(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
2014 年 3 月 6 日(06.03.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/034728 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) *G03B 5/00* (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073020

(22) 国際出願日: 2013 年 8 月 28 日(28.08.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2012-189692 2012 年 8 月 30 日(30.08.2012) JP
特願 2012-189693 2012 年 8 月 30 日(30.08.2012) JP
特願 2012-189694 2012 年 8 月 30 日(30.08.2012) JP

(71) 出願人: 株式会社ニコン(**NIKON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 上原 健(**UEHARA, Takeru**); 〒1008331 東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 鈴木 剛司(**SUZUKI, Takeshi**); 〒1008331 東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 井上 義雄, 外(**INOUE, Yoshio** et al.); 〒1030027 東京都中央区日本橋３丁目１番４号画廊ビル３階 Tokyo (JP).

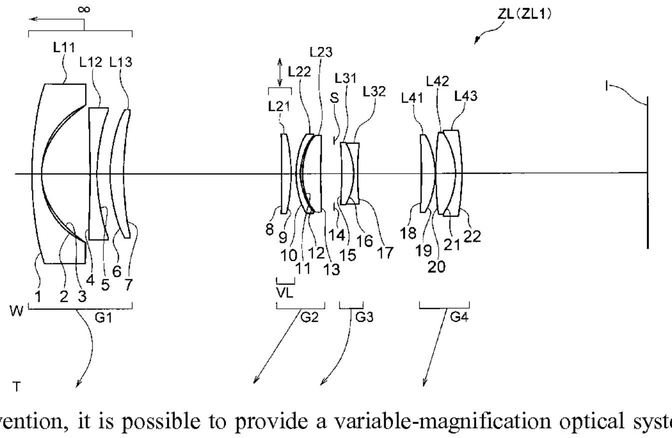
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

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

(54) 発明の名称 : 変倍光学系、この変倍光学系を有する光学装置、及び、変倍光学系の製造方法



(57) Abstract: By the present invention, it is possible to provide a variable-magnification optical system, an optical device having the optical system, and a method for manufacturing a variable-magnification optical system, the variable-magnification optical system being provided with optical performance whereby fluctuation in aberration during variation of magnification is reduced, and it is possible to respond to fluctuation in aberration during camera shake correction by satisfying predetermined conditions by a configuration in which the variable-magnification optical system has, in order from the object, 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 fourth lens group (G4) having a positive refractive power, an interval between the first lens group (G1) and the second lens group (G2) changes, an interval between the second lens group (G2) and the third lens group (G3) changes, and an interval between the third lens group (G3) and the fourth lens group (G4) changes during variation of magnification from a wide-angle-end state to a telephoto-end state, and at least one single lens of the second lens group (G2) is an anti-vibration lens group (VL) for moving so as to include a component in the direction orthogonal to the optical axis.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/034728 A1

(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

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第４レンズ群Ｇ４と、を有し、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群Ｇ１と前記第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、前記第２レンズ群Ｇ２と前記第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、前記第３レンズ群Ｇ３と前記第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化し、前記第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬであり、所定の条件を満足することにより、変倍時における収差変動が小さく、手ぶれ補正時の収差変動に対応可能な光学性能を備えた変倍光学系、この光学系を有する光学装置、及び、変倍光学系の製造方法を提供することができる。

明　細　書

発明の名称 ：

変倍光学系、この変倍光学系を有する光学装置、及び、変倍光学系の製造方法

技術分野

[0001]　本発明は、変倍光学系、この変倍光学系を有する光学装置、及び、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、特開平１１－１７４３２９号公報を参照。）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003]　しかしながら、従来の変倍光学系は、変倍時における収差変動が大きく、また、手ぶれ補正時の収差変動にも対応できていないという課題があった。

[0004]　本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、変倍時における収差変動が小さく、手ぶれ補正時の収差変動に対応可能な光学性能を備えた変倍光学系、この変倍光学系を有する光学装置、及び、変倍光学系の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005]　前記課題を解決するため、本発明の第１態様は、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、を有し、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔

が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

０．３５　＜　Ｄ３ｗ／（－ｆ３）　＜　０．４５

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との空気間隔

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

[0006]　また、本発明の第２態様は、本発明の第１態様に係る変倍光学系を有することを特徴とする光学装置を提供する。

[0007]　また、本発明の第３態様は、物体側から順に、

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、を有し、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、

前記第１レンズ群は、最も物体側に第１負レンズを有し、最も像側に正レンズを有し、次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

２．１０　＜　ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）　＜　３．００

但し、

ｆ１ｇｆ：前記第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：前記正レンズの焦点距離

[0008] また、本発明の第４態様は、本発明の第３態様に係る変倍光学系を有することを特徴とする光学装置を提供する。

[0009] また、本発明の第５態様は、物体側から順に、

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、を有し、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系を提供する。

$$0.81 < f2/(-f3) < 1.00$$

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

[0010] また、本発明の第６態様は、本発明の第５態様に係る変倍光学系を有することを特徴とする光学装置を提供する。

[0011] また、本発明の第７態様は、物体側から順に、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、を有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群として配置し、

前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

０．３５　＜　Ｄ３ｗ／（－ｆ３）　＜　０．４５

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との空気間隔

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

[0012]　また、本発明の第８態様は、物体側から順に、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、を有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群として配置し、

前記第１レンズ群に、次式の条件を満足するように、最も物体側に第１負レンズを配置し、最も像側に正レンズを配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

２．１０　＜　ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）　＜　３．００

但し、

ｆ１ｇｆ：前記第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：前記正レンズの焦点距離

[0013]　また、本発明の第９態様は、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、を有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群として配置し、

前記第２レンズ群及び前記第３レンズ群を、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

０．８１　＜　ｆ２／（－ｆ３）　＜　１．００

但し、

ｆ２：第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：第３レンズ群の焦点距離

発明の効果

[0014]　本発明を以上のように構成すると、変倍時における収差変動が小さく、手ぶれ補正時の収差変動に対応可能な光学性能を備えた変倍光学系、この変倍光学系を有する光学装置、及び、変倍光学系の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図１は、本願の第１ないし第３実施形態に共通の第１実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図2]図２Ａ、図２Ｂは、本願の第１実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、図２Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図２Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図3]図３は、本願の第１実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態におけ

る無限遠合焦状態の諸収差図である。

[図4]図４Ａ、図４Ｂは、本願の第１実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、図４Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図４Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図5]図５は、本願の第１ないし第３実施形態に共通の第２実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図6]図６Ａ、図６Ｂは、本願の第２実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、図６Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図６Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図7]図７は、本願の第２実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦状態の諸収差図である。

[図8]図８Ａ、図８Ｂは、本願の第２実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、図８Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図８Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図9]図９は、本願の第１ないし第３実施形態に共通の第３実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図10]図１０Ａ、図１０Ｂは、本願の第３実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、図１０Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図１０Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図11]図１１は、本願の第３実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦状態の諸収差図である。

[図12]図１２Ａ、図１２Ｂは、本願の第３実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、図１２Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図１２Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図13]図１３は、本願の第１ないし第３実施形態に共通の第４実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図14]図１４Ａ、図１４Ｂは、本願の第４実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、図１４Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図１４Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図15]図１５は、本願の第４実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦状態の諸収差図である。

[図16]図１６Ａ、図１６Ｂは、本願の第４実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、図１６Ａは無限遠合焦状態の収差図であり、図１６Ｂは無限遠合焦状態において像ぶれ補正を行ったときのコマ収差図である。

[図17]図１７は、本願の第１ないし第３実施形態に係る変倍光学系を搭載するカメラの断面図を示す。

[図18]図１８は、本願の第１実施形態に係る変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

[図19]図１９は、本願の第２実施形態に係る変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

[図20]図２０は、本願の第３実施形態に係る変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0016] （第１実施形態）

以下、本発明の好ましい第１実施形態について図面を参照して説明する。図１に示すように、本第１実施形態に係る変倍光学系ＺＬ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第４レンズ群Ｇ４と、を有して構成される。また、この変倍光学系ＺＬは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化する。また、

この変倍光学系ＺＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズ（例えば、図１における正メニスカスレンズＬ２１）は、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬである。本第１実施形態に係る変倍光学系ＺＬをこのように構成すると、変倍時の望遠端におけるコマ収差と広角端における像面湾曲収差とを効果的に補正しつつ、光軸と略直交する方向の所定の像面移動量を確保することができる。

[0017] それでは、このような変倍光学系ＺＬを構成するための条件について説明する。まず、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１）を満足することが望ましい。

０．３５ ＜ Ｄ３ｗ／（−ｆ３） ＜ ０．４５ （１）

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔

ｆ３：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0018] 条件式（１）は第３レンズ群Ｇ３の焦点距離に対する第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔を規定するための条件式である。Ｄ３ｗ／（−ｆ３）がこの条件式（１）の上限値を上回ると、広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔Ｄ３ｗが広くなり、また第３レンズ群Ｇ３の焦点距離ｆ３が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の上限値を０．４２にすることが好ましい。反対に、Ｄ３ｗ／（−ｆ３）が条件式（１）の下限値を下回ると、広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔Ｄ３ｗが狭くなり、また第３レンズ群Ｇ３の焦点距離ｆ３が長くなり、広角端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の下限値を０．３８にすることが好ましい。

[0019] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１は、最も物体側に第１負レンズ（例えば、図１における非球面負レンズＬ１１）を有し、最も

像側に正レンズ（例えば、図１における正メニスカスレンズＬ１３）を有し、以下に示す条件式（２）を満足することが望ましい。

２．１０ ＜ ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ） ＜ ３．００　　　　（２）

但し、

ｆ１ｇｆ：第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：正レンズの焦点距離

[0020] 条件式（２）は第１レンズ群Ｇ１の焦点距離に対して、最も物体側に配置された第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆと最も像側に配置された正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒとを適切に規定するものである。ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）がこの条件式（２）の上限値を上回ると、第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆが短くなり、また正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒが長くなり、広角端状態におけるコマ収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を２．４４にすることが好ましい。反対に、ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）が条件式（２）の下限値を下回ると、第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆが長くなり、また正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒが短くなり、望遠端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の下限値を２．１４にすることが好ましい。

[0021] ここで、第１負レンズと正レンズとの間に少なくとも一枚の負レンズ（例えば、図１における両凹レンズＬ１２）を設けることにより、先玉レンズ径が大きくなることなく、広角端近傍の像面湾曲を良好に補正することができる。さらには、この第１レンズ群Ｇ１を、第１負レンズ、第２負レンズ及び正レンズからなる３枚のレンズで構成することにより、この効果をより発揮させることができる。

[0022] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（３）を満足することが望ましい。

０．８１ ＜ ｆ２／（－ｆ３） ＜ １．００　　　　（３）

但し、

ｆ２：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

ｆ３：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0023] 条件式（３）は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離に対する、適切な第３レンズ群Ｇ３の焦点距離を規定するものである。ｆ２／（－ｆ３）がこの条件式（３）の上限値を上回ると、第３レンズ群Ｇ３の焦点距離が短くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が長くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を０．８４とすることが好ましい。反対に、ｆ２／（－ｆ３）が条件式（３）の下限値を下回ると、第３レンズ群Ｇ３の焦点距離が長くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の下限値を０．８２とすることが好ましい。

[0024] また、この変倍光学系ＺＬは、第３レンズ群Ｇ３の近傍に開口絞りＳを有することが望ましい。このような構成によると、広角端から望遠端の開放絞り径を一定にして、メカ構成を簡素化することで、組み付け誤差による光学性能の劣化を防ぐことができる。

[0025] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（４）を満足することが望ましい。

０．６０ ＜ ｆ2／ｆ4 ＜ ０．７０ （４）

但し、

ｆ２：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

ｆ４：第４レンズ群Ｇ４の焦点距離

[0026] 条件式（４）は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離に対する、適切な第４レンズ群Ｇ４の焦点距離を規定するものである。ｆ２／ｆ４がこの条件式（４）の上限値を上回ると、第４レンズ群Ｇ４の焦点距離が短くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が長くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（

４）の上限値を０．６８とすることが好ましい。反対に、ｆ２／ｆ４が条件式（４）の下限値を下回ると、第４レンズ群Ｇ４の焦点距離が長くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が短くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（４）の下限値を０．６５とすることが好ましい。

[0027] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１のうち、最も物体側のレンズは非球面（例えば、図１における非球面負レンズＬ１１の像側の面（第３面））を有することが望ましい。これにより、広角端状態における像面湾曲収差と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。

[0028] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズで構成されていることが望ましい。これにより、広角端状態における色コマ収差を効果的に補正することができる。

[0029] また、この変倍光学系ＺＬは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が増大し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が減少するように構成されていることが望ましい。これにより、球面収差と像面湾曲の変動を効果的に補正しつつ、所定の変倍比を確保することができる。

[0030] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２、第３レンズ群Ｇ３及び第４レンズ群Ｇ４は、全てのレンズが球面レンズで構成されていることが望ましい。これにより、レンズ加工及び組立調整が容易になり、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。

[0031] 以下、本第１実施形態に係る変倍光学系ＺＬの製造方法の概略を、図１８を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群Ｇ１～Ｇ４をそれぞれ準備する（ステップＳ１１）。また、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化するよう配置する（ステップＳ１２）。また

、第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬとして配置する（ステップＳ１３）。さらにまた、第３レンズ群Ｇ３及び第４レンズ群Ｇ４を、前述の条件式（１）を満足するように配置する(ステップＳ１４)。

[0032] 具体的には、本第１実施形態では、例えば図１に示すように、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形状の非球面負レンズＬ１１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３を配置して第１レンズ群Ｇ１とし、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Ｌ２１、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３を配置して第２レンズ群Ｇ２とし、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と両凹レンズＬ３２との接合レンズを配置して第３レンズ群Ｇ３とし、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Ｌ４１、及び、両凸レンズＬ４２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ４３との接合レンズを配置して第４レンズ群Ｇ４とする。このようにして準備した各レンズ群を上述の手順で配置して変倍光学系ＺＬを製造する。

[0033] (第２実施形態)

以下、本発明の好ましい第２実施形態について図面を参照して説明する。図１に示すように、本第２実施形態に係る変倍光学系ＺＬ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第４レンズ群Ｇ４と、を有して構成される。また、この変倍光学系ＺＬは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化する。また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズ（例えば、図１における正メニスカスレンズＬ２１）は、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬである。本第２実

施形態に係る変倍光学系ＺＬをこのように構成すると、変倍時の望遠端におけるコマ収差と広角端における像面湾曲収差とを効果的に補正しつつ、光軸と略直交する方向の所定の像面移動量を確保することができる。

[0034] それでは、このような変倍光学系ＺＬを構成するための条件について説明する。まず、この変倍光学系ＺＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１は、最も物体側に第１負レンズ（例えば、図１における非球面負レンズＬ１１）を有し、最も像側に正レンズ（例えば、図１における正メニスカスレンズＬ１３）を有し、以下に示す条件式（２）を満足することが望ましい。

２．１０ ＜ ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ） ＜ ３．００ （２）

但し、

ｆ１ｇｆ：第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：正レンズの焦点距離

[0035] 条件式（２）は第１レンズ群Ｇ１の焦点距離に対して、最も物体側に配置された第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆと最も像側に配置された正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒとを適切に規定するものである。ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）がこの条件式（２）の上限値を上回ると、第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆが短くなり、また正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒが長くなり、広角端状態におけるコマ収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を２．４４にすることが好ましい。反対に、ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）が条件式（２）の下限値を下回ると、第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆが長くなり、また正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒが短くなり、望遠端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の下限値を２．１４にすることが好ましい。

[0036] ここで、第１負レンズと正レンズとの間に少なくとも一枚の負レンズ（例えば、図１における両凹レンズＬ１２）を設けることにより、先玉レンズ径が大きくなることなく、広角端近傍の像面湾曲を良好に補正することができる。さらには、この第１レンズ群Ｇ１を、第１負レンズ、第２負レンズ及び

正レンズからなる３枚のレンズで構成することにより、この効果をより発揮させせることができる。

[0037] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１）を満足することが望ましい。

０．３５ ＜ Ｄ３ｗ／（－ｆ３） ＜ ０．４５ （１）

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔

ｆ３：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0038] 条件式（１）は第３レンズ群Ｇ３の焦点距離に対する第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔を規定するための条件式である。Ｄ３ｗ／（－ｆ３）がこの条件式（１）の上限値を上回ると、広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔Ｄ３ｗが広くなり、また第３レンズ群Ｇ３の焦点距離ｆ３が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の上限値を０．４２にすることが好ましい。反対に、Ｄ３ｗ／（－ｆ３）が条件式（１）の下限値を下回ると、広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔Ｄ３ｗが狭くなり、また第３レンズ群Ｇ３の焦点距離ｆ３が長くなり、広角端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の下限値を０．３８にすることが好ましい。

[0039] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（３）を満足することが望ましい。

０．８１ ＜ ｆ２／（－ｆ３） ＜ １．００ （３）

但し、

ｆ２：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

ｆ３：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0040] 条件式（３）は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離に対する、適切な第３レンズ

群Ｇ３の焦点距離を規定するものである。ｆ２／（－ｆ３）がこの条件式（３）の上限値を上回ると、第３レンズ群Ｇ３の焦点距離が短くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が長くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を０．８４とすることが好ましい。反対に、ｆ２／（－ｆ３）が条件式（３）の下限値を下回ると、第３レンズ群Ｇ３の焦点距離が長くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の下限値を０．８２とすることが好ましい。

[0041] また、この変倍光学系ＺＬは、第３レンズ群Ｇ３の近傍に開口絞りＳを有することが望ましい。このような構成によると、広角端から望遠端の開放絞り径を一定にして、メカ構成を簡素化することで、組み付け誤差による光学性能の劣化を防ぐことができる。

[0042] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（４）を満足することが望ましい。

０．６０ ＜ ｆ2／ｆ4 ＜ ０．７０ （４）

但し、

ｆ２：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

ｆ４：第４レンズ群Ｇ４の焦点距離

[0043] 条件式（４）は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離に対する、適切な第４レンズ群Ｇ４の焦点距離を規定するものである。ｆ２／ｆ４がこの条件式（４）の上限値を上回ると、第４レンズ群Ｇ４の焦点距離が短くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が長くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（４）の上限値を０．６８とすることが好ましい。反対に、ｆ２／ｆ４が条件式（４）の下限値を下回ると、第４レンズ群Ｇ４の焦点距離が長くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が短くなり、望遠端状態における像面湾曲収

差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（４）の下限値を０．６５とすることが好ましい。

[0044] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１のうち、最も物体側のレンズは非球面（例えば、図１における非球面負レンズＬ１１の像側の面（第３面））を有することが望ましい。これにより、広角端状態における像面湾曲収差と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。

[0045] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズで構成されていることが望ましい。これにより、広角端状態における色コマ収差を効果的に補正することができる。

[0046] また、この変倍光学系ＺＬは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が増大し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が減少するように構成されていることが望ましい。これにより、球面収差と像面湾曲の変動を効果的に補正しつつ、所定の変倍比を確保することができる。

[0047] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２、第３レンズ群Ｇ３及び第４レンズ群Ｇ４は、全てのレンズが球面レンズで構成されていることが望ましい。これにより、レンズ加工及び組立調整が容易になり、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。

[0048] 以下、本第２実施形態に係る変倍光学系ＺＬの製造方法の概略を、図１９を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群Ｇ１～Ｇ４をそれぞれ準備する（ステップＳ２１）。また、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化するよう配置する（ステップＳ２２）。また、第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬとして配置する（ステップＳ２３）。さらにまた、第１レンズ群Ｇ１に、前述の条件式（２）を満足

するように、最も物体側に第１負レンズを配置し、最も像側に正レンズを配置する(ステップＳ２４)。

[0049] 具体的には、本第２実施形態では、例えば図１に示すように、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形状の非球面負レンズＬ１１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３を配置して第１レンズ群Ｇ１とし、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Ｌ２１、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３を配置して第２レンズ群Ｇ２とし、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と両凹レンズＬ３２との接合レンズを配置して第３レンズ群Ｇ３とし、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Ｌ４１、及び、両凸レンズＬ４２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ４３との接合レンズを配置して第４レンズ群Ｇ４とする。このようにして準備した各レンズ群を上述の手順で配置して変倍光学系ＺＬを製造する。

[0050] （第３実施形態）

以下、本発明の好ましい第３実施形態について図面を参照して説明する。図１に示すように、本第３実施形態に係る変倍光学系ＺＬ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第４レンズ群Ｇ４と、を有して構成される。また、この変倍光学系ＺＬは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化する。また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズ（例えば、図１における正メニスカスレンズＬ２１）は、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬである。本第３実施形態に係る変倍光学系ＺＬをこのように構成すると、変倍時の望遠端におけるコマ収差と広角端における像面湾曲収差とを効果的に補正しつつ、光軸

と略直交する方向の所定の像面移動量を確保することができる。

[0051] それでは、このような変倍光学系ＺＬを構成するための条件について説明する。まず、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（３）を満足することが望ましい。

０．８１ ＜ ｆ２／（－ｆ３） ＜ １．００ （３）

但し、ｆ２：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

ｆ３：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0052] 条件式（３）は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離に対する、適切な第３レンズ群Ｇ３の焦点距離を規定するものである。ｆ２／（－ｆ３）がこの条件式（３）の上限値を上回ると、第３レンズ群Ｇ３の焦点距離が短くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が長くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を０．８４とすることが好ましい。反対に、ｆ２／（－ｆ３）が条件式（３）の下限値を下回ると、第３レンズ群Ｇ３の焦点距離が長くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の下限値を０．８２とすることが好ましい。

[0053] また、この変倍光学系ＺＬは、第３レンズ群Ｇ３の近傍に開口絞りＳを有することが望ましい。このような構成によると、広角端から望遠端の開放絞り径を一定にして、メカ構成を簡素化することで、組み付け誤差による光学性能の劣化を防ぐことができる。

[0054] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１は、最も物体側に第１負レンズ（例えば、図１における非球面負レンズＬ１１）を有し、最も像側に正レンズ（例えば、図１における正メニスカスレンズＬ１３）を有し、以下に示す条件式（２）を満足することが望ましい。

２．１０ ＜ ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ） ＜ ３．００ （２）

但し、

ｆ１ｇｆ：第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：正レンズの焦点距離

[0055] 条件式（２）は第１レンズ群Ｇ１の焦点距離に対して、最も物体側に配置された第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆと最も像側に配置された正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒとを適切に規定するものである。ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）がこの条件式（２）の上限値を上回ると、第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆが短くなり、また正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒが長くなり、広角端状態におけるコマ収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を２．４４にすることが好ましい。反対に、ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）が条件式（２）の下限値を下回ると、第１負レンズの焦点距離ｆ１ｇｆが長くなり、また正レンズの焦点距離ｆ１ｇｒが短くなり、望遠端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の下限値を２．１４にすることが好ましい。

[0056] ここで、第１負レンズと正レンズとの間に少なくとも一枚の負レンズ（例えば、図１における両凹レンズＬ１２）を設けることにより、先玉レンズ径が大きくなることなく、広角端近傍の像面湾曲を良好に補正することができる。さらには、この第１レンズ群Ｇ１を、第１負レンズ、第２負レンズ及び正レンズからなる３枚のレンズで構成することにより、この効果をより発揮させることができる。

[0057] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１）を満足することが望ましい。

０．３５ ＜ Ｄ３ｗ／（－ｆ３） ＜ ０．４５ （１）

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔

ｆ３：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0058] 条件式（１）は第３レンズ群Ｇ３の焦点距離に対する第３レンズ群Ｇ３と

第４レンズ群Ｇ４との空気間隔を規定するための条件式である。Ｄ３ｗ／（－ｆ３）がこの条件式（１）の上限値を上回ると、広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔Ｄ３ｗが広くなり、また第３レンズ群Ｇ３の焦点距離ｆ３が短くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の上限値を０．４２にすることが好ましい。反対に、Ｄ３ｗ／（－ｆ３）が条件式（１）の下限値を下回ると、広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔Ｄ３ｗが狭くなり、また第３レンズ群Ｇ３の焦点距離ｆ３が長くなり、広角端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の下限値を０．３８にすることが好ましい。

[0059] また、この変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（４）を満足することが望ましい。

０．６０ ＜ ｆ2／ｆ4 ＜ ０．７０ （4）

但し、

ｆ２：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

ｆ４：第４レンズ群Ｇ４の焦点距離

[0060] 条件式（４）は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離に対する、適切な第４レンズ群Ｇ４の焦点距離を規定するものである。ｆ２／ｆ４がこの条件式（４）の上限値を上回ると、第４レンズ群Ｇ４の焦点距離が短くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が長くなり、広角端状態における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（４）の上限値を０．６８とすることが好ましい。反対に、ｆ２／ｆ４が条件式（４）の下限値を下回ると、第４レンズ群Ｇ４の焦点距離が長くなり、また第２レンズ群Ｇ２の焦点距離が短くなり、望遠端状態における像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本願の効果を確実にするために、条件式（４）の下限値を０．６５とすることが好ましい。

[0061] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１のうち、最も物体

側のレンズは非球面（例えば、図１における非球面負レンズＬ１１の像側の面（第３面））を有することが望ましい。これにより、広角端状態における像面湾曲収差と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。

[0062] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズで構成されていることが望ましい。これにより、広角端状態における色コマ収差を効果的に補正することができる。

[0063] また、この変倍光学系ＺＬは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が増大し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が減少するように構成されていることが望ましい。これにより、球面収差と像面湾曲の変動を効果的に補正しつつ、所定の変倍比を確保することができる。

[0064] また、この変倍光学系ＺＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２、第３レンズ群Ｇ３及び第４レンズ群Ｇ４は、全てのレンズが球面レンズで構成されていることが望ましい。これにより、レンズ加工及び組立調整が容易になり、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。

[0065] 以下、本第３実施形態に係る変倍光学系ＺＬの製造方法の概略を、図２０を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群Ｇ１～Ｇ４をそれぞれ準備する（ステップＳ３１）。また、広角端状態から望遠端状態まで変倍する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔が変化し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔が変化するよう配置する（ステップＳ３２）。また、第２レンズ群Ｇ２のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群ＶＬとして配置する（ステップＳ３３）。さらにまた、第２レンズ群Ｇ２及び第３レンズ群Ｇ３を、前述の条件式（３）を満足するように配置する(ステップＳ３４)。

[0066] 具体的には、本第３実施形態では、例えば図１に示すように、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形状の非球面負レンズＬ１

１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３を配置して第１レンズ群Ｇ１とし、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Ｌ２１、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３を配置して第２レンズ群Ｇ２とし、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と両凹レンズＬ３２との接合レンズを配置して第３レンズ群Ｇ３とし、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Ｌ４１、及び、両凸レンズＬ４２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ４３との接合レンズを配置して第４レンズ群Ｇ４とする。このようにして準備した各レンズ群を上述の手順で配置して変倍光学系ＺＬを製造する。

[0067] 次に、本願の第１ないし第３実施形態に共通の第１実施例に係る変倍光学系ＺＬを備えた光学装置であるカメラを図１７に基づいて説明する。このカメラ１は、撮影レンズ２として本願の第１実施例に係る変倍光学系ＺＬを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。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り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。

[0068] また、撮影者によって不図示のレリーズボタンが押されると、撮像部３により光電変換された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。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る変倍光学系ＺＬ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。

[0069] なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

本願の第１ないし第３実施形態では、４群構成の変倍光学系ＺＬを示したが、以上の構成条件等は、５群、６群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも１枚のレンズを有する部分を示す。

[0070] また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モーター等の）モーター駆動にも適している。特に、前述のように、第１レンズ群Ｇ１の少なくとも一部を合焦レンズ群とするのが好ましい。

[0071] また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、前述のように、第２レンズ群Ｇ２の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

[0072] また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を妨げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、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良い。

[0073] 開口絞りＳは、第３レンズ群Ｇ３の近傍に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

[0074] さらに、各レンズ面には、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ために、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良い。

[0075] また、本願の第１ないし第３実施形態の変倍光学系ＺＬは、変倍比が２．０～５．０程度である。

[0076] 以下、本願の第１ないし第３実施形態に共通の各実施例を、図面に基づいて説明する。第１ないし第４実施例は、第１ないし第３実施形態の全てに共通する実施例である。なお、図１、図５、図９及び図１３は、各実施例に係る変倍光学系ＺＬ（ＺＬ１～ＺＬ４）の構成及び屈折力配分並びに無限遠合焦状態から近距離合焦状態への合焦状態の変化における各レンズ群の移動の様子を示す断面図である。また、これらの変倍光学系ＺＬ１～ＺＬ４の断面図の下部には、広角端状態（Ｗ）から望遠端状態（Ｔ）に変倍する際の各レンズ群Ｇ１～Ｇ４の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。また、図１、図５、図９及び図１３に示すように、第１～第４実施例に係る変倍光学系ＺＬ１～ＺＬ４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第４レンズ群Ｇ４とから構成されている。そして、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との空気間隔が変化し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との空気間隔が増大し、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔が減少するように、各レンズ群の間隔が変化する。

[0077] 各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをｙとし、高さｙにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）をＳ（ｙ）とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）をｒとし、円錐定数をκとし、ｎ次の非球面係数をＡnとしたとき、以下の式（ａ）で表される。

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \quad (a)$$

[0078] なお、各実施例において、２次の非球面係数A2は０である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に＊印を付している。また、以降の実施例において、「Ｅ－ｎ」は「×１０$^{-n}$」を示す。

[0079] 〔第１実施例〕

図１は、第１実施例に係る変倍光学系ＺＬ１の構成を示す図である。この図１に示す変倍光学系ＺＬ１において、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形状の非球面負レンズＬ１１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３から構成されている。ここで、非球面負レンズＬ１１は、像側のガラスレンズ面（第２面）に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面（第３面）が非球面形状に形成されている。第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３から構成されている。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と両凹レンズＬ３２との接合レンズから構成されている。第４レンズ群Ｇ４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Ｌ４１、及び、両凸レンズＬ４２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ４３との接合レンズから構成されている。

[0080] また、開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間（第３レンズ群Ｇ３の物体側の近傍）に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して第３レンズ群Ｇ３とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第１レンズ群Ｇ１を物体方向に繰り出す（移動させる）ことにより行う。

[0081] また、像ぶれ補正（防振）は、第２レンズ群Ｇ２の正メニスカスレンズＬ２１を防振レンズ群ＶＬとし、この防振レンズ群ＶＬを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより行う。

[0082] なお、全系の焦点距離がｆで、防振係数（像ぶれ補正での防振レンズ群ＶＬの移動量に対する結像面での像移動量の比）がＫのレンズで角度θの回転ぶれを補正するには、ぶれ補正用の防振レンズ群ＶＬを（ｆ・ｔａｎθ）／Ｋだけ光軸と直交方向に移動させればよい（以降の実施例においても同様である）。この第１実施例の広角端状態においては、防振係数は０．７７であり、焦点距離は１８．１１（ｍｍ）であるので、０．４５°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１８（ｍｍ）である。また、この第１実施例の望遠端状態においては、防振係数は１．２９であり、焦点距離は５０．９２（ｍｍ）であるので、０．２７°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１８（ｍｍ）である。

[0083] 以下の表１に、第１実施例の諸元の値を掲げる。この表１において、Ｗは広角端状態、Ｍは中間焦点距離状態、Ｔは望遠端状態、ｆは焦点距離、ＦＮＯはＦナンバー、２ωは画角、ＴＬは全長をそれぞれ表している。ここで、全長ＴＬは、無限遠合焦時のレンズ面の第１面から像面Ｉまでの光軸上の距離を表している。さらに、レンズデータの第１欄ｍは、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序（面番号）を、第２欄ｒは、各レンズ面の曲率半径を、第３欄ｄは、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を、第４欄νｄ及び第５欄ｎｄは、ｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）に対するアッベ数及び屈折率を示している。また、曲率半径0.0000は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。なお、表１に示す面番号１～２２は、図１に示す番号１～２２に対応している。また、レンズ群焦点距離は第１～第４レンズ群Ｇ１～Ｇ４の各々の始面ＳＴと焦点距離ｆを示している。ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離ｆ、曲率半径ｒ、面間隔ｄ、その他長さの単位は一般に「ｍｍ」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

[0084]

（表１）

［全体諸元］

		W		M		T
f	＝	18.11	～	43.19	～	50.92
ＦＮＯ	＝	3.62	～	5.12	～	5.72
２ω	＝	79.5	～	36.33	～	31.1
ＴＬ	＝	127.96	～	121.45	～	125.27

［レンズデータ］

m	r	d	νｄ	ｎｄ	
1	69.440	2.00	61.22	1.58913	
2	15.900	0.17	38.09	1.55389	
3*	13.749	10.00			
4	-284.727	1.50	50.84	1.65844	
5	39.340	2.70			
6	31.807	2.80	23.78	1.84666	
7	65.687	d7			
8	-169.197	2.00	58.54	1.61272	
9	-33.549	1.00			
10	18.465	0.90	25.26	1.90200	
11	13.324	0.40			
12	13.850	3.80	67.90	1.59319	
13	205.700	d13			
14	0.000	1.50			開口絞りＳ
15	-66.540	2.60	25.45	1.80518	
16	-13.193	0.80	37.18	1.83400	
17	52.452	d17			
18	-110.104	2.80	70.31	1.48749	

19	-17.370	0.10		
20	81.550	4.20	63.88	1.51680
21	-15.015	1.30	37.18	1.83400
22	-54.306	Bf		

［レンズ群焦点距離］

	ＳＴ	f
Ｇ１	1	-25.74
Ｇ２	8	27.22
Ｇ３	15	-32.68
Ｇ４	18	40.31

[0085] この第１実施例において、第３面は非球面形状に形成されている。次の表２に、非球面のデータ、すなわち、円錐定数κ及び各非球面定数Ａ4～Ａ10の値を示す。

（表２）

m	κ	Ａ4	Ａ6	Ａ8	Ａ10
3	-1.0	2.55993E-05	4.63315E-08	-2.47460E-11	6.32636E-13

[0086] この第１実施例において、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との軸上空気間隔ｄ７、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３とともに移動する開口絞りＳとの軸上空気間隔ｄ１３、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との軸上空気間隔ｄ１７、及び、バックフォーカスＢｆは、変倍に際して変化する。次の表３に、無限遠合焦時の広角端状態W、中間焦点距離状態M、及び、望遠端状態Ｔの各焦点距離における可変間隔及びバックフォーカスＢｆの値を示す。なお、バックフォーカスＢｆは、最も像側のレンズ面（図１における第２２面）から像面Ｉまでの光軸上の距離を表している。この説明は以

降の実施例においても同様である。

[0087]

（表３）

［可変間隔データ］

	W	M	T
f	18.11	43.19	50.92
d7	32.88	5.45	2.93
d13	2.87	10.64	12.40
d17	13.06	5.29	3.53
Bf	38.58	59.50	65.84

[0088] 次の表４に、この第１実施例における各条件式対応値を示す。なおこの表４において、ｆ２は第２レンズ群Ｇ２の焦点距離を、ｆ３は第３レンズ群Ｇ３の焦点距離を、ｆ４は第４レンズ群Ｇ４の焦点距離を、ｆ１ｇｆは第１レンズ群Ｇ１の第１負レンズの焦点距離を、ｆ１ｇｒは第１レンズ群Ｇ１の正レンズの焦点距離を、Ｄ３ｗは広角端状態における第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との空気間隔を、それぞれ表している。以上の符号の説明は以降の実施例においても同様である。

（表４）

（１）Ｄ３ｗ／（－ｆ３）　　　＝0.40

（２）ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）＝2.35

（３）ｆ２／（－ｆ３）　　　＝0.83

（４）ｆ２／ｆ４　　　　　＝0.68

[0089] このように、この第１実施例に係る変倍光学系ＺＬ１は、上記条件式（１）～（４）を全て満足している。

[0090] この第１実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図２Ａに示し

、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図３に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図４Ａに示す。また、第１実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.18）を行ったときのコマ収差図を図２Ｂに示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.18）を行った時のコマ収差図を図４Ｂに示す。各収差図において、ＦＮＯはＦナンバーを、Ｙは半画角に対する像高を、ｄはｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）を、ｇはｇ線（λ＝４３５．６ｎｍ）を、それぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。この収差図の説明は以降の実施例においても同様である。各収差図から明らかなように、第１実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

[0091] 〔第２実施例〕

図５は、第２実施例に係る変倍光学系ＺＬ２の構成を示す図である。この図５に示す変倍光学系ＺＬ２において、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形状の非球面負レンズＬ１１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３から構成されている。ここで、非球面負レンズＬ１１は、像側のガラスレンズ面（第２面）に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面（第３面）が非球面形状に形成されている。第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２と両凸レンズＬ２３との接合レンズから構成されている。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と両凹レンズＬ３２との接合レンズから構成されている。第４レンズ群Ｇ４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Ｌ４１、及び、両凸レンズＬ４２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ４３との接合レンズから構成されている。

[0092] また、開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間（第３レンズ群Ｇ３の物体側の近傍）に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して第３レンズ群Ｇ３とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第１レンズ群Ｇ１を物体方向に繰り出す（移動させる）ことにより行う。

[0093] また、像ぶれ補正（防振）は、第２レンズ群Ｇ２の正メニスカスレンズＬ２１を防振レンズ群ＶＬとし、この防振レンズ群ＶＬを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより行う。この第２実施例の広角端状態においては、防振係数は０．６５であり、焦点距離は１０．３０（ｍｍ）であるので、０．６１°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１７（ｍｍ）である。また、この第２実施例の望遠端状態においては、防振係数は１．１０であり、焦点距離は２９．６０（ｍｍ）であるので、０．３６°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１７（ｍｍ）である。

[0094] 以下の表５に、この第２実施例の諸元の値を掲げる。なお、表５に示す面番号１～２１は、図５に示す番号１～２１に対応している。

（表５）

［全体諸元］

		W		M		T
f	=	10.30	～	19.40	～	29.60
ＦＮＯ	=	3.64	～	4.53	～	5.67
２ω	=	80.2	～	45.84	～	30.7
ＴＬ	=	68.73	～	64.04	～	67.33

［レンズデータ］

m	r	d	νd	ｎd
1	31.564	1.11	61.22	1.58913

2	8.825	0.09	38.09	1.55389	
3*	7.604	5.72			
4	-70.851	0.83	63.88	1.51680	
5	17.760	1.33			
6	16.239	1.67	25.64	1.78472	
7	34.618	d7			
8	-230.613	1.08	61.22	1.58913	
9	-22.997	0.56			
10	10.388	0.50	23.78	1.84666	
11	6.916	2.16	60.71	1.56384	
12	-116.864	d12			
13	0.000	0.83			開口絞りＳ
14	-40.668	1.44	25.45	1.80518	
15	-6.308	0.44	37.18	1.83400	
16	25.885	d16			
17	-102.429	1.55	70.31	1.48749	
18	-10.217	0.06			
19	33.821	2.33	70.31	1.48749	
20	-9.235	0.72	37.18	1.83400	
21	-33.599	Bf			

［レンズ群焦点距離］

	ＳＴ	f
Ｇ１	1	-14.60
Ｇ２	8	14.57
Ｇ３	14	-17.43
Ｇ４	17	21.82

[0095] この第２実施例において、第３面は非球面形状に形成されている。次の表６に、非球面のデータ、すなわち、円錐定数κ及び各非球面定数Ａ4～Ａ10の値を示す。

（表６）

m	κ	A4	A6	A8	A10
3	-1.0	1.69521E-04	8.82411E-07	-4.21030E-11	1.60414E-10

[0096] この第２実施例において、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との軸上空気間隔ｄ７、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３とともに移動する開口絞りＳとの軸上空気間隔ｄ１２、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との軸上空気間隔ｄ１６、及び、バックフォーカスＢｆは、変倍に際して変化する。次の表７に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔及びバックフォーカスＢｆの値を示す。

[0097]

（表７）

［可変間隔データ］

	W	M	T
f	10.30	19.40	29.60
d7	17.11	4.64	0.59
d12	1.83	4.40	7.11
d16	7.36	4.79	2.08
Bf	20.00	27.79	35.11

[0098] 次の表８に、この第２実施例における各条件式対応値を示す。

（表８）

（１）Ｄ３ｗ／（－ｆ３）　　　＝0.42
（２）ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）＝2.14
（３）ｆ２／（－ｆ３）　　　＝0.84
（４）ｆ２／ｆ４　　　　　　＝0.67

[0099]　このように、この第２実施例に係る変倍光学系ＺＬ２は、上記条件式（１）～（４）を全て満足している。

[0100]　この第２実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図６Ａに示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図７に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図８Ａに示す。また、第２実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.17）を行ったときのコマ収差図を図６Ｂに示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.17）を行った時のコマ収差図を図８Ｂに示す。各収差図から明らかなように、第２実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

[0101]〔第３実施例〕

図９は、第３実施例に係る変倍光学系ＺＬ３の構成を示す図である。この図９に示す変倍光学系ＺＬ３において、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形状の非球面負レンズＬ１１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３から構成されている。ここで、非球面負レンズＬ１１は、像側のガラスレンズ面（第２面）に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面（第３面）が非球面形状に形成されている。第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３との接合レンズから構成されている。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と両凹レンズＬ３２との接合レンズから構成されている。第４レンズ群Ｇ４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Ｌ４１、及び、両凸レンズＬ４２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ４３との接合レンズから構成されている。

[0102] また、開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間（第３レンズ群Ｇ３の物体側の近傍）に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して第３レンズ群Ｇ３とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第１レンズ群Ｇ１を物体方向に繰り出す（移動させる）ことにより行う。

[0103] また、像ぶれ補正（防振）は、第２レンズ群Ｇ２の正メニスカスレンズＬ２１を防振レンズ群ＶＬとし、この防振レンズ群ＶＬを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより行う。この第３実施例の広角端状態においては、防振係数は０．８４であり、焦点距離は１８．５０（ｍｍ）であるので、０．４４°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１７（ｍｍ）である。また、この第３実施例の望遠端状態においては、防振係数は１．４５であり、焦点距離は５３．４０（ｍｍ）であるので、０．２６°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１７（ｍｍ）である。

[0104] 以下の表９に、この第３実施例の諸元の値を掲げる。なお、表９に示す面番号１～２１は、図９に示す番号１～２１に対応している。

（表９）

［全体諸元］

		W		M		T
f	=	18.50	～	35.00	～	53.40
ＦＮＯ	=	3.64	～	4.58	～	5.87
２ω	=	78.2	～	44.4	～	29.7

ＴＬ　＝ 127.58　～　119.94　～ 122.39

［レンズデータ］

m	r	d	νd	nd	
1	69.440	2.00	61.22	1.58913	
2	15.900	0.17	38.09	1.55389	
3*	13.749	10.00			
4	-284.727	1.50	50.84	1.65844	
5	39.340	2.70			
6	31.807	2.80	23.78	1.84666	
7	65.687	d7			
8	-823.405	2.00	58.54	1.61272	
9	-36.990	1.00			
10	18.878	0.90	25.26	1.90200	
11	12.630	3.80	58.54	1.61272	
12	136.708	d12			
13	0.000	1.50			開口絞りＳ
14	-64.796	2.60	25.45	1.80518	
15	-12.403	0.80	37.18	1.83400	
16	52.452	d16			
17	-136.622	2.80	70.31	1.48749	
18	-17.927	0.10			
19	90.259	4.20	63.88	1.51680	
20	-15.399	1.30	37.18	1.83400	
21	-54.3063	Bf			

［レンズ群焦点距離］

ＳＴ　　f

Ｇ１	1	-25.74
Ｇ２	8	26.90
Ｇ３	14	-32.18
Ｇ４	17	40.64

[0105] この第３実施例において、第３面は非球面形状に形成されている。次の表１０に、非球面のデータ、すなわち、円錐定数κ及び各非球面定数Ａ4～Ａ10の値を示す。

（表１０）

m	κ	Ａ4	Ａ6	Ａ8	Ａ10
3	-1.0	2.55993E-05	4.63315E-08	-2.47460E-11	6.32636E-13

[0106] この第３実施例において、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との軸上空気間隔ｄ７、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３とともに移動する開口絞りＳとの軸上空気間隔ｄ１２、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との軸上空気間隔ｄ１６、及び、バックフォーカスＢｆは、変倍に際して変化する。次の表１１に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔及びバックフォーカスＢｆの値を示す。

[0107]

（表１１）

［可変間隔データ］

	W	M	T
f	18.50	35.00	53.40
d7	32.88	10.21	2.93
d12	2.87	7.53	12.40
d16	13.06	8.39	3.53

Bf	38.60	53.63	67.80

[0108] 次の表１２に、この第３実施例における各条件式対応値を示す。

（表１２）

（１）Ｄ３ｗ／（－ｆ３）	＝0.41
（２）ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）	＝2.35
（３）ｆ２／（－ｆ３）	＝0.84
（４）ｆ２／ｆ４	＝0.66

[0109] このように、この第３実施例に係る変倍光学系ＺＬ３は、上記条件式（１）～（４）を全て満足している。

[0110] この第３実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図１０Ａに示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図１１に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図１２Ａに示す。また、第３実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.17）を行ったときのコマ収差図を図１０Ｂに示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.17）を行った時のコマ収差図を図１２Ｂに示す。各収差図から明らかなように、第３実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

[0111] 〔第４実施例〕

図１３は、第４実施例に係る変倍光学系ＺＬ４の構成を示す図である。この図１３に示す変倍光学系ＺＬ４において、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形状の非球面負レンズＬ１１、両凹レンズＬ１２、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３から構成されている。ここで、非球面負レンズＬ１１は、像側のガラ

スレンズ面（第２面）に樹脂層を設け、その樹脂層の像側の面（第３面）が非球面形状に形成されている。第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３との接合レンズから構成されている。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と両凹レンズＬ３２との接合レンズから構成されている。第４レンズ群Ｇ４は、物体側から順に、両凸レンズＬ４１、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ４２、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ４３、及び、両凸レンズＬ４４から構成されている。

[0112] また、開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間（第３レンズ群Ｇ３の物体側の近傍）に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して第３レンズ群Ｇ３とともに移動する。また、無限遠から近距離物体への合焦は、第１レンズ群Ｇ１を物体方向に繰り出す（移動させる）ことにより行う。

[0113] また、像ぶれ補正（防振）は、第２レンズ群Ｇ２の正メニスカスレンズＬ２１を防振レンズ群ＶＬとし、この防振レンズ群ＶＬを光軸と直交する方向の成分を含むように移動させることにより行う。この第４実施例の広角端状態においては、防振係数は０．８１であり、焦点距離は１８．７４（ｍｍ）であるので、０．４５°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１８（ｍｍ）である。また、この第４実施例の望遠端状態においては、防振係数は１．３８であり、焦点距離は５３．１５（ｍｍ）であるので、０．２７°の回転ぶれを補正するための防振レンズ群ＶＬの移動量は０．１８（ｍｍ）である。

[0114] 以下の表１３に、この第４実施例の諸元の値を掲げる。なお、表１３に示す面番号１～２４は、図１３に示す番号１～２４に対応している。

（表１３）

［全体諸元］

		W		M		T
f	＝	18.74	～	44.99	～	53.15
ＦＮＯ	＝	3.47	～	5.15	～	6.12
２ω	＝	78.0	～	34.9	～	29.7
ＴＬ	＝	127.97	～	122.70	～	123.10

［レンズデータ］

m	r	d	νd	nd	
1	60.955	2.00	61.22	1.58913	
2	14.479	0.17	38.09	1.55389	
3*	14.004	10.00			
4	-189.528	1.50	50.84	1.65844	
5	41.116	2.70			
6	32.479	2.80	23.78	1.84666	
7	65.687	d7			
8	-471.246	2.00	58.54	1.61272	
9	-36.768	1.00			
10	18.710	0.90	25.26	1.90200	
11	12.572	3.80	58.54	1.61272	
12	136.708	d12			
13	0.000	1.50			開口絞りＳ
14	-68.773	2.60	25.45	1.80518	
15	-12.883	0.80	37.18	1.83400	
16	52.452	d16			
17	130.964	2.00	70.31	1.48749	
18	-28.695	0.10			
19	97.235	1.30	37.18	1.83400	

20	18.752	0.30		
21	19.4416	3.00	63.88	1.51680
22	737.7872	0.30		
23	50.7898	1.80	63.88	1.51680
24	-142.991	Bf		

［レンズ群焦点距離］

	ＳＴ	f
Ｇ１	1	-26.03
Ｇ２	8	26.97
Ｇ３	14	-33.06
Ｇ４	17	41.33

[0115]　この第４実施例において、第３面は非球面形状に形成されている。次の表１４に、非球面のデータ、すなわち、円錐定数κ及び各非球面定数Ａ4～Ａ10の値を示す。

（表１４）

m	κ	Ａ4	Ａ6	Ａ8	Ａ10
3	-1.0	2.55993E-05	4.63315E-08	-2.47460E-11	6.32636E-13

[0116]　この第４実施例において、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との軸上空気間隔ｄ７、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３とともに移動する開口絞りＳとの軸上空気間隔ｄ１２、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との軸上空気間隔ｄ１６、及び、バックフォーカスＢｆは、変倍に際して変化する。次の表１５に、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態の各焦点距離における可変間隔及びバックフォーカスＢｆの値を示す。

[0117]

（表１５）

［可変間隔データ］

	W	M	T
f	18.74	44.99	53.15
d7	32.88	5.45	2.93
d12	2.87	10.64	12.40
d16	13.06	5.29	3.53
Bf	38.59	60.76	67.54

[0118] 次の表１６に、この第４実施例における各条件式対応値を示す。

（表１６）

（１）Ｄ３ｗ／（－ｆ３）	＝0.40
（２）ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）	＝2.32
（３）ｆ２／（－ｆ３）	＝0.82
（４）ｆ２／ｆ４	＝0.65

[0119] このように、この第４実施例に係る変倍光学系ＺＬ４は、上記条件式（１）～（４）を全て満足している。

[0120] この第４実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図を図１４Ａに示し、中間焦点距離状態での無限遠合焦状態の収差図を図１５に示し、望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図を図１６Ａに示す。また、第４実施例の広角端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.18）を行ったときのコマ収差図を図１４Ｂに示し、望遠端状態での無限遠合焦状態において像ぶれ補正（防振レンズ群ＶＬのシフト量＝0.18）を行った時のコマ収差図を図１６Ｂに示す。各収差図から明らかなように、第４実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において

諸収差が良好に補正され、また手ぶれ補正時の収差変動も良好であり、優れた結像性能を有することがわかる。

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、

正の屈折力を有する第４レンズ群と、を有し、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

０．３５ ＜ Ｄ３ｗ／（－ｆ３） ＜ ０．４５

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との空気間隔

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

［請求項2］ 前記第１レンズ群は、最も物体側に第１負レンズを有し、最も像側に正レンズを有することを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

［請求項3］ 次式の条件を満足することを特徴とする請求項２に記載の変倍光学系。

２．１０ ＜ ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ） ＜ ３．００

但し、

ｆ１ｇｆ：前記第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：前記正レンズの焦点距離

［請求項4］ 前記第１レンズ群は、前記第１負レンズと前記正レンズとの間に少なくとも一枚の負レンズを有することを特徴とする請求項２に記載の

変倍光学系。

[請求項5] 前記第１レンズ群は、物体側から順に、前記第１負レンズ、第２負レンズ及び前記正レンズからなることを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

[請求項6] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

$$0.81 < f2/(-f3) < 1.00$$

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

[請求項7] 前記第３レンズ群の近傍に開口絞りを有することを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

[請求項8] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

$$0.60 < f2/f4 < 0.70$$

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ４：前記第４レンズ群の焦点距離

[請求項9] 前記第１レンズ群のうち、最も物体側のレンズは非球面を有することを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

[請求項10] 前記第３レンズ群は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズであることを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

[請求項11] 広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が増大し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が減少することを特徴とする請求項１に記載の変倍光学系。

[請求項12] 前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群は、全てのレンズが球面レンズで構成されていることを特徴とする請求項１

に記載の変倍光学系。

［請求項13］ 物体の像を所定の像面上に結像させる請求項１に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。

［請求項14］ 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、を有し、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、

前記第１レンズ群は、最も物体側に第１負レンズを有し、最も像側に正レンズを有し、次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

２．１０ ＜ ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ） ＜ ３．００

但し、

ｆ１ｇｆ：前記第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：前記正レンズの焦点距離

［請求項15］ 次式の条件を満足することを特徴とする請求項１４に記載の変倍光学系。

０．８１ ＜ ｆ２／（－ｆ３） ＜ １．００

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

［請求項16］ 次式の条件を満足することを特徴とする請求項１４に記載の変倍光

学系。

０．６０　＜　ｆ２／ｆ４　＜　０．７０

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ４：前記第４レンズ群の焦点距離

[請求項17]　物体の像を所定の像面上に結像させる請求項１４に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。

[請求項18]　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、を有し、

広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズは、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群であり、次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

０．８１　＜　ｆ２／（－ｆ３）　＜　１．００

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

[請求項19]　次式の条件を満足することを特徴とする請求項１８に記載の変倍光学系。

０．６０　＜　ｆ２／ｆ４　＜　０．７０

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ４：前記第４レンズ群の焦点距離

[請求項20] 物体の像を所定の像面上に結像させる請求項１８に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。

[請求項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、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、を有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群として配置し、

前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

０．３５ ＜ Ｄ３ｗ／（－ｆ３） ＜ ０．４５

但し、

Ｄ３ｗ：広角端状態における前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との空気間隔

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

[請求項22] 前記第１レンズ群は、最も物体側に第１負レンズを有し、最も像側に正レンズを有することを特徴とする請求項２１に記載の変倍光学系の製造方法。

[請求項23] 次式の条件を満足するように前記第１レンズ群を配置することを特徴とする請求項２２に記載の変倍光学系の製造方法。

２．１０ ＜ ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ） ＜ ３．００

但し、

ｆ１ｇｆ：前記第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：前記正レンズの焦点距離

［請求項24］ 次式の条件を満足するように前記第２レンズ群と前記第３レンズ群とを配置することを特徴とする請求項２１に記載の変倍光学系の製造方法。

０．８１ ＜ ｆ２／（－ｆ３） ＜ １．００

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：前記第３レンズ群の焦点距離

［請求項25］ 次式の条件を満足するように前記第２レンズ群と前記第４レンズ群とを配置することを特徴とする請求項２１に記載の変倍光学系。

０．６０ ＜ ｆ２／ｆ４ ＜ ０．７０

但し、

ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離

ｆ４：前記第４レンズ群の焦点距離

［請求項26］ 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、を有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群として配置し、

前記第１レンズ群に、次式の条件を満足するように、最も物体側に第１負レンズを配置し、最も像側に正レンズを配置することを特徴と

する変倍光学系の製造方法。

２．１０　＜　ｆ１ｇｒ／（－ｆ１ｇｆ）　＜　３．００

但し、

ｆ１ｇｆ：前記第１負レンズの焦点距離

ｆ１ｇｒ：前記正レンズの焦点距離

[請求項27] 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、を有する変倍光学系の製造方法であって、

前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第３レンズ群及び前記第４レンズ群を、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第２レンズ群のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群として配置し、

前記第２レンズ群及び前記第３レンズ群を、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

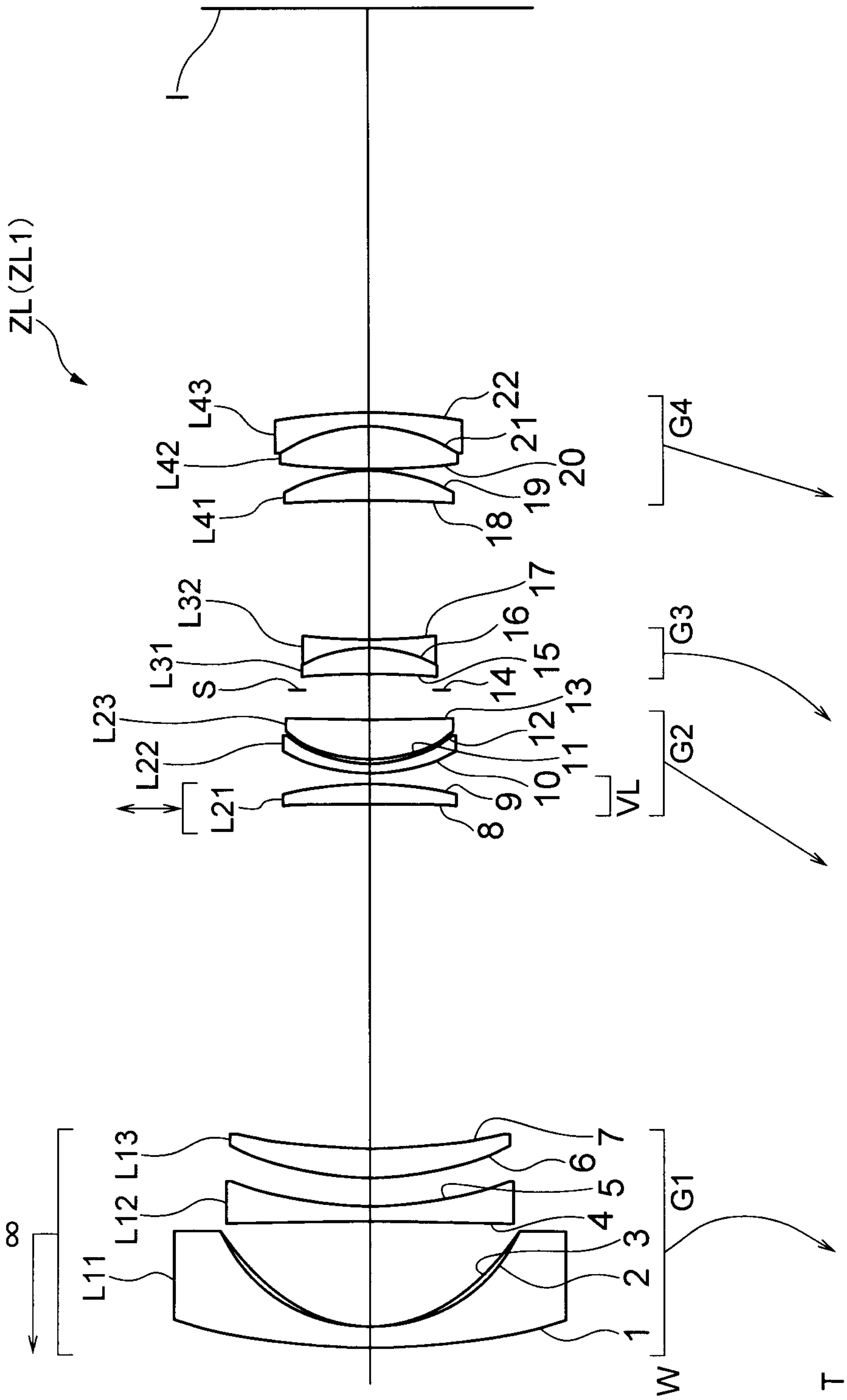
０．８１　＜　ｆ２／（－ｆ３）　＜　１．００

但し、

ｆ２：第２レンズ群の焦点距離

ｆ３：第３レンズ群の焦点距離

［図1］


I
ZL (ZL1)
L43
L42
L41
22
21
20
19
18
G4
L32
L31
S
17
16
15
14
G3
L23
L22
L21
13
12
11
10
9
8
VL
G2
L13
L12
L11
∞
7
6
5
4
3
2
1
G1
W
T

[図2]

図2A

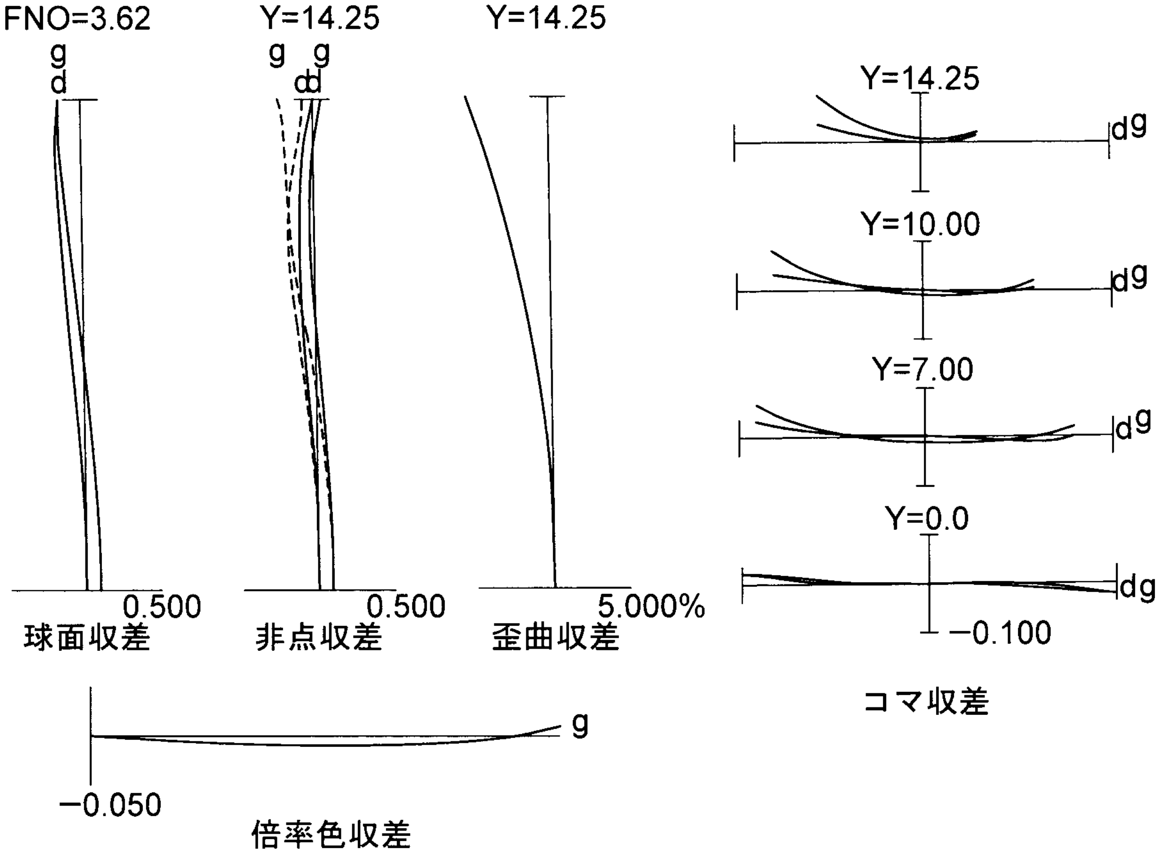
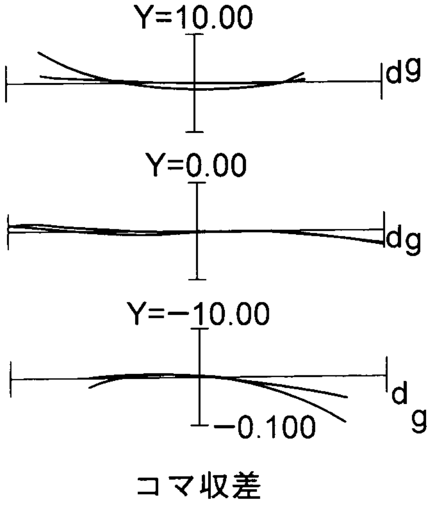
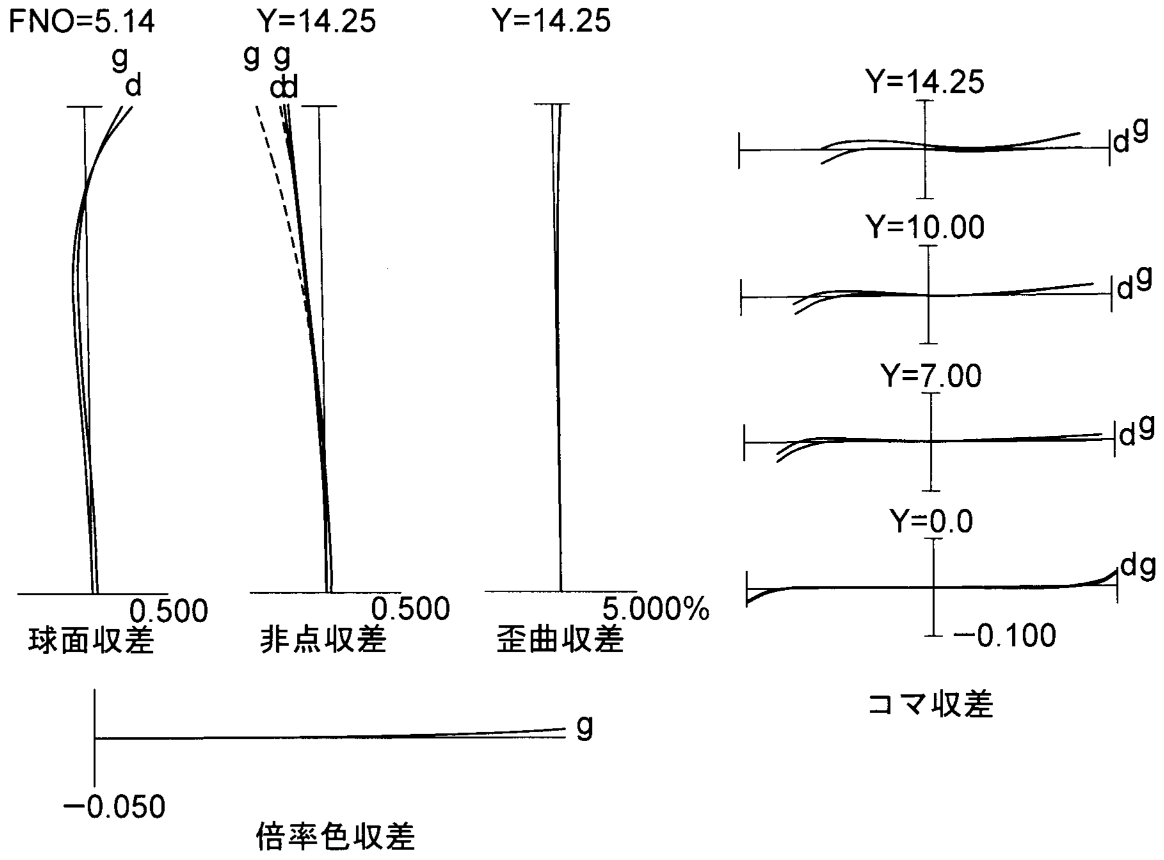

FNO=3.62
g
d
Y=14.25
g g
dd
Y=14.25
0.500
球面収差
0.500
非点収差
5.000%
歪曲収差
Y=14.25
dg
Y=10.00
dg
Y=7.00
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差
g
−0.050
倍率色収差

図2B


Y=10.00
dg
Y=0.00
dg
Y=−10.00
d
g
−0.100
コマ収差

[図3]


FNO=5.14
g
d
0.500
球面収差
Y=14.25
g g
dd
0.500
非点収差
Y=14.25
5.000%
歪曲収差
Y=14.25
Y=10.00
Y=7.00
Y=0.0
dg
-0.100
コマ収差
g
-0.050
倍率色収差

[図4]

図4A

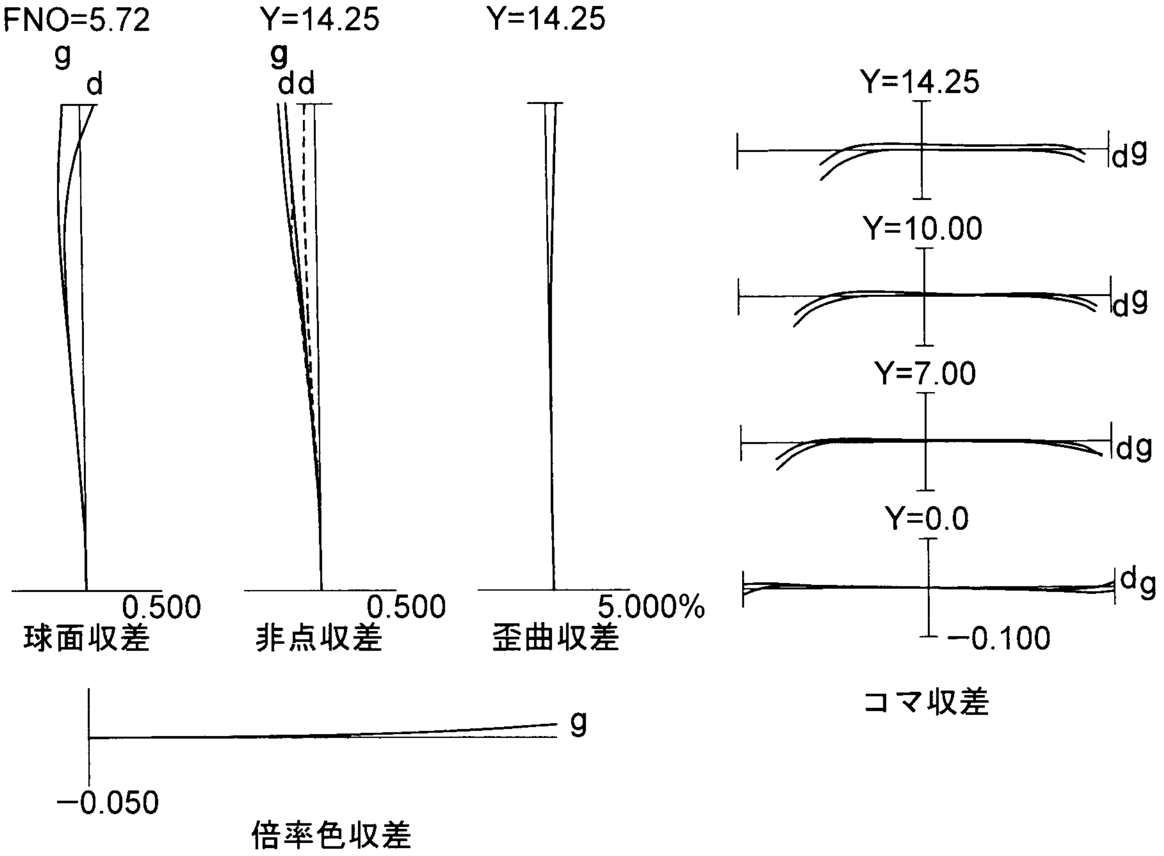
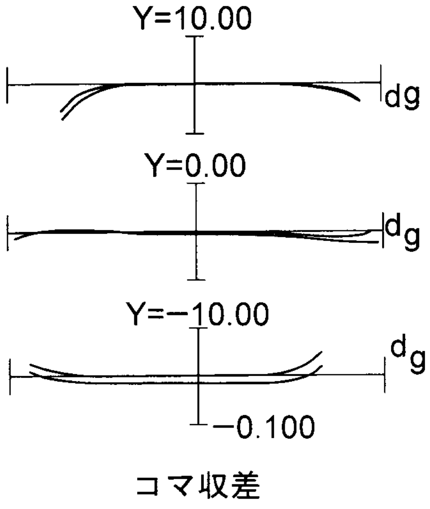
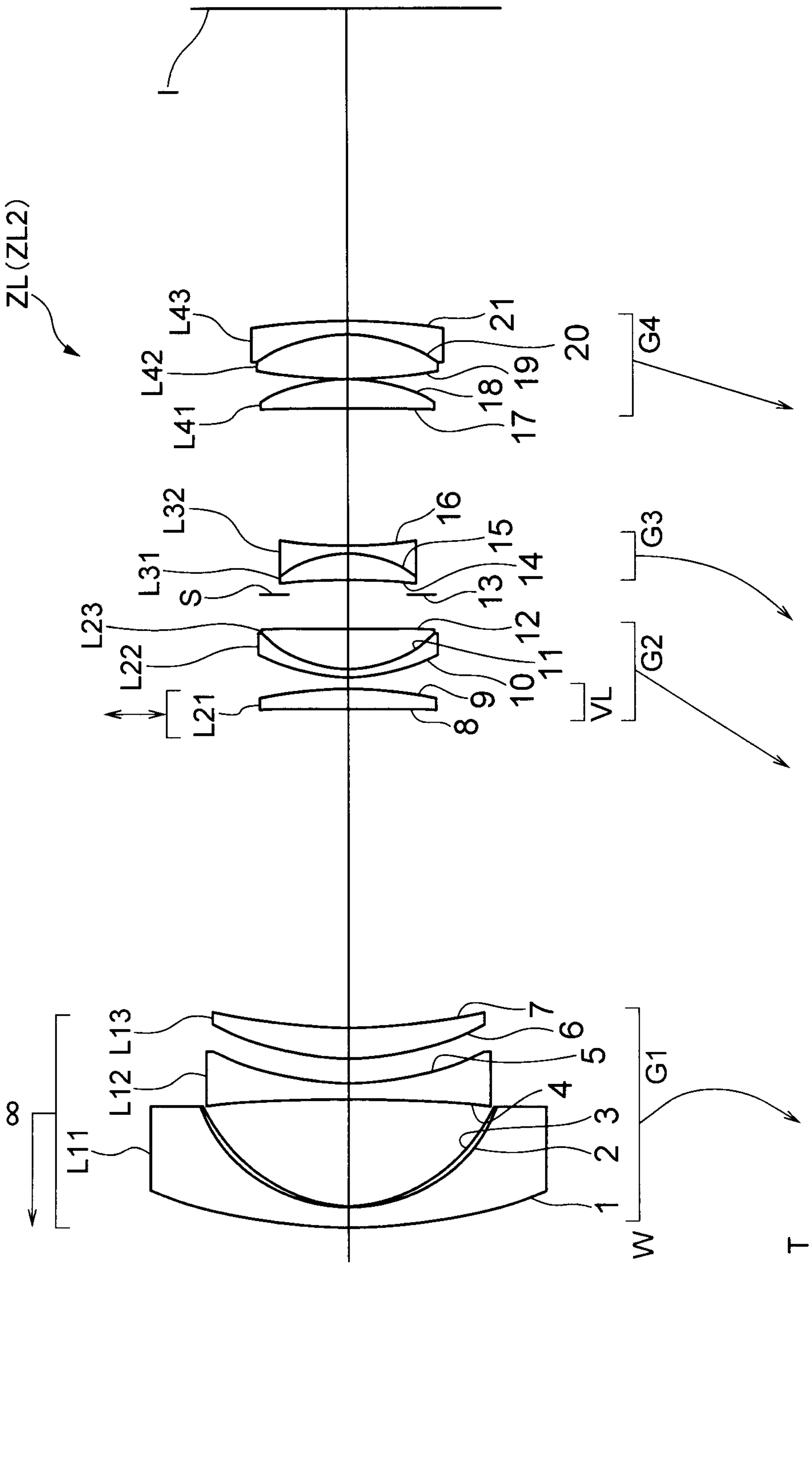

FNO=5.72
g
d
0.500
球面収差
Y=14.25
g
dd
0.500
非点収差
Y=14.25
5.000%
歪曲収差
g
−0.050
倍率色収差
Y=14.25
dg
Y=10.00
dg
Y=7.00
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差

図4B


Y=10.00
dg
Y=0.00
dg
Y=−10.00
dg
−0.100
コマ収差

［図5］


I
ZL（ZL2）
L43
L42
L41
L32
L31
S
L23
L22
L21
L13
L12
L11
∞
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
G1
G2
G3
G4
VL
W
T

[図6]

図6A

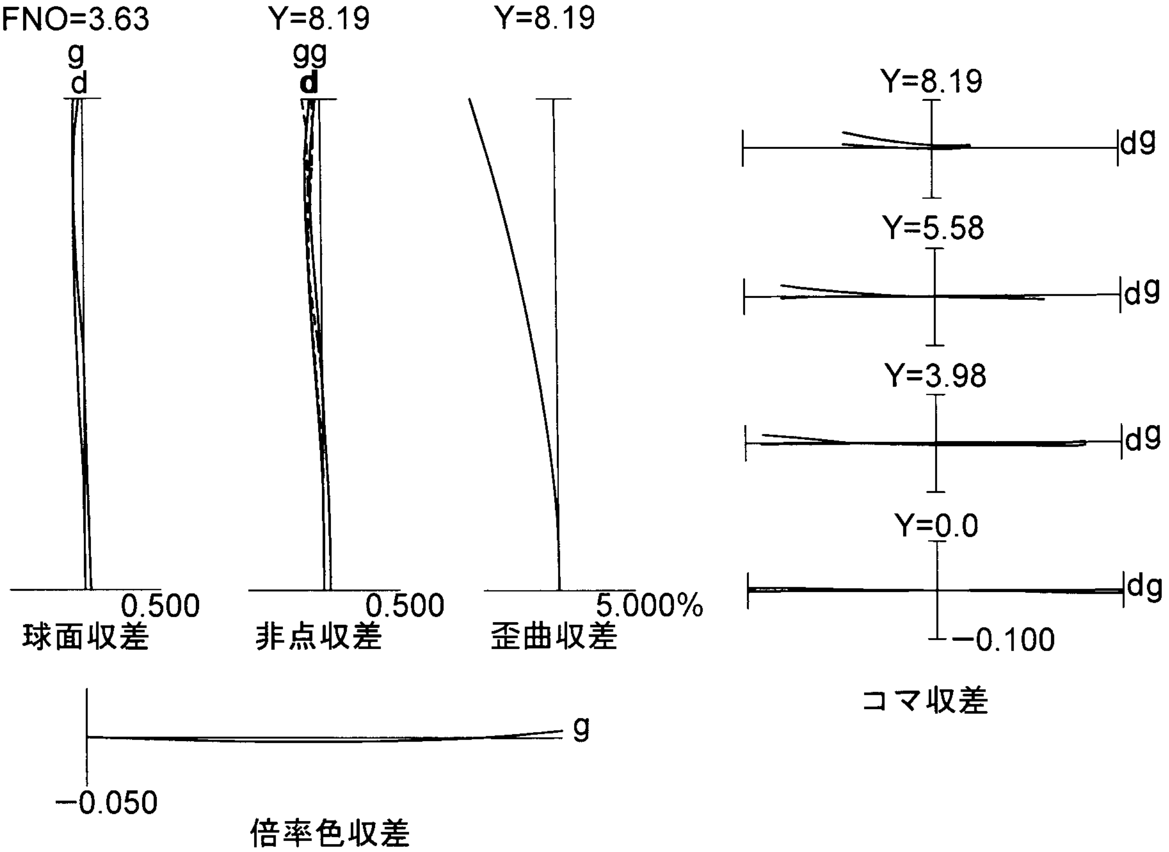
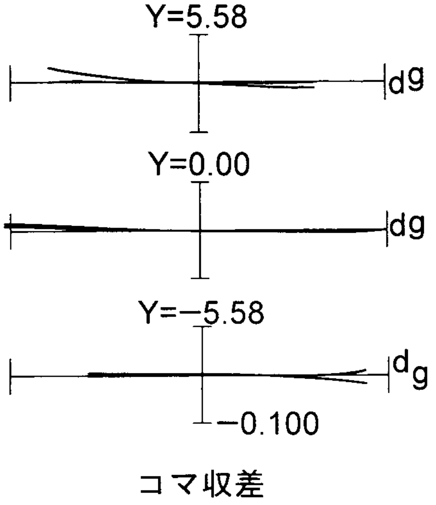
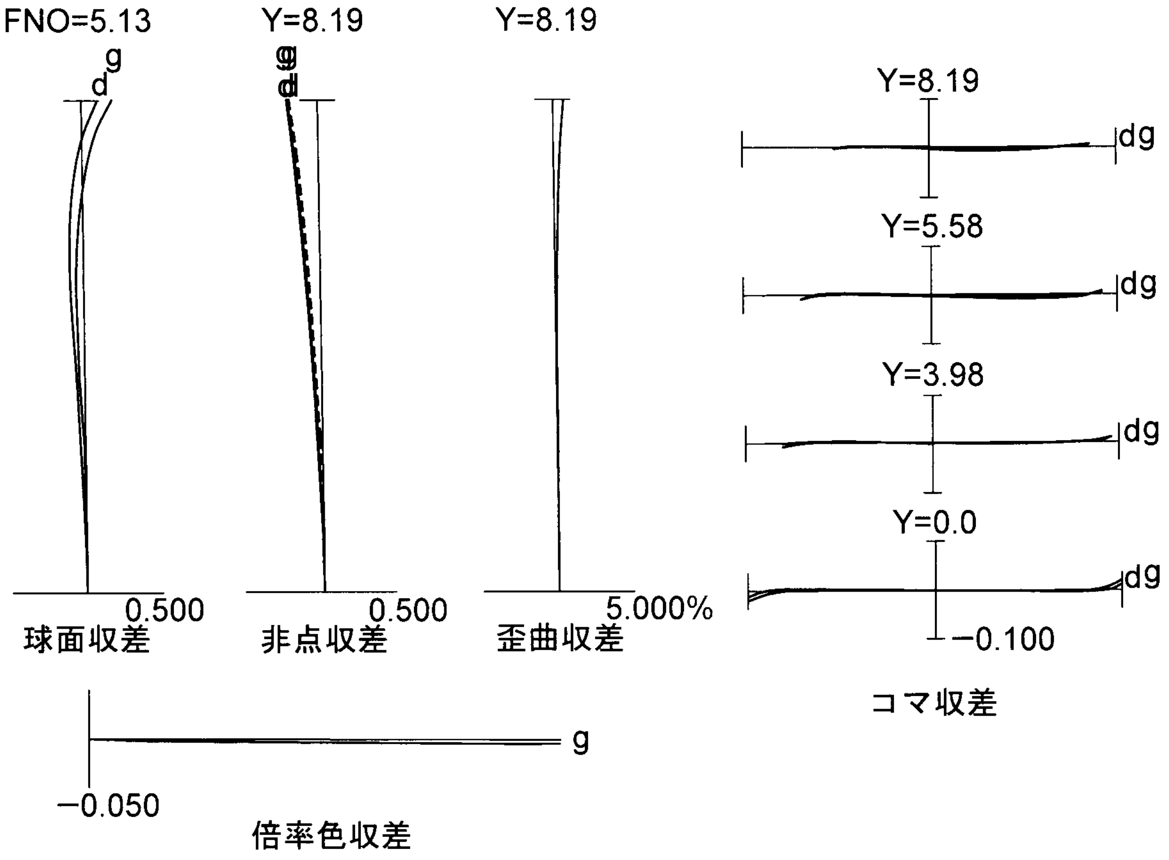

FNO=3.63
g
d
0.500
球面収差
Y=8.19
gg
d
0.500
非点収差
Y=8.19
5.000%
歪曲収差
Y=8.19
dg
Y=5.58
dg
Y=3.98
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差
g
−0.050
倍率色収差

図6B


Y=5.58
dg
Y=0.00
dg
Y=−5.58
dg
−0.100
コマ収差

[図7]


FNO=5.13
g
d
0.500
球面収差
Y=8.19
g
d
0.500
非点収差
Y=8.19
5.000%
歪曲収差
Y=8.19
dg
Y=5.58
dg
Y=3.98
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差
g
−0.050
倍率色収差

[図8]

図8A

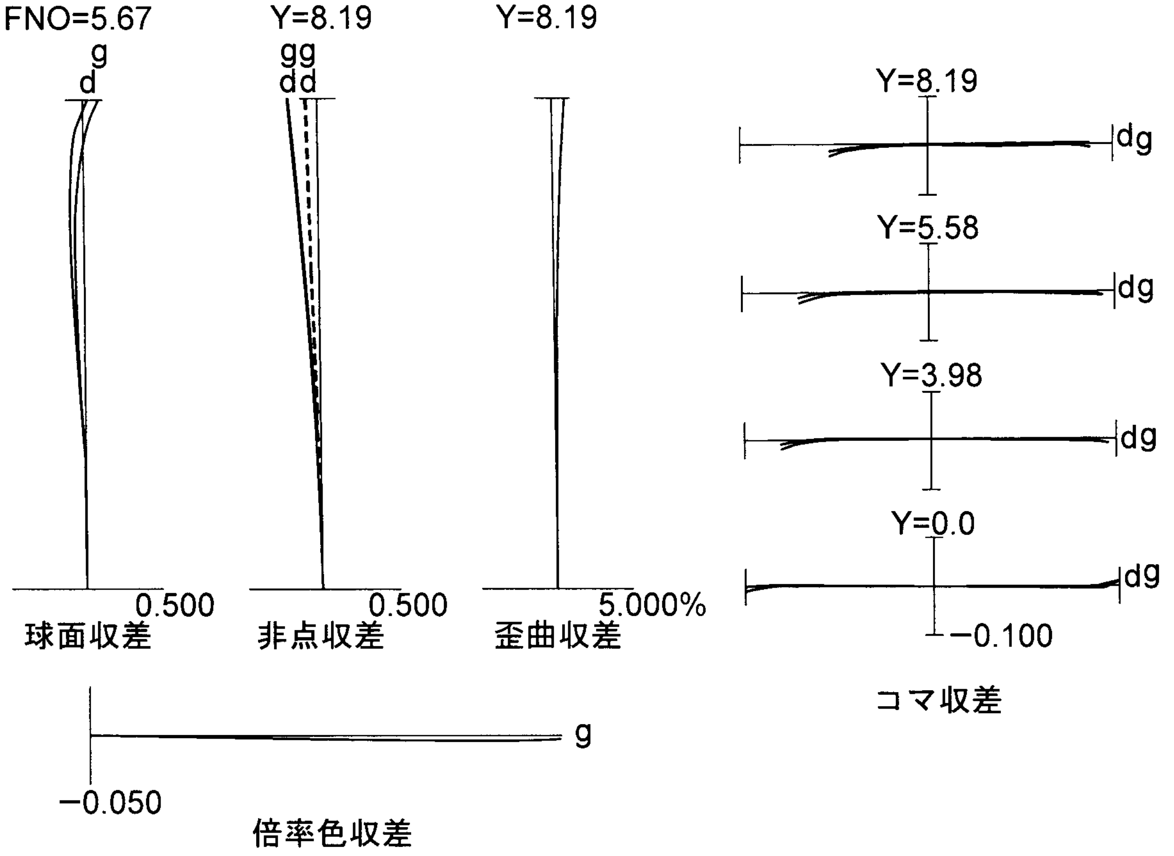
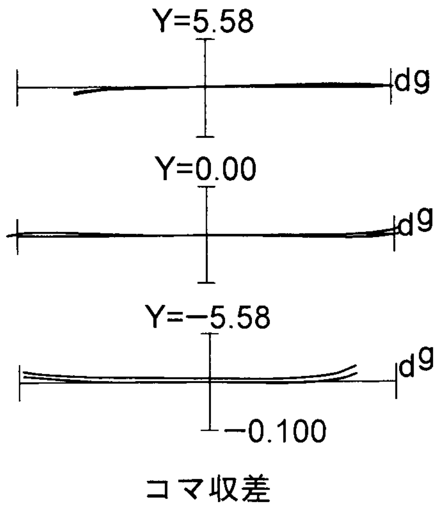
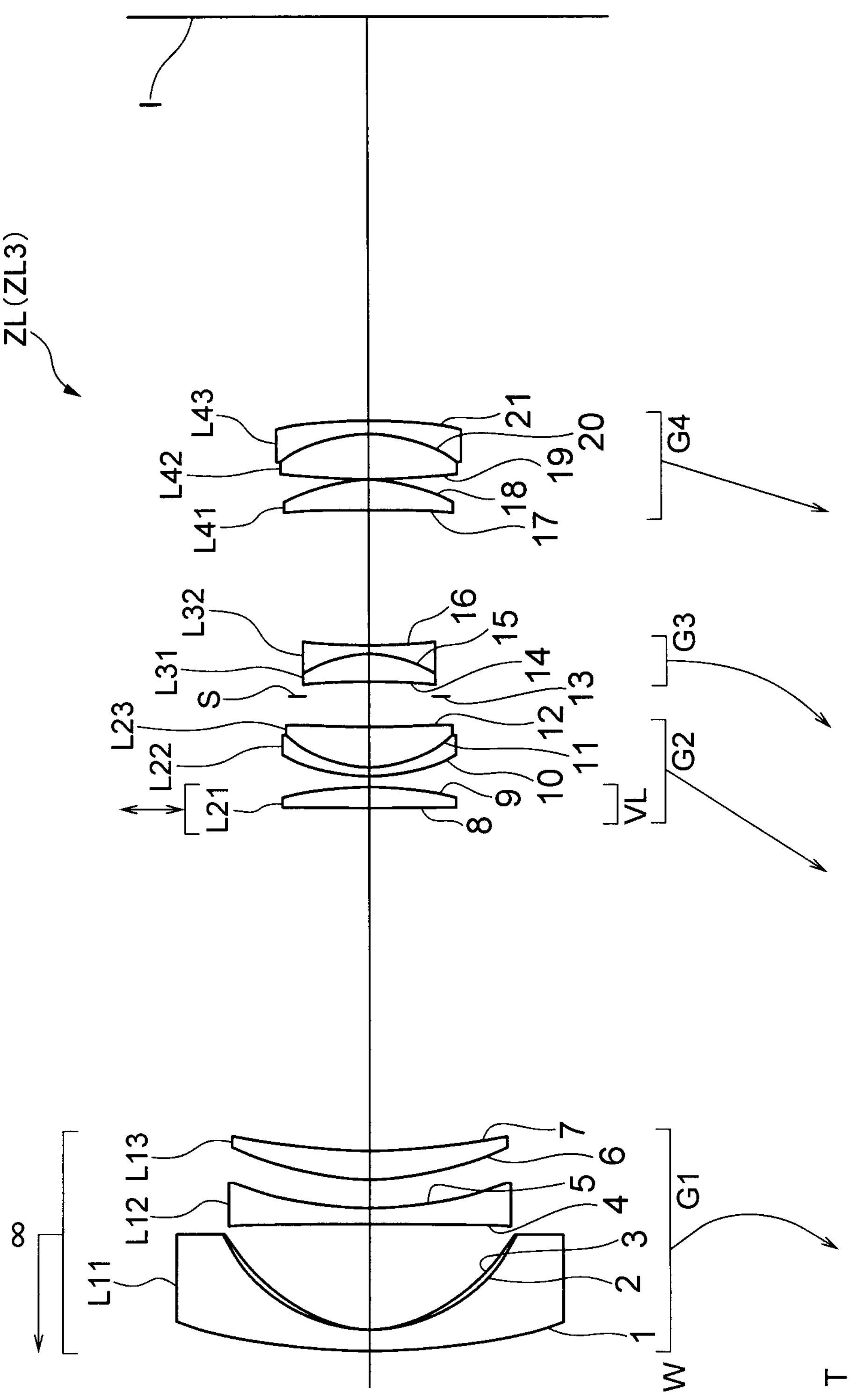

FNO=5.67
g
d
0.500
球面収差
Y=8.19
gg
dd
0.500
非点収差
Y=8.19
5.000%
歪曲収差
Y=8.19
dg
Y=5.58
dg
Y=3.98
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差
g
−0.050
倍率色収差

図8B


Y=5.58
dg
Y=0.00
dg
Y=−5.58
dg
−0.100
コマ収差

[図9]


I
ZL(ZL3)
L43
L42
L41
21
20
19
18
17
G4
L32
L31
S
16
15
14
13
G3
L23
L22
L21
12
11
10
9
8
G2
VL
L13
L12
L11
∞
7
6
5
4
3
2
1
G1
W
T

[図10]

図10A

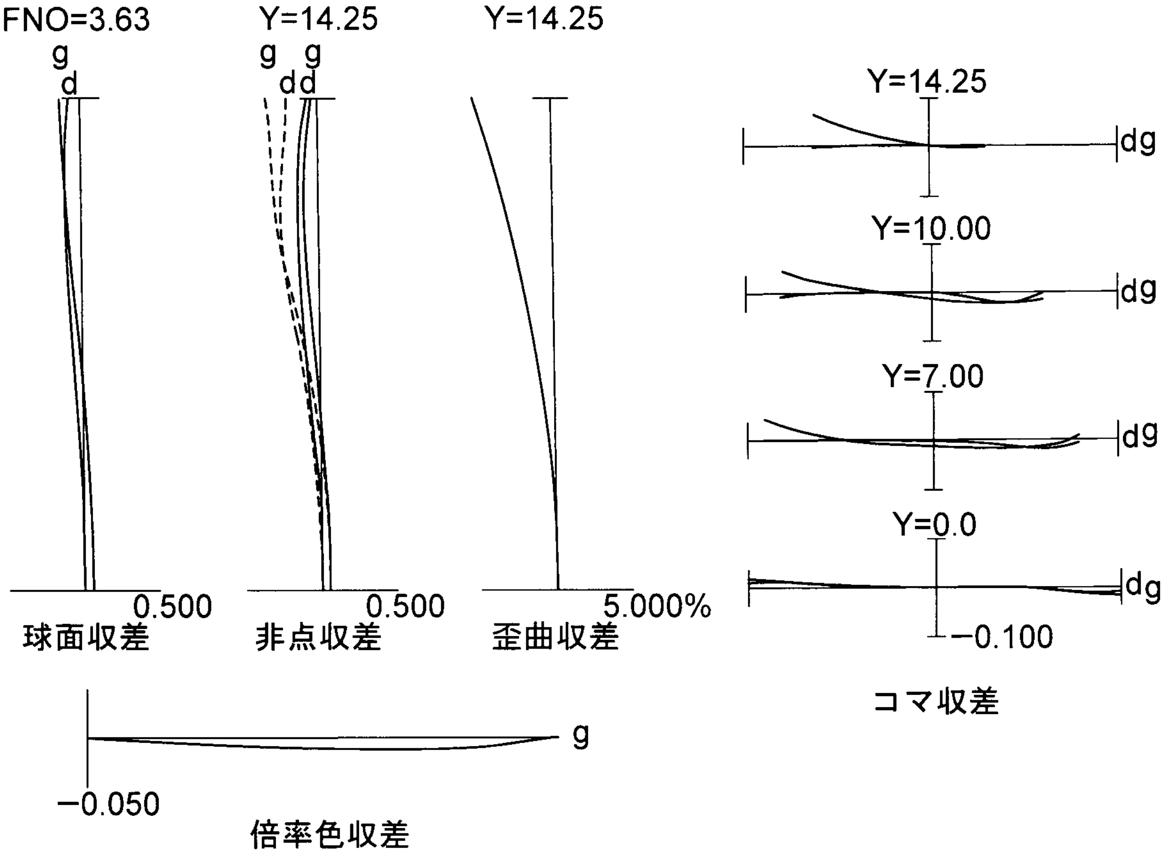
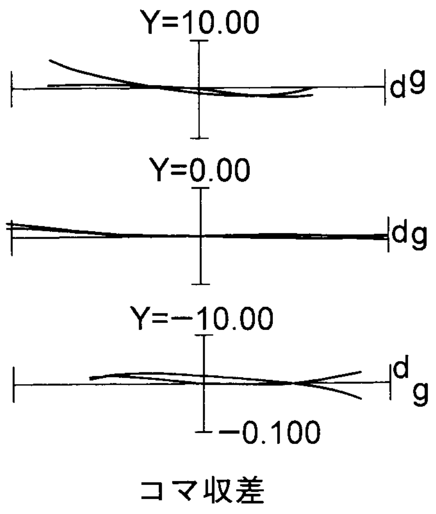
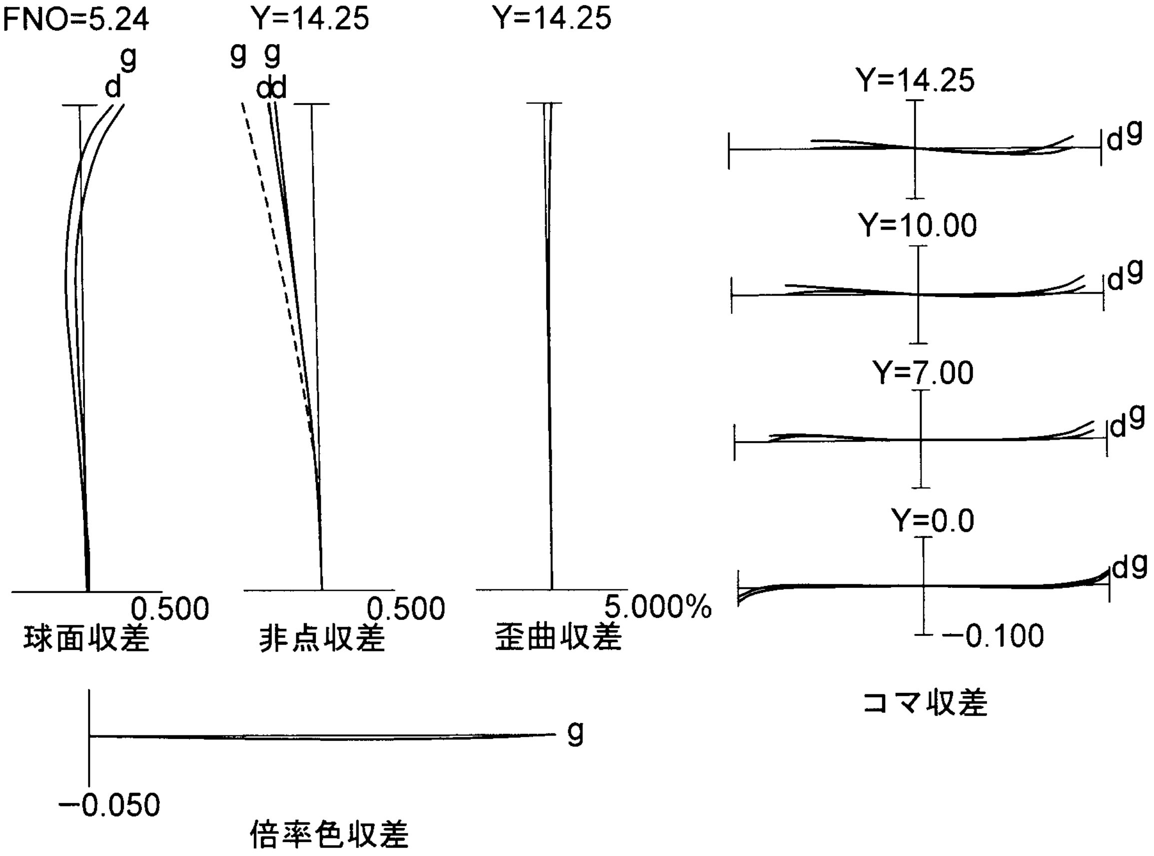


図10B



[図11]


FNO=5.24
g
d
0.500
球面収差
Y=14.25
g g
dd
0.500
非点収差
Y=14.25
5.000%
歪曲収差
Y=14.25
dg
Y=10.00
dg
Y=7.00
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差
g
−0.050
倍率色収差

[図12]

図12A

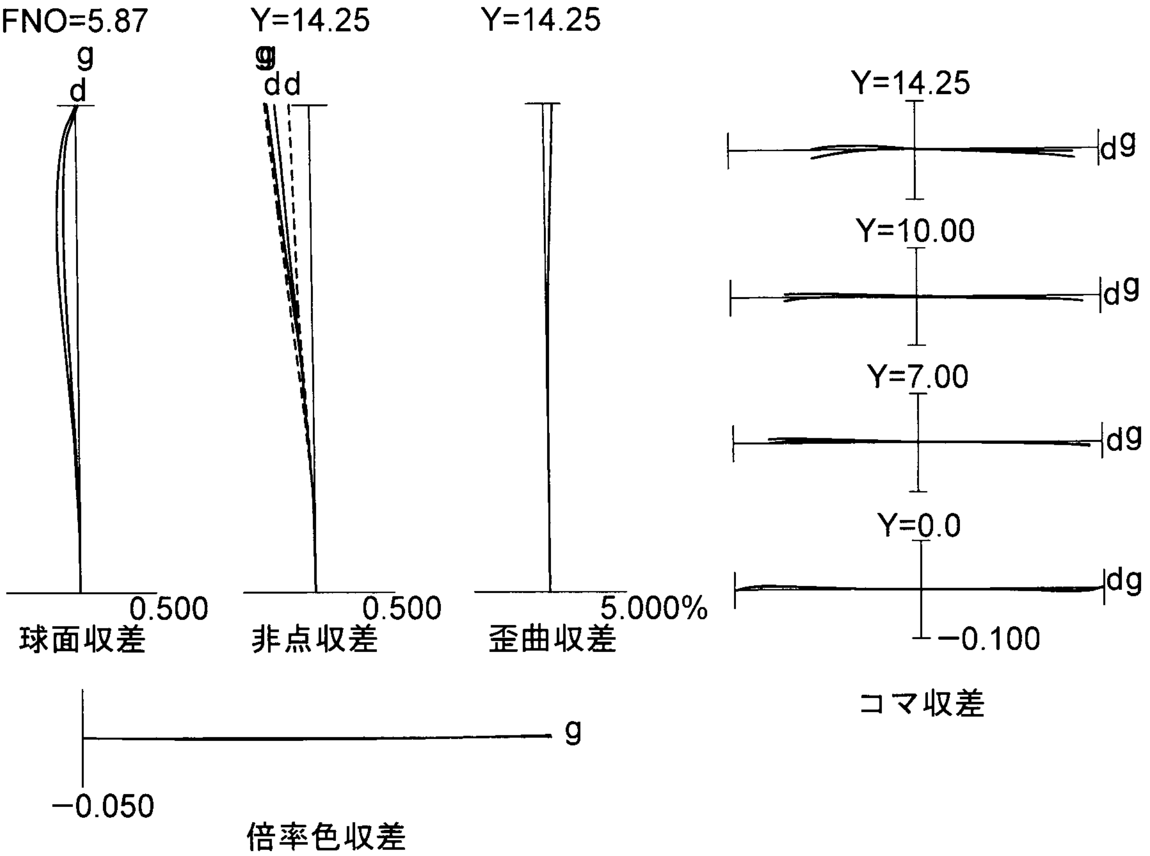
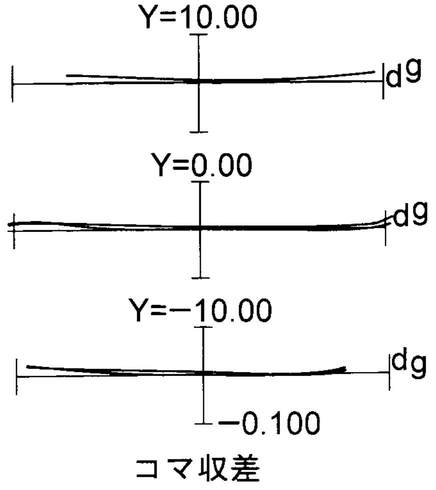
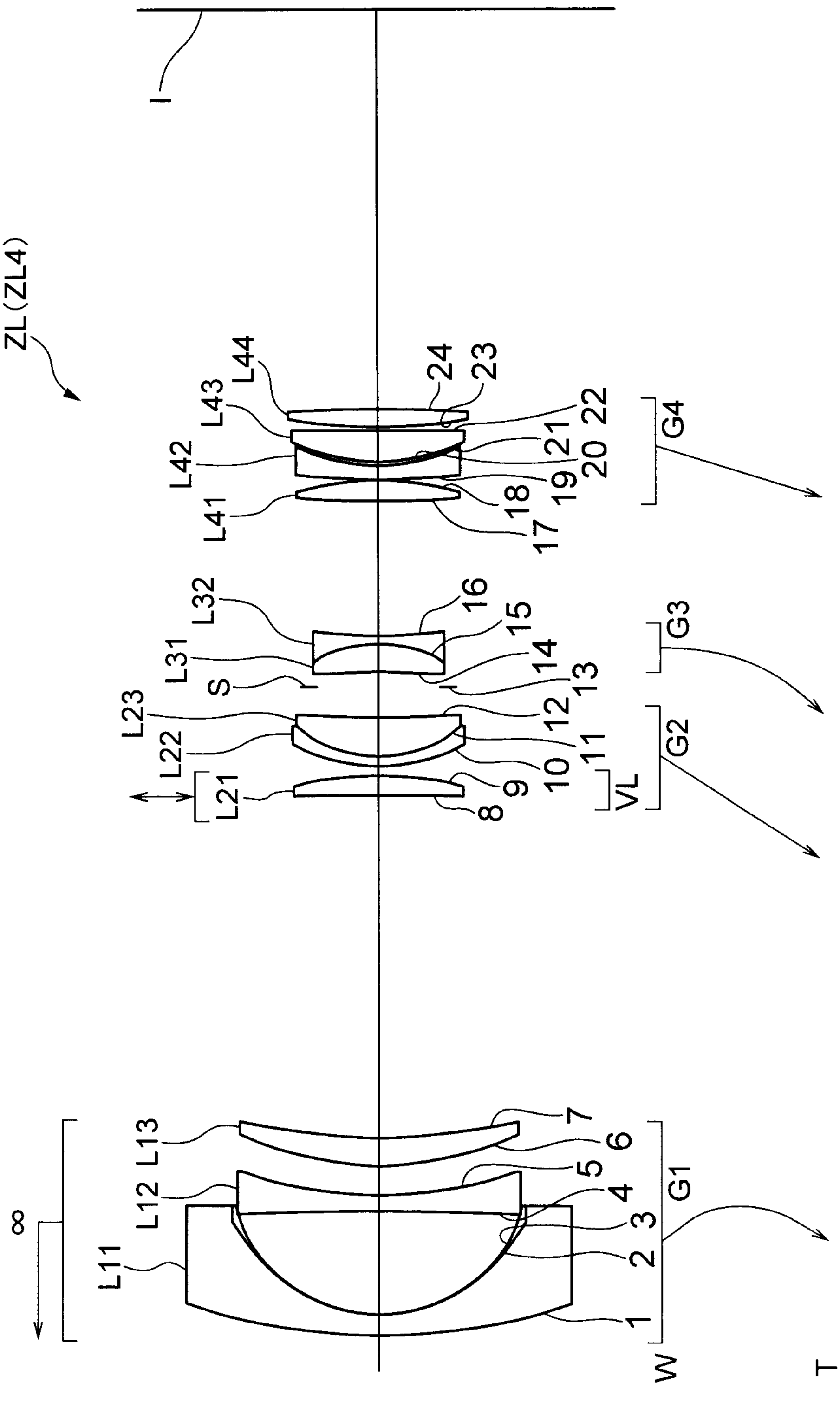


図12B



［図13］


I
ZL(ZL4)
L44
L43
L42
L41
24
23
22
21
20
19
18
17
G4
L32
L31
S
16
15
14
13
G3
L23
L22
L21
12
11
10
9
8
VL
G2
L13
L12
L11
7
6
5
4
3
2
1
G1
∞
W
T

[図14]

図14A

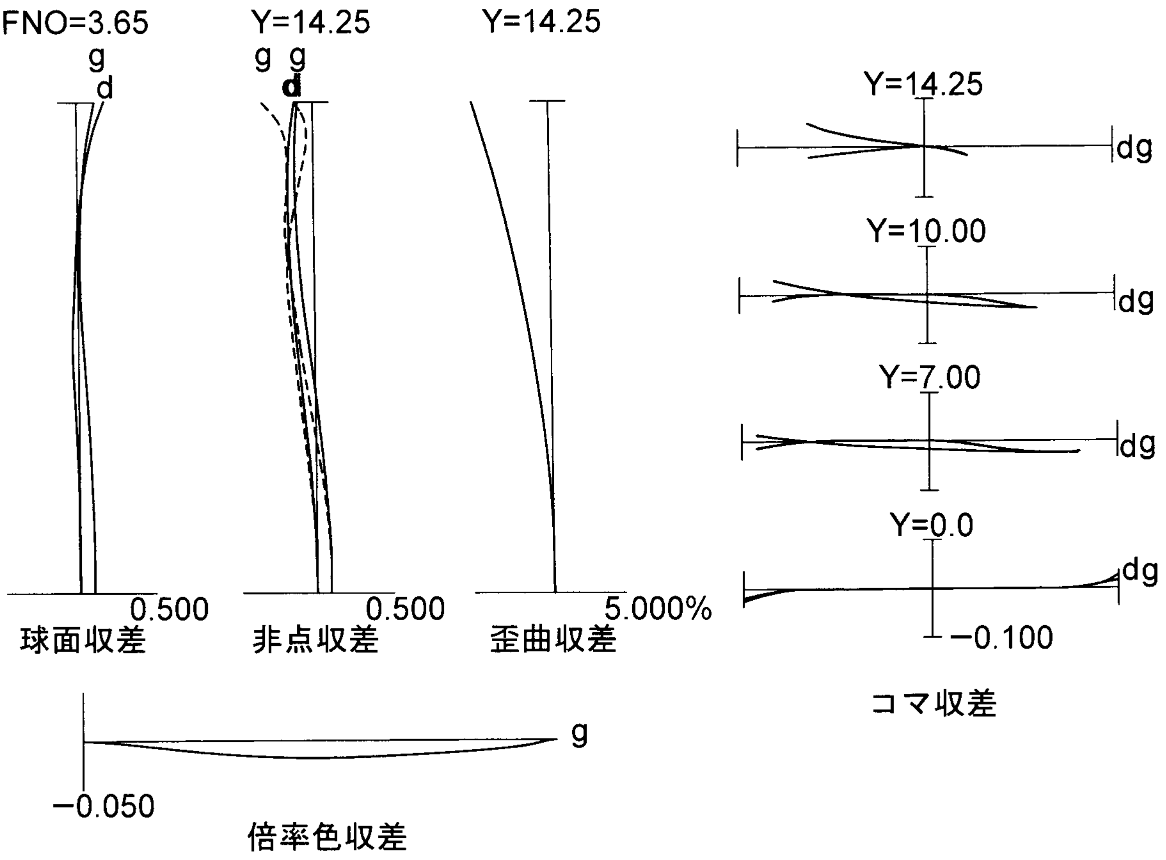
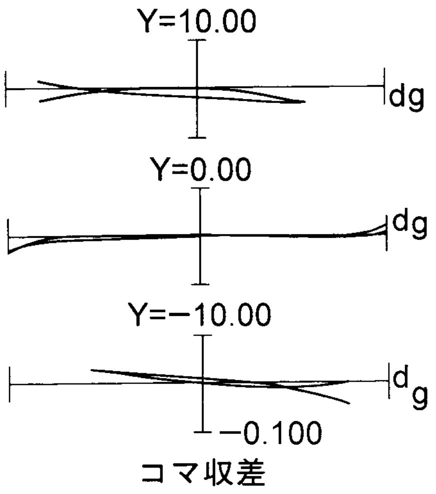
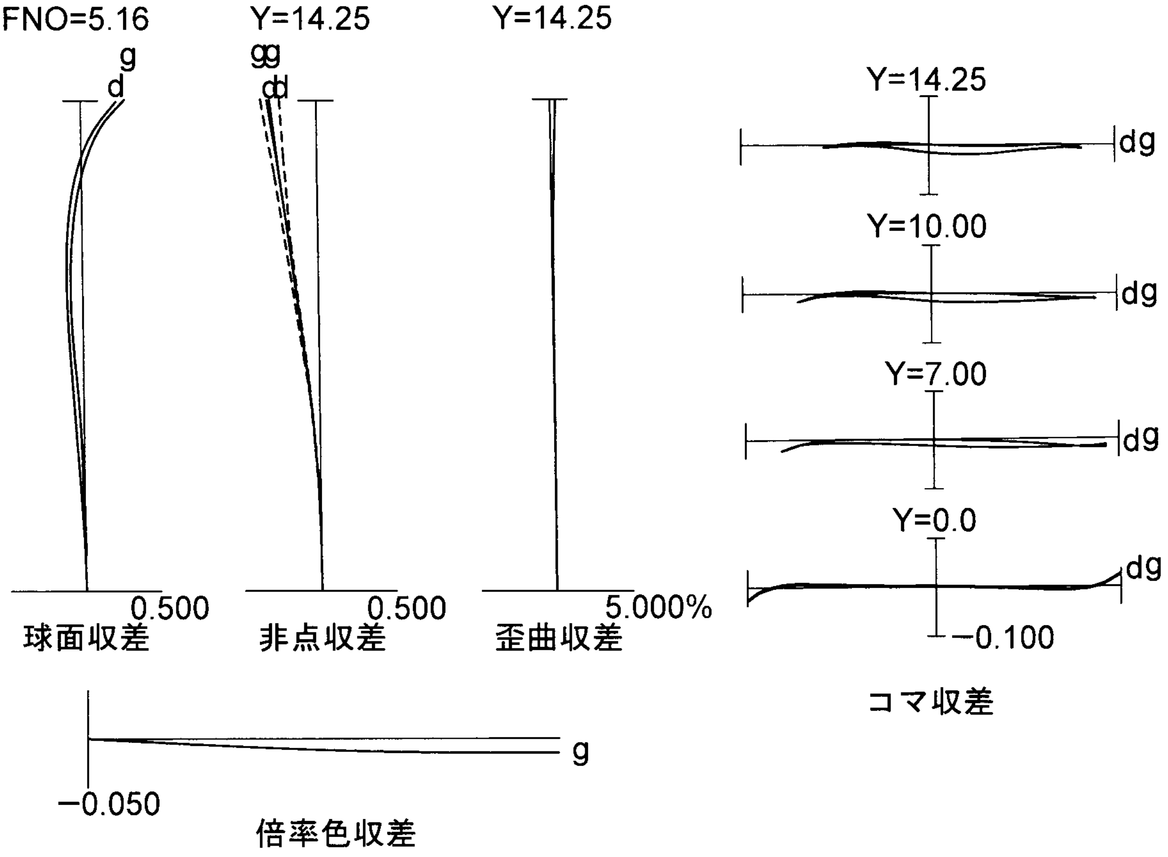


図14B



[図15]


FNO=5.16
g
d
0.500
球面収差
Y=14.25
gg
dd
0.500
非点収差
Y=14.25
5.000%
歪曲収差
Y=14.25
dg
Y=10.00
dg
Y=7.00
dg
Y=0.0
dg
−0.100
コマ収差
g
−0.050
倍率色収差

[図16]

図16A

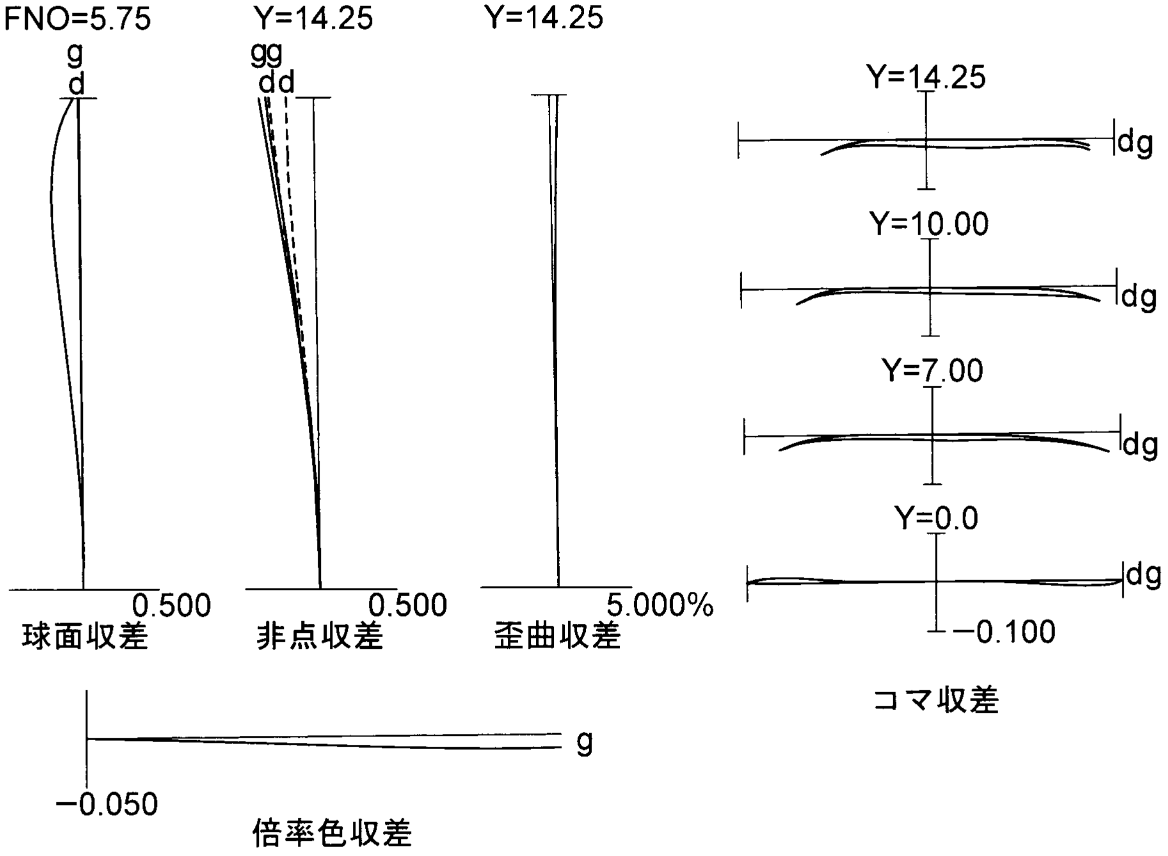
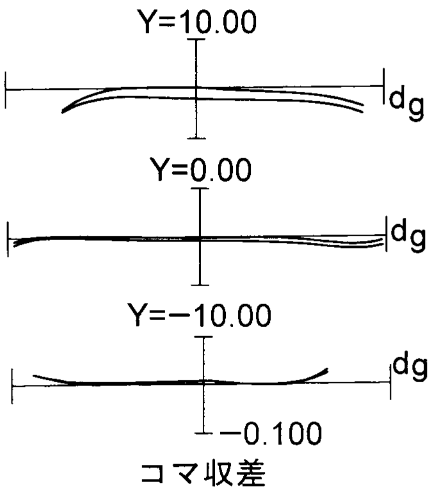
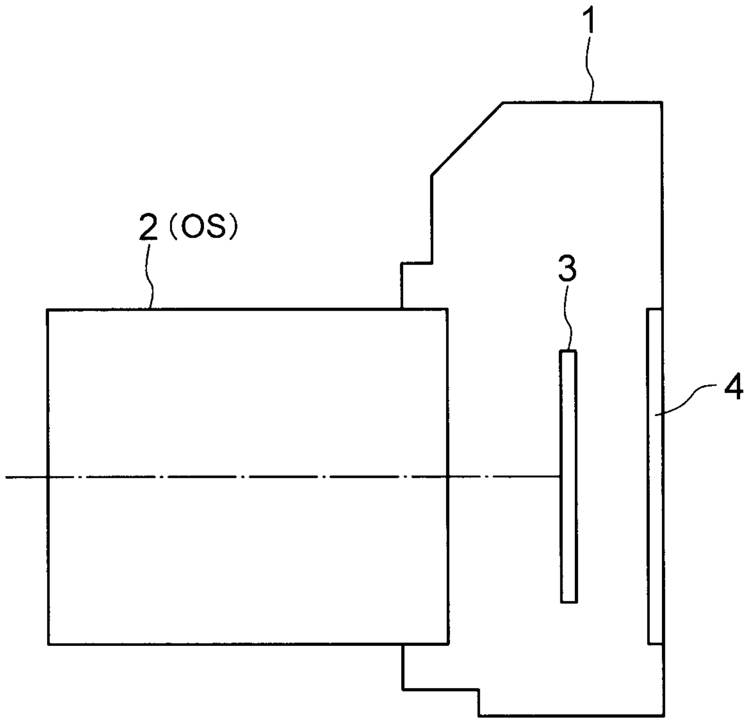


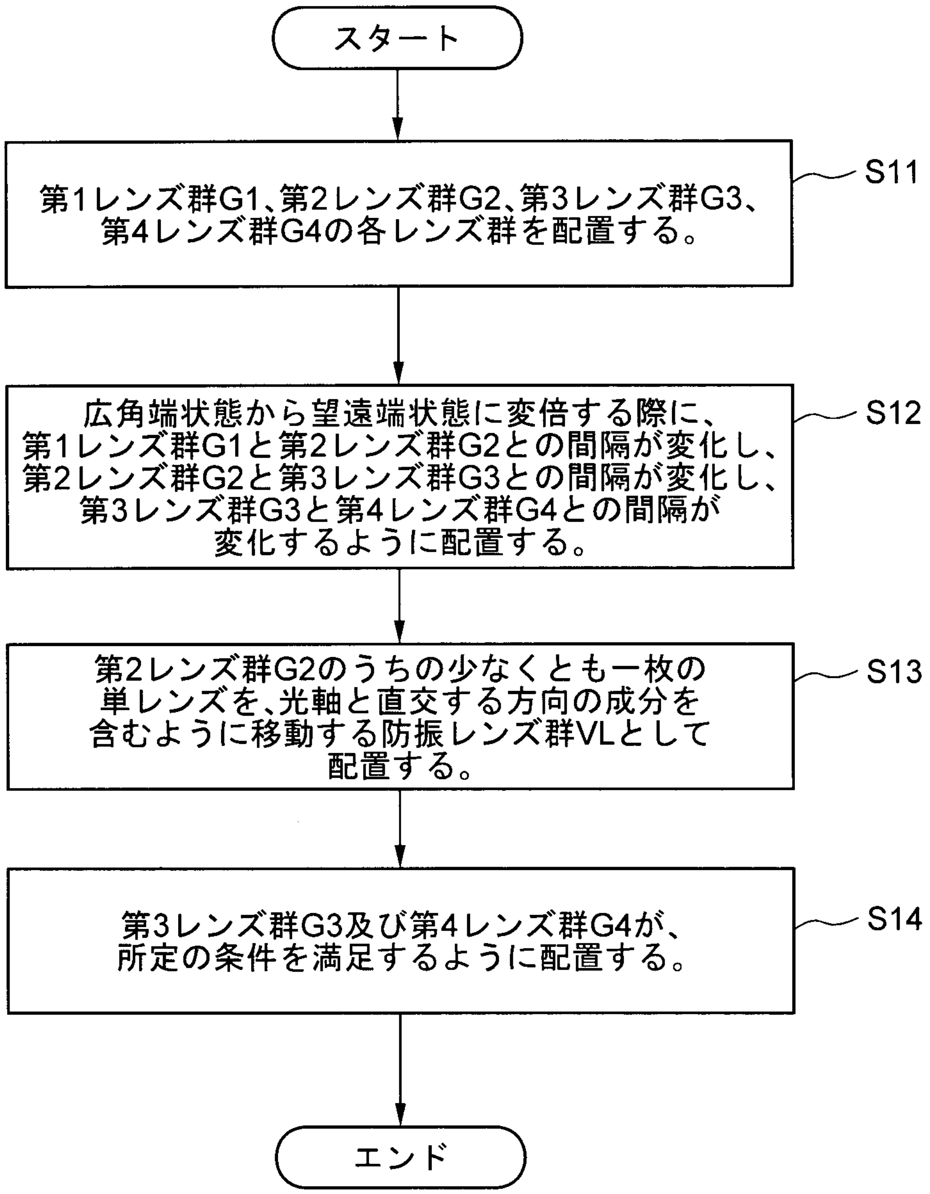
図16B



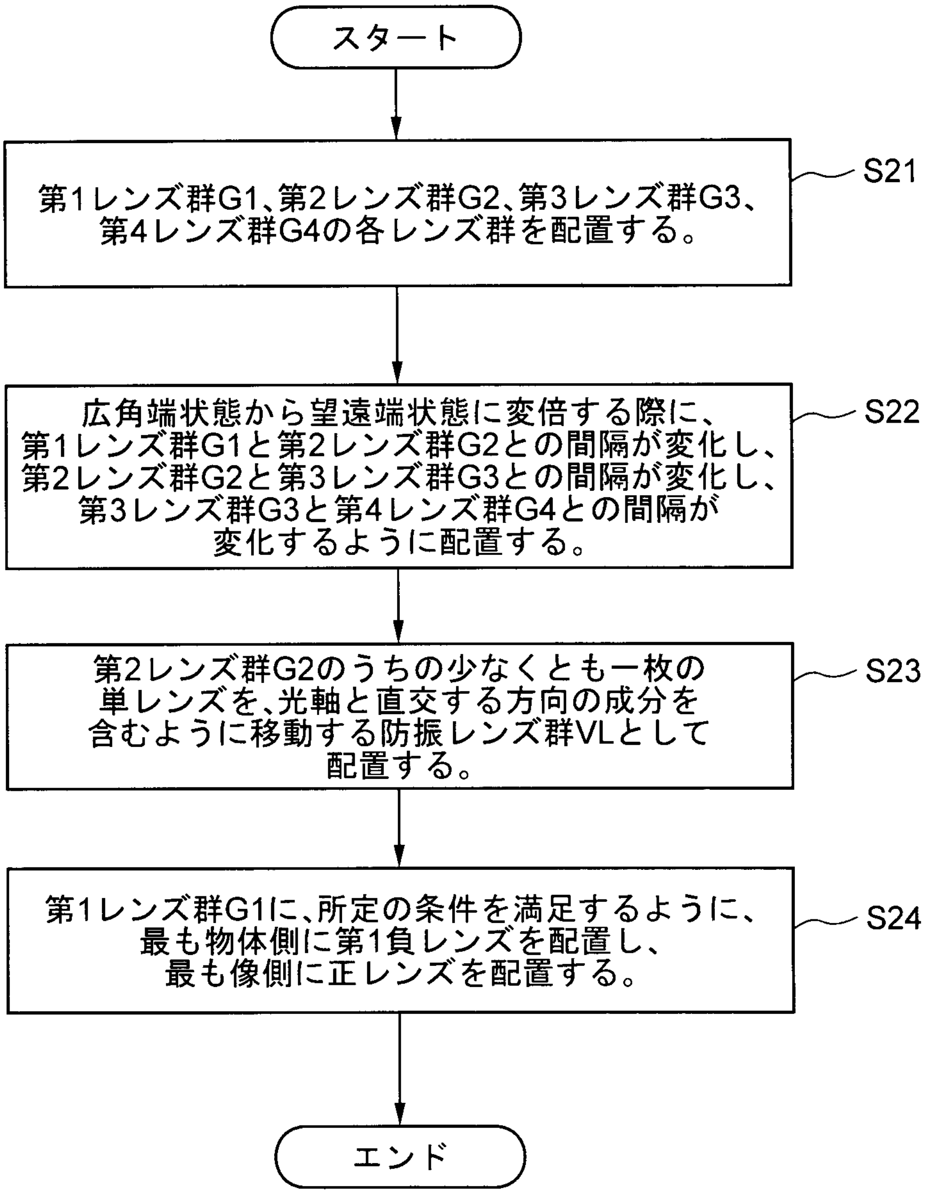
[図17]



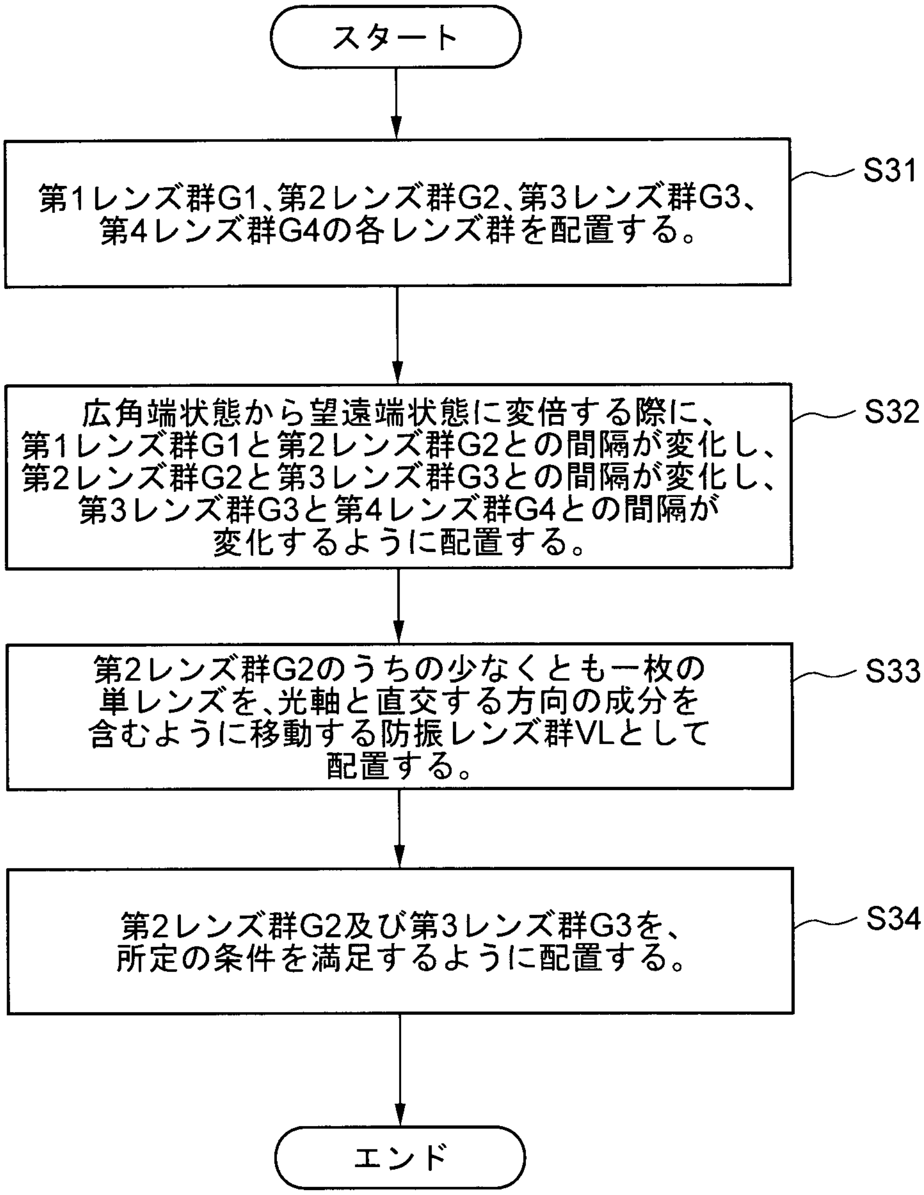
[図18]


スタート
第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の各レンズ群を配置する。
S11
広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化するように配置する。
S12
第2レンズ群G2のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群VLとして配置する。
S13
第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4が、所定の条件を満足するように配置する。
S14
エンド

[図19]


スタート
第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の各レンズ群を配置する。
S21
広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化するように配置する。
S22
第2レンズ群G2のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群VLとして配置する。
S23
第1レンズ群G1に、所定の条件を満足するように、最も物体側に第1負レンズを配置し、最も像側に正レンズを配置する。
S24
エンド

[図20]


スタート
第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の各レンズ群を配置する。
S31
広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化するように配置する。
S32
第2レンズ群G2のうちの少なくとも一枚の単レンズを、光軸と直交する方向の成分を含むように移動する防振レンズ群VLとして配置する。
S33
第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3を、所定の条件を満足するように配置する。
S34
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/073020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B15/20(2006.01)i, *G02B13/18*(2006.01)i, *G03B5/00*(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, G03B5/00

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012-133230 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), numerical examples 1 to 4 & US 2012/0162779 A1	1-7,9,12-15, 17-18,20-24, 26-27
X	JP 2012-133228 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), numerical examples 1 to 4 & US 2012/0162777 A1	1-7,9,12-15, 17-18,20-24, 26-27
X	JP 2012-133229 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), numerical examples 1 to 5 & US 2012/0162778 A1	1-9,12-15, 17-27

☒ 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	Date of mailing of the international search report
24 October, 2013 (24.10.13)	19 November, 2013 (19.11.13)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japanese Patent Office	
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/073020

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012-141600 A (Nikon Corp.), 26 July 2012 (26.07.2012), 3rd example & WO 2012/081603 A1	1-2,4-9, 11-13,18,22, 24-25,27
X	JP 2009-048012 A (Nikon Corp.), 05 March 2009 (05.03.2009), 5th to 9th examples & US 2009/0052051 A1 & EP 2028515 A2 & CN 101373262 A	1-5,7-14, 16-17,21-23, 25-26
X	JP 2010-152147 A (Panasonic Corp.), 08 July 2010 (08.07.2010), numerical examples 1 to 4 (Family: none)	1-2,4-9, 12-13,18-22, 24-25,27
X	JP 2009-169051 A (Canon Inc.), 30 July 2009 (30.07.2009), numerical example 3 & US 2009/0180199 A1 & CN 101487925 A	1-2,4-9, 11-13,18-22, 24-25,27
X	JP 2007-256695 A (Nikon Corp.), 04 October 2007 (04.10.2007), 1st to 5th examples & US 2007/0223105 A1 & CN 101042465 A	1-2,4-13, 18-22,24-25, 27
X	JP 2008-046612 A (Nikon Corp.), 28 February 2008 (28.02.2008), numerical examples 1 to 4 & US 2009/0231708 A1 & EP 2045639 A1 & WO 2008/010563 A1	1-7,9-15, 17-18,20-24, 26-27

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０７３０２０

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，G03B5/00(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，G03B5/00

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2012-133230 A（パナソニック株式会社）2012.07.12，数値実施例１－４ & US 2012/0162779 A1	1-7,9,12-15,17-18,20-24,26-27
X	JP 2012-133228 A（パナソニック株式会社）2012.07.12，数値実施例１－４ & US 2012/0162777 A1	1-7,9,12-15,17-18,20-24,26-27

☑　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 ２４．１０．２０１３	国際調査報告の発送日 １９．１１．２０１３
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｖ　４７４８ 殿岡　雅仁 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	JP 2012-133229 A (パナソニック株式会社) 2012.07.12, 数値実施例１－５ & US 2012/0162778 A1	1-9,12-15,17-27
X	JP 2012-141600 A (株式会社ニコン) 2012.07.26, 第３実施例 & WO 2012/081603 A1	1-2,4-9,11-13,18,22,24-25,27
X	JP 2009-048012 A (株式会社ニコン) 2009.03.05, 第５－９実施例 & US 2009/0052051 A1 & EP 2028515 A2 & CN 101373262 A	1-5,7-14,16-17,21-23,25-26
X	JP 2010-152147 A (パナソニック株式会社) 2010.07.08, 数値実施例１－４ (ファミリーなし)	1-2,4-9,12-13,18-22,24-25,27
X	JP 2009-169051 A (キヤノン株式会社) 2009.07.30, 数値実施例３ & US 2009/0180199 A1 & CN 101487925 A	1-2,4-9,11-13,18-22,24-25,27
X	JP 2007-256695 A (株式会社ニコン) 2007.10.04, 第１－５実施例 & US 2007/0223105 A1 & CN 101042465 A	1-2,4-13,18-22,24-25,27
X	JP 2008-046612 A (株式会社ニコン) 2008.02.28, 数値実施例１－４ & US 2009/0231708 A1 & EP 2045639 A1 & WO 2008/010563 A1	1-7,9-15,17-18,20-24,26-27