

(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
2020年8月6日(06.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/157801 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) **G02B 13/18** (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/002742

(22) 国際出願日: 2019年1月28日(28.01.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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: 坪野谷 啓介 (TSUBONOYA, Keisuke); 〒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: 特許業務法人井上国際特許商標事務所, 外 (INOUE & CO. et al.); 〒1100016 東京都台東区台東4丁目7番6号 新星ビル2階 Tokyo (JP).

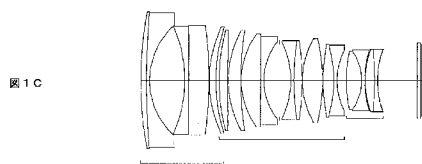
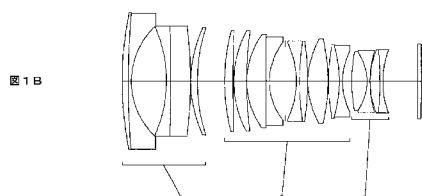
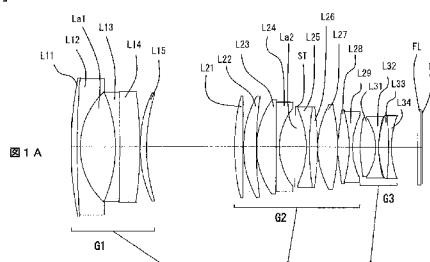
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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,

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

(54) 発明の名称: 変倍光学系、光学機器、および変倍光学系の製造方法

[図1]



(57) Abstract: This variable magnification optical system comprises, in order from an object, a first lens group having a negative refractive power, a second lens group having a positive refractive power, and a third lens group. An interval between each lens group changes when the magnification changes. The first lens group and the second lens group move along the optical axis when the object is focused. The variable magnification optical system satisfies a given conditional expression. Thus, a variable magnification optical system that is compact and capable of suitably correcting various aberrations can be provided.

(57) 要約: 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動し、所定の条件式を満足することにより、小型で、諸収差を良好に補正することができる変倍光学系を提供することができる。

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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

変倍光学系、光学機器、およ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、光学機器、および変倍光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、レンズ交換式カメラ等に用いられる変倍光学系において、小型化および光学性能の向上が図られている（例えば、特許文献1参照。）。しかしながら、さらなる小型化および光学性能の向上が要望されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4 8 8 4 7 8 3号公報

発明の概要

[0004] 第一の態様に係る変倍光学系は、
物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、
変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、
合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動し、

以下の条件式を満足する変倍光学系である。

$$(1) \quad 1.00 < (-f_1) / f_2 < 3.00$$

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

[0005] また、第二の態様に係る変倍光学系は、
物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有す

る第2レンズ群と、第3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、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように構成し、
合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動するように構成し、

以下の条件式を満足する変倍光学系の製造方法である。

$$(1) \quad 1.00 < (-f_1) / f_2 < 3.00$$

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

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1A、図1Bおよび図1C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、および望遠端状態における断面図である。

[図2]図2Aおよび図2Bはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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3Aおよび図3Bはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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4A、図4Bおよび図4C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、および望遠端状態における断面図である。

[図5]図5Aおよび図5Bはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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6Aおよび図6Bはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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、変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図8]図8は、変倍光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、本実施形態に係る変倍光学系、光学機器および変倍光学系の製造方法について説明する。

本実施形態の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動し、以下の条件式(1)を満足する。

$$(1) \quad 1.00 < (-f_1) / f_2 < 3.00$$

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

[0008] 本実施形態の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。この構成により、本実施形態の変倍光学系は変倍を実現し、諸収差を良好に補正することができる。

[0009] また、本実施形態の変倍光学系は、合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動する。この構成により、本実施形態の変倍光学系は十分な変倍比を確保することができる。

[0010] 条件式(1)は、第1レンズ群の焦点距離と第2レンズ群の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式(1)を満足することにより、球面収差やコマ収差などの諸収差を抑えつつ、十分な変倍比を確保することができる。

[0011] 本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の範囲から外れてしまうと、第1レンズ群の焦点距離と第2レンズ群の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、球面収差やコマ収差の発生を抑えることが困難になる。

なお、条件式(1)の上限値を2.90に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を2.80、2.70、2.60

、2.50、2.40、2.30、2.20、2.10、2.08、さらに2.05にすることが好ましい。

[0012] 一方、条件式(1)の下限値を1.10に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の下限値を1.20、1.30、1.40、1.50、1.60、1.70、さらに1.71にすることが好ましい。

[0013] 本実施形態の変倍光学系は、以上の構成により、球面収差やコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

[0014] 本実施形態の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、前記第1レンズ群と記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つ以上有する。

[0015] 本実施形態の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。この構成により、本実施形態の変倍光学系は変倍を実現し、諸収差を良好に補正することができる。

[0016] また、本実施形態の変倍光学系は、第1レンズ群と第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つ以上有する。この構成により、本実施形態の変倍光学系は諸収差を良好に補正し、良好な光学性能を得ることができる。

なお、空気レンズとは、隣り合うレンズとレンズの間の空気部分で形成されるレンズのことをいう。

[0017] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 2.50 < (-f_1) / f_w < 3.50$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0018] 条件式(2)は、第1レンズ群の焦点距離と、広角端状態における変倍光

光学系の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。

本実施形態の変倍光学系は、条件式（２）を満足することにより、球面収差やコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

[0019] 本実施形態の変倍光学系の条件式（２）の範囲を外れてしまうと、広角端状態における変倍光学系の焦点距離に対する第１レンズ群の焦点距離の関係が適切ではなくなるため、球面収差やコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することが困難になる。

なお、条件式（２）の上限値を３．４０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を３．３０、３．２０、３．１５、３．１０、３．０５、さらに３．００にすることが好ましい。

[0020] 一方、条件式（２）の下限値を２．６０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を２．７０、２．７５、２．８０、２．８５、２．９０、さらに２．９２にすることが好ましい。

[0021] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（３）を満足することが望ましい。

$$(3) \text{ FNo} < 1.45$$

ただし、

FNo：前記変倍光学系のFナンバー

[0022] 条件式（３）は、変倍光学系のFナンバーの適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式（３）を満足することにより、ズーム全域で暗所でも良好に撮影可能な光学系を実現できる。

[0023] 本実施形態の変倍光学系の条件式（３）の対応値が上限値を上回ると、明るさが不足し暗所において高画質を提供できなくなる。

なお、条件式（３）の上限値を１．４１に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（３）の上限値を１．３８、１．３５、１．３３

、 1.30、 1.28、 1.25、 さらに 1.24 にすることが好ましい。

[0024] また、本実施形態の変倍光学系は、前記第 2 レンズ群は、最も物体側に第 1 正レンズを有し、以下の条件式 (4) を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 1.50 < f_{21} / f_2 < 4.50$$

ただし、

f_{21} : 前記第 1 正レンズの焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

[0025] 本実施形態の変倍光学系は、第 2 レンズ群が最も物体側に第 1 正レンズを有することにより、径方向の肥大化を防ぎ、コマ収差を良好に補正することができる。

[0026] 条件式 (4) は、第 1 正レンズの焦点距離と、第 2 レンズ群の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式 (4) を満足することにより、無理なく光線を屈折でき球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。

[0027] 本実施形態の変倍光学系の条件式 (4) の範囲を外れてしまうと、第 1 正レンズの焦点距離と第 2 レンズ群の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、球面収差やコマ収差が発生し、補正が困難となったり、光学系が巨大化したりしてしまう。

なお、条件式 (4) の上限値を 4.40 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (4) の上限値を 4.30、4.20、4.10、4.00、3.90、さらに 3.80 にすることが好ましい。

[0028] 一方、条件式 (4) の下限値を 1.60 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (4) の下限値を 1.70、1.80、1.90、2.00、2.10、さらに 2.20 にすることが好ましい。

[0029] また、本実施形態の変倍光学系は、前記第 2 レンズ群は、最も物体側から順に、第 1 正レンズと第 2 正レンズとを有し、以下の条件式 (5) を満足す

ることが望ましい。

$$(5) \quad 1.00 < f_{22} / f_2 < 3.50$$

ただし、

f_{22} : 前記第2正レンズの焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0030] 本実施形態の変倍光学系は、第2レンズ群が、最も物体側から順に、第1正レンズと第2正レンズとを有することにより、大口径でも良好に収差補正が可能となる。

[0031] 条件式(5)は、第2正レンズの焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式(5)を満足することにより、球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。

[0032] 本実施形態の変倍光学系の条件式(5)の範囲を外れてしまうと、第2正レンズの焦点距離と第2レンズ群の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、球面収差やコマ収差の補正が困難となる、または光学系が巨大化してしまう。

なお、条件式(5)の上限値を3.40に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の上限値を3.30、3.20、3.10、3.00、2.90、2.80、2.70、2.60、2.50、2.40、2.30、さらに2.25にすることが好ましい。

[0033] 一方、条件式(5)の下限値を1.10に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を1.20、1.25、1.30、1.35、1.40、さらに1.45にすることが好ましい。

[0034] また、本実施形態の変倍光学系は、前記第2レンズ群は、最も物体側から順に、第1正レンズと第2正レンズとを有し、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.50 < f_{2F} / f_2 < 2.00$$

ただし、

f_{2F} : 前記第1正レンズと前記第2正レンズとの合成焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0035] 本実施形態の変倍光学系は、第2レンズ群が、最も物体側から順に、第1正レンズと第2正レンズとを有することにより、大口径でも良好な収差補正が可能となる。

[0036] 条件式(6)は、第1正レンズと第2正レンズとの合成焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式(6)を満足することにより、小型で良好に収差を補正することができる。

[0037] 本実施形態の変倍光学系の条件式(6)の範囲を外れてしまうと、第1正レンズと第2正レンズの合成焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、光学系が巨大化したり、球面収差やコマ収差の補正が困難となったりする。

なお、条件式(6)の上限値を1.90に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(6)の上限値を1.80、1.70、1.60、1.50、1.40、1.30、1.20、さらに1.15にすることが好ましい。

[0038] 一方、条件式(6)の下限値を0.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(6)の下限値を0.70、0.80、0.90、0.95、1.00、さらに1.05にすることが好ましい。

[0039] また、本実施形態の変倍光学系は、前記第2レンズ群は、物体側から順に連続して配置された第a正レンズと第a負レンズと第b負レンズと第b正レンズとからなる部分レンズ群を有し、前記第a負レンズと前記第b負レンズとの互いに向かい合う面で形成される空気レンズは両凸形状を有し、前記部

分レンズ群の物体側には少なくとも1つの正レンズを有し、以下の条件式（7）を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.50 < f_{2A} / f_2 < 2.00$$

ただし、

f_{2A} ：前記部分レンズ群の物体側に配置された全ての前記正レンズの合成焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

[0040] 本実施形態の変倍光学系は、第2レンズ群が、物体側から順に連続して配置された第a正レンズと第a負レンズと第b負レンズと第b正レンズとからなる部分レンズ群を有し、前記第a負レンズと前記第b負レンズとの互に向かい合う面で形成される空気レンズが両凸形状を有することにより、像面湾曲の補正効果を持ちながら球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。さらに、本実施形態の変倍光学系は、前記部分レンズ群の物体側に少なくとも1つの正レンズを有することにより、球面収差をより効果的に補正することができる。

[0041] 条件式（7）は、前記部分レンズ群の物体側に配置された全ての正レンズの合成焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式（7）を満足することにより、小型で良好に収差を補正することができる。

[0042] 本実施形態の変倍光学系の条件式（7）の範囲を外れてしまうと、部分レンズ群の物体側に配置された全ての正レンズの合成焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、光学系が巨大化したり、球面収差やコマ収差の補正が困難となったりする。

なお、条件式（7）の上限値を1.90に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（7）の上限値を1.80、1.70、1.60、1.50、1.40、1.30、1.20、さらに1.15にすることが好ましい。

[0043] 一方、条件式（７）の下限値を０．６０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の下限値を０．７０、０．８０、０．９０、０．９５、１．００、さらに１．０５にすることが好ましい。

[0044] また、本実施形態の変倍光学系は、前記第１レンズ群は、最も像面側に正レンズを有し、以下の条件式（８）を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 1.00 < f_{1R} / (-f_1) < 6.00$$

ただし、

f_{1R} ：前記第１レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの焦点距離

f_1 ：前記第１レンズ群の焦点距離

[0045] 本実施形態の変倍光学系は、前記第１レンズ群が最も像面側に正レンズを有することにより、球面収差を良好に補正することができる。

[0046] 条件式（８）は、第１レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの焦点距離と、第１レンズ群の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式（８）を満足することにより、球面収差を良好に補正することができる。

[0047] 本実施形態の変倍光学系の条件式（８）の範囲を外れてしまうと、第１レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの焦点距離と、第１レンズ群の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、球面収差の補正が困難となる。

なお、条件式（８）の上限値を５．８０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（８）の上限値を５．６０、５．５０、５．３０、５．２０、５．１０、５．００、さらに４．９０にすることが好ましい。

[0048] 一方、条件式（８）の下限値を１．１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（８）の下限値を１．２０、１．３０、１．４０、１．５０、１．６０、さらに１．７０にすることが好ましい。

[0049] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（９）を満足することが

望ましい。

$$(9) \quad 1.80 < r_{3R} / Bf_{3w} < 4.30$$

ただし、

r_{3R} : 前記第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径

Bf_{3w} : 広角端状態における前記第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離

[0050] 条件式(9)は、第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径と、広角端状態における第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式(9)を満足することにより、像面湾曲や球面収差を良好に補正することができる。

[0051] 本実施形態の変倍光学系の条件式(9)の範囲を外れてしまうと、第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの曲率半径と、広角端状態における第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離との関係が適切ではなくなるため、像面湾曲や球面収差の補正が困難となる。

なお、条件式(9)の上限値を4.20に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(9)の上限値を4.10、4.00、3.90、3.80、3.70、3.60、3.50、3.40、3.30、さらに3.26にすることが好ましい。

[0052] 一方、条件式(9)の下限値を2.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(9)の下限値を2.10、2.20、2.30、2.40、2.50、さらに2.60にすることが好ましい。

[0053] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(10)を満足すること

が望ましい。

$$(10) \quad 0.50 < r_{2R} / Bf_{2w} < 2.20$$

ただし、

r_{2R} : 前記第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径

Bf_{2w} : 広角端状態における前記第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離

[0054] 条件式(10)は、第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径と、広角端状態における第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式(10)を満足することにより、球面収差や像面湾曲を良好に補正することができる。

[0055] 本実施形態の変倍光学系の条件式(10)の範囲を外れてしまうと、第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径と、広角端状態における第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離との関係が適切ではなくなるため、球面収差や像面湾曲を補正することが困難となる。

なお、条件式(10)の上限値を2.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(10)の上限値を1.90、1.80、1.70、1.60、1.50、1.40、1.35、さらに1.32にすることが好ましい。

[0056] 一方、条件式(10)の下限値を0.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(10)の下限値を0.70、0.80、0.90、1.00、1.10、1.15、さらに1.20にすることが好ましい。

[0057] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（１１）を満足することが望ましい。

$$(11) \quad 0.15 < Bfw / fw < 1.00$$

ただし、

Bfw ：広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

fw ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0058] 条件式（１１）は、広角端状態における変倍光学系のバックフォーカスと、広角端状態における変倍光学系の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式（１１）を満足することにより、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

[0059] 本実施形態の変倍光学系の条件式（１１）の範囲を外れてしまうと、広角端状態における変倍光学系の焦点距離とバックフォーカスの関係が適切でなくなるため、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難になる。

なお、条件式（１１）の上限値を０．９０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１１）の上限値を０．８０、０．７０、０．６５、０．６０、０．５５、さらに０．５３にすることが好ましい。

[0060] 一方、条件式（１１）の下限値を０．１８に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１１）の下限値を０．２０、０．２２、０．２４、０．２５、０．２８、０．３０、０．３２、０．３４、さらに０．３５にすることが好ましい。

[0061] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（１２）を満足することが望ましい。

$$(12) \quad 35.00^\circ < 2\omega_w < 80.00^\circ$$

ただし、

$2\omega_w$: 広角端状態における前記変倍光学系の全画角

[0062] 条件式 (12) は、広角端状態における変倍光学系の全画角の適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式 (12) を満足することにより、広い画角を有しながら、広角端状態での収差変動を抑えることができる。

[0063] なお、条件式 (12) の上限値を 78.00° に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (12) の上限値を 76.00° 、 75.00° 、 74.00° 、さらに 73.00° にすることが好ましい。

[0064] 一方、条件式 (12) の下限値を 38.00° に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (12) の下限値を 40.00° 、 42.00° 、 45.00° 、 46.00° 、さらに 47.00° にすることが好ましい。

[0065] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式 (13) を満足することが望ましい。

$$(13) \quad 10.00^\circ < 2\omega_t < 60.00^\circ$$

ただし、

$2\omega_t$: 望遠端状態における前記変倍光学系の全画角

[0066] 条件式 (13) は、望遠端状態における変倍光学系の全画角の適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式 (13) を満足することにより、広い画角を有しながら、望遠端状態での収差変動を抑えることができる。

[0067] なお、条件式 (13) の上限値を 55.00° に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (13) の上限値を 53.00° 、 50.00° 、 49.00° 、 48.00° 、さらに 47.00° にすることが好ましい。

[0068] 一方、条件式(13)の下限値を11.00°に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(13)の下限値を12.00°、13.00°、14.00°、15.00°、さらに16.00°にすることが好ましい。

[0069] また、本実施形態の変倍光学系は、前記第1レンズ群が以下の条件式(14)を満足する正レンズを少なくとも1つ有することが望ましい。

$$(14) \quad 0.673 < \theta_{gFLp} + 0.0022 * \nu_{dLp} < 0.750$$

ただし、

ν_{dLp} : 前記正レンズのd線に対するアッペ数

θ_{gFLp} ; 前記正レンズのg線とF線とによる部分分散比

[0070] ここで、アッペ数 ν_{dLp} および部分分散比 θ_{gFLp} は、C線(波長656.3nm)に対する屈折率を n_C 、d線(波長587.6nm)に対する屈折率を n_d 、F線(波長486.1nm)に対する屈折率を n_F 、g線(波長435.8nm)に対する屈折率を n_g としたとき、それぞれ次の式で表される。

$$\nu_{dLp} = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$\theta_{gFLp} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

[0071] 上記条件式(14)は、第1レンズ群が有する正レンズに用いる硝材を規定する条件式である。条件式(14)を満足する正レンズを有することにより、軸上色収差を良好に補正することができる。

[0072] 本実施形態の光学系の条件式(14)の範囲を外れてしまうと、軸上色収差を良好に補正することが困難になる。

なお、条件式(14)の上限値を0.730に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(14)の上限値を0.720、0.710、0.700、さらに0.695にすることが好ましい。

[0073] 一方、条件式(14)の下限値を0.675に設定することで、本実施形

態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１４）の下限値を０．６８０、０．６８５、０．６８８、０．６９０、さらに０．６９２にすることが好ましい。

[0074] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（１５）を満足することが望ましい。

$$(15) \quad 0.50 < P_{ex} / f_w < 2.00$$

ただし、

P_{ex} : 近軸射出瞳位置から像点までの距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0075] 条件式（１５）は、近軸射出瞳位置から像点までの距離と、広角端状態における変倍光学系の焦点距離との比について適切な範囲を規定するための条件式である。本実施形態の変倍光学系は、条件式（１５）を満足することにより、小型で良好な性能にすることができる。

[0076] 本実施形態の変倍光学系の条件式（１５）の範囲を外れてしまうと、近軸射出瞳位置から像点までの距離と、広角端状態における変倍光学系の焦点距離との関係が適切ではなくなるため、光学系が巨大化したり、歪曲収差の補正が困難となったりする。

なお、条件式（１５）の上限値を１．９０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１５）の上限値を１．８０、１．７５、１．７０、１．６５、１．６４、さらに１．６２にすることが好ましい。

[0077] 一方、条件式（１５）の下限値を０．６０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１５）の下限値を０．７０、０．８０、０．９０、１．００、１．０５、さらに１．１０にすることが好ましい。

[0078] また、本実施形態の光学系は、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ１つずつ有し、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$(16) -1.00 < (r_{2L1} + r_{1L1}) / (r_{2L1} - r_{1L1}) < 3.00$$

ただし、

r_{1L1} : 前記第1レンズ群の空気レンズの物体側レンズ面の曲率半径

r_{2L1} : 前記第1レンズ群の空気レンズの像側レンズ面の曲率半径

[0079] 上記条件式(16)は、前記第1レンズ群が有する凸形状の空気レンズの形状因子を規定するための条件式である。条件式(16)を満足することにより、諸収差を良好に補正し、良好な光学性能を得ることができる。

[0080] 本実施形態の光学系の条件式(16)の範囲を外れてしまうと、当該空気レンズの形状が周辺光束に対して不利な形状となるため、球面収差をはじめ、歪曲収差および像面湾曲の補正が困難となってしまう。

なお、条件式(16)の上限値を2.80に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(16)の上限値を2.50、2.30、2.00、1.80、1.50、1.30、さらに1.00にすることが好ましい。

[0081] 一方、条件式(16)の下限値を-0.08に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(16)の下限値を-0.05、-0.03、-0.01、0.01、さらに0.02にすることが好ましい。

[0082] また、本実施形態の光学系は、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つずつ有し、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$(17) -2.00 < (r_{2L2} - r_{1L2}) / (r_{2L2} + r_{1L2}) < 2.00$$

ただし、

r_{1L2} : 前記第2レンズ群の空気レンズの物体側レンズ面の曲率半径

r_{2L2} : 前記第2レンズ群の空気レンズの像側レンズ面の曲率半径

[0083] 上記条件式(17)は、前記第2レンズ群が有する空気レンズの形状因子を規定するための条件式である。条件式(17)を満足することにより、諸収差を良好に補正し、良好な光学性能を得ることができる。

[0084] 本実施形態の光学系の条件式(17)の範囲を外れてしまうと、当該空気レンズの形状が周辺光束に対して不利な形状となるため、球面収差をはじめ、歪曲収差および像面湾曲の補正が困難となってしまう。

なお、条件式(17)の上限値を1.90に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実なものとするために、条件式(17)の条件値を1.80、1.60、1.50、1.30、1.20、1.10、さらに1.00にすることが好ましい。

[0085] 一方、条件式(17)の下限値を-1.90に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(17)の下限値を-1.80、-1.60、-1.50、-1.30、-1.20、-1.10、さらに-1.00にすることが好ましい。

[0086] また、本実施形態の光学系は、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つずつ有し、前記第1レンズ群の空気レンズと前記第2レンズ群の空気レンズとの間に少なくとも4枚以上の正レンズを有することが望ましい。これにより、球面収差をはじめ、諸収差を良好に補正することができる。

[0087] 本実施形態の光学機器は、上述した構成の変倍光学系を有する。これにより、諸収差を良好に補正し、高性能で小型の光学機器を実現することができる。

[0088] 本実施形態の変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、第3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、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように構成し、合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2

レンズ群とが光軸に沿って移動するように構成し、以下の条件式（１）を満足するように構成する変倍光学系の製造方法である。

$$(1) \quad 1.00 < (-f_1) / f_2 < 3.00$$

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

[0089] これにより、諸収差を良好に補正し、高性能で小型の変倍光学系の製造方法を実現することができる。

[0090] 以下、本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。

（第１実施例）

図１Ａ、図１Ｂおよび図１Ｃはそれぞれ、第１実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態および望遠端状態における断面図である。

図１Ａ中の各レンズ群の下矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図１Ｂ中の各レンズ群の下矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。

[0091] 本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0092] 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とを接合した接合負レンズと、両凹形状の負レンズＬ１３と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とを接合した接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１５とからなる。

負メニスカスレンズＬ１２の像側のレンズ面と負レンズＬ１３の物体側のレンズ面とによって、両凸形状の空気レンズＬａ１が形成されている。

[0093] 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、物

体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 4と、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL 2 5と両凸形状の正レンズL 2 6とを接合した接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 2 7と、両凸形状の正レンズL 2 8と両凹形状の負レンズL 2 9とを接合した接合負レンズとからなる。

負メニスカスレンズL 2 4の像側のレンズ面と負レンズL 2 5の物体側のレンズ面とによって、両凸形状の空気レンズL a 2が形成されている。

[0094] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL 3 1と両凹形状の負レンズL 3 2とを接合した接合正レンズと、両凸形状の正レンズL 3 3と両凹形状の負レンズL 3 4とを接合した接合正レンズとからなる。

[0095] 第3レンズ群G 3と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群F Lが配置されている。

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0096] 以上の構成のもと、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の際、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔および第2レンズ群G 1と第3レンズ群G 2との間隔が変化するように、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3とが光軸に沿って移動する。詳細には、第1レンズ群G 1は像側へ移動し、第2レンズ群G 2は物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は物体側へ移動する。

[0097] 本実施例に係る変倍光学系は、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2とをそれぞれ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。

[0098] 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（空気換算長）は空気換算バックフォーカス、すなわち最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離であって、フィルタ群F Lの厚みを空気換算した距離を示す。

〔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、 θ_{gF} は g 線と F 線とによる部分分散比をそれぞれ示している。なお、 θ_{gF} は条件式（14）を満足するレンズについてのみ示している。また、 OP は物体面、 D_n （ n は整数）は可変の面間隔、 ST は開口絞り、 l 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。空気の屈折率 $n_d=1.00000$ の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合には面番号に「*」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。

[0099] 〔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。

$$x = (h^2/r) / [1 + \{1 - \kappa (h/r)^2\}^{1/2}] + bh^4 + ch^6 + dh^8 + eh^{10} + fh^{12} + gh^{14}$$

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、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 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。2次の非球面係数は0であり、記載を省略している。

[0100] 〔各種データ〕において、 f は光学系全系の焦点距離、 $FN\phi$ は F ナンバー、 2ω は全画角（単位は「 $^\circ$ 」）、 Y は最大像高、 TL は本実施例に係る光学系の全長すなわち第1面から像面 l までの光軸上の距離、 BF （空気換算長）はフィルタ群 FL の厚みを空気換算したバックフォーカスをそれぞれ示す。なお、 W は広角端状態、 T は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0101] 〔無限遠撮影時可変間隔データ〕および〔近距離撮影時可変間隔データ〕において、 f は光学系全系の焦点距離、 β は至近撮影倍率、 D_n （ n は整数）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、Tは望遠端状態をそれぞれ示す。

〔レンズ群データ〕には、各レンズ群の始面番号S Tと焦点距離fを示す。

〔条件式対応値〕には、各条件式の対応値をそれぞれ示す。

[0102] 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。

[0103] (表1) 第1実施例

〔面データ〕

m	r	d	n d	ν d	θ g F
0P	∞				
1	203.370	3.64	1.851080	40.12	
2	510.301	1.80	1.516800	64.14	
3	44.637	21.08			
4	-80.848	2.47	1.612660	44.46	
5	-2397.641	12.00	1.945944	17.98	0.6544
6	-254.439	0.20			
7	75.132	3.95	1.497820	82.57	
8	105.296	D8			
9	113.645	5.18	1.883000	40.69	
10	2334.491	0.38			
11	61.855	7.75	1.593190	67.90	
12	217.476	0.20			
13	47.727	11.49	1.593190	67.90	
14	-3683.921	0.20			

15	-10584.330	1.80	1.737999	32.33
16	37.944	9.34		
17	ST	6.65		
18	-52.838	1.80	1.737999	32.33
19	154.360	4.91	1.497820	82.57
20	-156.174	0.20		
21	50.924	12.00	1.851080	40.12
22	-100.909	0.20		
23	78.745	6.79	1.851080	40.12
24	-72.675	1.80	1.737999	32.33
25	40.318	D25		
26	91.079	9.11	1.755000	52.34
27	-30.849	1.80	1.728250	28.38
28	64.183	0.20		
29	53.321	5.65	1.945944	17.98
30	-226.556	1.80	1.688930	31.16
31	57.636	D31		
32	∞	1.60	1.516800	64.14
33	∞	1.00		
I	∞			

[非球面データ]

m:2

$\kappa = 0$

b= 4.31945E-09 c=-1.18472E-11 d=-5.75372E-15 e=-8.70882E-19

f= 4.21310E-16 g=-2.71650E-1

m:24

$$\kappa = 0$$

$$b = 4.91026\text{E-}07 \quad c = -4.58183\text{E-}10 \quad d = 9.85325\text{E-}13 \quad e = -4.67828\text{E-}16$$

m:25

$$\kappa = 0$$

$$b = -3.58091\text{E-}06 \quad c = -2.63577\text{E-}09 \quad d = -7.51565\text{E-}14 \quad e = 7.95416\text{E-}16$$

m:33

$$\kappa = 0$$

$$b = 2.87452\text{E-}06 \quad c = -1.25611\text{E-}08 \quad d = 7.40442\text{E-}11 \quad e = -2.49540\text{E-}13$$

[各種データ]

	W	T
f	35.00	51.60
F N o	1.23	1.23
Y	21.70	21.70
2 ω	72.14	46.70
T L	210.04	168.19
B F (空気換算長)	17.77	25.82

[無限遠撮影時可変間隔データ]

	W	T
f	35.000	51.600
D8	52.543	1.851
D25	4.785	5.578
D31	15.720	23.767

[近距離撮影時可変間隔データ]

	W	T
β	-0.100	-0.100
D8	47.880	9.925
D25	11.522	10.856
D31	15.720	23.767

[レンズ群データ]

	W	T
	S T	f
G1	1	-103.72
G2	9	60.29
G3	26	178.15

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_1) / f_2 = 1.720$$

$$(2) \quad (-f_1) / f_w = 2.963$$

$$(3) \quad F N o = 1.230$$

$$(4) \quad f_{21} / f_2 = 2.242$$

$$(5) \quad f_{22} / f_2 = 2.373$$

$$(6) \quad f_{2F} / f_2 = 1.158$$

$$(7) \quad f_{2A} / f_2 = 1.158$$

$$(8) \quad f_{1R} / (-f_1) = 4.868$$

$$(9) \quad r_{3R} / B f_{3w} = 3.243$$

$$(10) \quad r_{2R} / B f_{2w} = 1.223$$

$$(11) \quad B f_w / f_w = 0.508$$

$$(12) \quad 2\omega_w = 72.14^\circ$$

$$(13) \quad 2\omega_t = 46.70^\circ$$

$$(14) \quad \theta_{gFLp} + 0.0022 * \nu_{dLp} = 0.694$$

$$(15) \quad P_{ex} / f_w = 1.597$$

$$(16) \quad (r_{2L1} + r_{1L1}) / (r_{2L1} - r_{1L1}) = 0.289$$

$$(17) \quad (r_{2L2} + r_{1L2}) / (r_{2L2} - r_{1L2}) = 0.164$$

[0104] 図2Aおよび図2Bはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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および図3Bはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態および望

遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0105] 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。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーFNOまたは開口数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、CはC線（波長656.3nm）、dはd線（波長587.6nm）、FはF線（波長486.1nm）、gはg線（波長435.8nm）における収差曲線をそれぞれ示し、記載のないものはd線での収差曲線を示す。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。コマ収差図において、実線はメリディオナルコマ収差を表し、破線はd線に対するサジタルコマ収差を表している。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。

[0106] 各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時に亘って、さらに広角端状態から望遠端状態に亘って諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

[0107] （第2実施例）

図4A、図4Bおよび図4Cはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態および望遠端状態における断面図である。

図4A中の各レンズ群の下矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図4B中の各レンズ群の下矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。

[0108] 本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

[0109] 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とを接合

した接合負レンズと、両凹形状の負レンズL 1 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 4とを接合した接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 5とからなる。

負メニスカスレンズL 1 2の像側のレンズ面と負レンズL 1 3の物体側のレンズ面とによって、両凸形状の空気レンズL a 1が形成されている。

[0110] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ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、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 4と、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL 2 5と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 6とを接合した接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 2 7と、両凸形状の正レンズL 2 8と両凹形状の負レンズL 2 9とを接合した接合負レンズとからなる。

負メニスカスレンズL 2 4の像側のレンズ面と負レンズL 2 5の物体側のレンズ面とによって、両凸形状の空気レンズL a 2が形成されている。

[0111] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL 3 1と両凹形状の負レンズL 3 2とを接合した接合正レンズと、両凸形状の正レンズL 3 3と両凹形状の負レンズL 3 4とを接合した接合正レンズとからなる。

[0112] 第3レンズ群G 3と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群F Lが配置されている。

像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0113] 以上の構成のもと、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の際、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔および第2レンズ群G 1と第3レンズ群G 2との間隔が変化するように、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3とが光軸に沿って移動する。詳細には、第1レンズ群G 1は像側へ移動し、第2レンズ群G 2は物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は物体側へ移動する。

[0114] 本実施例に係る変倍光学系は、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2とを

それぞれ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。

[0115] 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。

[0116] (表 2) 第 2 実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d	θ g F
0P	∞				
1	378.611	1.80	1.851350	40.10	
2	1455.072	1.80	1.698950	30.13	
3	78.324	10.33			
4	-145.392	1.80	1.737999	32.33	
5	98.111	8.96	1.945944	17.98	0.6544
6	1051.128	0.20			
7	121.236	4.28	1.755000	52.34	
8	312.075	D8			
9	312.075	3.98	1.883000	40.69	
10	-1221.417	0.20			
11	70.081	9.18	1.883000	40.69	
12	235.398	10.68			
13	64.520	5.31	1.755000	52.34	
14	124.160	0.87			
15	163.144	1.80	1.698950	30.13	
16	51.940	9.34			
17	ST	5.24			
18	-113.698	1.80	1.737999	32.33	
19	45.808	7.78	1.755000	52.34	
20	156.938	0.20			
21	48.717	12.00	1.755000	52.34	

22	-192.834	0.20		
23	73.704	8.76	1.743104	49.44
24	-68.563	1.80	1.854780	24.80
25	50.115	D25		
26	137.845	7.15	1.882020	37.23
27	-47.436	1.80	1.728250	28.38
28	78.598	0.20		
29	56.638	8.90	1.945944	17.98
30	-69.524	7.47	1.688930	31.16
31	50.116	D31		
32	∞	1.60	1.516800	64.14
33	∞	1.00		
I	∞			

[非球面データ]

m:2

$\kappa = 0$

b=-2.47465E-07 c=-2.79300E-11 d= 3.19445E-15 e=-2.08805E-18

f= 4.21310E-16 g=-2.71650E-19

m:24

$\kappa = 0$

b=-2.58494E-06 c=-1.51263E-09 d= 2.77098E-13 e=-3.29005E-16

m:25

$\kappa = 0$

b=-9.03411E-07 c=-2.80829E-10 d=-4.96146E-13 e= 2.82559E-16

m:33

$\kappa = 0$

b= 2.17609E-06 c=-1.14413E-08 d= 7.19983E-11 e=-2.46180E-13

[各種データ]

	W	T
f	51.60	70.00
F N o	1.23	1.23
Y	21.70	21.70
2 ω	48.78	34.53
T L	210.03	169.53
B F (空気換算長)	18.93	26.72

[無限遠撮影時可変間隔データ]

	W	T
f	51.600	70.000
D8	48.958	1.500
D25	5.753	4.927
D31	16.879	24.661

[近距離撮影時可変間隔データ]

	W	T
β	-0.100	-0.100
D8	68.633	25.032
D25	12.088	9.896
D31	16.879	24.661

[レンズ群データ]

	W	T
	S T	f
G1	1	-151.28
G2	9	74.51
G3	26	110.83

[条件式対応値]

- (1) $(-f_1) / f_2 = 2.030$
- (2) $(-f_1) / f_w = 2.932$
- (3) $FNo = 1.230$
- (4) $f_{21} / f_2 = 3.783$
- (5) $f_{22} / f_2 = 1.478$
- (6) $f_{2F} / f_2 = 1.063$
- (7) $f_{2A} / f_2 = 1.063$
- (8) $f_{1R} / (-f_1) = 1.719$
- (9) $r_{3R} / Bf_{3w} = 2.647$
- (10) $r_{2R} / Bf_{2w} = 1.294$
- (11) $Bf_w / f_w = 0.3667$
- (12) $2\omega_w = 48.78^\circ$
- (13) $2\omega_t = 34.526^\circ$
- (14) $\theta_{gFLp} + 0.0022 * \nu_{dLp} = 0.694$
- (15) $Pex / f_w = 1.133$
- (16) $(r_{2L1} + r_{1L1}) / (r_{2L1} - r_{1L1}) = 0.300$
- (17) $(r_{2L2} + r_{1L2}) / (r_{2L2} - r_{1L2}) = 0.373$

[0117] 図5Aおよび図5Bはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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6Aおよび図6Bはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態およ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。

[0118] 各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時に亘って、さらに広角端状態から望遠端状態に亘って諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

[0119] 上記各実施例によれば、小型で、諸収差を良好に補正することができる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。

[0120] 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、本実施形態の変倍光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

- [0121] 本実施形態の変倍光学系の数値実施例として3群構成のものを示したが、本実施形態はこれに限られず、その他の群構成（例えば、4群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、上記各実施例の変倍光学系の最も物体側や最も像側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。或いは、隣り合うレンズ群とレンズ群との間にレンズ又はレンズ群を追加しても良い。なお、レンズ群は、少なくとも1枚以上のレンズで構成されてもよい。
- [0122] また、上記各実施例では、第1レンズ群と第2レンズ群を合焦レンズ群としている。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、ステッピングモータ、VCMモータ等による駆動にも適している。
- [0123] また、上記各実施例の変倍光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振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。
- [0124] また、上記各実施例の変倍光学系の開口絞りは、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。
- [0125] また、上記各実施例の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしても

よい。

[0126] また、上記各実施例の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

[0127] 次に、本実施形態の変倍光学系を備えたカメラを図7に基づいて説明する。

図7は本実施形態の変倍光学系を備えたカメラ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ミラーレスカメラである。

[0128] 本カメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF（Electronic view finder：電子ビューファインダ）4に表示される。これにより撮影者は、EVF4を介して被写体を観察することができる。

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

[0129] 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、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時に亘って、さらに広角端状態から望遠端状態に亘って諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有している。すなわち本カメラ1は、諸収差を良好に補正することができる高い光学性能を有し、小型化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。

[0130] 次に、本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を図 8 に基づいて説明する。

図 8 は本実施形態の光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

図 8 に示す本実施形態の光学系の製造方法は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、第 3 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。

[0131] ステップ S 1 : 変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように構成する。

ステップ S 2 : 合焦に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群とが光軸に沿って移動するように構成する。

ステップ S 3 : 以下の条件式 (1) を満足するように構成する。

$$(1) \quad 1.00 < (-f_1) / f_2 < 3.00$$

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

[0132] 斯かる本実施形態の変倍光学系の製造方法によれば、小型で、諸収差を良好に補正することができる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

[0133]	G 1	第 1 レンズ群	G P 2	第 2 レンズ群	G N 3	第 3 負レンズ群
	S T	開口絞り	I	像面	1	カメラ
	2	撮影レンズ				

請求の範囲

- [請求項1] 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、
 変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、
 合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動し、
 以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$1. \ 0.0 < (-f_1) / f_2 < 3. \ 00$$
 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] 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正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、
 変倍に際し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、
 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つ以上有する変倍光学系。
- [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。

$$2. \ 50 < (-f_1) / f_w < 3. \ 50$$
 ただし、
 f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離
 f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離
- [請求項4] 以下の条件式を満足する請求項1から3の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$FNO < 1. \ 45$$
 ただし、
 FNO : 前記変倍光学系のFナンバー
- [請求項5] 前記第2レンズ群は、最も物体側に第1正レンズを有し、
 以下の条件式を満足する請求項1から4の何れか一項に記載の変倍

光学系。

$$1. \ 50 < f_{21} / f_2 < 4. \ 50$$

ただし、

f_{21} : 前記第1正レンズの焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項6] 前記第2レンズ群は、最も物体側から順に、第1正レンズと第2正レンズとを有し、

以下の条件式を満足する請求項1から5の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$1. \ 00 < f_{22} / f_2 < 3. \ 50$$

ただし、

f_{22} : 前記第2正レンズの焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項7] 前記第2レンズ群は、最も物体側から順に、第1正レンズと第2正レンズとを有し、

以下の条件式を満足する請求項1から6の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0. \ 50 < f_{2F} / f_2 < 2. \ 00$$

ただし、

f_{2F} : 前記第1正レンズと前記第2正レンズとの合成焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項8] 前記第2レンズ群は、物体側から順に連続して配置された第a正レンズと第a負レンズと第b負レンズと第b正レンズとからなる部分レンズ群を有し、

前記第a負レンズと前記第b負レンズとの互いに向かい合う面で形成される空気レンズは両凸形状を有し、

前記部分レンズ群の物体側には少なくとも1つの正レンズを有し、

以下の条件式を満足する請求項1から7の何れか一項に記載の変倍

光学系。

$$0.50 < f_{2A} / f_2 < 2.00$$

ただし、

f_{2A} : 前記部分レンズ群の物体側に配置された全ての前記正レンズの合成焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項9]

前記第1レンズ群は、最も像面側に正レンズを有し、

以下の条件式を満足する請求項1から8の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$1.00 < f_{1R} / (-f_1) < 6.00$$

ただし、

f_{1R} : 前記第1レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[請求項10]

以下の条件式を満足する請求項1から9の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$1.80 < r_{3R} / Bf_{3w} < 4.30$$

ただし、

r_{3R} : 前記第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径

Bf_{3w} : 広角端状態における前記第3レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離

[請求項11]

以下の条件式を満足する請求項1から10の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.50 < r_{2R} / Bf_{2w} < 2.20$$

ただし、

r_{2R} : 前記第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面の曲率半径

$B f 2 w$: 広角端状態における前記第2レンズ群の最も像面側に配置されるレンズの像面側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離

[請求項12] 以下の条件式を満足する請求項1から11の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.15 < B f w / f w < 1.00$$

ただし、

$B f w$: 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f w$: 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項13] 以下の条件式を満足する請求項1から12の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$35.00^\circ < 2\omega w < 80.00^\circ$$

ただし、

$2\omega w$: 広角端状態における前記変倍光学系の全画角

[請求項14] 以下の条件式を満足する請求項1から13の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$10.00^\circ < 2\omega t < 60.00^\circ$$

ただし、

$2\omega t$: 望遠端状態における前記変倍光学系の全画角

[請求項15] 前記第1レンズ群は、以下の条件式を満足する正レンズを少なくとも1つ有する請求項1から14の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.673 < \theta g F L p + 0.0022 * \nu d L p < 0.750$$

ただし、

$\nu d L p$: 前記正レンズのd線に対するアッベ数

$\theta g F L p$; 前記正レンズのg線とF線とによる部分分散比

[請求項16] 以下の条件式を満足する請求項1から15の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.50 < P e x / f w < 2.00$$

ただし、

P_{ex} : 近軸射出瞳位置から像点までの距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項17] 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つずつ有し、

以下の条件式を満足する請求項1から16の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$-1.00 < (r_{2L1} + r_{1L1}) / (r_{2L1} - r_{1L1}) < 3.00$$

ただし、

r_{1L1} : 前記第1レンズ群の空気レンズの物体側レンズ面の曲率半径

r_{2L1} : 前記第1レンズ群の空気レンズの像側レンズ面の曲率半径

[請求項18] 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つずつ有し、

以下の条件式を満足する請求項1から17の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$-2.00 < (r_{2L2} - r_{1L2}) / (r_{2L2} + r_{1L2}) < 2.00$$

ただし、

r_{1L2} : 前記第2レンズ群の空気レンズの物体側レンズ面の曲率半径

r_{2L2} : 前記第2レンズ群の空気レンズの像側レンズ面の曲率半径

[請求項19] 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、凸形状の空気レンズをそれぞれ1つずつ有し、

前記第1レンズ群の空気レンズと前記第2レンズ群の空気レンズとの間に少なくとも4枚以上の正レンズを有する請求項1から18の何れか一項に記載の変倍光学系。

[請求項20] 請求項1から19の何れか一項に記載の変倍光学系を有する光学機

器。

[請求項21] 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、第3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、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように構成し、
合焦に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが光軸に沿って移動するように構成し、

以下の条件式を満足するように構成する変倍光学系の製造方法。

$$1. \quad 0.0 < (-f_1) / f_2 < 3.00$$

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]

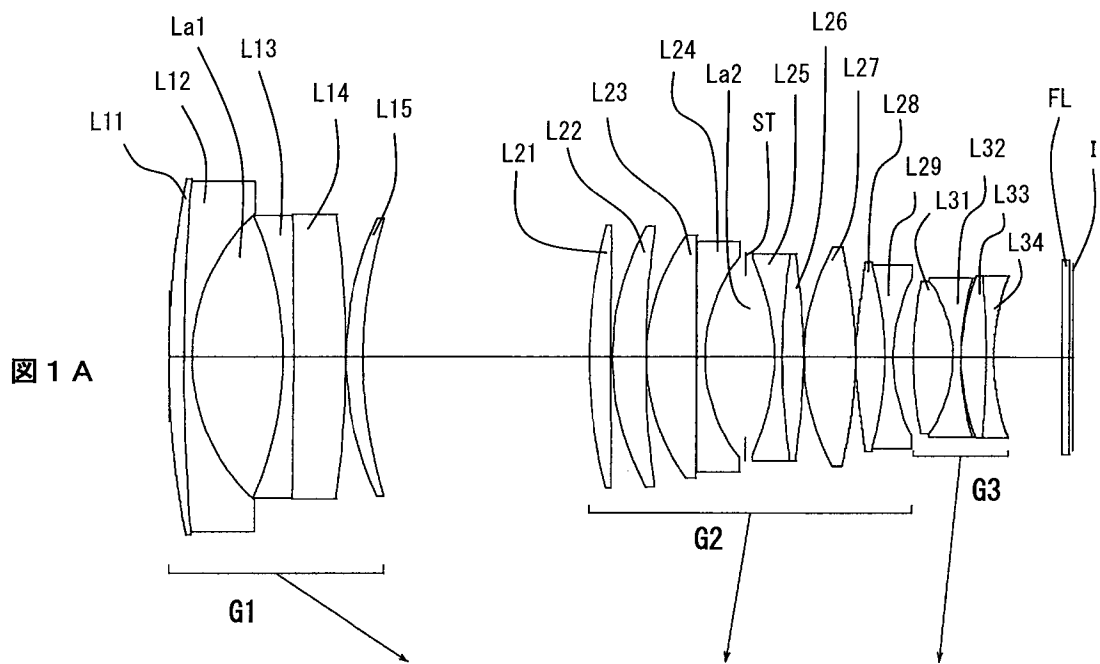


図 1 B

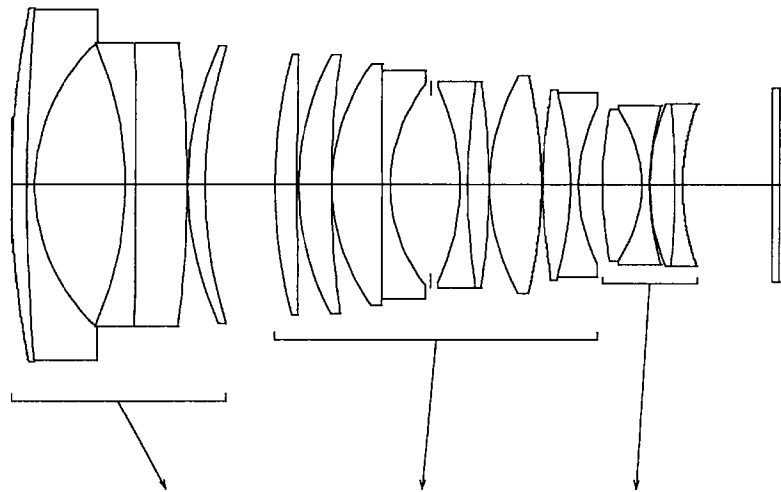
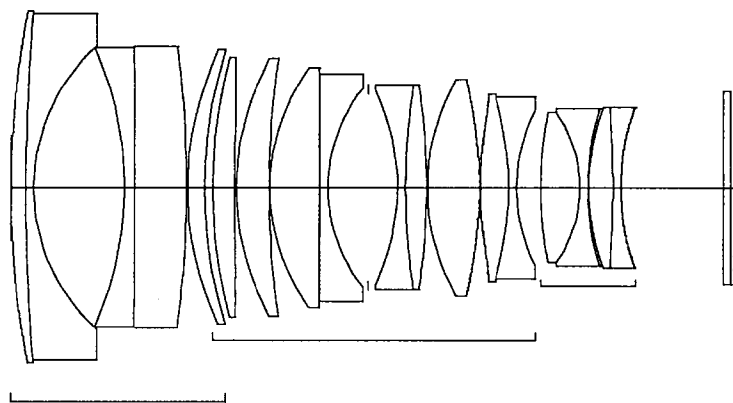


図 1 C



[図2]

図 2 A

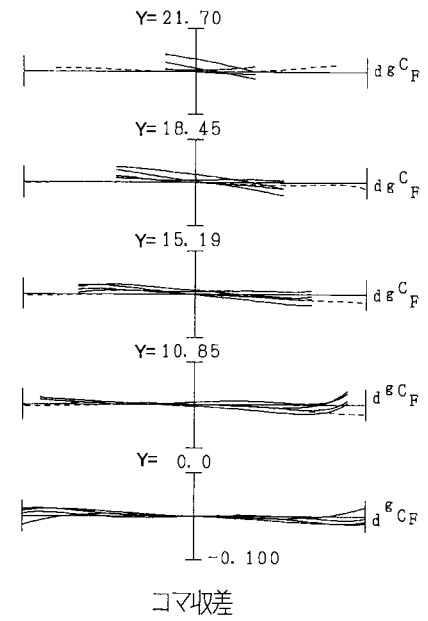
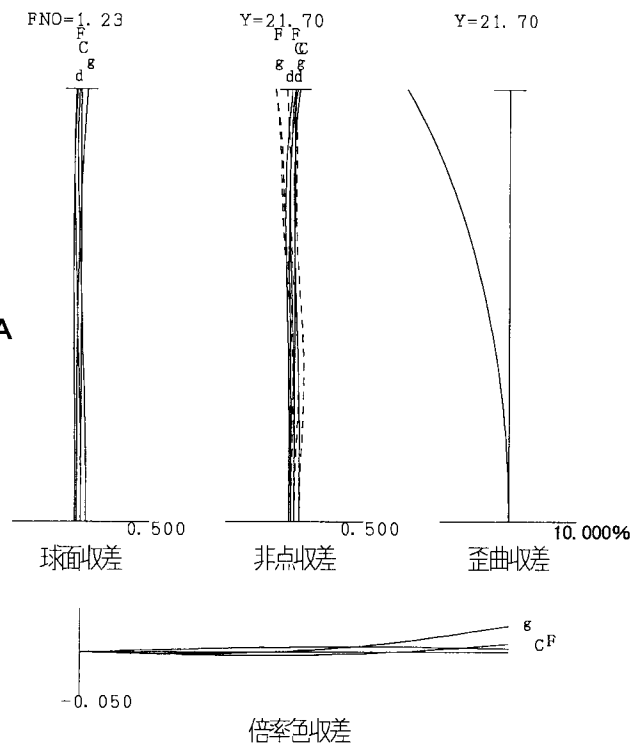
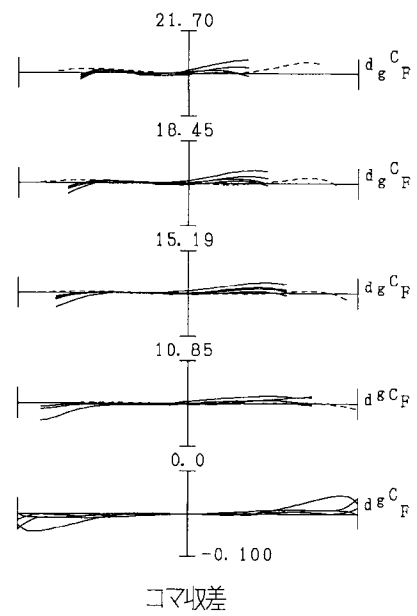
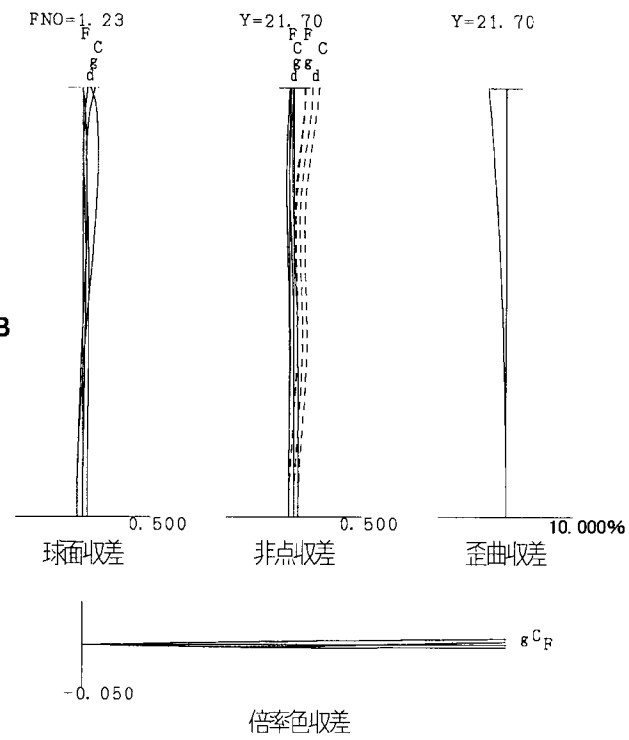
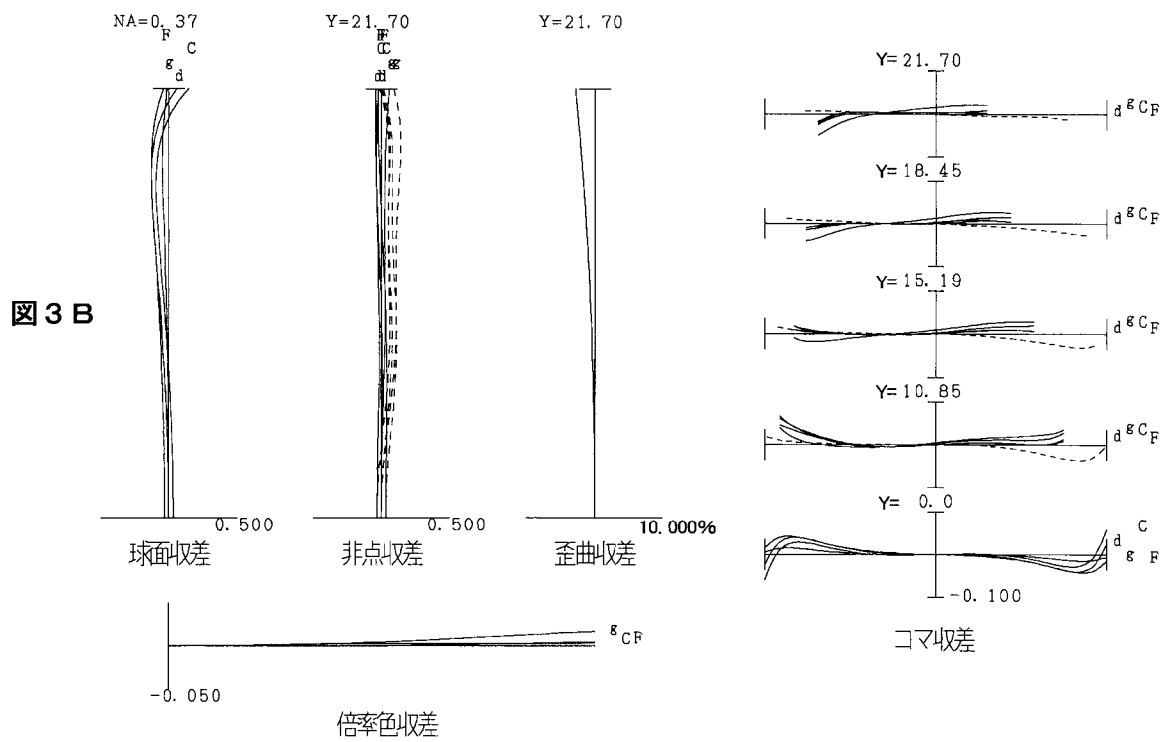
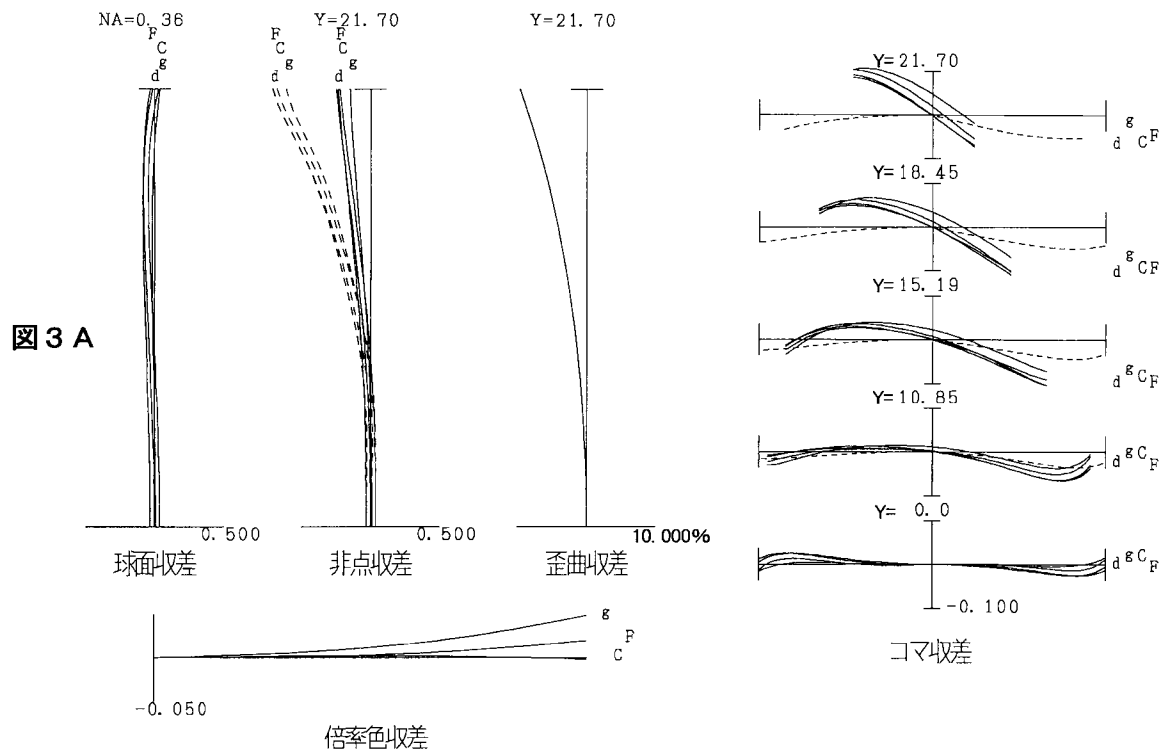


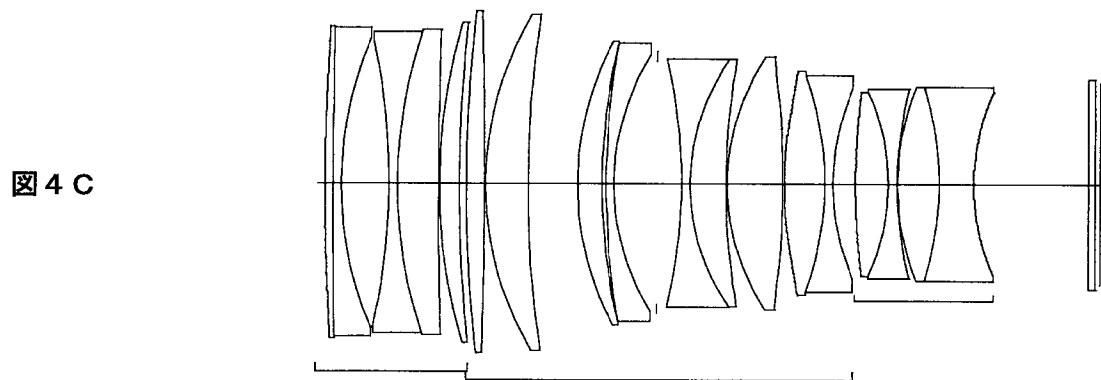
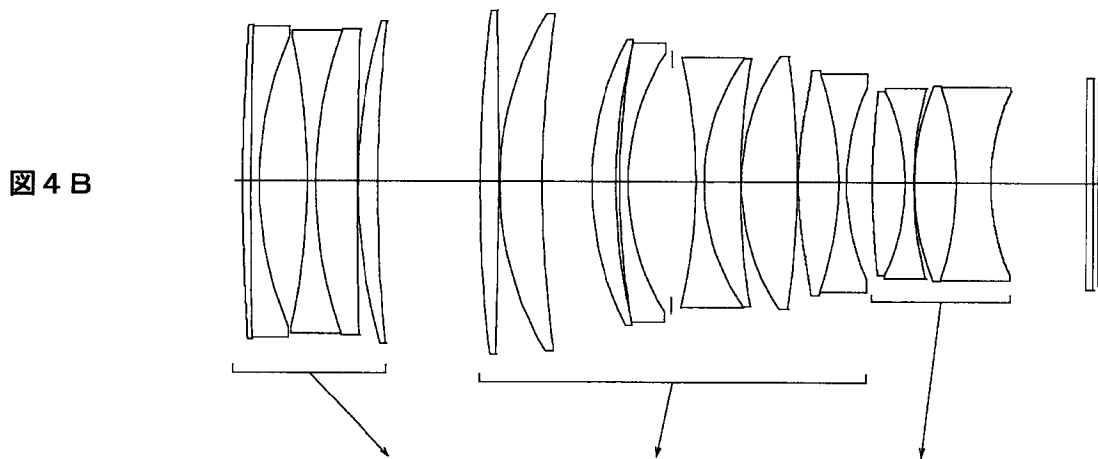
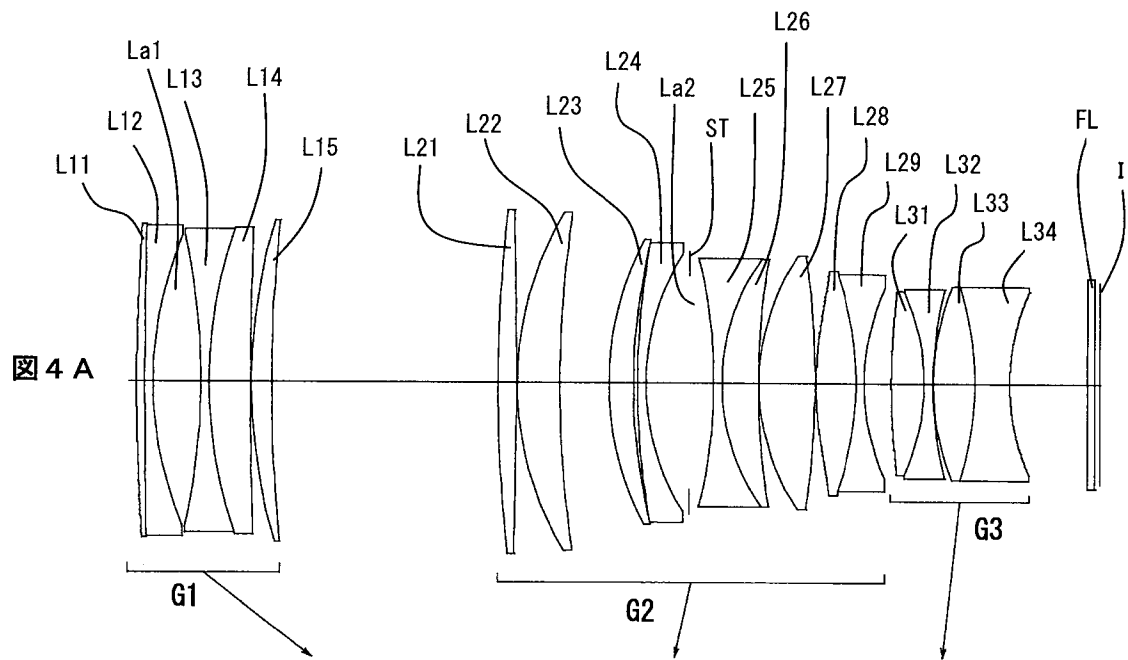
図 2 B



[図3]



[図4]



[図5]

図 5 A

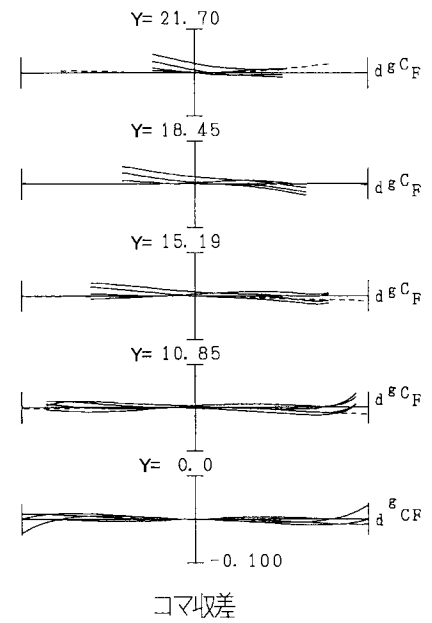
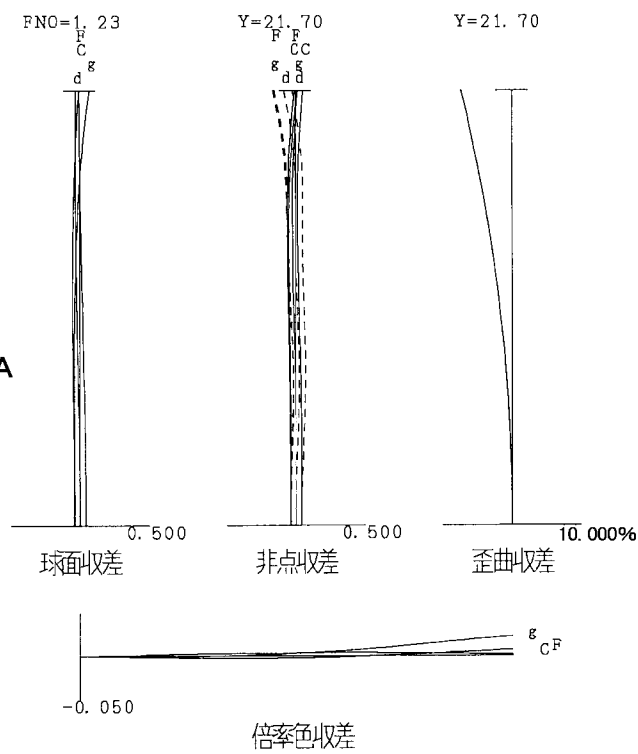
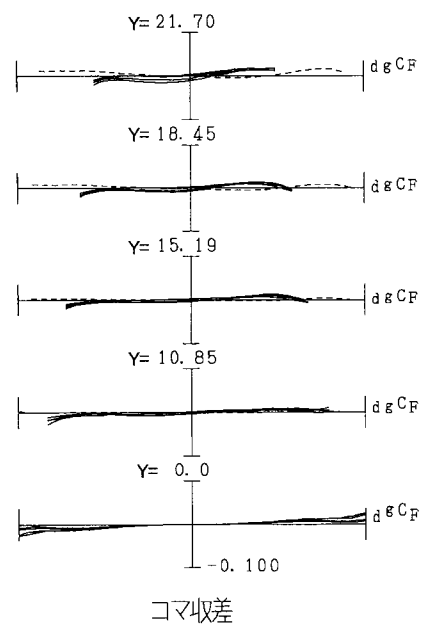
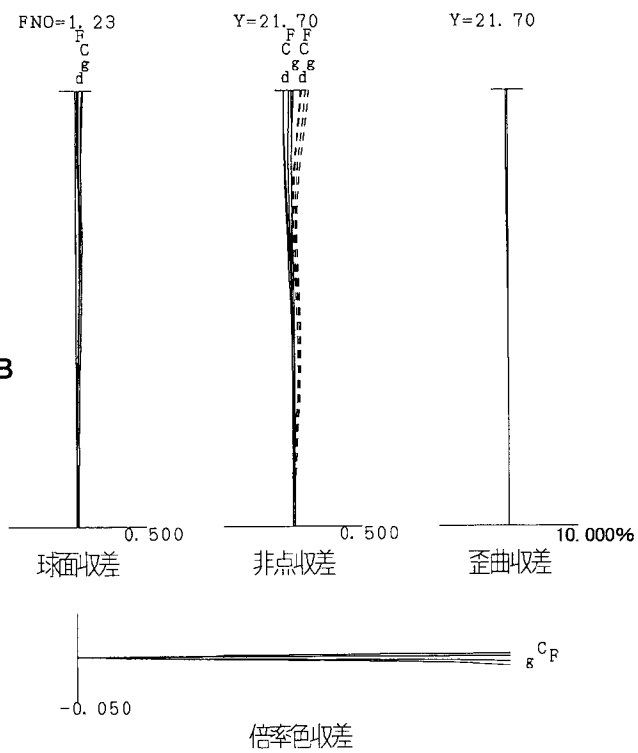
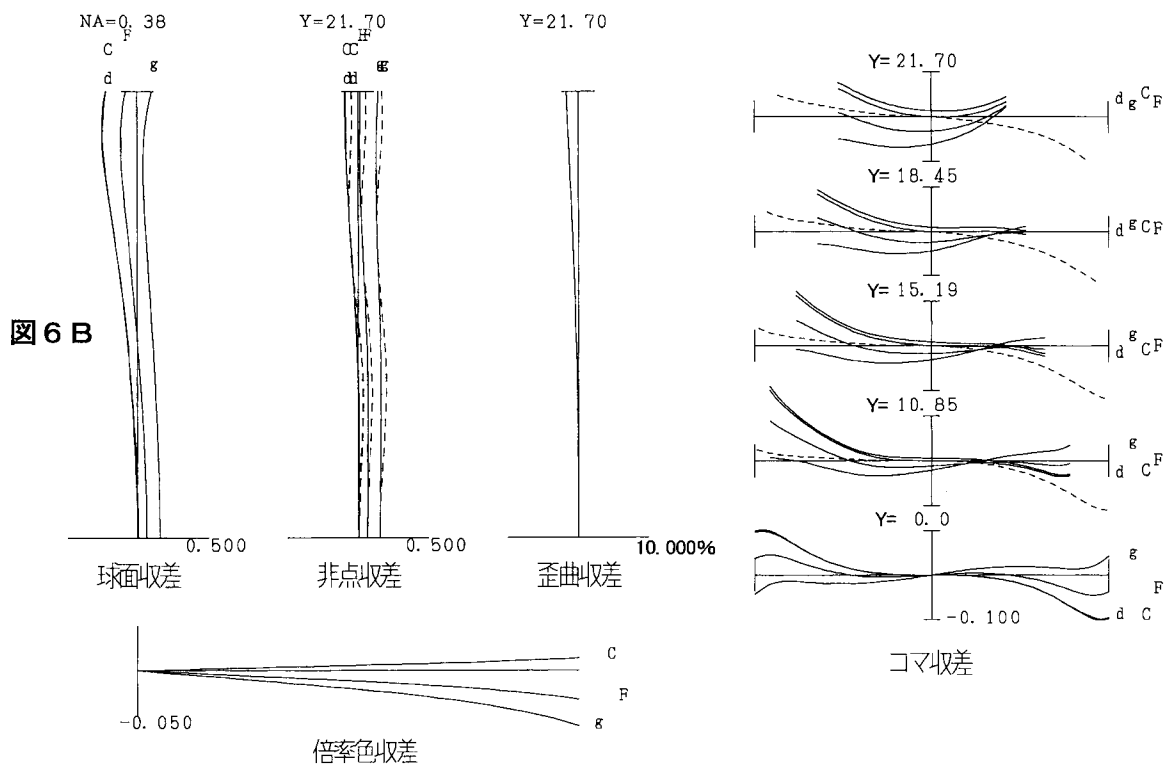
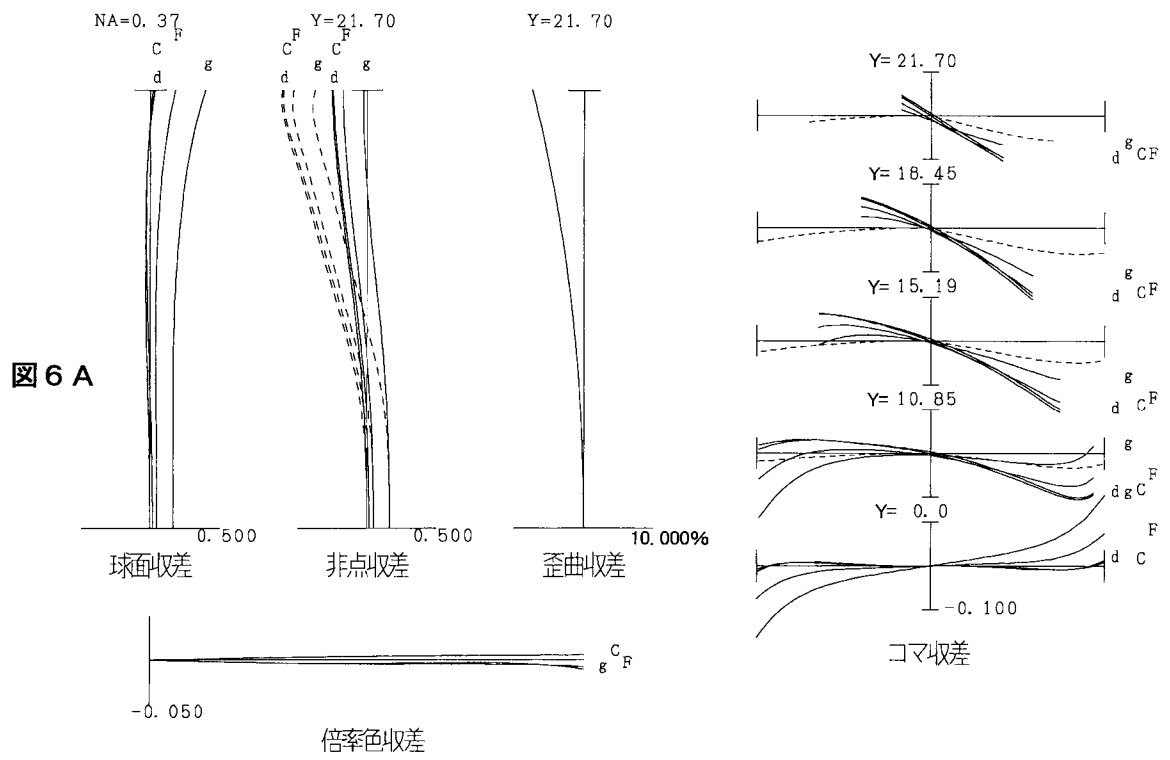


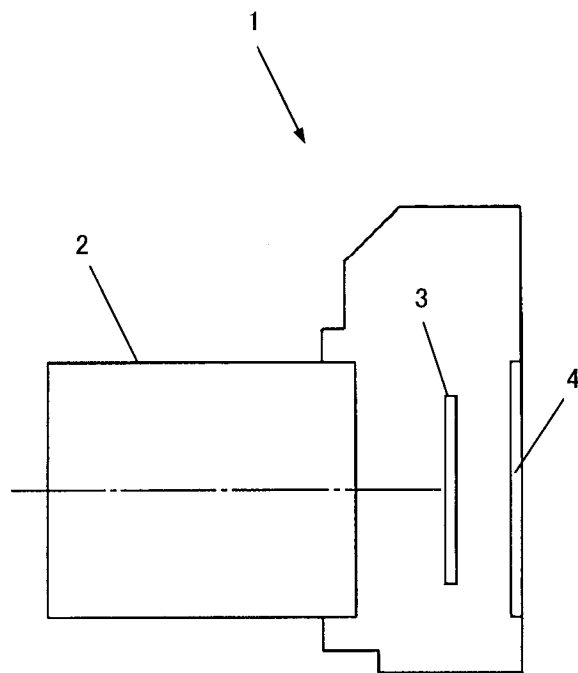
図 5 B



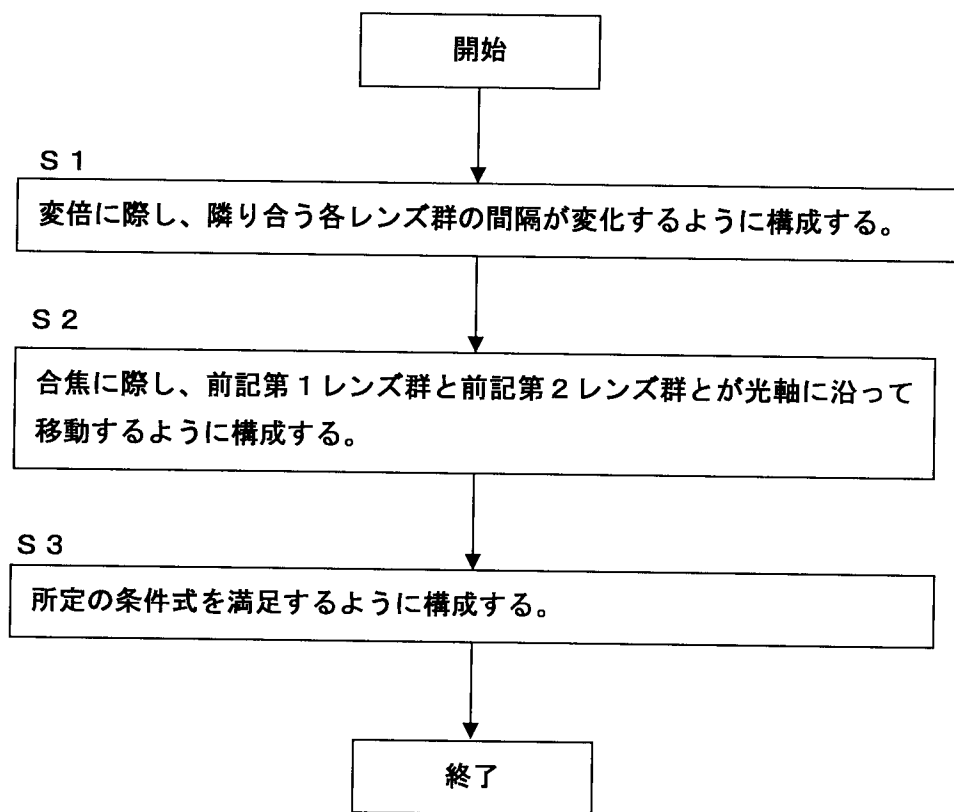
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/002742

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B15/20 (2006.01) i, G02B13/18 (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)

Int. Cl. G02B15/20, G02B13/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2005-181774 A (FUJINON CORP.) 07 July 2005, examples 3, 4 & US 2005/0134969 A1, embodiments 3, 4 & TW 200632363 A	1, 4, 6, 7, 9, 11-14, 16, 20, 21 2, 3, 5, 8, 10, 15, 17-19
X A	JP 2005-301031 A (FUJINON CORP.) 27 October 2005, examples 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 (Family: none)	1, 4, 9, 11-14, 16, 20, 21 2, 3, 5-8, 10, 15, 17-19
X A	JP 2006-276445 A (PENTAX CORP.) 12 October 2006, examples 1-3 & US 2006/0221463 A1, embodiments 1-3 & KR 10-2006-0105512 A & CN 1841111 A & TW 200639424 A	1, 3, 4, 9, 11-16, 20, 21 2, 5-8, 10, 17-19



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
10.04.2019

Date of mailing of the international search report
23.04.2019

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/JP2019/002742

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 2007-193140 A (FUJINON CORP.) 02 August 2007, examples 1-5 & US 2007/0171544 A1, examples 1-5 & EP 1811326 A2 & EP 1944641 A2 & KR 10-2007-0077099 A & CN 101004475 A & AT 461467 T & TW 200730911 A	1, 4, 9, 12-14, 16, 20, 21 2, 3, 5-8, 10, 11, 15, 17-19
X A	JP 10-293253 A (FUJI PHOTO OPTICAL CO., LTD.) 04 November 1998, examples 1, 2 & US 5909318 A, embodiments 1, 2	2-4, 6, 7, 11-14, 16-20 1, 5, 8-10, 15, 21
X A	JP 11-23967 A (NIKON CORP.) 29 January 1999, examples 2, 4 & US 6124984 A, embodiments 4, 6	2, 4, 5, 7, 9, 12-20 1, 3, 8, 10, 11, 21
X A	JP 11-133302 A (CANON INC.) 21 May 1999, examples 1-4 & US 6542301 B1, numerical examples 1-4 & EP 913718 A2	2, 4-8, 10-20 1, 3, 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/002742

Claims 1 and 2 set forth "comprising, in the stated order from the object side, a first lens group having a negative refractive power, a second lens group having a positive refractive power, and a third lens group...." Claims 1 and 2 are thus considered to encompass a variable-power optical system in which another lens group has been added to a variable-power optical system constituted of a first lens group of negative refractive power, a second lens group of positive refractive power, and a third lens group of positive refractive power, or a variable-power optical system including a third lens group of other refractive power. The description, meanwhile, discloses a variable-power optical system constituted of a first lens group of negative refractive power, a second lens group of positive refractive power, and a third lens group of positive refractive power as the only specific example. Thus, the inventions in claims 1 and 2 of the present application, which also encompass a variable-power optical system in which another lens group has been added or a variable-power optical system which comprises a third lens group of other refractive power, exceeds the scope that is disclosed in the description, and fails to meet the requirement pertaining to support stipulated in PCT Article 6. A similar problem also arises for other claims that cite claims 1 and 2, and for claim 21.

Accordingly, a meaningful search could not be conducted for an optical system other than a variable-power optical system of a three-group configuration constituted of a first lens group of a negative refractive power, a second lens group of a positive refractive power, and a third lens group of a positive refractive power, and therefore no such search was 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, G02B13/18(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, G02B13/18

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2005-181774 A（フジノン株式会社）2005.07.07, 実施例 3, 4 & US 2005/0134969 A1, Embodiments 3, 4 & TW 200632363 A	1, 4, 6, 7, 9, 11-14, 16, 20, 21 2, 3, 5, 8, 10, 15, 17-19
X A	JP 2005-301031 A（フジノン株式会社）2005.10.27, 実施例 1-1, 1-2, 1-3, 1-4（ファミリーなし）	1, 4, 9, 11-14, 16, 20, 21 2, 3, 5-8, 10, 15, 17-19

☒ 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

10.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

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 A	JP 2006-276445 A (ペンタックス株式会社) 2006. 10. 12, 実施例 1-3 & US 2006/0221463 A1, Embodiments 1-3 & KR 10-2006-0105512 A & CN 1841111 A & TW 200639424 A	1, 3, 4, 9, 11-16, 20, 21 2, 5-8, 10, 17-19
X A	JP 2007-193140 A (フジノン株式会社) 2007. 08. 02, 実施例 1-5 & US 2007/0171544 A1, EXAMPLES 1-5 & EP 1811326 A2 & EP 1944641 A2 & KR 10-2007-0077099 A & CN 101004475 A & AT 461467 T & TW 200730911 A	1, 4, 9, 12-14, 16, 20, 21 2, 3, 5-8, 10, 11, 15, 17-19
X A	JP 10-293253 A (富士写真光機株式会社) 1998. 11. 04, 実施例 1, 2 & US 5909318 A, Embodiments 1, 2	2-4, 6, 7, 11-14, 16-20 1, 5, 8-10, 15, 21
X A	JP 11-23967 A (株式会社ニコン) 1999. 01. 29, 実施例 2, 4 & US 6124984 A, Embodiments 4, 6	2, 4, 5, 7, 9, 12-20 1, 3, 8, 10, 11, 21
X A	JP 11-133302 A (キヤノン株式会社) 1999. 05. 21, 実施例 1-4 & US 6542301 B1, Numerical Examples 1-4 & EP 913718 A2	2, 4-8, 10-20 1, 3, 21

請求項 1 及び 2 には「物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正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、・・・」と記載され、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群から構成される変倍光学系に、他のレンズ群を加えた、或いは、他の屈折力の第 3 レンズ群を有する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、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群から構成される変倍光学系が記載されているのみである。そうすると、他のレンズ群を加えた、或いは、他の屈折力の第 3 レンズ群を有する変倍光学系をも含む本願請求項 1、2 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。また、請求項 1、2 を引用する他の請求項、請求項 21 についても同様の問題が発生している。

よって、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群から構成される 3 群構成の変倍光学系以外の光学系については、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。