

(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
2016年6月30日(30.06.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/104786 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/086410
- (22) 国際出願日: 2015年12月25日(25.12.2015)
- (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 2014-266037 2014年12月26日(26.12.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山本 浩史(YAMAMOTO Hiroshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 松尾 拓(MATSUO Taku); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 小濱 昭彦(OBAMA Akihiko); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 内田 健介(UCHIDA Kensuke); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

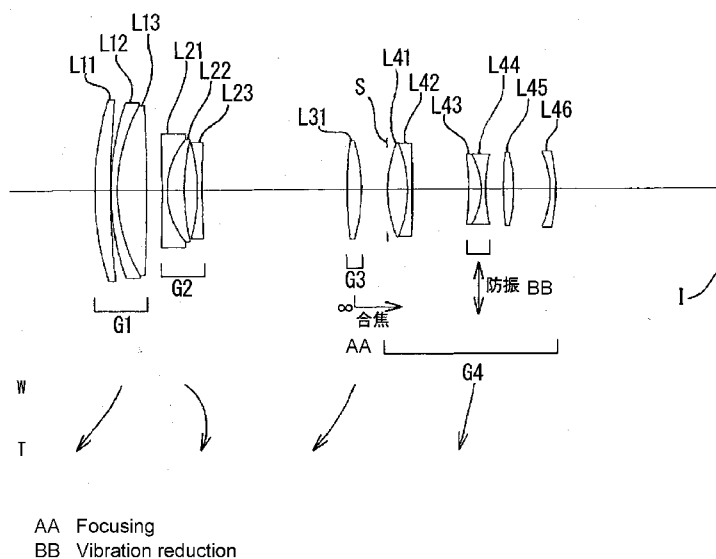
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

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

[図1]



AA Focusing
BB Vibration reduction

(57) Abstract: This variable magnification optical system has a first lens group (G1) that is disposed furthest to an object side and has a positive refractive power, a negative lens group (G2) that is disposed further to an image side than the first lens group and has a negative refractive power, a positive lens group (G4) that is disposed further to the image side than the negative lens group and has a positive refractive power, and a focusing group (G3) that is disposed between the negative lens group and the positive lens group, wherein: when magnification is varied, the space between the first lens group and the negative lens group changes, and the space between the negative lens group and the positive lens group changes; during focusing, the space between the focusing group and a lens that is disposed in a position facing the object side of the focusing group changes, and the space between the focusing group and a lens that is disposed in a position facing the image side of the focusing group changes; and the focusing group comprises one single lens (L31) having a positive refractive power and satisfies a prescribed conditional expression.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/104786 A1



変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群（G1）と、第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群（G2）と、負レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する正レンズ群（G4）と、負レンズ群と正レンズ群との間に配置された合焦（G3）群と、を有し、変倍時に、第1レンズ群と負レンズ群との間隔が変化し、負レンズ群と正レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、合焦群と合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、合焦群と合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズ（L31）からなり、所定の条件式を満足する。

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。

本願は、2014年12月26日に出願された日本国特許出願2014-266037号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

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2010-217838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、良好な光学性能を達成できていないという問題があった。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様に係る変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、前記負レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する。

$$1. \ 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記負レンズ群の焦点距離

[0006] 本発明の別の一態様に係る変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、少なくとも一部に光軸と直交する方向の成分を含むように移動可能な防振群を有し、正の屈折力を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなり、以下の条件式を満足する。

$$1. \ 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記負レンズ群の焦点距離

[0007] 本発明の別の一態様は、

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、

変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第3レンズ群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなり、

以下の条件式を満足する変倍光学系を提供する。

$$1. \ 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

[0008] また本発明の別の一態様は、前記変倍光学系を有する光学装置を提供する。

[0009] また本発明の別の一態様は、

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、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなるようにし、

前記変倍光学系が以下の条件式を満足するようにし、

変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化するようにする変倍光学系の製造方法を提供する。

$$1. \quad 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図2]図2(a)、図2(b)及び図2(c)はそれぞれ、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)、図3(b)及び図3(c)はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図4]図4は第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図5]図5(a)、図5(b)及び図5(c)はそれぞれ、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)、図6 (b) 及び図6 (c) はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図7]図7は第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図8]図8 (a)、図8 (b) 及び図8 (c) はそれぞれ、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)、図9 (b) 及び図9 (c) はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図10]図10は第4実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図11]図11 (a)、図11 (b) 及び図11 (c) はそれぞれ、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12 (a)、図12 (b) 及び図12 (c) はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図13]図13は変倍光学系を備えたカメラの一例の構成を示す図である。

[図14]図14は変倍光学系の製造方法の一例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、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。

[0012] 一実施形態において、変倍光学系は、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、前記負レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置され

た合焦群と、を有し、変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなる。この構成により、鏡筒の小型化を図りつつ、変倍時の収差変動を良好に補正することができる。また、合焦時の収差変動を良好に補正することができる。

[0013] 代替実施形態において、最も物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、前記第 1 レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、少なくとも一部に光軸と直交する方向の成分を含むように移動可能な防振群を有し、正の屈折力を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を有し、変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化し、合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなる。この構成により、鏡筒の小型化を図りつつ防振時にも良好な光学性能を達成することができる。また、合焦時の収差変動を良好に補正することができる。

[0014] 別の代替実施形態において、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、変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化し、前記第 3 レンズ群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなる。この構成により、鏡筒の小型化を図りつつ、変倍時の収差変動を良好に補正することができる。

[0015] これらの実施形態において、変倍光学系は、以下の条件式 (1) を満足する。

$$(1) \quad 1.00 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_n : 前記負レンズ群（第2レンズ群）の焦点距離

f_f : 前記合焦群（第3レンズ群）の焦点距離

[0016] 条件式（1）は、負レンズ群（第2レンズ群）の焦点距離と合焦群（第3レンズ群）の焦点距離の比を規定するものである。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球面収差とコマ収差、及び広角端状態におけるコマ収差と非点収差を良好に補正することができる。

[0017] 変倍光学系において、条件式（1）の対応値が下限値を下回ると、合焦群（第3レンズ群）の屈折力が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差とコマ収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（1）の下限値を1.40とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（1）の下限値を1.61とすることが好ましくは可能である。

[0018] 一方、変倍光学系において、条件式（1）の対応値が上限値を上回ると、負レンズ群（第2レンズ群）の屈折力が大きくなる。これにより、広角端状態においてコマ収差と非点収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（1）の上限値を2.20とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（1）の上限値を2.16とすることが好ましくは可能である。

[0019] 以上の構成により、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。なお、上述のような従来の変倍光学系では、近距離物体合焦時の収差変動が大きい。また、従来の変倍光学系では、近距離物体合焦時に重量の大きな第1レンズ群を繰り出す構成であるため、モータ等のオートフォーカス機構の負担が大きい。これに対して、上述の実施形態において、変倍光学系は、近距離物体合焦時の収差変動を抑えることができる。また、これらの実施形態において、変倍光学系は、インナーフォーカス方式を採用して小型軽量のレンズで合焦を行う構成であるため、オートフォーカス機構の負担が

小さい。

[0020] これらの実施形態において、変倍光学系は、前記第3レンズ群を光軸に沿って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ことが好ましくは可能である。この構成により、合焦時の収差変動を良好に補正することができる。

[0021] これらの実施形態において、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、を有し、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式(2)を満足することが好ましくは可能である。

$$(2) \quad 2.00 < f_1 / (-f_n) < 4.00$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0022] 条件式(2)は、第1レンズ群の焦点距離と第2レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。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球面収差と軸上色収差、及び広角端状態におけるコマ収差と非点収差を良好に補正することができる。

[0023] 変倍光学系において、条件式(2)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。これにより、望遠端状態において球面収差と軸上色収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を2.50とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(2)の下限値を2.85とすることが好ましくは可能である。

[0024] 一方、変倍光学系において、条件式(2)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。これにより、広角端状態においてコマ収差と非点収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を3.70とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式(2)の上限

値を3.63とすることが好ましくは可能である。

[0025] これらの実施形態において、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、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、前記第4レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動することが好ましくは可能である。これにより、手ぶれや振動等に起因する像ぶれの補正即ち防振を行うことができ、特に鏡筒の小型化を図りつつ防振時にも良好な光学性能を達成することができる。

[0026] これらの実施形態において、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、変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式(3)を満足することが好ましくは可能である。

$$(3) \quad 0.10 < f_f / f_p < 0.90$$

ただし、

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_p : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0027] 条件式(3)は、第3レンズ群の焦点距離と第4レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。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球面収差、コマ収差及び非点収差を良好に補正することができる。

[0028] 変倍光学系において、条件式(3)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る。これにより、望遠端状態において球面収差と

コマ収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（３）の下限値を 0.20 とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（３）の下限値を 0.24 とすることが好ましくは可能である。

[0029] 一方、変倍光学系において、条件式（３）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る。これにより、望遠端状態においてコマ収差と非点収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を 0.75 とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（３）の上限値を 0.64 とすることが好ましくは可能である。

[0030] これらの実施形態において、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、を有し、変倍時に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、以下の条件式（４）を満足することが好ましくは可能である。

$$(4) \quad 60.00 < \nu d 3$$

ただし、

$\nu d 3$: 前記第３レンズ群に含まれる単レンズのアップベ数

[0031] 条件式（４）は、第３レンズ群における単レンズのアップベ数を規定するものである。変倍光学系は、条件式（４）を満足することにより、望遠端状態において軸上色収差と球面収差を良好に補正することができる。

[0032] 変倍光学系において、条件式（４）の対応値が下限値を下回ると、望遠端状態において軸上色収差と球面収差の補正が困難になってしまうので好ましくない。なお、効果を確実にするために、条件式（４）の下限値を 63.00 とすることが好ましくは可能である。また、効果をより確実にするために、条件式（４）の下限値を 64.00 とすることが好ましくは可能である。

[0033] 一実施形態において、光学装置は、上述した構成の変倍光学系を有する。これにより、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。

[0034] 一実施形態において、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、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなるようにし、前記変倍光学系が以下の条件式(1)を満足するようにし、変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化するようにする。これにより、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。

$$(1) \quad 1.00 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

[0035] 以下、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。

(第1実施例)

図1は第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における断面図である。
なお、図1及び後述する図4、図7及び図10中の矢印は、広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍時の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0036] 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。

[0037] 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正メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と両凸形状の正レンズL13との接合レンズとからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22との接合レンズと、両凹形状の負レンズL23とからなる。

[0038] 第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL41と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42との接合レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43と両凹形状の負レンズL44との接合レンズと、両凸形状の正レンズL45と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL46とからなる。

[0039] 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、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

[0040] また本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3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。

また本実施例に係る変倍光学系では、第4レンズ群G4中の正メニスカスレンズL43と負レンズL44との接合レンズ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防振を行う。

[0041] 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（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 587.6 nm ）に対する屈折率、 ν_d は d 線（波長 587.6 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 $r = \infty$ は平面を示している。

[0042] 〔各種データ〕において、 FNO はFナンバー、 ω は半画角（単位は「°」）、 Y は像高、 TL は本実施例に係る変倍光学系の全長（第1面から像面Iまでの光軸上の距離）、 d_n は第 n 面と第 $n+1$ 面との可変の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。d₀は物体から第1面までの距離を示す。

〔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。

[0043] 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。

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。

[0044] (表1) 第1実施例

〔面データ〕

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	71.181	3.783	1.51680	63.88
2	215.901	0.095	1.00000	
3	63.130	1.500	1.78472	25.64
4	39.888	7.004	1.48749	70.31
5	-337.340	可変		
6	-522.329	1.200	1.72916	54.61
7	18.825	4.059	1.80518	25.45
8	50.914	3.117	1.00000	
9	-43.738	1.100	1.80400	46.60
10	217.724	可変		
11	94.133	3.391	1.49782	82.57
12	-41.765	可変		
13(絞りS)	∞	0.100	1.00000	
14	29.229	4.644	1.56384	60.71

15	-31.326	1.100	1.80518	25.45
16	-2034.980	13.423	1.00000	
17	-65.010	2.981	1.85026	32.35
18	-15.931	1.100	1.75500	52.34
19	42.547	4.150	1.00000	
20	95.432	2.397	1.77250	49.62
21	-36.738	8.561	1.00000	
22	-22.000	1.400	1.80100	34.92
23	-39.498	B f		

像面 ∞

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	T
f	56.59	193.99
F N O	4.12	5.80
ω	14.31°	4.06°
Y	14.00	14.00
T L	148.31	170.32
B f	39.30	63.82

<無限遠物体合焦時>

	W	M	T
d 0	∞	∞	∞
d 5	3.619	23.832	27.378
d 10	34.229	11.631	1.500
d 12	6.050	10.275	12.507

<近距離物体合焦時（撮影距離 1.5 m）>

	W	M	T
d 0	1351.68	1337.34	1329.67
d 5	3.619	23.832	27.378
d 10	36.680	18.152	9.762
d 12	3.599	3.753	4.244

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	89.021
2	6	-27.756
3	11	58.599
4	13	165.813

[条件式対応値]

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & f_1 / (-f_n) = 2.11 \\
 (2) \quad & f_1 / (-f_n) = 3.21 \\
 (3) \quad & f_1 / f_p = 0.35 \\
 (4) \quad & \nu_d 3 = 82.57
 \end{aligned}$$

[0045] 図2（a）、図2（b）及び図2（c）はそれぞれ、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）、図3（b）及び図3（c）はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0046] 各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高、NAは開口数をそれぞれ示す。詳しくは、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーFNO

又は開口数NAの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高Yの最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。また、各収差図において、dはd線（波長587.6nm）、gはg線（波長435.8nm）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。コマ収差図は、各像高Yにおけるコマ収差を示す。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。

[0047] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0048] （第2実施例）

図4は第2実施例に係る変倍光学系の広角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。

[0049] 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との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL21と両凹形状の負レンズL22との接合レンズと、両凹形状の負レンズL23とからなる。

[0050] 第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL41と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42との接合レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43と両凹形状の負レンズL44との接合レンズと、両凸形状の正レンズL45と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL46とからなる。

[0051] 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、第

2 レンズ群G 2 と第3 レンズ群G 3 との空気間隔、及び第3 レンズ群G 3 と第4 レンズ群G 4 との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1 ～第4 レンズ群G 1 ～G 4 が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

[0052] また本実施例に係る変倍光学系では、第3 レンズ群G 3 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。

また本実施例に係る変倍光学系では、第4 レンズ群G 4 中の正メニスカスレンズL 4 3 と負レンズL 4 4 との接合レンズ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防振を行う。

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。

[0053] (表2) 第2 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	63.095	1.500	1.80518	25.45
2	41.791	7.123	1.58913	61.22
3	-386.418	可変		
4	479.014	3.954	1.80518	25.45
5	-32.519	1.100	1.72916	54.61
6	59.138	3.181	1.00000	
7	-37.896	1.100	1.80400	46.60
8	743.156	可変		
9	114.932	2.900	1.49782	82.57
10	-47.146	可変		
11(絞りS)	∞	0.100	1.00000	
12	32.029	4.395	1.60300	65.44
13	-34.300	1.100	1.80518	25.45
14	-459.609	15.385	1.00000	
15	-63.416	3.199	1.85026	32.35

16	-16.491	1.100	1.75500	52.34
17	44.329	5.586	1.00000	
18	92.872	2.697	1.71999	50.26
19	-40.382	8.116	1.00000	
20	-22.000	1.400	1.80100	34.92
21	-35.076	B f		
像面	∞			

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	T
f	56.60	194.00
F N O	4.12	5.86
ω	14.25°	4.06°
Y	14.00	14.00
T L	148.32	180.32
B f	39.01	65.83

<無限遠物体合焦時>

	W	M	T
d 0	∞	∞	∞
d 3	3.000	31.280	36.518
d 8	34.644	12.104	1.500
d 10	7.717	12.876	12.530

<近距離物体合焦時（撮影距離 1.5 m）>

	W	M	T
d 0	1351.67	1327.14	1319.67

d 3	3.000	31.280	36.518
d 8	36.933	18.430	9.778
d 10	5.427	6.550	4.252

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	109.858
2	4	-32.251
3	9	67.558
4	11	127.122

[条件式対応値]

(1)	$f f / (-f_n)$	= 2.09
(2)	$f_1 / (-f_n)$	= 3.41
(3)	$f f / f_p$	= 0.53
(4)	ν_{d3}	= 82.57

[0054] 図5(a)、図5(b)及び図5(c)はそれぞれ、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)、図6(b)及び図6(c)はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0055] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0056] (第3実施例)

図7は第3実施例に係る変倍光学系の広角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。

[0057] 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 との接合レンズからなる。

第2レンズ群G 2 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL 2 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 2 との接合レンズと、両凹形状の負レンズL 2 3 とからなる。

[0058] 第3レンズ群G 3 は、両凸形状の正レンズL 3 1 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 と両凹形状の負レンズL 4 2 との接合レンズと、開口絞りS と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 3 と両凹形状の負レンズL 4 4 との接合レンズと、両凸形状の正レンズL 4 5 と、両凸形状の正レンズL 4 6 と、両凹形状の負レンズL 4 7 とからなる。

[0059] 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、第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との空気間隔、及び第3レンズ群G 3 と第4レンズ群G 4 との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1～第4レンズ群G 1 ～G 4 が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

[0060] また本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G 3 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。

また本実施例に係る変倍光学系では、第4レンズ群G 4 中の正メニスカスレンズL 4 3 と負レンズL 4 4 との接合レンズ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防振を行う。

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。

[0061] (表3) 第3実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
-----	---	---	-----	---------

物面	∞			
1	52.406	1.800	1.80518	25.45
2	38.475	8.542	1.48749	70.31
3	-284.767	可変		
4	-199.633	1.200	1.79500	45.31
5	20.975	3.861	1.80518	25.45
6	77.691	3.309	1.00000	
7	-41.578	1.200	1.60300	65.44
8	934.959	可変		
9	132.334	3.206	1.60300	65.44
10	-49.998	可変		
11	23.991	4.868	1.49782	82.57
12	-45.086	1.100	1.84666	23.80
13	540.330	4.000	1.00000	
14(絞り S)	∞	7.518	1.00000	
15	-65.783	2.726	1.90366	31.27
16	-17.427	1.100	1.77250	49.62
17	36.809	2.000	1.00000	
18	43.409	2.613	1.58913	61.22
19	-46.365	7.365	1.00000	
20	65.436	2.969	1.51823	58.82
21	-74.103	1.270	1.00000	
22	-22.594	1.300	1.48749	70.31
23	90.297	B f		
像面	∞			

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	T
f	56.60	194.00
F N O	4.03	5.87
ω	14.30°	4.06°
Y	14.00	14.00
T L	145.47	177.47
B f	39.01	65.81

<無限遠物体合焦時>

	W	M	T
d 0	∞	∞	∞
d 3	1.945	30.560	35.645
d 8	33.942	11.510	1.500
d 10	8.611	12.554	12.554

<近距離物体合焦時（撮影距離 1.5 m）>

	W	M	T
d 0	1354.52	1330.98	1322.52
d 3	1.945	30.560	35.645
d 8	36.720	18.240	9.780
d 10	5.834	5.824	4.273

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	113.015
2	4	-33.355
3	9	60.579
4	11	212.840

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_f / (-f_n) = 1.82$$

$$(2) \quad f_1 / (-f_n) = 3.39$$

$$(3) \quad f_f / f_p = 0.28$$

$$(4) \quad \nu_{d3} = 65.44$$

[0062] 図8(a)、図8(b)及び図8(c)はそれぞれ、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)、図9(b)及び図9(c)はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0063] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0064] (第4実施例)

図10は第4実施例に係る変倍光学系の広角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。

[0065] 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正メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13との接合レンズとからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22との接合レンズと、両凹形状の負レンズL23とからなる。

[0066] 第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL41と、両凸形状の正レンズL42と両凹形状の負レンズL43との接合レンズと、開口絞りSと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL44と両凹形状の負レンズL45との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL46と両凸形状の正レンズL47との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL48とからなる。

[0067] 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、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔がそれぞれ変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

[0068] また本実施例に係る変倍光学系では、第3レンズ群G3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。

また本実施例に係る変倍光学系では、第4レンズ群G4中の正メニスカスレンズL44と負レンズL45との接合レンズ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防振を行う。

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。

[0069] (表4) 第4実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	51.1394	5.8000	1.487490	70.31
2	1133.2099	0.1000	1.000000	
3	82.0020	1.5000	1.672700	32.19
4	33.9780	6.2000	1.516800	63.88
5	133.9229	可変		
6	-577.3429	1.0000	1.772500	49.62

7	21.5312	3.4000	1.846660	23.80
8	63.3609	3.4167	1.000000	
9	-39.1089	1.0000	1.622990	58.12
10	126.2187	可変		
11	2276.1596	3.2242	1.603000	65.44
12	-37.4736	可変		
13	23.6470	3.8000	1.487490	70.31
14	161.4472	0.1000	1.000000	
15	35.8671	4.4658	1.497820	82.57
16	-50.2203	1.6000	1.902000	25.26
17	64.6451	5.3469	1.000000	
18(絞り S)	∞	7.4591	1.000000	
19	-157.1854	2.9000	1.850260	32.35
20	-14.7113	0.9000	1.795000	45.31
21	35.0299	2.2000	1.000000	
22	29.4465	1.0000	1.806100	40.97
23	21.3319	3.3000	1.603420	38.03
24	-48.3688	11.6956	1.000000	
25	-16.7768	1.0000	1.744000	44.81
26	-31.2907	B f		
像面	∞			

[各種データ]

変倍比 3.43

	W	M	T
f	56.60	135.00	194.00
F N O	4.11	5.27	5.82
ω	14.23°	5.84°	4.07°

Y	14.00	14.00	14.00
T L	131.99	157.03	166.71
B f	23.64	39.59	52.68

<無限遠物体合焦時>

	W	M	T
d 0	∞	∞	∞
d 5	2.595	24.025	28.556
d 10	28.666	9.576	1.980
d 12	5.674	12.431	12.086

<近距離物体合焦時（撮影距離 1.5 m）>

	W	M	T
d 0	1368.01	1342.97	1333.288
d 5	2.595	24.025	28.5560
d 10	30.970	14.542	8.1859
d 12	3.371	7.464	5.8803

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	108.548
2	6	-30.400
3	11	61.171
4	13	141.532

[条件式対応値]

$$(1) \quad f_1 / (-f_n) = 2.01$$

$$(2) \quad f_1 / (-f_n) = 3.57$$

$$(3) \quad f_f / f_p = 0.43$$

$$(4) \quad \nu_d = 65.44$$

[0070] 図11(a)、図11(b)及び図11(c)はそれぞれ、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(a)、図12(b)及び図12(c)はそれぞれ、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近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0071] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0072] 上記各実施例によれば、防振機能を備えつつ、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。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、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。

[0073] 変倍光学系の数値実施例として4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、5群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、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。

[0074] また、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、正の単レンズ1枚からなる第3レンズ群を合焦群（合焦レンズ群）として光軸に沿って移動させる構成である。上記の合焦群は、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。

[0075] また、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、防振を行う構

成とすることもできる。特に、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くは可能である。

[0076] また、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。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ない。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。

[0077] また、変倍光学系において開口絞りは第4レンズ群中に配置されることが好ましくは可能であり、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、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。

[0078] 次に、変倍光学系を備えたカメラの一例を図13に基づいて説明する。

図13は、変倍光学系を備えたカメラの一例の構成を示す図である。

図13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。

[0079] 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。

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、撮影者はカメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。

[0080] ここで、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良好な光学性能を備えている。即ちカメラ 1 は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 4 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。

[0081] 最後に、変倍光学系の製造方法の一例の概略を図 1 4 に基づいて説明する。

図 1 4 は、変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

図 1 4 に示す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 1 ～ S 3 を含むものである。

[0082] ステップ S 1 : 第 1 ～ 第 4 レンズ群を準備し、第 3 レンズ群が正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなるようにする。そして、各レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置する。

[0083] ステップ S 2 : 変倍光学系が以下の条件式 (1) を満足するようにする。

$$(1) \quad 1.00 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_n : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

[0084] ステップ S 3 : 公知の移動機構を鏡筒に設けることにより、変倍時に、レンズ群どうしの間隔が変化するようにする。

[0085] 上記の変倍光学系の製造方法によれば、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

[0086]	G 1	第 1 レンズ群
	G 2	第 2 レンズ群 (負レンズ群)
	G 3	第 3 レンズ群 (合焦群)
	G 4	第 4 レンズ群 (正レンズ群)
	S	開口絞り
	I	像面
	W	広角端状態
	T	望遠端状態。

請求の範囲

[請求項1]

最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、
 前記負レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する正レンズ群と、
 前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を
 有し、
 変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、
 前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化し、
 合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、
 前記合焦群が、正の屈折力を有する1枚の単レンズからなり、
 以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \quad 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記負レンズ群の焦点距離

[請求項2]

最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、
 少なくとも一部に光軸と直交する方向の成分を含むように移動可能な防振群を有し、正の屈折力を有する正レンズ群と、
 前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を
 有し、
 変倍時に、前記第1レンズ群と前記負レンズ群との間隔が変化し、
 前記負レンズ群と前記正レンズ群との間隔が変化し、

合焦に際し、前記合焦群と前記合焦群の物体側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、前記合焦群と前記合焦群の像側に対向する位置に配置されたレンズとの間隔が変化し、

前記合焦群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、
以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \quad 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記負レンズ群の焦点距離

[請求項3]

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有し、

変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化し、

前記第 3 レンズ群が、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなり、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \quad 0.0 < f_f / (-f_n) < 2.30$$

ただし、

f_n : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

f_f : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

[請求項4]

前記第 3 レンズ群を光軸に沿って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請求項 3 に記載の変倍光学系。

[請求項5]

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、を有し、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、

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

$$2.00 < f_1 / (-f_n) < 4.00$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項6] 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、

変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、

前記第4レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動する請求項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] 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、

変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、

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

$$0.10 < f_f / f_p < 0.90$$

ただし、

f_f : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_p : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項8] 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、を有し、

変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、
前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$60.00 < \nu d 3$$

ただし、

$\nu d 3$: 前記第 3 レンズ群に含まれる単レンズのアッベ数

[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、正の屈折力を有する 1 枚の単レンズからなるようにし、

前記変倍光学系が以下の条件式を満足するようにし、

変倍時に、前記レンズ群どうしの間隔が変化するようにする変倍光学系の製造方法。

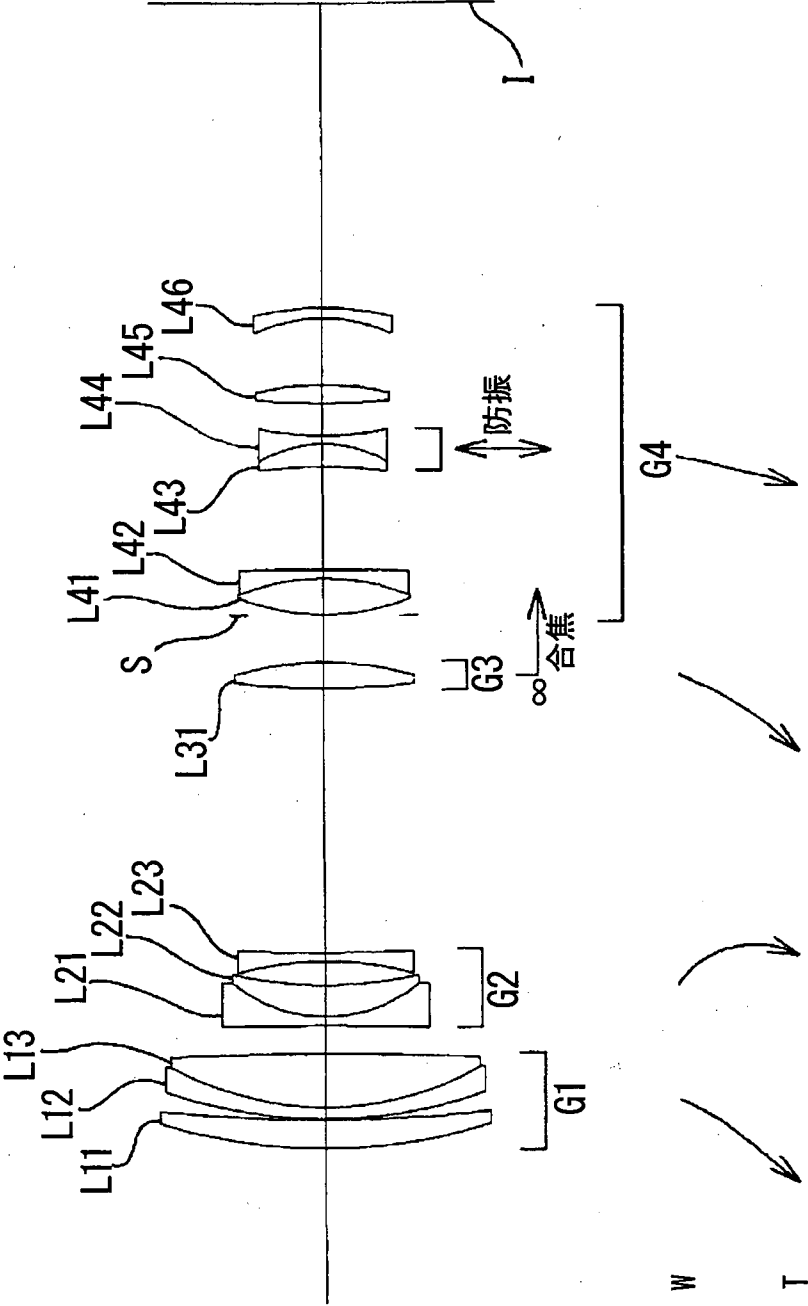
$$1.00 < f f / (-f n) < 2.30$$

ただし、

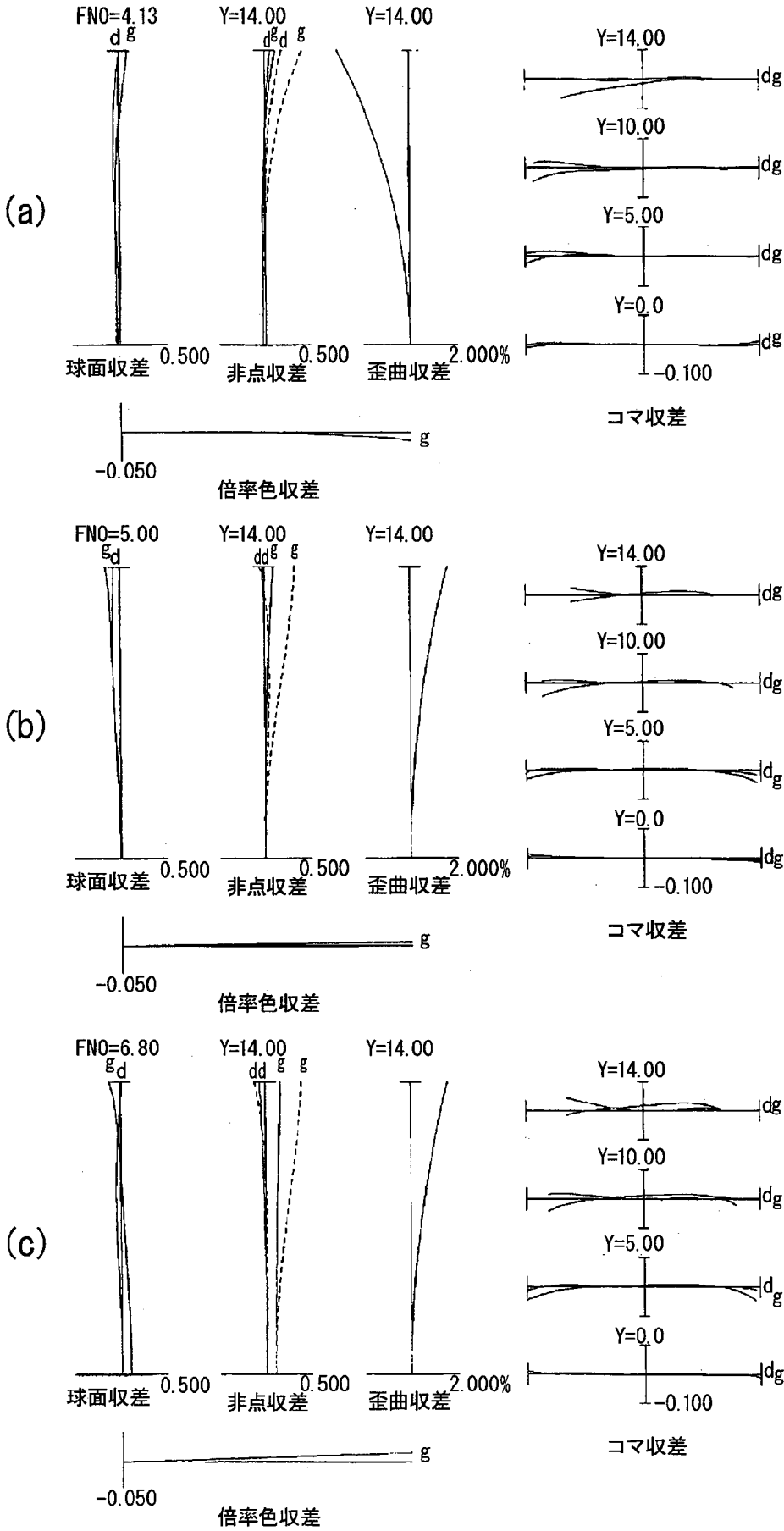
$f n$: 前記第 2 レンズ群の焦点距離

$f f$: 前記第 3 レンズ群の焦点距離

[図1]

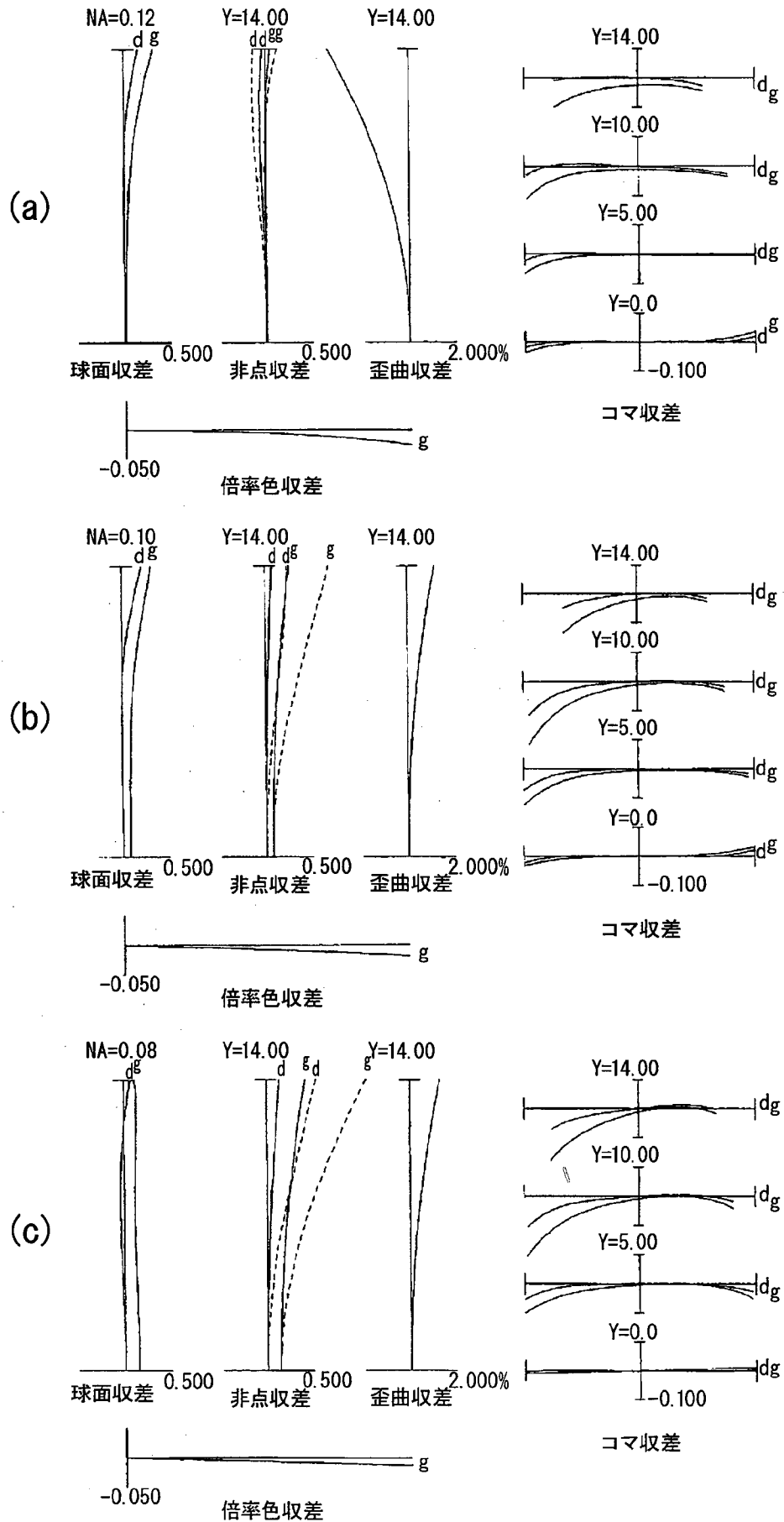


[図2]

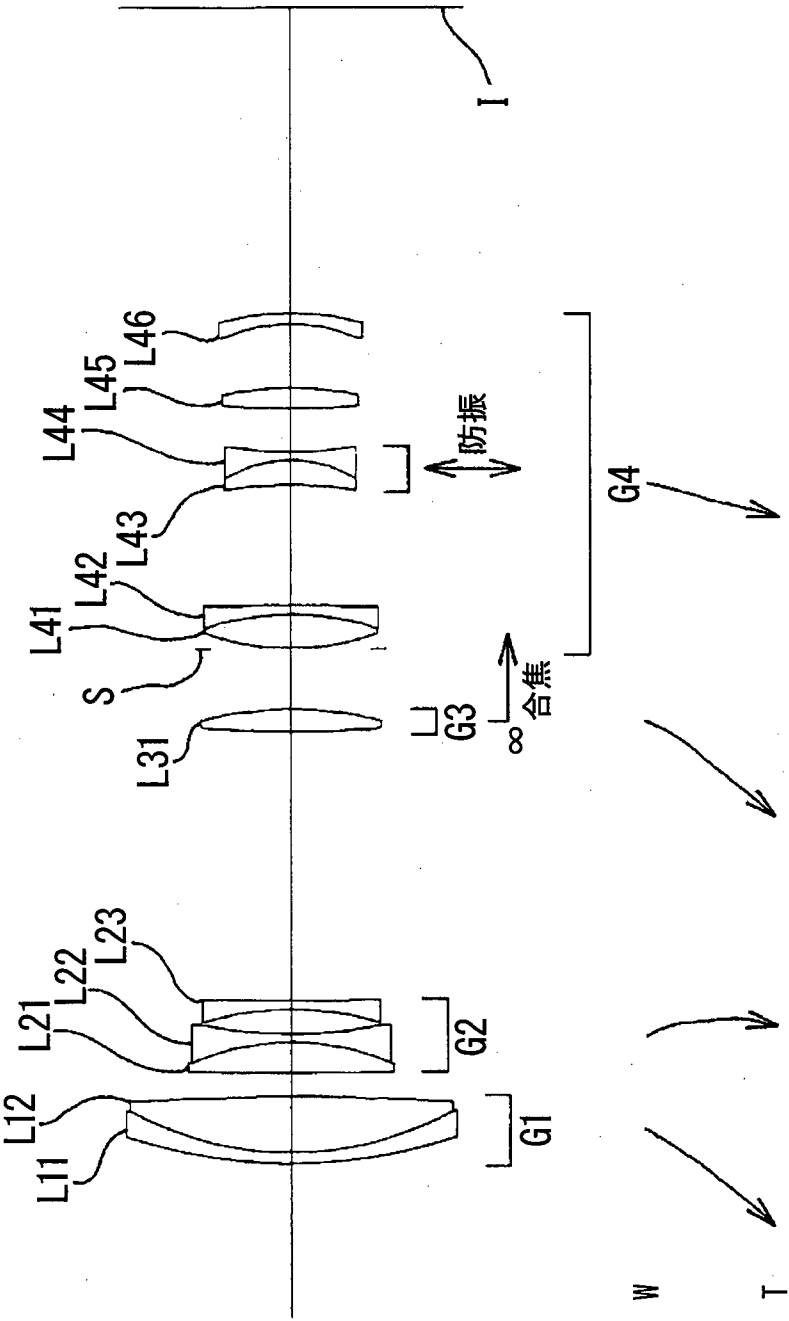


[図3]

3/14

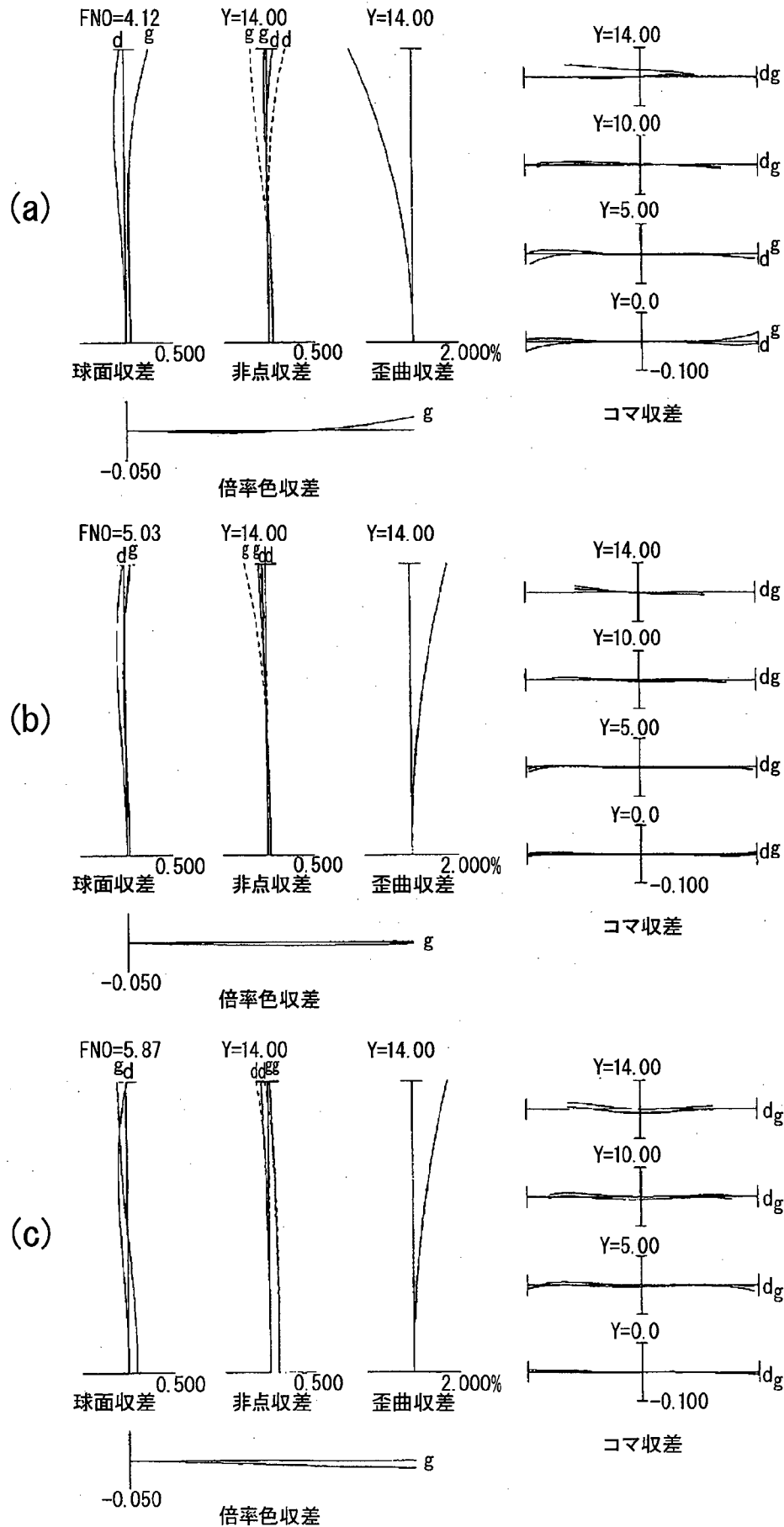


[図4]

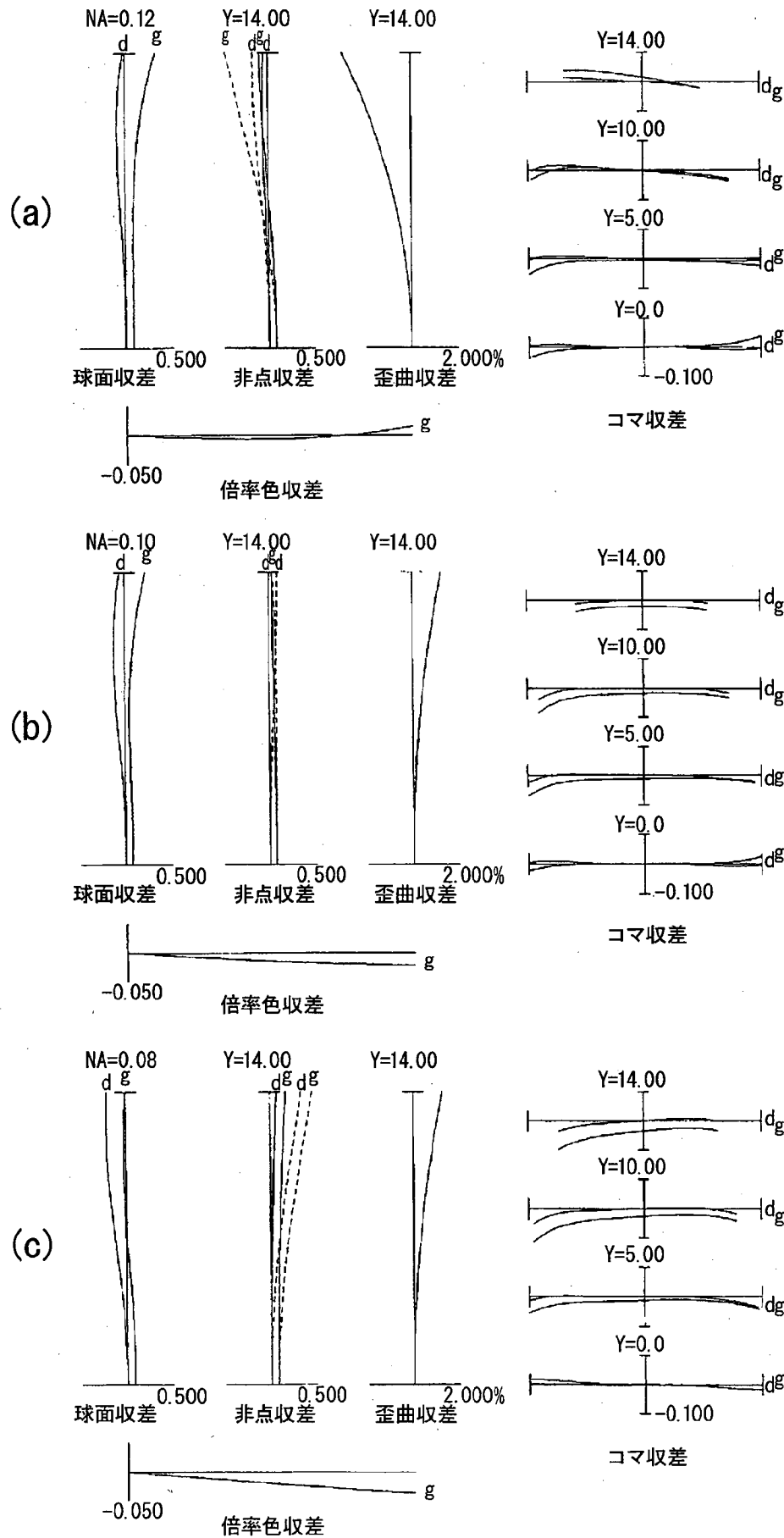


[図5]

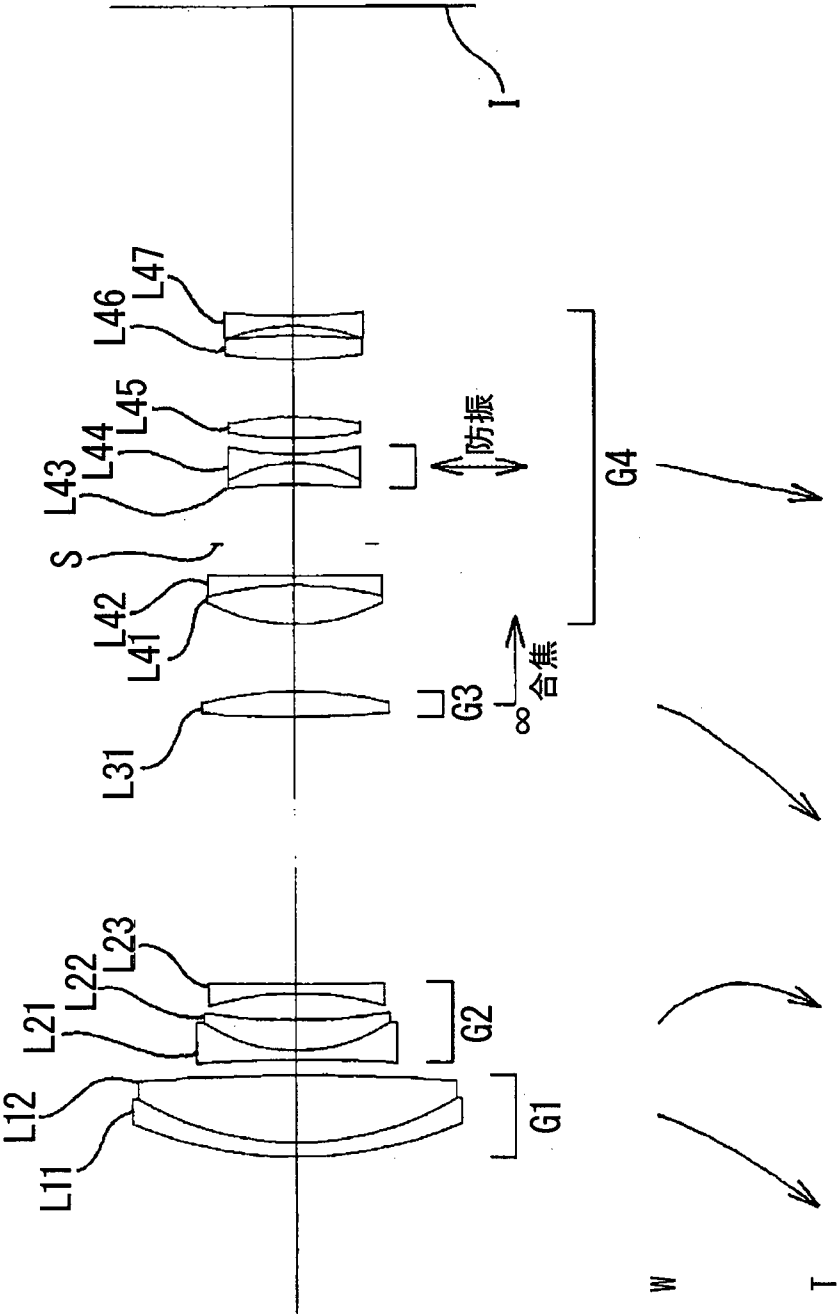
5/14



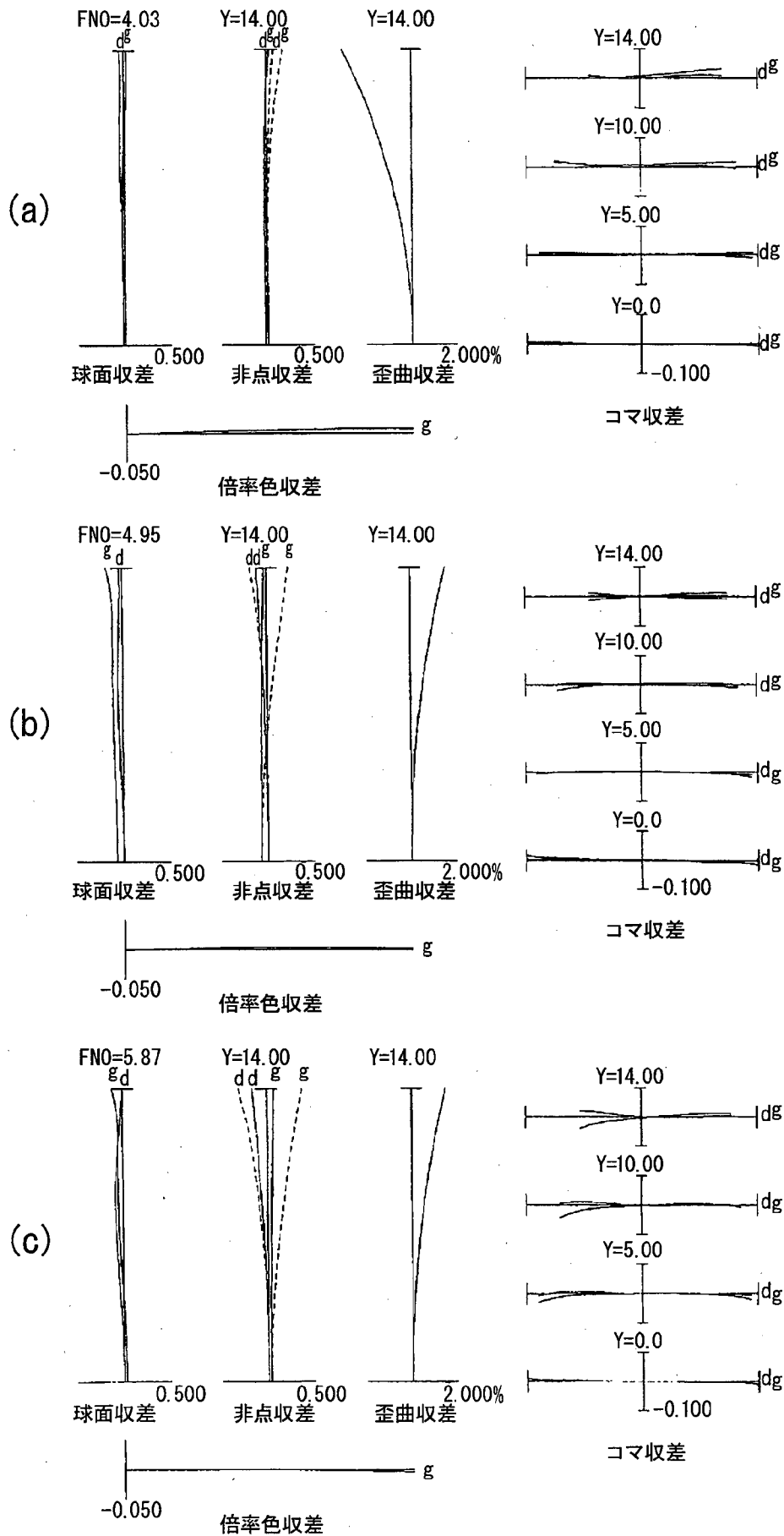
[図6]



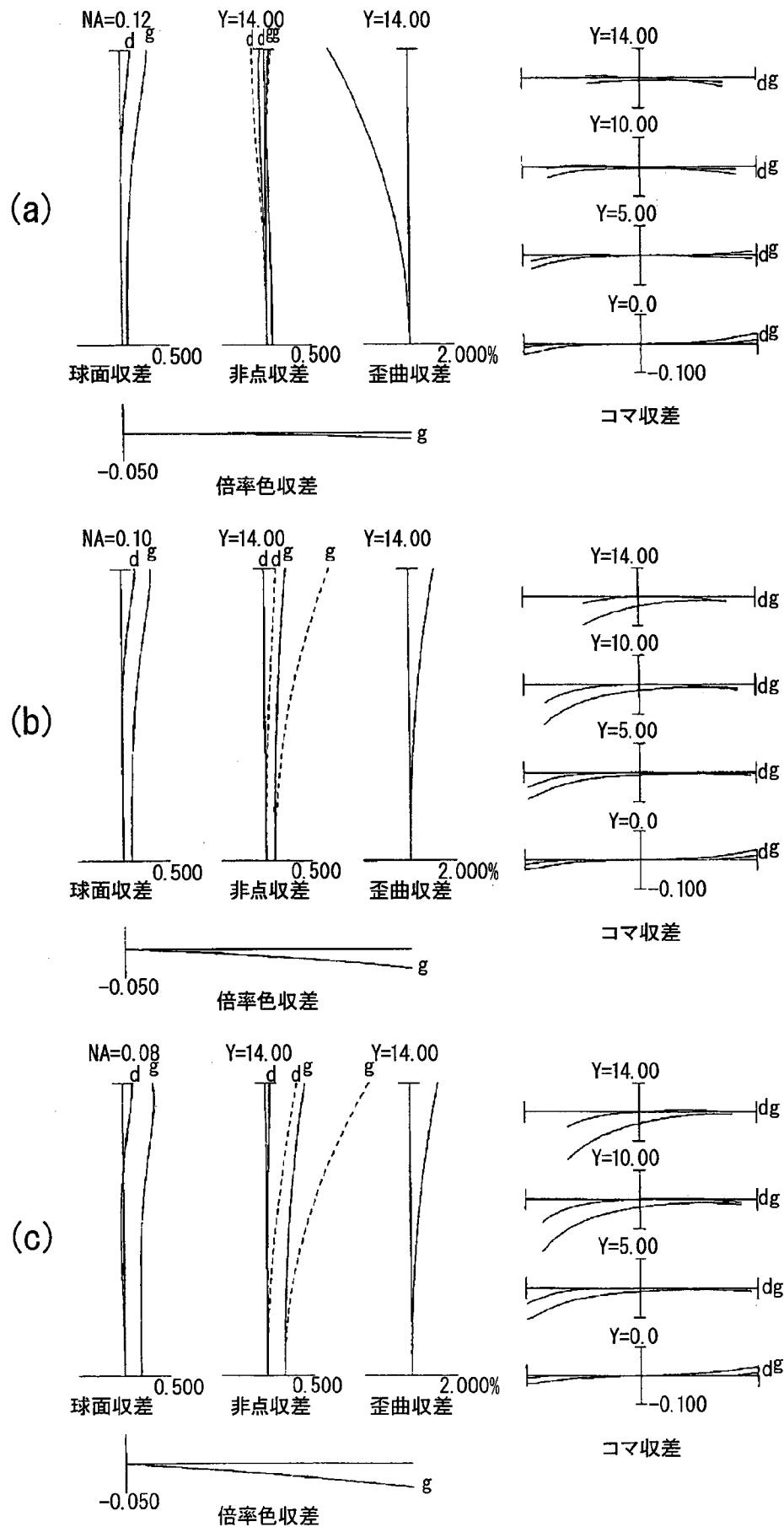
[図7]



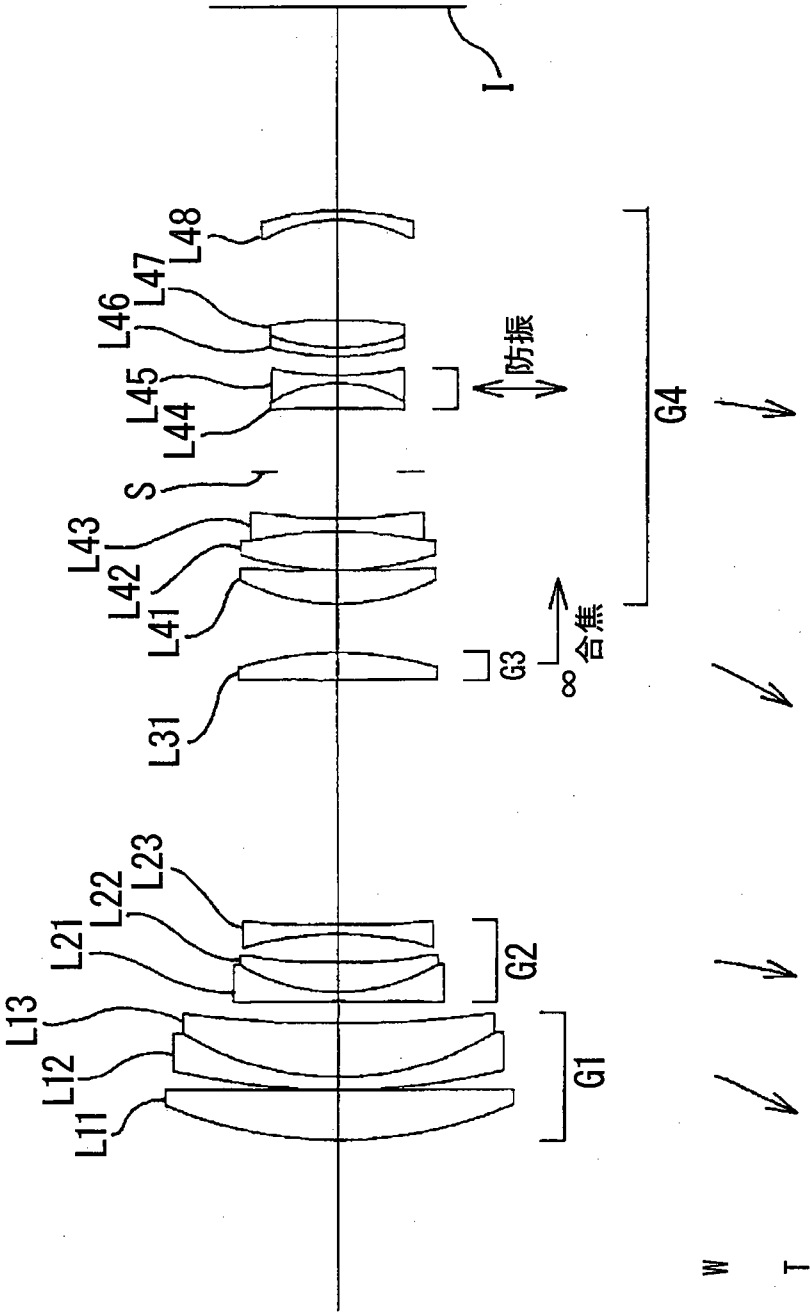
[図8]



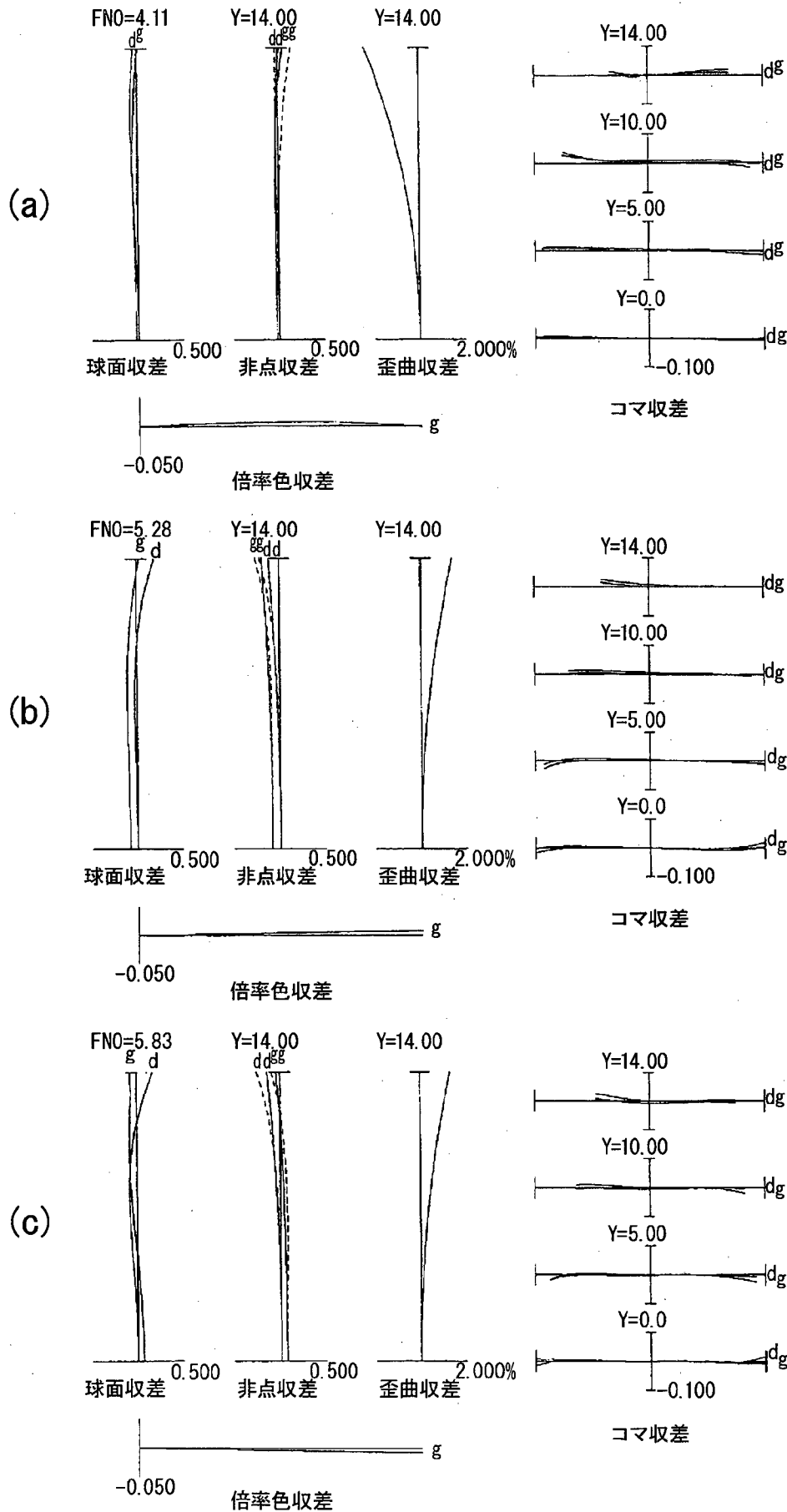
[図9]



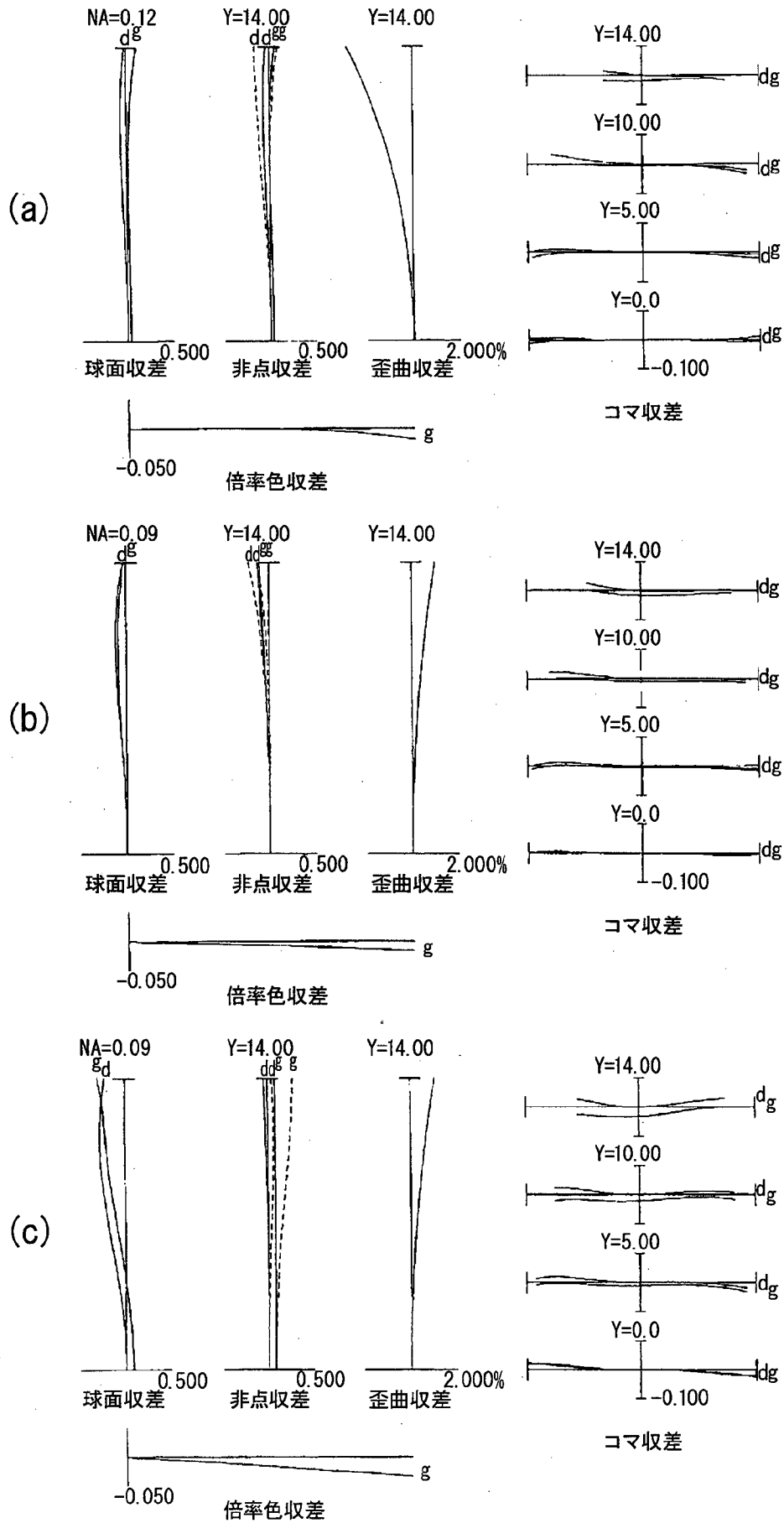
[図10]



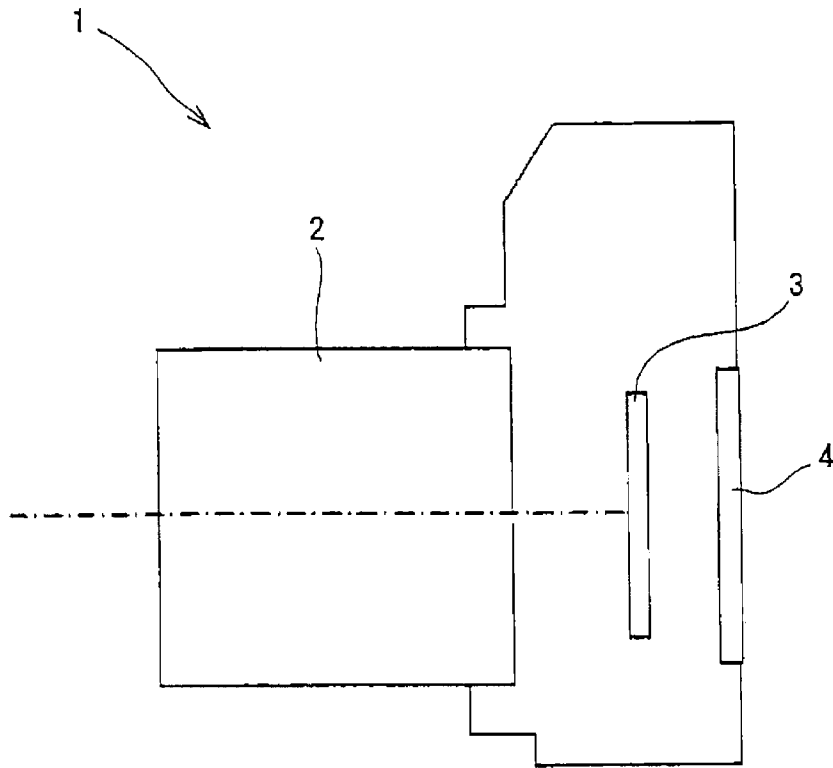
[図11]



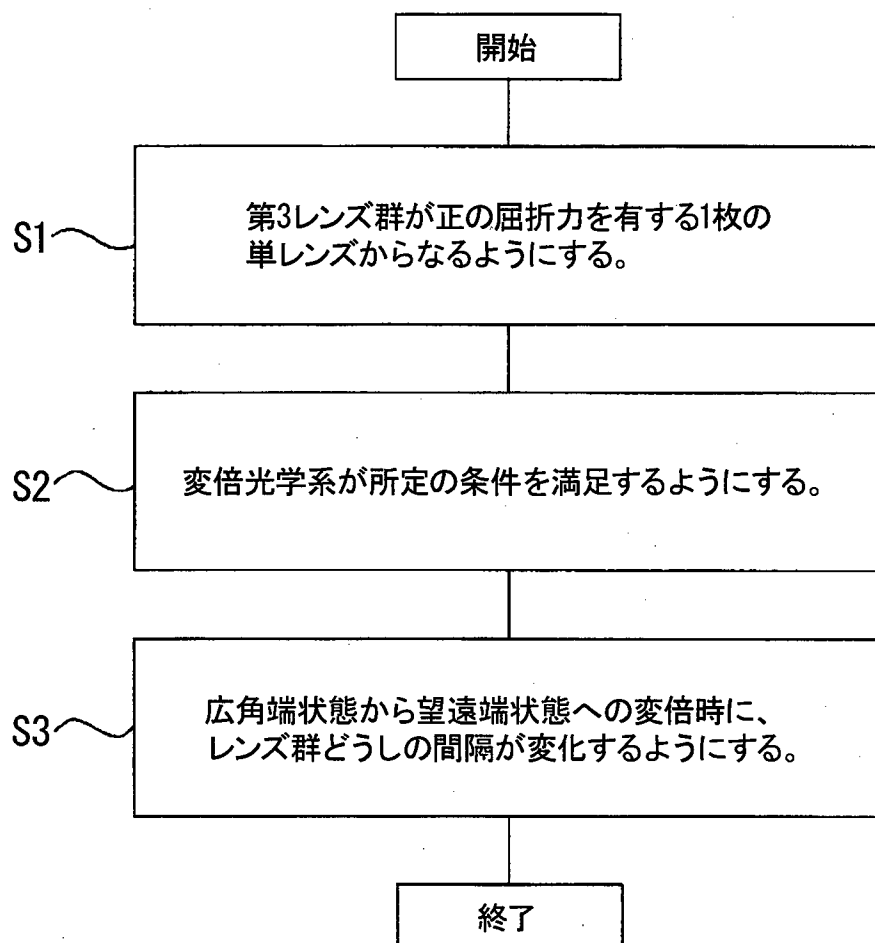
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/086410

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 Y	JP 11-344672 A (Nikon Corp.), 14 December 1999 (14.12.1999), examples 1 to 6; paragraph [0021] (Family: none)	1, 3-5, 7-10 2, 6
X Y A	JP 2002-341243 A (Sony Corp.), 27 November 2002 (27.11.2002), numerical examples 1, 2 (Family: none)	3, 5, 7, 9, 10 1, 2, 4, 6 8
X Y A	JP 2001-33698 A (Canon Inc.), 09 February 2001 (09.02.2001), numerical examples 2, 3 & US 6392817 B1 numerical value embodiments 2 to 3 & KR 10-0485378 B1	3, 5, 7, 9, 10 1, 2, 4, 6 8



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

"I"

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

04 March 2016 (04.03.16)

Date of mailing of the international search report

15 March 2016 (15.03.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/086410

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 7-113955 A (Minolta Co., Ltd.), 02 May 1995 (02.05.1995), example 1 (Family: none)	3, 7-10 1, 2, 4, 6 5
Y	WO 2013/146758 A1 (Nikon Corp.), 03 October 2013 (03.10.2013), first to fifth examples & US 2015/0055221 A1 first to fifth examples & CN 104204896 A	1, 2, 4, 6

Subject to be covered by this search:

Regarding the configuration of a variable magnification optical system, claim 1 states "comprising: a first lens group disposed closest to the object side and having positive refractive power; a negative lens group disposed closer to the image side than the first lens group and having negative refractive power; a positive lens group disposed closer to the image side than the negative lens group and having positive refractive power; and a focusing group disposed between the negative lens group and the positive lens group", claim 2 states "comprising: a first lens group disposed closest to the object side and having positive refractive power; a negative lens group disposed closer to the image side than the first lens group and having negative refractive power; a positive lens group having, in at least part thereof, a vibration-proof group movable so as to include a component in a direction orthogonal to an optical axis, and having positive refractive power; and a focusing group disposed between the negative lens group and the positive lens group", claim 3 states "comprising, in order from the object side: a first lens group having positive refractive power; a second lens group having negative refractive power; a third lens group having positive refractive power; and a fourth lens group having positive refractive power", and the claims are understood to include variable magnification optical systems in which another lens group is added to a variable magnification optical system composed of four groups. However, the description states, as a specific example, only a variable magnification optical system composed of four groups having positive refractive power, negative refractive power, positive refractive power, and positive refractive power in order from the object side.

Further, in a technical field of a lens system, it is a common technical knowledge that if the number of lens groups constituting a lens system varies, an obtained optical property such as aberration varies.

In contrast, the description states no embodiment related to the variable magnification optical system composed of five or more lens groups, and such a theoretical explanation as enables understanding that the variable magnification optical system composed of five or more lens groups has the same optical property as the variable magnification optical system composed of four groups does not exist.

In that case, it cannot be said to be possible to extend or generalize, for example, to those to which a lens group is added, other than that stated in the embodiment, which is stated in the description, while having the same optical property as that in the embodiment.

Further, there is a similar problem with respect to claims which are dependent on any one of claims 1-3.

Consequently, the inventions of claims 1-10 exceed the range set forth in the description, and therefore do not comply with the requirement of the support prescribed under PCT Article 6.

Therefore, since a meaningful search cannot be conducted regarding variable magnification optical systems other than that composed of, in order from the object side, a first lens group having positive refractive power, a second lens group having negative refractive power, a third lens group having positive refractive power, and a fourth lens group having positive refractive power, the search was not conducted.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

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（IPC））

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 Y	JP 11-344672 A（株式会社ニコン）1999.12.14, 実施例1-6, [0021] （ファミリーなし）	1, 3-5, 7-10 2, 6
X Y A	JP 2002-341243 A（ソニー株式会社）2002.11.27, 数値実施例1, 2 （ファミリーなし）	3, 5, 7, 9, 10 1, 2, 4, 6 8

☒ 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

04.03.2016

国際調査報告の発送日

15.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

堀井 康司

2 V

3 7 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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 Y A	JP 2001-33698 A (キヤノン株式会社) 2001. 02. 09, 数値実施例 2, 3 & US 6392817 B1, Numerical Value Embodiment 2-3 & KR 10-0485378 B1	3, 5, 7, 9, 10 1, 2, 4, 6 8
X Y A	JP 7-113955 A (ミノルタ株式会社) 1995. 05. 02, 実施例 1 (ファミ リーなし)	3, 7-10 1, 2, 4, 6 5
Y	WO 2013/146758 A1 (株式会社ニコン) 2013. 10. 03, 第 1-5 実施例 & US 2015/0055221 A1, First-Fifth Example & CN 104204896 A	1, 2, 4, 6

＜調査対象について＞

変倍光学系の構成に関して、請求項1には、「最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、前記負レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を有し、」と記載され、請求項2には、「最も物体側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群より像側に配置された負の屈折力を有する負レンズ群と、少なくとも一部に光軸と直交する方向の成分を含むように移動可能な防振群を有し、正の屈折力を有する正レンズ群と、前記負レンズ群と前記正レンズ群との間に配置された合焦群と、を有し、」と記載され、請求項3には、「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、」と記載されており、4群構成の変倍光学系に他のレンズ群を追加した変倍光学系も含まれると解される一方、明細書には、具体例として、物体側から順に正負正正の各群屈折力を有する4群構成の変倍光学系が記載されているのみである。そして、レンズ系の技術分野においては、レンズ系を構成するレンズ群の数が異なると、得られる収差等の光学的性能が大きく異なることが技術常識である。これに対して、明細書には、前記5以上のレンズ群からなる変倍光学系に係る実施例が一切記載されておらず、また、前記5群以上のレンズ群からなる変倍光学系が、前記4群構成の変倍光学系光学系と同様の光学的性能を有していると理解できる程度の原理的説明は存在しない。そうすると、明細書に記載されている前記実施例に記載のもの以外のレンズ群が付加等されたものまで、前記実施例のものと同様の光学的性能を有しつつ拡張ないし一般化できるとはいえない。また、請求項1－3のいずれかに従属する請求項についても同様の問題が存在する。

したがって、請求項1－10に係る発明は、明細書に記載した範囲を超えるものであり、PCT第6条に規定される裏付けに関する要件を満たしていない。

よって、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群から構成されるもの以外の変倍光学系については、有意義な調査を行うことができないため、調査を行わなかった。