．６５、２．５０、２．３０、２．１５、２．００、１．９０、１．８５、１．８０に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００３６】

一方、条件式（６）の対応値が下限値０．３０を下回ると、先行レンズ群の屈折力が弱くなり、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の先行レンズ群の移動量が大きくなり、鏡筒が大型化してしまう。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（６）の下限値を０．４０に設定することが好ましい。条件式（６）の下限値をより大きな値、例えば０．５０、０．７０、０．８５、１．００、１．１０、１．１５、１．２０、１．２５、１．３０に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

20

【００３７】

また、先行レンズ群は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第１レンズ群を有することが好ましい。これにより、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

【００３８】

また、先行レンズ群は、第１レンズ群に隣接する負の屈折力を有する第２レンズ群を有することが好ましい。これにより、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

30

【００３９】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式（７）を満足することが好ましい。

$$4.00 < f1 / (-f2) < 8.00 \quad \dots (7)$$

但し、

$f1$ ：第１レンズ群の焦点距離

$f2$ ：第２レンズ群の焦点距離

【００４０】

条件式（７）は、第１レンズ群の焦点距離と第２レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（７）を満足することで、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

40

【００４１】

条件式（７）の対応値が上限値８．００を上回ると、第２レンズ群の屈折力が強くなり、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えるのが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式（７）の上限値を７．８０に設定することが好ましい。条件式（７）の上限値をより小さな値、例えば７．５０、７．２５、７．００、６．７５、６．５０、６．３０、６．２０、６．１０、６．００に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

50

【0042】

一方、条件式(7)の対応値が下限値4.00を下回ると、第1レンズ群の屈折力が強くなり、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えるのが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(7)の下限値を4.20に設定することが好ましい。条件式(7)の下限値をより大きな値、例えば4.50、4.70、4.85、5.00、5.20、5.40、5.50、5.60、5.70に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0043】

また、上記変倍光学系は、上述した構成をとることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動を良好に抑えながら、以下の条件式(8)を満たすことができる。

$$2\omega w > 75.0^\circ \quad \dots (8)$$

但し、

ωw ：広角端状態における変倍光学系の半画角

【0044】

上述した構成では、各条件式の対応値の範囲を絞り込むことで、条件式(8)の下限値をより大きな値、例えば77.0°、80.0°、82.0°、83.5°とすることもできる。

【0045】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.10 < BFW / fw < 1.00 \quad \dots (9)$$

但し、

BFW ：広角端状態における変倍光学系の空気換算距離（バックフォーカス）

fw ：広角端状態における変倍光学系の焦点距離

【0046】

条件式(9)は、広角端状態における変倍光学系のバックフォーカスと広角端状態における変倍光学系の焦点距離の比を規定するものである。この条件式(9)を満足することで、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を効果的に補正することができる。

【0047】

条件式(9)の対応値が上限値1.00を上回ると、広角端状態における焦点距離に対して広角端状態におけるバックフォーカスが大きくなり、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(9)の上限値を0.90または0.85に設定することが好ましい。条件式(9)の上限値をより小さな値、例えば0.80、0.75、0.70、0.65、0.60、0.55に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0048】

一方、条件式(9)の対応値が下限値0.10を下回ると、広角端状態における焦点距離に対して広角端状態におけるバックフォーカスが小さくなり、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(9)の下限値を0.15、0.20または0.25に設定することが好ましい。条件式(9)の下限値をより大きな値、例えば0.30、0.35、0.38、0.40、0.42、0.45に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0049】

また、第2合焦レンズ群は、負の屈折力を有するレンズ成分を有し、そのレンズ成分は以下の条件式(10)を満足することが好ましい。ここで、「レンズ成分」は、単レンズ、接合レンズの両方を意味する用語として用いている。

$$-2.00 < (r2 + r1) / (r2 - r1) < 6.00 \quad \dots (10)$$

但し、

$r1$ ：前記レンズ成分の物体側のレンズ面の曲率半径

$r2$ ：前記レンズ成分の像面側のレンズ面の曲率半径

【0050】

条件式(10)は、第2合焦レンズ群内にある負の屈折力を有するレンズのシェイプファクターを規定するものである。この条件式(10)を満足することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0051】

条件式(10)の対応値が上限値6.00を上回ると、第2合焦レンズ群のコマ収差補正力が不足し、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(10)の上限値を5.50に設定することが好ましい。また、条件式(10)の上限値をより小さな値、例えば5.00、4.75、4.50、4.25、4.00、3.70、3.50、3.20に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

10

【0052】

一方、条件式(10)の対応値が下限値-2.00を下回ると、第2合焦レンズ群のコマ収差補正力が不足し、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(10)の下限値を-1.50に設定することが好ましい。条件式(10)の下限値をより大きな値、例えば-1.00、-0.50、-0.10、-0.05、0.05、0.08、0.12、0.40、0.55に設定すれば、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0053】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(11)を満足することが好ましい。

$$1.05 < \beta W F 1 < 1.80 \quad \dots (11)$$

但し、

$\beta W F 1$ ：広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

20

【0054】

条件式(11)は、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率を規定するものである。この条件式(11)を満足することで、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0055】

条件式(11)の対応値が上限値1.80を上回ると、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が大きくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(11)の上限値を1.75に設定することが好ましい。条件式(11)の上限値をより小さな値、例えば1.70、1.65、1.60、1.58、1.55、1.53、1.50、1.49、さらに1.48に設定することで、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

30

【0056】

条件式(11)の対応値が下限値1.05を下回ると、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が小さくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめ、歪曲収差やコマ収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(11)の下限値を1.06に設定することが好ましい。条件式(11)の下限値を、1.08、1.10、1.12、1.15、1.16、1.20、1.22、さらに1.25に設定することで、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

40

【0057】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(12)を満足することが好ましい。

$$1.05 < \beta W F 2 < 1.80 \quad \dots (12)$$

但し、

$\beta W F 2$ ：広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

50

【0058】

条件式(12)は、広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率を規定するものである。この条件式(12)を満足することで、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0059】

条件式(12)の対応値が上限値1.80を上回ると、広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が大きくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(12)の上限値を1.75に設定することが好ましい。条件式(12)の上限値を、1.70、1.68、1.65、1.63、1.60、1.58、1.55、さらに1.54に設定することで、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

10

【0060】

条件式(12)の対応値が下限値1.05を下回ると、広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が小さくなりすぎ、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめ、歪曲収差やコマ収差の変動を抑えることが困難となる。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(12)の下限値を1.08に設定することが好ましい。条件式(12)の下限値を、1.10、1.13、1.15、1.18、1.20、1.23、1.24、1.28、さらに1.30に設定することで、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

20

【0061】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(13)を満足することが好ましい。

$$(\beta W F 1 + 1 / \beta W F 1)^{-2} < 0.250 \quad \dots (13)$$

但し、

$\beta W F 1$ ：広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【0062】

条件式(13)は、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率が満たす条件を規定するものである。この条件式(13)を満足することで、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差や歪曲収差、コマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えつつ、第1合焦レンズ群の移動量を小さくすることができる。

30

【0063】

条件式(13)の対応値が上限値0.250を上回ると、広角端状態における第1合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の移動量が大きくなりすぎるため好ましくない。本実施形態の効果を確実なものとするためには、条件式(13)の上限値を0.249に設定することが好ましい。条件式(13)の上限値を、0.248、0.247、0.246、さらに0.245に設定することで、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【0064】

また、上記変倍光学系は、さらに以下の条件式(14)を満足することが好ましい。

$$(\beta W F 2 + 1 / \beta W F 2)^{-2} < 0.250 \quad \dots (14)$$

但し、

$\beta W F 2$ ：広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率

【0065】

条件式(14)は、広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の横倍率を規定するものである。この条件式(14)を満足することで、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差や歪曲収差、コマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えつつ、第2合焦レンズ群の移動量を小さくすることができる。

【0066】

条件式(14)の対応値が上限値0.249を上回ると、広角端状態における第2合焦レンズ群の無限遠物体合焦時の移動量が大きくなりすぎるため好ましくない。本実施形態

50

の効果を確実なものとするためには、条件式（１４）の上限値を０．２４８に設定することが好ましい。条件式（１４）の上限値を、０．２４５、０．２４０、０．２３８、０．２３５、０．２３３、０．２３０、０．２２８、さらに０．２２５に設定することで、本実施形態の効果はさらに確実なものとなる。

【００６７】

先に説明した光学機器は、以上に説明した変倍光学系を搭載することにより、鏡筒を大型化することなく高速且つ静粛なオートフォーカスを実現するとともに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えることができる。

【００６８】

続いて、図１７を参照しながら、上記変倍光学系の製造方法について概説する。変倍光学系は、複数のレンズ群をそれぞれ構成し（ＳＴ１）、構成されたレンズ群を以下の条件でレンズ鏡筒内に配置する（ＳＴ２）ことにより製造される。複数のレンズ群は、変倍の際に隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように配置する。ここで配置する複数のレンズ群の中には、合焦の際に移動する第１合焦レンズ群と、第１合焦レンズ群より像面側に配置され合焦の際に前記第１合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する第２合焦レンズ群とが含まれている。第１合焦レンズ群および第２合焦レンズ群は、いずれも負の屈折力を有している。第１合焦レンズ群または第２合焦レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一つ含み、前述の条件式（１）を満足するように構成される。

【００６９】

上記手順により製造された変倍光学系およびその変倍光学系を搭載した光学機器は、鏡筒を大型化することなく高速且つ静粛なオートフォーカスを実現するとともに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えることができる。

【実施例】

【００７０】

以下、上記変倍光学系について、第１実施例から第５実施例までの５つの数値実施例を示して、さらに説明する。はじめに、各実施例の説明の中で参照する図表の見方を説明する。

【００７１】

図１、図４、図７、図１０および図１３は、各実施例における変倍光学系のレンズ構成および動作を示す図である。各図の中央には、レンズ群の配列を断面図により示している。各図の下段には、広角端状態（Ｗ）から望遠端状態に（Ｔ）ズーミング（変倍）するときのレンズ群Ｇおよび絞りＳの光軸に沿った移動軌跡を、２次元平面上の矢印で示している。２次元平面の横軸は光軸上の位置、縦軸は変倍光学系の状態である。また、各図の上段には、無限遠から近距離物体に合焦する際の合焦レンズ群の移動軌跡（移動方向および移動量）を、「合焦」および「∞」の文字とともに矢印で示している。

【００７２】

図１、図４、図７、図１０および図１３では、各レンズ群を符号Ｇと数字の組み合わせにより表し、各レンズを符号Ｌと数字の組み合わせにより表している。本明細書では、符号の増加による煩雑化を防ぐため、実施例ごとに付番を行っている。このため、複数の実施例において同一の符号と数字の組み合わせが用いられる場合があるが、これは、その符号と数字の組み合わせが示す構成が同一であることを意味するものではない。

【００７３】

図２、図５、図８、図１１および図１４は、各実施例における変倍光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図３、図６、図９、図１２および図１５は、各実施例における変倍光学系の近距離合焦時の諸収差図である。これらの図において、ＦＮＯはＦナンバー、ＮＡは開口数、Ｙは像高をそれぞれ示す。球面収差図では最大口径に対応するＦナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。ｄはｄ線（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）、ｇはｇ線（ $\lambda=435.8\text{nm}$ ）

10

20

30

40

50

をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。倍率色収差図では、g線を基準とした倍率色収差を示す。

【0074】

続いて、各実施例の説明に用いられる表について説明する。〔全体諸元〕の表において、fはレンズ全系の焦点距離、FNOはFナンバー、 2ω は画角（単位は°（度）で、 ω が半画角である）、Ymaxは最大像高を示す。TLは無限遠合焦時の光軸上でのレンズ最前面からレンズ最終面までの距離にBFを加えた距離を示し、BFは無限遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面Iまでの空気換算距離（バックフォーカス）を示す。なお、これらの値は、広角端（W）、中間焦点距離（M）、望遠端（T）の各変倍状態におけるそれぞれについて示している。

10

【0075】

また、〔全体諸元〕の表において、MWF1は、広角端状態において無限遠物体から近距離物体（最も近距離の物体）へ合焦する際の第1の合焦レンズ群の移動量の絶対値を示す。MWF2は、広角端状態において無限遠物体から近距離物体（最も近距離の物体）へ合焦する際の第2の合焦レンズ群の移動量の絶対値を示す。 $\beta W F 1$ は、広角端状態において無限遠物体に合焦する場合の第1の合焦レンズ群の横倍率を示す。 $\beta W F 2$ は、広角端状態において無限遠物体に合焦する場合の第2の合焦レンズ群の横倍率を示す。

【0076】

〔レンズ諸元〕の表において、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を示し、Rは各光学面の曲率半径（曲率中心が像面側に位置する面を正の値としている）、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、ndは光学部材の材質のd線に対する屈折率、vdは光学部材の材質のd線を基準とするアッペ数を、それぞれ示す。（絞りS）は開口絞りを、曲率半径の「 ∞ 」は平面又は開口を、それぞれ示す。空気の屈折率nd=1.00000の記載は省略している。レンズ面が非球面である場合には面番号に*印を付して曲率半径Rの欄には近軸曲率半径を示している。

20

【0077】

〔非球面データ〕の表には、〔レンズ諸元〕に示した非球面について、その形状を次式（A）で示す。 $X(y)$ 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（ザグ量）を、Rは基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 κ は円錐定数を、 A_i は第i次の非球面係数を示す。「E-n」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、 $1.234E-05=1.234 \times 10^{-5}$ である。なお、2次の非球面係数A2は0であり、その記載を省略している。

30

$$X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12} \dots (A)$$

【0078】

〔レンズ群データ〕の表には、各レンズ群のそれぞれの始面（最も物体側の面）と焦点距離を示す。

【0079】

〔可変間隔データ〕の表には、〔レンズ諸元〕を示す表において面間隔が「可変」となっている面番号での面間隔を示す。ここでは無限遠および近距離に合焦させたときのそれぞれについて、広角端（W）、中間焦点距離（M）、望遠端（T）の各変倍状態における面間隔を示す。

40

【0080】

〔条件式対応値〕の表には、各条件式に対応する値を示す。

【0081】

なお、焦点距離f、曲率半径R、面間隔D、その他の長さの単位としては、一般に「mm」が用いられているため、本明細書の各表でも長さの単位は「mm」としている。但し、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、長さの単位は必ずしも「mm」に限られるものではない。

【0082】

50

ここまでの図および表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

【0083】

(第1実施例)

第1実施例について、図1、図2、図3および表1を用いて説明する。図1は、第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第1実施例に係る変倍光学系ZL(1)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G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5(第1合焦レンズ群)と、負の屈折力を有する第6レンズ群G6(第2合焦レンズ群)と、正の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成されている。ここでは、第1から第4までのレンズ群G1~G4が先行レンズ群GFに該当し、第7レンズ群G7が後続レンズ群GRに該当する。像面Iは、第7レンズ群G7の後に位置する。

10

【0084】

広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍の際には、第1~第7レンズ群G1~G7が図1下段の矢印が示す軌跡に沿って移動することで、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、変倍が行われる。また、合焦の際には、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6が、図1上段の矢印で示す方向(像面方向)に、独立して(異なる軌跡で)移動することで、無限遠物体から近距離物体への合焦が行われる。

【0085】

20

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との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

【0086】

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、両凹形状の負レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側の面が非球面である。

【0087】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合負レンズとから構成される。

30

【0088】

第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41と、両凹形状の負レンズL42と両凸形状の正レンズL43との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL44とから構成される。正レンズL41は、物体側の面が非球面である。正レンズL44は、像面側の面が非球面である。

【0089】

第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL51と、両凹形状の負レンズL52とから構成される。

【0090】

40

第6レンズ群G6は、両凹形状の負レンズL61から構成される。負レンズL61は、物体側の面が非球面である。

【0091】

第7レンズ群G7は、両凸形状の正レンズL71から構成される。

【0092】

以下の表1に、第1実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0093】

(表1)

[全体諸元]

変倍比=2.74

50

f F P = 53.823 (L 5 1)
f F N = -26.346 (L 5 2)
M W F 1 = 0.255
M W F 2 = 0.618
 β W F 1 = 1.418
 β W F 2 = 1.530

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.14	45.20	34.12
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	135.45	153.76	169.45
B F	13.08	25.53	33.89

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	v d
物体面	∞			
1	11820.3050	2.500	1.84666	23.80
2	254.8436	3.832	1.59319	67.90
3	1938.9860	0.200		
4	81.3609	6.634	1.81600	46.59
5	717.8392	D5(可変)		
6*	170.2224	2.000	1.67798	54.89
7	19.0228	8.030		
8	-102.7918	1.200	1.59319	67.90
9	39.9274	0.200		
10	30.7705	3.844	1.85000	27.03
11	120.7450	4.556		
12	-26.6990	1.200	1.60300	65.44
13	-48.1940	D13(可変)		
14(絞りS)	∞	1.500		
15	51.8883	3.971	1.90265	35.73
16	-335.1012	0.200		
17	34.2757	7.394	1.49782	82.57
18	-32.4829	1.300	1.81600	46.59
19	124.5969	D19(可変)		
20*	73.3752	4.605	1.82098	42.50
21	-40.9497	0.222		
22	-60.6253	1.200	1.85478	24.80
23	23.2350	6.747	1.49782	82.57
24	-68.9735	0.930		
25	51.1526	5.532	1.80604	40.74
26*	-59.8674	D26(可変)		
27	364.3227	3.545	1.94595	17.98
28	-58.9057	0.200		
29	-87.4737	1.200	1.77250	49.62
30	26.6831	D30(可変)		
31*	-54.3769	1.300	1.95150	29.83
32	226.2913	D32(可変)		
33	84.9939	5.357	1.83481	42.73
34	-133.1562	B F		

10

20

30

40

50

像面 ∞
 [非球面データ]
 第 6 面
 $K=1.0000$
 $A4=2.79734E-06$, $A6=-1.48626E-09$, $A8=2.33651E-12$, $A10=-3.91747E-17$
 第 20 面
 $K=1.0000$
 $A4=-1.24053E-05$, $A6=2.41375E-10$, $A8=1.23614E-11$, $A10=-2.66251E-14$
 第 26 面
 $K=1.0000$
 $A4=1.94712E-06$, $A6=-7.52657E-09$, $A8=-2.53945E-12$, $A10=9.10643E-15$
 第 31 面
 $K=1.0000$
 $A4=-5.72467E-06$, $A6=-2.85790E-08$, $A8=9.21679E-11$, $A10=-4.86764E-13$

10

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
1	1	129.519
2	6	-21.862
3	14	47.382
4	20	28.141
5	27	-53.501
6	31	-45.973
7	33	62.847

20

[可変間隔データ]

	W 無限遠	M 無限遠	T 無限遠	W 近距離	M 近距離	T 近距離
D 5	2.000	20.511	30.687	2.000	20.511	30.687
D 13	18.977	5.779	2.000	18.977	5.779	2.000
D 19	9.078	3.248	2.000	9.078	3.248	2.000
D 26	2.614	2.197	2.001	2.869	2.555	2.431
D 30	7.108	7.282	6.363	7.472	7.442	6.438
D 32	3.198	9.812	13.117	2.579	9.294	12.612

30

[条件式対応値]

条件式 (1) $f_{FP} / (-f_{FN}) = 2.043$
 条件式 (2) $(-f_{Fs}) / f_w = 1.857$
 条件式 (3) $MWF1 / MWF2 = 0.412$
 条件式 (4) $\beta_{WF1} / \beta_{WF2} = 0.927$
 条件式 (5) $(-f_{Fs}) / f_R = 0.732$
 条件式 (6) $(-f_{Fs}) / f_F = 1.634$
 条件式 (7) $f_1 / (-f_2) = 5.924$
 条件式 (8) $2\omega_w = 85.14$
 条件式 (9) $B_{Fw} / f_w = 0.529$
 条件式 (10) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 0.613$
 条件式 (11) $\beta_{WF1} = 1.418$
 条件式 (12) $\beta_{WF2} = 1.530$
 条件式 (13) $(\beta_{WF1} + 1 / \beta_{WF1})^{-2} = 0.2218$
 条件式 (14) $(\beta_{WF2} + 1 / \beta_{WF2})^{-2} = 0.2097$

40

[0094]

図 2 に、第 1 実施例に係る変倍光学系の、広角端状態 (A)、中間焦点距離状態 (B)、望遠端状態 (C) のそれぞれにおける無限遠合焦時の諸収差を示す。また、図 3 に、第

50

1 実施例に係る変倍光学系の、広角端状態（Ａ）、中間焦点距離状態（Ｂ）、望遠端状態（Ｃ）のそれぞれにおける近距離合焦時の諸収差値を示す。

【００９５】

各諸収差図より、第１実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【００９６】

（第２実施例）

第２実施例について、図４、図５、図６および表２を用いて説明する。図４は、第２実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第２実施例に係る変倍光学系ＺＬ（２）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Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、開口絞りＳと、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、正屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５（第１合焦レンズ群）と、負の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６（第２合焦レンズ群）と、正の屈折力を有する第７レンズ群Ｇ７とから構成されている。ここでは、第１から第４までのレンズ群Ｇ１～Ｇ４が先行レンズ群ＧＦに該当し、第７レンズ群Ｇ７が後続レンズ群ＧＲに該当する。像面Ｉは、第７レンズ群Ｇ７の後に位置する。

【００９７】

広角端状態（Ｗ）から望遠端状態（Ｔ）への変倍の際には、第１～第７レンズ群Ｇ１～Ｇ７が図４下段の矢印が示す軌跡に沿って移動することで、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、変倍が行われる。また、合焦の際には、第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６が、図４上段の矢印で示す方向（像面方向）に、独立して（異なる軌跡で）移動することで、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

【００９８】

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との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３とから構成される。

【００９９】

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、両凹形状の負レンズＬ２２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ２４とから構成される。負メニスカスレンズＬ２１は、物体側の面が非球面である。

【０１００】

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、両凸形状の正レンズＬ３２と両凹形状の負レンズＬ３３との接合負レンズとから構成される。

【０１０１】

第４レンズ群Ｇ４は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズＬ４１と、両凹形状の負レンズＬ４２と両凸形状の正レンズＬ４３との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ４４とから構成される。正レンズＬ４１は、物体側の面が非球面である。

【０１０２】

第５レンズ群Ｇ５は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズＬ５１と、両凹形状の負レンズＬ５２とから構成される。

【０１０３】

第６レンズ群Ｇ６は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ６１から構成される。負メニスカスレンズＬ６１は、物体側の面が非球面である。

【０１０４】

第７レンズ群Ｇ７は、両凸形状の正レンズＬ７１から構成される。正レンズＬ７１は、物体側の面が非球面である。

【０１０５】

10

20

30

40

50

(表 2)

[全体諸元]

変倍比=2.74

f F P = 61.860 (L 5 1)

f F N = -26.486 (L 5 2)

M W F 1 = 0.274

M W F 2 = 0.666

 β W F 1 = 1.466 β W F 2 = 1.399

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.14	45.14	33.98
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	136.45	152.83	166.55
B F	11.75	22.94	28.76

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	v d
物体面	∞			
1	11836.0180	2.500	1.84666	23.80
2	263.6060	3.519	1.81600	46.59
3	996.8722	0.200		
4	97.5302	5.847	1.81600	46.59
5	894.1609	D5(可変)		
6*	469.8262	2.000	1.58887	61.13
7	20.0932	8.459		
8	-202.0263	1.200	1.77250	49.62
9	46.2591	0.200		
10	32.7348	4.789	1.75520	27.57
11	757.6545	3.868		
12	-30.1213	1.200	1.60300	65.44
13	-58.1128	D13(可変)		
14(絞りS)	∞	1.500		
15	43.9945	3.971	1.90265	35.73
16	1479.7660	0.603		
17	33.0299	7.156	1.49782	82.57
18	-34.0457	1.300	1.81600	46.59
19	92.8728	D19(可変)		
20*	124.2240	4.029	1.77387	47.25
21	-37.2228	0.200		
22	-64.0093	1.200	1.85478	24.80
23	21.9014	6.529	1.59319	67.90
24	-90.1349	0.921		
25	48.3180	5.294	1.83400	37.18
26	-66.0132	D26(可変)		
27	-1051.5067	3.250	1.94595	17.98
28	-55.5153	0.431		
29	-85.9904	1.200	1.69680	55.52
30	23.6335	D30(可変)		
31*	-49.1357	1.300	1.95150	29.83

10

20

30

40

50

32 -2454.5649 D32(可変)
33* 121.4403 4.780 1.88202 37.22
34 -126.7893 BF
像面 ∞

[非球面データ]

第6面

K=1.0000

A4=3.12101E-06, A6=-1.77766E-09, A8=2.07046E-12, A10=-3.82388E-16

第20面

K=1.0000

A4=-1.59181E-05, A6=-3.41748E-10, A8=5.24280E-11, A10=-1.12143E-13

第31面

K=1.0000

A4=-8.64573E-06, A6=-1.85220E-08, A8=3.17657E-11, A10=-2.40014E-13

第33面

K=1.0000

A4=1.15695E-06, A6=7.52900E-10, A8=-4.19329E-12, A10=4.10233E-15

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
1	1	151.194
2	6	-25.501
3	14	49.576
4	20	27.755
5	27	-47.512
6	31	-52.709
7	33	70.966

[可変間隔データ]

	W 無限遠	M 無限遠	T 無限遠	W 近距離	M 近距離	T 近距離
D 5	2.000	21.966	33.591	2.000	21.966	33.591
D 1 3	23.054	7.122	2.000	23.054	7.122	2.000
D 1 9	8.670	3.016	2.000	8.670	3.016	2.000
D 2 6	2.760	2.196	2.542	3.034	2.530	2.948
D 3 0	7.661	8.136	7.640	8.053	8.378	7.816
D 3 2	3.109	10.012	12.574	2.444	9.436	11.991

[条件式対応値]

条件式(1) $f_{FP} / (-f_{FN}) = 2.336$
条件式(2) $(-f_{Fs}) / f_w = 1.920$
条件式(3) $MWF1 / MWF2 = 0.412$
条件式(4) $\beta_{WF1} / \beta_{WF2} = 1.048$
条件式(5) $(-f_{Fs}) / f_R = 0.670$
条件式(6) $(-f_{Fs}) / f_F = 1.712$
条件式(7) $f_1 / (-f_2) = 5.929$
条件式(8) $2\omega_w = 85.14$
条件式(9) $B_{Fw} / f_w = 0.475$
条件式(10) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 1.041$
条件式(11) $\beta_{WF1} = 1.466$
条件式(12) $\beta_{WF2} = 1.399$
条件式(13) $(\beta_{WF1} + 1 / \beta_{WF1})^{-2} = 0.2167$
条件式(14) $(\beta_{WF2} + 1 / \beta_{WF2})^{-2} = 0.2238$

【0106】

図5に、第2実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける無限遠合焦時の諸収差を示す。また、図6に、第2実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける近距離合焦時の諸収差値を示す。

【0107】

各諸収差図より、第2実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【0108】

(第3実施例)

第3実施例について、図7、図8、図9および表3を用いて説明する。図7は、第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第3実施例に係る変倍光学系ZL(3)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G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4(第1合焦レンズ群)と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5(第2合焦レンズ群)と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。ここでは、第1から第3までのレンズ群G1~G3が先行レンズ群GFに該当し、第6レンズ群G6が後続レンズ群GRに該当する。像面Iは、第6レンズ群G6の後に位置する。

【0109】

広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍の際には、第1~第6レンズ群G1~G6が図7下段の矢印が示す軌跡に沿って移動することで、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、変倍が行われる。また、合焦の際には、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5が、図7上段の矢印で示す方向(像面方向)に、独立して(異なる軌跡で)移動することで、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

【0110】

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との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

【0111】

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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側の面が非球面である。

【0112】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL34と、両凹形状の負レンズL35と両凸形状の正レンズL36との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL37とから構成される。正レンズL34は、物体側の面が非球面である。正レンズL37は、像面側の面が非球面である。

【0113】

第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL41と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42とから構成される。

【0114】

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から構成される。負メニスカスレンズL51は、物体側の面が非球面である。

【0115】

第6レンズ群G6は、両凸形状の正レンズL61から構成される。

【0116】

10

20

30

40

50

以下の表 3 に、第 3 実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 1 7 】

(表 3)

[全体諸元]

変倍比 = 2.74

f F P = 119.327 (L 4 1)

f F N = -43.472 (L 5 1)

M W F 1 = 0.419

M W F 2 = 0.625

β W F 1 = 1.168

β W F 2 = 1.427

10

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
F N O	3.50	3.50	3.50
2 ω	85.10	45.60	34.40
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	135.45	152.59	169.45
B F	11.75	18.25	23.91

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	v d
物体面	∞			
1	800.0000	2.500	1.84666	23.80
2	149.2823	3.000	1.59319	67.90
3	205.0385	0.200		
4	75.1891	6.257	1.81600	46.59
5	947.1276	D5(可変)		
6*	500.0000	2.000	1.67798	54.89
7	18.8391	14.459		
8	-25.1985	1.200	1.59319	67.90
9	-118.4665	0.200		
10	97.8539	3.812	1.85000	27.03
11	-61.2035	1.947		
12	-28.1128	1.200	1.60300	65.44
13	-45.1446	D13(可変)		
14(絞りS)	∞	1.500		
15	39.0407	5.431	1.75520	27.57
16	-150.5310	0.200		
17	27.2134	6.774	1.49782	82.57
18	-75.8975	1.300	2.00069	25.46
19	65.0385	2.024		
20*	112.8457	3.574	1.66755	41.87
21	-42.5203	0.290		
22	-65.7387	1.200	1.85478	24.80
23	18.5000	7.483	1.49782	82.57
24	-72.5400	3.463		
25	94.8511	5.524	1.72825	28.38
26*	-33.9997	D26(可変)		
27	-157.1254	2.312	1.94594	17.98
28	-66.1574	0.200		
29	77.0731	1.200	1.80400	46.60

20

30

40

50

30 30.1840 D30(可変)
31* -20.0000 1.300 1.95150 29.83
32 -39.9506 D32(可変)
33 389.0189 2.631 1.84666 23.80
34 -287.6232 BF
像面 ∞

[非球面データ]

第6面

K=1.0000
A4=9.81697E-06, A6=-1.08680E-08, A8=1.23597E-11, A10=-2.17136E-15

10

第20面

K=1.0000
A4=-2.26533E-05, A6=5.36979E-09, A8=1.47314E-11, A10=-1.43415E-14

第26面

K=1.0000
A4=2.62785E-07, A6=-1.29286E-08, A8=-4.74230E-12, A10=-5.79020E-14

第31面

K=1.0000
A4=1.10646E-06, A6=-1.33919E-08, A8=2.15561E-11, A10=-5.38428E-13

[レンズ群データ]

20

群	始面	焦点距離
1	1	154.131
2	6	-25.881
3	14	30.388
4	27	-131.942
5	31	-43.472
6	33	195.660

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D 5	2.000	18.585	26.409	2.000	18.585	26.409
D 13	22.225	5.535	2.000	22.225	5.535	2.000
D 26	2.386	3.229	2.000	2.805	3.825	2.582
D 30	10.756	9.234	9.377	10.962	9.079	9.166
D 32	3.151	14.573	22.575	2.526	14.132	22.204

30

[条件式対応値]

条件式(1) $f_{FP} / (-f_{FN}) = 2.745$
条件式(2) $(-f_{Fs}) / f_w = 1.756$
条件式(3) $MWF1 / MWF2 = 0.671$
条件式(4) $\beta_{WF1} / \beta_{WF2} = 0.819$
条件式(5) $(-f_{Fs}) / f_R = 0.222$
条件式(6) $(-f_{Fs}) / f_F = 1.431$
条件式(7) $f_1 / (-f_2) = 5.955$
条件式(8) $2\omega_w = 85.10$
条件式(9) $BF_w / f_w = 0.475$
条件式(10) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 3.005$
条件式(11) $\beta_{WF1} = 1.168$
条件式(12) $\beta_{WF2} = 1.427$
条件式(13) $(\beta_{WF1} + 1 / \beta_{WF1})^{-2} = 0.2440$
条件式(14) $(\beta_{WF2} + 1 / \beta_{WF2})^{-2} = 0.2096$

40

50

【0118】

図8に、第3実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける無限遠合焦時の諸収差を示す。また、図9に、第3実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける近距離合焦時の諸収差値を示す。

【0119】

各諸収差図より、第3実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【0120】

(第4実施例)

第4実施例について、図10、図11、図12および表4を用いて説明する。図10は、第4実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第4実施例に係る変倍光学系ZL(4)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G1と、負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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5(第1合焦レンズ群)と、負の屈折力を有する第6レンズ群G6(第2合焦レンズ群)と、正の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成されている。ここでは、第1から第4までのレンズ群G1~G4が先行レンズ群GFに該当し、第7レンズ群G7が後続レンズ群GRに該当する。像面Iは、第7レンズ群G7の後に位置する。

【0121】

広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍の際には、第1~第7レンズ群G1~G7が図10下段の矢印が示す軌跡に沿って移動することで、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、変倍が行われる。また、合焦の際には、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6が、図10上段の矢印で示す方向(像面方向)に、独立して(異なる軌跡で)移動することで、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

【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との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

【0123】

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21から構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側の面が非球面である。

【0124】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33とから構成される。

【0125】

第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と両凹形状の負レンズL43との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL44と、両凹形状の負レンズL45と両凸形状の正レンズL46との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL47とから構成される。正レンズL44は、物体側の面が非球面である。正レンズL47は、像面側の面が非球面である。

【0126】

第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL52とから構成される。

【0127】

第6レンズ群G6は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL61から構成される。負メニスカスレンズL61は、物体側の面が非球面である。

【0128】

第7レンズ群G7は、両凸形状の正レンズL71から構成される。

【0129】

以下の表4に、第4実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0130】

(表4)

[全体諸元]

変倍比=2.74

fFP=104.146 (L51)

fFN=-39.924 (L61)

MWF1=0.375

MWF2=0.564

β WF1=1.173

β WF2=1.459

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
FNO	3.50	3.50	3.50
2 ω	85.08	45.84	34.44
Ymax	21.60	21.60	21.60
TL	135.43	152.96	169.45
BF	11.75	20.53	22.23

[レンズ諸元]

面番号	R	D	nd	vd
物体面	∞			
1	800.0000	2.500	1.84666	23.80
2	161.6173	3.000	1.59319	67.90
3	233.4567	0.200		
4	88.3647	5.578	1.81600	46.59
5	1494.7667	D5(可変)		
6*	500.0000	2.000	1.67798	54.89
7	20.0442	D7(可変)		
8	-23.6909	1.200	1.59319	67.90
9	-99.5585	0.200		
10	130.0428	3.826	1.85000	27.03
11	-52.3275	1.221		
12	-32.7025	1.200	1.60300	65.44
13	-46.7034	D13(可変)		
14(絞りS)	∞	1.658		
15	42.4477	4.725	1.75520	27.57
16	-240.9219	1.366		
17	27.1858	6.996	1.49782	82.57
18	-51.9273	1.300	2.00069	25.46
19	50.0514	2.382		
20*	108.1669	2.719	1.66755	41.87
21	-76.2004	0.200		
22	-3410.9598	1.200	1.85478	24.80
23	20.2029	7.635	1.49782	82.57
24	-49.1628	1.439		
25	149.7679	6.074	1.72825	28.38
26*	-30.1914	D26(可変)		
27	-162.6654	2.460	1.94594	17.98

28	-61.8074	0.200		
29	86.8437	2.035	1.80400	46.60
30	28.2564	D30(可変)		
31*	-20.2693	1.300	1.95150	29.83
32	-44.8147	D32(可変)		
33	15425.4800	2.506	1.84666	23.80
34	-190.6511	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

K=1.0000

A4=7.50942E-06, A6=-6.77248E-09, A8=6.81523E-12, A10=-1.86349E-15

第20面

K=1.0000

A4=-2.45608E-05, A6=-6.09341E-09, A8=4.23890E-11, A10=-3.30984E-13

第26面

K=1.0000

A4=-1.46127E-06, A6=-1.78339E-08, A8=1.84178E-11, A10=-1.65357E-13

第31面

K=1.0000

A4=-1.14793E-07, A6=-2.17369E-08, A8=6.66752E-11, A10=-6.03155E-13

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
1	1	176.909
2	6	-30.851
3	8	-1135.437
4	14	29.673
5	27	-109.998
6	31	-39.925
7	33	222.447

[可変間隔データ]

	W 無限遠	M 無限遠	T 無限遠	W 近距離	M 近距離	T 近距離
D 5	2.000	19.897	29.314	2.000	19.897	29.314
D 7	17.679	14.397	13.852	17.679	14.397	13.852
D 13	20.371	5.813	2.000	20.371	5.813	2.000
D 26	4.463	2.867	2.000	4.838	3.299	2.417
D 30	8.754	8.749	8.885	8.943	8.714	8.824
D 32	3.289	13.586	24.053	2.725	13.189	23.697

[条件式対応値]

条件式(1) $f_{FP} / (-f_{FN}) = 2.609$
条件式(2) $(-f_{Fs}) / f_w = 1.613$
条件式(3) $MWF1 / MWF2 = 0.665$
条件式(4) $\beta_{WF1} / \beta_{WF2} = 0.804$
条件式(5) $(-f_{Fs}) / f_R = 0.179$
条件式(6) $(-f_{Fs}) / f_F = 1.346$
条件式(7) $f_1 / (-f_2) = 5.734$
条件式(8) $2\omega_w = 85.08$
条件式(9) $BF_w / f_w = 0.475$
条件式(10) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 2.652$

条件式 (11) $\beta W F 1 = 1.1727$

条件式 (12) $\beta W F 2 = 1.4585$

条件式 (13) $(\beta W F 1 + 1 / \beta W F 1)^{-2} = 0.2438$

条件式 (14) $(\beta W F 2 + 1 / \beta W F 2)^{-2} = 0.2175$

【0131】

図11に、第4実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける無限遠合焦時の諸収差を示す。また、図12に、第4実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける近距離合焦時の諸収差値を示す。

【0132】

各諸収差図より、第4実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【0133】

(第5実施例)

第5実施例について、図13、図14、図15および表5を用いて説明する。図13は、第5実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第5実施例に係る変倍光学系ZL(5)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G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5(第1合焦レンズ群)と、負の屈折力を有する第6レンズ群G6(第2合焦レンズ群)と、正の屈折力を有する第7レンズ群G7と、正の屈折力を有する第8レンズ群G8とから構成されている。ここでは、第1から第4までのレンズ群G1~G4が先行レンズ群GFに該当し、第7レンズ群G7と第8レンズ群G8が後続レンズ群GRに該当する。像面Iは、第8レンズ群G8の後に位置する。

【0134】

広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍の際には、第1~第8レンズ群G1~G8が図13下段の矢印が示す軌跡に沿って移動することで、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、変倍が行われる。また、合焦の際には、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6が、図13上段の矢印で示す方向(像面方向)に、独立して(異なる軌跡で)移動することで、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

【0135】

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との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

【0136】

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、両凹形状の負レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側の面が非球面である。

【0137】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合正レンズとから構成される。

【0138】

第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41と、両凹形状の負レンズL42と両凸形状の正レンズL43との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL44とから構成される。正レンズL41は、物体側の面が非球面である。正レンズL44は、像面側の面が非球面である。

【0139】

第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL51と、両凹形状

10

20

30

40

50

の負レンズ L 5 2 とから構成される。

【 0 1 4 0 】

第 6 レンズ群 G 6 は、両凹形状の負レンズ L 6 1 から構成される。負レンズ L 6 1 は、物体側の面が非球面である。

【 0 1 4 1 】

第 7 レンズ群 G 7 は、両凸形状の正レンズ L 7 1 から構成される。

【 0 1 4 2 】

第 8 レンズ群 G 8 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 8 1 から構成される。

【 0 1 4 3 】

以下の表 5 に、第 5 実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

10

【 0 1 4 4 】

(表 5)

[全体諸元]

変倍比 = 2.74

f F P = 60.229 (L 5 1)

f F N = -28.641 (L 5 2)

M W F 1 = 0.201

M W F 2 = 0.694

β W F 1 = 1.405

β W F 2 = 1.534

20

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.18	45.24	34.12
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	135.45	154.15	169.45
B F	11.38	23.63	31.35

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	v d
物体面	∞			
1	11891.6830	2.500	1.84666	23.80
2	259.8551	3.953	1.59319	67.90
3	4532.4082	0.200		
4	82.2793	6.511	1.81600	46.59
5	637.5320	D5(可変)		
6*	166.9549	2.000	1.67798	54.89
7	18.9915	7.826		
8	-128.0661	1.200	1.59319	67.90
9	39.3297	0.200		
10	30.2329	3.805	1.85000	27.03
11	108.1671	4.249		
12	-26.7310	1.200	1.60300	65.44
13	-50.1190	D13(可変)		
14(絞りS)	∞	1.500		
15	52.2117	3.906	1.90265	35.72
16	-426.9813	0.200		
17	36.5119	7.383	1.49782	82.57
18	-31.0542	1.300	1.81600	46.59
19	191.2416	D19(可変)		
20*	83.3066	4.681	1.82098	42.50

30

40

50

21	-38.9988	0.299		
22	-52.7599	1.200	1.85478	24.80
23	26.2315	6.594	1.49782	82.57
24	-62.9470	0.212		
25	52.3086	5.490	1.80604	40.74
26*	-58.3708	D26(可変)		
27	592.1811	3.338	1.94594	17.98
28	-62.8662	0.200		
29	-106.8070	1.200	1.77250	49.62
30	28.0432	D30(可変)		
31*	-84.0436	1.300	1.95150	29.83
32	101.0812	D32(可変)		
33	76.7980	4.332	1.83481	42.73
34	-571.5236	D34(可変)		
35	-84.4248	2.428	1.67252	26.52
36	-64.1857	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

K=1.0000

A4=2.89860E-06, A6=-1.09792E-09, A8=1.24848E-12, A10=1.65714E-15

第20面

K=1.0000

A4=-1.21758E-05, A6=2.33795E-10, A8=1.34229E-11, A10=-2.74633E-14

第26面

K=1.0000

A4=2.89243E-06, A6=-6.52485E-09, A8=1.47471E-14, A10=1.05852E-14

第31面

K=1.0000

A4=-5.73632E-06, A6=-2.30482E-08, A8=6.15426E-11, A10=-2.77958E-13

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
1	1	130.490
2	6	-21.991
3	14	47.900
4	20	27.873
5	27	-56.211
6	31	-48.064
7	33	81.345
8	35	379.801

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D 5	2.000	20.708	31.055	2.000	20.708	31.055
D 1 3	18.835	5.825	2.000	18.835	5.825	2.000
D 1 9	9.480	3.315	2.000	9.480	3.315	2.000
D 2 6	2.777	2.126	2.000	2.977	2.460	2.419
D 3 0	6.407	6.601	5.787	6.901	6.815	5.893
D 3 2	3.039	10.144	13.339	2.345	9.596	12.814
D 3 4	2.329	2.594	2.721	2.329	2.594	2.721

[条件式対応値]

条件式 (1) $f F P / (-f F N) = 2.103$

条件式 (2) $(-f F s) / f w = 1.942$

条件式 (3) $M W F 1 / M W F 2 = 0.289$

条件式 (4) $\beta W F 1 / \beta W F 2 = 0.916$

条件式 (5) $(-f F s) / f R = 0.702$

条件式 (6) $(-f F s) / f F = 1.724$

条件式 (7) $f 1 / (-f 2) = 5.934$

条件式 (8) $2 \omega w = 85.18$

条件式 (9) $B F w / f w = 0.460$

条件式 (10) $(r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = 0.092$

条件式 (11) $\beta W F 1 = 1.405$

条件式 (12) $\beta W F 2 = 1.534$

条件式 (13) $(\beta W F 1 + 1 / \beta W F 1)^{-2} = 0.2232$

条件式 (14) $(\beta W F 2 + 1 / \beta W F 2)^{-2} = 0.2093$

【0145】

図14に、第5実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける無限遠合焦時の諸収差を示す。また、図15に、第5実施例に係る変倍光学系の、広角端状態(A)、中間焦点距離状態(B)、望遠端状態(C)のそれぞれにおける近距離合焦時の諸収差値を示す。

【0146】

各諸収差図より、第5実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【0147】

以上に説明した各実施例によれば、合焦用レンズ群を小型軽量化することで、鏡筒を大型化することなく高速なAF、AF時の静粛性を実現し、さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を実現することができる。

【0148】

なお、本願発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、各請求項の記載により特定される光学性能を損なわない範囲で、適宜変更可能である。

【0149】

また、上記実施例では、6群構成、7群構成、8群構成の変倍光学系を示したが、その他の群構成の変倍光学系(例えば、変倍光学系の最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した9群構成等)とすることもできる。ここで、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示す。

【0150】

また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面としては、球面、平面、非球面のいずれを採用してもよい。球面または平面のレンズ面は、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工および組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができ、さらには像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないという利点がある。非球面のレンズ面としては、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、またはガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。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)或いはプラスチックレンズとしてもよい。

【0151】

また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

【符号の説明】

【 0 1 5 2 】

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- G 5 第 5 レンズ群
- G 6 第 6 レンズ群
- G 7 第 7 レンズ群
- G 8 第 8 レンズ群
- I 像面
- S 開口絞り

10

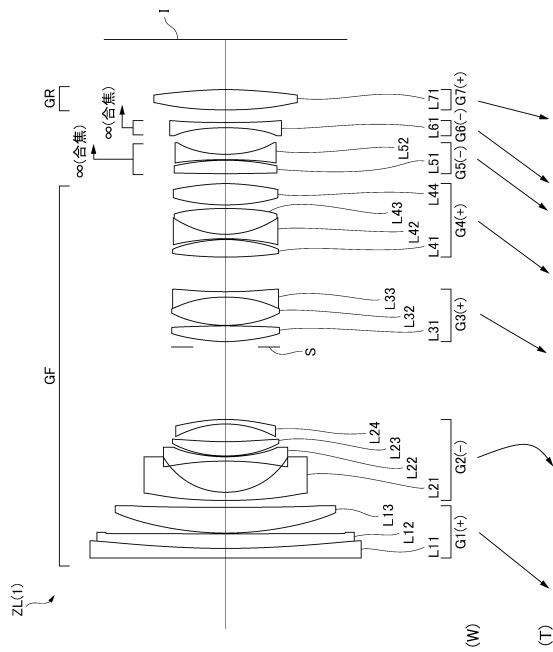
20

30

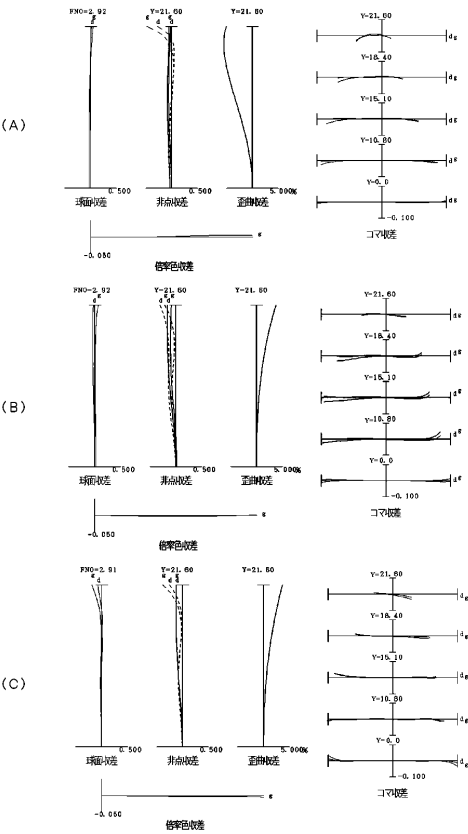
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】



10

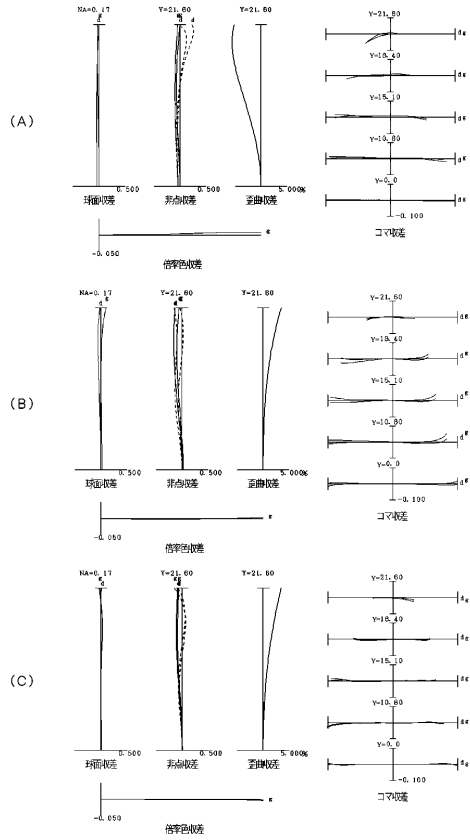
20

30

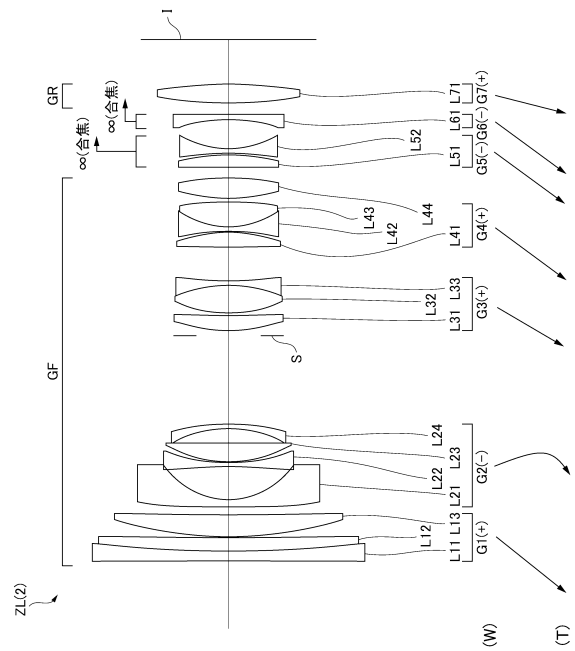
40

50

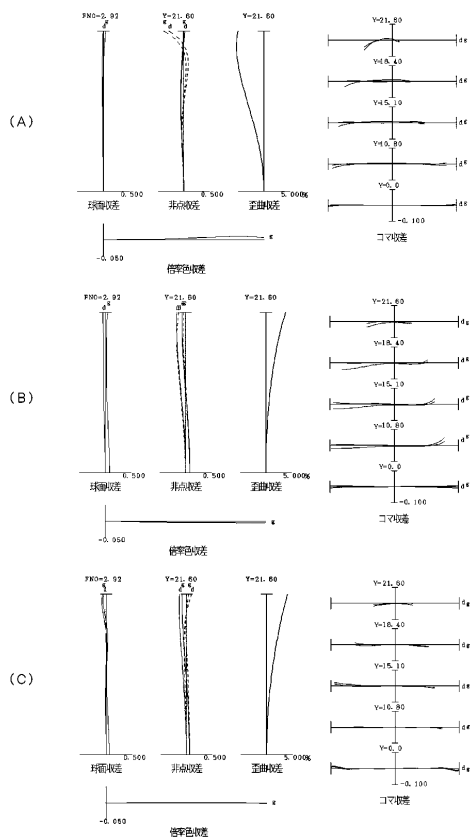
【図 3】



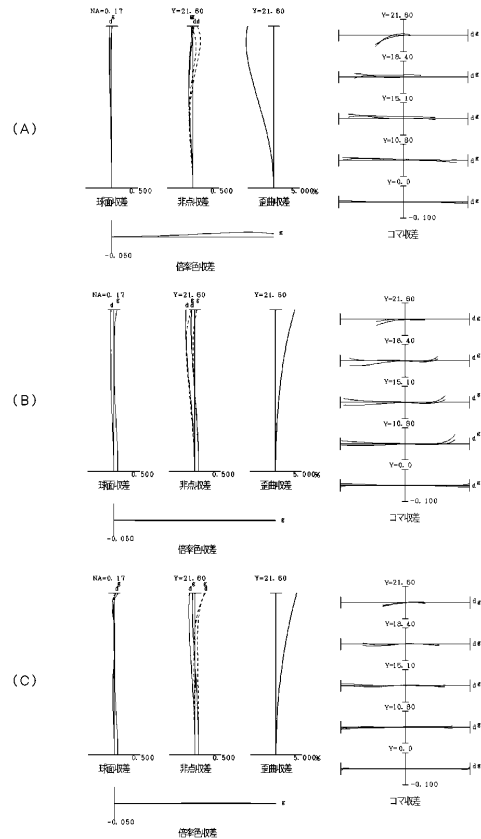
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

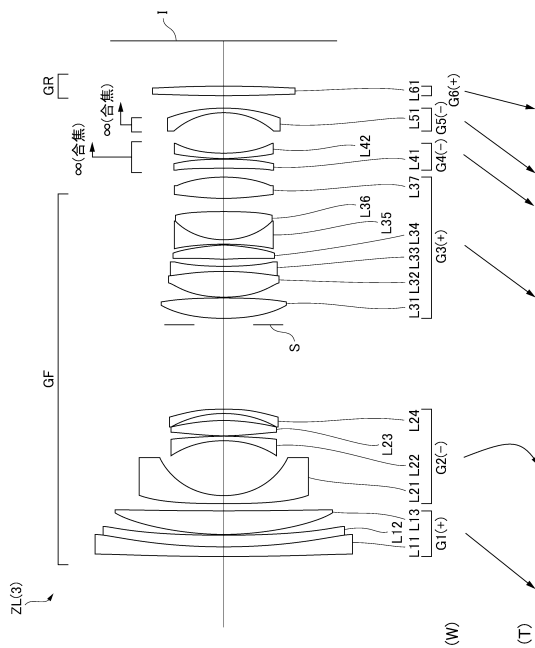
20

30

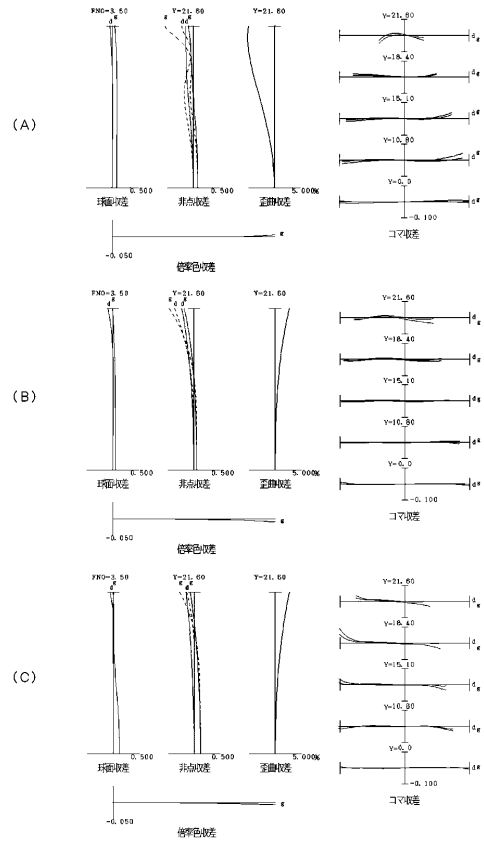
40

50

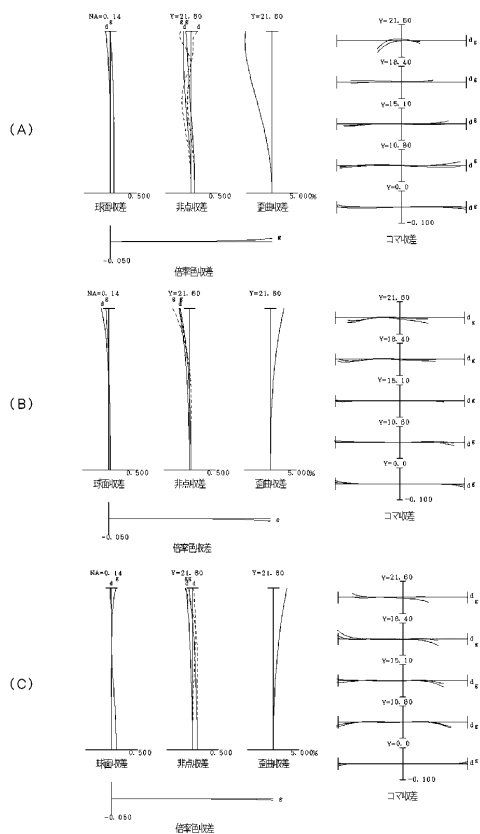
【図 7】



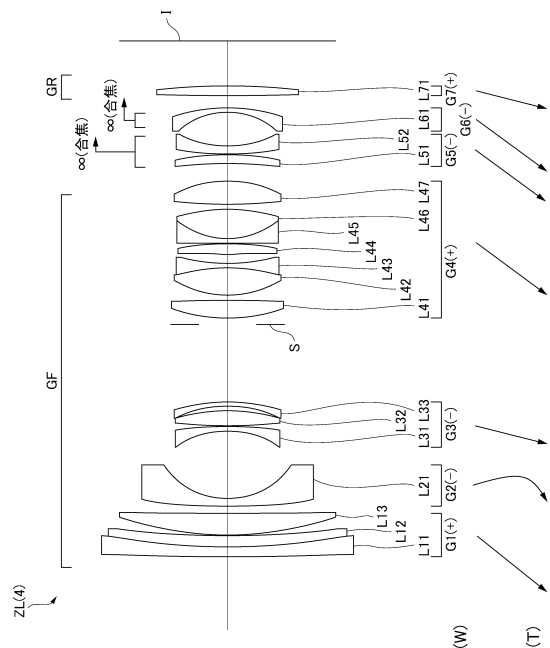
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

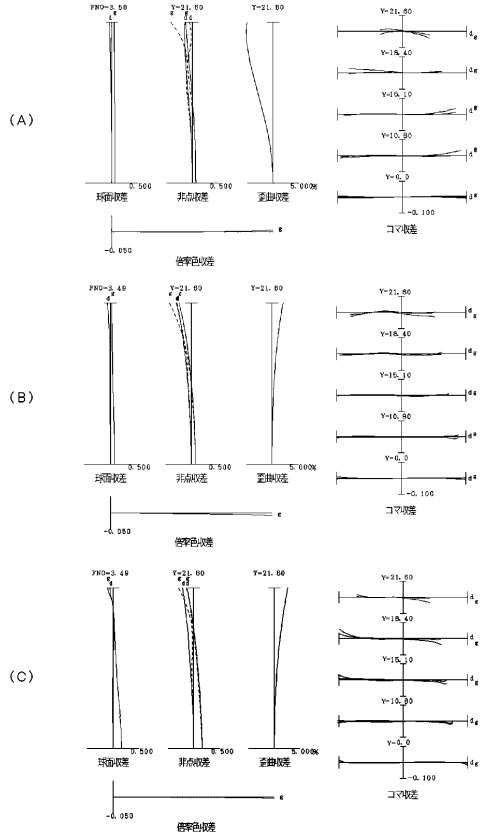
20

30

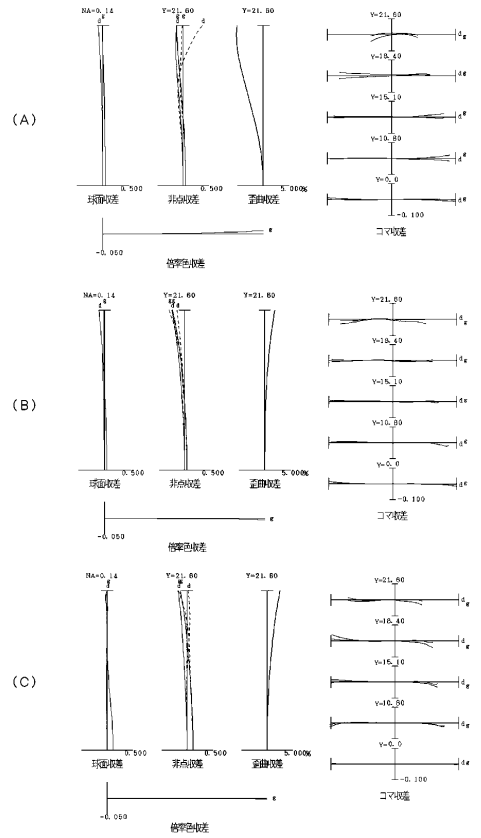
40

50

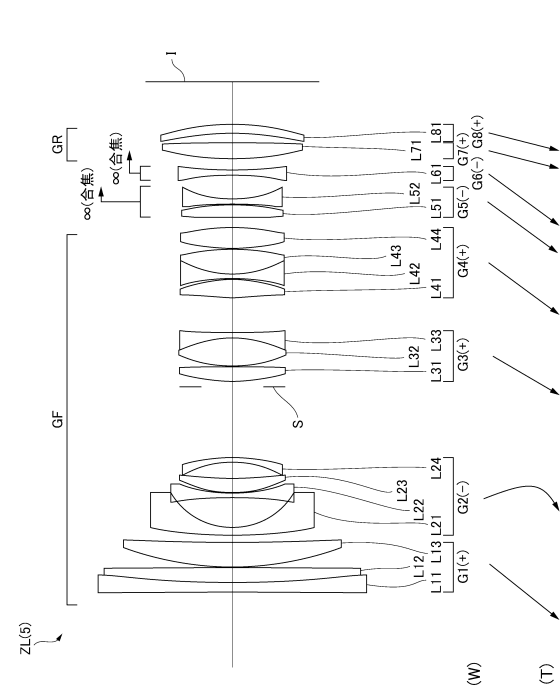
【図 1 1】



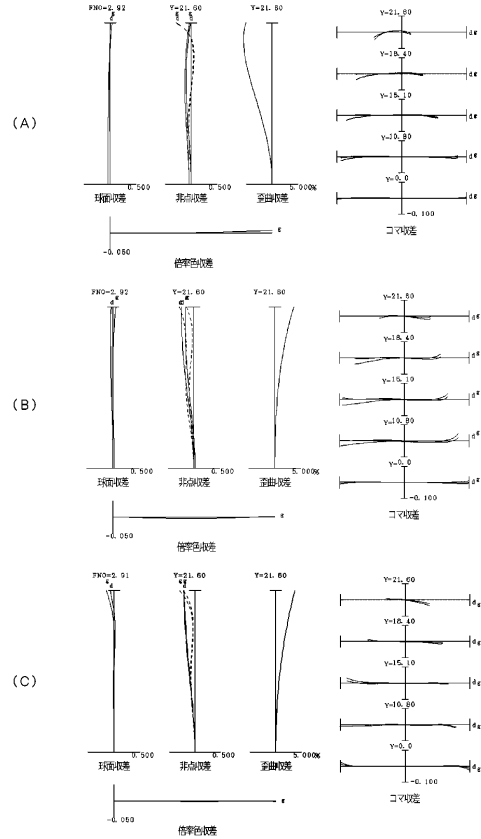
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

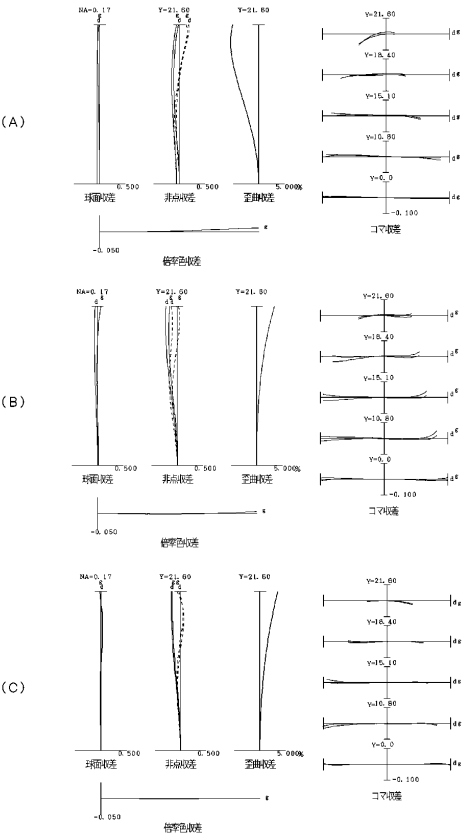
20

30

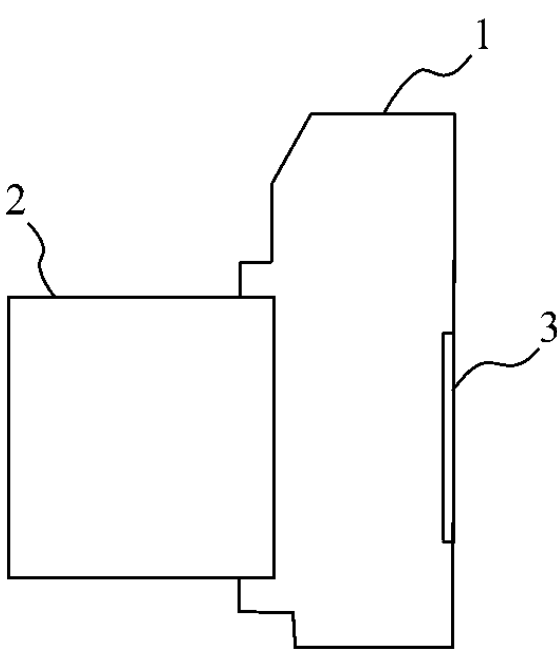
40

50

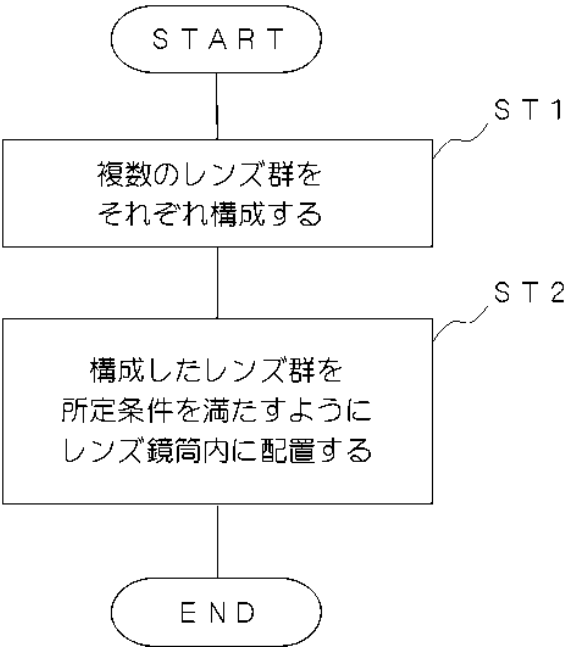
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2011-180218 (JP, A)
特開 2015-197655 (JP, A)
特開 2019-124818 (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