(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
2018年5月3日(03.05.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/079520 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 15/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/038280

(22) 国際出願日： 2017年10月24日(24.10.2017)

(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 2016-209625 2016年10月26日(26.10.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目１５番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 町田 幸介 (MACHIDA, Kosuke); 〒1086290 東京都港区港南二丁目１５番３号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

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

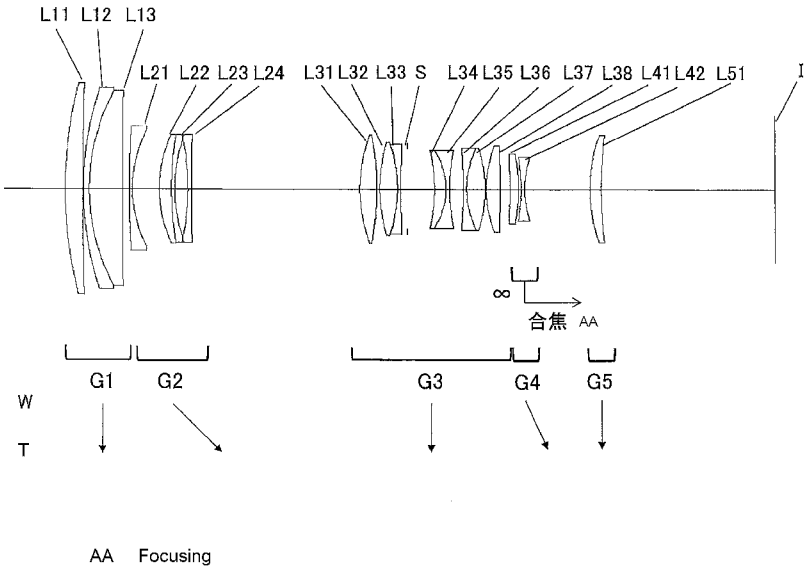
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

WO 2018/079520 A1

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

(54) 発明の名称： 変倍光学系、光学機器、撮像機器、変倍光学系の製造方法

[図1]



(57) **Abstract:** Provided is a variable magnification optical system comprising, in order from the object side, a first lens group G1 having a positive refractive power, a second lens group G2 having a negative refractive power, a third lens group G3 having a positive refractive power, and a fourth lens group G4 having a negative refractive power. When changing magnification, the interval between the first lens group G1 and the second lens group G2 changes, the interval between the

[続葉有]

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

second lens group G2 and the third lens group G3 changes, and the interval between the third lens group G3 and the fourth lens group G4 changes. When focusing, the fourth lens group G4 moves and a predetermined conditional expression is satisfied. As a result, it is possible to provide a variable magnification optical system and the like in which the size and weight of a focusing lens group are reduced, high-speed focusing and low noise at the time of focusing are achieved without increasing the size of a lens barrel, and aberration fluctuation is suitably suppressed when changing magnification from a wide-angle end state to a telephoto end state and when focusing from an object at infinity to a nearby object.

(57) 要約:物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４とを有し、変倍時に、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との間隔が変化し、合焦時に、第４レンズ群Ｇ４が移動し、所定の条件式を満足する。これにより、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系等を提供する。

明　細　書

発明の名称 ：

変倍光学系、光学機器、撮像機器、変倍光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、変倍光学系、光学機器、撮像機器、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４－２９３００７号公報を参照。しかしながら、従来の変倍光学系は合焦レンズ群の軽量化が十分に図られていなかった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平４－２９３００７号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第１の態様は、

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

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

合焦時に、前記第４レンズ群が移動し、

以下の条件式を満足する変倍光学系を提供する。

０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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

[0005] 本発明の第２の態様は、

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを、変倍時に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置することを含み、

合焦時に、前記第４レンズ群が移動し、

以下の条件式を満足する変倍光学系の製造方法を提供する。

０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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

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断面図である。

[図2]第１実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図3]第１実施例に係る変倍光学系のメリディオナル横収差図である。

[図4]第１実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図5]第２実施例に係る変倍光学系の断面図である。

[図6]第２実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図7]第２実施例に係る変倍光学系のメリディオナル横収差図である。

[図8]第２実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図9]第３実施例に係る変倍光学系の断面図である。

[図10]第３実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図11]第３実施例に係る変倍光学系のメリディオナル横収差図である。

[図12]第３実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図13]第４実施例に係る変倍光学系の断面図である。

[図14]第４実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図15]第４実施例に係る変倍光学系のメリディオナル横収差図である。

[図16]第４実施例に係る変倍光学系の諸収差図である。

[図17]変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図18]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、本発明の実施形態の変倍光学系、光学機器、撮像機器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、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを有し、変倍時に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化し、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第４レンズ群が移動し、以下の条件式（１）を満足する。

（１） ０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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

[0008] 上記のように本実施形態の変倍光学系は、少なくとも４つのレンズ群を有し、変倍時にレンズ群同士の間隔がそれぞれ変化することによって、変倍時の収差を良好に補正することができる。

また、上記のように本実施形態の変倍光学系は、第４レンズ群を合焦レンズ群とすることにより、合焦レンズ群の小型軽量化を図ることができる。

[0009] 上記条件式（１）は、第２レンズ群の焦点距離と第３レンズ群の焦点距離の比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、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0010] 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３レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。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１．２５にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１）の上限値を１．２０にすることが好ましい。

[0011] 一方、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２レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。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０．８５にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１）の下限値を０．９０にすることが好ましい。

[0012] 以上の構成により、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を実現することができる。

[0013] 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） ２．００＜ｆ１／（－ｆ２）＜４．００

ただし、

ｆ１：前記第１レンズ群の焦点距離

[0014] 条件式（２）は、第１レンズ群の焦点距離と第２レンズ群の焦点距離の比を規定するものである。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、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0015] 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２レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。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３．８０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を３．５０にすることが好ましい。

[0016] 一方、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レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。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２．３０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を２．６０にすることが好ましい。

[0017] また本実施形態の変倍光学系は、前記第４レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズとからなることが望ましい。この構成により、第４レンズ群即ち合焦レンズ群を軽量化しつつ、無限遠物体から近距離物体への合焦時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0018] 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） ２．２０＜ｆＰ／（－ｆＮ）＜３．７０

ただし、

ｆＰ：前記第４レンズ群内の前記正レンズの焦点距離

ｆＮ：前記第４レンズ群内の前記負レンズの焦点距離

[0019] 条件式（３）は、第４レンズ群内の正レンズの焦点距離と第４レンズ群内の負レンズの焦点距離の比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、無限遠物体から近距離物体への合焦時にコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0020] 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４レンズ群内の負レンズの屈折力が大きくなり、コマ収差の発生が過大になる。このため、無限遠物体から近距離物体への合焦時にコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。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３．６０にすることが好ましい。

また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（３）の上限値を３．５０にすることが好ましい。

[0021] 一方、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４レンズ群内の正レンズの屈折力が大きくなり、コマ収差の補正が過大になる。このため、無限遠物体から近距離物体への合焦時にコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。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２．３０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（３）の下限値を２．４０にすることが好ましい。

[0022] また本実施形態の変倍光学系は、変倍時に、前記第１レンズ群が像面に対して位置が固定であることが望ましい。この構成により、本実施形態の変倍光学系は全長が変化することなく広角端状態から望遠端状態への変倍を行うことができる。

[0023] また本実施形態の変倍光学系は、変倍時に、前記第３レンズ群が像面に対して位置が固定であることが望ましい。この構成により、本実施形態の変倍光学系の製造誤差による性能劣化を抑え、量産性を確保することができる。

[0024] また本実施形態の変倍光学系は、前記第１レンズ群が、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとを有することが望ましい。この構成により、望遠端状態において球面収差とコマ収差を効果的に補正することができる。

[0025] また本実施形態の変倍光学系は、光軸と直交する方向の変位成分を含むように移動可能な防振レンズ群を有することが望ましい。この構成により、手ブレ等による結像位置の変位を補正する、即ち防振を行うことができる。

[0026] また本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。

（４） ０．７０＜｜ｆｖｒ｜／ｆ３＜１．６０

ただし、

ｆｖｒ：前記防振レンズ群の焦点距離

[0027] 条件式（４）は、防振レンズ群の焦点距離と第３レンズ群の焦点距離の比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（４）を満足することにより、防振時の性能劣化を効果的に抑え、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0028] 本実施形態の変倍光学系の条件式（４）の対応値が上限値を上回ると、第３レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態から望遠端状態への変倍時に球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（４）の上限値を１．５０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（４）の上限値を１．４０にすることが好ましい。

[0029] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式（４）の対応値が下限値を下回ると、防振レンズ群の屈折力が大きくなり、防振時に発生する偏芯コマ収差を補正することが困難になる。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（４）の下限値を０．８０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（４）の下限値を０．９０にすることが好ましい。

[0030] 本発明の実施形態の光学機器は、上述した構成の変倍光学系を有する。

本発明の実施形態の撮像機器は、上述した構成の変倍光学系と、前記変倍光学系によって形成される像を撮像する撮像部とを備えている。

これにより、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた光学機器、撮像機器を実現することができる。

[0031] 本発明の実施形態の変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを、変倍時に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レン

ズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置することを含み、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第４レンズ群が移動し、以下の条件式（１）を満足する。これにより、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を製造することができる。

（１）　０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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

[0032] 以下、本発明の実施形態の変倍光学系に係る実施例を添付図面に基づいて説明する。

（第１実施例）

図１は第１実施例に係る変倍光学系の断面図である。なお、図１及び後述する図５、図９及び図１３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。

[0033] 第１実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５とから構成されている。

[0034] 第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３との接合正レンズとからなる。

第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２２と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３との接合正レンズと、両凹形状の負レンズＬ２４とからなる。

[0035] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ３１と、両凸形状の正レンズＬ３２と両凹形状の負レンズＬ３３との接合負レンズと、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Ｌ３４と両凹形状の負レンズＬ３５との接合負レンズと、両凹形状の負レンズＬ３６と両凸形状の正レンズＬ３７との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ３８とからなる。

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と、両凹形状の負レンズＬ４２とからなる。

第５レンズ群Ｇ５は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ５１からなる。

[0036] 第１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との間隔、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔及び第４レンズ群Ｇ４と第５レンズ群Ｇ５との間隔が変化するように、第２、第４レンズ群Ｇ２、Ｇ４が光軸に沿って移動する。なおこの時、第１、第３、第５レンズ群Ｇ１、Ｇ３、Ｇ５は像面Ｉに対して位置が固定である。

第１実施例に係る変倍光学系では、合焦レンズ群として第４レンズ群Ｇ４を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

[0037] 第１実施例に係る変倍光学系では、防振レンズ群として正メニスカスレンズＬ３４と負レンズＬ３５との接合負レンズを光軸と直交する方向の変位成分を含むように移動させることにより防振を行う。

ここで、レンズ全系の焦点距離がｆ、防振係数（防振時の防振レンズ群の移動量に対する像面Ｉ上での像の移動量の比）がＫであるレンズにおいて、角度θの回転ブレを補正するためには、防振レンズ群を（ｆ・tanθ）／Ｋだけ光軸と直交する方向へ移動させればよい。したがって、第１実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が１．６３、焦点距離が７２．１０（ｍｍ）であるため、０．３０°の回転ブレを補正するための防振レン

ズ群の移動量は０．２３（ｍｍ）となる。また、望遠端状態においては防振係数が１．７０、焦点距離が１９４．００（ｍｍ）であるため、０．２０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．４０（ｍｍ）となる。

[0038] 以下の表１に、第１実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

表１において、ｆは焦点距離、ＢＦはバックフォーカス（最も像側のレンズ面と像面Ｉとの光軸上の距離）を示す。

［面データ］において、面番号は物体側から数えた光学面の順番、ｒは曲率半径、ｄは面間隔（第n面（nは整数）と第n+1面との間隔）、ｎｄはｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に対する屈折率、νｄはｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に対するアッベ数をそれぞれ示している。また、物面は物体面、可変は可変の面間隔、絞りＳは開口絞りＳ、像面は像面Ｉをそれぞれ示している。なお、曲率半径ｒ＝∞は平面を示している。空気の屈折率ｎｄ＝1.00000の記載は省略している。

[0039] ［各種データ］において、ＦＮＯはＦナンバー、２ωは画角（単位は「°」）、Ｙmaxは最大像高、ＴＬは第１実施例に係る変倍光学系の全長（第１面から像面Ｉまでの光軸上の距離）、ｄnは第n面と第n+1面との可変の間隔をそれぞれ示す。なお、Ｗは広角端状態、Ｍは中間焦点距離状態、Ｔは望遠端状態、無限遠は無限遠物体への合焦時、近距離は近距離物体への合焦時をそれぞれ示す。

［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、第１実施例に係る変倍光学系の各条件式の対応値を示す。

[0040] ここで、表１に掲載されている焦点距離ｆ、曲率半径ｒ及びその他の長さの単位は一般に「ｍｍ」が使われる。しかしながら光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

なお、以上に述べた表１の符号は、後述する各実施例の表においても同様

に用いるものとする。

[0041] （表１）第１実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	127.6244	5.534	1.48749	70.31
2	1322.7608	0.200		
3	99.4549	1.700	1.80610	33.34
4	62.2096	10.428	1.49700	81.73
5	3849.3448	可変		
6	312.0349	1.000	1.77250	49.62
7	39.3277	8.235		
8	38.7701	3.919	1.84666	23.80
9	103.1681	1.000	1.80400	46.60
10	48.5499	4.120		
11	-74.2974	1.000	1.60311	60.69
12	649.2745	可変		
13	44.7829	5.265	1.72342	38.03
14	-98.4496	1.019		
15	50.5480	5.402	1.49700	81.73
16	-45.6249	1.000	1.90200	25.26
17	295.6528	2.002		
18(絞りＳ)	∞	8.326		
19	-54.0959	3.659	1.80518	25.45
20	-21.1959	1.000	1.66755	41.87
21	58.7139	4.250		
22	-156.1142	1.000	1.90366	31.27
23	28.3088	5.794	1.61800	63.34

24	-40.0487	0.200		
25	36.9605	4.316	1.79952	42.09
26	-382.7973	可変		
27	-306.2135	2.700	1.71736	29.57
28	-50.1498	0.809		
29	-55.5576	1.000	1.69680	55.52
30	30.3235	可変		
31	50.3470	3.397	1.60300	65.44
32	133.9533	ＢＦ		
像面	∞			

［各種データ］

変倍比 2.69

	W	M	T
f	72.1	99.9	194.0
ＦＮＯ	4.05	4.11	4.15
２ω	33.86	24.12	12.32
Ｙmax	21.60	21.60	21.60
ＴＬ	218.32	218.32	218.32
ＢＦ	53.32	53.32	53.32

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	2.000	19.906	51.627	2.000	19.906	51.627
d12	51.627	33.721	2.000	51.627	33.721	2.000
d26	3.000	5.594	7.658	3.569	6.412	9.301
d30	20.101	17.507	15.442	19.532	16.689	13.800

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	154.325

2	6	-45.859
3	13	45.676
4	27	-42.922
5	31	131.760

［条件式対応値］

（１）　（－ｆ２）／ｆ３　＝ 1.004

（２）　ｆ１／（－ｆ２）　＝ 3.365

（３）　ｆＰ／（－ｆＮ）　＝ 2.971

（４）　｜ｆｖｒ｜／ｆ３　＝ 1.097

[0042] 図２Ａ、図２Ｂ及び図２Ｃ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３Ａ、及び図３Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に０．３０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に０．２０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

図４Ａ、図４Ｂ及び図４Ｃはそれぞれ、第１実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0043] 各収差図において、ＦＮＯはＦナンバー、Ｙは像高、ＮＡは開口数をそれぞれ示す。詳しくは、球面収差図では最大口径に対応するＦナンバーＦＮＯ又は開口数ＮＡの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高Ｙの最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。また、各収差図において、ｄはｄ線（波長５８７．６ｎｍ）、ｇはｇ線（波長４３５．８ｎｍ）における収差をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。コマ収差図は、各像高Ｙにおけるコマ収差を示す。なお、後述する各実施例の収差図においても、本実施例と

同様の符号を用いる。

[0044] 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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに防振時や近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[0045] （第２実施例）

図５は第２実施例に係る変倍光学系の断面図である。

第２実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５とから構成されている。

[0046] 第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と両凸形状の正レンズＬ１３との接合正レンズとからなる。

第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２２と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３との接合正レンズと、両凹形状の負レンズＬ２４とからなる。

[0047] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ３１と、両凸形状の正レンズＬ３２と、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合負レンズと、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Ｌ３５と両凹形状の負レンズＬ３６との接合負レンズと、両凹形状の負レンズＬ３７と両凸形状の正レンズＬ３８との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ３９とからなる。

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と、両凹形状の負レンズＬ４２とからなる。

第５レンズ群Ｇ５は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ５１からなる。

[0048] 第２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との間隔、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔及び第４レンズ群Ｇ４と第５レンズ群Ｇ５との間隔が変化するように、第２、第４レンズ群Ｇ２、Ｇ４が光軸に沿って移動する。なおこの時、第１、第３、第５レンズ群Ｇ１、Ｇ３、Ｇ５は像面Ｉに対して位置が固定である。

第２実施例に係る変倍光学系では、合焦レンズ群として第４レンズ群Ｇ４を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

[0049] 第２実施例に係る変倍光学系では、防振レンズ群として正メニスカスレンズＬ３５と負レンズＬ３６との接合負レンズを光軸と直交する方向の変位成分を含むように移動させることにより防振を行う。

ここで、第２実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が１．６２、焦点距離が７２．１０（ｍｍ）であるため、０．３０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．２３（ｍｍ）となる。また、望遠端状態においては防振係数が１．７０、焦点距離が１９４．００（ｍｍ）であるため、０．２０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．４０（ｍｍ）となる。

以下の表２に、第２実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0050] （表２）第２実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	131.1214	5.449	1.48749	70.31
2	1109.4966	0.200		
3	98.0798	1.700	1.80610	33.34
4	61.5920	10.521	1.49700	81.73
5	-7105.2636	可変		
6	380.8979	1.000	1.77250	49.62

7	38.2124	6.936		
8	38.1827	4.034	1.84666	23.80
9	101.8431	1.000	1.80400	46.60
10	49.6281	4.170		
11	-75.5321	1.000	1.60311	60.69
12	631.4782	可変		
13	43.3989	5.088	1.60300	65.44
14	-128.0434	0.200		
15	71.7117	2.953	1.84666	23.80
16	1360.1055	1.671		
17	59.5261	4.661	1.49700	81.73
18	-46.7718	1.000	1.90200	25.26
19	84.5350	1.820		
20(絞りＳ)	∞	6.448		
21	-52.0090	3.604	1.80518	25.45
22	-20.4107	1.000	1.66755	41.87
23	58.3221	4.156		
24	-188.8475	1.000	1.90366	31.27
25	27.1167	5.505	1.61800	63.34
26	-46.5152	0.200		
27	39.9140	4.500	1.79952	42.09
28	-111.0815	可変		
29	-249.2850	2.700	1.71736	29.57
30	-47.0764	0.828		
31	-51.1491	1.000	1.69680	55.52
32	31.0004	可変		
33	55.1958	3.487	1.60300	65.44
34	197.9712	ＢＦ		

像面 ∞

［各種データ］

変倍比 2.69

	W	M	T
f	72.1	99.9	194.0
ＦＮＯ	4.05	4.12	4.17
２ω	33.82	24.08	12.30
Ｙmax	21.60	21.60	21.60
ＴＬ	218.32	218.32	218.32
ＢＦ	53.32	53.32	53.32

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	2.000	19.764	51.257	2.000	19.764	51.257
d12	51.257	33.494	2.000	51.257	33.494	2.000
d28	3.000	5.617	7.657	3.569	6.435	9.297
d32	20.913	18.296	16.256	20.344	17.479	14.616

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	152.488
2	6	-45.554
3	13	45.955
4	29	-42.595
5	33	125.767

［条件式対応値］

（１） （－ｆ２）／ｆ３ ＝ 0.991

（２） ｆ１／（－ｆ２） ＝ 3.347

（３） ｆＰ／（－ｆＮ） ＝ 2.919

（４） ｜ｆｖｒ｜／ｆ３ ＝ 1.067

[0051] 図６Ａ、図６Ｂ及び図６Ｃ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７Ａ、及び図７Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に０．３０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に０．２０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

図８Ａ、図８Ｂ及び図８Ｃはそれぞれ、第２実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに防振時や近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[0053] （第３実施例）

図９は第３実施例に係る変倍光学系の断面図である。

第３実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５とから構成されている。

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

第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１と、両凹形状の負レンズＬ２２と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２３との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ２４とからなる。

[0055] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ３１と、両

凸形状の正レンズＬ３２と両凹形状の負レンズＬ３３との接合負レンズと、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Ｌ３４と両凹形状の負レンズＬ３５との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３６と両凸形状の正レンズＬ３７との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ３８とからなる。

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と、両凹形状の負レンズＬ４２とからなる。

第５レンズ群Ｇ５は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ５１からなる。

[0056] 第３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との間隔、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間隔及び第４レンズ群Ｇ４と第５レンズ群Ｇ５との間隔が変化するように、第２、第４レンズ群Ｇ２、Ｇ４が光軸に沿って移動する。なおこの時、第１、第３、第５レンズ群Ｇ１、Ｇ３、Ｇ５は像面Ｉに対して位置が固定である。

第３実施例に係る変倍光学系では、合焦レンズ群として第４レンズ群Ｇ４を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

[0057] 第３実施例に係る変倍光学系では、防振レンズ群として正メニスカスレンズＬ３４と負レンズＬ３５との接合負レンズを光軸と直交する方向の変位成分を含むように移動させることにより防振を行う。

ここで、第３実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が１．６３、焦点距離が７２．１０（ｍｍ）であるため、０．３０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．２３（ｍｍ）となる。また、望遠端状態においては防振係数が１．７０、焦点距離が１９４．００（ｍｍ）であるため、０．２０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．４０（ｍｍ）となる。

以下の表３に、第３実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0058] （表３）第３実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	141.1591	4.500	1.48749	70.31
2	543.1898	0.200		
3	85.6758	2.000	1.80610	33.34
4	57.2066	11.246	1.49700	81.73
5	-1626.1596	可変		
6	93.2280	2.000	1.83400	37.18
7	41.8983	8.938		
8	-115.2692	2.000	1.69680	55.52
9	44.2262	4.356	1.84666	23.80
10	27715.4320	2.322		
11	-55.6670	1.500	1.80400	46.60
12	-129.1012	可変		
13	49.0208	4.818	1.80100	34.92
14	-105.6641	0.200		
15	48.2516	5.297	1.49700	81.73
16	-49.0156	1.300	1.90200	25.26
17	127.8612	2.373		
18(絞りＳ)	∞	9.279		
19	-58.0260	3.765	1.80518	25.45
20	-21.3498	1.200	1.66755	41.87
21	55.2645	3.937		
22	953.3728	1.200	1.90366	31.27
23	28.8503	5.672	1.60300	65.44
24	-48.6329	0.200		

25	36.9235	4.531	1.77250	49.62
26	-308.8274	可変		
27	-687.7351	2.700	1.71736	29.57
28	-56.8272	0.787		
29	-65.5667	1.000	1.69680	55.52
30	28.2486	可変		
31	41.4926	3.492	1.60300	65.44
32	88.2133	ＢＦ		
像面	∞			

［各種データ］

変倍比 2.69

	W	M	T
f	72.1	99.9	194.0
ＦＮＯ	4.09	4.13	4.16
2ω	34.18	24.28	12.40
Ymax	21.60	21.60	21.60
ＴＬ	218.32	218.32	218.32
ＢＦ	55.22	55.22	55.22

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	2.000	18.794	48.567	2.000	18.794	48.567
d12	48.567	31.773	2.000	48.567	31.773	2.000
d26	3.920	6.471	7.964	4.497	7.299	9.612
d30	17.798	15.247	13.754	17.221	14.419	12.106

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	145.325
2	6	-43.336

3	13	45.621
4	27	-42.711
5	31	126.368

［条件式対応値］

（１）　（－ｆ２）／ｆ３　＝　0.950

（２）　ｆ１／（－ｆ２）　＝　3.353

（３）　ｆＰ／（－ｆＮ）　＝　3.056

（４）　｜ｆｖｒ｜／ｆ３　＝　1.111

[0059] 図１０Ａ、図１０Ｂ及び図１０Ｃ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１１Ａ、及び図１１Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に０．３０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に０．２０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

図１２Ａ、図１２Ｂ及び図１２Ｃはそれぞれ、第３実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0060] 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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに防振時や近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[0061] （第４実施例）

図１３は第４実施例に係る変倍光学系の断面図である。

第４実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負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。

[0062] 第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３との接合正レンズとからなる。

第２レンズ群Ｇ２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Ｌ２１と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２２と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３との接合正レンズと、両凹形状の負レンズＬ２４とからなる。

[0063] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ３１と、両凸形状の正レンズＬ３２と両凹形状の負レンズＬ３３との接合負レンズと、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Ｌ３４と両凹形状の負レンズＬ３５との接合負レンズと、両凹形状の負レンズＬ３６と両凸形状の正レンズＬ３７との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ３８とからなる。

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、両凹形状の負レンズＬ４２とからなる。

[0064] 第４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との間隔、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔及び第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、第２、第４レンズ群Ｇ２、Ｇ４が光軸に沿って移動する。なおこの時、第１、第３レンズ群Ｇ１、Ｇ３は像面Ｉに対して位置が固定である。

第４実施例に係る変倍光学系では、合焦レンズ群として第４レンズ群Ｇ４を光軸に沿って像側へ移動させることにより無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

[0065] 第４実施例に係る変倍光学系では、防振レンズ群として正メニスカスレンズＬ３４と負レンズＬ３５との接合負レンズを光軸と直交する方向の変位成分を含むように移動させることにより防振を行う。

ここで、第４実施例に係る変倍光学系は、広角端状態において防振係数が

１．６８、焦点距離が７２．１０（ｍｍ）であるため、０．３０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．２２（ｍｍ）となる。また、望遠端状態においては防振係数が１．７０、焦点距離が１９４．００（ｍｍ）であるため、０．２０°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は０．４０（ｍｍ）となる。

以下の表４に、第４実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0066] （表４）第４実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	122.9116	5.364	1.48749	70.31
2	642.7135	0.200		
3	93.7360	1.700	1.80610	33.34
4	60.6328	10.593	1.49700	81.73
5	4543.6426	可変		
6	289.4140	1.000	1.77250	49.62
7	37.2424	9.821		
8	38.9626	3.720	1.84666	23.80
9	91.2165	1.000	1.80400	46.60
10	52.4749	3.560		
11	-100.3987	1.000	1.60311	60.69
12	253.6299	可変		
13	44.5612	5.223	1.66446	35.87
14	-90.1338	0.200		
15	59.0915	5.257	1.49700	81.73
16	-42.3802	1.000	1.90200	25.26
17	593.6378	1.136		
18(絞りＳ)	∞	6.982		

19	-54.8344	3.877	1.80518	25.45
20	-21.3112	1.420	1.66755	41.87
21	63.0651	4.382		
22	-154.1165	1.000	1.90366	31.27
23	34.7644	5.687	1.60300	65.44
24	-40.7282	0.200		
25	46.6093	4.036	1.80400	46.60
26	-182.7333	可変		
27	191.1371	2.700	1.84666	23.80
28	-192.1184	1.091		
29	-151.1748	1.000	1.61772	49.81
30	34.1179	ＢＦ		
像面	∞			

［各種データ］

変倍比 2.69

	W	M	T
f	72.1	99.7	194.0
ＦＮＯ	4.14	4.17	4.17
2ω	33.30	23.84	12.20
Ymax	21.60	21.60	21.60
ＴＬ	218.32	218.32	218.32
ＢＦ	77.52	74.71	75.11

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	2.000	20.205	52.654	2.000	20.205	52.654
d12	52.654	34.449	2.000	52.654	34.449	2.000
d26	3.000	5.810	5.410	3.821	7.008	7.750

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	150.995
2	6	-48.062
3	13	47.483
4	27	-77.084

［条件式対応値］

（１）　（－ｆ２）／ｆ３＝ 1.012

（２）　ｆ１／（－ｆ２）＝ 3.142

（３）　ｆＰ／（－ｆＮ）＝ 2.525

（４）　｜ｆｖｒ｜／ｆ３＝ 1.108

[0067] 図１４Ａ、図１４Ｂ及び図１４Ｃ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１５Ａ、及び図１５Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠物体合焦時に０．３０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時に０．２０°の回転ブレに対して防振を行った際のメリディオナル横収差図である。

図１６Ａ、図１６Ｂ及び図１６Ｃはそれぞれ、第４実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0068] 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を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに防振時や近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[0069] 上記各実施例によれば、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を実現することができる。

[0070] なお、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。以下の内容は、本実施形態の変倍光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

[0071] 本実施形態の変倍光学系の実施例として４群又は５群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成（例えば、６群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、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。

[0072] また、上記各実施例の変倍光学系は、第４レンズ群全体を合焦レンズ群としているが、いずれかのレンズ群の一部或いは複数のレンズ群を合焦レンズ群としてもよい。合焦レンズ群は正の屈折力を有することが好ましい。また、合焦レンズ群は２つのレンズからなることがより好ましい。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、ステッピングモータ、ＶＣＭモータ等による駆動にも適しており、高速なオートフォーカスとオートフォーカス時の静粛性を良好に達成することができる。

[0073] また、上記各実施例の変倍光学系は、第３レンズ群の一部を防振レンズ群としているが、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。また、上記各実施例の変倍光学系において、必ずしも防振を行う構成が必要でなくてもよい。

また、上記各実施例の変倍光学系において開口絞りは第３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。

[0074] 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。また、各レンズは、ガラス素材で形成されていても、樹脂素材で形成されていても、又はガラス素材と樹脂素材との複合でもよい。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。

[0075] 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、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物体側から数えて２番目の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。

[0076] 次に、本実施形態の変倍光学系を備えたカメラを図１７に基づいて説明する。

図１７は本実施形態の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

図１７に示すようにカメラ１は、撮影レンズ２として上記第１実施例に係る変倍光学系を備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。

[0077] 本カメラ１において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ２で集光されて、不図示のＯＬＰＦ（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部３の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部３に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ１に設けられたＥＶＦ（Electronic view finder：電子ビューファインダ）４に表示される。これにより撮影者は、ＥＶＦ４を介して被写体を観察することができる。

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

[0078] 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搭

載したことにより、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えることができる。

[0079] なお、上記第２～第４実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ２として搭載したカメラを構成しても、上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。また、クイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに上記各実施例に係る変倍光学系を搭載した場合でも、上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。

[0080] 最後に、本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を図１８に基づいて説明する。

図１８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１８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、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを準備するステップＳ１と、前記第１～第４レンズ群を変倍時に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置するステップＳ２を含み、無限遠物体から近距離物体への合焦時に前記第４レンズ群が移動するようにし、前記変倍光学系が以下の条件式（１）を満足するようにする。

（１） ０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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

[0081] 斯かる本実施形態の変倍光学系の製造方法によれば、合焦レンズ群の小型軽量化を図り、レンズ鏡筒が大型化することなく高速な合焦と合焦時の静粛性を達成し、さらに広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、及び

無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を製造することができる。

符号の説明

[0082] Ｇ１：第１レンズ群、Ｇ２：第２レンズ群、Ｇ３：第３レンズ群、Ｇ４：第４レンズ群、Ｇ５：第５レンズ群、Ｓ：開口絞り、Ｉ：像面

請求の範囲

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

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

合焦時に、前記第４レンズ群が移動し、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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2] 以下の条件式を満足する請求項１に記載の変倍光学系。

２．００＜ｆ１／（－ｆ２）＜４．００

ただし、

ｆ１：前記第１レンズ群の焦点距離

[請求項3] 前記第４レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズとからなる請求項１又は請求項２に記載の変倍光学系。

[請求項4] 以下の条件式を満足する請求項３に記載の変倍光学系。

２．２０＜ｆＰ／（－ｆＮ）＜３．７０

ただし、

ｆＰ：前記第４レンズ群内の前記正レンズの焦点距離

ｆＮ：前記第４レンズ群内の前記負レンズの焦点距離

[請求項5] 変倍時に、前記第１レンズ群は像面に対して位置が固定である請求項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] 変倍時に、前記第３レンズ群は像面に対して位置が固定である請求項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、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとを有する請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項8] 光軸と直交する方向の変位成分を含むように移動可能な防振レンズ群を有する請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項9] 以下の条件式を満足する請求項８に記載の変倍光学系。

０．７０＜｜ｆｖｒ｜／ｆ３＜１．６０

ただし、

ｆｖｒ：前記防振レンズ群の焦点距離

[請求項10] 請求項１から請求項９のいずれか一項に記載の変倍光学系を有する光学機器。

[請求項11] 請求項１から請求項９のいずれか一項に記載の変倍光学系と、前記変倍光学系によって形成される像を撮像する撮像部とを備える撮像機器。

[請求項12] 物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを、変倍時に、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化し、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群との間隔が変化し、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群との間隔が変化するように配置することを含み、

合焦時に、前記第４レンズ群が移動し、

以下の条件式を満足する変倍光学系の製造方法。

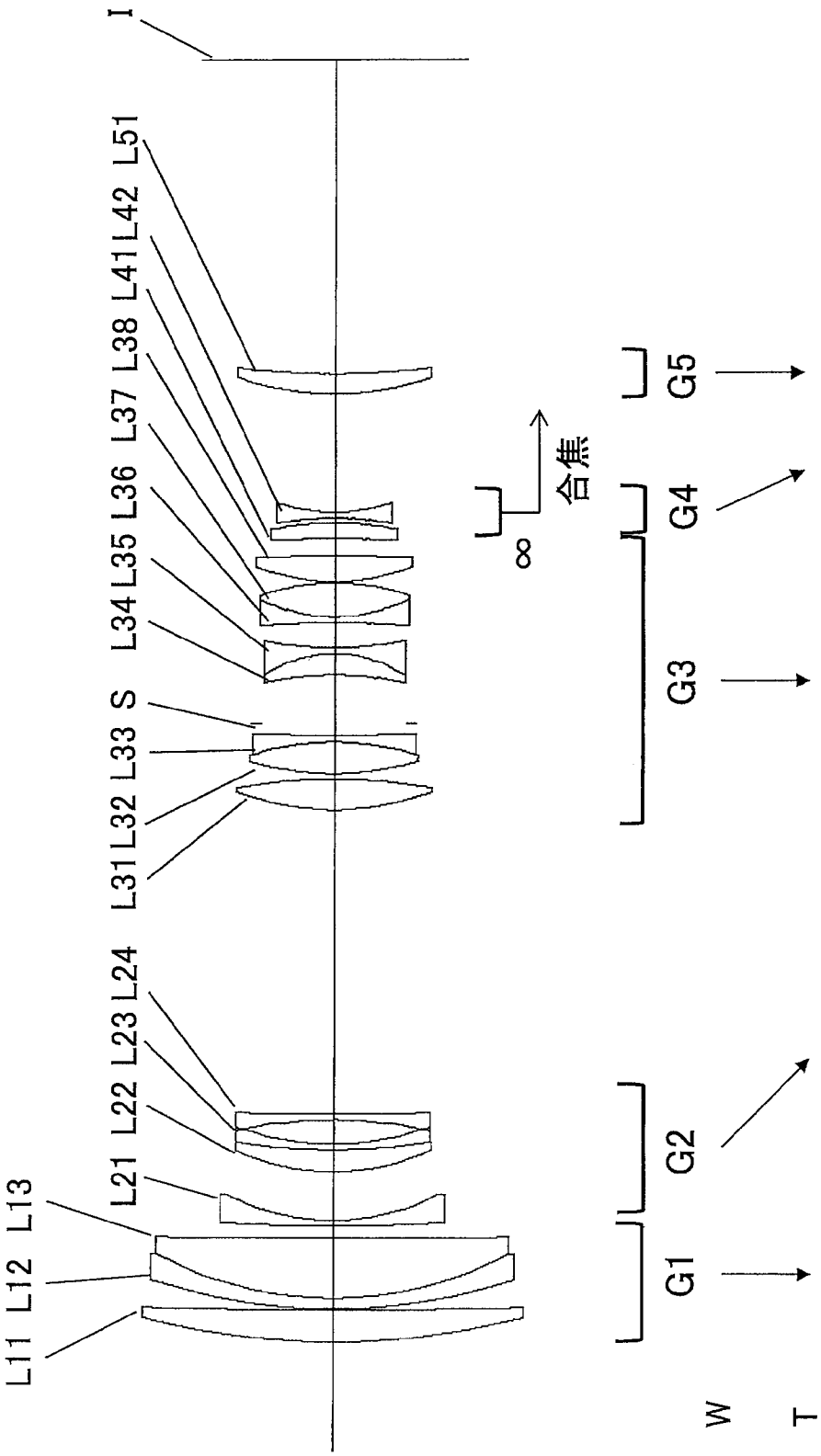
０．８２＜（－ｆ２）／ｆ３＜１．３０

ただし、

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

[図1]


I
L51
L42
L41
L38
L37
L36
L35
L34
S
L33
L32
L31
L24
L23
L22
L21
L13
L12
L11
∞
合焦
G5
G4
G3
G2
G1
W
T

[図2]

図2A

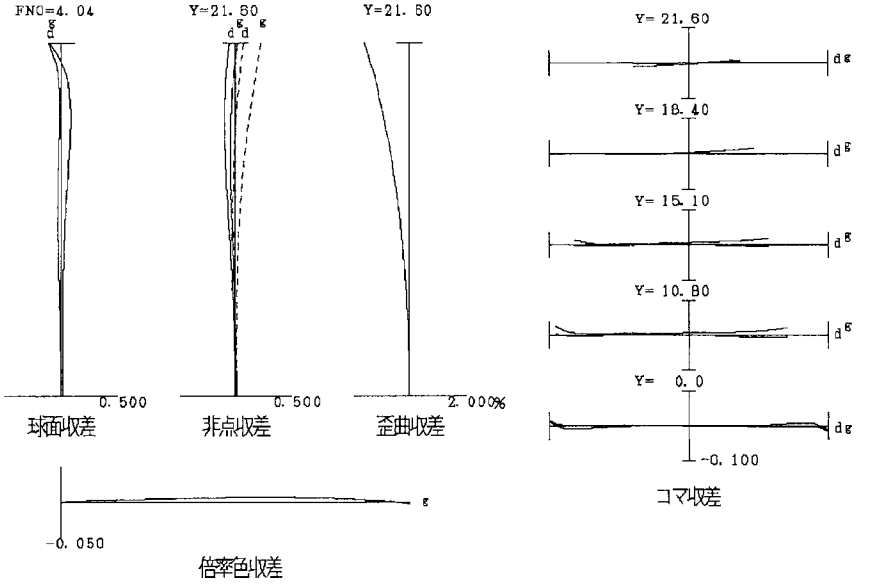


図2B

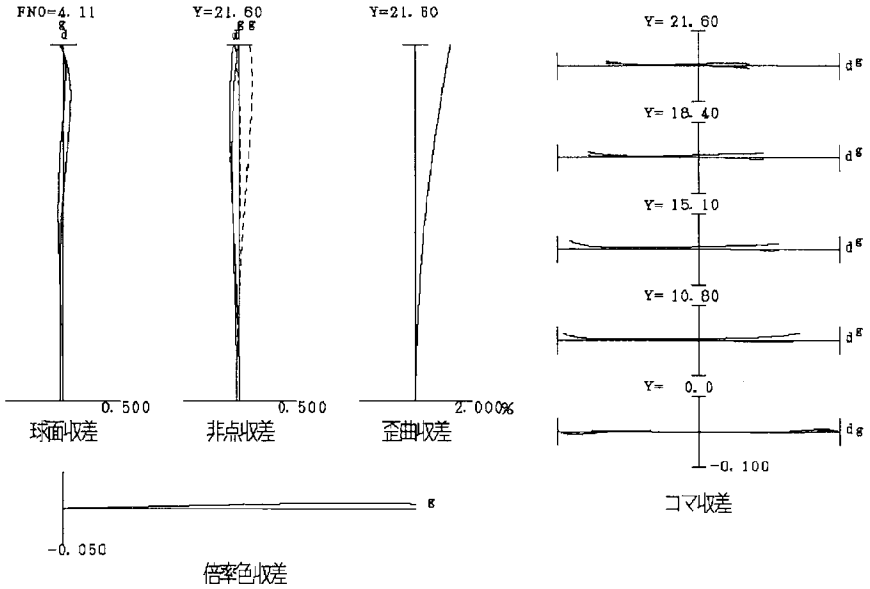
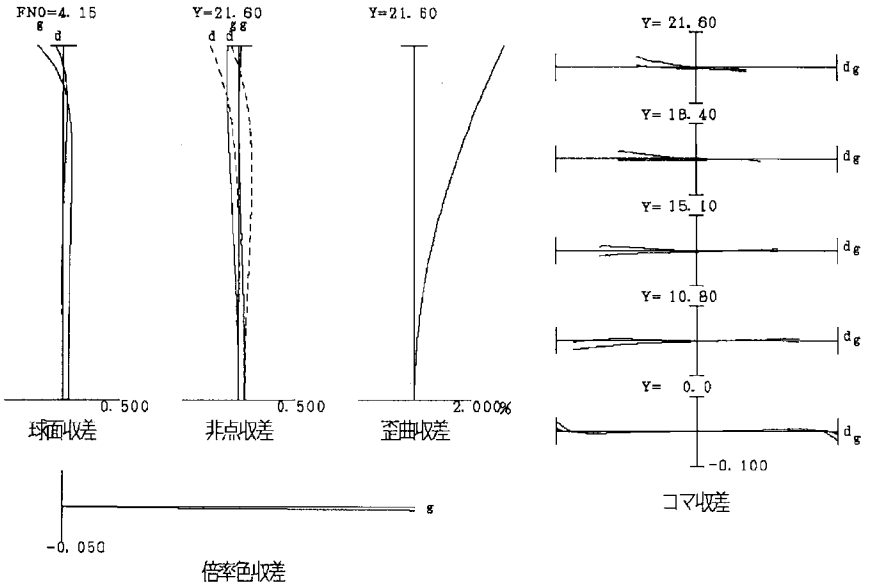
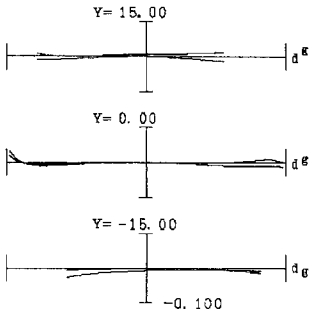


図2C



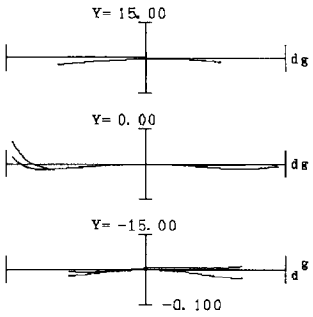
[図3]

図3A



コマ収差

図3B



コマ収差

[図4]

図4A

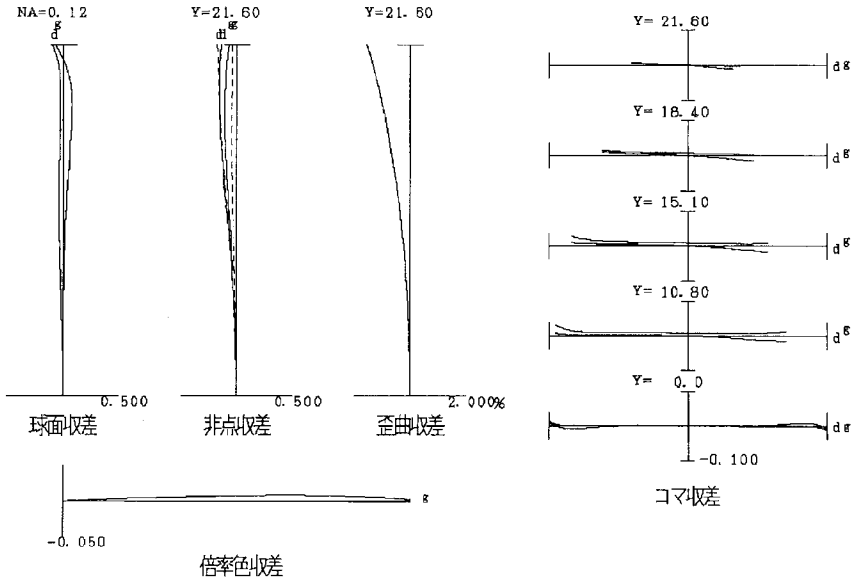


図4B

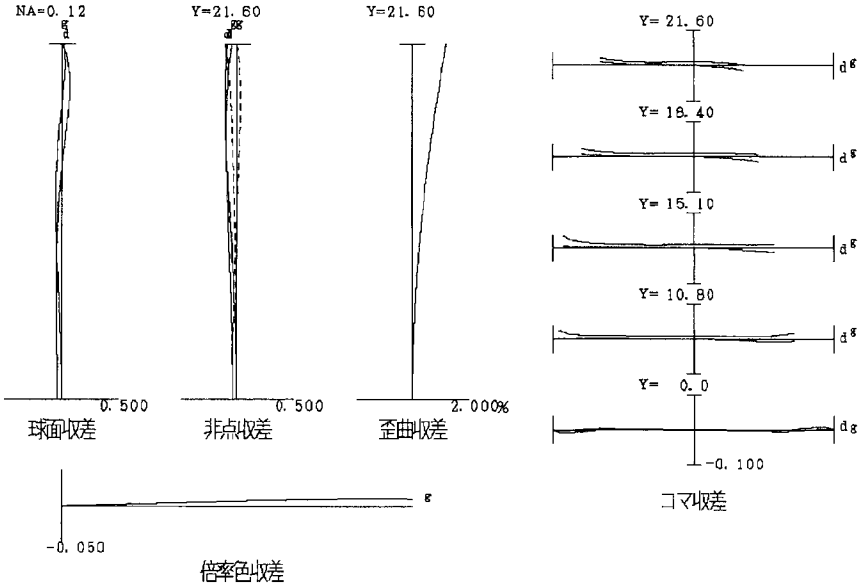
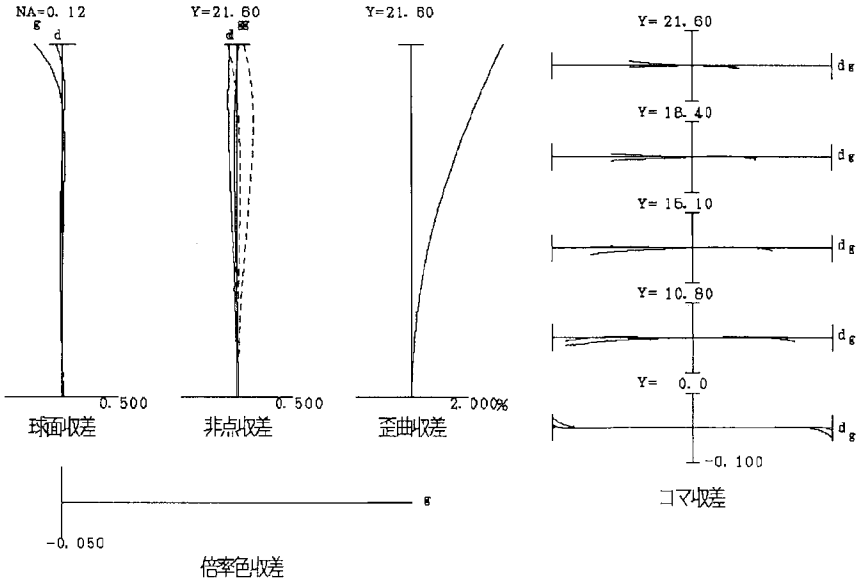
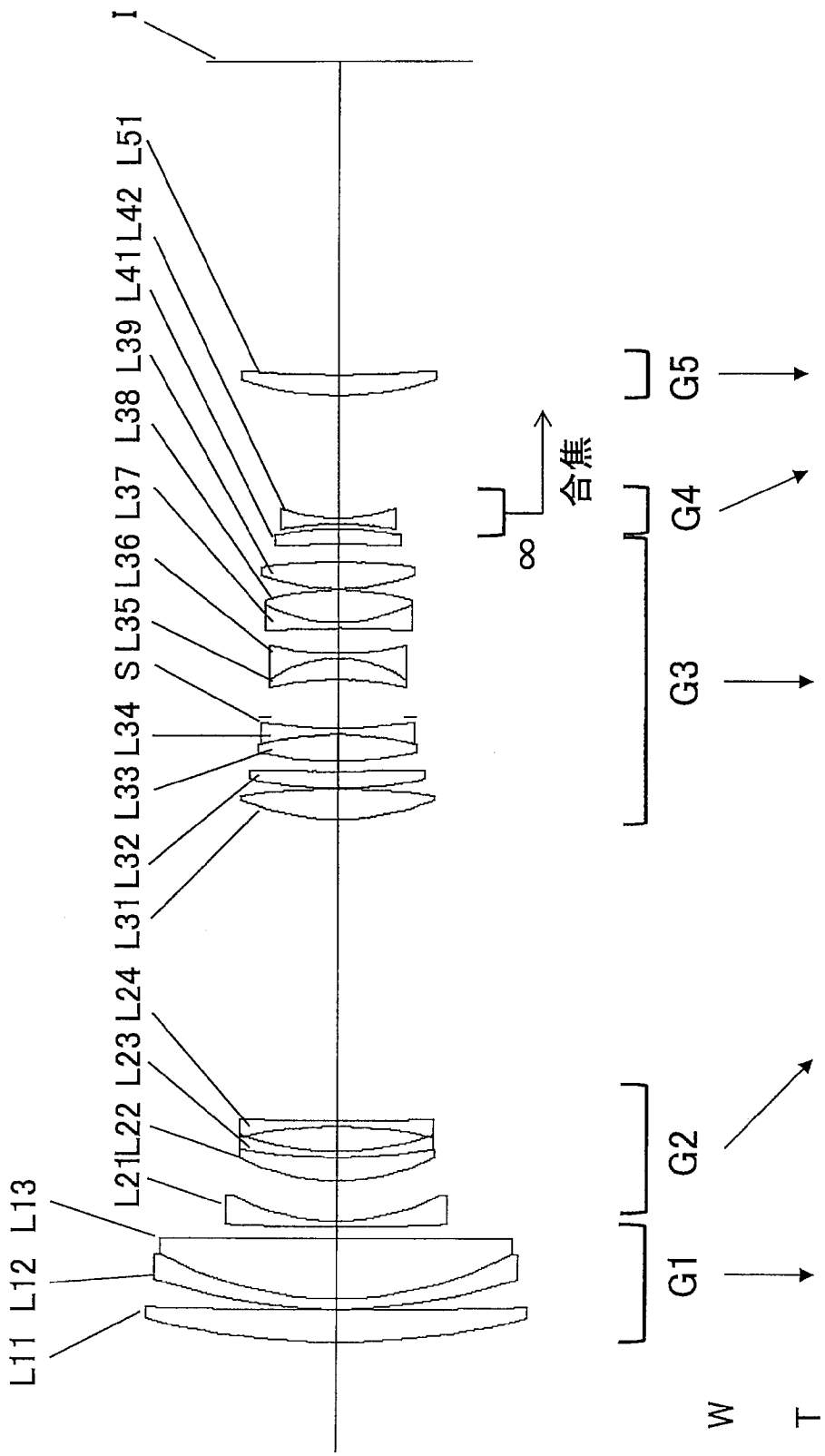


図4C



[図5]


I
L51
L42
L41
L39
L38
L37
L36
L35
S
L34
L33
L32
L31
L24
L23
L22
L21
L13
L12
L11
∞
合焦
G5
G4
G3
G2
G1
W
T

[図6]

図6A

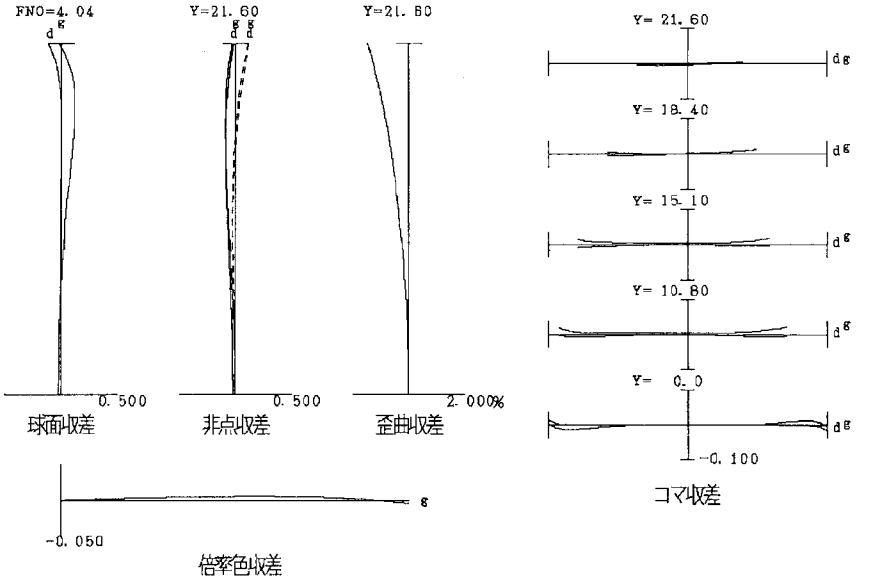


図6B

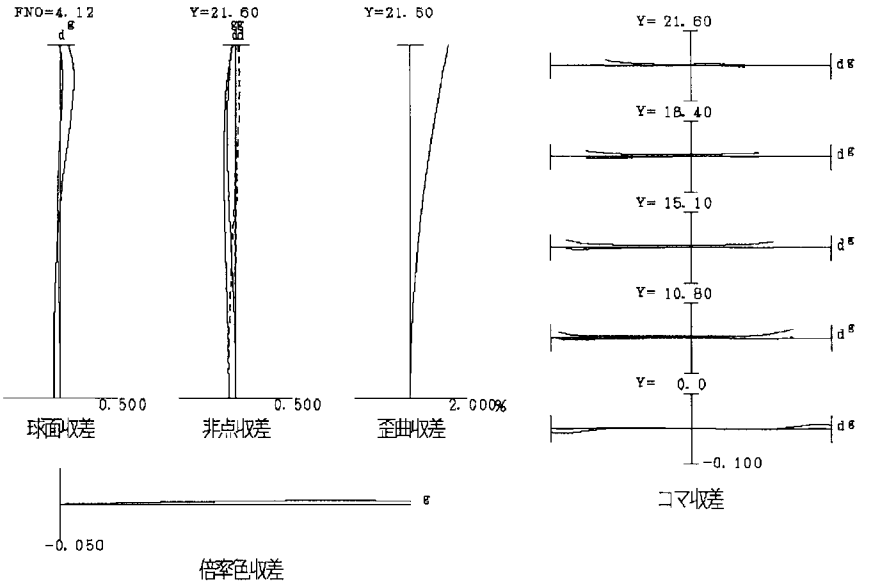
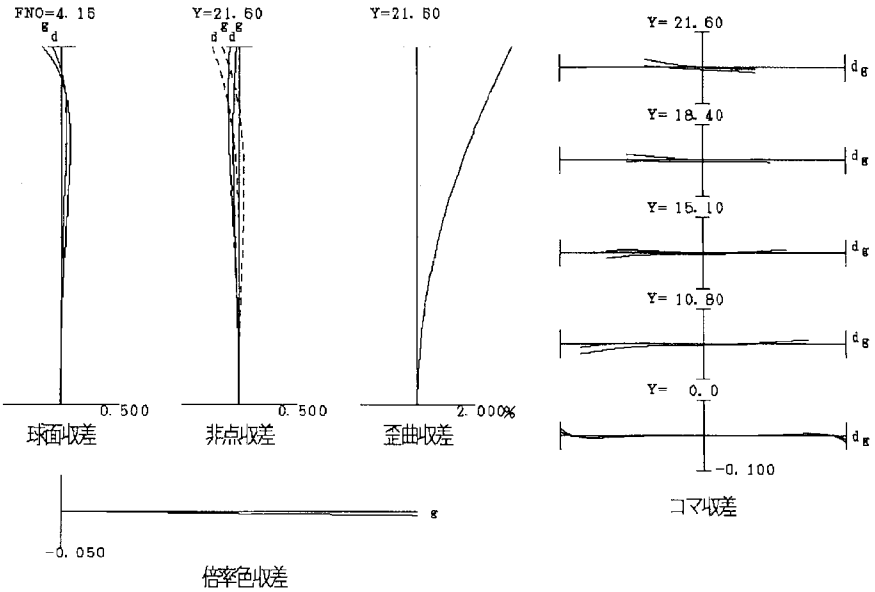
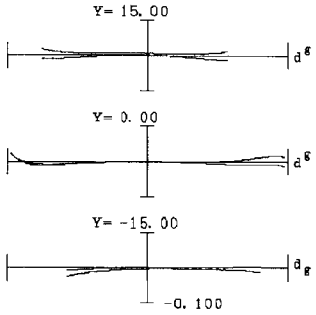


図6C



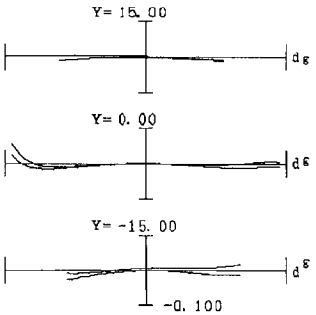
[図7]

図7A



コマ収差

図7B



コマ収差

[図8]

図8A

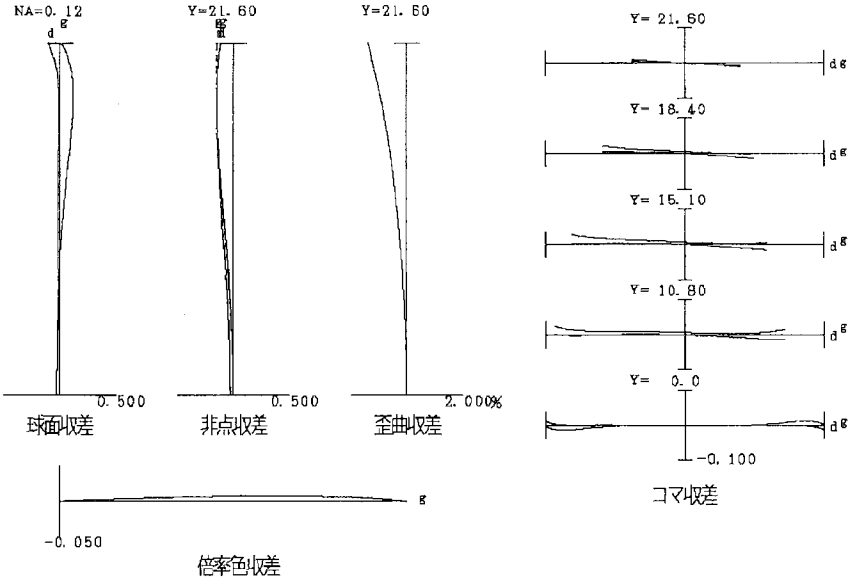


図8B

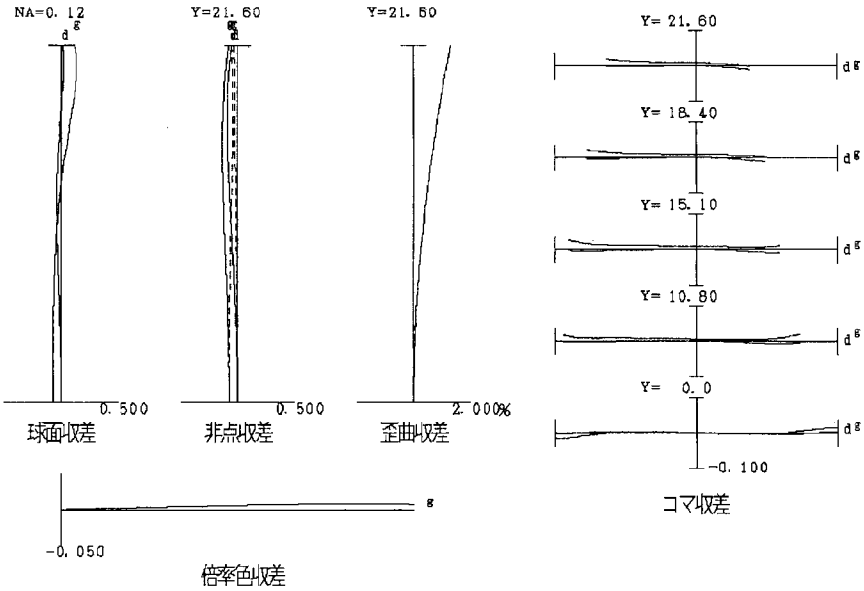
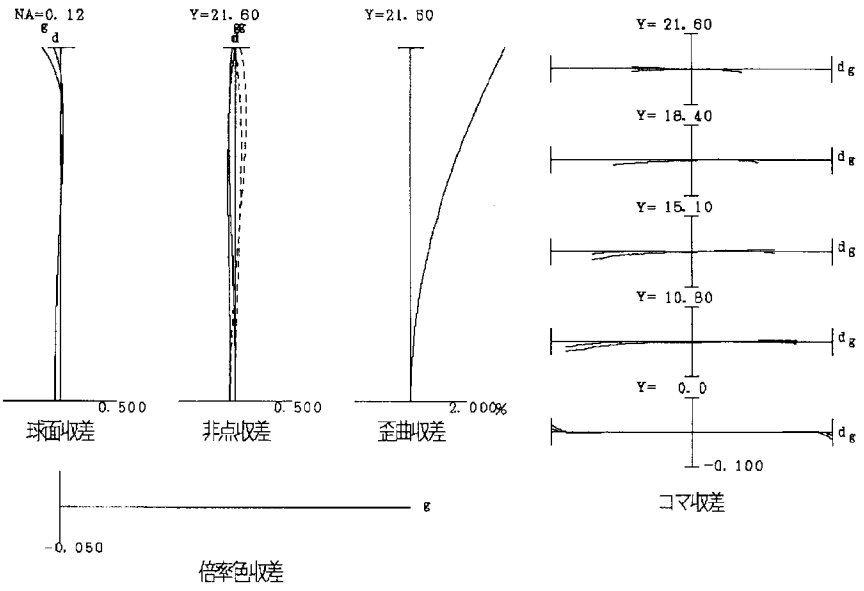
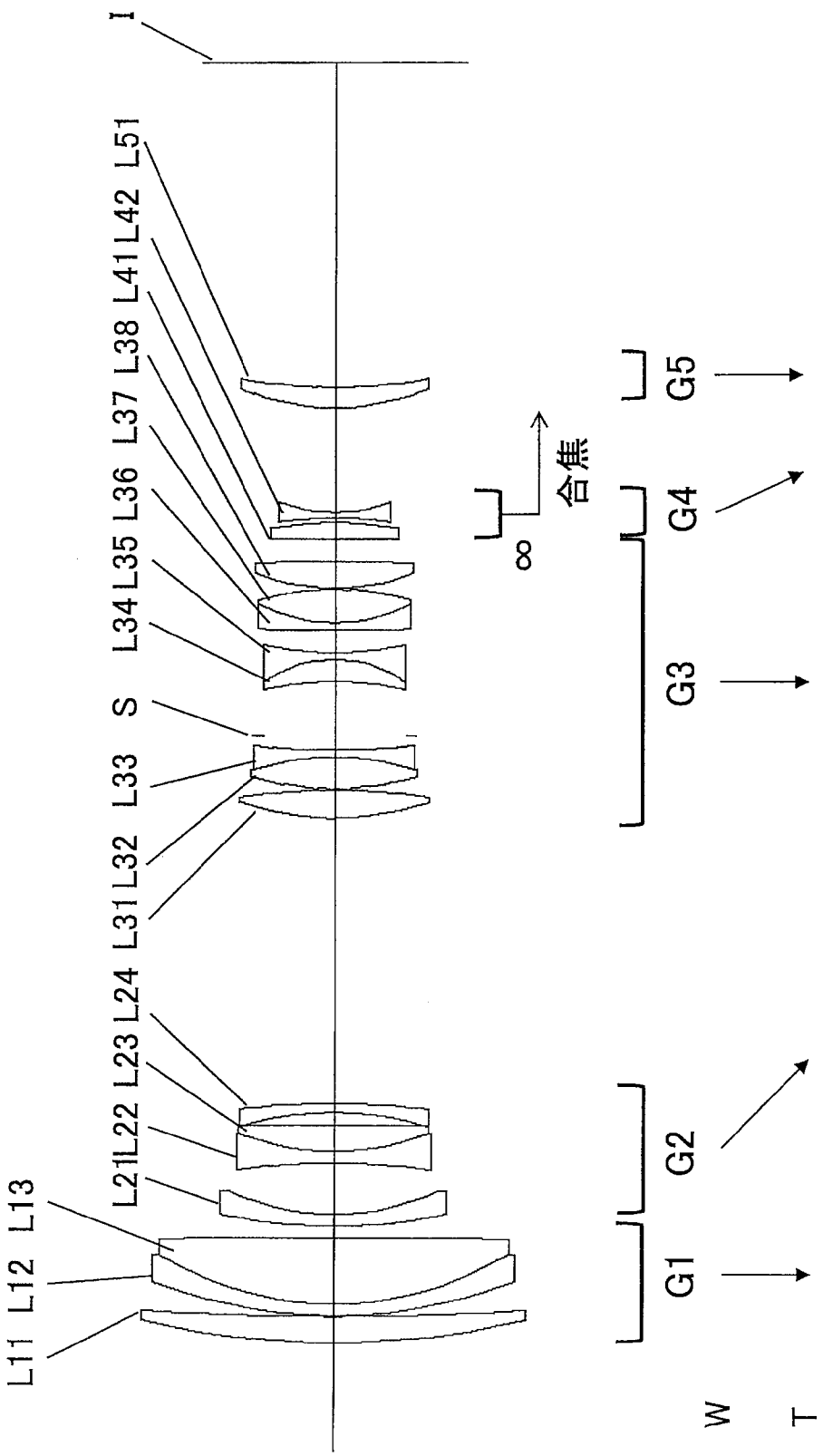


図8C



[図9]


I
L51
L42
L41
L38
L37
L36
L35
L34
S
L33
L32
L31
L24
L23
L22
L21
L13
L12
L11
∞
合焦
G5
G4
G3
G2
G1
W
T

[図10]

図10A

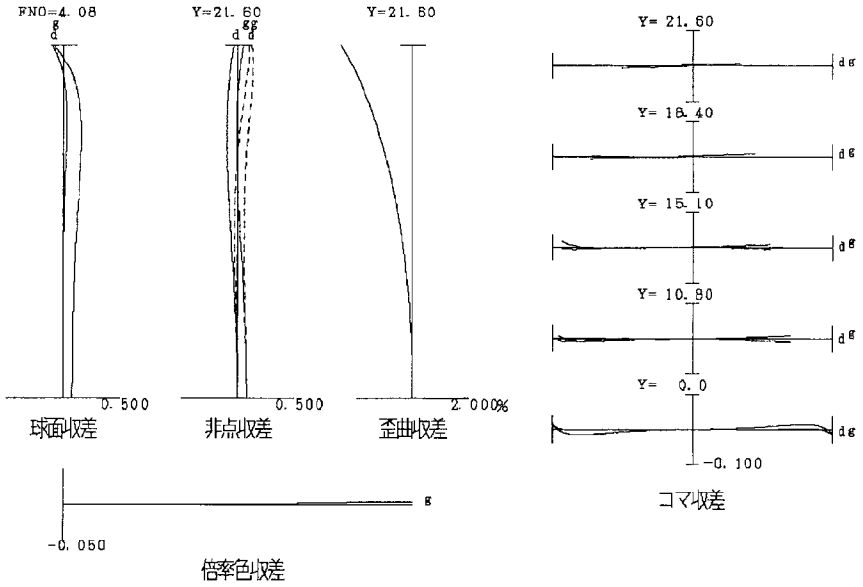


図10B

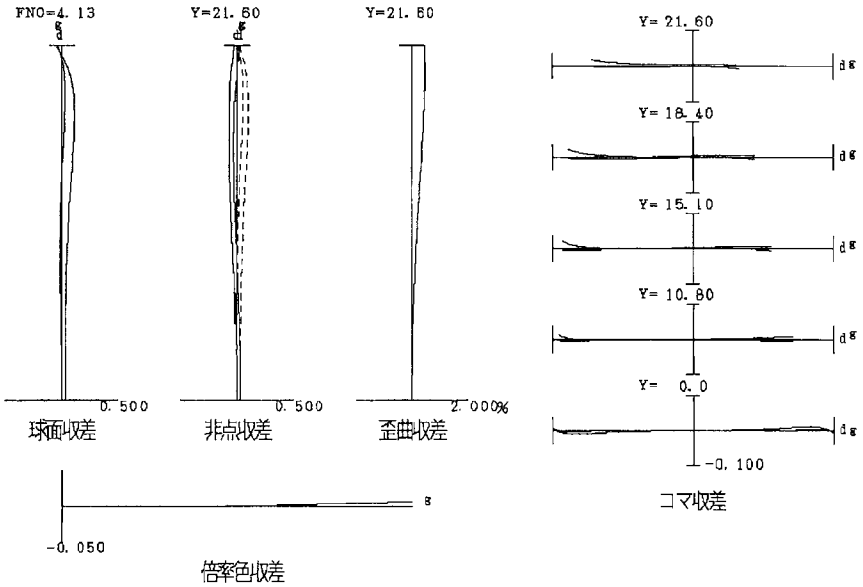
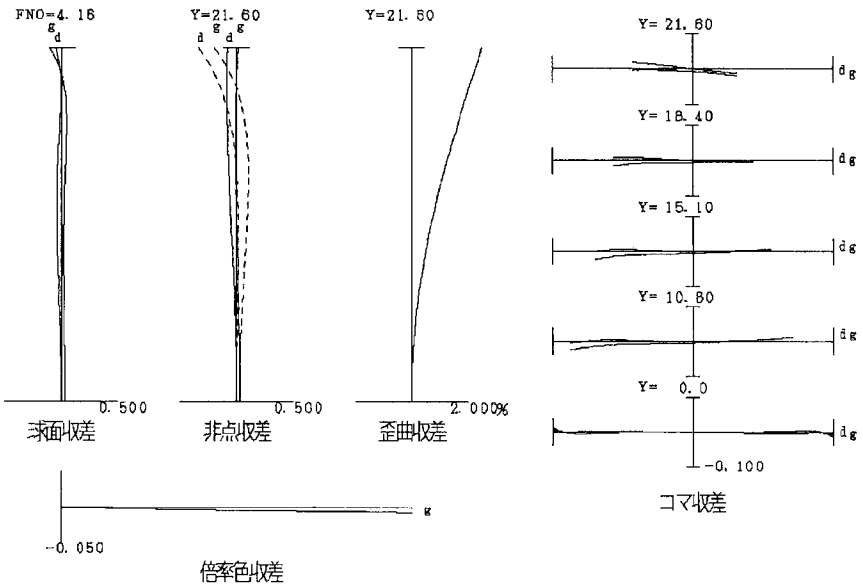
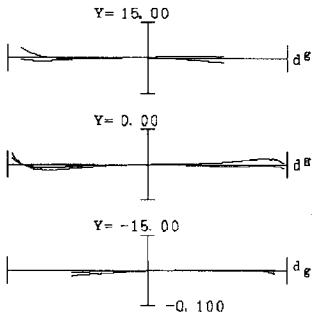


図10C



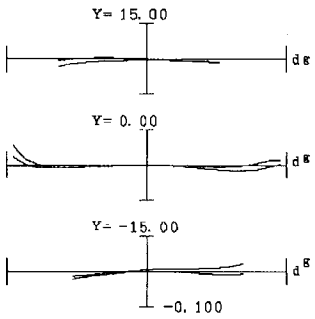
[図11]

図11A



コマ収差

図11B



コマ収差

[図12]

図12A

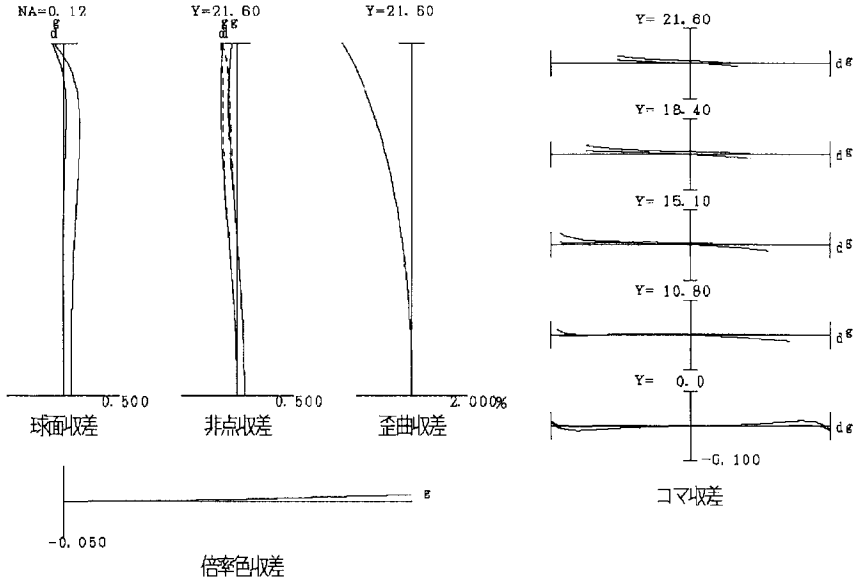


図12B

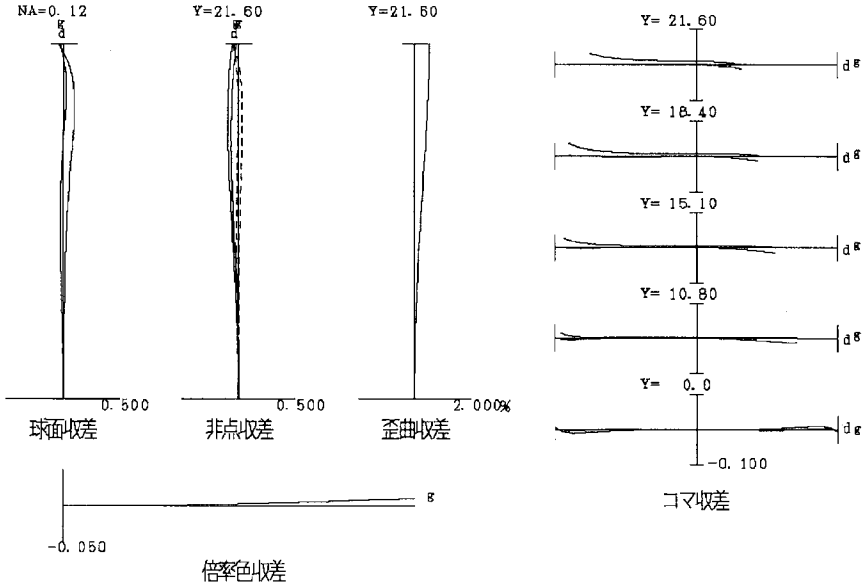
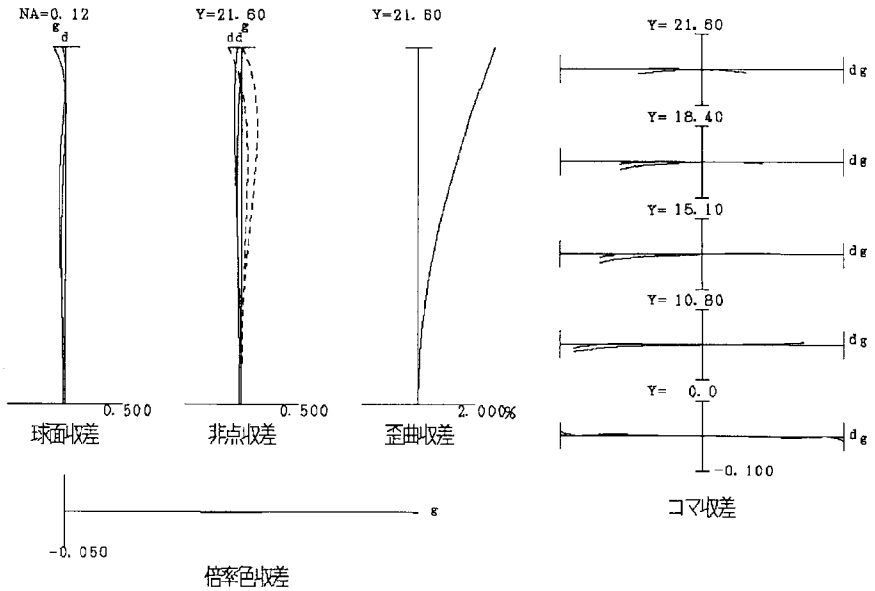
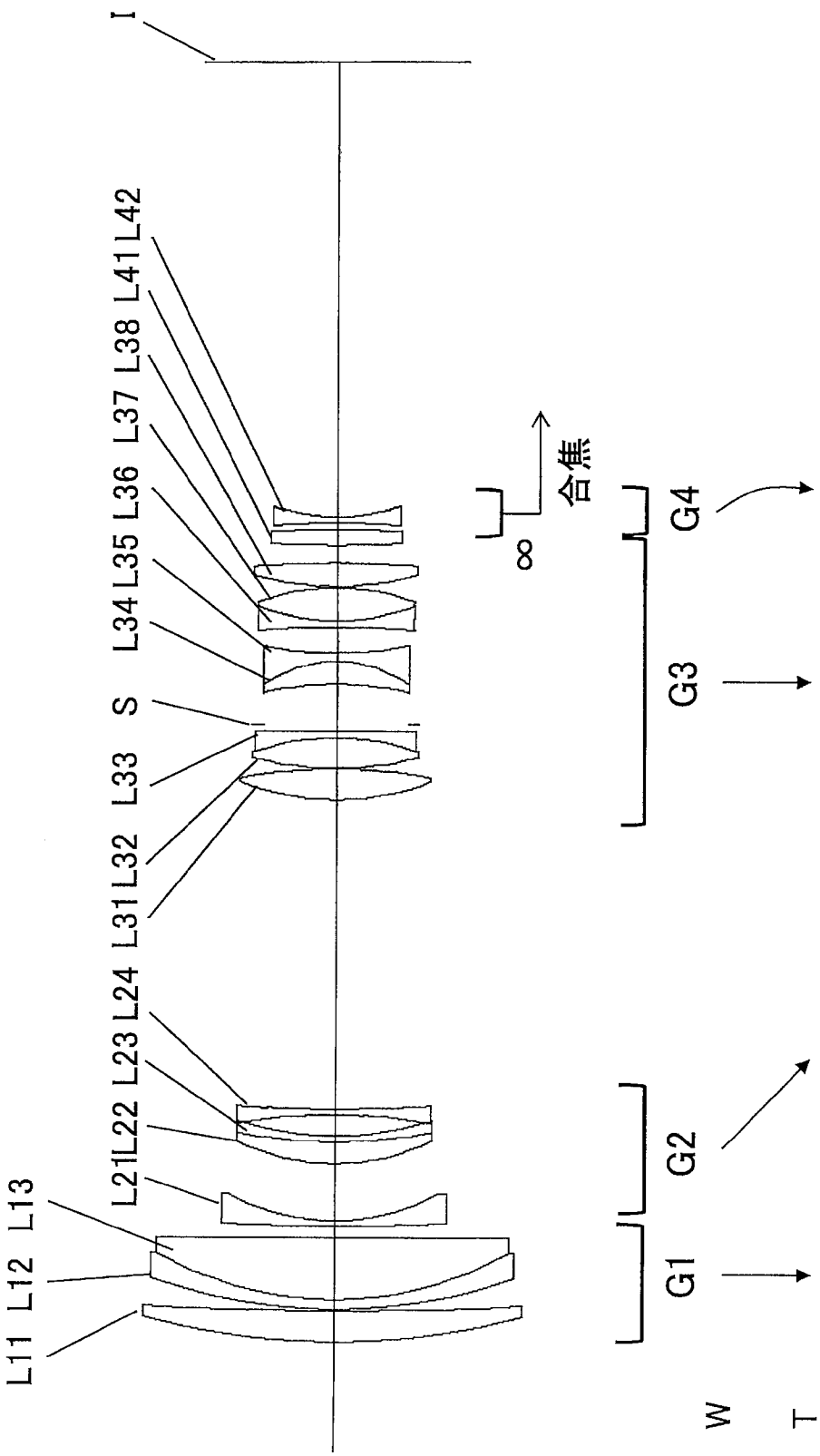


図12C



[図13]


I
L42
L41
L38
L37
L36
L35
L34
S
L33
L32
L31
L24
L23
L22
L21
L13
L12
L11
∞
合焦
G4
G3
G2
G1
W
T

[図14]

図14A

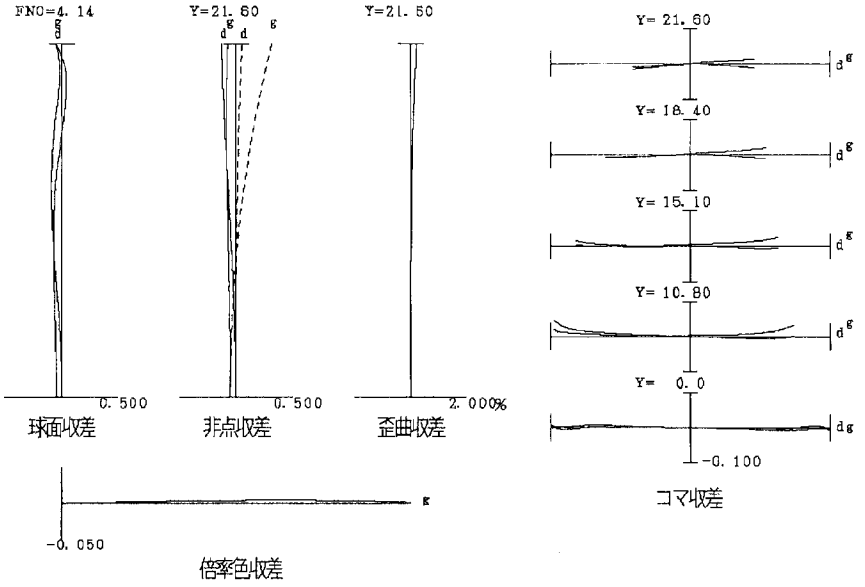


図14B

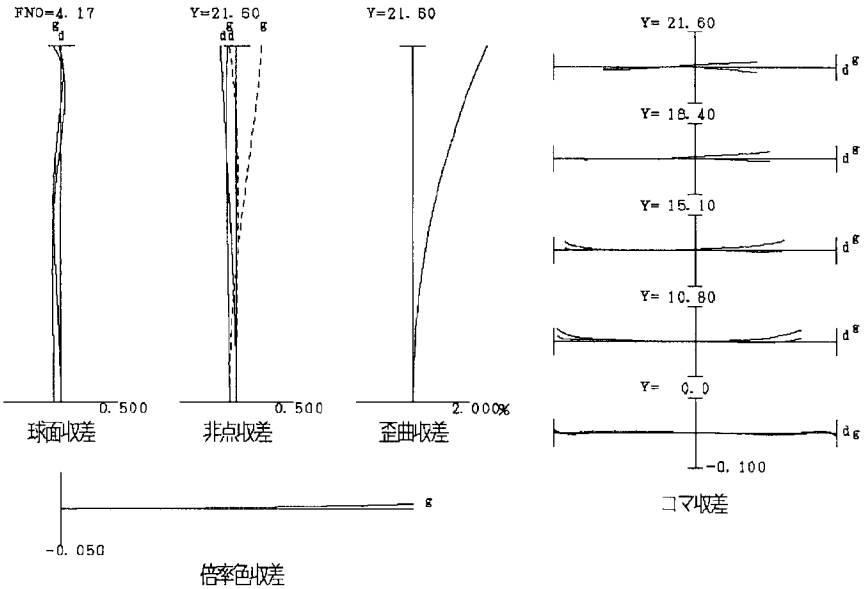
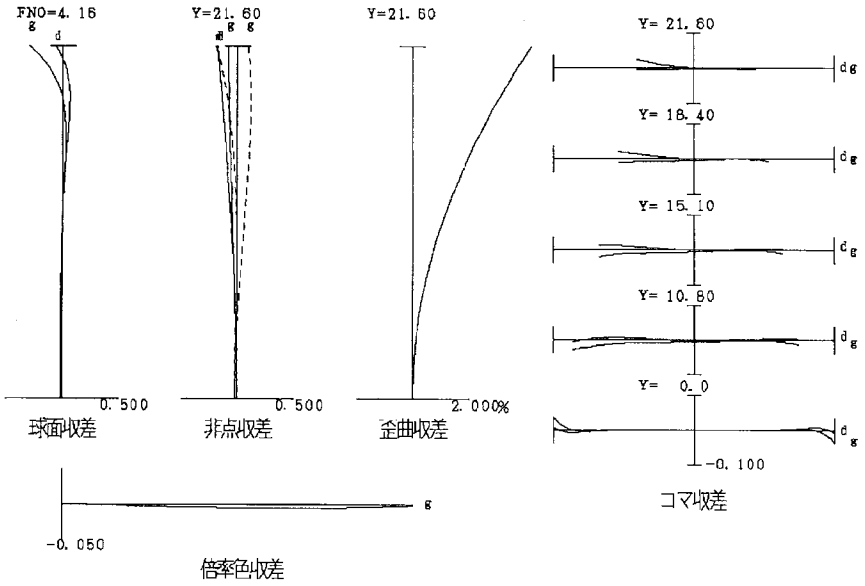
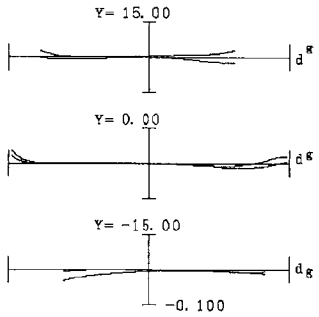


図14C



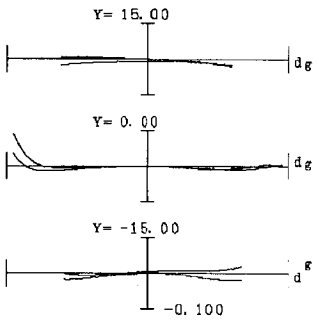
[図15]

図15A



コマ収差

図15B



コマ収差

[図16]

図16A

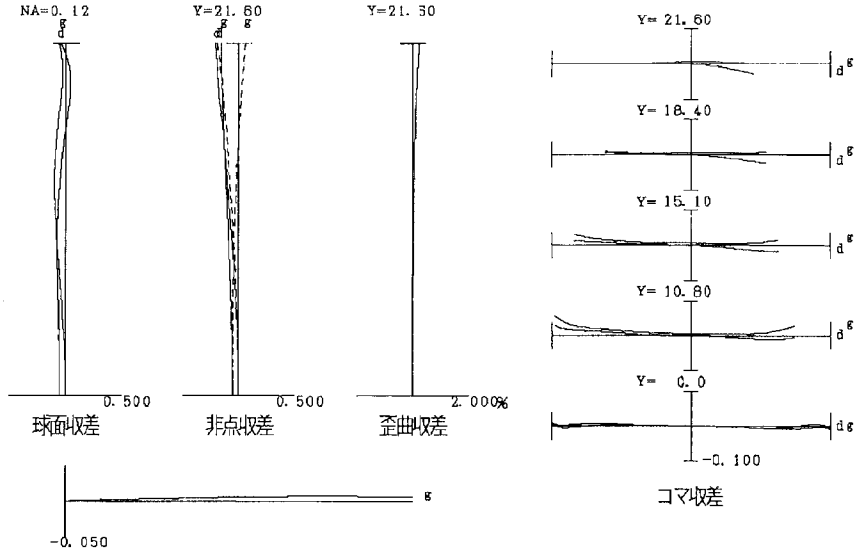


図16B

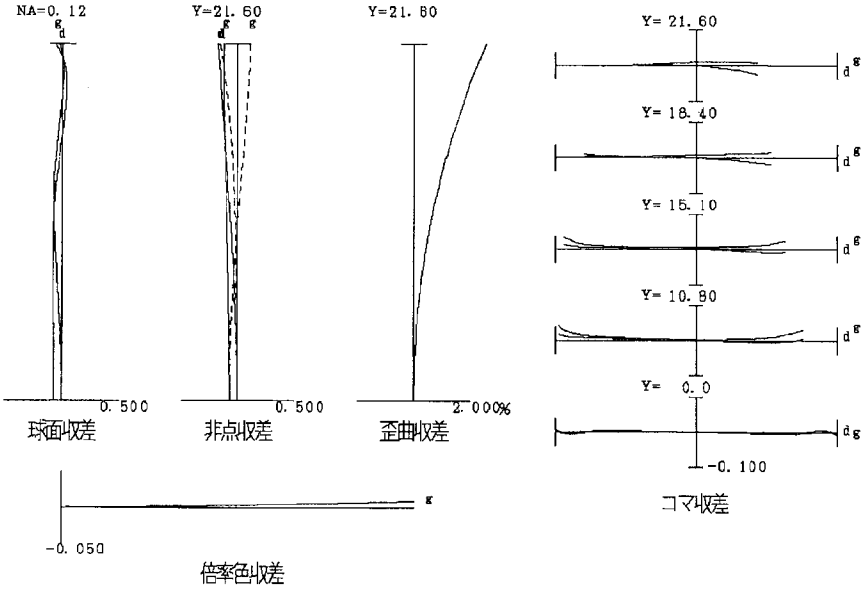
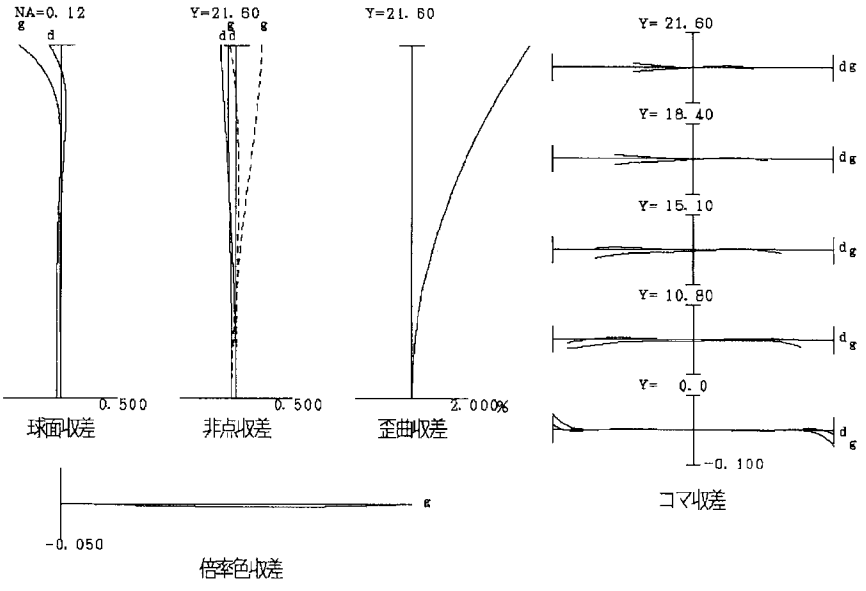
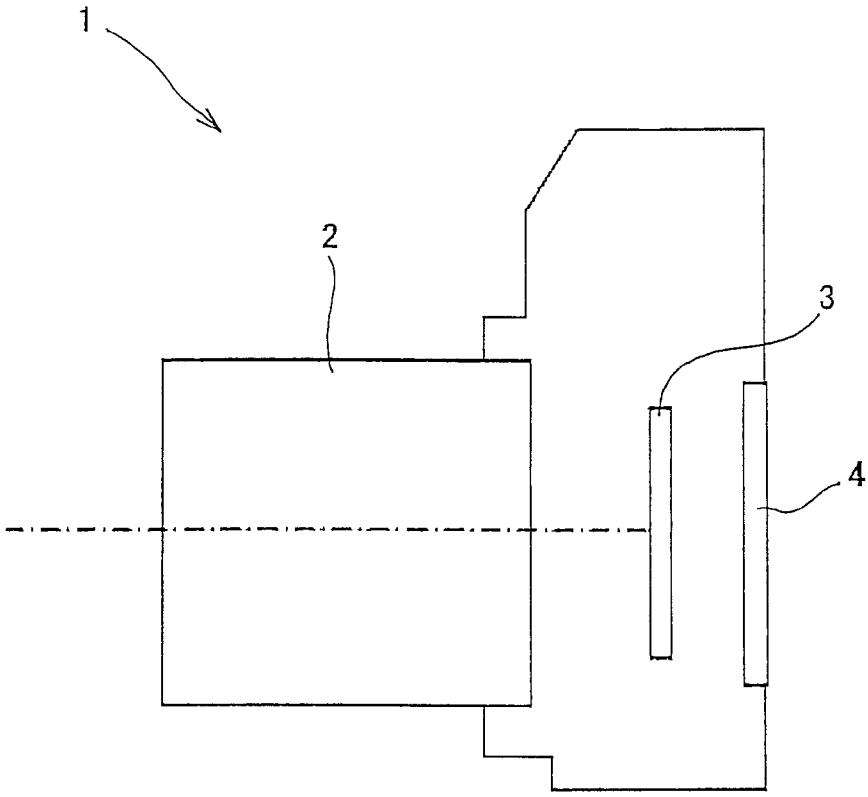


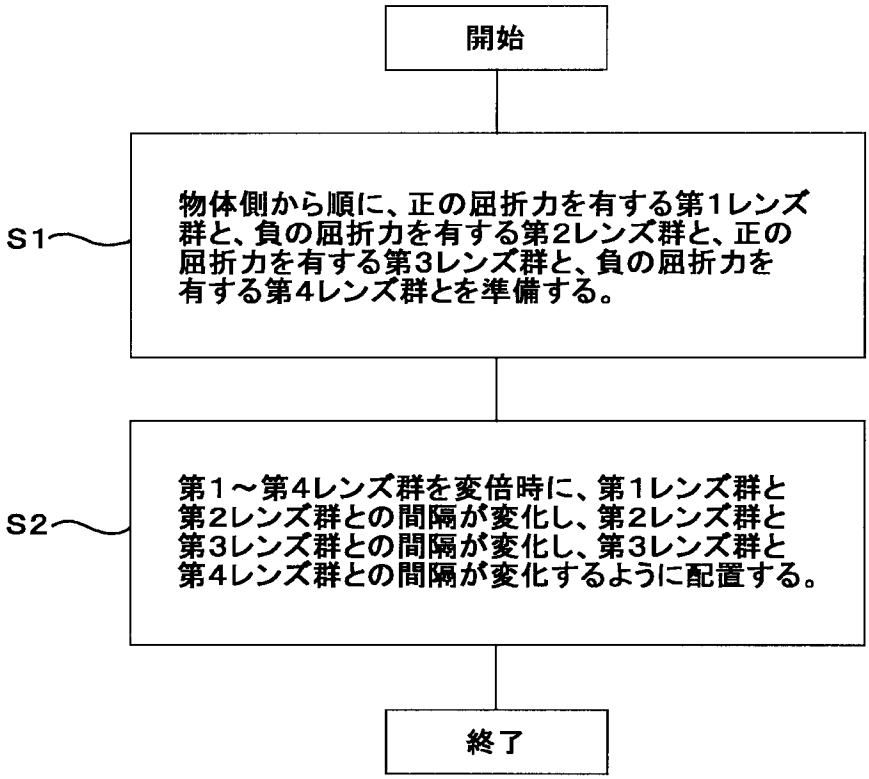
図16C



[図17]



[図18]


開始
S1
物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを準備する。
S2
第1～第4レンズ群を変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化するように配置する。
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/038280

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G02B15/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G02B15/16

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2012-47814 A (PANASONIC CORP.) 08 March 2012, embodiments 3-4, 9-14, numerical examples 3-4, 9-14 & US 2012/0050603 A1, embodiments 3-4, 9-14, numerical examples 3-4, 9-14 & US 8537249 B2 & JP 5462111 B2	1-2, 5-12 3-4
X A	JP 2012-27261 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 09 February 2012, examples 1-2 & US 2012/0019931 A1, examples 1-1 to 1-2, numerical examples 1-1 to 1-2 & US 2014/0022647 A1 & US 8582212 B2 & US 8767310 B2	1-4, 10-12 5-9

☒ 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
15 January 2018 (15.01.2018)	23 January 2018 (23.01.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/038280

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 2013-117667 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 13 June 2013, paragraphs [0010], [0044]-[0045], [0051]-[0054], examples 1-4, 6 (Family: none)	1-4, 7, 10-12 5-6, 8-9
X A	JP 5-224124 A (RICOH CO., LTD.) 03 September 1993, claims 1, 4, examples 3-4, 6 (Family: none)	1-4, 10-12 5-9
X A	JP 58-98720 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 11 June 1983, page 4, upper left column, line 6 to upper right column, line 3, examples 1-2 & US 4592626 A, column 4, line 26 to column 5, line 11, embodiments 1-2 & DE 3245250 A1 & DE 3245250 C2 & JP 1-38283 B2	1-4, 10-12 5-9
X A	JP 2014-228810 A (TAMRON CO., LTD.) 08 December 2014, examples 2-5 (Family: none)	1, 3, 6-12 2, 4-5
P, X P, A	JP 2017-116678 A (TAMRON CO., LTD.) 29 June 2017, examples 1-5 (Family: none)	1-6, 8-12 7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０３８２８０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B15/16(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.　G02B15/16

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	JP 2012-47814 A (パナソニック株式会社) 2012.03.08, 実施の形態3-実施の形態4,実施の形態9-実施の形態14、数値実施例3-数値実施例4,数値実施例9-数値実施例14 & US 2012/0050603 A1、Embodiments 3-4,9-14、Numerical Examples 3-4,9-14 & US 8537249 B2 & JP 5462111 B2	1-2,5-12 3-4
X A	JP 2012-27261 A (オリンパスイメージング株式会社) 2012.02.09, 実施例1-実施例2 & US 2012/0019931 A1、Examples 1-1 to 1-2, Numerical Examples 1-1 to 1-2 & US 2014/0022647 A1 & US 8582212	1-4,10-12 5-9

☑　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	国際調査報告の発送日
１５．０１．２０１８	２３．０１．２０１８

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　９２２２
森内　正明
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
	B2 & US 8767310 B2	
X A	JP 2013-117667 A (オリンパスイメージング株式会社) 2013.06.13, 段落[0010],[0044]-[0045]、[0051]-[0054]、実施例 1-実施例 4、実施例 6 (ファミリーなし)	1-4,7,10-12 5-6,8-9
X A	JP 5-224124 A (株式会社リコー) 1993.09.03, 請求項 1,4、実施例 3-実施例 4、実施例 6 (ファミリーなし)	1-4,10-12 5-9
X A	JP 58-98720 A (オリンパス光学工業株式会社) 1983.06.11, 第 4 ページ左上欄第 6 行-右上欄第 3 行、実施例 1-実施例 2 & US 4592626 A、第 4 欄第 26 行-第 5 欄第 11 行、Embodiments 1-2 & DE 3245250 A1 & DE 3245250 C2 & JP 1-38283 B2	1-4,10-12 5-9
X A	JP 2014-228810 A (株式会社タムロン) 2014.12.08, 実施例 2-実施例 5 (ファミリーなし)	1,3,6-12 2,4-5
P,X P,A	JP 2017-116678 A (株式会社タムロン) 2017.06.29, 実施例 1-実施例 5 (ファミリーなし)	1-6,8-12 7