

(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 2016/104742 A1

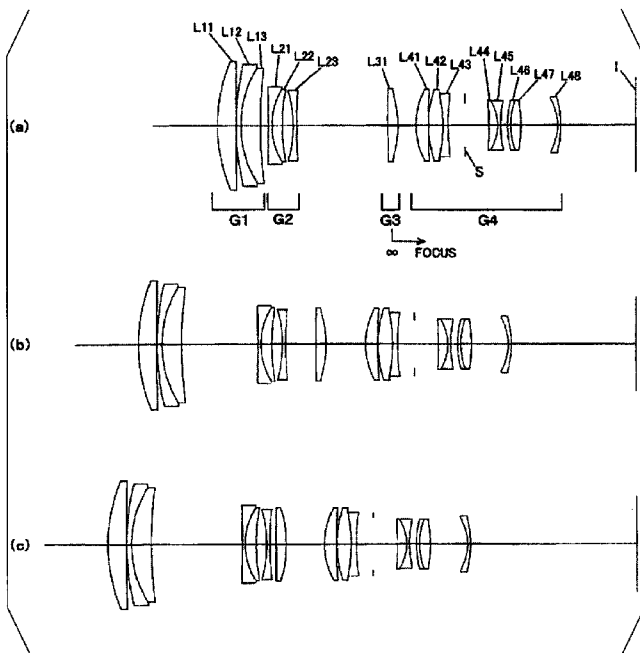
- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/086328
- (22) 国際出願日: 2015年12月25日(25.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-266034 2014年12月26日(26.12.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 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). 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). 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).
- (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、及び、変倍光学系の製造方法



(57) Abstract: Provided is a variable magnification optical system comprising: a first lens group (G1) that is arranged closest to the object side and that has a positive refractive power; a negative lens group (G2) that is arranged further toward the image side than the first lens group and that has a negative refractive power; a positive lens group (G4) that is arranged further toward the image side than the negative lens group, that includes at least one lens arranged further toward the image side than a stop (S), and that has a positive refractive power; and a focusing group (G3) that is arranged between the negative lens group and the positive lens group. When varying magnification, the first lens group moves with respect to an object surface, the interval between the first lens group and the negative lens group changes, and the interval between the negative lens group and the positive lens group changes. When focusing, the interval between the focusing group and a lens arranged in a position facing the object side of the focusing group changes, the interval between the focusing group and a lens arranged in a position facing the image side of the focusing group changes, and a predetermined conditional expression is satisfied.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/104742 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、かつ、絞り（S）より像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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群（G3）と、を有し、変倍に際し、第1レンズ群が像面に対して移動し、第1レンズ群と負レンズ群の間隔が変化し、負レンズ群と正レンズ群の間隔が変化し、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、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、及び、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、及び、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2014-266034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] しかしながら従来の変倍光学系は、変倍時や合焦時に良好な光学性能を確保することは困難であった。

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、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ

群の間隔が変化し、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、以下の条件式を満足する。

$$1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

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

f_p : 前記正レンズ群の焦点距離

[0006] 本発明の別の一態様は、

光軸に沿って物体側から順に、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、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部が、正の屈折力を有し、合焦に際し光軸に沿って移動する合焦群を構成し、

以下の条件式を満足する変倍光学系とした。

$$1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_p : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0007] 本発明の別の一態様に係る光学装置は、前記変倍光学系を有する。

[0008] 本発明の別の一態様に係る変倍光学系の製造方法は、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、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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、を有する変倍光学系の製造方法であって、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔が変化するように配置し、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するように配置し、以下の条件式を満足する。

$$1. \quad 3.7 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

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

f_p : 前記正レンズ群の焦点距離

[0009] 本発明の別の一態様は、

光軸に沿って物体側から順に、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、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化するように配置し、

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部が、正の屈折力を有し、合焦に際し光軸に沿って移

動する合焦群を構成するように配置し、

以下の条件式を満足する変倍光学系の製造方法とした。

$$1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_p : 前記第4レンズ群の焦点距離

図面の簡単な説明

[0010] [図1]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。(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態を示している。

[図2]第1実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。

[図3]第1実施例に係る変倍光学系の近距離合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。

[図4]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。(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態を示している。

[図5]第2実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。

[図6]第2実施例に係る変倍光学系の近距離合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。

[図7]変倍光学系が搭載されたカメラの一例の構成を示す図である。

[図8]変倍光学系の製造方法の一例を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [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、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔が変化する。このような構成とすることで、広角端状態から望遠端状態への変倍を実現しつつ、変倍に伴う球面収差変動と非点収差変動を抑制し、変倍時でも良好な光学性能を実現することができる。また、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する。このような構成とすることで、合焦群を動かす駆動機構を簡素化することが可能となり、変倍光学系の小型化を実現しつつ無限遠物体から近距離物体への合焦を実現することができる。
- [0013] 代替実施形態において、変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、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、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化する。このような構成とすることで、広角端状態から望遠端状態への変倍を実現しつつ、変倍に伴う球面収差変動と非点収差変動を抑制し、変倍時でも良好な光学性能を実現することができる。

[0014] また、代替実施形態において、変倍光学系は、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部が、正の屈折力を有し、合焦に際し光軸に沿って移動する合焦群（合焦レンズ群）を構成することが好ましくは可能である。このような構成とすることで、合焦群を動かす駆動機構を簡素化することが可能となり、変倍光学系の小型化を実現しつつ無限遠物体から近距離物体への合焦を実現することができる。なお、「前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部」には、第1～第4レンズ群の全部、第1～第4レンズ群のいずれか1つのレンズ群全部、第1～第4レンズ群から選択した任意の複数のレンズ群の全部、第1～第4レンズ群のいずれか1つのレンズ群の中の一部、及び、第1～第4レンズ群から選択した任意の複数のレンズ群の中の一部が含まれる。

[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）を満足することが好ましくは可能である。

$$(1) \quad 1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記負レンズ群（第2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の焦点距離の適切な比を規定するものである。条件式（1）を満足することにより、変倍光学系の小型化を実現しつつ合焦時の非点収差変動や球面収差変動を抑えることができる。

[0017] 条件式（1）の上限を上回ると、合焦群の屈折力が弱くなるため、合焦時の合焦群の移動量が大きくなる。これにより、変倍光学系の小型化が困難となるばかりでなく、合焦において合焦群を通る軸外光束の光軸からの高さの変動が大きくなるため、非点収差の変動を抑えることが困難になる。なお、効果をより確実にするため、条件式（1）の上限値を2.28とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするため、条件式（1

) の上限値を 2.22 とすることが更に好ましくは可能である。

[0018] 一方、条件式 (1) の下限を下回ると、合焦群の屈折力が強くなるため、合焦時の球面収差変動の補正が困難になる。加えて、製造誤差によって発生する偏芯コマ収差などによる光学性能劣化が大きくなるため好ましくない。なお、効果をより確実にするため、条件式 (1) の下限値を 1.53 とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするため、条件式 (1) の下限値を 1.69 にすることが更に好ましくは可能である。

[0019] これらの実施形態において、変倍光学系は、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。

$$(2) \quad 0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_p : 前記正レンズ群 (第 4 レンズ群) の焦点距離

[0020] 条件式 (2) は、合焦群の焦点距離と正レンズ群 (第 4 レンズ群) の焦点距離の適切な比を規定するものである。条件式 (2) を満足することにより、合焦時の非点収差変動や球面収差変動を抑えることができる。

[0021] 条件式 (2) の上限を上回ると、合焦群の屈折力が弱くなるため、合焦時の合焦群の移動量が大きくなる。これにより、変倍光学系の小型化が困難になるばかりでなく、合焦時における合焦群を通る軸外光束の光軸からの高さの変動が大きくなるため、非点収差の変動を抑えることが困難になる。なお、効果をより確実にするため、条件式 (2) の上限値を 0.88 とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするため、条件式 (2) の上限値を 0.77 とすることが更に好ましくは可能である。

[0022] 一方、条件式 (2) の下限を下回ると、合焦群の屈折力が強くなるため、合焦時の球面収差変動、非点収差変動を抑えることが困難となる。なお、効果をより確実にするため、条件式 (2) の下限値を 0.40 とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするため、条件式 (2) の下限値を 0.41 とすることが更に好ましくは可能である。

[0023] 以上の構成により、変倍光学系は、変倍時や合焦時でも良好な光学性能を

確保した変倍光学系を実現することができる。また、以上の構成により、変倍光学系の小型化を実現することができる。

[0024] これらの実施形態において、変倍光学系は、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。

$$(3) \quad 0.12 < (-f_n) / f_t < 0.40$$

但し、

f_t : 望遠端状態での全系の焦点距離

[0025] 条件式（3）は、望遠端状態における変倍光学系の全系の焦点距離と負レンズ群（第2レンズ群）の焦点距離の適切な比を規定するものである。条件式（3）を満足することにより、変倍時の球面収差変動や非点収差変動を抑えることができる。

[0026] 条件式（3）の上限を上回ると、負レンズ群（第2レンズ群）の屈折力が弱くなり、第1レンズ群や正レンズ群（第4レンズ群）で変倍時に生じる球面収差変動を負レンズ群（第2レンズ群）で補正することが困難になる。また、望遠端状態における最も物体側のレンズ面から像面までの光学全長が長くなる。加えて、望遠端状態において負レンズ群（第2レンズ群）を通る軸上光束の径が大きくなることによる負レンズ群（第2レンズ群）の有効径の増大を招き、小型化が困難となる。なお、効果をより確実にするために、条件式（3）の上限値を0.34とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするために、条件式（3）の上限値を0.28にすることが更に好ましくは可能である。

[0027] 一方、条件式（3）の下限を下回ると、負レンズ群（第2レンズ群）の屈折力が強くなり、広角端状態での合焦時の非点収差変動を補正することが困難となる。なお、効果をより確実にするため、条件式（3）の下限値を0.13とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするため、条件式（3）の下限値を0.14とすることが更に好ましくは可能である。

[0028] これらの実施形態において、変倍光学系は、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。

$$(4) \quad 1.00 < f_p / f_w < 4.00$$

但し、

f_w : 広角端状態での全系の焦点距離

[0029] 条件式(4)は広角端状態での変倍光学系の全系の焦点距離と正レンズ群(第4レンズ群)の焦点距離の適切な比を規定するものである。条件式(4)を満足することにより、変倍時の球面収差変動や非点収差変動を抑えることができる。

[0030] 条件式(4)の上限を上回ると、正レンズ群(第4レンズ群)の屈折力が弱くなり、広角端状態から望遠端状態までの全域において最も物体側のレンズ面から像面までの光学全長が長くなるばかりでなく、広角端状態から望遠端状態への変倍時に像面に対する正レンズ群(第4レンズ群)の移動量が大きくなることで変倍時における非点収差の変動を抑えることが困難となる。なお、効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を3.62とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするために、条件式(4)の上限値を3.25とすることが好ましくは可能である。

[0031] 一方、条件式(4)の下限を下回ると、正レンズ群(第4レンズ群)の屈折力が強くなり、変倍時における球面収差変動が大きくなる。なお、効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を1.31とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を1.62とすることが更に好ましくは可能である。

[0032] これらの実施形態において、変倍光学系は、以下の条件式(5)を満足することが好ましくは可能である。

$$(5) \quad 1.20 < f_1 / f_w < 2.40$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[0033] 条件式(5)は、広角端状態での変倍光学系の全系の焦点距離と第1レンズ群の焦点距離の適切な比を規定するものである。条件式(5)を満足する

ことにより、変倍時の球面収差変動や非点収差変動を抑えることができる。

[0034] 条件式(5)の上限を上回ると、第1レンズ群の屈折力が弱くなり、所望の変倍比を確保するためには広角端状態から望遠端状態への変倍時において第1レンズ群と負レンズ群(第2レンズ群)との間の間隔変化を大きくする必要があり、その結果、望遠端状態における最も物体側のレンズ面から像面までの光学全長が長くなるばかりでなく、変倍時において第1レンズ群で発生する非点収差の変動を抑えることが困難となる。なお、効果をより確実にするために、条件式(5)の上限値を2.28とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするために、条件式(5)の上限値を2.17とすることが更に好ましくは可能である。

[0035] 条件式(5)の下限を下回ると、第1レンズ群の屈折力が強くなり、望遠端状態での球面収差、軸上色収差の補正が困難になる。なお、効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を1.38とすることがより好ましくは可能である。また、効果を更に確実にするために、条件式(5)の下限値を1.56とすることが更に好ましくは可能である。

[0036] これらの実施形態において、変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、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、変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、前記合焦群が前記第3レンズ群からなることが好ましくは可能である。一例において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、前記第3レンズ群が、前記合焦群として、光軸方向に移動する。この構成により、合焦に伴う非点収差の変動を抑えることができる。また、この構成により、合焦群を軽量化できるため、合焦時に高速で合焦群を動かすことが可能になる。

[0037] これらの実施形態において、前記合焦群が単一のレンズ成分から構成されることが好ましくは可能である。この構成により、合焦群の製造誤差によっ

て生じる偏芯コマ収差等による光学性能劣化を抑えることができる。また、この構成により、合焦群を軽量化できるため、合焦時に高速で合焦群を動かすことが可能になる。なお、「レンズ成分」とは、単レンズ、又は、複数枚のレンズが貼り合わされた接合レンズのことを言う。

[0038] これらの実施形態において、変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、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、変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群が正の屈折力を有することが好ましくは可能である。このように構成することで、望遠端状態での球面収差を良好に補正することができ、高い光学性能を有する変倍光学系を実現できる。

[0039] これらの実施形態において、変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りとを有し、変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記開口絞りは前記第2レンズ群より像側に配置されていることが好ましくは可能である。このように構成することで、開口絞り径を小さくすることが可能となり、更に小型な変倍光学系を実現することが可能となる。なお、前記開口絞りは前記正レンズ群（第4レンズ群）中に配置されていることがより好ましくは可能である。また、前記開口絞りは前記正レンズ群（第4レンズ群）中で最も物体側に配置されたレンズよりも像面側に配置されることが更に好ましくは可能である。

[0040] これらの実施形態において、変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、第3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、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が狭まるのが好ましくは可能である。このような構成により、広角端状態から望遠端状態への変倍を実現しつつ、変倍に伴う球

面収差変動と非点収差変動を抑制し、変倍時でも良好な光学性能を実現することができる。

[0041] なお、以上の構成は任意に組み合わせることができ、それにより良好な光学性能を有する変倍光学系を実現することができる。

[0042] 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備えていることを特徴とする。これにより、変倍時や合焦時でも良好な光学性能を有する光学装置を実現することができる。また、光学装置の小型化を実現することができる。

[0043] 一実施形態において、変倍光学系の製造方法は、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、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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、を有する変倍光学系の製造方法であって、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔が変化するように配置し、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するように配置し、以下の条件式を満足する変倍光学系の製造方法である。

$$1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

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

f_p : 前記正レンズ群の焦点距離

[0044] 代替実施形態において、変倍光学系の製造方法は、
光軸に沿って物体側から順に、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、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化するように配置し、

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部が、正の屈折力を有し、合焦に際し光軸に沿って移動する合焦群を構成するように配置し、

以下の条件式(1)、(2)を満足するようにする変倍光学系の製造方法である。

$$(1) \quad 1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$(2) \quad 0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_p : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0045] これらの製造方法により、変倍時や合焦時でも良好な光学性能を確保した変倍光学系を製造することができる。

[0046] 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。

[0047] (第1実施例)

図1は、第1実施例に係る変倍光学系の構成を示す断面図である。(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態を示している。第1実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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から構成されている。

[0048] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、第1レンズ群G1と第2レンズ群

G 2 との間の空気間隔が広がり、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間の空気間隔が狭まり、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間の空気間隔が広がるように、第 1 レンズ群 G 1 から第 4 レンズ群 G 4 までの各レンズ群を移動させることにより行う。この際、第 1 レンズ群 G 1 と第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 とは物体側に移動し、第 2 レンズ群 G 2 は一旦像面 I 側に移動させた後に物体側に移動する。

[0049] 第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 との接合レンズからなる。

[0050] 第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に、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 からなる。

[0051] 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。

[0052] 第 4 レンズ群 G 4 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と両凹形状の負レンズ L 4 3 との接合レンズと、開口絞り S と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 4 と両凹形状の負レンズ L 4 5 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 L 4 6 と両凸形状の正レンズ L 4 7 との接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 8 からなる。

[0053] 無限遠物体から近距離物体への合焦は、第 3 レンズ群 G 3 を像面 I 側に移動させることにより行う。

[0054] 以下の表 1 に第 1 実施例に係る変倍光学系の諸元の値を示す。

[0055] [面データ]において、「面番号」は光軸に沿って物体側から数えたレンズ面の順番を、「r」は曲率半径を、「d」は間隔（第 n 面（n は整数）と第 n + 1 面の間隔）を、「nd」は d 線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を、「 νd 」は d 線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対するアッペ数を示し

ている。また、「物面」は物体面を、「可変」は可変の面間隔を、「絞り」は開口絞りSを、「Bf」はバックフォーカスを、「像面」は像面Iを示している。なお、曲率半径「r」において「∞」は平面を示し、空気の屈折率 $n_d=1.000000$ の記載は省略している。

[0056] [各種データ]において、「W」は広角端を、「M」は中間焦点距離を、「T」は望遠端を、「f」は焦点距離を、「FNO」はFナンバーを、「 ω 」は半画角（単位は「°」）を、「Y」は最大像高を、「TL」は光学全長（レンズ面の第1面から像面Iまでの光軸上の距離）を、「Bf」はバックフォーカスを示している。

[0057] [可変間隔データ]において、「dn」は第n面（nは整数）と第n+1面の可変の面間隔を、「Bf」はバックフォーカスを、「W」は広角端を、「M」は中間焦点距離を、「T」は望遠端を示している。なお、「d0」は物体面から第1面までの光軸上の距離を示している。

[0058] [レンズ群データ]には、各レンズ群の始面と焦点距離fを示している。

[0059] [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している。

[0060] 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。

[0061] なお、以上に述べた表1の符号は、後述する実施例の表においても同様に用いるものとする。

[0062] (表1)

[面データ]

面番号	r	d	nd	ν_d
物面	∞			
1	51.1394	5.8000	1.487490	70.31
2	1133.2099	0.1000		
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		
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		
15	35.8671	4.4658	1.497820	82.57
16	-50.2203	1.6000	1.902000	25.26
17	64.6451	5.3469		
18(絞り)	∞	7.4591		
19	-157.1854	2.9000	1.850260	32.35
20	-14.7113	0.9000	1.795000	45.31
21	35.0299	2.2000		
22	29.4465	1.0000	1.806100	40.97
23	21.3319	3.3000	1.603420	38.03
24	-48.3688	11.6956		
25	-16.7768	1.0000	1.744000	44.81
26	-31.2907	Bf		
像面	∞			

[各種データ]

	W	M	T
f	56.60	135.00	194.00

FN0	4.11	5.27	5.82
ω	14.23	5.84	4.07
Y	14.00	14.00	14.00
TL	131.99	157.03	166.71
Bf	23.64	39.59	52.68

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態			近距離合焦状態 (撮影距離 1.5m)		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	1368.01	1342.97	1333.288
D5	2.595	24.025	28.556	2.595	24.025	28.5560
D10	28.666	9.576	1.980	30.970	14.542	8.1859
D12	5.674	12.431	12.086	3.371	7.464	5.8803
Bf	23.644	39.593	52.682	23.644	39.593	52.682

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
1	1	108.548
2	6	-30.400
3	11	61.171
4	13	141.532

[条件式対応値]

$$(1) \quad f f / (-f n) = 2.012$$

$$(2) \quad f f / f p = 0.432$$

$$(3) \quad (-f n) / f t = 0.157$$

$$(4) \quad f p / f w = 2.501$$

$$(5) \quad f 1 / f w = 1.918$$

[0063] 図2は、第1実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。図3は、第1実施例に係る変倍光学系の近距離合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。

[0064] 図2及び図3の各収差図において、「FN0」はFナンバー、「NA」は開口数、「Y」は像高、「d」はd線(波長 $\lambda=587.6\text{nm}$)、「g」はg線(波長 $\lambda=435.8\text{nm}$)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、以下に示す実施例の収差図においても、第1実施例と同様の符号を用いる。

[0065] 各収差図から明らかなように、第1実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、無限遠合焦状態から近距離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

[0066] (第2実施例)

図4は、第2実施例に係る変倍光学系の構成を示す断面図である。(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態を示している。第2実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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から構成されている。

[0067] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の空気間隔が広がり、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間の空気間隔が狭まり、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間の空気間隔が広がるように、第1レンズ群G1から第4レンズ群G4までの各レンズ群を移動させることにより行う。この際、第1レンズ群G1と第3レンズ

群G 3と第4レンズ群G 4とは物体側に移動し、第2レンズ群G 2は一旦像面I側に移動した後に物体側に移動する。

[0068] 第1レンズ群G 1は、光軸に沿って物体側から順に、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。

[0069] 第2レンズ群G 2は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL 2 1と両凹形状の負レンズL 2 2との接合レンズと、両凹形状の負レンズL 2 3からなる。

[0070] 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。

[0071] 第4レンズ群G 4は、光軸に沿って物体側から順に、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL 4 1と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 2との接合レンズと、物体側に凹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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 6からなる。

[0072] 無限遠物体から近距離物体への合焦は、第3レンズ群G 3を像面I側に移動させることにより行う。

[0073] 以下の表2に第2実施例に係る変倍光学系の諸元の値を示す。

[0074] (表2)

[面データ]

面番号	r	d	nd	νd
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)	∞	0.100		
12	32.029	4.395	1.60300	65.44
13	-34.300	1.100	1.80518	25.45
14	-459.609	15.385		
15	-63.416	3.199	1.85026	32.35
16	-16.491	1.100	1.75500	52.34
17	44.329	5.586		
18	92.872	2.697	1.71999	50.26
19	-40.382	8.116		
20	-22.000	1.400	1.80100	34.92
21	-35.076	Bf		
像面	∞			

[各種データ]

	W	M	T
f	56.60	135.00	194.00
FNO	4.12	5.03	5.86
ω	14.25	5.83	4.06
Y	14.00	14.00	14.00
TL	148.32	172.86	180.32
Bf	39.01	52.66	65.83

[可変間隔データ]

無限遠合焦状態			近距離合焦状態 (撮影距離 1.5m)		
W	M	T	W	M	T

D0	∞	∞	∞	1351.67	1327.14	1319.67
D3	3.000	31.280	36.518	3.000	31.280	36.518
D8	34.644	12.104	1.500	36.933	18.430	9.778
D10	7.717	12.876	12.530	5.427	6.550	4.252
Bf	39.019	52.657	65.834	39.019	52.657	65.834

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
1	1	109.858
2	4	-32.251
3	9	67.558
4	11	127.122

[条件式対応値]

- (1) $f f / (-f n) = 2.095$
(2) $f f / f p = 0.531$
(3) $(-f n) / f t = 0.166$
(4) $f p / f w = 2.246$
(5) $f 1 / f w = 1.941$

[0075] 図5は、第2実施例に係る変倍光学系の無限遠合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。図6は、第2実施例に係る変倍光学系の近距離合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態での諸収差、(b)は中間焦点距離状態での諸収差、(c)は望遠端状態での諸収差を示す。

[0076] 各収差図から明らかなように、第2実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、無限遠合焦状態から近距

離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

[0077] 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。

[0078] 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、本願発明はこれに限られず、その他の群構成（例えば、5群、6群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、変倍光学系の最も物体側や最も像面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分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。

[0079] また、変倍光学系は、無限遠物点から近距離物点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群として光軸方向に移動させる構成としてもよい。例えば、第1レンズ群全体を合焦群としてもよく、又は、第1レンズ群を2以上の部分レンズ群に分割した構成で物体側から2番目以降の部分レンズ群を合焦群としてもよい。特に、前述のように、単レンズからなる第3レンズ群が光軸上を像面側に移動するように構成することが好ましくは可能である。また、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、ステッピングモータ、VCM等による駆動にも適している。合焦群が接合レンズからなる構成としても良好な光学性能を得ることができるが、上記のように合焦群を単レンズから構成することで、変倍光学系をより小型化することができる。

[0080] 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、手ブレ等によって生じる像ブレを補正する構成とすることもできる。特に、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。具体

的には、第1実施例では正メニスカスレンズL44と負レンズL45との接合レンズを防振レンズ群とすることが好ましくは可能である。第2実施例では正メニスカスレンズL43と負レンズL44との接合レンズを防振レンズ群とすることが好ましくは可能である。

[0081] 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。

[0082] 開口絞りSは、第2レンズ群より像側に配置されるのが好ましくは可能であるが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズ枠でその役割を代用しても良い。

[0083] 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。

[0084] 変倍光学系は、望遠端状態における半画角 ω_t が $1.5^\circ \sim 4.5^\circ$ であることが好ましくは可能であり、広角端状態における半画角 ω_w が $11.0^\circ \sim 24.0^\circ$ であることが好ましくは可能である。

[0085] 次に、変倍光学系を備えたカメラの一例を図7に基づいて説明する。図7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7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。

[0086] 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。

[0087] 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、変倍時や合焦時でも良好な光学性能を確保した変倍光学系である。したがってカメラ1は、変倍時や合焦時でも良好な光学性能を実現することができる。なお、上記第2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。

[0088] 以下、変倍光学系の製造方法の一例の概略を図8に基づいて説明する。

[0089] 図8に示す例において、変倍光学系の製造方法は、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(第2レンズ群)と、前記負レンズ群(第2レンズ群)より像側に配置され、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、正の屈折力を有する正レンズ群(第4レンズ群)と、前記負レンズ群(第2レンズ群)と前記正レンズ群(第4レンズ群)との間に配置された合焦群(合焦レンズ群)と、を有する変倍光学系の製造方法であって、以下のステップS1~S3を含むものである。

[0090] すなわち、ステップS1として、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔が変化するように配置する。ステップS2

として、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するように配置する。ステップS3として、以下の条件式(1)、(2)を満足するようにする。

$$(1) \quad 1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$(2) \quad 0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_f : 前記合焦群(合焦レンズ群)の焦点距離

f_n : 前記負レンズ群(第2レンズ群)の焦点距離

f_p : 前記正レンズ群(第4レンズ群)の焦点距離

[0091] あるいは、図8に示す例において、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、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S1~S3を含むものである。

[0092] すなわち、ステップS1として、変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化するように配置する。ステップS2として、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部が、正の屈折力を有し、合焦に際し光軸に沿って移動する合焦群(合焦レンズ群)を構成するように配置する。ステップS3として、以下の条件式(1)、(2)を満足するようにする。

$$(1) \quad 1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$(2) \quad 0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_p : 前記第4レンズ群の焦点距離

[0093] 以上の製造方法によれば、変倍による収差変動を抑え、高い光学性能を有する変倍光学系を製造することができる。

符号の説明

- [0094] 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)
I 像面
S 開口絞り
1 カメラ
2 撮影レンズ
3 撮像部
4 E V F 。

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、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔が変化し、

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、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \quad 3.7 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

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

f_p : 前記正レンズ群の焦点距離

[請求項2]

光軸に沿って物体側から順に、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、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群

の間隔が変化し、

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の少なくとも一部が、正の屈折力を有し、合焦に際し光軸に沿って移動する合焦群を構成し、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \quad 3.7 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0. \quad 38 < f_f / f_p < 1.00$$

但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

f_n : 前記第2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3] 以下の条件式を満足する請求項1または2に記載の変倍光学系。

$$0. \quad 12 < (-f_n) / f_t < 0.40$$

但し、

f_t : 望遠端状態での全系の焦点距離

[請求項4] 以下の条件式を満足する請求項1から3のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1. \quad 00 < f_p / f_w < 4.00$$

但し、

f_w : 広角端状態での全系の焦点距離

[請求項5] 以下の条件式を満足する請求項1から4のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1. \quad 20 < f_1 / f_w < 2.40$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[請求項6] 光軸に沿って物体側から順に、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、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、

前記合焦群が前記第3レンズ群からなる請求項1から5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項7] 前記合焦群が単一のレンズ成分から構成される請求項1から6のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項8] 光軸に沿って物体側から順に、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、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、

変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、

前記第3レンズ群が正の屈折力を有する請求項1から7のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項9] 光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りと、を有し、

変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化し、

前記開口絞りは前記第2レンズ群より像側に配置されている請求項1から8のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項10] 光軸に沿って物体側から順に、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、第3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、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が広がり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が狭まる請求項1から9のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項11] 請求項1から10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12]

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、かつ、絞りより像側に配置さ
れたレンズを少なくとも1つ含み、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
有する変倍光学系の製造方法であって、

変倍に際し、前記第1レンズ群が像面に対して移動し、前記第1レ
ンズ群と前記負レンズ群の間隔が変化し、前記負レンズ群と前記正レ
ンズ群の間隔が変化するように配置し、

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するように配置し、

以下の条件式を満足する変倍光学系の製造方法。

$$1.37 < f_f / (-f_n) < 2.34$$

$$0.38 < f_f / f_p < 1.00$$

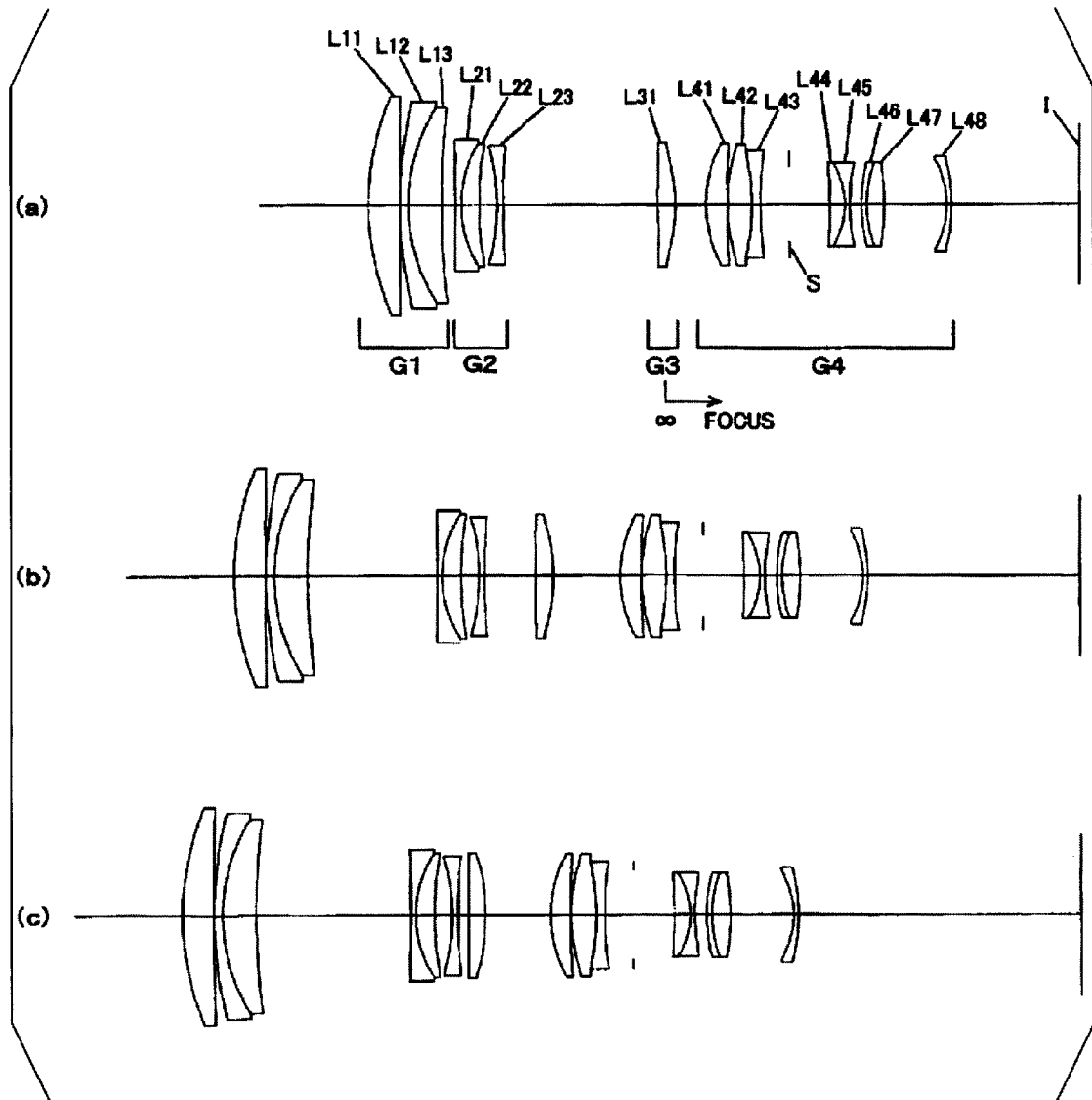
但し、

f_f : 前記合焦群の焦点距離

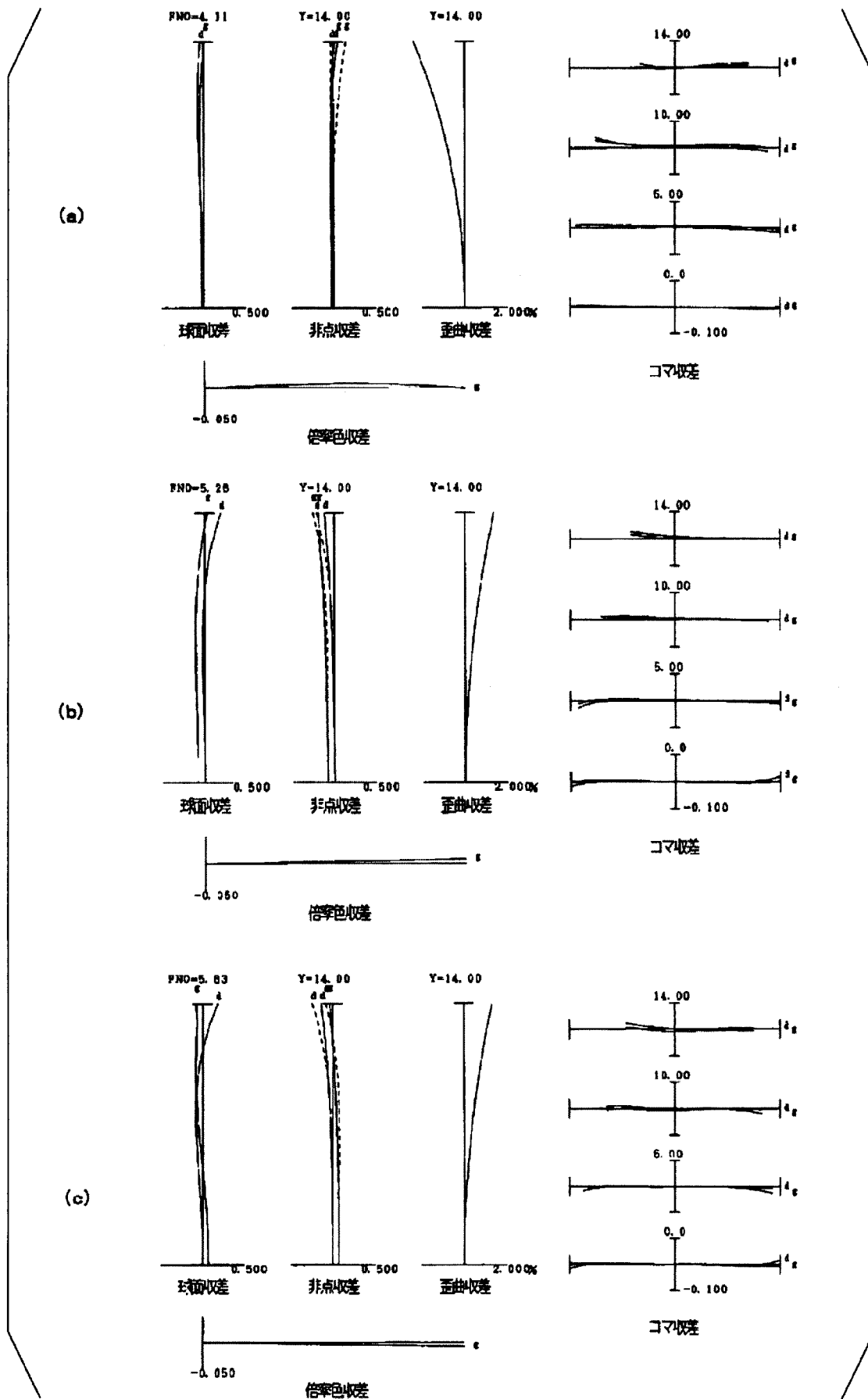
f_n : 前記負レンズ群の焦点距離

f_p : 前記正レンズ群の焦点距離

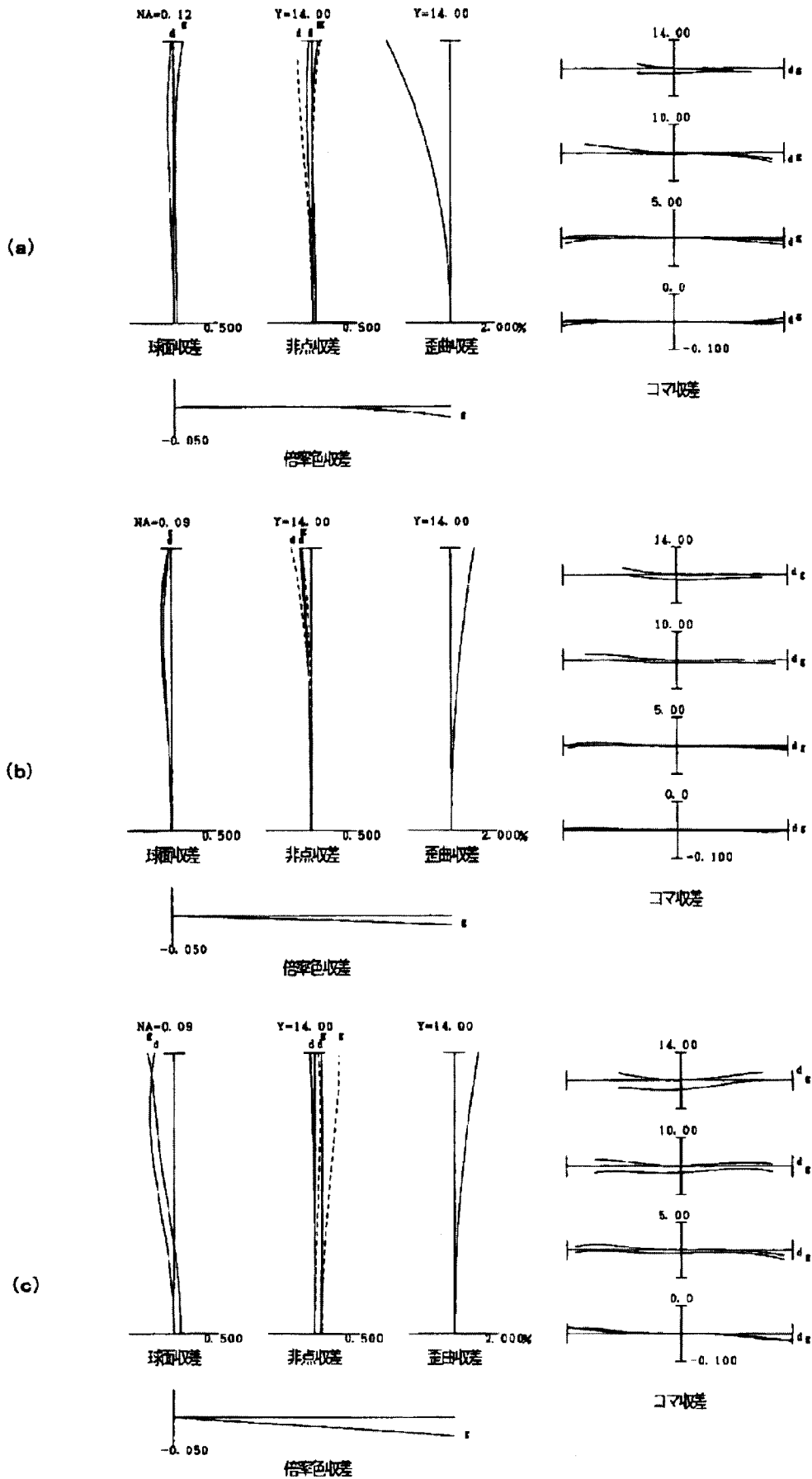
[図1]



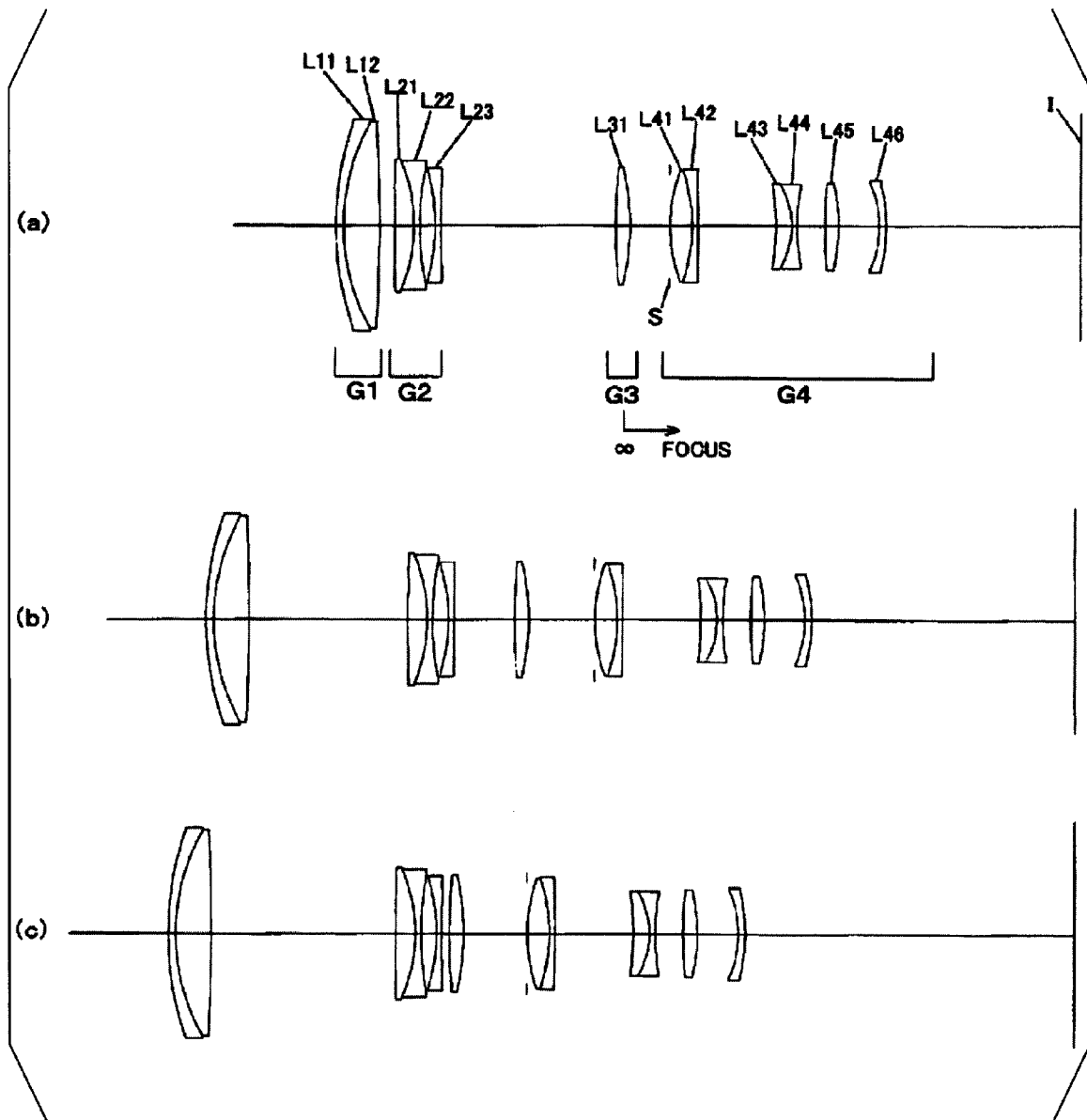
[図2]



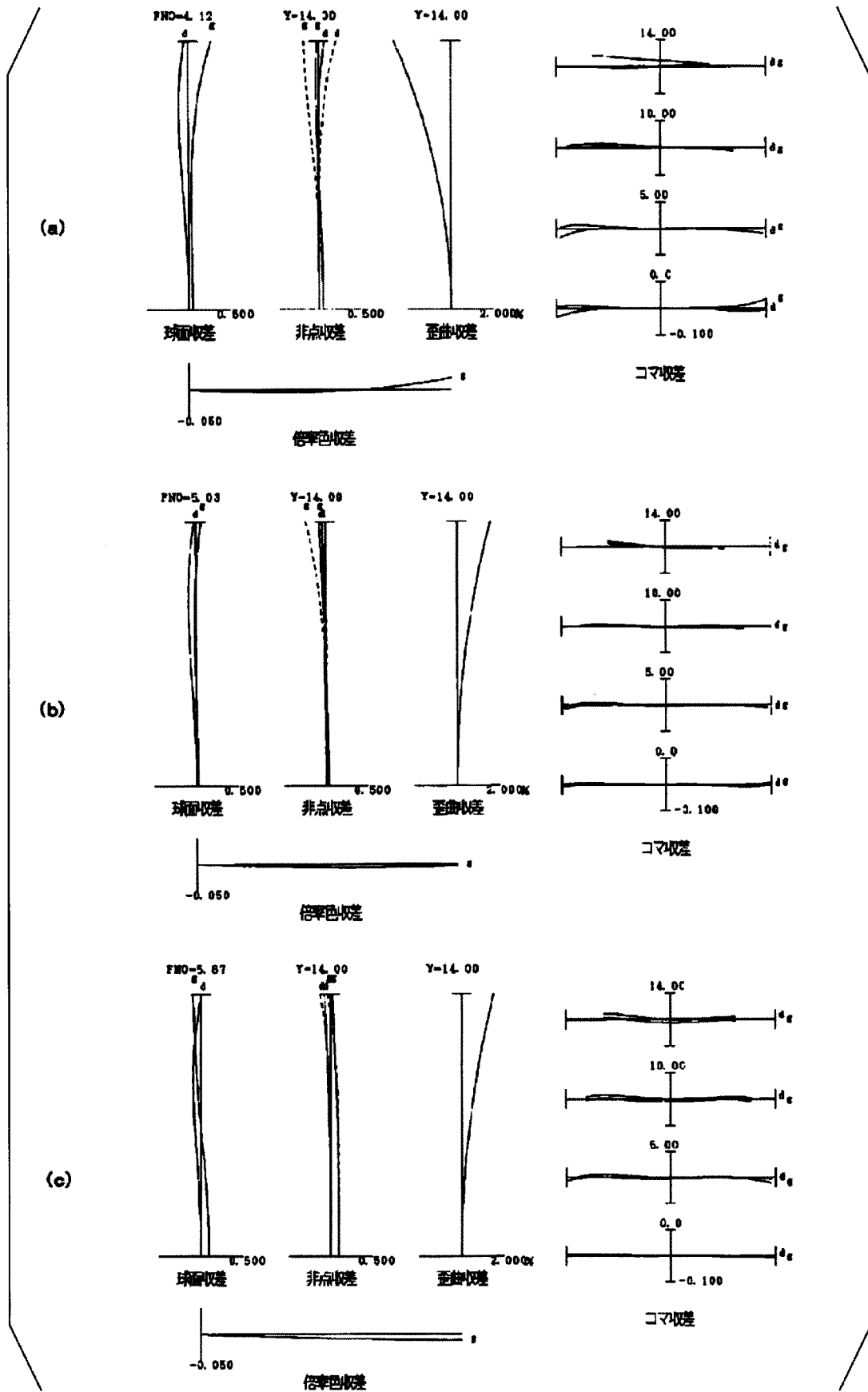
[図3]



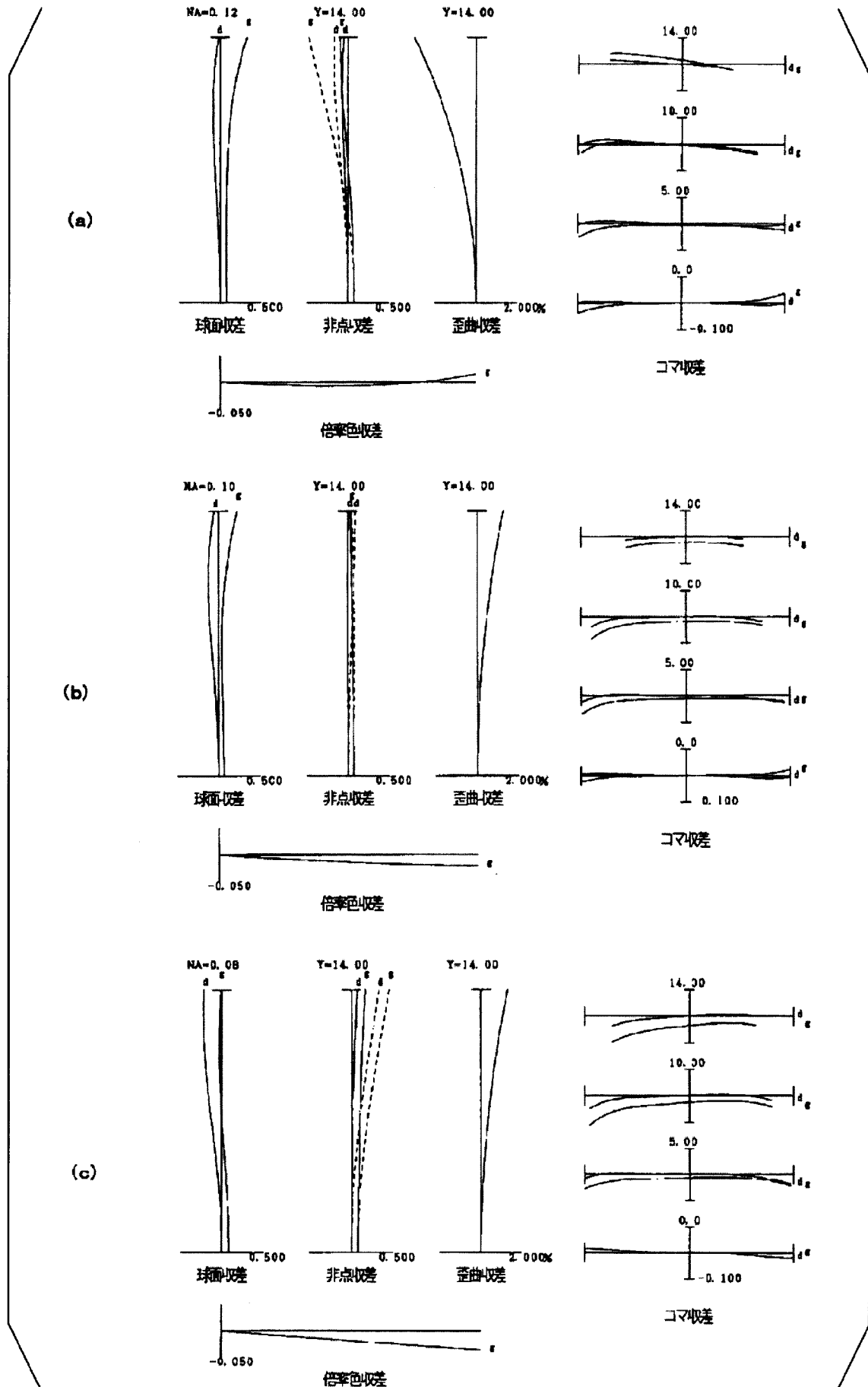
[図4]



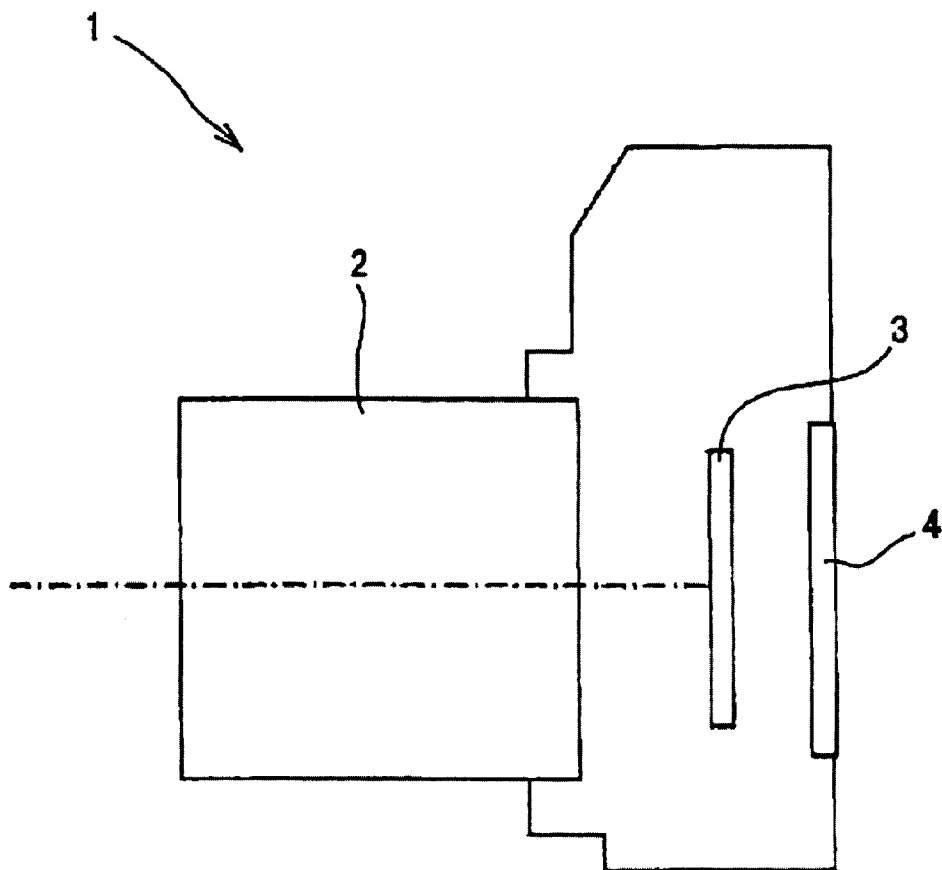
[図5]



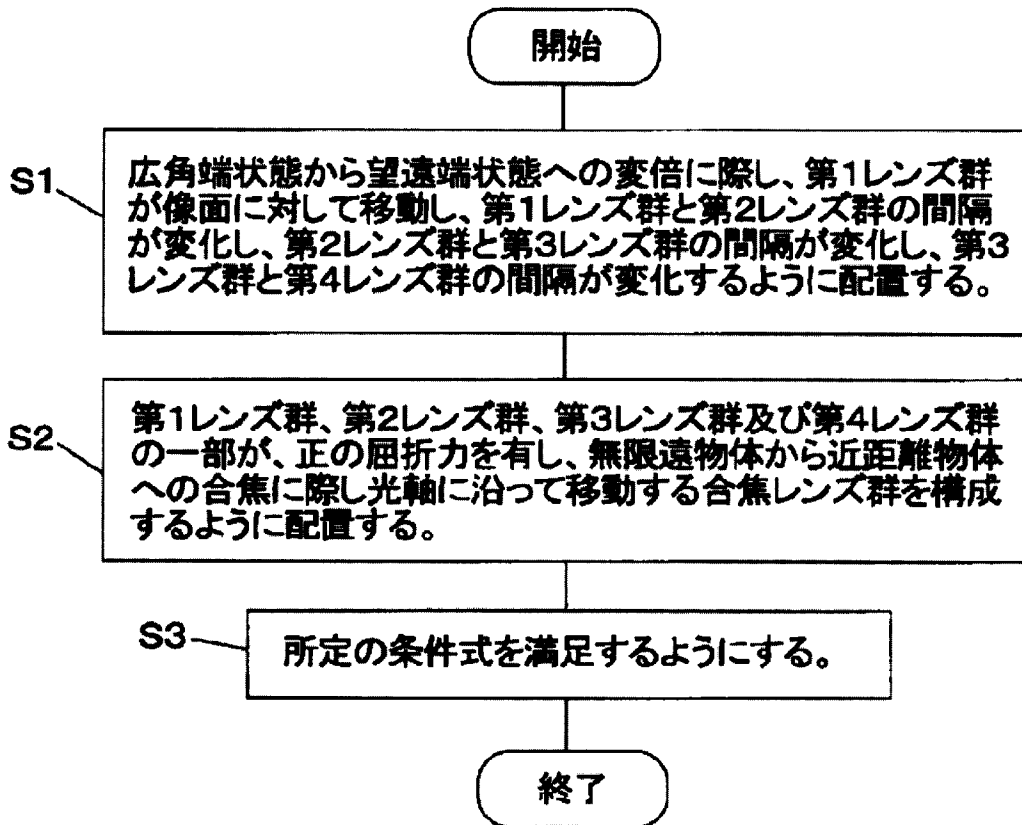
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/086328

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	JP 11-344672 A (Nikon Corp.), 14 December 1999 (14.12.1999), examples 2, 3, 5, 6; paragraph [0021] (Family: none)	1-12
X Y A	JP 2010-54667 A (Canon Inc.), 11 March 2010 (11.03.2010), examples 1, 2; paragraph [0089] (Family: none)	2-5, 8-12 1, 6 7
X A	JP 2009-186983 A (Olympus Imaging Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), numerical examples 1 to 6, 9, 10; paragraph [0091] & US 2009/0174952 A1 examples 1 to 6, 9, 10; paragraph [0431] & CN 101493571 A	1-6, 8-12 7

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
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/JP2015/086328

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 2004-212512 A (Canon Inc.), 29 July 2004 (29.07.2004), numerical examples 1 to 5; paragraph [0033] & US 2004/0161228 A1 numerical examples 1 to 5; paragraph [0127]	2-6, 8-12 1, 7
X A	JP 10-197794 A (Nikon Corp.), 31 July 1998 (31.07.1998), 3rd example; paragraph [0063] & US 5930051 A emnodiment 5; column 36	1-6, 8-12 7

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 including at least one lens disposed closer to the image side than the negative lens group and disposed closer to the image side than a stop, and having positive refractive power; and a focusing group disposed between the negative lens group and the positive lens group", claim 2 states "comprising, in order from the object side along an optical axis: a first lens group having positive refractive power; a second lens group having negative refractive power; a third lens group; 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 either claim 1 or claim 2.

Consequently, the inventions of claims 1-12 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	JP 11-344672 A (株式会社ニコン) 1999.12.14, 実施例 2, 3, 5, 6, [0021] (ファミリーなし)	1-12
X Y A	JP 2010-54667 A (キヤノン株式会社) 2010.03.11, 実施例 1, 2, [0089] (ファミリーなし)	2-5, 8-12 1, 6 7

☑ 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

2V

3713

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 A	JP 2009-186983 A (オリンパスイメージング株式会社) 2009.08.20, 数値実施例 1-6, 9, 10, [0091] & US 2009/0174952 A1, Example 1-6, 9, 10, [0431] & CN 101493571 A	1-6, 8-12 7
X A	JP 2004-212512 A (キヤノン株式会社) 2004.07.29, 数値実施例 1-5, [0033] & US 2004/0161228 A1, NUMERICAL EXAMPLE 1-5, [0127]	2-6, 8-12 1, 7
X A	JP 10-197794 A (株式会社ニコン) 1998.07.31, 第3実施例, [0063] & US 5930051 A, EMBODIMENT 5, 第36欄	1-6, 8-12 7

<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、かつ、絞りより像側に配置されたレンズを少なくとも1つ含み、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、「光軸に沿って物体側から順に、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、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、2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1-12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。