

(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
2022年1月13日(13.01.2022)



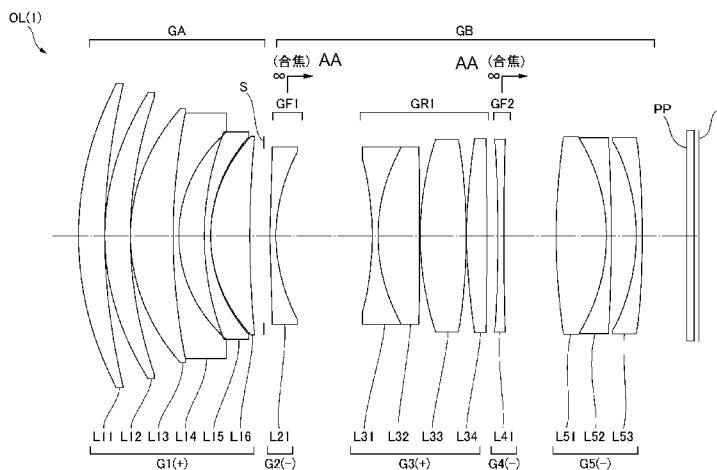
(10) 国際公開番号

WO 2022/009588 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/021709
- (22) 国際出願日: 2021年6月8日(08.06.2021)
- (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 2020-118389 2020年7月9日(09.07.2020) 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: 村谷 真美 (MURATANI, Mami); 〒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: 大西 正悟, 外(OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, OPTICAL APPARATUS, AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器、および光学系の製造方法



AA Focusing

(57) Abstract: This optical system (OL) comprises a front group (GA), a stop (S), and a rear group (GB) that are arranged in order from the object side along an optical axis. The rear group (GB) has a focusing lens group (GF1) disposed closest to the object side in the rear group (GB) and having negative refractive power, during focusing, the focusing lens group moves along the optical axis, and the spacing between adjacent lens groups changes, and the following conditional expression is satisfied. $0.50 < ST/TL < 0.95$, where ST is the distance on the optical axis from the stop (S) to an image surface (I),



WO 2022/009588 A1

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

and TL is the total length of the optical system (OL).

(57) 要約 : 光学系 (OL) は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群 (GA) と、絞り (S) と、後群 (GB) とからなり、後群 (GB) は、後群 (GB) の最も物体側に配置された負の屈折力を有する合焦レンズ群 (GF1) を有し、合焦の際、合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、以下の条件式を満足する。 $0.50 < ST / TL < 0.95$ 但し、ST : 絞り (S) から像面 (I) までの光軸上の距離 TL : 光学系 (OL) の全長

明 細 書

発明の名称：光学系、光学機器、および光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、光学機器、および光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、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光学系が提案されている（例えば、特許文献1を参照）。このような光学系においては、合焦の際の画角変動を抑えることが求められている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-197471号公報

発明の概要

[0004] 本発明に係る光学系は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群と、絞りと、後群とからなり、前記後群は、前記後群の最も物体側に配置された負の屈折力を有する合焦レンズ群を有し、合焦の際、前記合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、以下の条件式を満足する。

$$0.50 < ST / TL < 0.95$$

但し、ST：前記絞りから像面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

[0005] 本発明に係る光学機器は、上記光学系を備えて構成される。

[0006] 本発明に係る光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群と、絞りと、後群とからなる光学系の製造方法であって、前記後群は、前記後群の最も物体側に配置された負の屈折力を有する合焦レンズ群を有し、合焦の際、前記合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、以下の条件式を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$0.50 < ST / TL < 0.95$$

但し、ST：前記絞りから像面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図2]図2(A)、図2(B)はそれぞれ、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図3]第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図4]図4(A)、図4(B)はそれぞれ、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図5]第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図6]図6(A)、図6(B)はそれぞれ、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図7]第4実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図8]図8(A)、図8(B)はそれぞれ、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図9]第5実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図10]図10(A)、図10(B)はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図11]第6実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図12]図12(A)、図12(B)はそれぞれ、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図13]第7実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図14]図14(A)、図14(B)はそれぞれ、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図15]第8実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図16]図16(A)、図16(B)はそれぞれ、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時、近距離合焦時の諸収差図である。

[図17]本実施形態に係る光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図18]本実施形態に係る光学系の製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明に係る好ましい実施形態について説明する。まず、本実施形態に係る光学系を備えたカメラ（光学機器）を図17に基づいて説明する。このカメラ1は、図17に示すように、本体2と、本体2に装着される撮影レンズ3により構成される。本体2は、撮像素子4と、デジタルカメラの動作を制御する本体制御部（不図示）と、液晶画面5とを備える。撮影レンズ3は、複数のレンズ群からなる光学系OLと、各レンズ群の位置を制御するレンズ位置制御機構（不図示）とを備える。レンズ位置制御機構は、レンズ群の位置を検出するセンサと、レンズ群を光軸に沿って前後に移動させるモータと、モータを駆動する制御回路などにより構成される。

[0009] 被写体からの光は、撮影レンズ3の光学系OLにより集光されて、撮像素子4の像面1上に到達する。像面1に到達した被写体からの光は、撮像素子4により光電変換され、デジタル画像データとして不図示のメモリに記録される。メモリに記録されたデジタル画像データは、ユーザの操作に応じて液晶画面5に表示することが可能である。なお、このカメラは、ミラーレスカメラでも、クイックリターンミラーを有した一眼レフタイプのカメラであっても良い。また、図17に示す光学系OLは、撮影レンズ3に備えられる光学系を模式的に示したものであり、光学系OLのレンズ構成はこの構成に限定されるものではない。

[0010] 次に、本実施形態に係る光学系について説明する。本実施形態に係る光学系（撮影レンズ）OLの一例としての光学系OL(1)は、図1に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群GAと、絞り（開口絞り）Sと、後群GBとから構成される。後群GBは、後群GBの最も物体側に配置された負の屈折力を有する合焦レンズ群（GF1）を有して構成される。合焦の際、合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0011] 上記構成の下、本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(1)を満足する。

$$0.50 < ST / TL < 0.95 \quad \dots (1)$$

但し、ST：絞りSから像面Iまでの光軸上の距離

TL：光学系OLの全長

[0012] 本実施形態によれば、合焦の際の画角変動が少ない光学系、およびこの光学系を備えた光学機器を得ることが可能になる。本実施形態に係る光学系OLは、図3に示す光学系OL(2)でも良く、図5に示す光学系OL(3)でも良く、図7に示す光学系OL(4)でも良く、図9に示す光学系OL(5)でも良い。また、本実施形態に係る光学系OLは、図11に示す光学系OL(6)でも良く、図13に示す光学系OL(7)でも良く、図15に示す光学系OL(8)でも良い。

[0013] 条件式(1)は、絞りSから像面Iまでの光軸上の距離と、光学系OLの全長との適切な関係を規定するものである。条件式(1)を満足することで、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0014] 条件式(1)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の画角変動を抑えることが困難になる。条件式(1)の下限値を、0.53、0.55、0.58、0.60、0.63、さらに0.65に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(1)の上限値を、0.93、0.90、0.88、0.85、0.83、0.80、さらに0.78に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0015] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$0.65 < (-fF) / fA < 1.20 \quad \dots (2)$$

但し、fF：合焦レンズ群の焦点距離

fA：前群GAの焦点距離

[0016] 条件式(2)は、合焦レンズ群の焦点距離と、前群GAの焦点距離との適

切な関係を規定するものである。条件式（２）を満足することで、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0017] 条件式（２）の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の画角変動を抑えることが困難になる。条件式（２）の下限値を、０．６８、０．７０、０．７３、０．７５、さらに０．７７に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式（２）の上限値を、１．１８、１．１５、１．１３、１．００、さらに１．０９に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0018] 本実施形態に係る光学系OLにおいて、後群GBは、合焦レンズ群より像面側に配置された少なくとも一つのレンズ群を有し、以下の条件式（３）を満足することが望ましい。

$$0.70 < (-fF) / fR < 1.80 \quad \dots (3)$$

但し、 fF ：合焦レンズ群の焦点距離

fR ：前記少なくとも一つのレンズ群の合成焦点距離

[0019] 条件式（３）は、合焦レンズ群の焦点距離と、合焦レンズ群より像面側に配置された少なくとも一つのレンズ群の合成焦点距離との適切な関係を規定するものである。なお、前記少なくとも一つのレンズ群の合成焦点距離は、無限遠物体合焦時の合成焦点距離である。また、前記少なくとも一つのレンズ群の合成焦点距離は、レンズ群の数が一つの場合、当該一つのレンズ群の焦点距離であり、レンズ群の数が複数の場合、当該複数のレンズ群の合成焦点距離である。条件式（３）を満足することで、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0020] 条件式（３）の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の画角変動を抑えることが困難になる。条件式（３）の下限値を、０．７３、０．７５、０．７８、０．８０、さらに０．８３に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式（３）の上限値を、１．７８、１．７５、１．７３、１．７０、１．６８、１．６５、さらに１．６３に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするこ

できる。

[0021] 本実施形態に係る光学系OLにおいて、後群GBは、合焦レンズ群の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1を有し、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$0.00 < \beta_{R1} / \beta_F < 0.25 \quad \dots (4)$$

但し、 β_{R1} ：無限遠物体合焦時の後続レンズ群GR1の横倍率

β_F ：無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率

[0022] 条件式(4)は、無限遠物体合焦時の後続レンズ群GR1の横倍率と、無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率との適切な関係を規定するものである。条件式(4)を満足することで、合焦の際の像倍率の変動を少なくすることができる。

[0023] 条件式(4)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の像倍率の変動を抑えることが困難になる。条件式(4)の下限値を0.01に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(4)の上限値を、0.23、0.20、0.18、0.16、さらに0.15に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0024] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.03 < \Delta x / f < 0.35 \quad \dots (5)$$

但し、 Δx ：無限遠物体から近距離物体への合焦の際の合焦レンズ群の移動量

f：光学系OLの焦点距離

[0025] 条件式(5)は、合焦の際の合焦レンズ群の移動量と、光学系OLの焦点距離との適切な関係を規定するものである。条件式(5)を満足することで、像面湾曲、球面収差、コマ収差等を良好に補正することができる。なお、本実施形態において、合焦レンズ群の像面側への移動量の符号を+とし、物体側への移動量の符号を-とする。

[0026] 条件式(5)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、像面湾曲、球面収差、コマ収差等を補正することが困難になる。条件式(5)の下限値を、0.04、0.06、さらに0.08に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(5)の上限値を、0.33、0.30、0.28、0.25、0.23、0.20、さらに0.18に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0027] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$0.65 < f / (-fF) < 1.60 \quad \dots (6)$$

但し、 f ：光学系OLの焦点距離

fF ：合焦レンズ群の焦点距離

[0028] 条件式(6)は、光学系OLの焦点距離と、合焦レンズ群の焦点距離との適切な関係を規定するものである。条件式(6)を満足することで、色収差、像面湾曲等を良好に補正することができる。

[0029] 条件式(6)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、色収差、像面湾曲等を補正することが困難になる。条件式(6)の下限値を、0.68、0.70、さらに0.73に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(6)の上限値を、1.58、1.55、1.53、1.50、1.48、1.45、1.43、さらに1.40に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0030] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$2.00 < TL / (FNO \times Bf) < 10.00 \quad \dots (7)$$

但し、 FNO ：光学系OLのFナンバー

Bf ：光学系OLのバックフォーカス

[0031] 条件式(7)は、光学系OLの全長と、光学系OLのFナンバーおよびバックフォーカスとの適切な関係を規定するものである。条件式(7)を満足

することで、周辺光量まで十分に確保し、大口径で且つバックフォーカスが短い光学系とすることが可能である。なお、条件式（7）および後述の条件式（14）における光学系OLのバックフォーカスは、光学系OLの最も像面側に配置されたレンズにおける像面側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離（空気換算距離）を示す。

[0032] 条件式（7）の対応値が上記範囲を外れてしまうと、画角の周辺における光量を十分に確保することが困難となる。条件式（7）の下限値を、2.10、2.15、2.20、2.25、2.30、2.35、2.40、さらに2.43に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式（7）の上限値を、9.85、9.65、9.60、9.55、9.50、9.45、さらに9.40に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0033] 本実施形態に係る光学系OLにおいて、合焦レンズ群は、1つの負レンズ成分から構成されることが望ましい。これにより、合焦レンズ群が軽量になるため、無限遠物体から近距離物体への合焦を高速で行うことが可能になる。なお、本実施形態において、レンズ成分は、単レンズ又は接合レンズを示すものである。

[0034] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式（8）を満足することが望ましい。

$$-2.50 < (r_{FR2} + r_{FR1}) / (r_{FR2} - r_{FR1}) < -0.25$$

・・・（8）

但し、 r_{FR1} ：合焦レンズ群における最も物体側のレンズ面の曲率半径

r_{FR2} ：合焦レンズ群における最も像面側のレンズ面の曲率半径

[0035] 条件式（8）は、合焦レンズ群を構成するレンズのシェイプファクターについて適切な範囲を規定するものである。条件式（8）を満足することで、球面収差、コマ収差等を良好に補正することができる。

[0036] 条件式（８）の対応値が上記範囲を外れてしまうと、球面収差、コマ収差等を補正することが困難になる。条件式（８）の下限値を、 -2.45 、 -2.40 、 -2.35 、 -2.30 、 -2.25 、さらに -2.23 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式（８）の上限値を、 -0.30 、 -0.33 、 -0.35 、 -0.38 、 -0.40 、 -0.43 、 -0.45 、 -0.48 、さらに -0.50 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0037] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式（９）を満足することが望ましい。

$$0.90 < (r_{NR2} + r_{NR1}) / (r_{NR2} - r_{NR1}) < 2.65$$

．．（９）

但し、 r_{NR1} ：光学系OLの最も像面側に配置されたレンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

r_{NR2} ：光学系OLの最も像面側に配置されたレンズにおける像面側のレンズ面の曲率半径

[0038] 条件式（９）は、光学系OLの最も像面側に配置されたレンズのシェイプファクターについて適切な範囲を規定するものである。条件式（９）を満足することで、球面収差や歪曲収差を良好に補正することができる。

[0039] 条件式（９）の対応値が上記範囲を外れてしまうと、球面収差や歪曲収差を補正することが困難になる。条件式（９）の下限値を、 0.93 、 0.95 、 0.98 、 1.00 、さらに 1.02 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式（９）の上限値を、 2.60 、 2.58 、 2.55 、 2.53 、 2.50 、 2.48 、さらに 2.45 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0040] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式（１０）を満足することが

望ましい。

$$0.08 < 1/\beta F < 0.55 \quad \dots (10)$$

但し、 βF ：無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率

[0041] 条件式(10)は、無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率について適切な範囲を規定するものである。条件式(10)を満足することで、無限遠物体合焦時の球面収差や像面湾曲などの諸収差を良好に補正することができる。

[0042] 条件式(10)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、無限遠物体合焦時の球面収差や像面湾曲などの諸収差を補正することが困難になる。条件式(10)の下限値を、0.10、0.12、さらに0.14に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(10)の上限値を、0.53、0.50、0.48、0.45、さらに0.43に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0043] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$\{\beta F + (1/\beta F)\}^{-2} < 0.15 \quad \dots (11)$$

但し、 βF ：無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率

[0044] 条件式(11)は、無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率について適切な範囲を規定するものである。条件式(11)を満足することで、無限遠物体合焦時の球面収差や像面湾曲などの諸収差を良好に補正することができる。

[0045] 条件式(11)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、無限遠物体合焦時の球面収差や像面湾曲などの諸収差を補正することが困難になる。条件式(11)の上限値を0.14、さらに0.13に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0046] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$0.003 < BLDF / TL < 0.060 \quad \dots (12)$$

但し、BLDF：合焦レンズ群の光軸上の長さ

[0047] 条件式(12)は、合焦レンズ群の光軸上の長さ、光学系OLの全長との適切な関係を規定するものである。条件式(12)を満足することで、合焦レンズ群を軽量化することができ、合焦の際の諸収差の変動を抑えることができる。

[0048] 条件式(12)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の諸収差の変動を補正することが困難になる。条件式(12)の下限値を、0.004、0.006、さらに0.008に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(12)の上限値を、0.058、0.055、0.053、0.050、0.048、0.045、さらに0.043に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0049] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(13)を満足することが望ましい。

$$0.05 < \beta B / \beta F < 0.50 \quad \dots (13)$$

但し、 βB ：無限遠物体合焦時の後群GBの横倍率

βF ：無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率

[0050] 条件式(13)は、無限遠物体合焦時の後群GBの横倍率と、無限遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率との適切な関係を規定するものである。条件式(13)を満足することで、無限遠物体合焦時の画角変動を抑えることができる。

[0051] 条件式(13)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、無限遠物体合焦時の画角変動を抑えることが困難になる。条件式(13)の下限値を、0.06、0.08、0.10、さらに0.12に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(13)の上限値を、0.48、0.45、0.43、0.40、さらに0.38に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0052] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(14)を満足することが望ましい。

$$0.05 < Bf / TL < 0.25 \quad \dots (14)$$

但し、Bf：光学系OLのバックフォーカス

[0053] 条件式(14)は、光学系OLのバックフォーカスと、光学系OLの全長との適切な関係を規定するものである。条件式(14)を満足することで、光学系の全長に対してバックフォーカスを短くすることができ、光学系の小型化が可能となり好ましい。

[0054] 条件式(14)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、光学系の全長に対してバックフォーカスが長くなり、光学系の小型化が困難となる。条件式(14)の下限値を0.06、さらに0.08に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(14)の上限値を0.24、さらに0.22に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0055] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(15)を満足することが望ましい。

$$1.00 < FNO < 3.00 \quad \dots (15)$$

但し、FNO：光学系OLのFナンバー

[0056] 条件式(15)は、光学系OLのFナンバーについて適切な範囲を規定するものである。条件式(15)を満足することで、明るい光学系が得られるので好ましい。条件式(15)の下限値を、1.10、1.15、さらに1.20に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(15)の上限値を、2.85、2.70、2.60、2.50、2.40、2.30、2.20、さらに2.10に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0057] 本実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(16)を満足することが望ましい。

$$12.00^\circ < 2\omega < 40.00^\circ \quad \dots (16)$$

但し、 2ω ：光学系OLの全画角

[0058] 条件式(16)は、光学系OLの全画角について適切な範囲を規定するものである。条件式(16)を満足することで、画角の広い光学系が得られるので好ましい。条件式(16)の下限値を、 12.50° 、 13.00° 、 13.50° 、 14.00° 、さらに 14.50° に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、条件式(16)の上限値を、 38.50° 、 37.00° 、 36.00° 、さらに 35.50° に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0059] 続いて、図18を参照しながら、本実施形態に係る光学系OLの製造方法について概説する。まず、光軸に沿って物体側から順に、前群GAと、絞り(開口絞り)Sと、後群GBとを配置する(ステップST1)。次に、後群GBの最も物体側に負の屈折力を有する合焦レンズ群(GF1)を配置する(ステップST2)。次に、合焦の際、合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように構成する(ステップST3)。そして、少なくとも上記条件式(1)を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する(ステップST4)。このような製造方法によれば、合焦の際の画角変動が少ない光学系を製造することが可能になる。

実施例

[0060] 以下、本実施形態の実施例に係る光学系OLを図面に基づいて説明する。図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15は、第1～第8実施例に係る光学系OL{OL(1)～OL(8)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。第1～第8実施例に係る光学系OL(1)～OL(8)の断面図では、無限遠から近距離物体へ合焦する際の各合焦レンズ群の光軸に沿った移動方向を、「合焦」という文字とともに矢印で示している。

[0061] これら図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15において、各レンズ群を符号Gと数字の組み合わせにより、各レンズを符号Lと数字の組み合わせにより、それぞれ表している。この場合において、符号、数字

の種類および数が大きくなって煩雑化するのを防止するため、実施例毎にそれぞれ独立して符号と数字の組み合わせを用いてレンズ群等を表している。このため、実施例間で同一の符号と数字の組み合わせが用いられていても、同一の構成であることを意味するものではない。

[0062] 以下に表1～表8を示すが、この内、表1は第1実施例、表2は第2実施例、表3は第3実施例、表4は第4実施例、表5は第5実施例、表6は第6実施例、表7は第7実施例、表8は第8実施例における各諸元データを示す表である。各実施例では収差特性の算出対象として、d線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）、g線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）を選んでいる。

[0063] [全体諸元]の表において、 f はレンズ全系の焦点距離、 FNO はFナンバー、 2ω は画角（単位は $^{\circ}$ （度）で、 ω が半画角である）、 Y は像高を示す。 TL は無遠合焦時の光軸上でのレンズ最前面からレンズ最終面までの距離に Bf を加えた距離を示し、 Bf は無遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面Iまでの距離（バックフォーカス）を示す。 $Bf(a)$ は光学系の最も像面側に配置されたレンズにおける像面側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離（空気換算距離）を示す。また、[全体諸元]の表において、 fA は前群の焦点距離を示す。 fR は後群における最も物体側の合焦レンズ群より像面側に配置された少なくとも一つのレンズ群の合成焦点距離を示す。 Δx は無遠物体から近距離物体への合焦の際の合焦レンズ群の移動量を示す。 βF は無遠物体合焦時の合焦レンズ群の横倍率を示す。 βB は無遠物体合焦時の後群の横倍率を示す。 $\beta R1$ は無遠物体合焦時の後続レンズ群の横倍率を示す。

[0064] [レンズ諸元]の表において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からの光学面の順序を示し、 R は各光学面の曲率半径（曲率中心が像側に位置する面を正の値としている）、 D は各光学面から次の光学面（又は像面）までの光軸上の距離である面間隔、 nd は光学部材の材料のd線に対する屈折率、 νd は光学部材の材料のd線を基準とするアッペ数をそれぞれ示す。曲率半径の「 ∞ 」は平面又は開口を、（絞りS）は開口絞りSをそれぞれ

示す。空気の屈折率 $n_d = 1.00000$ の記載は省略している。

[0065] [可変間隔データ] の表には、[レンズ諸元] の表において面間隔が (D_i) となっている面番号 i での面間隔を示す。なお、 D_0 は物体から光学系における最も物体側の光学面までの距離を示す。[可変間隔データ] の表において、 f はレンズ全系の焦点距離を、 β は撮影倍率をそれぞれ示す。

[0066] [レンズ群データ] の表には、各レンズ群のそれぞれの始面（最も物体側の面）と焦点距離を示す。

[0067] 以下、全ての諸元値において、掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 R 、面間隔 D 、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、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ので、これに限られるものではない。

[0068] ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

[0069] (第1実施例)

第1実施例について、図1～図2および表1を用いて説明する。図1は、第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第1実施例に係る光学系 $OL(1)$ は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、負の屈折力を有する第5レンズ群 $G5$ とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群 $G2$ および第4レンズ群 $G4$ が光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群 $G1$ 、第3レンズ群 $G3$ 、および第5レンズ群 $G5$ は、像面 I に対して固定される。各レンズ群記号に付けている符号 (+) もしくは (-) は各レンズ群の屈折力を示し、このことは以下の全ての実施例でも同様である。

[0070] 開口絞り S は、第1レンズ群 $G1$ と第2レンズ群 $G2$ との間に配設される。合焦の際、開口絞り S は、像面 I に対して固定される。本実施例では、第

1 レンズ群G 1 が前群G Aを構成し、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 が後群G Bを構成する。また、第2 レンズ群G 2 が、後群G Bの最も物体側に配置された第1 合焦レンズ群G F 1 に該当する。第3 レンズ群G 3 が、第1 合焦レンズ群G F 1の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群G R 1 に該当する。第4 レンズ群G 4 が、第1 合焦レンズ群G F 1より像面側に配置された第2 合焦レンズ群G F 2 に該当する。

[0071] 第1 レンズ群G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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正メニスカスレンズL 1 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 4とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 5と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 6と、から構成される。第2 レンズ群G 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1から構成される。

[0072] 第3 レンズ群G 3 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL 3 1と両凸形状の正レンズL 3 2とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズL 3 3と、両凸形状の正レンズL 3 4と、から構成される。第4 レンズ群G 4 は、両凹形状の負レンズL 4 1から構成される。

[0073] 第5 レンズ群G 5 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 5 1と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 2とが接合された接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 3と、から構成される。第5 レンズ群G 5の像側に、像面I が配置される。第5 レンズ群G 5と像面Iとの間に、平行平板P Pが配置される。

[0074] 以下の表1に、第1 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0075] (表1)

[全体諸元]

$f = 87.000$	$f A = 89.351$
$F N O = 1.424$	$f R = 64.417$

$$2 \omega = 28.285$$

$$\Delta x = 12.719$$

$$Y = 21.600$$

$$\beta F = 2.601$$

$$T L = 129.013$$

$$\beta B = 0.974$$

$$B f = 1.000$$

$$\beta R 1 = 0.359$$

$$B f (a) = 11.168$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
1	69.6342	5.430	1.9591	17.47
2	132.1539	0.116		
3	55.3642	5.244	2.0010	29.13
4	89.6665	0.100		
5	40.4445	8.778	1.5503	75.49
6	140.0000	1.200	1.8548	24.80
7	29.5861	5.360		
8	63.3783	1.200	1.9229	20.88
9	31.8132	0.100		
10	31.2943	8.078	1.7292	54.67
11	237.3897	2.787		
12	∞	(D12)		(絞り S)
13	438.3400	1.200	1.5163	64.14
14	38.4472	(D14)		
15	-65.9934	1.200	1.7783	23.91
16	39.9168	8.673	1.8040	46.53
17	-723.3882	0.100		
18	70.0000	9.587	1.8160	46.62
19	-124.9732	0.100		
20	135.5192	4.257	1.9591	17.47
21	-631.3761	(D21)		

22	-255.5306	1.200	1.6989	30.13
23	1196.1373	(D23)		
24	148.6618	10.553	1.9591	17.47
25	-40.7482	1.000	1.8929	20.36
26	-348.6817	5.247		
27	-43.6865	1.200	1.7783	23.91
28	-175.9036	9.113		
29	∞	1.600	1.5168	63.88
30	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 87.000$	$\beta = -0.034$	$\beta = -0.126$
D0	∞	2570.805	728.956
D12	1.500	4.805	14.219
D14	19.979	16.674	7.260
D21	2.293	4.042	10.530
D23	10.820	9.071	2.583

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	89.351
G2	13	-81.705
G3	15	54.836
G4	22	-301.138
G5	24	-611.471

[0076] 図2(A)は、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図2(B)は、第1実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。無限遠合焦時の各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。近距離合焦時の各収差図において、NAは開口数、Yは像高をそ

れぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高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。dはd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）、gはg線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）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。なお、以下に示す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、重複する説明は省略する。

[0077] 各諸収差図より、第1実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0078] （第2実施例）

第2実施例について、図3～図4および表2を用いて説明する。図3は、第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第2実施例に係る光学系OL(2)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、および第5レンズ群G5は、像面Iに対して固定される。

[0079] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が、第1合焦レンズ群GF1の像面

側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。第4レンズ群G4が、第1合焦レンズ群GF1より像面側に配置された第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0080] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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正メニスカスレンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15と、から構成される。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21から構成される。

[0081] 第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズL33と、から構成される。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41から構成される。

[0082] 第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL51と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL52と、から構成される。第5レンズ群G5の像側に、像面Iが配置される。第5レンズ群G5と像面Iとの間に、平行平板PPが配置される。

[0083] 以下の表2に、第2実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0084] (表2)

[全体諸元]

$f = 84.853$	$f_A = 83.808$
$FNO = 1.855$	$f_R = 70.031$
$2\omega = 28.002$	$\Delta x = 8.031$
$Y = 21.600$	$\beta_F = 4.398$
$TL = 114.050$	$\beta_B = 1.012$
$Bf = 1.000$	$\beta_{R1} = 0.165$

$$B f (a) = 11.205$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
1	57.5903	6.716	1.8081	22.76
2	250.0000	4.134		
3	54.4191	3.242	1.7725	49.60
4	87.8376	0.100		
5	42.6165	6.392	1.4560	91.37
6	-1029.0613	1.200	2.0007	25.46
7	30.7264	7.020		
8	33.1538	7.106	1.4978	82.57
9	2847.8763	2.046		
10	∞	(D10)		(絞りS)
11	1361.3846	1.200	1.5530	55.07
12	35.8243	(D12)		
13	105.7816	1.200	1.8052	25.46
14	30.0129	5.549	1.7292	54.67
15	177.6261	7.465		
16	70.0000	6.745	2.0007	25.46
17	-91.9564	(D17)		
18	135.9285	1.200	1.6730	38.26
19	50.2105	(D19)		
20	85.3901	2.439	2.0010	29.13
21	157.8735	6.189		
22	-36.1082	4.843	1.8081	22.76
23	-200.0000	9.150		
24	∞	1.600	1.5168	63.88
25	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 84.853$	$\beta = -0.034$	$\beta = -0.120$
D0	∞	2544.448	725.082
D10	1.500	3.593	9.531
D12	11.802	9.709	3.771
D17	6.374	7.694	11.374
D19	7.839	6.518	2.839

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	83.808
G2	11	-66.556
G3	13	40.059
G4	18	-118.979
G5	20	-84.660

[0085] 図4 (A) は、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図4 (B) は、第2実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第2実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0086] (第3実施例)

第3実施例について、図5～図6および表3を用いて説明する。図5は、第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第3実施例に係る光学系OL (3) は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成される。無限遠物体から近

距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、および第5レンズ群G5は、像面Iに対して固定される。

[0087] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が、第1合焦レンズ群GF1の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。第4レンズ群G4が、第1合焦レンズ群GF1より像面側に配置された第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0088] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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正メニスカスレンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14とが接合された接合レンズと、から構成される。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21から構成される。

[0089] 第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31から構成される。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41から構成される。

[0090] 第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL51と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL52と、から構成される。第5レンズ群G5の像側に、像面Iが配置される。第5レンズ群G5と像面Iとの間に、平行平板PPが配置される。

[0091] 以下の表3に、第3実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0092] (表3)

[全体諸元]

$f = 82.010$	$f A = 102.479$
$F N O = 2.060$	$f R = 82.146$
$2 \omega = 28.969$	$\Delta x = 10.381$
$Y = 21.600$	$\beta F = 2.495$
$T L = 90.023$	$\beta B = 0.800$
$B f = 1.000$	$\beta R 1 = 0.202$
$B f (a) = 17.858$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	$n d$	νd
1	46.5771	5.350	1.7725	49.60
2	179.4303	0.100		
3	40.3285	4.836	1.4970	81.61
4	129.0466	0.100		
5	33.5684	6.218	1.4560	91.37
6	-229.0734	1.000	1.9004	37.37
7	29.9047	5.182		
8	∞	(D8)		(絞りS)
9	88.7347	1.000	1.4875	70.23
10	33.2383	(D10)		
11	40.9864	8.072	1.7130	53.87
12	-66.9077	(D12)		
13	159.0319	1.157	1.5814	40.75
14	37.2505	(D14)		
15	46.6687	2.874	1.8590	22.73
16	78.4005	7.093		
17	-26.5540	3.000	1.9037	31.31
18	-63.6154	15.803		

19	∞	1.600	1.5168	63.88
20	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 82.010$	$\beta = -0.032$	$\beta = -0.113$
D0	∞	2519.887	756.709
D8	1.066	3.911	11.447
D10	17.056	14.211	6.675
D12	1.148	2.146	4.829
D14	6.369	5.372	2.688

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	102.479
G2	9	-109.666
G3	11	36.793
G4	13	-83.956
G5	15	-101.166

[0093] 図6(A)は、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図6(B)は、第3実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第3実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0094] (第4実施例)

第4実施例について、図7～図8および表4を用いて説明する。図7は、第4実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第4実施例に係る光学系OL(4)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、および第5レンズ群G5は、像面Iに対して固定される。

[0095] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が、第1合焦レンズ群GF1の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。第4レンズ群G4が、第1合焦レンズ群GF1より像面側に配置された第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0096] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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正メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズL14と両凹形状の負レンズL15とが接合された接合レンズと、から構成される。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21から構成される。

[0097] 第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL32と、両凸形状の正レンズL33と、から構成される。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41から構成される。

[0098] 第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL51と、物体側に凸面を向けた正メニスカス

レンズL 5 2と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 3と、から構成される。第5レンズ群G 5の像側に、像面Iが配置される。第5レンズ群G 5と像面Iとの間に、平行平板P Pが配置される。

[0099] 以下の表4に、第4実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0100] (表4)

[全体諸元]

$f = 84.453$	$f A = 118.522$
$F N O = 1.242$	$f R = 61.307$
$2 \omega = 28.622$	$\Delta x = 10.784$
$Y = 21.600$	$\beta F = 3.780$
$T L = 130.011$	$\beta B = 0.713$
$B f = 1.000$	$\beta R 1 = 0.153$
$B f (a) = 11.185$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	νd
1	73.2143	10.224	1.8929	20.36
2	453.0360	0.100		
3	54.5976	9.054	1.5503	75.49
4	258.6524	1.000	1.7283	28.46
5	39.1638	1.660		
6	45.1558	12.609	1.5928	68.62
7	-100.3906	1.000	1.9229	20.88
8	119.0758	4.000		
9	∞	(D9)		(絞りS)
10	361.2899	1.000	1.5530	55.07
11	47.0735	(D11)		
12	-36.4250	1.300	1.6398	34.47
13	-49.6895	0.100		

14	-131.6092	5.891	1.7292	54.67
15	-54.7849	0.100		
16	50.6772	14.609	1.7725	49.60
17	-230.5704	(D17)		
18	113.4024	1.000	1.8081	22.74
19	52.3424	(D19)		
20	89.2568	1.000	1.9229	20.88
21	36.4463	0.100		
22	36.3836	9.726	1.9591	17.47
23	183.6004	8.074		
24	-38.1283	1.000	1.7408	27.79
25	-98.0949	9.130		
26	∞	1.600	1.5168	63.88
27	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 84.453$	$\beta = -0.043$	$\beta = -0.087$
D0	∞	2018.279	1007.763
D9	2.000	6.974	12.784
D11	21.625	16.651	10.841
D17	2.000	4.186	6.592
D19	9.109	6.923	4.518

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	118.522
G2	10	-97.991
G3	12	43.900
G4	18	-121.185

G5 20 -251.050

[0101] 図8 (A) は、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図8 (B) は、第4実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第4実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0102] (第5実施例)

第5実施例について、図9～図10および表5を用いて説明する。図9は、第5実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第5実施例に係る光学系OL (5) は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、および第5レンズ群G5は、像面Iに対して固定される。

[0103] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が、第1合焦レンズ群GF1の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。第4レンズ群G4が、第1合焦レンズ群GF1より像面側に配置された第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0104] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面

を向けた正メニスカスレンズL 1 1と、両凸形状の正レンズL 1 2と両凹形状の負レンズL 1 3とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 4と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 5とが接合された接合レンズと、から構成される。第2レンズ群G 2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 2 1と両凹形状の負レンズL 2 2とが接合された負の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0105] 第3レンズ群G 3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 1と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 2と、から構成される。第4レンズ群G 4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL 4 1と両凹形状の負レンズL 4 2とが接合された負の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0106] 第5レンズ群G 5は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5 1と両凸形状の正レンズL 5 2とが接合された接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 3と、から構成される。第5レンズ群G 5の像側に、像面Iが配置される。第5レンズ群G 5と像面Iとの間に、平行平板P Pが配置される。

[0107] 以下の表5に、第5実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0108] (表5)

[全体諸元]

$f = 68.369$	$f A = 75.680$
$F N O = 1.850$	$f R = 52.672$
$2 \omega = 35.083$	$\Delta x = 11.502$
$Y = 21.600$	$\beta F = 6.768$
$T L = 116.082$	$\beta B = 0.903$
$B f = 1.000$	$\beta R 1 = 0.110$
$B f (a) = 11.055$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
1	113.3605	3.581	1.9229	18.90
2	259.4789	2.000		
3	64.8154	7.756	1.7495	35.28
4	-305.8877	1.000	1.9229	18.90
5	89.4171	9.650		
6	42.6939	1.000	1.9037	31.34
7	24.8498	8.072	1.6584	50.88
8	195.3643	2.647		
9	∞	(D9)		(絞りS)
10	-123.7398	2.263	1.8590	22.73
11	-60.4222	1.000	1.5225	59.84
12	34.0422	(D12)		
13	35.0724	8.638	1.6584	50.88
14	-72.0999	0.816		
15	-53.1994	6.085	2.0033	28.27
16	-57.0661	(D16)		
17	200.0000	4.047	1.5503	75.50
18	-70.0000	1.000	1.7888	28.43
19	88.7178	(D19)		
20	146.9186	1.000	1.7847	26.29
21	35.2338	8.408	2.0010	29.14
22	-294.1634	5.492		
23	-25.4180	1.000	1.6889	31.07
24	-199.9991	9.000		
25	∞	1.600	1.5168	63.88
26	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 68.369$	$\beta = -0.028$	$\beta = -0.148$
D0	∞	2500.000	500.000
D9	2.021	4.185	13.522
D12	20.093	17.929	8.591
D16	1.418	1.749	4.177
D19	5.496	5.164	2.737

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	75.680
G2	10	-59.462
G3	13	39.475
G4	17	-105.696
G5	20	-171.475

[0109] 図10(A)は、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図10(B)は、第5実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第5実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0110] (第6実施例)

第6実施例について、図11～図12および表6を用いて説明する。図11は、第6実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第6実施例に係る光学系OL(6)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が

光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、および第5レンズ群G5は、像面Iに対して固定される。

[0111] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が、第1合焦レンズ群GF1の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。第4レンズ群G4が、第1合焦レンズ群GF1より像面側に配置された第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0112] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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正メニスカスレンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16と、から構成される。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負メニスカスレンズL22とが接合された負の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0113] 第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL31と両凸形状の正レンズL32とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と、両凸形状の正レンズL34と、から構成される。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41から構成される。

[0114] 第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL51と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL52とが接合さ

れた接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53と、から構成される。第5レンズ群G5の像側に、像面Iが配置される。第5レンズ群G5と像面Iとの間に、平行平板PPが配置される。

[0115] 以下の表6に、第6実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0116] (表6)

[全体諸元]

$f = 79.983$	$f_A = 80.002$
$FNO = 1.650$	$f_R = 58.141$
$2\omega = 14.994$	$\Delta x = 8.575$
$Y = 21.600$	$\beta_F = 3.011$
$TL = 127.000$	$\beta_B = 1.000$
$Bf = 1.000$	$\beta_{R1} = 0.280$
$Bf(a) = 12.166$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d
1	110.5878	4.985	1.9630	24.11
2	283.6905	0.100		
3	63.6059	4.396	2.0033	28.27
4	89.9017	3.000		
5	80.0000	5.550	1.6935	53.20
6	383.6873	1.200	1.8929	20.36
7	84.9195	5.586		
8	48.6443	1.000	1.8467	23.78
9	28.2642	0.248		
10	28.4061	10.976	1.4970	81.61
11	231.2679	2.922		
12	∞	(D12)		(絞りS)
13	267.2771	1.500	1.6230	58.16

14	36.6616	3.000	1.8590	22.73
15	35.7069	(D15)		
16	-36.0649	1.000	1.7380	32.33
17	92.6451	8.190	1.7725	49.62
18	-48.8133	0.100		
19	64.0592	4.832	1.7725	49.60
20	306.9860	1.122		
21	88.0545	5.785	1.9229	20.88
22	-184.9624	(D22)		
23	140.5931	1.505	1.6910	54.82
24	48.6168	(D24)		
25	83.3736	11.265	1.8515	40.78
26	-30.3564	1.000	1.8081	22.74
27	-217.6682	3.835		
28	-42.0504	1.000	1.7783	23.91
29	-2185.7734	10.111		
30	∞	1.600	1.5168	63.88
31	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 79.983$	$\beta = -0.032$	$\beta = -0.113$
D0	∞	2544.448	725.082
D12	1.300	3.613	9.875
D15	18.706	16.393	10.131
D22	1.300	2.156	4.812
D24	8.887	8.031	5.375

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
---	----	------

G1	1	80.002
G2	13	-67.065
G3	16	41.282
G4	23	-108.270
G5	25	-1174.941

[0117] 図12(A)は、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図12(B)は、第6実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第6実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0118] (第7実施例)

第7実施例について、図13～図14および表7を用いて説明する。図13は、第7実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第7実施例に係る光学系OL(7)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3は、像面Iに対して固定される。

[0119] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された合焦レンズ群GFに該当する。第3レンズ群G3が、合焦レンズ群GFの像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。

[0120] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面

を向けた正メニスカスレンズL 1 1と、両凸形状の正レンズL 1 2と両凹形状の負レンズL 1 3とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 4と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 5とが接合された接合レンズと、から構成される。第2レンズ群G 2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 2 1と両凹形状の負レンズL 2 2とが接合された負の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0121] 第3レンズ群G 3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 1と、両凹形状の負レンズL 3 2と両凸形状の正レンズL 3 3とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズL 3 4と両凹形状の負レンズL 3 5とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 6と、両凸形状の正レンズL 3 7と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 8と、から構成される。第3レンズ群G 3の像側に、像面Iが配置される。第3レンズ群G 3と像面Iとの間に、平行平板P Pが配置される。

[0122] 以下の表7に、第7実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0123] (表7)

[全体諸元]

$f = 73.180$	$f A = 65.047$
$F N O = 1.857$	$f R = 61.979$
$2 \omega = 32.805$	$\Delta x = 7.838$
$Y = 21.600$	$\beta F = 5.900$
$T L = 119.318$	$\beta B = 1.125$
$B f = 1.006$	$\beta R 1 = 0.191$
$B f (a) = 11.061$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	νd
1	86.3436	3.855	1.9229	18.90

2	240.9219	0.100		
3	109.1989	5.811	1.7495	35.28
4	-148.8703	1.000	1.9229	20.88
5	100.0000	11.212		
6	40.0083	1.000	1.9037	31.31
7	23.8536	8.324	1.6968	55.53
8	541.8771	3.546		
9	∞	(D9)		(絞りS)
10	-102.6387	2.695	1.8590	22.73
11	-47.9027	1.940	1.5530	55.07
12	32.6973	(D12)		
13	34.2780	7.412	1.7015	41.24
14	-122.6095	0.204		
15	-30343.0670	1.113	1.9537	32.32
16	31.2978	6.189	1.7639	48.49
17	-1254.1635	1.400		
18	141.8350	5.000	1.5378	74.70
19	-48.4566	1.000	1.6398	34.47
20	90.6288	2.112		
21	240.5167	1.001	1.8548	24.80
22	37.9682	0.100		
23	37.4387	12.070	2.0007	25.46
24	-277.6337	5.753		
25	-23.7721	1.076	1.6730	38.26
26	-96.5381	9.000		
27	∞	1.600	1.5168	63.88
28	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 73.180$	$\beta = -0.029$	$\beta = -0.128$
D0	∞	2558.661	610.735
D9	2.242	3.982	10.080
D12	21.558	19.818	13.719

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	65.047
G2	10	-52.462
G3	13	61.979

[0124] 図14(A)は、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図14(B)は、第7実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第7実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0125] (第8実施例)

第8実施例について、図15～図16および表8を用いて説明する。図15は、第8実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第8実施例に係る光学系OL(8)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、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とから構成される。無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側へ移動し、第4レンズ群G4が光軸に沿って物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、および第5レンズ群G5は、像面Iに対して固定される。

[0126] 開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設される

。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して固定される。本実施例では、第1レンズ群G1が前群GAを構成し、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が後群GBを構成する。また、第2レンズ群G2が、後群GBの最も物体側に配置された第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が、第1合焦レンズ群GF1の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群GR1に該当する。第4レンズ群G4が、第1合焦レンズ群GF1より像面側に配置された第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0127] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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正メニスカスレンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14とが接合された接合レンズと、から構成される。第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21から構成される。

[0128] 第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31から構成される。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL41から構成される。

[0129] 第5レンズ群G5は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL51から構成される。第5レンズ群G5の像側に、像面Iが配置される。第5レンズ群G5と像面Iとの間に、平行平板PPが配置される。

[0130] 以下の表8に、第8実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0131] (表8)

[全体諸元]

$f = 82.010$	$f_A = 84.922$
$FNO = 2.050$	$f_R = 72.581$
$2\omega = 32.753$	$\Delta x = 8.605$
$Y = 21.600$	$\beta_F = 3.508$
$TL = 90.018$	$\beta_B = 0.966$
$Bf = 1.322$	$\beta_{R1} = 0.219$

$$Bf(a) = 16.376$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
1	49.7600	5.102	1.7550	52.32
2	207.7589	0.100		
3	43.3970	4.415	1.6180	63.33
4	120.3692	0.100		
5	35.5101	6.189	1.5928	68.62
6	-216.6911	2.098	1.9053	35.04
7	28.2895	5.240		
8	∞	(D8)		(絞りS)
9	5405.8128	1.000	1.4875	70.23
10	35.3627	(D10)		
11	41.2560	9.000	1.5174	52.43
12	-51.9830	(D12)		
13	98.4043	2.467	1.8590	22.73
14	222.8980	(D14)		
15	-31.6093	3.000	1.8502	30.05
16	-173.6461	14.000		
17	∞	1.600	1.5168	63.88
18	∞	Bf		

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
	$f = 82.010$	$\beta = -0.033$	$\beta = -0.115$
D0	∞	2526.094	756.181
D8	1.985	4.234	10.591
D10	16.324	14.075	7.719
D12	10.523	8.452	4.434

D14	5.552	7.623	11.641
-----	-------	-------	--------

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	84.922
G2	9	-73.023
G3	11	45.967
G4	13	203.256
G5	15	-45.895

[0132] 図16(A)は、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図16(B)は、第8実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第8実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から近距離合焦時までの全域において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。そのため、近距離物体に合焦する場合にも良好な光学性能を保ちつつ、合焦の際の画角変動を少なくすることができる。

[0133] 次に、[条件式対応値]の表を下記に示す。この表には、各条件式(1)～(16)に対応する値を、全実施例(第1～第8実施例)について纏めて示す。

条件式(1) $0.50 < ST / TL < 0.95$

条件式(2) $0.65 < (-fF) / fA < 1.20$

条件式(3) $0.70 < (-fF) / fR < 1.80$

条件式(4) $0.00 < \beta R1 / \beta F < 0.25$

条件式(5) $0.03 < \Delta x / f < 0.35$

条件式(6) $0.65 < f / (-fF) < 1.60$

条件式(7) $2.00 < TL / (FNO \times Bf) < 10.00$

条件式(8)

$$-2.50 < (rFR2 + rFR1) / (rFR2 - rFR1) < -0.25$$

条件式(9)

$$0.90 < (r_{NR2} + r_{NR1}) / (r_{NR2} - r_{NR1}) < 2.6$$

5

条件式 (10) $0.08 < 1 / \beta_F < 0.55$

条件式 (11) $\{\beta_F + (1 / \beta_F)\}^{-2} < 0.15$

条件式 (12) $0.003 < BLDF / TL < 0.060$

条件式 (13) $0.05 < \beta_B / \beta_F < 0.50$

条件式 (14) $0.05 < B_f / TL < 0.25$

条件式 (15) $1.00 < FNO < 3.00$

条件式 (16) $12.00^\circ < 2\omega < 40.00^\circ$

[0134] [条件式对应值] (第1~第4实施例)

条件式	第1实施例	第2实施例	第3实施例	第4实施例
(1)	0.702	0.667	0.747	0.695
(2)	0.914	0.794	1.070	0.827
(3)	1.268	0.950	1.335	1.598
(4)	0.138	0.038	0.081	0.040
(5)	0.146	0.095	0.127	0.128
(6)	1.065	1.275	0.748	0.862
(7)	8.113	5.488	2.447	9.359
(8)	-1.192	-1.054	-2.198	-1.300
(9)	1.661	1.441	2.433	2.272
(10)	0.384	0.227	0.401	0.265
(11)	0.112	0.047	0.119	0.061
(12)	0.009	0.011	0.011	0.008
(13)	0.374	0.230	0.321	0.188
(14)	0.087	0.098	0.198	0.086
(15)	1.424	1.855	2.060	1.242
(16)	28.285	28.002	28.969	28.622

[条件式对应值] (第5~第8实施例)

条件式	第5実施例	第6実施例	第7実施例	第8実施例
(1)	0.692	0.685	0.708	0.742
(2)	0.786	0.838	0.807	0.860
(3)	1.129	1.154	0.846	1.006
(4)	0.016	0.093	0.032	0.062
(5)	0.168	0.107	0.107	0.105
(6)	1.150	1.193	1.395	1.123
(7)	5.676	6.327	5.808	2.681
(8)	-0.568	-1.308	-0.517	-1.013
(9)	1.291	1.039	1.653	1.445
(10)	0.148	0.332	0.169	0.285
(11)	0.021	0.089	0.027	0.070
(12)	0.028	0.035	0.039	0.011
(13)	0.133	0.332	0.191	0.275
(14)	0.095	0.096	0.093	0.182
(15)	1.850	1.650	1.857	2.050
(16)	35.083	14.994	32.805	32.753

[0135] 上記各実施例によれば、合焦の際の画角変動が少ない光学系を実現することができる。

[0136] 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。

[0137] 以下の内容は、本実施形態の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。

[0138] 本実施形態の光学系の実施例として3群構成および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、4群、6群等）の光学系を構成することもできる。具体的には、本実施形態の光学系の最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。なお、レンズ群とは、合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚

のレンズを有する部分を示す。

[0139] レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としても良い。

[0140] レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工および組立調整が容易になり、加工および組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。

[0141] レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでも構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

[0142] 開口絞りは、第1レンズ群と第2レンズ群との間に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

[0143] 各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し、コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施しても良い。

符号の説明

[0144]	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		
	I	像面	S	開口絞り

請求の範囲

[請求項1] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群と、絞りと、後群とからなり、

前記後群は、前記後群の最も物体側に配置された負の屈折力を有する合焦レンズ群を有し、

合焦の際、前記合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、

以下の条件式を満足する光学系。

$$0.50 < ST / TL < 0.95$$

但し、ST：前記絞りから像面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

[請求項2] 以下の条件式を満足する請求項1に記載の光学系。

$$0.65 < (-fF) / fA < 1.20$$

但し、fF：前記合焦レンズ群の焦点距離

fA：前記前群の焦点距離

[請求項3] 前記後群は、前記合焦レンズ群より像面側に配置された少なくとも一つのレンズ群を有し、

以下の条件式を満足する請求項1または2に記載の光学系。

$$0.70 < (-fF) / fR < 1.80$$

但し、fF：前記合焦レンズ群の焦点距離

fR：前記少なくとも一つのレンズ群の合成焦点距離

[請求項4] 前記後群は、前記合焦レンズ群の像面側に隣り合って配置された後続レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する請求項1～3のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00 < \beta R1 / \beta F < 0.25$$

但し、 $\beta R1$ ：無限遠物体合焦時の前記後続レンズ群の横倍率

βF ：無限遠物体合焦時の前記合焦レンズ群の横倍率

[請求項5] 以下の条件式を満足する請求項1～4のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.03 < \Delta x / f < 0.35$$

但し、 Δx ：無限遠物体から近距離物体への合焦の際の前記合焦レンズ群の移動量

f ：前記光学系の焦点距離

[請求項6] 以下の条件式を満足する請求項1～5のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.65 < f / (-f F) < 1.60$$

但し、 f ：前記光学系の焦点距離

$f F$ ：前記合焦レンズ群の焦点距離

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。

$$2.00 < TL / (FNO \times Bf) < 10.00$$

但し、 FNO ：前記光学系のFナンバー

Bf ：前記光学系のバックフォーカス

[請求項8] 前記合焦レンズ群は、1つの負レンズ成分から構成される請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項9] 以下の条件式を満足する請求項1～8のいずれか一項に記載の光学系。

$$-2.50 < (rFR2 + rFR1) / (rFR2 - rFR1) < -0.25$$

但し、 $rFR1$ ：前記合焦レンズ群における最も物体側のレンズ面の曲率半径

$rFR2$ ：前記合焦レンズ群における最も像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項10] 以下の条件式を満足する請求項1～9のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.90 < (r_{NR2} + r_{NR1}) / (r_{NR2} - r_{NR1}) < 2.65$$

但し、 r_{NR1} ：前記光学系の最も像面側に配置されたレンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

r_{NR2} ：前記光学系の最も像面側に配置されたレンズにおける像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項11] 以下の条件式を満足する請求項1～10のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.08 < 1 / \beta_F < 0.55$$

但し、 β_F ：無限遠物体合焦時の前記合焦レンズ群の横倍率

[請求項12] 以下の条件式を満足する請求項1～11のいずれか一項に記載の光学系。

$$\{\beta_F + (1 / \beta_F)\}^{-2} < 0.15$$

但し、 β_F ：無限遠物体合焦時の前記合焦レンズ群の横倍率

[請求項13] 以下の条件式を満足する請求項1～12のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.003 < BLDF / TL < 0.060$$

但し、 $BLDF$ ：前記合焦レンズ群の光軸上の長さ

[請求項14] 以下の条件式を満足する請求項1～13のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.05 < \beta_B / \beta_F < 0.50$$

但し、 β_B ：無限遠物体合焦時の前記後群の横倍率

β_F ：無限遠物体合焦時の前記合焦レンズ群の横倍率

[請求項15] 以下の条件式を満足する請求項1～14のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.05 < Bf / TL < 0.25$$

但し、 Bf ：前記光学系のバックフォーカス

[請求項16] 以下の条件式を満足する請求項1～15のいずれか一項に記載の光

学系。

$$1.00 < FNO < 3.00$$

但し、FNO：前記光学系のFナンバー

[請求項17] 以下の条件式を満足する請求項1～16のいずれか一項に記載の光学系。

$$12.00^\circ < 2\omega < 40.00^\circ$$

但し、 2ω ：前記光学系の全画角

[請求項18] 請求項1～17のいずれか一項に記載の光学系を備えて構成される光学機器。

[請求項19] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群と、絞りと、後群とからなる光学系の製造方法であって、

前記後群は、前記後群の最も物体側に配置された負の屈折力を有する合焦レンズ群を有し、

合焦の際、前記合焦レンズ群が光軸に沿って移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、

以下の条件式を満足するように、

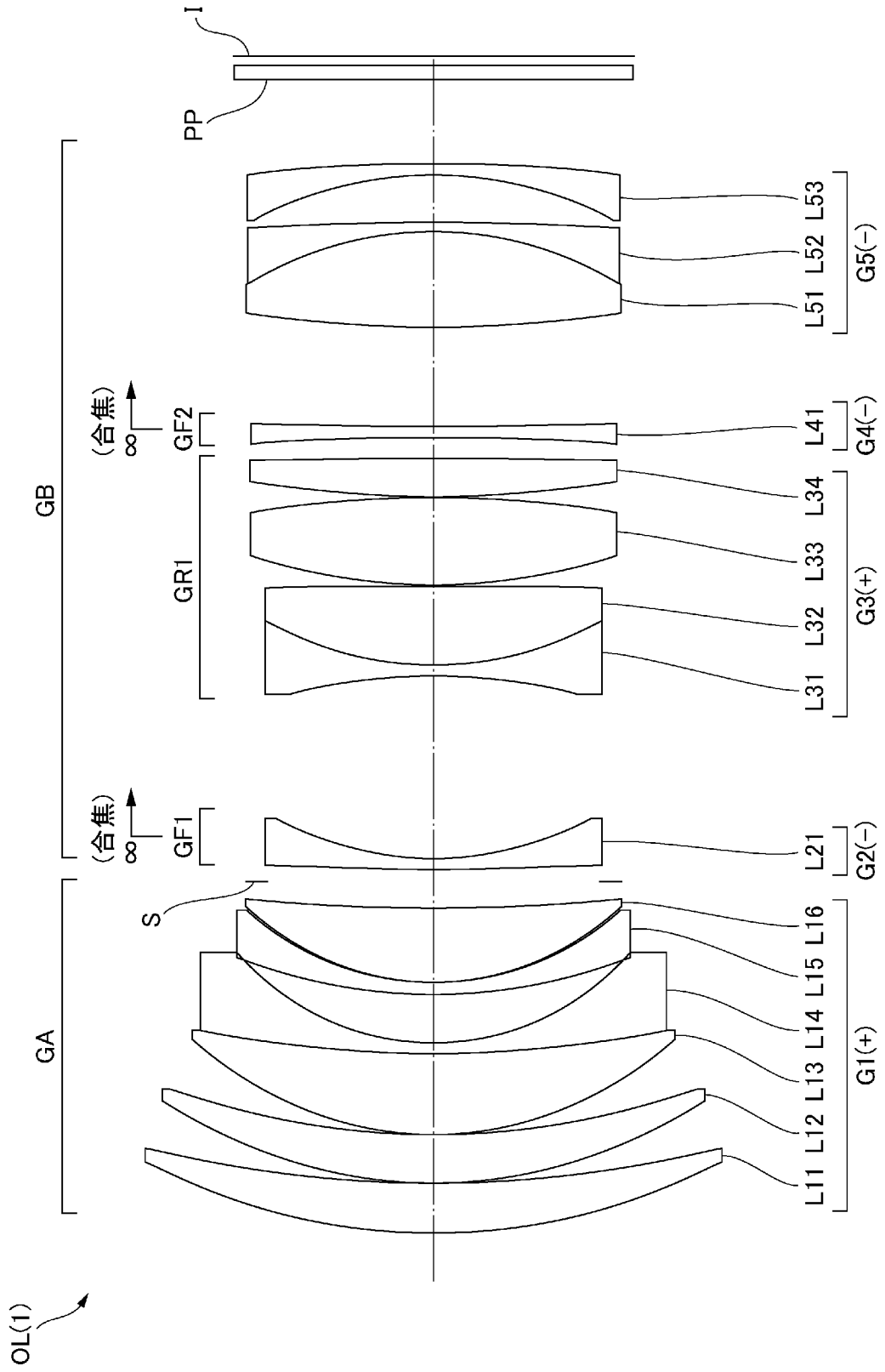
レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。

$$0.50 < ST / TL < 0.95$$

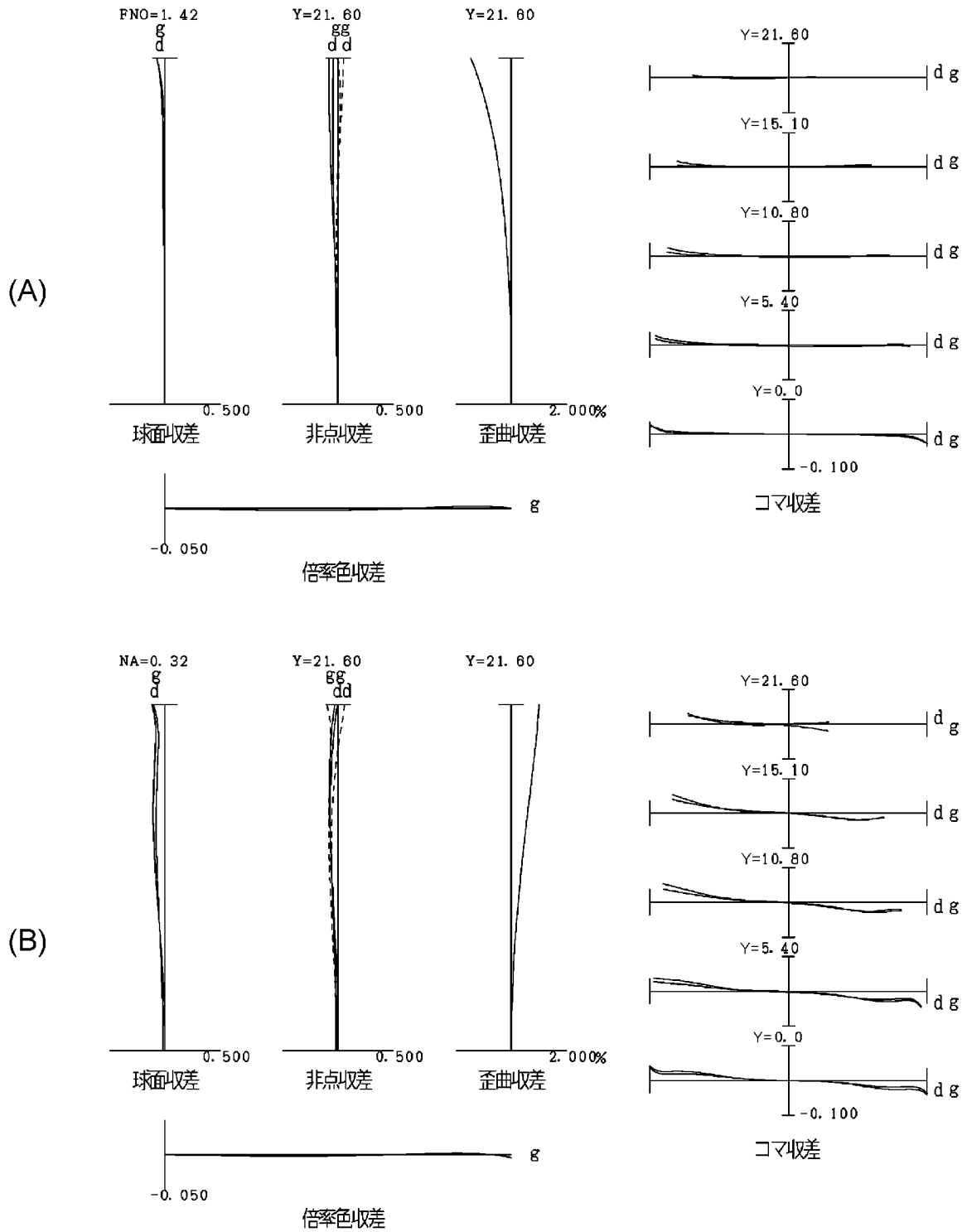
但し、ST：前記絞りから像面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

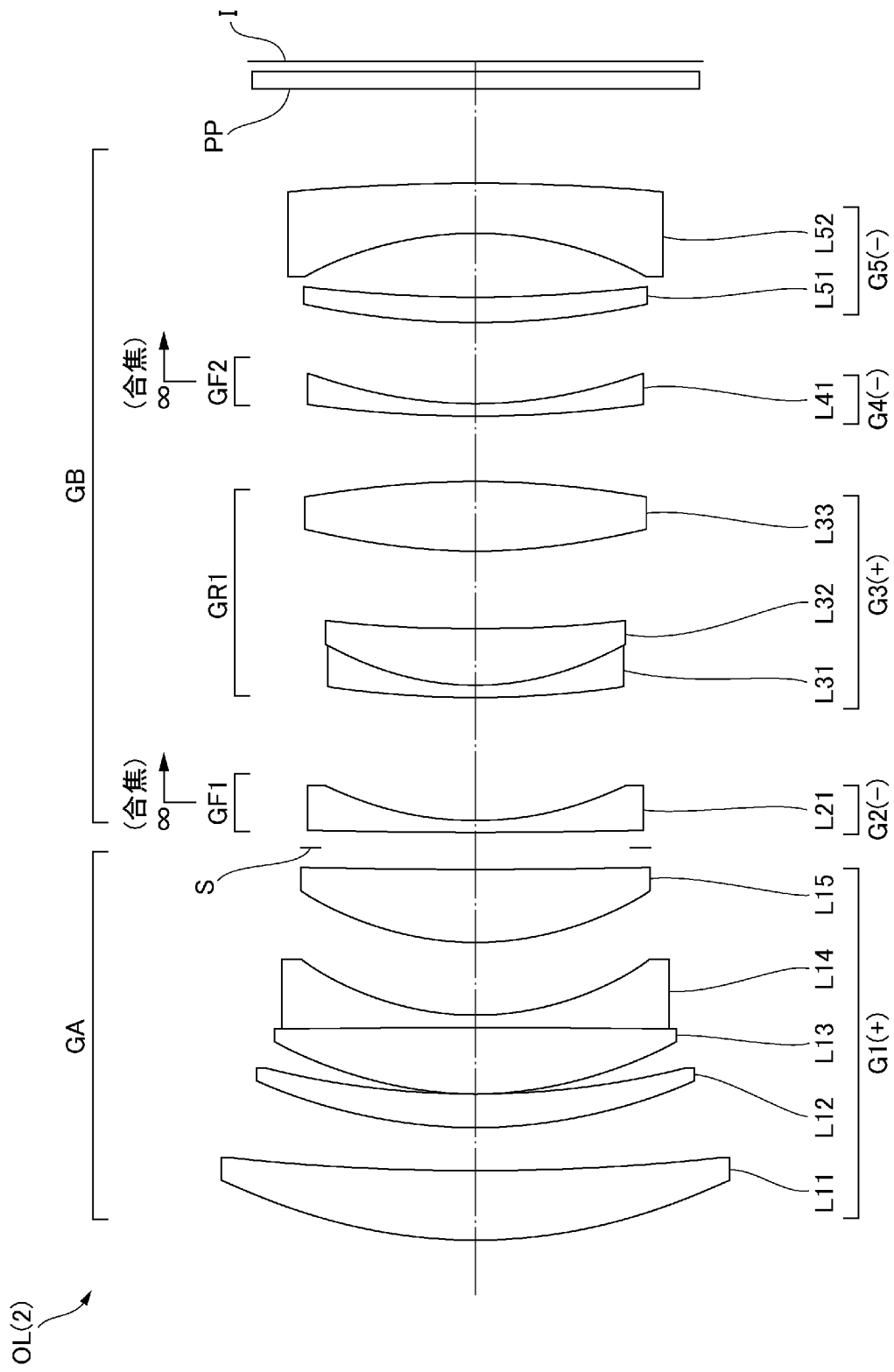
[図1]



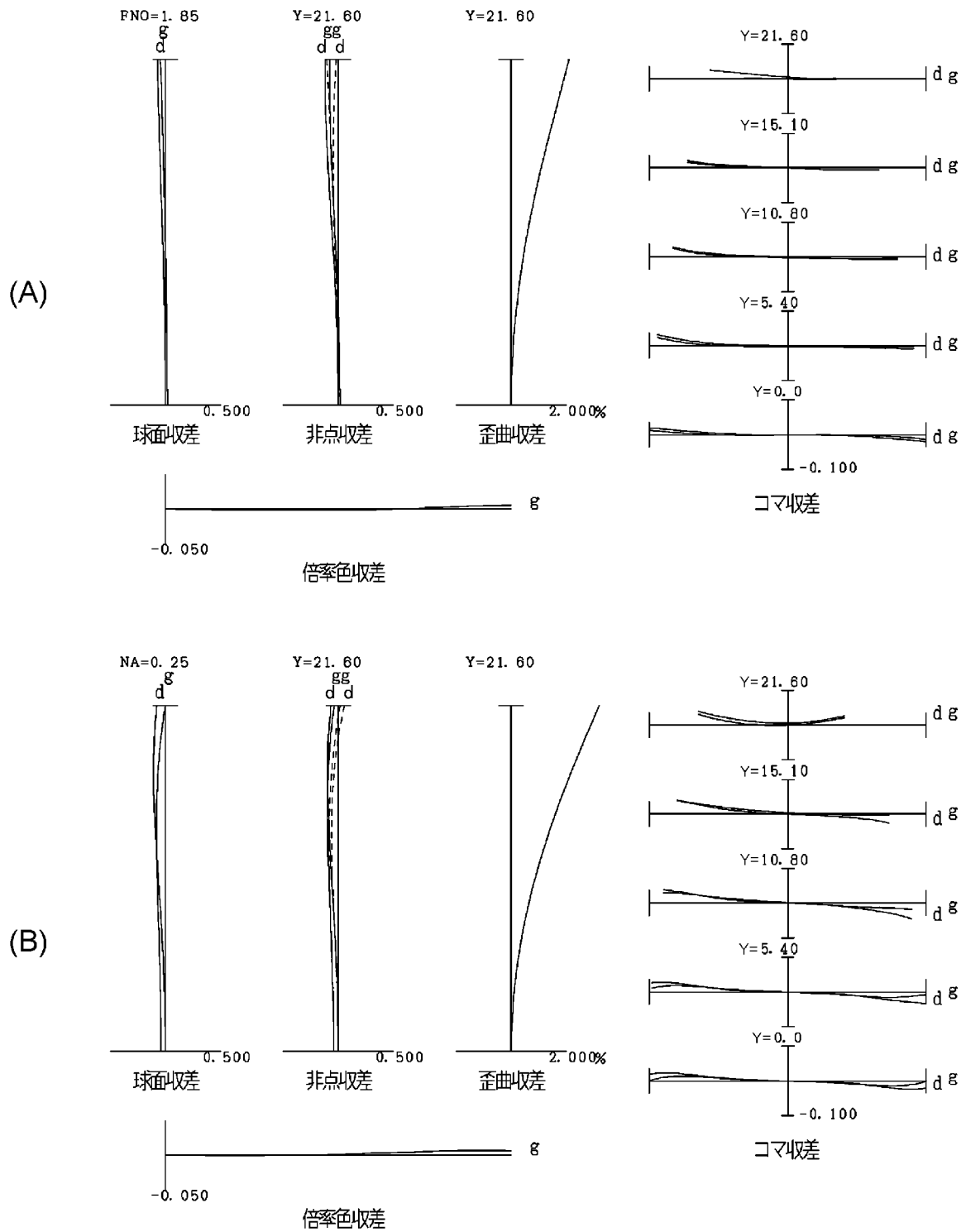
[図2]



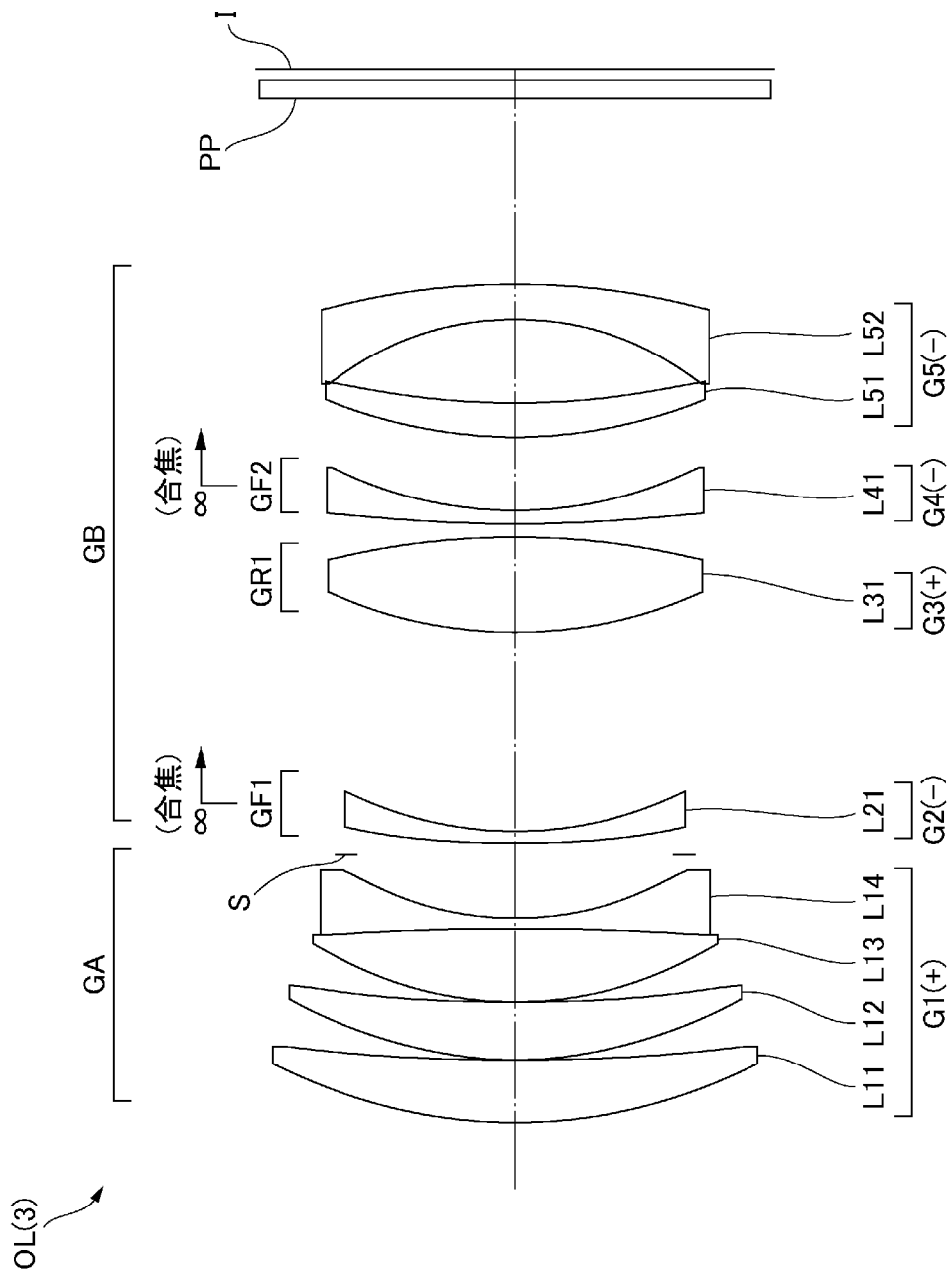
[図3]



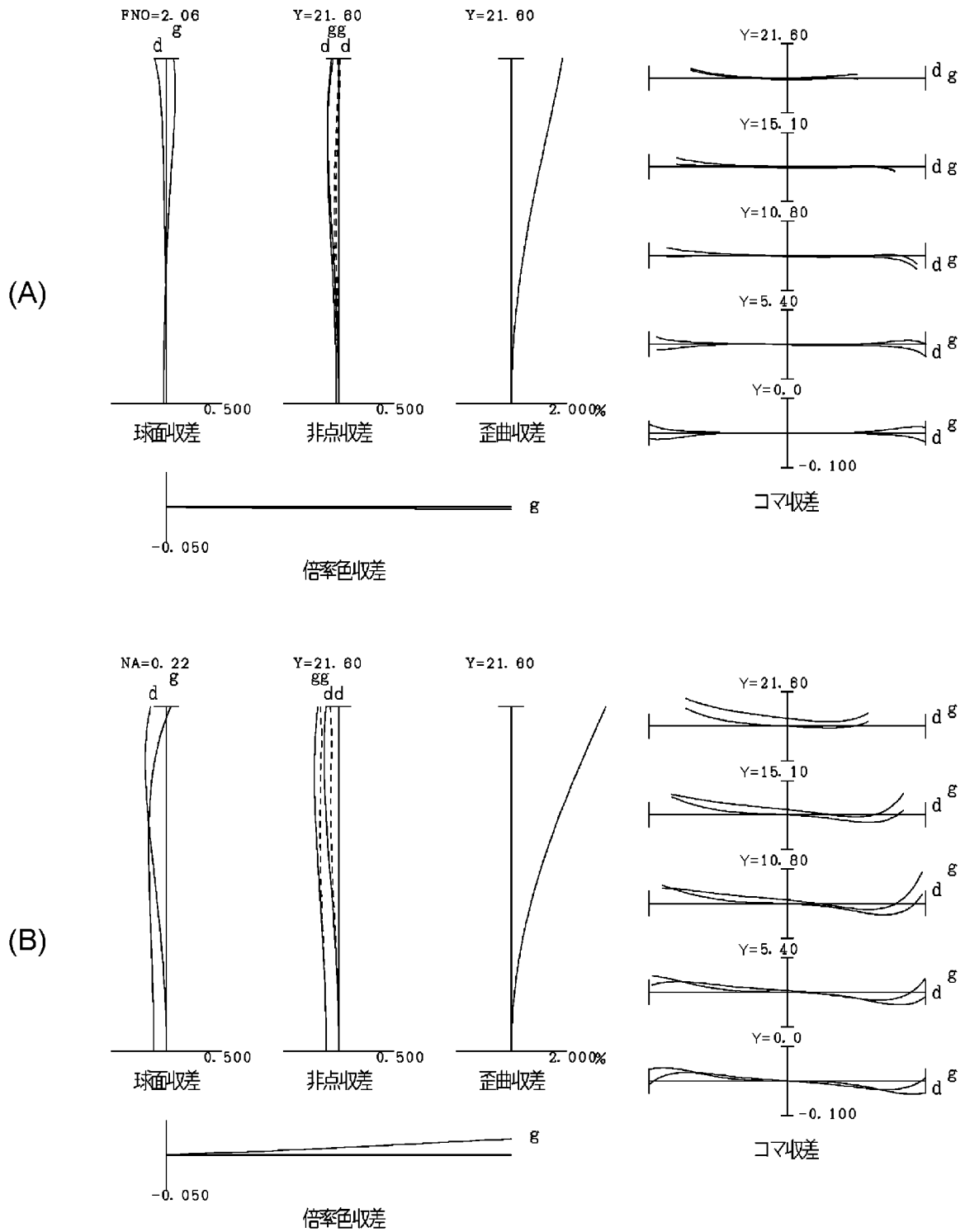
[図4]



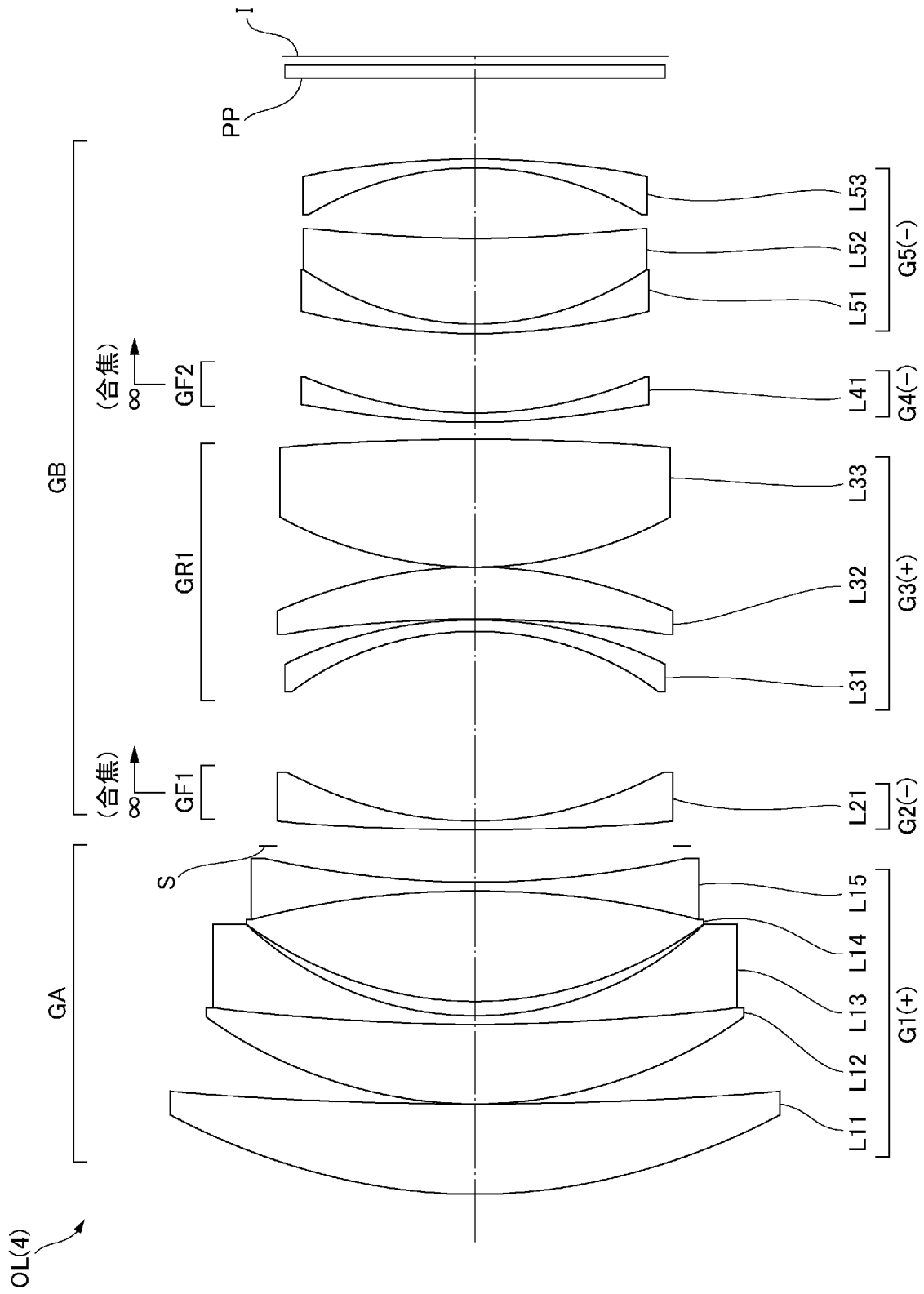
[図5]



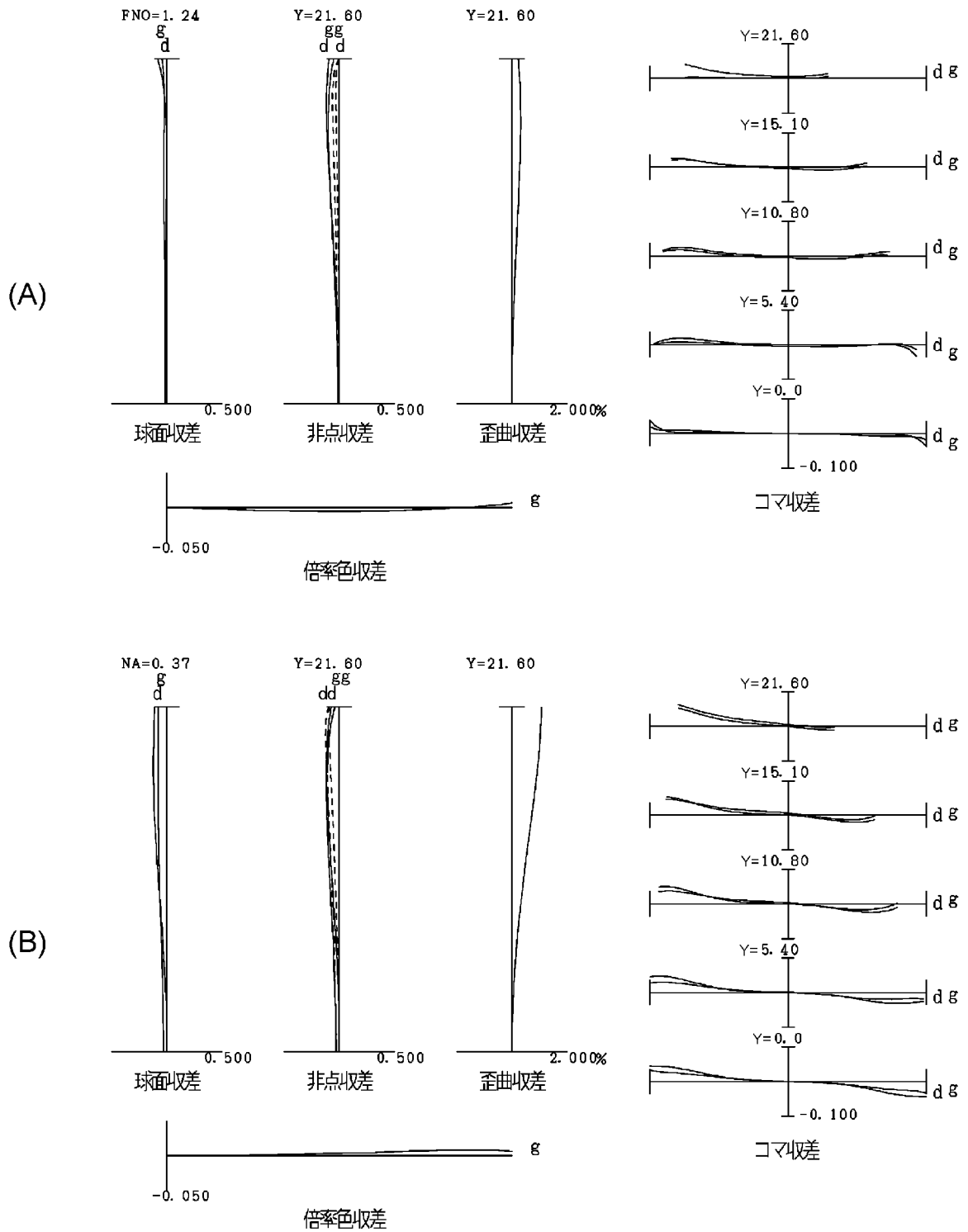
[図6]



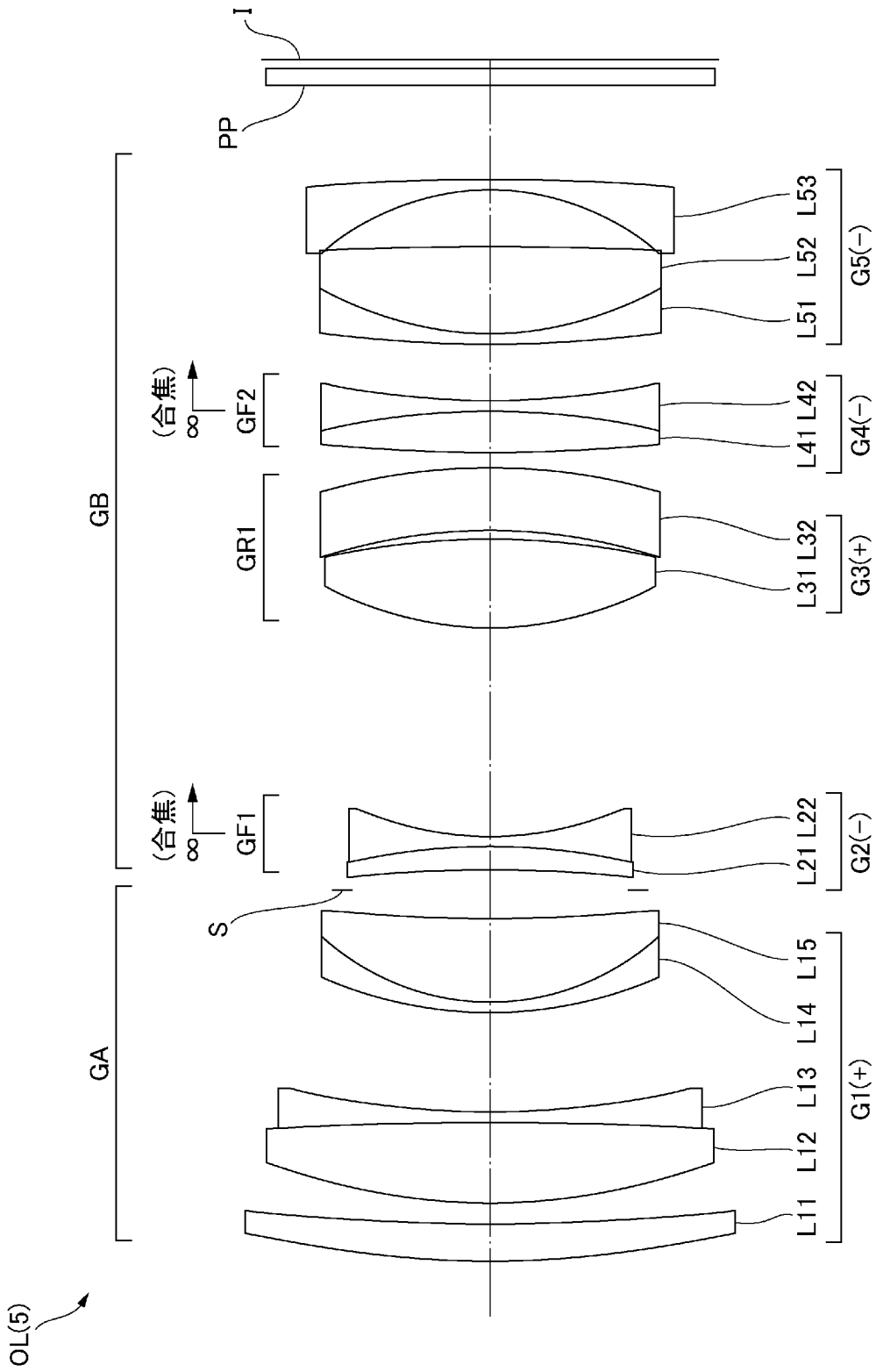
[図7]



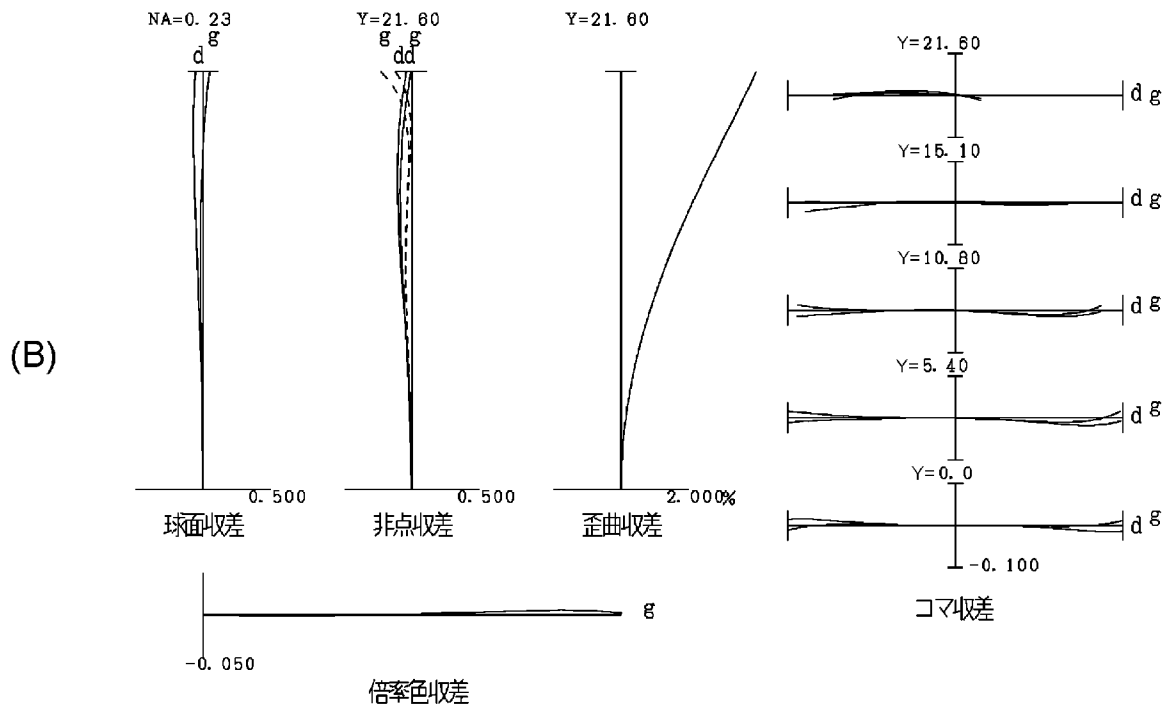
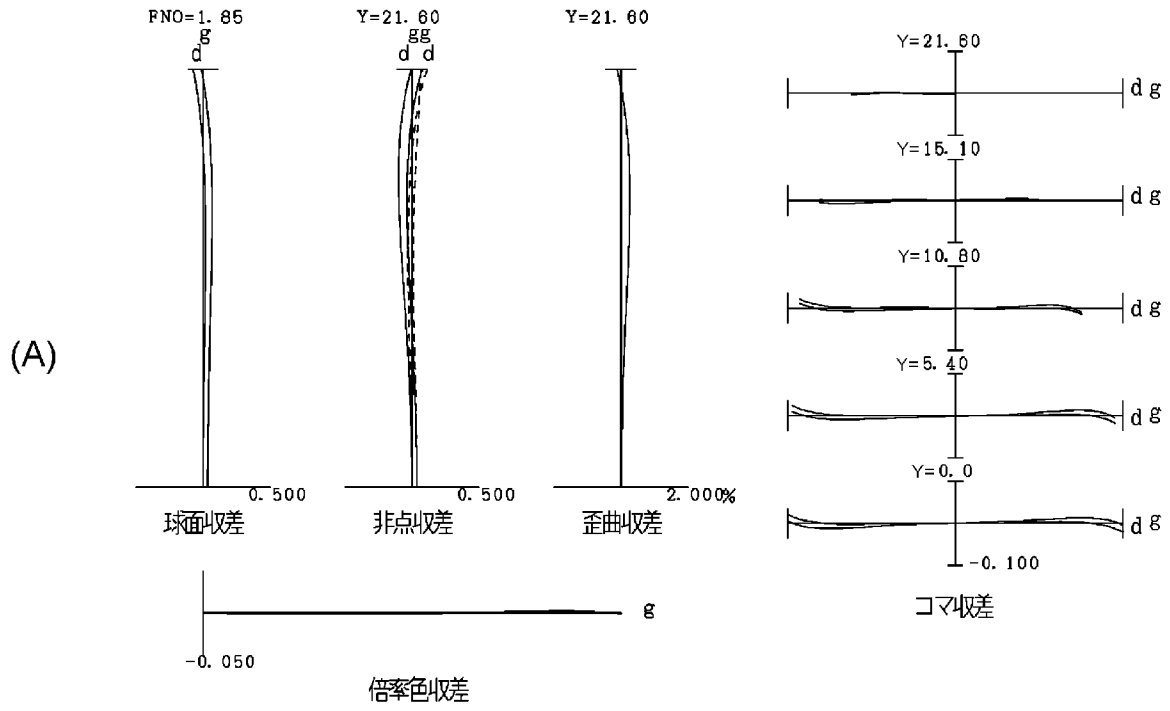
[図8]



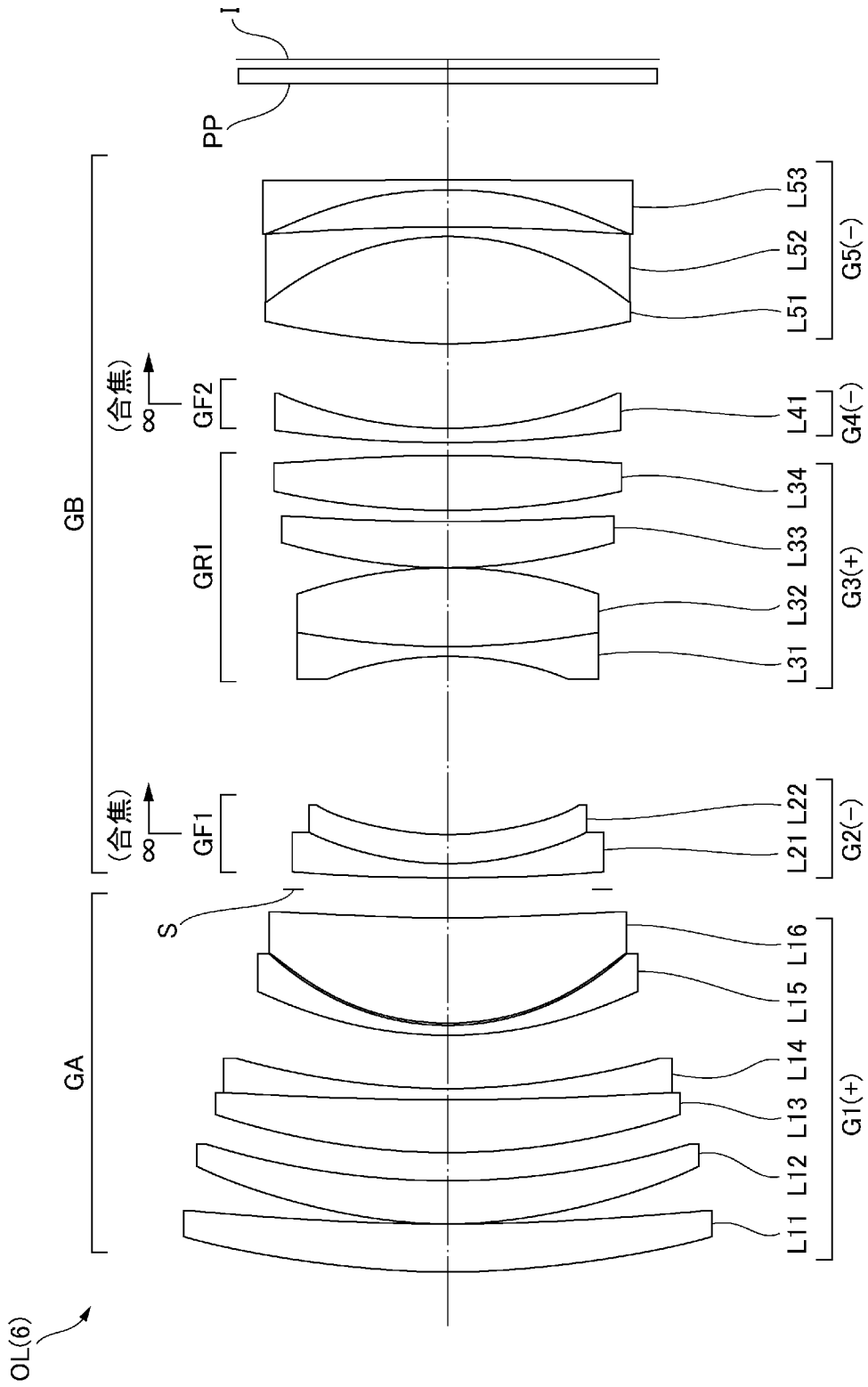
[図9]



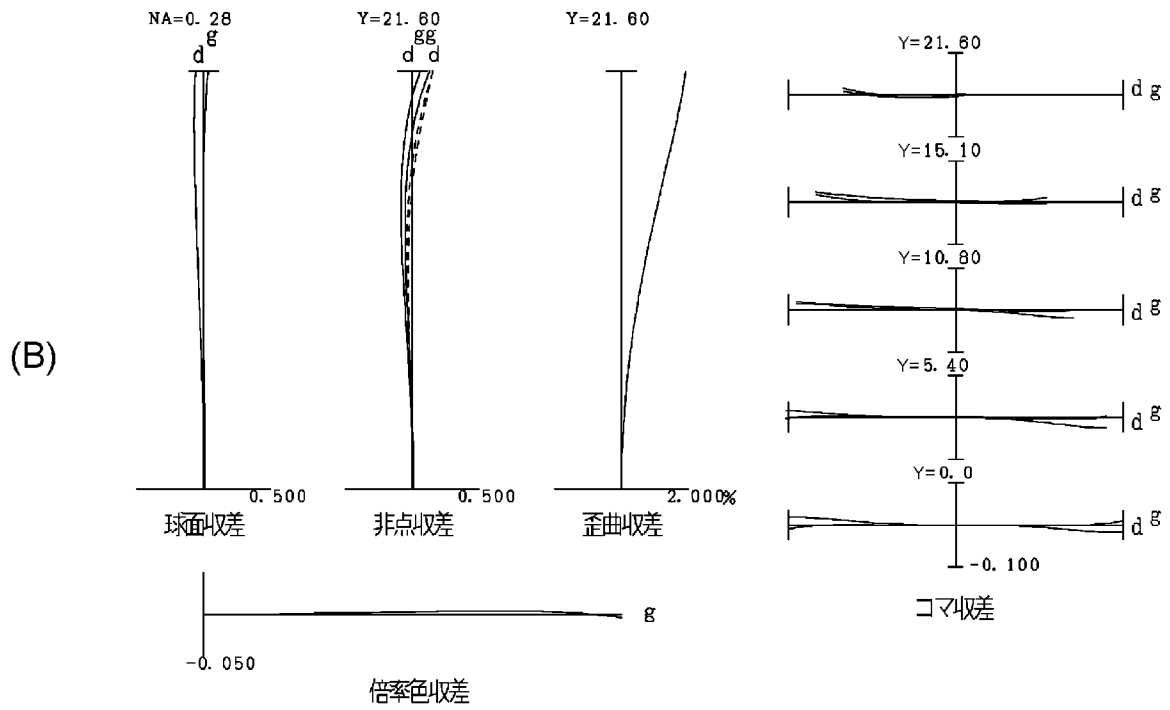
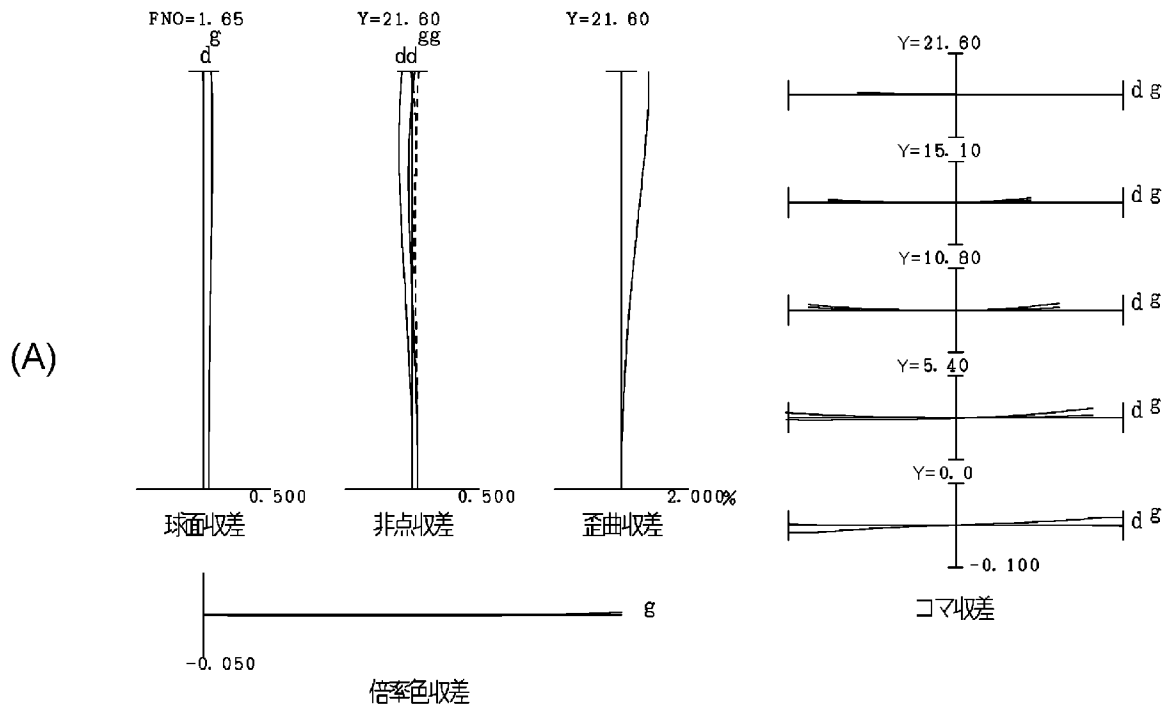
[図10]



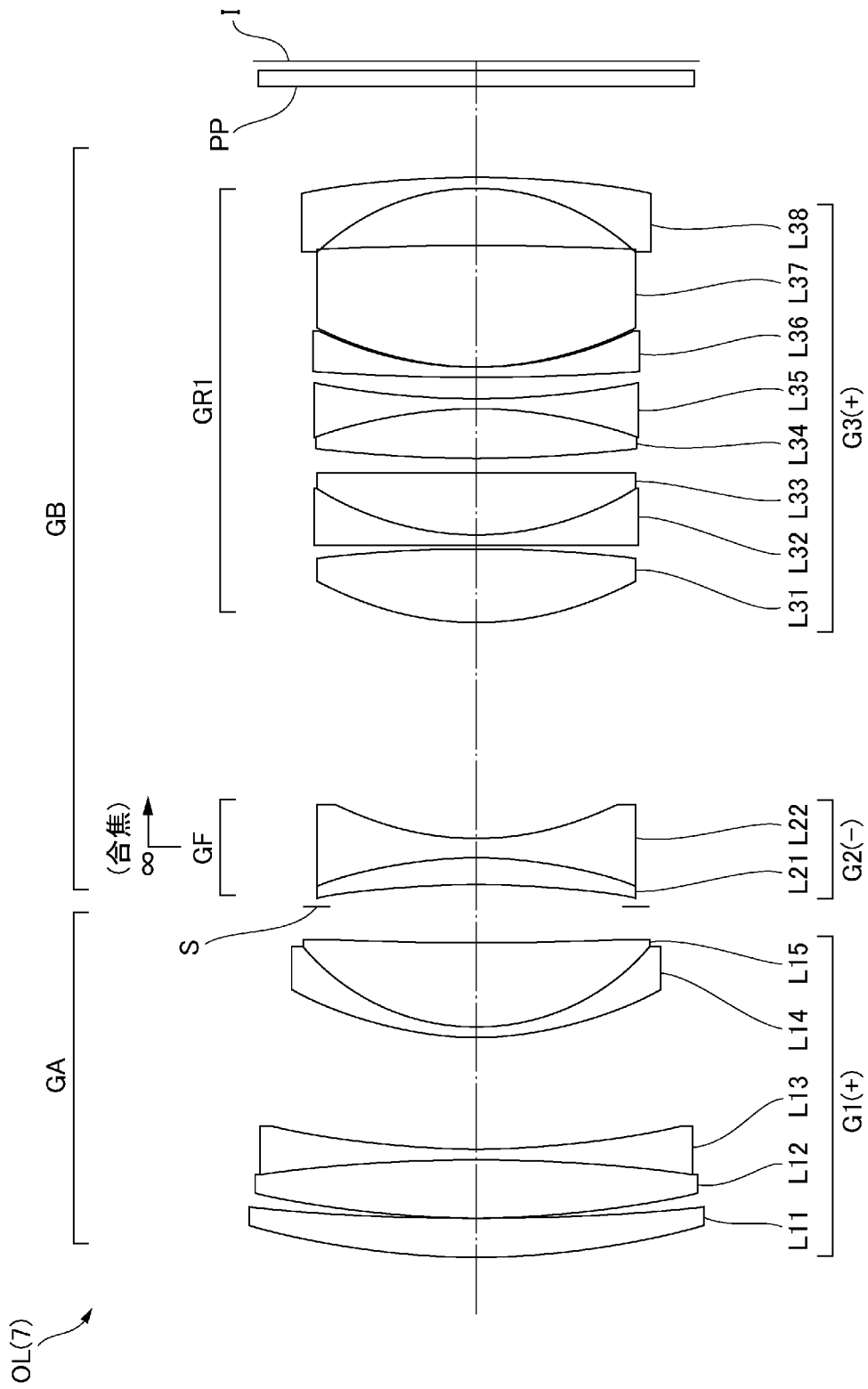
[図11]



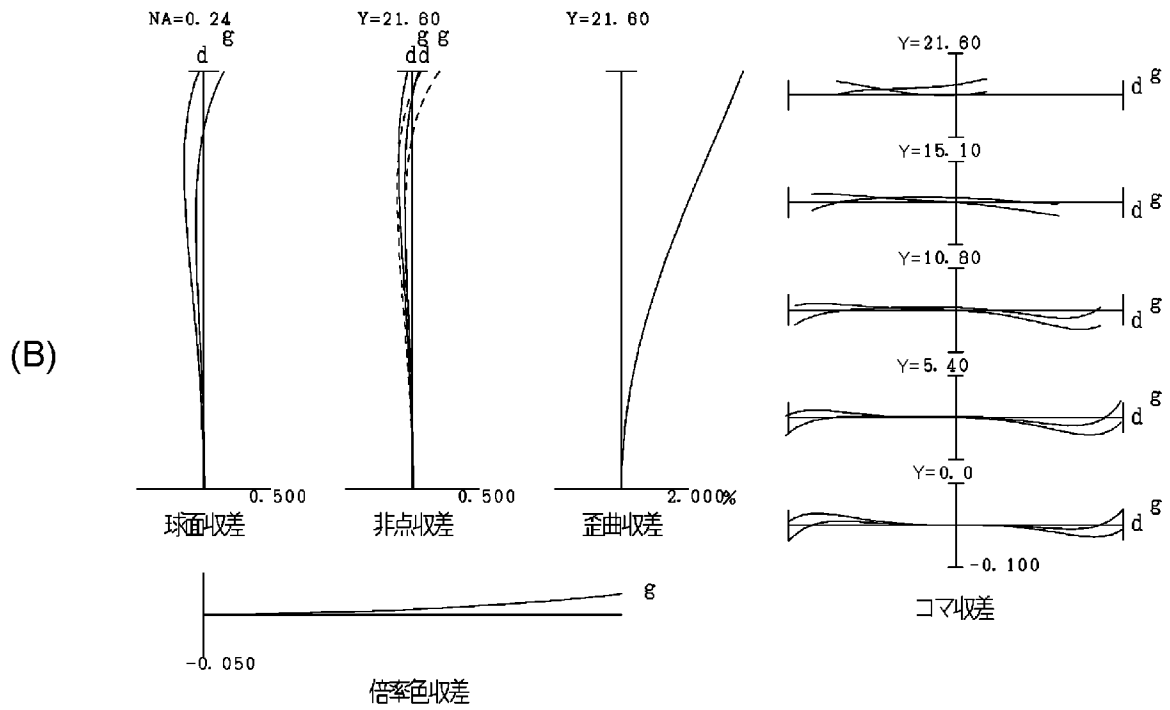
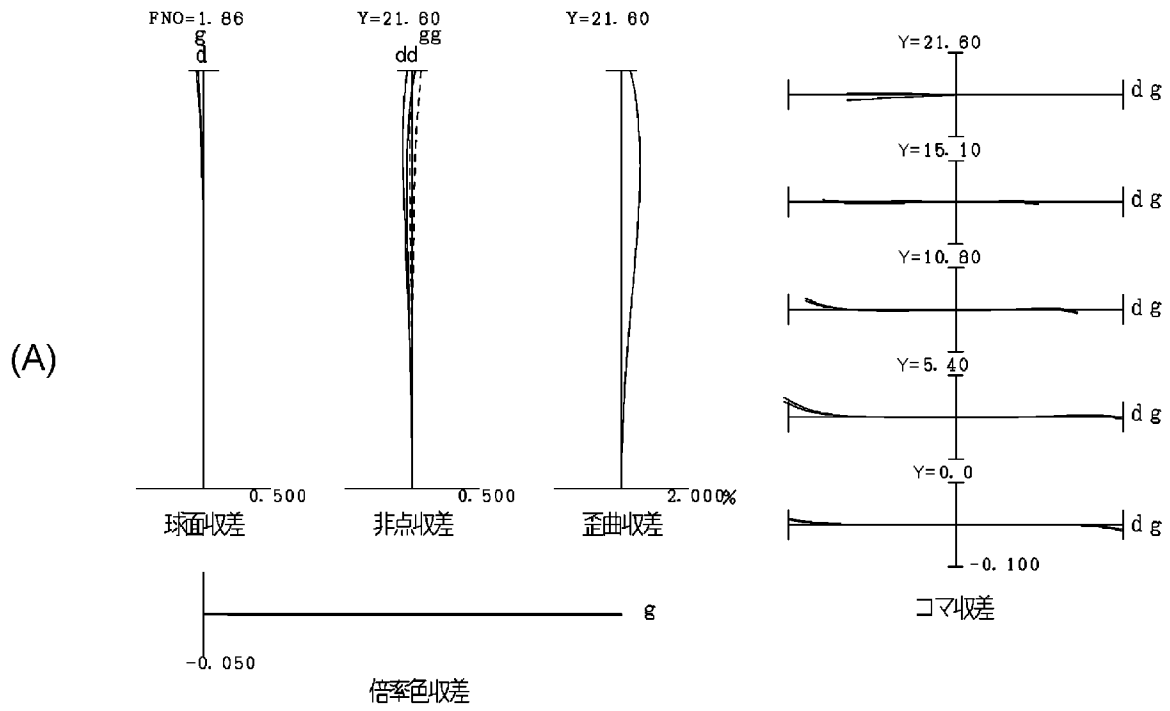
[図12]



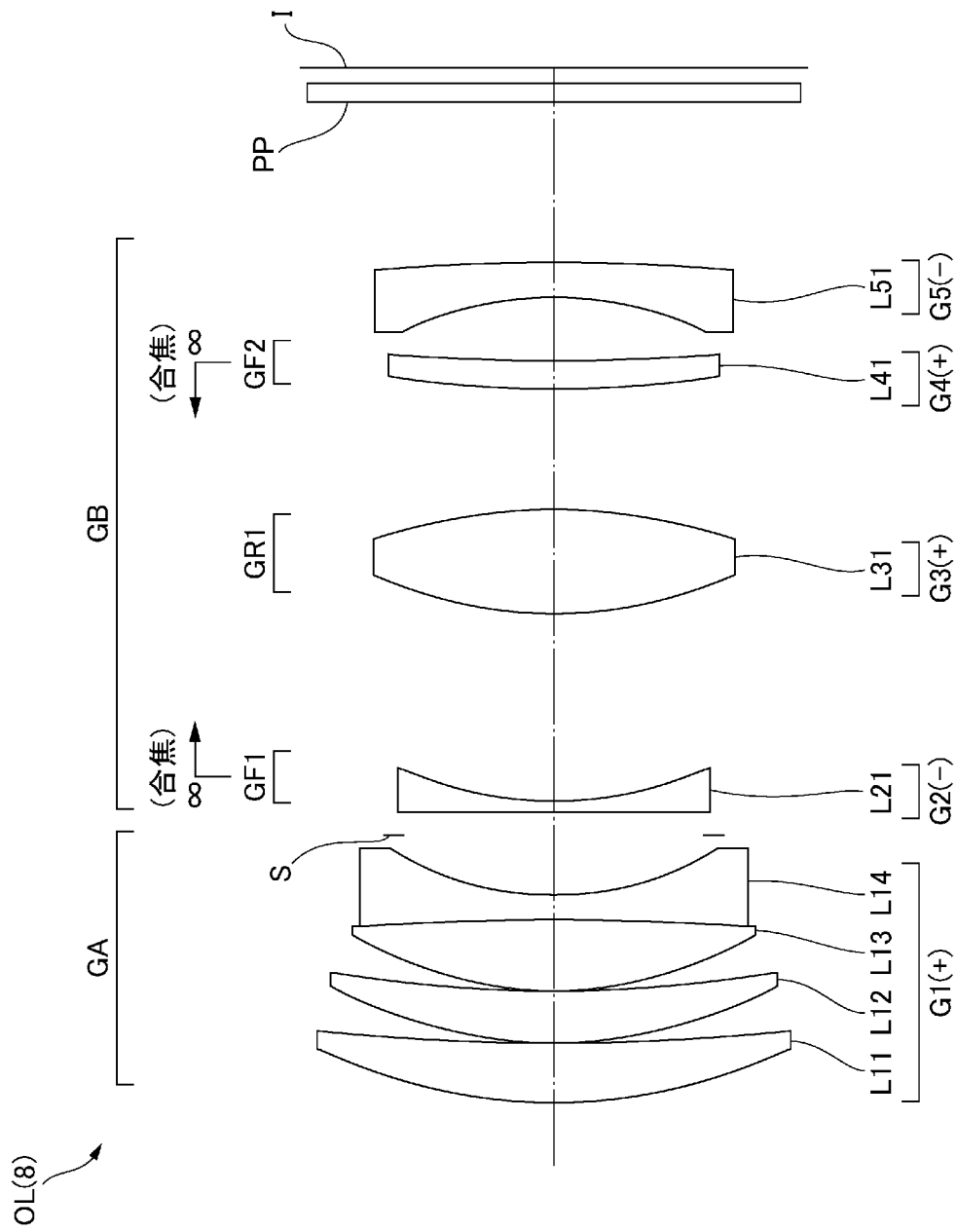
[図13]



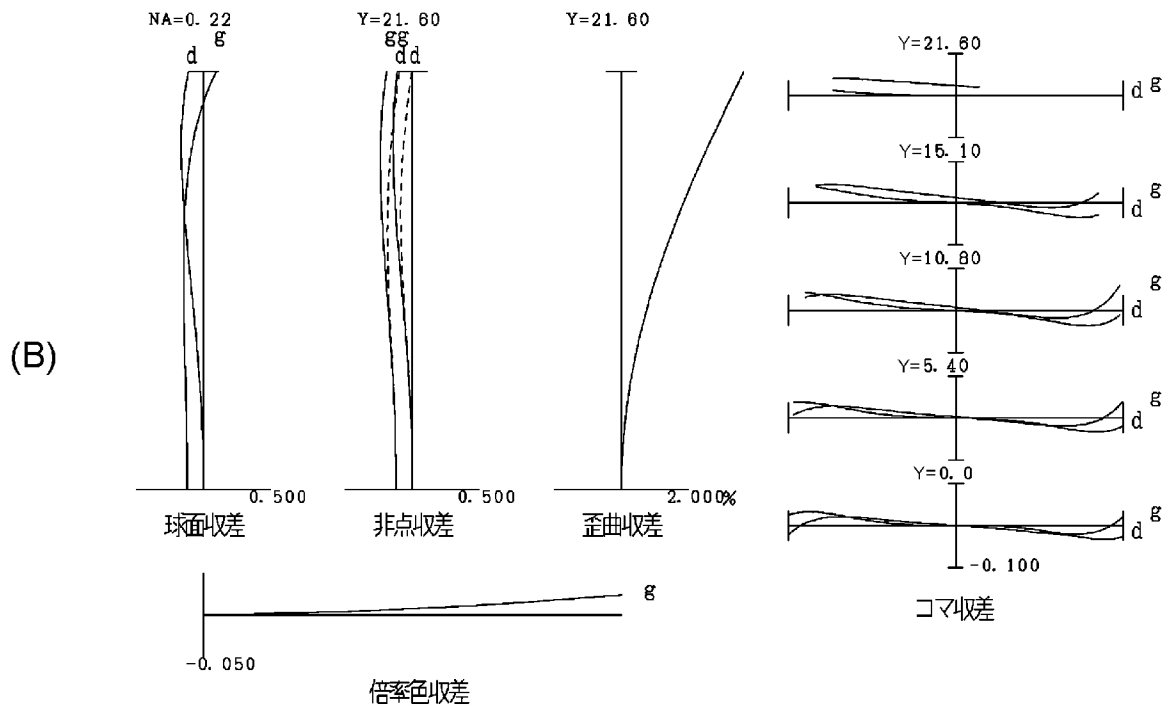
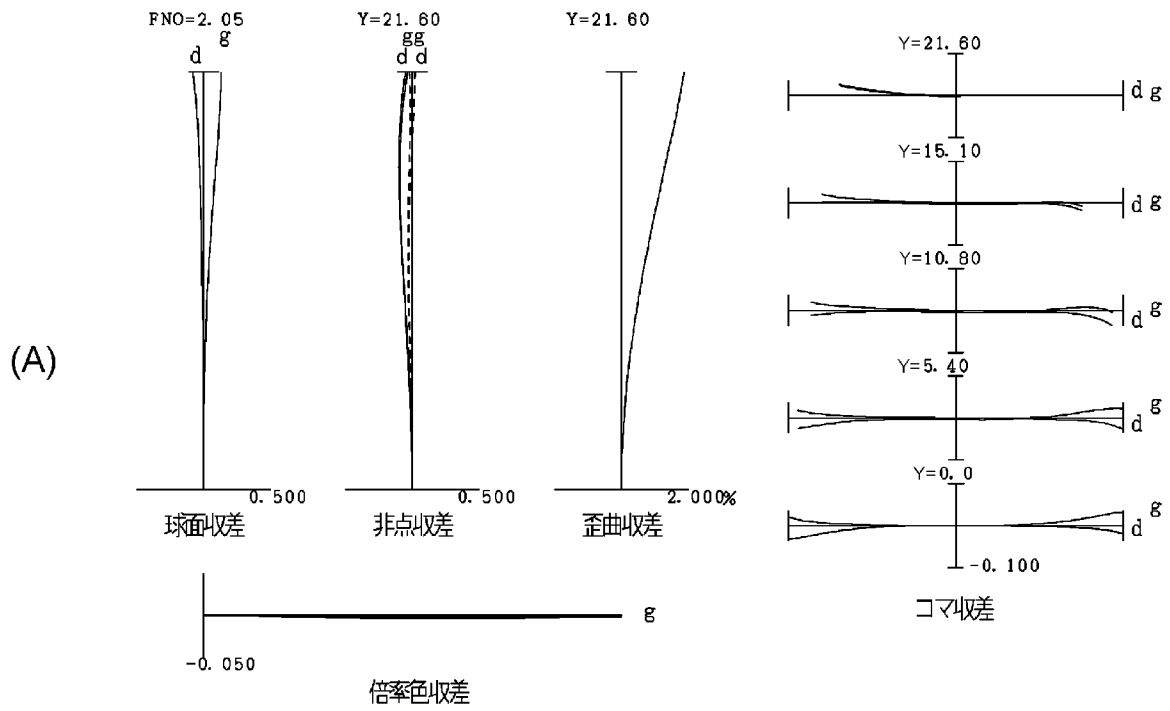
[図14]



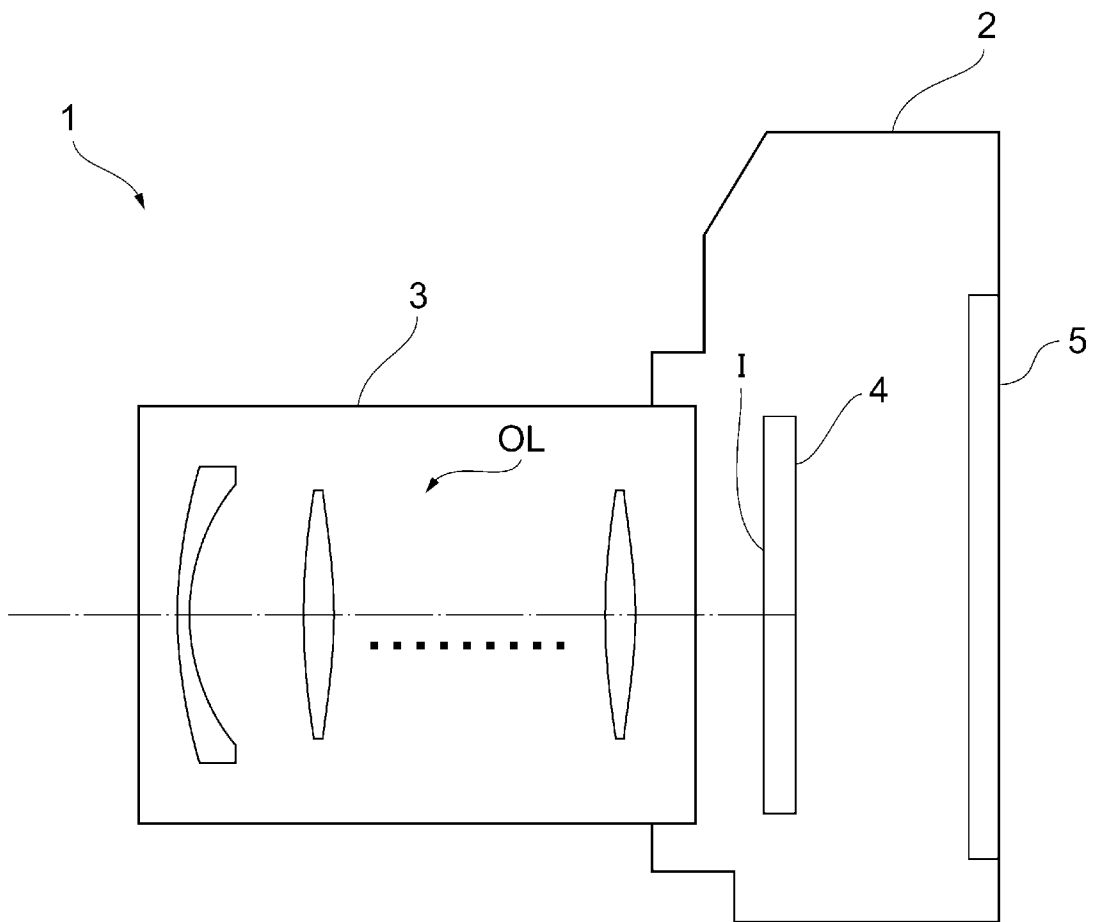
[図15]



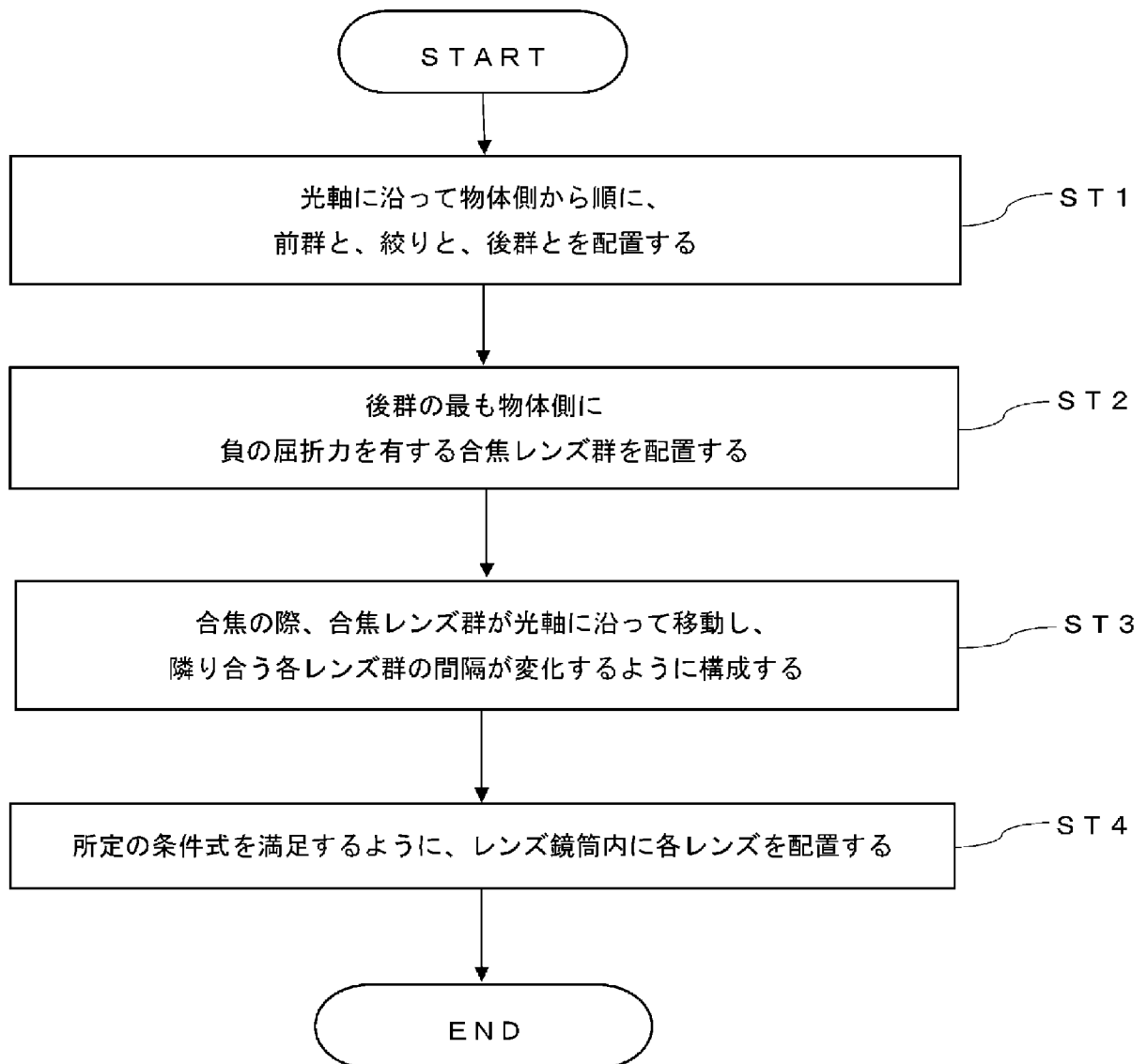
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/021709

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. G02B13/00 (2006.01) i FI: G02B13/00</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G02B13/00</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1971-2021</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1996-2021</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1994-2021</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021	Registered utility model specifications of Japan	1996-2021	Published registered utility model applications of Japan	1994-2021				
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996													
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021													
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021													
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021													
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">X</td> <td>JP 2013-218266 A (PANASONIC CORPORATION) 24 October 2013 (2013-10-24), paragraph [0001], example 1</td> <td align="center">1-19</td> </tr> <tr> <td align="center">X A</td> <td>JP 2013-238740 A (SONY CORPORATION) 28 November 2013 (2013-11-28), numerical examples 1-3 entire text, all drawings</td> <td align="center">1, 2, 4-6, 8, 9, 11-14, 16-19 3, 7, 10, 15</td> </tr> <tr> <td align="center">X A</td> <td>JP 2016-9006 A (KONICA MINOLTA, INC.) 18 January 2016 (2016-01-18), paragraph [0001], example 1 entire text, all drawings</td> <td align="center">1, 3-5, 7, 11, 12, 15-19 2, 6, 8-10, 13, 14</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	JP 2013-218266 A (PANASONIC CORPORATION) 24 October 2013 (2013-10-24), paragraph [0001], example 1	1-19	X A	JP 2013-238740 A (SONY CORPORATION) 28 November 2013 (2013-11-28), numerical examples 1-3 entire text, all drawings	1, 2, 4-6, 8, 9, 11-14, 16-19 3, 7, 10, 15	X A	JP 2016-9006 A (KONICA MINOLTA, INC.) 18 January 2016 (2016-01-18), paragraph [0001], example 1 entire text, all drawings	1, 3-5, 7, 11, 12, 15-19 2, 6, 8-10, 13, 14
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	JP 2013-218266 A (PANASONIC CORPORATION) 24 October 2013 (2013-10-24), paragraph [0001], example 1	1-19												
X A	JP 2013-238740 A (SONY CORPORATION) 28 November 2013 (2013-11-28), numerical examples 1-3 entire text, all drawings	1, 2, 4-6, 8, 9, 11-14, 16-19 3, 7, 10, 15												
X A	JP 2016-9006 A (KONICA MINOLTA, INC.) 18 January 2016 (2016-01-18), paragraph [0001], example 1 entire text, all drawings	1, 3-5, 7, 11, 12, 15-19 2, 6, 8-10, 13, 14												
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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										
* 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 30 July 2021		Date of mailing of the international search report 17 August 2021												
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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/021709

JP 2013-218266 A	24 October 2013	US 2013/0242163 A1 paragraph [0002], example 1
JP 2013-238740 A	28 November 2013	(Family: none)
JP 2016-9006 A	18 January 2016	US 2015/0370044 A1 paragraph [0003], example 1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 13/00(2006.01)i FI: G02B13/00		
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）） G02B13/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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 2013-218266 A (パナソニック株式会社) 24.10.2013 (2013 - 10 - 24) 段落[0001], 実施例1	1-19
X A	JP 2013-238740 A (ソニー株式会社) 28.11.2013 (2013 - 11 - 28) 数値実施例1-3 全文全図	1, 2, 4-6, 8, 9, 11-14, 16-19 3, 7, 10, 15
X A	JP 2016-9006 A (コニカミノルタ株式会社) 18.01.2016 (2016 - 01 - 18) 段落[0001], 実施例1 全文全図	1, 3-5, 7, 11, 12, 15-19 2, 6, 8-10, 13, 14
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 30.07.2021	国際調査報告の発送日 17.08.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 岡田 弘 2V 8361 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/021709

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2013-218266 A	24.10.2013	US 2013/0242163 A1 [0002], EXAMPLE 1	
JP 2013-238740 A	28.11.2013	(ファミリーなし)	
JP 2016-9006 A	18.01.2016	US 2015/0370044 A1 [0003], Example 1	