

(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5月12日(12.05.2022)

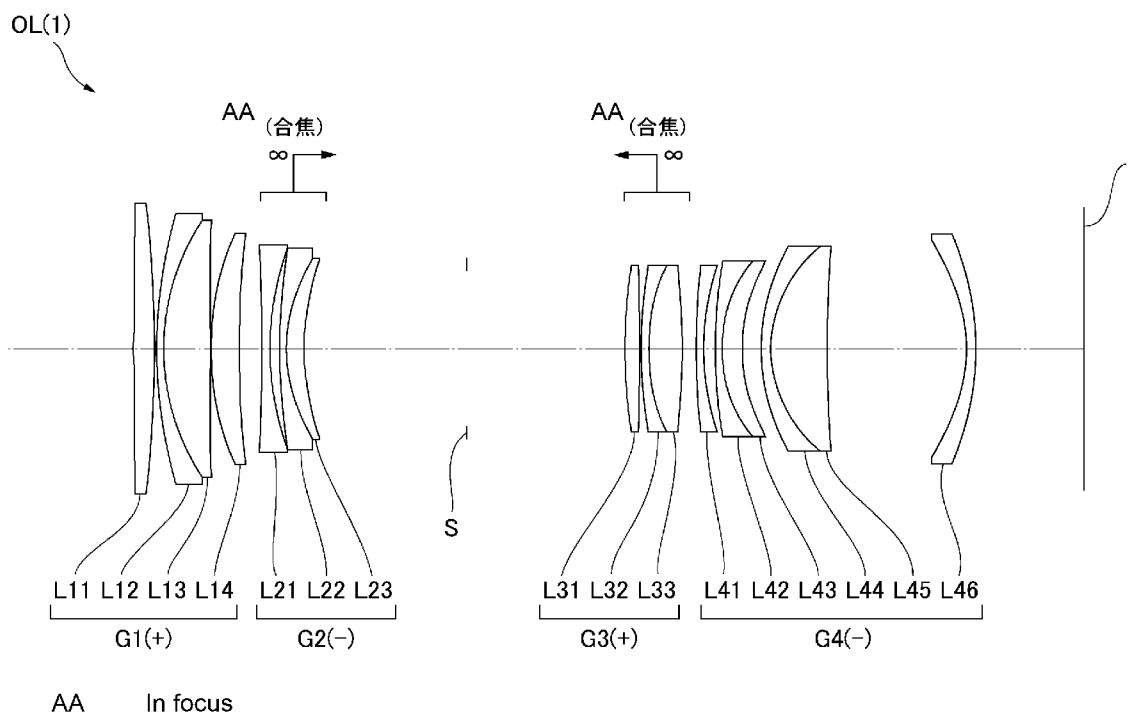


(10) 国際公開番号
WO 2022/097401 A1

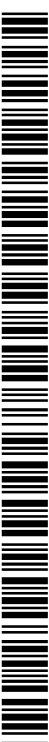
- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/036577
- (22) 国際出願日: 2021年10月4日(04.10.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-185907 2020年11月6日(06.11.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 栗林 知憲 (KURIBAYASHI, Tomonori); 〒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



(57) Abstract: An optical system (OL) comprising, sequentially along an optical axis from the objective side, a first lens group (G1) having a positive refractive power, a second lens group (G2) having a negative refractive power, a third lens group (G3) having a positive refractive power, and a fourth lens group (G4) having a negative refractive power, wherein, when focusing the optical system, the following conditional expression is satisfied as a result of moving the second lens group (G2) and the third lens group (G3) along the optical axis and changing the interval between adjacent lens groups.



WO 2022/097401 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))

0.20 < DG4 / TL < 0.40 wherein DG4 represents the length of the fourth lens group (G4) on the optical axis, and TL represents the full length of the optical system (OL) when the optical system (OL) comes into focus at an infinite distance.

(57) 要約 : 光学系 (OL) 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) とを有し、合焦の際、第2レンズ群 (G2) と第3レンズ群 (G3) と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。 $0.20 < DG4 / TL < 0.40$ 但し、DG4 : 第4レンズ群 (G4) の光軸上の長さ TL : 無限遠合焦状態での光学系 (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、複数のレンズ群を光軸に沿って移動させて合焦を行う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、合焦の際の収差変動を抑えることが難しい。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-141888号公報

発明の概要

[0004] 第1の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.20 < DG4 / TL < 0.40$$

但し、DG4：前記第4レンズ群の光軸上の長さ

TL：無限遠合焦状態での前記光学系の全長

[0005] 第2の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$3.00 < (LnR2 + LnR1) / (LnR2 - LnR1) < 5.00$$

但し、LnR1：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける物

体側のレンズ面の曲率半径

$L n R 2$: 前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[0006] 第3の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30$$

但し、 f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0007] 第4の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有する。

$$1.80 < n_{dM1}$$

$$\nu_{dM1} < 26.00$$

$$\theta_{gFM1} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dM1}) < 0.012$$

0

但し、 n_{dM1} : 前記第1レンズ群の前記負レンズのd線に対する屈折率

ν_{dM1} : 前記第1レンズ群の前記負レンズのアッベ数

θ_{gFM1} : 前記第1レンズ群の前記負レンズの部分分散比であり、前記第1レンズ群の前記負レンズのg線に対する屈折率を n_{gM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのF線に対する屈折率を n_{FM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのC線に対する屈折率を n_{CM1} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFM1} = (n_{gM1} - n_{FM1}) / (n_{FM1} - n_{CM1})$$

[0008] 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。

[0009] 第1の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.20 < DG4 / TL < 0.40$$

但し、DG4：前記第4レンズ群の光軸上の長さ

TL：無限遠合焦状態での前記光学系の全長

[0010] 第2の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$3.00 < (LnR2 + LnR1) / (LnR2 - LnR1) < 5.00$$

但し、LnR1：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

LnR2：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[0011] 第3の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

[0012] 第4の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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$1.80 < n_{dM1}$$

$$\nu_{dM1} < 26.00$$

$$\theta_{gFM1} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dM1}) < 0.0120$$

但し、 n_{dM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズのd線に対する屈折率

ν_{dM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズのアッペ数

θ_{gFM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズの部分分散比であり、前記第1レンズ群の前記負レンズのg線に対する屈折率を n_{gM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのF線に対する屈折率を n_{FM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのC線に対する屈折率を n_{CM1} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFM1} = (n_{gM1} - n_{FM1}) / (n_{FM1} - n_{CM1})$$

図面の簡単な説明

[0013] [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状態、最至近距離合焦状態における諸収差図である。

[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

合焦状態、最至近距離合焦状態における諸収差図である。

[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状態、最至近距離合焦状態における諸収差図である。

[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状態、最至近距離合焦状態における諸収差図である。

[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状態、最至近距離合焦状態における諸収差図である。

[図11]各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12]第1～第3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。

[図13]第4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

[0014] 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、各実施形態に係る光学系を備えたカメラ（光学機器）を図11に基づいて説明する。このカメラ1は、図11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。

[0015] 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I上に到達する。像面I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11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。

[0016] 次に、第1実施形態に係る光学系について説明する。第1実施形態に係る光学系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、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有して構成される。合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3と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。

[0017] 上記構成の下、第1実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(1)を満足する。

$$0.20 < DG4 / TL < 0.40 \quad \dots (1)$$

但し、DG4：第4レンズ群G4の光軸上の長さ

TL：無限遠合焦状態での光学系OLの全長

[0018] 第1実施形態によれば、合焦の際の収差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。第1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。

[0019] 条件式(1)は、第4レンズ群G4の光軸上の長さとおよびこの光学系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、光学系OLの全長に対する第4レンズ群G4の光軸上の長さが大きくなるため、倍率の範囲の全域において、周辺部における像面湾曲とコマ収差を良好に補正することができる。なお、各実施形態において、光学系OLの全長は、光学系OLの最も物体側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離（なお、光

学系OLの最も像側のレンズ面から像面Iまでの距離は空気換算距離)とする。

[0020] 条件式(1)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、倍率の範囲の一部で周辺部における像面湾曲とコマ収差を補正することが困難になる。条件式(1)の下限値を、0.21、0.23、さらに0.25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、0.38、0.36、0.35、さらに0.33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。

[0021] 次に、第2実施形態に係る光学系について説明する。第2実施形態に係る光学系は、第1実施形態に係る光学系OLと同様の構成であるため、第1実施形態と同一の符号を付して説明する。第2実施形態に係る光学系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、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有して構成される。合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3と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。

[0022] 上記構成の下、第2実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(2)を満足する。

$$3.00 < (L_n R_2 + L_n R_1) / (L_n R_2 - L_n R_1) < 5.00 \\ \dots (2)$$

但し、 $L_n R_1$: 光学系OLの最も像側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

$L_n R_2$: 光学系OLの最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[0023] 第2実施形態によれば、合焦の際の収差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。第2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。

[0024] 条件式(2)は、光学系OLの最も像側に配置された負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(2)を満足することで、倍率の範囲の全域において、像面湾曲とコマ収差を像面内で均一に補正することができる。

[0025] 条件式(2)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、倍率の範囲の一部で像面湾曲とコマ収差を像面内で均一に補正することが困難になる。条件式(2)の下限値を、3.05、3.10、3.15、3.20、さらに3.23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(2)の上限値を、4.90、4.80、4.70、4.60、4.50、さらに4.40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。

[0026] 次に、第3実施形態に係る光学系について説明する。第3実施形態に係る光学系は、第1実施形態に係る光学系OLと同様の構成であるため、第1実施形態と同一の符号を付して説明する。第3実施形態に係る光学系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、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有して構成される。合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3と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。

[0027] 上記構成の下、第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(3)を満足する。

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30 \quad \dots (3)$$

但し、 f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群G2の焦点距離

[0028] 第3実施形態によれば、合焦の際の収差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。第3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。

[0029] 条件式(3)は、第1レンズ群G1の焦点距離と第2レンズ群G2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(3)を満足することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることができる。

[0030] 条件式(3)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることが困難になる。条件式(3)の下限値を、0.80、0.90、0.95、1.00、1.05、さらに1.10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。また、条件式(3)の上限値を、1.28、1.25、1.23、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。

[0031] 次に、第4実施形態に係る光学系について説明する。第4実施形態に係る光学系は、第1実施形態に係る光学系OLと同様の構成であるため、第1実施形態と同一の符号を付して説明する。第4実施形態に係る光学系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、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有して構成される。合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3と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。

[0032] 上記構成の下、第4実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(4)～(6)を満足する。

$$1.80 < n_{dM1} \quad \dots (4)$$

$$\nu_{dM1} < 26.00 \quad \dots (5)$$

$$\theta_{gFM1} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dM1}) < 0.0120 \quad \dots (6)$$

但し、 n_{dM1} ：第1レンズ群G1の負レンズのd線に対する屈折率

ν_{dM1} ：第1レンズ群G1の負レンズのアッベ数

θ_{gFM1} ：第1レンズ群G1の負レンズの部分分散比であり、第1レンズ群G1の負レンズのg線に対する屈折率を n_{gM1} とし、第1レンズ群G1の負レンズのF線に対する屈折率を n_{FM1} とし、第1レンズ群G1の負レンズのC線に対する屈折率を n_{CM1} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFM1} = (n_{gM1} - n_{FM1}) / (n_{FM1} - n_{CM1})$$

[0033] 第4実施形態によれば、合焦の際の収差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。第4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。

[0034] 条件式(4)は、第1レンズ群G1の負レンズのd線に対する屈折率について適切な範囲を規定するものである。条件式(5)は、第1レンズ群G1の負レンズのアッベ数について適切な範囲を規定するものである。条件式(6)は、第1レンズ群G1の負レンズの部分分散比とアッベ数の適切な関係を規定するものである。条件式(4)～(6)を満足することで、倍率の範囲の全域において、軸上色収差および倍率色収差を良好に補正することができる。

[0035] 条件式(4)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、倍率の範囲の一部で軸上色収差および倍率色収差を補正することが困難になる。条件式(4)の下限値を、1.82、1.83、さらに1.84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。

[0036] 条件式(5)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、倍率の範囲の一部で軸上色収差および倍率色収差を補正することが困難になる。条件式(5)の

上限値を、25.90、25.85、25.70、25.50、さらに25.35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] 条件式(6)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、倍率の範囲の一部で軸上色収差および倍率色収差を補正することが困難になる。条件式(6)の上限値を、0.0115、0.0110、0.0105、0.0100、さらに0.0098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)の下限を0.0000より大きいとしてもよい。

[0038] 第2～第4実施形態に係る光学系OLは、前述の条件式(1)を満足することが望ましい。条件式(1)を満足することで、第1実施形態と同様、倍率の範囲の全域において、周辺部における像面湾曲とコマ収差を良好に補正することができる。条件式(1)の下限値を、0.21、0.23、さらに0.25に設定することで、各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、0.38、0.36、0.35、さらに0.33に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0039] 第3実施形態および第4実施形態に係る光学系OLは、前述の条件式(2)を満足することが望ましい。条件式(2)を満足することで、第2実施形態と同様、倍率の範囲の全域において、像面湾曲とコマ収差を像面内で均一に補正することができる。条件式(2)の下限値を、3.05、3.10、3.15、3.20、さらに3.23に設定することで、各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、4.90、4.80、4.70、4.60、4.50、さらに4.40に設定することで、各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] 第4実施形態に係る光学系OLは、前述の条件式(3)を満足することが望ましい。条件式(3)を満足することで、第3実施形態と同様、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることが

できる。条件式(3)の下限値を、0.80、0.90、0.95、1.00、1.05、さらに1.10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。また、条件式(3)の上限値を、1.28、1.25、1.23、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。

[0041] 第1～第4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。

$$0.75 < f_1 / f_3 < 1.20 \quad \dots (7)$$

但し、 f_1 ：第1レンズ群G1の焦点距離

f_3 ：第3レンズ群G3の焦点距離

[0042] 条件式(7)は、第1レンズ群G1の焦点距離と第3レンズ群G3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(7)を満足することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることができる。

[0043] 条件式(7)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることが困難になる。条件式(7)の下限値を、0.80、0.85、0.90、0.95、さらに1.00に設定することで、各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、1.18、1.15、1.13、さらに1.10に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0044] 第1～第4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。

$$0.45 < (-\beta) \quad \dots (8)$$

但し、 β ：光学系OLの横倍率

[0045] 条件式(8)は、光学系OL全系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(8)を満足することで、至近距離での撮影が可能であるため好ましい。条件式(8)の下限値を、0.52、0.55、0.60、0.70、0.75、さらに0.80に設定することで、各実施形態の効

果をより確実なものとすることができる。

[0046] 第1～第4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。

$$35.0 < \beta 2 / \beta 3 < 350.0 \quad \dots (9)$$

但し、 $\beta 2$ ：無限遠合焦状態での第2レンズ群G2の横倍率

$\beta 3$ ：無限遠合焦状態での第3レンズ群G3の横倍率

[0047] 条件式(9)は、無限遠合焦状態での第2レンズ群G2の横倍率と、無限遠合焦状態での第3レンズ群G3の横倍率との適切な関係を規定するものである。条件式(9)を満足することで、合焦の際の像面湾曲と球面収差の変動を抑えることができる。

[0048] 条件式(9)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の像面湾曲と球面収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(9)の下限値を、35.50、36.00、36.50、37.00、さらに37.30に設定することで、各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、300.00、250.00、200.00、150.00、100.00、85.00、さらに75.00に設定することで、各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] 第1～第4実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(10)を満足してもよい。

$$0.005 < \beta 3 / \beta 2 < 0.035 \quad \dots (10)$$

但し、 $\beta 2$ ：無限遠合焦状態での第2レンズ群G2の横倍率

$\beta 3$ ：無限遠合焦状態での第3レンズ群G3の横倍率

[0050] 条件式(10)は、無限遠合焦状態での第2レンズ群G2の横倍率と第3レンズ群G3の横倍率との適切な関係を規定するものである。条件式(10)を満足することで、合焦の際の像面湾曲と球面収差の変動を抑えることができる。

[0051] 条件式(10)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の像面湾曲と球面収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(10)の下限値を

、0.008、0.010、さらに0.012に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとするができる。また、条件式(10)の上限値を、0.033、0.030、さらに0.029に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとするができる。

[0052] 第1～第4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。

$$\{\beta 2 + (1/\beta 2)\}^{-2} < 0.10 \quad \dots (11)$$

但し、 $\beta 2$ ：無限遠合焦状態での第2レンズ群G2の横倍率

[0053] 条件式(11)は、無限遠合焦状態での第2レンズ群G2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、無限遠合焦状態での球面収差や像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。

[0054] 条件式(11)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、無限遠合焦状態での球面収差や像面湾曲等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、0.08、0.06、さらに0.05に設定することで、各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] 第1～第4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。

$$\{\beta 3 + (1/\beta 3)\}^{-2} < 0.10 \quad \dots (12)$$

但し、 $\beta 3$ ：無限遠合焦状態での第3レンズ群G3の横倍率

[0056] 条件式(12)は、無限遠合焦状態での第3レンズ群G3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(12)を満足することで、無限遠合焦状態での球面収差や像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。

[0057] 条件式(12)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、無限遠合焦状態での球面収差や像面湾曲等の諸収差を補正することが困難になる。条件式(12)の上限値を、0.08、0.06、さらに0.05に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0058] 第1～第4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。

$$0.05 < Bf / TL < 0.35 \quad \dots (13)$$

但し、Bf：無限遠合焦状態での光学系OLのバックフォーカス

TL：無限遠合焦状態での光学系OLの全長

[0059] 条件式(13)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。なお、各実施形態において、光学系OLのバックフォーカスは、光学系OLの最も像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)とする。条件式(13)を満足することで、諸収差の発生を良好に抑えつつ、バックフォーカスが短い光学系を得ることが可能である。条件式(13)の下限値を、0.06、0.07、さらに0.08に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、条件式(13)の上限値を、0.33、0.30、0.25、0.20、0.18、さらに0.15に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。

[0060] 第1～第4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。

$$0.10 < Bf / f < 0.50 \quad \dots (14)$$

但し、Bf：無限遠合焦状態での光学系OLのバックフォーカス

f：光学系OLの焦点距離

[0061] 条件式(14)は、光学系OLのバックフォーカスと光学系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(14)を満足することで、諸収差の発生を良好に抑えつつ、バックフォーカスが短い光学系を得ることが可能である。条件式(14)の下限値を、0.12、0.14、さらに0.15に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、条件式(20)の上限値を、0.45、0.40、0.35、0.30、0.25、さらに0.20に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。

[0062] 第1～第4実施形態に係る光学系OLは、絞り（開口絞り）Sを有し、以下の条件式（15）を満足することが望ましい。

$$0.50 < L1S / SLn < 1.00 \quad \dots (15)$$

但し、L1S：無限遠合焦状態での光学系OLの最も物体側のレンズ面から絞りSまでの光軸上の距離

SLn：無限遠合焦状態での絞りSから光学系OLの最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

[0063] 条件式（15）は、光学系OLの最も物体側のレンズ面から絞りSまでの光軸上の距離と、絞りSから光学系OLの最も像側のレンズ面までの光軸上の距離との適切な関係を規定するものである。条件式（15）を満足することで、周辺部における諸収差の発生を良好に抑えた光学系を得ることが可能である。条件式（15）の下限値を、0.52、0.55、0.58、さらに0.60に設定することで、各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、0.95、0.90、0.88、0.85、0.83、さらに0.80に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとするができる。なお、絞り（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。

[0064] 第1～第4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。

$$0.70 < Mf2 / Mf3 < 1.10 \quad \dots (16)$$

但し、Mf2：無限遠物体から最至近距離物体への合焦の際の第2レンズ群G2の移動量の絶対値

Mf3：無限遠物体から最至近距離物体への合焦の際の第3レンズ群G3の移動量の絶対値

[0065] 条件式（16）は、合焦の際の第2レンズ群G2の移動量と第3レンズ群G3の移動量との適切な関係を規定するものである。なお、最至近距離は最短撮影距離に該当する。条件式（16）を満足することで、無限遠物体から

近距離物体への合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることができる。

[0066] 条件式(16)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の球面収差と像面湾曲の変動を抑えることが困難になる。条件式(16)の下限値を、0.73、0.75、0.78、0.80、さらに0.82に設定することで、各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、0.99、0.98、さらに0.97に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0067] 第1～第4実施形態に係る光学系OLにおいて、第3レンズ群G3が以下の条件式(17)～(19)を満足する負レンズを有することが望ましい。

$$1.80 < n_{dM3} \dots (17)$$

$$\nu_{dM3} < 26.00 \dots (18)$$

$$\theta_{gFM3} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dM3}) < 0.0120 \dots (19)$$

但し、 n_{dM3} ：第3レンズ群G3の負レンズのd線に対する屈折率

ν_{dM3} ：第3レンズ群G3の負レンズのアッペ数

θ_{gFM3} ：第3レンズ群G3の負レンズの部分分散比であり、第3レンズ群G3の負レンズのg線に対する屈折率を n_{gM3} とし、第3レンズ群G3の負レンズのF線に対する屈折率を n_{FM3} とし、第3レンズ群G3の負レンズのC線に対する屈折率を n_{CM3} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFM3} = (n_{gM3} - n_{FM3}) / (n_{FM3} - n_{CM3})$$

[0068] 条件式(17)は、第3レンズ群G3の負レンズのd線に対する屈折率について適切な範囲を規定するものである。条件式(18)は、第3レンズ群G3の負レンズのアッペ数について適切な範囲を規定するものである。条件式(19)は、第3レンズ群G3の負レンズの部分分散比とアッペ数の適切な関係を規定するものである。条件式(17)～(19)を満足することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の軸上色収差の変動を抑えること

ができる。

[0069] 条件式(17)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の軸上色収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(17)の下限値を、1.82、1.83、さらに1.84に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0070] 条件式(18)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の軸上色収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(18)の上限値を、25.90、25.85、25.70、25.50、さらに25.35に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0071] 条件式(19)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、合焦の際の軸上色収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(19)の上限値を、0.0115、0.0110、0.0105、0.0100、さらに0.0098に設定することで、各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(19)の下限を0.0000より大きいとしてもよい。

[0072] 第1～第4実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(20)を満足することが望ましい。

$$(L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 0.10 \quad \dots (20)$$

但し、L1R1：光学系OLの最も物体側に配置された正レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

L1R2：光学系OLの最も物体側に配置された正レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[0073] 条件式(20)は、光学系OLの最も物体側に配置された正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(20)を満足することで、無限遠合焦状態での球面収差を良好に補正することができる。

[0074] 条件式(20)の対応値が上記範囲を外れてしまうと、無限遠合焦状態での球面収差を補正することが困難になる。条件式(20)の上限値を、0.

0.0、-0.01、-0.03、-0.08、-0.10、-0.30、-0.50、さらに-0.60に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとするができる。また、条件式(20)の下限値を、-2.00、-1.80、-1.50、-1.45、さらに-1.40に設定してもよい。

[0075] 第1～第4実施形態に係る光学系OLにおいて、第4レンズ群G4の最も像側に配置されたレンズは、負の屈折力を有することが望ましい。これにより、倍率の範囲の全域において、周辺部における像面湾曲とコマ収差を良好に補正することができる。

[0076] 第1～第4実施形態に係る光学系OLにおいて、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3レンズ群G3が光軸に沿って物体側へ移動することが望ましい。第1～第4実施形態に係る光学系OLにおいて、合焦の際、第1レンズ群G1は像面Iに対して位置が固定されることが望ましい。第1～第4実施形態に係る光学系OLにおいて、合焦の際、第4レンズ群G4は像面Iに対して位置が固定されることが望ましい。これにより、合焦の際の収差変動を抑えることができる。

[0077] なお、第1～第4実施形態に係る光学系OLにおいて、光学系OLの最も像側に配置された負レンズにおける少なくとも一方のレンズ面は、非球面であることが望ましい。これにより、像面湾曲を像面内で均一に補正することができる。

[0078] 続いて、図12を参照しながら、第1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、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とを配置する(ステップST1)。次に、合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3と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ST2)。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S T 3）。このような製造方法によれば、合焦の際の収差変動が少ない光学系を製造することが可能になる。

[0079] 続いて、第2実施形態に係る光学系O Lの製造方法について概説する。第2実施形態に係る光学系O Lの製造方法は、第1実施形態で述べた製造方法と同様であるため、第1実施形態と同じ図1 2を参照しながら説明する。まず、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G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G 4とを配置する（ステップS T 1）。次に、合焦の際、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3と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S T 2）。そして、少なくとも上記条件式（2）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S T 3）。このような製造方法によれば、合焦の際の収差変動が少ない光学系を製造することが可能になる。

[0080] 続いて、第3実施形態に係る光学系O Lの製造方法について概説する。第3実施形態に係る光学系O Lの製造方法は、第1実施形態で述べた製造方法と同様であるため、第1実施形態と同じ図1 2を参照しながら説明する。まず、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G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G 4とを配置する（ステップS T 1）。次に、合焦の際、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3と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S T 2）。そして、少なくとも上記条件式（3）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S T 3）。このような製造方法によれば、合焦の際の収差変動が少ない光学系を製造することが可能になる。

[0081] 続いて、図1 3を参照しながら、第4実施形態に係る光学系O L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、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とを配置する（ステップST11）。次に、合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3と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ST12）。そして、少なくとも第1レンズ群G1が上記条件式（4）～（6）を満足する負レンズを有するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する（ステップST13）。このような製造方法によれば、合焦の際の収差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

- [0082] 以下、各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は、第1～第5実施例に係る光学系OL {OL(1)～OL(5)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。第1～第5実施例に係る光学系OL(1)～OL(5)の断面図では、無限遠から近距離物体（有限距離物体）へ合焦する際の各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。
- [0083] これら図1、図3、図5、図7、図9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。
- [0084] 以下に表1～表5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 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）、C線（波長

$\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ）、F線（波長 $\lambda = 486.1 \text{ nm}$ ）を選んでいる。

[0085] [全体諸元]の表において、 f は光学系全系の焦点距離、 2ω は画角（単位は $^{\circ}$ （度）で、 ω が半画角である）、 Y_{max} は最大像高を示す。TLは無遠合焦状態で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は無遠合焦状態での光軸上でのレンズ最終面から像面までの空気換算距離（バックフォーカス）を示す。また、[全体諸元]の表において、 β_2 は、無遠合焦状態での第2レンズ群の横倍率を示す。 β_3 は、無遠合焦状態での第3レンズ群の横倍率を示す。 Mf_2 は、無遠物体から最至近距離物体への合焦の際の第2レンズ群の移動量の絶対値を示す。 Mf_3 は、無遠物体から最至近距離物体への合焦の際の第3レンズ群の移動量の絶対値を示す。

[0086] [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、 n_d は光学部材の材料のd線に対する屈折率、 ν_d は光学部材の材料のd線を基準とするアッペ数、 θ_{gF} は光学部材の材料の部分分散比をそれぞれ示す。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。光学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。

[0087] 光学部材の材料のg線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_g とし、光学部材の材料のF線（波長 $\lambda = 486.1 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_F とし、光学部材の材料のC線（波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_C とする。このとき、光学部材の材料の部分分散比 θ_{gF} は次式（A）で定義される。

$$[0088] \quad \theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad \dots (A)$$

[0089] [非球面データ]の表には、[レンズ諸元]に示した非球面について、その形状を次式（B）で示す。 $X(y)$ は非球面の頂点における接平面から高

さ y における非球面上の位置までの光軸方向に沿った距離（サグ量）を、 R は基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 κ は円錐定数を、 A_i は第 i 次の非球面係数を示す。「E-n」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、 $1.234E-05 = 1.234 \times 10^{-5}$ である。なお、2次の非球面係数 A_2 は0であり、その記載を省略している。

$$[0090] \quad X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} \dots (B)$$

[0091] [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 は光学系全系の焦点距離、 β は光学系の撮影倍率（横倍率）、 FNO は光学系のFナンバーを示す。

[0092] [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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] (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3レンズ群G3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および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して位置が固定される。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。

[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、両凸形状の正レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13と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L14と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL12が条件式(4)～(6)を満足する負レンズに該当する。

[0097] 第2レンズ群G2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L21と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とが接合された接合レンズと、から構成される。

[0098] 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とが接合された接合レンズと、から構成される。本実施例では、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL32が条件式(17)～(19)を満足する負レンズに該当する。

[0099] 第4レンズ群G4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L41と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43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L44と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL45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L46と、から構成される。負メニスカスレンズL46は、物体側のレンズ面が非球面である。第4レンズ群

G 4 の像側に、像面 I が配置される。

[0100] 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。

[0101] (表 1)

[全体諸元]

$f = 102.86$	$\beta 2 = 8.163$
$2\omega = 24.06$	$\beta 3 = 0.151$
$Y_{max} = 21.70$	$Mf 2 = 18.956$
$TL = 149.38$	$Mf 3 = 20.740$
$Bf = 16.78$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d	$\theta_g F$
物体面	∞	(D0)			
1	1598.6404	3.330	1.83481	42.73	
2	-179.4707	0.200			
3	80.9451	1.200	1.85451	25.15	0.6103
4	38.9730	7.070	1.59319	67.90	
5	865.5813	0.200			
6	47.0836	4.570	1.59319	67.90	
7	210.0810	(D7)			
8	-242.9579	1.100	1.51860	69.89	
9	48.3271	1.613			
10	122.3852	1.100	1.72047	34.71	
11	28.6090	2.660	1.94595	17.98	
12	44.8866	(D12)			
13	∞	(D13)			(絞り S)
14	85.7680	2.400	1.83481	42.72	
15	-644.4854	0.200			
16	79.2129	1.100	1.85451	25.15	0.6103

17	32.8950	5.480	1.59319	67.90
18	-109.8711	(D18)		
19	163.4895	1.100	1.95375	32.33
20	45.6740	1.840		
21	85.0464	1.100	1.51860	69.89
22	23.8970	3.210	1.94595	17.98
23	29.2234	2.983		
24	34.9435	1.500	2.00069	25.46
25	21.6656	8.800	1.80440	39.61
26	250.8917	21.970		
27*	-26.4605	1.530	1.51680	64.14
28	-47.3182	Bf		
像面	∞			

[非球面データ]

第27面

$\kappa=1.000, A4=9.61768E-06, A6=1.56877E-08$

$A8=-4.92862E-11, A10=-1.29299E-13, A12=-7.46540E-17$

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	最至近距離合焦状態
	$f = 102.86$	$\beta = -0.5$	$\beta = -1.0$
D0	∞	226.746	138.188
D7	3.662	12.980	22.619
D12	25.484	16.167	6.528
D13	24.986	14.031	4.245
D18	2.206	13.161	22.947
FN0	2.89	3.68	4.65

[レンズ群データ]

群 始面 焦点距離

G1	1	56.05
G2	8	-49.08
G3	14	52.89
G4	19	-64.87

[0102] 図2(A)は、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。図2(B)は、第1実施例に係る光学系の最至近距離合焦状態（撮影倍率 $\beta = -1.0$ ）における諸収差図である。無限遠合焦状態における各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。最至近距離合焦状態における各収差図において、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 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）、CはC線（波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ）、FはF線（波長 $\lambda = 486.1 \text{ nm}$ ）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。

[0103] 各諸収差図より、第1実施例に係る光学系は、無限遠合焦状態から最至近距離合焦状態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。

[0104] (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3レンズ群G3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および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して位置が固定される。

[0105] 第2実施例において、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、および第4レンズ群G4は、第1実施例と同様に構成されるため、第1実施例の場合と同じ符号を付して、これらの各レンズの詳細な説明を省略する。第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13と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L14と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL12が条件式(4)～(6)を満足する負レンズに該当する。また、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL32が条件式(17)～(19)を満足する負レンズに該当する。

[0106] 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。

[0107] (表2)

[全体諸元]

$f = 102.90$	$\beta 2 = 8.644$
$2\omega = 24.05$	$\beta 3 = 0.140$
$Y_{max} = 21.70$	$Mf 2 = 18.759$
$TL = 149.44$	$Mf 3 = 20.918$
$Bf = 16.84$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d	$\theta_g F$
物体面	∞	(D0)			
1	-970.6344	3.130	1.83481	42.73	
2	-155.1786	0.200			

3	81.0511	1.200	1.85451	25.15	0.6103
4	39.5973	6.920	1.59319	67.90	
5	1859.7639	0.200			
6	47.279	4.100	1.59319	67.90	
7	216.5762	(D7)			
8	-224.7372	1.100	1.51860	69.89	
9	47.2726	1.597			
10	121.819	1.100	1.72047	34.71	
11	29.0024	2.610	1.94595	17.98	
12	45.9042	(D12)			
13	∞	(D13)			(絞りS)
14	78.5700	2.400	1.83481	42.73	
15	-637.4162	0.200			
16	79.2597	1.100	1.85451	25.15	0.6103
17	32.0633	5.300	1.59319	67.90	
18	-121.6144	(D18)			
19	152.5421	1.100	1.95375	32.33	
20	46.0324	2.000			
21	95.1769	1.100	1.51860	69.89	
22	24.2848	3.200	1.94595	17.98	
23	29.7026	3.000			
24	36.4143	1.100	2.00069	25.46	
25	22.7290	8.210	1.80440	39.61	
26	309.1328	22.990			
27*	-23.6207	1.500	1.51680	64.14	
28	-38.5736	Bf			

像面 ∞

[非球面データ]

第 2 7 面

$$\kappa = 1.000, A4 = 1.19399E-05, A6 = 2.04728E-08$$

$$A8 = -7.55581E-11, A10 = 2.43965E-13, A12 = -1.86360E-16$$

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	最至近距離合焦状態
	$f = 102.90$	$\beta = -0.5$	$\beta = -1.0$
D0	∞	226.763	138.555
D7	4.600	13.875	23.358
D12	25.347	16.072	6.588
D13	25.096	14.117	4.178
D18	2.200	13.179	23.118
FN0	2.91	3.68	4.79

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	56.46
G2	8	-48.99
G3	14	52.33
G4	19	-65.47

[0108] 図 4 (A) は、第 2 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。図 4 (B) は、第 2 実施例に係る光学系の最至近距離合焦状態 (撮影倍率 $\beta = -1.0$) における諸収差図である。各諸収差図より、第 2 実施例に係る光学系は、無限遠合焦状態から最至近距離合焦状態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。

[0109] (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3レンズ群G3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および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して位置が固定される。

[0110] 第3実施例において、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、および第4レンズ群G4は、第1実施例と同様に構成されるため、第1実施例の場合と同じ符号を付して、これらの各レンズの詳細な説明を省略する。第1レンズ群G1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L11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13と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L14と、から構成される。正メニスカスレンズL14は、物体側のレンズ面が非球面である。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL12が条件式(4)～(6)を満足する負レンズに該当する。また、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL32が条件式(17)～(19)を満足する負レンズに該当する。

[0111] 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。

[0112] (表3)

[全体諸元]

$f = 112.70$	$\beta 2 = 6.996$
$2\omega = 21.80$	$\beta 3 = 0.187$
$Y_{max} = 21.70$	$Mf 2 = 18.085$
$TL = 153.44$	$Mf 3 = 20.338$
$Bf = 18.23$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d	θ g F
物体面	∞	(D0)			
1	355.1676	3.588	1.83327	42.78	
2	-285.0651	4.067			
3	69.2281	2.242	1.85451	25.15	0.6103
4	35.8609	7.035	1.59319	67.90	
5	290.9476	0.200			
6*	51.7012	5.811	1.59319	67.90	
7	490.4661	(D7)			
8	-343.8397	1.159	1.51860	69.89	
9	43.0965	5.534			
10	235.9802	1.189	1.72047	34.71	
11	32.9473	2.618	1.94594	17.98	
12	56.6601	(D12)			
13	∞	(D13)			(絞りS)
14	126.3547	2.400	1.83369	42.76	
15	-603.5933	0.220			
16	69.9801	1.100	1.85451	25.15	0.6103
17	34.3310	5.800	1.59319	67.90	
18	-90.9674	(D18)			
19	219.3497	1.198	1.94180	30.88	
20	48.5362	2.000			
21	113.6761	1.200	1.51860	69.89	
22	26.146	3.256	1.94594	17.98	
23	34.4512	3.000			
24	38.6884	1.100	2.00069	25.46	
25	23.5045	7.441	1.80610	40.97	
26	293.6016	19.200			

27*	-20.7242	2.129	1.51680	64.13
28	-33.3932	Bf		
像面	∞			

[非球面データ]

第6面

$$\kappa=1.000, A4=-7.80076E-08, A6=7.83037E-11$$

$$A8=-1.44363E-13, A10=0.00000E+00, A12=0.00000E+00$$

第27面

$$\kappa=1.000, A4=1.27301E-05, A6=1.49611E-08$$

$$A8=9.59928E-12, A10=-4.03456E-15, A12=3.26570E-16$$

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	最至近距離合焦状態
	$f = 112.70$	$\beta = -0.5$	$\beta = -1.0$
D0	∞	241.112	143.316
D7	2.233	10.886	20.318
D12	23.545	14.893	5.461
D13	22.608	11.511	2.270
D18	3.338	14.435	23.676
FN0	2.92	3.71	4.73

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	55.98
G2	8	-47.61
G3	14	53.52
G4	19	-46.34

[0113] 図6(A)は、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。図6(B)は、第3実施例に係る光学系の最至近距離合焦状態（撮影倍率 $\beta = -1.0$ ）における諸収差図である。各諸収差図より、第3実

施例に係る光学系は、無限遠合焦状態から最至近距離合焦状態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。

[0114] (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3レンズ群G3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および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配設される。合焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して位置が固定される。

[0115] 第4実施例において、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3は、第1実施例と同様に構成されるため、第1実施例の場合と同じ符号を付して、これらの各レンズの詳細な説明を省略する。第1レンズ群G1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L11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と両凸形状の正レンズL13と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L14と、から構成される。正メニスカスレンズL14は、物体側のレンズ面が非球面である。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL12が条件式(4)～(6)を満足する負レンズに該当する。また、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL32が条件式(17)～(19)を満足する負レンズに該当する。

[0116] 第4レンズ群G4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L41と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42と物体側

に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 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 4 4 と両凸形状の正レンズL 4 5 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 4 6 と、から構成される。負メニスカスレンズL 4 6 は、物体側のレンズ面が非球面である。第4レンズ群G 4 の像側に、像面I が配置される。

[0117] 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。

[0118] (表4)

[全体諸元]

$f = 91.80$	$\beta 2 = 9.291$
$2\omega = 26.86$	$\beta 3 = 0.129$
$Y_{max} = 21.70$	$Mf 2 = 18.681$
$TL = 144.30$	$Mf 3 = 22.112$
$Bf = 13.94$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d	$\theta_g F$
物体面	∞	(D0)			
1	408.2969	3.380	1.83481	42.73	
2	-272.198	0.200			
3	88.8401	1.200	1.85451	25.15	0.6103
4	40.6806	7.283	1.59319	67.90	
5	-2294.7045	0.200			
6*	44.6204	4.666	1.59319	67.90	
7	181.6868	(D7)			
8	-474.3707	1.100	1.51860	69.89	
9	37.2782	2.943			
10	257.8909	1.100	1.72047	34.71	
11	35.7865	2.739	1.94594	17.98	
12	67.2338	(D12)			

13	∞	(D13)				(絞りS)
14	80.2960	2.599	1.85225	41.93		
15	-261.2143	0.200				
16	103.5562	1.127	1.85451	25.15	0.6103	
17	33.2058	5.480	1.59319	67.90		
18	-115.1949	(D18)				
19	-489.7555	1.182	1.90412	28.78		
20	84.0357	2.000				
21	1584.8325	1.100	1.51860	69.89		
22	30.4557	3.319	1.94594	17.98		
23	42.4678	3.000				
24	50.1735	1.100	2.00069	25.46		
25	29.4301	7.673	1.81892	43.48		
26	-234.4595	24.209				
27*	-20.3038	1.500	1.51680	64.13		
28	-38.3517	Bf				
像面	∞					

[非球面データ]

第6面

$$\kappa = 1.000, A4 = -1.39939E-07, A6 = -9.81797E-11$$

$$A8 = -3.74424E-13, A10 = 1.22198E-15, A12 = -1.93260E-18$$

第27面

$$\kappa = 1.000, A4 = 1.58902E-05, A6 = 1.67973E-08$$

$$A8 = 2.63185E-11, A10 = -9.61351E-14, A12 = 5.69420E-16$$

[可変間隔データ]

無限遠合焦状態 中間距離合焦状態 最至近距離合焦状態

$$f = 91.80 \quad \beta = -0.5 \quad \beta = -1.0$$

$$D0 \quad \infty \quad 207.102 \quad 129.576$$

D7	2.004	11.344	20.685
D12	22.744	13.404	4.064
D13	23.943	12.265	1.831
D18	2.371	14.048	24.482
FN0	2.85	3.66	4.83

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	55.98
G2	8	-47.61
G3	14	53.52
G4	19	-46.34

[0119] 図8(A)は、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。図8(B)は、第4実施例に係る光学系の最至近距離合焦状態（撮影倍率 $\beta = -1.0$ ）における諸収差図である。各諸収差図より、第4実施例に係る光学系は、無限遠合焦状態から最至近距離合焦状態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。

[0120] (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3レンズ群G3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および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配設される。合

焦の際、開口絞りSは、像面Iに対して位置が固定される。

[0121] 第5実施例において、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3は、第1実施例と同様に構成されるため、第1実施例の場合と同じ符号を付して、これらの各レンズの詳細な説明を省略する。第1レンズ群G1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L11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と両凸形状の正レンズL13と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L14と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL12が条件式(4)～(6)を満足する負レンズに該当する。また、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL32が条件式(17)～(19)を満足する負レンズに該当する。

[0122] 第4レンズ群G4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L41と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43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L44と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL45と両凸形状の正レンズL46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L47と、から構成される。負メニスカスレンズL47は、物体側のレンズ面が非球面である。第4レンズ群G4の像側に、像面Iが配置される。

[0123] 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。

[0124] (表5)

[全体諸元]

$f = 102.90$	$\beta 2 = 7.191$
$2\omega = 24.02$	$\beta 3 = 0.167$
$Y_{max} = 21.70$	$Mf 2 = 17.513$
$TL = 151.46$	$Mf 3 = 18.500$
$Bf = 16.67$	

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d	θ g F
物体面	∞	(D0)			
1	281.4565	4.042	1.84850	43.79	
2	-254.6508	2.526			
3	114.5240	1.200	1.85451	25.15	0.6103
4	40.7834	7.528	1.59319	67.90	
5	-338.1593	0.200			
6	42.8169	3.939	1.59319	67.90	
7	155.8083	(D7)			
8	-223.9031	1.223	1.51860	69.89	
9	42.8160	2.098			
10	151.8246	1.200	1.74950	35.25	
11	30.8506	3.790	1.94594	17.98	
12	53.8828	(D12)			
13	∞	(D13)			(絞りS)
14	108.3408	3.055	1.84850	43.79	
15	-203.4420	0.200			
16	67.4695	1.200	1.85451	25.15	0.6103
17	31.8859	6.500	1.59319	67.90	
18	-140.2381	(D18)			
19	216.9695	1.200	1.89190	37.13	
20	33.9171	3.218			
21	126.0145	1.200	1.59349	67.00	
22	27.2774	3.571	1.94594	17.98	
23	40.9231	2.000			
24	35.5779	5.995	1.83481	42.73	
25	166.9394	1.000			
26	117.0398	2.000	1.90200	25.26	

27	22.6500	10.000	1.76200	40.11
28	-2467.5977	14.472		
29*	-19.9041	1.200	1.51680	64.13
30	-33.7790	Bf		
像面	∞			

[非球面データ]

第29面

$\kappa=1.000, A4=1.95940E-05, A6=-1.65107E-08$

$A8=2.48794E-10, A10=-8.47293E-13, A12=1.57410E-15$

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	最至近距離合焦状態
	$f = 102.90$	$\beta = -0.5$	$\beta = -1.0$
D0	∞	226.207	135.900
D7	3.000	11.595	20.513
D12	23.577	14.982	6.064
D13	21.246	11.581	2.746
D18	2.000	11.666	20.500
FN0	2.85	3.65	4.73

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	53.71
G2	8	-47.46
G3	14	49.28
G4	19	-35.41

[0125] 図10(A)は、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。図10(B)は、第5実施例に係る光学系の最至近距離合焦状態（撮影倍率 $\beta = -1.0$ ）における諸収差図である。各諸収差図より、第5実施例に係る光学系は、無限遠合焦状態から最至近距離合焦状態までの全

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。

[0126] 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)～(20)に対応する値を、全実施例(第1～第5実施例)について纏めて示す。

$$\text{条件式 (1)} \quad 0.20 < DG4 / TL < 0.40$$

$$\text{条件式 (2)} \quad 3.00 < (LnR2 + LnR1) / (LnR2 - LnR1) < 5.00$$

$$\text{条件式 (3)} \quad 0.75 < f1 / (-f2) < 1.30$$

$$\text{条件式 (4)} \quad 1.80 < ndM1$$

$$\text{条件式 (5)} \quad \nu dM1 < 26.00$$

$$\text{条件式 (6)} \quad \theta gFM1 - (0.6415 - 0.00162 \times \nu dM1) < 0.0120$$

$$\text{条件式 (7)} \quad 0.75 < f1 / f3 < 1.20$$

$$\text{条件式 (8)} \quad 0.45 < (-\beta)$$

$$\text{条件式 (9)} \quad 35.0 < \beta 2 / \beta 3 < 350.0$$

$$\text{条件式 (10)} \quad 0.005 < \beta 3 / \beta 2 < 0.035$$

$$\text{条件式 (11)} \quad \{\beta 2 + (1 / \beta 2)\}^{-2} < 0.10$$

$$\text{条件式 (12)} \quad \{\beta 3 + (1 / \beta 3)\}^{-2} < 0.10$$

$$\text{条件式 (13)} \quad 0.05 < Bf / TL < 0.35$$

$$\text{条件式 (14)} \quad 0.10 < Bf / f < 0.50$$

$$\text{条件式 (15)} \quad 0.50 < L1S / SLn < 1.00$$

$$\text{条件式 (16)} \quad 0.70 < Mf2 / Mf3 < 1.10$$

$$\text{条件式 (17)} \quad 1.80 < ndM3$$

$$\text{条件式 (18)} \quad \nu dM3 < 26.00$$

$$\text{条件式 (19)} \quad \theta gFM3 - (0.6415 - 0.00162 \times \nu dM3) < 0.0120$$

$$\text{条件式 (20)} \quad (L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 0$$

. 10

[0127] [条件式対応値] (第1～第3実施例)

条件式	第1実施例	第2実施例	第3実施例
(1)	0.294	0.295	0.263
(2)	3.537	4.159	4.272
(3)	1.142	1.152	1.176
(4)	1.855	1.855	1.855
(5)	25.15	25.15	25.15
(6)	0.0095	0.0095	0.0095
(7)	1.060	1.079	1.046
(8)	1.00	1.00	1.00
(9)	54.19	61.71	37.44
(10)	0.018	0.016	0.027
(11)	0.015	0.013	0.020
(12)	0.022	0.019	0.033
(13)	0.116	0.116	0.122
(14)	0.168	0.169	0.167
(15)	0.649	0.651	0.779
(16)	0.914	0.897	0.889
(17)	1.855	1.855	1.855
(18)	25.15	25.15	25.15
(19)	0.0095	0.0095	0.0095
(20)	-0.798	-1.381	-0.109

[条件式対応値] (第4～第5実施例)

条件式	第4実施例	第5実施例
(1)	0.311	0.302
(2)	3.250	3.869
(3)	1.115	1.132

(4)	1.855	1.855
(5)	25.15	25.15
(6)	0.0095	0.0095
(7)	1.042	1.090
(8)	1.00	1.00
(9)	72.20	42.96
(10)	0.014	0.023
(11)	0.011	0.019
(12)	0.016	0.027
(13)	0.100	0.115
(14)	0.158	0.170
(15)	0.613	0.679
(16)	0.845	0.947
(17)	1.855	1.855
(18)	25.15	25.15
(19)	0.0095	0.0095
(20)	-0.200	-0.050

[0128] 上記各実施例によれば、合焦の際の収差変動が少ない光学系を実現することができる。

[0129] 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。

[0130] 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。

[0131] 本実施形態の光学系の実施例として4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、5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。

[0132] 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。

[0133] 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。

[0134] 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。

[0135] 開口絞りは、第2レンズ群と第3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。

[0136] 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

[0137]	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
	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、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.20 < DG4 / TL < 0.40$$

但し、DG4：前記第4レンズ群の光軸上の長さ

TL：無限遠合焦状態での前記光学系の全長

[請求項2] 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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$3.00 < (LnR2 + LnR1) / (LnR2 - LnR1) < 5.00$$

但し、LnR1：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

LnR2：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[請求項3] 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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項4]

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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有する光学系。

$$1.80 < n_{dM1}$$

$$\nu_{dM1} < 26.00$$

$$\theta_{gFM1} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dM1}) < 0.0120$$

但し、 n_{dM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズのd線に対する屈折率

ν_{dM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズのアッベ数

θ_{gFM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズの部分分散比であり、前記第1レンズ群の前記負レンズのg線に対する屈折率を n_{gM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのF線に対する屈折率を n_{FM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのC線に対する屈折率を n_{CM1} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFM1} = (n_{gM1} - n_{FM1}) / (n_{FM1} - n_{CM1})$$

[請求項5]

以下の条件式を満足する請求項2～4のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.20 < DG4 / TL < 0.40$$

但し、 $DG4$ ：前記第4レンズ群の光軸上の長さ

TL ：無限遠合焦状態での前記光学系の全長

- [請求項6] 以下の条件式を満足する請求項3または4に記載の光学系。

$$3.00 < (L n R 2 + L n R 1) / (L n R 2 - L n R 1) < 5.00$$
 但し、 $L n R 1$ ：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径
 $L n R 2$ ：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径
- [請求項7] 以下の条件式を満足する請求項4に記載の光学系。

$$0.75 < f 1 / (-f 2) < 1.30$$
 但し、 $f 1$ ：前記第1レンズ群の焦点距離
 $f 2$ ：前記第2レンズ群の焦点距離
- [請求項8] 以下の条件式を満足する請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.75 < f 1 / f 3 < 1.20$$
 但し、 $f 1$ ：前記第1レンズ群の焦点距離
 $f 3$ ：前記第3レンズ群の焦点距離
- [請求項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。

$$0.45 < (-\beta)$$
 但し、 β ：前記光学系の横倍率
- [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。

$$35.0 < \beta 2 / \beta 3 < 350.0$$
 但し、 $\beta 2$ ：無限遠合焦状態での前記第2レンズ群の横倍率
 $\beta 3$ ：無限遠合焦状態での前記第3レンズ群の横倍率
- [請求項11] 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。

$$0.005 < \beta 3 / \beta 2 < 0.035$$

但し、 $\beta 2$: 無限遠合焦状態での前記第2レンズ群の横倍率

$\beta 3$: 無限遠合焦状態での前記第3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。

$$\{\beta 2 + (1 / \beta 2)\}^{-2} < 0.10$$

但し、 $\beta 2$: 無限遠合焦状態での前記第2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。

$$\{\beta 3 + (1 / \beta 3)\}^{-2} < 0.10$$

但し、 $\beta 3$: 無限遠合焦状態での前記第3レンズ群の横倍率

[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。

$$0.05 < Bf / TL < 0.35$$

但し、 Bf : 無限遠合焦状態での前記光学系のバックフォーカス

TL : 無限遠合焦状態での前記光学系の全長

[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。

$$0.10 < Bf / f < 0.50$$

但し、 Bf : 無限遠合焦状態での前記光学系のバックフォーカス

f : 前記光学系の焦点距離

[請求項16] 絞りを有し、

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。

$$0.50 < L1S / SLn < 1.00$$

但し、 $L1S$: 無限遠合焦状態での前記光学系の最も物体側のレンズ面から前記絞りまでの光軸上の距離

SLn : 無限遠合焦状態での前記絞りから前記光学系の最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

[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。

$$0.70 < Mf2 / Mf3 < 1.10$$

但し、Mf2：無限遠物体から最至近距離物体への合焦の際の前記第2レンズ群の移動量の絶対値

Mf3：無限遠物体から最至近距離物体への合焦の際の前記第3レンズ群の移動量の絶対値

[請求項18] 前記第3レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有する請求項1～17のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.80 < ndM3$$

$$\nu dM3 < 26.00$$

$$\theta gFM3 - (0.6415 - 0.00162 \times \nu dM3) < 0.0120$$

但し、ndM3：前記第3レンズ群の前記負レンズのd線に対する屈折率

$\nu dM3$ ：前記第3レンズ群の前記負レンズのアッベ数

$\theta gFM3$ ：前記第3レンズ群の前記負レンズの部分分散比であり、前記第3レンズ群の前記負レンズのg線に対する屈折率を $ngM3$ とし、前記第3レンズ群の前記負レンズのF線に対する屈折率を $nFM3$ とし、前記第3レンズ群の前記負レンズのC線に対する屈折率を $nCM3$ としたとき、次式で定義される

$$\theta gFM3 = (ngM3 - nFM3) / (nFM3 - nCM3)$$

[請求項19] 以下の条件式を満足する請求項1～18のいずれか一項に記載の光学系。

$$(L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 0.10$$

但し、L1R1：前記光学系の最も物体側に配置された正レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

L1R2：前記光学系の最も物体側に配置された正レンズに

おける像側のレンズ面の曲率半径

[請求項20] 前記第4レンズ群の最も像側に配置されたレンズは、負の屈折力を有する請求項1～19のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項21] 無限遠物体から近距離物体への合焦の際、前記第2レンズ群が光軸に沿って像側へ移動し、前記第3レンズ群が光軸に沿って物体側へ移動する請求項1～20のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項22] 合焦の際、前記第1レンズ群は像面に対して位置が固定される請求項1～21のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項23] 合焦の際、前記第4レンズ群は像面に対して位置が固定される請求項1～22のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項24] 請求項1～23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25] 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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.20 < DG4 / TL < 0.40$$

但し、DG4：前記第4レンズ群の光軸上の長さ

TL：無限遠合焦状態での前記光学系の全長

[請求項26] 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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸に沿って

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。

$$3. \quad 0.0 < (L_{nR2} + L_{nR1}) / (L_{nR2} - L_{nR1}) < 5.00$$

但し、 L_{nR1} ：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

L_{nR2} ：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[請求項27]

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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項28]

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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有するよう

レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。

$$1. \quad 80 < n_{dM1}$$

$$\nu_{dM1} < 26.00$$

$$\theta_{gFM1} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dM1}) < 0.0120$$

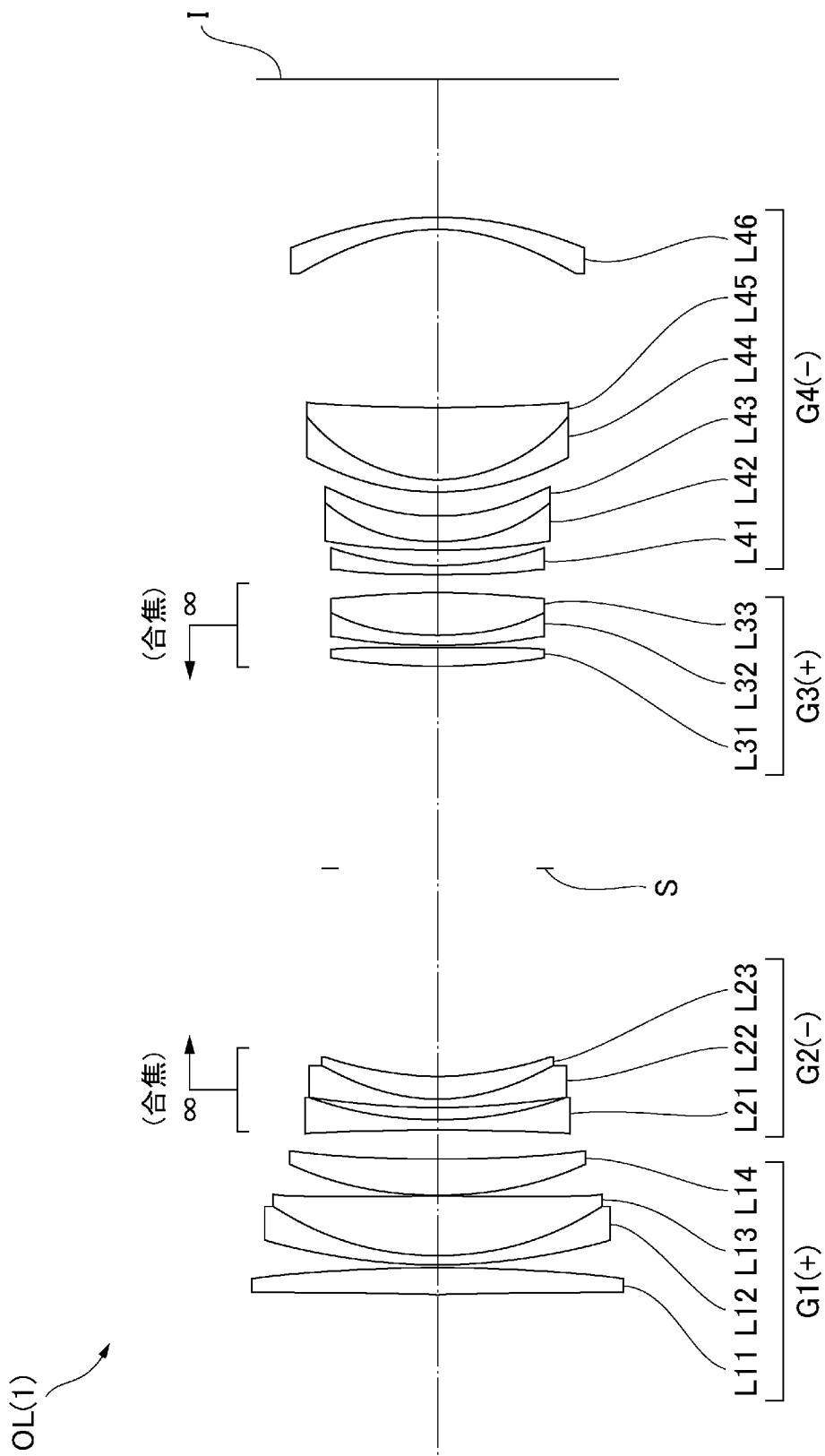
但し、 n_{dM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズのd線に対する屈折率

ν_{dM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズのアッベ数

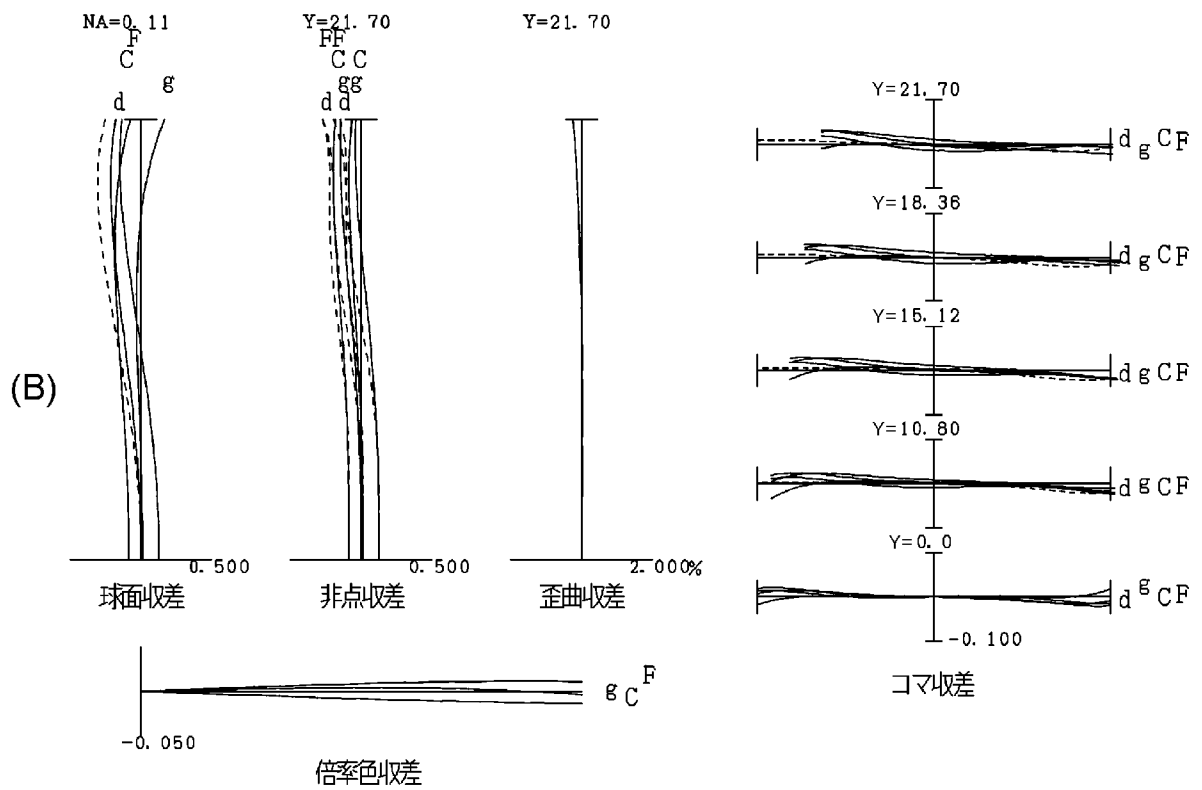
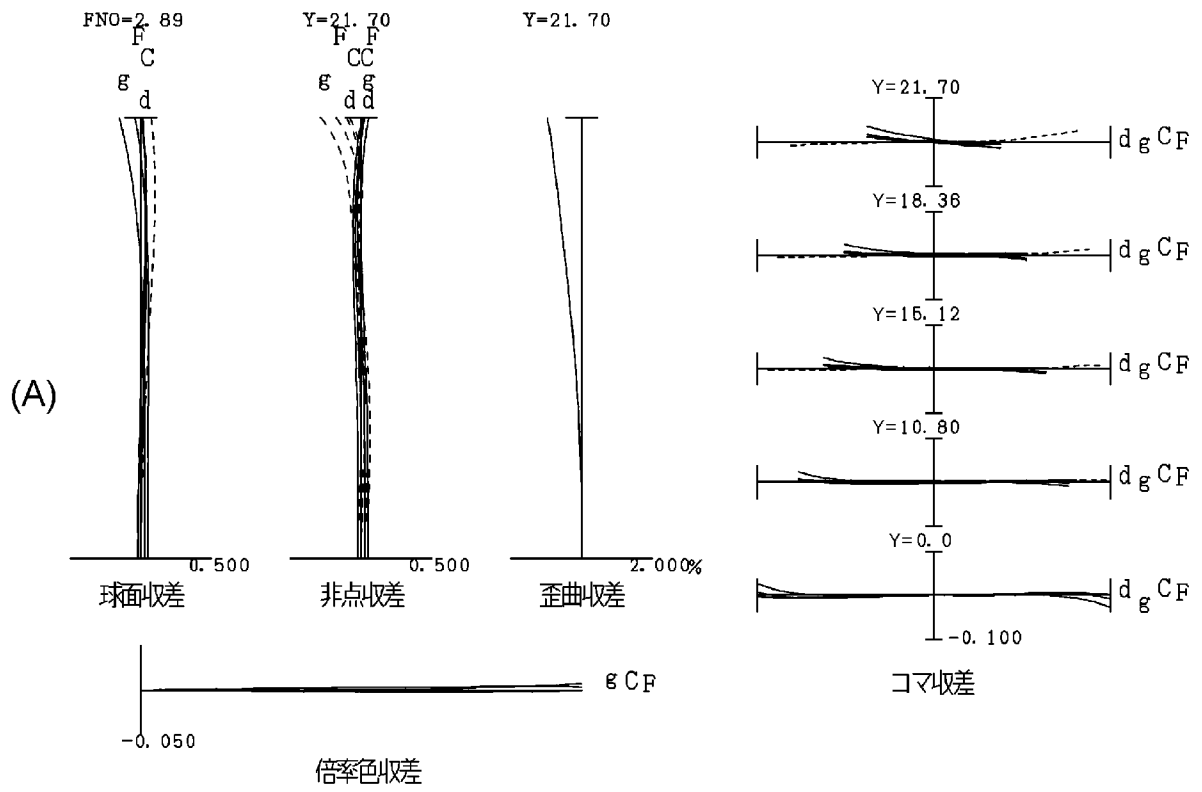
θ_{gFM1} ：前記第1レンズ群の前記負レンズの部分分散比であり、前記第1レンズ群の前記負レンズのg線に対する屈折率を n_{gM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのF線に対する屈折率を n_{FM1} とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのC線に対する屈折率を n_{CM1} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFM1} = (n_{gM1} - n_{FM1}) / (n_{FM1} - n_{CM1})$$

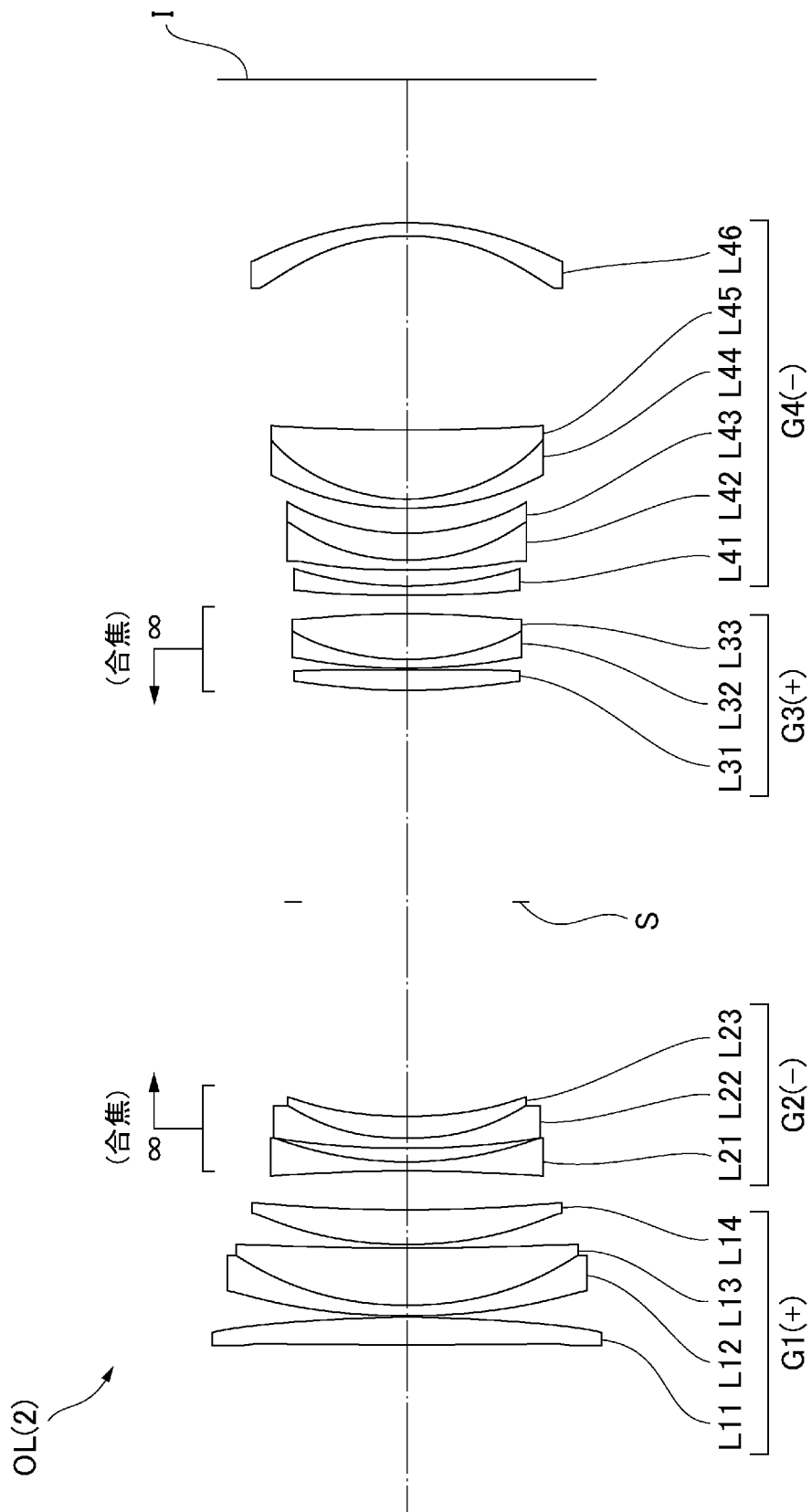
[図1]



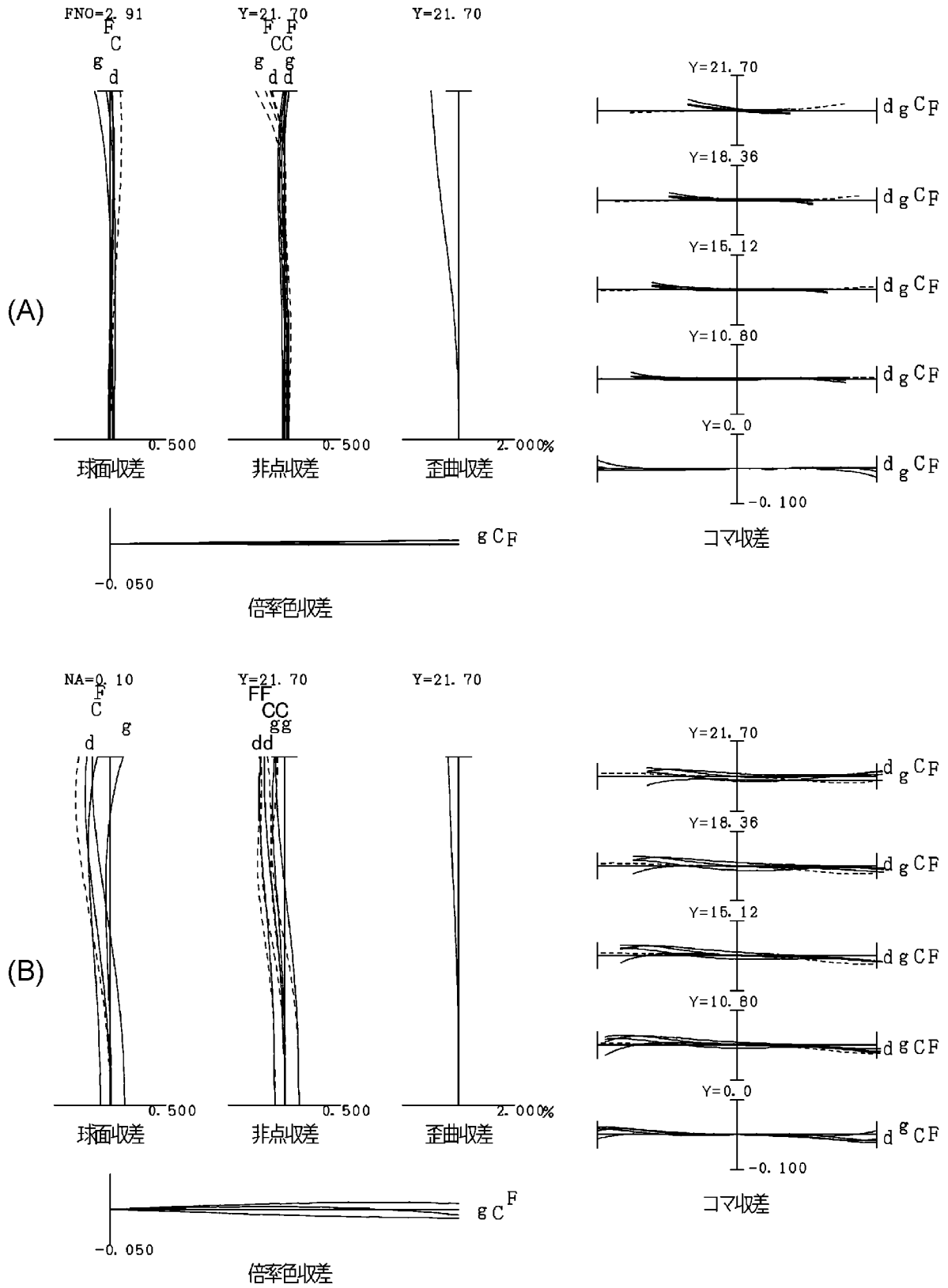
[図2]



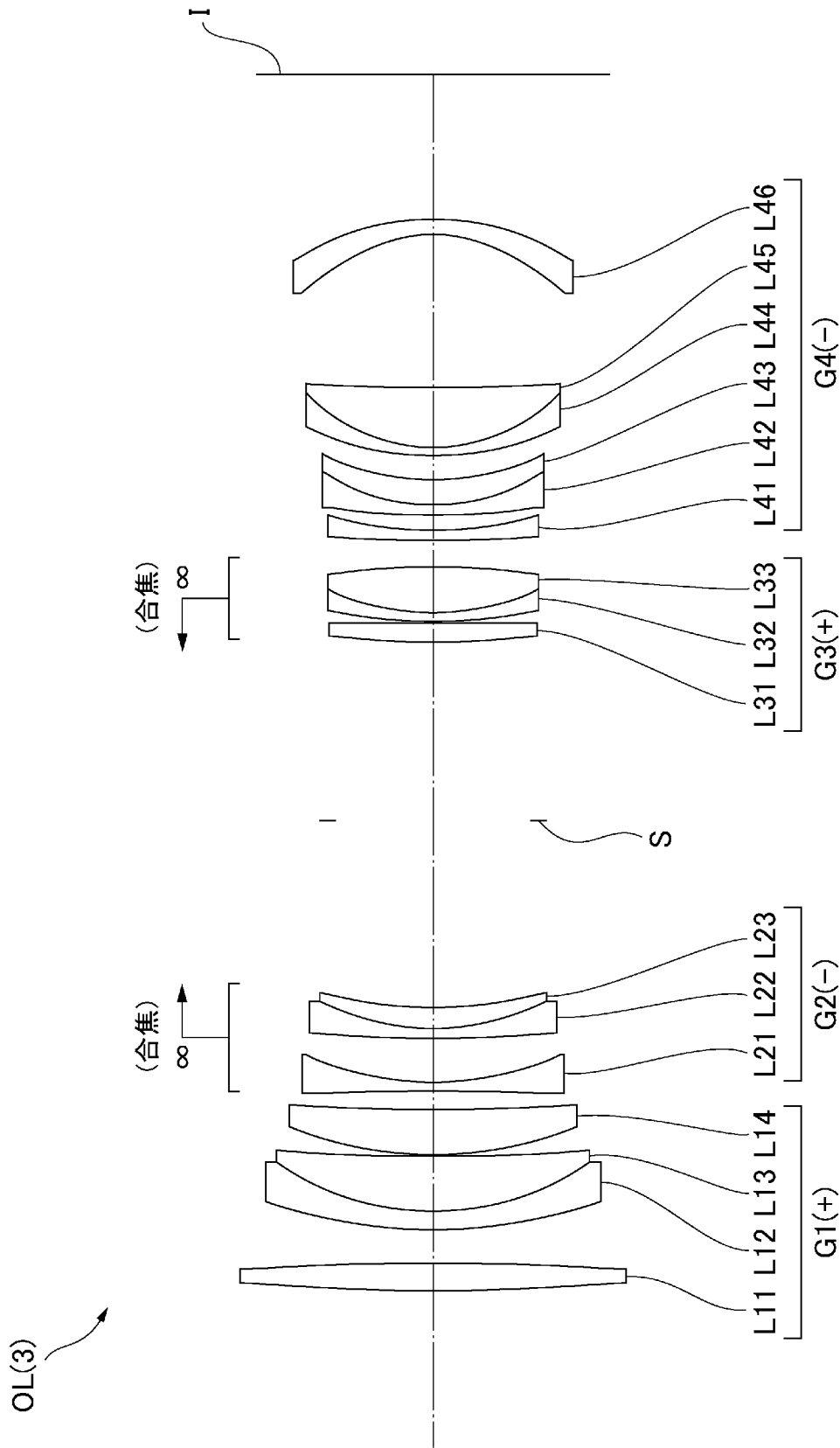
[図3]



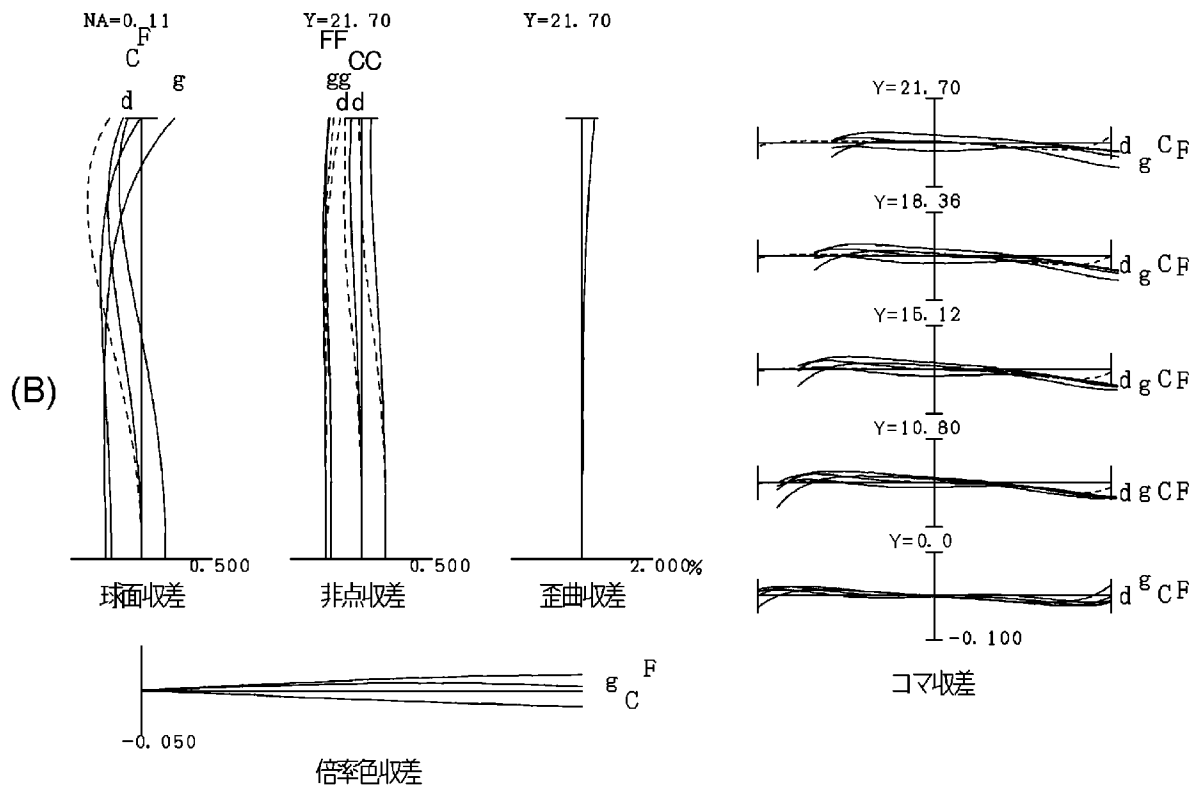
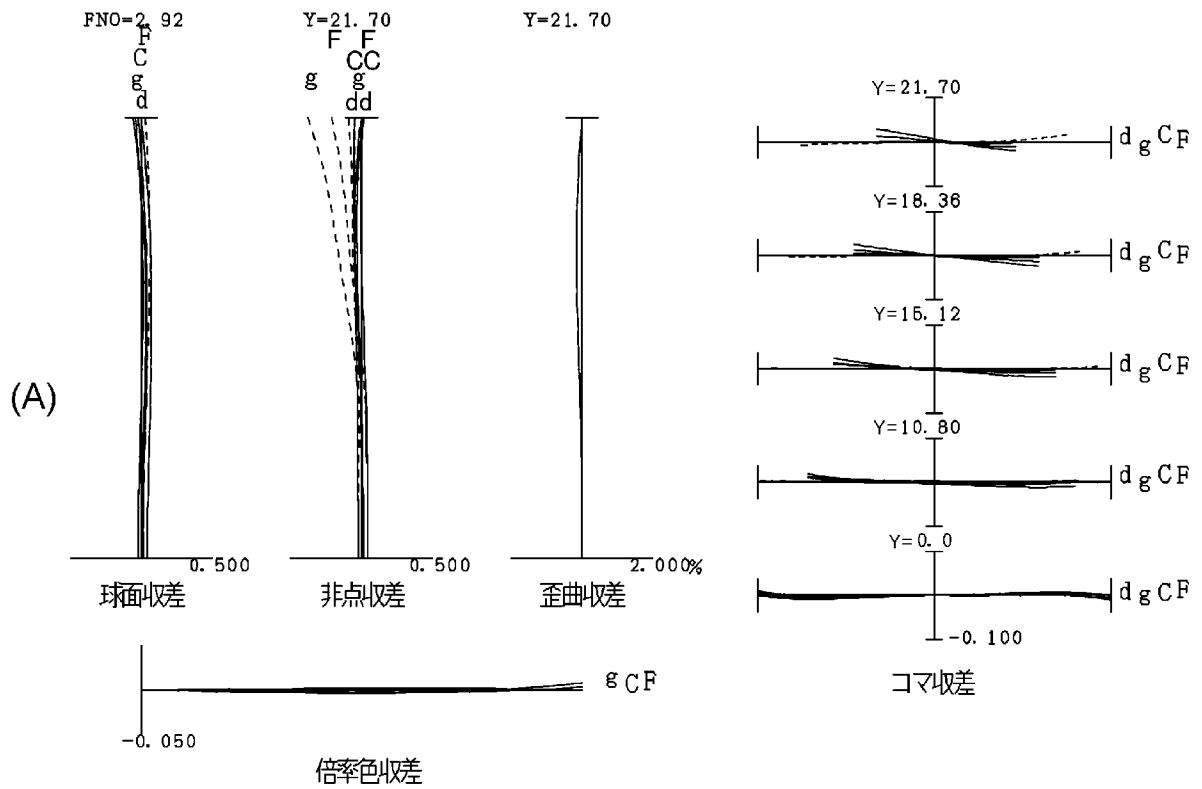
[図4]



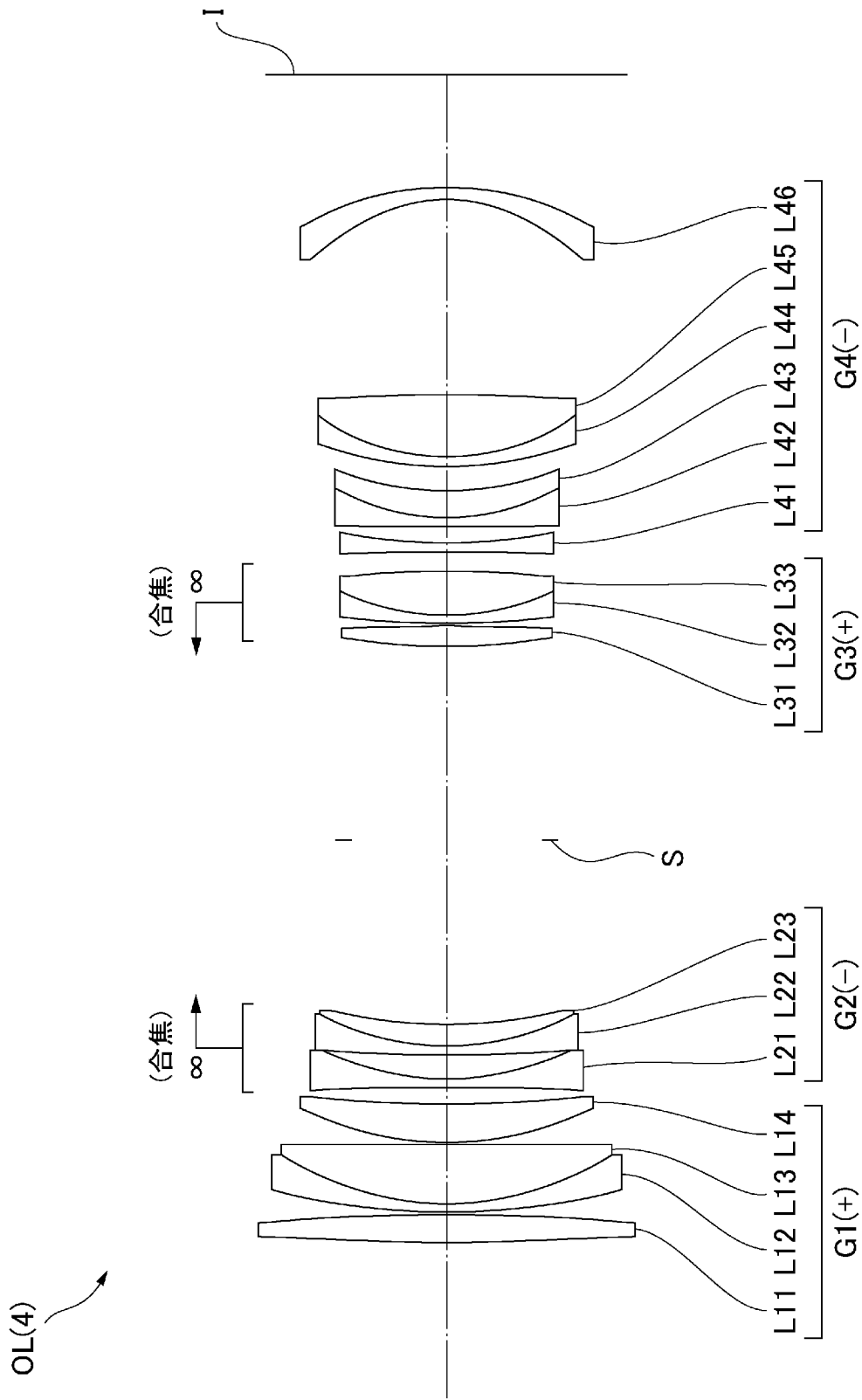
[図5]



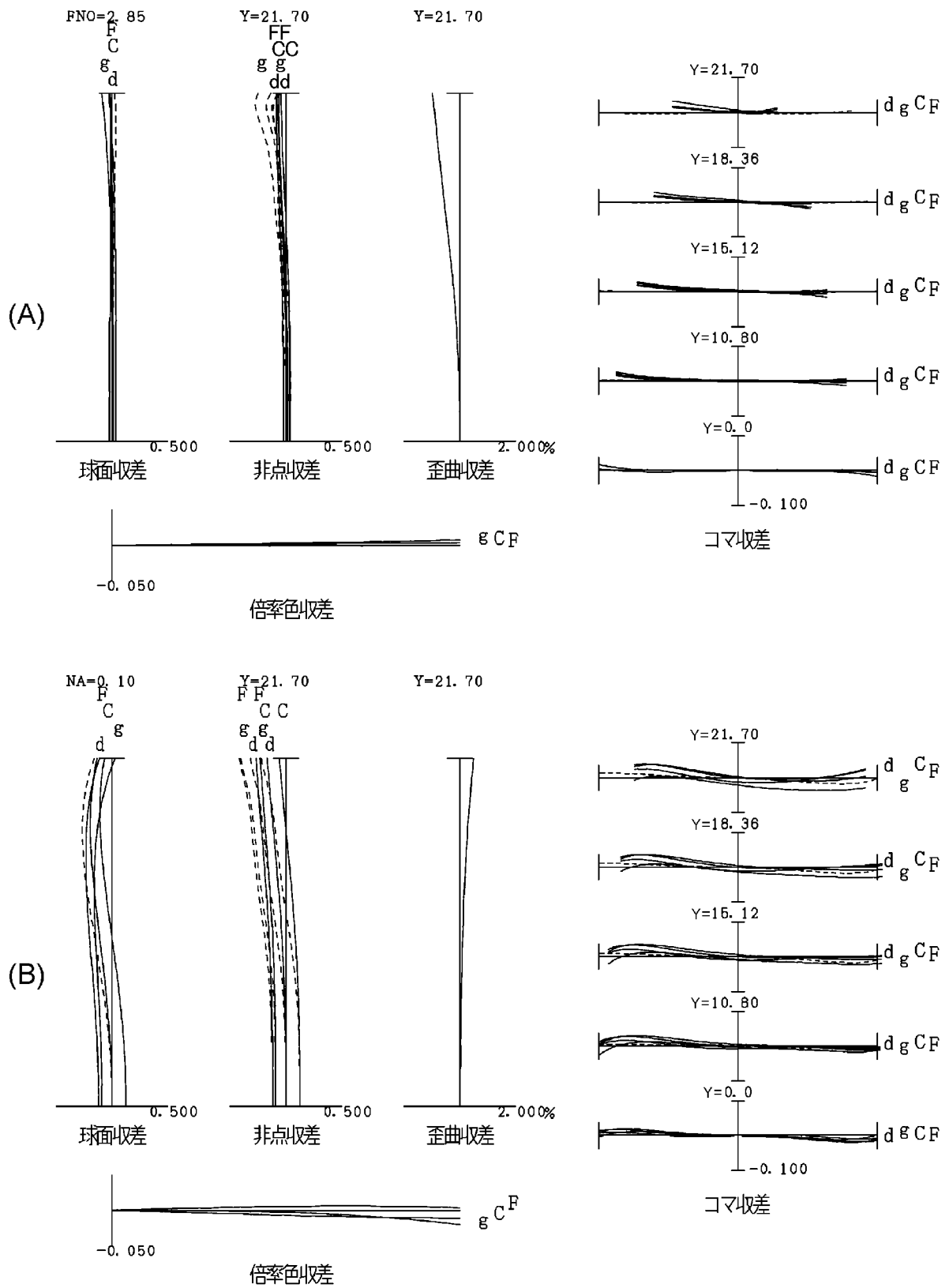
[図6]



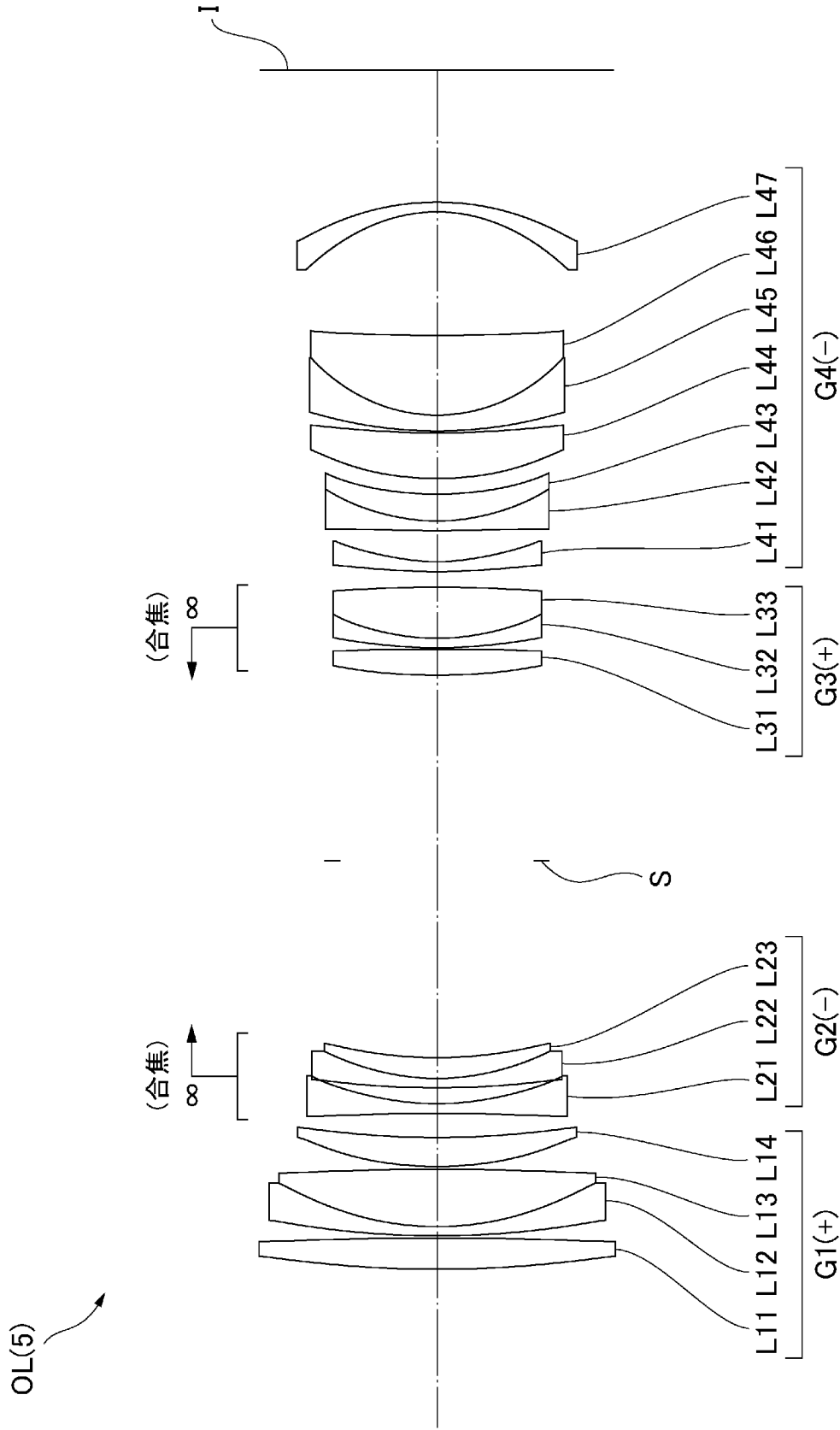
[図7]



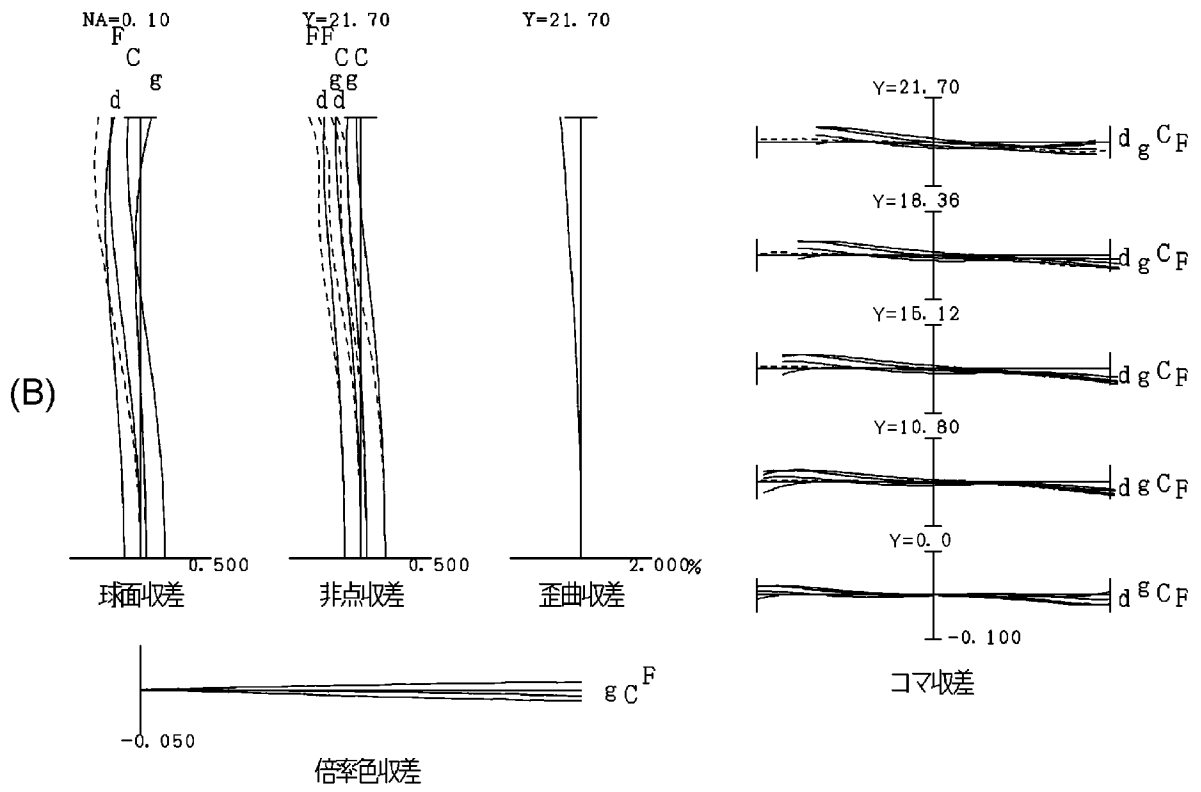
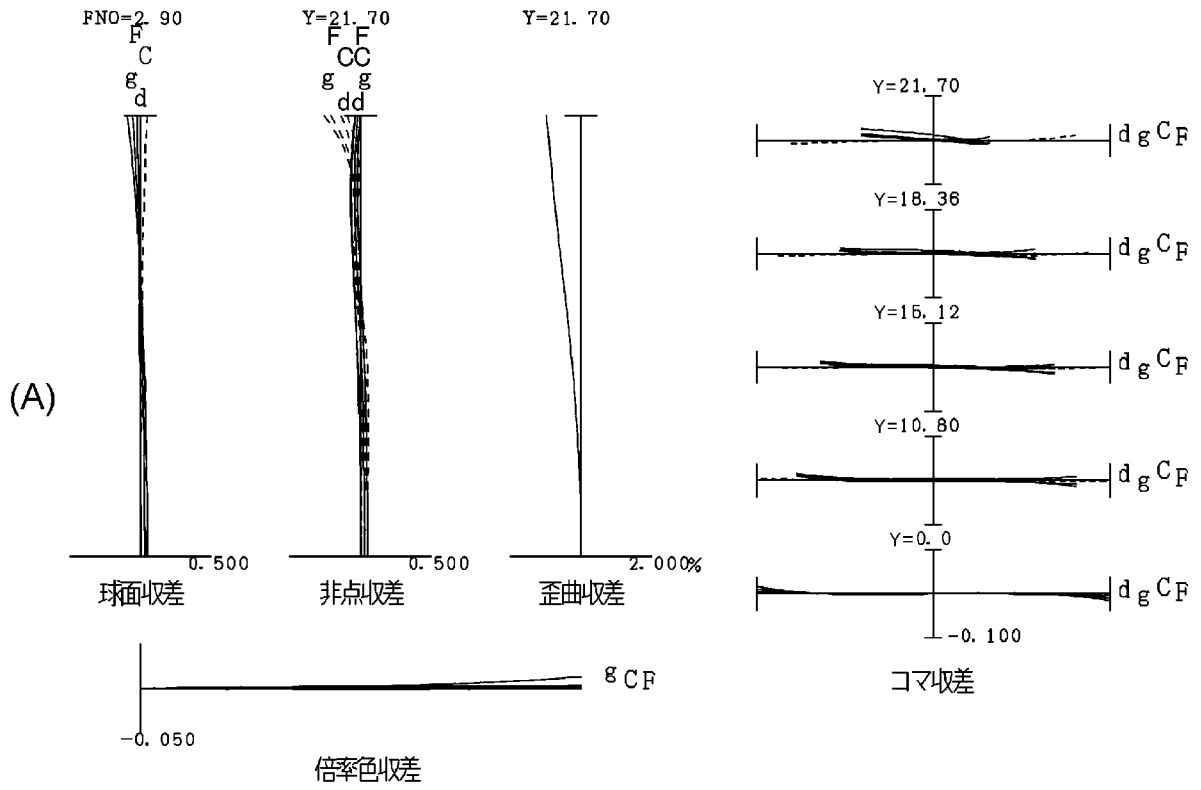
[図8]



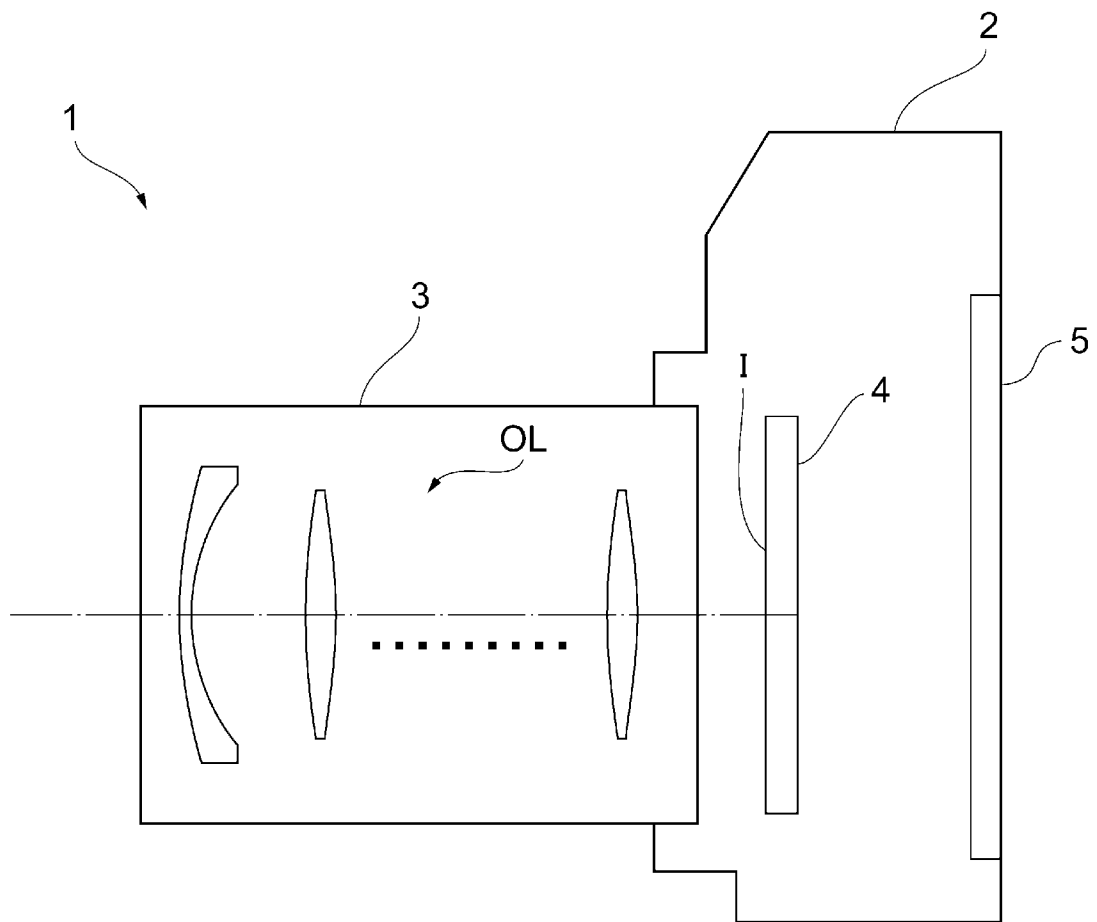
[図9]



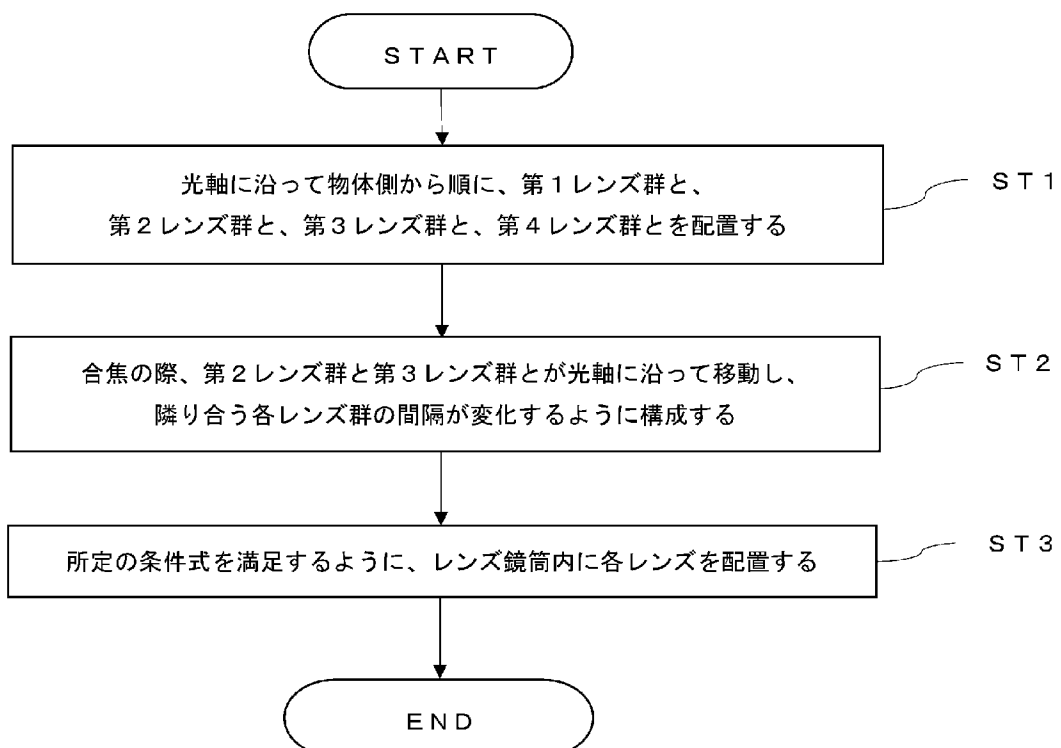
[図10]



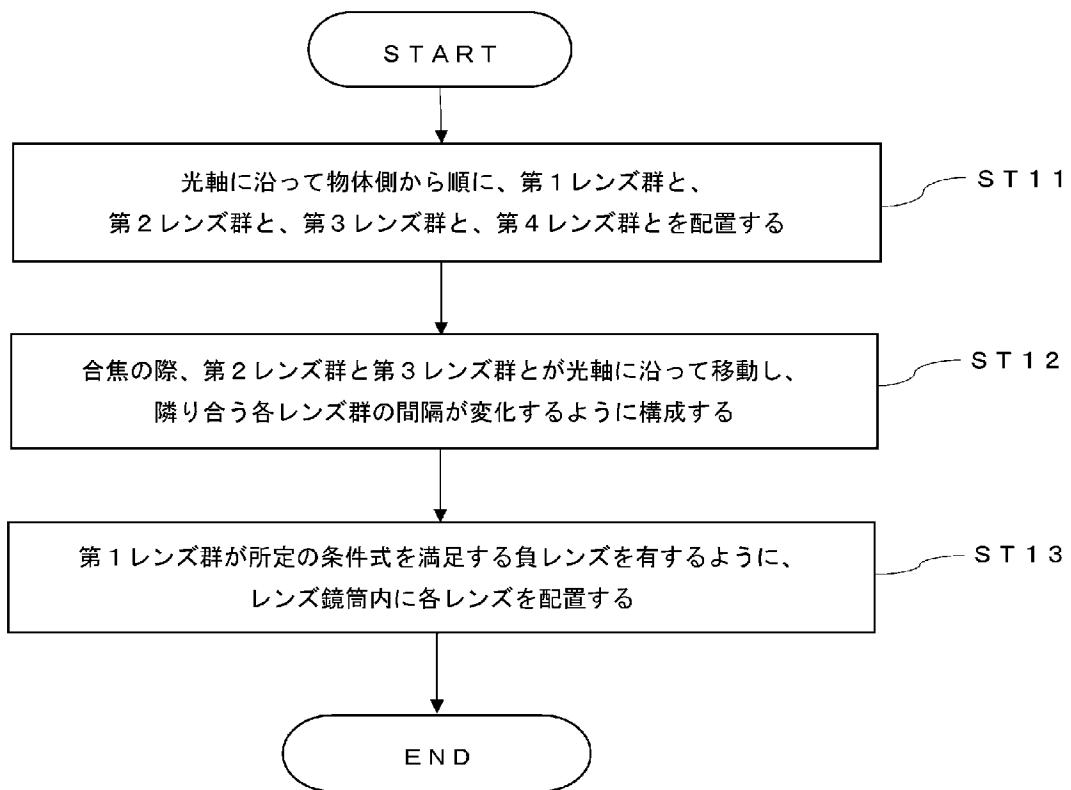
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/036577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G02B 13/00(2006.01)j FI: G02B13/00		
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) G02B9/00-17/08; G02B21/02-21/04; G02B25/00-25/04		
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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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 2020-60660 A (CANON INC.) 16 April 2020 (2020-04-16) example 5, numerical example 5	1, 8-9, 12-25 10-11
X A	JP 2014-26023 A (KONICA MINOLTA INC.) 06 February 2014 (2014-02-06) examples 1-5	1, 14-15, 17, 22-25 8-13, 16, 18-21
X A	JP 2014-6487 A (KONICA MINOLTA INC.) 16 January 2014 (2014-01-16) examples 5, 6	1, 14-15, 17, 21-25 8-13, 16, 18-20
X A	JP 4-110811 A (SIGMA CORP.) 13 April 1992 (1992-04-13) example 1	1, 9, 13-16, 21-25 8, 10-12, 17-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 10 December 2021		Date of mailing of the international search report 21 December 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

Therefore, claims 4-24 and 28 (with regard to claims 5-24, the sections directly or indirectly citing claim 4) cannot be classified as any of invention 1, 2, or 3.

Claims 4-24 and 28 (with regard to claims 5-24, the sections directly or indirectly citing claim 4) are classified as invention 4 as a result of having the special technical feature of "an optical system, including: a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from an object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis and the interval between the respective adjacent lens groups changes, and

the first lens group has a negative lens which satisfies the following conditional expression:

$$1.80 < ndM1$$

$$vdM1 < 26.00$$

$$\theta gFM1 - (0.6415 - 0.00162 \times vdM1) < 0.0120$$

where $ndM1$ is the refractive index of the negative lens of the first lens group with respect to the d line

$vdM1$ is the Abbe number of the negative lens of the first lens group

$\theta gFM1$ is a partial dispersion ratio of the negative lens of the first lens group, and when the refractive index of the negative lens of the first lens group with respect to the g line is defined as $ngM1$, the refractive index of the negative lens of the first lens group with respect to the F line as $nFM1$, and the refractive index of the negative lens of the first lens group with respect to the C line as $nCM1$, then $\theta gFM1$ is defined by the following equation

$$\theta gFM1 = (ngM1 - nFM1) / (nFM1 - nCM1).$$

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **Claims 1, 8-25 (with regard to claims 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 1)**

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2018-141888 A (FUJIFILM CORP.) 13 September 2018 (2018-09-13), examples 1-3
& US 2018/0246292 A1, examples 1-3
& US 10295780 B2
& CN 108508579 A
& CN 108508579 B
& JP 6689768 B2

The claims are classified into the following four inventions.

(Invention 1) Claims 1, 8-25 (the sections of claims 8-24 directly or indirectly citing claim 1)

Claims 1 and 8-25 (with regard to claims 8-24, the sections of directly or indirectly citing claim 1) are classified as invention 1 as a result of having the special technical feature of "an optical system, including:

a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from the object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis, and the interval between the respective adjacent lens groups changes, and

the following conditional expression is satisfied:

$$0.20 < DG4/TL < 0.40$$

where DG4 is the length of the fourth lens group on the optical axis

and TL is the total length of the optical system in an infinity focusing state."

(Invention 2) Claims 2, 5, 8-24, 26 (the sections of claims 5 and 8-24 directly or indirectly citing claim 2)

Claims 2, 5, 8-24, and 26 (the sections of claims 5 and 8-24 directly or indirectly citing claim 2) share, with claim 1 classified as invention 1, the feature of "an optical system, including:

a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from the object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis, and the interval between the respective adjacent lens groups changes."

However, this feature is such a well-known feature that it is not particularly necessary to provide any example thereof, and does not make a contribution over the prior art in light of the content disclosed in document 1, for example. Thus, this feature cannot be said to be a special technical feature. Furthermore, there is no other identical or corresponding special technical feature between these inventions.

Additionally, claims 2, 5, 8-24, and 26 (with regard to claims 5 and 8-24, the sections of directly or indirectly citing claim 2) do not depend from claim 1. Moreover, claims 2, 5, 8-24, and 26 (with regard to claims 5 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 2) are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claims 2, 5, 8-24, and 26 (with regard to claims 5 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 2) cannot be classified as invention 1.

Claims 2, 5, 8-24, and 26 (with regard to claims 5 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 2) are classified as invention 2 as a result of having the special technical feature of "an optical system, including:

a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from the object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis, and the interval between the respective adjacent lens groups changes, and

the following conditional expression is satisfied:

$$3.00 < (LnR2 + LnR1) / (LnR2 - LnR1) < 5.00$$

where LnR1 is the radius of curvature of an object-side lens surface of a negative lens disposed most on the image side in the optical system

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

and L_{nR2} is the radius of curvature of an image-side lens surface of the negative lens disposed most on the image side in the optical system."

(Invention 3) Claims 3, 5-6, 8-24, 27 (with regard to claims 5-6 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 3)

These claims (with regard to claims 5-6 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 3) share, with claim 1 classified as invention 1 and claim 2 classified as invention 2, the feature of "an optical system, including: a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from an object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis, and the interval between the respective adjacent lens groups changes."

However, this feature is well-known that it is not particularly necessary to provide any example thereof, and does not make a contribution over the prior art in light of the content disclosed in document 1, for example. Thus, this feature cannot be said to be a special technical feature. Furthermore, there is no other identical or corresponding special technical feature between these inventions.

Additionally, claims 3, 5-6, 8-24, and 27 (with regard to claims 5-6 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 3) do not depend from claim 1 or 2. Moreover, these claims (with regard to claims 5-6 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 3) are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1 or 2.

Therefore, claims 3, 5-6, 8-24, and 27 (with regard to claims 5-6 and 8-24, the sections directly or indirectly citing claim 3) cannot be classified as either invention 1 or 2.

Claims 3, 5-6, 8-24, and 27 (the sections of claims 5-6 and 8-24 directly or indirectly citing claim 3) are classified as invention 3 due to having the special technical feature of "an optical system, including: a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from an object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis and the interval between the respective adjacent lens groups changes, and

the following conditional expression is satisfied:

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30$$

where f_1 is the focal distance of the first lens group

and f_2 is the focal distance of the second lens group."

(Invention 4) Claims 4-24, 28 (with regard to claims 5-24, the sections directly or indirectly citing claim 4)

Claims 4-24 and 28 (with regard to claims 5-24, the sections directly or indirectly citing claim 4) share, with claim 1 classified as invention 1, claim 2 classified as invention 2, and claim 3 classified as invention 3, the feature of "an optical system, including:

a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, a third lens group having a positive refractive power, and a fourth lens group having a negative refractive power, arranged in this order from an object side along the optical axis,

wherein, on the occasion of focusing, the second lens group and the third lens group move along the optical axis and the interval between the respective adjacent lens groups changes."

However, this feature is well-known that it is not particularly necessary to cite any example thereof, and does not make a contribution over the prior art in light of the content disclosed in document 1, for example. Thus, this feature cannot be said to be a special technical feature. Furthermore, there is no other identical or corresponding special technical feature between these inventions.

Additionally, claims 4-24 and 28 (with regard to claims 5-24, the sections directly or indirectly citing claim 4) do not depend from claim 1, 2, or 3. Moreover, claims 4-24 and 28 (with regard to claims 5-24, the sections directly or indirectly citing claim 4) are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1, 2, or 3.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/036577

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2020-60660	A	16 April 2020	US	2020/0110242	A1	
				example 15, numerical example 5			
				EP	3637166	A1	
				CN	111025611	A	
JP	2014-26023	A	06 February 2014	JP	5846065	B2	
JP	2014-6487	A	16 January 2014	JP	5849884	B2	
JP	4-110811	A	13 April 1992	JP	3003081	B2	

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）） G02B9/00-17/08; G02B21/02-21/04; G02B25/00-25/04 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 A	JP 2020-60660 A（キヤノン株式会社）16.04.2020（2020-04-16） 実施例5、数値実施例5	1, 8-9, 12-25 10-11
X A	JP 2014-26023 A（コニカミノルタ株式会社）06.02.2014（2014-02-06） 実施例1-5	1, 14-15, 17, 22-25 8-13, 16, 18-21
X A	JP 2014-6487 A（コニカミノルタ株式会社）16.01.2014（2014-01-16） 実施例5-6	1, 14-15, 17, 21-25 8-13, 16, 18-20
X A	JP 4-110811 A（株式会社シグマ）13.04.1992（1992-04-13） 実施例1	1, 9, 13-16, 21-25 8, 10-12, 17-20
<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、一般的な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 10.12.2021	国際調査報告の発送日 21.12.2021	
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） 森内 正明 2V 9222 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

$$\nu dM1 < 26.00$$

$$\theta gFM1 - (0.6415 - 0.00162 \times \nu dM1) < 0.0120$$

但し、 $n dM1$ ：前記第1レンズ群の前記負レンズのd線に対する屈折率

$\nu dM1$ ：前記第1レンズ群の前記負レンズのアッベ数

$\theta gFM1$ ：前記第1レンズ群の前記負レンズの部分分散比であり、前記第1レンズ群の前記負レンズのg線に対する屈折率を $n gM1$ とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのF線に対する屈折率を $n FM1$ とし、前記第1レンズ群の前記負レンズのC線に対する屈折率を $n CM1$ としたとき、次式で定義される

$$\theta gFM1 = (n gM1 - n FM1) / (n FM1 - n CM1)$$

という特別な技術的特徴を有しているため、発明4に区分する。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したため、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたため、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付があった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。
請求項1、8-25（請求項8-24は、請求項1を直接又は間接的に引用する部分）

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2018-141888 A（富士フイルム株式会社）13.09.2018(2018-09-13) 実施例1-3
 & US 2018/0246292 A1 実施例1-3
 & US 10295780 B2
 & CN 108508579 A
 & CN 108508579 B
 & JP 6689768 B2

請求の範囲は、以下の4つの発明に区分される。

（発明1）請求項1、8-25（請求項8-24は、請求項1を直接又は間接的に引用する部分）
 請求項1、8-25（請求項8-24は、請求項1を直接又は間接的に引用する部分）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レンズ群と、負の屈折力を有する第2
 レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、
 合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。
 $0.20 < DG4 / TL < 0.40$
 但し、DG4：前記第4レンズ群の光軸上の長さ
 TL：無限遠合焦状態での前記光学系の全長」
 という特別な技術的特徴を有しているため、発明1に区分する。

（発明2）請求項2、5、8-24、26（請求項5、8-24は、請求項2を直接又は間接的に引用
 する部分）
 請求項2、5、8-24、26（請求項5、8-24は、請求項2を直接又は間接的に引用する部
 分）は、発明1に区分された請求項1と、
 「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レンズ群と、負の屈折力を有する第2
 レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、
 合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、
 光学系」
 という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、特に例示するまでもなく従来からよく知られた技術であるが、例
 えば、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的
 特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、他に同一の又は対応す
 る特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項2、5、8-24、26（請求項5、8-24は、請求項2を直接又は間接的に引用
 する部分）は、請求項1の従属請求項ではない。また、請求項2、5、8-24、26（請求項5、8
 -24は、請求項2を直接又は間接的に引用する部分）は、発明1に区分されたいずれの請求項に対し
 ても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項2、5、8-24、26（請求項5、8-24は、請求項2を直接又は間接的に
 引用する部分）は発明1に区分できない。

そして、請求項2、5、8-24、26（請求項5、8-24は、請求項2を直接又は間接的に引用
 する部分）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レンズ群と、負の屈折力を有する第2
 レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、
 合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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。

$$3.00 < (LnR2 + LnR1) / (LnR2 - LnR1) < 5.00$$

但し、LnR1：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

LnR2：前記光学系の最も像側に配置された負レンズにおける像側のレンズ面の曲率半径」

という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

（発明3）請求項3、5-6、8-24、27（請求項5-6、8-24は、請求項3を直接又は間接
 的に引用する部分）

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

請求項（請求項5-6、8-24は、請求項3を直接又は間接的に引用する部分）は、発明1に区分された請求項1及び発明2に区分された請求項2と、

「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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、

光学系」

という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、特に例示するまでもなく従来からよく知られた技術であるが、例えば、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項3、5-6、8-24、27（請求項5-6、8-24は、請求項3を直接又は間接的に引用する部分）は、請求項1及び2の従属請求項ではない。また、請求項（請求項5-6、8-24は、請求項3を直接又は間接的に引用する部分）は、発明1又は2に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項3、5-6、8-24、27（請求項5-6、8-24は、請求項3を直接又は間接的に引用する部分）は発明1又は2のいずれにも区分できない。

そして、請求項3、5-6、8-24、27（請求項5-6、8-24は、請求項3を直接又は間接的に引用する部分）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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、

以下の条件式を満足する光学系。

$$0.75 < f_1 / (-f_2) < 1.30$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離」

という特別な技術的特徴を有しているので、発明3に区分する。

（発明4）請求項4-24、28（請求項5-24は、請求項4を直接又は間接的に引用する部分）

請求項4-24、28（請求項5-24は、請求項4を直接又は間接的に引用する部分）は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項2、及び、発明3に区分された請求項3と、

「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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、

光学系」

という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、特に例示するまでもなく従来からよく知られた技術であるが、例えば、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項4-24、28（請求項5-24は、請求項4を直接又は間接的に引用する部分）は、請求項1、2、及び、3の従属請求項ではない。また、請求項4-24、28（請求項5-24は、請求項4を直接又は間接的に引用する部分）は、発明1、2、又は、3に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項4-24、28（請求項5-24は、請求項4を直接又は間接的に引用する部分）は発明1、2、又は3のいずれにも区分できない。

そして、請求項4-24、28（請求項5-24は、請求項4を直接又は間接的に引用する部分）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レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と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、

前記第1レンズ群が以下の条件式を満足する負レンズを有する光学系。

$$1.80 < n_d M 1$$

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/JP2021/036577

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-60660	A	16.04.2020	US	2020/0110242	A1	
					実施例5、数値実施例5		
				EP	3637166	A1	
				CN	111025611	A	
JP	2014-26023	A	06.02.2014	JP	5846065	B2	
JP	2014-6487	A	16.01.2014	JP	5849884	B2	
JP	4-110811	A	13.04.1992	JP	3003081	B2	