

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6070054号
(P6070054)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.		F I	
G02B 15/20	(2006.01)	G02B 15/20	
G02B 13/18	(2006.01)	G02B 13/18	
G03B 5/00	(2006.01)	G03B 5/00	J
H04N 5/232	(2006.01)	H04N 5/232	Z
		H04N 5/232	A

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2012-233964 (P2012-233964)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都港区港南二丁目15番3号
(22) 出願日	平成24年10月23日(2012.10.23)	(74) 代理人	100077919 弁理士 井上 義雄
(65) 公開番号	特開2014-85491 (P2014-85491A)	(74) 代理人	100153899 弁理士 相原 健一
(43) 公開日	平成26年5月12日(2014.5.12)	(74) 代理人	100172638 弁理士 伊藤 隆治
審査請求日	平成27年9月18日(2015.9.18)	(74) 代理人	100159363 弁理士 井上 淳子
		(72) 発明者	山下 雅史 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】 変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法

(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、正の屈折力の第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群、又は負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力の第5レンズ群とにより実質的に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時に、少なくとも前記第1レンズ群と、前記第4レンズ群、又は前記第4レンズ群と前記第5レンズ群とが物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群全体が光軸方向へ移動し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群の少なくとも一方中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

前記防振レンズ群が負の屈折力を有し、

以下の条件式を満足し、

$$0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20$$

但し、

f_{VR} : 前記防振レンズ群の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有することを特徴とする変倍光学系。

1.92 < n d 1

但し、

n d 1 : 前記第 1 レンズ群中の前記負レンズの d 線 (波長 5 8 7 . 6 n m) に対する屈折率

【請求項 2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の変倍光学系。

$$0.10 < (-f2) / f3 < 0.38$$

但し、

f 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

10

【請求項 3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の変倍光学系。

$$0.60 < f1 / f3 < 2.60$$

但し、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

【請求項 4】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$5.00 < f1 / (-f2) < 10.00$$

但し、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

20

【請求項 5】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.42 < f3 / fR < 0.80$$

但し、

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f R : 広角端状態における前記 4 個のレンズ群の第 4 レンズ群の焦点距離、又は前記 5 個のレンズ群の第 4 レンズ群と第 5 レンズ群の合成焦点距離

30

【請求項 6】

前記防振レンズ群が正レンズと負レンズとからなる接合レンズで構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 7】

広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第 2 レンズ群が光軸方向へ移動することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 8】

広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第 3 レンズ群が光軸方向へ移動することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

40

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。

【請求項 10】

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、正の屈折力の第 4 レンズ群とにより実質的に 4 個のレンズ群、又は負の屈折力の第 4 レンズ群と、正の屈折力の第 5 レンズ群とにより実質的に 5 個のレンズ群からなる変倍光学系の製造方法であって、

広角端状態から望遠端状態への変倍時に、少なくとも前記第 1 レンズ群と、前記第 4 レンズ群、又は前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群とが物体側へ移動し、隣り合う各レン

50

ズ群の間隔が変化するようにし、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群全体が光軸方向へ移動するようにし、

前記第4レンズ群と前記第5レンズ群の少なくとも一方中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動するようにし、

前記防振レンズ群が負の屈折力を有するようにし、

前記第3レンズ群と前記防振レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

$$0.20 < (-fVR) / f3 < 1.20$$

但し、

fVR : 前記防振レンズ群の焦点距離

$f3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有するようにすることを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$1.92 < nd1$$

但し、

$nd1$: 前記第1レンズ群中の前記負レンズのd線(波長587.6nm)に対する屈折率

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

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

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-251114号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述のような従来の変倍光学系は、高変倍比化、小型化及び高性能化が十分に図られていないという問題があった。

【0005】

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系、光学装置、及び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】

【0006】

上記課題を解決するために本発明は、

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、正の屈折力の第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群、又は負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力の第5レンズ群とにより実質的に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時に、少なくとも前記第1レンズ群と、前記第4レンズ群、又は前記第4レンズ群と前記第5レンズ群とが物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群全体が光軸方向へ移動し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群の少なくとも一方中の少なくとも一部のレンズが

10

20

30

40

50

防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

前記防振レンズ群が負の屈折力を有し、

以下の条件式を満足し、

$$0.20 < (-fVR) / f3 < 1.20$$

但し、

fVR : 前記防振レンズ群の焦点距離

$f3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$1.92 < nd1$$

但し、

$nd1$: 前記第1レンズ群中の前記負レンズの d 線 (波長 587.6nm) に対する屈折率

【0007】

また本発明は、

前記変倍光学系を有することを特徴とする光学装置を提供する。

【0008】

また本発明は、

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、正の屈折力の第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群、又は負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力の第5レンズ群とにより実質的に5個のレンズ群からなる変倍光学系の製造方法であって、

広角端状態から望遠端状態への変倍時に、少なくとも前記第1レンズ群と、前記第4レンズ群、又は前記第4レンズ群と前記第5レンズ群とが物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するようにし、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群全体が光軸方向へ移動するようにし、

前記第4レンズ群と前記第5レンズ群の少なくとも一方中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動するようにし、

前記防振レンズ群が負の屈折力を有するようにし、

前記第3レンズ群と前記防振レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

$$0.20 < (-fVR) / f3 < 1.20$$

但し、

fVR : 前記防振レンズ群の焦点距離

$f3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有するようにすることを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

$$1.92 < nd1$$

但し、

$nd1$: 前記第1レンズ群中の前記負レンズの d 線 (波長 587.6nm) に対する屈折率

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系、光学装置、及び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】

【0010】

【図1】(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

10

20

30

40

50

【図2】(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図3】(a)、及び(b)はそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図4】(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

【図5】(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

10

【図6】(a)、及び(b)はそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

【図7】(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

【図8】(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図9】(a)、及び(b)はそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

20

【図10】本願の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

【図11】本願の変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本願の変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法について説明する。

本願の変倍光学系は、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、後側レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、少なくとも前記第1レンズ群と前記後側レンズ群とが物体側へ移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、及び前記第3レンズ群と前記後側レンズ群との間隔が変化し、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群全体が光軸方向へ移動し、前記後側レンズ群中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、前記防振レンズ群が負の屈折力を有し、以下の条件式(1)を満足することを特徴としている。

30

$$(1) \quad 0.20 < (-fVR) / f3 < 1.20$$

但し、

fVR : 前記防振レンズ群の焦点距離

$f3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

40

【0012】

上記のように本願の変倍光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦を、第3レンズ群全体を光軸方向へ移動させることによって行う。この構成により、近距離物体合焦時の像面湾曲の変動を抑えることができるので好ましい。

上記のように本願の変倍光学系は、後側レンズ群中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、防振レンズ群が負の屈折力を有する。これにより、手ぶれ発生時の像ぶれの補正、即ち防振を行うことができる。また、小径のレンズ群で防振を行うことができるため、防振機構の小型軽量化、延いてはレンズ鏡筒の小型化を図ることができるので好ましい。

【0013】

50

条件式(1)は、第3レンズ群の焦点距離に対して防振レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の変倍光学系は、条件式(1)を満足することにより、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差と、防振時の偏芯コマ収差を良好に補正することができる。

本願の変倍光学系の条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を1.00とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、防振レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、防振時に偏芯コマ収差の発生を招いてしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(1)の下限値を0.40とすることがより好ましい。

以上の構成により、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系を実現することができる。

【0014】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0.10 < (-f2) / f3 < 0.38$$

但し、

f2：前記第2レンズ群の焦点距離

f3：前記第3レンズ群の焦点距離

【0015】

条件式(2)は、第3レンズ群の焦点距離に対して第2レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の変倍光学系は、条件式(2)を満足することにより、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差と、広角端状態における像面湾曲を良好に補正することができる。

本願の変倍光学系の条件式(2)の対応値が上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(2)の上限値を0.36とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、広角端状態において像面湾曲を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(2)の下限値を0.15とすることがより好ましい。

【0016】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.60 < f1 / f3 < 2.60$$

但し、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

f3：前記第3レンズ群の焦点距離

【0017】

条件式(3)は、第3レンズ群の焦点距離に対する第1レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の変倍光学系は、条件式(3)を満足することにより、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差と、望遠端状態における球面収差を良好に補正することができる。

本願の変倍光学系の条件式(3)の対応値が上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(3)の上限値を2.50とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式(3)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、望遠端状態において球面収差の発生を招いてしまうので

10

20

30

40

50

好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(3)の下限値を0.40とすることがより好ましい。

【0018】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 5.00 < f1 / (-f2) < 10.00$$

但し、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

f2：前記第2レンズ群の焦点距離

【0019】

条件式(4)は、第2レンズ群の焦点距離に対して第1レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の変倍光学系は、条件式(4)を満足することにより、広角端状態における像面湾曲と、望遠端状態における球面収差を良好に補正することができる。

本願の変倍光学系の条件式(4)の対応値が上限値を上回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、広角端状態において像面湾曲を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を8.00とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式(4)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、望遠端状態において球面収差の発生を招いてしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を6.00とすることがより好ましい。

【0020】

また本願の変倍光学系は、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 0.42 < f3 / fR < 0.80$$

但し、

f3：前記第3レンズ群の焦点距離

fR：広角端状態における前記後側レンズ群の焦点距離

【0021】

条件式(5)は、第3レンズ群の焦点距離に対して広角端状態における後側レンズ群の焦点距離を規定したものである。なお、後側レンズ群が複数のレンズ群で構成される場合には、fRは当該複数のレンズ群の広角端状態における合成焦点距離を示す。本願の変倍光学系は、条件式(5)を満足することにより、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差と、防振時の偏芯コマ収差を良好に補正することができる。

本願の変倍光学系の条件式(5)の対応値が上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、望遠端状態における近距離物体合焦時の球面収差を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(5)の上限値を1.00とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、後側レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、防振時に偏芯コマ収差の発生を招いてしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を0.40とすることがより好ましい。

【0022】

また本願の変倍光学系は、前記防振レンズ群が正レンズと負レンズとからなる接合レンズで構成されていることが望ましい。この構成により、防振時の偏芯コマ収差を良好に補正することができる。

【0023】

また本願の変倍光学系は、前記第1レンズ群が以下の条件式(6)を満足する負レンズを有することが望ましい。

$$(6) \quad 1.90 < nd1$$

但し、

nd1：前記第1レンズ群中の前記負レンズのd線(波長587.6nm)に対する屈折

10

20

30

40

50

率

【0024】

条件式(6)は、第1レンズ群中の前記負レンズのd線(波長587.6nm)に対する屈折率を規定したものである。本願の変倍光学系は、条件式(6)を満足することにより、望遠端状態において球面収差を良好に補正することができる。

本願の変倍光学系の条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、望遠端状態において球面収差を補正することが困難になってしまうので好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(6)の下限値を1.92とすることがより好ましい。

【0025】

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第2レンズ群が光軸方向へ移動することが望ましい。この構成により、像面湾曲を良好に補正することができる。

10

【0026】

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第3レンズ群が光軸方向へ移動することが望ましい。この構成により、球面収差を良好に補正することができる。

【0027】

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第1レンズ群が光軸方向へ移動することが望ましい。この構成により、さらなる高変倍比化を達成することができる。

20

【0028】

本願の光学装置は、上述した構成の変倍光学系を有することを特徴としている。これにより、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた光学装置を実現することができる。

【0029】

本願の変倍光学系の製造方法は、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、後側レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、少なくとも前記第1レンズ群と前記後側レンズ群とが物体側へ移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、及び前記第3レンズ群と前記後側レンズ群との間隔が変化するようにし、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群全体が光軸方向へ移動するようにし、前記後側レンズ群中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動するようにし、前記防振レンズ群が負の屈折力を有するようにし、前記第3レンズ群と前記防振レンズ群が以下の条件式(1)を満足するようにすることを特徴としている。これにより、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系を製造することができる。

30

$$(1) \quad 0.20 < (-fVR) / f3 < 1.20$$

但し、

fVR：前記防振レンズ群の焦点距離

40

f3：前記第3レンズ群の焦点距離

【0030】

以下、本願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。

【0031】

(第1実施例)

図1(a)、図1(b)、及び図1(c)はそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

本実施例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、正の屈折力を有する後側レンズ群GRとから構成されている。なお、後側レンズ群GRは

50

、物体側から順に、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。

【0032】

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と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。なお、第2レンズ群G2において最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

10

第3レンズ群G3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L31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズからなる。なお、第3レンズ群G3の物体側には、開口絞りSが備えられている。

【0033】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G41と、負の屈折力を有する第2部分群G42とからなる。

第1部分群G41は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42との接合レンズからなる。

第2部分群G42は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL43と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL44との接合レンズからなる。なお、第2部分群G42において最も物体側に位置する負レンズL43は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

20

第5レンズ群G5は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL51と、両凸形状の正レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズとからなる。なお、第5レンズ群G5において最も物体側に位置する正レンズL51は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

【0034】

以上の構成の下、本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第1レンズ群G1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との空気間隔が変化し、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、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5が光軸に沿って物体側へ移動し、第2レンズ群G2及び開口絞りSが光軸に沿って移動する。

30

また本実施例に係る変倍光学系は、第3レンズ群G3全体を光軸に沿って像側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0035】

また本実施例に係る変倍光学系は、手ぶれ等の発生時に、第4レンズ群G4中の第2部分群G42のみを防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

40

ここで、レンズ全系の焦点距離が f 、防振係数（防振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）が K であるレンズにおいて、角度 θ の回転ぶれを補正するためには、防振レンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向へ移動させればよい。

したがって、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が -1.03 、焦点距離が 10.30 (mm)であるため、 0.62° の回転ぶれを補正するための第2部分群G42の移動量は -0.11 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.87 、焦点距離が 97.00 (mm)であるため、 0.20° の回転ぶれを補正するための第2部分群G42の移動量は -0.18 (mm)となる。

【0036】

50

以下の表 1 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

表 1 において、f は焦点距離、B F はバックフォーカス（最も像側のレンズ面と像面 I との光軸上の距離）を示す。

[面データ]において、面番号は物体側から数えた光学面の順番、r は曲率半径、d は面間隔（第n面（nは整数）と第n+1面との間隔）、n d は d 線（波長 5 8 7 . 6 nm）に対する屈折率、d は d 線（波長 5 8 7 . 6 nm）に対するアッペ数をそれぞれ示している。また、物面は物体面、可変は可変の面間隔、絞りSは開口絞りS、像面は像面 I をそれぞれ示している。なお、曲率半径 r = は平面を示している。また、非球面には面番号に * 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。

【 0 0 3 7 】

10

[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非球面係数及び円錐定数を示す。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{ 1 - (h / r)^2 \}^{1 / 2}] + A4 h^4 + A6 h^6 + A8 h^8 + A10 h^{10}$$

ここで、h を光軸に垂直な方向の高さ、x を高さ h における非球面の頂点の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離（サグ量）、を円錐定数、A4, A6, A8, A10 を非球面係数、r を基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）とする。なお、「E - n」（n は整数）は「x 10⁻ⁿ」を示し、例えば「1.234E-05」は「1.234 x 10⁻⁵」を示す。2 次の非球面係数 A2 は 0 であり、記載を省略している。

【 0 0 3 8 】

20

[各種データ]において、F N O は F ナンバー、2 は画角（単位は「°」）、Y は像高、T L は変倍光学系の全長（第 1 面から像面 I までの光軸上の距離）、dn は第 n 面と第 n+1 面との可変の間隔、は 0 . 4 5 mm の被写体に合焦を行った場合の撮影倍率をそれぞれ示す。なお、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。

[レンズ群データ]には、各レンズ群の始面と焦点距離を示す。

[条件式対応値]には、本実施例に係る変倍光学系の各条件式の対応値を示す。

【 0 0 3 9 】

ここで、表 1 に掲載されている焦点距離 f、曲率半径 r 及びその他の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、比例拡大又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。

30

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。

【 0 0 4 0 】

(表 1) 第 1 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	149.869	1.600	1.94967	27.56
2	44.374	6.840	1.49782	82.51
3	-243.506	0.100	1.00000	
4	45.376	5.351	1.86790	41.78
5	311.414	可変	1.00000	
* 6	89.024	1.200	1.83481	42.73
7	8.490	3.758	1.00000	
8	-15.726	1.000	1.83481	42.73
9	250.000	0.100	1.00000	
10	25.275	3.293	1.80809	22.74
11	-17.475	0.548	1.00000	

40

50

12	-12.620	1.000	1.81600	46.59	
13	-33.425	可変	1.00000		
14(絞リS)		可変	1.00000		
15	29.168	1.000	1.88904	39.77	
16	18.240	3.207	1.59313	66.16	
17	-26.526	可変	1.00000		
18	14.286	3.565	1.49782	82.51	10
19	-21.978	1.000	1.90200	25.23	
20	-82.840	2.205	1.00000		
* 21	-52.307	1.000	1.84898	43.01	
22	9.141	2.692	1.95000	29.37	
23	25.864	可変	1.00000		
* 24	35.441	3.335	1.58913	61.22	
25	-21.319	0.300	1.00000		
26	42.310	4.403	1.58144	40.98	
27	-10.198	1.200	1.95400	33.46	20
28	-300.472	B F	1.00000		

像面

[非球面データ]

面番号		A4	A6	A8	A10
6	1.00000	3.46E-05	-1.39E-07	-5.60E-11	1.26E-11
21	1.00000	1.74E-06	1.28E-07	-2.64E-09	
24	1.00000	-1.23E-05	1.47E-07	-5.49E-10	

[各種データ]

変倍比 9.42

	W	M	T
f	10.30	50.00	97.00
F N O	3.50	5.20	5.60
2	79.80	18.04	9.37
Y	8.19	8.19	8.19
T L	99.26	129.21	139.68

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T
f	10.30	50.00	97.00
d5	2.000	30.682	41.260
d13	18.534	4.142	2.000
d14	3.765	2.963	1.400
d17	3.542	4.343	5.907
d23	8.018	3.307	3.300
B F	14.70	35.08	37.11

< 近距離物体合焦時 >

10

20

30

40

50

	W	M	T
	-0.025	-0.103	-0.153
d5	2.000	30.682	41.260
d13	18.534	4.142	2.000
d14	4.216	4.444	5.211
d17	3.090	2.863	2.096
d23	8.018	3.307	3.300
B F	14.70	35.08	37.11

[レンズ群データ]

10

群	始面	f
1	1	66.85
2	6	-9.36
3	15	27.88
4	18	-160.92
5	24	33.56
R	18	53.0

[条件式対応値]

20

- (1) $(- f V R) / f 3 = 0.85$
 (2) $(- f 2) / f 3 = 0.34$
 (3) $f 1 / f 3 = 2.40$
 (4) $f 1 / (- f 2) = 7.14$
 (5) $f 3 / f R = 0.53$
 (6) $n d 1 = 1.94967$

【 0 0 4 1 】

図 2 (a)、図 2 (b)、及び図 2 (c) はそれぞれ、本願の第 1 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

30

図 3 (a)、及び図 3 (b) はそれぞれ、本願の第 1 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に 0.62° の回転ぶれに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に 0.20° の回転ぶれに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

【 0 0 4 2 】

各収差図において、FNO は F ナンバー、Y は像高をそれぞれ示す。d は d 線 (波長 587.6 nm)、g は g 線 (波長 435.8 nm) における収差をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。なお、後述する各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

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

40

【 0 0 4 3 】

(第 2 実施例)

図 4 (a)、図 4 (b)、及び図 4 (c) はそれぞれ、本願の第 2 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

本実施例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 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、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R とから構成されている。なお、後側レンズ群 G R は、物体側から順に、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

50

レンズ群 G 5 とから構成されている。

【 0 0 4 4 】

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 と両凸形状の正レンズ L 1 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。

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た負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、両凸形状の正レンズ L 2 3 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 4 との接合レンズとからなる。なお、第 2 レンズ群 G 2 において最も物体側に位置する負メニスカスレンズ L 2 1 は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

10

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 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合レンズからなる。なお、第 3 レンズ群 G 3 の物体側には、開口絞り S が備えられている。

【 0 0 4 5 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 部分群 G 4 1 と、負の屈折力を有する第 2 部分群 G 4 2 とからなる。

第 1 部分群 G 4 1 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 4 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 2 との接合レンズからなる。

第 2 部分群 G 4 2 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 4 3 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 4 との接合レンズからなる。なお、第 2 部分群 G 4 2 において最も物体側に位置する負レンズ L 4 3 は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

20

第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 5 1 と、両凸形状の正レンズ 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 との接合レンズとからなる。なお、第 5 レンズ群 G 5 において最も物体側に位置する正レンズ L 5 1 は、物体側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

【 0 0 4 6 】

以上の構成の下、本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔が変化し、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との空気間隔が減少するように、第 1 レンズ群 G 1、第 3 レンズ群 G 3、第 4 レンズ群 G 4 及び第 5 レンズ群 G 5 が光軸に沿って物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 及び開口絞り S が光軸に沿って移動する。

30

また本実施例に係る変倍光学系は、第 3 レンズ群 G 3 全体を光軸に沿って像側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 4 7 】

また本実施例に係る変倍光学系は、手ぶれ等の発生時に、第 4 レンズ群 G 4 中の第 2 部分群 G 4 2 のみを防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が - 1 . 4 3、焦点距離が 1 0 . 3 0 (mm) であるため、0 . 6 2 ° の回転ぶれを補正するための第 2 部分群 G 4 2 の移動量は - 0 . 0 8 (mm) となる。また、望遠端状態においては防振係数が - 2 . 5 9、焦点距離が 9 7 . 0 0 (mm) であるため、0 . 2 0 ° の回転ぶれを補正するための第 2 部分群 G 4 2 の移動量は - 0 . 1 3 (mm) となる。

40

以下の表 2 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 4 8 】

(表 2) 第 2 実施例

[面 データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				

50

1	161.271	1.600	1.95000	29.37	
2	49.424	6.736	1.49782	82.51	
3	-163.134	0.100	1.00000		
4	42.661	5.130	1.80400	46.60	
5	174.429	可変	1.00000		
* 6	81.138	1.200	1.81600	46.59	
7	8.430	3.674	1.00000		
8	-20.479	1.000	1.88300	40.76	
9	120.000	0.100	1.00000		10
10	20.642	3.336	1.80809	22.74	
11	-21.855	1.000	1.83481	42.73	
12	-2443.660	可変	1.00000		
13(絞リS)		可変	1.00000		
14	32.818	1.000	1.95400	33.46	
15	12.652	3.417	1.75484	52.35	
16	-38.178	可変	1.00000		20
17	14.363	4.402	1.49782	82.51	
18	-19.407	1.000	1.88087	27.51	
19	-31.773	2.035	1.00000		
* 20	-36.627	1.000	1.88300	40.66	
21	7.873	2.750	1.95000	29.37	
22	20.460	可変	1.00000		
* 23	34.272	3.115	1.61800	63.34	
24	-25.939	0.100	1.00000		
25	29.742	4.552	1.58144	40.98	30
26	-10.558	1.200	1.95400	33.46	
27	-228.600	B F	1.00000		

像面

[非球面データ]

面番号		A4	A6	A8
6	1.00000	-2.03E-06	2.60E-08	-4.85E-10
20	1.00000	2.72E-05	-6.63E-08	
23	1.00000	-9.13E-06	3.14E-08	

40

[各種データ]

変倍比 9.42

	W	M	T
f	10.30	50.00	97.00
F N O	3.50	5.20	5.60
2	79.80	18.04	9.37
Y	8.19	8.19	8.19
T L	98.69	127.23	138.71

50

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T
f	10.30	50.00	97.00
d5	2.000	30.607	41.889
d12	18.865	3.375	2.000
d13	5.283	4.127	1.400
d16	2.502	3.658	6.385
d22	7.241	3.302	3.300
B F	14.35	33.71	35.29

10

< 近距離物体合焦時 >

	W	M	T
	-0.025	-0.103	-0.152
d5	2.000	30.607	41.889
d12	18.865	3.375	2.000
d13	5.785	5.785	5.774
d16	2.000	2.000	2.011
d22	7.241	3.302	3.300
B F	14.35	33.71	35.29

20

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	69.02
2	6	-10.07
3	14	30.75
4	17	-167.27
5	23	28.42
R	17	46.2

[条件式対応値]

- (1) $(- f V R) / f 3 = 0.51$
 (2) $(- f 2) / f 3 = 0.33$
 (3) $f 1 / f 3 = 2.24$
 (4) $f 1 / (- f 2) = 6.85$
 (5) $f 3 / f R = 0.67$
 (6) $n d 1 = 1.95000$

30

【 0 0 4 9 】

図 5 (a)、図 5 (b)、及び図 5 (c) はそれぞれ、本願の第 2 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

40

図 6 (a)、及び図 6 (b) はそれぞれ、本願の第 2 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に 0.62° の回転ぶれに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に 0.20° の回転ぶれに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

【 0 0 5 0 】

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

【 0 0 5 1 】

50

(第3実施例)

図7(a)、図7(b)、及び図7(c)はそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

本実施例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、正の屈折力を有する後側レンズ群GRとから構成されている。なお、後側レンズ群GRは、正の屈折力を有する第4レンズ群G4からなる。

【0052】

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と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズL13とからなる。

10

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負メニスカスレンズL21と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24との接合レンズとからなる。なお、第2レンズ群G2において最も物体側に位置する負メニスカスレンズL21は、物体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。

第3レンズ群G3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L31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズからなる。なお、第3レンズ群G3の物体側には、開口絞りSが備えられている。

【0053】

20

第4レンズ群G4は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G41と、負の屈折力を有する第2部分群G42と、正の屈折力を有する第3部分群G43とからなる。

第1部分群G41は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL401と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL402との接合レンズからなる。

第2部分群G42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L403と両凹形状の負レンズL404との接合レンズからなる。なお、第2部分群G42において最も像側に位置する負レンズL404は、像側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

第3部分群G43は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL405と、両凸形状の正レンズL406と両凹形状の負レンズL407との接合レンズと、両凸形状の正レンズL408と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL409との接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL410とからなる。なお、第3部分群G43において最も像側に位置する負メニスカスレンズL410は、像側のレンズ面を非球面形状とした非球面レンズである。

30

【0054】

以上の構成の下、本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第1レンズ群G1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との空気間隔が変化するように、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4が光軸に沿って物体側へ移動し、第2レンズ群G2及び開口絞りSが光軸に沿って移動する。

40

また本実施例に係る変倍光学系は、第3レンズ群G3全体を光軸に沿って像側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0055】

また本実施例に係る変倍光学系は、手ぶれ等の発生時に、第4レンズ群G4中の第2部分群G42のみを防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより防振を行う。

本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が -0.92 、焦点距離が 10.30 (mm)であるため、 0.62° の回転ぶれを補正するための第2部分群G42の移動量は -0.12 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.68 、焦点距離が 97.00 (mm)であるため、 0.20° の回転ぶれを補正するため

50

の第2部分群G42の移動量は - 0 . 2 0 (m m) となる。

以下の表3に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 6 】

(表3) 第3実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	145.183	1.700	2.00100	29.14	
2	36.639	8.100	1.49782	82.57	
3	-399.352	0.100	1.00000		10
4	43.208	6.000	1.88300	40.66	
5		可変	1.00000		
*6	436.597	0.100	1.55389	38.09	
7	87.003	1.100	1.83481	42.73	
8	8.300	5.350	1.00000		
9	-12.607	1.000	1.75500	52.34	
10	-32.799	0.800	1.00000		
11	41.120	2.950	1.80809	22.74	
12	-19.604	0.900	1.88300	40.66	20
13	-73.132	可変	1.00000		
14(絞りS)		可変	1.00000		
15	22.373	0.900	1.90265	35.73	
16	12.230	3.450	1.67003	47.14	
17	-59.699	可変	1.00000		
18	13.739	3.600	1.49782	82.57	
19	-24.820	0.900	2.00069	25.46	30
20	-270.014	2.200	1.00000		
21	-117.055	2.050	1.84666	23.80	
22	-15.985	1.000	1.77377	47.25	
*23	24.175	2.084	1.00000		
24	66.365	2.800	1.56883	56.00	
25	-15.447	0.100	1.00000		
26	44.994	2.750	1.51742	52.20	
27	-15.201	0.900	1.90366	31.27	
28	29.993	0.300	1.00000		
29	14.609	5.050	1.67270	32.19	40
30	-9.200	0.900	2.00069	25.46	
31	-24.389	1.400	1.00000		
32	-12.862	1.000	1.85135	40.10	
*33	-27.495	B F	1.00000		

像面

[非球面データ]

面番号	A4	A6	A8	A10		
6	20.00000	9.17E-05	-6.52E-07	2.70E-09	-1.24E-11	50

23	0.48230	-7.25E-06	-3.60E-07	4.06E-09	
33	-20.00000	-1.23E-04	8.28E-07	-6.05E-09	-9.89E-11

[各種データ]

変倍比 9.42

	W	M	T	
f	10.30	30.00	96.99	
F N O	4.12	5.48	5.80	
Z	80.89	29.72	9.45	10
Y	8.19	8.19	8.19	
T L	103.03	121.38	143.32	

< 無限遠物体合焦時 >

	W	M	T	
f	10.30	30.00	96.99	
d5	2.106	20.131	40.209	
d13	19.664	6.244	1.800	
d14	4.279	4.974	1.800	
d17	3.438	2.743	5.916	20
B F	14.06	27.81	34.12	

< 近距離物体合焦時 >

	W	M	T	
	-0.032	-0.068	-0.116	
d5	2.106	20.131	40.209	
d13	19.664	6.244	1.800	
d14	4.983	5.899	5.217	
d17	2.733	1.818	2.499	
B F	14.06	27.81	34.12	30

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	64.10
2	6	-10.17
3	15	31.06
4(R)	18	67.06

[条件式対応値]

(1)	$(- f V R) / f 3 = 0.92$	40
(2)	$(- f 2) / f 3 = 0.33$	
(3)	$f 1 / f 3 = 2.06$	
(4)	$f 1 / (- f 2) = 6.30$	
(5)	$f 3 / f R = 0.46$	
(6)	$n d 1 = 2.00100$	

【 0 0 5 7 】

図 8 (a)、図 8 (b)、及び図 8 (c) はそれぞれ、本願の第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図9(a)、及び図9(b)はそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に 0.62° の回転ぶれに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に 0.20° の回転ぶれに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

【0058】

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

【0059】

上記各実施例によれば、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系を実現することができる。特に、各実施例に係る変倍光学系は、防振機能を備えており、変倍比が10倍程度で、小型軽量であり、広角端状態において 70° 以上の画角を有し、近距離物体合焦時にも収差の変動を良好に補正することができる。

【0060】

なお、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。以下の内容は、本願の変倍光学系の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。

本願の変倍光学系の数値実施例として4群や5群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成(例えば、6群等)の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、本願の変倍光学系の最も物体側や最も像側にレンズ又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。

【0061】

また、本願の変倍光学系は、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、或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よい。特に、第3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。また、斯かる合焦レンズ群は、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。

【0062】

また、本願の変倍光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振レンズ群として光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動(揺動)させることにより、手ぶれ等によって生じる像ぶれを補正する構成とすることもできる。特に、本願の変倍光学系では第4レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましい。

【0063】

また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。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、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ(GRI Nレンズ)或いはプラスチックレンズとしてもよい。

【0064】

また、本願の変倍光学系において開口絞りは第3レンズ群中又は第3レンズ群の近傍に配置されることが好ましく、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する構成としてもよい。

また、本願の変倍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よい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラス

10

20

30

40

50

トの高い光学性能を達成することができる。

また、本願の変倍光学系は、変倍比が5～20程度である。

【0065】

次に、本願の変倍光学系を備えたカメラを図10に基づいて説明する。

図10は、本願の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

図10に示すようにカメラ1は、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る変倍光学系を備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。

本カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF(Optical low pass filter:光学ローパスフィルタ)を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF(Electronic view finder:電子ビューファインダ)4に表示される。これにより撮影者は、EVF4を介して被写体を観察することができる。

10

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部3で生成された被写体の画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。

【0066】

ここで、本カメラ1に撮影レンズ2として搭載した上記第1実施例に係る変倍光学系は、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系である。したがって本カメラ1は、高変倍比化と小型化とを図りながら、良好な光学性能を実現することができる。なお、上記第2、第3実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ2として搭載したカメラを構成しても、上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。また、クイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに上記各実施例に係る変倍光学系を搭載した場合でも、上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。

20

【0067】

最後に、本願の変倍光学系の製造方法の概略を図11に基づいて説明する。

図11に示す本願の変倍光学系の製造方法は、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、後側レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、以下のステップS1～S5を含むものである。

30

ステップS1:各レンズ群をレンズ鏡筒内に物体側から順に配置し、レンズ鏡筒に公知の移動機構を設ける等することで、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、少なくとも第1レンズ群と後側レンズ群とが物体側へ移動し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔、及び第3レンズ群と後側レンズ群との間隔が変化するようにする。

【0068】

ステップS2:レンズ鏡筒に公知の移動機構を設ける等することで、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第3レンズ群全体が光軸方向へ移動するようにする。

ステップS3:レンズ鏡筒に公知の移動機構を設ける等することで、後側レンズ群中の少なくとも一部のレンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動するようにする。

40

ステップS4:防振レンズ群が負の屈折力を有するようにする。

【0069】

ステップS5:第3レンズ群と防振レンズ群が以下の条件式(1)を満足するようにする。

$$(1) \quad 0.20 < (-fVR) / f3 < 1.20$$

但し、

fVR:防振レンズ群の焦点距離

f3:第3レンズ群の焦点距離

50

【0070】

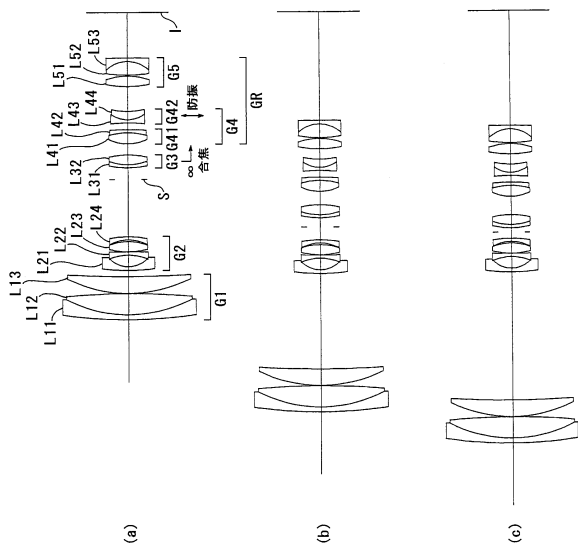
斯かる本願の変倍光学系の製造方法によれば、高変倍比を有し、小型で、良好な光学性能を備えた変倍光学系を製造することができる。

【符号の説明】

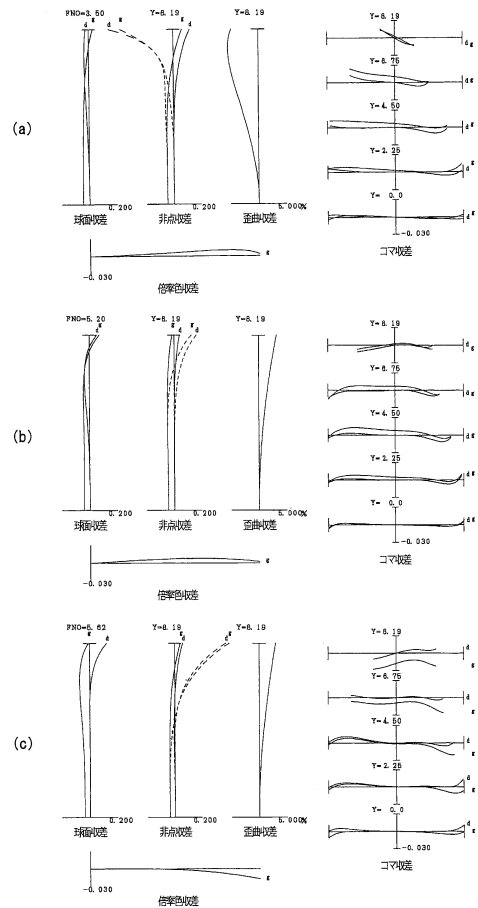
【0071】

- 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 4 1 第1部分群
- G 4 2 第2部分群
- G 4 3 第3部分群
- G 5 第5レンズ群
- G R 後側レンズ群
- S 開口絞り
- I 像面

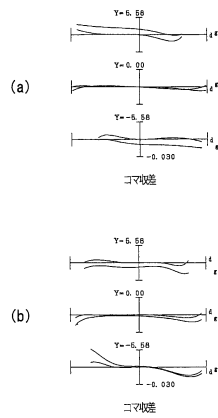
【図1】



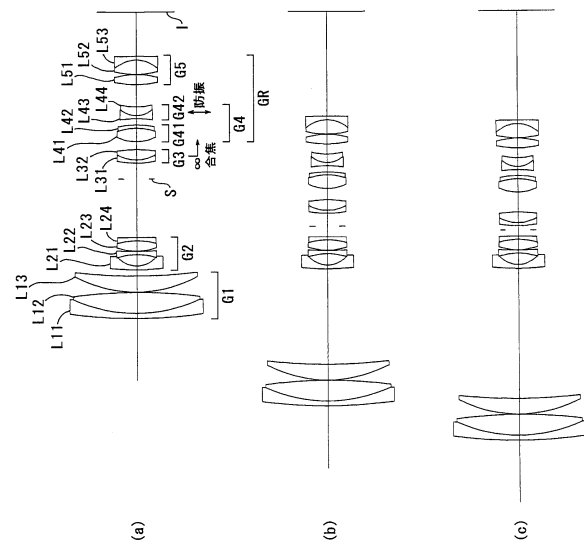
【図2】



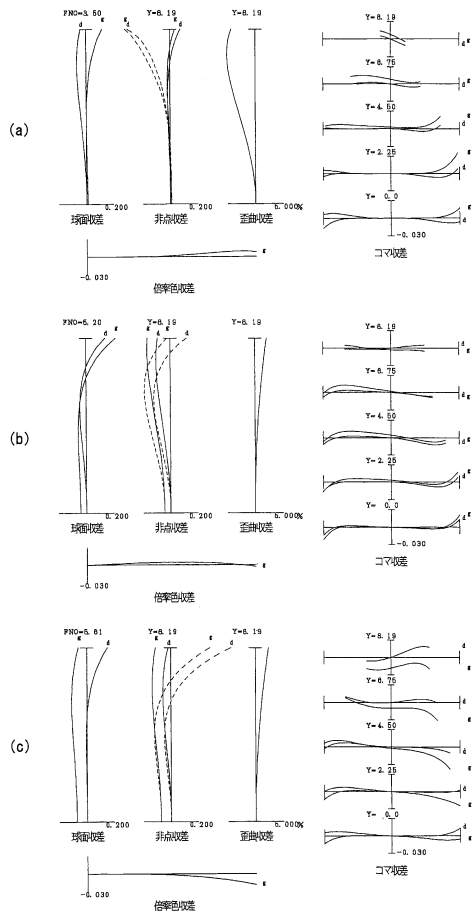
【 図 3 】



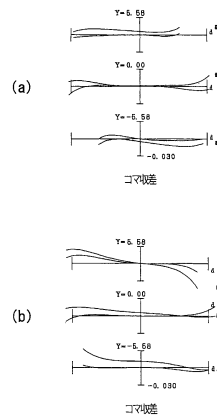
【 図 4 】



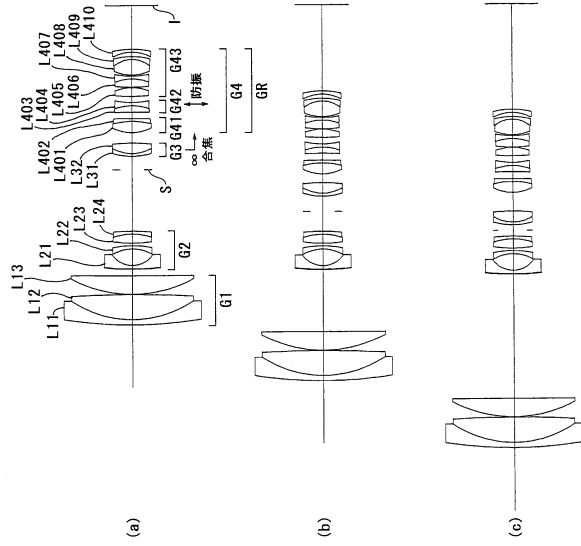
【 図 5 】



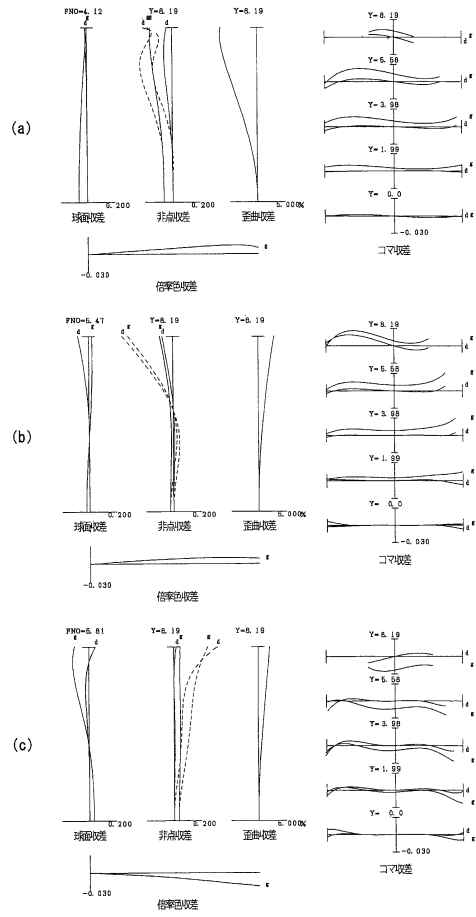
【 図 6 】



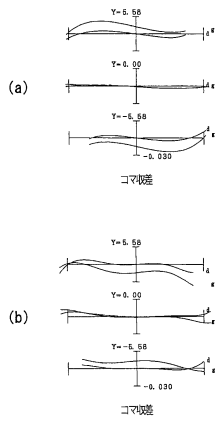
【 図 7 】



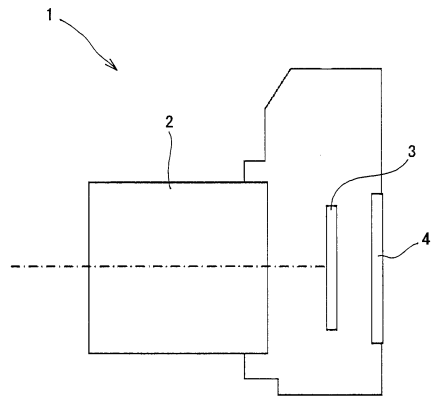
【 図 8 】



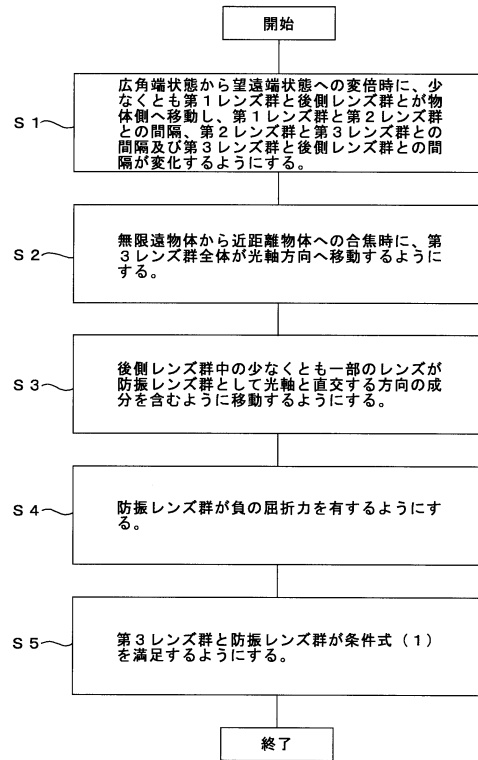
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 小濱 昭彦
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

審査官 小倉 宏之

(56)参考文献 特開2012-181525(JP,A)
特開2011-090186(JP,A)
特開平11-271614(JP,A)
特開2007-279587(JP,A)
特開平10-197794(JP,A)
特開2001-194590(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 15/20
G02B 13/18