

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5494955号
(P5494955)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月14日(2014.3.14)

(51) Int. Cl.		F 1
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 15 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-92772 (P2010-92772)
(22) 出願日	平成22年4月14日(2010.4.14)
(65) 公開番号	特開2011-221422 (P2011-221422A)
(43) 公開日	平成23年11月4日(2011.11.4)
審査請求日	平成25年2月19日(2013.2.19)

(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(74) 代理人	100140800 弁理士 保坂 丈世
(72) 発明者	山本 浩史 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
審査官	堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、及び、この変倍光学系を備える光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 負の屈折力を有する第2レンズ群と、
 正の屈折力を有する第3レンズ群と、
 負の屈折力を有する第4レンズ群と、
 正の屈折力を有する第5レンズ群との実質的に5個のレンズ群からなり、
 広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が縮小して移動するよう構成され、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、 広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、次式

$$0.10 < f_3 / (-f_2) < 1.35$$

$$3.2 < f_1 / f_w < 20.0$$

$$0.50 < f_2 / f_4 < 0.65$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項2】

物体側から順に、
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、

10

20

負の屈折力を有する第2レンズ群と、
 正の屈折力を有する第3レンズ群と、
 負の屈折力を有する第4レンズ群と、
 正の屈折力を有する第5レンズ群との実質的に5個のレンズ群からなり、
 広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が縮小して移動するよう構成され、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、次式

$$0.10 < f_3 / (-f_2) < \underline{1.31} \quad 10$$

$$\underline{3.2} < f_1 / f_w < 20.0$$

$$\underline{0.60} < f_3 / (-f_4) < \underline{1.00}$$

の条件を満足する変倍光学系。

【請求項3】

物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負の屈折力を有する第2レンズ群と、

正の屈折力を有する第3レンズ群と、

負の屈折力を有する第4レンズ群と、

正の屈折力を有する第5レンズ群との実質的に5個のレンズ群からなり、20

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が縮小して移動するよう構成され、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、次式

$$0.10 < f_3 / (-f_2) < 1.35$$

$$3.0 < f_1 / f_w < 20.0$$

$$\underline{0.60} < f_3 / (-f_4) < \underline{1.00}$$

$$0.58 < (-f_2) / f_w < 0.95$$

の条件を満足する変倍光学系。30

【請求項4】

前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$0.40 < f_2 / f_4 < \underline{1.00}$$

の条件を満足する請求項2または3に記載の変倍光学系。

【請求項5】

前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$0.50 < f_3 / (-f_4) < 1.50$$

の条件を満足する請求項1に記載の変倍光学系。

【請求項6】

次式

$$0.58 < (-f_2) / f_w < 0.95$$

の条件を満足する請求項1または2に記載の変倍光学系。40

【請求項7】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との広角端状態での空気間隔を d_{4w} とし、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との望遠端状態での空気間隔を d_{4t} としたとき、次式

$$(d_{4w} - d_{4t}) / f_w > 0.00$$

の条件を満足する請求項1~6のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項8】

次式

$$3.0 < f_1 / f_3 < 10.0$$

の条件を満足する請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 9】

無限遠から近距離物点への合焦に際し、前記第 2 レンズ群の少なくとも一部が光軸上を移動する、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

前記第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面は非球面形状である、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 11】

前記第 4 レンズ群は、少なくとも 1 枚の接合レンズを有する、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の変倍光学系。 10

【請求項 12】

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、
前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、
前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少し、
前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が増大し、
前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔が減少するように、各レンズ群が移動する、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 13】

前記第 4 レンズ群の少なくとも一部は、光軸と直交する方向の成分を持つように移動する、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の変倍光学系。 20

【請求項 14】

前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面は非球面形状である、請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の撮影レンズを備えた光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、及び、この変倍光学系を備える光学機器に関する。 30

【背景技術】

【0002】

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

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 8 - 9 4 9 3 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】 40

【0004】

しかしながら、従来の変倍光学系は、良好な光学性能を達成できていないという問題があった。

【0005】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、良好な光学性能を有する変倍光学系、及び、この変倍光学系を備える光学機器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】

前記課題を解決するために、第 1 の本発明に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有す 50

る第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群との実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が縮小して移動するよう構成され、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、次式

$$\begin{aligned} 0.10 &< f_3 / (-f_2) < 1.35 \\ 3.2 &< f_1 / f_w < 20.0 \\ 0.50 &< f_2 / f_4 < 0.65 \end{aligned}$$

の条件を満足する。

10

【0007】

また、第2の本発明に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群との実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が縮小して移動するよう構成され、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、次式

$$\begin{aligned} 0.10 &< f_3 / (-f_2) < 1.31 \\ 3.2 &< f_1 / f_w < 20.0 \\ 0.60 &< f_3 / (-f_4) < 1.00 \end{aligned}$$

の条件を満足する。

20

また、第3の本発明に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群との実質的に5個のレンズ群からなり、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が縮小して移動するよう構成され、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、次式

$$\begin{aligned} 0.10 &< f_3 / (-f_2) < 1.35 \\ 3.0 &< f_1 / f_w < 20.0 \\ 0.60 &< f_3 / (-f_4) < 1.00 \\ 0.58 &< (-f_2) / f_w < 0.95 \end{aligned}$$

の条件を満足する。

30

【0008】

また、第2または3の本発明に係る変倍光学系は、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$0.40 < f_2 / f_4 < 1.00$$

の条件を満足することが好ましい。

【0009】

40

また、第1の本発明に係る変倍光学系は、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、次式

$$0.50 < f_3 / (-f_4) < 1.50$$

の条件を満足することが好ましい。

【0010】

また、第1及び第2の本発明に係る変倍光学系は、次式

$$0.58 < (-f_2) / f_w < 0.95$$

の条件を満足することが好ましい。

【0011】

また、この変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第4レンズ群

50

と第5レンズ群との広角端状態での空気間隔を d_{4w} とし、第4レンズ群と第5レンズ群との望遠端状態での空気間隔を d_{4t} としたとき、次式

$$(d_{4w} - d_{4t}) / f_w > 0.00$$

【0012】

また、この変倍光学系は、第1レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、次式

$$3.0 < f_1 / f_3 < 6.0$$

の条件を満足することが好ましい。

【0013】

また、この変倍光学系は、無限遠から近距離物点への合焦に際し、第2レンズ群の少なくとも一部が光軸上を移動することが好ましい。

【0014】

また、この変倍光学系は、第2レンズ群の最も像側のレンズ面は非球面形状であることが好ましい。

【0015】

また、この変倍光学系において、第4レンズ群は、少なくとも1枚の接合レンズを有することが好ましい。

【0016】

また、この変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が増大し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が減少するように、各レンズ群が移動することが好ましい。

【0017】

また、この変倍光学系において、第4レンズ群の少なくとも一部は、光軸と直交する方向の成分を持つように移動することが好ましい。

【0018】

また、この変倍光学系は、第2レンズ群の最も物体側のレンズ面は非球面形状であることが好ましい。

【0019】

また、本発明に係る光学機器は、上述の変倍光学系のいずれかを備えて構成される。

【発明の効果】

【0020】

本発明に係る変倍光学系、及び、この変倍光学系を備える光学機器を以上のように構成すると、良好な光学性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第1実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態での諸収差図であり、(b)中間焦点距離状態での収差図であり、(c)は望遠端状態での諸収差図である。

【図3】第2実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図4】第2実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態での諸収差図であり、(b)中間焦点距離状態での諸収差図であり、(c)は望遠端状態での諸収差図である。

【図5】第3実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図6】第3実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態での諸収差図であり、(b)中間焦点距離状態での諸収差図であり、(c)は望遠端状態での諸収差図である。

【図7】第4実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図8】第4実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a)は広角端状態での諸収差図であり、(b)中間焦点距離状態での諸収差図であり、(c)は望遠端状態での諸収差

10

20

30

40

50

図である。

【図 9】第 5 実施例による変倍光学系の構成を示す断面図である。

【図 10】第 5 実施例の無限遠合焦状態の諸収差図であり、(a) は広角端状態での諸収差図であり、(b) 中間焦点距離状態での諸収差図であり、(c) は望遠端状態での諸収差図である。

【図 11】本実施形態に係る変倍光学系を搭載するデジタル一眼レフカメラの断面図を示す。

【図 12】本実施形態に係る変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0022】

以下、本願の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。まず、本実施形態の変倍光学系 Z L は、図 1 に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 とから構成される。このような構成により、鏡筒の小型化とズーミングの収差変動を良好に補正することができる。

【0023】

また、本実施形態の変倍光学系 Z L は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔が縮小するように移動することが望ましい。このような構成により、所定の変倍比とズーミングの収差変動とを良好に補正することができる。

20

【0024】

また、本実施形態の変倍光学系 Z L は、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を f_2 とし、第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離を f_3 としたとき、以下の条件式 (1) を満足することが望ましい。

【0025】

$$0.10 < f_3 / (-f_2) < 1.35 \quad (1)$$

【0026】

条件式 (1) は、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離 f_2 と第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離 f_3 との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系 Z L は、この条件式 (1) を満足することで良好な光学性能と所定の変倍比とを実現することができる。この条件式 (1) の上限値を上回ると、第 2 レンズ群 G 2 の屈折力が強くなり、広角端におけるコマ収差と像面湾曲との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式 (1) の上限値を 1.33 にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式 (1) の上限値を 1.31 にすることが更に好ましい。反対に、条件式 (1) の下限値を下回ると、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が強くなり、望遠端における球面収差とコマ収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式 (1) の下限値を 0.60 にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式 (1) の下限値を 1.00 に

30

40

【0027】

また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を f_1 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

【0028】

$$2.5 < f_1 / f_w < 20.0 \quad (2)$$

【0029】

条件式 (2) は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離 f_1 と広角端状態における全系の焦点距離 f_w との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系 Z L は、この条件式 (2)

50

を満足することで良好な光学性能と所定の変倍比とを実現することができる。この条件式(2)の上限値を上回ると、第1レンズ群G1の屈折力が弱くなり、所定の変倍比を得るために移動量が増大し、鏡筒構造が大きくなる。この影響を緩和するために、他の群の屈折力を強めることになり、望遠端における球面収差とコマ収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を10.0にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(2)の上限値を7.0にすることが更に好ましい。反対に、条件式(2)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が強くなり、望遠端におけるコマ収差と球面収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を3.2にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(2)の下限値を3.4にすることが更に好ましい。

10

【0030】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との広角端状態での空気間隔を d_{4w} とし、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との望遠端状態での空気間隔を d_{4t} とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

【0031】

$$(d_{4w} - d_{4t}) / f_w > 0.00 \quad (3)$$

【0032】

20

条件式(3)は、広角端状態から望遠端状態に変倍する際の、全系の焦点距離 f_w に対する、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との空気間隔の変化量を規定するための条件式である。本変倍光学系ZLは、この条件式(3)を満足することで所定の変倍比と像面湾曲等の収差を良好に補正することができる。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を0.05にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(3)の下限値を0.10にすることが好ましい。

【0033】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第3レンズ群G3の焦点距離を f_3 とし、第4レンズ群G4の焦点距離を f_4 としたとき、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

30

【0034】

$$0.50 < f_3 / (-f_4) < 1.50 \quad (4)$$

【0035】

条件式(4)は、第4レンズ群G4の焦点距離 f_4 と第3レンズ群G3の焦点距離 f_3 との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系ZLは、この条件式(4)を満足することで鏡筒の小型化と手ぶれ補正時にも良好な光学性能とを実現することができる。この条件式(4)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が強くなり、広角端における球面収差とコマ収差との補正が困難になる。また、手ぶれ補正時の像面湾曲の変動と、偏芯コマ収差の変動とを同時に補正することが困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を1.10にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(4)の上限値を1.00にすることが更に好ましい。反対に、条件式(4)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が強くなり、望遠端における球面収差とコマ収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を0.60にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を0.70にすることが更に好ましい。

40

【0036】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第2レンズ群G2の焦点距離を f_2 とし、広角端状態における全系の焦点距離を f_w としたとき、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

50

【0037】

$$0.58 < (-f_2) / f_w < 0.95 \quad (5)$$

【0038】

条件式(5)は、第2レンズ群G2の焦点距離 f_2 と広角端状態における全系の焦点距離 f_w との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系ZLは、この条件式(5)を満足することで良好な光学性能と所定の変倍比とを実現することができる。この条件式(5)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が弱くなり、所定の変倍比を得るために他の群の屈折力を強めることになり、望遠端における球面収差とコマ収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を1.00にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の上限値を0.90にすることが更に好ましい。反対に、条件式(5)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の屈折力が強くなり、広角端におけるコマ収差と像面湾曲との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を0.50にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の下限値を0.60にすることが更に好ましい。

10

【0039】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第2レンズ群G2の焦点距離を f_2 とし、第4レンズ群G4の焦点距離を f_4 としたとき、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

20

【0040】

$$0.40 < f_2 / f_4 < 1.00 \quad (6)$$

【0041】

条件式(6)は、第4レンズ群G4の焦点距離 f_4 と第2レンズ群G2の焦点距離 f_2 との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系ZLは、この条件式(6)を満足することで手ぶれ補正時にも良好な光学性能を実現し、かつ、所定の変倍比を確保することができる。この条件式(6)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が強くなり、手ぶれ補正時の像面湾曲の変動と、偏芯コマ収差の変動とを同時に補正することが困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(6)の上限値を0.70にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(6)の上限値を0.65にすることが更に好ましい。反対に、条件式(6)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の屈折力が強くなり、望遠端における球面収差とコマ収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(6)の下限値を0.50にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(6)の下限値を0.55にすることが更に好ましい。

30

【0042】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 とし、第3レンズ群G3の焦点距離を f_3 としたとき、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

40

【0043】

$$3.0 < f_1 / f_3 < 10.0 \quad (7)$$

【0044】

条件式(7)は、第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 と第3レンズ群G3の焦点距離 f_3 との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系ZLは、この条件式(7)を満足することで良好な光学性能と所定の変倍比とを実現することができる。この条件式(7)の上限値を上回ると、第3レンズ群G3の屈折力が強くなり、望遠端における球面収差とコマ収差との補正が困難になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(7)の上限値を8.0にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(7)の上限値を6.0にすることが更に好ましい。反

50

対に、条件式(7)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が強くなり、望遠端における球面収差の補正が困難となる。また、広角端における倍率色収差の劣化も顕著となるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(7)の下限値を3.5にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(7)の下限値を4.0にすることが更に好ましい。

【0045】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、無限遠から近距離物点への合焦に際し、第2レンズ群G2の少なくとも一部が光軸上を移動することが望ましい。このような構成により、鏡筒の小型化と合焦の収差変動を良好に補正することができる。

【0046】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第2レンズ群G2の最も像側のレンズ面は非球面形状であることが望ましい。この構成により、望遠端の球面収差を良好に補正することができる。

【0047】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、少なくとも1枚の接合レンズを有することが望ましい。この構成により、手ぶれ補正時の色収差の変動を良好に補正することができる。

【0048】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、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との間隔が増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が減少するように、各レンズ群が移動することが望ましい。この構成により、ズミングにおける球面収差と像面湾曲との変動を効果的に補正しつつ、所定の変倍比を確保することができる。

【0049】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4の少なくとも一部は、光軸と直交する方向の成分を持つように移動することが望ましい。この構成により、鏡筒を小型化しつつ、手ぶれ補正時の像面湾曲の変動と偏芯コマ収差の変動とを同時に補正することができる。

【0050】

また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面は非球面形状であることが望ましい。この構成により、広角端の像面湾曲と歪曲収差とを良好に補正することができる。

【0051】

図11に、上述の変倍光学系ZLを備える光学機器として、デジタル一眼レフカメラ1(以後、単にカメラと記す)の略断面図を示す。このカメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、変倍光学系2(変倍光学系ZL)で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして、焦点板4に結像された光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へと導かれる。これにより、撮影者は、物体(被写体)像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

【0052】

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、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、変倍光学系2で集光された不図示の物体(被写体)の光は撮像素子7上に被写体像を形成する。これにより、物体(被写体)からの光は、当該撮像素子7により撮像され、物体(被写体)画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ1による物体(被写体)の撮影を行うことができる。なお、図11に記載のカメラ1は、変倍光学系ZLを着脱可能に保持するものでも良く、変倍光学系ZLと一体に成形されるものでも良い。また、カメラ1は、いわゆる一眼レフカメラでも良く、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラでも良い。

【0053】

10

20

30

40

50

なお、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。

【0054】

まず、上述の説明及び以降に示す実施例においては、5群構成を示したが、以上の構成条件等は、6群、7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示す。

【0055】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸に沿って移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の(超音波モーター等の)モーター駆動にも適している。特に、第2レンズ群G2の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが望ましい。

10

【0056】

レンズ群または部分レンズ群を光軸と直交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、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としても良い。特に、第4レンズ群G4の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0057】

また、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妨げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。また、レンズ面が非球面の場合、この非球面は、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良い。

20

【0058】

開口絞りSは、第3レンズ群G3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、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

30

【0059】

さらに、各レンズ面には、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良い。

【0060】

本実施形態に係る変倍光学系ZLは、変倍比が3~5程度である。

【0061】

本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第1レンズ群G1が正のレンズ成分を2つ有するのが好ましい。また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第2レンズ群G2が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を3つ有するのが好ましい。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負負正負の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。更に、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第3レンズ群G3が正のレンズ成分を2つ有するのが好ましい。また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第4レンズ群G4が負のレンズ成分を2つ有するのが好ましい。また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第5レンズ群G5が正のレンズ成分を1つ有するのが好ましい。または、第5レンズ群G5が正のレンズ成分を2つ有するのが好ましい。

40

【0062】

なお、本願を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本願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。

【0063】

以下、本実施形態に係る変倍光学系ZLの製造方法の概略を、図12を参照して説明す

50

る。まず、各レンズを配置してレンズ群をそれぞれ準備する（ステップS100）。具体的に、本実施形態では、例えば、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合によりなる接合正レンズCL1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13を配置して第1レンズ群G1とし、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズL21、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22、両凸レンズL23、及び、像側面に非球面を有する非球面両凹レンズL23を配置して第2レンズ群G2とし、物体側から順に、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズL31と両凸レンズL32との接合によりなる接合正レンズCL2、及び、両凸レンズL33を配置して第3レンズ群G3とし、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL41と両凹レンズL42との接合によりなる接合負レンズCL3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43を配置して第4レンズ群G4とし、物体側から順に、物体側に凹面を向け、物体側に非球面を有する非球面正レンズL51、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合によりなる接合正レンズCL4を配置して第5レンズ群G5とする。このようにして準備した各レンズ群を配置して変倍光学系ZLを製造する。

10

【0064】

このとき、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が縮小するように移動するよう配置する（ステップS200）。また、第2レンズ群G2の焦点距離をf2とし、第3レンズ群G3の焦点距離をf3とし、広角端状態における全系の焦点距離をfwとしたとき、前述の条件式(1)及び(2)を満足するよう配置する（ステップS300）。

20

【実施例】

【0065】

以下、本願の各実施例を、添付図面に基づいて説明する。図1、図3、図5、図7、及び図9に、変倍光学系ZL1～ZL5の構成を示す。各実施例に係る変倍光学系ZL1～ZL5は、図1、図3、図5、図7、及び図9に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成され、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との空気間隔が減少するように各レンズ群の間隔が変化する。

30

【0066】

開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に位置し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して第3レンズ群G3とともに移動する。無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G2を物体方向に移動させて行う。

【0067】

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）をS(y)とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）をrとし、円錐定数をとし、n次の非球面係数をAnとしたとき、以下の式(a)で表される。なお、以降の実施例において、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

40

【0068】

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

【0069】

なお、各実施例において、2次の非球面係数A2は0である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の左側に*印を付している。

50

【 0 0 7 0 】

〔 第 1 実施例 〕

図 1 は、第 1 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 の構成を示す図である。この図 1 の変倍光学系 Z L 1 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ 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 との接合によりなる接合正レンズ C L 1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 から構成される。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 1、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2、両凸レンズ L 2 3、及び、像側面に非球面を有する非球面両凹レンズ L 2 3 から構成される。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズ L 3 1 と両凸レンズ L 3 2 との接合によりなる接合正レンズ C L 2、及び、両凸レンズ L 3 3 から構成される。

10

【 0 0 7 1 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と両凹レンズ L 4 2 との接合によりなる接合負レンズ C L 3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 から構成される。第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に凹面を向け、物体側に非球面を有する非球面正レンズ L 5 1、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 3 との接合によりなる接合負レンズ C L 4 から構成される。

20

【 0 0 7 2 】

第 1 実施例において、手ぶれ補正（防振）は、第 4 レンズ群 G 4 の接合負レンズ C L 3 を光軸と直交方向に移動させることにより行う。

【 0 0 7 3 】

以下の表 1 に、第 1 実施例の諸元の値を掲げる。この表 1 において、f は全系の焦点距離、FNO は F ナンバー、 θ は半画角（単位は「°」）、Bf はバックフォーカスをそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、面間隔は各光学面から次の光学面までの光軸上の間隔を、屈折率及びアッペ数はそれぞれ d 線（ $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する値を示している。ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離、曲率半径、面間隔、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。尚、曲率半径 0.0000 は平面を示し、空気の屈折率 1.00000 は省略してある。なお、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

30

【 0 0 7 4 】

（表 1）

広角端		望遠端
f = 24.70	~	68.00
F.NO = 3.51	~	4.51
$\theta = 42.63$	~	16.87
像高 = 21.6	~	21.6
全長 = 112.599	~	138.896
Bf = 38.818	~	54.481

40

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	119.6327	2.0000	23.78	1.84666
2	51.5992	5.9473	54.66	1.72915
3	167.6477	0.1000		
4	53.0631	4.8163	46.62	1.81600
5	153.0342	(d1)		
*6	170.9361	0.1000	38.09	1.55389

50

7	106.5297	1.3500	47.38	1.78800	
8	12.1629	5.4444			
9	-70.1431	1.0000	45.29	1.79499	
10	-12967.6190	0.1000			
11	44.7347	3.5960	23.78	1.84666	
12	-35.0279	0.2750			
13	-28.6001	1.2000	40.10	1.85134	
*14	513.7697	(d2)			
15	0.0000	0.5000		(開口絞り S)	
16	19.1753	1.5000	31.27	1.90366	10
17	11.8114	4.5937	67.90	1.59319	
18	-46.2164	0.1000			
19	36.3395	1.9928	67.90	1.59319	
20	-1099.6266	(d3)			
21	-34.1938	2.1967	25.45	2.00069	
22	-14.4410	1.0000	40.94	1.80610	
23	134.8372	2.2858			
24	-19.2920	1.0000	45.29	1.79499	
25	-29.5578	(d4)			
*26	-255.0409	0.2200	38.09	1.55389	20
27	-68.0972	4.2876	46.58	1.80400	
28	-18.1288	0.3000			
29	-366.2097	3.7695	70.41	1.48749	
30	-21.6919	1.0000	23.78	1.84666	
31	-167.4750	(Bf)			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離	
第1レンズ群	1	94.37965	
第2レンズ群	6	-17.00020	30
第3レンズ群	16	20.63769	
第4レンズ群	21	-27.63787	
第5レンズ群	26	36.61953	

【 0 0 7 5 】

この第1実施例において、第6面、第14面、及び、第26面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表2に、非球面のデータ、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 0 7 6 】

(表2)

	A4	A6	A8	A10		
第6面	1.0000	1.40210E-05	-5.18660E-08	4.00920E-11	1.50390E-14	40
第14面	1.0000	-1.64370E-05	-1.33310E-08	-1.50790E-09	6.80220E-12	
第26面	1.0000	-5.03290E-05	1.53080E-08	-2.33370E-10	0.00000E+00	

【 0 0 7 7 】

この第1実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、及び、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は変倍に際して変化する。次の表3に、この第1実施例に係る変倍光学系ZL1の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔データを示す。

【 0 0 7 8 】

(表 3)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.90788	20.86608	26.79652
d2	14.81058	4.73190	1.55737
d3	1.38046	3.50970	4.28626
d4	4.00583(d4w)	1.87660	1.10000(d4t)

【 0 0 7 9 】

次の表 4 に、この第 1 実施例における条件式対応値を示す。なおこの表 4 において、 f_1 は第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を、 f_2 は第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を、 f_3 は第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離を、 f_4 は第 4 レンズ群 G 4 の焦点距離を、 f_w は広角端状態における全系の焦点距離を、 d_{4w} は第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との広角端状態での空気間隔を、 d_{4t} は第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との望遠端状態での空気間隔を、それぞれ表している。以降の実施例においても、特にことわりのない場合は、この符号の説明は同様である。

10

【 0 0 8 0 】

(表 4)

(1) $f_3 / (-f_2) = 1.21$

(2) $f_1 / f_w = 3.82$

(3) $(d_{4w} - d_{4t}) / f_w = 0.12$

20

(4) $f_3 / (-f_4) = 0.75$

(5) $(-f_2) / f_w = 0.69$

(6) $f_2 / f_4 = 0.62$

(7) $f_1 / f_3 = 4.57$

【 0 0 8 1 】

この第 1 実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 2 (a) に、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図 2 (b) に、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 2 (c) に示す。各収差図において、非点収差図中の実線はサジタル像面を、破線はメリディオナル像面を示し、FNO は F ナンバーを、 Y は像高を、 θ は半画角を表す。また、各収差図中で d 、 g はそれぞれ d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、 g 線 ($\lambda = 435.6 \text{ nm}$) における収差を表す。これらの各収差図から明らかなように、第 1 実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

30

【 0 0 8 2 】

〔第 2 実施例〕

図 3 は、第 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 2 の構成を示す図である。この図 3 の変倍光学系 Z L 2 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸レンズ L 1 2 との接合によりなる接合正レンズ C L 1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 から構成される。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 1、両凹レンズ L 2 2、両凸レンズ L 2 3、及び、像側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 4 から構成される。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズ L 3 1 と両凸レンズ L 3 2 との接合によりなる接合負レンズ C L 2、及び、両凸レンズ L 3 3 から構成される。

40

【 0 0 8 3 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と両凹レンズ L 4 2 との接合によりなる接合負レンズ C L 3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 から構成される。第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に凹面を向け、物体側に非球面を有する非球面正レンズ L 5 1、及び、両凸レンズ L 5 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 3 との接合によりなる接合負レンズ C L 4 から構成される。

50

【 0 0 8 4 】

第 2 実施例において、手ぶれ補正（防振）は、第 4 レンズ群 G 4 の接合負レンズ C L 3 を光軸と直交方向に移動させることにより行う。

【 0 0 8 5 】

以下の表 5 に、第 2 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 0 8 6 】

（表 5）

広角端	~	望遠端
f = 24.70	~	82.50
F.NO = 3.60	~	4.60
= 42.62	~	14.04
像高 = 21.6	~	21.6
全長 = 121.098	~	158.098
B f = 38.818	~	58.586

10

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	493.7028	2.0000	23.78	1.84666
2	91.8270	6.5000	54.66	1.72916
3	-397.4511	0.1000		
4	50.0642	4.2615	49.61	1.77250
5	92.7163	(d1)		
*6	58.1931	0.1400	38.09	1.55389
7	73.0305	1.3500	42.72	1.83481
8	12.5058	5.9710		
9	-50.7335	1.0000	49.61	1.77250
10	119.0154	0.1000		
11	67.9846	3.8696	23.78	1.84666
12	-28.6111	0.1537		
13	-26.7639	1.0000	40.94	1.80610
*14	-150.1370	(d2)		
15	0.0000	0.5000		(開口絞り S)
16	21.9480	1.4780	31.27	1.90366
17	14.3469	5.1437	82.56	1.49782
18	-38.0929	0.1000		
19	26.7398	2.7410	70.45	1.48749
20	-362.8585	(d3)		
21	-42.7051	2.6106	32.35	1.85026
22	-15.2281	1.0000	50.24	1.71999
23	109.5535	2.2966		
24	-22.3871	1.0000	55.52	1.69680
25	-46.4739	(d4)		
*26	-303.9316	0.2000	38.09	1.55389
27	-80.8569	4.4886	46.58	1.80400
28	-20.1230	0.7000		
29	162.2628	5.1828	70.45	1.48749
30	-25.6127	1.0000	23.78	1.84666
31	-843.7978	(Bf)		

20

30

40

[レンズ群焦点距離]

レンズ群 始面 焦点距離

50

第 1 レンズ群	1	103.18796
第 2 レンズ群	6	-17.51593
第 3 レンズ群	16	22.89002
第 4 レンズ群	21	-28.72503
第 5 レンズ群	26	36.52696

【 0 0 8 7 】

この第 2 実施例において、第 6 面、第 1 4 面、及び、第 2 6 面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表 6 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 0 8 8 】

10

(表 6)

	A 4	A 6	A 8	A 10	
第 6 面	1.0000	-4.22970E-06	-3.33950E-08	-7.99730E-11	2.41860E-13
第 14 面	1.0000	-1.85220E-05	-7.78240E-08	-2.01280E-10	-1.35490E-12
第 26 面	1.0000	-3.45120E-05	-6.00890E-09	-6.40440E-11	0.00000E+00

【 0 0 8 9 】

この第 2 実施例において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 d 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 d 2、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との軸上空気間隔 d 3、及び、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との軸上空気間隔 d 4 は変倍に際して変化する。次の表 7 に、この第 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 2 の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔データを示す。

20

【 0 0 9 0 】

(表 7)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.98229	20.32592	35.45766
d2	16.29014	6.35565	1.05000
d3	2.75730	5.42675	6.96720
d4	5.36317(d4w)	2.69552	1.15000(d4t)

【 0 0 9 1 】

30

次の表 8 に、この第 2 実施例における条件式対応値を示す。

【 0 0 9 2 】

(表 8)

- (1) $f 3 / (- f 2) = 1.31$
- (2) $f 1 / f w = 4.18$
- (3) $(d 4 w - d 4 t) / f w = 0.17$
- (4) $f 3 / (- f 4) = 0.80$
- (5) $(- f 2) / f w = 0.71$
- (6) $f 2 / f 4 = 0.61$
- (7) $f 1 / f 3 = 4.51$

40

【 0 0 9 3 】

この第 2 実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 4 (a) に、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図 4 (b) に、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 4 (c) に示す。これらの各収差図から明らかのように、第 2 実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 0 9 4 】

[第 3 実施例]

図 5 は、第 3 実施例に係る変倍光学系 Z L 3 の構成を示す図である。この図 5 の変倍光学系 Z L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸レンズ L 1 2 との接合によりなる接合正レンズ C L 1、及び

50

、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3から構成される。第2レンズ群G 2は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズL 2 1、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2、両凸レンズL 2 3、及び、像側面に非球面を有する非球面両凹レンズL 2 4から構成される。第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1と両凸レンズL 3 2との接合によりなる接合正レンズC L 2、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 3から構成される。

【 0 0 9 5 】

第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 4 1と両凹レンズL 4 2との接合によりなる接合負レンズC L 3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3から構成される。第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向け、物体側に非球面を有する非球面正レンズL 5 1、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 5 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 3との接合によりなる接合負レンズC L 4から構成される。

10

【 0 0 9 6 】

第3実施例において、手ぶれ補正（防振）は、第4レンズ群G 4の接合負レンズC L 3を光軸と直交方向に移動させることにより行う。

【 0 0 9 7 】

以下の表9に、この第3実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 0 9 8 】

20

(表9)

広角端	~	望遠端
f = 28.80	~	102.00
F.NO = 3.63	~	4.62
= 38.28	~	9.85
像高 = 21.6	~	21.6
全長 = 123.531	~	157.844
B f = 38.818	~	54.339

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	373.4938	2.0000	23.78	1.84666
2	77.6757	6.7304	49.61	1.77250
3	-1234.3385	0.1000		
4	48.2194	4.5930	52.29	1.75500
5	101.7218	(d1)		
*6	47.1145	0.1593	38.09	1.55389
7	50.8335	1.3500	42.72	1.83481
8	12.6630	5.5655		
9	-52.3028	1.0000	46.63	1.81600
10	227.2789	0.1000		
11	32.8197	3.9598	23.78	1.84666
12	-42.6430	0.3193		
13	-31.8833	1.2000	42.72	1.83481
*14	116.8095	(d2)		
15	0.0000	0.5000		(開口絞りS)
16	23.2900	1.0000	29.37	1.95000
17	15.2398	5.0245	82.56	1.49782
18	-27.9655	0.1000		
19	31.1370	2.3000	65.47	1.60300
20	553.0656	(d3)		

30

40

50

21	-69.4703	2.0528	32.35	1.85026
22	-21.5187	1.0000	54.66	1.72916
23	128.1185	3.0000		
24	-23.0906	1.0000	49.61	1.77250
25	-65.5308	(d4)		
*26	-77.3371	0.2200	38.09	1.55389
27	-92.4298	5.0000	46.58	1.80400
28	-18.4338	2.0000		
29	-142.5947	4.5000	70.41	1.48749
30	-27.4884	1.0000	23.78	1.84666
31	-189.9631	(Bf)		

10

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	95.71637
第2レンズ群	6	-17.43082
第3レンズ群	16	21.90000
第4レンズ群	21	-28.69220
第5レンズ群	26	41.26939

【 0 0 9 9 】

20

この第3実施例において、第6面、第14面、及び、第26面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表10に、非球面のデータ、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 1 0 0 】

(表10)

	A4	A6	A8	A10	
第6面	1.0000	-4.40512E-06	-3.71332E-08	1.47511E-11	1.31683E-14
第14面	1.0000	-1.32774E-05	-5.36912E-08	-1.55477E-10	9.34102E-13
第26面	1.0000	-4.17159E-05	-2.45154E-09	-2.01155E-10	0.00000E+00

【 0 1 0 1 】

30

この第3実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、及び、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は変倍に際して変化する。次の表11に、この第3実施例に係る変倍光学系ZL3の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔データを示す。

【 0 1 0 2 】

(表11)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	3.18675	17.24856	37.12206
d2	16.64276	8.80625	1.50000
d3	3.47378	6.09325	8.00899
d4	5.63522(d4w)	3.01569	1.10000(d4t)

40

【 0 1 0 3 】

次の表12に、この第3実施例における条件式対応値を示す。

【 0 1 0 4 】

(表12)

(1) $f_3 / (-f_2) = 1.26$

(2) $f_1 / f_w = 3.42$

(3) $(d_{4w} - d_{4t}) / f_w = 0.16$

50

(4) $f_3 / (- f_4) = 0.76$

(5) $(- f_2) / f_w = 0.62$

(6) $f_2 / f_4 = 0.61$

(7) $f_1 / f_3 = 4.37$

【 0 1 0 5 】

この第3実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図6(a)に、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図6(b)に、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図6(c)に示す。これらの各収差図から明らかのように、第3実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 1 0 6 】

10

〔 第 4 実施例 〕

図7は、第4実施例に係る変倍光学系ZL4の構成を示す図である。この図7の変倍光学系ZL4において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合によりなる接合正レンズCL1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13から構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズL21、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22、及び、両凸レンズL23と物体側に凹面を向け、像側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズL24との接合によりなる接合正レンズCL2から構成される。第3

20

【 0 1 0 7 】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL41と両凹レンズL42との接合によりなる接合負レンズCL4、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43から構成される。第5レンズ群G5は、物体側から順に、物体側に非球面を有する非球面正レンズL51、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合によりなる接合負レンズCL5から構成される。

【 0 1 0 8 】

30

第4実施例において、手ぶれ補正(防振)は、第4レンズ群G4の接合負レンズCL4を光軸と直交方向に移動させることにより行う。

【 0 1 0 9 】

以下の表13に、この第4実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 1 1 0 】

(表 1 3)

広角端	~	望遠端
f = 24.70	~	87.20
F.NO = 3.60	~	5.80
= 42.64	~	11.49
像高 = 21.6	~	21.6
全長 = 124.699	~	156.696
B f = 38.819	~	56.191

40

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	372.6274	2.0000	23.78	1.84666
2	75.9854	6.7706	49.61	1.77249
3	14844.1810	0.1000		
4	50.9400	4.9948	46.62	1.81600
5	114.4889	(d1)		

50

*6	73.7591	0.1000	41.42	1.53610	
7	70.2551	1.3500	42.72	1.83480	
8	12.9582	7.0662			
9	-45.1259	1.0000	42.72	1.83480	
10	-115.7746	0.1000			
11	130.5670	3.9850	22.79	1.80809	
12	-25.0000	1.2000	42.71	1.82079	
*13	-5015.0001	(d2)			
14	0.0000	0.5000		(開口絞り S)	
15	24.3980	1.3049	31.27	1.90366	10
16	13.4702	4.2437	65.46	1.60300	
17	-57.0278	0.1000			
18	29.6013	2.6177	82.52	1.49782	
19	-71.1125	(d3)			
20	-37.4166	2.4500	25.45	2.00069	
21	-15.0220	1.0000	40.94	1.80610	
22	151.7344	4.1314			
23	-33.7925	1.0000	46.58	1.80400	
24	-87.2793	(d4)			
*25	388.1656	0.2200	41.42	1.53610	20
26	-145.3355	4.6004	40.94	1.80610	
27	-20.4944	0.3000			
28	-224.8928	4.3669	70.41	1.48749	
29	-21.8074	1.0000	23.78	1.84666	
30	-900.0000	(Bf)			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離	
第1レンズ群	1	96.08538	
第2レンズ群	6	-16.89627	30
第3レンズ群	15	21.34372	
第4レンズ群	20	-28.60078	
第5レンズ群	25	43.38019	

【 0 1 1 1 】

この第4実施例において、第6面、第13面、及び、第25面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表14に、非球面のデータ、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4~A10の値を示す。

【 0 1 1 2 】

(表14)

	A4	A6	A8	A10		
第6面	1.0000	3.30880E-08	-3.84340E-08	7.47270E-11	-1.03500E-13	40
第13面	1.0000	-1.43270E-05	-9.77370E-08	4.07760E-10	-3.09250E-12	
第25面	1.0000	-3.96100E-05	4.06470E-09	-9.63610E-11	0.00000E+00	

【 0 1 1 3 】

この第4実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、及び、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は変倍に際して変化する。次の表15に、この第4実施例に係る変倍光学系ZL5の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔データを示す。

【 0 1 1 4 】

(表 1 5)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	3.10000	19.45499	34.60972
d2	18.37739	7.76715	1.50000
d3	1.99464	4.84201	6.59326
d4	5.90657(d4w)	3.05904	1.30000(d4t)

【 0 1 1 5 】

次の表 1 6 に、この第 4 実施例における条件式対応値を示す。

【 0 1 1 6 】

(表 1 6)

- (1) $f_3 / (-f_2) = 1.26$
 (2) $f_1 / f_w = 3.89$
 (3) $(d_{4w} - d_{4t}) / f_w = 0.19$
 (4) $f_3 / (-f_4) = 0.75$
 (5) $(-f_2) / f_w = 0.68$
 (6) $f_2 / f_4 = 0.59$
 (7) $f_1 / f_3 = 4.50$

【 0 1 1 7 】

この第 4 実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 8 (a) に、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図 8 (b) に、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図 8 (c) に示す。これらの各収差図から明らかのように、第 4 実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 1 1 8 】

〔第 5 実施例〕

図 9 は、第 5 実施例に係る変倍光学系 Z L 5 の構成を示す図である。この図 9 の変倍光学系 Z L 5 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ 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 との接合によりなる接合正レンズ C L 1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 から構成される。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向け、物体側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 1、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2、及び、両凸レンズ L 2 3 と物体側に凹面を向け、像側面に非球面を有する非球面負メニスカスレンズ L 2 4 との接合によりなる接合正レンズ C L 2 から構成される。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 と両凸レンズ L 3 2 との接合によりなる接合正レンズ C L 3、及び、両凸レンズ L 3 3 から構成される。

【 0 1 1 9 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と両凹レンズ L 4 2 との接合によりなる接合負レンズ C L 4、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 から構成される。第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に非球面を有する非球面正レンズ L 5 1、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 3 との接合によりなる接合負レンズ C L 5 から構成される。

【 0 1 2 0 】

第 5 実施例において、手ぶれ補正 (防振) は、第 4 レンズ群 G 4 の接合負レンズ C L 4 を光軸と直交方向に移動させることにより行う。

【 0 1 2 1 】

以下の表 1 7 に、この第 5 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 1 2 2 】

(表 1 7)

10

20

30

40

50

広角端	望遠端
f = 22.55	~ 77.20
F.NO = 3.59	~ 5.78
= 45.22	~ 15.08
像高 = 21.6	~ 21.6
全長 = 126.365	~ 166.395
B f = 38.819	~ 68.503

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率	
1	3000.0000	2.0000	23.78	1.84666	10
2	100.5704	5.0710	49.61	1.77249	
3	1103.1027	0.1000			
4	61.3430	4.9688	46.62	1.81600	
5	199.6806	(d1)			
*6	57.3089	0.1000	41.42	1.53610	
7	54.9009	1.3500	42.72	1.83481	
8	12.9643	7.7463			
9	-42.1100	1.0000	42.72	1.83481	
10	-157.1970	0.1000			
11	100.6959	4.2633	22.79	1.80809	20
12	-26.6968	1.2000	42.71	1.82079	
*13	-739.7322	(d2)			
14	0.0000	0.5000			(開口絞り S)
15	25.1876	1.5000	31.27	1.90366	
16	13.9732	4.9264	65.46	1.60300	
17	-74.5596	0.1000			
18	28.3447	2.9402	82.52	1.49782	
19	-73.1263	(d3)			
20	-36.2470	2.4500	25.45	2.00069	
21	-15.0096	1.0000	40.94	1.80610	30
22	312.0276	3.6428			
23	-45.6498	1.0000	42.72	1.83481	
24	-771.8920	(d4)			
*25	203.2702	0.2200	41.42	1.53610	
26	-255.2250	4.6508	40.94	1.80610	
27	-21.8434	0.3000			
28	-2672.0362	4.3134	70.41	1.48749	
29	-22.7690	1.0000	23.78	1.84666	
30	-900.0000	(Bf)			40

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	121.86217
第2レンズ群	6	-17.82540
第3レンズ群	15	22.49990
第4レンズ群	20	-27.88943
第5レンズ群	25	39.72862

【 0 1 2 3 】

この第5実施例において、第6面、第13面、及び、第25面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表18に、非球面のデータ、すなわち円錐定数及び各非球面定

数 A4 ~ A10 の値を示す。

【 0 1 2 4 】

(表 1 8)

	A 4	A 6	A 8	A 10	
第6面	1.0000	8.62870E-06	-3.15620E-08	-3.40720E-12	-1.85500E-14
第13面	1.0000	-9.91640E-06	-5.81720E-08	-1.71080E-12	-1.15620E-12
第25面	1.0000	-3.49860E-05	8.58470E-09	-1.10080E-10	0.00000E+00

【 0 1 2 5 】

この第5実施例において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔d3、及び、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔d4は変倍に際して変化する。次の表19に、この第5実施例に係る変倍光学系ZL5の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔データを示す。

10

【 0 1 2 6 】

(表 1 9)

	広角端	中間焦点距離	望遠端
d1	2.76993	20.20213	31.60535
d2	19.97523	6.47914	1.50000
d3	2.28121	5.46623	7.04383
d4	6.07697(d4w)	2.89189	1.30000(d4t)

20

【 0 1 2 7 】

次の表20に、この第5実施例における条件式対応値を示す。

【 0 1 2 8 】

(表 2 0)

$$(1) f 3 / (- f 2) = 1.26$$

$$(2) f 1 / f w = 5.42$$

$$(3) (d 4 w - d 4 t) / f w = 0.21$$

$$(4) f 3 / (- f 4) = 0.81$$

$$(5) (- f 2) / f w = 0.79$$

$$(6) f 2 / f 4 = 0.64$$

$$(7) f 1 / f 3 = 5.42$$

30

【 0 1 2 9 】

この第5実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図10(a)に、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図10(b)に、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図10(c)に示す。これらの各収差図から明らかのように、第5実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

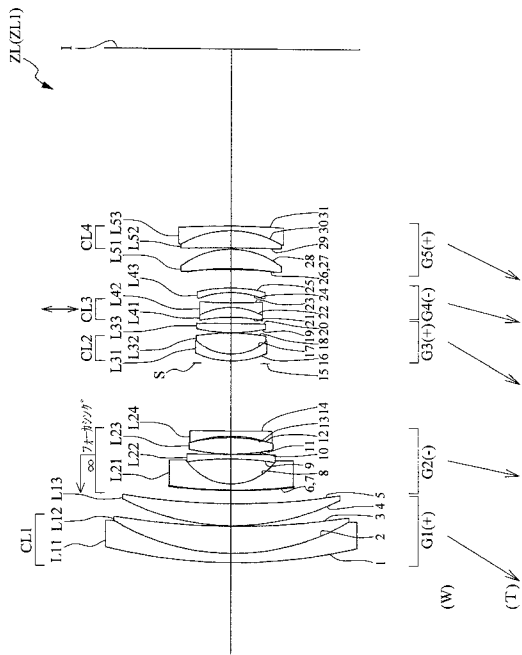
【 符号の説明 】

【 0 1 3 0 】

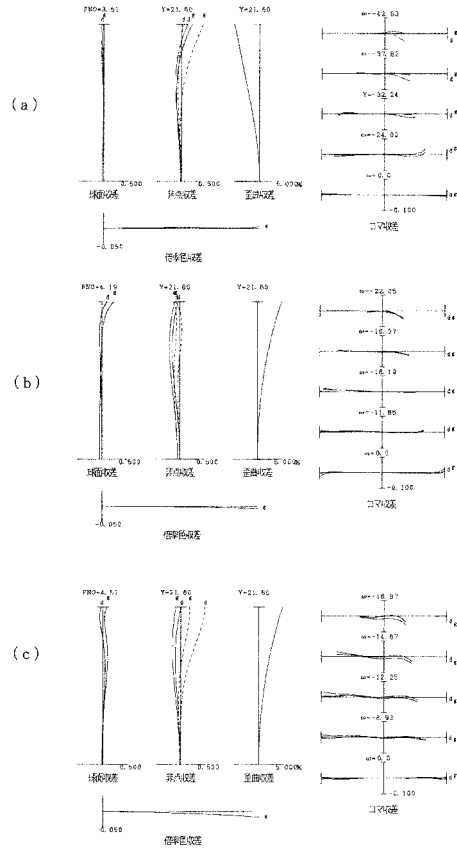
ZL (ZL 1 ~ ZL 5)	変倍光学系				
G 1	第1レンズ群	G 2	第2レンズ群	G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群	G 5	第5レンズ群		
1	デジタル一眼レフカメラ (光学機器)				

40

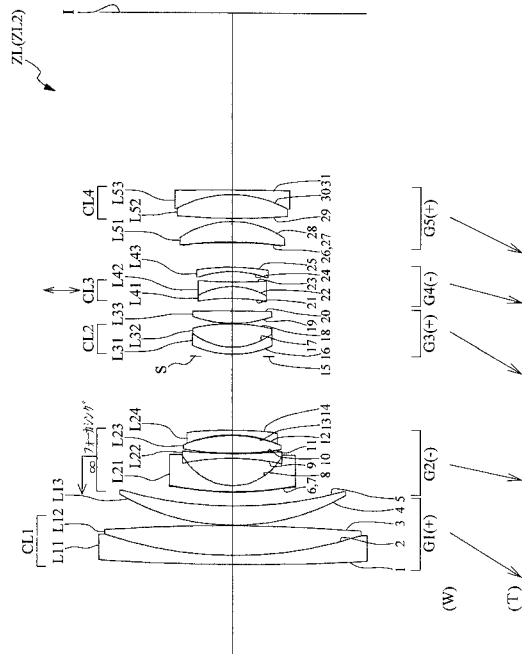
【図1】



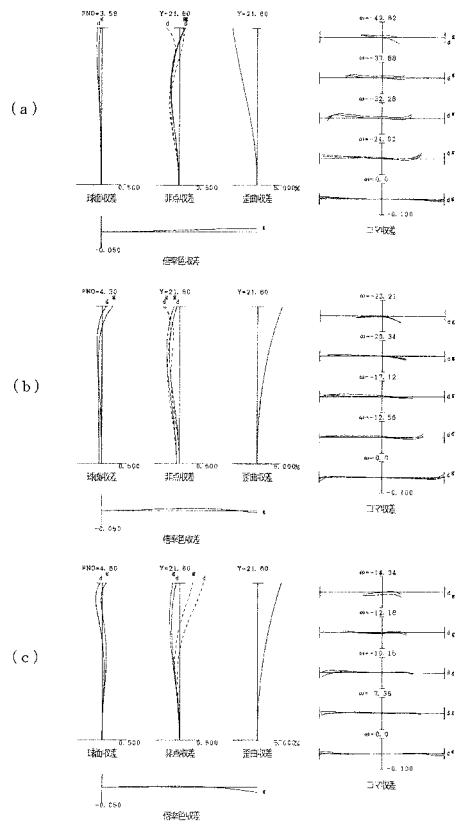
【図2】



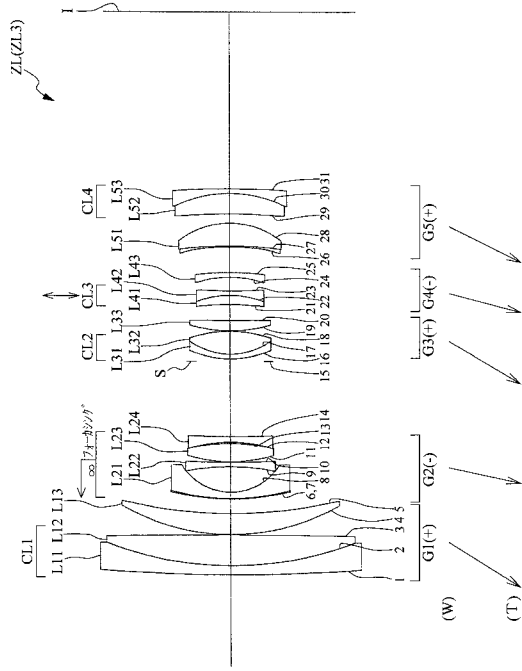
【図3】



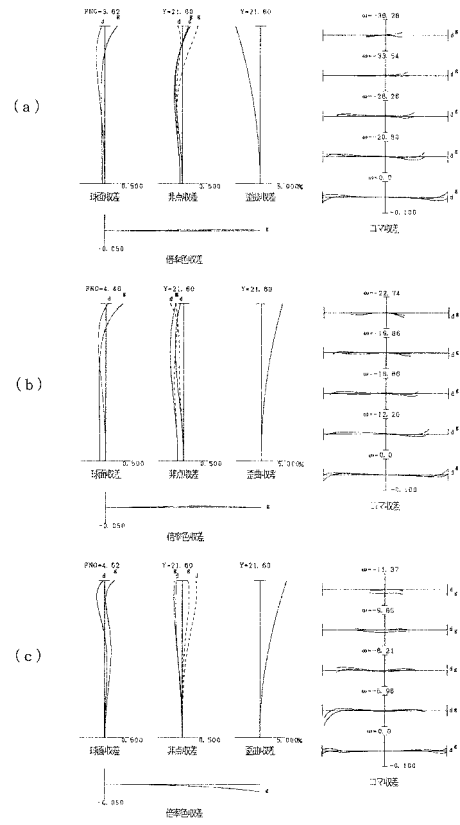
【図4】



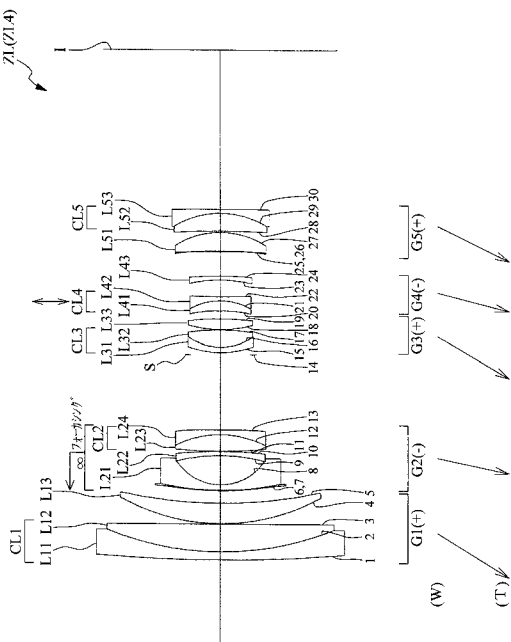
【図5】



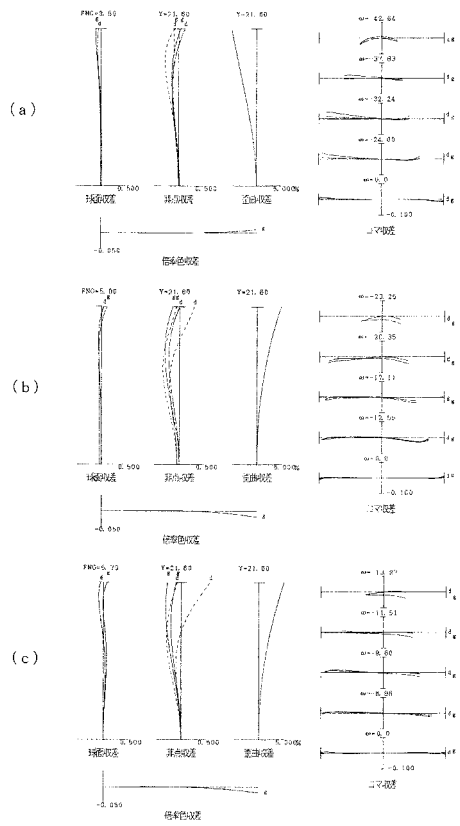
【図6】



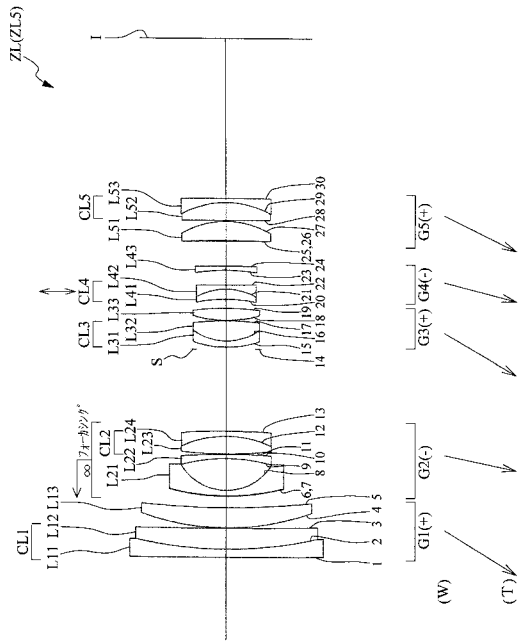
【図7】



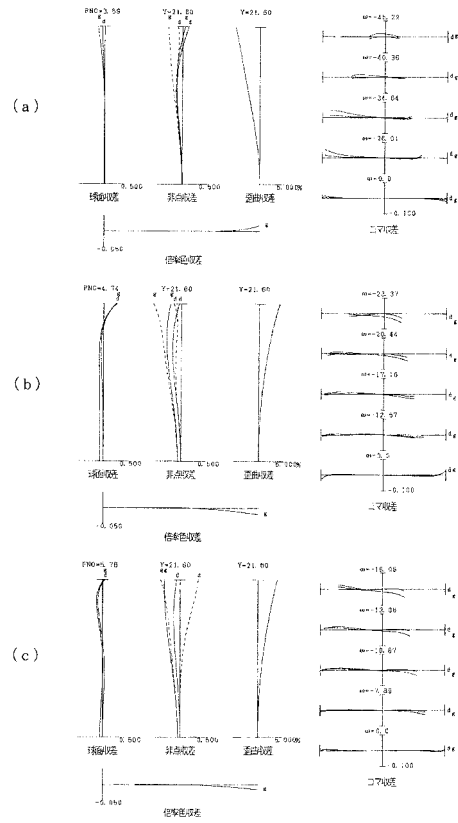
【図8】



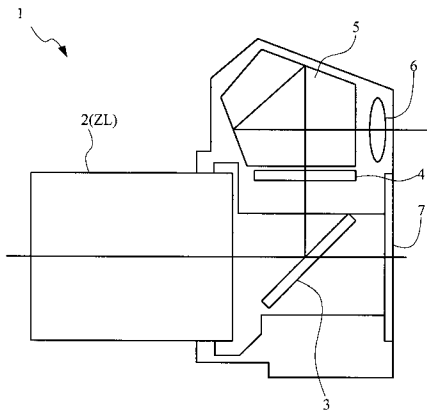
【図 9】



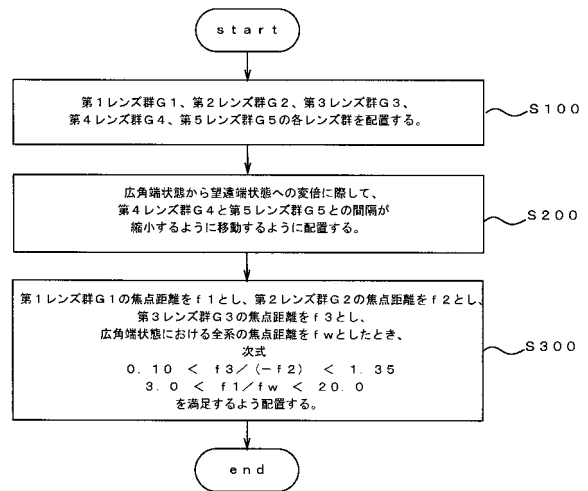
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-050350(JP,A)
特開2006-078964(JP,A)
特開2007-108699(JP,A)
特開2007-171456(JP,A)
特開昭59-093411(JP,A)
特開2004-117827(JP,A)
特開2010-044191(JP,A)
特開平08-094932(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20
G02B 13/18