

(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
2019年3月14日(14.03.2019)



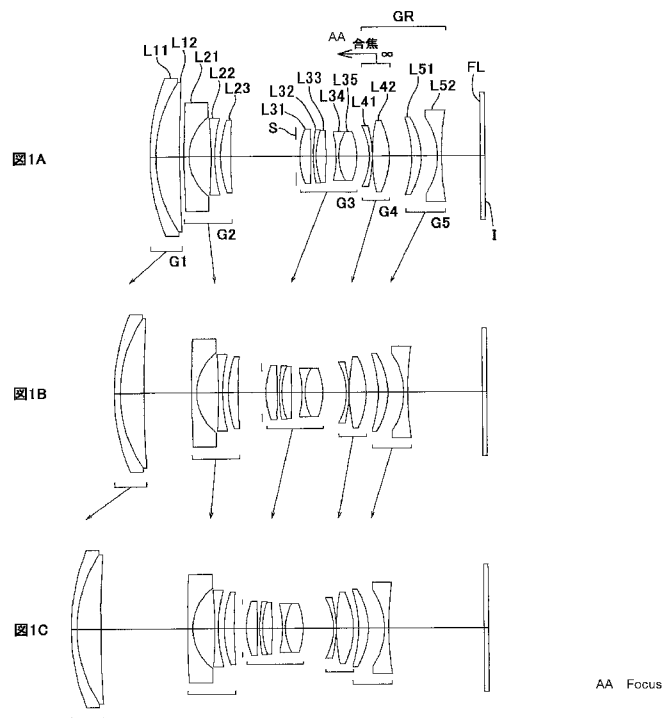
(10) 国際公開番号

WO 2019/049372 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/032695
- (22) 国際出願日: 2017年9月11日(11.09.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 梅田 武 (UMEDA, Takeshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人井上国際特許商標事務所, 外 (INOUE & CO. et al.); 〒1100016 東京都台東区台東4丁目7番6号 新星ビル2階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

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

(54) 発明の名称: 変倍光学系、光学装置、および変倍光学系の製造方法



(57) **Abstract:** The present invention has, in order from the object side: a first lens group having positive refractive power; a second lens group having negative refractive power; a third lens group having positive refractive power; and a rear lens group having positive refractive power. When the magnification state is changed from wide-angle to telephoto, the interval between the first lens group and the second lens group changes, the interval between the second lens group and

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))

the third lens group changes, and the interval between the third lens group and the rear lens group changes. The rear lens group has a focal lens group that moves when focusing from an infinite object to a close object and is capable of good correction of various aberrations by satisfying a prescribed conditional expression.

(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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化し、前記後続レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に移動する合焦レンズ群を有し、所定の条件式を満足することにより、諸収差を良好に補正することができる。

明 細 書

発明の名称：

変倍光学系、光学装置、および変倍光学系の製造方法

技術分野

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

背景技術

[0002] 従来、小型でありながら大型の撮像素子に対応し、動画撮影に適した高速のフォーカシングが可能な変倍光学系が提案されている。例えば、特開 2015-064492 号公報を参照。しかしながら、従来の変倍光学系は、諸収差の補正が充分ではなかった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2015-064492 号公報

発明の概要

[0004] 本発明は、

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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有し、

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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化し、

前記後続レンズ群は、合焦時に移動する合焦レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する変倍光学系である。

$$0.040 < \beta F_w < 0.800$$

$$0.100 < B F_w / f_w < 1.00$$

但し、

$\beta F w$: 広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

$B F w$: 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f w$: 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0005] また、本発明は、

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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

変倍時に、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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化するように構成し、

前記後続レンズ群が、合焦時に移動する合焦レンズ群を有するように構成し、

以下の条件式を満足するように構成する変倍光学系の製造方法である。

$$0.040 < \beta F w < 0.800$$

$$0.100 < B F w / f w < 1.00$$

但し、

$\beta F w$: 広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

$B F w$: 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f w$: 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1A、図1B、および図1Cはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図2]図2A、図2B、および図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、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図3]図3A、図3B、および図3Cはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体

合焦時の諸収差図である。

[図4]図4 A、図4 B、および図4 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、および望遠端状態における断面図である。

[図5]図5 A、図5 B、および図5 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、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図6]図6 A、図6 B、および図6 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、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図7]図7 A、図7 B、および図7 Cはそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図8]図8 A、図8 B、および図8 Cはそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図9]図9 A、図9 B、および図9 Cはそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図10]図10 A、図10 B、および図10 Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図11]図11 A、図11 B、および図11 Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図12]図12 A、図12 B、および図12 Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図13]図13A、図13B、および図13Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図14]図14A、図14B、および図14Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図15]図15A、図15B、および図15Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図16]図16A、図16B、および図16Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図17]図17A、図17B、および図17Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図18]図18A、図18B、および図18Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図19]図19A、図19B、および図19Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図20]図20A、図20B、および図20Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図21]図21A、図21B、および図21Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図22]図22A、図22B、および図22Cはそれぞれ、第8実施例に係る

変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。

[図23]図23A、図23B、および図23Cはそれぞれ、第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図24]図24A、図24B、および図24Cはそれぞれ、第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図25]図25は、変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図26]図26は、変倍光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、本実施形態に係る変倍光学系、光学装置および変倍光学系の製造方法について説明する。まず、本実施形態に係る変倍光学系を説明する。

[0008] 本実施形態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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化し、前記後続レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に移動する合焦レンズ群を有し、以下の条件式(1)および(2)を満足するように構成されている。

$$(1) \quad 0.040 < \beta F w < 0.800$$

$$(2) \quad 0.100 < B F w / f w < 1.00$$

但し、

$\beta F w$: 広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

$B F w$: 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f w$: 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0009] 本実施形態の変倍光学系の後続レンズ群は、少なくとも2つのレンズ群を

有している。なお、本実施形態においてレンズ群とは、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いう。また、本実施形態においてレンズ成分とは、単レンズのこと、または2枚以上のレンズを接合してなる接合レンズのことをいう。

本実施形態の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、各レンズ群同士の間隔を変化させることによって、変倍時の良好な収差補正を図ることができる。また、後続レンズ群に合焦レンズ群を配置することにより、合焦レンズ群を小型軽量化でき、その結果、高速でのフォーカシングが可能になると共に、変倍光学系および鏡筒の小型化を図ることができる。

[0010] 条件式(1)は、広角端状態における合焦レンズ群の横倍率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、合焦時の合焦レンズ群の移動量を小さくすることができ、変倍光学系の小型化を図ることができる。

[0011] 本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、合焦時の合焦レンズ群の移動量が大きくなってしまい、変倍光学系の小型化が困難となる。なお、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0.770にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(1)の上限値を0.750、さらに0.730にすることが好ましい。

[0012] 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、感度が高くなり、合焦時の合焦レンズ群の移動量が小さくなるため、フォーカス制御が困難となる。なお、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0.200にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(1)の下限値を0.300、さらに0.400にすることが好ましい。

[0013] 条件式(2)は、広角端状態における変倍光学系のバックフォーカスと、広角端状態における変倍光学系の焦点距離との比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

におけるコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。なお、バックフォーカスとは最も像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離である。

[0014] 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、広角端状態における変倍光学系の焦点距離に対して、広角端状態における変倍光学系のバックフォーカスが大きくなり、広角端状態における諸収差を良好に補正することが困難となる。なお、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0.91にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2)の上限値を0.85、さらに0.80にすることが好ましい。

[0015] 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、広角端状態における変倍光学系の焦点距離に対して、広角端状態における変倍光学系のバックフォーカスが小さくなり、広角端状態における諸収差、特にコマ収差を良好に補正することが困難となる。なお、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0.300にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2)の下限値を0.400、さらに0.500にすることが好ましい。

[0016] なお、条件式(2)において、BF_wが示す「広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス」を「全長が最も短い状態における前記変倍光学系のバックフォーカス」とし、f_wが示す「広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離」を「全長が最も短い状態における前記変倍光学系の焦点距離」としても良い。すなわち条件式(2)は、次のように表しても良い。

$$(2) \quad 0.100 < BF_s / f_s < 1.00$$

但し、

BF_s : 全長が最も短い状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

f_s : 全長が最も短い状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0017] 以上の構成により、本実施形態の変倍光学系は、小型でありながら大型の撮像素子に対応することができ、変倍時および合焦時に諸収差を良好に補正

することができる変倍光学系を実現することができる。

[0018] また、本実施形態の変倍光学系は、後続レンズ群が正の屈折力を有する第4レンズ群と、負の屈折力を有する第5レンズ群とを有し、以下の条件式（3）を満足することが望ましい。

$$(3) \quad -3.000 < f_5 / f_3 < -0.500$$

但し、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

[0019] 条件式（3）は、第3レンズ群の焦点距離と第5レンズ群の焦点距離と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、第3レンズ群と第5レンズ群とのパワー比を適正範囲に保つことができ、非点収差およびコマ収差を良好に補正することができる。

[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5レンズ群の屈折力に対して第3レンズ群の屈折力が大きくなり、広角端状態における諸収差、特に非点収差を良好に補正することが困難となる。なお、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 -0.800 にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（3）の上限値を -1.000 、さらに -1.100 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3レンズ群の屈折力に対して第5レンズ群の屈折力が大きくなり、望遠端状態における諸収差、特にコマ収差を良好に補正することが困難となる。なお、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 -2.500 にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（3）の下限値を -2.000 、さらに -1.400 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、第4レンズ群が合焦レンズ群を有することが望ましい。本実施形態に係る変倍光学系は、この構成により、合焦レ

ンズ群を小型軽量化でき、その結果、変倍光学系及び鏡筒の小型化を図ることができる。

[0023] 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。

$$(4) \quad 4.000 < f_1 / f_{1Rw} < 9.000$$

但し、

f_1 : 前記第１レンズ群の焦点距離

f_{1Rw} : 前記第１レンズ群より像面側に配置されたレンズ群の広角端状態における合成焦点距離

[0024] 条件式（４）は、第１レンズ群の焦点距離と、第１レンズ群より像面側に配置されたレンズ群の広角端状態における合成焦点距離と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、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。さらに、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の際、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] 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１レンズ群より像面側に配置されたレンズ群の広角端状態における屈折力が大きくなり、広角端状態における諸収差、特にコマ収差を良好に補正することが困難となる。また、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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となる。なお、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８．５００にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（４）の上限値を８．０００、さらに６．５００にすることが好ましい。

[0026] 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、広角端状態における諸収差、特にコマ収差を良好に補正することが困難となる。また、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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

難となる。なお、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５．０００にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（４）の下限値を５．１００、さらに５．２００にすることが好ましい。

[0027] 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。

$$(5) \quad n_{d3fp} < 1.800$$

但し、

n_{d3fp} ：前記第３レンズ群内の最も屈折率の大きいレンズの屈折率

[0028] 条件式（５）は、第３レンズ群内の最も屈折力が大きいレンズの屈折率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）を満足する屈折率の高い硝子材料を用いることにより、軸上色収差と球面収差を良好に補正することができる。

[0029] 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３レンズ群の屈折力が増大し、軸上色収差と球面収差を良好に補正することが困難となる。なお、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１．７５０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（５）の上限値を１．７００、さらに１．６５０にすることが好ましい。

[0030] 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。

$$(6) \quad 50.000 < \nu_{d3p}$$

但し、

ν_{d3p} ：前記第３レンズ群内の最もアッペ数が小さいレンズのアッペ数

[0031] 条件式（６）は、第３レンズ群内の最もアッペ数が小さいレンズのアッペ数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）を満足する低分散の硝子材料を用いることにより第３レンズ群に異常分散性を持たせることができ、軸上色収差と球面収差を良好に補正することができる。

[0032] 本実施形態の変倍光学系の条件式（６）の対応値が下限値を下回ると、第３レンズ群に十分な異常分散性を持たせることができず、軸上色収差と球面収差を良好に補正することが困難となる。なお、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５５．０００にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（６）の下限値を５８．０００、さらに６０．０００にすることが好ましい。

[0033] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式（７）を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.500 < 1/\beta R_w < 1.000$$

但し、

βR_w ：広角端状態における最も像面側に配置されたレンズ群の横倍率

[0034] 条件式（７）は、広角端状態における最も像面側に配置されたレンズ群の横倍率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（７）を満足することにより、広角端状態における、非点収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

[0035] 本実施形態の変倍光学系の条件式（７）の対応値が上限値を上回ると、広角端状態における最も像面側に配置されたレンズ群の横倍率が小さくなり、広角端状態における諸収差、特に非点収差を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の上限値を０．９５０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（７）の上限値を０．９００、さらに０．８５０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（７）の対応値が下限値を下回ると、広角端状態における最も像面側に配置されたレンズ群の横倍率が大きくなり、広角端状態において像面湾曲が発生しやすくなり、また諸収差を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の下限値を０．５５０にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（７）の下限値を０．６

0.0、さらに0.650にすることが好ましい。

[0037] また、本実施形の変倍光学系は、以下の条件式（8）を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 0.500 < f_{2f_n} / f_2 < 1.100$$

但し、

f_{2f_n} ：前記第2レンズ群内の最も物体側のレンズ成分の焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

[0038] 条件式（8）は、第2レンズ群内の最も物体側のレンズ成分の焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離と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（8）を満足することにより、第2レンズ群内の最も物体側のレンズ成分のパワーを適正に配置することができ、球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

[0039] 本実施形態の変倍光学系の条件式（8）の対応値が上限値を上回ると、第2レンズ群内の最も物体側のレンズ成分の屈折力が小さくなり、球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（8）の上限値を1.000にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（8）の上限値を0.900、さらに0.850にすることが好ましい。

[0040] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式（8）の対応値が下限値を下回ると、第2レンズ群内の最も物体側のレンズ成分の屈折力が大きくなり、球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（8）の下限値を0.600にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（8）の下限値を0.650、さらに0.700にすることが好ましい。

[0041] また、本実施形の変倍光学系は、以下の条件式（9）を満足することが望ましい。

$$(9) \quad 0.300 < f_F / f_t < 1.400$$

但し、

f_F : 前記合焦レンズ群の焦点距離

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0042] 条件式 (9) は、合焦レンズ群の焦点距離と、望遠端状態における変倍光学系の焦点距離と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 (9) 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の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えとともに、変倍光学系および鏡筒の小型化を図ることができる。

[0043] 本実施形態の変倍光学系の条件式 (9) の対応値が上限値を上回ると、合焦レンズ群の屈折力が小さくなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の諸収差の変動、特に球面収差の変動を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (9) の上限値を 1.000 にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (9) の上限値を 0.900、さらに 0.850 にすることが好ましい。

[0044] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式 (9) の対応値が下限値を下回ると、合焦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の際の諸収差の変動、特に球面収差の変動を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (9) の下限値を 0.500 にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (9) の下限値を 0.600、さらに 0.700 にすることが好ましい。

[0045] また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式 (10) を満足することが望ましい。

$$(10) \quad 40.00^\circ < \omega_w < 85.00^\circ$$

但し、

ω_w : 広角端状態における前記変倍光学系の半画角

[0046] 条件式 (10) は、広角端状態における変倍光学系の半画角を規定するも

のである。本実施形態の変倍光学系は、条件式（１０）を満足することにより、広い画角を有しつつ、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。

[0047] 本実施形態の変倍光学系の条件式（１０）の対応値が上限値を上回ると、画角が広くなりすぎ、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１０）の上限値を 84.00° にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（１０）の上限値を 83.00° 、さらに 82.00° にすることが好ましい。

[0048] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式（１０）の対応値が下限値を下回ると、画角が狭くなり、諸収差を良好に補正することが困難となる。なお、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１０）の下限値を 41.00° にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（１０）の下限値を 42.00° 、さらに 43.00° にすることが好ましい。

[0049] 本実施形態の光学装置は、上述した構成の変倍光学系を有する。これにより、小型でありながら大型の撮像素子に対応することができ、変倍時および合焦時に諸収差を良好に補正することができる光学装置を実現することができる。

[0050] 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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化するように構成し、前記後続レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に移動する合焦レンズ群を有するように構成し、以下の条件式（１）および（２）を満足するように構成する変倍光学系の製造方法である

。これにより、小型でありながら大型の撮像素子に対応することができ、変倍時および合焦時に諸収差を良好に補正することができる変倍光学系を製造することができる。

$$(1) \ 0.040 < \beta F w < 0.800$$

$$(2) \ 0.100 < B F w / f w < 1.00$$

但し、

$\beta F w$: 広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

$B F w$: 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f w$: 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0051] 以下、本実施形態の数値実施例に係る変倍光学系を添付図面に基づいて説明する。

(第1実施例)

図1A、図1B、および図1Cはそれぞれ、本実施形態の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図1A中の各レンズ群の下の矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図1B中の各レンズ群の下に矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0052] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0053] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、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とからなる。負メニスカスレンズL2

1 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸形状の正レンズL33との接合レンズと、両凹形状の負レンズL34と両凸形状の正レンズL35との接合レンズとからなる。両凸形状の正レンズL31は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0054] 後続レンズ群GRは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されている。

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL41と、両凸形状の正レンズL42とからなる。両凸形状の正レンズL42は、像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と、両凹形状の負レンズL52とからなる。正メニスカスレンズL51は、像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0055] 第5レンズ群G5と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等のフィルタFLが配置されている。

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

[0056] 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との間隔および第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1レンズ群G1から第5レンズ群G5までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レン

ズ群G 3と一体に移動する。

本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を光軸に沿って物体方向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] 以下の表1に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

〔面データ〕において、mは物体側から数えた光学面の順番、rは曲率半径、dは面間隔（第n面（nは整数）と第n+1面との間隔）、 n_d はd線（波長587.6nm）に対する屈折率、 ν_d 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、OPは物体面、 D_n （nは整数）は可変の面間隔、Sは開口絞り、Iは像面をそれぞれ示している。なお、曲率半径 $r = \infty$ は平面を示している。空気の屈折率 $n_d = 1.00000$ の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合には面番号に*印を付して曲率半径rの欄には近軸曲率半径を示している。

[0058] 〔各種データ〕において、fは焦点距離、FNoはFナンバー、 ω は半画角（単位は「°」）、Yは最大像高、TLは本実施例に係る変倍光学系の全長すなわち第1面から像面Iまでの光軸上の距離をそれぞれ示す。BFはバックフォーカスすなわち最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離を示し、BF（空気換算長）は最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離を、フィルタ等の光学ブロックを光路中から除去した状態で測ったときの値である。なお、Wは広角端状態、Mは中間焦点距離状態、Tは望遠端状態をそれぞれ示す。

〔レンズ群データ〕には、各レンズ群の始面番号STと焦点距離fを示す。

[0059] 〔非球面データ〕には、〔面データ〕に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を示す。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - \kappa (h / r)^2\}^{1/2}] \\ + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$$

ここで、hを光軸に垂直な方向の高さ、xを高さhにおける非球面の頂点

の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離であるサグ量、 κ を円錐定数、 A_4 , A_6 , A_8 , A_{10} を非球面係数、 r を基準球面の曲率半径である近軸曲率半径とする。なお、「E-n」（ n は整数）は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。2次の非球面係数 A_2 は0であり、記載を省略している。

[0060] [可変間隔データ]において、 D_n （ n は整数）は第 n 面と第 $(n+1)$ 面との面間隔をそれぞれ示す。また、 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。

[条件式対応値]には、各条件式の対応値をそれぞれ示す。

[0061] ここで、表1に記載されている焦点距離 f や曲率半径 r 、およびその他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、比例拡大また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。

[0062] (表1) 第1実施例

[面データ]

m	r	d	$n d$	νd
OP	∞			
1	73.00000	2.150	1.84666	23.8
2	47.49515	8.600	1.75500	52.3
3	417.04330	D3		
4	400.00000	1.800	1.74353	49.5
* 5	17.04241	8.087		
6	-181.13172	1.350	1.75500	52.3
7	49.98466	2.108		
8	37.80684	3.693	2.00069	25.5

9	235.22758	D9		
10(S)	∞	1.500		
*11	25.88353	4.048	1.55332	71.7
12	-254.63176	0.800		
13	52.19394	1.000	1.83481	42.7
14	26.38369	3.546	1.61800	63.3
15	-150.00000	3.743		
16	-33.68615	1.000	1.81600	46.6
17	17.28639	6.494	1.59319	67.9
18	-23.04098	D18		
19	-22.45485	1.000	1.80100	34.9
20	-41.05177	0.103		
21	59.92172	6.115	1.59201	67.0
*22	-26.25646	D22		
23	-40.60645	3.489	1.58913	61.2
*24	-24.00000	5.786		
25	-24.36536	1.500	1.61800	63.3
26	107.45414	D26	1	
27	∞	1.600	1.51680	64.1
28	∞	D28		
I	∞			

[各種データ]

変倍比 : 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.31	67.91
FNo	4.00	4.00	4.00
ω	43.3	24.0	16.7
Y	21.70	21.70	21.70

TL	121.583	134.978	151.029
BF	15.558	28.486	36.144
BF(空気換算長)	15.013	27.941	35.599

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	125.09
第2レンズ群	4	-28.96
第3レンズ群	10	39.65
第4レンズ群	19	56.05
第5レンズ群	23	-51.52

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
5	0.00000e+00	2.11342e-05	4.21453e-08	-3.77216e-11	4.44697e-13
11	1.00000e+00	-5.01541e-06	1.10914e-09	4.72876e-11	-3.55280e-13
22	1.00000e+00	1.52181e-05	-2.09730e-08	-1.77284e-11	-1.36838e-13
24	1.00000e+00	3.09258e-06	3.56902e-08	-3.36788e-11	3.80333e-13

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	1.600	17.195	31.254	1.600	17.195	31.254
D9	23.690	8.562	2.895	23.690	8.562	2.895
D18	4.579	8.446	10.823	2.148	3.205	2.313
D22	8.245	4.378	2.000	10.675	9.619	10.510
D26	13.858	26.785	34.444	13.858	26.785	34.444
D28	0.100	0.101	0.101	0.100	0.101	0.101

[条件式対応値]

$$(1) \beta F w = 0.5234$$

$$(2) B F w / f w = 0.6901$$

- (3) $f_5 / f_3 = -1.2993$
- (4) $f_1 / f_{1Rw} = 5.7747$
- (5) $nd_{3fp} = 1.5533$
- (6) $\nu_{d3p} = 71.6835$
- (7) $1 / \beta_{Rw} = 0.7853$
- (8) $f_2 f_n / f_2 = 0.8285$
- (9) $f_F / f_t = 0.8254$
- (10) $\omega_w = 43.3420^\circ$

[0063] 図2A、図2B、および図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、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、図3B、および図3C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、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。

[0064] 各収差図において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Aは光線入射角即ち半画角（単位は「°」）、HOは物体高（単位：mm）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または開口数NAの値を示し、非点収差図および歪曲収差図では半画角または物体高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各半画角または各物体高の値を示す。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し、d、gの記載のないものはd線における収差を示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。コマ収差図は、各半画角または各物体高におけるコマ収差すなわち横収差を示す。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。

[0065] 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。

[0066] (第2実施例)

図4 A、図4 B、および図4 Cはそれぞれ、本実施形態の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図4 A中の各レンズ群の下の矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図4 B中の各レンズ群の下に矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0067] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0068] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、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とからなる。負メニスカスレンズL21は、像面側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸形状の正レンズL33との接合レンズと、両凹形状の負レンズL34と両凸形状の正レンズL35との接合レンズとからなる。両凸形状の正レンズL31は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0069] 後続レンズ群GRは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されている。

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向け

た負メニスカスレンズL 4 1 と、両凸形状の正レンズL 4 2 とからなる。両凸形状の正レンズL 4 2 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G 5 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 5 1 と、両凹形状の負レンズL 5 2 とからなる。正メニスカスレンズL 5 1 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0070] 第5レンズ群G 5 と像面 I との間には、ローパスフィルタ等のフィルタF L が配置されている。

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

[0071] 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 との間隔および第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1レンズ群G 1 から第5レンズ群G 5 までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G 3 と一体に移動する。

本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 を光軸に沿って物体方向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。

以下の表2に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0072] (表2) 第2実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	71.32483	2.150	1.84666	23.8
2	47.40907	8.400	1.75500	52.3

3	322.63295	D3		
4	400.00000	1.800	1.74353	49.5
* 5	16.36859	9.475		
6	-167.05753	2.029	1.75500	52.3
7	52.89355	0.797		
8	36.08835	4.010	2.00069	25.5
9	256.44936	D9		
10(S)	∞	1.500		
* 11	25.91417	3.857	1.55332	71.7
12	-275.22572	1.078		
13	51.71743	1.000	1.83481	42.7
14	21.38295	4.402	1.61800	63.3
15	-80.10599	3.539		
16	-29.70942	1.000	1.81600	46.6
17	18.35723	5.582	1.59349	67.0
18	-21.31475	D18		
19	-21.98830	1.000	1.74950	35.2
20	-53.12352	0.100		
21	62.90338	5.816	1.62263	58.2
* 22	-25.22856	D22		
23	-35.90246	3.521	1.62263	58.2
* 24	-23.00000	6.177		
25	-23.30716	1.500	1.61800	63.3
26	150.39447	D26		
27	∞	1.600	1.51680	64.1
28	∞	D28		
I	∞			

[各種データ]

変倍比： 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.31	67.90
FNo	4.00	4.00	4.00
ω	43.6	24.3	16.8
Y	21.70	21.70	21.70
TL	122.013	134.611	152.248
BF	15.085	29.244	35.661
BF(空気換算長)	14.540	28.699	35.116

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	128.74
第2レンズ群	4	-28.81
第3レンズ群	10	38.09
第4レンズ群	19	60.73
第5レンズ群	23	-52.48

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
5	0.00000e+00	2.31089e-05	3.91931e-08	8.80919e-12	3.83889e-13
11	1.00000e+00	-6.11034e-06	4.65530e-09	-7.97458e-11	3.48297e-13
22	1.00000e+00	1.49147e-05	-1.52664e-08	-4.38703e-11	-3.36461e-14
24	1.00000e+00	3.38657e-06	2.78770e-08	3.43065e-11	1.67177e-13

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	1.607	15.176	31.798	1.607	15.176	31.798
D9	23.402	8.272	2.870	23.402	8.272	2.870
D18	4.665	9.193	11.184	2.019	3.622	2.045

D22	8.519	3.992	2.000	11.165	9.562	11.139
D26	13.385	27.544	33.962	13.385	27.544	33.962
D28	0.100	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.5717$
- (2) $B F w / f w = 0.6709$
- (3) $f 5 / f 3 = -1.3777$
- (4) $f 1 / f 1 R w = 5.9279$
- (5) $n d 3 f p = 1.5533$
- (6) $\nu d 3 p = 71.6835$
- (7) $1 / \beta R w = 0.7923$
- (8) $f 2 f n / f 2 = 0.7983$
- (9) $f F / f t = 0.8944$
- (10) $\omega w = 43.6046^\circ$

[0073] 図5A、図5B、および図5C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、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図6A、図6B、および図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、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。

[0074] 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。

[0075] (第3実施例)

図7A、図7B、および図7Cはそれぞれ、本実施形態の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図7A中の各レンズ群の下の矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図7B中の

各レンズ群の下の矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0076] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0077] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、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とからなる。負メニスカスレンズL21は、像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸形状の正レンズL33との接合レンズと、両凹形状の負レンズL34と両凸形状の正レンズL35との接合レンズとからなる。正メニスカスレンズL31は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0078] 後続レンズ群GRは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されている。

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL41と、両凸形状の正レンズL42とからなる。両凸形状の正レンズL42は、像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向け

た正メニスカスレンズL 5 1 と、両凹形状の負レンズL 5 2 とからなる。正メニスカスレンズL 5 1 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0079] 第5レンズ群G 5 と像面 I との間には、ローパスフィルタ等のフィルタF L が配置されている。

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

[0080] 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 との間隔および第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1レンズ群G 1 から第5レンズ群G 5 までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G 3 と一体に移動する。

本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 を光軸に沿って物体方向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。

以下の表3に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0081] (表3) 第3実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	77.74447	2.150	1.84666	23.8
2	53.55851	8.020	1.72916	54.6
3	478.39025	D3		
4	1000.00000	2.000	1.74250	49.4
* 5	17.13499	9.008		
6	-103.78967	1.500	1.75500	52.3

7	80.88445	0.942		
8	41.82797	3.959	2.00069	25.5
9	874.65992	D9		
10(S)	∞	1.500		
*11	25.63046	3.669	1.55332	71.7
12	649.10845	0.500		
13	43.22955	1.000	1.83481	42.7
14	18.28418	4.715	1.61800	63.3
15	-90.27190	4.286		
16	-32.75074	1.000	1.81600	46.6
17	18.81533	5.331	1.59349	67.0
18	-22.38426	D18		
19	-20.95545	1.000	1.80610	33.3
20	-38.43736	0.450		
21	70.13258	6.000	1.62263	58.2
*22	-25.20560	D22		
23	-28.47777	3.307	1.69350	53.3
*24	-21.27208	6.193		
25	-24.27627	1.500	1.61881	63.9
26	106.34326	D26		
27	∞	1.600	1.51680	64.1
28	∞	D28		
I	∞			

[各種データ]

変倍比 : 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.31	67.90
FNo	4.00	4.28	4.00

ω	43.9	24.1	16.6
Y	21.70	21.70	21.70
TL	121.939	132.931	151.948
BF	14.546	28.656	35.001
BF(空気換算長)	14.000	28.111	34.456

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	137.34
第2レンズ群	4	-31.18
第3レンズ群	10	38.77
第4レンズ群	19	54.86
第5レンズ群	23	-47.21

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
5	0.00000e+00	2.00686e-05	2.97810e-08	2.98043e-11	1.72509e-13
11	1.00000e+00	-5.31955e-06	1.45892e-09	2.19477e-11	-2.48946e-13
22	1.00000e+00	1.44228e-05	-1.30721e-08	5.35466e-12	-2.19209e-13
24	1.00000e+00	5.35295e-06	2.89950e-08	-2.95842e-11	3.75280e-13

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	1.704	15.094	33.353	1.704	15.094	33.353
D9	24.986	8.476	2.890	24.986	8.476	2.890
D18	4.613	8.792	10.677	2.183	3.795	2.527
D22	8.064	3.886	2.000	10.494	8.882	10.150
D26	12.846	26.958	33.303	12.846	26.958	33.303
D28	0.100	0.099	0.098	0.099	0.098	0.098

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.5546$
- (2) $B F w / f w = 0.6491$
- (3) $f 5 / f 3 = -1.2178$
- (4) $f 1 / f 1 R w = 6.2478$
- (5) $n d 3 f p = 1.5533$
- (6) $\nu d 3 p = 71.6835$
- (7) $1 / \beta R w = 0.7706$
- (8) $f 2 f n / f 2 = 0.7537$
- (9) $f F / f t = 0.8080$
- (10) $\omega w = 43.9044^\circ$

[0082] 図8A、図8B、および図8C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、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9A、図9B、および図9C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、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。

[0083] 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。

[0084] (第4実施例)

図10A、図10B、および図10Cはそれぞれ、本実施形態の第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図10A中の各レンズ群の下に矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図10B中の各レンズ群の下に矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0085] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開

口絞り S と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する後続レンズ群 G R とから構成されている。

[0086] 第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2 との接合レンズからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に、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 とからなる。負メニスカスレンズ L 2 1 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第 3 レンズ群 G 3 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 2 と両凸形状の正レンズ L 3 3 との接合レンズと、両凹形状の負レンズ L 3 4 と両凸形状の正レンズ L 3 5 との接合レンズとからなる。正メニスカスレンズ L 3 1 は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0087] 後続レンズ群 G R は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負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。

第 4 レンズ群 G 4 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 とからなる。両凸形状の正レンズ L 4 2 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第 5 レンズ群 G 5 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 1 と、両凹形状の負レンズ L 5 2 とからなる。正メニスカスレンズ L 5 1 は、像面 I 側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0088] 第 5 レンズ群 G 5 と像面 I との間には、ローパスフィルタ等のフィルタ F

Lが配置されている。

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

[0089] 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との間隔および第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1レンズ群G1から第5レンズ群G5までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G3と一体に移動する。

本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を光軸に沿って物体方向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。

以下の表4に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0090] (表4) 第4実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	76.69882	2.150	1.84666	23.8
2	49.37863	8.183	1.75500	52.3
3	439.48582	D3		
4	1000.00000	2.000	1.74250	49.4
* 5	17.13499	9.947		
6	-92.86562	1.500	1.75500	52.3
7	89.43926	1.284		
8	45.22218	3.631	2.00069	25.5
9	1279.93050	D9		
10(S)	∞	1.500		

*11	25.91677	3.597	1.55332	71.7
12	261.64746	0.300		
13	38.95443	1.000	1.83481	42.7
14	23.18065	4.122	1.61800	63.3
15	-155.71305	4.035		
16	-65.68195	1.000	1.83481	42.7
17	15.75952	5.135	1.61800	63.3
18	-32.57355	D18		
19	-20.56363	2.000	1.80100	34.9
20	-34.41474	1.000		
21	89.46436	6.000	1.59201	67.0
*22	-24.96683	D22		
23	-34.33374	3.425	1.55332	71.7
*24	-23.28316	4.520		
25	-24.47581	1.500	1.61881	63.9
26	132.00709	D26		
27	∞	1.500	1.51680	64.1
28	∞	D28		
I	∞			

[各種データ]

変倍比： 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.31	67.90
FNo	4.00	4.18	4.00
ω	43.6	23.8	16.5
Y	21.70	21.70	21.70
TL	121.051	133.285	149.815
BF	14.060	26.434	33.679

BF(空気換算長) 13.549 25.923 33.168

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	131.85
第2レンズ群	4	-29.95
第3レンズ群	10	35.73
第4レンズ群	19	55.25
第5レンズ群	23	-46.59

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
5	0.00000e+00	1.93492e-05	2.97056e-08	3.40451e-11	1.36704e-13
11	1.00000e+00	-5.53738e-06	5.67727e-10	5.02317e-11	-4.30689e-13
22	1.00000e+00	1.49131e-05	-1.16787e-08	1.79818e-12	-2.00447e-13
24	1.00000e+00	3.34976e-06	2.85281e-08	-3.37056e-11	3.81301e-13

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	1.800	17.426	32.352	1.800	17.426	32.352
D9	23.692	7.926	2.285	23.692	7.926	2.285
D18	5.643	9.324	11.669	2.987	3.852	2.996
D22	8.025	4.345	2.000	10.681	9.817	10.673
D26	12.460	24.834	32.078	12.460	24.834	32.078
D28	0.100	0.101	0.101	0.100	0.101	0.101

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.6214$
- (2) $B F w / f w = 0.6294$
- (3) $f 5 / f 3 = -1.3040$
- (4) $f 1 / f 1 R w = 6.0287$

$$(5) \quad n_{d3} f_p = 1.5533$$

$$(6) \quad \nu_{d3} p = 71.6835$$

$$(7) \quad 1/\beta_{Rw} = 0.7672$$

$$(8) \quad f_2 f_n / f_2 = 0.7846$$

$$(9) \quad f_F / f_t = 0.8135$$

$$(10) \quad \omega_w = 43.5536^\circ$$

[0091] 図11A、図11B、および図11C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、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12A、図12B、および図12C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、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。

[0092] 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。

[0093] (第5実施例)

図13A、図13B、および図13Cはそれぞれ、本実施形態の第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図13A中の各レンズ群の下矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図13B中の各レンズ群の下矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0094] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0095] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL

1 2 との接合レンズからなる。

第2レンズ群G 2は、光軸に沿って物体側から順に、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とからなる。負メニスカスレンズL 2 1は、物体側のレンズ面および像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G 3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 1と、両凸形状の正レンズL 3 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 3との接合レンズと、両凹形状の負レンズL 3 4と両凸形状の正レンズL 3 5との接合レンズとからなる。正メニスカスレンズL 3 1は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0096] 後続レンズ群G Rは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G 4と、負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。

第4レンズ群G 4は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 1と、両凸形状の正レンズL 4 2とからなる。両凸形状の正レンズL 4 2は、像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G 5は、光軸に沿って物体側から順に、両凹形状の負レンズL 5 1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 5 2とからなる。

[0097] 第5レンズ群G 5と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等のフィルタF Lが配置されている。

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

[0098] 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との間隔および

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1レンズ群G1から第5レンズ群G5までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G3と一体に移動する。

本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を光軸に沿って物体方向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。

以下の表5に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0099] (表5) 第5実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	78.28661	2.200	1.94595	18.0
2	55.12139	7.465	1.83481	42.7
3	416.58751	D3		
* 4	600.00000	2.000	1.74330	49.3
* 5	14.79065	9.268		
6	-80.00000	1.500	1.49782	82.6
7	112.11004	0.150		
8	35.97822	3.589	2.00069	25.5
9	115.26124	D9		
10(S)	∞	1.500		
* 11	22.34807	3.756	1.61881	63.9
12	215.30357	4.534		
13	116.19602	4.736	1.61800	63.3
14	-16.99559	1.000	1.61266	44.5
15	-42.70583	0.150		
16	-3080.10830	1.000	1.83481	42.7

17	14.42589	4.664	1.49782	82.6
18	-73.51276	D18		
19	-32.33307	1.000	1.80100	34.9
20	-94.44385	0.415		
21	34.51492	5.500	1.69350	53.2
*22	-39.28206	D22		
23	-146.73735	1.500	1.59319	67.9
24	27.39699	2.426		
25	58.23961	2.594	1.69895	30.1
26	100.00000	D26		
27	∞	1.500	1.51680	64.1
28	∞	D28		
I	∞			

[各種データ]

変倍比： 2.75

	W	M	T
f	24.71	46.30	67.86
FNo	4.00	4.16	4.00
ω	43.3	23.8	16.5
Y	21.70	21.70	21.70
TL	117.744	130.814	147.913
BF	19.640	33.380	41.487
BF(空気換算長)	19.129	32.869	40.976

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	121.95
第2レンズ群	4	-27.81
第3レンズ群	10	36.02

第4レンズ群 19 45.26

第5レンズ群 23 -48.61

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
4	1.00000e+00	1.94041e-06	-1.27348e-08	2.13014e-11	-1.37676e-14
5	0.00000e+00	2.59781e-05	6.01951e-08	-1.23842e-10	2.09998e-13
11	1.00000e+00	-1.43227e-05	1.69157e-08	-3.97283e-10	1.27743e-12
22	1.00000e+00	1.66914e-05	-1.21729e-08	-1.24851e-12	9.57183e-15

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	2.000	16.993	31.289	2.000	16.993	31.289
D9	24.595	8.932	3.628	24.595	8.932	3.628
D18	4.555	7.160	9.062	2.811	3.351	2.811
D22	6.007	3.402	1.500	7.751	7.211	7.751
D26	18.040	31.781	39.888	18.040	31.781	39.888
D28	0.100	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.5108$
- (2) $B F w / f w = 0.8998$
- (3) $f 5 / f 3 = -1.3496$
- (4) $f 1 / f 1 R w = 5.6533$
- (5) $n d 3 f p = 1.6188$
- (6) $\nu d 3 p = 63.8544$
- (7) $1 / \beta R w = 0.6758$
- (8) $f 2 f n / f 2 = 0.7346$
- (9) $f F / f t = 0.6668$
- (10) $\omega w = 43.2711^\circ$

[0100] 図14A、図14B、および図14Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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、図15B、および図15Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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。

[0101] 各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに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。

[0102] (第6実施例)

図16A、図16B、および図16Cはそれぞれ、本実施形態の第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図16A中の各レンズ群の下矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図16B中の各レンズ群の下矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0103] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0104] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、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とからなる。負メニスカスレンズL21は、像面側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35との接合レンズとからなる。両凸形状の正レンズL31は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0105] 後続レンズ群GRは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されている。

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL41と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL42とからなる。負メニスカスレンズL41は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。正メニスカスレンズL42は、像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と、両凹形状の負レンズL52とからなる。

[0106] 第5レンズ群G5と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等のフィルタFLが配置されている。

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

[0107] 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との間隔および第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1レンズ群G1から第5レンズ群G5までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G3と一体に移動する。

本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

光軸に沿って物体方向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。

以下の表 6 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0108] (表 6) 第 6 実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
O P	∞			
1	60.32635	2.039	1.80809	22.7
2	41.97920	8.268	1.75500	52.3
3	207.34902	D3		
4	1000.00000	2.000	1.82886	42.3
* 5	15.73567	8.461		
6	-59.96573	1.500	1.49782	82.6
7	49.78382	0.150		
8	35.18437	4.075	1.98917	26.2
9	1619.58040	D9		
10(S)	∞	1.500		
* 11	25.50000	4.170	1.55332	71.7
12	-65.45591	3.367		
13	-32.91804	3.671	1.83645	42.6
14	-14.77178	1.500	1.94754	27.1
15	-26.35178	0.150		
16	26.26299	1.500	1.99662	26.6
17	13.56251	3.695	1.64836	33.2
18	37.92217	D18		
* 19	-45.13942	1.500	1.58313	59.4
20	-55.10622	4.314		
21	-45.22291	5.000	1.55332	71.7

*22	-17.65257	D22		
23	-60.30075	8.069	1.65648	32.5
24	-15.50000	1.500	1.75698	36.7
25	290.03399	D25		
26	∞	1.500	1.51680	64.1
27	∞	D27		
I	∞			

[各種データ]

変倍比： 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.31	67.90
FNo	4.00	4.09	4.00
ω	44.7	24.0	16.7
Y	21.70	21.70	21.70
TL	116.526	128.486	142.973
BF	14.627	25.478	33.218
BF(空気換算長)	14.116	24.967	32.707

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	114.00
第2レンズ群	4	-26.90
第3レンズ群	10	31.86
第4レンズ群	19	53.18
第5レンズ群	23	-48.77

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
5	0.00000e+00	2.28397e-05	5.52091e-08	-3.85159e-11	3.96575e-13
11	1.00000e+00	-1.02420e-05	-5.12185e-09	-2.80701e-11	-2.18997e-13

19 1.00000e+00 -3.49441e-05 -2.07361e-07 1.87328e-09 -1.70790e-11
 22 1.00000e+00 7.10600e-06 -6.76172e-08 4.93526e-10 -2.53168e-12

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	2.000	17.776	29.427	2.000	17.776	29.427
D9	21.834	7.167	2.262	21.834	7.167	2.262
D18	4.820	7.522	10.636	2.245	2.026	1.830
D22	6.816	4.114	1.000	9.392	9.610	9.806
D25	13.027	23.878	31.619	13.027	23.878	31.619
D27	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.6567$
- (2) $B F w / f w = 0.6524$
- (3) $f 5 / f 3 = -1.5310$
- (4) $f 1 / f 1 R w = 5.3365$
- (5) $n d 3 f p = 1.5533$
- (6) $\nu d 3 p = 71.6835$
- (7) $1 / \beta R w = 0.7366$
- (8) $f 2 f n / f 2 = 0.7177$
- (9) $f F / f t = 0.7832$
- (10) $\omega w = ^\circ 44.7194$

[0109] 図17A、図17B、および図17Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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18A、図18B、および図18Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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。

[0110] 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。

[0111] (第7実施例)

図19A、図19B、および図19Cはそれぞれ、本実施形態の第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図19A中の各レンズ群の下の矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図19B中の各レンズ群の下に矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0112] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0113] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、物体側に凹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とからなる。負メニスカスレンズL21は、物体側のレンズ面および像面側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34との接合レンズとからなる。正メニスカスレンズL31は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0114] 後続レンズ群G Rは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G 4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G 5と、負の屈折力を有する第6レンズ群G 6とから構成されている。

第4レンズ群G 4は、両凸形状の正レンズL 4 1からなる。両凸形状の正レンズL 4 1は、物体側のレンズ面および像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G 5は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5 1からなる。負メニスカスレンズL 5 1は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第6レンズ群G 6は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 1からなる。

[0115] 第6レンズ群G 6と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等のフィルタF Lが配置されている。

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

[0116] 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、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔および第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との間隔が変化するように、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4および第5レンズ群G 5が光軸に沿って移動する。なおこの時、第6レンズ群G 6は、像面Iに対して位置が固定である。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G 3と一体に移動する。

本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を光軸に沿って物体方向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。

以下の表7に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0117] (表7) 第7実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	101.78373	2.263	1.84666	23.8
2	64.09488	8.457	1.75500	52.3
3	-4649.78570	D3		
* 4	338.09183	2.000	1.85135	40.1
* 5	17.62582	9.239		
6	-31.88780	1.500	1.49782	82.6
7	-480.92591	0.150		
8	48.76651	3.362	2.00069	25.5
9	1462.00720	D9		
10(S)	∞	1.500		
* 11	40.00000	3.061	1.49710	81.5
12	746.47149	0.150		
13	56.62003	3.000	1.85896	22.7
14	1991.68980	0.150		
15	22.31377	3.732	1.49782	82.6
16	102.88645	1.500	1.85896	22.7
17	20.13958	D17		
* 18	25.58334	5.130	1.49710	81.5
* 19	-26.20789	D19		
* 20	44.84857	1.500	1.74330	49.3
21	19.56479	D21		
22	-58.99276	0.839	1.61800	63.3
23	-84.99207	21.000		
24	0.00000	1.500	1.51680	64.1

25 0.00000 D25

| ∞

[各種データ]

変倍比 : 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.32	67.90
FNo	4.02	4.01	4.02
ω	43.5	23.3	16.4
Y	21.70	21.70	21.70
TL	115.000	129.999	145.678
BF	22.601	22.601	22.602
BF(空気換算長)	22.090	22.090	22.091

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	141.68
第2レンズ群	4	-27.31
第3レンズ群	10	59.45
第4レンズ群	18	26.93
第5レンズ群	20	-47.90
第6レンズ群	22	-315.95

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
4	1.00000e+00	1.12967e-05	-4.46018e-08	1.00140e-10	-1.05741e-13
5	0.00000e+00	3.44021e-05	7.39481e-08	-2.03619e-10	1.51680e-12
11	1.00000e+00	-6.99848e-06	-1.23976e-08	1.83746e-10	-4.96062e-13
18	1.00000e+00	-1.46574e-05	2.12049e-07	-8.82713e-10	-5.22530e-12
19	1.00000e+00	2.32857e-05	1.32158e-07	-5.88648e-10	-6.83977e-12
20	1.00000e+00	4.54779e-06	-1.12679e-08	-3.81570e-10	0.00000e+00

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	2.000	22.166	34.570	2.000	22.166	34.570
D9	24.510	8.331	2.222	24.510	8.331	2.222
D17	5.931	5.867	5.409	4.929	3.275	0.788
D19	4.569	3.472	1.944	5.571	6.063	6.565
D21	7.856	20.029	31.398	7.856	20.029	31.398
D25	0.101	0.101	0.102	0.101	0.101	0.103

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.0452$
 (2) $B F w / f w = 0.9668$
 (3) $f 5 / f 3 = -0.8058$
 (4) $f 1 / f 1 R w = 6.3640$
 (5) $n d 3 f p = 1.4971$
 (6) $\nu d 3 p = 81.5584$
 (7) $1 / \beta R w = 0.9286$
 (8) $f 2 f n / f 2 = 0.8021$
 (9) $f F / f t = 0.3965$
 (10) $\omega w = 43.4833^\circ$

[0118] 図20A、図20B、および図20Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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21A、図21B、および図21Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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。

[0119] 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。

[0120] (第8実施例)

図22A、図22B、および図22Cはそれぞれ、本実施形態の第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における断面図である。図22A中の各レンズ群の下矢印は、広角端状態から中間焦点距離状態への変倍の際の各レンズ群の移動方向を示している。図22B中の各レンズ群の下矢印は、中間焦点距離状態から望遠端状態への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

[0121] 本実施例に係る変倍光学系は、光軸に沿って物体側から順に、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、開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する後続レンズ群GRとから構成されている。

[0122] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズからなる。

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、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とからなる。負メニスカスレンズL21は、像面側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸形状の正レンズL33との接合レンズと、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との接合レンズとからなる。両凸形状の正レンズL31は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0123] 後続レンズ群GRは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成され

ている。

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL41と、両凸形状の正レンズL42とからなる。両凸形状の正レンズL42は、物体側のレンズ面および像面I側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL51と両凹形状の負レンズL52との接合レンズからなる。両凹形状の負レンズL52は、物体側のレンズ面を非球面としたガラスモールド非球面レンズである。

[0124] 第5レンズ群G5と像面Iとの間には、ローパスフィルタ等のフィルタFLが配置されている。

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

[0125] 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との間隔および第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1レンズ群G1から第5レンズ群G5までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。また、開口絞りSは、広角端状態から望遠端状態への変倍時に第3レンズ群G3と一体に移動する。

本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の正メニスカスレンズL41を光軸に沿って物体方向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。

以下の表8に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0126] (表8) 第8実施例

[面データ]

m	r	d	n d	νd
OP	∞			

1	116.51174	2.150	1.84666	23.8
2	68.14169	8.500	1.75500	52.3
3	-1607.21650	D3		
4	643.64333	2.000	1.85135	40.1
* 5	22.47852	12.291		
6	-49.00635	1.500	1.49782	82.6
7	35.41428	0.100		
8	32.93414	4.000	2.00069	25.5
9	134.12564	D9		
10(S)	∞	1.500		
* 11	23.68026	5.000	1.55332	71.7
12	-51.23473	1.136		
13	87.42815	1.000	1.97484	25.9
14	48.00600	5.000	1.61800	63.3
15	-93.41134	1.653		
16	-27.67767	4.500	1.61800	63.3
17	-14.25207	1.000	1.63137	35.1
18	3549.62960	D18		
19	34.01132	1.500	1.83858	33.3
20	52.01107	6.500		
* 21	505.55440	4.000	1.59201	67.0
* 22	-61.72425	D22		
23	106.95458	10.000	1.51680	64.1
24	-20.00000	1.500	1.74330	49.3
* 25	144.50680	D25		
26	∞	1.500	1.51680	64.1
27	∞	D27		
I	∞			

[各種データ]

変倍比： 2.75

	W	M	T
f	24.72	46.31	67.89
FNo	4.00	4.00	4.00
ω	44.9	23.8	16.5
Y	21.70	21.70	21.70
TL	121.839	134.775	154.929
BF	14.062	27.994	39.252
BF(空気換算長)	13.551	27.483	38.741

[レンズ群データ]

レンズ群	S T	f
第1レンズ群	1	156.61
第2レンズ群	4	-26.22
第3レンズ群	10	38.65
第4レンズ群	19	53.93
第5レンズ群	23	-89.77

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
5	0.00000e+00	1.29856e-05	3.72807e-08	-9.91643e-11	5.62653e-13
11	1.00000e+00	-6.13337e-06	1.52342e-08	-1.33494e-10	5.07280e-13
21	1.00000e+00	-1.56957e-05	-4.44053e-08	-8.01823e-10	-6.52474e-14
22	1.00000e+00	6.23173e-06	-4.75716e-08	-5.19265e-10	-1.02402e-13
25	1.00000e+00	1.25490e-06	3.00760e-08	-1.22687e-10	3.40306e-13

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
D3	2.000	19.945	36.744	2.000	19.945	36.744

D9	20.989	5.771	1.000	20.989	5.771	1.000
D18	4.914	2.181	2.103	4.914	2.181	2.103
D22	5.044	4.055	1.000	6.288	6.671	5.279
D25	12.462	26.394	37.651	12.462	26.394	37.651
D27	0.100	0.100	0.101	0.100	0.100	0.101

[条件式対応値]

- (1) $\beta F w = 0.7271$
- (2) $B F w / f w = 0.6275$
- (3) $f 5 / f 3 = -2.3229$
- (4) $f 1 / f 1 R w = 8.1273$
- (5) $n d 3 f p = 1.5533$
- (6) $\nu d 3 p = 71.6835$
- (7) $1 / \beta R w = 0.8894$
- (8) $f 2 f n / f 2 = 1.0450$
- (9) $f F / f t = 1.3722$
- (10) $\omega w = 45.6019^\circ$

[0127] 図23A、図23B、および図23Cはそれぞれ、第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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24A、図24B、および図24Cはそれぞれ、第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、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。

[0128] 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。

[0129] 上記各実施例によれば、小型でありながら大型の撮像素子に対応することができ、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、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有する変倍光学系を実現すること

ができる。

- [0130] なお、本実施形態に係る変倍光学系は、変倍比が2～10倍程度であり、広角端状態における焦点距離が35mm換算で20～30mm程度である。また、本実施形態に係る変倍光学系は、広角端状態におけるFナンバーが $f/2.0 \sim f/4.5$ 程度であり、望遠端状態におけるFナンバーが $f/2.0 \sim f/6.3$ 程度である。

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

- [0131] 本実施形態の変倍光学系の数値実施例として5群構成または6群構成のものを示したが、本実施形態はこれに限られず、その他の群構成（例えば、7群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、上記各実施例の変倍光学系の最も物体側や最も像側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。或いは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間にレンズ又はレンズ群を追加しても良い。或いは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間にレンズ又はレンズ群を追加しても良い。或いは、第3レンズ群G3と後続レンズ群GRとの間にレンズ又はレンズ群を追加しても良い。

- [0132] また、上記各実施例では、後続レンズ群GRを構成するレンズ群として第4レンズ群G4および第5レンズ群G5、又は第4レンズ群G4、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6を示したが、この限りではない。

- [0133] また、上記各実施例では、1つのレンズ群又はレンズ群の一部を合焦レンズ群としたが、2つ以上のレンズ群を合焦レンズ群としても良い。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いる。

- [0134] また、上記各実施例の変倍光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振群として光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動（揺動）させることにより、防振

を行う構成とすることもできる。

[0135] また、上記各実施例の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

[0136] また、上記各実施例の変倍光学系において、開口絞りSは第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されることが好ましいが、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。

[0137] また、上記各実施例の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

[0138] 次に、本実施形態の変倍光学系を備えたカメラを図25に基づいて説明する。

図25は本実施形態の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

図25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。

[0139] 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（Electroni

c view finder：電子ビューファインダ）４に表示される。これにより撮影者は、EVF４を介して被写体を観察することができる。

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

[0140] ここで、本カメラ１に撮影レンズ２として搭載した上記第１実施例に係る変倍光学系は、上述のように良好な光学性能を備え、小型化が図られている。すなわち本カメラ１は、小型化が可能であるとともに、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、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有する高い光学性能を実現することができる。なお、上記第２～第８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。

[0141] 次に、本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を図２６に基づいて説明する。

図２６は本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

[0142] 図２６に示す本実施形態の変倍光学系の製造方法は、物体側から順に、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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、以下のステップＳ１～Ｓ３を含むものである。

[0143] ステップＳ１：広角端状態から望遠端状態への変倍時に、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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化するように構成する。

ステップS2：前記後続レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に移動する合焦レンズ群を有するように構成する。

ステップS3：前記変倍光学系が以下の条件式(1)および(2)を満足するようにする。

$$(1) \quad 0.040 < \beta F_w < 0.800$$

$$(2) \quad 0.100 < B F_w / f_w < 1.00$$

但し、

βF_w ：広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

$B F_w$ ：広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

f_w ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0144] 斯かる本実施形態の変倍光学系の製造方法によれば、小型でありながら大型の撮像素子に対応することができ、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、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を備えた高い光学性能を有する変倍光学系を実現することができる。

符号の説明

[0145]	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
	G6	第6レンズ群
	GR	後続レンズ群
	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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有し、

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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化し、

前記後続レンズ群は、合焦時に移動する合焦レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$0.040 < \beta F w < 0.800$$

$$0.100 < B F w / f w < 1.00$$

但し、

$\beta F w$: 広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

$B F w$: 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f w$: 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項2] 前記後続レンズ群は、正の屈折力を有する第4レンズ群と、負の屈折力を有する第5レンズ群とを有し、

以下の条件式を満足する請求項1に記載の変倍光学系。

$$-3.000 < f 5 / f 3 < -0.500$$

但し、

$f 3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

$f 5$: 前記第5レンズ群の焦点距離

[請求項3] 前記第4レンズ群は、前記合焦レンズ群を有する請求項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1から3の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$4.000 < f 1 / f 1 R w < 9.000$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_{1Rw} : 前記第1レンズ群より像面側に配置されたレンズ群の広角端状態における合成焦点距離

[請求項5] 以下の条件式を満足する請求項1から4の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$nd_{3fp} < 1.800$$

但し、

nd_{3fp} : 前記第3レンズ群内の最も屈折率の大きいレンズの屈折率

[請求項6] 以下の条件式を満足する請求項1から5の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$50.000 < \nu_{d3p}$$

但し、

ν_{d3p} : 前記第3レンズ群内の最もアッベ数が小さいレンズのアッベ数

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項1から6の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.500 < 1/\beta_{Rw} < 1.000$$

但し、

β_{Rw} : 広角端状態における最も像面側に配置されたレンズ群の横倍率

[請求項8] 以下の条件式を満足する請求項1から7の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.500 < f_{2fn}/f_2 < 1.100$$

但し、

f_{2fn} : 前記第2レンズ群内の最も物体側のレンズ成分の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項9] 以下の条件式を満足する請求項1から8の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0.300 < f_F / f_t < 1.400$$

但し、

f_F : 前記合焦レンズ群の焦点距離

f_t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項10] 以下の条件式を満足する請求項1から9の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$40.00^\circ < \omega_w < 85.00^\circ$$

但し、

ω_w : 広角端状態における前記変倍光学系の半画角

[請求項11] 請求項1から10の何れか一項に記載の変倍光学系を有する光学装置。

[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、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有する変倍光学系の製造方法であって、

変倍時に、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レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化するように構成し、

前記後続レンズ群が、合焦時に移動する合焦レンズ群を有するように構成し、

以下の条件式を満足するように構成する変倍光学系の製造方法。

$$0.040 < \beta_{Fw} < 0.800$$

$$0.100 < B_{Fw} / f_w < 1.00$$

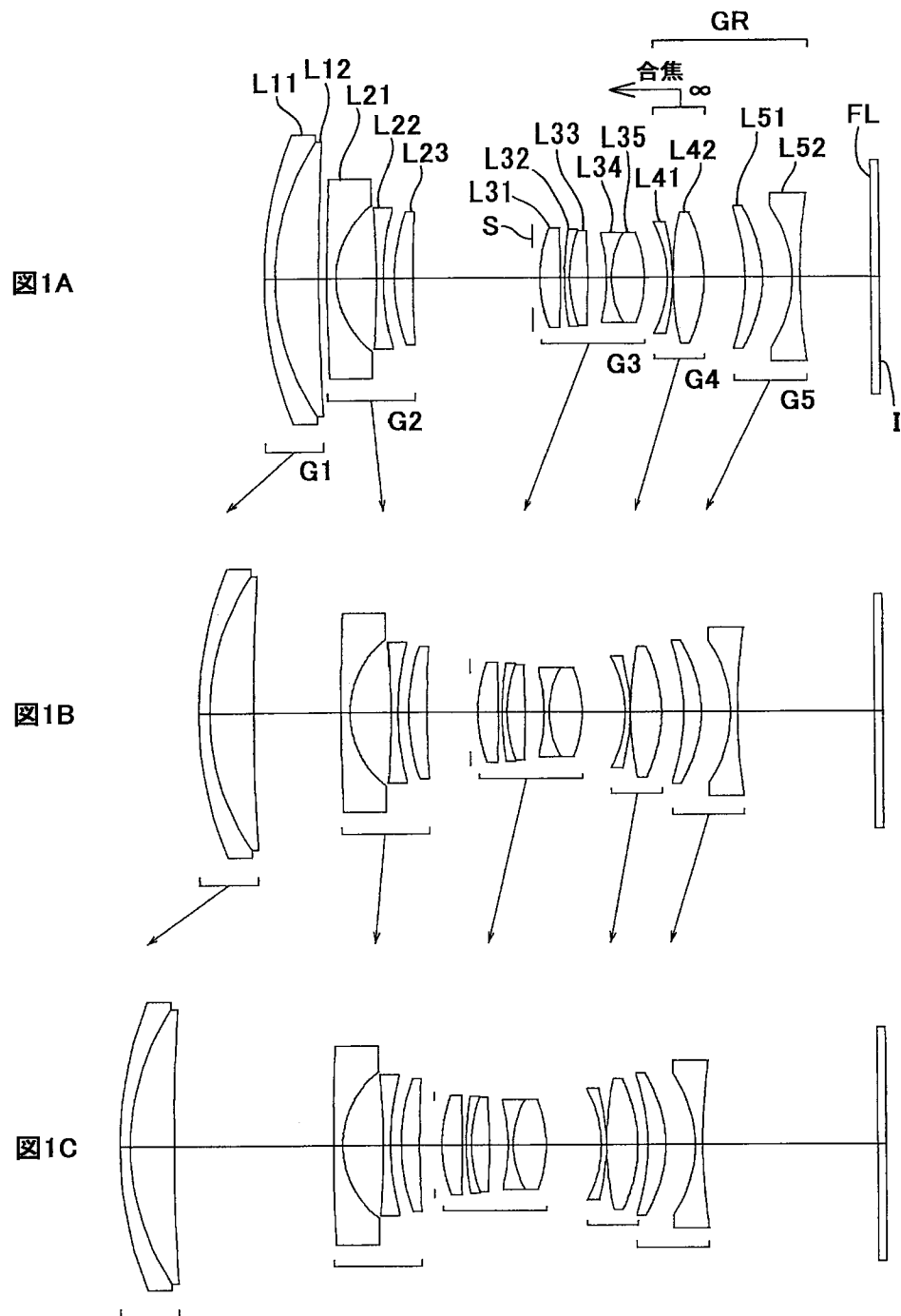
但し、

β_{Fw} : 広角端状態における前記合焦レンズ群の横倍率

B_{Fw} : 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[図1]



[図2]

図2A

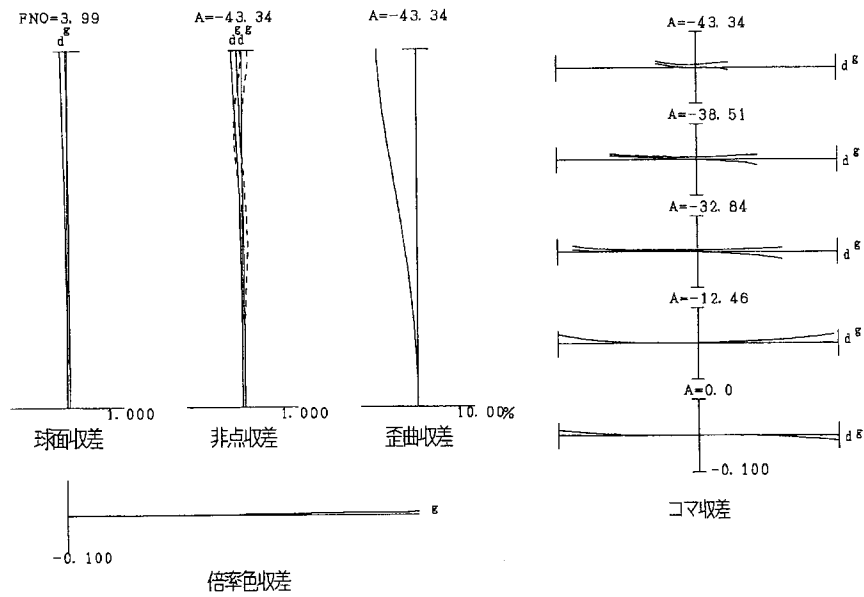


図2B

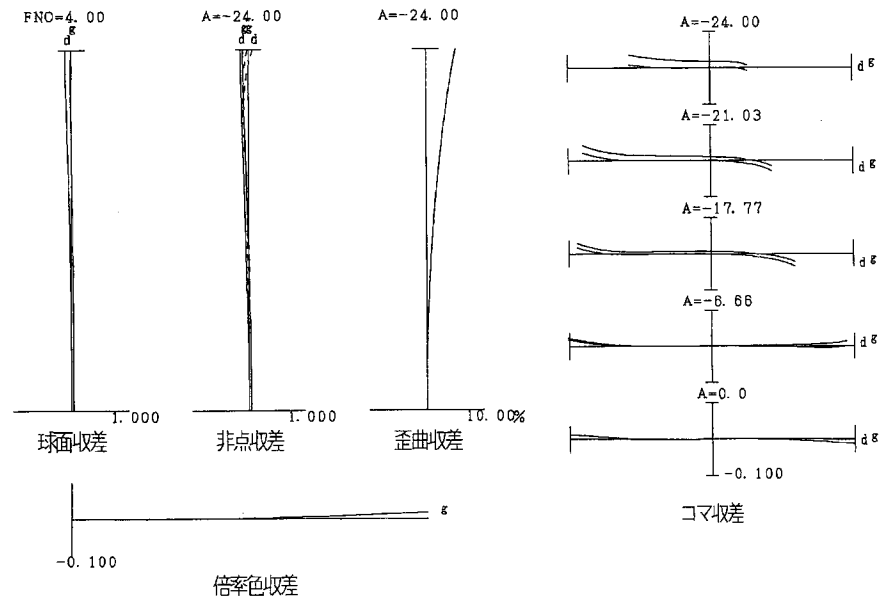
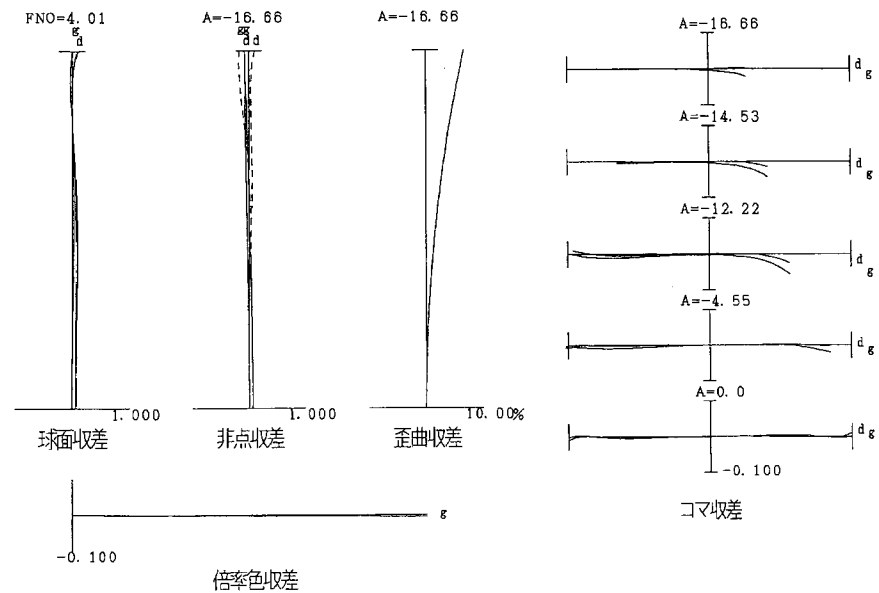


図2C



[図3]

図3A

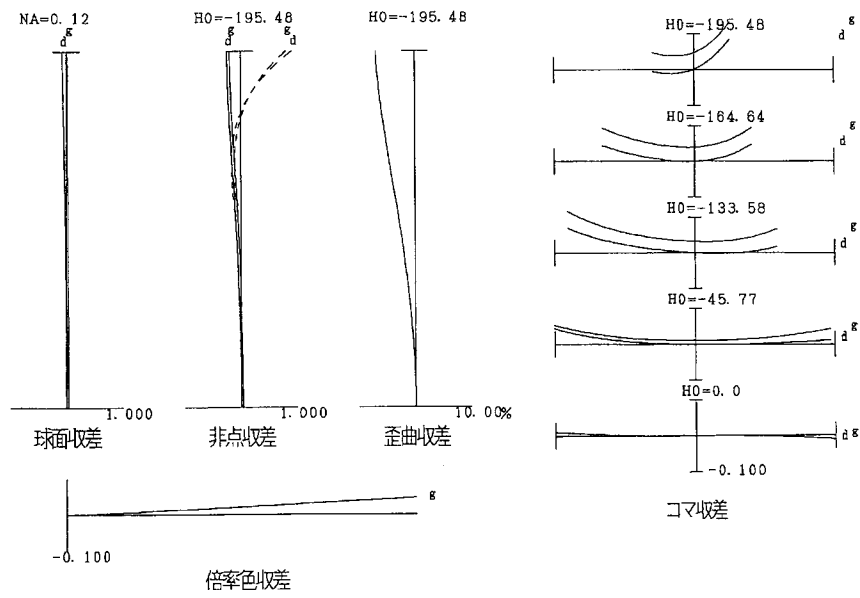


図3B

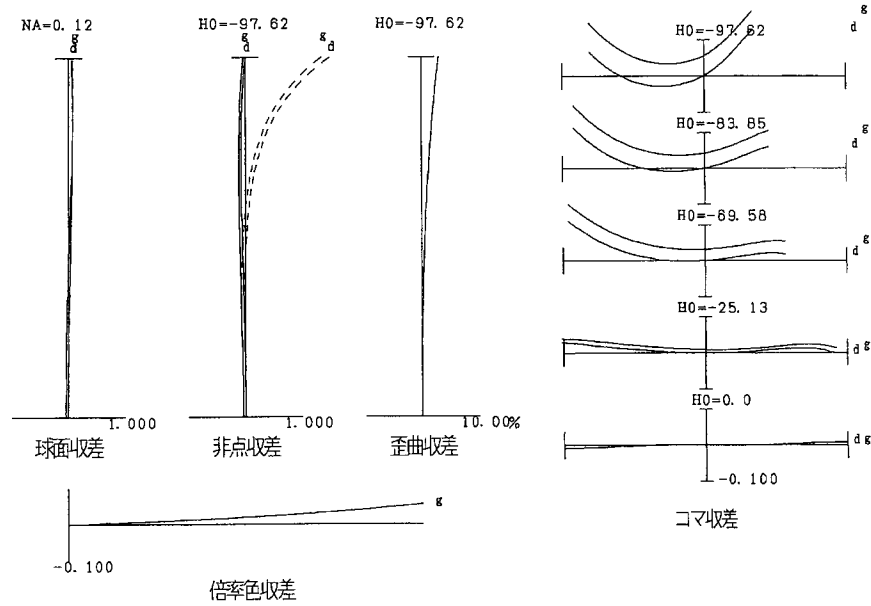
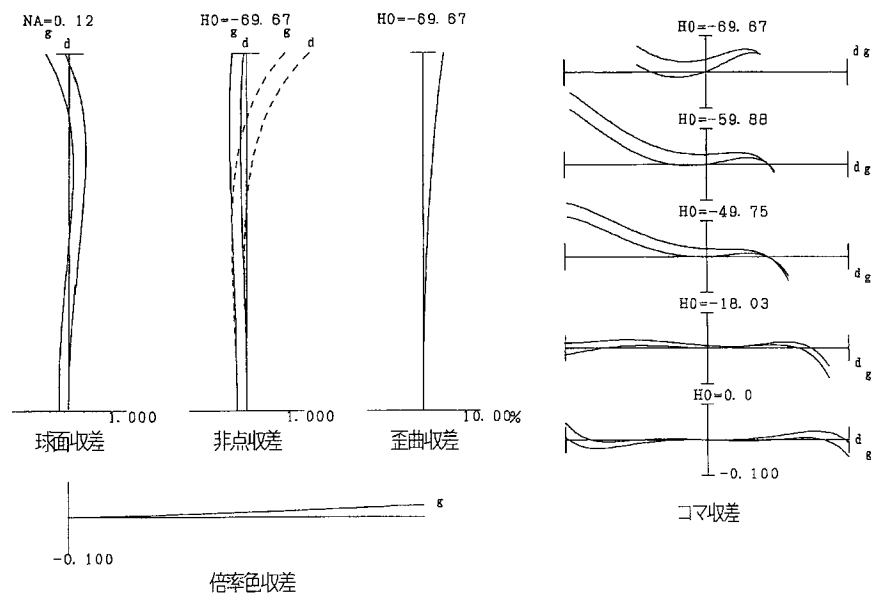
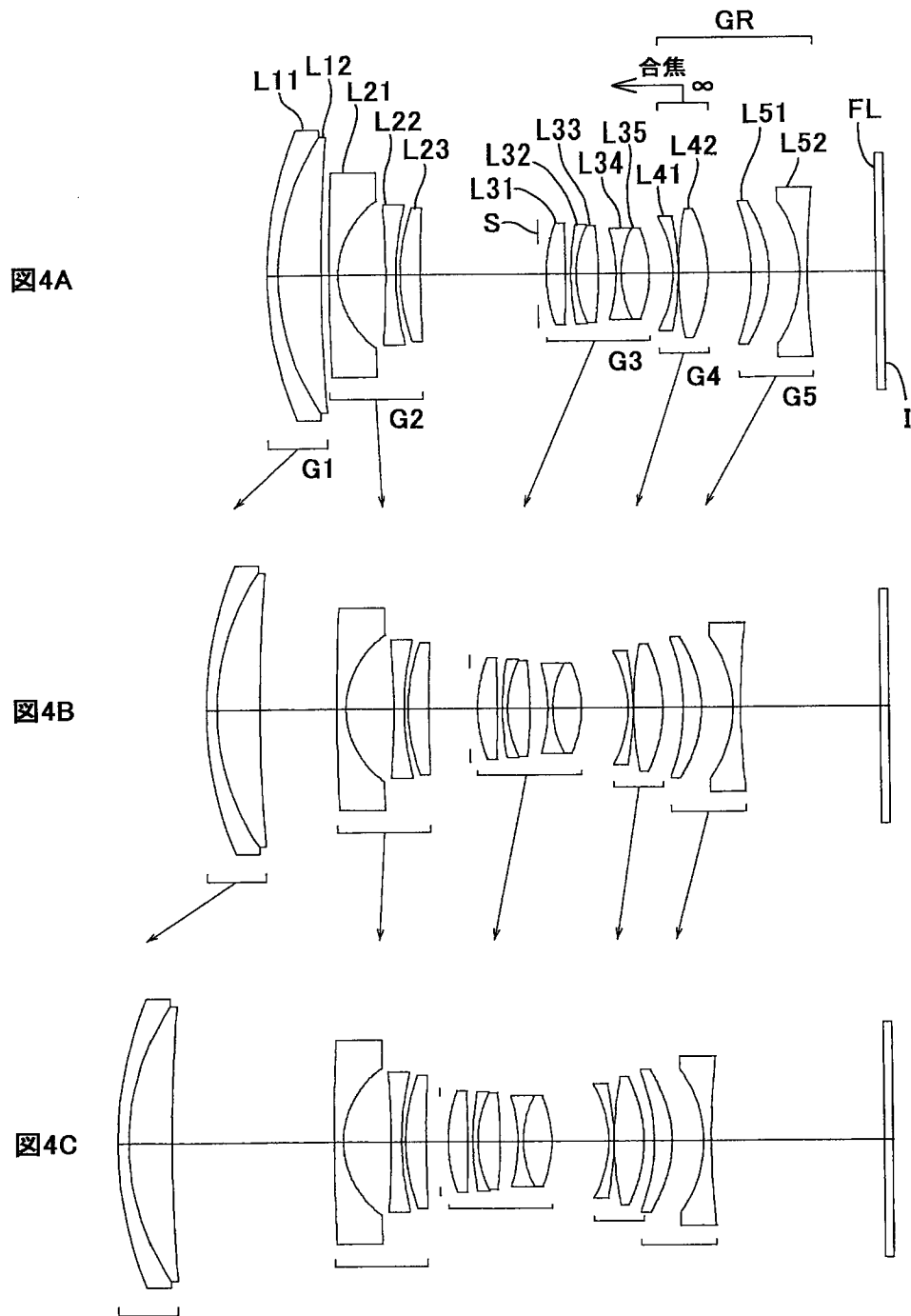


図3C



[図4]



[図5]

図5A

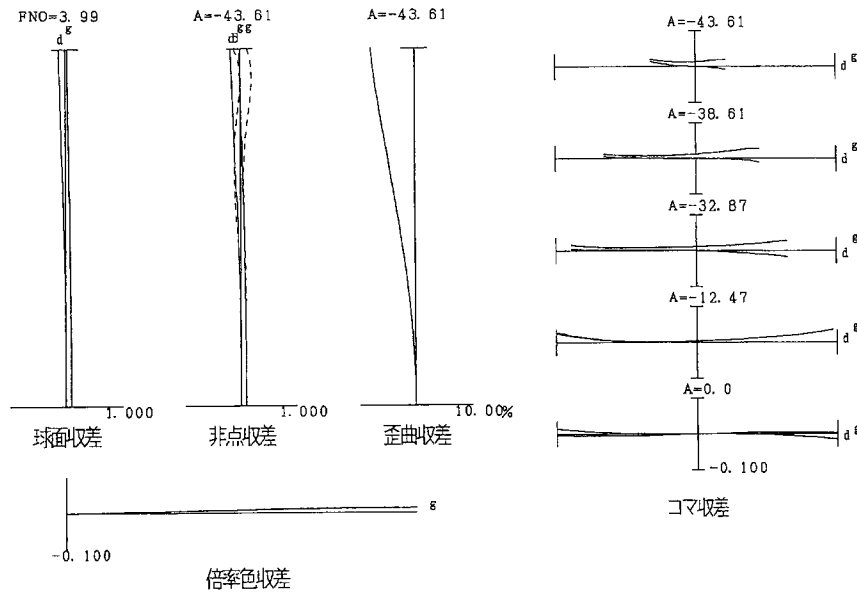


図5B

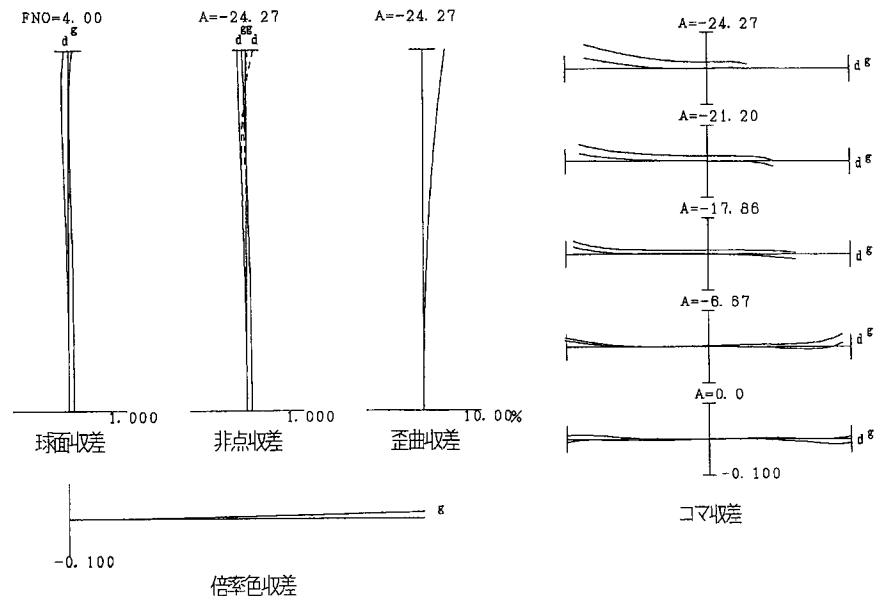
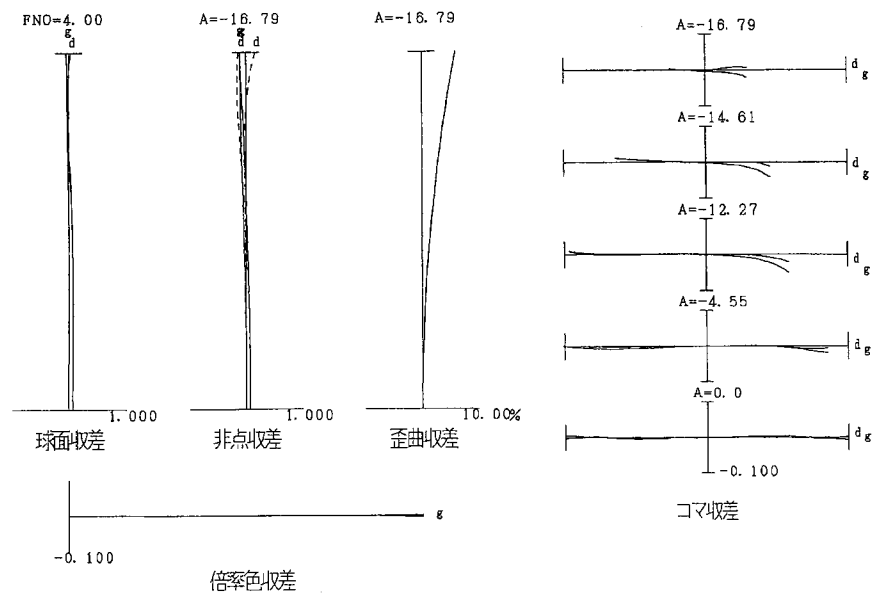


図5C



[図6]

図6A

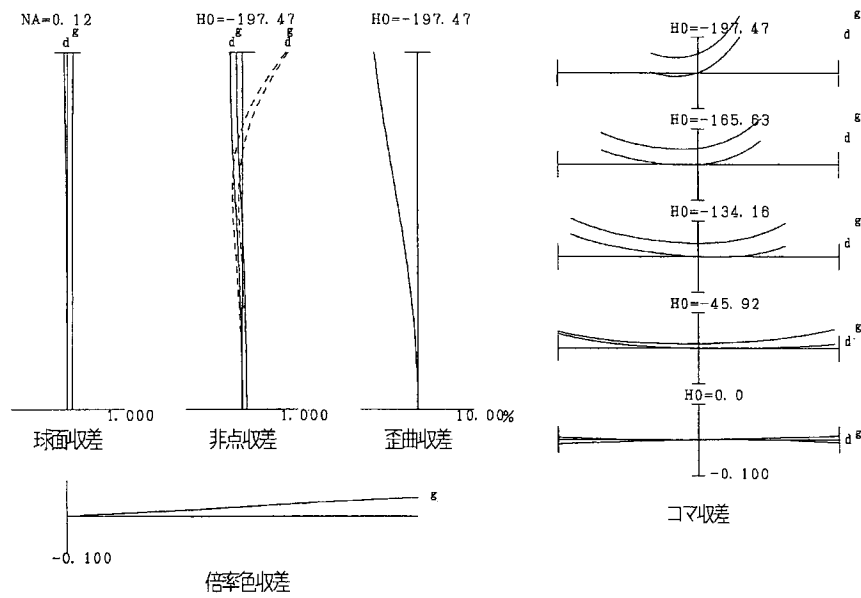


図6B

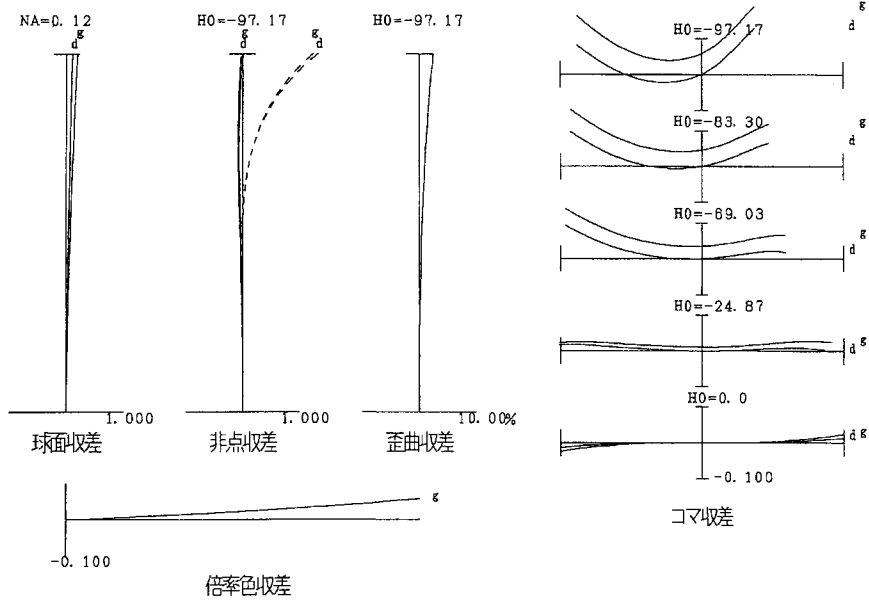
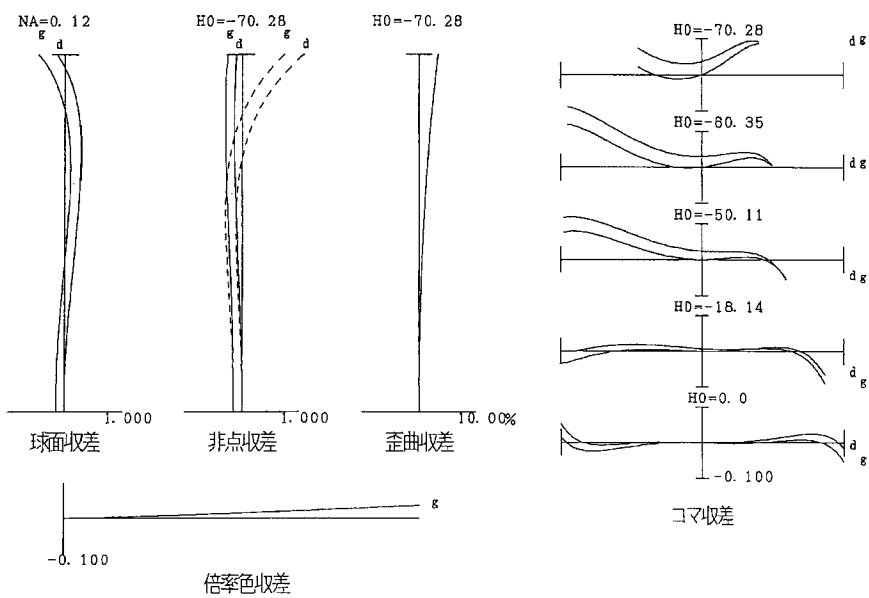


図6C



[図7]

図7A

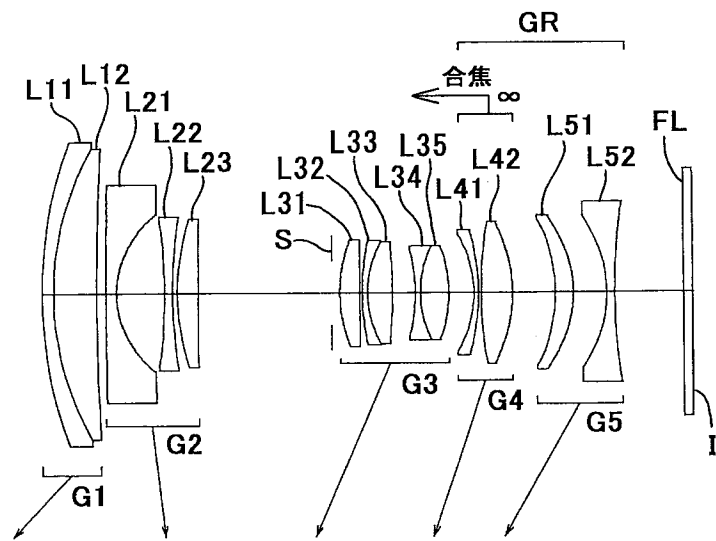


図7B

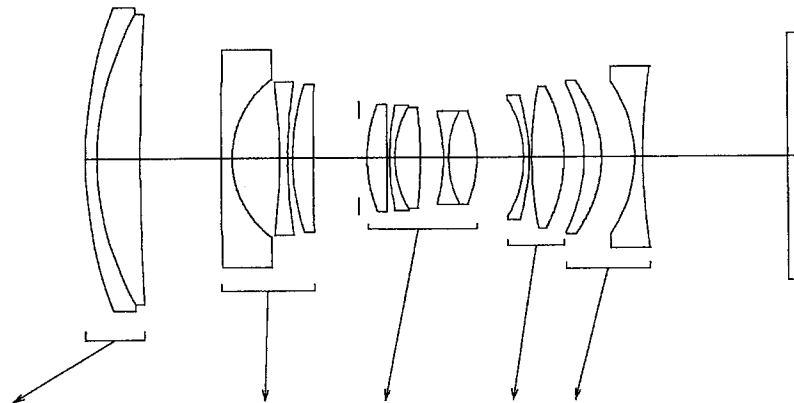
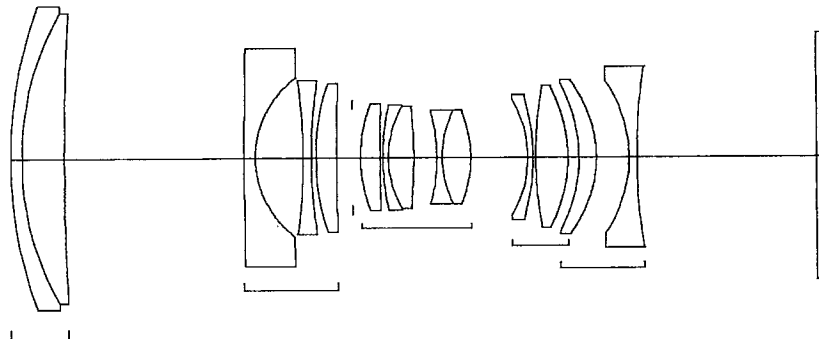


図7C



[図8]

図8A

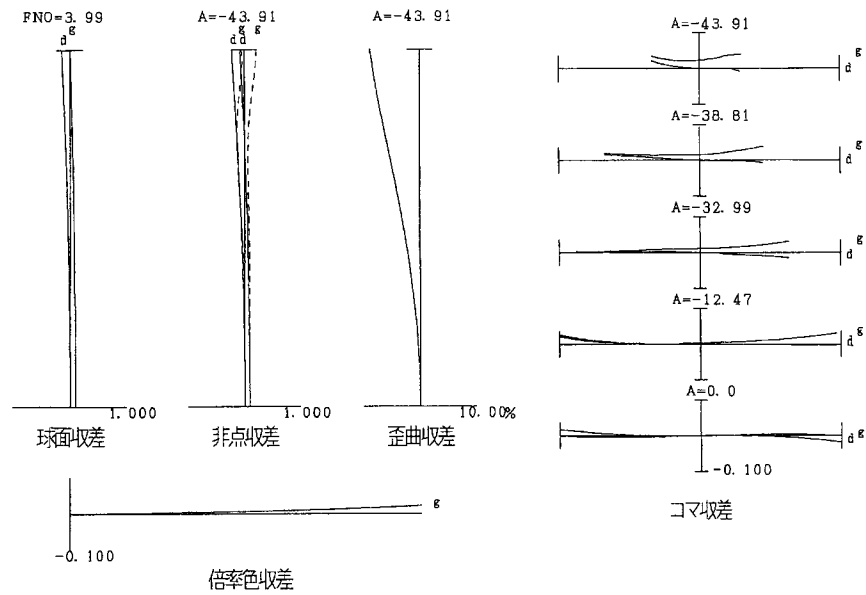


図8B

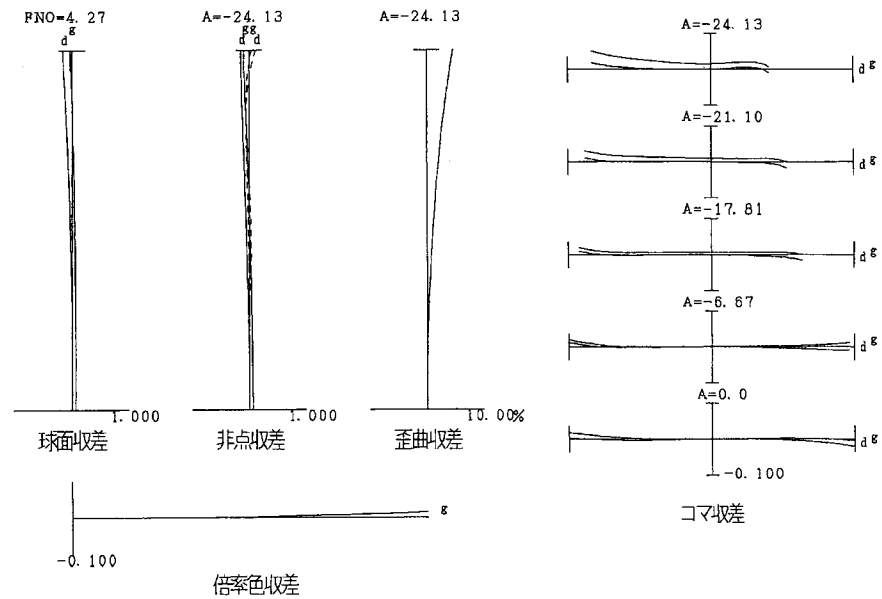
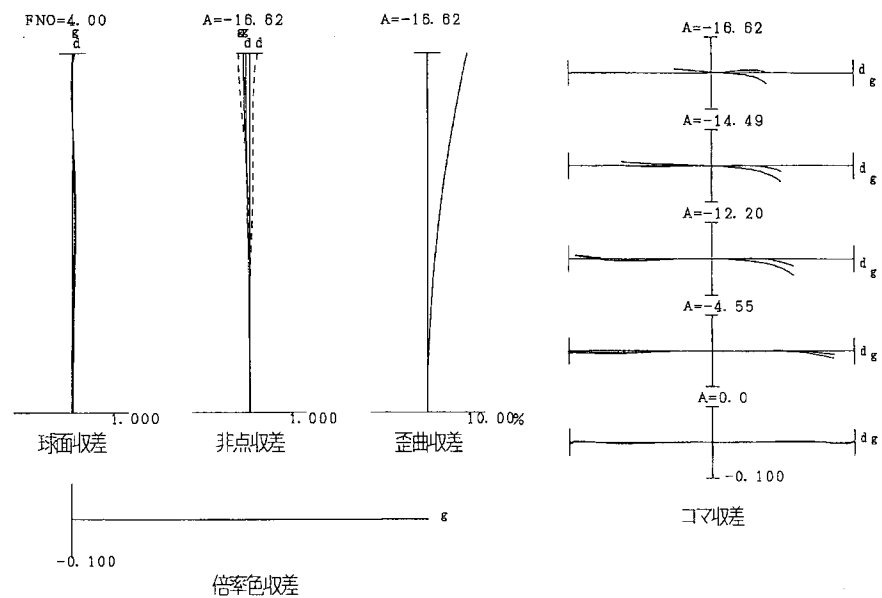


図8C



[図9]

図9A

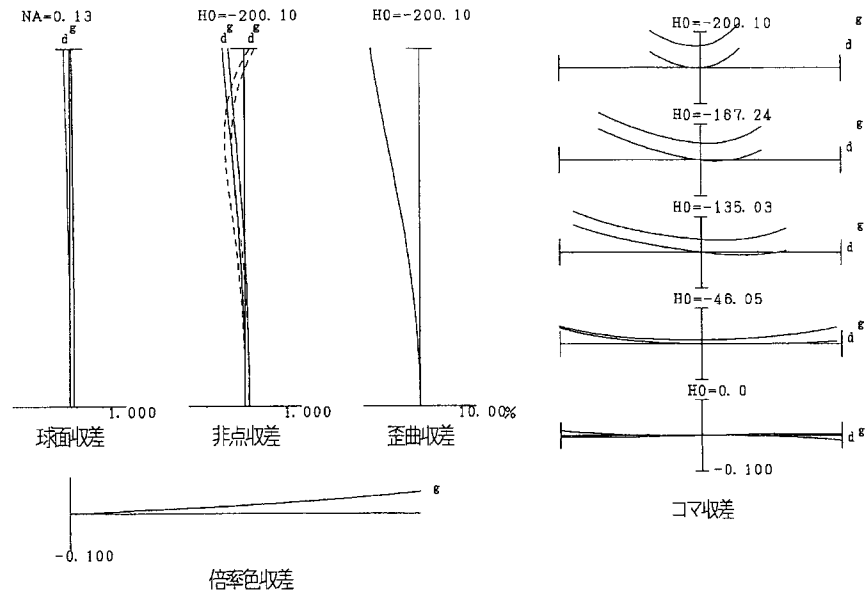


図9B

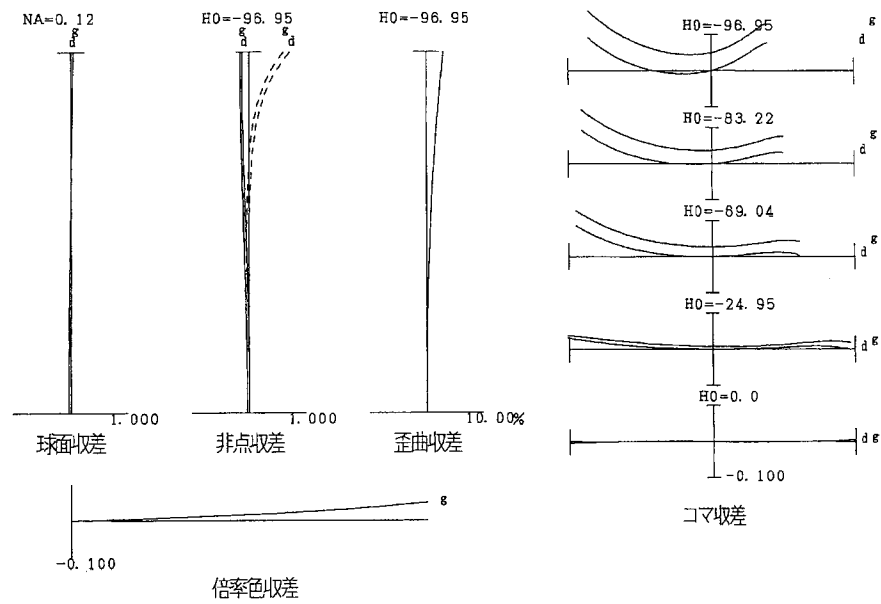
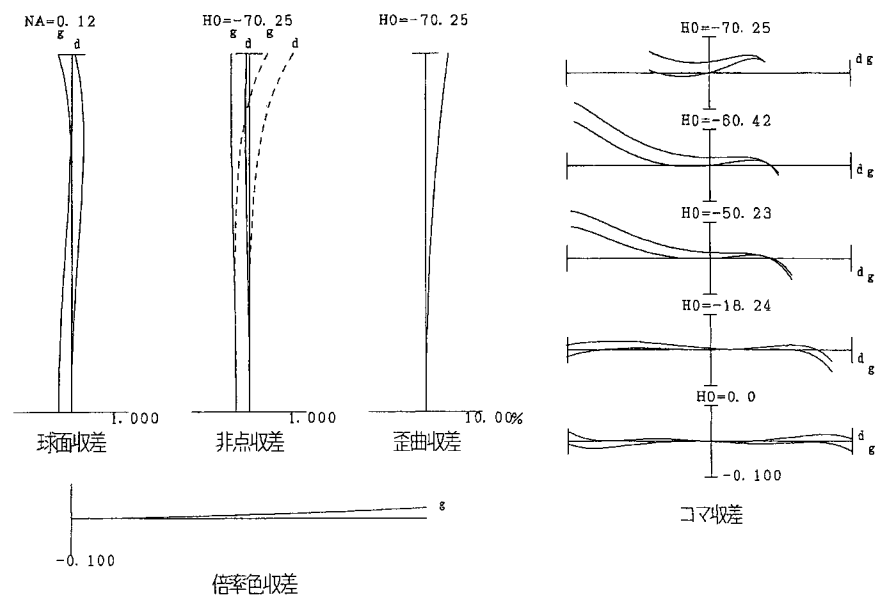
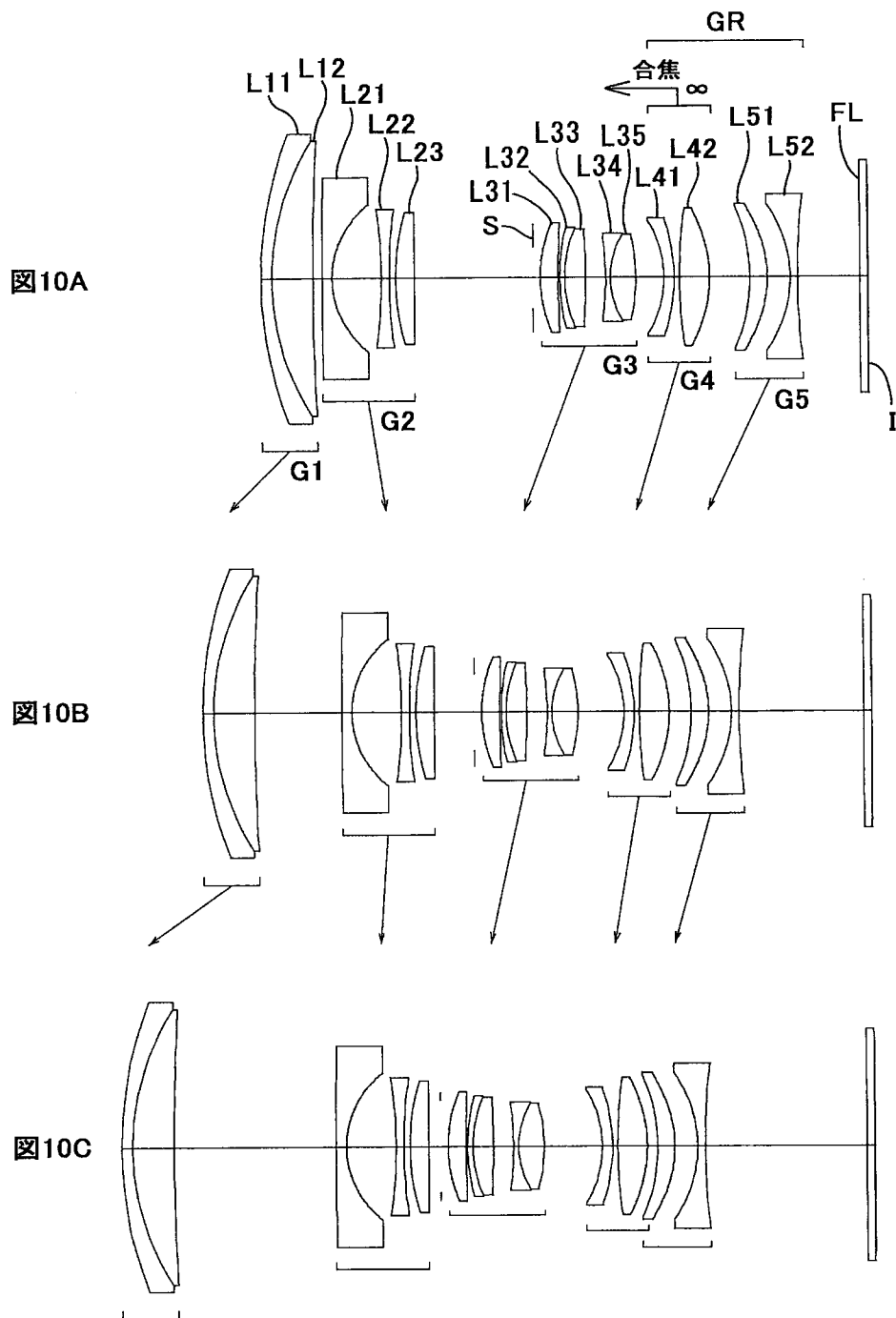


図9C



[図10]



[図11]

図11A

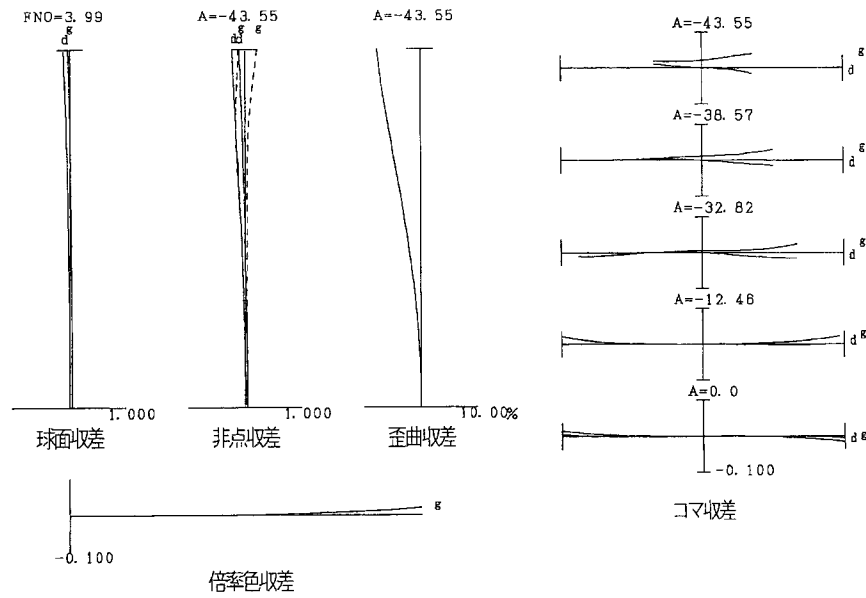


図11B

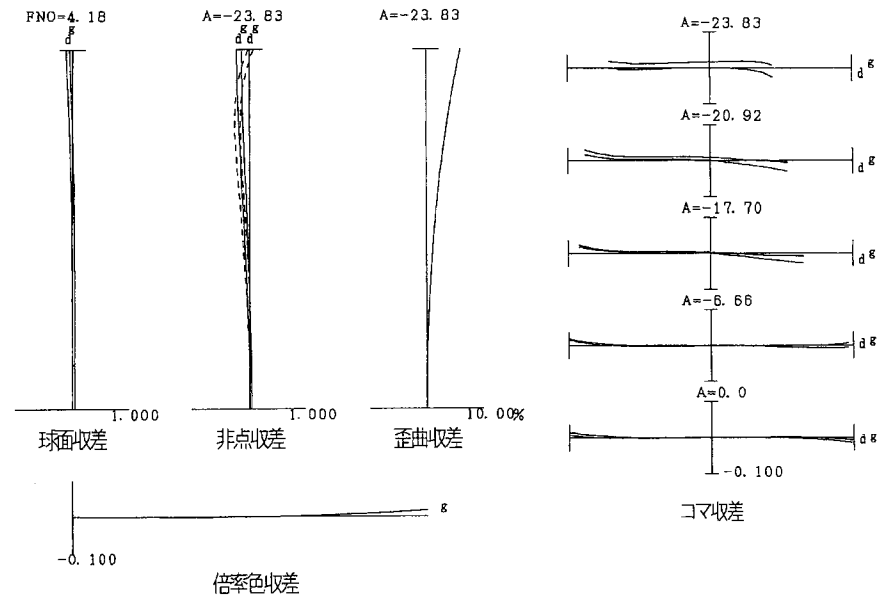
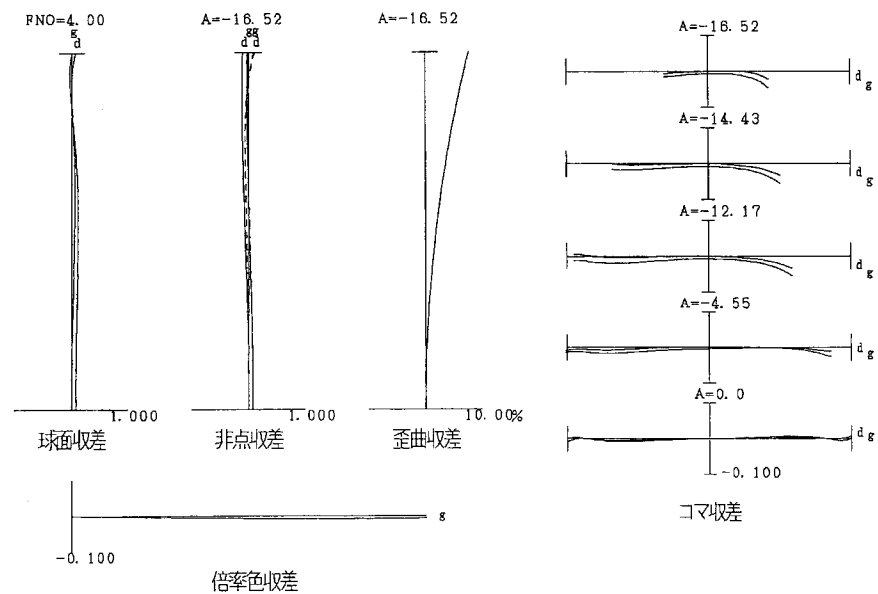


図11C



[図12]

図12A

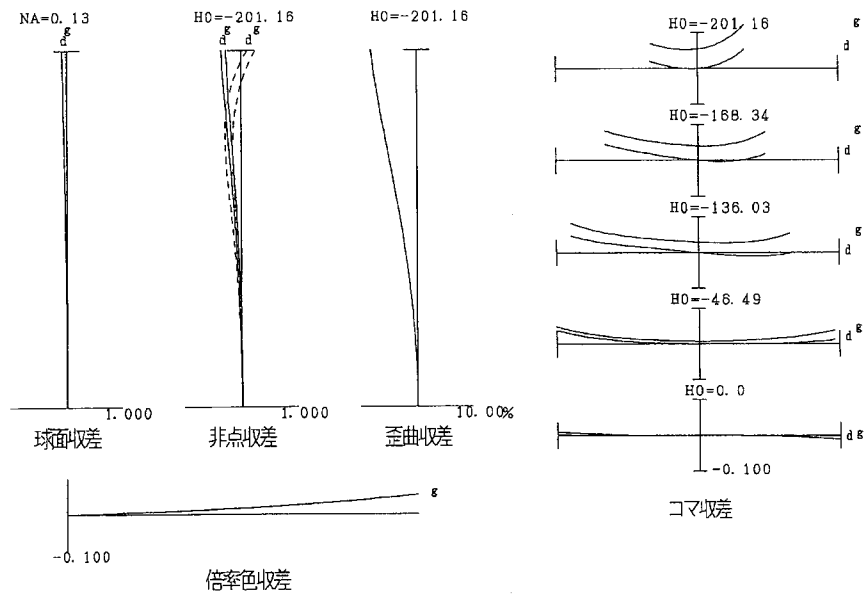


図12B

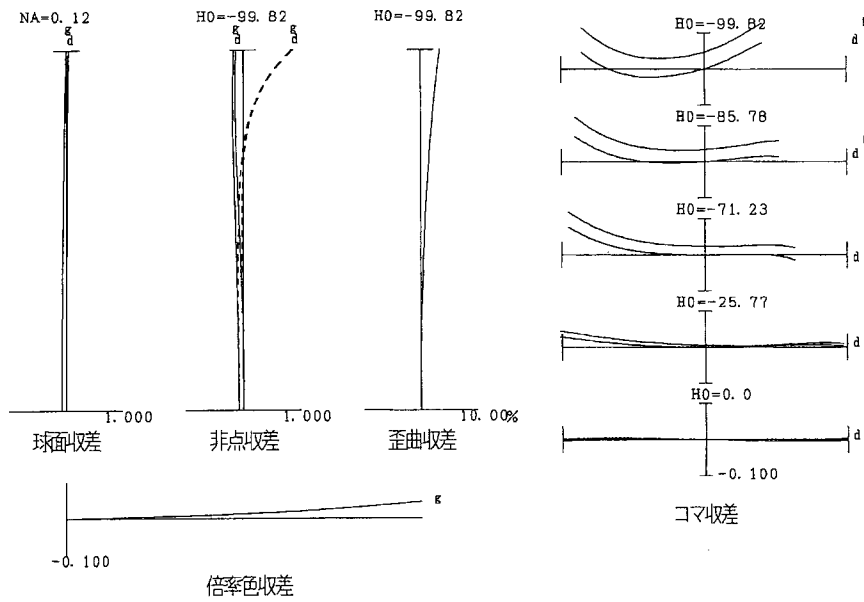
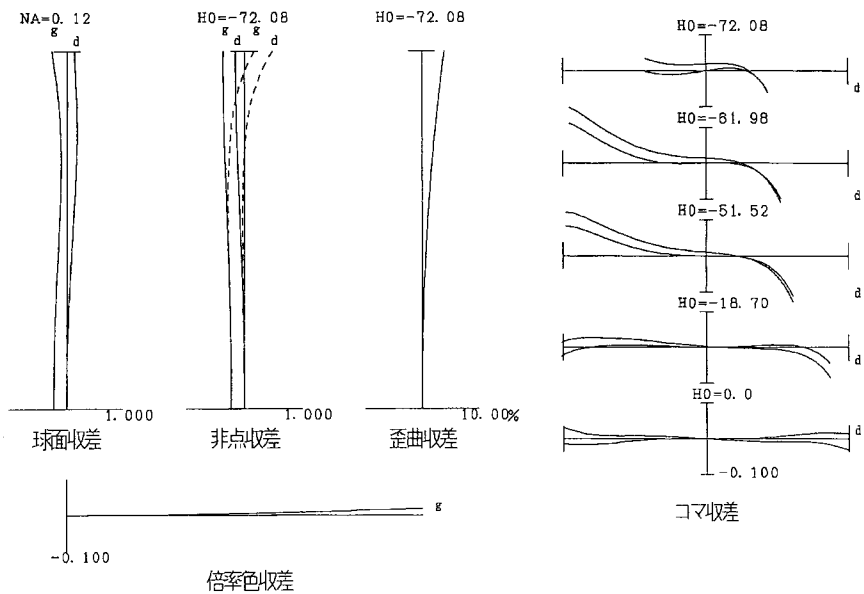
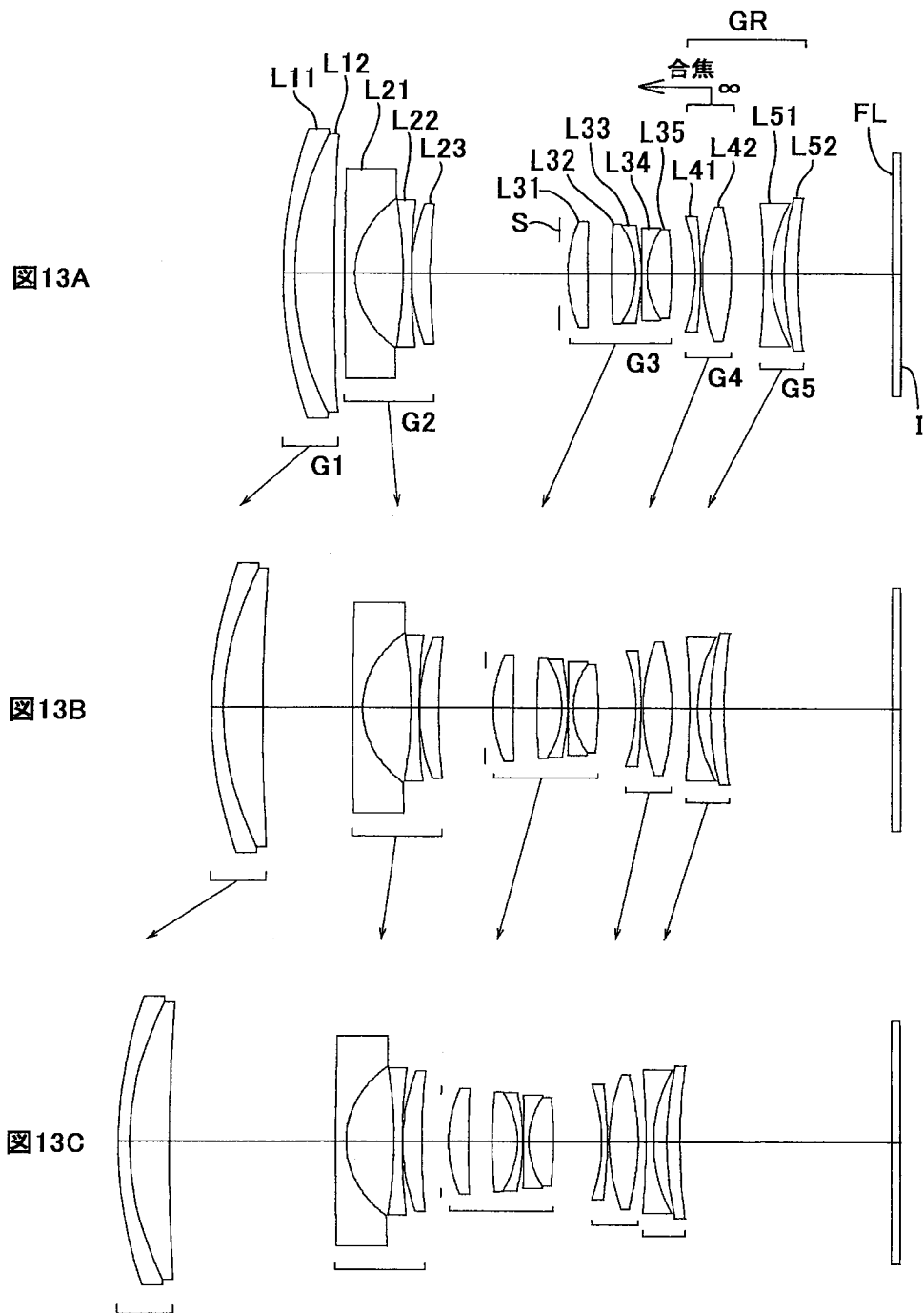


図12C



[図13]



[図14]

図14A

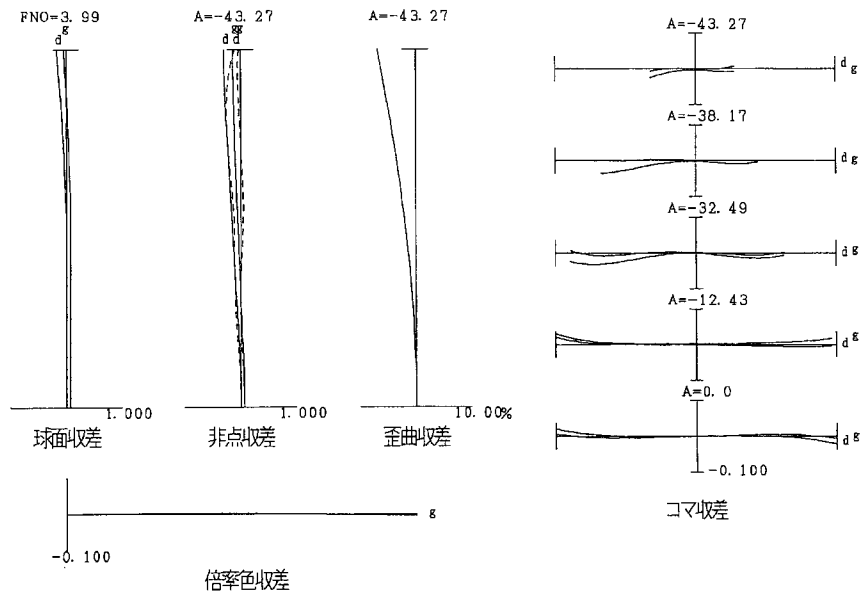


図14B

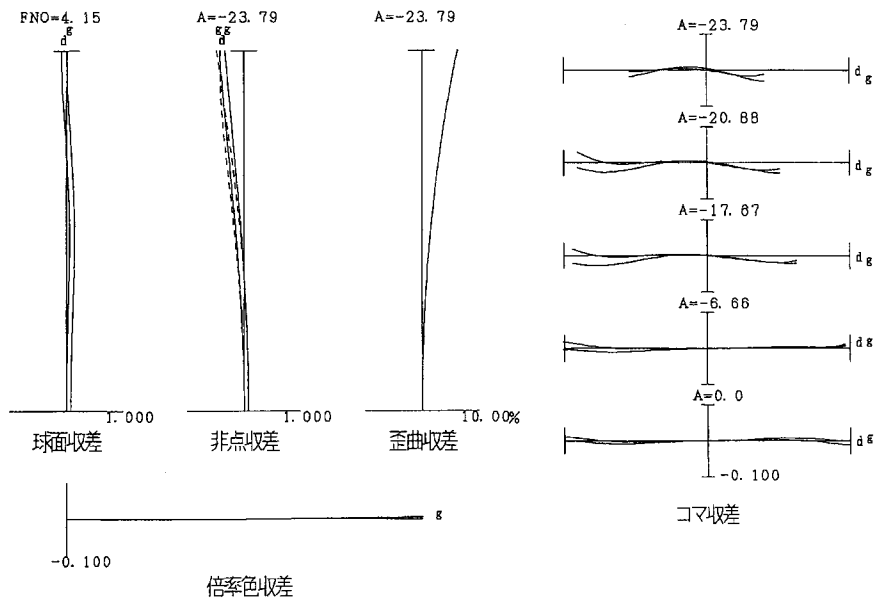
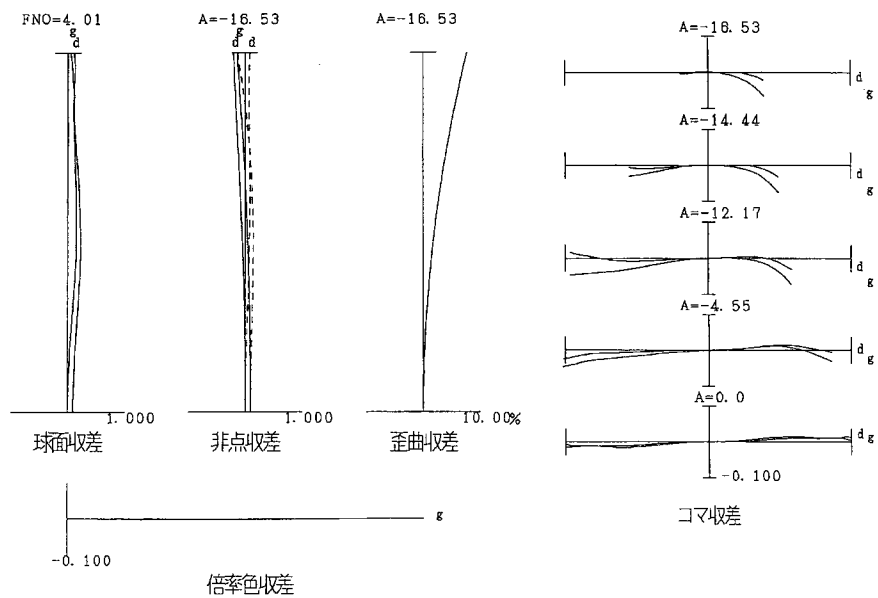


図14C



[図15]

図15A

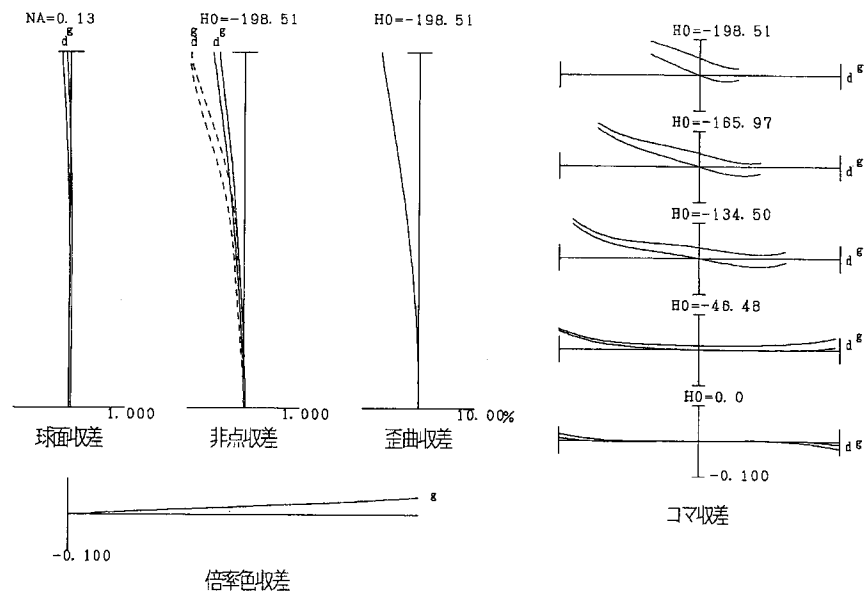


図15B

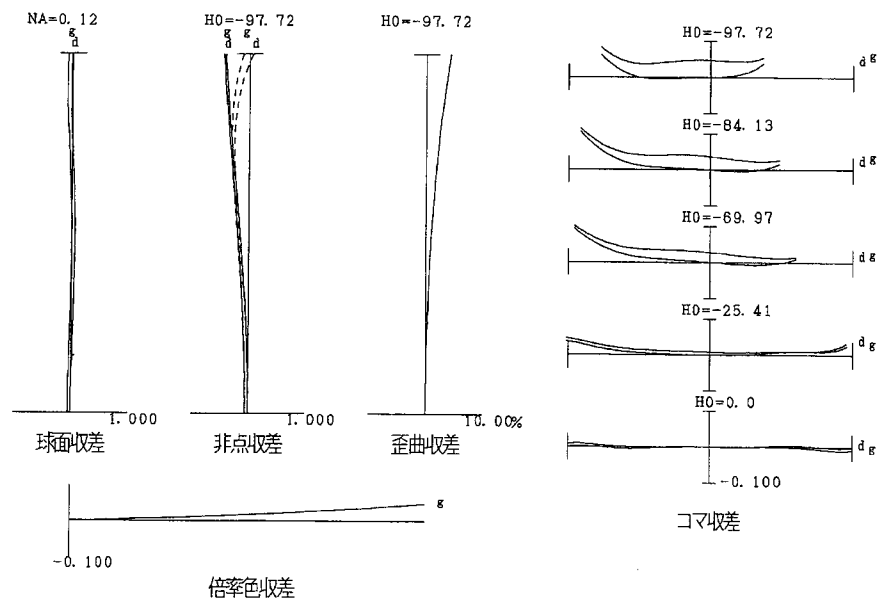
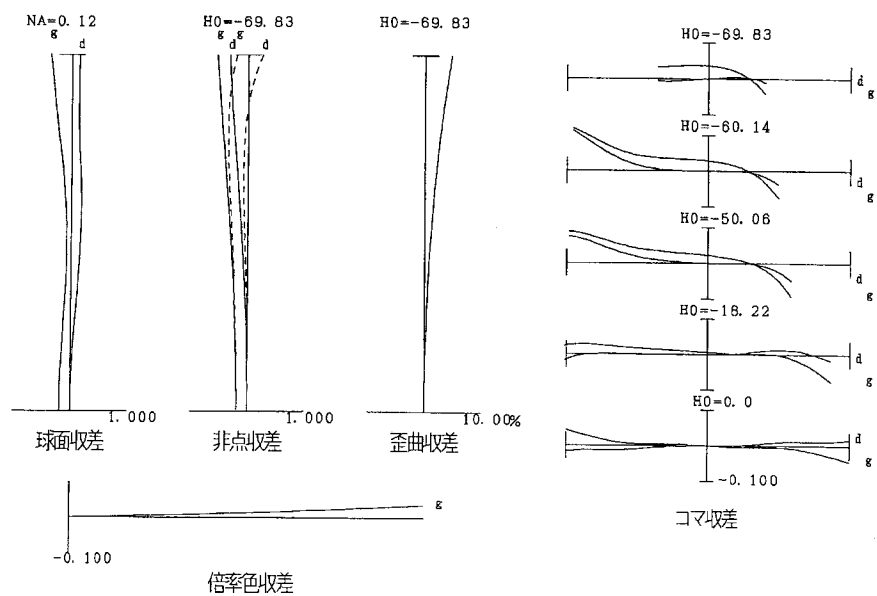


図15C



[図16]

図16A

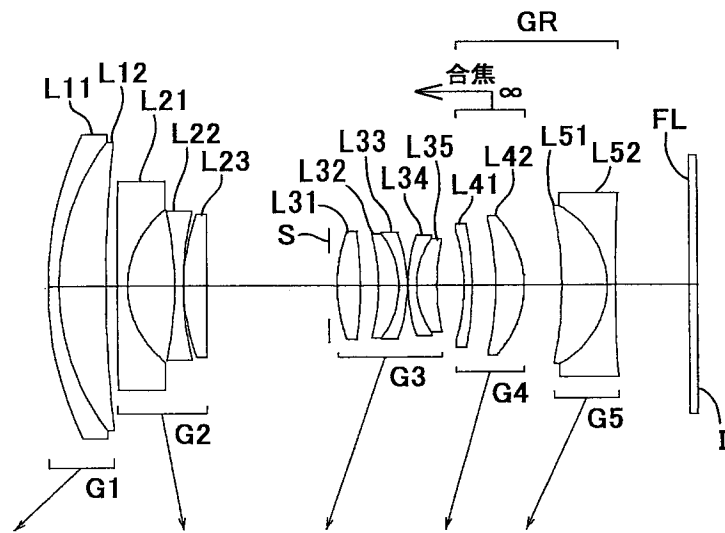


図16B

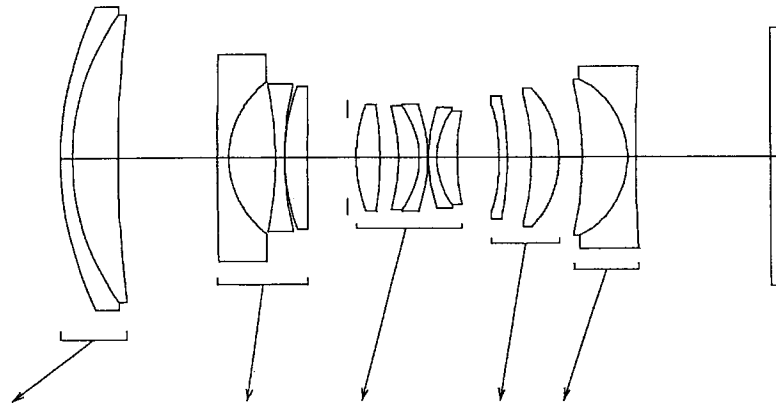
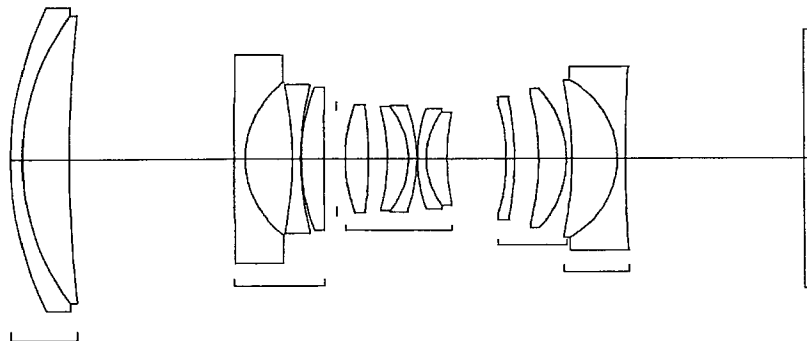


図16C



[図17]

図17A

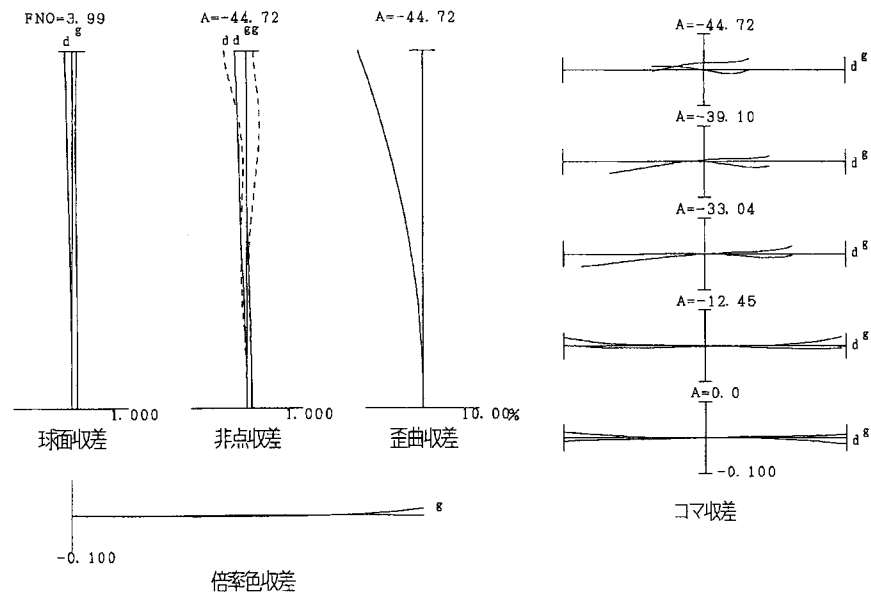


図17B

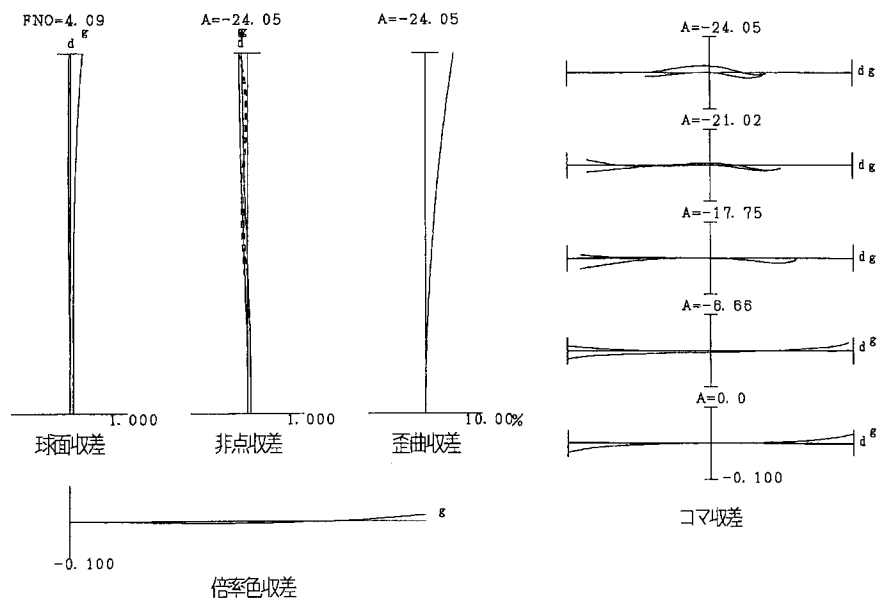
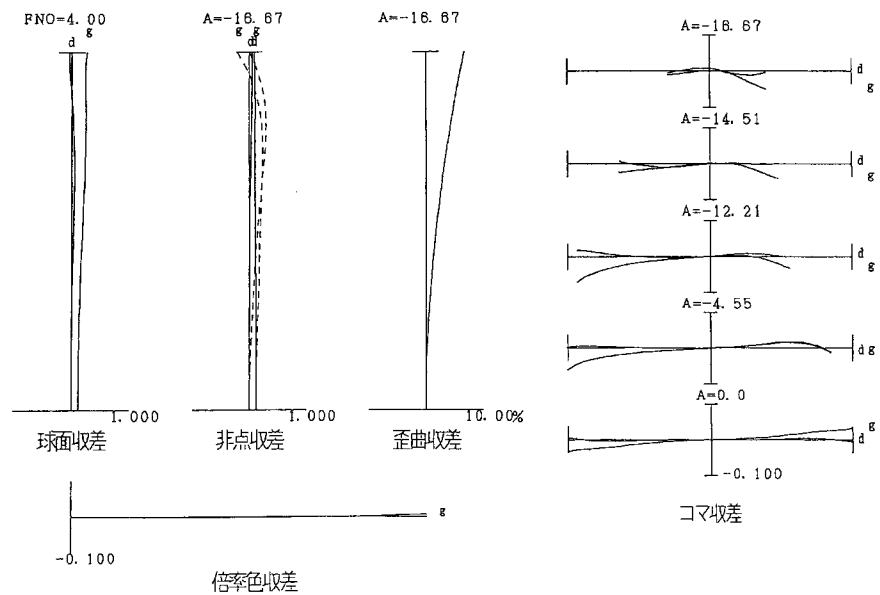


図17C



[図18]

図18A

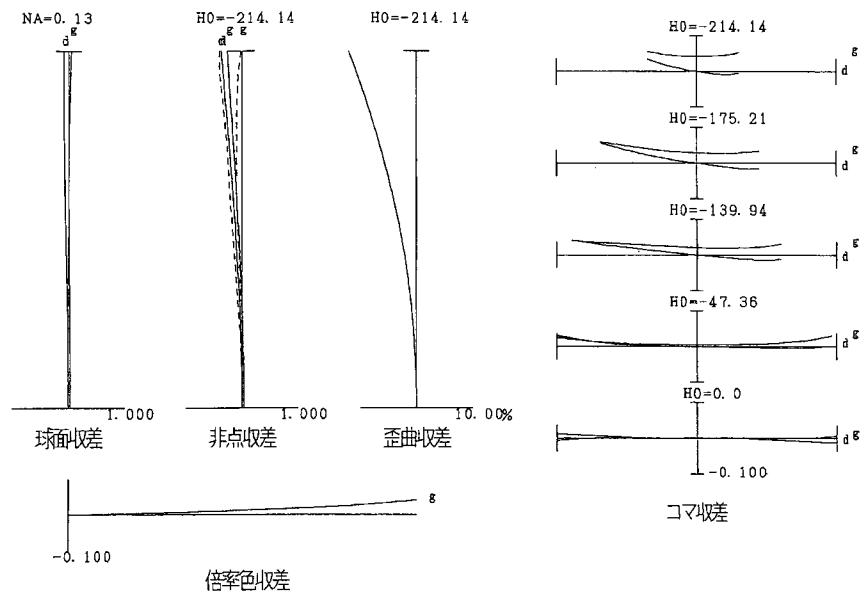


図18B

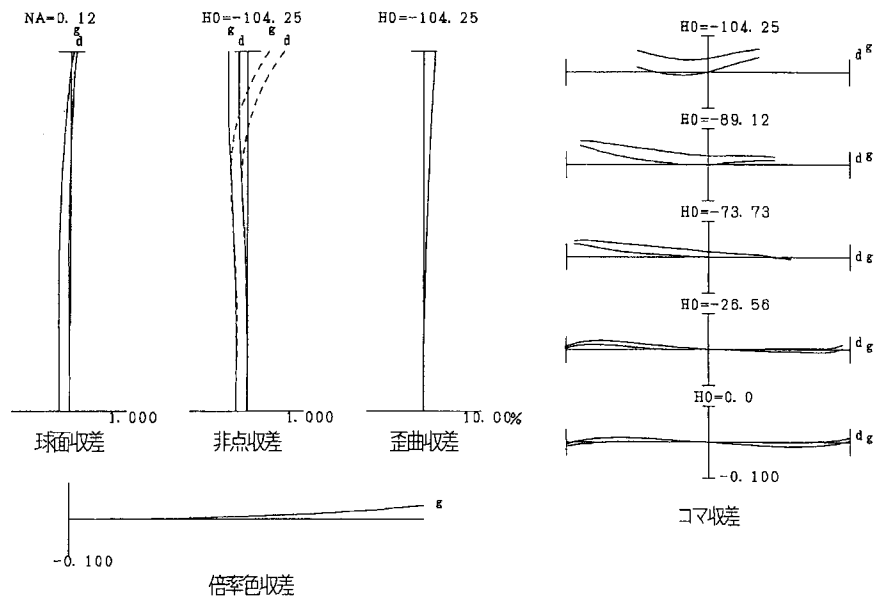
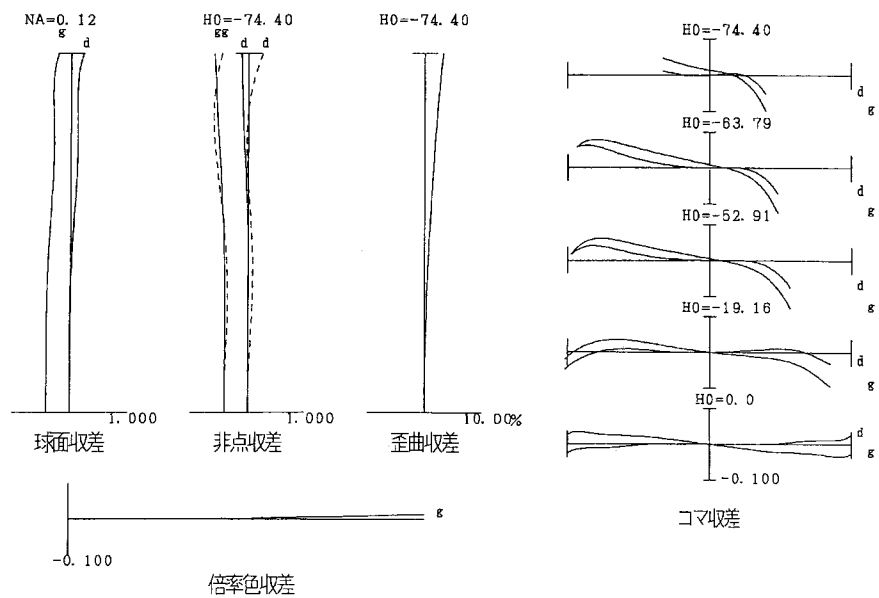
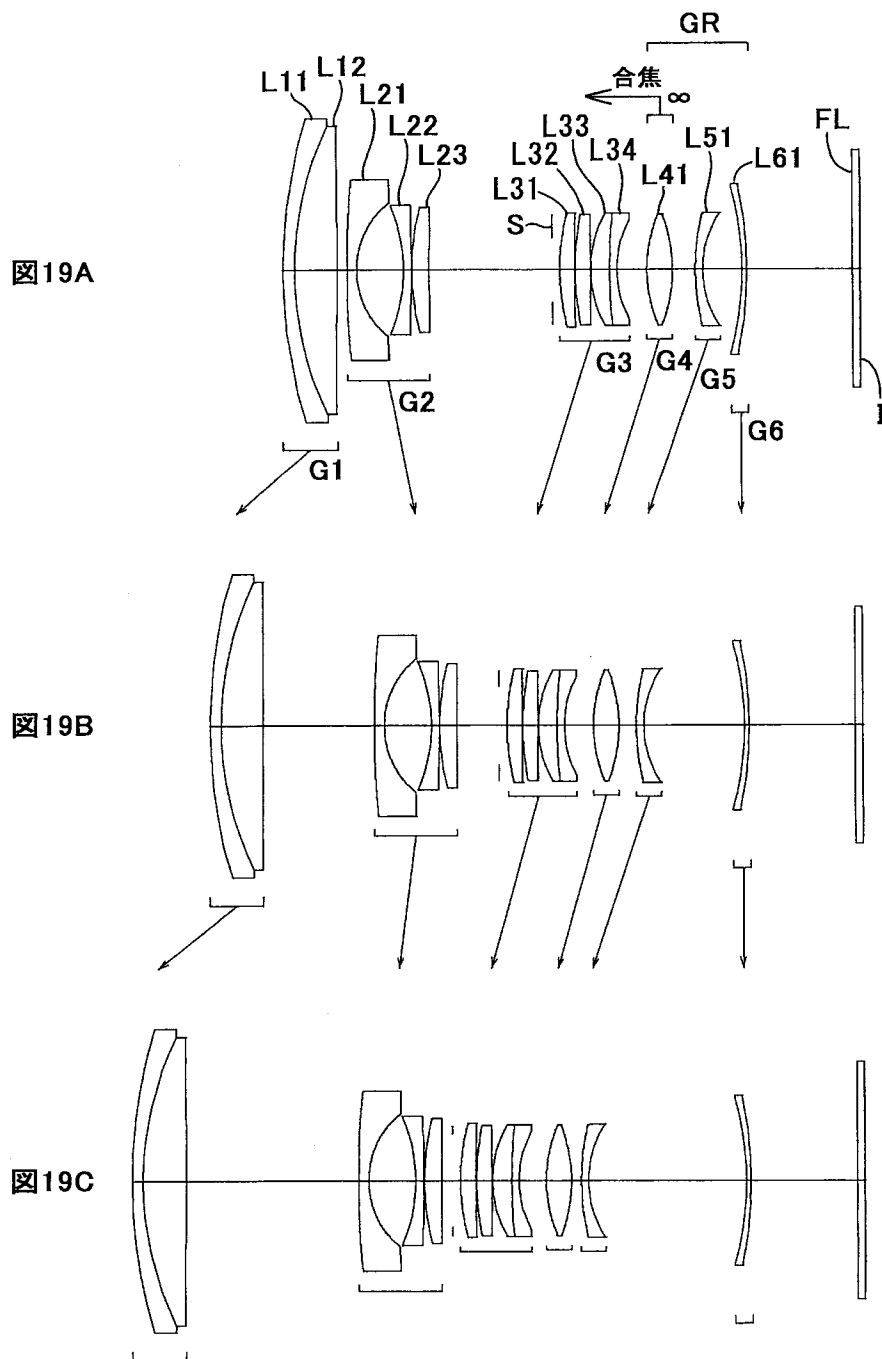


図18C



[図19]



[図20]

図20A

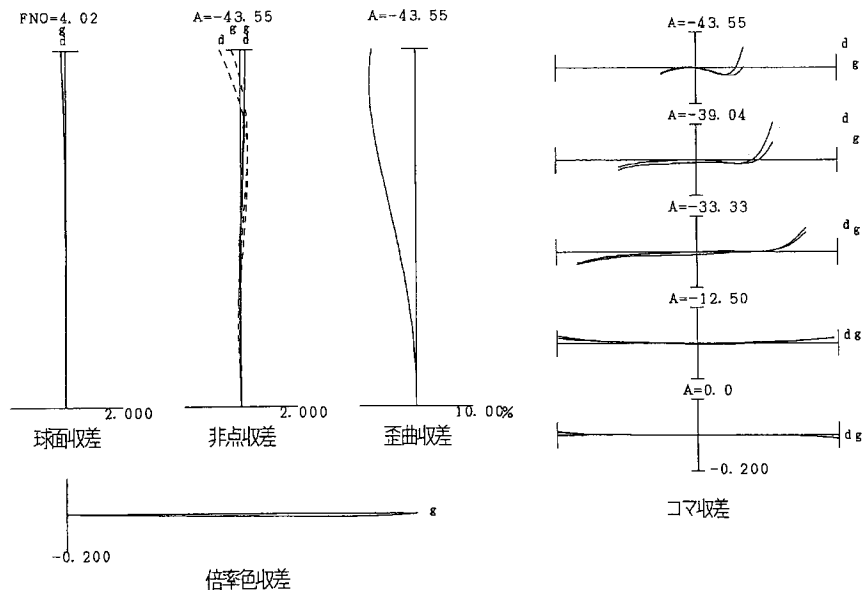


図20B

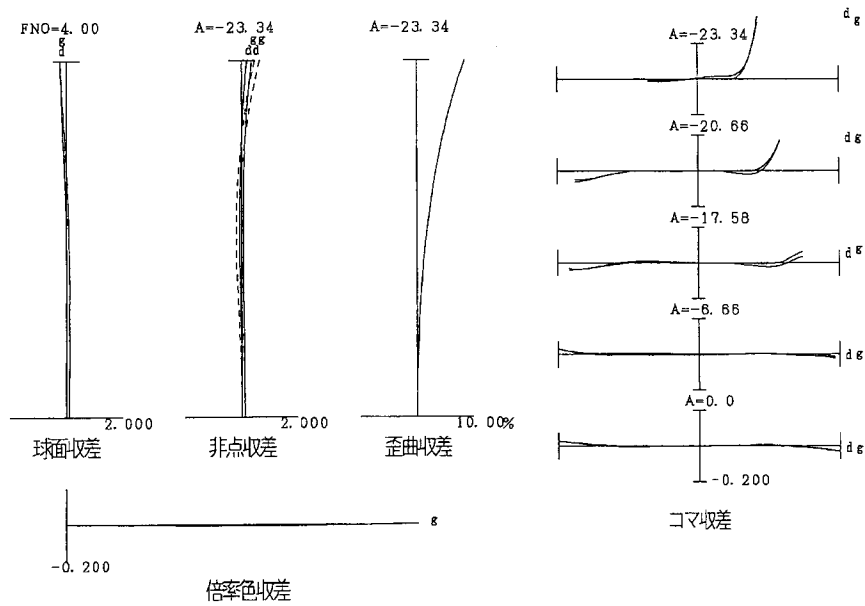
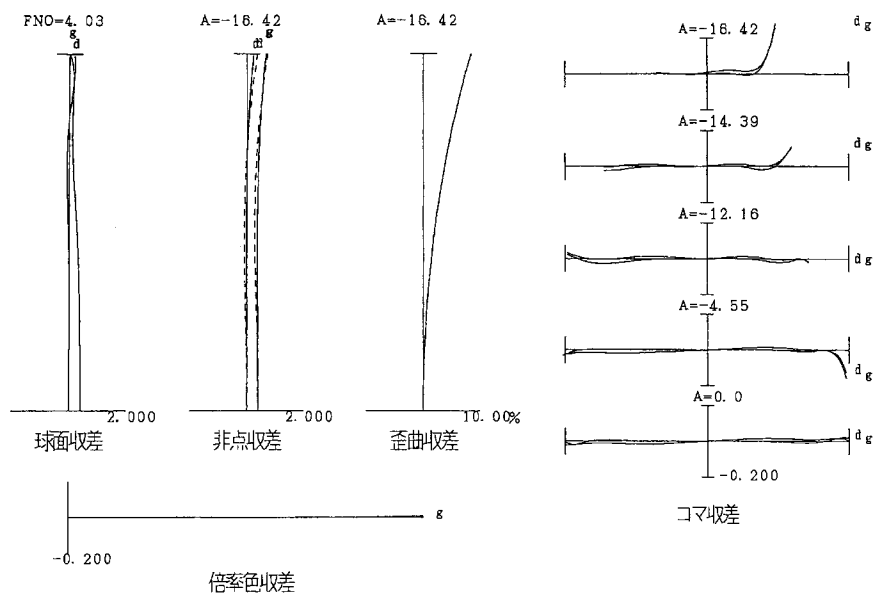


図20C



[図21]

図21A

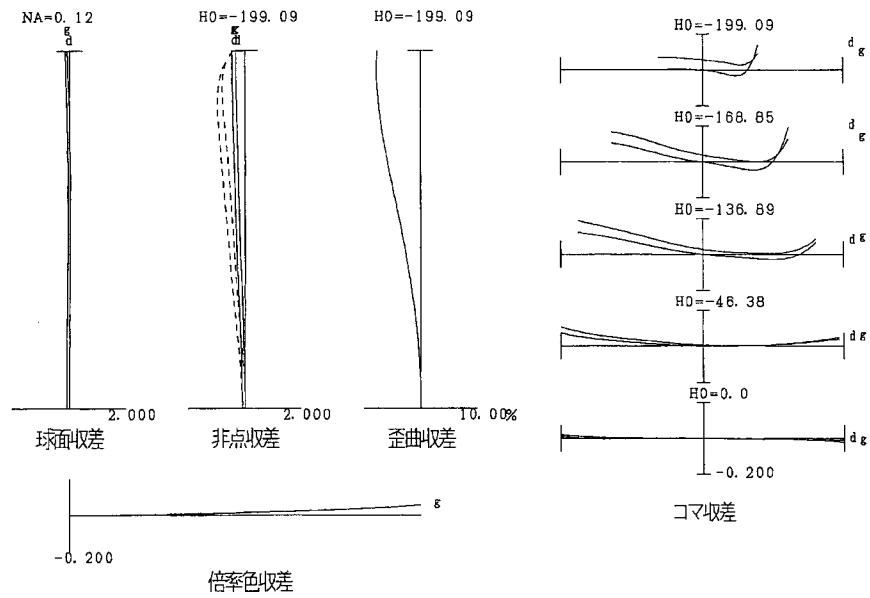


図21B

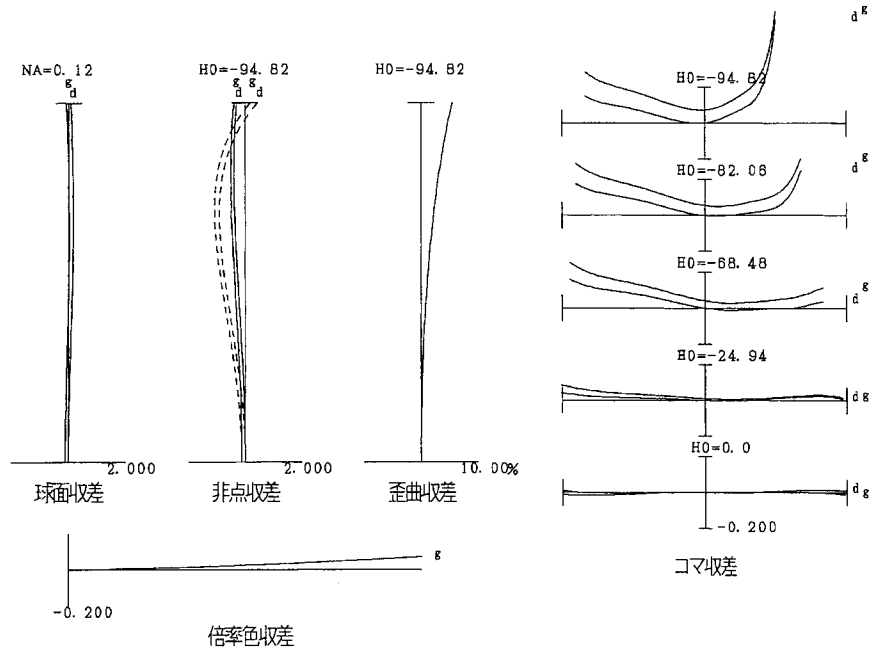
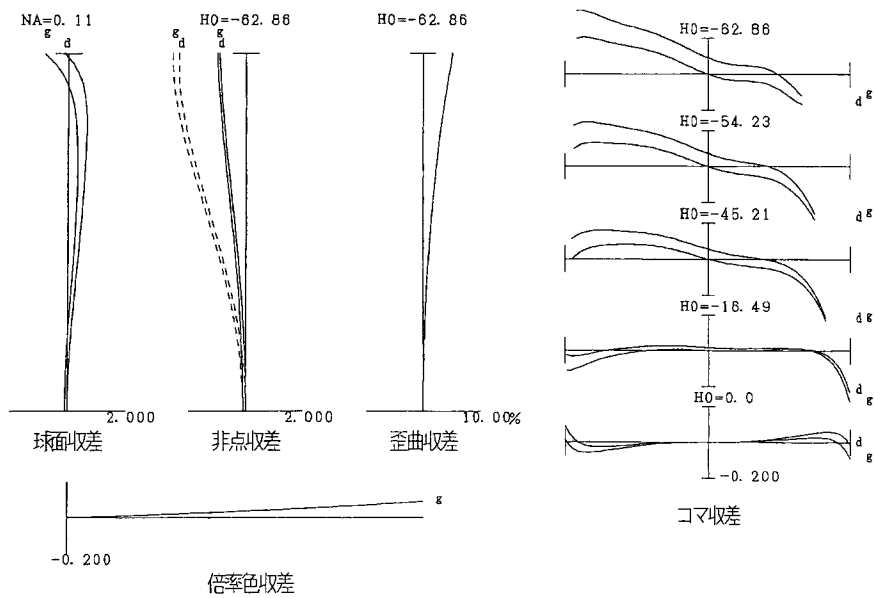
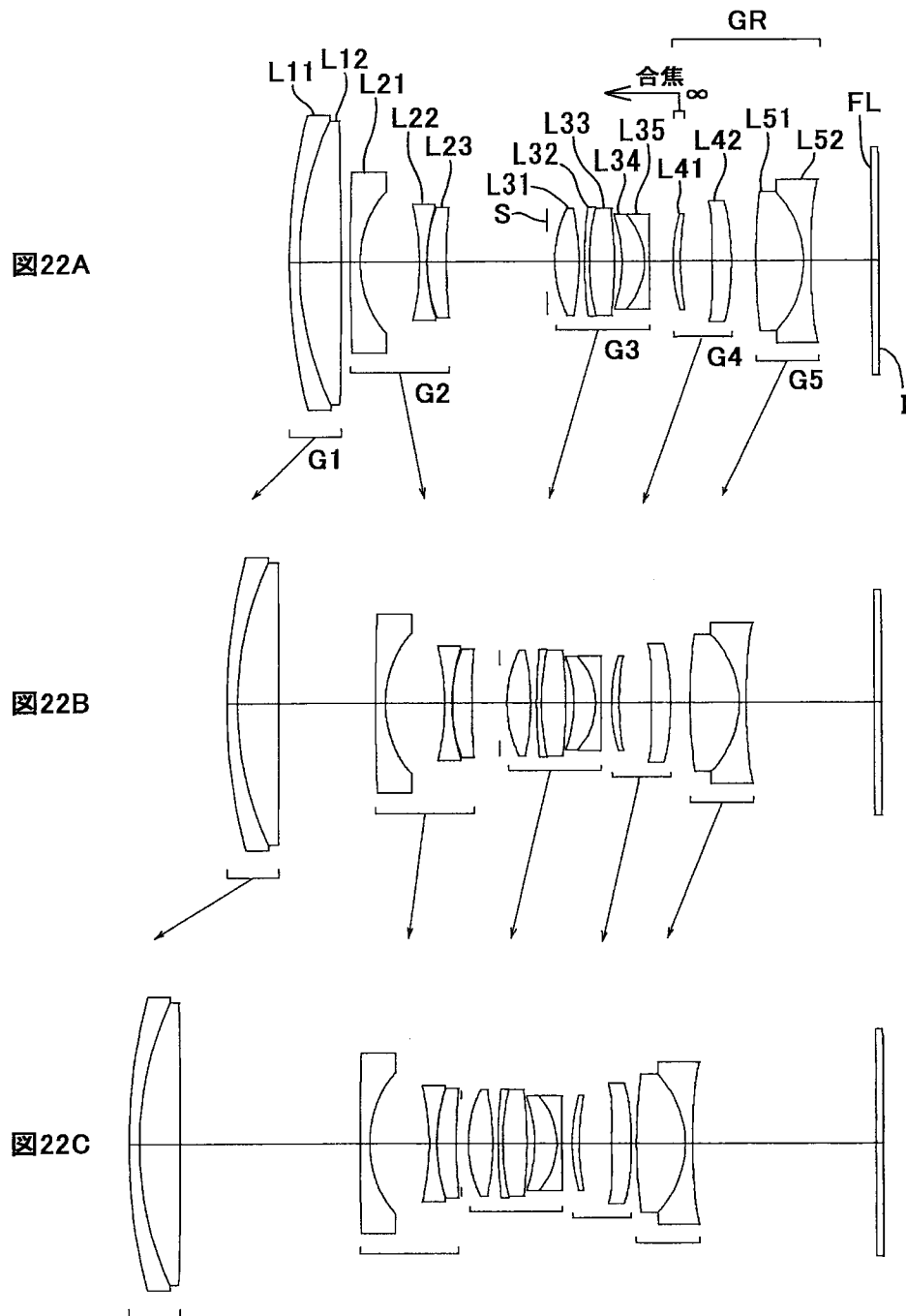


図21C



[図22]



[図23]

図23A

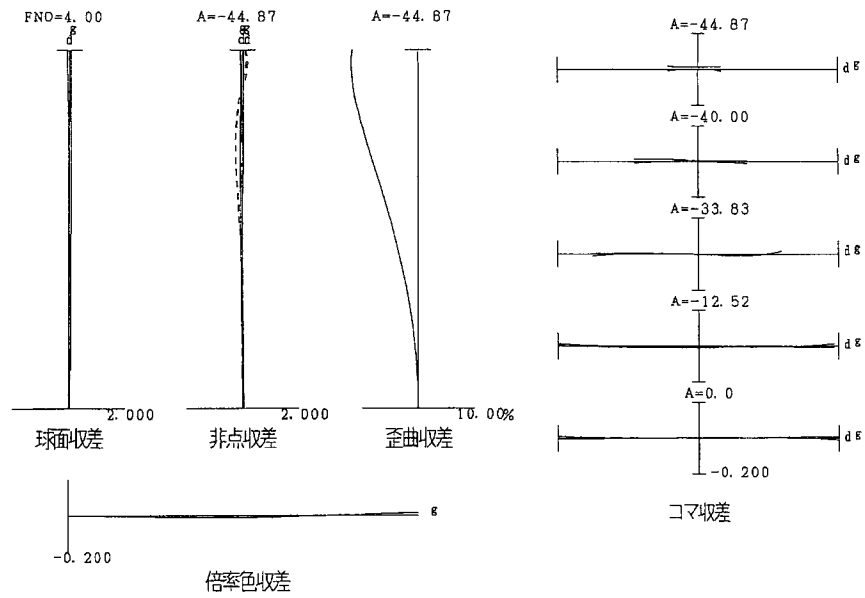


図23B

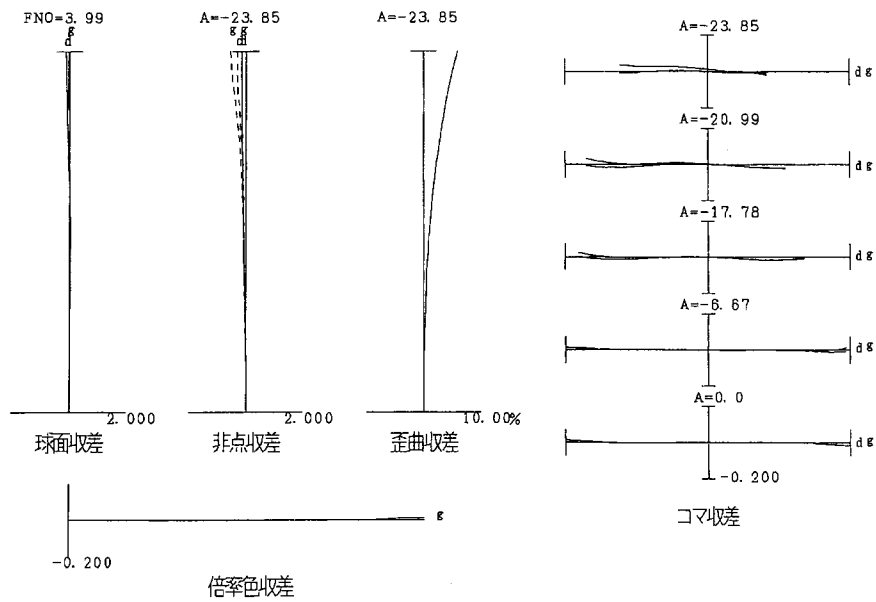
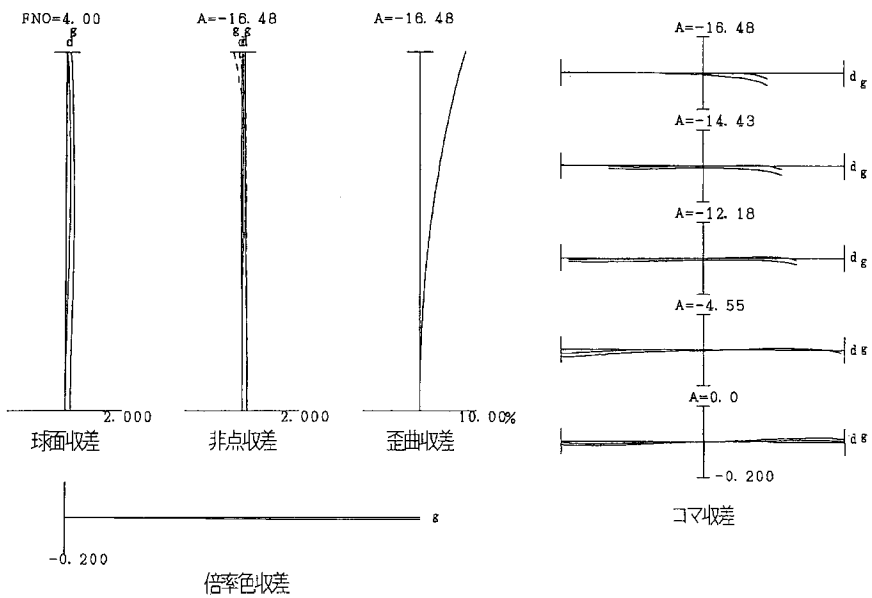


図23C



[図24]

図24A

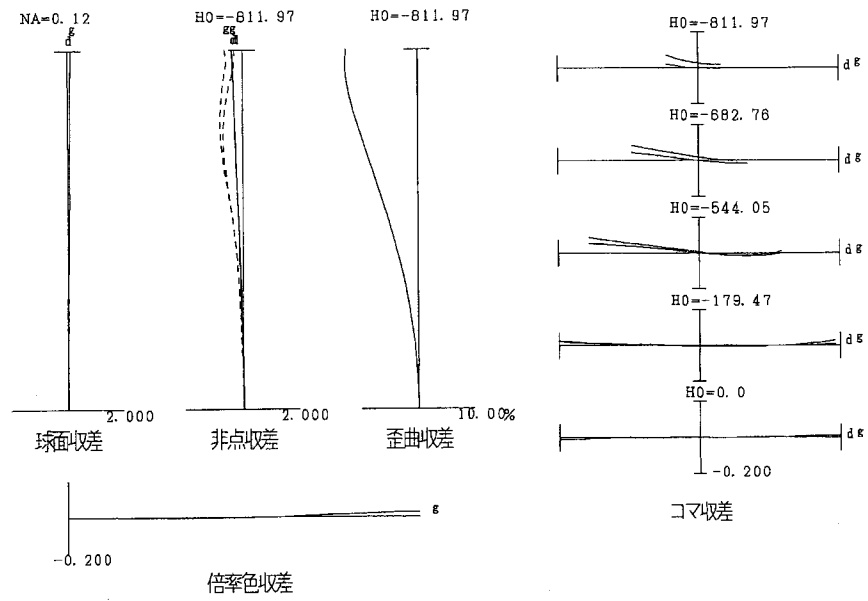


図24B

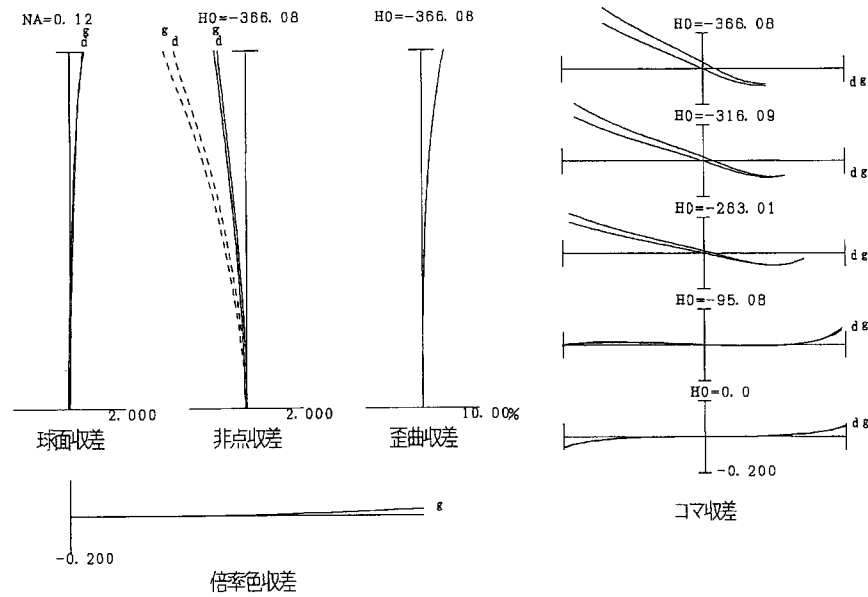
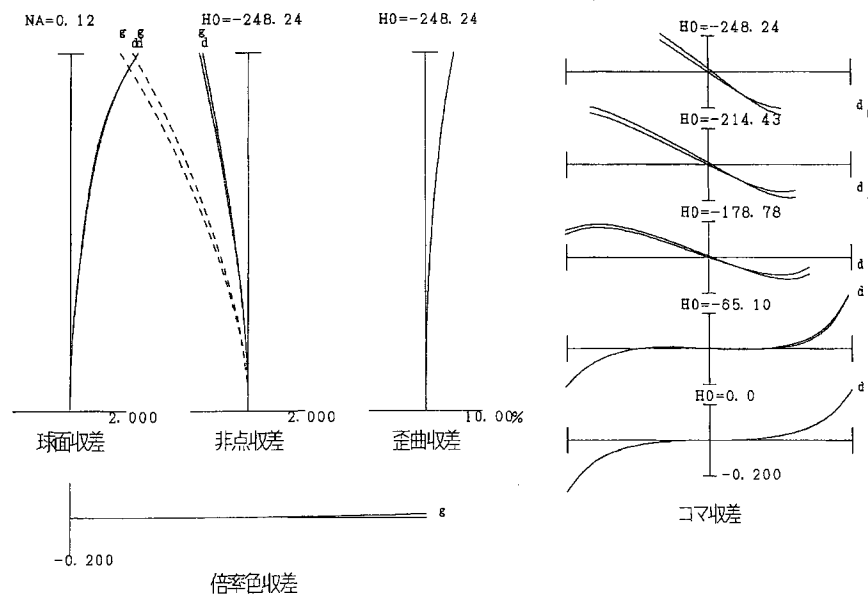
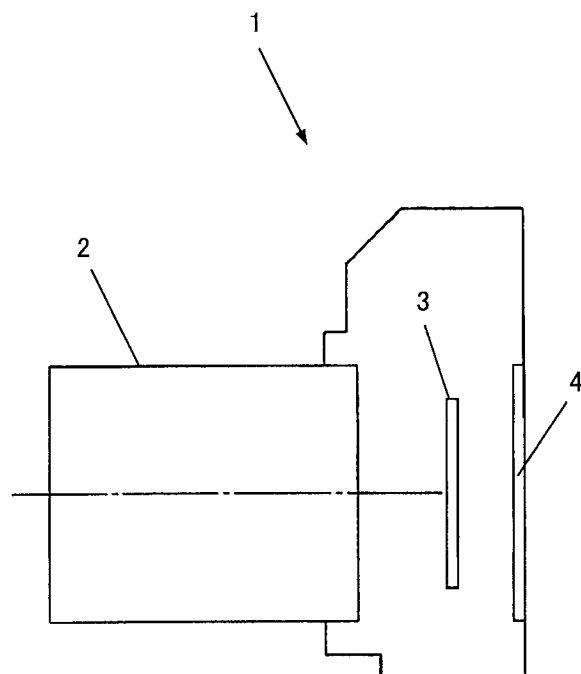


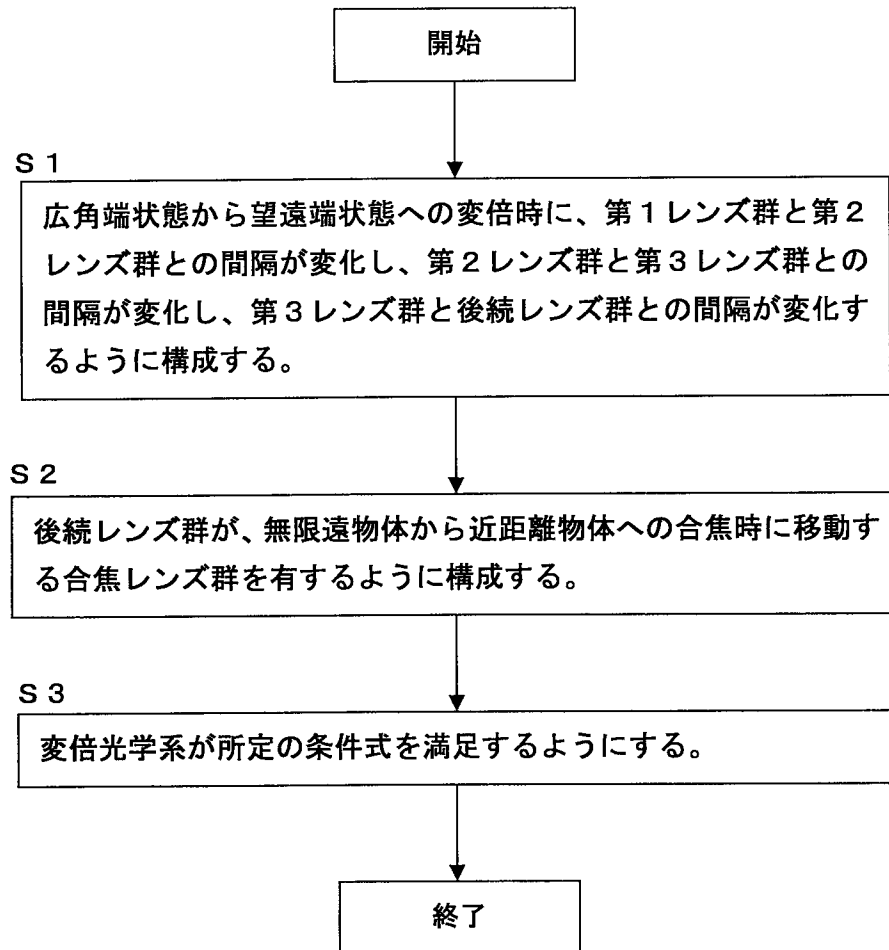
図24C



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032695

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G02B15/20, G02B13/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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 2011-099925 A (NIKON CORP.) 19 May 2011, example 6 & US 2011/0102905 A1, example 6 & CN 102053345 A & CN 105137695 A & CN 105974565 A & CN 106094180 A	1-3, 5, 7-8, 11-12 4, 6, 9-10
X A	JP 2011-107188 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 02 June 2011, numerical examples 1-10 (Family: none)	1, 3, 5-6, 8-12 2, 4, 7
X A	JP 2011-128445 A (SONY CORP.) 30 June 2011, numerical examples 1-2, 4-5 & US 2011/0149119 A1, embodiments 1-2, 4-5 & CN 102103253 A	1-3, 5-7, 9-12 4, 8
X A	JP 2011-237832 A (NIKON CORP.) 24 November 2011, examples 1-3 (Family: none)	1-3, 5, 7, 9, 11-12 4, 6, 8, 10



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
27.11.2017

Date of mailing of the international search report
05.12.2017

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/JP2017/032695

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 2012-042512 A (OLYMPUS IMAGING CORP.) 01 March 2012, numerical examples 1-5 & US 2012/0038795 A1, examples 1-5	1, 3, 5-12 2, 4
X A	JP 2012-78788 A (TAMRON CO., LTD.) 19 April 2012, examples 1-3 (Family: none)	1-4, 7-9, 11-12 5-6, 10
X A	JP 2011-22191 A (SONY CORP.) 03 February 2011, examples 1, 3-4 & US 2011/0007396 A1, embodiments 1, 3-4	1, 3-7, 9, 11-12 2, 8, 10
X A	JP 2011-70220 A (FUJIFILM CORP.) 07 April 2011, examples 9, 11-12 (Family: none)	1, 3, 7-9, 11-12 2, 4-6, 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032695

Scope of search

Claim 1 sets forth, as pertains to lens configurations of a variable-power optical system, "comprising ... a third lens group having a positive refractive power ..., and a trailing lens group having a positive refractive power", and the invention in claim 1 is interpreted as also encompassing variable-power optical systems resulting from the addition of other lens groups to a variable-power optical system of a four-group configuration. However, the description only discloses variable-power optical systems of a five-group configuration and six-group configuration as specific examples of a variable-power optical system.

In the technical field of optics, it is common general technical knowledge that variable-power optical systems constituted of different configurations of lens groups will, in general, have different optical performance in terms of aberration and the like. There also cannot be found any grounds for expanding or generalizing the content disclosed in the description to the scope of the invention in claim 1.

The same is also true of the claims dependent on claim 1.

As such, the invention in claims 1 to 12 exceeds the scope disclosed in the description, and does not meet the requirements for support stipulated in PCT Article 6.

Accordingly, a meaningful search cannot be conducted for variable-power optical systems other than those of a five-group configuration or six-group configuration, and thus no such search was conducted.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

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

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B15/20, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2011-099925 A（株式会社ニコン）2011.05.19, 第6実施例 & US 2011/0102905 A1, Example 6 & CN 102053345 A & CN 105137695 A & CN 105974565 A & CN 106094180	1-3, 5, 7-8, 11-12
A	A	4, 6, 9-10
X	JP 2011-107188 A（オリンパスイメージング株式会社）2011.06.02, 数値実施例 1-10（ファミリーなし）	1, 3, 5-6, 8-12
A		2, 4, 7

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

27.11.2017

国際調査報告の発送日

05.12.2017

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）

瀬戸 息吹

2 V

5362

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 2011-128445 A (ソニー株式会社) 2011.06.30, 数値実施例 1-2、 数値実施例 4-5	1-3, 5-7, 9-12
A	& US 2011/0149119 A1, Embodiments 1-2, Embodiments 4-5 & CN 102103253 A	4, 8
X	JP 2011-237832 A (株式会社ニコン) 2011.11.24, 第 1-3 実施例 (フ ァミリーなし)	1-3, 5, 7, 9, 11-12
A		4, 6, 8, 10
X	JP 2012-042512 A (オリンパスイメージング株式会社) 2012.03.01, 数値実施例 1-5	1, 3, 5-12
A	& US 2012/0038795 A1, Examples 1-5	2, 4
X	JP 2012-78788 A (株式会社タムロン) 2012.04.19, 実施例 1-3 (フ ァミリーなし)	1-4, 7-9, 11-12
A		5-6, 10
X	JP 2011-22191 A (ソニー株式会社) 2011.02.03, 第 1 の実施の形態、 第 3-4 の実施の形態	1, 3-7, 9, 11-12
A	& US 2011/0007396 A1, Embodiment 1, Embodiments 3-4	2, 8, 10
X	JP 2011-70220 A (富士フイルム株式会社) 2011.04.07, 実施例 9、 実施例 11-12 (ファミリーなし)	1, 3, 7-9, 11-12
A		2, 4-6, 10

<調査対象について>

請求項1には、変倍光学系のレンズ構成に関して、「……正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する後続レンズ群とを有し、」と記載されており、請求項1にかかる発明には、4群構成の変倍光学系に、他のレンズ群を追加した変倍光学系も含まれると解されるが、明細書には、変倍光学系の具体例として、5群構成又は6群構成の変倍光学系が記載されているのみである。

そして、光学の技術分野においては、変倍光学系を構成するレンズ群の構成が異なると、一般に、収差等の光学性能が異なることが技術常識であり、また、請求項1にかかる発明の範囲まで、明細書に開示された内容を拡張ないし一般化するための根拠も見出せない。

また、請求項1に従属する請求項についても同様である。

したがって、請求項1ないし12に係る発明は、明細書に記載した範囲を超えるものであり、PCT第6条に規定される裏付けに関する要件を満たしていない。

よって、5群構成又は6群構成以外の変倍光学系については、有意義な調査を行うことができないため、調査を行わなかった。