

(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 12 月 8 日(08.12.2016)



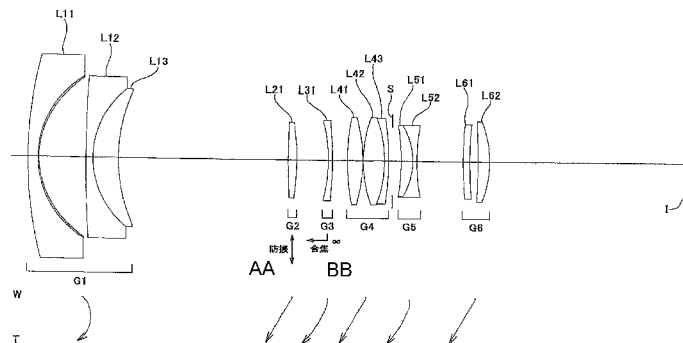
(10) 国際公開番号
WO 2016/194775 A1

- (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/JP2016/065604
- (22) 国際出願日: 2016 年 5 月 26 日(26.05.2016)
- (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 2015-110080 2015 年 5 月 29 日(29.05.2015) 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 1 5 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 上原 健(UEHARA, Takeru); 〒1086290 東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 鈴木 剛司(SUZUKI, Takeshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 町田 幸介(MACHIDA, Kosuke); 〒1086290 東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 義雄, 外(INOUE, Yoshio et al.); 〒1030027 東京都中央区日本橋 2 丁目 1 0 番 5 号 第 2 S K ビル 5 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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),

[続葉有]

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



AA Vibration-proofing
BB Focusing

(57) Abstract: The present invention is configured by lens components including, in order from the object side; a first lens group G1 having a negative refractive power; a second lens group G2 having a positive refractive power; a third lens group G3 having a negative refractive power; and a rear group including at least one lens group and having a positive refractive power as a whole, wherein, when a magnification is varied, an air interval between the adjacent lens groups changes such that the first lens group G1 has a negative refractive power. Thus, a variable magnification optical system and an optical device having excellent optical performance, and a manufacturing method for the variable magnification optical system are 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 G1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、少なくとも 1 つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなり、変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化し、第 1 レンズ群 G1 が負の屈折力を有するレンズ成分からなる。これにより、良好な光学性能を備えた変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法を提供する。



WO 2016/194775 A1

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))

明 細 書

発明の名称：変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した変倍光学系が提案されている。例えば、特開 2014-32358 号公報を参照。しかしながら、特許文献 1 のような変倍光学系は、光学性能が不十分であるという問題があった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2014-32358 号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第 1 の形態は、

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、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、少なくとも 1 つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなり、

変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化し、

前記第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる変倍光学系を提供する。

[0005] また本発明の第 2 の形態は、

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、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、少なくとも 1 つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなる変倍光学系の製造方法であって、

変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化するようにし、

前記第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなるようにする変

倍光学系の製造方法を提供する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図2] A、B及び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]第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図4] A、B及び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5]第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図6] A、B及び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7]第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図8] A、B及び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9]第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図10] A、B及びCはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図11]第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図12] A、B及びCはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図13]第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図14] A、B及びCはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態

、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図15]第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図16]A、B及びCはそれぞれ、第8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17]第9実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図18]A、B及びCはそれぞれ、第9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19]第10実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図20]A、B及びCはそれぞれ、第10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21]第11実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図22]A、B及びCはそれぞれ、第11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23]第12実施例に係る変倍光学系の広角端状態の断面図である。

[図24]A、B及びCはそれぞれ、第12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25]変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図26]変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、本実施形態の変倍光学系、光学装置及び変倍光学系の製造方法について説明する。

本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

レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、少なくとも1つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなり、変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化し、前記第1レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる。

[0008] 上記のように本実施形態の変倍光学系は、第1レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる。この構成により、倍率色収差を良好に補正することができる。なお、倍率色収差をより良好に補正するために、負の屈折力を有するレンズ成分の少なくとも1面に非球面を形成することがより好ましい。また、製造性を考慮すると、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ成分の像側面に非球面を形成することがより好ましい。また、第1レンズ群に正レンズ成分を配置する必要がないので、レンズ枚数を削減することができる。また、第1レンズ群の最も物体側に大径の正レンズ成分を配置する必要もないので、第1レンズ群の最も物体側に配置されるレンズの径を小さくすることができ、本実施形態の変倍光学系の小型軽量化を達成することができる。なお、本明細書においてレンズ成分とは単レンズ又は接合レンズをいう。

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。

[0009] また本実施形態の変倍光学系は、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの負レンズと、少なくとも1つの正レンズとを有し、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 0.68 < (-f_n) / f_p < 1.00$$

ただし、

f_n : 前記第1レンズ群に含まれる負レンズのうち、最も像側に配置された負レンズの焦点距離

f_p : 前記第1レンズ群に含まれる正レンズのうち、最も像側に配置された正レンズの焦点距離

[0010] 条件式(1)は第1レンズ群中の最も像側の負レンズの焦点距離に対する

第1レンズ群中の最も像側の正レンズの焦点距離を規定するものである。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、小型化を図りながら倍率色収差、像面湾曲及び望遠端状態における球面収差を良好に補正することができる。本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群中の最も像側の負レンズの焦点距離が小さくなるとともに第1レンズ群中の最も像側の正レンズの焦点距離が大きくなる。これにより、倍率色収差や望遠端状態における球面収差を補正することが困難になってしまう。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を0.70とすることが好ましい。一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群中の最も像側の負レンズの焦点距離が大きくなるとともに第1レンズ群中の最も像側の正レンズの焦点距離が小さくなる。これにより、本実施形態の変倍光学系の全長が大きくなり、像面湾曲を補正することが困難になってしまう。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を0.90とすることが好ましい。

[0011] 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。

$$(2) \quad 1.00 < f_{G1} / f_1 < 3.00$$

ただし、

f_{G1} : 前記第1レンズ群中の最も物体側のレンズ成分の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[0012] 条件式(2)は、第1レンズ群中の最も物体側のレンズ成分の屈折力を規定するものである。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、小型化を図りながら像面湾曲や望遠端状態における球面収差を良好に補正することができる。本実施形態の変倍光学系の条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群中の最も物体側のレンズ成分の焦点距離が小さくなるとともに第1レンズ群の焦点距離が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差を補正することが困難になってしまう。なお

、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（２）の下限値を１．２０とすることが好ましい。一方、本実施形態の変倍光学系の条件式（２）の対応値が上限値を上回ると、第１レンズ群中の最も物体側のレンズ成分の焦点距離が大きくなるとともに第１レンズ群の焦点距離が小さくなる。これにより、本実施形態の変倍光学系の全長が大きくなり、像面湾曲を補正することが困難になってしまう。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を２．００とすることが好ましい。

[0013] 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。

$$(3) \quad 0.60 < f_2 / (-f_3) < 2.00$$

ただし、

f_2 ：前記第２レンズ群の焦点距離

f_3 ：前記第３レンズ群の焦点距離

[0014] 条件式（３）は第２レンズ群の焦点距離に対する第３レンズ群の焦点距離を規定するものである。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、第１～第３レンズ群の径の小型化を図りながら望遠端状態における球面収差や広角端状態における像面湾曲を良好に補正することができる。本実施形態の変倍光学系の条件式（３）の対応値が下限値を下回ると、第２レンズ群の焦点距離が小さくなるとともに第３レンズ群の焦点距離が大きくなる。これにより、望遠端状態において球面収差を補正することが困難になってしまう。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（３）の下限値を０．７０とすることが好ましい。一方、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、第２レンズ群の焦点距離が大きくなるとともに第３レンズ群の焦点距離が小さくなる。これにより、第１～第３レンズ群の径が大きくなる。また、広角端状態において像面湾曲を補正することが困難になってしまう。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を１．９０とすることが好ましい。

[0015] また本実施形態の変倍光学系は、前記第１レンズ群が２つ又は３つのレン

ズ成分からなることが望ましい。この構成により、諸収差、特に球面収差、像面湾曲及び歪曲収差の補正と、本実施形態の変倍光学系の小型化とを両立することができる。

また本実施形態の変倍光学系は、前記第1レンズ群が少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズとを有しかつ全体で負の屈折力を有するレンズ成分を有することが好ましい。この構成により、諸収差、特に球面収差、像面湾曲及び歪曲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、前記第1レンズ群は、負の屈折力を有する第1レンズ成分と、負の屈折力を有する第2レンズ成分とからなることが望ましい。この構成により、レンズ枚数を少なくしつつ、所定の変倍比を確保することができる。また、広角端状態における像面湾曲や望遠端状態における球面収差を効果的に補正することができる。

[0017] また本実施形態の変倍光学系は、前記第1レンズ群は、負の屈折力を有する第1レンズ成分と、負の屈折力を有する第2レンズ成分とを有し、前記第2レンズ成分は、負レンズと正レンズとの接合レンズからなることが望ましい。

また本実施形態の変倍光学系は、前記第1レンズ群は、負の屈折力を有する第1レンズ成分と、負の屈折力を有する第2レンズ成分とを有し、前記第1レンズ成分は、ガラスレンズの像側面に樹脂材料により非球面を形成されていることが望ましい。

また本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$1. \quad 0.0 < f_N / f_1 < 3.00$$

ただし、

f_N : 前記第1レンズ群に含まれる負レンズ成分のうち、最も負の屈折力が大きなレンズ成分の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

また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、負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 レンズ群とからなることが望ましい。

また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、負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、第5 レンズ群とからなることが望ましい。

また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、負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、負の屈折力を有する第5 レンズ群と、正の屈折力を有する第6 レンズ群とからなることが望ましい。

また本実施形態の変倍光学系は、前記後群に含まれるレンズ群は3 以上であり、変倍時に、前記後群に含まれかつ隣り合うレンズ群同士の空気間隔が変化し、変倍時に、前記後群に含まれかつ隣り合わないレンズ群同士の空気間隔の少なくとも1 つが変化しないことが望ましい。つまり、前記後群に含まれかつ隣り合わないレンズ群同士であって、変倍時に一体で移動するレンズ群同士を有することが望ましい。

また本実施形態の変倍光学系は、前記第2 レンズ群中の少なくとも1 つのレンズ成分が光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動することが望ましい。この構成により、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る。また、変倍時に像面湾曲の変動を効果的かつ効率的に補正することができる。

[0018] また、本実施形態の変倍光学系は、前記後群が2 つ以上のレンズ群を含むことが望ましい。この構成により、所望の変倍比を容易に確保することができる。

[0019] また本実施形態の変倍光学系は、前記第1 レンズ群と最も像側のレンズ群の少なくとも一方が非球面を備えることが望ましい。この構成により、コマ

収差を補正することができる。

[0020] また本実施形態の変倍光学系は、前記第1レンズ群中のレンズ成分が非球面を備えることが望ましい。この構成により、広角端状態における像面湾曲や望遠端状態における球面収差をより効率的に補正することができる。特に、本実施形態の変倍光学系は、第1レンズ群中の最も物体側のレンズの像側のレンズ面を非球面とすることが望ましい。この構成により、歪曲収差を補正し、低コストや小型化を図ることができる。第1レンズ群中の最も物体側のレンズは、負メニスカスレンズであることが望ましい。この構成により、前玉径（最も物体側のレンズ面の径）を小さくすることができる。

[0021] また本実施形態の変倍光学系は、第1レンズ群が接合レンズを有することが望ましい。この構成により、広角端状態において各波長のコマ収差を効果的に補正することができる。また、当該接合レンズは全体として物体側に凸面を向けたメニスカス形状又は両凹形状であることが望ましい。当該接合レンズは物体側から順に負レンズと正レンズとからなることが望ましい。当該接合レンズ中の負レンズはメニスカス形状であることが望ましい。当該接合レンズ中の正レンズはメニスカス形状であることが望ましい。これらの条件を当該接合レンズがより多く満足するほど、当該接合レンズでの収差の発生が少なくなり、また高い取り付け精度が必要ないため製造上の無駄がない。

[0022] また本実施形態の変倍光学系は、前記第4レンズ群が単レンズと接合レンズとを有することが望ましい。この構成により、球面収差や軸上色収差を補正することができる。

[0023] また本実施形態の変倍光学系は、最も像側のレンズ群中にプラスチックレンズを備えることが好ましい。これにより、低コスト化を図ることができる。また、プラスチックレンズには非球面をコストアップすることなく設けることができ、これによってコマ収差を良好に補正することができる。なお、本実施形態の変倍光学系を交換レンズとした場合、最も像側のレンズは使用者が簡単に触れることができるため、プラスチックレンズに比して耐久性の高いガラスレンズにすることが望ましい。

[0024] 本実施形態の光学装置は、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。

[0025] 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、負の屈折力を有する第3レンズ群と、少なくとも1つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなる変倍光学系の製造方法であって、変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化するようにし、前記第1レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなるようにする。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。

[0026] 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1は本実施形態の第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3、図5、図7、図9、図11、図13、図15、図17、図19、図21及び図23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。

[0027] 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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。なお、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間には、開口絞りSが配置されている。

[0028] 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、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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズ

L 1 1 の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G 2は、両凸形状の正レンズL 2 1からなる。

第3レンズ群G 3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ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、両凸形状の正レンズL 4 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 5 1と両凹形状の負レンズL 5 2との接合レンズからなる。

第6レンズ群G 6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L 6 1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 6 2とからなる。なお、正メニスカスレンズL 6 1はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0029] 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、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との空気間隔、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との空気間隔、及び第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との空気間隔が変化するように、第1～第6レンズ群G 1～G 6が光軸に沿って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4、第6レンズ群G 2、G 4、G 6は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第4レンズ群G 4と一体的に移動する。

[0030] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G 2を光軸に対して垂直な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。

[0031] 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即ち最も像側のレンズ面と像面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、 νd 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。物面は物体面、可変は可変の面間隔、絞り S は開口絞り S 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。非球面は面番号に「*」を付して曲率半径 r の欄に近軸曲率半径の値を示している。

[0032] 〔非球面データ〕には、〔面データ〕に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を示す。

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

ここで、 h を光軸に垂直な方向の高さ、 x を高さ h における非球面の頂点の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離（サグ量）、 κ を円錐定数、 $A4$ 、 $A6$ 、 $A8$ を非球面係数、 r を基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）とする。なお、「 $E-n$ 」（ n は整数）は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「 $1.23456E-07$ 」は「 1.23456×10^{-7} 」を示す。2次の非球面係数 $A2$ は0であり、記載を省略している。

[0033] 〔各種データ〕において、 FNO は F ナンバー、 2ω は画角（単位は「°」）、 Y は像高、 TL は本実施例に係る変倍光学系の全長即ち第1面から像面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、 GRf は後群の焦点距離をそれぞれ示す。なお、 W は広角端状態、 M は中間焦点距離状態、 T は望遠端状態をそれぞれ示す。

〔レンズ群データ〕には、各レンズ群の始面と焦点距離を示す。

〔条件式対応値〕には、本実施例に係る変倍光学系の各条件式の対応値を示す。

[0034] 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。

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。

[0035] (表 1) 第 1 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	80.72	2.00	1.58913	61.22
2	18.88	0.17	1.56093	36.64
*3	17.05	9.35	1.00000	
4	240.48	1.40	1.62299	58.12
5	17.63	5.00	1.84666	23.80
6	32.74	可変	1.00000	
7	164.19	1.65	1.48749	70.31
8	-48.23	可変	1.00000	
9	-30.49	0.80	1.77250	49.62
10	-87.64	可変	1.00000	
11	46.43	3.05	1.48749	70.31
12	-31.99	0.10	1.00000	
13	25.50	4.20	1.48749	70.31
14	-25.50	0.80	1.84666	23.80
15	-60.79	0.75	1.00000	
16(絞り S)	∞	可変	1.00000	
17	-43.88	2.27	1.75520	27.57
18	-13.90	0.80	1.70154	41.02
19	38.98	可変	1.00000	
20	81.93	1.30	1.52444	56.21
*21	91.62	1.60	1.00000	

22 -179.92 2.30 1.51680 63.88

23 -21.95 B f 1.00000

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.43618E-05	3.23919E-08	-6.25295E-11	2.95784E-13
21	0.0000	2.43150E-05	-6.35221E-09	2.24760E-10	-3.95108E-12

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.64	4.62	5.88
2 ω	80.60	45.84	30.70
T L	134.86	128.74	136.72
Y	14.25	14.25	14.25
d6	33.51	11.32	3.41
d8	6.23	7.18	7.40
d10	2.96	2.00	1.78
d16	1.70	5.67	9.57
d19	9.07	5.10	1.20
B f	43.85	59.92	75.82
G R f	33.22	30.68	27.82

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-24.58
2	7	76.67
3	9	-60.89
4	11	22.86

5 17 -31.47

6 20 46.90

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7813$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.5$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.2591$$

[0036] 図2A、図2B及び図2Cはそれぞれ、本実施形態の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[0037] 各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。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。

[0038] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0039] （第2実施例）

図3は本実施形態の第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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6

と、正の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。なお、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間には、開口絞りSが配置されている。

[0040] 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、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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL21からなる。

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第5レンズ群G5は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51からなる。

第6レンズ群G6は、両凹形状の負レンズL61からなる。

第7レンズ群G7は、物体側から順に、正レンズL71と、両凸形状の正レンズL72とからなる。なお、正レンズL71はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0041] 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、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との空気間隔、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との空気間隔、及び第6レンズ群G6と第7レンズ群G7との空気間隔が変化するように、第1～第7レンズ群G1～G7が光軸に沿って移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第4レンズ群G4と一体的に移動する。

[0042] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2を光軸に対して垂直な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。

[0043] (表2) 第2実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	200.00	2.00	1.58913	61.22
2	19.96	0.17	1.56093	36.64
*3	16.93	9.32	1.00000	
4	98.10	1.40	1.62299	58.12
5	21.99	4.89	1.84666	23.80
6	43.70	可変	1.00000	
7	1523.20	1.62	1.48749	70.31
8	-39.11	可変	1.00000	
9	-27.04	0.80	1.77250	49.62
10	-93.01	可変	1.00000	
11	45.46	2.73	1.60311	60.69
12	-51.42	0.10	1.00000	
13	26.47	4.21	1.48749	70.31
14	-25.23	0.80	1.80518	25.45
15	-74.49	0.80	1.00000	
16(絞りS)	∞	可変	1.00000	
17	-68.89	1.63	1.80518	25.45
18	-28.29	可変	1.00000	
19	-30.06	0.80	1.74400	44.81

20	42.20	可変	1.00000	
21	100.00	1.30	1.52444	56.21
*22	100.00	1.42	1.00000	
23	1520.63	2.32	1.48749	70.31
24	-24.28	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	9.23892E-06	9.19334E-09	6.82199E-12	1.52803E-15
22	0.0000	2.63777E-05	6.32291E-08	-1.38338E-09	1.18222E-11

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.63	4.60	5.88
2 ω	80.59	45.94	30.87
T L	134.92	129.26	136.72
Y	14.25	14.25	14.25
d6	36.76	10.71	3.40
d8	5.58	9.28	6.84
d10	3.44	2.67	1.78
d16	1.70	4.21	6.63
d18	1.00	1.22	1.40
d20	7.32	3.98	1.21
B f	42.82	60.88	79.17
G R f	30.80	29.03	27.46

[レンズ群データ]

群 始面 f

1	1	-27.90
2	7	78.25
3	9	-49.63
4	11	24.38
5	17	58.58
6	19	-23.49
7	21	49.21

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.6707$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.1$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.5768$$

[0044] 図4A、図4B及び図4Cはそれぞれ、本実施形態の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[0045] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0046] (第3実施例)

図5は本実施形態の第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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。

[0047] 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、両凹形状の負レンズL12と物体側に凸面を向けた正メ

ニスカスレンズL 1 3との接合レンズとからなる。なお、負メニスカスレンズL 1 1はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL 1 1の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G 2は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 2 1からなる。

第3レンズ群G 3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ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、両凸形状の正レンズL 4 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3との接合レンズと、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、両凹形状の負レンズL 4 6とからなる。

第5レンズ群G 5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L 5 1と、両凸形状の正レンズL 5 2とからなる。なお、正メニスカスレンズL 5 1はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0048] 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、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との空気間隔、及び第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との空気間隔が変化するように、第1～第5レンズ群G 1～G 5が光軸に沿って移動する。

[0049] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G 2を光軸に対して垂直な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。

[0050] (表3) 第3実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	200.00	2.00	1.77250	49.62
2	25.76	0.17	1.56093	36.64
*3	22.20	9.67	1.00000	
4	-170.65	1.40	1.60300	65.44
5	34.92	4.88	1.84666	23.80
6	164.87	可変	1.00000	
7	-228.70	1.97	1.48749	70.31
8	-33.44	可変	1.00000	
9	-22.06	0.80	1.77250	49.62
10	-70.40	可変	1.00000	
11	37.95	2.90	1.60311	60.69
12	-59.79	0.10	1.00000	
13	20.00	4.82	1.48749	70.31
14	-22.46	0.80	1.79504	28.69
15	-53.68	0.75	1.00000	
16(絞り S)	∞	1.18	1.00000	
17	-140.06	2.16	1.84666	23.80
18	-18.88	0.80	1.60342	38.03
19	43.49	1.20	1.00000	
20	-46.54	0.80	1.85026	32.35
21	41.66	可変	1.00000	
22	80.00	1.30	1.52444	56.21
*23	100.00	1.05	1.00000	
24	55.99	2.76	1.48749	70.31
25	-23.72	B f	1.00000	
像面	∞			

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.57126E-06	-4.01560E-09	2.48503E-12	7.35013E-15
23	0.0000	5.16993E-05	1.06268E-07	-1.41581E-09	1.12654E-11

[各種データ]

変倍比	2.89		
	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.58	4.60	5.88
2 ω	80.58	46.69	31.19
T L	135.31	126.75	137.82
Y	14.25	14.25	14.25
d6	33.66	10.67	3.13
d8	9.68	7.88	6.52
d10	4.94	2.69	1.50
d21	4.10	2.18	1.20
B f	41.42	61.82	83.95
G R f	28.27	27.20	26.69

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-31.31
2	7	80.09
3	9	-41.90
4	11	41.45
5	22	33.32

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.6592$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.1$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.9114$$

[0051] 図6A、図6B及び図6Cはそれぞれ、本実施形態の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[0052] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0053] (第4実施例)

図7は本実施形態の第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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。なお、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間には、開口絞りSが配置されている。

[0054] 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、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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21からなる。

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43

との接合レンズと、開口絞り S とからなる。

第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 3 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 4 と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 5 とからなる。なお、負メニスカスレンズ L 5 4 はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0055] 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、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔、及び第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との空気間隔が変化するように、第 1 ～第 5 レンズ群 G 1 ～G 5 が光軸に沿って移動する。なお、変倍時に開口絞り S は第 4 レンズ群 G 4 と一体的に移動する。

[0056] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第 2 レンズ群 G 2 を光軸に対して垂直な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。

[0057] (表 4) 第 4 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	91.29	2.00	1.6968	55.52
2	20.16	0.17	1.56093	36.64
*3	17.52	9.38	1.00000	
4	256.60	1.40	1.804	46.6
5	23.16	5.46	1.84666	23.8
6	88.16	可変	1.00000	

7	-559.65	2.04	1.48749	70.31
8	-36.71	可変	1.00000	
9	-21.56	0.80	1.7725	49.62
10	-43.48	可変	1.00000	
11	58.96	3.47	1.60311	60.69
12	-28.12	0.10	1.00000	
13	34.90	4.31	1.58913	61.22
14	-23.25	0.80	1.84666	23.8
15	-58.83	0.75	1.00000	
16(絞り S)	∞	可変	1.00000	
17	-29.21	2.10	1.7552	27.57
18	-14.00	0.80	1.83481	42.73
19	-82.86	2.95	1.00000	
20	67.12	0.80	1.7725	49.62
21	23.28	2.23	1.00000	
22	100.00	1.30	1.52444	56.21
*23	80.00	1.92	1.00000	
24	-56.13	2.45	1.48749	70.31
25	-16.02	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.57126E-06	-4.01560E-09	2.48503E-12	7.35013E-15
23	0.0000	5.16993E-05	1.06268E-07	-1.41581E-09	1.12654E-11

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40

F N O	3.57	4.69	5.88
2 ω	80.58	45.39	30.32
T L	135.32	132.96	136.28
Y	14.25	14.25	14.25
d 6	25.19	5.65	3.26
d 8	7.43	11.44	7.48
d 10	13.11	6.88	1.50
d 21	1.82	3.98	7.60
B f	42.56	59.79	71.24
G R f	32.15	30.54	28.17

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-26.63
2	7	80.49
3	9	-56.24
4	11	19.91
5	17	-66.02

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.8887$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.2$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.4311$$

[0058] 図8A、図8B及び図8Cはそれぞれ、本実施形態の第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[0059] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0060] (第5実施例)

図9は本実施形態の第5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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間には、開口絞りSが配置されている。

後群は、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。

[0061] 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、両凹形状の負レンズ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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、両凸形状の正レンズL24と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

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、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42とからなる。なお、正メニスカスレンズL41はプラスチックレンズであり、正メニスカスレンズL42の像側のレンズ面は非球面である。

[0062] 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との空気間隔が変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿

って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4レンズ群G2、G4は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第2レンズ群G2と一体的に移動する。

[0063] 本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の負メニスカスレンズL22を光軸に沿って物体側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の正レンズL21を光軸に対して垂直な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5に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0064] (表5) 第5実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	70.11	2.00	1.58913	61.22
2	18.88	0.17	1.56093	36.64
*3	17.05	9.35	1.00000	
4	-2481.05	1.40	1.62299	58.12
5	18.03	5.00	1.84666	23.80
6	32.74	可変	1.00000	
7	90.12	1.65	1.48749	70.31
8	-48.23	6.23	1.00000	
9	-30.43	0.80	1.77250	49.62
10	-87.64	2.96	1.00000	
11	43.72	3.05	1.48749	70.31
12	-32.08	0.10	1.00000	
13	25.50	4.20	1.48749	70.31
14	-25.50	0.80	1.84666	23.80

15	-60.79	0.75	1.00000	
16(絞り S)	∞	可変	1.00000	
17	-44.35	2.27	1.75520	27.57
18	-13.14	0.80	1.70154	41.02
19	38.98	可変	1.00000	
20	81.93	1.30	1.52444	56.21
21	91.62	1.60	1.00000	
22	-93.48	2.30	1.51680	63.88
*23	-21.95	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.67499E-05	2.00068E-08	-5.26097E-12	2.70529E-13
23	0.0000	2.72442E-05	8.63364E-08	-1.90704E-09	1.39737E-11

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.65	4.65	5.96
2 ω	80.64	45.85	30.71
T L	132.42	126.38	134.26
Y	14.25	14.25	14.25
d6	33.51	11.32	3.41
d16	1.70	5.67	9.57
d19	9.07	5.10	1.20
B f	41.41	57.56	73.36
G R f	53.25	53.25	53.25

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-23.01
2	7	24.76
3	17	-31.50
4	20	53.25

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7007$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.7$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 0.7860$$

[0065] 図10A、図10B及び図10Cはそれぞれ、本実施形態の第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[0066] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0067] (第6実施例)

図11は本実施形態の第6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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間には、開口絞りSが配置されている。

後群は、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。

[0068] 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、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。な

お、負メニスカスレンズL 1 1はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL 1 1の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と、両凸形状の正レンズL 2 3と、両凸形状の正レンズL 2 4と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5と、開口絞りSとからなる。

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

第4レンズ群G 4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L 4 1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 4 2とからなる。なお、正メニスカスレンズL 4 1はプラスチックレンズであり、正メニスカスレンズL 4 2の像側のレンズ面は非球面である。

[0069] 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が光軸に沿って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4レンズ群G 2、G 4は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第2レンズ群G 2と一体的に移動する。

[0070] 本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G 2中の負メニスカスレンズL 2 2を光軸に沿って物体側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G 2中の正レンズL 2 1を光軸に対して垂直な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6に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0071] (表6) 第6実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	77.10	2.00	1.58913	61.22
2	18.88	0.17	1.56093	36.64
*3	17.05	9.35	1.00000	
4	534.62	1.40	1.62299	58.12
5	18.71	5.00	1.84666	23.80
6	32.74	可変	1.00000	
7	88.62	1.65	1.48749	70.31
8	-48.23	0.00	1.00000	
9	-28.98	0.80	1.77250	49.62
10	-87.64	2.96	1.00000	
11	44.36	3.05	1.48749	70.31
12	-33.31	0.10	1.00000	
13	24.99	4.20	1.49782	82.57
14	-25.35	0.50	1.00000	
15	-24.49	0.80	1.85026	32.35
16	-60.43	0.75	1.00000	
17(絞り S)	∞	可変	1.00000	
18	-55.04	2.27	1.75520	27.57
19	-20.28	0.80	1.70154	41.02
20	38.98	可変	1.00000	
21	81.93	1.30	1.52444	56.21
22	91.62	1.60	1.00000	
23	-84.15	2.30	1.51680	63.88
*24	-21.95	B f	1.00000	
像面	∞			

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.55471E-05	2.80770E-08	-3.49740E-11	2.62530E-13
24	0.0000	2.36026E-05	2.68745E-07	-5.43216E-09	3.82798E-11

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.65	4.60	6.01
2 ω	80.77	45.80	30.69
T L	131.27	125.73	134.21
Y	14.25	14.25	14.25
d6	33.51	11.32	3.41
d17	1.70	5.67	9.57
d20	9.07	5.10	1.20
B f	39.77	56.41	72.81
G R f	54.97	54.97	54.97

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-23.18
2	7	25.27
3	18	-33.97
4	21	54.97

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7030$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.6$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 0.7440$$

[0072] 図12A、図12B及び図12Cはそれぞれ、本実施形態の第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における無

限遠物体合焦時の諸収差図である。

[0073] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0074] (第7実施例)

図13は本実施形態の第7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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間には、開口絞りSが配置されている。

後群は、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。

[0075] 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、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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、両凸形状の正レンズL24と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25と、開口絞りSとからなる。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42とからなる。なお、正レンズL41はプラスチックレンズであり、正メニスカスレンズL42の像側のレ

ンズ面は非球面である。

[0076] 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との空気間隔が変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4レンズ群G2、G4は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第2レンズ群G2と一体的に移動する。

[0077] 本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の負メニスカスレンズL22を光軸に沿って物体側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の正レンズL21を光軸に対して垂直な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7に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0078] (表7) 第7実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	71.53	2.00	1.58913	61.22
2	18.88	0.17	1.56093	36.64
*3	17.05	9.35	1.00000	
4	442.27	1.40	1.62299	58.12
5	18.94	5.00	1.84666	23.80
6	32.74	可変	1.00000	
7	58.18	1.65	1.48749	70.31
8	-48.23	0.00	1.00000	
9	-27.12	0.80	1.77250	49.62

10	-87.64	2.96	1.00000	
11	44.86	3.05	1.48749	70.31
12	-35.37	0.10	1.00000	
13	26.42	4.20	1.49782	82.57
14	-24.88	0.50	1.00000	
15	-24.79	0.80	1.85026	32.35
16	-60.43	0.75	1.00000	
17(絞り S)	∞	可変	1.00000	
18	-66.48	2.27	1.75520	27.57
19	-23.38	0.80	1.70154	41.02
20	38.98	可変	1.00000	
21	135.53	1.30	1.52444	56.21
22	-100.00	1.60	1.00000	
23	-34.76	2.30	1.51680	63.88
*24	-21.95	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.58111E-05	3.32055E-08	-6.52732E-11	3.07200E-13
24	0.0000	2.92777E-05	-5.70229E-08	5.23833E-09	-5.90093E-11

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.61	4.46	5.83
2 ω	80.59	45.84	30.70
T L	128.48	123.03	131.75
Y	14.25	14.25	14.25

d 6	33.51	11.32	3.41
d 17	1.70	5.67	9.57
d 20	9.07	5.10	1.20
B f	36.97	53.72	70.34
G R f	56.12	56.12	56.12

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-23.66
2	7	25.83
3	18	-36.53
4	21	56.12

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.6989$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.6$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 0.7070$$

[0079] 図14A、図14B及び図14Cはそれぞれ、本実施形態の第7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。

[0080] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0081] (第8実施例)

図15は本実施形態の第8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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間には、開口絞りSが配置さ

れている。

後群は、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。

[0082] 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、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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、両凸形状の正レンズL24と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

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、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42とからなる。なお、正メニスカスレンズL41はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0083] 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との空気間隔が変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4レンズ群G2、G4は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第2レンズ群G2と一体的に移動する。

[0084] 本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の負メニスカスレンズL22を光軸に沿って物体側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の正レンズL21を光軸に対して垂直な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8に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0085] (表8) 第8実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	56.54	2.00	1.58913	61.22
2	18.89	0.17	1.56093	36.64
*3	17.07	9.80	1.00000	
4	4680.27	1.40	1.62299	58.12
5	17.59	5.00	1.84666	23.80
6	32.17	可変	1.00000	
7	314.41	1.65	1.48749	70.31
8	-43.40	6.28	1.00000	
9	-33.68	0.80	1.77250	49.62
10	-108.08	3.13	1.00000	
11	41.57	3.05	1.48749	70.31
12	-34.99	0.10	1.00000	
13	25.27	4.20	1.48749	70.31
14	-26.52	0.80	1.84666	23.80
15	-67.76	0.75	1.00000	
16(絞りS)	∞	可変	1.00000	
17	-45.11	2.27	1.75520	27.57
18	-14.01	0.80	1.70154	41.02
19	39.30	可変	1.00000	
20	121.72	1.30	1.53110	55.91

*21	199.72	1.60	1.00000	
22	-110.04	2.30	1.51680	63.88
23	-21.37	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.62830E-05	4.23083E-08	-1.01669E-10	4.96506E-13
21	0.0000	2.44938E-05	4.06380E-08	-6.00632E-10	2.19027E-12

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.63	4.61	5.88
2 ω	80.56	45.83	30.69
T L	136.02	128.87	136.72
Y	14.25	14.25	14.25
d6	34.08	10.90	2.85
d16	1.61	5.51	9.36
d19	9.05	5.14	1.29
B f	43.89	59.91	75.81
G R f	47.21	47.21	47.21

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-24.60
2	7	26.10
3	17	-32.08
4	20	47.21

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7156$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.7$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 0.8136$$

[0086] 図16A、図16B及び図16Cはそれぞれ、本実施形態の第8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。

[0087] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0088] (第9実施例)

図17は本実施形態の第9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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間には、開口絞りSが配置されている。

後群は、正の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。

[0089] 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、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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

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、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、両凸形状の正レンズL24と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

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、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42とからなる。なお、正メニスカスレンズL41はプラスチックレンズであり、正メニスカスレンズL42の像側のレンズ面は非球面である。

[0090] 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との空気間隔が変化するように、第1～第4レンズ群G1～G4が光軸に沿って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4レンズ群G2、G4は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第2レンズ群G2と一体的に移動する。

[0091] 本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の負メニスカスレンズL22を光軸に沿って物体側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2中の正レンズL21を光軸に対して垂直な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9に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0092] (表9) 第9実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	76.10	1.30	1.51680	63.88
2	19.00	0.15	1.56093	36.64
*3	17.00	10.80	1.00000	
4	352.67	1.20	1.63854	55.34

5	18.36	5.00	1.84666	23.80
6	33.84	可変	1.00000	
7	120.63	1.70	1.48749	70.31
8	-59.23	0.00	1.00000	
9	-35.23	0.79	1.77250	49.62
10	-98.25	1.50	1.00000	
11	136.12	2.80	1.48749	70.31
12	-27.24	0.10	1.00000	
13	19.98	4.00	1.48749	70.31
14	-36.18	0.80	1.84666	23.80
15	-160.37	0.75	1.00000	
16(絞り S)	∞	可変	1.00000	
17	-46.91	2.10	1.75520	27.57
18	-15.49	0.75	1.70154	41.02
19	40.10	可変	1.00000	
20	85.01	1.37	1.52444	56.21
21	100.01	1.71	1.00000	
22	-176.72	2.30	1.51680	63.88
*23	-21.86	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.50225E-05	4.72449E-08	-1.16195E-10	4.13814E-13
23	0.0000	2.50198E-05	-1.55055E-08	3.95374E-10	-4.11533E-12

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40

F N O	3.52	4.55	5.88
2 ω	80.58	45.86	30.70
T L	136.43	128.85	136.58
Y	14.25	14.25	14.25
d 6	35.48	11.33	2.99
d 16	1.70	5.32	9.14
d 19	8.68	5.06	1.24
B f	43.45	60.02	76.10
G R f	46.32	46.32	46.32

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-25.51
2	7	27.03
3	17	-32.79
4	20	46.32

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7355$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.7$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 0.8245$$

[0093] 図18A、図18B及び図18Cはそれぞれ、本実施形態の第9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。

[0094] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0095] (第10実施例)

図19は本実施形態の第10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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。なお、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間には、開口絞りSが配置されている。

[0096] 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、両凹形状の負レンズ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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL21からなる。

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31からなる。

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

第5レンズ群G5は、物体側から順に、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L51と両凹形状の負レンズL52との接合レンズからなる。

第6レンズ群G6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L61と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL62とからなる。なお、負メニスカスレンズL61はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0097] 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、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との

空気間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との空気間隔、及び第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との空気間隔が変化するように、第1～第6レンズ群G1～G6が光軸に沿って移動する。詳しくは、変倍時に第2、第4、第6レンズ群G2、G4、G6は一体的に移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第5レンズ群G5と一体的に移動する。

[0098] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2を光軸に対して垂直な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10に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0099] (表10) 第10実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	58.61	1.30	1.51680	63.88
2	18.70	0.15	1.56093	36.64
*3	16.70	12.36	1.00000	
4	-539.76	1.20	1.63854	55.34
5	21.43	5.00	1.84666	23.78
6	43.93	可変	1.00000	
7	76.20	1.70	1.48749	70.31
8	-74.28	可変	1.00000	
9	-33.55	0.79	1.77250	49.62
10	-126.41	可変	1.00000	
11	49.80	3.33	1.48749	70.31
12	-30.52	0.10	1.00000	
13	23.62	3.51	1.48749	70.31
14	-29.49	0.80	1.84666	23.80

15	-75.25	可変	1.00000	
16(絞り S)	∞	1.50	1.00000	
17	-51.95	2.42	1.75520	27.57
18	-15.57	0.90	1.70154	41.02
19	45.98	可変	1.00000	
20	96.48	1.37	1.52444	56.21
*21	88.50	1.50	1.00000	
22	-58.97	2.38	1.51680	63.88
23	-21.70	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.72915E-05	4.86464E-08	-1.24525E-10	4.71298E-13
21	0.0000	3.10082E-05	1.62502E-09	-1.14900E-10	1.87133E-13

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.64	4.70	5.84
2 ω	80.61	45.83	30.72
T L	135.29	129.95	136.93
Y	14.25	14.25	14.25
d6	35.50	13.00	3.00
d8	6.10	9.67	10.06
d10	5.11	1.55	1.15
d15	0.95	3.60	6.50
d19	6.85	4.20	1.30
B f	40.47	57.64	74.61

G R f 31.76 29.91 27.89

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-27.41
2	7	77.45
3	9	-59.34
4	11	22.44
5	17	-37.49
6	20	67.25

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7192$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.6$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.3051$$

[0100] 図20A、図20B及び図20Cはそれぞれ、本実施形態の第10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。

[0101] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0102] (第11実施例)

図21は本実施形態の第11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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。なお、第4

レンズ群G 4と第5レンズ群G 5の間には、開口絞りSが配置されている。

[0103] 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、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との接合レンズとからなる。なお、負メニスカスレンズL 1 1はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL 1 1の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G 2は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 2 1からなる。

第3レンズ群G 3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ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、両凸形状の正レンズL 4 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 5 1と両凹形状の負レンズL 5 2との接合レンズからなる。

第6レンズ群G 6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 6 1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 6 2とからなる。なお、負メニスカスレンズL 6 1はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0104] 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、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との空気間隔、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との空気間隔、及び第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との空気間隔が変化するように、第1～第6レンズ群G 1～G 6が光軸に沿って移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第4レンズ群G 4と一体的に移動する。

[0105] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2を光軸に対して垂直な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11に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0106] (表11) 第11実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	79.69	2.00	1.58913	61.22
2	20.75	0.17	1.56093	36.64
*3	19.00	9.65	1.00000	
4	416.05	1.40	1.60311	60.69
5	17.31	5.19	1.84666	23.80
6	28.95	可変	1.00000	
7	-396.42	1.63	1.48749	70.31
8	-34.31	可変	1.00000	
9	-24.55	0.80	1.77250	49.62
10	-67.66	可変	1.00000	
11	53.51	2.86	1.60311	60.69
12	-36.03	0.10	1.00000	
13	26.08	4.26	1.48749	70.31
14	-23.14	0.80	1.84666	23.80
15	-52.27	0.75	1.00000	
16(絞りS)	∞	可変	1.00000	
17	-45.51	2.28	1.84666	23.80
18	-14.24	0.80	1.74950	35.25
19	41.61	可変	1.00000	
20	100.00	1.30	1.52444	56.21
*21	97.03	1.55	1.00000	

22 -306.68 2.44 1.48749 70.31

23 -21.59 B f 1.00000

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	9.56997E-06	2.46213E-08	-3.67381E-11	1.68777E-13
21	0.0000	2.66274E-05	2.95181E-08	-8.46694E-11	-4.35134E-12

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.64	4.60	5.88
2 ω	80.59	45.80	30.69
T L	134.92	128.32	136.32
Y	14.25	14.25	14.25
d6	33.91	11.51	3.67
d8	5.54	6.25	6.51
d10	2.36	1.94	1.78
d16	1.70	5.75	9.71
d19	9.61	5.26	1.20
B f	43.82	59.63	75.47
G R f	31.12	28.57	25.87

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-24.72
2	7	76.93
3	9	-50.29
4	11	21.61

5 17 -33.17

6 20 48.02

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7099$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.7$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.5299$$

[0107] 図22A、図22B及び図22Cはそれぞれ、本実施形態の第11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。

[0108] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0109] (第12実施例)

図23は本実施形態の第12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、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後群とから構成されている。

後群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されており、ズーム全域で正の屈折力を有している。なお、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間には、開口絞りSが配置されている。

[0110] 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、両凹形状の負レンズ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。なお、負メニスカスレンズL11はガラスレンズであり、負メニスカスレンズL11の像側のレンズ面には樹脂材料により非球面が形成されている。

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21か

らなる。

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31からなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズと、開口絞りSとからなる。

第5レンズ群G5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と両凹形状の負レンズL52との接合レンズからなる。

第6レンズ群G6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L61と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL62とからなる。なお、負メニスカスレンズL61はプラスチックレンズであり、像側のレンズ面が非球面である。

[0111] 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、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との空気間隔、及び第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との空気間隔が変化するように、第1～第6レンズ群G1～G6が光軸に沿って移動する。なお、変倍時に開口絞りSは第4レンズ群G4と一体的に移動する。

[0112] 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。

本実施例に係る変倍光学系では、第2レンズ群G2を光軸に対して垂直な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12に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0113] (表12) 第12実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			

1	56.24	2.00	1.69680	55.52
2	20.35	0.17	1.56093	36.64
*3	18.69	9.97	1.00000	
4	-2982.47	1.40	1.60300	65.44
5	18.31	5.00	1.84666	23.80
6	32.46	可変	1.00000	
7	-620.57	1.63	1.48749	70.31
8	-35.68	可変	1.00000	
9	-25.12	0.80	1.77250	49.62
10	-71.26	可変	1.00000	
11	54.96	2.89	1.60311	60.69
12	-35.02	0.10	1.00000	
13	25.68	4.30	1.48749	70.31
14	-23.22	0.80	1.84666	23.80
15	-52.65	0.75	1.00000	
16(絞り S)	∞	可変	1.00000	
17	-45.18	2.27	1.84666	23.80
18	-14.36	0.80	1.74950	35.25
19	41.64	可変	1.00000	
20	100.05	1.30	1.52444	56.21
*21	80.01	1.54	1.00000	
22	-416.31	2.37	1.48749	70.31
23	-21.63	B f	1.00000	

像面 ∞

[非球面データ]

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
3	0.0000	1.09721E-05	2.63109E-08	-3.94901E-11	1.79030E-13
21	0.0000	2.64794E-05	1.52619E-08	5.85840E-11	-4.79996E-12

[各種データ]

変倍比 2.89

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
F N O	3.63	4.60	5.88
2 ω	80.59	45.83	30.72
T L	134.92	128.32	136.32
Y	14.25	14.25	14.25
d6	34.40	11.79	3.56
d8	5.58	6.27	6.52
d10	2.36	1.87	1.82
d15	1.70	5.48	9.09
d19	8.98	5.00	1.20
B f	43.82	59.84	76.07
G R f	30.86	28.39	25.84

[レンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-24.76
2	7	77.60
3	9	-50.59
4	11	21.42
5	17	-32.97
6	20	49.70

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_n) / f_p = 0.7067$$

$$(2) \quad f_{G1} / f_1 = 1.7$$

$$(3) \quad f_2 / (-f_3) = 1.5337$$

[0114] 図24A、図24B及び図24Cはそれぞれ、本実施形態の第12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。

[0115] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0116] 上記各実施例によれば、小型軽量で、変倍時の収差変動を抑え、優れた光学性能を備えた変倍光学系を実現することができる。

[0117] なお、上記各実施例は本実施形態の一具体例を示しているものであり、本実施形態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。

[0118] 本実施形態の変倍光学系の数値実施例として4～7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、8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。また、上記各実施例の変倍光学系の最も像側のレンズ群を2つに分割し、これらの間隔が変倍時に変化する構成としてもよい。

[0119] また、上記各実施例の変倍光学系は、いずれも広角端状態から望遠端状態への変倍時に、各レンズ群が光軸に沿って移動する構成である。しかしながら上記各実施例の変倍光学系は、少なくとも1つのレンズ群、例えば最も像側のレンズ群等の位置を固定としてもよい。また、第1レンズ群の広角端状態から望遠端状態への変倍時の移動軌跡は、一旦像側に移動した後に物体側に移動するUターン形状であるのが好ましい。また、隣り合わないレンズ群の変倍時の移動軌跡を同じにすることで、複数のレンズ群をリンクさせて一体的に移動させることができる。複数のレンズ群をリンクさせて一体的に移動させることにより、鏡筒内のレンズ群保持構造を簡略化することができ、小型化に寄与する。

また、上記各実施例の変倍光学系は、レンズ同士の間隔をさらに小さくした縮筒状態をとることとしてもよい。上記各実施例の変倍光学系は、縮筒状

態をとることにより、携帯性を良くすることができる。上記各実施例の変倍光学系は、最もレンズ群同士の間隔が大きい第1レンズ群と第2レンズ群との間を小さくして縮筒状態に変化させるのが好ましい。

[0120] また、上記各実施例の変倍光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、1つのレンズ群全体、或いは複数のレンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させる構成としてもよい。特に、上記各実施例の変倍光学系が5～7群構成の場合には第3レンズ群を合焦レンズ群とすることが望ましい。また、上記各実施例の変倍光学系が4群構成の場合には第2レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とすることが望ましい。斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ等による駆動にも適している。

[0121] 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、上記各実施例の変倍光学系では第2レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましい。なお、上記各実施例の変倍光学系が5～7群構成の場合には第5レンズ群を防振レンズ群としてもよい。また、上記各実施例の変倍光学系が4群構成の場合には第3レンズ群を防振レンズ群としてもよい。

[0122] 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。

[0123] また、上記各実施例の変倍光学系において開口絞りは第2レンズ群と第3レンズ群の間、第4レンズ群と第5レンズ群の間、又は第4レンズ群中に配置されることが好ましく、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用する構成としてもよい。

[0124] 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。特に、上記各実施例の変倍光学系は最も像側のレンズ群に含まれるレンズの物体側のレンズ面に反射防止膜を施すことが好ましい。

[0125] 次に、本実施形態の変倍光学系を備えたカメラを図25に基づいて説明する。

図25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。

本カメラ1は、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る変倍光学系を備えたレンズ交換式のデジタル一眼レフカメラである。

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

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

[0126] 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良好な光学性能を備えている。即ち本カメラ 1 は、小型化と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 12 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、ウィックリターンミラー 3 を有しない構成のカメラに上記各実施例に係る変倍光学系を搭載した場合でも、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

[0127] 最後に、本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を図 26 に基づいて説明する。

図 26 は、本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

図 26 に示す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、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、少なくとも 1 つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなる変倍光学系の製造方法であって、以下のステップ S1、S2 を含むものである。

ステップ S1：第 1 ～ 第 3 レンズ群及び後群を準備し、各レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置する。そして、公知の移動機構を鏡筒に設けることにより、変倍時に、隣り合う前記レンズ群どうしの空気間隔が変化するようにする。

ステップ S2：第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなるようにする。

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。

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、負の屈折力を有する第3レンズ群と、少なくとも1つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなり、

変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化し、

前記第1レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる変倍光学系。

[請求項2] 前記第1レンズ群は、少なくとも1つの負レンズと、少なくとも1つの正レンズとを有し、

以下の条件式を満足する請求項1に記載の変倍光学系。

$$0.68 < (-f_n) / f_p < 1.00$$

ただし、

f_n : 前記第1レンズ群に含まれる負レンズのうち、最も像側に配置された負レンズの焦点距離

f_p : 前記第1レンズ群に含まれる正レンズのうち、最も像側に配置された正レンズの焦点距離

[請求項3] 以下の条件式を満足する請求項1又は請求項2に記載の変倍光学系。

$$1.00 < f_{G1} / f_1 < 3.00$$

ただし、

f_{G1} : 前記第1レンズ群中の最も物体側のレンズ成分の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

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

$$0.60 < f_2 / (-f_3) < 2.00$$

ただし、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

[請求項5] 前記第 1 レンズ群は、負の屈折力を有する第 1 レンズ成分と、負の屈折力を有する第 2 レンズ成分とからなる請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項6] 前記第 1 レンズ群は、負の屈折力を有する第 1 レンズ成分と、負の屈折力を有する第 2 レンズ成分とを有し、

前記第 2 レンズ成分は、負レンズと正レンズとの接合レンズからなる請求項 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] 前記第 1 レンズ群は、負の屈折力を有する第 1 レンズ成分と、負の屈折力を有する第 2 レンズ成分とを有し、

前記第 1 レンズ成分は、ガラスレンズの像側面に樹脂材料により非球面を形成されている請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項8] 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。

$$1. \quad 0.0 < f_N / f_1 < 3.00$$

ただし、

f_N : 前記第 1 レンズ群に含まれる負レンズ成分のうち、最も負の屈折力が大きなレンズ成分の焦点距離

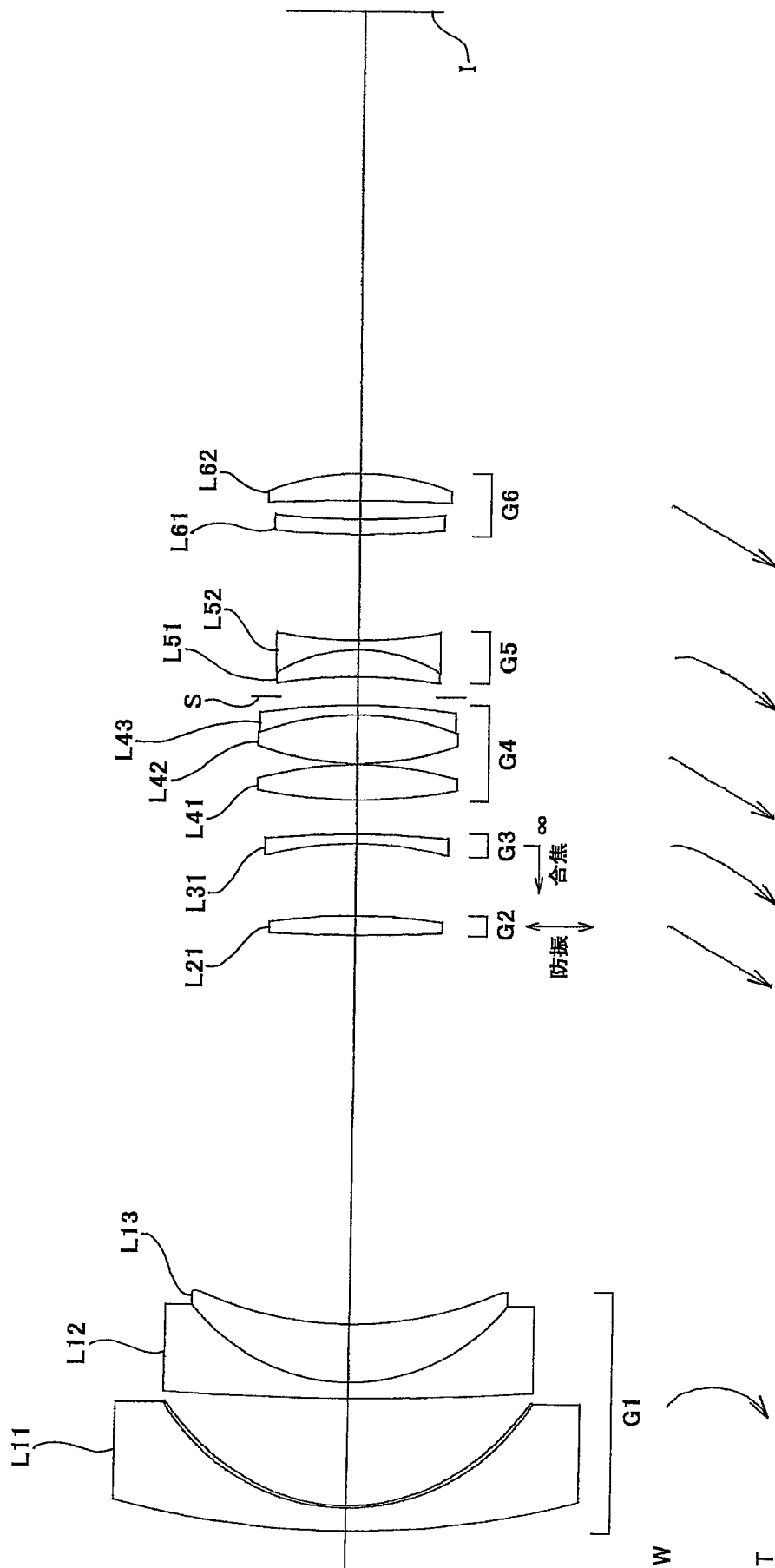
f₁ : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

[請求項9] 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、負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 レンズ群とからなる請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

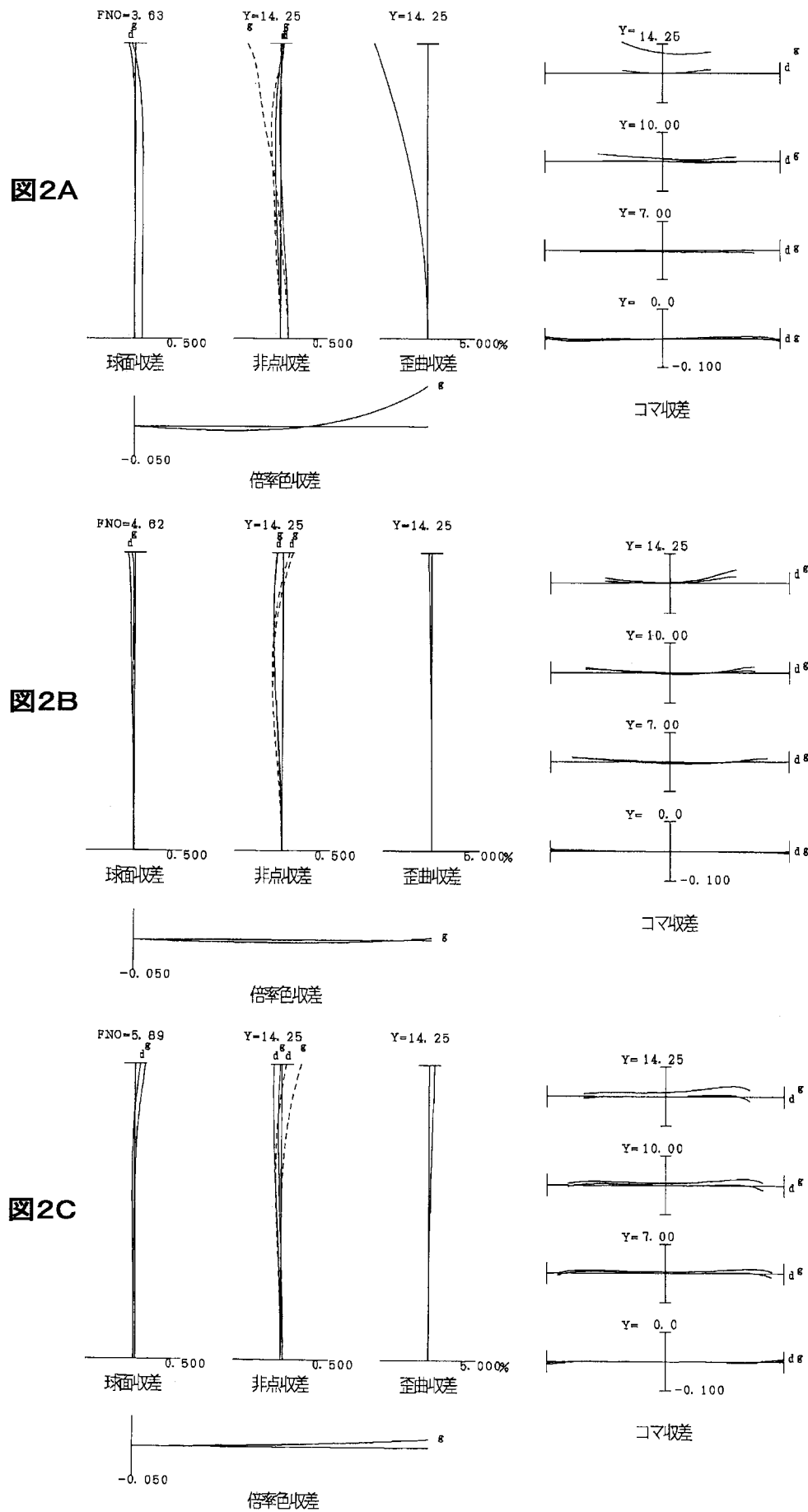
[請求項10] 物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群と、第 5 レンズ群とからなる請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

- [請求項11] 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、負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、負の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群とからなる請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項12] 前記後群に含まれるレンズ群は3以上であり、
変倍時に、前記後群に含まれかつ隣り合うレンズ群同士の空気間隔が変化し、
変倍時に、前記後群に含まれかつ隣り合わないレンズ群同士の空気間隔の少なくとも1つが変化しない請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項13] 前記第2レンズ群中の少なくとも1つのレンズ成分が光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動する請求項1から請求項12のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項14] 請求項1から請求項13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15] 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、負の屈折力を有する第3レンズ群と、少なくとも1つのレンズ群を含み全体として正の屈折力を有する後群とからなる変倍光学系の製造方法であって、
変倍時に、隣り合う前記レンズ群同士の空気間隔が変化するようにし、
前記第1レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなるようにする変倍光学系の製造方法。

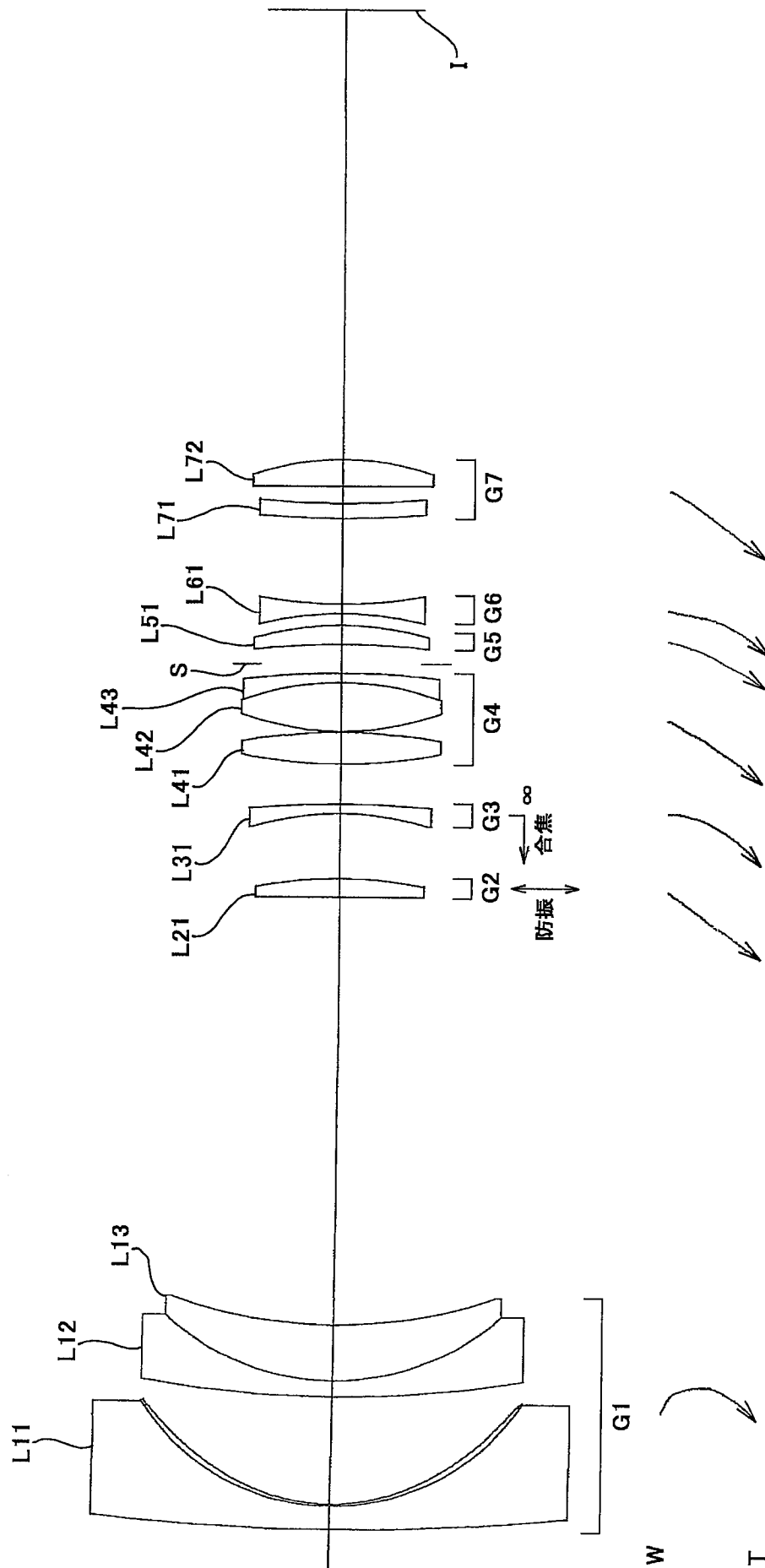
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

図4A

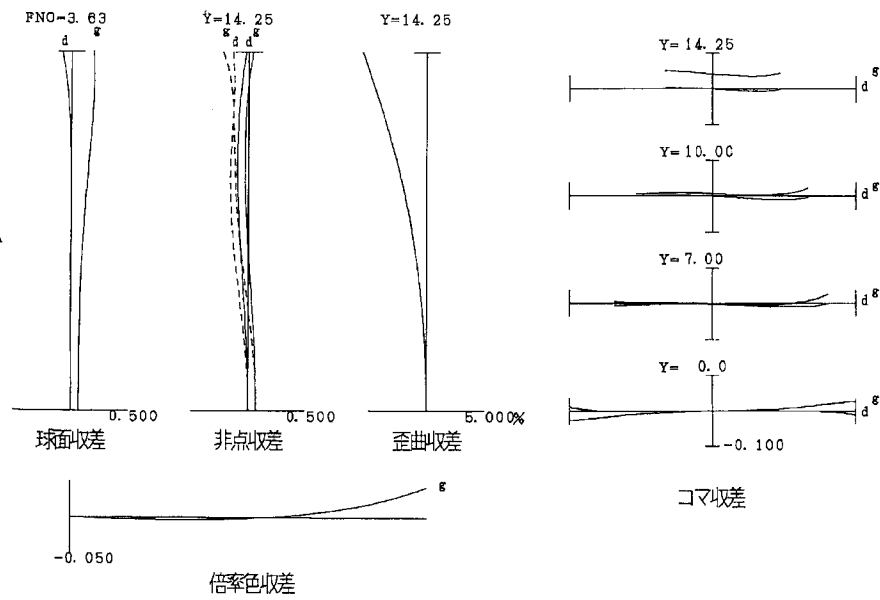


図4B

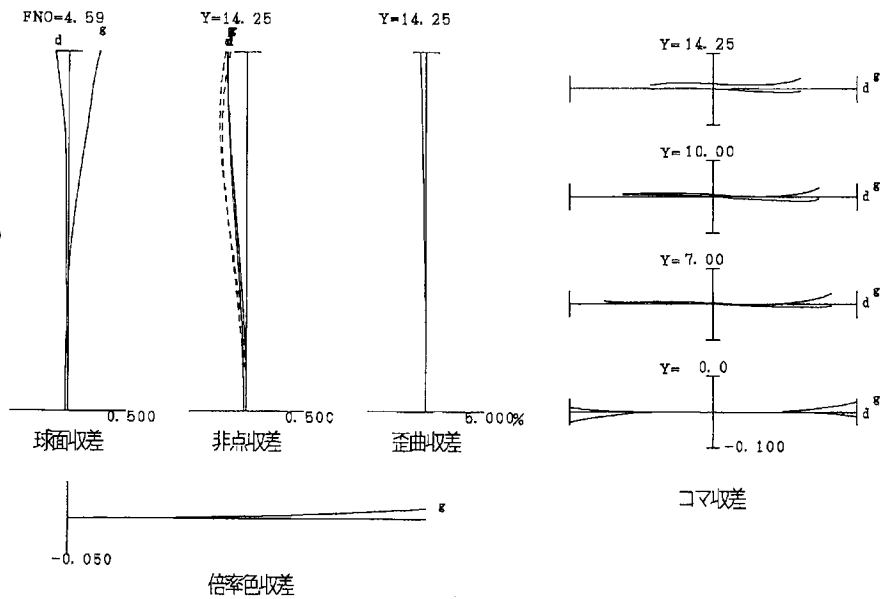
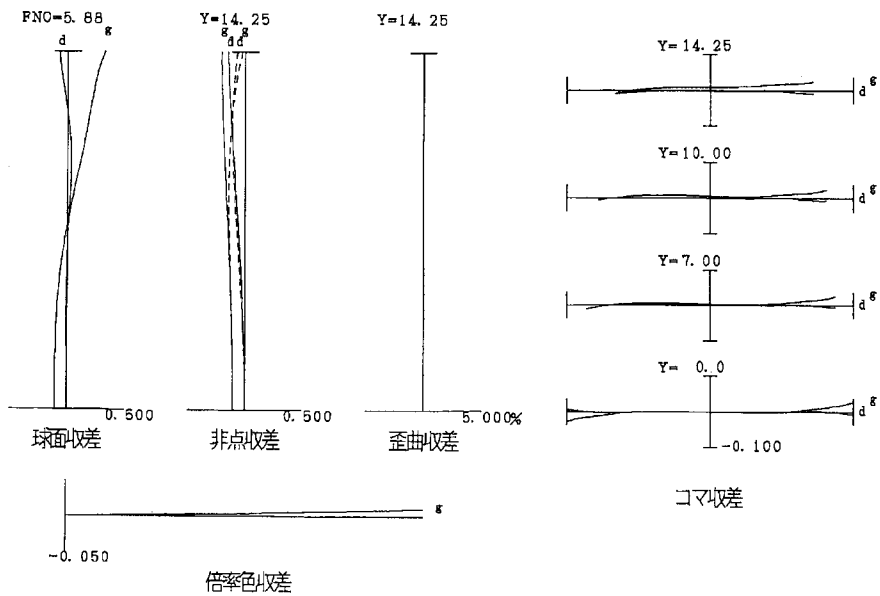
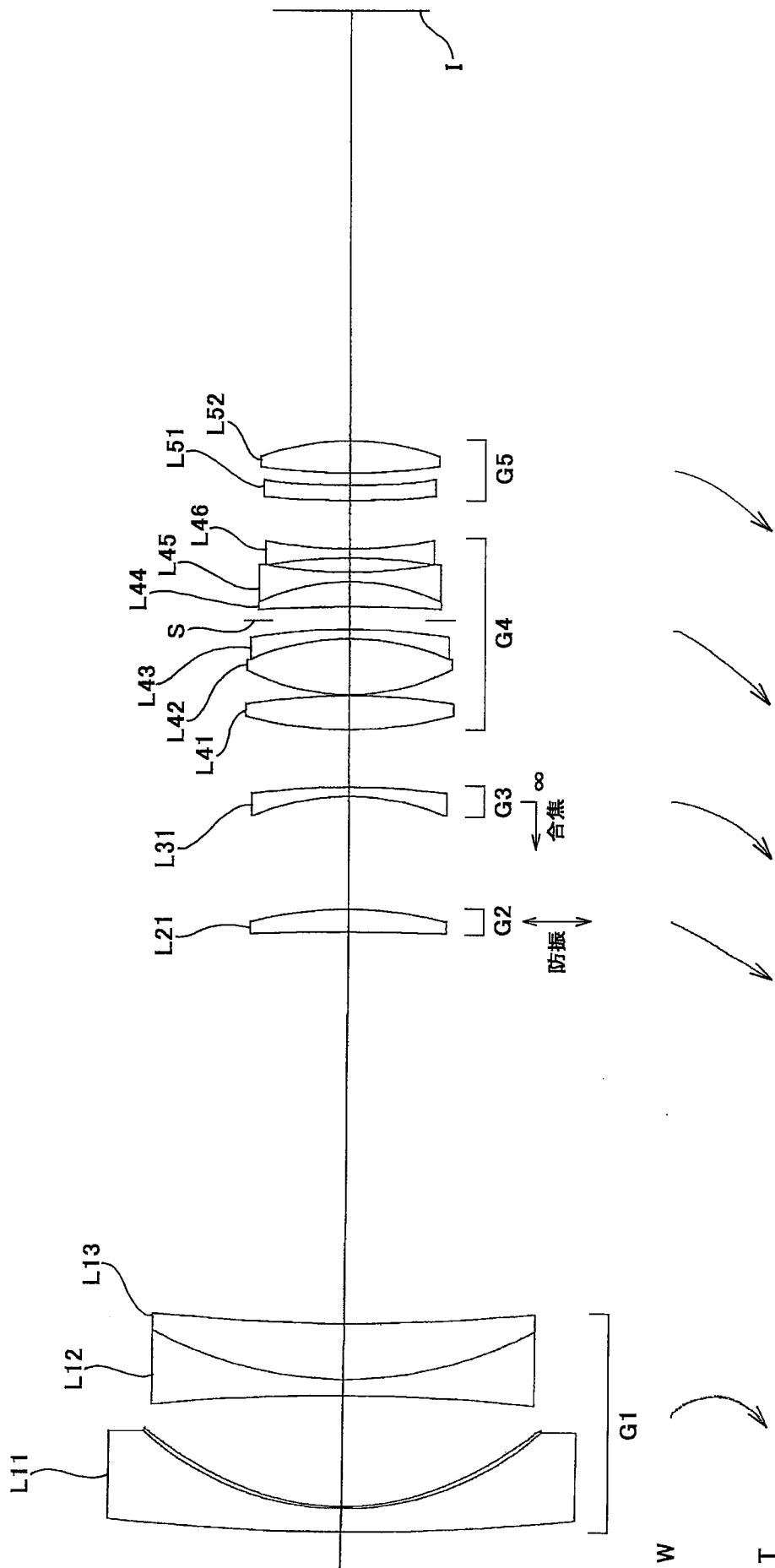


図4C



[図5]



[図6]

図6A

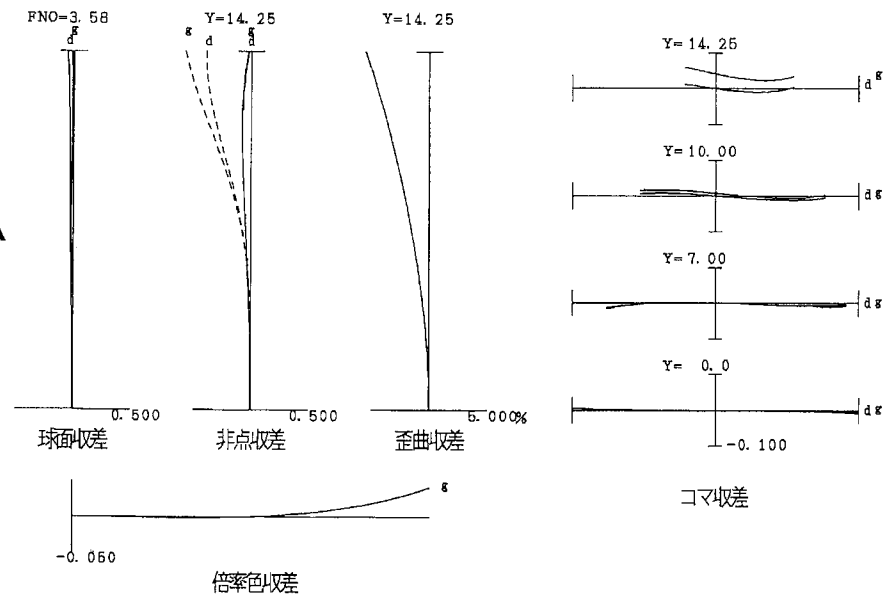


図6B

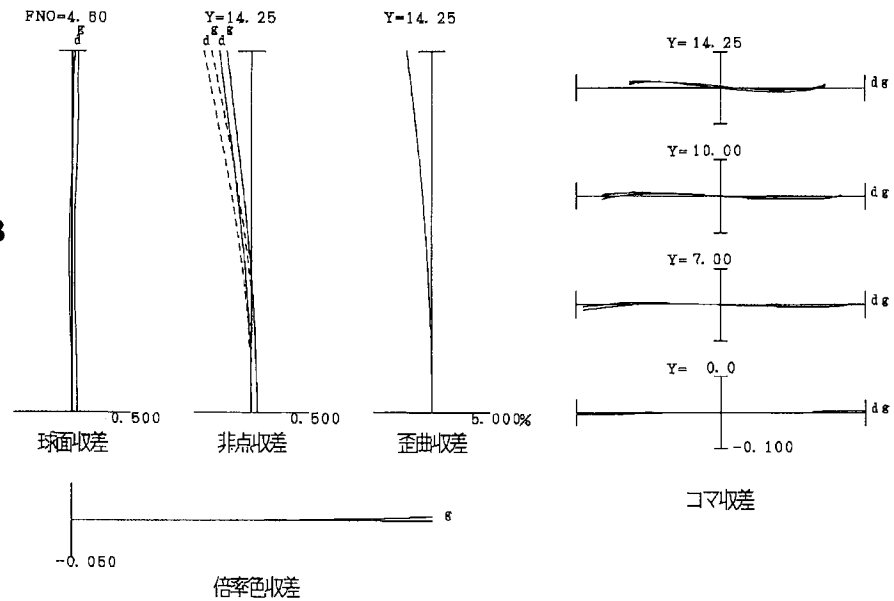
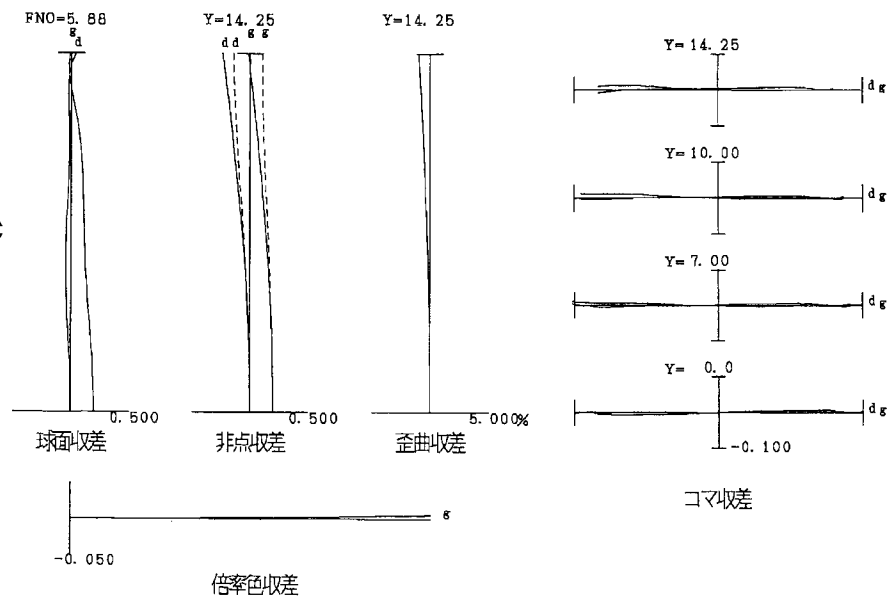
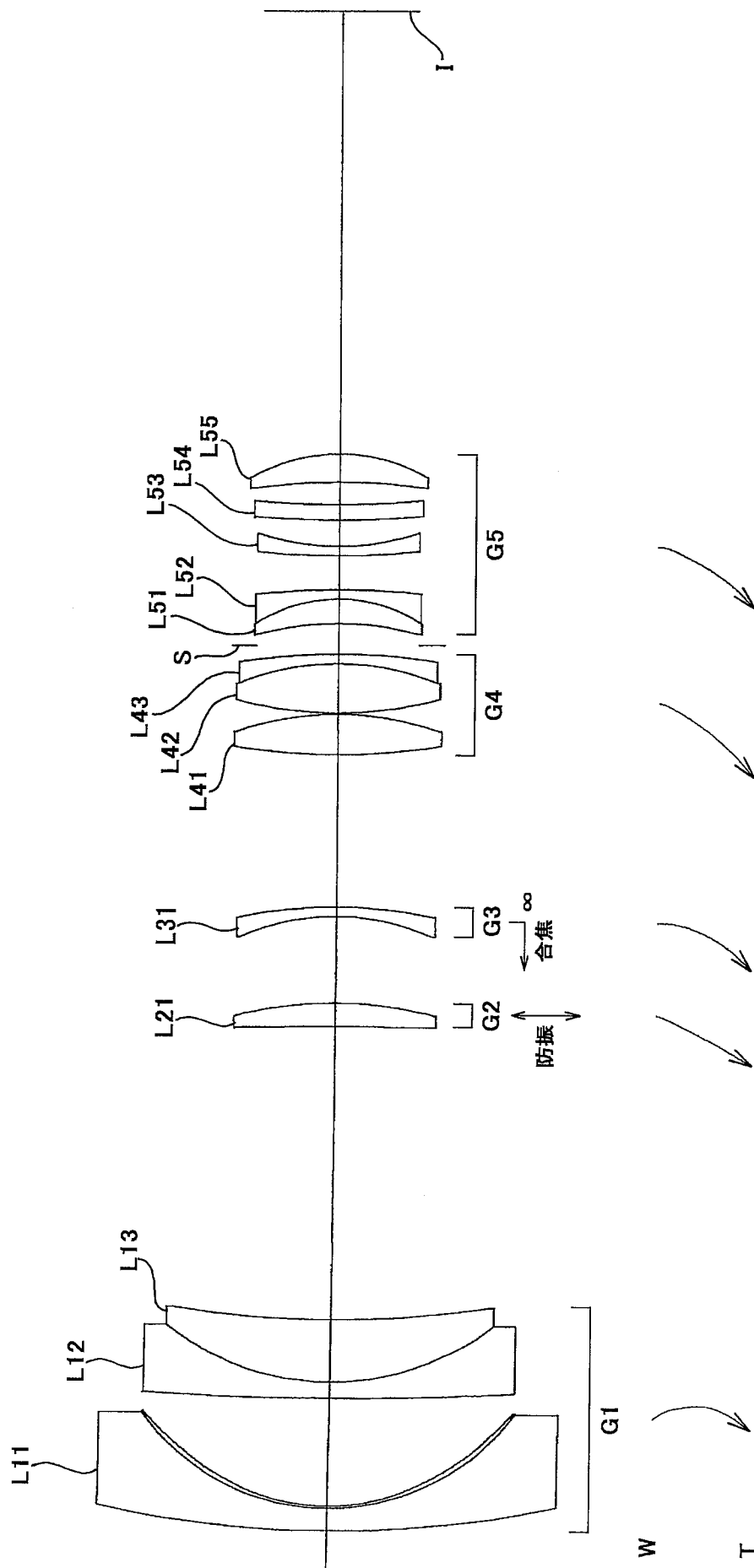


図6C



[図7]



[図8]

図8A

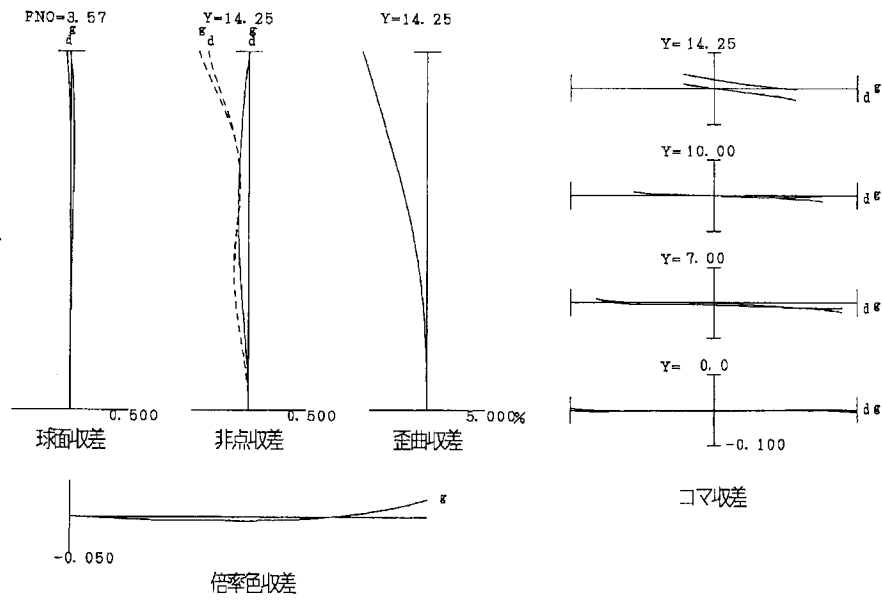


図8B

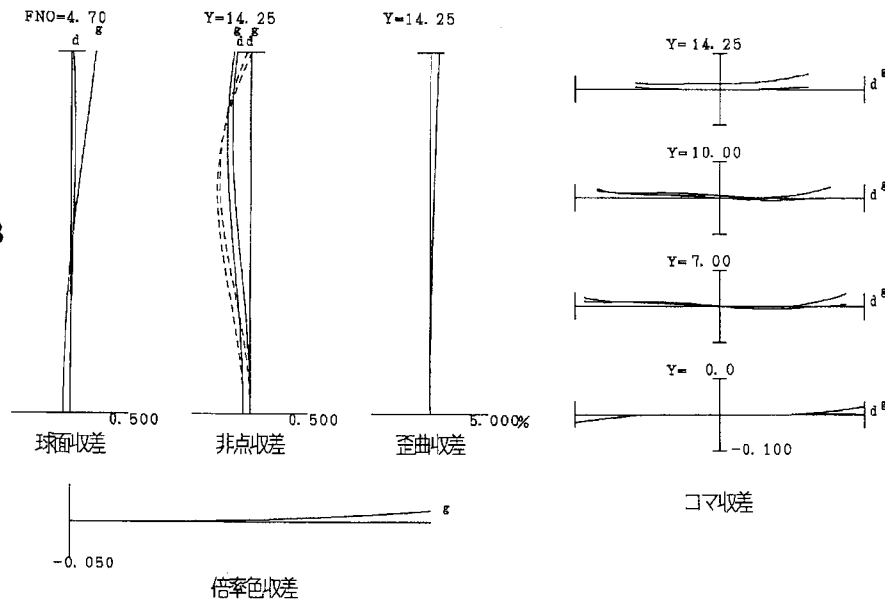
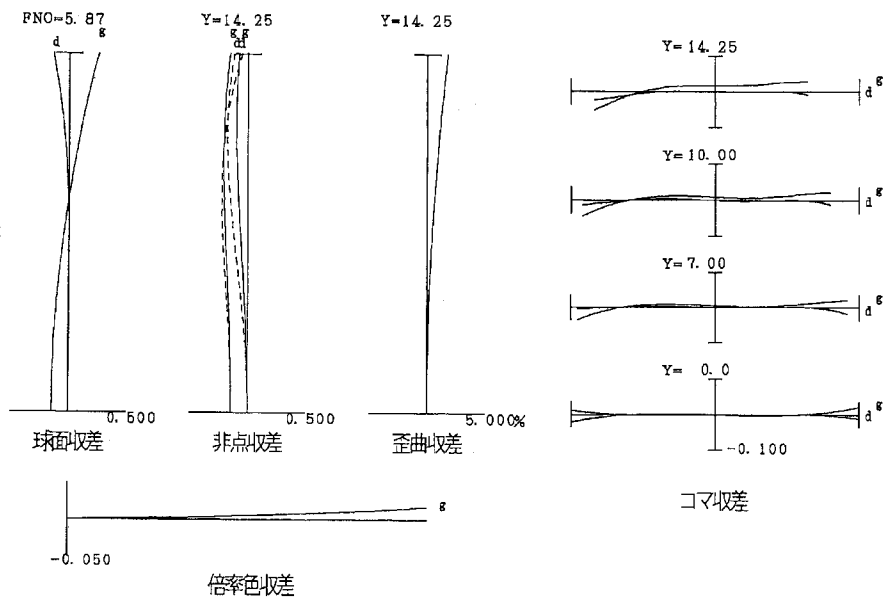
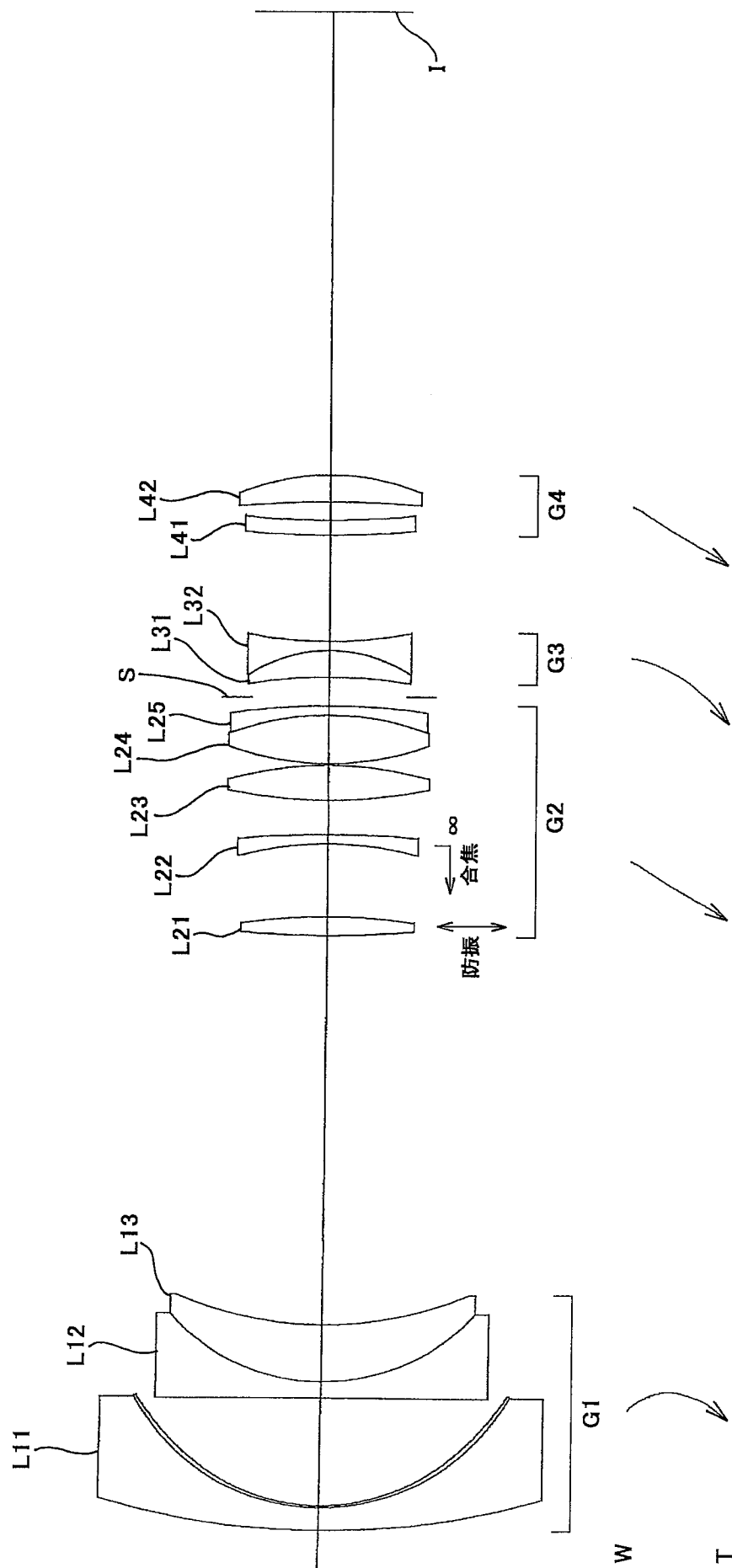


図8C



[図9]



[図10]

図10A

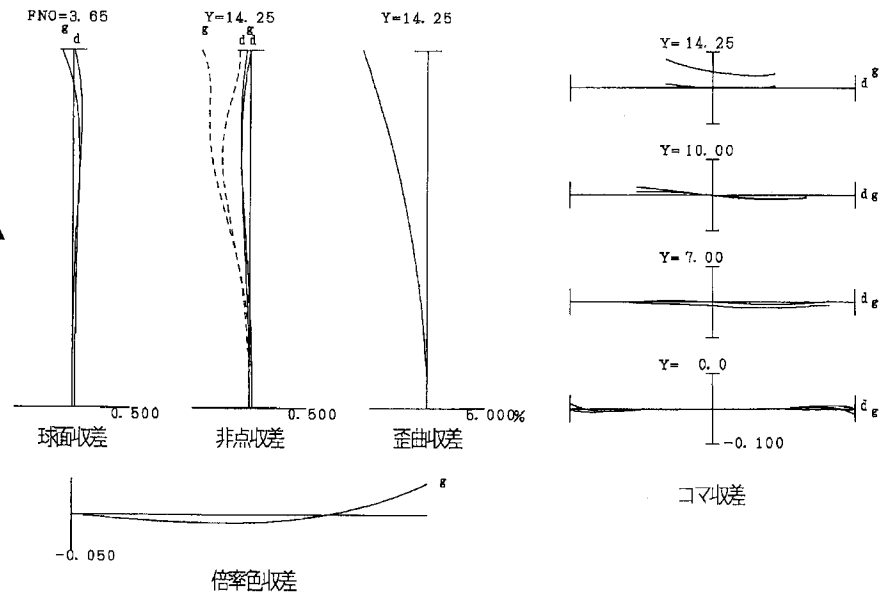


図10B

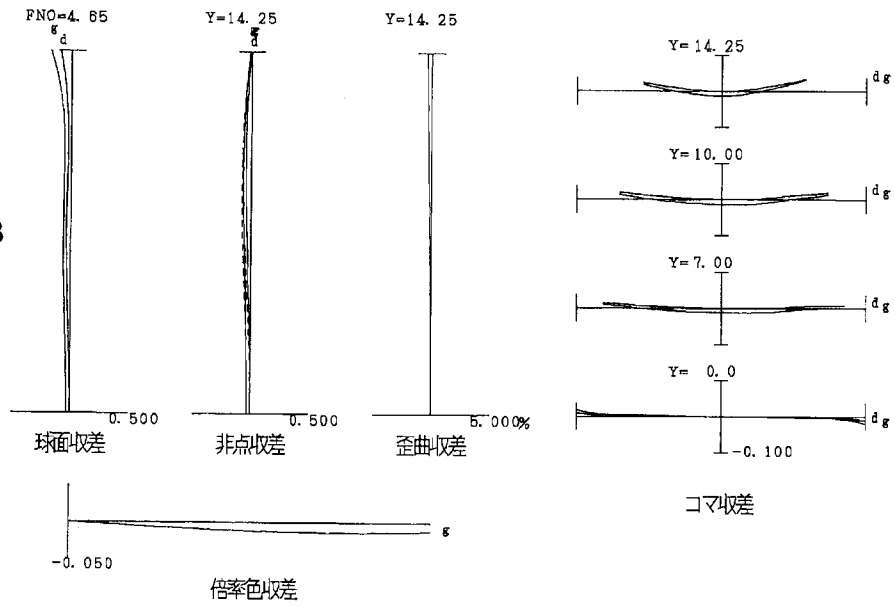
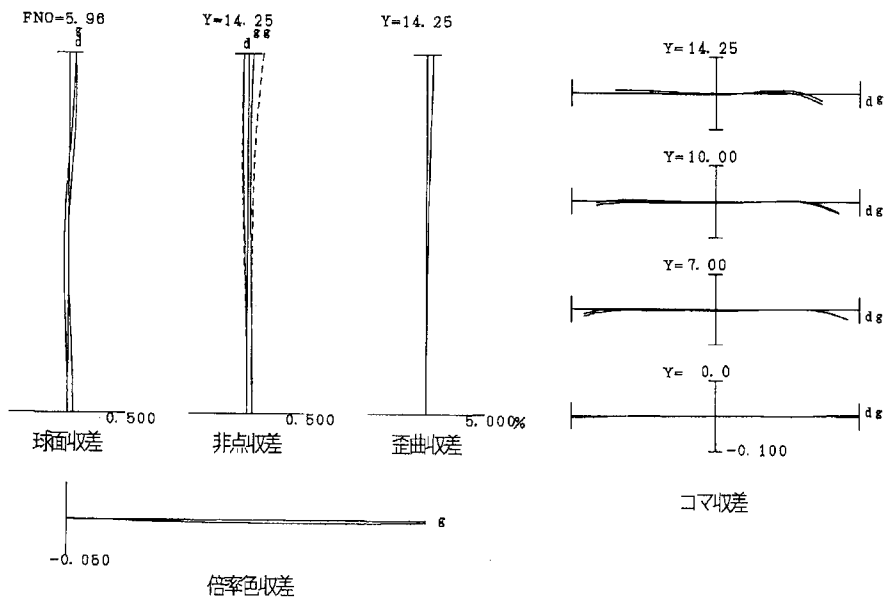
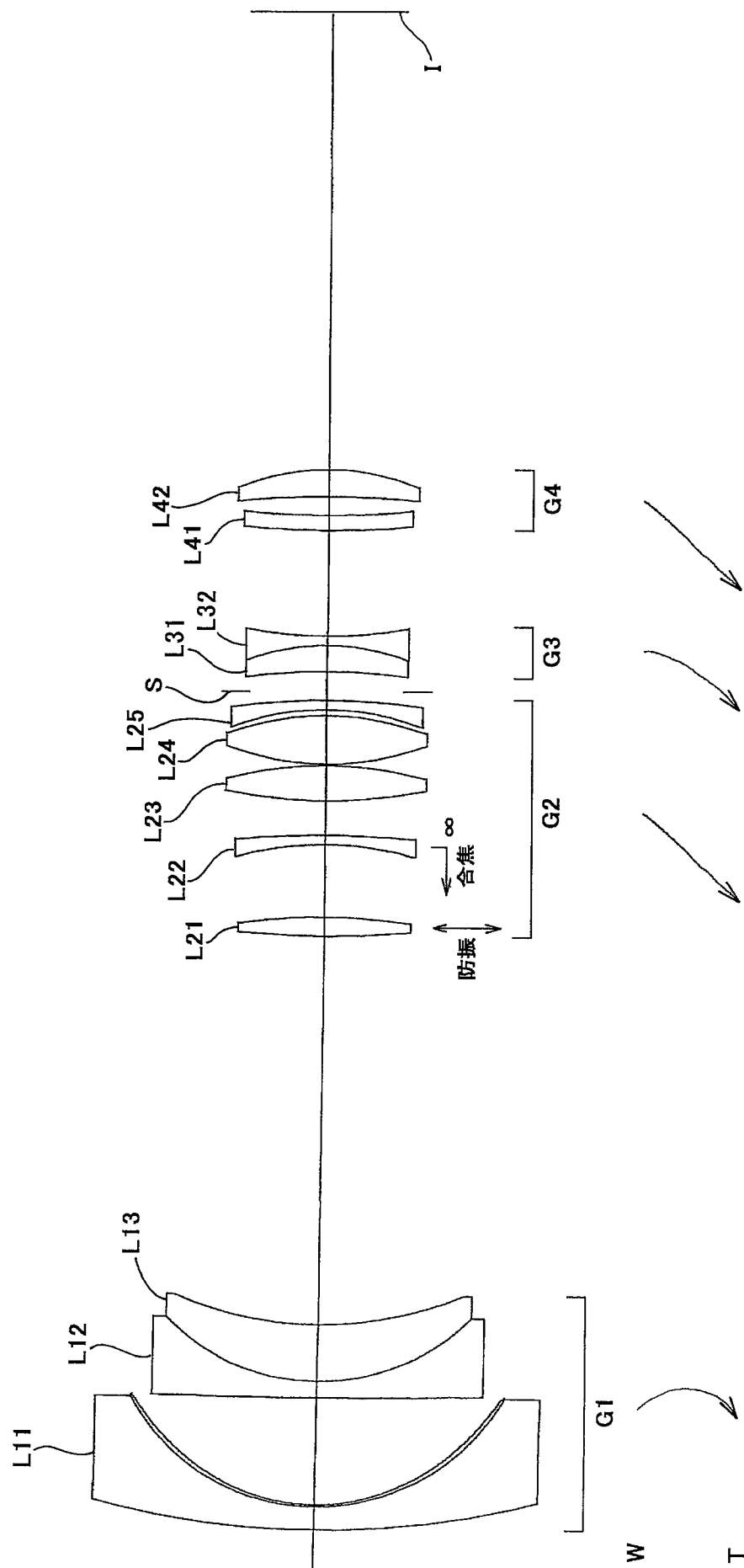


図10C



[図11]



[図12]

図12A

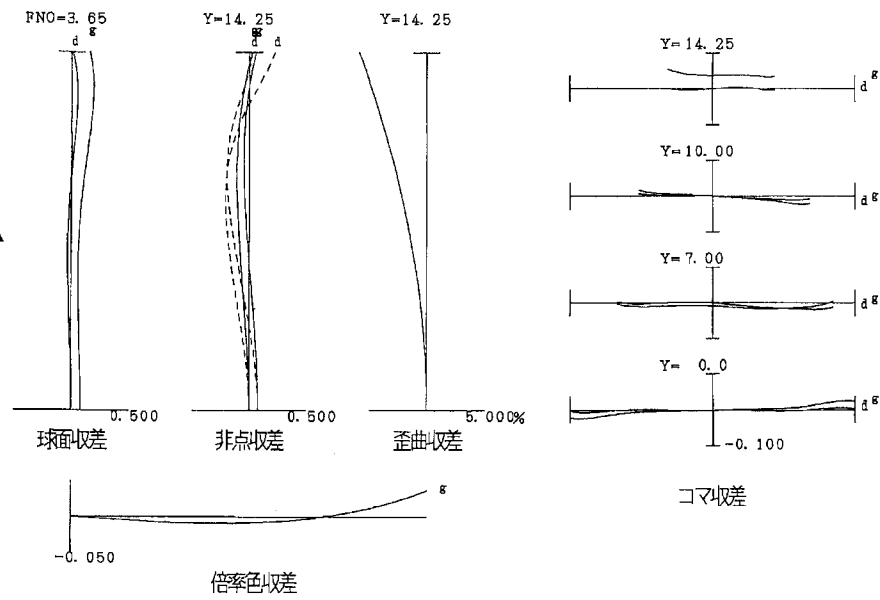


図12B

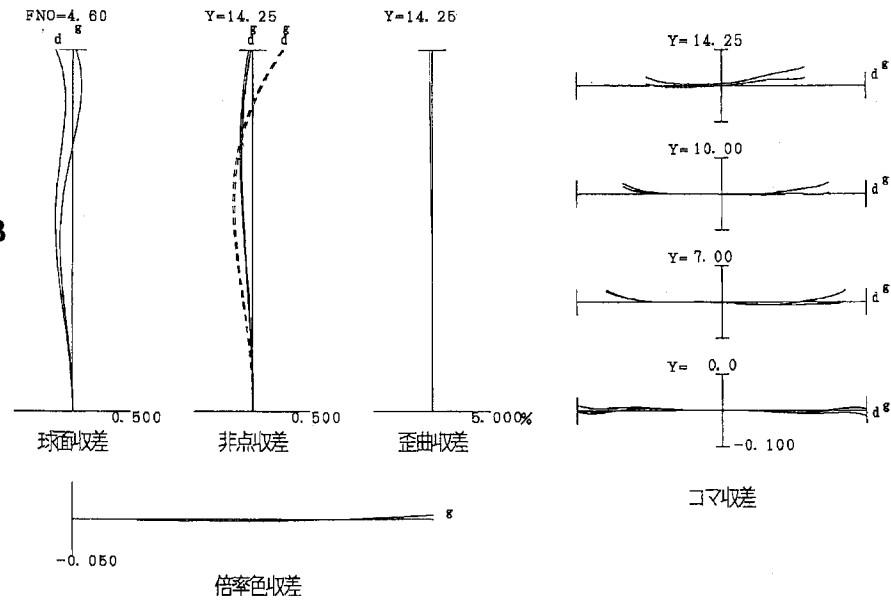
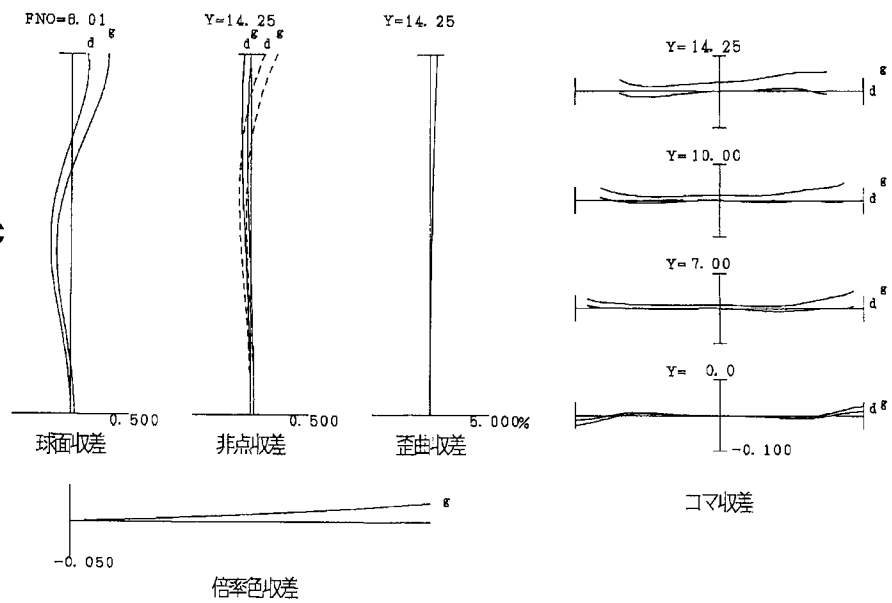
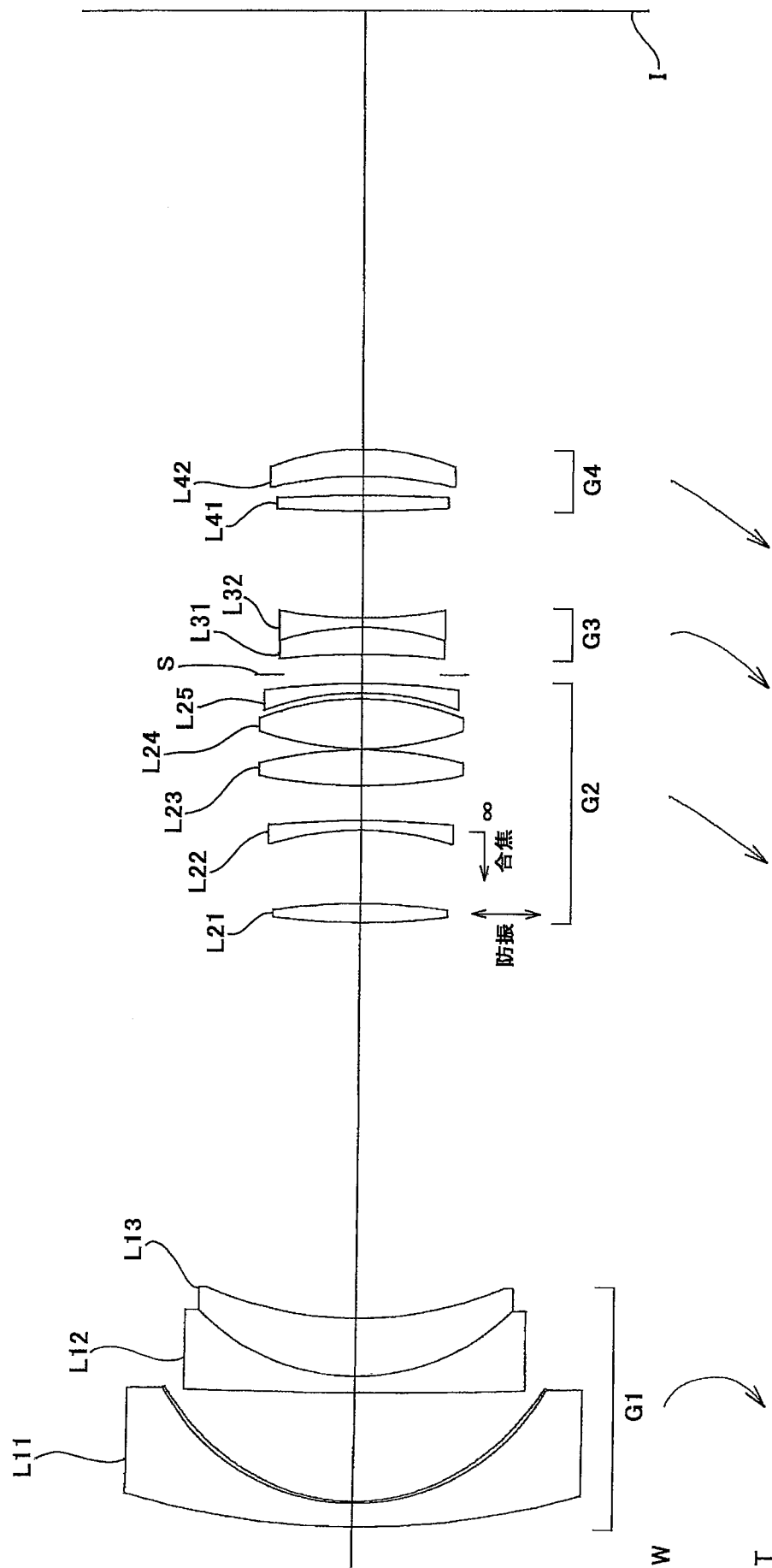


図12C



[図13]



[図14]

図14A

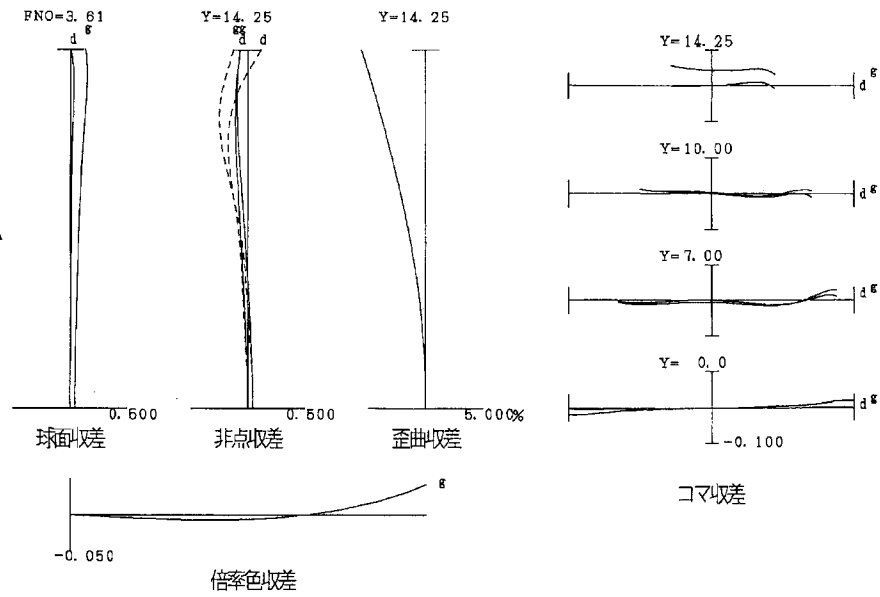


図14B

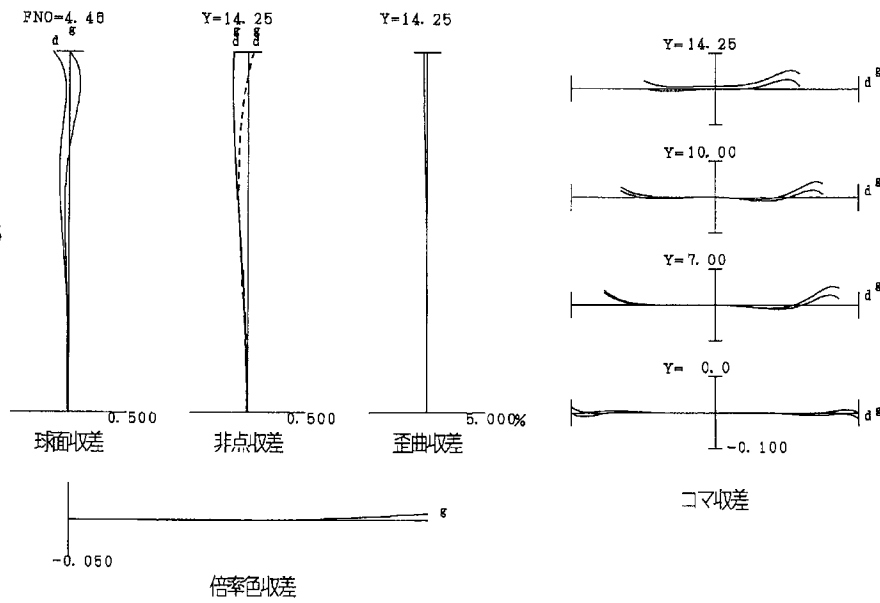
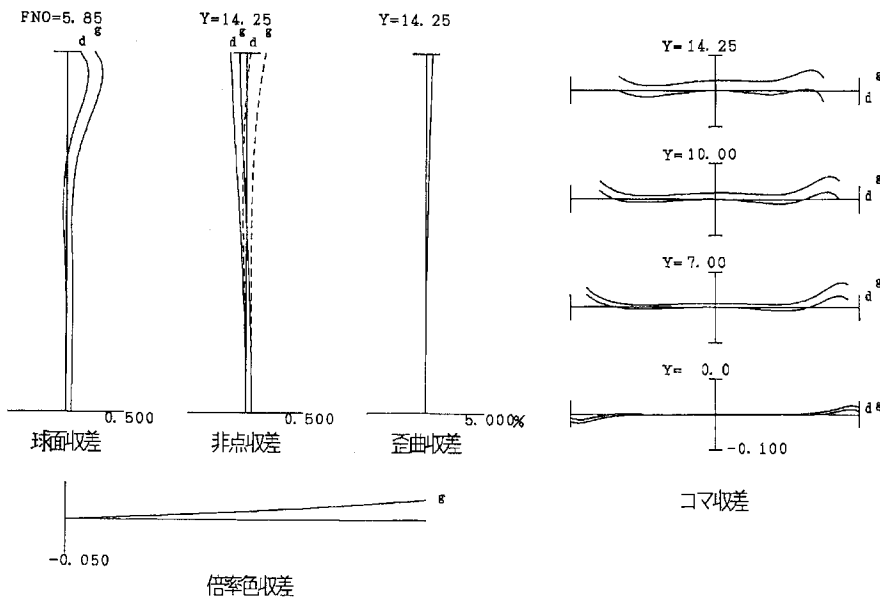
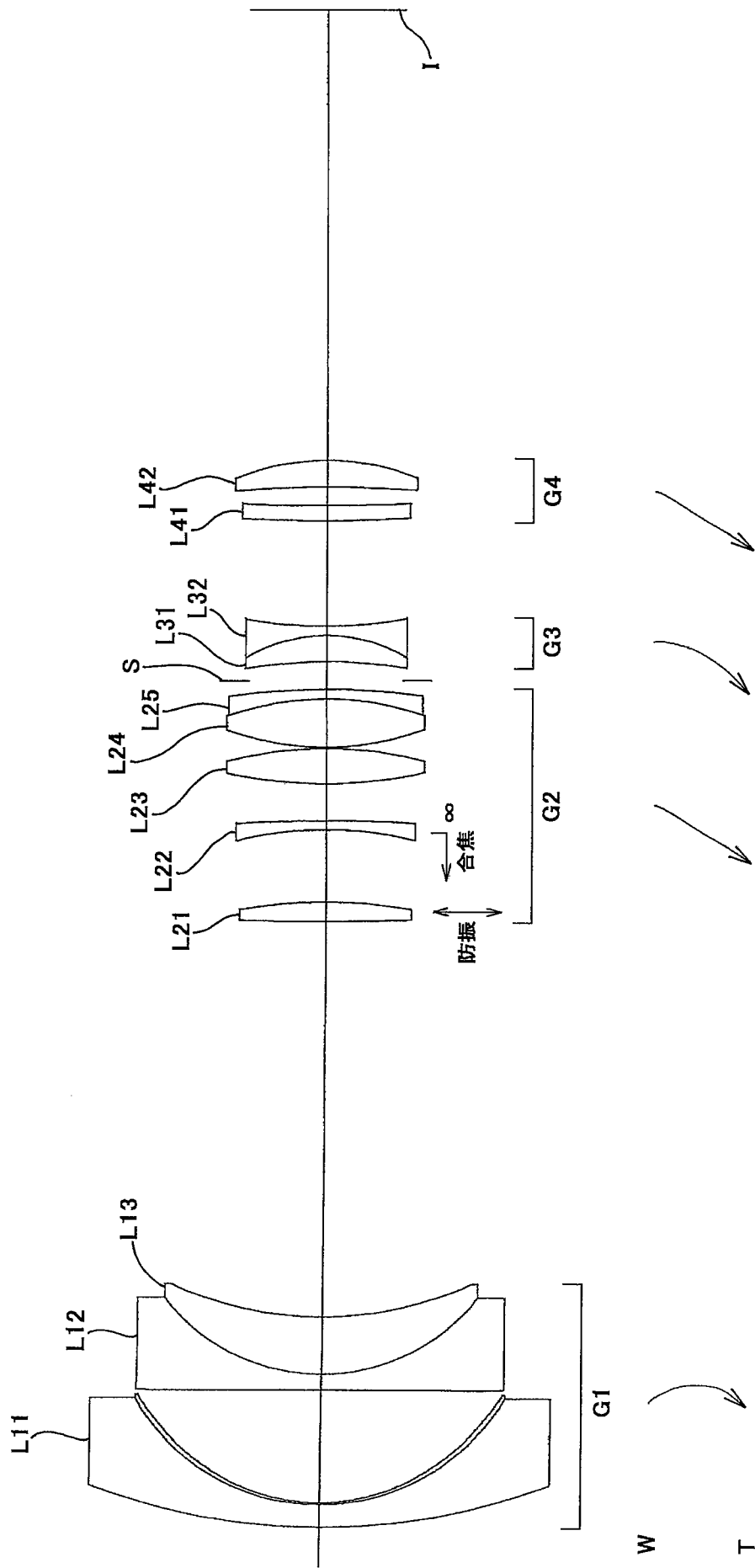


図14C



[図15]



[図16]

図16A

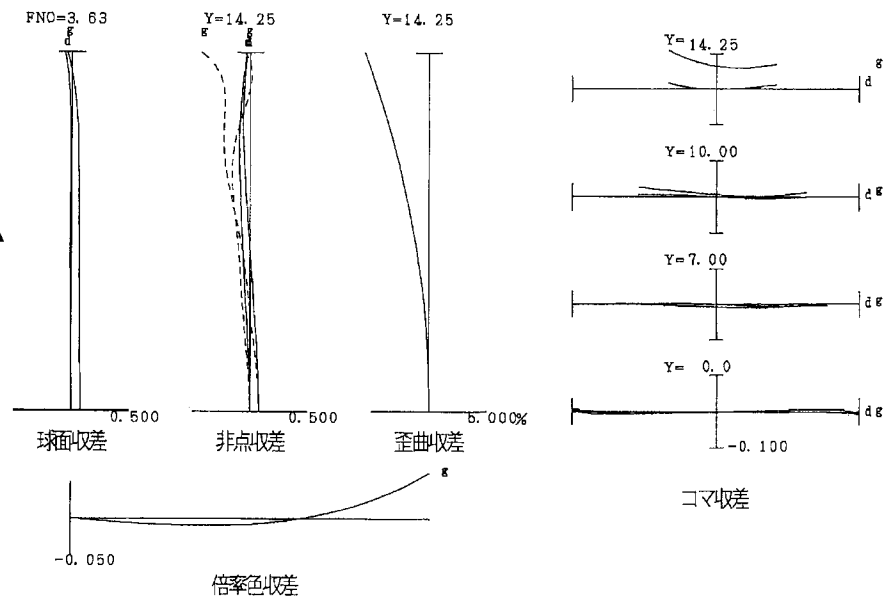


図16B

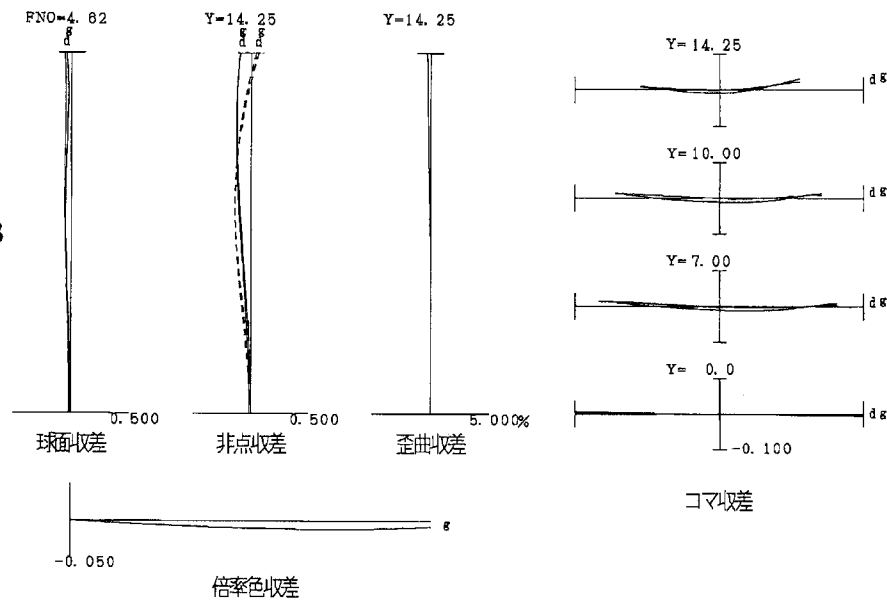
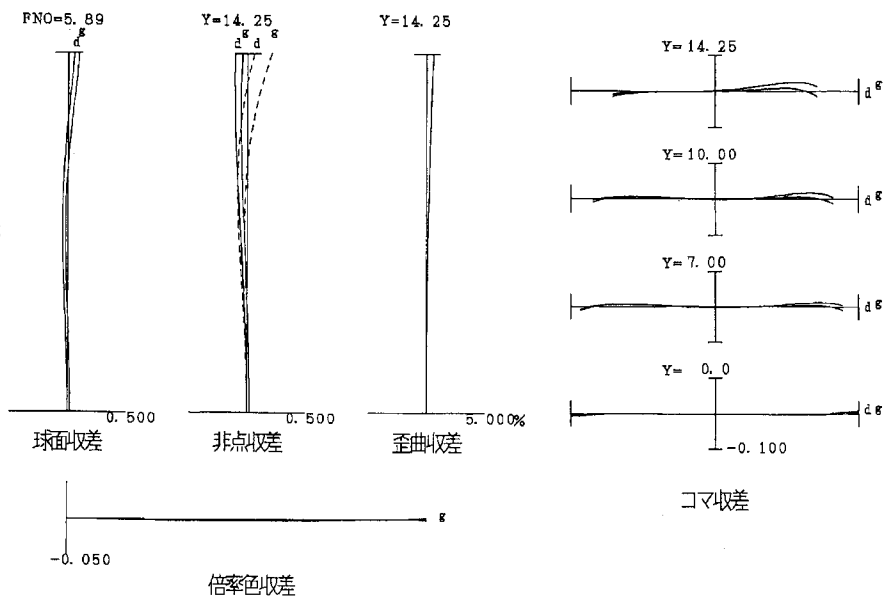
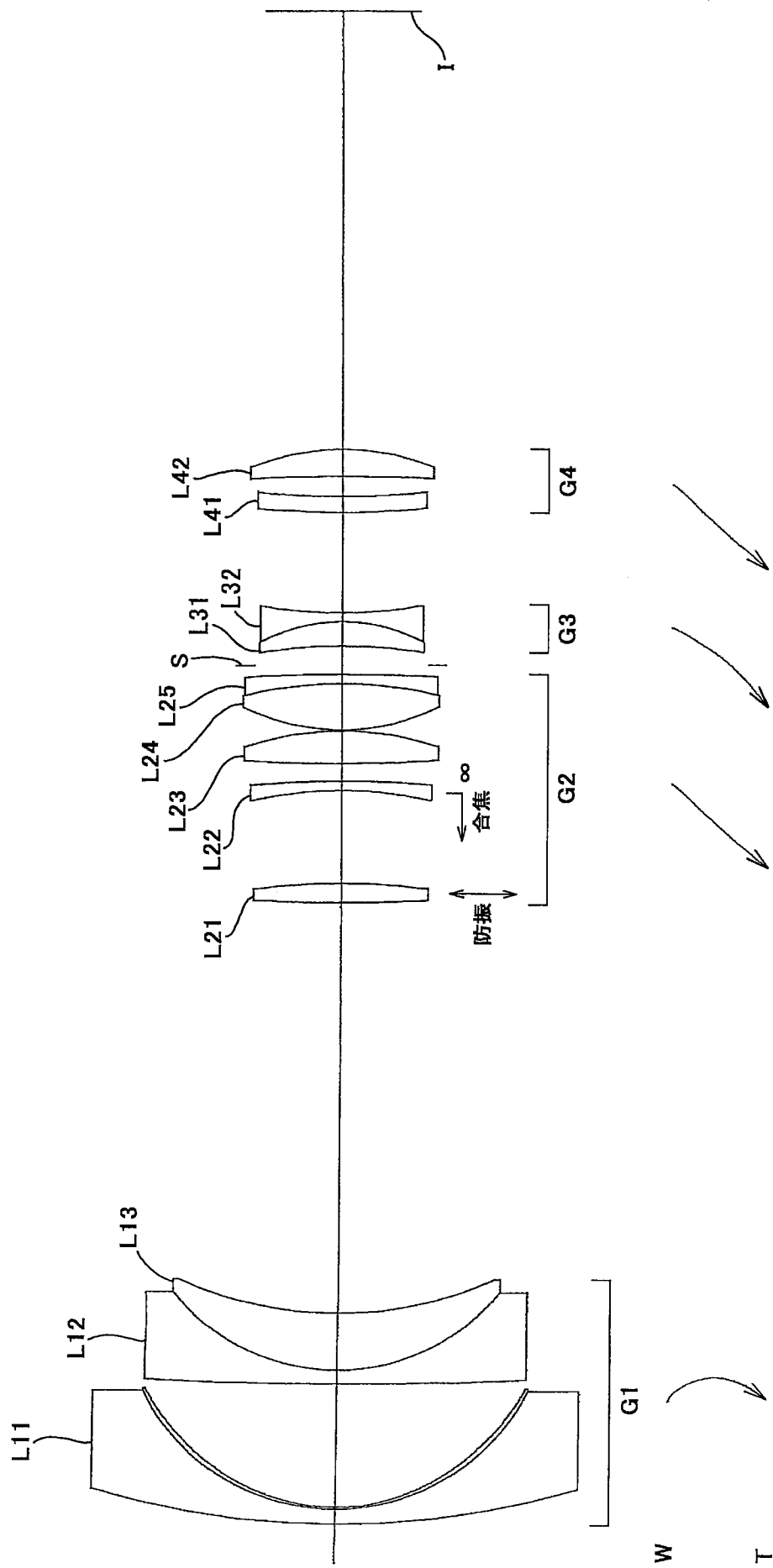


図16C



[図17]



[図18]

図18A

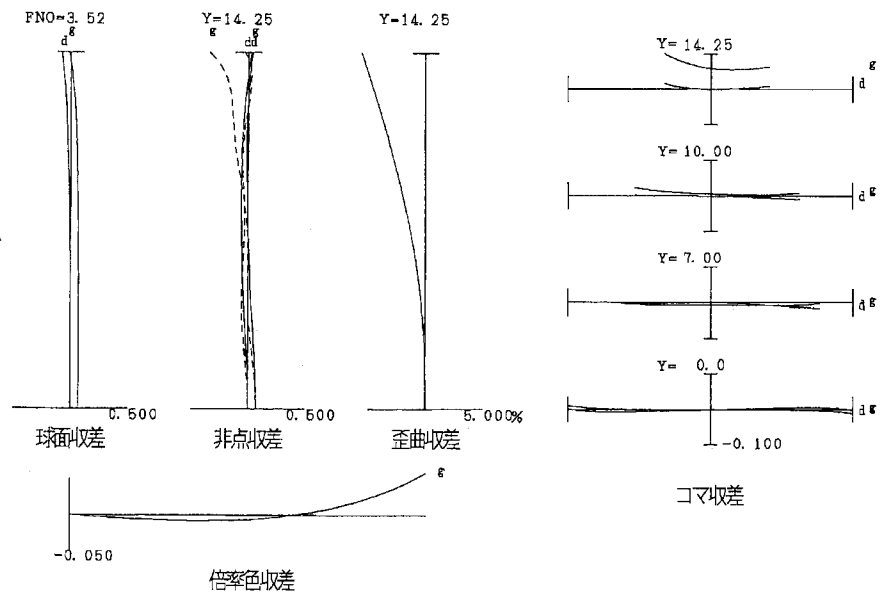


図18B

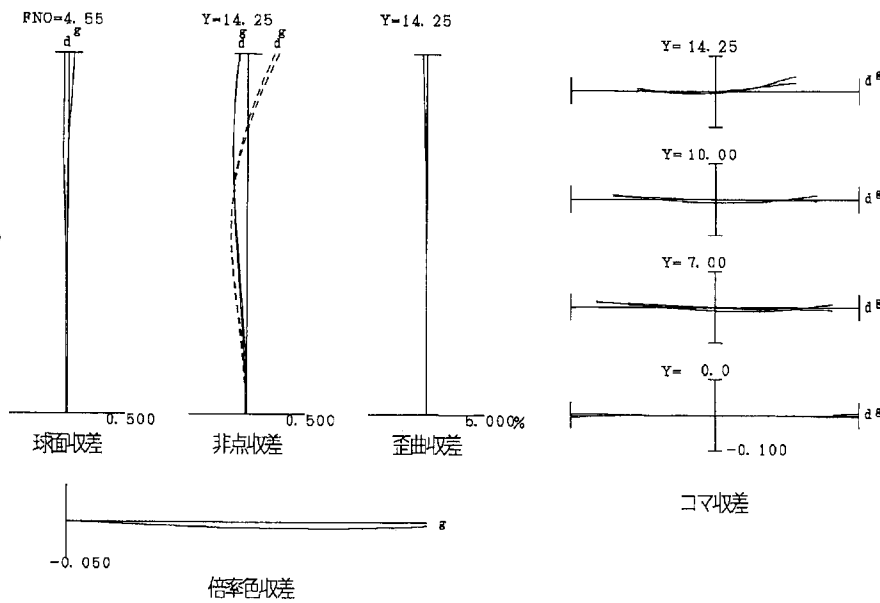
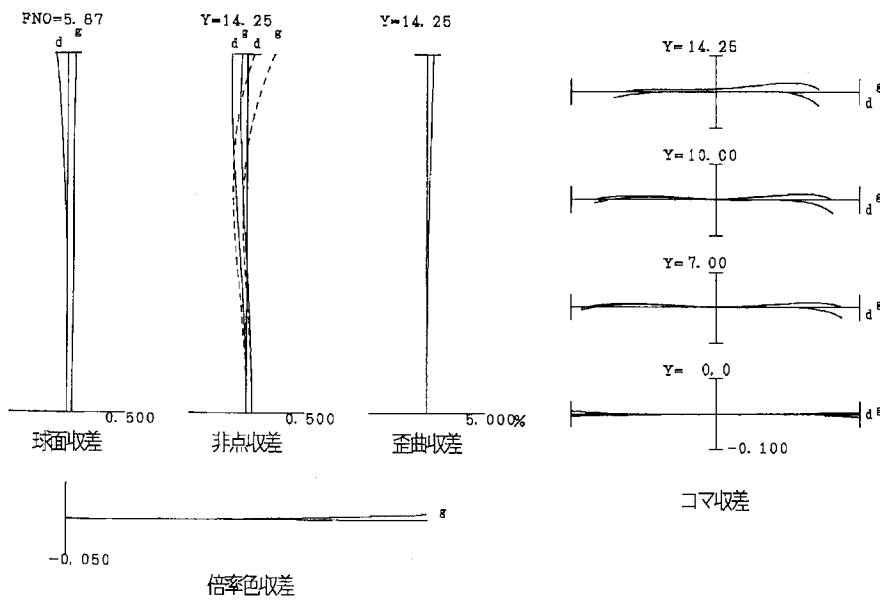
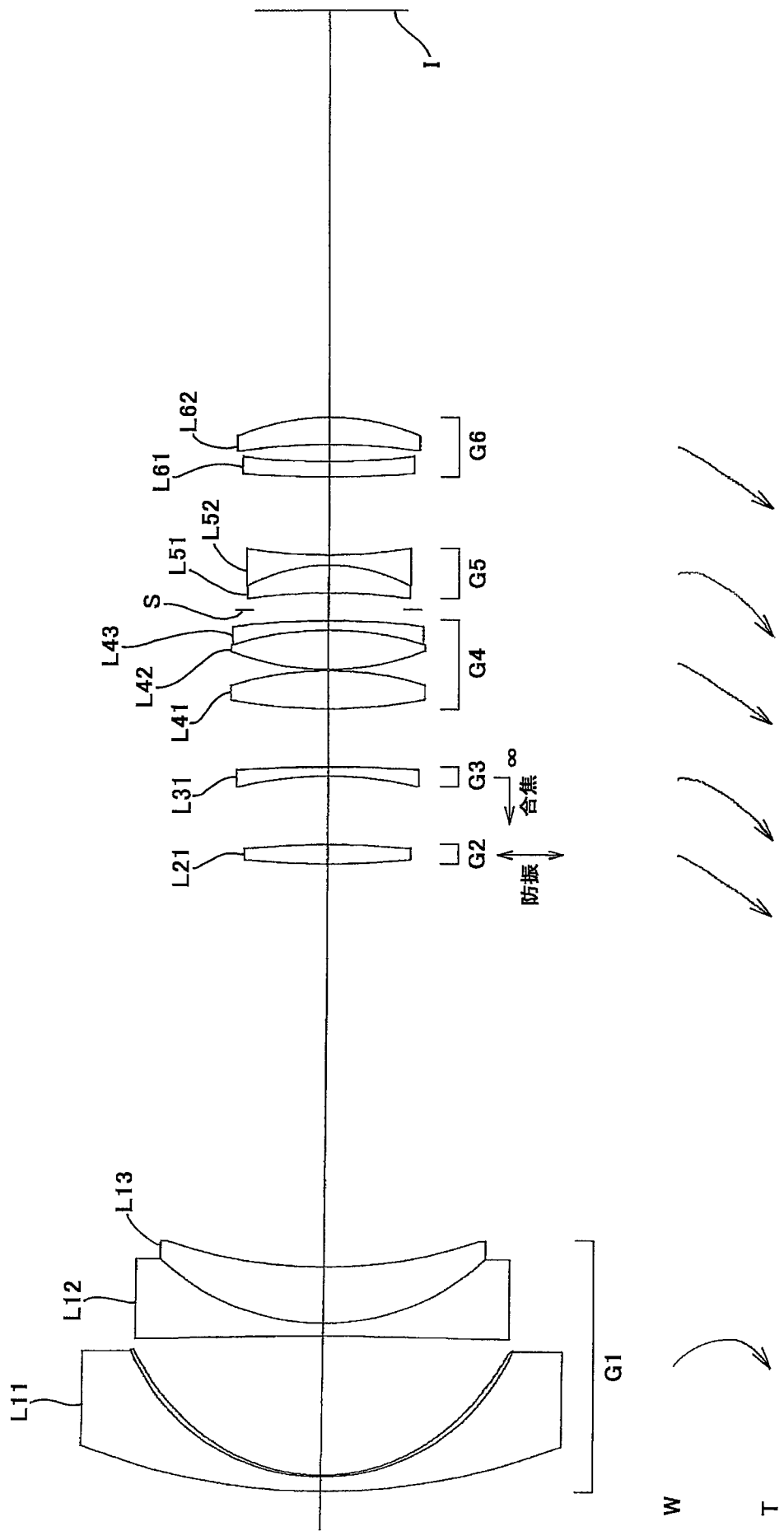


図18C



[図19]



[図20]

図20A

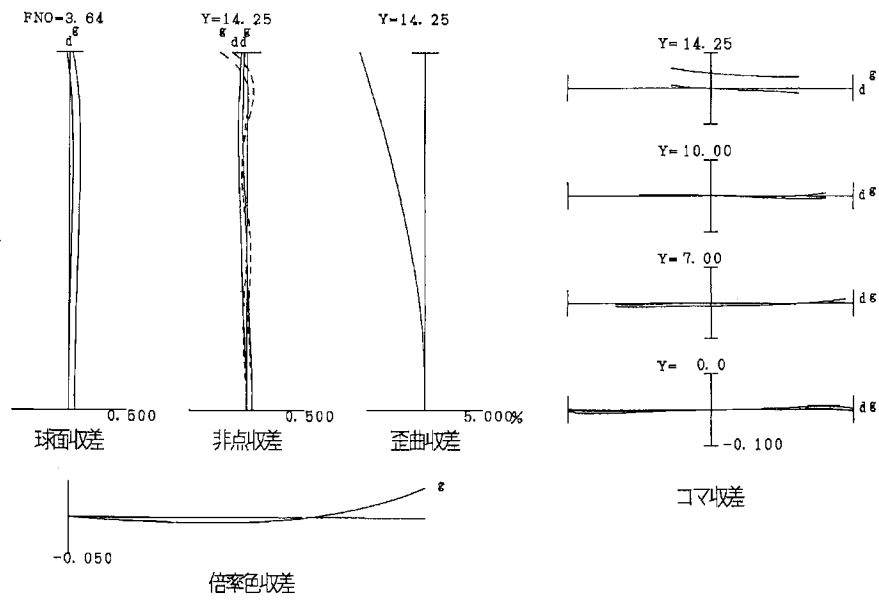


図20B

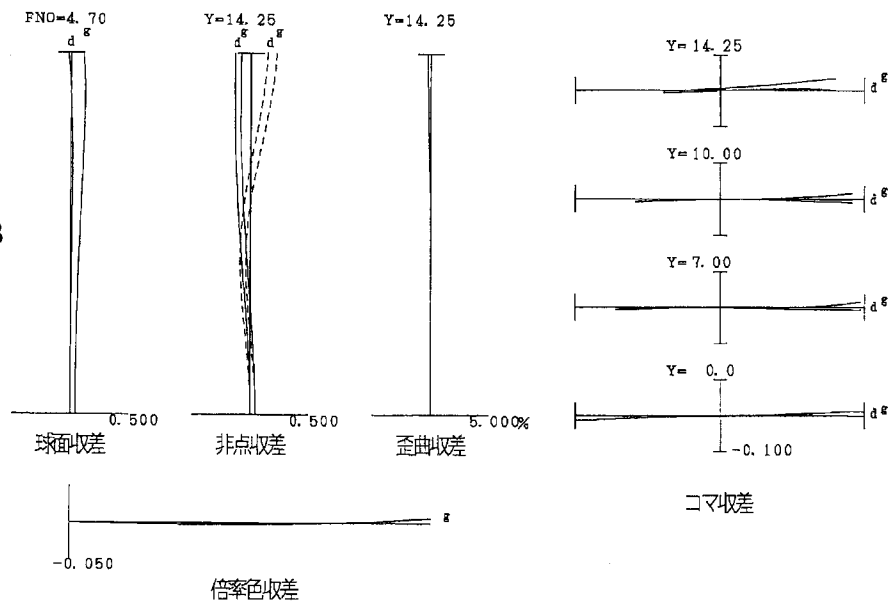
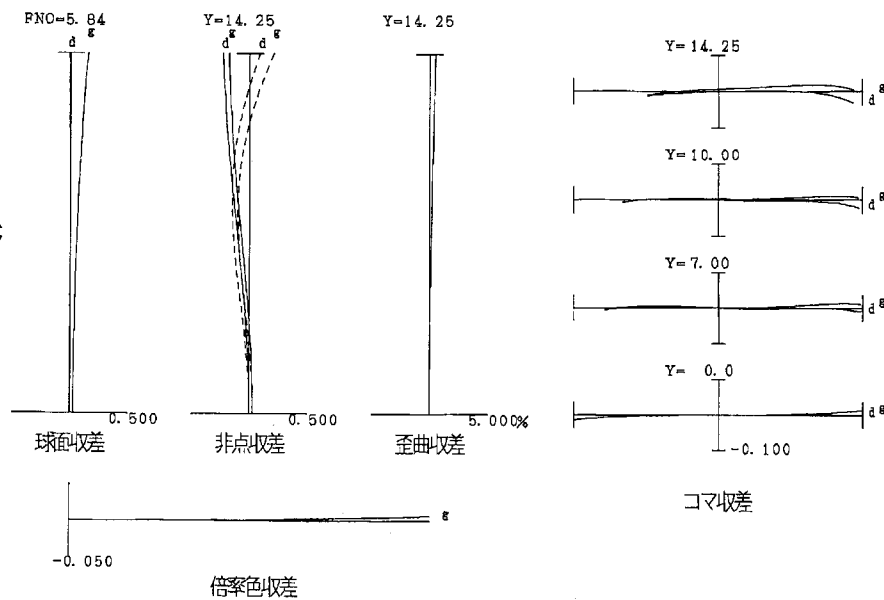
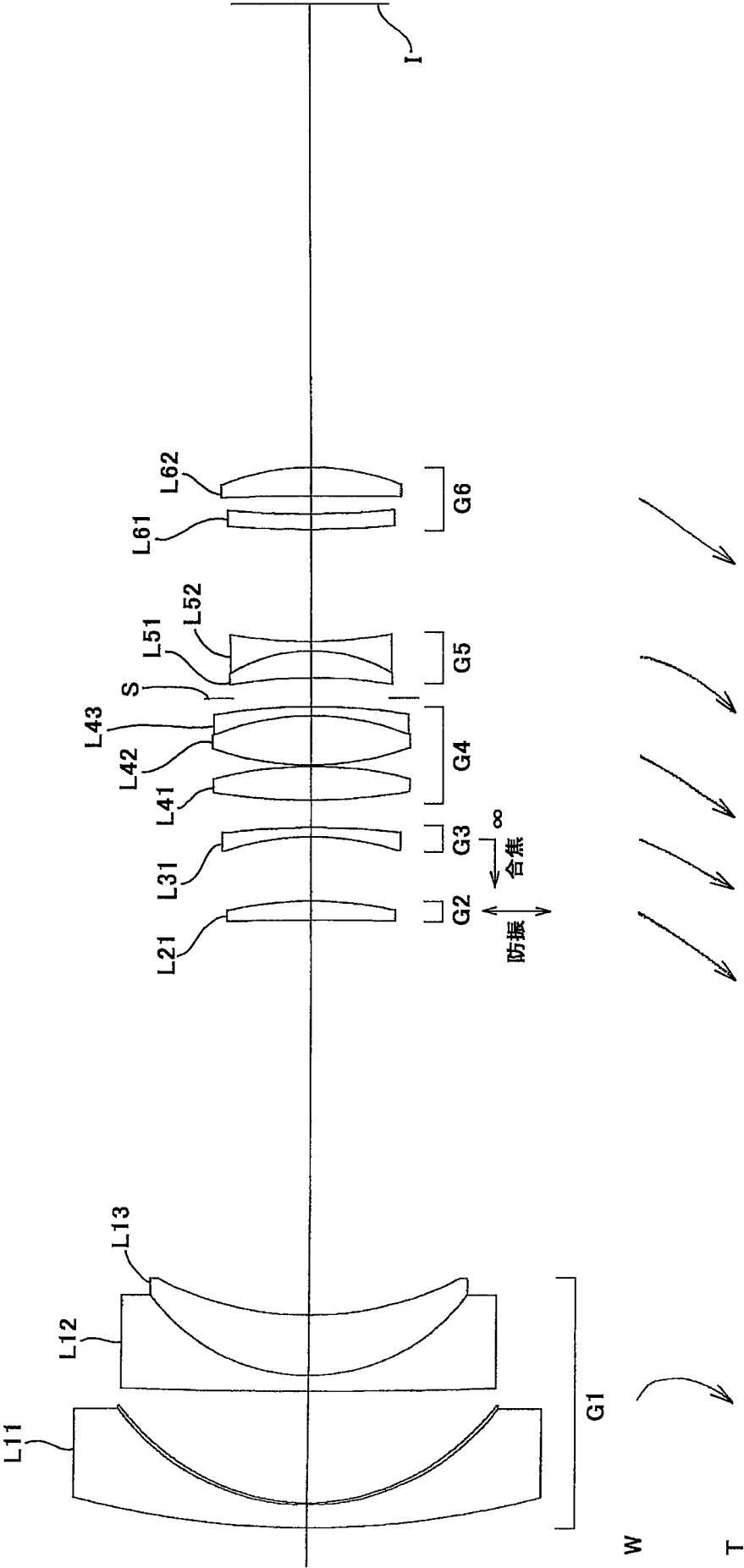


図20C



[図21]



[図22]

図22A

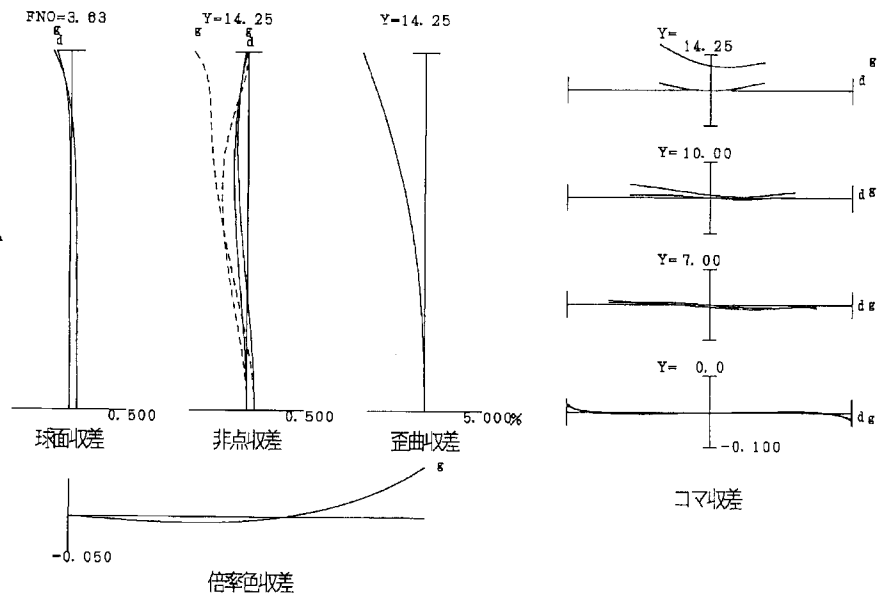


図22B

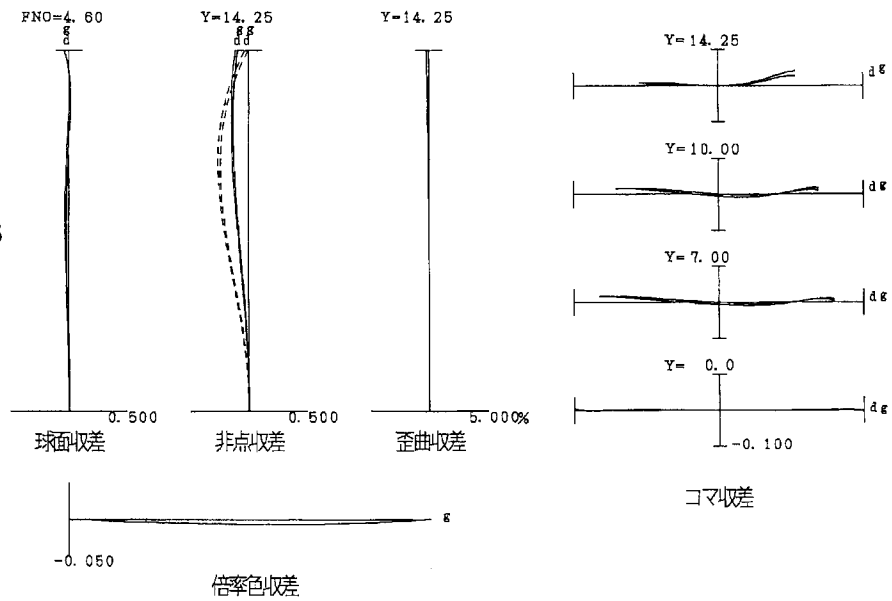
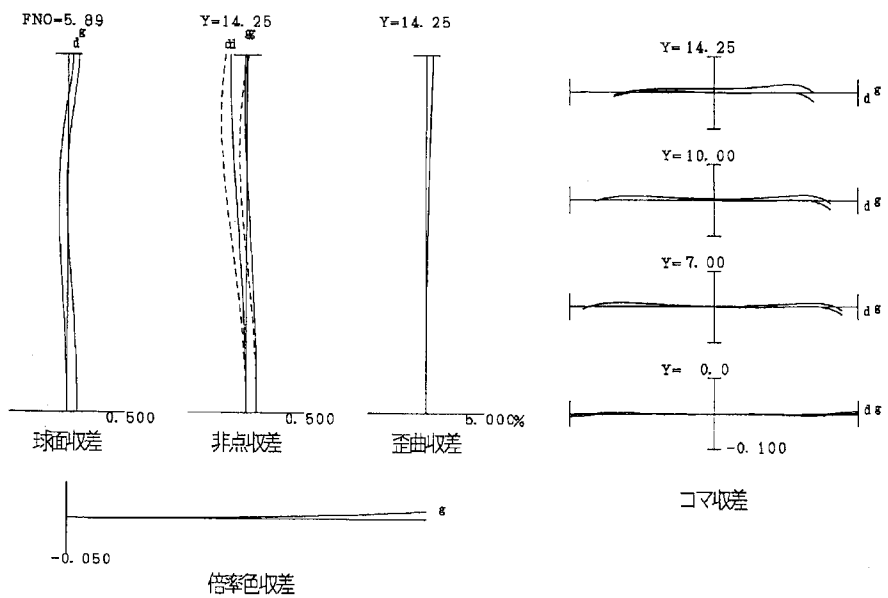
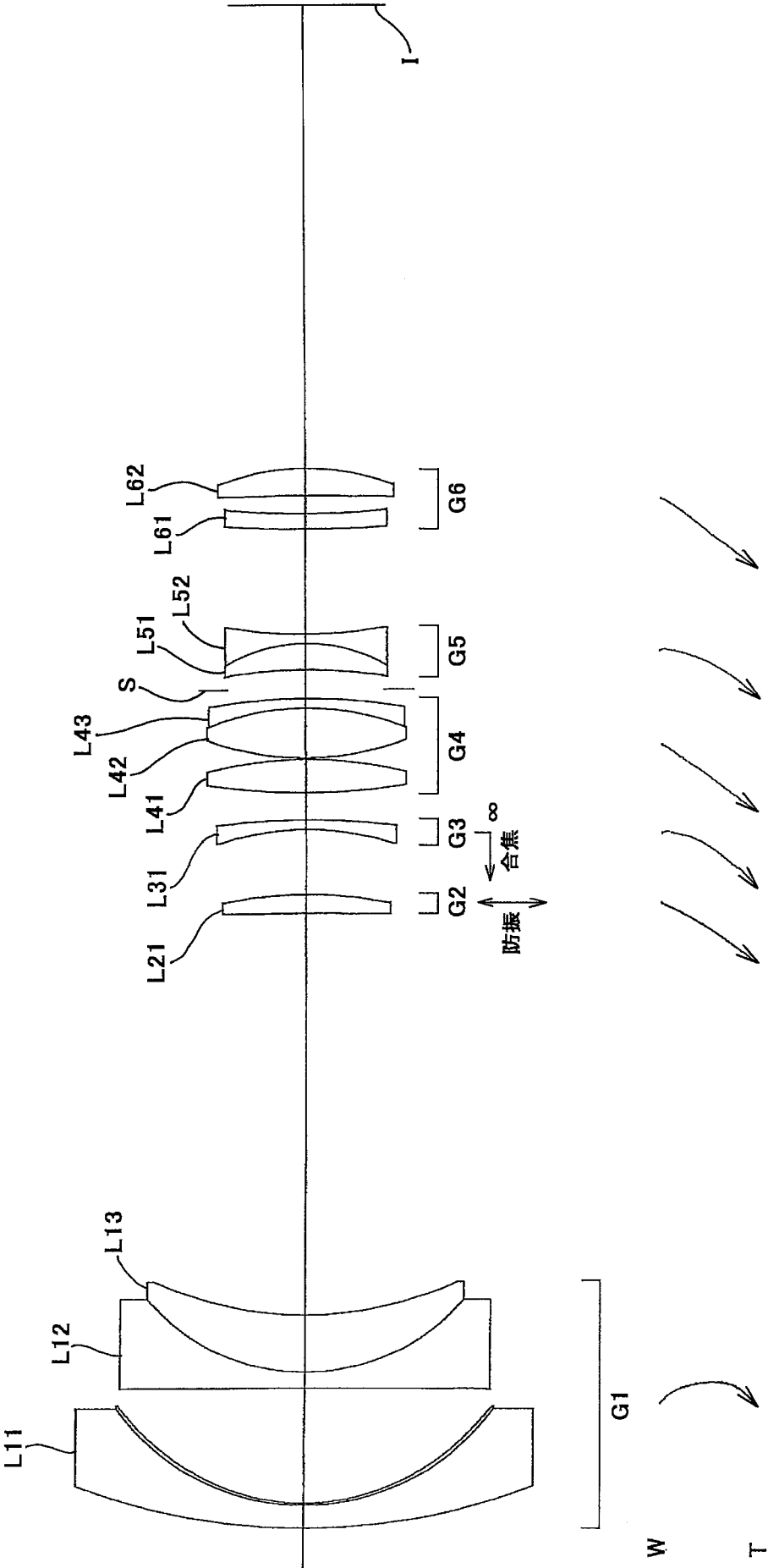


図22C



[図23]



[図24]

図24A

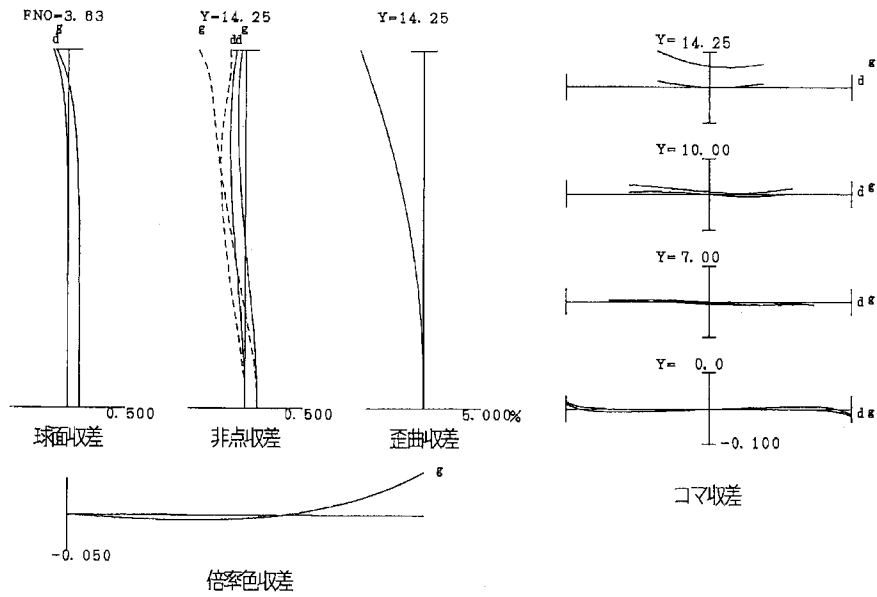


図24B

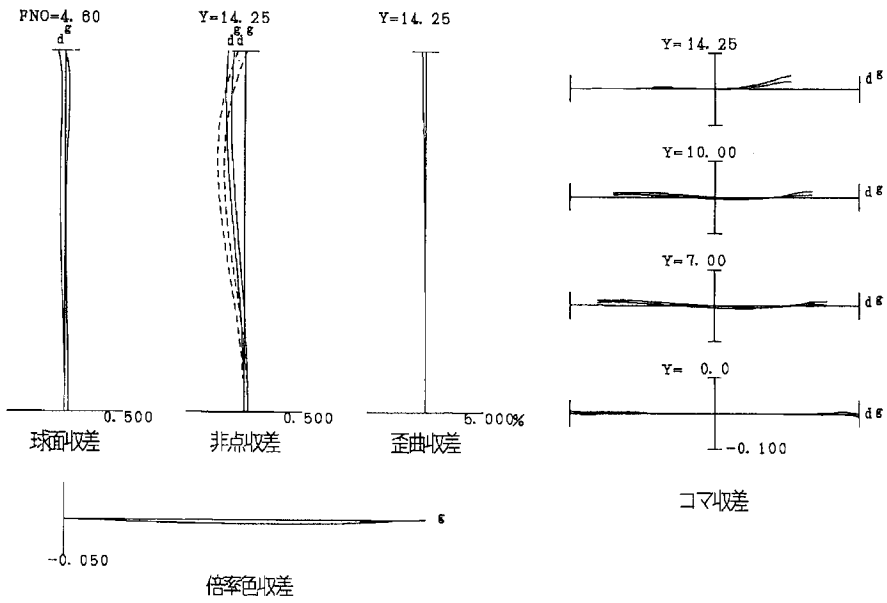
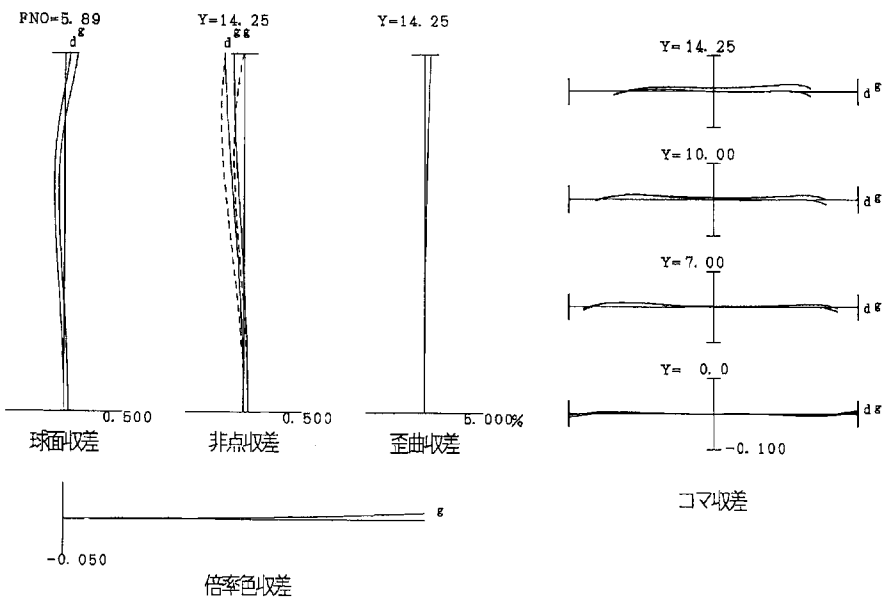
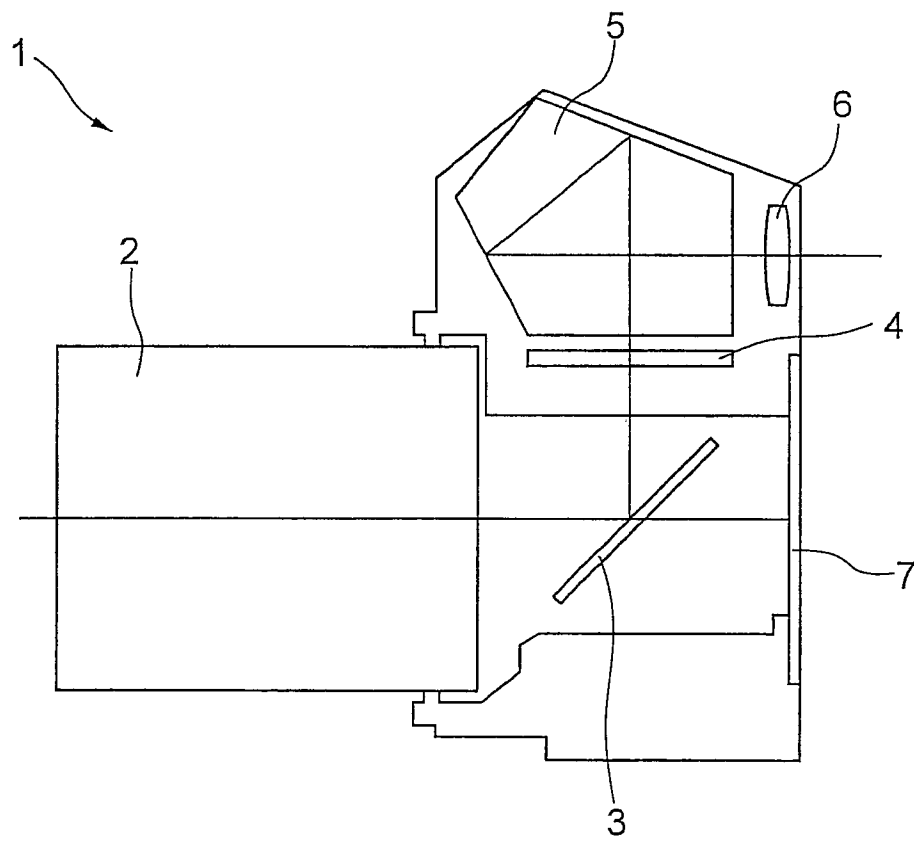


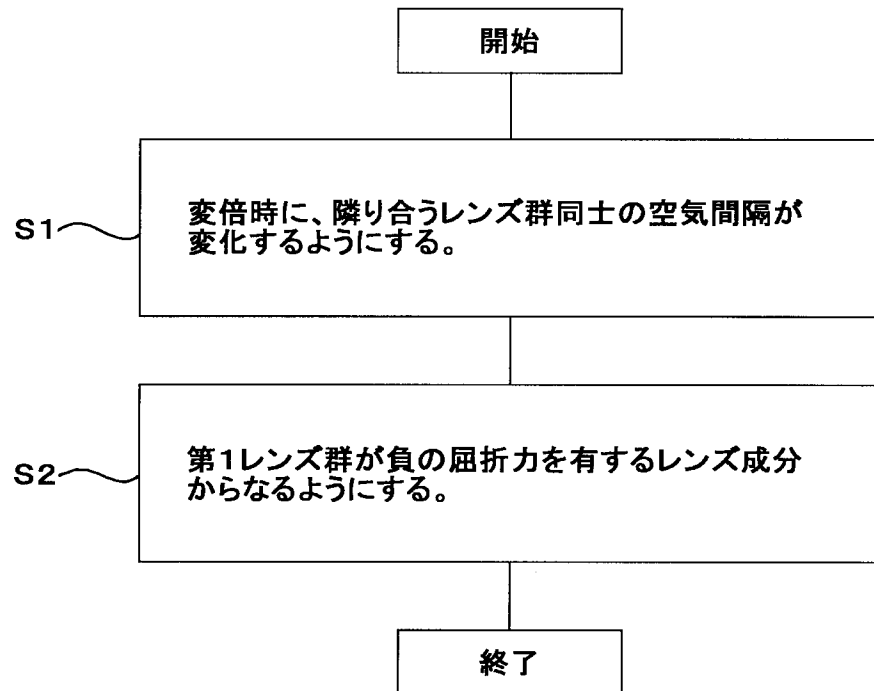
図24C



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

G02B15/20, G02B13/18

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 2007-94169 A (Nikon Corp.), 12 April 2007 (12.04.2007),	1, 3-6, 10, 13-15
Y	examples 1 to 6	7
A	(Family: none)	2, 9, 11, 12
X	JP 2005-49843 A (Nikon Corp.), 24 February 2005 (24.02.2005),	1, 3-6, 8, 9, 13-15
Y	examples 1, 5 to 10	7
A	& US 2005/0013015 A1 examples 1, 5 to 10 & CN 1576942 A & CN 101231381 A	2, 10-12
X	JP 7-287168 A (Nikon Corp.), 31 October 1995 (31.10.1995),	1-6, 8, 9, 13-15
Y	examples 1 to 5	7
A	& US 5585970 A Embodiments 2 to 6	10-12



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

19 July 2016 (19.07.16)

Date of mailing of the international search report

26 July 2016 (26.07.16)

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/JP2016/065604

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 2009-199092 A (Canon Inc.), 03 September 2009 (03.09.2009), examples 1 to 5; paragraphs [0037], [0053] (Family: none)	1, 3, 4, 6-8, 11, 13-15 2, 5, 9, 10, 12
X A	JP 2008-52174 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 06 March 2008 (06.03.2008), examples 9 to 11 (Family: none)	1, 4, 12-15 2, 3, 5-11
Y	JP 2006-301393 A (Casio Computer Co., Ltd.), 02 November 2006 (02.11.2006), paragraph [0011] (Family: none)	7-14
Y	JP 2012-63661 A (Panasonic Corp.), 29 March 2012 (29.03.2012), paragraph [0034] (Family: none)	7-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065604

The statement in claim 1 that "the first lens group consists of a lens component having negative refractive power" can be interpreted as the first lens group is made up of only a lens component having negative refractive power. However, for example, if a lens component included in the first lens group is a single lens, the conditional expression identified in claim 3 is not satisfied.

Furthermore, identified in claims 5 to 7 is that the first lens group has two lens components, and this does not match the matters specifying the invention according to claim 1 above.

Therefore, the inventions of claims 1, 3 and 5-7 do not comply with the requirement of clarity prescribed under PCT Article 6.

Furthermore, as mentioned above, the invention of claim 1 can be considered as the first lens group is made up of only a lens component having negative refractive power. However, any variable power optical system that is disclosed as an embodiment in the detailed description of the invention is only such that has the first lens group made up of two lens components, and thus claim 1 is not fully supported within the meaning of PCT Article 6.

Further, a similar reason occurs with respect to also other claims which refer to claim 15 and claims indicated above.

Therefore, if the matter of claims 1 and 15 that "the first lens group consists of a lens component having negative refractive power" is interpreted as the first lens group is made up of only a lens component having negative refractive power, no meaningful search [examination] cannot be conducted. Thus, the search [examination] was carried out assuming that the matter that "the first lens group consists of a lens component having negative refractive power" was not identified in claims 1 and 15.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, 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 (I P C))

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	1971-2016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

国際調査で利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 A	JP 2007-94169 A (株式会社ニコン) 2007.04.12, 実施例 1-6 (ファ ミリーなし)	1, 3-6, 10, 13-15 7 2, 9, 11, 12
X Y A	JP 2005-49843 A (株式会社ニコン) 2005.02.24, 実施例 1, 5-10 & US 2005/0013015 A1, Example 1, 5-10 & CN 1576942 A & CN 101231381 A	1, 3-6, 8, 9, 13-15 7 2, 10-12

☒ 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

19.07.2016

国際調査報告の発送日

26.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)

郵便番号 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

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2V

3713

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 7-287168 A (株式会社ニコン) 1995. 10. 31, 実施例 1-5 & US 5585970 A, Embodiment 2-6	1-6, 8, 9, 13-15 7 10-12
X A	JP 2009-199092 A (キヤノン株式会社) 2009. 09. 03, 実施例 1-5, [0037], [0053] (ファミリーなし)	1, 3, 4, 6-8, 11, 13-15 2, 5, 9, 10, 12
X A	JP 2008-52174 A (コニカミノルタオプト株式会社) 2008. 03. 06, 実施例 9-11 (ファミリーなし)	1, 4, 12-15 2, 3, 5-11
Y	JP 2006-301393 A (カシオ計算機株式会社) 2006. 11. 02, [0011] (ファミリーなし)	7-14
Y	JP 2012-63661 A (パナソニック株式会社) 2012. 03. 29, [0034] (ファミリーなし)	7-14

請求項 1 における「前記第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる」との記載は、第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分のみから構成されると解されるが、例えば、第 1 レンズ群に含まれるレンズ成分が単レンズの場合、請求項 3 に特定される条件式を満足しない。また、請求項 5・7 には第 1 レンズ群が 2 つのレンズ成分を有することが特定されており、上記請求項 1 の特定事項と整合しない。よって、請求項 1、3、5・7 に係る発明は、PCT 第 6 条に規定される明確性に関する要件を満たしていない。

さらに、上述の通り、請求項 1 に係る発明においては、第 1 レンズ群は負の屈折力を有するレンズ成分のみから構成されると認められるが、発明の詳細な説明に実施例として開示される変倍光学系は、第 1 レンズ群が 2 つのレンズ成分から構成されるもののみであり、PCT 第 6 条の意味での裏付けを欠いている。

また、請求項 15 及び上記指摘の請求項を引用する他の請求項についても同様の理由が発生している。

よって、請求項 1、15 における「前記第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる」との事項について、第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分のみから構成されると解すると有意義な調査〔審査〕を行うことができないため、請求項 1、15 において、「前記第 1 レンズ群が負の屈折力を有するレンズ成分からなる」との事項が特定されていないものとして調査〔審査〕を行った。