

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年9月6日(06.09.2013)



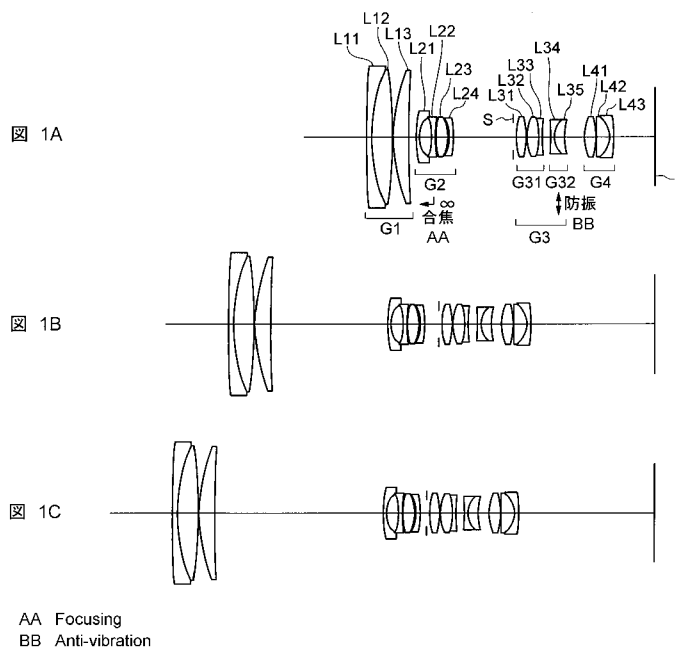
(10) 国際公開番号

WO 2013/129487 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/055173
- (22) 国際出願日: 2013年2月27日(27.02.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-043806 2012年2月29日(29.02.2012) JP
特願 2012-043813 2012年2月29日(29.02.2012) JP
特願 2012-043830 2012年2月29日(29.02.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町1丁目
12番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山下 雅史(YAMASHITA, Masashi); 〒
1008331 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 義雄, 外(INOUE, Yoshio et al.); 〒
1030027 東京都中央区日本橋3丁目1番4号画
廊ビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: VARIABLE-POWER OPTICAL SYSTEM, OPTICAL DEVICE, AND METHOD FOR PRODUCING VARIABLE-POWER OPTICAL SYSTEM

(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



AA Focusing
BB Anti-vibration

variable-power optical system.

(57) 要約:

(57) Abstract: Provided is a variable-power optical system having, in order from the object side, a first lens group (G1) having a positive refractive power, a second lens group (G2) having a negative refractive power, a third lens group (G3) having a positive refractive power, and a fourth lens group (G4) having a positive refractive power, wherein: when the magnification is varied between a wide-angle-end state and a telescopic-end state, the interval between the first lens group (G1) and the second lens group (G2) changes, the interval between the second lens group (G2) and the third lens group (G3) changes, and the interval between the third lens group (G3) and the fourth lens group (G4) changes; the third lens group (G3) has, in order from the object side, a first section group (G31) having a positive refractive power and a second section group (G32); the second section group (G32) moves so as to include a component in a direction perpendicular to the optical axis; and a prescribed conditional expression is satisfied. As a result, the variable-power optical system is compact, has high power-variability and a wide-angle view, and exhibits favorable optical performance and an anti-vibration function. Further provided are an optical device and a method for producing a

[続葉有]

WO 2013/129487 A1



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第4レンズ群G4とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔がそれぞれ変化する、第3レンズ群G3が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、第2部分群G32とを有し、第2部分群G32が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、所定の条件式を満足することにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法を提供する。

明 細 書

発明の名称：変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法

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、特開２００６－２８４７６３号公報を参照。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００６－２８４７６３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、大型であり、防振機能を有しつつ高変倍化を図ろうとすれば、光学性能が著しく劣化してしまうという問題があった。

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、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系、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

[0005] 上記課題を解決するために本発明の第１態様は、

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、正の屈折力を有する第４レンズ群とを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第４レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、

前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

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

[0006] また本発明の第2態様は、

本発明の第1態様に係る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。

[0007] また本発明の第3態様は、

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、

前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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

[0008] また本発明の第4態様は、

本発明の第3態様に係る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。

[0009] また本発明の第5態様は、

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、

前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

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

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[0010] また本発明の第6態様は、

本発明の第5態様に係る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。

[0011] また本発明の第7態様は、

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、

前記第 2 部分群が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ことを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

$$8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

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

[0012] また本発明の第 8 態様は、

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、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第 3 レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 部分群と、第 2 部分群とを有するようにし、

前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、

前記第 2 部分群が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ことを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

$$2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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

[0013] また本発明の第9態様は、

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、

前記第1レンズ群と前記第3レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、

前記第2部分群が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ことを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

$$0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

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

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

発明の効果

[0014] 本発明によれば、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系、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

[0015] [図1]図1 A、図1 B、及び図1 Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第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。

[図2]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。

[図3]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、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]図4 A、図4 B、及び図4 Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第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]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。

[図6]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、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]図7 A、図7 B、及び図7 Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第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]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]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、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10]図10 A、図10 B、及び図10 Cはそれぞれ、本願の第1～第3実

施形態の第4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11]図11A、図11B、及び図11Cはそれぞれ、本願の第4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12]図12A、及び図12Bはそれぞれ、本願の第4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13]図13A、図13B、及び図13Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第5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14]図14A、図14B、及び図14Cはそれぞれ、本願の第5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15]図15A、及び図15Bはそれぞれ、本願の第5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16]図16A、図16B、及び図16Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第6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17]図17A、図17B、及び図17Cはそれぞれ、本願の第6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18]図18A、及び図18Bはそれぞれ、本願の第6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19]図19は、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図20]図20は、本願の第1実施形態に係る変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

[図21]図21は、本願の第2実施形態に係る変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

[図22]図22は、本願の第3実施形態に係る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

[0016] 以下、本願の第1実施形態に係る変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法について説明する。

本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad 8.00 < f1 / (-f2) < 10.00$$

ただし、

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

[0017] 本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、上記のように第3レンズ群中の第2部分群を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、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。

上記条件式(1)は、第2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。本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、条件式(1)を満足することにより、広角端状態において像面湾曲を良好に補

正し、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。

[0018] 本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第2レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、広角端状態における像面湾曲の発生、及び望遠端状態における球面収差の発生を招いてしまうため好ましくない。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9.70とすることがより好ましい。

一方、本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(1)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り、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ため好ましくない。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8.10とすることがより好ましい。

以上の構成により、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を実現することができる。

[0019] また本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、前記第2部分群が負の屈折力を有することが望ましい。この構成により、本願の第1実施形態に係る変倍光学系の小型化を図り、偏芯時のコマ収差の変動を抑えることができる。

また本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0.60 < f_3 / f_4 < 0.90$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0020] 条件式(2)は、第4レンズ群の焦点距離に対する第3レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、条件式(2)を満足することにより、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を良好に補正し、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。

本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(2)の対応値が上限値を

上回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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0.85とすることがより好ましい。

一方、本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなり、特に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ため好ましくない。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0.65とすることがより好ましい。

[0021] また本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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

[0022] 上記条件式(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。本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、条件式(3)を満足することにより、広角端状態において像面湾曲を良好に補正し、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。

本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(3)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第2レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、広角端状態における像面湾曲の発生、及び望遠端状態における球面収差の発生を招いてしまうため好ましくない。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4.30とすることがより好ましい。

一方、本願の第1実施形態に係る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り、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ため好ましくない。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３．００とすることがより好ましい。

[0023] また本願の第１実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 ：前記第１レンズ群の焦点距離

f_4 ：前記第４レンズ群の焦点距離

[0024] 条件式（４）は、第４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。本願の第１実施形態に係る変倍光学系は、条件式（４）を満足することにより、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を良好に補正し、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。

本願の第１実施形態に係る変倍光学系の条件式（４）の対応値が上限値を上回ると、第４レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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３．３０とすることがより好ましい。

一方、本願の第１実施形態に係る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り、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ため好ましくない。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２．５０とすることがより好ましい。

[0025] また本願の第１実施形態に係る変倍光学系は、合焦に際して、前記第２レンズ群の少なくとも一部が光軸方向へ移動することが望ましい。小型で軽量の第２レンズ群の少なくとも一部によって合焦を行うことにより、迅速な合焦を達成することができる。

また本願の第１実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式（５）を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[0026] 条件式(5)は、第1レンズ群の焦点距離に対する第2部分群の焦点距離を規定したものである。本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、条件式(5)を満足することにより、望遠端状態において球面収差を良好に補正し、第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際にコマ収差を良好に補正することができる。

本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(5)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなり、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ため好ましくない。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0.41とすることがより好ましい。

一方、本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、第2部分群の屈折力が大きくなる。このため、第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際にコマ収差の劣化を招いてしまうため好ましくない。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0.25とすることがより好ましい。

[0027] また本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、前記第2部分群が、1枚の正レンズと1枚の負レンズとの接合レンズからなることが望ましい。この構成により、第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際に偏芯コマ収差を良好に補正することができる。

また本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.35 < (-f_2) / f_3 < 0.55$$

ただし、

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

[0028] 条件式(6)は、第3レンズ群の焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、条件式(6)を満足することにより、広角端状態において像面湾曲を良好に補正し、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。

本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(6)の対応値が上限値を上回ると、第2レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第1レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、広角端状態における像面湾曲の発生、及び望遠端状態における球面収差の発生を招いてしまうため好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(6)の上限値を0.52とすることがより好ましい。

一方、本願の第1実施形態に係る変倍光学系の条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第1レンズ群又は第2レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、望遠端状態における球面収差、及び広角端状態における像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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0.38とすることがより好ましい。

[0029] また本願の第1実施形態に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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、変倍に関わる各レンズ群、即ち第1～第4レンズ群のそれぞれの屈折力を小さくすることができ、広角端状態から望遠端状態にわたって良好な光学性能を確保することができる。

本願の光学装置は、上述した構成の第1実施形態に係る変倍光学系を有することを特徴とする。これにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の光学装置を実現することができる。

[0030] 本願の第1実施形態に係る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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が以下の条件式(1)を満足するようにし、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、前記第2部分群が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ことを特徴とする。これにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

$$(1) \quad 8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

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

[0031] 以下、本願の第2実施形態に係る変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法について説明する。

本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、以下の条件式(3)を満足することを特徴とする。

$$(3) \quad 2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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

[0032] 本願の第 2 実施形態に係る変倍光学系は、上記のように第 3 レンズ群中の第 2 部分群を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、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。

上記条件式 (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。本願の第 2 実施形態に係る変倍光学系は、条件式 (3) を満足することにより、広角端状態において像面湾曲を良好に補正し、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。

[0033] 本願の第 2 実施形態に係る変倍光学系の条件式 (3) の対応値が上限値を上回ると、第 1 レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第 2 レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、広角端状態における像面湾曲の発生、及び望遠端状態における球面収差の発生を招いてしまうため好ましくない。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 4.30 とすることがより好ましい。

一方、本願の第 2 実施形態に係る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り、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ため好ましくない。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 3.00 とすることがより好ましい。

以上の構成により、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を実現することができる。

[0034] また本願の第 2 実施形態に係る変倍光学系は、前記第 2 部分群が負の屈折力を有することが望ましい。この構成により、本願の第 2 実施形態に係る変倍光学系の小型化を図り、偏芯時のコマ収差の変動を抑えることができる。

また本願の第 2 実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式 (4) を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 2.20 < f1 / f4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0035] 条件式(4)は、第4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。本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、条件式(4)を満足することにより、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を良好に補正し、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。

本願の第2実施形態に係る変倍光学系の条件式(4)の対応値が上限値を上回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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3.30とすることがより好ましい。

一方、本願の第2実施形態に係る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り、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ため好ましくない。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2.50とすることがより好ましい。

[0036] また本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、合焦に際して、前記第2レンズ群の少なくとも一部が光軸方向へ移動することが望ましい。小型で軽量の第2レンズ群の少なくとも一部によって合焦を行うことにより、迅速な合焦を達成することができる。

また本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.35 < (-f_2) / f_3 < 0.55$$

ただし、

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

[0037] 条件式(6)は、第3レンズ群の焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、条件式

(6) を満足することにより、広角端状態において像面湾曲を良好に補正し、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。

本願の第2実施形態に係る変倍光学系の条件式(6)の対応値が上限値を上回ると、第2レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第1レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、広角端状態における像面湾曲の発生、及び望遠端状態における球面収差の発生を招いてしまうため好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式(6)の上限値を0.52とすることがより好ましい。

一方、本願の第2実施形態に係る変倍光学系の条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第1レンズ群又は第2レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、望遠端状態における球面収差、及び広角端状態における像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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0.38とすることがより好ましい。

[0038] また本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、前記第2部分群が、1枚の正レンズと1枚の負レンズとの接合レンズからなることが望ましい。この構成により、第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際に偏芯コマ収差を良好に補正することができる。

また本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[0039] 条件式(5)は、第1レンズ群の焦点距離に対する第2部分群の焦点距離を規定したものである。本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、条件式(5)を満足することにより、望遠端状態において球面収差を良好に補正し、

第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際にコマ収差を良好に補正することができる。

本願の第2実施形態に係る変倍光学系の条件式(5)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が大きくなり、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ため好ましくない。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0.41とすることがより好ましい。

一方、本願の第2実施形態に係る変倍光学系の条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、第2部分群の屈折力が大きくなる。このため、第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際にコマ収差の劣化を招いてしまうため好ましくない。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0.25とすることがより好ましい。

[0040] また本願の第2実施形態に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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、変倍に関わる各レンズ群、即ち第1～第4レンズ群のそれぞれの屈折力を小さくすることができ、広角端状態から望遠端状態にわたって良好な光学性能を確保することができる。

本願の光学装置は、上述した構成の第2実施形態に係る変倍光学系を有することを特徴とする。これにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の光学装置を実現することができる。

[0041] 本願の第2実施形態に係る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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群が以下の条件式(3)を満足するようにし、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、前記第2部分群が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ことを特徴とする。これにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

$$(3) \quad 2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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

[0042] 以下、本願の第3実施形態に係る変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法について説明する。

本願の第3実施形態に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、以下の条件式(5)、(7)を満足することを特徴とする。

$$(5) \quad 0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$(7) \quad 0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

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

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[0043] 本願の第3実施形態に係る変倍光学系は、上記のように第3レンズ群中の第2部分群を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

、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。

上記条件式（５）は、第１レンズ群の焦点距離に対する第２部分群の焦点距離を規定したものである。本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、条件式（５）を満足することにより、望遠端状態において球面収差を良好に補正し、第２部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際にコマ収差を良好に補正することができる。

本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（５）の対応値が上限値を上回ると、第１レンズ群の屈折力が大きくなり、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ため好ましくない。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０．４１とすることがより好ましい。

一方、本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（５）の対応値が下限値を下回ると、第２部分群の屈折力が大きくなる。このため、第２部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際にコマ収差の劣化を招いてしまうため好ましくない。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０．２５とすることがより好ましい。

[0044] 上記条件式（７）は、第３レンズ群の焦点距離に対する第１部分群の焦点距離を規定したものである。本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、条件式（７）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し、広角端状態において像面湾曲を良好に補正することができる。

本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（７）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り、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ため好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（７）の上限値を０．８５とすることがより好ましい。

一方、本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（７）の対応値が下限値を下回ると、第３レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第１レンズ群又は第２レンズ群の屈折力を大きくする必要

があり、その結果、望遠端状態における球面収差、及び広角端状態における像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（７）の下限値を 0.65 とすることがより好ましい。

以上の構成により、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を実現することができる。

[0045] また本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、前記第２部分群が負の屈折力を有することが望ましい。この構成により、本願の第３実施形態に係る変倍光学系の小型化を図り、偏芯時のコマ収差の変動を抑えることができる。

また本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式（１）を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

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

[0046] 上記条件式（１）は、第２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。本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、条件式（１）を満足することにより、広角端状態において像面湾曲を良好に補正し、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。

本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（１）の対応値が上限値を上回ると、第１レンズ群の変倍効果が小さくなる。このため、変倍比を確保するために第２レンズ群の屈折力を大きくする必要があり、その結果、広角端状態における像面湾曲の発生、及び望遠端状態における球面収差の発生を招いてしまうため好ましくない。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 9.70 とすることがより好ましい。

一方、本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（１）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り、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ため好ましくない。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 8.10 とすることがより好ましい。

[0047] また本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、合焦に際して、前記第２レンズ群の少なくとも一部が光軸方向へ移動することが望ましい。小型で軽量の第２レンズ群の少なくとも一部によって合焦を行うことにより、迅速な合焦を達成することができる。

また本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第１レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第４レンズ群の焦点距離

[0048] 条件式（４）は、第４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。本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、条件式（４）を満足することにより、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を良好に補正し、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。

本願の第３実施形態に係る変倍光学系の条件式（４）の対応値が上限値を上回ると、第４レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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 3.30 とすることがより好ましい。

一方、本願の第３実施形態に係る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り、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ため好ましくない。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 2.50 とすることがより好ましい。

[0049] また本願の第３実施形態に係る変倍光学系は、前記第２部分群が、１枚の正レンズと１枚の負レンズとの接合レンズからなることが望ましい。この構

成により、第2部分群を光軸と直交する方向の成分を含むように移動させた際に偏芯コマ収差を良好に補正することができる。

また本願の第3実施形態に係る変倍光学系は、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0.60 < f_3 / f_4 < 0.90$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0050] 条件式(2)は、第4レンズ群の焦点距離に対する第3レンズ群の焦点距離を規定したものである。本願の第3実施形態に係る変倍光学系は、条件式(2)を満足することにより、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を良好に補正し、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。

本願の第3実施形態に係る変倍光学系の条件式(2)の対応値が上限値を上回ると、第4レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態において像面湾曲とコマ収差を補正することが困難になってしまうため好ましくない。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0.85とすることがより好ましい。

一方、本願の第3実施形態に係る変倍光学系の条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が大きくなり、特に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ため好ましくない。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0.65とすることがより好ましい。

[0051] また本願の第3実施形態に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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、変倍に関わる各レンズ群、即ち第1～第4レンズ群のそれぞれの屈折力を小さくすることができ、広角端状態から望遠端状態にわたって良好な光学性能を確保することができる。

本願の光学装置は、上述した構成の第3実施形態に係る変倍光学系を有す

ることを特徴とする。これにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の光学装置を実現することができる。

[0052] 本願の第3実施形態に係る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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群が以下の条件式(5)、(7)を満足するようにし、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、前記第2部分群が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ことを特徴とする。これにより、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

$$(5) \quad 0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$(7) \quad 0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

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

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[0053] 以下、本願の第1～第3実施形態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。なお、第1～第6実施例は、第1～第3実施形態の全てに共通する実施例である。

(第1実施例)

図1A、図1B、及び図1Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第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第4レンズ群G4とから構成されている。

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。

[0054] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32とからなる。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。

第1部分群G31は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。

第2部分群G32は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズのみからなる。

第4レンズ群G4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正メニスカスレンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。なお、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する正レンズL41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。

[0055] 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に際して、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が光軸に沿って移動する。なお、この際、開口絞りSは第3レンズ群G3とともに移動する。

また本実施例に係る変倍光学系は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体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。

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2部分群G32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。

[0056] 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、BFはバックフォーカスを示す。

[面データ]において、mは物体側から数えた光学面の順番、rはレンズ面の曲率半径、dは光軸上の面間隔、 n_d はd線（波長 $\lambda = 587.6\text{ nm}$ ）に対する屈折率、 ν_d はd線（波長 $\lambda = 587.6\text{ nm}$ ）に対するアッペ数をそれぞれ示している。また、OPは物体面、Iは像面をそれぞれ示している。なお、曲率半径 $r = \infty$ 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。

[0057] [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。

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

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であるサグ量、 κ 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である近軸曲率半径とする。なお、「E-n」（n：整数）は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。

[0058] [各種データ]において、FNOはFナンバー、 2ω は画角（単位は「°

」)、 Y は像高、 TL は変倍光学系の全長、 d_i (i : 整数)は第 i 面の可変の面間隔をそれぞれ示す。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〕において、 ST は各レンズ群の始面、即ち最も物体側のレンズ面を示す。

〔条件式対応値〕には、各条件式の対応値を示す。

ここで、表1に掲載されている焦点距離 f や曲率半径 r 、及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。

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。

[0059] ここで、レンズ全系の焦点距離が f 、防振係数、即ち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 -0.88 、焦点距離が 10.0 (mm)であるため、 1.00° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.20 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.92 、焦点距離が 100.0 (mm)であるため、 0.32° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.29 (mm)となる。

[0060] (表1) 第1実施例

〔面データ〕

m	r	d	n_d	ν_d
OP	∞			
1	459.647	1.600	1.953660	30.27
2	57.423	6.819	1.497820	82.51

3	-154.085	0.100	1.000000	
4	56.956	5.161	1.878896	41.01
5	569.648	d5	1.000000	
*6	38.479	1.200	1.882991	40.76
7	8.366	3.937	1.000000	
8	-16.649	1.200	1.864046	41.96
9	53.630	0.100	1.000000	
10	21.938	3.669	1.846659	23.78
11	-14.738	0.417	1.000000	
12	-12.219	1.200	1.882997	40.76
13	-43.622	d13	1.000000	
14	∞	1.000	1.000000	開口絞り S
15	23.408	3.198	1.754999	52.31
16	-31.880	0.100	1.000000	
17	15.118	3.851	1.497820	82.51
18	-19.673	1.200	1.856445	26.89
19	59.726	2.566	1.000000	
20	-68.834	1.200	1.822803	45.06
21	7.553	3.351	1.878191	37.36
22	24.293	d22	1.000000	
*23	16.648	3.632	1.497820	82.51
24	-23.750	0.100	1.000000	
25	-553.763	4.361	1.577760	40.84
26	-8.231	1.200	1.882997	40.76

27 -42.498 B F 1.000000

I ∞

[非球面データ]

m	κ	A4	A6	A8	A10
6	1	1.54E-05	-2.59E-08	3.23E-10	6.63E-12
23	-0.3689	-1.24E-05	6.50E-07	-5.31E-09	1.67E-10

[各種データ]

変倍比 10.00

	W	M	T
f	10.00	50.02	100.00
F N O	3.50	4.80	5.60
2 ω	82.49°	18.42°	9.30°
Y	8.350	8.350	8.350
T L	92.33	135.76	153.35
B F	13.25	39.10	42.51

	W	M	T
d5	2.301	37.043	53.748
d13	19.357	5.095	2.400
d22	6.260	3.363	3.524

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	85.1
G2	6	-9.4

G3	15	21.3
G4	23	28.4

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_2) = 9.04$$

$$(2) \quad f_3 / f_4 = 0.75$$

$$(3) \quad f_1 / f_3 = 3.99$$

$$(4) \quad f_1 / f_4 = 3.00$$

$$(5) \quad |f_{32}| / f_1 = 0.28$$

$$(6) \quad (-f_2) / f_3 = 0.44$$

$$(7) \quad f_{31} / f_3 = 0.75$$

[0061] 図2A、図2B、及び図2C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3A、及び図3B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1.00°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0.32°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。

[0062] 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($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)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。

[0063] (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1～第3実施形態の第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第4レンズ群G4とから構成されている。

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。

[0064] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32とからなる。

第1部分群G31は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。なお、正レンズL31と正レンズL32の間には、開口絞りSが備えられている。

第2部分群G32は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズのみからなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。なお、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する正レンズL41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。

[0065] 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に際して、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が光軸に沿って移動する。なお、この際、開口絞りSは第3レンズ群G3とともに移動する。

また本実施例に係る変倍光学系は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体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。

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2部分群G32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。

[0066] 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。

ここで、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 -0.61 、焦点距離が 10.3 (mm)であるため、 0.99° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.28 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.42 、焦点距離が 97.0 (mm)であるため、 0.32° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.38 (mm)となる。

[0067] (表2) 第2実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	214.935	1.600	1.953660	30.27
2	60.293	6.140	1.497820	82.51
3	-216.386	0.100	1.000000	
4	59.192	4.825	1.810230	46.17

5	516.132	d5	1.000000	
*6	32.741	1.200	1.882997	40.76
7	8.577	4.007	1.000000	
8	-15.726	1.200	1.839050	43.75
9	46.418	0.100	1.000000	
10	21.908	3.623	1.846660	23.78
11	-16.185	0.601	1.000000	
12	-11.861	1.200	1.882997	40.76
13	-33.094	d13	1.000000	
14	24.800	2.781	1.754999	52.31
15	-39.736	0.500	1.000000	
16	∞	1.600	1.000000	開口絞り S
17	14.646	3.397	1.497820	82.51
18	-19.677	1.200	1.852045	25.40
19	69.922	2.144	1.000000	
20	-879.676	1.200	1.802688	46.87
21	8.771	2.765	1.876437	36.60
22	23.971	d22	1.000000	
*23	17.538	3.382	1.497820	82.51
24	-22.122	0.100	1.000000	
25	712.073	4.071	1.625207	37.14
26	-8.262	1.200	1.882997	40.76
27	-97.309	B F	1.000000	
I	∞			

[非球面データ]

m	κ	A4	A6	A8	A10
6	1	1.66E-05	1.53E-07	-4.44E-09	5.56E-11
23	1	-5.70E-05	6.19E-07		

[各種データ]

変倍比 9.42

	W	M	T
f	10.30	49.99	96.98
F N O	3.50	5.20	5.67
2ω	79.71°	17.90°	9.37°
Y	8.190	8.190	8.190
T L	89.39	132.08	150.34
B F	13.54	36.00	44.01

	W	M	T
d5	2.317	38.392	51.572
d13	18.962	5.444	2.400
d22	5.643	3.306	3.427

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	86.9
G2	6	-9.6
G3	14	21.2
G4	23	31.0

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_2) = 9.09$$

$$(2) \quad f_3 / f_4 = 0.69$$

$$(3) \quad f_1 / f_3 = 4.10$$

$$(4) \quad f_1 / f_4 = 2.81$$

$$(5) \quad |f_{32}| / f_1 = 0.40$$

$$(6) \quad (-f_2) / f_3 = 0.45$$

$$(7) \quad f_{31} / f_3 = 0.82$$

[0068] 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。

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 0.99° 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 0.32° 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。

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。

[0069] (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1～第3実施形態の第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第4レンズ群G4とから構成されている。

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。

[0070] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32とからなる。

第1部分群G31は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。なお、正レンズL31と正レンズL32の間には、開口絞りSが備えられている。

第2部分群G32は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズのみからなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。なお、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する正レンズL41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。

[0071] 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に際して、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が光軸に沿って移動する。なお、この際、開口絞りSは第3レンズ群G3とともに移動する。

また本実施例に係る変倍光学系は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体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。

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2部分群G32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。

[0072] 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。

ここで、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 -0.79 、焦点距離が 10.3 (mm)であるため、 0.60° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.14 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.74 、焦点距離が 97.0 (mm)であるため、 0.19° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.19 (mm)となる。

[0073] (表3) 第3実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	167.891	1.600	1.950000	29.37
2	69.549	5.925	1.497820	82.51
3	-183.905	0.100	1.000000	
4	56.184	4.388	1.729157	54.66
5	198.836	d5	1.000000	
*6	41.829	1.200	1.882997	40.76
7	8.946	3.756	1.000000	
8	-17.431	1.200	1.864742	41.92
9	38.456	0.100	1.000000	
10	20.545	3.705	1.846660	23.78
11	-15.937	0.629	1.000000	

12	-11.749	1.200	1.882997	40.76	
13	-35.044	d13	1.000000		
14	24.738	2.730	1.754999	52.31	
15	-36.975	0.500	1.000000		
16	∞	1.600	1.000000		開口絞り S
17	14.497	3.278	1.497820	82.51	
18	-19.591	1.200	1.851149	25.12	
19	97.099	2.184	1.000000		
20	-105.628	1.200	1.875733	41.21	
21	8.299	2.780	1.939960	33.32	
22	26.001	d22	1.000000		
*23	20.461	3.205	1.497820	82.51	
24	-22.765	0.100	1.000000		
25	175.793	3.930	1.616359	38.32	
26	-9.172	1.200	1.883682	40.65	
27	-65.712	B F	1.000000		
I	∞				

[非球面データ]

m	κ	A4	A6	A8	A10
6	1	1.28E-05	5.16E-08	-8.45E-10	2.36E-11
23	1	-5.71E-05	2.70E-07		

[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
2ω	79.71°	17.90°	9.37°
Y	8.190	8.190	8.190
T L	89.38	132.39	150.35
B F	14.01	36.64	44.30

	W	M	T
d5	2.319	39.217	52.463
d13	19.087	5.422	2.400
d22	6.245	3.394	3.481

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	88.3
G2	6	-9.4
G3	14	21.1
G4	23	28.4

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_2) = 9.41$$

$$(2) \quad f_3 / f_4 = 0.74$$

$$(3) \quad f_1 / f_3 = 4.18$$

$$(4) \quad f_1 / f_4 = 3.11$$

$$(5) \quad |f_{32}| / f_1 = 0.31$$

$$(6) \quad (-f_2) / f_3 = 0.44$$

$$(7) \quad f_{31} / f_3 = 0.77$$

[0074] 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 0.60° 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 0.19° 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。

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。

[0075] (第 4 実施例)

図 10 A、図 10 B、及び図 10 C はそれぞれ、本願の第 1 ～第 3 実施形態の第 4 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第 4 レンズ群 G 4 とから構成されている。

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。

[0076] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32とからなる。

第1部分群G31は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。なお、正レンズL31と正レンズL32の間には、開口絞りSが備えられている。

第2部分群G32は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズのみからなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。なお、第4レンズ群G4において最も物体側に位置する正レンズL41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。

[0077] 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に際して、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が光軸に沿って移動する。なお、この際、開口絞りSは第3レンズ群G3とともに移動する。

また本実施例に係る変倍光学系は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体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。

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2部分群G32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。

[0078] 以下の表4に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

ここで、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 -0.75 、焦点距離が 10.3 (mm) であるため、 0.60° の回転ぶれ

を補正するための防振レンズ群の移動量は0.14 (mm) となる。また、望遠端状態においては防振係数が-1.62、焦点距離が97.0 (mm) であるため、0.19° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は0.20 (mm) となる。

[0079] (表4) 第4実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d	
OP	∞				
1	134.035	1.600	1.995973	28.75	
2	56.255	5.824	1.497820	82.51	
3	-238.373	0.100	1.000000		
4	50.086	4.577	1.772927	50.05	
5	242.611	d5	1.000000		
*6	57.243	1.200	1.878662	37.67	
7	8.942	3.645	1.000000		
8	-17.572	1.200	1.882997	40.76	
9	43.025	0.100	1.000000		
10	20.980	3.779	1.810399	22.65	
11	-15.077	0.580	1.000000		
12	-11.668	1.200	1.882997	40.76	
13	-30.843	d13	1.000000		
14	22.438	2.768	1.754910	52.33	
15	-41.025	0.500	1.000000		
16	∞	1.600	1.000000		開口絞り S
17	14.301	3.206	1.497820	82.51	
18	-21.553	1.200	1.970527	23.71	

19	96.060	2.155	1.000000	
20	-149.641	1.200	1.882794	40.61
21	10.106	2.398	2.002300	28.33
22	24.619	d22	1.000000	
*23	20.677	3.184	1.593190	67.90
24	-23.793	0.100	1.000000	
25	610.600	3.859	1.605665	39.91
26	-8.915	1.200	1.890148	39.59
27	-90.902	B F	1.000000	
I	∞			

[非球面データ]

m	κ	A4	A6	A8	A10
6	1	1.55E-05	-9.41E-08	2.04E-09	-1.22E-12
23	1	-4.75E-05	3.47E-07		

[各種データ]

変倍比 9.42

	W	M	T
f	10.30	50.00	97.01
F N O	3.50	5.20	5.60
2 ω	79.71°	17.90°	9.37°
Y	8.190	8.190	8.190
T L	89.33	125.89	140.87
B F	14.18	36.03	42.68

	W	M	T
d5	2.328	33.549	45.003
d13	19.446	5.642	2.400
d22	6.199	3.500	3.615

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	76.4
G2	6	-9.3
G3	14	21.8
G4	23	28.5

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_2) = 8.25$$

$$(2) \quad f_3 / f_4 = 0.76$$

$$(3) \quad f_1 / f_3 = 3.51$$

$$(4) \quad f_1 / f_4 = 2.68$$

$$(5) \quad |f_{32}| / f_1 = 0.38$$

$$(6) \quad (-f_2) / f_3 = 0.43$$

$$(7) \quad f_{31} / f_3 = 0.78$$

[0080] 図11A、図11B、及び図11Cはそれぞれ、本願の第4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12A、及び図12Bはそれぞれ、本願の第4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0.60°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0.19°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。

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。

[0081] (第5実施例)

図13A、図13B、及び図13Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第5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第4レンズ群G4とから構成されている。

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。

[0082] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32と、負の屈折力を有する第3部分群G33とからなる。

第1部分群G31は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33との接合レンズとからなる。なお、正レンズL31と正レンズL32の間には、開口絞りSが備えられている。

第2部分群G32は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体

側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 5との接合レンズのみからなる。

第3部分群G 3 3は、両凹形状の負レンズL 3 6のみからなる。

第4レンズ群G 4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正メニスカスレンズL 4 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3との接合レンズとからなる。なお、第4レンズ群G 4において最も物体側に位置する正レンズL 4 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。

[0083] 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に際して、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するように、第1レンズ群G 1、第3レンズ群G 3、及び第4レンズ群G 4が光軸に沿って物体側へ移動し、第2レンズ群G 2が光軸に沿って移動する。なお、この際、開口絞りSは第3レンズ群G 3とともに移動する。

また本実施例に係る変倍光学系は、第2レンズ群G 2を光軸に沿って物体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。

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2部分群G 3 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。

[0084] 以下の表5に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

ここで、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 -0.67 、焦点距離が 10.3 (mm)であるため、 0.60° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.16 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.45 、焦点距離が 97.0 (mm)であるため、 0.19° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.23 (mm)となる。

[0085] (表5) 第5実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
O P	∞			
1	121.433	1.600	2.000942	28.06
2	56.973	5.569	1.497820	82.51
3	-262.775	0.100	1.000000	
4	50.394	4.472	1.757194	52.03
5	230.587	d5	1.000000	
*6	60.994	1.200	1.874937	35.34
7	8.965	3.574	1.000000	
8	-18.928	1.200	1.882997	40.76
9	40.750	0.100	1.000000	
10	20.638	3.681	1.831265	21.76
11	-16.433	0.539	1.000000	
12	-12.501	1.200	1.882997	40.76
13	-37.209	d13	1.000000	
14	22.437	2.755	1.747287	52.75
15	-40.608	0.500	1.000000	
16	∞	1.600	1.000000	
17	14.529	3.193	1.497820	82.51
18	-21.393	1.200	1.959603	22.45
19	-244.270	2.040	1.000000	
20	-109.243	1.200	1.882997	40.76
21	11.581	2.339	1.964773	29.62
22	31.145	1.462	1.000000	
23	-57.166	1.000	1.875553	35.71
24	96.176	d24	1.000000	

開口絞り S

*25	19.938	3.197	1.593190	67.90
26	-24.778	0.100	1.000000	
27	-825.810	3.984	1.614364	38.61
28	-8.826	1.200	1.891733	39.34
29	-44.568	B F	1.000000	
I	∞			

[非球面データ]

m	κ	A4	A6	A8	A10
6	1	1.18E-05	-7.24E-08	6.90E-10	5.95E-12
25	1	-6.37E-05	4.69E-07		

[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	5.59
2 ω	79.72°	18.05°	9.42°
Y	8.190	8.190	8.190
T L	89.33	125.73	140.86
B F	13.31	35.58	42.88

	W	M	T
d5	2.329	33.140	44.235
d13	19.776	5.702	2.400
d24	4.905	2.300	2.341

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	75.9
G2	6	-9.2
G3	14	20.7
G4	25	23.8

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_2) = 8.24$$

$$(2) \quad f_3 / f_4 = 0.87$$

$$(3) \quad f_1 / f_3 = 3.66$$

$$(4) \quad f_1 / f_4 = 3.19$$

$$(5) \quad |f_{32}| / f_1 = 0.41$$

$$(6) \quad (-f_2) / f_3 = 0.44$$

$$(7) \quad f_{31} / f_3 = 0.71$$

[0086] 図14A、図14B、及び図14Cはそれぞれ、本願の第5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15A、及び図15Bはそれぞれ、本願の第5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0.60°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0.19°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。

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。

[0087] (第6実施例)

図16A、図16B、及び図16Cはそれぞれ、本願の第1～第3実施形態の第6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第4レンズ群G4と、負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。

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。

[0088] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32とからなる。

第1部分群G31は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合レンズとからなる。なお、正レンズL31と正レンズL32の間には、開口絞りSが備えられている。

第2部分群G32は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズのみからなる。

第4レンズ群G4は、両凸形状の正レンズL41のみからなる。なお、正レンズL41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。

第5レンズ群G5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカ

スレンズL 5 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 2 との接合レンズのみからなる。

[0089] 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に際して、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 との空気間隔が減少し、第4レンズ群G 4 と第5レンズ群G 5 との空気間隔が増大するように、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 が光軸に沿って移動する。なお、この際、開口絞りSは第3レンズ群G 3 とともに移動する。

また本実施例に係る変倍光学系は、第2レンズ群G 2 を光軸に沿って物体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。

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2部分群G 3 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。

[0090] 以下の表6に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

ここで、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 -0.67 、焦点距離が 10.3 (mm)であるため、 0.60° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.16 (mm)となる。また、望遠端状態においては防振係数が -1.48 、焦点距離が 97.0 (mm)であるため、 0.19° の回転ぶれを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.22 (mm)となる。

[0091] (表6) 第6実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	130.000	1.600	1.977550	30.05
2	53.215	5.870	1.497820	82.51

3	-301.577	0.100	1.000000	
4	49.766	4.706	1.762484	51.33
5	285.082	d5	1.000000	
*6	55.053	1.200	1.875647	35.77
7	8.920	3.605	1.000000	
8	-18.863	1.200	1.882997	40.76
9	38.238	0.100	1.000000	
10	20.860	3.659	1.830156	21.81
11	-16.640	0.611	1.000000	
12	-12.286	1.200	1.882997	40.76
13	-32.821	d13	1.000000	
14	22.276	2.832	1.723962	54.17
15	-39.179	0.500	1.000000	
16	∞	1.600	1.000000	開口絞り S
17	14.822	3.235	1.497820	82.51
18	-21.400	1.200	1.966413	23.23
19	294.782	2.124	1.000000	
20	-97.585	1.200	1.881100	39.35
21	10.629	2.457	1.993396	28.92
22	30.804	d22	1.000000	
*23	24.645	2.816	1.593190	67.90
24	-36.143	d24	1.000000	
25	-1303.485	3.950	1.602810	40.36
26	-8.782	1.200	1.897219	38.51

27 -45.532 B F 1.000000

I ∞

[非球面データ]

m	κ	A4	A6	A8	A10
6	1	1.59E-05	-5.02E-08	1.14E-10	9.01E-12
23	1	-4.32E-05	2.52E-07		

[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	5.17	5.63
2 ω	79.71°	18.02°	9.43°
Y	8.190	8.190	8.190
T L	89.33	125.31	140.86
B F	13.25	33.66	41.71

	W	M	T
d5	2.328	34.196	44.867
d13	19.888	5.725	2.400
d22	6.801	3.500	3.502
d24	0.100	1.265	1.411

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	77.2

G2	6	-9.3
G3	14	20.3
G4	23	25.1
G5	25	-72.1

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_2) = 8.34$$

$$(2) \quad f_3 / f_4 = 0.82$$

$$(3) \quad f_1 / f_3 = 3.76$$

$$(4) \quad f_1 / f_4 = 3.07$$

$$(5) \quad |f_{32}| / f_1 = 0.42$$

$$(6) \quad (-f_2) / f_3 = 0.45$$

$$(7) \quad f_{31} / f_3 = 0.79$$

[0092] 図17A、図17B、及び図17Cはそれぞれ、本願の第6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18A、及び図18Bはそれぞれ、本願の第6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0.60°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0.19°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。

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。

[0093] 上記各実施例によれば、防振機能を有し、10倍程度の高変倍比と広角端状態において70°以上の広画角を有し、良好な光学性能を備えた軽量で小型の変倍光学系を実現することができる。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、本願の第1～第3実施形態に係る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。

本願の第1～第3実施形態に係る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、例えば6群等のその他の群構成の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、本願の第1～第3実施形態に係る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、変倍時に変化する空気間隔で他のレンズ群と分離された、少なくとも1つのレンズを有する部分をいう。

[0094] また、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系は、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。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。

また、本願の第1～第3実施形態に係る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、即ち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、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系では第3レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましい。

[0095] また、本願の第1～第3実施形態に係る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（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

[0096] また、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系において開口絞りは第2レンズ群と第3レンズ群の間又は第3レンズ群中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、本願の第1～第3実施形態に係る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、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

また、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系は、変倍比が3～20程度である。

[0097] 次に、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系を備えたカメラを図19に基づいて説明する。

図19は、本願の第1～第3実施形態に係る変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

本カメラ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デジタル一眼レフカメラである。

本カメラ1において、被写体である不図示の物体からの光は、撮影レンズ2で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして焦点板4に結像されたこの光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へ導かれる。これにより撮影者は、被写体像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

[0098] また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリ

ターンミラー 3 が光路外へ退避し、不図示の被写体からの光は撮像素子 7 へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子 7 によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。

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、上述のように小型で、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えている。これにより本カメラ 1 は、防振機能を有し、高変倍化、広画角化、及び小型化を図りながら、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 6 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 3 を有しない構成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。

[0099] 最後に、本願の第 1 ～ 第 3 実施形態に係る変倍光学系の製造方法の概略を図 20 ～ 図 22 に基づいて説明する。

図 20 に示す本願の第 1 実施形態に係る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、正の屈折力を有する第 4 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 S 11 ～ S 14 を含むものである。

ステップ S 11 : 第 3 レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 部分群と、第 2 部分群とを有するようにする。

ステップ S 12 : 第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が以下の条件式 (1) を満足するようにし、第 1 ～ 第 4 レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置する。

$$(1) \quad 8.00 < f1 / (-f2) < 10.00$$

ただし、

f 1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f 2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

[0100] ステップS 1 3 : 鏡筒内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に際して、第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔、第2レンズ群と第3レンズ群との空気間隔、及び第3レンズ群と第4レンズ群との空気間隔がそれぞれ変化するようにする。

ステップS 1 4 : 鏡筒内に公知の移動機構を設ける等することで、第2部分群が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。

斯かる本願の第1実施形態に係る変倍光学系の製造方法によれば、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

[0101] 図2 1 に示す本願の第2実施形態に係る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、正の屈折力を有する第4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S 2 1 ~ S 2 4 を含むものである。

ステップS 2 1 : 第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにする。

ステップS 2 2 : 第1レンズ群と第3レンズ群が以下の条件式(3)を満足するようにし、第1~第4レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置する。

$$(3) \quad 2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

[0102] ステップS 2 3 : 鏡筒内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に際して、第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔、第2レンズ群と第3レンズ群との空気間隔、及び第3レンズ群と第4レンズ群との空気間隔がそれぞれ変化するようにする。

ステップS 2 4 : 鏡筒内に公知の移動機構を設ける等することで、第2部分群が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。

斯かる本願の第2実施形態に係る変倍光学系の製造方法によれば、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

[0103] 図22に示す本願の第3実施形態に係る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、正の屈折力を有する第4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S31～S34を含むものである。

ステップS31：第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにする。

ステップS32：第1レンズ群と第3レンズ群が以下の条件式(5)、(7)を満足するようにし、第1～第4レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置する。

$$(5) \quad 0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$(7) \quad 0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

f_{31} : 第1部分群の焦点距離

f_{32} : 第2部分群の焦点距離

[0104] ステップS33：鏡筒内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に際して、第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔、第2レンズ群と第3レンズ群との空気間隔、及び第3レンズ群と第4レンズ群との空気間隔がそれぞれ変化するようにする。

ステップS34：鏡筒内に公知の移動機構を設ける等することで、第2部分群が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。

斯かる本願の第3実施形態に係る変倍光学系の製造方法によれば、防振機能を有し、高変倍、広画角で、良好な光学性能を備えた小型の変倍光学系を

製造することができる。

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、

前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項2] 前記第2部分群が負の屈折力を有することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

[請求項3] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

$$0.60 < f_3 / f_4 < 0.90$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4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に記載の変倍光学系。

$$2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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5] 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。

$$2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項6] 合焦に際して、前記第2レンズ群の少なくとも一部が光軸方向へ移動することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

[請求項7] 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。

$$0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[請求項8] 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。

$$0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

[請求項9] 前記第2部分群が、1枚の正レンズと1枚の負レンズとの接合レンズからなることを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

[請求項10] 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。

$$0.35 < (-f_2) / f_3 < 0.55$$

ただし、

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

[請求項11] 広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、前記第1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に記載の変倍光学系。

[請求項12] 請求項1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13] 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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、

前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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14] 前記第2部分群が負の屈折力を有することを特徴とする請求項13に記載の変倍光学系。

[請求項15] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13に記載の変倍光学系。

$$2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項16] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13に記載の変倍光学系。

$$0.35 < (-f_2) / f_3 < 0.55$$

ただし、

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

[請求項17] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13に記載の変倍光学系。

$$0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[請求項18] 請求項13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19] 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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化し、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有し、

前記第2部分群が光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

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

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[請求項20] 前記第2部分群が負の屈折力を有することを特徴とする請求項19に記載の変倍光学系。

[請求項21] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項19に記載の変倍光学系。

$$8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項22] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項19に記載の変倍光学系。

$$2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項23] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項19に記載の変倍光学系。

$$0.60 < f_3 / f_4 < 0.90$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項24] 請求項19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25] 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

屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、

前記第2部分群が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ことを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項26] 前記第2部分群が負の屈折力を有することを特徴とする請求項25に記載の変倍光学系の製造方法。

[請求項27] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項25に記載の変倍光学系の製造方法。

$$0.60 < f_3 / f_4 < 0.90$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項28] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項25に記載の変倍光学系の製造方法。

$$2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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29] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項25に記載の変倍光学系の製造方法。

$$2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項30] 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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、

前記第1レンズ群と前記第3レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、

前記第2部分群が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ことを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$2.80 < f_1 / f_3 < 4.50$$

ただし、

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31] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項30に記載の変倍光学系の製造方法。

$$2.20 < f_1 / f_4 < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項32] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項30に記載の変倍光学系の製造方法。

$$0.35 < (-f_2) / f_3 < 0.55$$

ただし、

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

[請求項33] 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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第1部分群と、第2部分群とを有するようにし、

前記第1レンズ群と前記第3レンズ群が以下の条件式を満足するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、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レンズ群と前記第4レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにし、

前記第2部分群が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ことを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$0.20 < |f_{32}| / f_1 < 0.43$$

$$0.60 < f_{31} / f_3 < 0.90$$

ただし、

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

f_{31} : 前記第1部分群の焦点距離

f_{32} : 前記第2部分群の焦点距離

[請求項34] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項33に記載の変倍光学系の製造方法。

$$8.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

ただし、

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

[図1]

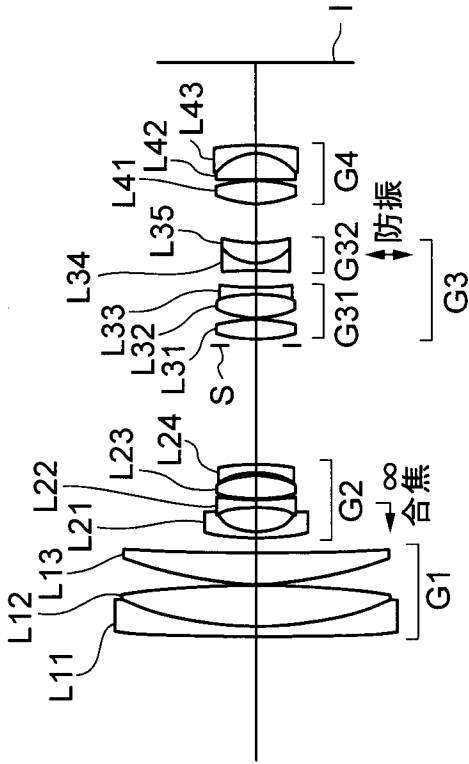


図 1A

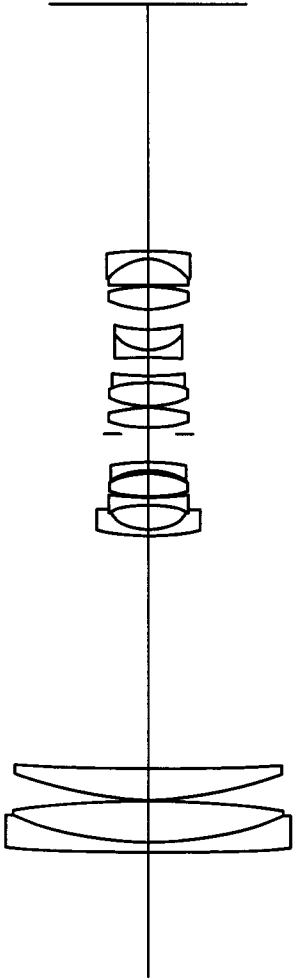


図 1B

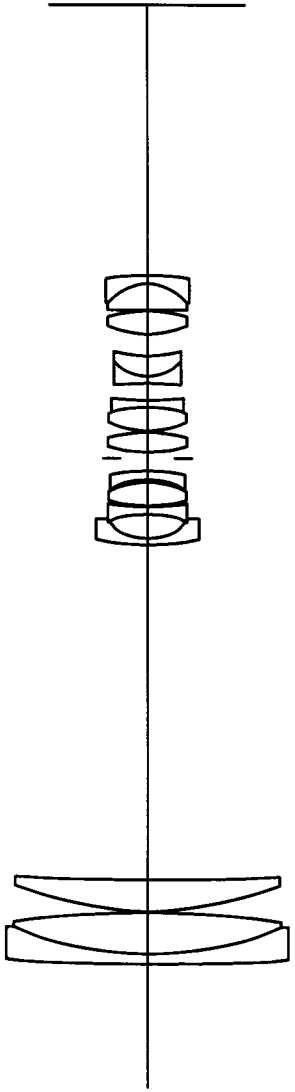


図 1C

[図2]

図 2A

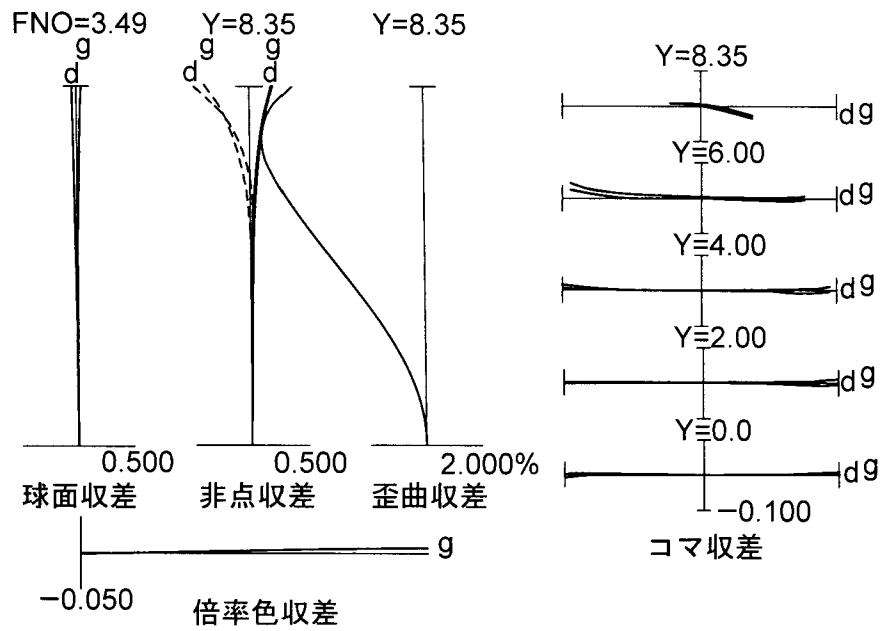


図 2B

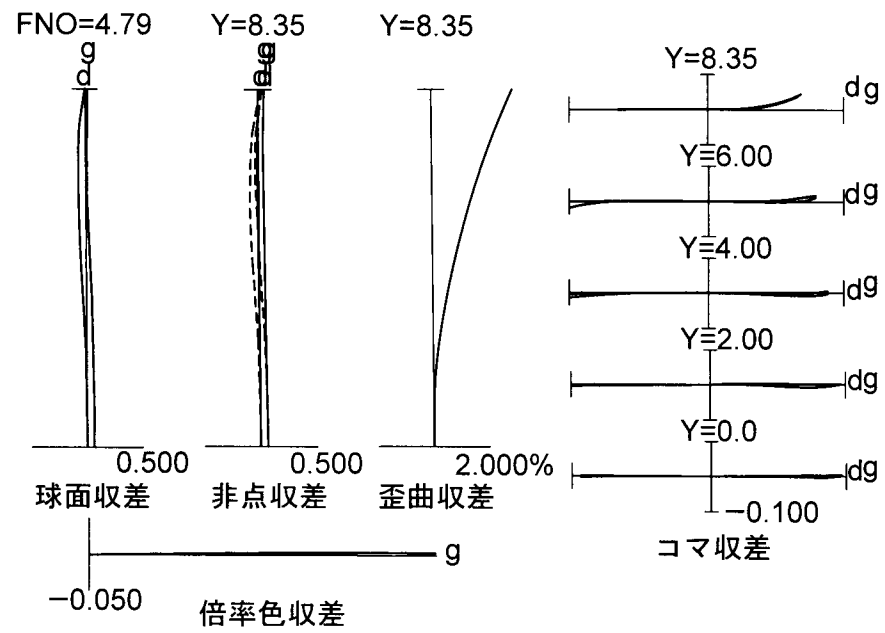
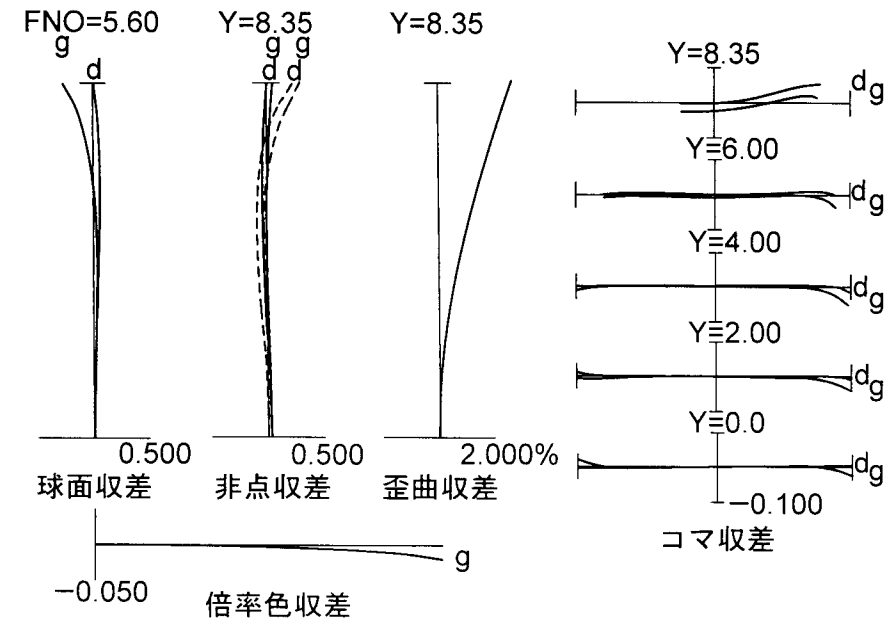


図 2C



[図3]

図 3A

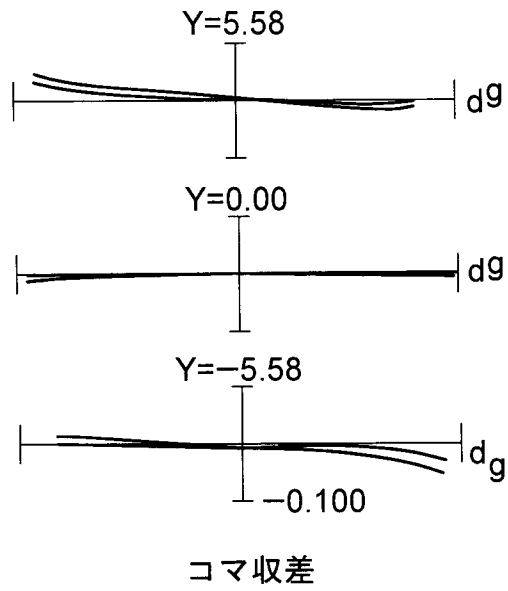
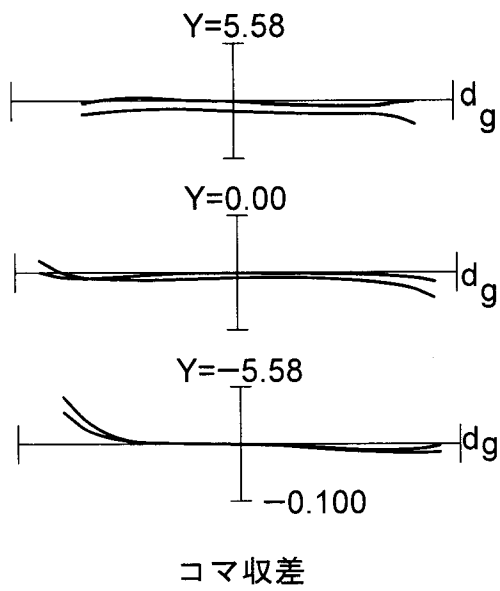


図 3B



[図4]

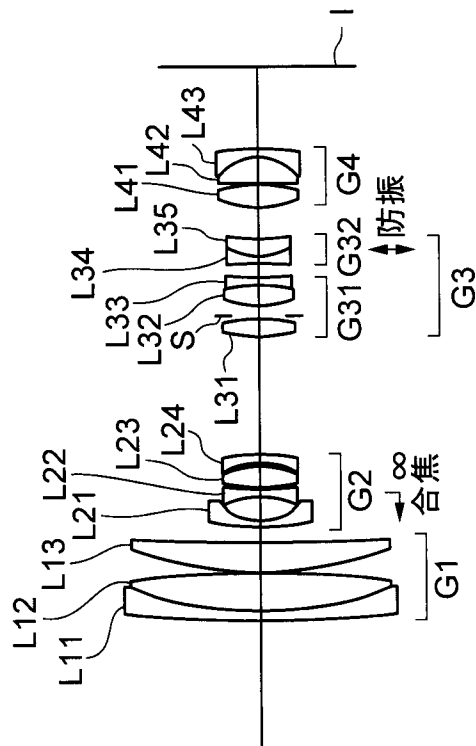


図 4A

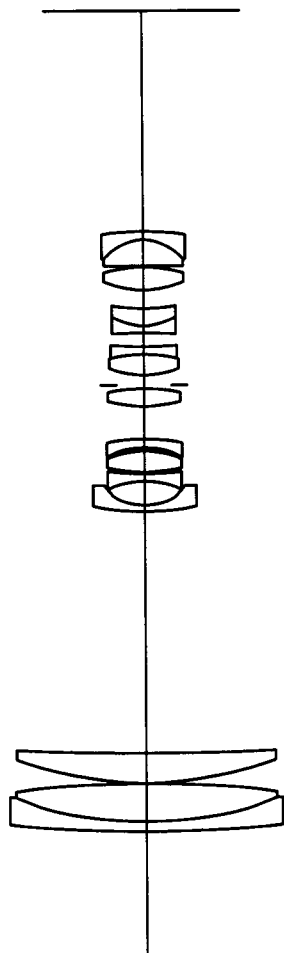


図 4B

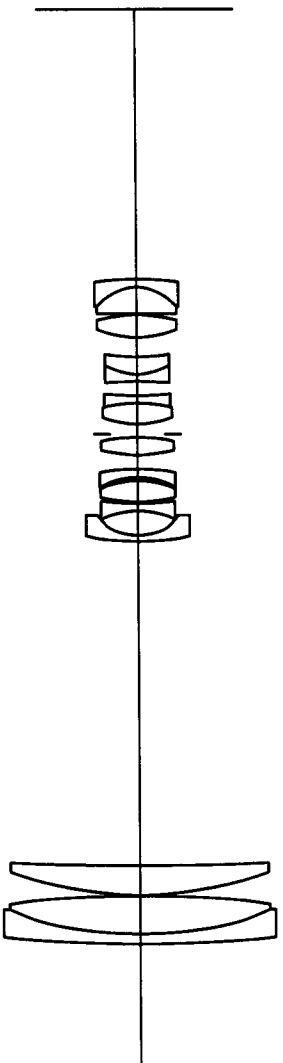


図 4C

[図5]

図 5A

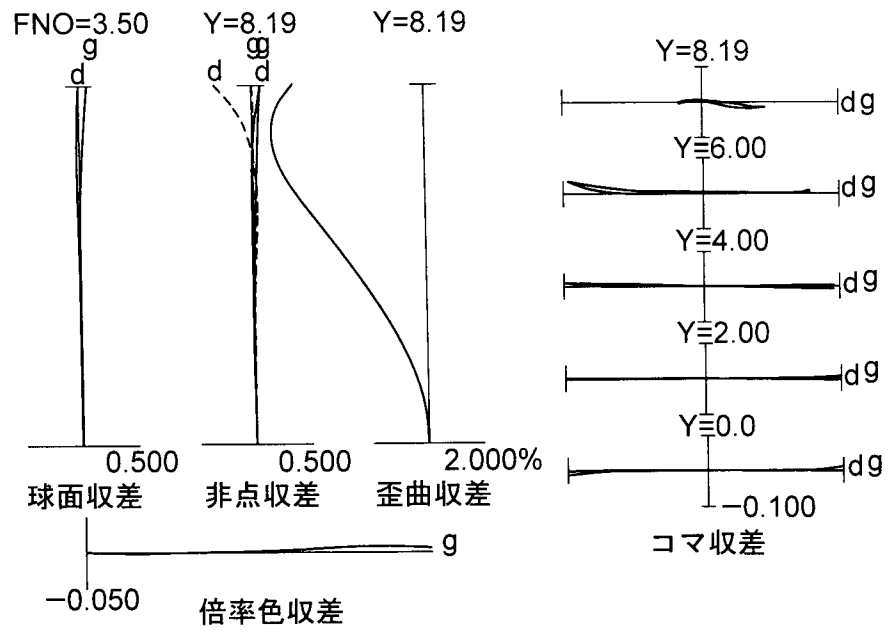


図 5B

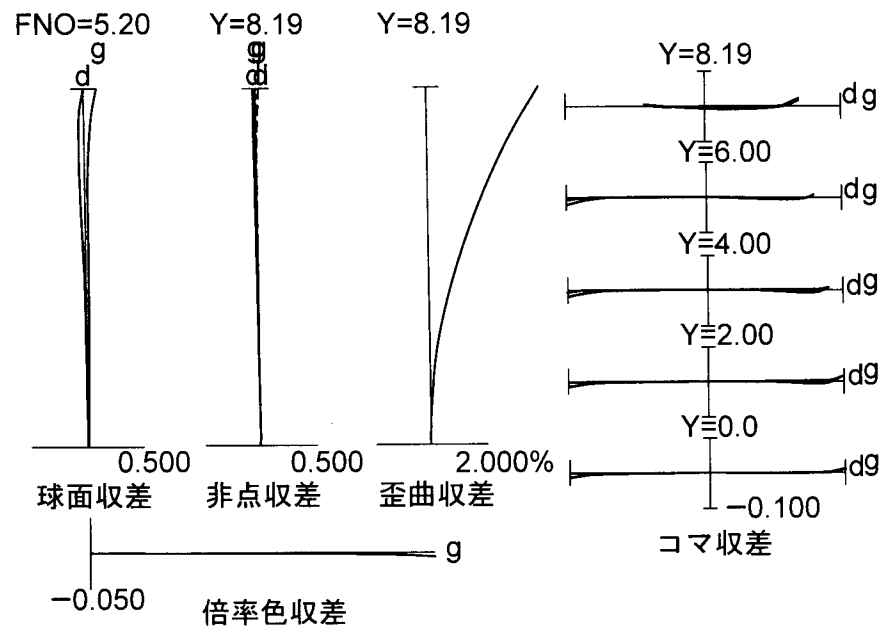
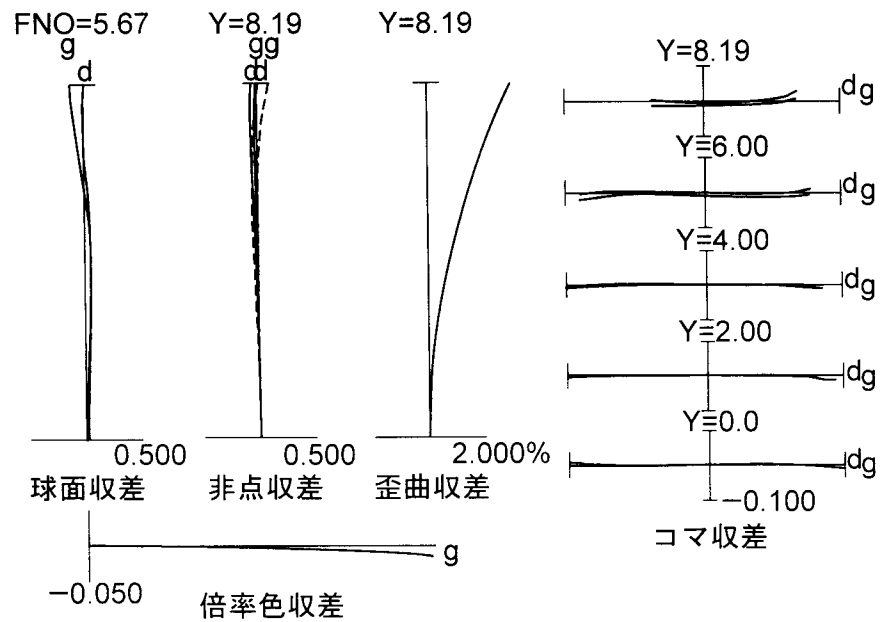


図 5C



[図6]

図 6A

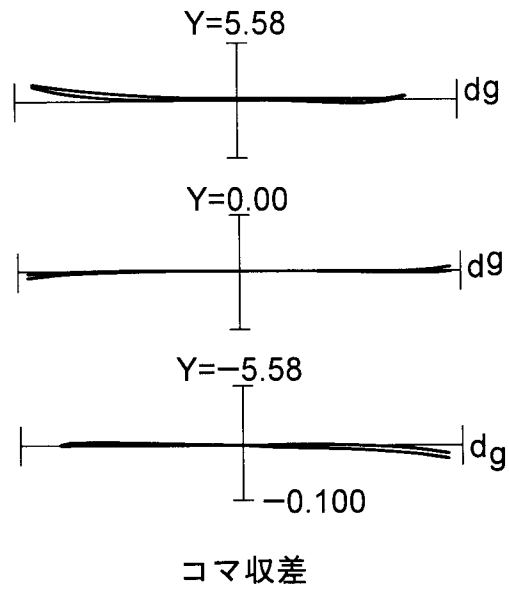
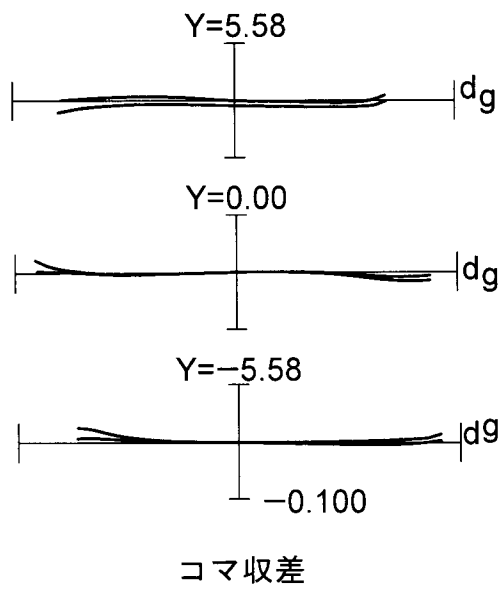


図 6B



[図7]

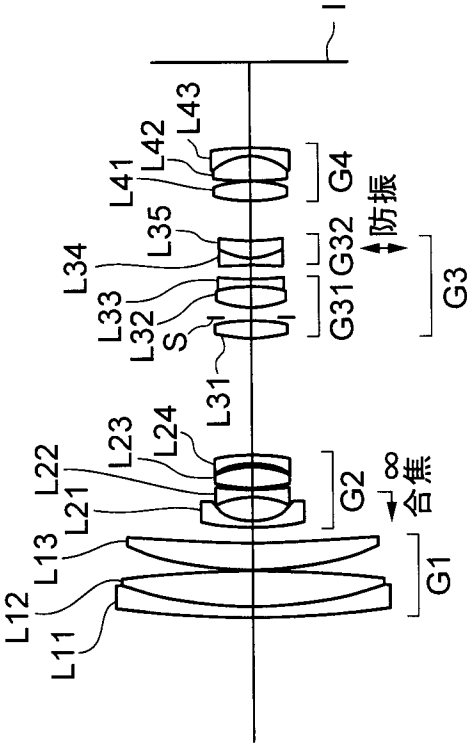


図 7A

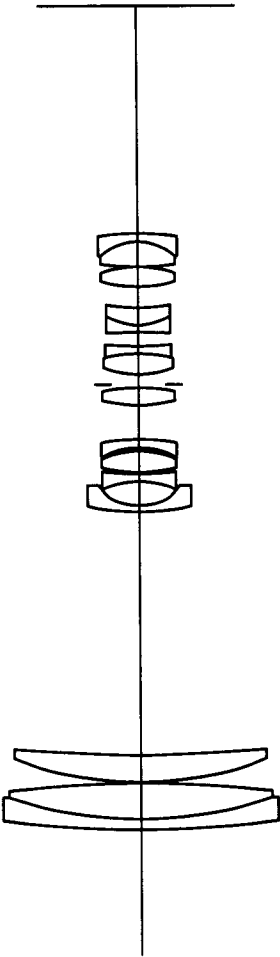


図 7B

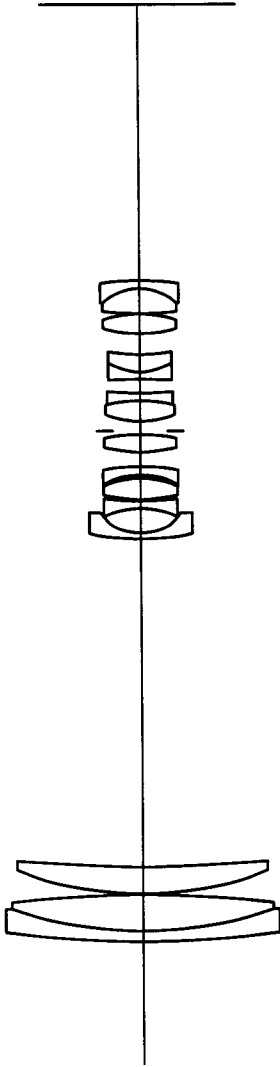


図 7C

[図8]

図 8A

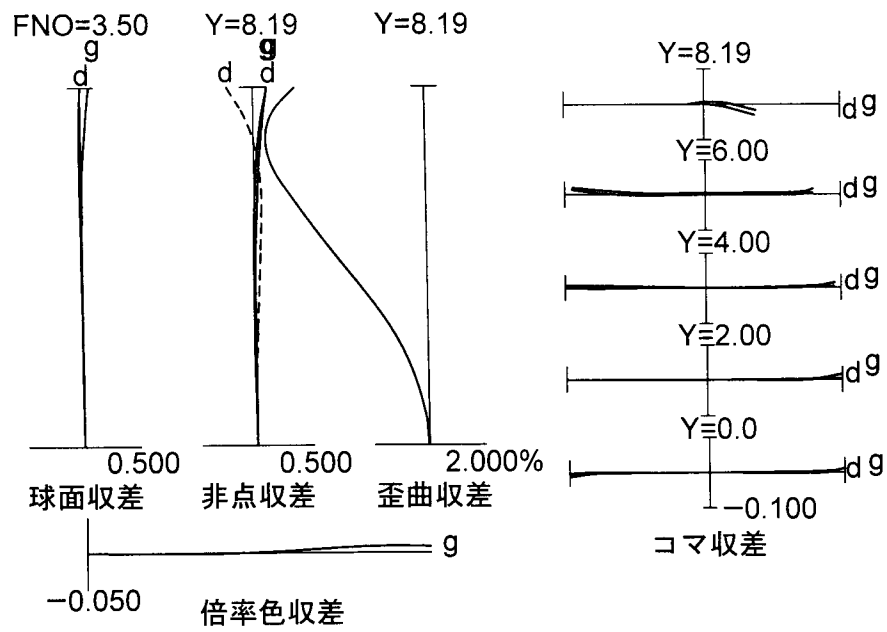


図 8B

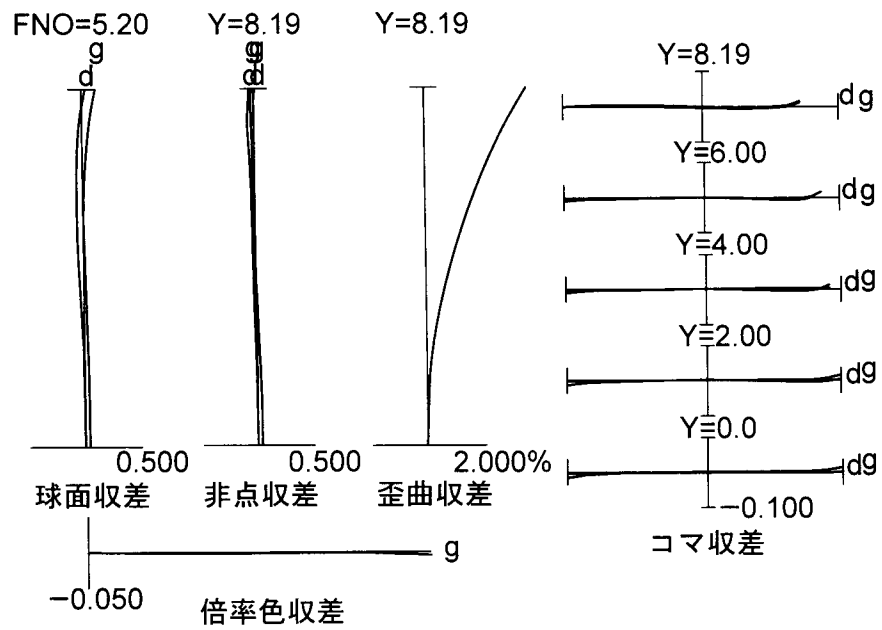
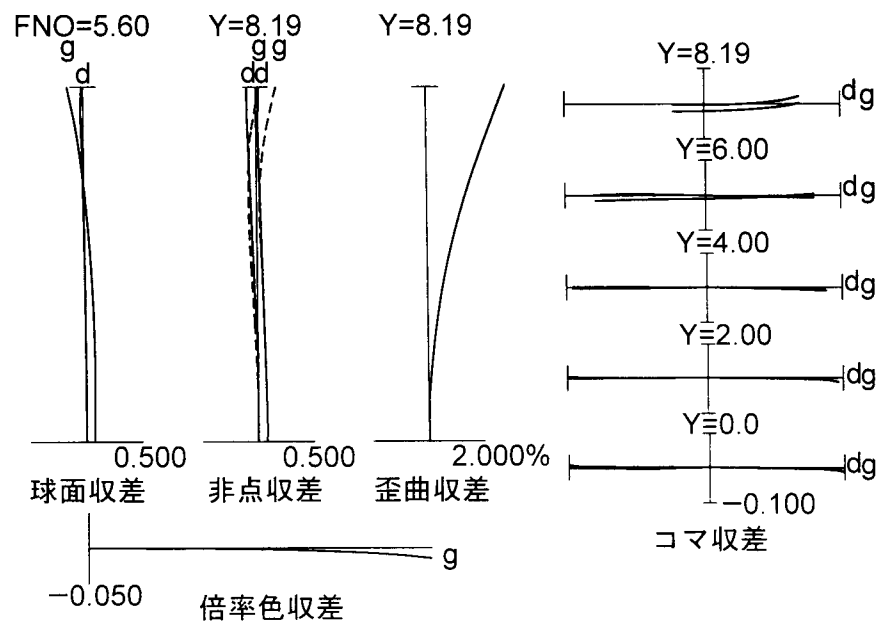
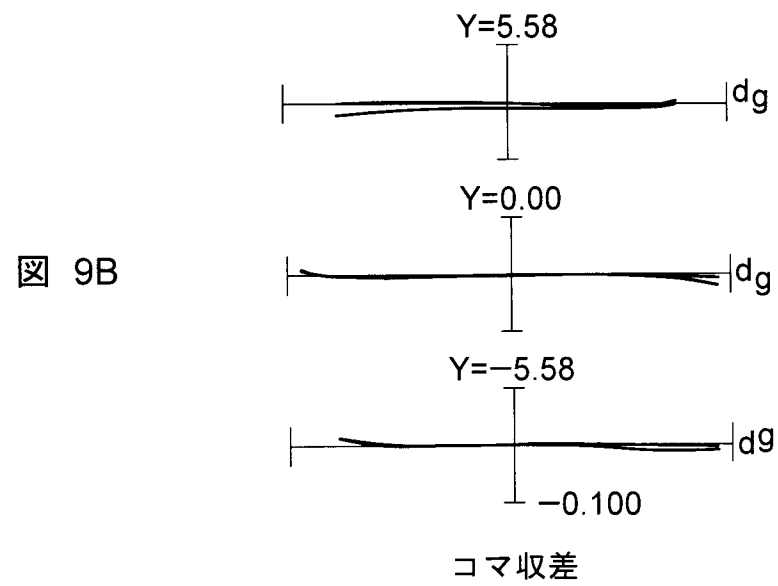
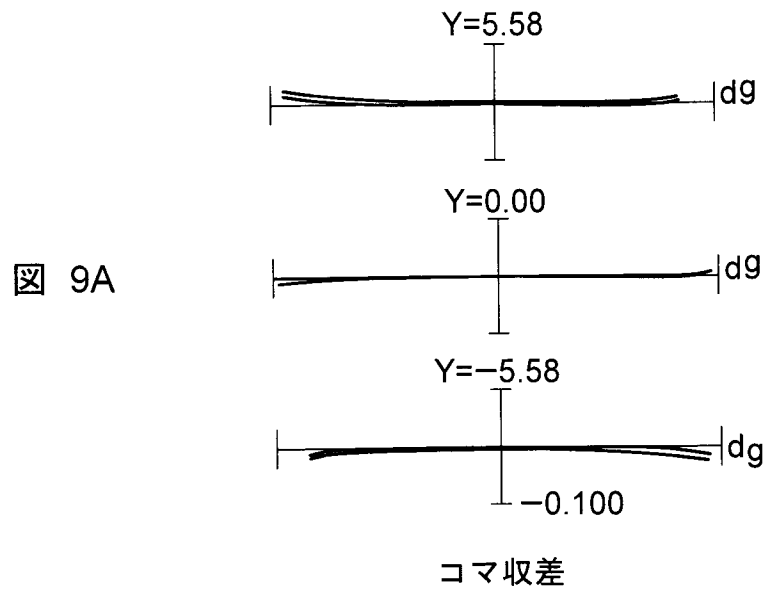


図 8C



[図9]



[図10]

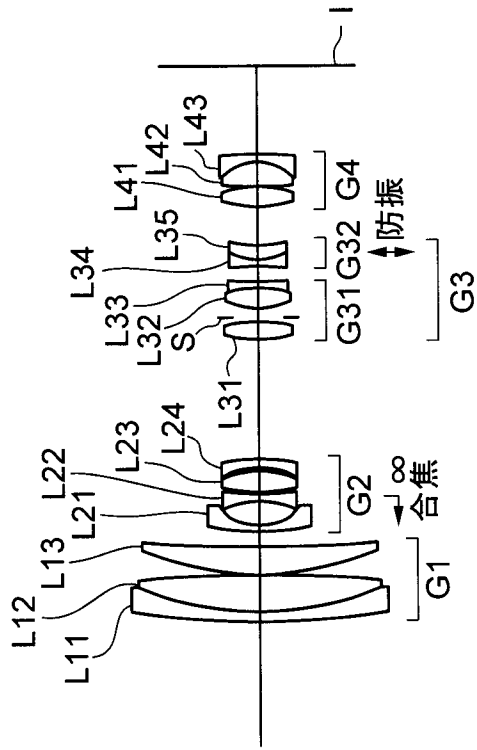


図 10A

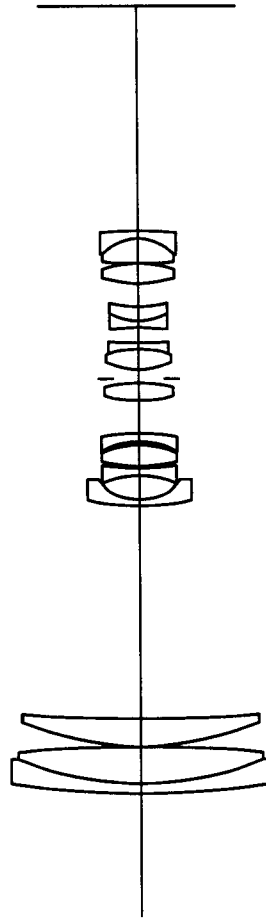


図 10B

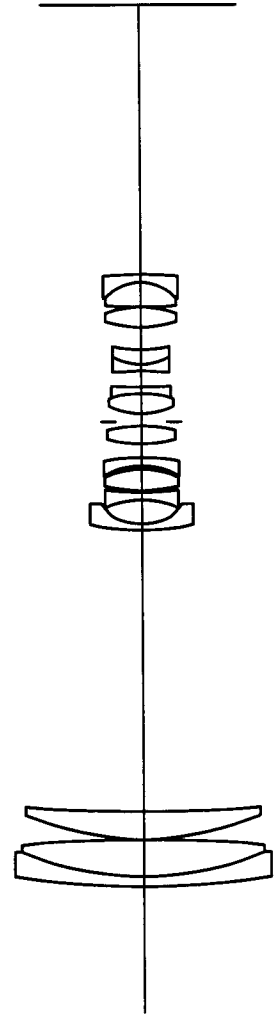


図 10C

[図11]

図 11A

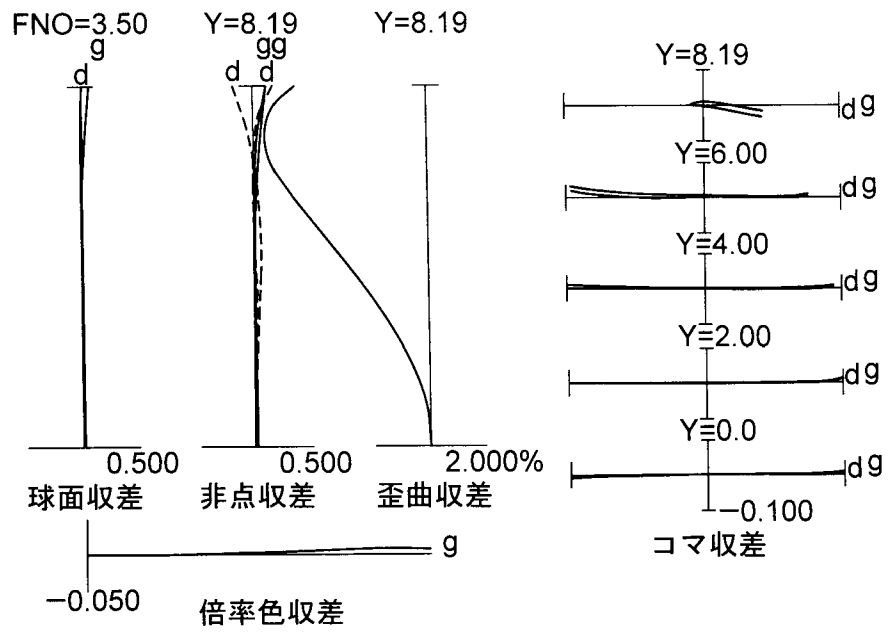


図 11B

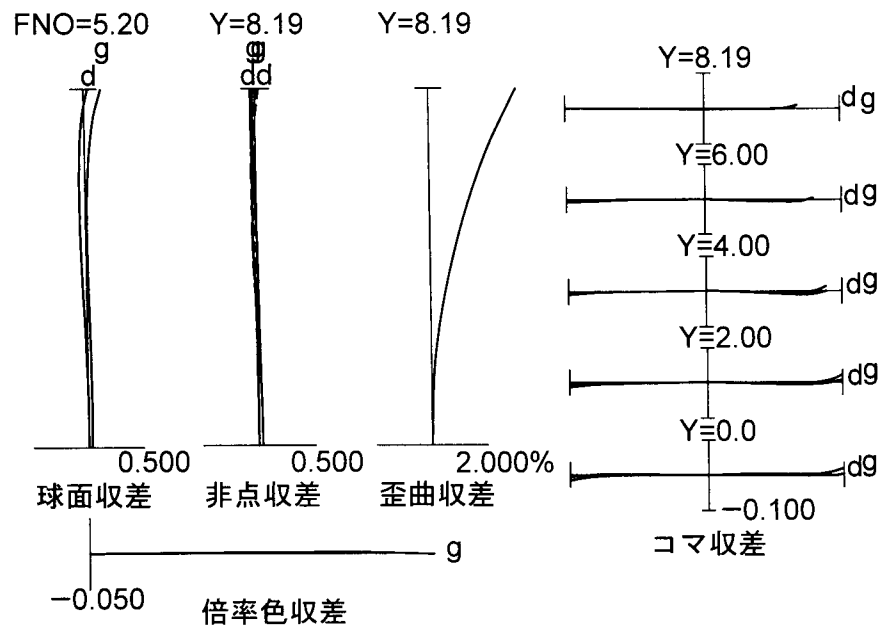
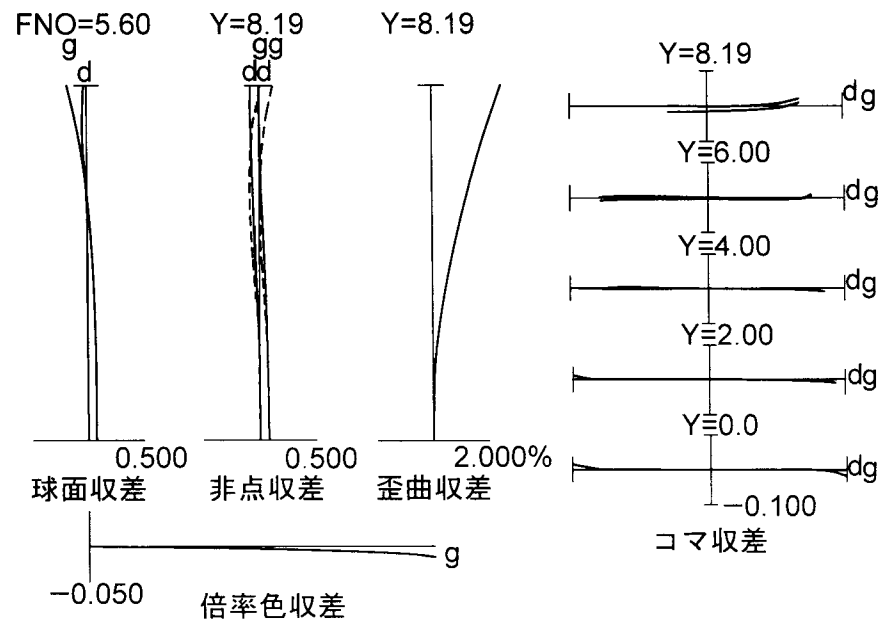


図 11C



[図12]

図 12A

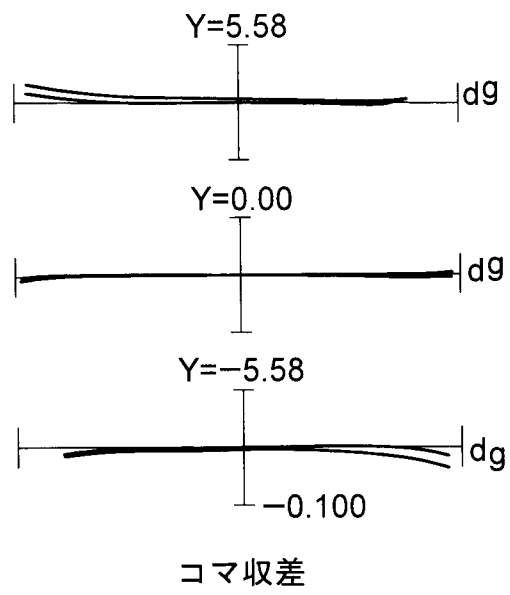
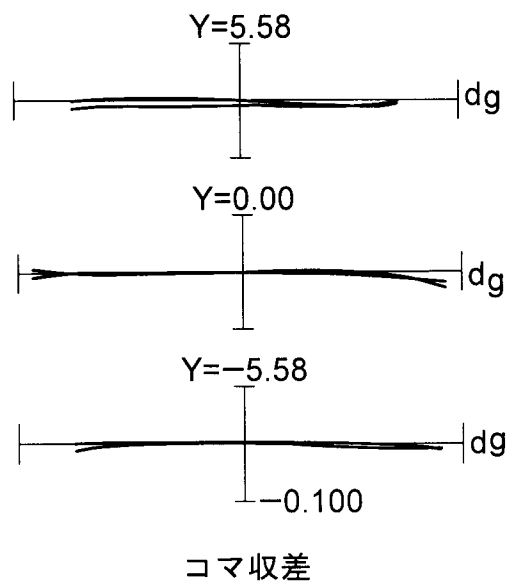


図 12B



[図13]

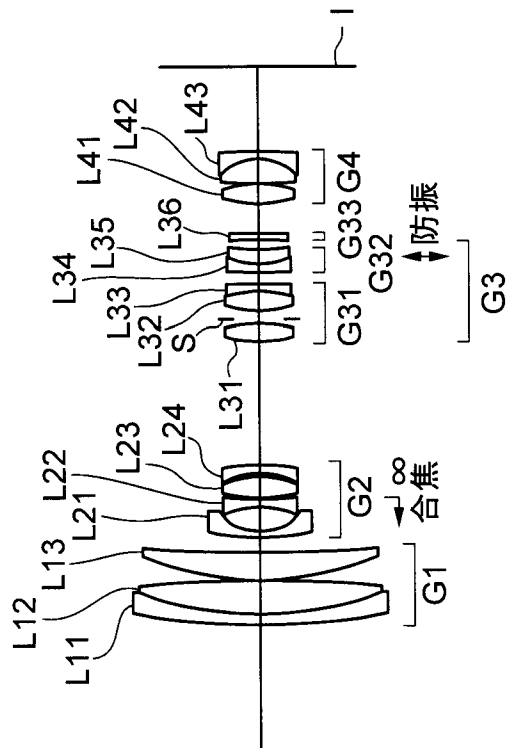


図 13A

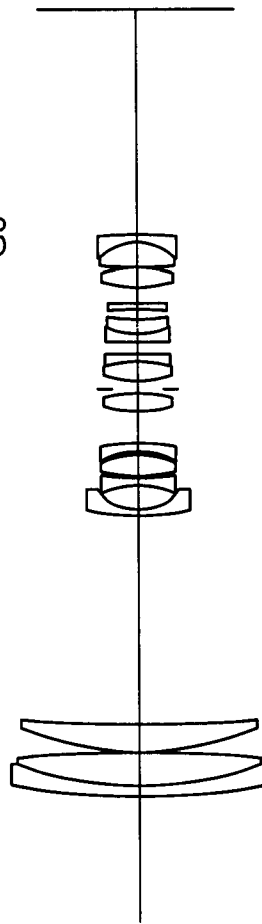


図 13B

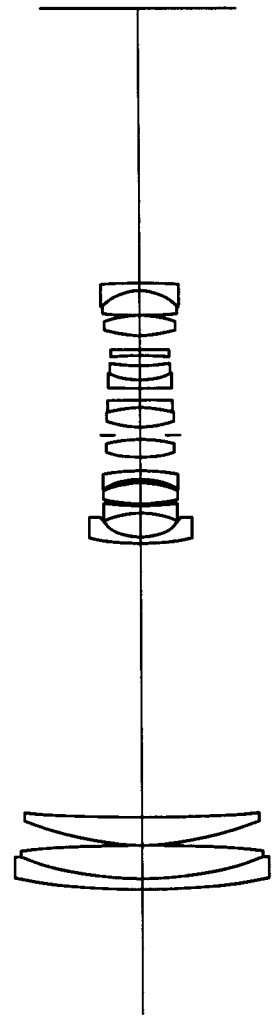


図 13C

[図14]

図 14A

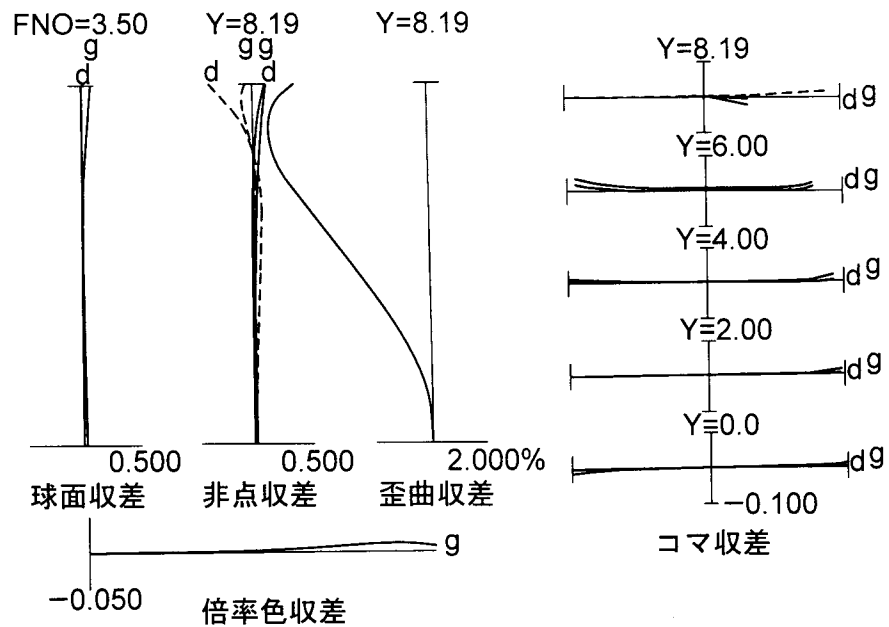


図 14B

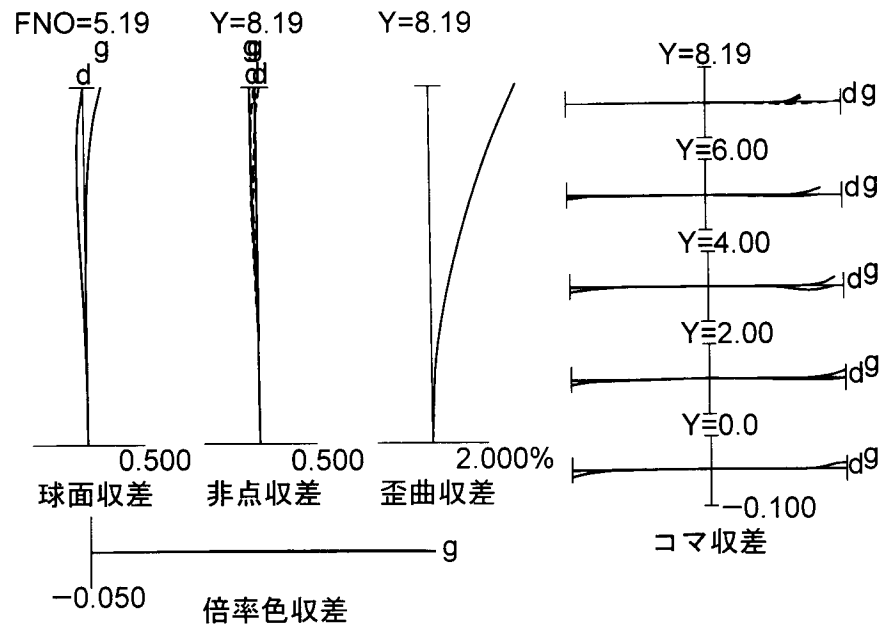
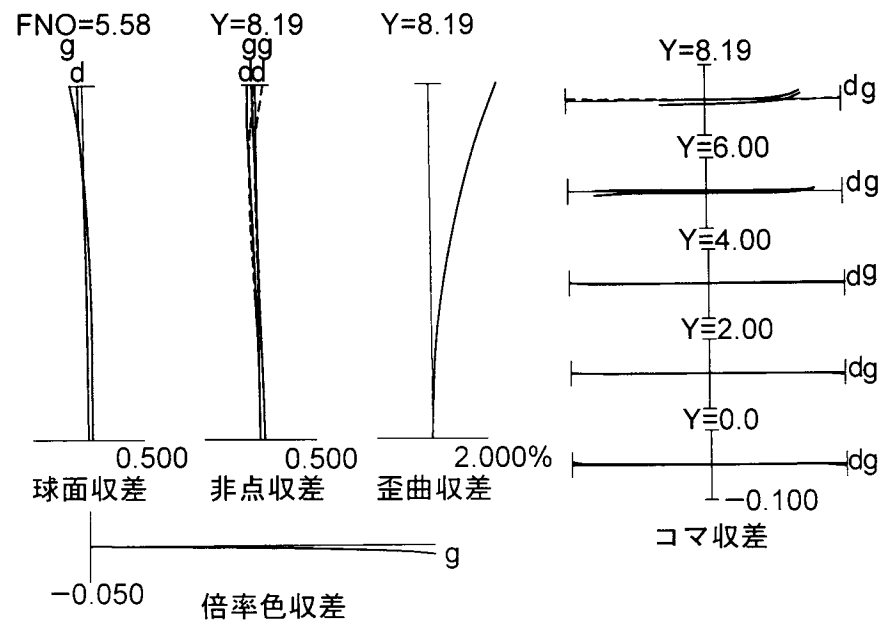


図 14C



[図15]

図 15A

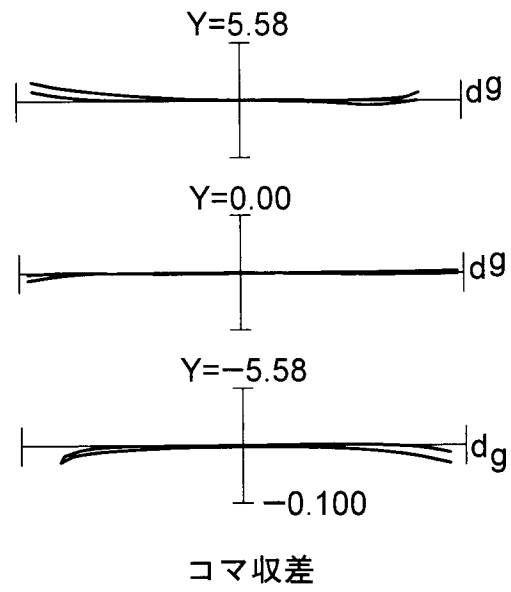
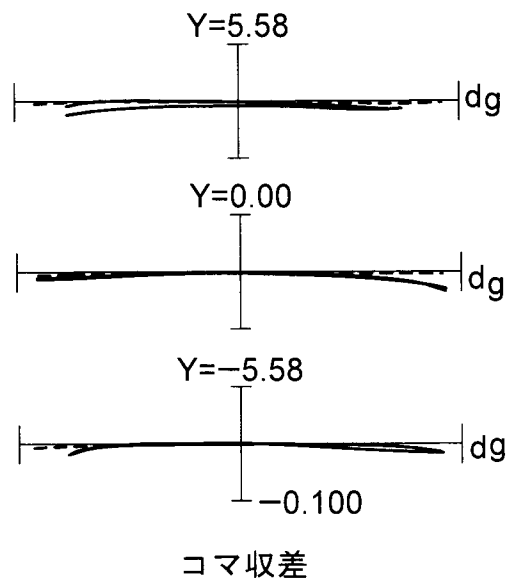


図 15B



[図16]

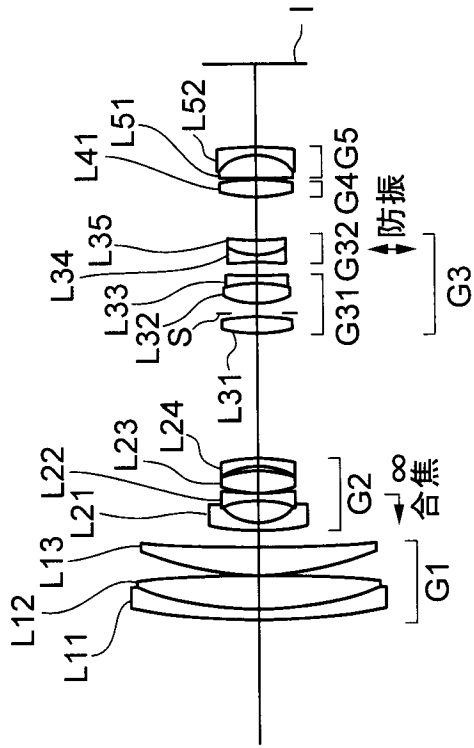


図 16A

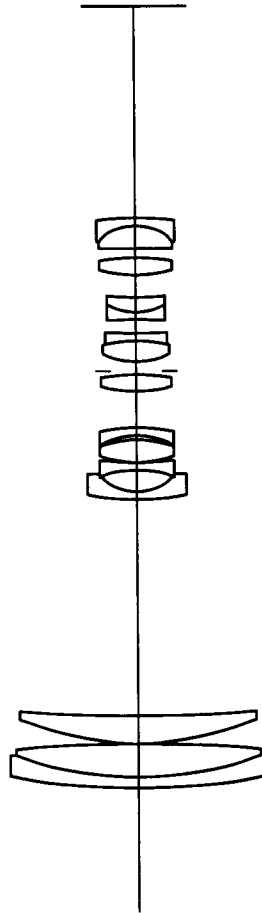


図 16B

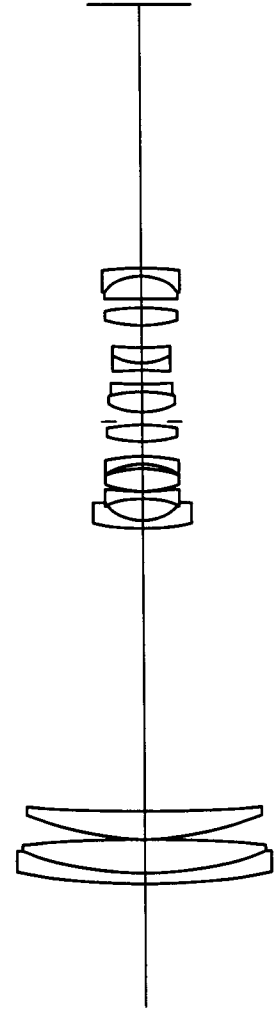


図 16C

[図17]

図 17A

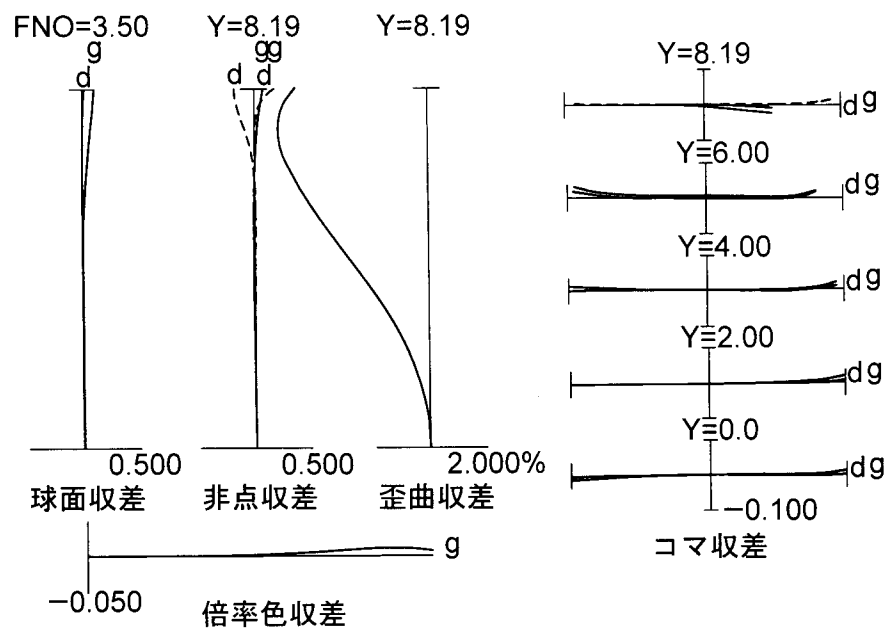


図 17B

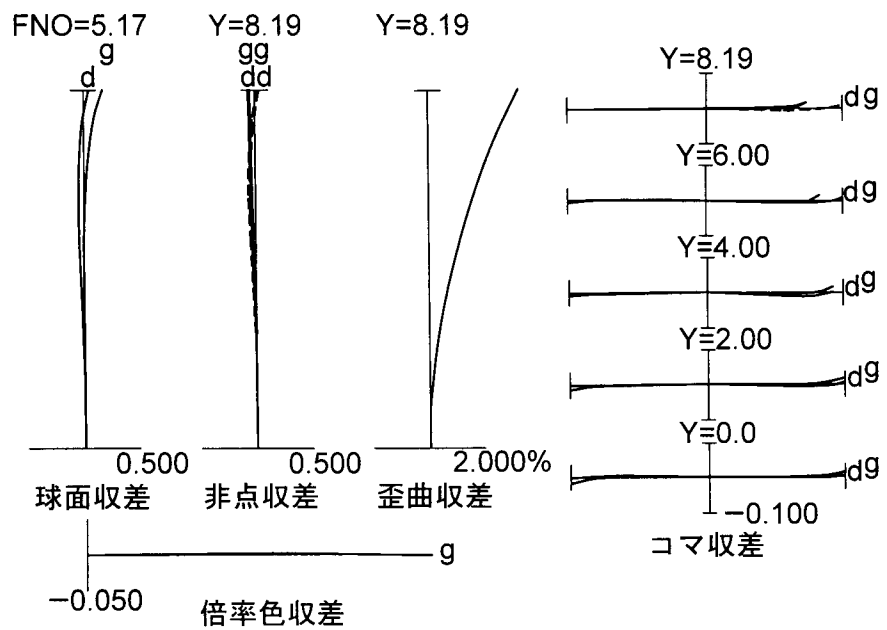
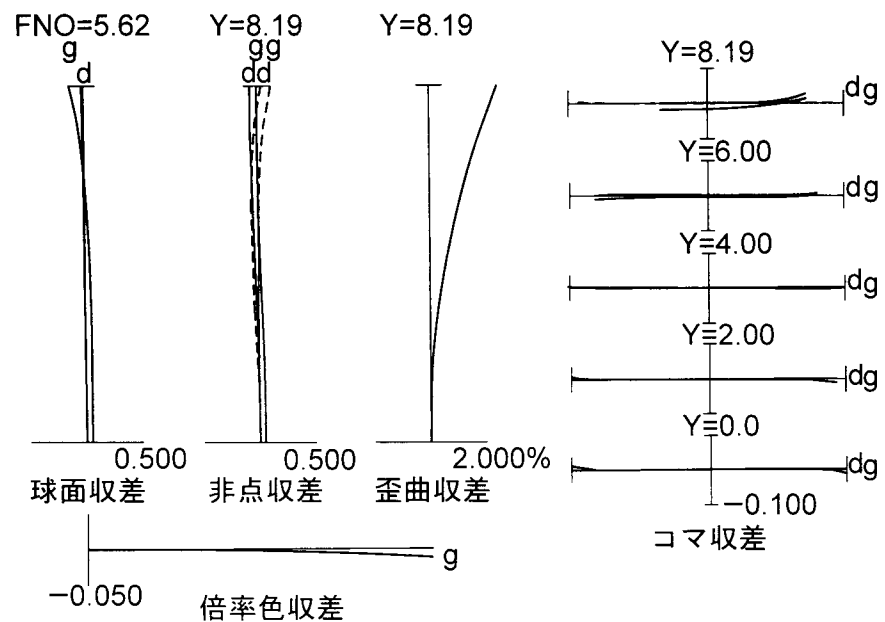


図 17C



[図18]

図 18A

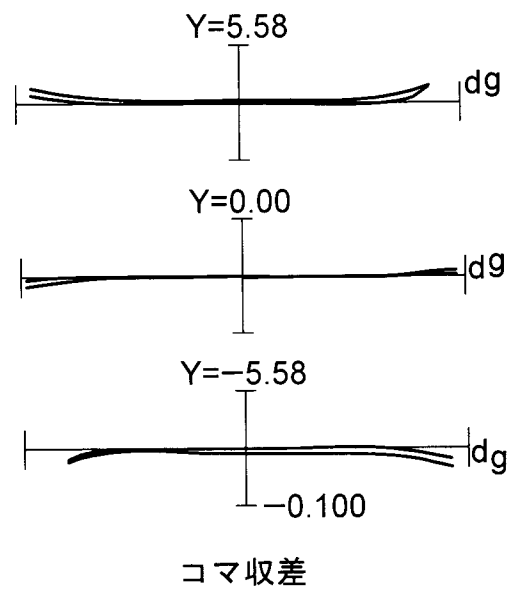
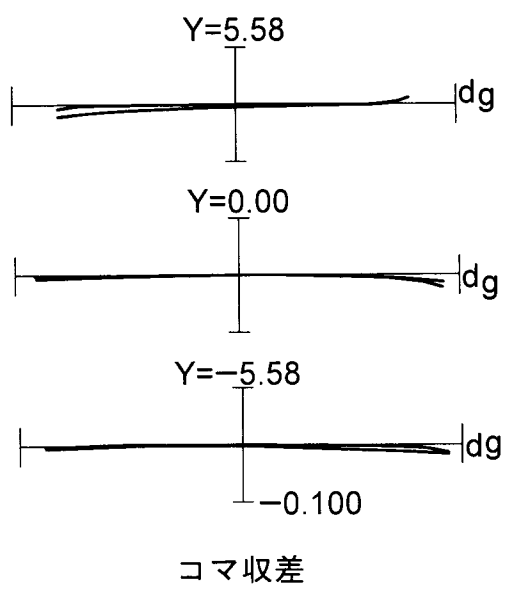
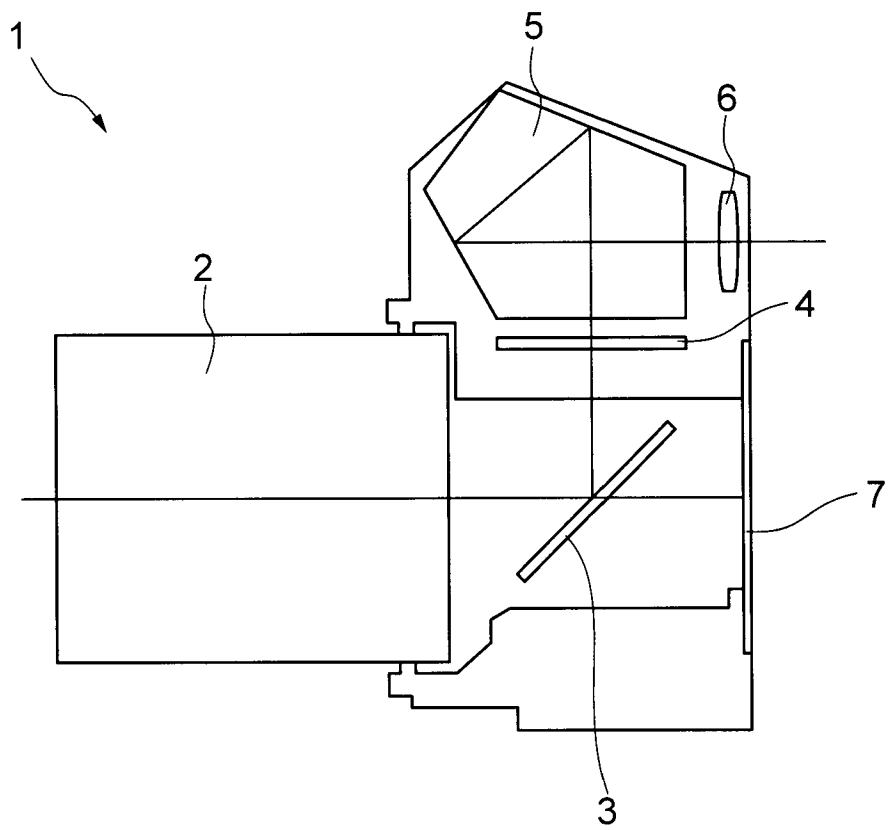


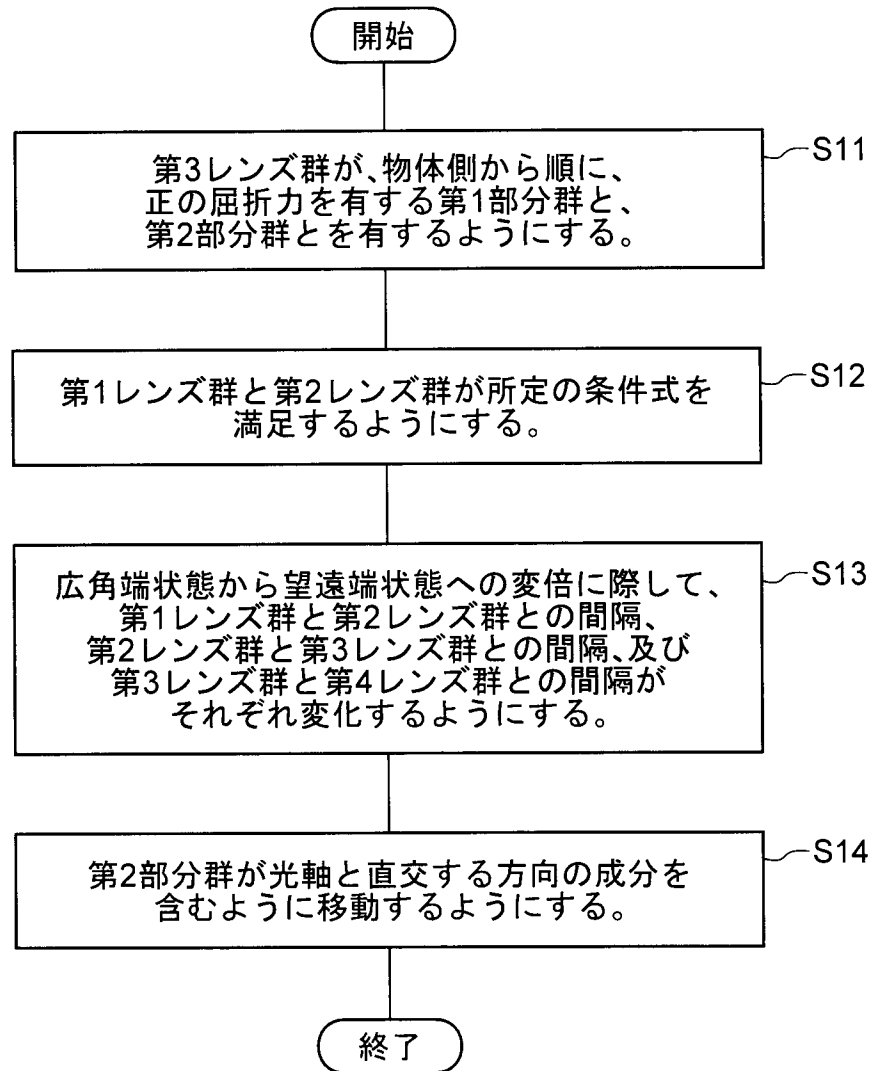
図 18B



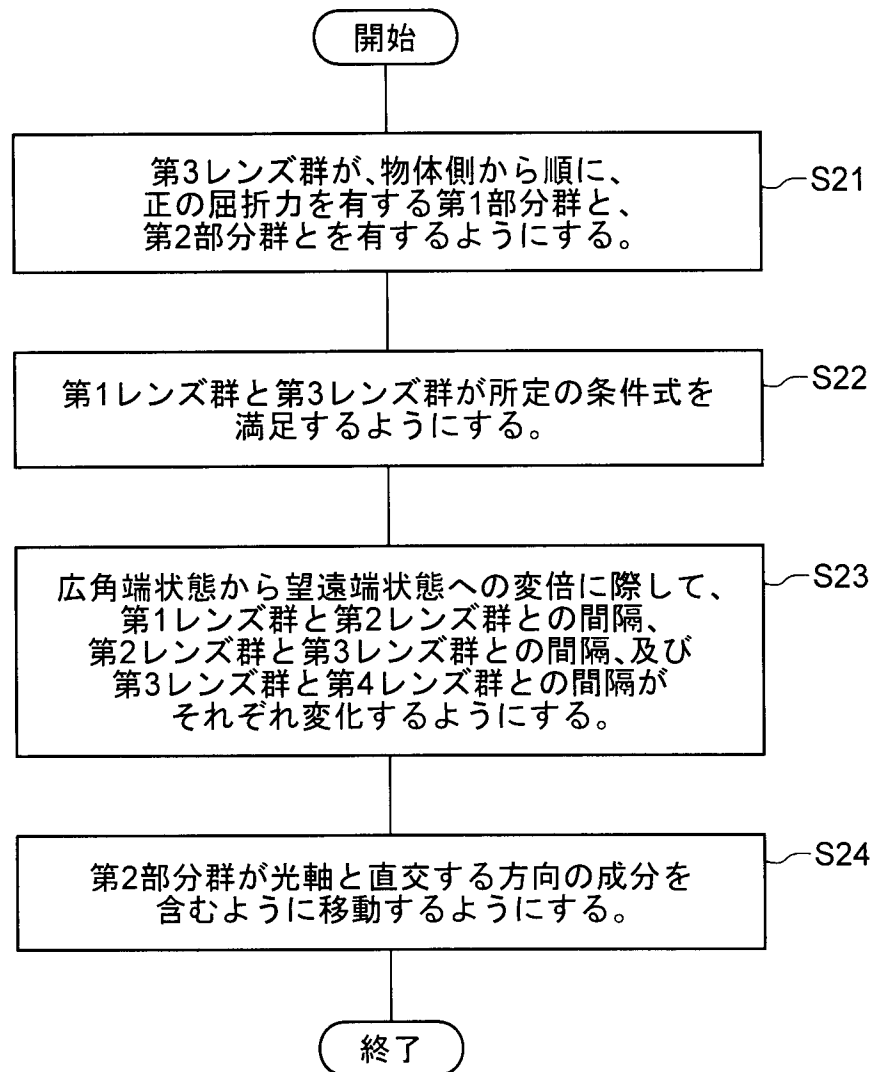
[図19]



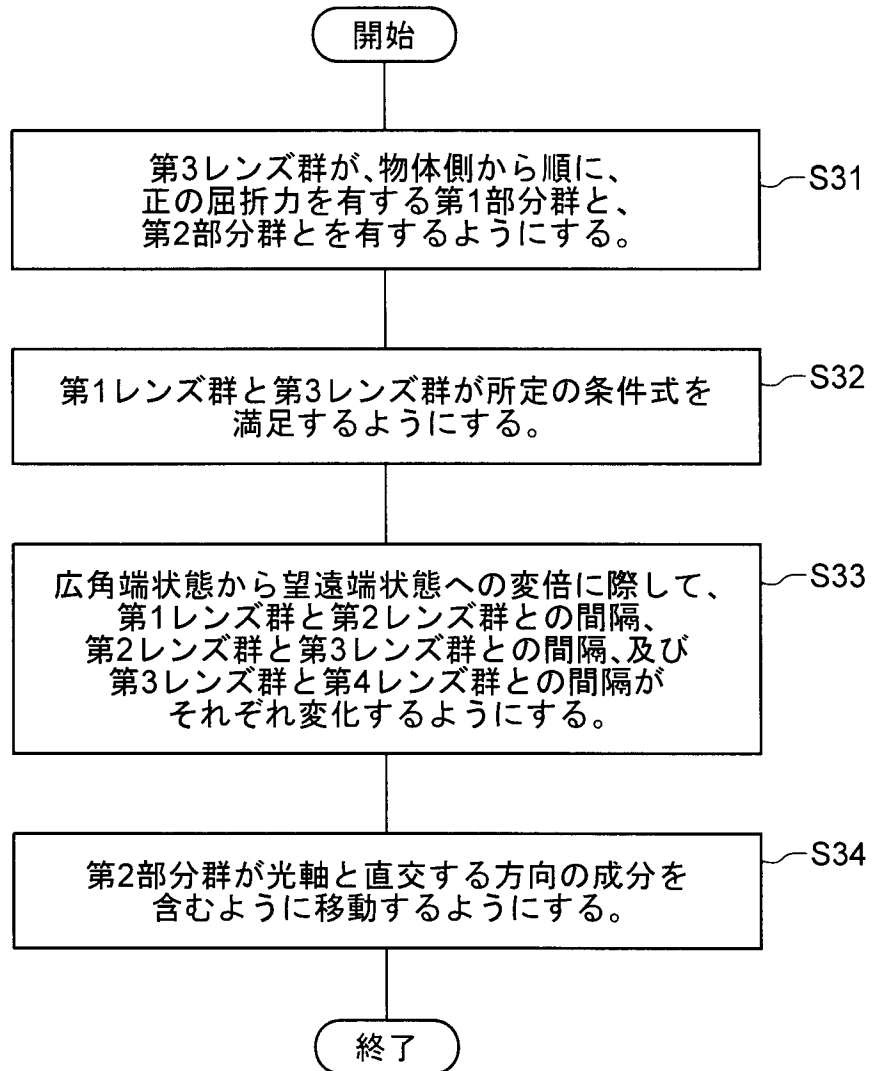
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055173

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B15/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2009-150970 A (Canon Inc.), 09 July 2009 (09.07.2009), entire text; all drawings; particularly, claims 1, 8, 10; paragraphs [0055] to [0063]; numerical example 5 (Family: none)	1-2, 4, 6, 10-12, 25-26, 28 3, 5, 7-9, 27, 29
X A	JP 2009-9104 A (Nikon Corp.), 15 January 2009 (15.01.2009), entire text; all drawings; particularly, claims 1, 2, 11; 1st to 3rd examples & US 2008/0297901 A1 & EP 1998204 A1 & CN 101315457 A & CN 101315457 B	1-2, 4, 7-12, 25-26, 28 3, 5-6, 27, 29

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 May, 2013 (27.05.13)Date of mailing of the international search report
11 June, 2013 (11.06.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055173

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2008-15251 A (Canon Inc.), 24 January 2008 (24.01.2008), entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0034] to [0039], [0062] to [0067]; numerical example 5 (Family: none)	1-2, 5-7, 9, 11-12, 25-26, 29 3-4, 8, 10, 27-28
X A	JP 2011-186165 A (Nikon Corp.), 22 September 2011 (22.09.2011), entire text; all drawings; particularly, 2nd example; paragraphs [0150] to [0151] & US 2011/0273776 A1 & CN 102193175 A	1-2, 5-6, 8, 11-12, 25-26, 29 3-4, 7, 9-10, 27-28
X A	JP 2011-186159 A (Nikon Corp.), 22 September 2011 (22.09.2011), entire text; all drawings; particularly, 2nd example; paragraphs [0144] to [0145] & US 2011/0273776 A1 & CN 102193175 A	1-2, 5-6, 8, 11-12, 25-26, 29 3-4, 7, 9-10, 27-28
X A	JP 2009-128607 A (Nikon Corp.), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; all drawings; particularly, 1st, 3rd, 4th, 5th examples; paragraphs [0112] to [0113] & US 2009/0190234 A1 & EP 2071380 A2	1-2, 6-8, 11-12, 25-26 3-5, 9-10, 27-29
X A	JP 2009-128606 A (Nikon Corp.), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; all drawings; particularly, 1st, 3rd, 4th, 5th examples; paragraphs [0100] to [0101] & US 2009/0190234 A1 & EP 2071380 A2 & CN 101441315 A	1-2, 6-8, 11-12, 25-26 3-5, 9-10, 27-29
X A	JP 2008-33208 A (Sony Corp.), 14 February 2008 (14.02.2008), entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0038] to [0039]; numerical example 3 of the 1st invention (paragraphs [0064] to [0073]) & US 2010/0014169 A1 & EP 2034346 A1 & WO 2008/001861 A1 & CN 101356465 A & KR 10-2009-0025183 A & TW 200818878 A	1-3, 6, 8, 12, 25-27 4-5, 7, 9-11, 28-29
X A	JP 2007-17533 A (Nikon Corp.), 25 January 2007 (25.01.2007), entire text; all drawings; particularly, paragraph [0052]; 1st to 4th examples & US 2006/0056055 A1 & JP 4821190 B2	1, 3, 5, 9, 11-12, 25, 27, 29 2, 4, 6-8, 10, 26, 28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055173

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet (continuation of Box No. III).

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-12 and 25-29

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055173

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Since respective technical features which are common to one another among the inventions of claims 1 and 25, the inventions of claims 13 and 30 and the inventions of claims 19 and 33 are relevant to the technique which has been conventionally known as disclosed in the document 1 (JP 2006-284763 A (Nikon Corp.), 19 October 2006 (19.10.2006), entire text; all drawings; particularly, each example) which is cited by the applicant of the present application himself as a prior-art document, and does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the afore-said document, said respective technical features cannot be considered to be a special technical feature.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature among these inventions.

Accordingly, the following three inventions are involved in claims.

(Invention 1) the inventions of claims 1-12 and 25-29

(Invention 2) the inventions of claims 13-18 and 30-32

(Invention 3) the inventions of claims 19-24, 33 and 34

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B15/20 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B15/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2009-150970 A（キヤノン株式会社）2009.07.09, 全文、全図、特に、請求項 1, 8, 10、段落[0055]-[0063]、数値実施例 5（ファミリーなし）	1-2, 4, 6, 10-12, 25-26, 28 3, 5, 7-9, 27, 29
X A	JP 2009-9104 A（株式会社ニコン）2009.01.15, 全文、全図、特に、請求項 1, 2, 11、第 1-3 実施例 & US 2008/0297901 A1 & EP 1998204 A1 & CN 101315457 A & CN 101315457 B	1-2, 4, 7-12, 25-26, 28 3, 5-6, 27, 29

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 1 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

森内 正明

2 V

9 2 2 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2008-15251 A (キヤノン株式会社) 2008.01.24, 全文、全図、特に、段落[0034]-[0039]、[0062]-[0067]、数値実施例 5 (ファミリーなし)	1-2, 5-7, 9, 11 -12, 25-26, 29 3-4, 8, 10, 27- 28
X A	JP 2011-186165 A (株式会社ニコン) 2011.09.22, 全文、全図、特に、第 2 実施例、段落[0150]-[0151] & US 2011/0273776 A1 & CN 102193175 A	1-2, 5-6, 8, 11 -12, 25-26, 29 3-4, 7, 9-10, 27-28
X A	JP 2011-186159 A (株式会社ニコン) 2011.09.22, 全文、全図、特に、第 2 実施例、段落[0144]-[0145] & US 2011/0273776 A1 & CN 102193175 A	1-2, 5-6, 8, 11 -12, 25-26, 29 3-4, 7, 9-10, 27-28
X A	JP 2009-128607 A (株式会社ニコン) 2009.06.11, 全文、全図、特に、第 1, 3, 4, 5 実施例、段落[0112]-[0113] & US 2009/0190234 A1 & EP 2071380 A2	1-2, 6-8, 11- 12, 25-26 3-5, 9-10, 27- 29
X A	JP 2009-128606 A (株式会社ニコン) 2009.06.11, 全文、全図、特に、第 1, 3, 4, 5 実施例、段落[0100]-[0101] & US 2009/0190234 A1 & EP 2071380 A2 & CN 101441315 A	1-2, 6-8, 11- 12, 25-26 3-5, 9-10, 27- 29
X A	JP 2008-33208 A (ソニー株式会社) 2008.02.14, 全文、全図、特に、段落[0038]-[0039]、第 1 の発明の数値実施例 3 ([0064]-[0073]) & US 2010/0014169 A1 & EP 2034346 A1 & WO 2008/001861 A1 & CN 101356465 A & KR 10-2009-0025183 A & TW 200818878 A	1-3, 6, 8, 12, 25-27 4-5, 7, 9-11, 28-29
X A	JP 2007-17533 A (株式会社ニコン) 2007.01.25, 全文、全図、特に、段落[0052]、第 1-4 実施例 & US 2006/0056055 A1 & JP 4821190 B2	1, 3, 5, 9, 11- 12, 25, 27, 29 2, 4, 6-8, 10, 26, 28

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ第Ⅲ欄の続きを参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1 - 1 2、2 5 - 2 9

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項 1、25に係る発明、請求項 13、30に係る発明、請求項 19、33に係る発明の各々の発明同士に共通する各技術的特徴は、出願人が自ら先行技術文献として挙げている文献 1（JP 2006-284763 A（株式会社ニコン）、2006.10.19、全文、全図、特に、各実施例）に記載されているように従来から知られている技術であり、前記文献の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該各技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一のまたは対応する特別な技術的特徴は存在しない。

そして、請求の範囲には、以下に示す 3 つの発明が含まれる。

（発明 1）請求項 1 ないし 12、25 ないし 29 に係る発明

（発明 2）請求項 13 ないし 18、30 ないし 32 に係る発明

（発明 3）請求項 19 ないし 24、33 及び 34 に係る発明