

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5948840号
(P5948840)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月17日(2016.6.17)

(51) Int.Cl.		F I	
G O 2 B	15/20	(2006.01)	G O 2 B 15/20
G O 2 B	15/167	(2006.01)	G O 2 B 15/167
G O 2 B	13/18	(2006.01)	G O 2 B 13/18
G O 3 B	5/00	(2006.01)	G O 3 B 5/00 J

請求項の数 12 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願2011-272193 (P2011-272193)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成23年12月13日(2011.12.13)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2012-141598 (P2012-141598A)		東京都港区港南二丁目15番3号
(43) 公開日	平成24年7月26日(2012.7.26)	(74) 代理人	100077919
審査請求日	平成26年9月11日(2014.9.11)		弁理士 井上 義雄
(31) 優先権主張番号	特願2010-281891 (P2010-281891)	(74) 代理人	100153899
(32) 優先日	平成22年12月17日(2010.12.17)		弁理士 相原 健一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100172638
			弁理士 伊藤 隆治
		(74) 代理人	100159363
			弁理士 井上 淳子
		(72) 発明者	柴田 悟
			東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
			株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系、撮像装置、光学系の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、

次の条件式(1)、(2-1)、(2-2)および(4A)を満足し、

前記条件式(2-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(2-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とは重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わることを特徴とする変倍光学系。

$$(1) \quad |f_B| < |f_A|$$

$$(2-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50$$

$$(2-2) \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.50 \quad f_k \quad f_t$$

$$(4A) \quad 2.04 \quad |ZSt| / |LSt| < 2.70$$

ただし、

10

20

f_A : 第1レンズエレメントの焦点距離
 f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離
 f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離
 f_t : 望遠端常体での変倍光学系全系の焦点距離
 f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 $Z S t$: 望遠端状態における結像面上での像の移動量
 $L S t$: 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【請求項2】

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

10

$$(3) \quad 0.40 < |Z S w| / |L S w| < 1.50$$

ただし、

$Z S w$: 広角端状態における結像面上での像の移動量

$L S w$: 広角端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【請求項3】

以下の条件式(5-1)および(5-2)を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の変倍光学系。

$$(5-1) \quad 80.0 < (|f_A| \times f_h) / L S A < 230.0$$

$$(5-2) \quad 80.0 < (|f_B| \times f_k) / L S B 1 < 230.0$$

ただし、

20

f_A : 第1レンズエレメントの焦点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

$L S A$: 広角端状態において第1レンズエレメントで像面補正を行うときの、当該第1レンズエレメントのシフト量

$L S B 1$: 望遠端状態において第2レンズエレメントで像面補正を行うときの、当該第2レンズエレメントのシフト量

【請求項4】

前記第1レンズエレメントおよび前記第2レンズエレメントは接合レンズを有することを特徴とする請求項1から3の何れか一項に記載の変倍光学系。

30

【請求項5】

それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、

次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、(7-3)および(8)を満足し、

前記条件式(7-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第1の重複する範囲があり、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-3)で規定される、前記第3レンズエレメントで像面補正を行うときの前記変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第2の重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第1の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わり、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第2の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第2レンズエレメントから前記第3レンズエレメントへ切り替わ

40

50

ることを特徴とする変倍光学系。

$$(6) \quad |f_C| < |f_B| < |f_A|$$

$$(7-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88$$

$$(7-2) \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30$$

$$(7-3) \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t$$

$$(8) \quad 0.40 < |ZSw| / |LSw| < 1.40$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの焦点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_C : 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

ZSw : 広角端状態における結像面上での像の移動量

LSw : 広角端状態における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【請求項6】

それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、

次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、(7-3)および(9)を満足し、

前記条件式(7-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第1の重複する範囲があり、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-3)で規定される、前記第3レンズエレメントで像面補正を行うときの前記変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第2の重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第1の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わり、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第2の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第2レンズエレメントから前記第3レンズエレメントへ切り替わることを特徴とする変倍光学系。

$$(6) \quad |f_C| < |f_B| < |f_A|$$

$$(7-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88$$

$$(7-2) \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30$$

$$(7-3) \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t$$

$$(9) \quad 1.10 < |ZSt| / |LSt| < 2.60$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの焦点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_C : 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 ZSt : 望遠端状態における結像面上での像の移動量
 LSt : 望遠端状態における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【請求項7】

以下の条件式(9)を満足することを特徴とする請求項5に記載の変倍光学系。

$$(9) \quad 1.10 < |ZSt| / |LSt| < 2.60$$

ただし、

ZSt : 望遠端状態における結像面上での像の移動量

10

LSt : 望遠端状態における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【請求項8】

以下の条件式(10-1)、(10-2)、および(10-3)を満足することを特徴とする請求項5から7の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$(10-1) \quad 90.0 < (|f_A| \times f_h) / LSA < 230.0$$

$$(10-2) \quad 90.0 < (|f_B| \times f_k) / LSB2 < 230.0$$

$$(10-3) \quad 90.0 < (|f_C| \times f_l) / LSC < 230.0$$

ただし、

f_A : 像面補正を行う第1レンズエレメントの焦点距離

f_B : 像面補正を行う第2レンズエレメントの焦点距離

20

f_C : 像面補正を行う第3レンズエレメントの焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行う時の変倍光学系全系の焦点距離

LSA : 広角端状態において第1レンズエレメントで像面補正を行うときの、当該第1レンズエレメントのシフト量

$LSB2$: 中間焦点距離状態において第2レンズエレメントで像面補正を行うときの、当該第2レンズエレメントのシフト量

LSC : 望遠端状態において第3レンズエレメントで像面補正を行うときの、当該第3レンズエレメントのシフト量

30

【請求項9】

前記第1、第2および第3レンズエレメントは接合レンズを有することを特徴とする請求項5から8の何れか一項に記載の変倍光学系。

【請求項10】

請求項1から9の何れか一項に記載の変倍光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項11】

第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、

40

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、

次の条件式(1)、(2-1)、(2-2)および(4A)を満足するように構成し、
 前記条件式(2-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの
 変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(2-2)で規定される、前記第2
 レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とは重複する
 範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記重複する範囲内の所定
 の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前

50

記第2レンズエレメントへ切り替わるように構成することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$\begin{aligned} (1) \quad & |f_B| < |f_A| \\ (2-1) \quad & f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50 \\ (2-2) \quad & (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.50 \quad f_k \quad f_t \\ (4A) \quad & 2.04 \quad |ZSt| / |LSt| < 2.70 \end{aligned}$$

ただし、

- f A : 第1レンズエレメントの焦点距離
- f B : 第2レンズエレメントの焦点距離
- f w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離
- f t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離
- f h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- f k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- Z S t : 望遠端状態における結像面上での像の移動量
- L S t : 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【請求項12】

第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントと前記第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、

次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、(7-3)および(8)を満足するように構成し、

前記条件式(7-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第1の重複する範囲があり、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-3)で規定される、前記第3レンズエレメントで像面補正を行うときの前記変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第2の重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第1の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わり、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第2の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第2レンズエレメントから前記第3レンズエレメントへ切り替わるように構成することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$\begin{aligned} (6) \quad & |f_C| < |f_B| < |f_A| \\ (7-1) \quad & f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88 \\ (7-2) \quad & (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30 \\ (7-3) \quad & (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t \\ (8) \quad & 0.40 < |ZSw| / |LSw| < 1.40 \end{aligned}$$

ただし、

- f A : 第1レンズエレメントの焦点距離
- f B : 第2レンズエレメントの焦点距離
- f C : 第3レンズエレメントの焦点距離
- f w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

Z_{Sw} : 広角端状態における結像面上での像の移動量

L_{Sw} : 広角端状態における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は防振機能を有する変倍光学系、当該変倍光学系を備えた撮像装置、および当該変倍光学系の製造方法に関する。 10

【背景技術】

【0002】

従来、防振機能を有し、カメラ等の撮像装置に用いられる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2001-249276号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の防振機能を有する変倍光学系にあっては、焦点距離が長くなると像面補正量が大きくなり、レンズのシフト量が増大するので、制御が困難になるという問題があった。

【0005】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、好適な防振機能を有する変倍光学系、当該変倍光学系を備えた撮像装置、当該変倍光学系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】

30

【0006】

上記目的を達成するために、本発明に係る変倍光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次の条件式(1)、(2-1)、(2-2)および(4A)を満足し、前記条件式(2-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(2-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とは重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わることを特徴とする。

40

【0007】

$$\begin{aligned} (1) \quad & |f_B| < |f_A| \\ (2-1) \quad & f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50 \\ (2-2) \quad & (|f_B| / |f_A|) \times f_t \quad \times 0.50 \quad f_k \quad f_t \\ (4A) \quad & 2.04 \quad |Z_{St}| / |L_{St}| < 2.70 \end{aligned}$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離

50

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離
 f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離
 f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離
 f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 $Z_{S t}$: 望遠端状態における結像面上での像の移動量
 $L_{S t}$: 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0008】

また、本発明に係る変倍光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、(7-3)および(8)を満足し、前記条件式(7-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第1の重複する範囲があり、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-3)で規定される、前記第3

レンズエレメントで像面補正を行うときの前記変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第2の重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第1の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わり、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第2の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第2レンズエレメントから前記第3レンズエレメントへ切り替わることを特徴とする。

【0009】

$$\begin{aligned}
 & \frac{(6)}{(7-1)} |f_C| < |f_B| < |f_A| \\
 & \frac{(7-1)}{(7-2)} f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88 \\
 & \frac{(7-2)}{(7-3)} (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30 \\
 & \frac{(7-3)}{(8)} (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t \\
 & \frac{(8)}{} 0.40 < |Z_{S w}| / |L_{S w}| < 1.40
 \end{aligned}$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離
 f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離
 f_C : 第3レンズエレメントの焦点距離
 f_w : 広角端での変倍光学系全系の焦点距離
 f_t : 望遠端での変倍光学系全系の焦点距離
 f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
 $Z_{S w}$: 広角端における結像面上での像の移動量
 $L_{S w}$: 広角端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

また、本発明に係る変倍光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが

前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、(7-3)および(9)を満足し、前記条件式(7-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第1の重複する範囲があり、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-3)で規定される、前記第3レンズエレメントで像面補正を行うときの前記変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第2の重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第1の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わり、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第2の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第2レンズエレメントから前記第3レンズエレメントへ切り替わることを特徴とする。

10

$$\begin{aligned} \text{(6)} \quad & |f_C| < |f_B| < |f_A| \\ \text{(7-1)} \quad & f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88 \\ \text{(7-2)} \quad & (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30 \\ \text{(7-3)} \quad & (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t \\ \text{(9)} \quad & 1.10 < |ZSt| / |LSt| < 2.60 \end{aligned}$$

20

ただし、

- f A : 第1レンズエレメントの集点距離
- f B : 第2レンズエレメントの焦点距離
- f C : 第3レンズエレメントの焦点距離
- f w : 広角端での変倍光学系全系の焦点距離
- f t : 望遠端での変倍光学系全系の焦点距離
- f h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- f k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- f l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- Z S t : 望遠端における結像面上での像の移動量
- L S t : 望遠端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

30

【0010】

また、本発明に係る撮像装置は、前記変倍光学系を備えたことを特徴とする。

【0011】

また、本発明に係る変倍光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、次の条件式(1)、(2-1)、(2-2)および(4A)を満足するように構成し、前記条件式(2-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(2-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わるように構成することを特徴とする。

40

【0012】

$$\text{(1)} \quad |f_B| < |f_A|$$

50

$$\frac{(2-1) f_w}{(2-2)} \frac{f_h}{(|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50} < 2.70$$

$$\frac{(4A) 2.04}{|ZSt| / |LSt|} < 2.70$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

ZSt : 望遠端状態における結像面上での像の移動量

LSt : 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

10

【0013】

また、本発明に係る変倍光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントと前記第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの変倍光学系全系の焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つのレンズエレメントが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、(7-3)および(8)を満足するように構成し、前記条件式(7-1)で規定される、前記第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第1の重複する範囲があり、前記条件式(7-2)で規定される、前記第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離の範囲と、前記条件式(7-3)で規定される、前記第3レンズエレメントで像面補正を行うときの前記変倍光学系全系の焦点距離の範囲とには第2の重複する範囲があり、前記変倍の際、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第1の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第1レンズエレメントから前記第2レンズエレメントへ切り替わり、前記変倍光学系全系の焦点距離が前記第2の重複する範囲内の所定の値となった時に、像面補正を行うレンズエレメントが前記第2レンズエレメントから前記第3レンズエレメントへ切り替わるように構成することを特徴とする。

20

30

【0014】

$$\frac{(6) |f_C|}{(7-1) f_w} < \frac{|f_B|}{(|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88}$$

$$\frac{(7-2) (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62}{|f_B| \times f_t \times 1.30} < \frac{f_k}{(|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30}$$

$$\frac{(7-3) (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92}{(8) 0.40} < \frac{f_l}{|ZSw| / |LSw|} < 1.40$$

40

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_C : 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

50

ZSw : 広角端における結像面上での像の移動量

LSw : 広角端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、好適な防振機能を有する変倍光学系、当該変倍光学系を備えた撮像装置、当該変倍光学系の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の第1実施例に係る変倍光学系の構成を示す図である。

【図2】(a)は第1実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b)は当該広角端状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

10

【図3】(a)は第1実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b)は当該中間焦点距離状態においてレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図4】(a)は第1実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b)は当該望遠端状態においてレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図5】本発明の第2実施例に係る変倍光学系の構成を示す図である。

【図6】(a)は第2実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b)は当該広角端状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

20

【図7】(a)は第2実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b)は当該中間焦点距離状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図8】(a)は第2実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b)は当該望遠端状態においてレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図9】本発明の第3実施例に係る変倍光学系の構成を示す図である。

【図10】(a)は第3実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b)は当該広角端状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

30

【図11】(a)は第3実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b)は当該中間焦点距離状態においてレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図12】(a)は第3実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b)は当該望遠端状態においてレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図13】本発明の第4実施例に係る変倍光学系の構成を示す図である。

【図14】(a)は第4実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b)は当該広角端状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

40

【図15】(a)は第4実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b)は当該中間焦点距離状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図16】(a)は第4実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b)は当該望遠端状態においてレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図17】本発明の第5実施例に係る変倍光学系の構成を示す図である。

【図18】(a)は第5実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差

50

図であり、(b)は当該広角端状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図19】(a)は第5実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b)は当該中間焦点距離状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図20】(a)は第5実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b)は当該望遠端状態においてレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【図21】本発明の光学系を備えたデジタル一眼レフカメラの概略を示す断面図である。

【図22】本発明に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

【図23】本発明に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

【図24】本発明に係る光学系における防振機能の構成の例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明に係る変倍光学系および撮像装置について説明する。

【0018】

まず、本発明に係る変倍光学系から説明する。本発明に係る変倍光学系は防振機能を有する変倍光学系である。

【0019】

本発明に係る変倍光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うようになっている。

【0020】

ここで、本明細書においてレンズエレメントとは、単一または複数のレンズよりなる1つのユニットをいう。

【0021】

一般に、手ブレ等に起因する像ブレを補正するために像面補正を行う防振レンズ群は、光学系が広角側のときはシフト量が小さく、望遠側になるに従いシフト量が大きくなる。本発明の変倍光学系は、上記の構成により、望遠側であっても防振レンズ群のシフト量を大きくせずに、大きな防振効果を得ることができる。

【0022】

第1レンズエレメントと第2レンズエレメントのどちらをシフトさせるかは、像ブレ補正時の変倍光学系全系の焦点距離から制御部が決定する。図24は、本発明に係る変倍光学系における防振機能の構成の例を示す概略図である。制御部21は、複数の角速度センサ23、23が検出した角速度、すなわち撮像装置本体31の傾きの大きさから像ブレの補正量を算出する。また制御部21は、像ブレの補正をする時の変倍光学系全系の焦点距離に対応して、レンズエレメント25a、25bのどちらをシフトさせるかを決定する。そして制御部21は、決定したレンズエレメント(例えばレンズエレメント25a)を撮像装置本体31の傾きを打ち消す方向にモータ等の駆動装置27を介して駆動し、像面補正を行っている。なお、制御部21は撮像装置本体31に備えられても良いし、変倍光学系が配置されるレンズ鏡筒29に内蔵されても良い。

【0023】

このような構成とすることにより、本発明の変倍光学系はどの焦点距離においても良好な像面湾曲収差の補正を行うことができる。

【0024】

本発明においては、このような構成のもとで、次の条件式(1)、(2-1)、および(2-2)を満足することで、より好適な防振機能を有する変倍光学系を実現できる。

【0025】

10

20

30

40

50

$$(1) \quad |f_B| < |f_A|$$

$$(2-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50$$

$$(2-2) \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.50 \quad f_k \quad f_t$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

10

【0026】

条件式(1)は像面補正を行うレンズエレメントの焦点距離を規定したものであり、条件式(1)を満足することで、像面補正時における像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さくし、コマ収差を良好に補正することができる。

【0027】

条件式(2-1)は、第1レンズエレメントで像面補正を行う場合の変倍光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(2-1)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。条件式(2-1)を上回ると、像面補正を行うレンズエレメントの移動量が増え、像面補正時のコマ収差が良好に補正できず好ましくない。

【0028】

20

条件式(2-2)は、第2レンズエレメントで像面補正を行う場合の変倍光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(2-2)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。条件式(2-2)を下回ると、像面補正を行うレンズエレメントのパワーが強すぎて、像面補正時の像面湾曲収差が良好に補正できず好ましくない。

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(2-1)の上限値を $(|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.15$ とすることが望ましい。

また、本発明の効果を確実にするために、条件式(2-2)の下限値を $(|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.70$ とすることが望ましい。

【0029】

30

また、本発明の変倍光学系は、次の条件式(3)を満足することが好ましい。

【0030】

$$(3) \quad 0.40 < |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| < 1.50$$

ただし、

Z_{Sw} : 広角端状態における結像面上での像の移動量

L_{Sw} : 広角端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0031】

条件式(3)を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

【0032】

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0.45とすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を1.40とすることが望ましい。

40

【0033】

また、本発明の変倍光学系は、次の条件式(4)を満足することが好ましい。

【0034】

$$(4) \quad 1.00 < |Z_{St}| / |L_{St}| < 2.70$$

ただし、

Z_{St} : 望遠端状態における結像面上での像の移動量

L_{St} : 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0035】

50

条件式(4)を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

【0036】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を1.1とすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を2.6とすることが望ましい。

【0037】

また、本発明の変倍光学系は、次の条件式(5-1)および(5-2)を満足することが好ましい。

【0038】

$$(5-1) \quad 80.0 < (|f_A| \times f_h) / L_S < 230.0 \quad 10$$

$$(5-2) \quad 80.0 < (|f_B| \times f_k) / L_S < 230.0$$

ただし、

f A : 第1レンズエレメントの焦点距離

f B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの变倍光学系全系の焦点距離

f k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの变倍光学系全系の焦点距離

L S : 像面補正を行うときの、当該像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0039】

条件式(5-1)および(5-2)を満足することにより、像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さく保ちながら像面湾曲収差を良好に補正することができる。 20

【0040】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(5-1)および(5-2)の下限値を、それぞれ85.0とすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(5-1)および(5-2)の上限値を、それぞれ215.0とすることが望ましい。

【0041】

また、本発明の変倍光学系は、第1および第2レンズエレメントは接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。

【0042】

また、本発明の変倍光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、および(7-3)を満足することが好ましい。

【0043】

$$(6) \quad |f_C| < |f_B| < |f_A|$$

$$(7-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88 \quad 40$$

$$(7-2) \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30$$

$$(7-3) \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t$$

ただし、

f A : 第1レンズエレメントの集点距離

f B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f C : 第3レンズエレメントの焦点距離

f w : 広角端での变倍光学系全系の焦点距離

f t : 望遠端での变倍光学系全系の焦点距離

f h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの变倍光学系全系の焦点距離 50

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

【0044】

本発明に係る変倍光学系は、このような構成により、好適な防振機能を有する光学系を実現することができる。第1レンズエレメント、第2レンズエレメント、第3レンズエレメントの何れをシフトさせるかは、上記図24を用いて説明したのと同様に、像ブレの補正をする時の変倍光学系全系の焦点距離に対応して制御部21が決定する。

【0045】

条件式(6)は、像面補正を行うレンズエレメントの焦点距離を規定したものである。条件式(6)を満足することで像面補正時における像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さくし、コマ収差を良好に補正することができる。

10

【0046】

条件式(7-1)は、第1レンズエレメントで像面補正を行う場合の変倍光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(7-1)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。条件式(7-1)を上回ると、像面補正を行うレンズエレメントの移動量が増え、像面補正時のコマ収差が良好に補正できず好ましくない。

【0047】

条件式(7-2)は、第2レンズエレメントで像面補正を行う場合の変倍光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(7-2)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。

20

【0048】

条件式(7-2)を下回ると、像面補正を行うレンズエレメントのパワーが強すぎて、像面補正時の像面湾曲収差が良好に補正できず好ましくない。

【0049】

条件式(7-2)を上回ると、像面補正を行うレンズエレメントの移動量が増え、像面補正時のコマ収差が良好に補正できず好ましくない。

【0050】

条件式(7-3)は、第3レンズエレメントで像面補正を行う場合の変倍光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(7-3)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。

30

【0051】

条件式(7-3)を下回ると、像面補正を行うレンズエレメントのパワーが強すぎて、像面補正時の像面湾曲収差およびコマ収差が良好に補正できず好ましくない。

【0052】

ここで、条件式(7-1)および(7-2)に示すように、条件式(7-1)によって規定される f_h (第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離)の範囲と条件式(7-2)によって規定される f_k (第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離)の範囲とは、重複する範囲がある。制御部21(図24参照)が、シフトさせるレンズエレメントを第1レンズエレメントから第2レンズエレメントへ、あるいは第2レンズエレメントから第1レンズエレメントへ変更するときの変倍光学系全系の焦点距離は、この重複範囲に含まれる。重複範囲内のどの値でレンズエレメントを変更するかについては、様々な制御方式が採用可能である。例えば、広角側から望遠側に変倍しているときも、望遠側から広角側に変倍しているときも、変倍光学系全系の焦点距離が当該重複範囲内の一つの所定の値になったときにレンズエレメントを切り替えるように制御しても良い。また、例えば、広角側から望遠側に変倍しているときは条件式(7-2)の下限値に達したら第1レンズエレメントから第2レンズエレメントへ切り替え、望遠側から広角側に変倍しているときは条件式(7-1)の上限値に達したら第2レンズエレメントから第1レンズエレメントへ切り替えるように制御しても良い。また、例えば、変倍光学系全系の焦点距離が重複範囲内にある時は、焦点距離の値に拘らず、制御部21が第1レンズエレメントあるいは第2レンズエレメントの何れかを不

40

50

規則に選択するように制御しても良い。

【0053】

条件式(7-2)および(7-3)においても、条件式(7-2)によって規定される f_k (第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離)の範囲と条件式(7-3)によって規定される f_l (第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離)の範囲とは重複する範囲があるが、上述した制御方式と同様の制御方式を採用することができる。

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(7-1)の上限値を $(|f_C|/|f_A|) \times f_t \times 0.85$ とすることが望ましい。

また、本発明の効果を確実にするために、条件式(7-2)の下限値を $(|f_C|/|f_A|) \times f_t \times 0.60$ とすることが望ましい。

また、本発明の効果を確実にするために、条件式(7-2)の上限値を $(|f_C|/|f_B|) \times f_t \times 1.25$ とすることが望ましい。

また、本発明の効果を確実にするために、条件式(7-3)の下限値を $(|f_C|/|f_B|) \times f_t \times 0.95$ とすることが望ましい。

【0054】

また、本発明の変倍光学系は、次の条件式(8)を満足することが好ましい。

【0055】

$$(8) \quad 0.40 < |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| < 1.40$$

ただし、

Z_{Sw} : 広角端における結像面上での像の移動量

L_{Sw} : 広角端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0056】

条件式(8)を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

【0057】

また、本発明の変倍光学系は、次の条件式(9)を満足することが好ましい。

【0058】

$$(9) \quad 1.10 < |Z_{St}| / |L_{St}| < 2.60$$

ただし、

Z_{St} : 望遠端における結像面上での像の移動量

L_{St} : 望遠端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0059】

条件式(9)を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

【0060】

また、本発明の変倍光学系は、次の条件式(10-1)、(10-2)、および(10-3)を満足することが好ましい。

【0061】

$$(10-1) \quad 90.0 < (|f_A| \times f_h) / L_S < 230.0$$

$$(10-2) \quad 90.0 < (|f_B| \times f_k) / L_S < 230.0$$

$$(10-3) \quad 90.0 < (|f_C| \times f_l) / L_S < 230.0$$

ただし、

f_A : 像面補正を行う第1レンズエレメントの焦点距離

f_B : 像面補正を行う第2レンズエレメントの焦点距離

f_C : 像面補正を行う第3レンズエレメントの焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

L_S : 像面補正を行うときの、当該像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

【0062】

条件式(10-1)、(10-2)、および(10-3)を満足することにより、像面

10

20

30

40

50

補正を行うレンズエレメントの移動量を小さく保ちながら像面湾曲収差を良好に補正することができる。

【0063】

また、本発明の変倍光学系は、第1レンズエレメント、第2レンズエレメント、および第3レンズエレメントは、何れも接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。

【0064】

また、本発明の撮像装置は、上述した構成の変倍光学系を有することを特徴とする。これにより、好適な撮像装置を実現することができる。

【0065】

また、本発明の変倍光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、次の条件式(1)、(2-1)、および(2-2)を満足するようにすることを特徴とする。

【0066】

$$(1) \quad |f_B| < |f_A|$$

$$(2-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50$$

$$(2-2) \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.50 \quad f_k \quad f_t$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

【0067】

また、本発明の変倍光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントと前記第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、および(7-3)を満足するようにすることを特徴とする。

【0068】

$$(6) \quad |f_C| < |f_B| < |f_A|$$

$$(7-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88$$

$$(7-2) \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30$$

$$(7-3) \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t$$

ただし、

f_A : 第1レンズエレメントの集点距離

f_B : 第2レンズエレメントの焦点距離

f_C : 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端での変倍光学系全系の焦点距離

10

20

30

40

50

f_t : 望遠端での変倍光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

【0069】

斯かる本発明の変倍光学系の製造方法により、好適な変倍光学系を実現することができる。

【0070】

(数値実施例)

以下、本発明の数値実施例に係る変倍光学系を添付図面に基づいて説明する。図1、図5、図9、図13、および図17は、各実施例に係る変倍光学系S1～S5の構成を示す断面図であり、これら変倍光学系S1～S5の無限遠合焦状態の広角端状態から望遠端状態への合焦状態の変化、すなわち各レンズ群の移動の様子を矢印で示している。なお、第5実施例は参考例とする。

10

【0071】

(第1実施例)

図1は、本発明の第1実施例に係る変倍光学系S1の構成を示す図である。

【0072】

図1に示すように、本実施例に係る変倍光学系S1は、図示しない物体側から順に、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSPと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

20

【0073】

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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

【0074】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL21と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL22とから構成されている。

30

【0075】

第3レンズ群G3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と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL31とから構成されている。

【0076】

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、両凸形状の正レンズと像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL42と、両凸形状の正レンズL43と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL44と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL45と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL46と、両凸形状の正レンズL47とから構成されている。

40

【0077】

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子(図示省略)が配置されている。また、開口絞りSPは、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に配置されている。撮像素子および開口絞りSPの構成は、後述する各実施例において同様である。

【0078】

本実施例に係る変倍光学系S1は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1は像面Iに対して固定で、第2レンズ群G2は像面I側に移動し、第3レンズ群G3は像面I側に向かって略凹の軌跡で移動し、第4レンズ群は像面Iに対して固定である。

【0079】

50

また、本実施例に係る変倍光学系 S 1 は、図 1 に示すように、第 4 レンズ群 G 4 内の接合レンズ L 4 4 をレンズエレメント A とし、レンズエレメント A とレンズエレメント A の屈折力と同符号の屈折力を有する負メニスカスレンズ L 4 5 とでレンズエレメント B を構成し、レンズエレメント B とレンズエレメント B の屈折力と同符号の屈折力を有する負メニスカスレンズ L 4 6 とでレンズエレメント C を構成し、これらレンズエレメント A、レンズエレメント B、レンズエレメント C を防振レンズ群としている。これら防振レンズ群のうちの何れか一つを光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

【 0 0 8 0 】

本実施例に係る変倍光学系 S 1 では、変倍光学系 S 1 全系の焦点距離を f とし、ブレ補正時の防振レンズ群の移動量に対する像面 I 上での像の移動量の比を K とするとき（以下、この比のことを防振係数 K という。）、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

【 0 0 8 1 】

本実施例に係る変倍光学系 S 1 の広角端状態、中間焦点距離、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ 95.0 (mm)、163.1 (mm)、226.6 (mm) である（下記表 1 参照）。各焦点距離におけるレンズエレメント A、B、C の何れかによるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

【 0 0 8 2 】

本実施例に係る変倍光学系 S 1 は、広角端状態においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 1.26 であり、焦点距離は 95.0 (mm) であるので、 0.324° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.428 (mm) である。

【 0 0 8 3 】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 1 の中間焦点距離においては、レンズエレメント B にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 1.37 であり、焦点距離は 163.1 (mm) であるので、 0.247° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B の移動量は 0.515 (mm) である。ここで、中間焦点距離においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A にて行う場合には、防振係数 K は 1.26 であり、焦点距離は 163.1 (mm) であるので、 0.247° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.558 (mm) となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント B で補正したほうがレンズエレメント A で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

【 0 0 8 4 】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 1 の望遠端状態においては、レンズエレメント C にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 1.69 であり、焦点距離は 226.6 (mm) であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント C の移動量は 0.492 (mm) である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A にて行う場合には、防振係数 K は 1.26 であり、焦点距離は 226.6 (mm) であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.659 (mm) である。また、レンズエレメント B にて行う場合には、防振係数 K は 1.37 であり、焦点距離は 226.6 (mm) であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B の移動量は 0.606 (mm) である。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント C で補正したほうがレンズエレメント A または B で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

【 0 0 8 5 】

このように、レンズエレメント A、レンズエレメント B、レンズエレメント C の順に防振係数 K が大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A、B、C の移動量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が多くの量の補正が可能であり、さらにレンズエレ

10

20

30

40

50

メントBよりもレンズエレメントCの方が多くの量の補正が可能となる。言い換えると、焦点距離が同じでプレ補正量が同じであれば、レンズエレメントAよりもレンズエレメントBの方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能であり、さらにレンズエレメントBよりもレンズエレメントCの方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、広角端側ではレンズエレメントAを駆動し、望遠端側に変倍するに従い、順次レンズエレメントB、Cを駆動させるように制御すれば、焦点距離が長くなってプレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

【0086】

10

以下の表1に、本発明の第1実施例に係る変倍光学系S1の諸元値を掲げる。

【0087】

表1中の[全体諸元]において、fは焦点距離、FNOはFナンバー、TLは全長、Wは広角端状態、Mは中間焦点距離状態、Tは望遠端状態をそれぞれ示す。また、fhはレンズエレメントAで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離、fkはレンズエレメントBで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離、flはレンズエレメントCで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離をそれぞれ示す。なお、本実施例においては、レンズエレメントAとBとの変更は、全系の焦点距離が一つの所定の値になると変更されるように制御されている。また、レンズエレメントBとCとの変更についても同様に制御されている。

20

【0088】

[面データ]において、面番号は物体側から数えたレンズ面の順番、rはレンズ面の曲率半径、dはレンズ面の間隔、ndはd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率、dはd線(波長 = 587.6nm)に対するアッベ数をそれぞれ示している。また、物面は物体面、(絞り)は開口絞りSP、像面は像面Iをそれぞれ示している。なお、曲率半径r = は平面を示し、空気の屈折率d = 1.00000の記載は省略している。また、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。

【0089】

[非球面データ]には、[面データ]に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の近軸曲率半径r、円錐定数、および非球面係数A4~A12を示す。

30

【0090】

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (h/r)^2\}^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8y^8 + A10h^{10} + A12h^{12}$$

ここで、xは、面の頂点を基準としたときの光軸からの高さhの位置での光軸方向の変位である。また、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば、「1.234E-05」は、「 1.234×10^{-5} 」を示す。

【0091】

[可変間隔データ]には、焦点距離fと、可変間隔の値を示す。[条件式対応値]は、各条件式の対応値を示す。

40

【0092】

ここで、表1に記載されている焦点距離fや曲率半径r、およびその他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかしながら光学系は、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ため、これに限られるものではない。

【0093】

なお、以上に述べた表1の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いるものとする。

【0094】

(表1)第1実施例

[全体諸元]

50

	W	M	T
f	95.0	163.1	226.6
F N O	4.68	4.68	4.70
T L	259.3	259.3	259.3

f h	95.0 ~ 138.9
f k	97.9 ~ 225.8
f l	159.7 ~ 226.6

[面データ]

10

面番号	r	d	d	n d
物面				
1)	134.560	1.8	25.43	1.80518
2)	101.277	7.0	82.51	1.49782
3)	546.812	1.0		
4)	77.194	4.0	82.51	1.49782
5)	124.044	D5		
6)	40.981	5.0	25.68	1.78472
7)	59.996	1.5	40.77	1.88300
8)	36.961	6.7		
9)	- 131.117	3.4	25.43	1.80518
10)	- 53.784	1.5	40.77	1.88300
11)	197.416	D11		
12)	- 172.226	3.0	27.51	1.75520
13)	- 80.000	2.0	43.69	1.72000
14)	- 364.448	D14		
15	絞り	3.0		
16)	- 636.174	4.0	82.51	1.49782
17)	- 57.515	0.3		
18)	84.998	6.0	70.45	1.48749
19)	- 47.705	2.0	35.04	1.74950
20)	- 289.998	25.9		
21)	70.499	4.6	82.56	1.49782
22)	- 117.909	25.9		
23)	- 188.780	3.5	28.46	1.72825
24)	- 111.267	1.5	47.38	1.78800
25)	46.602	5.0		
26)	- 119.084	2.0	58.89	1.51823
27)	- 220.000	5.0		
28)	- 30.419	3.0	64.12	1.51680
29)	- 48.713	0.2		
30)	228.879	5.0	44.79	1.74400
31)	- 64.531	BF		
像面				

20

30

40

[可変間隔データ]

	W	M	T
D5	1.6	46.7	68.9
D11	61.4	2.5	3.4
D14	11.8	25.7	2.7

50

BF 50.6 50.6 50.6

[各条件式対応値]

f A : - 46.5

f B : - 42.3

f C : - 32.5

f w : 95.0

f t : 226.6

f h : 95.0 ~ 138.9

f k : 97.9 ~ 225.8

f l : 159.7 ~ 226.6

Z S w : 0.538

L S w : - 0.428

Z S t : 0.830

L S t : - 0.492

L S : レンズエレメント A で像面補正するときは、0.428

レンズエレメント B で像面補正するときは、0.515

レンズエレメント C で像面補正するときは、0.492

$$(6) \quad |f C| < |f B| < |f A| : \\ 32.5 < 42.3 < 46.5$$

$$(7-1) \quad f w \quad f h \quad (|f C| / |f A|) \times f t \times 0.88 : \\ 95.0 \quad 95.0 \sim 138.9 \quad 138.9$$

$$(7-2) \quad (|f C| / |f A|) \times f t \times 0.62 \quad f k \quad (|f C| / |f B|) \times f t \times 1.30 : \\ 97.9 \quad 97.9 \sim 225.8 \quad 225.8$$

$$(7-3) \quad (|f C| / |f B|) \times f t \times 0.92 \quad f l \quad f t : \\ 159.7 \quad 159.7 \sim 226.6 \quad 226.6$$

$$(8) \quad 0.40 < |Z S w| / |L S w| < 1.40 : \\ 0.40 < 1.26 < 1.40$$

$$(9) \quad 1.10 < |Z S t| / |L S t| < 2.60 : \\ 1.10 < 1.69 < 2.60$$

$$(10-1) \quad 90.0 < (|f A| \times f h) / L S < 230.0 \\ 90.0 < 155.3 < 230.0$$

$$(10-2) \quad 90.0 < (|f B| \times f k) / L S < 230.0 \\ 90.0 < 161.2 < 230.0$$

$$(10-3) \quad 90.0 < (|f C| \times f l) / L S < 230.0 \\ 90.0 < 154.8 < 230.0$$

【 0 0 9 5 】

図 2 (a) は第 1 実施例に係る変倍光学系 S 1 の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b) は第 1 実施例に係る変倍光学系 S 1 の無限遠合焦時の広角端状態においてレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 3 (a) は第 1 実施例に係る変倍光学系 S 1 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b) は第 1 実施例に係る変倍光学系 S 1 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態においてレンズエレメント B で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 4 (a) は第 1 実施例に係る変倍光学系 S 1 の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b) は第 1 実施例に係る変倍光学系 S 1 の無限遠合焦時の望遠端状態においてレンズエレメント C で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【 0 0 9 6 】

各収差図において、F N O は F ナンバーを、Y は像高をそれぞれ示している。また、図中の d は d 線 (波長 = 5 8 7 . 6 n m) での収差曲線を示し、g は g 線 (波長 = 4 3

10

20

30

40

50

5.8 nm)での収差曲線を示している。非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。なお、以下に示す各実施例の諸収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

【0097】

各収差図から明らかなように、第1実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0098】

(第2実施例)

図5は、本発明の第2実施例に係る変倍光学系S2の構成を示す図である。

【0099】

図5に示すように、本実施例に係る変倍光学系S2は、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSPと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

【0100】

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、両凹形状の負レンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成され、最も物体側の負メニスカスレンズL11は像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

【0101】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸形状の凹メニスカスレンズと両凸形状の正レンズとの接合レンズL21と、物体側に凸形状の正メニスカスレンズL22とから構成されている。

【0102】

第3レンズ群G3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と両凹形状の負レンズとの接合レンズL31と、物体側に凹形状の平凹レンズL32とから構成されている。

【0103】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側が平面の平凸レンズL41と、両凸形状の正レンズと像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL42とから構成されている。

【0104】

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子(図示省略)が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

【0105】

本実施例に係る変倍光学系S2は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1は像面Iに向かって移動し、第2レンズ群G2、第4レンズ群G4は一体に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動する。

【0106】

また、本実施例に係る変倍光学系S2は、第3レンズ群G3内の接合レンズL31および平凹レンズL32をレンズエレメントAとし、第2レンズ群G2内の接合レンズL21をレンズエレメントBとし、これらレンズエレメントAおよびレンズエレメントBを防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

【0107】

本実施例に係る変倍光学系S2では、変倍光学系S2全系の焦点距離をf、ブレ補正時の防振係数をKとするとき、角度θの回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を(f・tanθ)/Kだけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

【0108】

10

20

30

40

50

本実施例に係る変倍光学系 S 2 の広角端状態、中間焦点距離、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ 18.5 (mm)、35.0 (mm)、53.5 (mm) である (下記表 2 参照)。各焦点距離におけるレンズエレメント A または B によるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

【0109】

本実施例に係る変倍光学系 S 2 は、広角端状態においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 1.27 であり、焦点距離は 18.5 (mm) であるので、0.735° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.187 (mm) である。

【0110】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 2 の中間焦点距離においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 1.58 であり、焦点距離は 35.0 (mm) であるので、0.534° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.206 (mm) である。

【0111】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 2 の望遠端状態においては、レンズエレメント B にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 2.04 であり、焦点距離は 53.5 (mm) であるので、0.432° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B の移動量は 0.198 (mm) である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A にて行う場合には、防振係数 K は 1.66 であり、焦点距離は 53.5 (mm) であるので、0.432° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.243 (mm) となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント B で補正したほうがレンズエレメント A で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

【0112】

このように、本実施例においては、レンズエレメント A、レンズエレメント B の順に防振係数 K が大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A、B の移動量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が多くの補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、広角端状態から中間焦点距離に亘る焦点距離のときはレンズエレメント A を駆動し、さらに望遠端側になるとレンズエレメント B を駆動させるように制御すれば、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズを大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

【0113】

以下の表 2 に、本発明の第 2 実施例に係る変倍光学系 S 2 の諸元値を掲げる。

【0114】

(表 2) 第 2 実施例

[全体諸元]

	W	M	T
f	18.5	35.0	53.5
FNO	3.6	4.1	5.3
TL	130.2	122.3	131.5

f h 18.5 ~ 67.0

f k 22.3 ~ 53.5

[面データ]

10

20

30

40

50

面番号 物面	r	d	d	n d	
1)	115.556	1.9	64.12	1.51680	
2)	15.601	0.2	38.09	1.55389	
* 3)	13.300	10.0			
4)	- 159.479	1.5	58.22	1.62299	
5)	35.685	1.1			
6)	28.207	3.1	25.68	1.78472	
7)	77.398	D7			
8)	32.321	0.9	23.78	1.84666	10
9)	17.691	4.3	58.89	1.51823	
10)	- 32.688	0.1			
11)	23.144	1.8	64.10	1.5168	
12)	59.408	D12			
13	絞り	2.9			
14)	- 40.000	2.75	32.40	1.85026	
15)	- 12.280	0.8	46.60	1.804	
16)	114.994	3.0			
17)	- 90.000	1.4	70.50	1.48749	
18)	0.000	D18			20
19)	0.000	3.2	52.30	1.51742	
20)	- 21.120	0.1			
21)	128.036	5.3	70.50	1.48749	
22)	- 15.933	1.3	32.40	1.85026	
23)	- 44.265	BF			
像面					

[非球面データ]

面番号 : 3

= 1

A4 = 2.63599E - 05

A6 = 7.76960E - 08

A8 = - 1.94524E - 10

A10 = 1.27950E - 12

30

[可変間隔データ]

	W	M	T
D7	32.3	20.8	9.7
D12	2.6	4.3	8.0
D18	9.6	7.8	4.2
BF	38.1	43.4	52.8

40

[各条件式対応値]

f A : - 32.6

f B : 27.2

f w : 18.5

f t : 53.5

f h : 18.5 ~ 67.0

f k : 22.3 ~ 53.5

Z S w : 0.237

50

$L S w : -0.187$
 $Z S t : 0.403$
 $L S t : 0.198$
 $L S : \text{レンズエレメント A で像面補正するときは、} \underline{0.187}$
 $\text{レンズエレメント B で像面補正するときは、} \underline{0.198}$

- (1) $|f_B| < |f_A| :$
 $27.2 < 32.6$
- (2-1) $f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50 :$
 $18.5 \quad 18.5 \sim 67.0 \quad 67.0$ 10
- (2-2) $(|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.50 \quad f_k \quad f_t :$
 $22.3 \quad 22.3 \sim 53.5 \quad 53.5$
- (3) $0.40 < |Z S w| / |L S w| < 1.50 :$
 $0.40 < 1.27 < 1.50$
- (4) $1.00 < |Z S t| / |L S t| < 2.70 :$
 $1.00 < 2.04 < 2.70$
- (5-1) $80.0 < (|f_A| \times f_h) / L S < 230.0 :$
 $80.0 < 131.4 < 230.0$
- (5-2) $80.0 < (|f_B| \times f_k) / L S < 230.0 :$
 $80.0 < 192.7 < 230.0$ 20

【0115】

図6(a)は第2実施例に係る変倍光学系S2の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b)は第2実施例に係る変倍光学系S2の無限遠合焦時の広角端状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図7(a)は第2実施例に係る変倍光学系S2の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b)は第2実施例に係る変倍光学系S2の無限遠合焦時の中間焦点距離状態においてレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図8(a)は第2実施例に係る変倍光学系S2の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b)は第2実施例に係る変倍光学系S2の無限遠合焦時の望遠端状態においてレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。 30

【0116】

各収差図から明らかのように、第2実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0117】

(第3実施例)

図9は、本発明の第3実施例に係る変倍光学系S3の構成を示す図である。

【0118】

図9に示すように、本実施例に係る変倍光学系S3は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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とから構成されている。 40

【0119】

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と両凸レンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

【0120】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成されている。

【0121】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

【0122】

第4レンズ群G4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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、両凹レンズL42と、両凹レンズL43とから構成されている。

【0123】

第5レンズ群G5は、物体側から順に、像面I側が非球面形状になっている両凸レンズL51と、両凸レンズL52と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53とから構成されている。

【0124】

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子(図示省略)が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

【0125】

本実施例に係る変倍光学系S3は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、第5レンズ群G5は物体側へ移動する。

【0126】

また、本実施例に係る変倍光学系S3は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41をレンズエレメントAとし、レンズエレメントAとレンズエレメントAの屈折力と同符号の屈折力を有する両凹レンズL42とでレンズエレメントBを構成し、レンズエレメントBとレンズエレメントBの屈折力と同符号の屈折力を有する両凹レンズL43とでレンズエレメントCを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントBおよびレンズエレメントCを防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れか一つを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

【0127】

本実施例に係る変倍光学系S3では、変倍光学系S3全体の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

【0128】

本実施例に係る変倍光学系S3の広角端状態、中間焦点距離、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.7(mm)、70.0(mm)、188.0(mm)である(下記表4参照)。各焦点距離におけるレンズエレメントA、B、Cの何れかによるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

【0129】

本実施例に係る変倍光学系S3は、広角端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.51であり、焦点距離は18.7(mm)であるので、0.623°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.400(mm)である。

【0130】

また、本実施例に係る変倍光学系S3の中間焦点距離においては、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.99であり、焦点距離は70.0(mm)であるので、0.321°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.399(mm)である。ここで、中間焦点距離においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントAにて行う場合には、防振係数 K は0.82であり、焦点距離は70.0(mm)であるので、0.321°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.479(mm)となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントBで補正したほうがレンズエレメントAで補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 3 の望遠端状態においては、レンズエレメント C にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 2 . 4 6 であり、焦点距離は 1 8 8 . 0 (mm) であるので、0 . 1 9 7 ° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント C の移動量は 0 . 4 0 0 (mm) である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A にて行う場合には、防振係数 K は 1 . 0 4 であり、焦点距離は 1 8 8 . 0 (mm) であるので、0 . 1 9 7 ° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0 . 9 5 1 (mm) である。また、レンズエレメント B にて像ブレを補正する場合には、防振係数 K は 1 . 2 5 であり、焦点距離は 1 8 8 . 0 (mm) であるので、0 . 1 9 7 ° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B の移動量は 0 . 7 9 1 (mm) である。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント C で補正したほうがレンズエレメント A または B で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

10

【 0 1 3 2 】

このように、レンズエレメント A、レンズエレメント B、レンズエレメント C の順に防振係数 K が大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A、B、C の移動量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が多くの量の補正が可能であり、さらにレンズエレメント B よりもレンズエレメント C の方が多くの量の補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能であり、さらにレンズエレメント B よりもレンズエレメント C の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、広角端側ではレンズエレメント A を駆動し、望遠端側に変倍するに従い、順次レンズエレメント B、C を駆動させるように制御すれば、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

20

【 0 1 3 3 】

なお、本実施例においては、レンズエレメント A と B との変更は、第 1 実施例と同様に、全系の焦点距離が一つの所定の値になると行われるように制御されている。また、レンズエレメント B と C との変更についても同様に制御されている。

30

【 0 1 3 4 】

以下の表 3 に、本発明の第 3 実施例に係る変倍光学系 S 3 の諸元値を掲げる。

【 0 1 3 5 】

(表 3) 第 3 実施例

[全体諸元]

	W	M	T
f	18.7	70.0	188.0
FNO	3.64	5.44	6.60
TL	128.6	180.3	216.7

40

f h 18.7 ~ 69.2

f k 48.7 ~ 122.69

f l 86.8 ~ 188.0

[面データ]

面番号	r	d	d	n d
物面				
1)	128.56287	1.8	37.18	1.834
2)	61.71903	9.4	82.57	1.49782
3)	- 368.67603	0.12		

50

4)	55.98016	6.8	82.57	1.49782	
5)	389.22661	D5			
* 6)	43.51896	1.2	47.25	1.77377	
7)	11.20367	6.4			
8)	- 27.87211	1.0	40.66	1.88300	
9)	45.04115	0.15			
10)	26.85149	4.22	23.8	1.84666	
11)	- 30.94189	1.05			
12)	- 19.31231	1.0	46.6	1.80400	
13)	- 58.68682	D13			10
14	絞り	1.63			
15)	31.09309	3.18	82.57	1.49782	
16)	- 66.2335	0.12			
17)	24.20499	4.26	82.57	1.49782	
18)	- 22.11253	0.9	25.45	1.80518	
19)	- 90.15429	D19			
20)	90.00000	0.8	52.77	1.74100	
21)	15.29423	2.5	25.45	1.80518	
22)	33.33188	1.4			
23)	- 450.00000	0.8	63.88	1.51680	20
24)	459.94923	1.2			
25)	- 80.00000	1.2	54.61	1.72916	
26)	183.82631	D26			
27)	275.95449	4.0	82.47	1.49697	
* 28)	- 21.43596	0.08			
29)	55.21481	4.25	70.31	1.48749	
30)	- 30.00000	1.4			
31)	- 15.80000	1.63	37.18	1.83400	
32)	- 31.79204	BF			
像面					30

[非球面データ]

面番号 : 6

= - 45.4463

A4 = 6.97E - 05

A6 = - 5.50E - 07

A8 = 3.61E - 09

A10 = - 1.46E - 11

A 12 = 2.48E - 14

40

面番号 : 28

= - 5.3904

A4 = - 9.11E - 05

A6 = 3.36E - 07

A8 = - 2.85E - 09

A10 = 1.17E - 11

A12 = - 3.50E - 14

[可変間隔データ]

W M T

50

D5	1.0	36.0	56.8
D13	23.1	8.3	1.0
D19	0.9	1.1	2.3
D26	2.9	2.3	2.3
BF	38.7	70.6	92.2

[各条件式対応値]

f A : - 89.0

f B : - 74.1

f C : - 37.2

f w : 18.7

f t : 188.0

f h : 18.7 ~ 69.2

f k : 48.7 ~ 122.69

f l : 86.8 ~ 188.0

Z S w : 0.204

L S w : - 0.400

Z S t : 0.985

L S t : - 0.400

L S : レンズエレメント A で像面補正するときは、0.400レンズエレメント B で像面補正するときは、0.400レンズエレメント C で像面補正するときは、0.400

10

20

$$(6) \quad |f C| < |f B| < |f A| : \\ 37.2 < 74.1 < 89.0$$

$$(7-1) \quad \frac{f w}{18.7} \quad \frac{f h}{18.7 \sim 69.2} \quad (|f C| / |f A|) \times f t \times 0.88 :$$

$$(7-2) \quad (|f C| / |f A|) \times f t \times 0.62 \quad f k \quad (|f C| / |f B|) \times f t \times 1.30 : \\ 48.7 \quad 48.7 \sim 122.69 \quad 122.69$$

30

$$(7-3) \quad (|f C| / |f B|) \times f t \times 0.92 \quad f l \quad f t : \\ 86.8 \quad 86.8 \sim 188.0 \quad 188.0$$

$$(8) \quad 0.40 < |Z S w| / |L S w| < 1.40 : \\ 0.40 < 0.51 < 1.40$$

$$(9) \quad 1.10 < |Z S t| / |L S t| < 2.60 : \\ 1.10 < 2.46 < 2.60$$

$$(10-1) \quad 90.0 < (|f A| \times f h) / L S < 230.0 : \\ 90.0 < 102.0 < 230.0$$

$$(10-2) \quad 90.0 < (|f B| \times f k) / L S < 230.0 : \\ 90.0 < 180.1 < 230.0$$

40

$$(10-3) \quad 90.0 < (|f C| \times f l) / L S < 230.0 : \\ 90.0 < 209.1 < 230.0$$

【 0 1 3 6 】

図 10 (a) は第 3 実施例に係る変倍光学系 S 3 の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b) は第 3 実施例に係る変倍光学系 S 3 の無限遠合焦時の広角端状態においてレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 11 (a) は第 3 実施例に係る変倍光学系 S 3 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b) は第 3 実施例に係る変倍光学系 S 3 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態においてレンズエレメント B で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 12 (a) は第 3 実施例に係る変倍光学系 S 3 の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、

50

(b)は第3実施例に係る変倍光学系S3の無限遠合焦時の望遠端状態においてレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【0137】

各収差図から明らかなように、第3実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0138】

(第4実施例)

図13は、本発明の第4実施例に係る変倍光学系S4の構成を示す図である。

【0139】

図13に示すように、本実施例に係る変倍光学系S4は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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とから構成されている。

【0140】

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と両凸レンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

【0141】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成されている。

【0142】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

【0143】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、両凹レンズL42と、両凸レンズL43と、像面I側が非球面形状になっており、物体側に凹面を向けた凸メニスカスレンズL44と、両凸レンズL45と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL46とから構成されている。

【0144】

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子(図示省略)が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

【0145】

本実施例に係る変倍光学系S4は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4は物体側へ移動する。

【0146】

また、本実施例に係る変倍光学系S4は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41と両凹レンズL42とでレンズエレメントBを構成し、レンズエレメントBとレンズエレメントBの屈折力と異符号の屈折力を有する両凸レンズL43とでレンズエレメントAを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントBをそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

【0147】

本実施例に係る変倍光学系S4では、変倍光学系全系の焦点距離をf、ブレ補正時の防振係数をKとすると、角度θの回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を(f・tanθ) / Kだけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

【0148】

本実施例に係る変倍光学系S4の広角端状態、中間焦点距離、望遠端状態における全系

10

20

30

40

50

の焦点距離 f は、それぞれ 18.7 (mm)、70.1 (mm)、188.0 (mm) である（下記表 5 参照）。各焦点距離におけるレンズエレメント A または B によるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

【0149】

本実施例に係る変倍光学系 S 4 は、広角端状態においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 0.60 であり、焦点距離は 18.7 (mm) であるので、 0.772° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.421 (mm) である。

【0150】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 4 の中間焦点距離においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 0.94 であり、焦点距離は 70.1 (mm) であるので、 0.322° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.421 (mm) である。

【0151】

また、本実施例に係る変倍光学系 S 4 の望遠端状態においては、レンズエレメント B にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 2.31 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.296° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B の移動量は 0.421 (mm) である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A にて行う場合には、防振係数 K は 1.17 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.296° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.834 (mm) となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント B で補正したほうがレンズエレメント A で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

【0152】

このように、本実施例においては、レンズエレメント A、レンズエレメント B の順に防振係数 K が大きくなる。すなわち、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B で像ブレを補正したほうが、より多くの補正が可能となる。全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A、B の移動量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が多くの補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、本実施例においては、広角端側から中間焦点距離に亘る焦点距離ではレンズエレメント A を駆動し、さらに望遠端側ではレンズエレメント B を駆動させるように制御する。そうすると、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

【0153】

以下の表 4 に、本発明の第 4 実施例に係る変倍光学系の諸元値を掲げる。

【0154】

(表 4) 第 4 実施例

[全体諸元]

	W	M	T
f	18.7	70.1	188.0
FNO	3.64	5.60	6.97
TL	130.1	182.0	219.2

f h 18.7 ~ 137.07

f k 45.69 ~ 188.0

[面データ]

面番号 物面	r	d	d	n d	
1)	133.26500	1.4	37.18	1.83400	
2)	63.25833	9.2	82.57	1.49782	
3)	- 305.56559	0.12			
4)	58.40597	6.4	82.57	1.49782	
5)	444.97253	D5			
* 6)	45.03974	1.2	47.25	1.77377	
7)	11.11015	6.4			
8)	- 24.09331	1.0	40.66	1.88300	10
9)	68.33997	0.15			
10)	31.75544	4.22	23.78	1.84666	
11)	- 28.74651	1.05			
12)	- 17.39728	1.0	46.6	1.80400	
13)	- 38.14366	D13			
14	絞り	1.63			
15)	26.85327	3.18	82.57	1.49782	
16)	- 48.92537	0.12			
17)	28.73946	4.26	82.57	1.49782	
18)	- 24.20835	0.9	25.4	1.80518	20
19)	- 150.19371	D19			
20)	- 200.00000	0.8	52.77	1.74100	
21)	19.52804	2.5	25.44	1.80518	
22)	66.76603	2.0			
23)	- 500.00000	0.8	54.61	1.72916	
24)	68.99538	1.2			
25)	184.90012	1.9	63.88	1.51680	
26)	- 57.41433	2.3			
27)	- 29.69333	3.0	82.47	1.49697	
* 28)	- 23.59223	0.08			30
29)	52.67285	4.25	70.31	1.48749	
30)	- 20.13027	1.4			
31)	- 15.95804	1.63	37.18	1.83400	
32)	- 35.63406	BF			
像面					

[非球面データ]

面番号 : 6

= - 42.8927

A4 = 6.52E - 05

A6 = - 4.2 5E - 07

A8 = 2.51E - 09

A10 = - 9.91E - 12

A12 = 1.83E - 14

40

面番号 : 28

= - 7.2004

A4 = - 7.79E - 05

A6 = 4.39E - 07

A8 = - 4.25E - 09

50

$$A10 = 3.18E - 11$$

$$A12 = - 1.36E - 13$$

[可変間隔データ]

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	24.8	8.7	1.0
D19	1.5	1.9	3.7
BF	38.7	71.3	93.5

10

[各条件式対応値]

$$f A : - 82.5$$

$$f B : - 40.1$$

$$f w : 18.7$$

$$f t : 188.0$$

$$f h : 18.7 \sim 137.07$$

$$f k : 45.69 \sim 188.0$$

$$Z S w : 0.252$$

$$L S w : - 0.421$$

$$Z S t : 0.984$$

$$L S t : - 0.426$$

L S : レンズエレメント A で像面補正するときは、0.421
 レンズエレメント B で像面補正するときは、0.426

20

$$(1) \quad |f B| < |f A| : \\ 40.1 < 82.5$$

$$(2-1) \quad \frac{f w}{18.7} \quad \frac{f h}{18.7 \sim 137.07} \quad \left(\frac{|f B|}{|f A|} \right) \times f t \times 1.50 \\ \frac{18.7}{18.7 \sim 137.07} \quad \frac{137.07}{137.07}$$

$$(2-2) \quad \left(\frac{|f B|}{|f A|} \right) \times f t \times 0.50 \quad f k \quad f t : \\ \frac{45.69}{45.69 \sim 188.0} \quad \frac{188.0}{188.0}$$

30

$$(3) \quad 0.40 < |Z S w| / |L S w| < 1.50 : \\ 0.40 < 0.60 < 1.50$$

$$(4) \quad 1.00 < |Z S t| / |L S t| < 2.70 : \\ 1.00 < 2.31 < 2.70$$

$$(5-1) \quad 80.0 < (|f A| \times f h) / L S < 230.0 : \\ 80.0 < 93.297 < 230.0$$

$$(5-2) \quad 80.0 < (|f B| \times f k) / L S < 230.0 : \\ 80.0 < 203.8 < 230.0$$

【 0 1 5 5 】

図 1 4 (a) は第 4 実施例に係る変倍光学系 S 4 の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b) は第 4 実施例に係る変倍光学系 S 4 の無限遠合焦時の広角端状態においてレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 1 5 (a) は第 4 実施例に係る変倍光学系 S 4 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b) は第 4 実施例に係る変倍光学系 S 4 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態においてレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 1 6 (a) は第 4 実施例に係る変倍光学系 S 4 の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b) は第 4 実施例に係る変倍光学系 S 4 の無限遠合焦時の望遠端状態においてレンズエレメント B で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

40

【 0 1 5 6 】

各収差図から明らかなように、第 4 実施例では、広角端状態から望遠端状態において、

50

諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0157】

(第5実施例)

図17は、本発明の第5実施例に係る変倍光学系S5の構成を示す図である。

【0158】

図17に示すように、本実施例に係る変倍光学系S5は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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とから構成されている。

【0159】

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と物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズとの接合レンズL11と、両凸レンズL12とから構成されている。

【0160】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成されている。

【0161】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

【0162】

第4レンズ群G4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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズL42と、物体側に凹面を向けた凸メニスカスレンズL43とから構成されている。

【0163】

第5レンズ群G5は、物体側から順に、像面I側が非球面形状になっており、物体側に凹面を向けた凸メニスカスレンズL51と、両凸レンズL52と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53とから構成されている。

【0164】

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子(図示省略)が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

【0165】

本実施例に係る変倍光学系S5は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、第5レンズ群G5は物体側へ移動する。

【0166】

また、本実施例に係る変倍光学系S5は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41と凹メニスカスレンズL42とでレンズエレメントBを構成し、レンズエレメントBとレンズエレメントBの屈折力と異符号の屈折力を有する凸メニスカスレンズL43とでレンズエレメントAを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントBを防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

【0167】

本実施例に係る変倍光学系S5では、変倍光学系S5全系の焦点距離をf、ブレ補正時の防振係数をKとすると、角度θの回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を($f \cdot \tan \theta$) / Kだけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

【0168】

本実施例に係る変倍光学系S5の広角端状態、中間焦点距離、望遠端状態における全系

10

20

30

40

50

の焦点距離 f は、それぞれ 18.7 (mm)、70.0 (mm)、188.0 (mm) である（下記表 5 参照）。各焦点距離におけるレンズエレメント A または B によるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

【0169】

本実施例に係る変倍光学系 S5 は、広角端状態においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 0.62 であり、焦点距離は 18.7 (mm) であるので、 0.848° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.446 (mm) である。

【0170】

また、本実施例に係る変倍光学系 S5 の中間焦点距離においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 0.99 であり、焦点距離は 70.0 (mm) であるので、 0.360° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.446 (mm) である。

【0171】

また、本実施例に係る変倍光学系 S5 の望遠端状態においては、レンズエレメント B にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 2.21 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.300° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B の移動量は 0.446 (mm) である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A にて行う場合には、防振係数 K は 1.25 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.300° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A の移動量は 0.790 (mm) となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント B で補正したほうがレンズエレメント A で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

【0172】

このように、レンズエレメント A、レンズエレメント B の順に防振係数 K が大きくなる。すなわち、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B で像ブレを補正したほうが、より多くの補正が可能となる。全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A、B の移動量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が多くの補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント A よりもレンズエレメント B の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、本実施例においては、広角端側から中間焦点距離に亘る焦点距離ではレンズエレメント A を駆動し、さらに望遠端側ではレンズエレメント B を駆動させるように制御する。そうすると、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

【0173】

以下の表 5 に、本発明の第 5 実施例に係る光学系の諸元値を掲げる。

【0174】

(表 5) 第 5 実施例

[全体諸元]

	W	M	T
f	18.7	70.0	188.0
FNO	3.55	5.39	6.91
TL	129.7	182.7	222.5

f_h 18.7 ~ 155.0

f_k 51.65 ~ 188.0

[面データ]

面番号 物面	r	d	d	n d	
1)	88.3686	1.4	37.18	1.834	
2)	51.2341	9.8	82.57	1.49782	
3)	588.9823	0.12			
4)	65.0932	6.4	82.57	1.49782	
5)	- 3559.6410	D5			
* 6)	37.4711	1.2	47.25	1.77377	
7)	10.8979	6.4			
8)	- 29.5092	1.0	40.66	1.88300	10
9)	58.3390	0.15			
10)	26.3202	4.22	23.8	1.84666	
11)	- 34.7037	1.05			
12)	- 18.6800	1.0	46.6	1.80400	
13)	- 67.5427	D13			
14	絞り	1.63			
15)	23.9912	3.18	82.57	1.49782	
16)	- 62.5375	0.12			
17)	33.2119	4.26	82.57	1.49782	
18)	- 21.0524	0.9	25.45	1.80518	20
19)	- 74.2470	D19			
20)	358.8111	0.8	52.77	1.74100	
21)	18.2134	2.5	25.45	1.80518	
22)	45.8626	2.0			
23)	- 50.0000	0.8	54.61	1.72916	
24)	- 254.5612	1.2			
25)	- 248.3650	1.9	65.44	1.60300	
26)	- 49.5474	2.3			
27)	- 30.0000	4.0	82.47	1.49697	
* 28)	- 20.4714	0.08			30
29)	43.8397	4.25	70.31	1.48749	
30)	- 31.5343	1.4			
31)	- 16.1983	1.63	37.18	1.83400	
32)	- 30.0990	BF			
像面					

[非球面データ]

面番号 : 6

= - 30.2672

A4 = 7.83E - 05

A6 = - 5.54E - 07

A8 = 3.32E - 09

A10 = - 1.18E - 11

A12 = 1.88E - 14

40

面番号 : 28

= - 4.9613

A4 = - 9.15E - 05

A6 = 3.67E - 07

A8 = - 3.27E - 09

50

$$A10 = 1.76E - 11$$

$$A12 = - 6.39E - 14$$

[可変間隔データ]

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	23.9	8.3	1.0
D19	0.9	0.9	1.9
D26	1.8	1.8	2.3
BF	38.7	72.4	96.6

10

[各条件式対応値]

$$f A : - 76.8$$

$$f B : - 42.2$$

$$f w : 18.7$$

$$f t : 188.0$$

$$f h : 18.7 \sim 155.0$$

$$f k : 51.65 \sim 188.0$$

$$Z S w : 0.279$$

$$L S w : - 0.45$$

$$Z S t : 0.560$$

$$L S t : - 0.45$$

L S : レンズエレメント A で像面補正するときは、0.45
 レンズエレメント B で像面補正するときは、0.45

20

$$(1) \quad | f B | < | f A | : \\ 42.2 < 76.8$$

$$(2 - 1) \quad \frac{f w}{18.7} \quad \frac{f h}{18.7 \sim 155.0} \quad (| f B | / | f A |) \times f t \times 1.50 :$$

$$(2 - 2) \quad (| f B | / | f A |) \times f t \times 0.50 \quad f k \quad f t : \\ 51.65 \quad 51.65 \sim 188.0 \quad 188.0$$

30

$$(3) \quad 0.40 < | Z S w | / | L S w | < 1.50 : \\ 0.40 < 0.62 < 1.50$$

$$(4) \quad 1.00 < | Z S t | / | L S t | < 2.70 : \\ 1.00 < 1.24 < 2.70$$

$$(5 - 1) \quad 80.0 < (| f A | \times f h) / L S < 230.0 : \\ 80.0 < 84.2 < 230.0$$

$$(5 - 2) \quad 80.0 < (| f B | \times f k) / L S < 230.0 : \\ 80.0 < 197.9 < 230.0$$

【 0 1 7 5 】

40

図 18 (a) は第 5 実施例に係る変倍光学系 S 5 の無限遠合焦時の広角端状態での諸収差図であり、(b) は第 5 実施例に係る変倍光学系 S 5 の無限遠合焦時の広角端状態においてレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 19 (a) は第 5 実施例に係る変倍光学系 S 5 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での諸収差図であり、(b) は第 5 実施例に係る変倍光学系 S 5 の無限遠合焦時の中間焦点距離状態においてレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。また、図 20 (a) は第 5 実施例に係る変倍光学系 S 5 の無限遠合焦時の望遠端状態での諸収差図であり、(b) は第 5 実施例に係る変倍光学系 S 5 の無限遠合焦時の望遠端状態においてレンズエレメント B で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

【 0 1 7 6 】

50

各収差図から明らかなように、第5実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0177】

このように、上記各実施例によれば、好適な防振機能を有する変倍光学系を実現することができる。

【0178】

ここで、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。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することが可能である。

【0179】

本発明の変倍光学系の数値実施例として4群または5群構成のものを示したが、本発明はこれに限られず、他の群構成（例えば6群等）の変倍光学系を構成することも可能である。具体的には、本発明の変倍光学系の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。なお、レンズ群とは、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。

【0180】

また、本発明の変倍光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、1つのレンズ群全体、あるいは複数のレンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させる構成としても良い。合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ等による駆動にも適している。特に第1または第2レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とすることが好ましい。

【0181】

また、本発明の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面または平面としても良く、あるいは非球面としても良い。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工およ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止することができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、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の非球面でも良い。また、レンズ面は回折面としても良く、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。

【0182】

また、本発明の変倍光学系の開口絞りは防振レンズ群近傍に配置されることが好ましいが、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用しても良い。

【0183】

また、本発明の光学系を構成するレンズのレンズ面に、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。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの光学性能を達成することができる。

【0184】

また、本発明の変倍光学系は、変倍比が3～20倍程度である。

【0185】

次に、本発明の変倍光学系を備えた光学機器について説明する。

【0186】

図21は、本発明の変倍光学系Sを備えたデジタル一眼レフカメラの概略を示す断面図である。図21に示すデジタル一眼レフカメラ1において、図示しない物体（被写体）からの光は、変倍光学系Sで集光されて、クイックリターンミラー3を介して集点板5に結像される。そして、集点板5に結像された光は、ペンタプリズム7中で複数回反射されて接眼レンズ9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9を介して正立像として観察することができる。

【0187】

10

20

30

40

50

また、撮影者によって図示しないレリーズ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Sで集光された物体(被写体)の光は撮像素子11上に被写体像を形成する。これにより、物体からの光は、撮像素子11により撮像され、物体画像としてメモリ(図示省略)に記憶される。このようにして、撮影者はカメラによる物体の撮影を行うことができる。

【0188】

以上の構成により、本発明に係る変倍光学系Sを備えたデジタル一眼レフカメラ1は、好適な防振機能を備え、諸収差を良好に補正し、高い光学性能を実現することができる。なお、図21のカメラ1は、撮影レンズを着脱可能に保持するものでも良く、撮影レンズと一体に成形されるものでも良い。また、カメラは、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カメラでも良い。

10

【0189】

次に、本発明の撮影レンズの製造方法について説明する。

【0190】

図22、図23は、本発明に係る変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

【0191】

本発明の変倍光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、図22に示すように、以下の各ステップST1~ST3を含むものである。

【0192】

20

ステップST1：第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成する。

【0193】

ステップST2：広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成する。

【0194】

ステップST3：次の条件式(1)、(2-1)、および(2-2)を満足するようにする。

30

【0195】

$$(1) \quad |f_B| < |f_A|$$

$$(2-1) \quad f_w \quad f_h \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 1.50$$

$$(2-2) \quad (|f_B| / |f_A|) \times f_t \times 0.50 \quad f_k \quad f_t$$

ただし、

- fA：第1レンズエレメントの焦点距離
- fB：第2レンズエレメントの焦点距離
- fW：広角端状態での変倍光学系全系の焦点距離
- fT：望遠端状態での変倍光学系全系の焦点距離
- fH：第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- fK：第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

40

【0196】

また、本発明の変倍光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する変倍光学系の製造方法であって、図23に示すように、以下の各ステップST1~ST3を含むものである。

【0197】

ステップST1：第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成する。

【0198】

ステップST2：広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記

50

望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成する。

【0199】

ステップST3：次の条件式(6)、(7-1)、(7-2)、および(7-3)を満足するようにする。

【0200】

$$\begin{aligned}
 (6) \quad & |f_C| < |f_B| < |f_A| \\
 (7-1) \quad & f_w \quad f_h \quad (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.88 \\
 (7-2) \quad & (|f_C| / |f_A|) \times f_t \times 0.62 \quad f_k \quad (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 1.30 \\
 (7-3) \quad & (|f_C| / |f_B|) \times f_t \times 0.92 \quad f_l \quad f_t
 \end{aligned}$$

ただし、

- f A：第1レンズエレメントの焦点距離
- f B：第2レンズエレメントの焦点距離
- f C：第3レンズエレメントの焦点距離
- f w：広角端での変倍光学系全系の焦点距離
- f t：望遠端での変倍光学系全系の焦点距離
- f h：第1レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- f k：第2レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離
- f l：第3レンズエレメントで像面補正を行うときの変倍光学系全系の焦点距離

【0201】

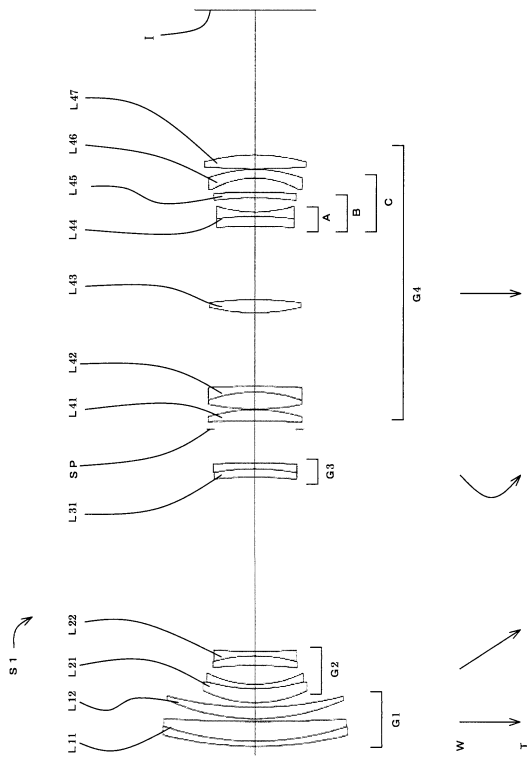
斯かる本発明の変倍光学系の製造方法により、好適な変倍光学系を実現することができる。

【符号の説明】

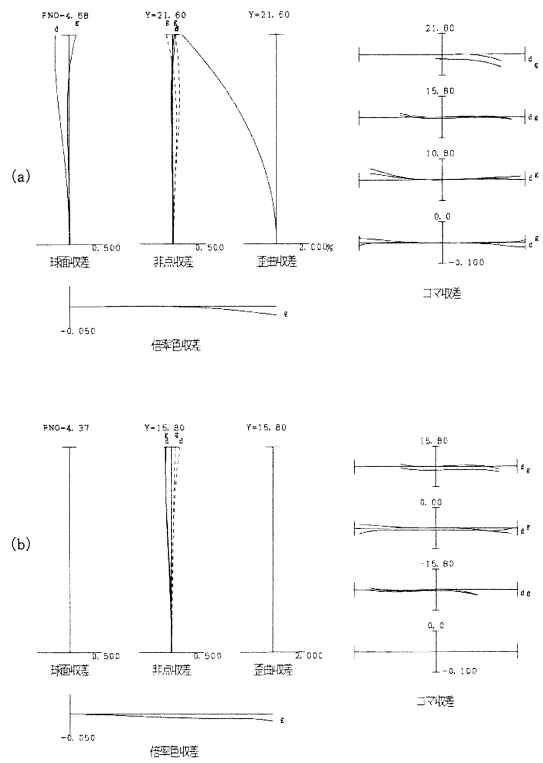
【0202】

- S 1 ~ S 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
- S P 開口絞り
- I 像面
- 1 光学機器
- 3 クイックリターンミラー
- 5 集点板
- 7 ペンタプリズム
- 9 接眼レンズ
- 1 1 撮像素子
- 2 1 制御部
- 2 3 角速度センサ
- 2 5 a、b レンズエレメント
- 2 7 駆動装置
- 2 9 レンズ鏡筒
- 3 1 撮像装置

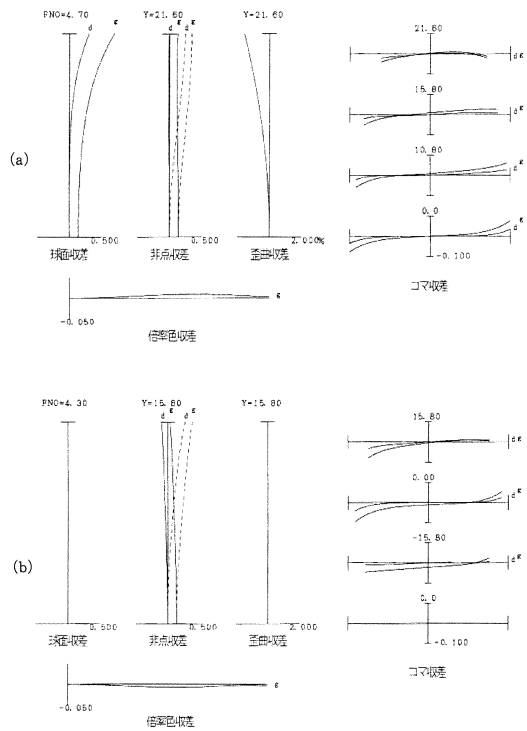
【 図 1 】



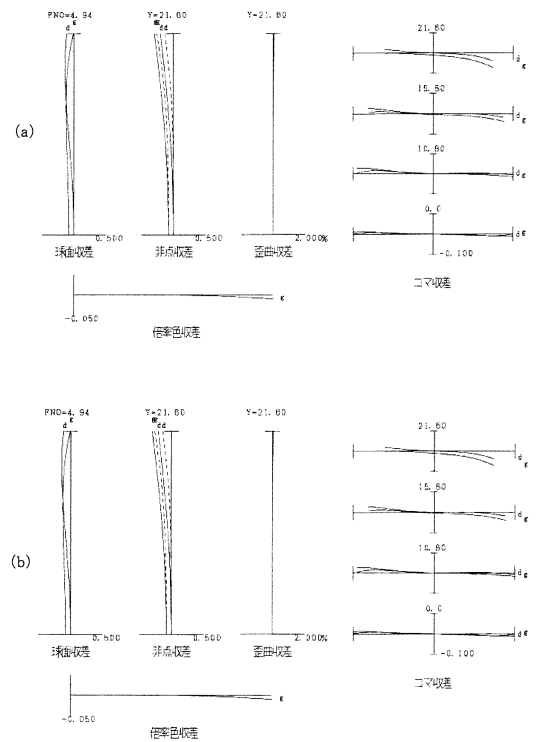
【 図 2 】



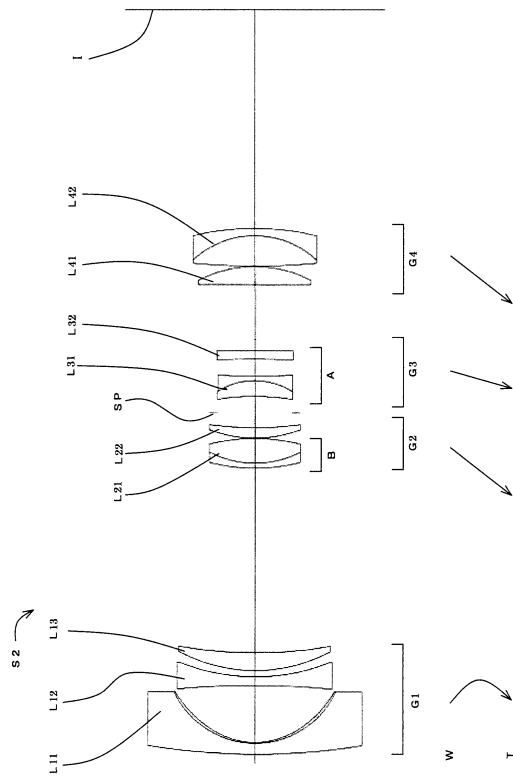
【 図 3 】



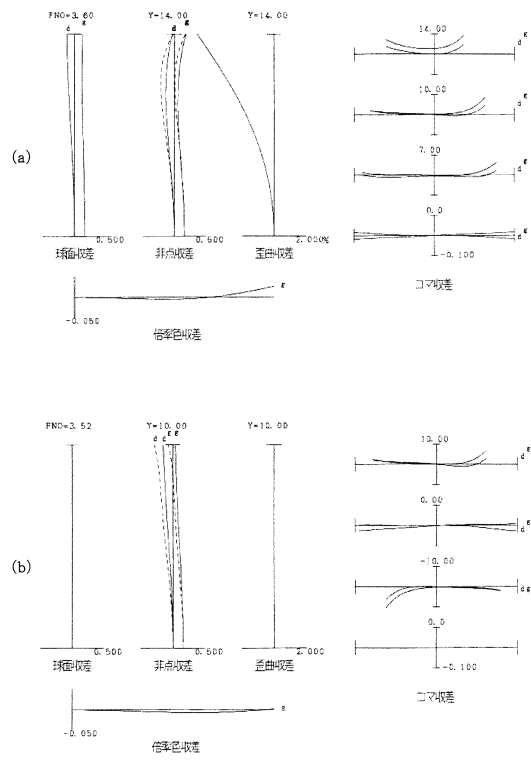
【 図 4 】



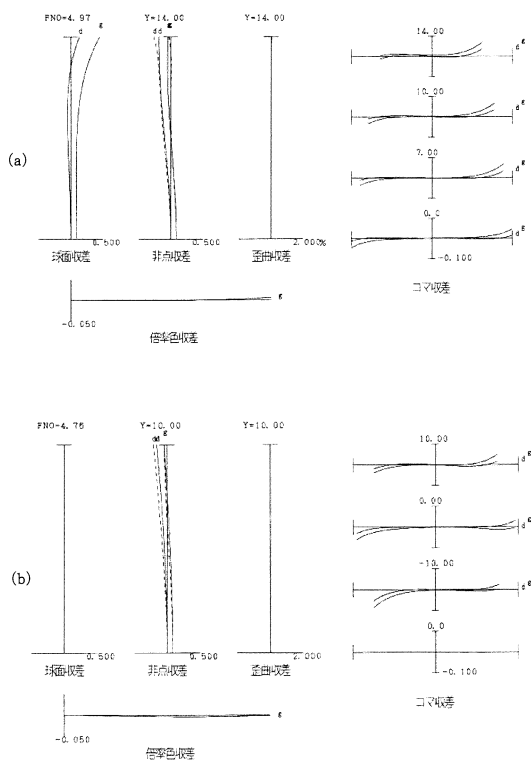
【 図 5 】



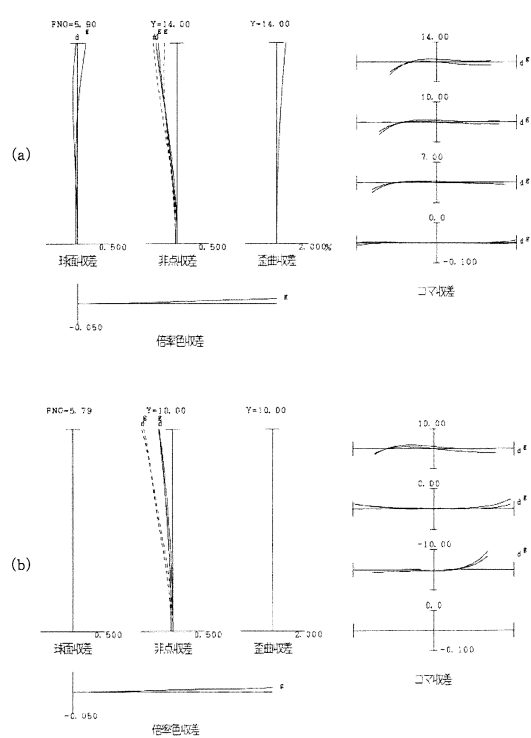
【 図 6 】



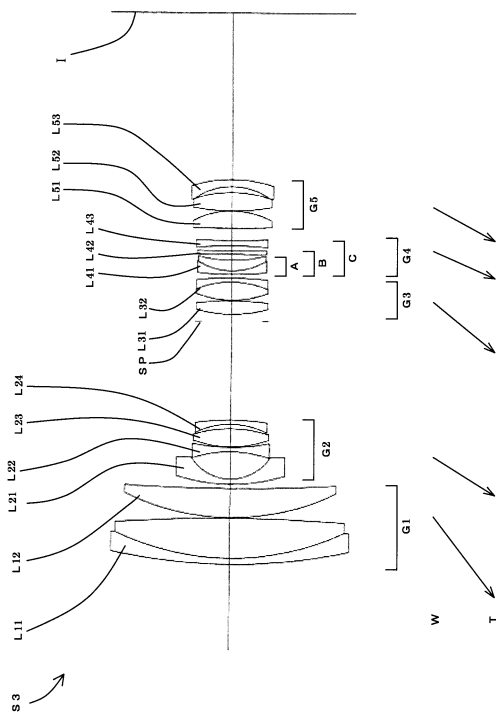
【 図 7 】



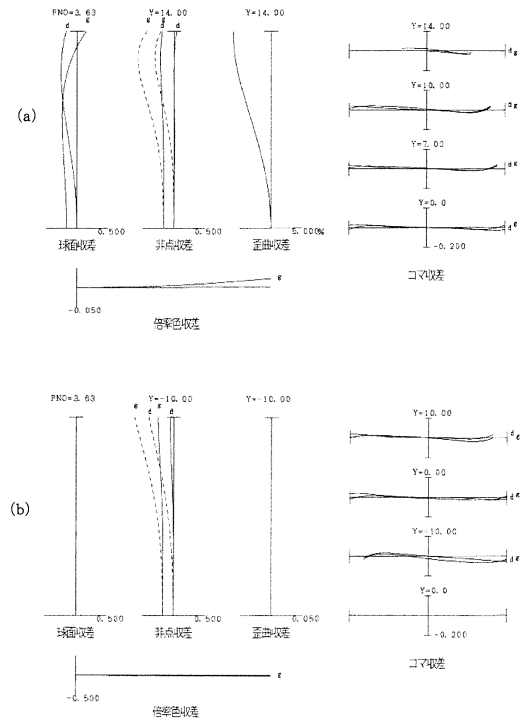
【 図 8 】



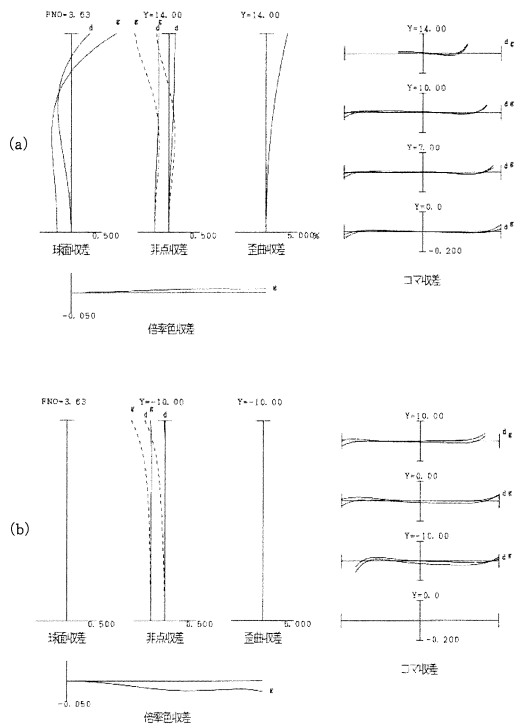
【图 9】



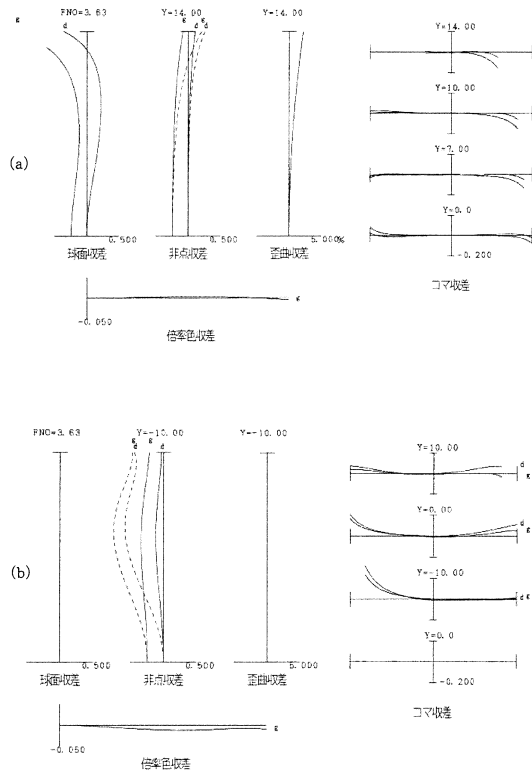
【图 10】



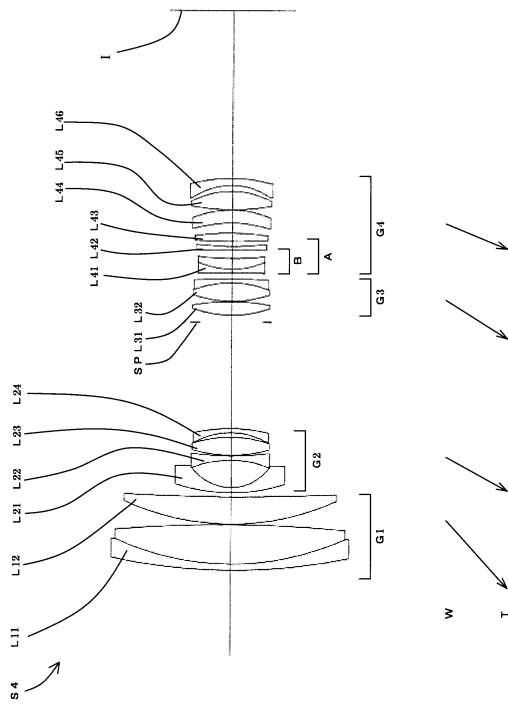
【图 11】



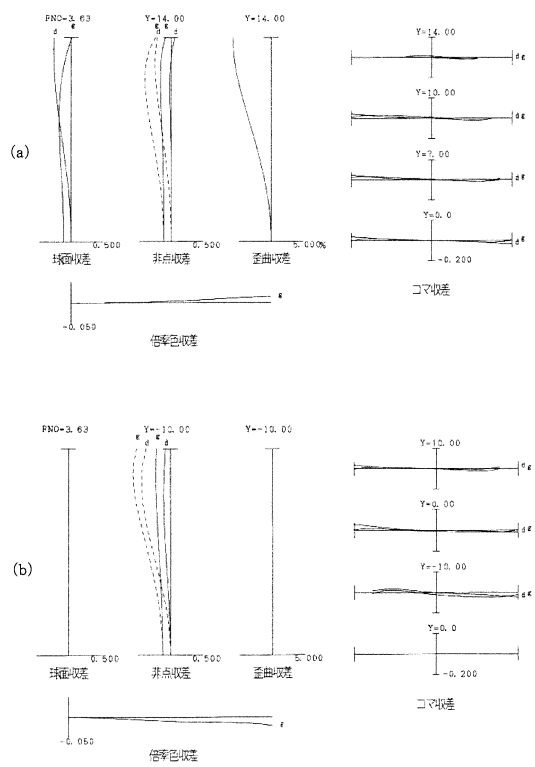
【图 12】



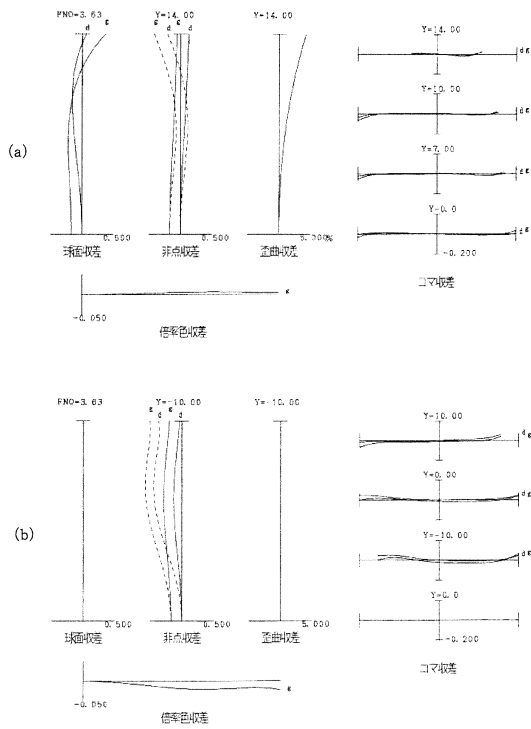
【図13】



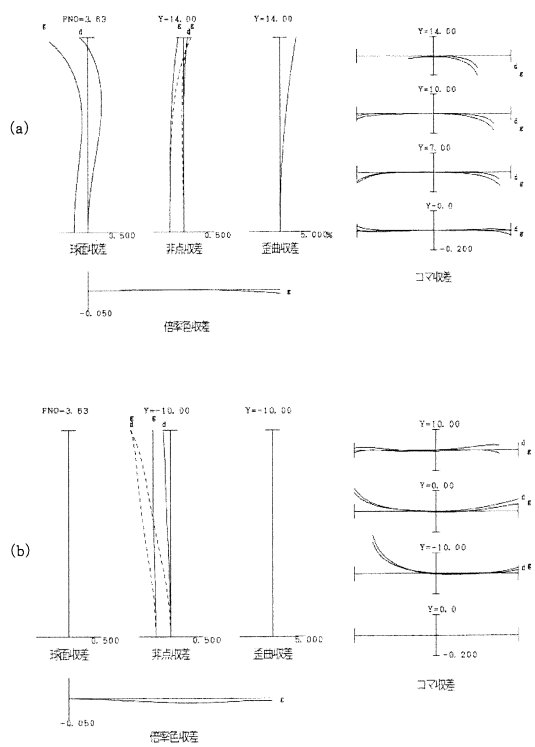
【図14】



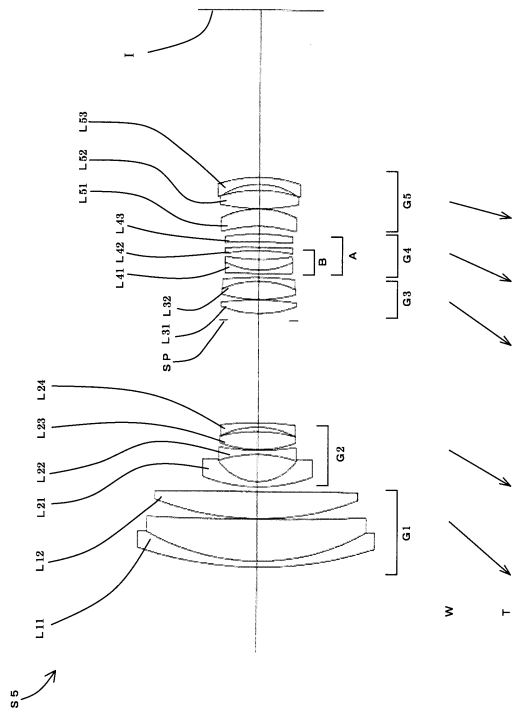
【図15】



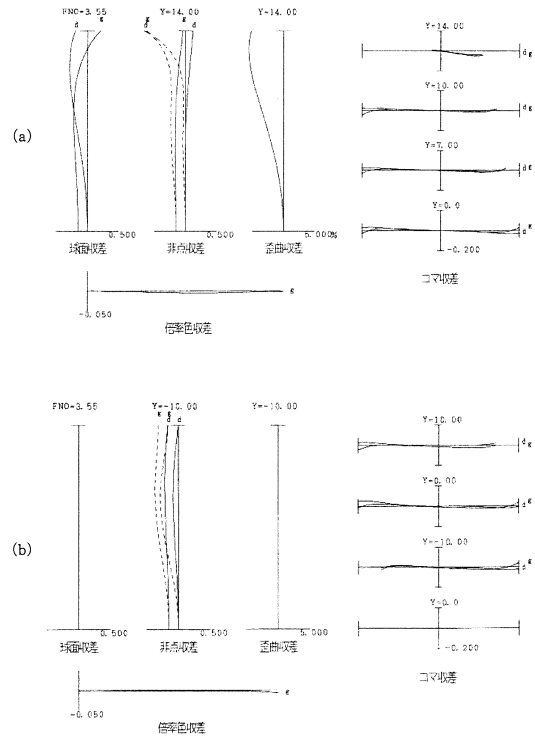
【図16】



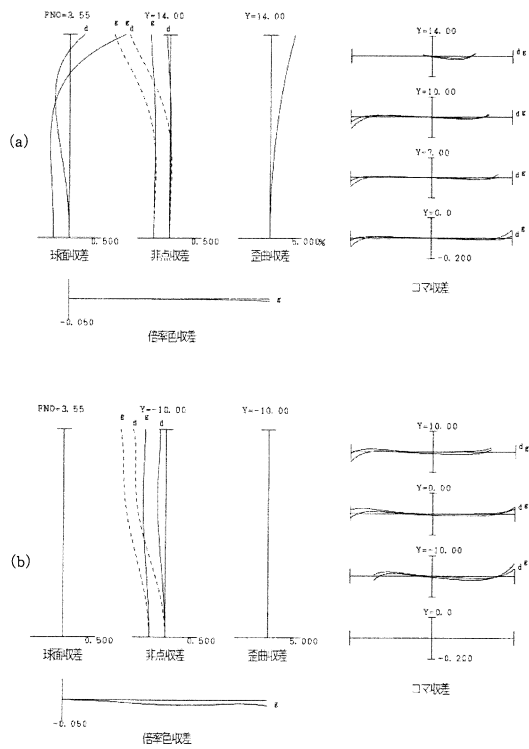
【 図 17 】



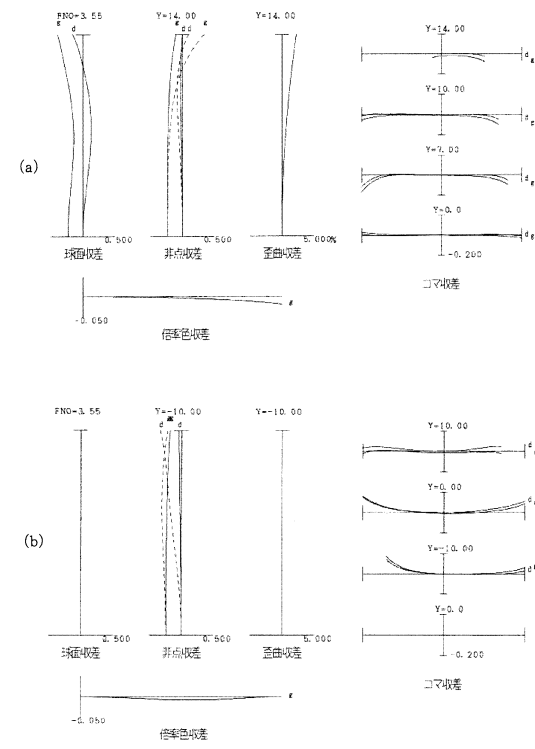
【 図 18 】



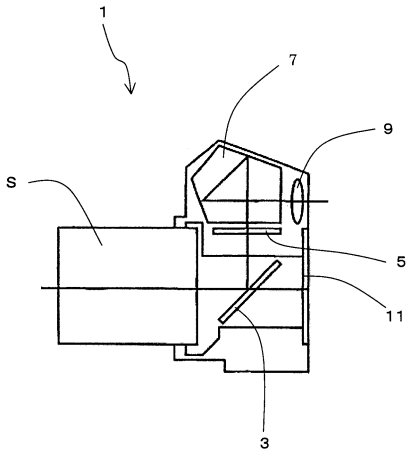
【 図 19 】



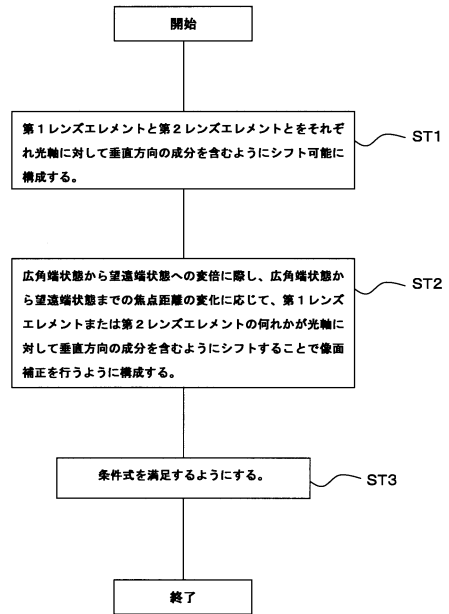
【 図 20 】



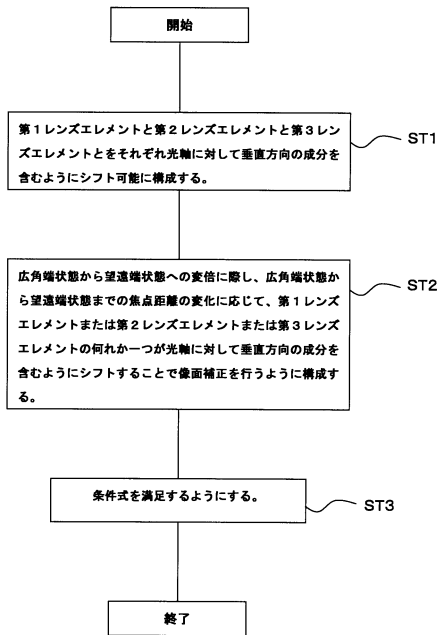
【図 2 1】



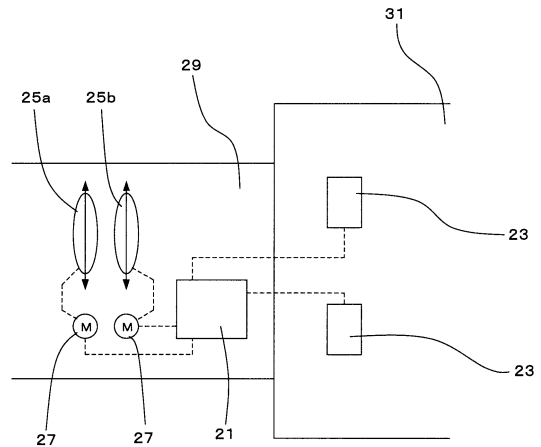
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

審査官 堀井 康司

- (56)参考文献 特開平01 - 116619 (JP, A)
特開平07 - 027978 (JP, A)
特開2003 - 295250 (JP, A)
特開2002 - 250952 (JP, A)
特開平06 - 082889 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B21/02 - 21/04
G02B25/00 - 25/04