

(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)



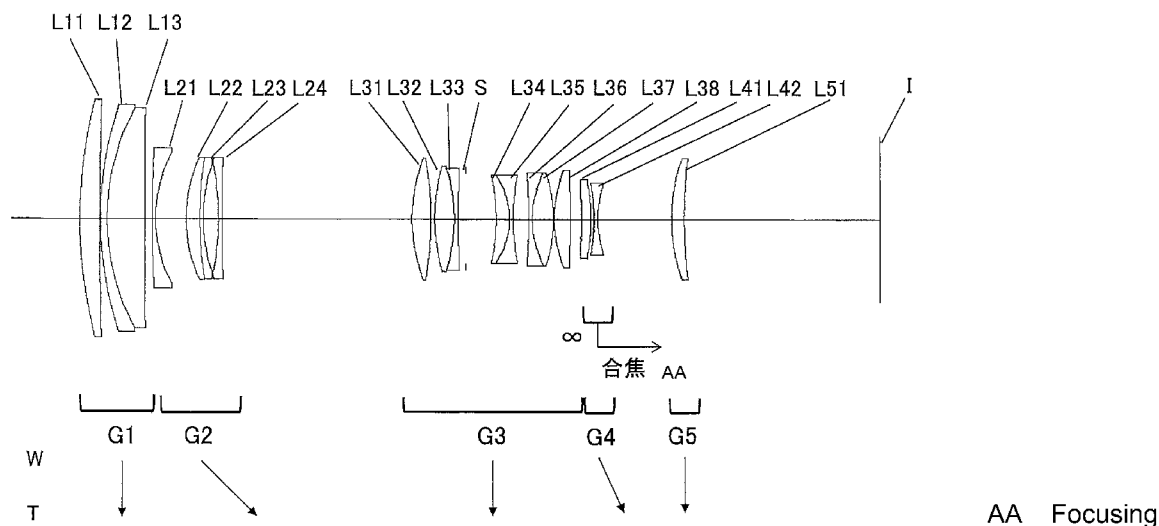
(10) 国際公開番号

WO 2018/079519 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/038279
- (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 2016-209624 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, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(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



(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 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

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

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

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

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。

$$0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[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。

$$0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

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)、(2)を満足する。

$$(1) \quad 0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$(2) \quad 1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[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4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。また、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もできる。

[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4レンズ群の屈折力が大きくなり、無限遠物体から近距離物体への合焦時の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1.35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1.30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0.58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0.60にすることが好ましい。

[0012] 上記条件式(2)は、第1レンズ群の焦点距離と広角端状態における前記変倍光学系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、レンズ鏡筒の大型化を防ぎつつ、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。

[0013] 本実施形態の変倍光学系の条件式（２）の対応値が上限値を上回ると、第１レンズ群の屈折力が小さくなり、レンズ鏡筒が大型化してしまう。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を２．７０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２．６０にすることが好ましい。

[0014] 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（２）の下限値を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（２）の下限値を１．６０にすることが好ましい。

[0015] 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。

[0016] また本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（３）を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.82 < (-f_2) / f_3 < 1.30$$

ただし、

f_3 ：前記第３レンズ群の焦点距離

[0017] 条件式（３）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（３）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。

[0018] 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（３）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（３）の上限値を１．２０にすることが好ましい。

[0019] 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（３）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（３）の下限値を０．９０にすることが好ましい。

[0020] 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。

$$(4) \quad 2.00 < f_1 / (-f_2) < 4.00$$

[0021] 条件式（４）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（４）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。

[0022] 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（４）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（４）の上限値を３．５０にすることが好ましい。

[0023] 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、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（４）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（４）の下限値を２．６０にすることが好ましい。

[0024] また本実施形態の変倍光学系は、前記第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。

[0025] また本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 2.20 < f_P / (-f_N) < 3.70$$

ただし、

f_P : 前記第4レンズ群内の前記正レンズの焦点距離

f_N : 前記第4レンズ群内の前記負レンズの焦点距離

[0026] 条件式(5)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(5)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。

[0027] 本実施形態の変倍光学系の条件式(5)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(5)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(5)の上限値を3.50にすることが好ましい。

[0028] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(5)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(5)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(5)の下限値を2.40にすることが好ましい。

[0029] また本実施形態の変倍光学系は、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。

[0030] 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。

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] また本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.70 < |f_{vr}| / f_3 < 1.60$$

ただし、

f_{vr} : 前記防振レンズ群の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

[0034] 条件式(6)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(6)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。

[0035] 本実施形態の変倍光学系の条件式(6)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(6)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（６）の上限値を１．４０にすることが好ましい。

[0036] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式（６）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（６）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（６）の下限値を０．９０にすることが好ましい。

[0037] 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。

[0038] 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）、（２）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。

$$(1) \quad 0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$(2) \quad 1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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 $(f \cdot \tan \theta) / K$ 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。

[0045] 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）、 $n d$ は d 線（波長 587.6 nm ）に対する屈折率、 νd は d 線（波長 587.6 nm ）に対するアッペ数をそれぞれ示している。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 $r = \infty$ は平面を示している。空気の屈折率 $n d = 1.00000$ の記載は省略している。

[0046] 〔各種データ〕において、 FNO は F ナンバー、 2ω は画角（単位は「°」）、 $Y_{\max}$ 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）、 $d n$ 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。

[0047] 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。

[0048] （表 1）第 1 実施例

〔面データ〕

面番号	r	d	$n d$	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	B F		
像面	∞			

[各種データ]

変倍比 2.69

	W	M	T			
f	72.1	99.9	194.0			
F N O	4.05	4.11	4.15			
2 ω	33.86	24.12	12.32			
Y max	21.60	21.60	21.60			
T L	218.32	218.32	218.32			
B F	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
d 5	2.000	19.906	51.627	2.000	19.906	51.627
d 12	51.627	33.721	2.000	51.627	33.721	2.000
d 26	3.000	5.594	7.658	3.569	6.412	9.301
d 30	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]

$$(1) \quad f_2 / f_4 = 1.068$$

$$(2) \quad f_1 / f_w = 2.140$$

$$(3) \quad (-f_2) / f_3 = 1.004$$

$$(4) \quad f_1 / (-f_2) = 3.365$$

$$(5) \quad f_P / (-f_N) = 2.971$$

$$(6) \quad |f_{vr}| / f_3 = 1.097$$

[0049] 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。

[0050] 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 587.6 nm ）、gはg線（波長 435.8 nm ）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。

[0051] 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。

[0052] (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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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G 2、G 4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G 1、G 3、G 5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G 4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。

[0056] 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L 3 5と負レンズL 3 6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。

[0057] (表2) 第2実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
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	B F		

像面 ∞

[各種データ]

変倍比 2.69

	W	M	T			
f	72.1	99.9	194.0			
F N O	4.05	4.12	4.17			
2 ω	33.82	24.08	12.30			
Y _{max}	21.60	21.60	21.60			
T L	218.32	218.32	218.32			
B F	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
d 5	2.000	19.764	51.257	2.000	19.764	51.257
d 12	51.257	33.494	2.000	51.257	33.494	2.000
d 28	3.000	5.617	7.657	3.569	6.435	9.297
d 32	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) $f_2 / f_4 = 1.069$
 (2) $f_1 / f_w = 2.115$
 (3) $(-f_2) / f_3 = 0.991$
 (4) $f_1 / (-f_2) = 3.347$
 (5) $f_P / (-f_N) = 2.919$
 (6) $|f_{vr}| / f_3 = 1.067$

[0058] 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 7 A、及び図 7 B 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 8 A、図 8 B 及び図 8 C はそれぞれ、第 2 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[0059] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差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。

[0060] (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 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 とから構成されている。

[0061] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と両凸形状の正レンズ L 1 3 との接合正レンズとからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 4 とからなる。

[0062] 第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、両凸形状の正レンズ L 3 2 と両凹形状の負レンズ L 3 3 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 L 3 4 と両凹形状の負レンズ L 3 5 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 L 3 6 と両凸形状の正レンズ L 3 7 との接合正レンズと、両凸形状の正レンズ L 3 8 とからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と、両凹形状の負レンズ L 4 2 とからなる。

第 5 レンズ群 G 5 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 1 からなる。

[0063] 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 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔及び第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔が変化するように、第 2、第 4 レンズ群 G 2、G 4 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 G 1、G 3、G 5 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 G 4 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。

[0064] 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 L 3 4 と負レンズ L 3 5 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。

[0065] (表 3) 第 3 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
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	B F		

像面 ∞

[各種データ]

変倍比 2.69

	W	M	T			
f	72.1	99.9	194.0			
F N O	4.09	4.13	4.16			
2 ω	34.18	24.28	12.40			
Y max	21.60	21.60	21.60			
T L	218.32	218.32	218.32			
B F	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
d 5	2.000	18.794	48.567	2.000	18.794	48.567
d 12	48.567	31.773	2.000	48.567	31.773	2.000
d 26	3.920	6.471	7.964	4.497	7.299	9.612
d 30	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]

$$(1) \quad f_2 / f_4 = 1.015$$

$$(2) \quad f_1 / f_w = 2.016$$

$$(3) \quad (-f_2) / f_3 = 0.950$$

$$(4) \quad f_1 / (-f_2) = 3.353$$

$$(5) \quad f_P / (-f_N) = 3.056$$

$$(6) \quad |f_{vr}| / f_3 = 1.111$$

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] (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。

[0069] 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。

[0070] 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。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] (表4) 第4実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	ν d
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	B F		

像面 ∞

[各種データ]

変倍比 2.69

	W	M	T			
f	72.1	99.7	194.0			
F N O	4.14	4.17	4.17			
2 ω	33.30	23.84	12.20			
Y max	21.60	21.60	21.60			
T L	218.32	218.32	218.32			
B F	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
d 5	2.000	20.205	52.654	2.000	20.205	52.654
d 12	52.654	34.449	2.000	52.654	34.449	2.000
d 26	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) $f_2 / f_4 = 0.624$
 (2) $f_1 / f_w = 2.094$
 (3) $(-f_2) / f_3 = 1.012$
 (4) $f_1 / (-f_2) = 3.142$
 (5) $f_P / (-f_N) = 2.525$
 (6) $|f_{vr}| / f_3 = 1.108$

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] なお、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。以下の内容は、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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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 S 1 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 S 2 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)、(2) を満足するようにする。

$$(1) \quad 0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$(2) \quad 1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0088] 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

[0089] G_1 : 第1レンズ群、 G_2 : 第2レンズ群、 G_3 : 第3レンズ群、 G_4 : 第4レンズ群、 G_5 : 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。

$$0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項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。

$$0.82 < (-f_2) / f_3 < 1.30$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

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

$$2.00 < f_1 / (-f_2) < 4.00$$

[請求項4] 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から請求項3のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項5] 以下の条件式を満足する請求項4に記載の変倍光学系。

$$2.20 < f_P / (-f_N) < 3.70$$

ただし、

f_P : 前記第4レンズ群内の前記正レンズの焦点距離

f_N : 前記第4レンズ群内の前記負レンズの焦点距離

[請求項6] 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5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項7] 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6のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項8] 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7のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項9] 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8のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項10] 以下の条件式を満足する請求項9に記載の変倍光学系。

$$0.70 < |f_{vr}| / f_3 < 1.60$$

ただし、

f_{vr} : 前記防振レンズ群の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

[請求項11] 請求項1から請求項10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12] 請求項1から請求項10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13] 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。

$$0.55 < f_2 / f_4 < 1.40$$

$$1.40 < f_1 / f_w < 2.80$$

ただし、

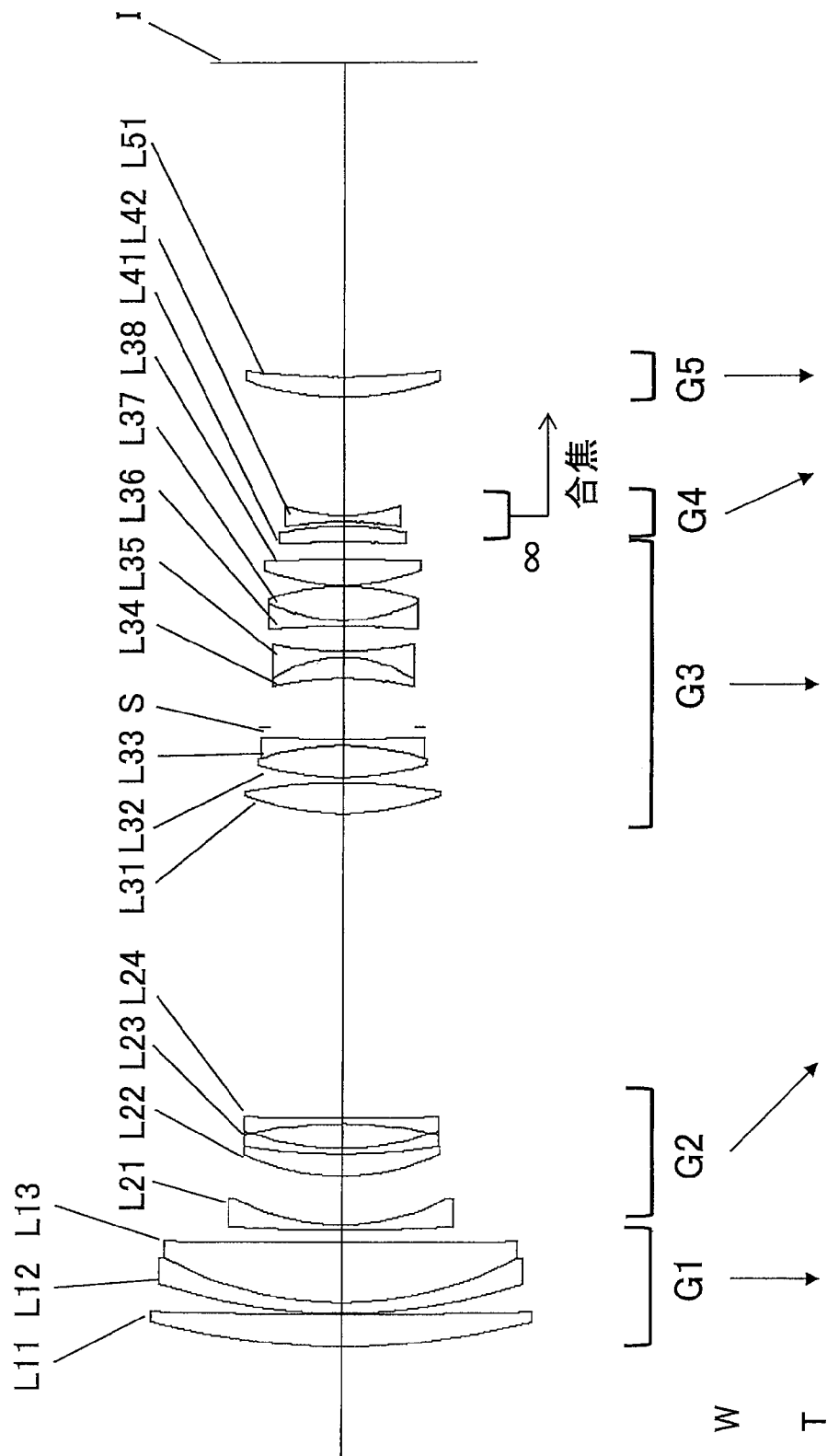
f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[図1]



[図2]

図2A

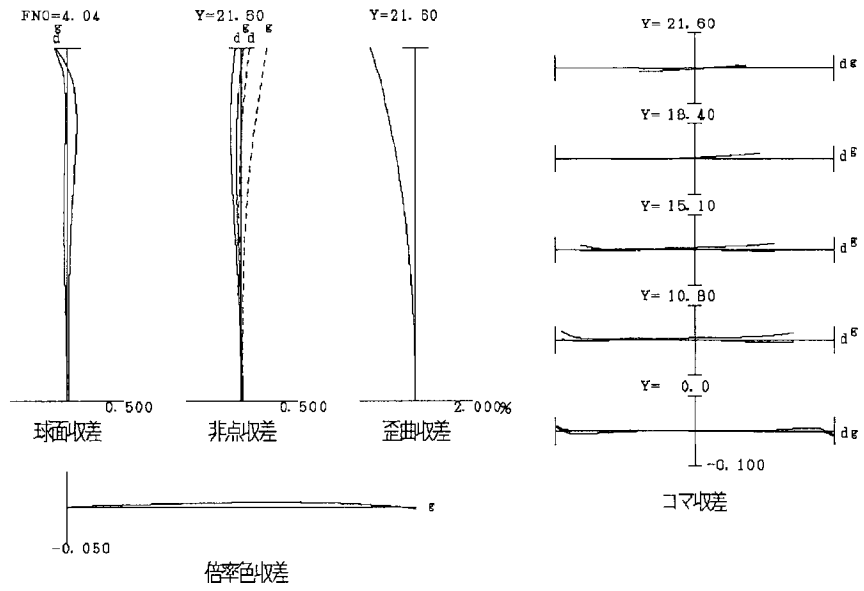


図2B

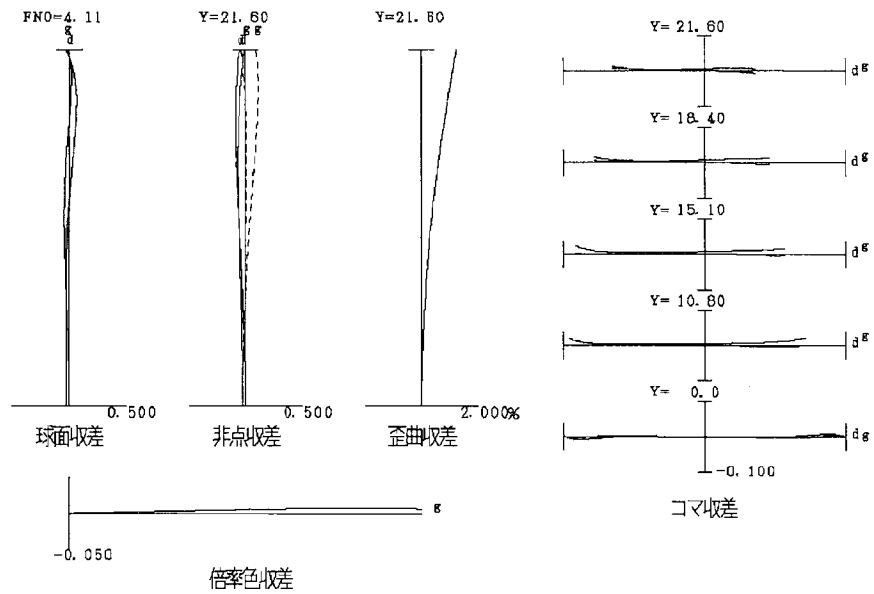
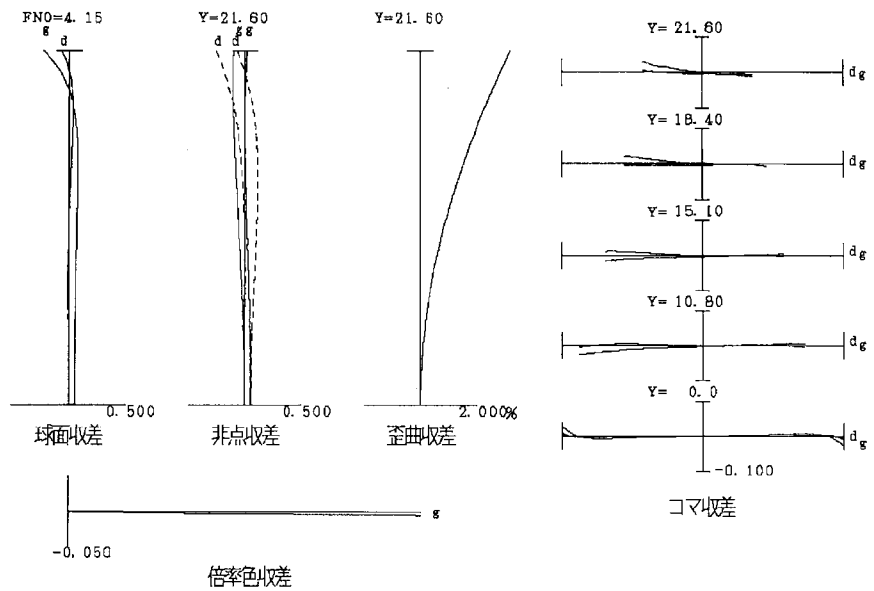
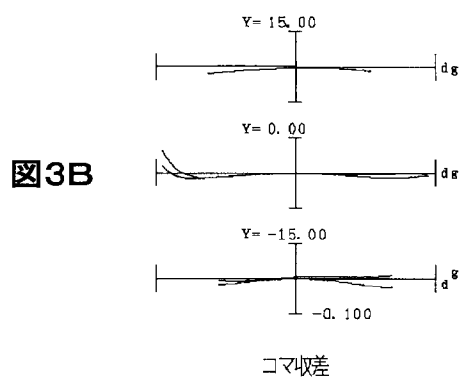
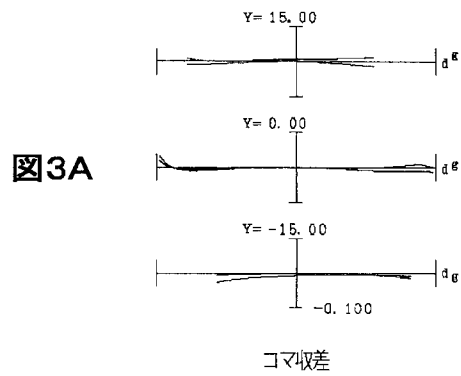


図2C



[図3]



[図4]

図4A

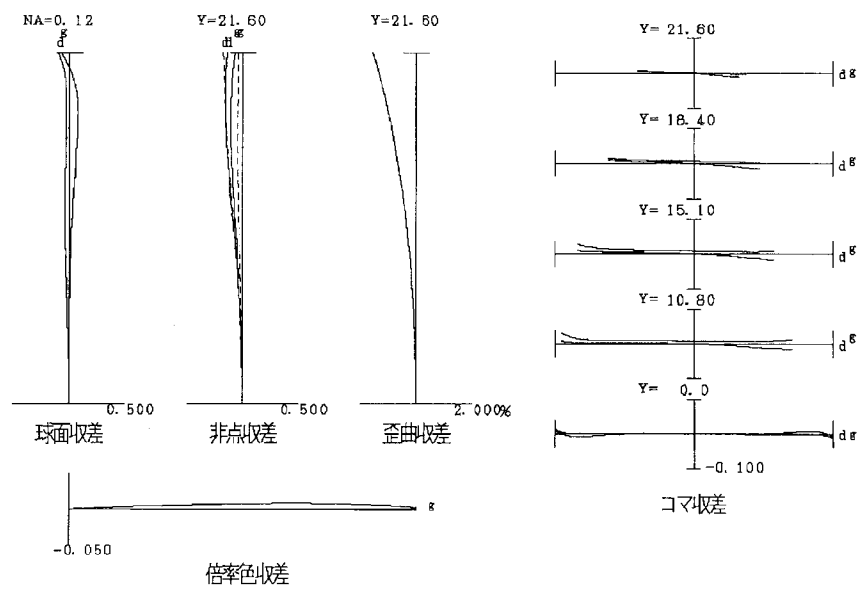


図4B

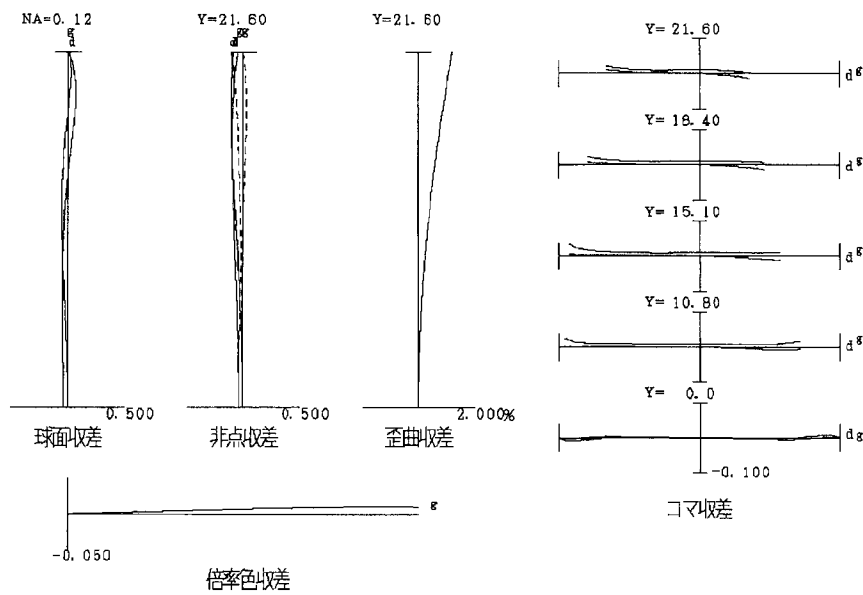
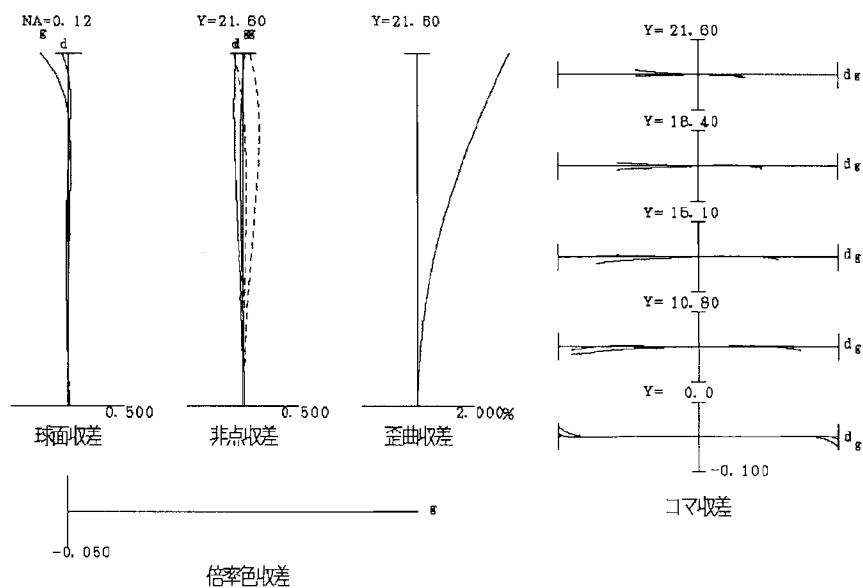
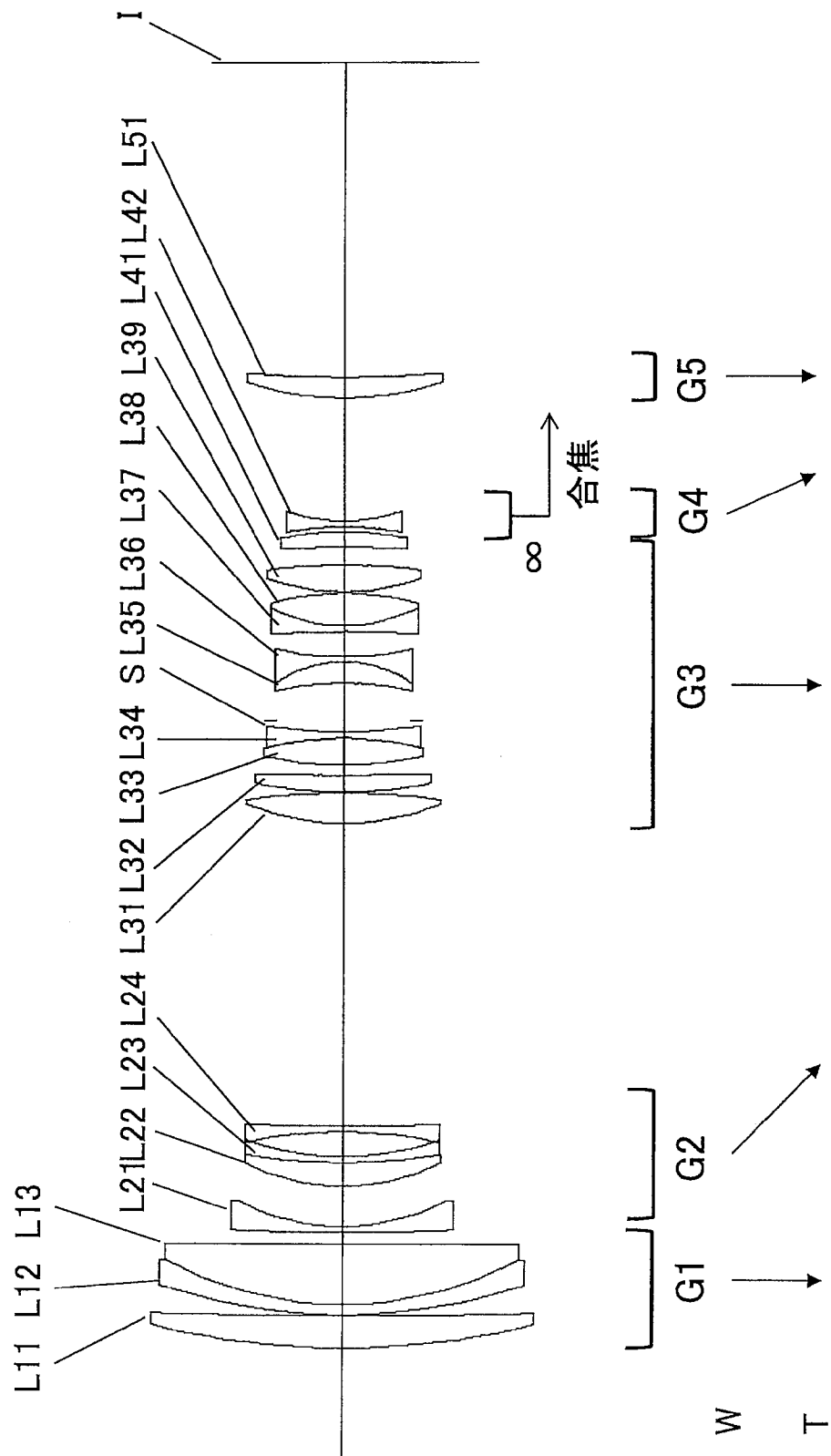


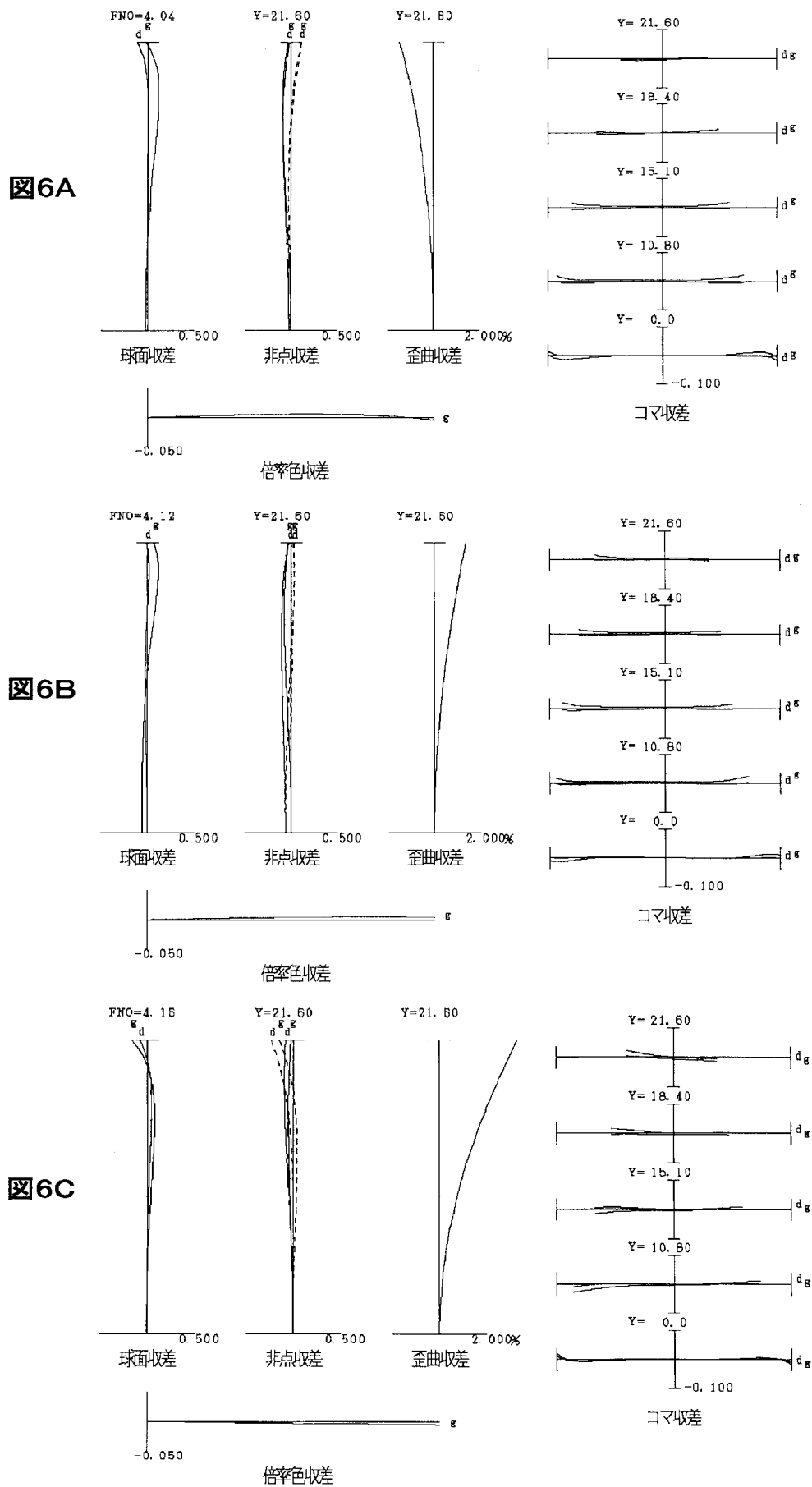
図4C



[図5]



[図6]



[図7]

図7A

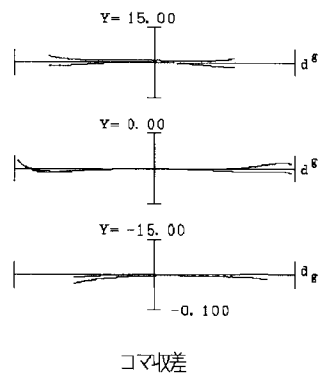
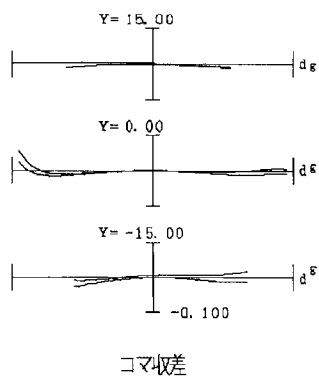


図7B



[図8]

図8A

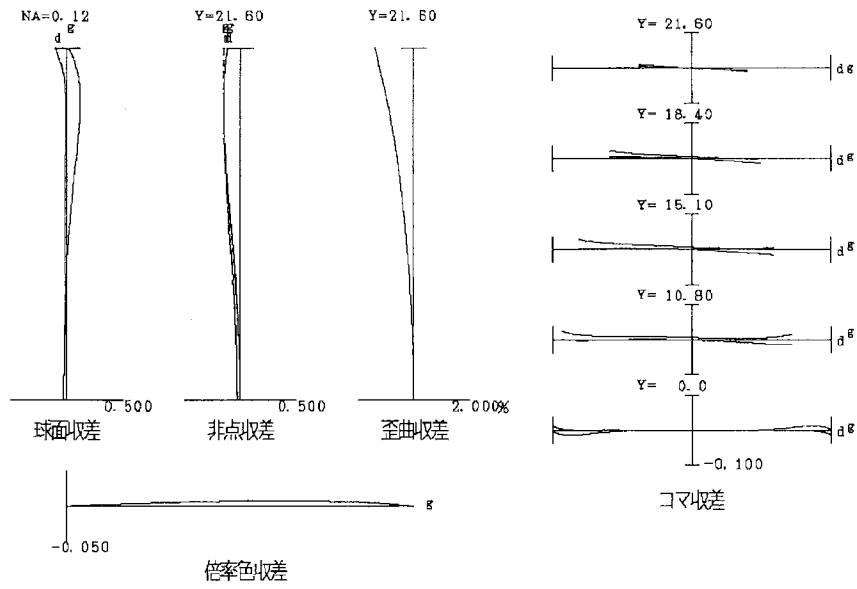


図8B

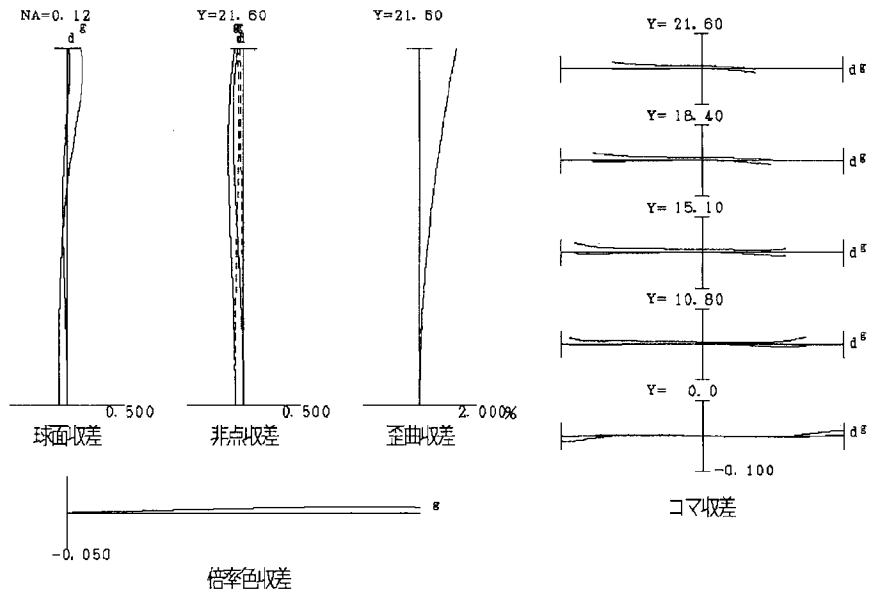
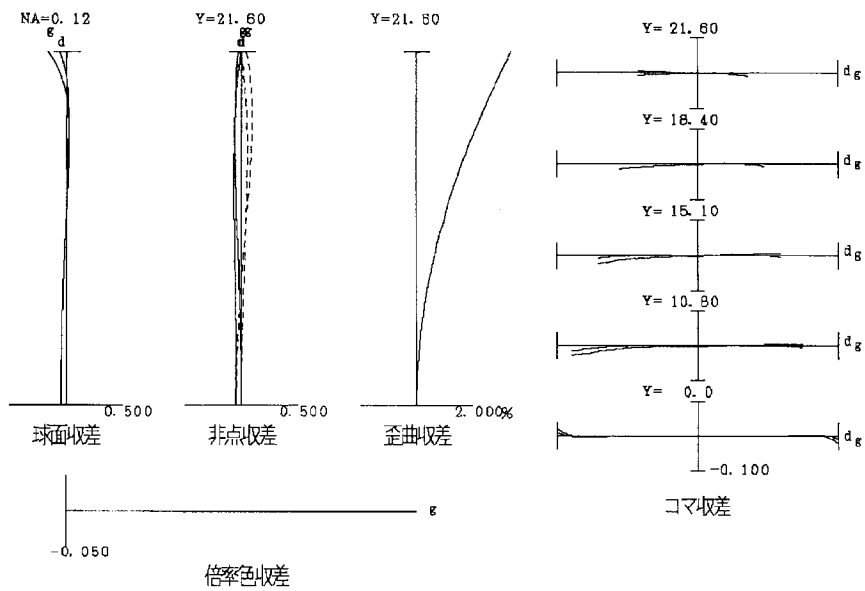
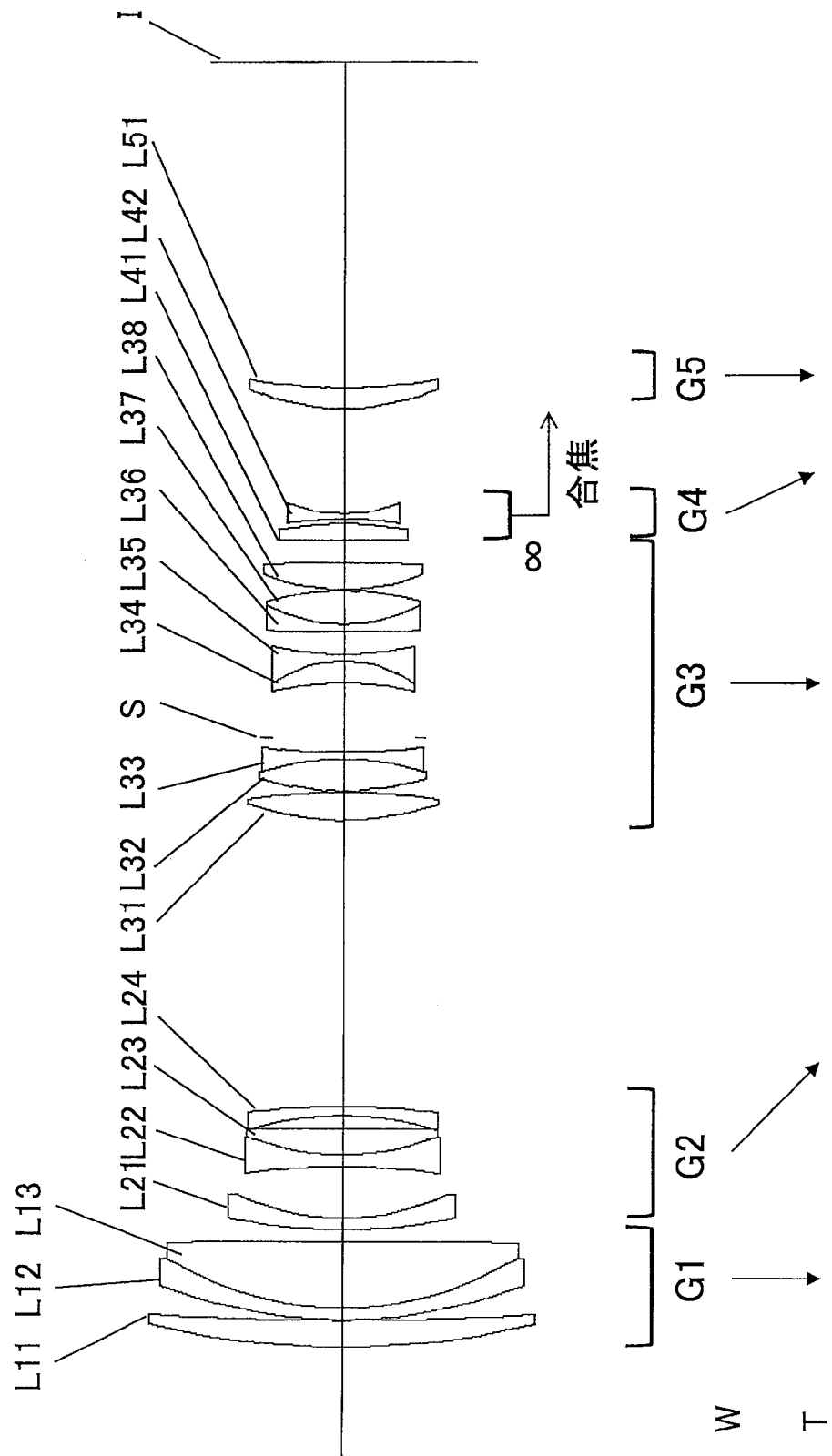


図8C



[図9]



[図10]

図10A

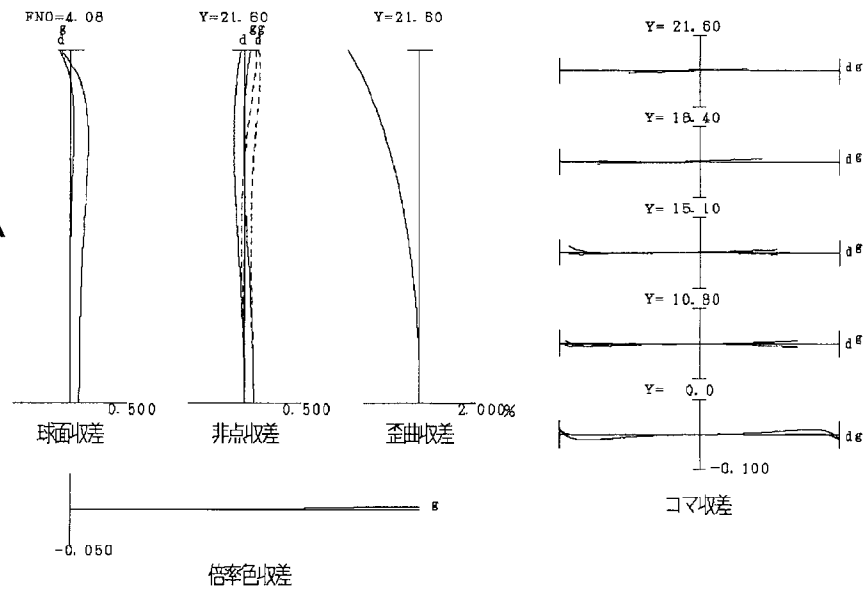


図10B

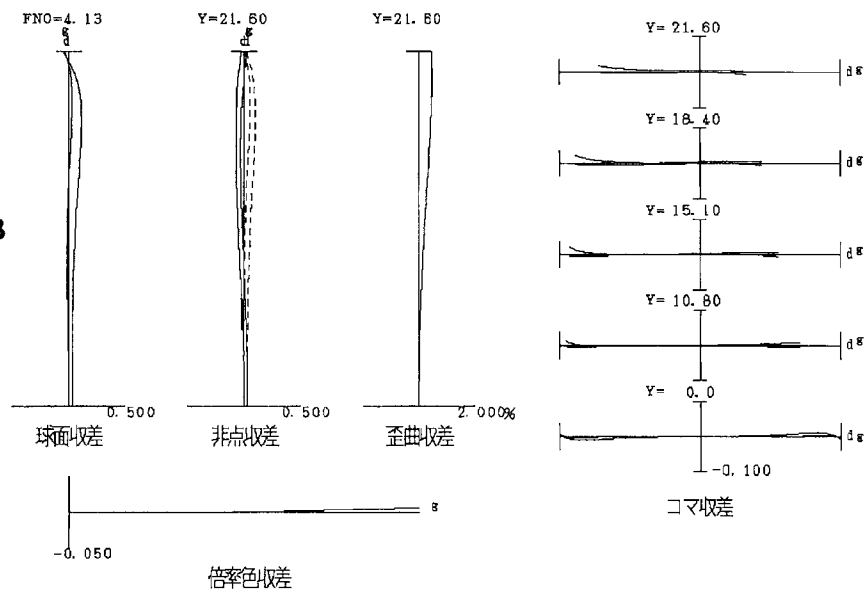
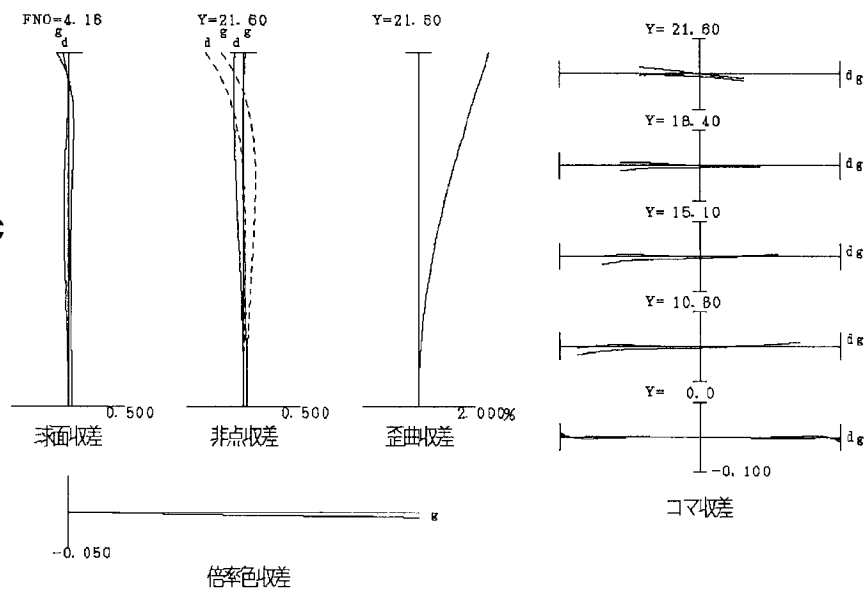
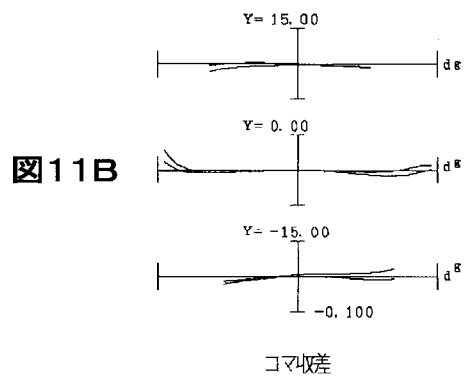
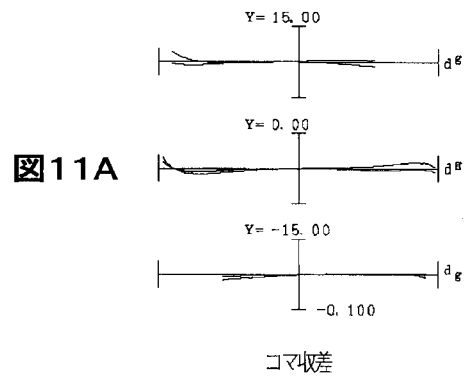


図10C



[図11]



[図12]

図12A

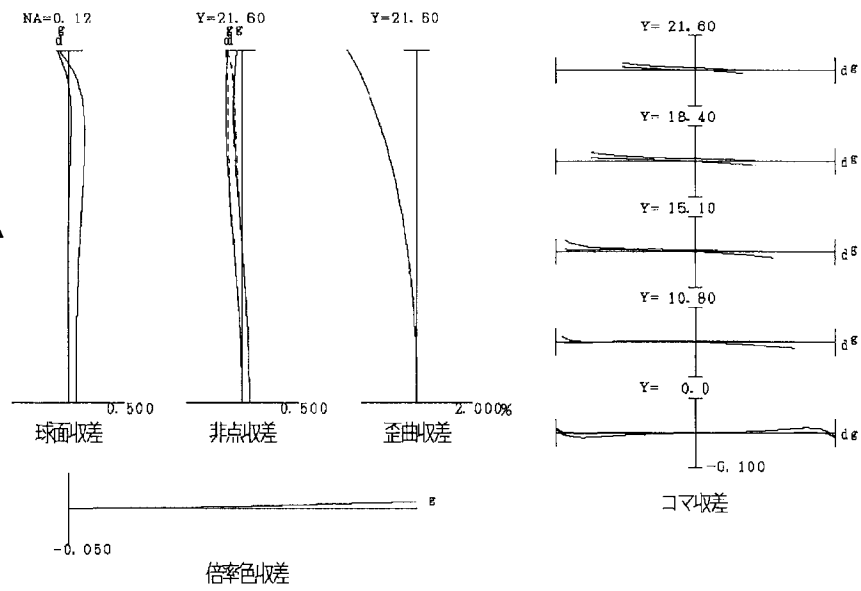


図12B

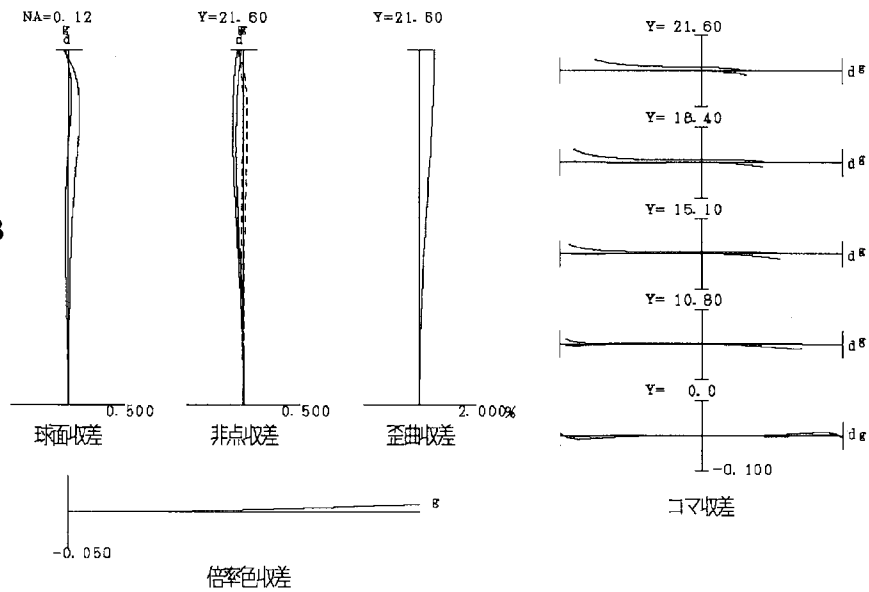
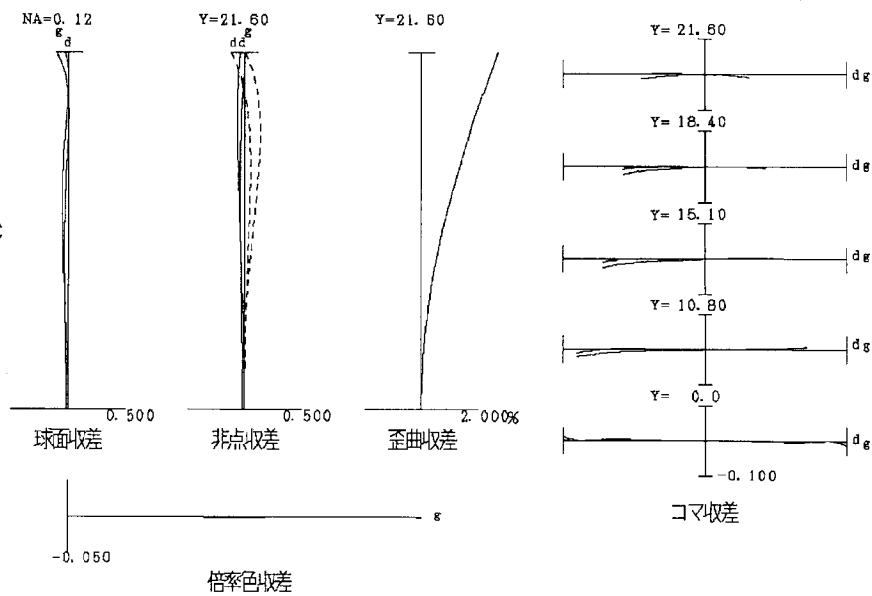
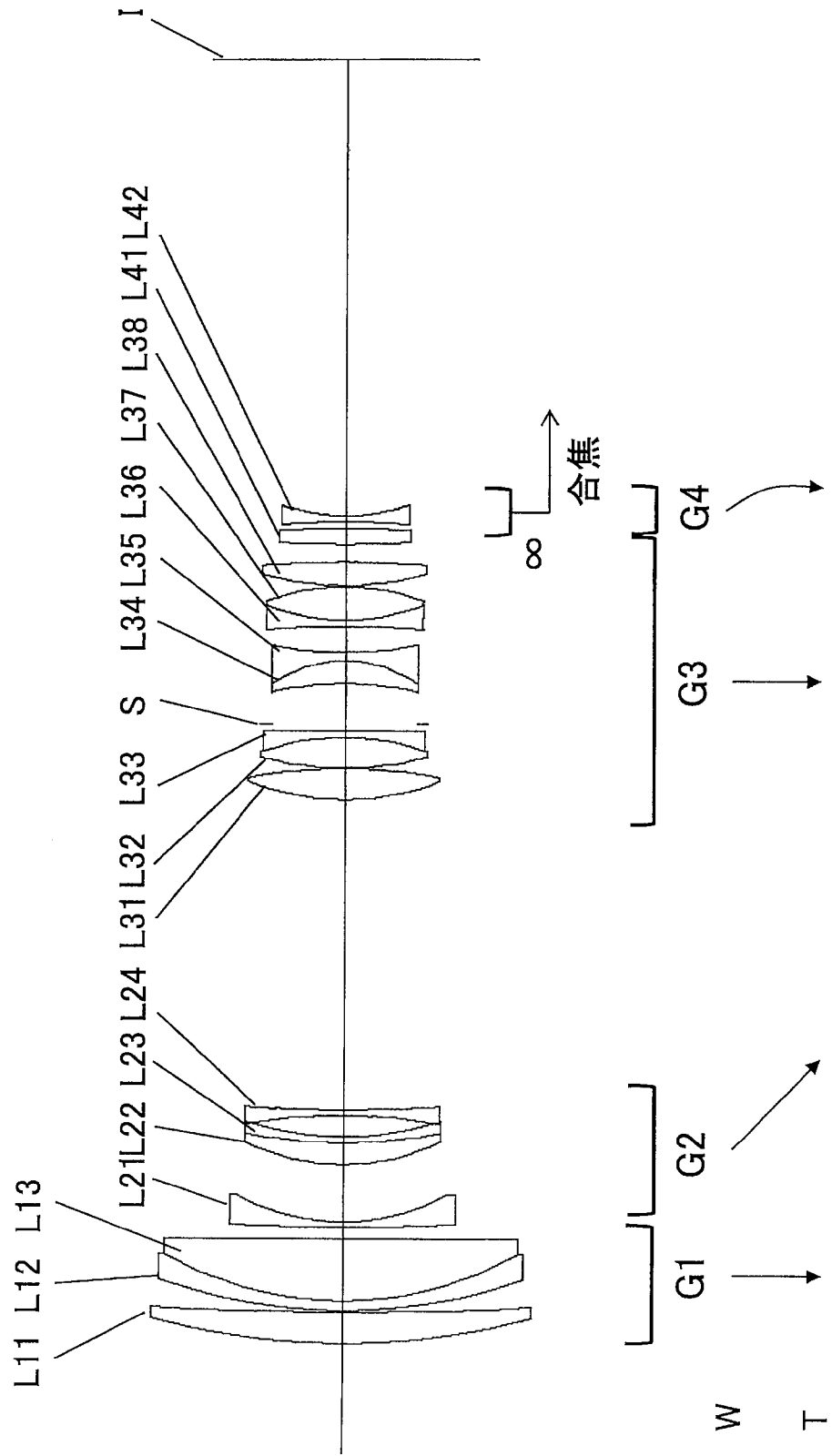


図12C



[図13]



[図14]

図14A

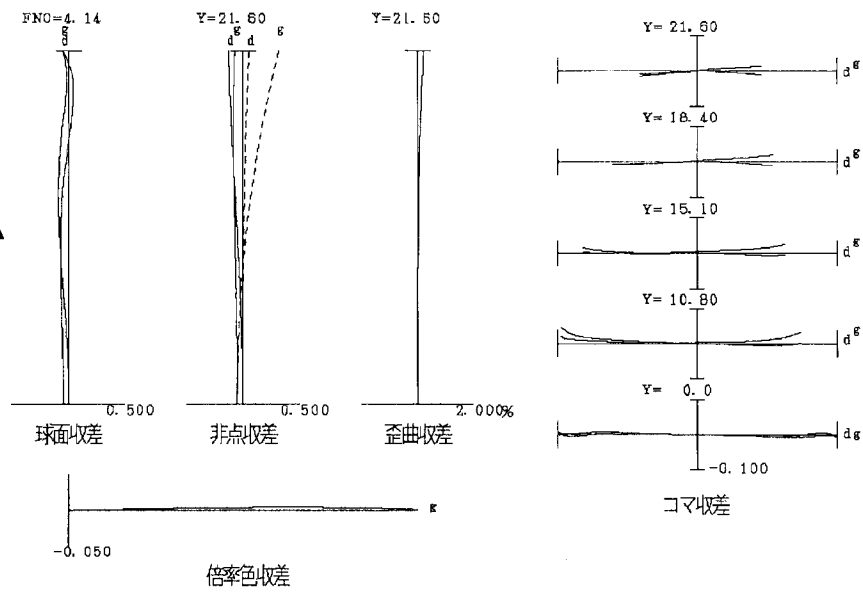


図14B

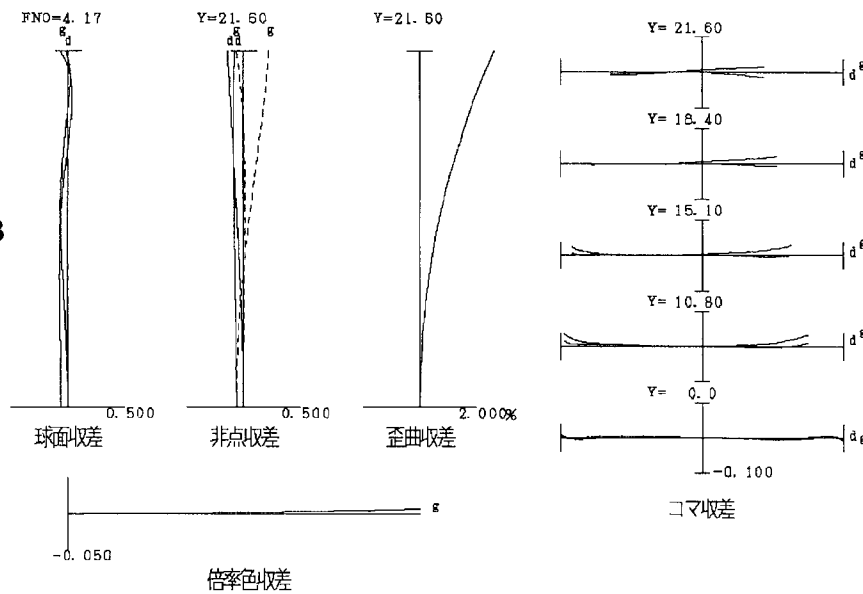
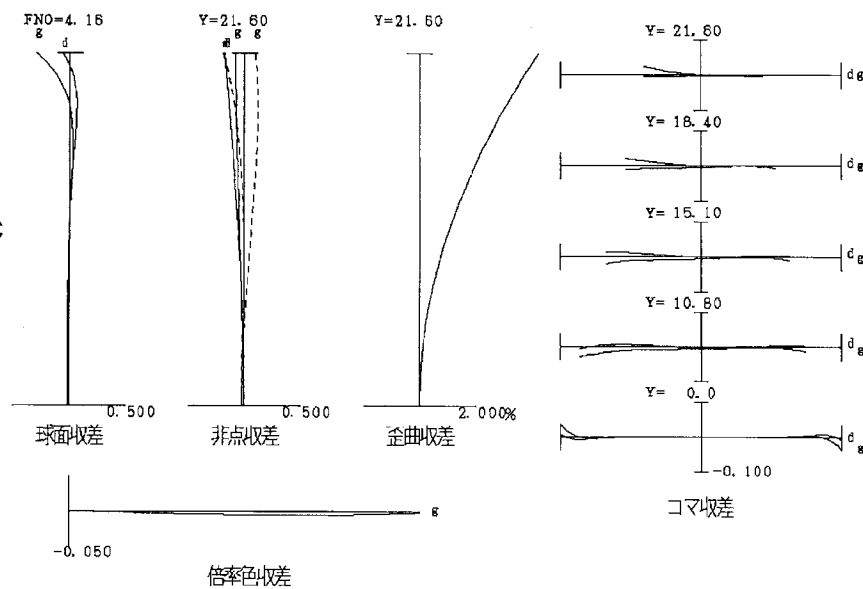
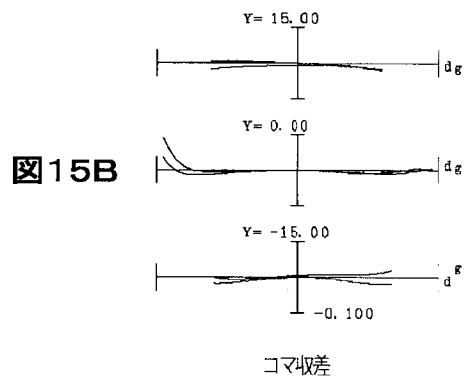
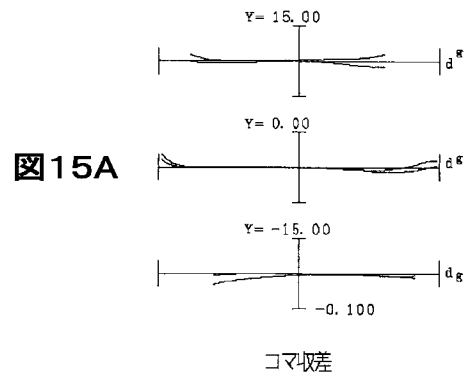


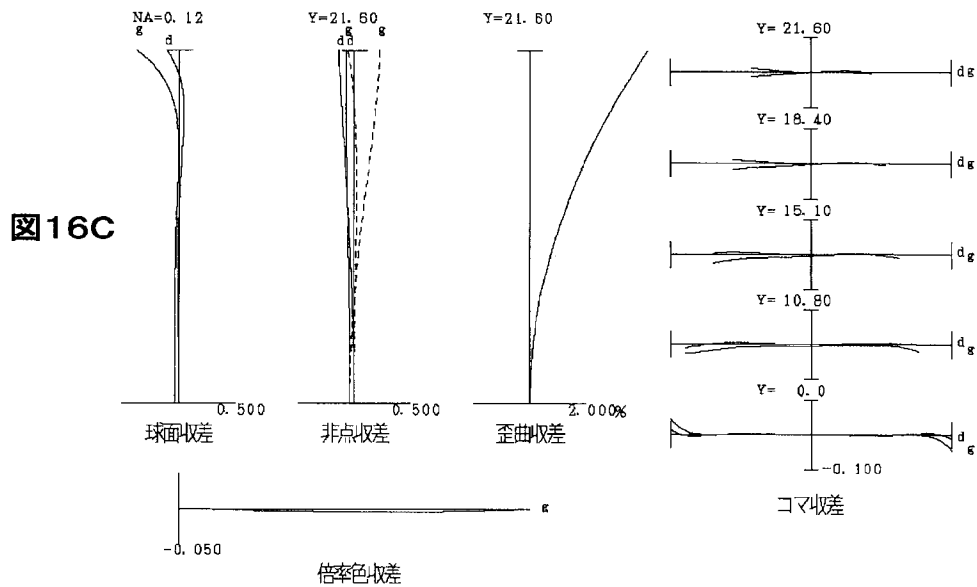
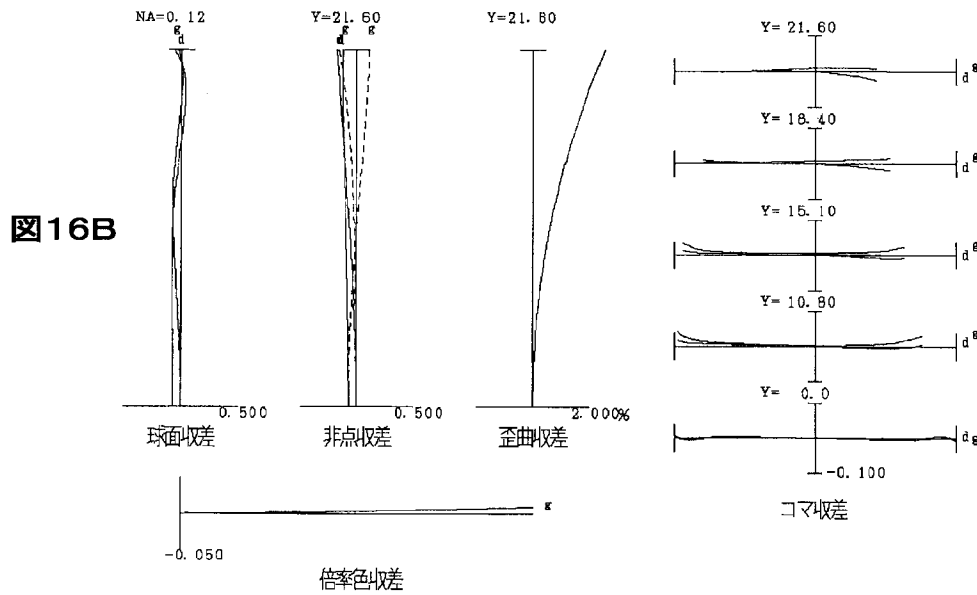
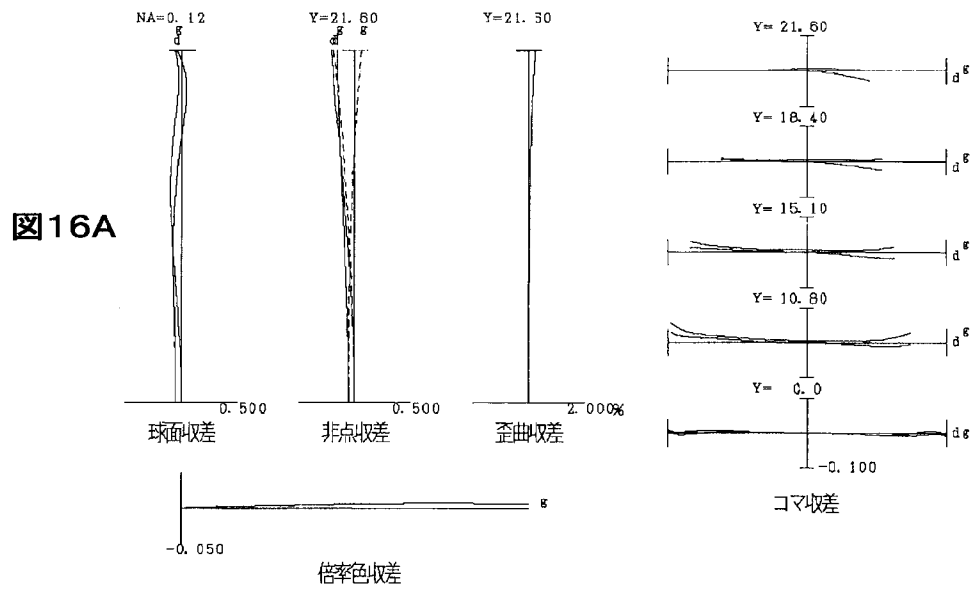
図14C



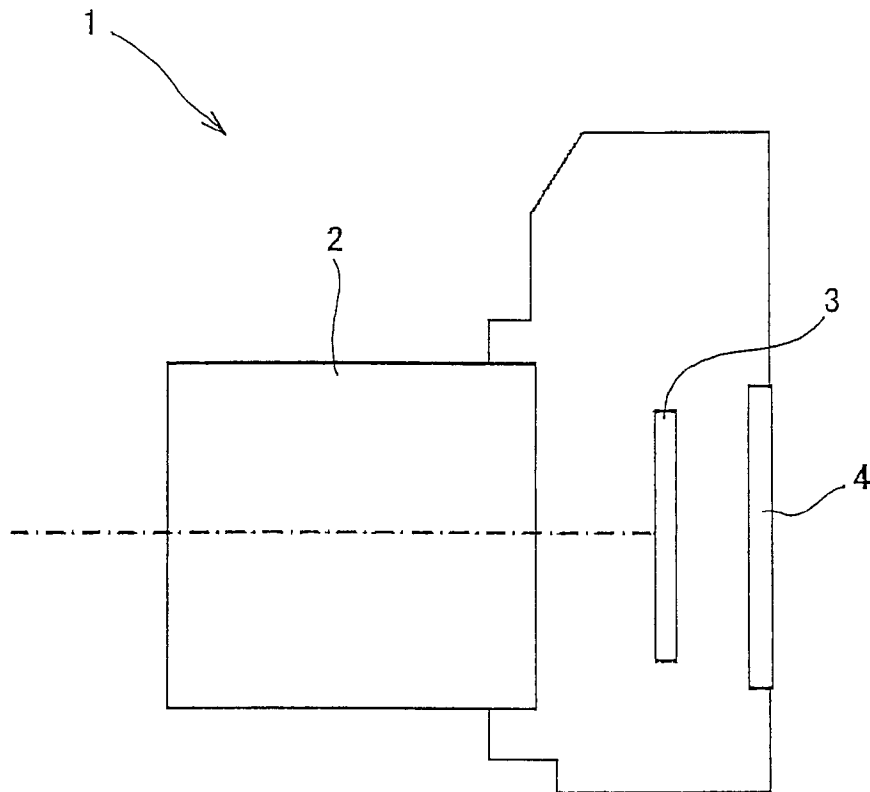
[図15]



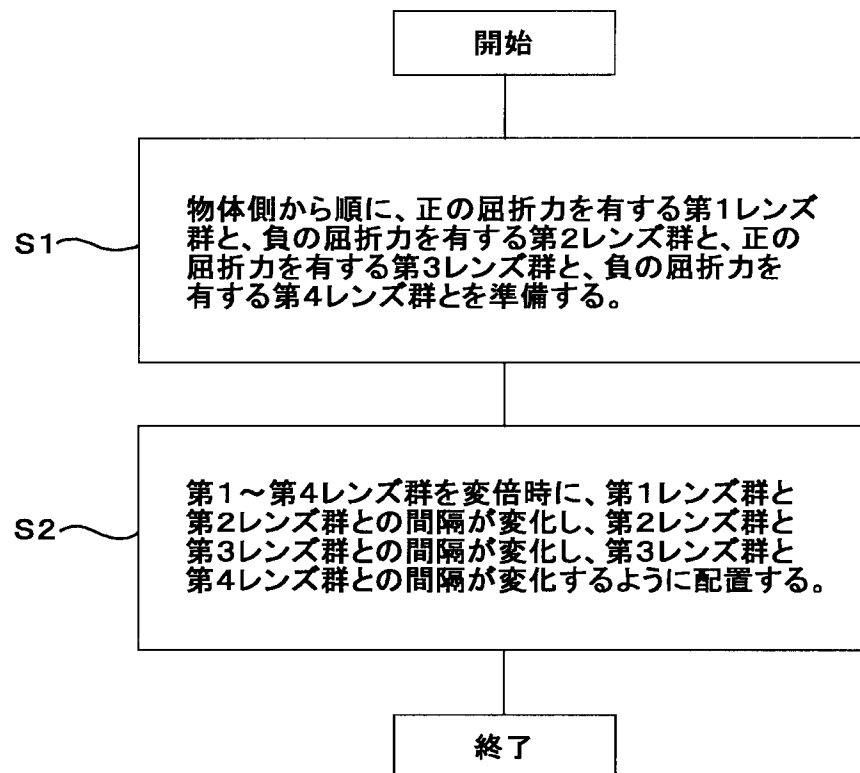
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/038279

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	JP 2014-228810 A (TAMRON CO., LTD.) 08 December 2014, examples 1-3, 5, etc. (Family: none)	1-13
X A	JP 2012-047814 A (PANASONIC CORP.) 08 March 2012, examples 3, 5-6, 8, 11, 14, etc. & US 2012/0050603 A1, examples 3, 5-6, 8, 11, 14, etc.	1-3, 6-13 4-5
X A	WO 2013/027364 A1 (PANASONIC CORP.) 28 February 2013, examples 1, etc. & US 2014/0132830 A1, examples 1, etc.	1-3, 6-13 4-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
11 January 2018 (11.01.2018)

Date of mailing of the international search report
23 January 2018 (23.01.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/038279

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 2011-197470 A (PANASONIC CORP.) 06 October 2011, examples 1-2, 5-6, etc. & US 2011/0228158 A1, examples 1-2, 5-6, etc. & CN 102193172 A	1-3, 6-7, 9-13 4-5, 8
X A	JP 2013-218291 A (PANASONIC CORP.) 24 October 2013, example 1, paragraphs [0030], etc. & US 2013/0242142 A1, example 1, paragraphs [0089], etc.	1-2, 4, 6-7, 9-13 3, 5, 8
X A	JP 2011-209347 A (SONY CORP.) 20 October 2011, examples 3-4, paragraphs [0060], etc. (Family: none)	1-4, 8-13 5-7
X A	JP 2012-083602 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 26 April 2012, examples 1-7, etc. & US 2012/0092777 A1, examples 1-7, etc.	1-6, 9-13 7-8
X A	JP 2013-117667 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 13 June 2013, examples 1-2, 4-6, etc. (Family: none)	1-5, 8-13 6-7
X A	JP 2010-197860 A (TAMRON CO., LTD.) 09 September 2010, examples 1-3, etc. (Family: none)	1, 4-7, 9-13 2-3, 8
X A	JP 2012-027261 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 09 February 2012, examples 1-2, etc. & US 2012/0019931 A1, examples 1-1, 1-2, etc.	1-5, 9-13 6-8
X A	JP 2011-232624 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 17 November 2011, examples 1-6, etc. & US 2011/0267708 A1, examples 1-6, etc.	1-5, 9-13 6-8
X A	JP 2013-182259 A (SONY CORP.) 12 September 2013, example 4, paragraph [0053], etc. & US 2013/0229565 A1, example 4, paragraphs [0069], etc. & CN 103309023 A	1, 4, 6-7, 9-13 2-3, 5, 8

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	JP 2014-228810 A (株式会社タムロン) 2014.12.08, 実施例 1-3, 5 等 (ファミリーなし)	1-13
X A	JP 2012-047814 A (パナソニック株式会社) 2012.03.08, 実施例 3, 5-6, 8, 11, 14 等 & US 2012/0050603 A1, 実施例 3, 5-6, 8, 11, 14 等	1-3, 6-13 4-5
X A	WO 2013/027364 A1 (パナソニック株式会社) 2013.02.28, 実施例 1 等 & US 2014/0132830 A1, 実施例 1 等	1-3, 6-13 4-5

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

11.01.2018

国際調査報告の発送日

23.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

殿岡 雅仁

2 V

4 7 4 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2011-197470 A (パナソニック株式会社) 2011. 10. 06, 実施例 1-2, 5-6 等 & US 2011/0228158 A1, 実施例 1-2, 5-6 等 & CN 102193172 A	1-3, 6-7, 9-13 4-5, 8
X A	JP 2013-218291 A (パナソニック株式会社) 2013. 10. 24, 実施例 1, 段落[0030]等 & US 2013/0242142 A1, 実施例 1, 段落[0089]等	1-2, 4, 6-7, 9-13 3, 5, 8
X A	JP 2011-209347 A (ソニー株式会社) 2011. 10. 20, 実施例 3-4, 段落[0060]等 (ファミリーなし)	1-4, 8-13 5-7
X A	JP 2012-083602 A (オリンパスイメージング株式会社) 2012. 04. 26, 実施例 1-7 等 & US 2012/0092777 A1, 実施例 1-7 等	1-6, 9-13 7-8
X A	JP 2013-117667 A (オリンパスイメージング株式会社) 2013. 06. 13, 実施例 1-2, 4-6 等 (ファミリーなし)	1-5, 8-13 6-7
X A	JP 2010-197860 A (株式会社タムロン) 2010. 09. 09, 実施例 1-3 等 (ファミリーなし)	1, 4-7, 9-13 2-3, 8
X A	JP 2012-027261 A (オリンパスイメージング株式会社) 2012. 02. 09, 実施例 1-2 等 & US 2012/0019931 A1, 実施例 1-1, 1-2 等	1-5, 9-13 6-8
X A	JP 2011-232624 A (オリンパスイメージング株式会社) 2011. 11. 17, 実施例 1-6 等 & US 2011/0267708 A1, 実施例 1-6 等	1-5, 9-13 6-8
X A	JP 2013-182259 A (ソニー株式会社) 2013. 09. 12, 実施例 4, 段落[0053]等 & US 2013/0229565 A1, 実施例 4, 段落[0069]等 & CN 103309023 A	1, 4, 6-7, 9-13 2-3, 5, 8