

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年6月20日(20.06.2019)



圓 關 1 圓 1 _ 1 關 關 1

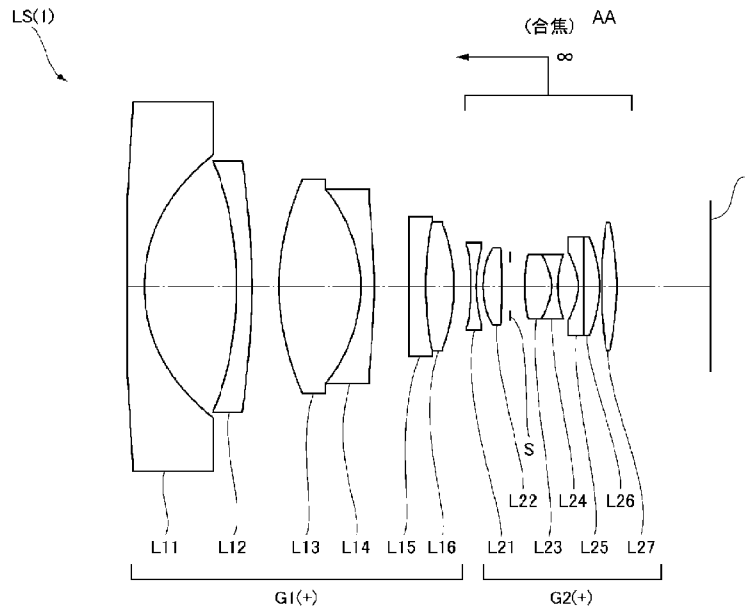
(10) 国際公開番号

¥0 2019/116563 入1

- (51) 国際特許分類 :
0023 13/00 (2006.01) 0023 13/04 (2006.01)
0023 13/02 (2006.01) 0023 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP2017/045183
- (22) 国際出願日 : 2017年12月15日(15.12.2017)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山下 雅史 (YAMASHITA, Masashi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内〒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). 伊藤 智希(110, Tomoki); 〒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). 藪本 洋(YABUMOTO, Hiroshi); 〒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). 山本 浩史(YAMAMOTO, Hiroshi); 〒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). 三輪 哲史(MIWA, Satoshi); 〒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). 坪野 谷 啓介(TSUBONOYA, Keisuke); 〒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). 榎田 歩(MAKIDA, Ayumu); 〒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). 上原 健(UEHARA, Tomoki); 〒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).

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, OPTICAL EQUIPMENT, AND OPTICAL-SYSTEM MANUFACTURING METHOD

(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 (LS) includes an aperture stop (S) and a positive lens (L13) that is disposed farther on the object side than the aperture stop (S) is and that satisfies the following conditional expressions: $ndP1 + (0.01425 \times vdP1) < 2.12$; $18.0 < vdP1 < 35.0$; and $0.702 < 0gFPI + (0.00316 \times vdP1)$, where $ndP1$ is the refractive index of the positive lens with respect to the d-line, $vdP1$ is the Abbe number of the positive lens with reference to the d-line, and $0gFPI$ is the partial dispersion ratio of the positive lens. $0gFPI$ is defined by the following equation: $0gFPI = (ngP1 - nFP1) / (nFP1 - nCP1)$.



WO 2019/116563 A1

Takeru); 〒1086290 東京都港区港南二丁目 1
5 番 3 号 株式会社ニコ内 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 - 2 0
- 3、東池袋 S S 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, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 国際調査報告 (条約第21条 (3))

assuming that the refractive index of the positive lens with respect to the g-line is n_{gPl} , the refractive index of the positive lens with respect to the F-line is n_{fPl} , and the refractive index of the positive lens with respect to the C-line is n_{cPl} .

67) 要約 : 光学系 (13) は、開口絞り (E) と、開口絞り (E) より物体側に配置された以下の条件式を満足する正レンズ (13) とを有している。 $\Gamma_{P1+} = (0.01425 \times \nu_{dP1}) < 2.1218. 0 < \nu_{gP1} < 35.00. 702 < 09 \Gamma_{P1+} = (0.00316 \times \nu_{gP1})$ 但し、 n_{gP1} : 正レンズの g 線に対する屈折率 ν_{gP1} : 正レンズの g 線を基準とするアツベ数 09 Γ_{P1} : 正レンズの部分分散比であり、正レンズの g 線に対する屈折率を n_{gP1} とし、正レンズの f 線に対する屈折率を Γ_{P1} とし、正レンズの c 線に対する屈折率を Γ_{0P1} としたとき、次式で定義される $09 \Gamma_{P1} = (\Gamma_{gP1} - n_{fPl}) / (n_{fPl} - \Gamma_{0P1})$

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] 近年、デジタルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に用いられる撮像素子は、高画素化が進んでいる。このような撮像素子を用いた撮像装置に設けられる撮影レンズは、球面収差、コマ収差等の基準収差（単一波長の収差）に加え、白色光源において像の色にじみがないように色収差も良好に補正された、高い解像力を有するレンズであることが望まれている。特に、色収差の補正においては、1次の色消しに加え、2次スペクトルが良好に補正されていることが望ましい。色収差の補正の手段として、例えば、異常分散性を有する樹脂材料を用いる方法（例えば、特許文献1を参照）が知られている。このように、近年の撮像素子の高画素化に伴い、諸収差が良好に補正された撮影レンズが望まれている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-194609号公報

発明の概要

[0004] 第1の態様に係る光学系は、開口絞りと、前記開口絞りより物体側に配置された以下の条件式を満足する正レンズとを有する。

$$\text{f} \cdot \text{P}1 + (0.01425 \times \text{P}1) < 2.12$$

$$18.0 < \nu \text{P}1 < 35.0$$

$$0.702 < 0.01 + (0.00316 \times \text{P}1)$$

但し、 $n_d \text{P}1$ ：前記正レンズの①線に対する屈折率

$\nu \text{P}1$ ：前記正レンズの①線を基準とするアッペ数

$\sigma \text{P}1$ ：前記正レンズの部分分散比であり、前記正レンズの②線に対する

線に対する屈折率を n_{D1} とし、前記正レンズの Γ 線に対する屈折率を $n_{\Gamma1}$ とし、前記正レンズの Δ 線に対する屈折率を $n_{\Delta1}$ としたとき、次式で定義される

$$0.9 \leq n_{D1} = (n_{\Gamma1} - n_{\Delta1}) / (n_{\Gamma1} - n_{\Delta1})$$

[p005] 第2の態様に係る光学機器は、上記光学系を備えて構成される。

[p006] 第3の態様に係る光学系の製造方法は、開口絞りと、前記開口絞りより物体側に配置された以下の条件式を満足する正レンズとを有するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$0.1 \leq P1 + (0.01425 \times \text{パ} \cdot \text{パ}) < 2.12$$

$$1.8 \leq v_{\Gamma1} < 35.0$$

$$0.702 < 0 \leq n_{D1} + (0.00316 \cdot \text{父} \cdot \text{パ} \cdot \text{パ})$$

但し、 n_{D1} : 前記正レンズの Δ 線に対する屈折率

$v_{\Gamma1}$: 前記正レンズの Γ 線を基準とするアッベ数

$0.9 \leq n_{D1}$: 前記正レンズの部分分散比であり、前記正レンズの Δ 線に対する屈折率を n_{D1} とし、前記正レンズの Γ 線に対する屈折率を $n_{\Gamma1}$ とし、前記正レンズの Δ 線に対する屈折率を $n_{\Delta1}$ としたとき、次式で定義される

$$0.9 \leq n_{D1} = (n_{\Gamma1} - n_{\Delta1}) / (n_{\Gamma1} - n_{\Delta1})$$

図面の簡単な説明

[p007] [図1] 第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である

○

[図2] 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3] 第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である

○

[図4] 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5] 第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である

○

[図6] 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7 第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

。

図8 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9 第5実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

○

図10 図10 (ハ)、図10 (巳)、および図10 (〇) はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠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無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

図12 図12 (ハ)、図12 (巳)、および図12 (〇) はそれぞれ、第6実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠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無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

図14 図14 (ハ)、図14 (巳)、および図14 (〇) はそれぞれ、第7実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠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無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

図16 図16 (ハ)、図16 (巳)、および図16 (〇) はそれぞれ、第8実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

図17 第9実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

図18 第9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19 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20 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、本実施形態に係る光学系および光学機器について図を参照して説明する。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19に基づいて説明する。このカメラ1は、図19に示すように撮影レンズ2として本実施形態に係る光学系を備えたデジタルカメラである。カメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、撮像素子3へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子3によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。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。

[0009] 本実施形態に係る光学系（撮影レンズ）13の一例としての光学系13（1）は、図1に示すように、開口絞り3と、開口絞り3より物体側に配置された以下の条件式（1）〜（3）を満足する正レンズ（13）とを有している。

[0010]
$$0.1 < \frac{f_1}{f_2} < 2.5 \quad \dots (1)$$

$$1.8 < v_1 < 35.0 \quad \dots (2)$$

$$0.7 < \frac{f_1}{f_2} < 0.9 \quad \dots (3)$$

但し、 n_{d1} ：正レンズの d 線に対する屈折率

v_1 ：正レンズの d 線を基準とするアッペ数

σ_1 ：正レンズの部分分散比であり、正レンズの g 線に対する屈折率を n_{g1} とし、正レンズの d 線に対する屈折率を n_{d1} とし、正レンズの o 線に対する屈折率を n_{o1} としたとき、次式で定義される

$$\sigma_1 = \frac{(n_{o1} - n_{d1}) / (n_{d1} - 1)}{(n_{g1} - n_{d1}) / (n_{d1} - 1)}$$

なお、正レンズの d 線を基準とするアッペ数 ω_1 は、次式で定義される

$$\omega_1 = \frac{(v_1 - 1)}{(v_1 - \sigma_1)}$$

[0011] 本実施形態によれば、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次

スペクトルが良好に補正された光学系、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₁ 3 は、図3 に示す光学系₁ 3 (2) でも良く、図5 に示す光学系₁ 3 (3) でも良く、図7 に示す光学系₁ 3 (4) でも良く、図9 に示す光学系₁ 3 (5) でも良い。また、本実施形態に係る光学系₁ 3 は、図11 に示す光学系₁ 3 (6) でも良く、図13 に示す光学系₁ 3 (7) でも良く、図15 に示す光学系₁ 3 (8) でも良く、図17 に示す光学系₁ 3 (9) でも良い。

[0012] 条件式 (1) は、正レンズの β 線に対する屈折率と β 線を基準とするアッベ数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、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正 (色消し) を良好に行うことができる。

[0013] 条件式 (1) の対応値が上限値を上回ると、例えばベツツパール和が小さくなることで、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。条件式 (1) の上限値を 2.11 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (1) の上限値を、2.10、2.09、2.08、2.07、さらに 2.06 とすることが好ましい。

[0014] 条件式 (2) は、正レンズの d 線を基準とするアッベ数の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、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正 (色消し) を良好に行うことができる。

[0015] 条件式 (2) の対応値が上限値を上回ると、例えば、開口絞り3より物体側の部分群において軸上色収差の補正が困難となるため、好ましくない。条件式 (2) の上限値を 32.5 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (2) の上限値を、32.0、31.5、31.0、30.5、30.0、さらに 29.5 とすることが好ましい。

[0016] 条件式 (2) の対応値が下限値を下回ると、例えば、開口絞り3より物体

側の部分群において軸上色収差の補正が困難となるため、好ましくない。条件式 (2) の下限値を2〇.0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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (2) の下限値を、23.0、23.5、24.0、24.5、25.0、25.5、26.0、26.5、27.0、27.5、さらに27.7とすることが好ましい。

[0017] 条件式 (3) は、正レンズの異常分散性を適切に規定するものである。条件式 (3) を満足することで、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次スペクトルを良好に補正することができる。

[0018] 条件式 (3) の対応値が下限値を下回ると、正レンズの異常分散性が小さくなるため、色収差の補正が困難となる。条件式 (3) の下限値を0.704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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (3) の下限値を、〇.708、〇.710、〇.712、さらに〇.715とすることが好ましい。

[0019] 本実施形態の光学系において、正レンズは、以下の条件式 (4) を満足することが望ましい。

$$1.83 < \text{門} \oplus P_1 + (\text{〇.00787} \times \text{パ} \square) \dots (4)$$

[0020] 条件式 (4) は、正レンズのつ線に対する屈折率とつ線を基準とするアツベ数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、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正 (色消し) を良好に行うことができる。

[0021] 条件式 (4) の対応値が下限値を下回ると、例えば正レンズの屈折率が小さくなることで、基準収差、特に球面収差の補正が困難になるため、好ましくない。条件式 (4) の下限値を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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (4) の下限値を、1.85、さらに1.86とすることが好ましい。

[0022] 本実施形態の光学系において、正レンズは、以下の条件式 (2_1) および条件式 (4_1) を満足してもよい。

$$18.0 < \nu_{\text{正}} < 26.5 \quad \dots (2-1)$$

$$1.83 < n_{\text{正}} < 1.87 \quad \dots (4-1)$$

[0023] 条件式 (2_1) は、条件式 (2) と同様の式であり、条件式 (2) と同様の効果を得ることができる。条件式 (2_1) の上限値を26.0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することができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (2_1) の上限値を、25.5、さらに25.0とすることが好ましい。一方、条件式 (2_1) の下限値を23.5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することができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (2_1) の下限値を、24.0、さらに24.5とすることが好ましい。

[0024] 条件式 (4_1) は、条件式 (4) と同様の式であり、条件式 (4) と同様の効果を得ることができる。条件式 (4_1) の下限値を1.90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することができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (4_1) の下限値を、1.92、さらに1.94とすることが好ましい。

[0025] 本実施形態の光学系において、正レンズは、以下の条件式 (2_2) および条件式 (4_2) を満足してもよい。

$$25.0 < \nu_{\text{正}} < 35.0 \quad \dots (2-2)$$

$$1.83 < n_{\text{正}} < 1.87 \quad \dots (4-2)$$

[0026] 条件式 (2_2) は、条件式 (2) と同様の式であり、条件式 (2) と同様の効果を得ることができる。条件式 (2_2) の上限値を32.5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することができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (2_2) の上限値を、31.5、さらに29.5とすることが好ましい。一方、条件式 (2_2) の下限値を26.2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することができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (

- 2 - 2) の下限値を、26.7、さらに27.7とすることが好ましい。
- [0027] 条件式 (4_2) は、条件式 (4) と同様の式であり、条件式 (4) と同様の効果を得ることができる。条件式 (4_2) の下限値を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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (4-2) の下限値を1.85とすることが好ましい。
- [0028] 本実施形態の光学系において、正レンズは、以下の条件式 (5) を満足することが望ましい。
- $$0.91 > 0.80 \dots (5)$$
- 但し、 0.91 : 正レンズの光軸上の厚さ [n_{111}]
- [0029] 条件式 (5) は、正レンズの光軸上の厚さの適切な範囲を規定するものである。条件式 (5) を満足することで、コマ収差、色収差 (軸状色収差および倍率色収差) 等の諸収差を良好に補正することができる。
- [0030] 条件式 (5) の対応値が下限値を下回ると、コマ収差、色収差 (軸状色収差および倍率色収差) 等の諸収差を補正することが困難になり、好ましくない。条件式 (5) の下限値を0.90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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (5) の下限値を、1.00、1.10、1.20、さらに1.30とすることが好ましい。
- [0031] 本実施形態の光学系は、最も物体側に配置された物体側レンズを有し、開口絞り3が物体側レンズより像側に配置され、物体側レンズより像側で、正レンズが開口絞り3より物体側に配置されることが望ましい。これにより、コマ収差、色収差 (軸状色収差および倍率色収差) 等の諸収差を良好に補正することができる。
- [0032] 本実施形態の光学系において、正レンズは、ガラスレンズであることが望ましい。これにより、材料が樹脂である場合と比較して、経年変化に強く、温度変化等の環境変化に強いレンズを得ることができる。
- [0033] 本実施形態の光学系において、正レンズは、以下の条件式 (6) ~ (7)

を満足することが望ましい。

$$n d \square 1 < 1.63 \dots (6)$$

$$n d P 1 - (0.040 \setminus v d P 1 - 2.470) \times \text{レブ} \square 1 < 39.809 \dots (7)$$

[0034] 条件式 (6) は、正レンズのつ線に対する屈折率の適切な範囲を規定するものである。条件式 (6) を満足することで、コマ収差、色収差 (軸状色収差および倍率色収差) 等の諸収差を良好に補正することができる。

[0035] 条件式 (6) の対応値が上限値を上回ると、コマ収差、色収差 (軸状色収差および倍率色収差) 等の諸収差を補正することが困難になり、好ましくない。条件式 (6) の上限値を1.62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 (7) は、正レンズのつ線に対する屈折率とつ線を基準とするアツベ数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、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正 (色消し) を良好に行うことができる。

[0037] 条件式 (7) の対応値が上限値を上回ると、例えばペッツバール和が小さくなることで、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。条件式 (7) の上限値を39.800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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (7) の上限値を、39.500、39.000、38.500、38.000、37.500、さらに36.800とすることが好ましい。

[0038] 本実施形態の光学系において、正レンズは、以下の条件式 (8) を満足することが望ましい。

$$n d P 1 - (0.020 \times \text{レブ} \square 1 - 1.080) \times \text{レブ} \square 1 < 16.260 \dots (8)$$

[0039] 条件式 (8) は、正レンズのつ線に対する屈折率とつ線を基準とするアツベ数の適切な関係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、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正 (色消し)

を良好に行うことができる。

[0040] 条件式 (8) の対応値が上限値を上回ると、例えばペッツバル和が小さくなることで、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。条件式 (8) の上限値を 16.240 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (8) の上限値を、16.000、15.800、15.500、15.300、15.000、14.800、14.500、14.000、さらに 13.500 とすることが好ましい。

[0041] 続いて、図20を参照しながら、上述の光学系_{L3}の製造方法について概説する。まず、開口絞り₃と、少なくとも開口絞り₃より物体側に正レンズを配置する(ステップ₃丁1)。このとき、開口絞り₃より物体側に配置された正レンズのうち少なくとも1枚が上記条件式(1)〜(3)等を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する(ステップ₃丁2)。このような製造方法によれば、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次スペクトルが良好に補正された光学系を製造することが可能になる。

実施例

[0042] 以下、本実施形態の実施例に係る光学系_{L3}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、図17は、第1〜第9実施例に係る光学系_{L3}{_{L3}(1)〜_{L3}(9)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。第1〜第4実施例に係る光学系_{L3}(1)〜_{L3}(4)および第9実施例に係る光学系_{L3}(9)の断面図では、合焦レンズ群が無限遠から近距離物体に合焦する際の移動方向を、「合焦」という文字とともに矢印で示している。第5〜第8実施例に係る光学系_{L3}(5)〜_{L3}(8)の断面図では、広角端状態(〜)から望遠端状態(丁)に変倍する際の各レンズ群の光軸に沿った移動方向を矢印で示している。

[0043] これら図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15、図17において、各レンズ群を符号○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。

[0044] 以下に表1～表9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、表9は第9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、 σ 線(波長 $\lambda = 587.6\text{nm}$)、 η 線(波長 $\lambda = 435.8\text{nm}$)、 θ 線(波長 $\lambda = 656.3\text{nm}$)、 ρ 線(波長 $\lambda = 486.1\text{nm}$)を選んでいる。

[0045] [全体諸元]の表において、 f はレンズ全系の焦点距離、 D_{N0} はドナンバー、 2ω は画角(単位は、度)で、 ω が半画角である)、 Y は像高を示す。 d_{\perp} は無窮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 d を加えた距離を示し、 d は無窮遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面1までの距離(バックフォーカス)を示す。なお、光学系が変倍光学系である場合、これらの値は、広角端(θ)、中間焦点距離(f)、望遠端(ρ)の各変倍状態におけるそれぞれについて示している。

[0046] [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、 σ は光学部材の材料の σ 線を基準とするアッベ数を、 θ_{gd} 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、 $\text{絞り}3$ は開口絞り3をそれぞれ示す。空気の屈折率 $n_{\sigma} = 1.00000$ 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*₃印を付し、光学面が回折光学面である場合には面番号に*₇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。

[0047] 光学部材の材料の ρ 線 (波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$) に対する屈折率を n_{ρ} とし、光学部材の材料の σ 線 (波長 $\lambda = 486.1 \text{ nm}$) に対する屈折率を n_{σ} とし、光学部材の材料の τ 線 (波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$) に対する屈折率を n_{τ} とする。このとき、光学部材の材料の部分分散比 θ_{ρ} は次式 (八) で定義される。

$$[0048] \quad \theta_{\rho} = (n_{\rho} - n_{\sigma}) / (n_{\sigma} - n_{\tau}) \quad \dots (八)$$

[0049] [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 (九) で示す。 x (ソ) は非球面の頂点における接平面から高さ v における非球面上の位置までの光軸方向に沿った距離 (ザグ量) を、 R は基準球面の曲率半径 (近軸曲率半径) を、 k は円錐定数を、 A_n は第 n 次の非球面係数を示す。 A_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。

$$[0050] \quad x(v) = (v/R) / \{1 + (1 - k \times v^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 v^4 + A_6 v^6 + A_8 v^8 + A_{10} v^{10} \dots (九)$$

[0051] 光学系が回折光学素子を有する場合、[回折光学面データ] において示す回折光学面の位相形状 ϕ は、次式 (十) によって表わされる。

$$[0052] \quad \phi(v) = \{2\pi / (\lambda \cos \theta)\} \times (\phi_2 v^2 + \phi_4 v^4 + \phi_6 v^6 \dots) \dots (十)$$

但し、

n : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

m : 回折光の回折次数、

λ : 設計波長、

ϕ_n : 位相係数 ($n = 2, 4, \dots$)。

[0053] なお、任意の波長 λ および任意の回折次数 m における回折面の屈折力 ϕ_0 は、最も低次の位相係数 ϕ_2 を用いて、次式 (十一) のように表わすことができる。

$$[0054] \quad \phi_0 = -2\pi \phi_2 \lambda / \cos \theta \dots (十一)$$

- [p055] [回折光学面データ]の表には、[レンズ諸元]に示した回折光学面について、式(○)における設計波長 λ_0 、回折次数 m 、2次の位相係数 ϕ_2 、4次の位相係数 ϕ_4 を示す。「 E_n 」は、「球面データ」の表と同様、「X1○」を示す。
- [p056] 光学系が変倍光学系でない場合、「近距離撮影時可変間隔データ」として、 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。また、「近距離撮影時可変間隔データ」の表には、各焦点距離および撮影倍率に対応する、「[レンズ諸元]において面間隔が「可変」となっている面番号での面間隔を示す。
- [p057] 光学系が変倍光学系である場合、「変倍撮影時可変間隔データ」として、広角端(一)、中間焦点距離(f)、望遠端(了)の各変倍状態に対応する、「[レンズ諸元]において面間隔が「可変」となっている面番号での面間隔を示す。また、「[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。
- [p058] [条件式対応値]の表には、各条件式に対応する値を示す。
- [p059] 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「 \dots 」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。
- [p060] 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。
- [p061] (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、本実施形態の第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第1実施例に係る光学系L3(1)は、物体側から順に並んだ、コンパータレンズであり極めて弱い正の屈折力を有する(屈折力がほぼ零の)第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第

2 レンズ群 G_2 が光軸に沿って物体側に移動する。開口絞り 3 は、第2 レンズ群 G_2 内に配設されている。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。

[p062] 第1 レンズ群 G_1 は、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_{11} と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{12} と、両凸形状の正レンズ L_{13} および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{14} からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズ L_{15} および両凸形状の正レンズ L_{16} からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1 レンズ群 G_1 の負メニスカスレンズ L_{11} が物体側レンズに該当し、第1 レンズ群 G_1 の正レンズ L_{13} が条件式 (1) ~ (3) 等を満足する正レンズに該当する。

[p063] 第2 レンズ群 G_2 は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズ L_{21} と、両凸形状の正レンズ L_{22} と、両凸形状の正レンズ L_{23} および両凹形状の負レンズ L_{24} からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズ L_{25} および両凸形状の正レンズ L_{26} からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズ L_{27} と、から構成される。第2 レンズ群 G_2 の像側に、像面 $|$ が配置される。第2 レンズ群 G_2 における正レンズ L_{22} と正レンズ L_{23} との間に、開口絞り 3 が配置される。正レンズ L_{23} は、物体側のレンズ面が非球面である。負レンズ L_{25} は、物体側のレンズ面が非球面である。正レンズ L_{26} は、像側のレンズ面が非球面である。

[p064] 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。

[p065] (表 1)

[全体諸元]

干	12.568
D_{11} ○	2.794
2_{F} ○	153.703
Y	14.20

丁シ 97.296

巳ド 15.046

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n づ	v ㊦	0 9 ド
1	436.92554	3.000	1.77250	49.62	0.552
2	26.88525	15.423			
3	-58.29931	2.500	1.58913	61.22	0.540
4	-127.59160	4.516			
5	43.18494	13.500	1.65940	26.87	0.633
6	-26.22295	2.500	1.89190	37.13	0.578
7	-107.86651	5.711			
8	-317.61480	2.500	1.84666	23.80	0.622
9	46.68711	4.829	1.48749	70.31	0.529
10	-32.19991	010 (可変)			
11	-35.15627	0.900	1.60342	38.03	0.583
12	28.26677	1.124			
13	14.91232	2.972	1.88300	40.66	0.567
14	-1328.42940	1.500			
15	∞	2.573			(絞り3)
16*3	28.76052	4.393	1.85135	40.10	0.569
17	-8.90872	0.900	1.69895	30.13	0.602
18	17.48905	3.478			
19*3	-8.68242	0.900	1.68893	31.16	0.604
20	3943.13000	2.750	1.85135	40.10	0.569
21*3	-14.56098	0.200			
22	83.48162	2.582	1.88300	40.66	0.567
23	-48.89245	BF			

[非球面データ]

第 16 面

$$\kappa = 4.4706$$

$$\lambda = -1.52 \times 10^{-4}, \mu = -1.27 \times 10^{-6}, \nu = -9.7 \times 10^{-9}, \omega = -5.1 \times 10^{-11}$$

第 19 面

$$\kappa = -0.8841$$

$$\lambda = 1.54 \times 10^{-5}, \mu = 2.22 \times 10^{-6}, \nu = -4.7 \times 10^{-9}, \omega = -7.7 \times 10^{-11}$$

第 21 面

$$\kappa = 1.1801$$

$$\lambda = 1.70 \times 10^{-4}, \mu = 2.80 \times 10^{-9}, \nu = 4.4 \times 10^{-9}, \omega = -6.6 \times 10^{-11}$$

[近距離撮影時可変間隔データ]

無限遠合焦状態 近距離合焦状態

$$\gamma = 12.568 \quad \beta = -0.047$$

$$0.10 \quad 3.500 \quad 2.914$$

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$\gamma + \beta = 0.01425 \text{ (父レズ) } = 2.042$$

条件式 (2), (2-1), (2-2)

$$\gamma = 26.87$$

条件式 (3)

$$\gamma + \beta = 0.00316 \text{ (父レズ) } = 0.7179$$

条件式 (4), (4-1), (4-2)

$$\gamma + \beta = 0.00787 \text{ (父レズ) } = 1.871$$

条件式 (5)

$$\gamma = 13.500$$

条件式 (6)

$$\gamma = 1.65940$$

条件式 (7)

$$\gamma - \beta = 0.040 \text{ (父レズ) } - 2.470 \text{ (父レズ) } = 35.830$$

条件式 (8)

$$\text{門づ } \square 1 - (\text{〇} \cdot 0 2 0 \times \text{レづ } \square 1 - 1 \cdot 0 8 0) \times \text{レづ } \square 1 = 12.920$$

[0066] 図2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。各収差図において、 $\text{ドN}0$ はドナンバー、 γ 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ド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。づはづ線 (波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、 g は g 線 (波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$)、 〇 は 〇 線 (波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$)、 ド はド線 (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。

[0067] 各諸収差図より、第1実施例に係る光学系は、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。

[0068] (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、本実施形態の第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第2実施例に係る光学系 $\square 3$ (2)は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群 $\text{〇}1$ と、正の屈折力を有する第2レンズ群 $\text{〇}2$ と、正の屈折力を有する第3レンズ群 $\text{〇}3$ とから構成されている。無限遠物体から近距離 (有限距離) 物体への合焦の際、第2レンズ群 $\text{〇}2$ と第3レンズ群 $\text{〇}3$ とが異なる移動量で光軸に沿って物体側に移動する。開口絞り 3 は、第2レンズ群 $\text{G}2$ と第3レンズ群 $\text{G}3$ との間に配設され、合焦の際、第3レンズ群 $\text{〇}3$ とともに光軸に沿って移動する。

[0069] 第1レンズ群 $\text{G}1$ は、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 $\text{L}11$ と、両凹形状の負レンズ $\text{L}12$ と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ $\text{L}13$ 、両凹形状の負レンズ $\text{L}14$ および両凸形状の正レンズ $\text{L}15$ からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、

第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL11が物体側レンズに該当する。

[0070] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL21と、両凸形状の正レンズL22および両凹形状の負レンズL23からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第2レンズ群G2の正レンズL21が条件式(1)〜(3)等を満足する正レンズに該当する。

[0071] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL31および両凸形状の正レンズL32からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL33および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL34からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズL35と、から構成される。第3レンズ群G3の像側に、像面Iが配置される。正レンズL35は、両側のレンズ面が非球面である。

[0072] 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。

[0073] (表2)

[全体諸元]

干	47.001
ド ₁₁ 〇	1.402
2 ₁ 〇	50.082
Υ	21.70
丁 _L	145.051
巳ド	37.594

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n _D	v _D	0.9ド
1	75.90770	6.887	1.95375	32.31	0.590
2	1131.20200	6.023			
3	-189.73300	1.000	1.67270	32.19	0.597
4	30.09380	14.422			
5	-46.99510	8.691	1.55332	71.67	0.540
6	-22.85880	1.000	1.56732	42.58	0.575

7	56. 89480	8. 5 13	1. 88300	40. 80	0. 565
8	-77. 92800	08 (可変)			
9	59. 38050	6. 435	1. 74971	24. 66	0. 627
10	-274. 17620	0. 899			
11	41. 10570	10. 372	1. 7291 6	54. 66	0. 545
12	-50. 03390	1. 000	1. 72825	28. 38	0. 607
13	28. 6281 0	1/3 (可変)			
14	⊙	9. 166			絞1/3)
15	-32. 16080	1. 000	1. 6 1266	44. 46	0. 564
16	26. 85940	5. 514	1. 59282	68. 69	0. 544
17	-602. 32680	4. 123			
18	37. 5851 0	9. 9 16	1. 59282	68. 69	0. 544
19	-36. 02000	1. 000	1. 55298	55. 07	0. 545
20	-147. 30460	1. 3 18			
21* 3	81. 53680	5. 553	1. 77250	49. 49	0. 554
22*3	-7038. 98050	BF			

[非球面データ]

第2 1面

$\kappa=1.0000$

$\alpha_1=1.15$ 目05, $\alpha_6=8.53$ 目09, $\alpha_8=3.03$ 目 11, $\alpha_{10}=-6.3$ 目 14

第2 2面

$\kappa=1.0000$

$\alpha_1=2.11$ 目-05, $\alpha_6=1.38$ 目08, $\alpha_8=6.67$ 目 11, $\alpha_{10}=-7.4$ 目 14

[近距離撮影時可変間隔データ]

無限遠合焦状態

近距離合焦状態

$\gamma=47.001$

$\beta=-0.170$

1/3 7.446

0.200

1/13 5.930

4.428

条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門} \oplus P \ 1 \ + \ (\text{○} \ 0 \ 1 \ 4 \ 2 \ 5 \ \text{父} \ \text{パ} \ \square \ \text{○} \ =2. \ 101$$

条件式 (2) , (2 - 1) , (2 - 2)

$$v \ 6 \ 9 \ 1 \ =24. \ 66$$

条件式 (3)

$$6 \ g \ F \ 9 \] \ + \ (\text{○} \ 0 \ 0 \ 3 \ 1 \ 6 \ \text{父} \ \text{レ} \ \text{づ} \ \square \ \text{○} \ =0. \ 7049$$

条件式 (4) , (4 - 1) , (4 - 2)

$$\text{門} \oplus P \ 1 \ + \ (\text{○} \ 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 7 \ \text{父} \ \text{パ} \ \text{?} \ 1 \) \ = \ 1.944$$

条件式 (5)

$$0 \ 9 \ 1 \ =6. \ 435$$

条件式 (6)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 \ = \ 1.74971$$

条件式 (7)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 \ . \ (\text{○} \ 0 \ 4 \ 0 \ \text{父} \ \text{レ} \ \text{?} \ 1 \ - \ 2 \ . \ 4 \ 7 \ 0 \) \ \text{父} \ \text{レ} \ \text{?} \ 1 \ =34. \ 836$$

条件式 (8)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 \ . \ (\text{○} \ 0 \ 2 \ 0 \ \times \ \text{レ} \ \text{づ} \ \square \ 1 \ - \ 1 \ . \ 0 \ 8 \ 0 \) \ \times \ \text{レ} \ \text{づ} \ \square \ 1 \ = \ 12. \ 721$$

[p074] 図4 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。各諸収差図より、第2 実施例に係る光学系は、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。

[p075] (第3 実施例)

第3 実施例について、図5 ～図6 並びに表3 を用いて説明する。図5 は、本実施形態の第3 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第3 実施例に係る光学系₃ (3) は、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₀₁ と、負の屈折力を有する第2 レンズ群₀₂ と、正の屈折力を有する第3 レンズ群₀₃ とから構成されている。無限遠物体から近距離 (有限距離) 物体への合焦の際、第2 レンズ群₀₂ が光軸に沿って像側に移動する。開口絞り₃ は、第3 レンズ群₀₃ 内に配設

されている。

〔076〕 第1レンズ群G₁は、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、両凸形状の正レンズL₁₂と、両凸形状の正レンズL₁₃および両凹形状の負レンズL₁₄からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G₁の正メニスカスレンズL₁₁が物体側レンズに該当する。

〔077〕 第2レンズ群G₂は、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L₂₁および両凹形状の負レンズL₂₂からなる接合レンズ、から構成される。本実施例では、第2レンズ群G₂の正メニスカスレンズL₂₁が条件式(1)〜(3)等を満足する正レンズに該当する。

〔078〕 第3レンズ群G₃は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL₃₁と、両凸形状の正レンズL₃₂および両凹形状の負レンズL₃₃からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL₃₄と、両凹形状の負レンズL₃₅および両凸形状の正レンズL₃₆からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL₃₇および両凸形状の正レンズL₃₈からなる接合レンズと、から構成される。第3レンズ群G₃の像側に、像面I₃が配置される。第3レンズ群G₃における負レンズL₃₃と正レンズL₃₄との間に、開口絞り3が配置される。

○

〔079〕 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。

〔080〕 (表3)

[全体諸元]

千	102.148
D ₁₁ ○	1.450
2 _ε ○	23.842
Υ	21.63
丁!	150.819
巳ド	39.632

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n づ	v ㊦	0 9 ド
1	228. 14790	4. 9 15	1. 59349	67. 00	0. 537
2	641 5. 62050	0. 100			
3	98. 031 90	9. 004	1. 49700	8 1. 6 1	0. 539
4	-860. 70550	0. 100			
5	70. 0561 0	11. 648	1. 49700	8 1. 6 1	0. 539
6	-266. 98950	3. 500	1. 72047	34. 7 1	0. 583
7	168. 27370	07 (可変)			
8	- 156. 94440	4. 000	1. 65940	26. 87	0. 633
9	-74. 82770	2. 500	1. 5 1680	63. 88	0. 536
10	48. 83690	010 (可変)			
11	59. 4 1 150	7. 084	2. 001 00	29. 13	0. 599
12	-9603. 99850	0. 100			
13	10 1. 99880	8. 889	1. 69680	55. 52	0. 543
14	-54. 38990	1. 800	1. 7 1736	29. 57	0. 604
15	28. 02300	5. 843			
16	⊙	1. 600			絞リ3)
17	118. 55000	5. 540	1. 49700	8 1. 6 1	0. 539
18	-59. 97360	0. 100			
19	-74. 13900	1. 600	1. 72047	34. 7 1	0. 583
20	23. 561 20	8. 119	1. 76684	46. 78	0. 558
21	-400. 50550	2. 828			
22	-39. 02080	1. 600	1. 58144	40. 98	0. 576
23	124. 06960	5. 332	2. 001 00	29. 13	0. 599
24	-52. 63590	BF			

[近距離撮影時可変間隔データ]

無限遠合焦状態

近距離合焦状態

干= 102. 148

ƒ =-0. 132

$$D7 \quad 7.956 \quad 19.956$$

$$\text{り}0 \quad 17.029 \quad 5.029$$

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門づ} \square 1 + (\text{○. } 0 \ 1 \ 4 \ 2 \ 5 \ \text{父レづ} \square \text{○} = 2.042$$

条件式 (2), (2-1), (2-2)

$$v \ 6 \ 9 \ 1 = 26.87$$

条件式 (3)

$$\theta \ g \ F \ P \ 1 + (\text{○. } 0 \ 0 \ 3 \ 1 \ 6 \ \times \ \text{パ} \ \square \ \text{】}) = 0.7179$$

条件式 (4), (4-1), (4-2)

$$\text{門} \oplus \ P \ 1 + (\text{○. } 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 7 \ \text{父パ} \ \square \ \text{○} = 1.871$$

条件式 (5)

$$0 \ 9 \ 1 = 4.000$$

条件式 (6)

$$n \ d \ P \ 1 = 1.65940$$

条件式 (7)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 - (\text{○. } 0 \ 4 \ 0 \ \text{父レ} \text{」} \ ? \ 1 - 2.470) \ \text{父レ} \text{」} \ ? \ 1 = 35.830$$

条件式 (8)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 - (\text{○. } 0 \ 2 \ 0 \ \times \ \text{レづ} \ \square \ 1 - 1.080) \ \times \ \text{レづ} \ \square \ 1 = 12.920$$

[p081] 図6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。各諸収差図より、第3実施例に係る光学系は、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。

[p082] (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、本実施形態の第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第4実施例に係る光学系 $\square 3$ (4)は、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 $\text{○}1$ と、負の屈折力を有する第2レンズ群 $\text{○}2$ と、正の屈折力を有する第3レンズ群 $\text{○}3$ とから構成されている

。無限遠物体から近距離 (有限距離) 物体への合焦の際、第2 レンズ群0 2 が光軸に沿って像側に移動する。開口絞り3 は、第3 レンズ群0 3 の物体側近傍に配設され、合焦の際、第1 レンズ群G 1 および第3 レンズ群0 3 と同様に、像面 | に対して固定される。

- [0083] 第1 レンズ群G 1 は、物体側から順に並んだ、極めて弱い屈折力を有する保護ガラスHG と、両凸形状の正レンズ L_{11} と、両凸形状の正レンズ L_{12} と、両凹形状の負レンズ L_{13} と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{14} および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{15} からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1 レンズ群G 1 の正レンズ L_{11} が物体側レンズに該当する。
- [0084] 第2 レンズ群0 2 は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズ L_{21} と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{22} および両凹形状の負レンズ L_{23} からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第2 レンズ群G 2 の正メニスカスレンズ L_{22} が条件式 (1) ~ (3) 等を満足する正レンズに該当する。
- [0085] 第3 レンズ群0 3 は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1 部分群0 3 1 と、負の屈折力を有する第2 部分群0 3 2 と、正の屈折力を有する第3 部分群0 3 3 とを有している。第1 部分群0 3 1 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{31} および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{32} からなる接合レンズ、から構成される。第2 部分群0 3 2 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{33} および両凹形状の負レンズ L_{34} からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズ L_{35} と、から構成される。第3 部分群0 3 3 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{36} と、両凸形状の正レンズ L_{37} および両凹形状の負レンズ L_{38} からなる接合レンズと、から構成される。第3 レンズ群G 3 の第2 部分群G 3 3 は、光軸と垂直な方向へ移動可能な防振レンズ群 (部分群) を構成し、手ブレ等による結像位置の変位 (像面 | 上の像ブレ) を補正する。なお、第3 レンズ群0 3 における第2 部分群0 3 2 と第3 部分群G 3 3 との間に、固定絞

り (フレアカット絞り) S a が配置される。

[0086] 第3レンズ群G3の像側に、像面 | が配置される。第3レンズ群G3と像面 | との間には、抜き差し交換可能な光学フィルタード L が配設されている。抜き差し交換可能な光学フィルタード L として、例えば、N 3 フィルター (ニュートラルカラーフィルター) や、カラーフィルター、偏光フィルター、 $\lambda/4$ フィルター (減光フィルター)、IR フィルター (赤外線カットフィルター) 等が用いられる。

[0087] 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。

[0088] (表4)

[全体諸元]

干	392.000
ド ₁₁ 〇	2.881
2 ㊦	6.245
Y	21.63
丁 L	396.319
巳ド	74.502

[レンズ諸元]

面番号	R	〇	n d	v ㉑	6 g F
1	1200.37020	5.000	1.51680	63.88	0.536
2	1199.78950	1.000			
3	250.71590	16.414	1.43385	95.25	0.540
4	-766.97150	45.000			
5	158.99440	18.720	1.43385	95.25	0.540
6	-400.00000	2.261			
7	-377.29180	6.000	1.61266	44.46	0.564
8	461.79700	95.451			
9	70.05760	4.000	1.79500	45.31	0.560
10	47.57190	11.944	1.49782	82.57	0.539

11	1223. 84820	切11 (可変)			
12	-546. 4 1280	2. 500	1. 8061 0	40. 97	0. 569
13	76. 731 80	6. 996			
14	-241 . 8 1680	4. 500	1. 65940	26. 87	0. 633
15	-56. 62280	2. 500	1. 48749	70. 32	0. 529
16	234. 80990	切16 (可変)			
17	∞	5. 100			(絞 り 3)
18	95. 57020	6. 000	1. 75500	52. 33	0. 548
19	-75. 36620	1. 800	1. 80809	22. 74	0. 629
20	-757. 8081 0	4. 500			
21	279. 80870	4. 700	1. 74971	24. 66	0. 627
22	-82. 76070	1. 800	1. 5931 9	67. 90	0. 544
23	50. 04470	3. 390			
24	-226. 07440	1. 800	1. 83481	42. 73	0. 565
25	105. 63280	4. 250			
26	∞	0. 250			
27	105. 07290	3. 700	1. 69680	55. 52	0. 543
28	- 158. 46840	0. 100			
29	92. 251 80	4. 000	1. 72047	34. 7 1	0. 583
30	- 129. 17240	1. 800	1. 921 19	23. 96	0. 620
31	404. 521 60	7. 500			
32	∞	1. 500	1. 5 1680	63. 88	0. 536
33	∞	BF			

[近距離撮影時可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	干=392. 000	β =-0. 173
切11	13. 847	29. 047
切16	33. 495	18. 295

条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門} \text{づ} \text{P} 1 + (\text{○} . 0 1 4 2 5 \text{ 父} \text{レ} \text{づ} \text{P} \text{○} = 2. 042$$

条件式 (2) , (2 - 1) , (2 - 2)

$$v 6 9 1 = 26. 87$$

条件式 (3)

$$\theta g F P 1 + (\text{○} . 0 0 3 1 6 \times \text{パ} \text{P} \text{】}) = 0. 7179$$

条件式 (4) , (4 - 1) , (4 - 2)

$$\text{門} \text{P} 1 + (\text{○} . 0 0 7 8 7 \text{ 父} \text{パ} \text{P} \text{○} = 1. 871$$

条件式 (5)

$$0 9 1 = 4. 500$$

条件式 (6)

$$n d P 1 = 1. 65940$$

条件式 (7)

$$n 6 9 1 - (\text{○} . 0 4 0 \text{ 父} \text{レ} \text{」} ? 1 - 2 . 4 7 0) \text{ 父} \text{レ} \text{」} ? 1 = 35. 830$$

条件式 (8)

$$n 6 9 1 - (\text{○} . 0 2 0 \times \text{レ} \text{づ} \text{P} 1 - 1 . 0 8 0) \times \text{レ} \text{づ} \text{P} 1 = 12. 920$$

[p089] 図8 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。各諸収差図より、第4 実施例に係る光学系は、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。

[p090] (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、本実施形態の第5 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第5 実施例に係る光学系₃ (5) は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1 レンズ群₁ と、正の屈折力を有する第2 レンズ群₂ と、負の屈折力を有する第3 レンズ群₃ と、正の屈折力を有する第4 レンズ群₄ とから構成されている。広角端状態 (W) から望遠端状態 (丁) に変倍する際、第1 ～第4 レンズ群_{G1} ～_{G4} がそれぞれ図9 の

矢印で示す方向に移動する。開口絞り3は、第2レンズ群02と第3レンズ群03との間に配設され、変倍の際、第2レンズ群02とともに光軸に沿って移動する。

[0091] 第1レンズ群G1は、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L11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、両凹形状の負レンズL13と、両凸形状の正レンズ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L11が物体側レンズに該当し、第1レンズ群G1の正レンズL14が条件式(1)〜(3)等を満足する正レンズに該当する。負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面が非球面である。負レンズL13は、像側のレンズ面が非球面である。

[0092] 第2レンズ群02は、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L21および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL23と、から構成される。

[0093] 第3レンズ群03は、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L31および両凹形状の負レンズL32からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33と、両凸形状の正レンズL34と、から構成される。本実施例では、無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL33および正レンズL34が光軸に沿って像側に移動する。

[0094] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL43と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL44および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL45からなる接合レンズと、から構成される。第4レンズ群04の像側に、像面Iが配置される。負メニスカスレンズL45は、像側のレンズ面が非球面である。

[0095] 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。

[0096] (表5)

[全体諸元]

変倍比 2.07

	(V)	IV!	7
干	16.65	24.00	34.45
ド ₁₁ ○	4.14	4.15	4.15
2 ㊦	53.79	41.95	31.59
Y	21.60	21.60	21.60
丁 _L	245.879	245.879	245.879
巳ド	39.00	49.01	65.28

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n _づ	v _㊦	09ド
1*3	174.00980	3.000	1.76684	46.78	0.5576
2*8	19.00290	9.504			
3	2467.43120	1.550	1.88300	40.66	0.5668
4	47.79750	5.082			
5	-58.98140	1.500	1.88300	40.66	0.5668
6	131.38830	0.400	1.55389	38.09	0.5928
7*&	338.15080	2.275			
8	58.67000	6.011	1.65940	26.87	0.6327
9	-53.33540	㊦ (可変)			
10	48.43770	1.050	1.84666	23.80	0.6215
11	18.35690	4.400	1.62004	36.40	0.5833
12	86.30180	0.100			
13	29.42080	4.920	1.54270	46.52	0.5649
14	-60.41780	13.037			
15	㊦	㊦15 (可変)			(絞リ3)
16	-123.25200	2.504	1.62004	36.40	0.5833
17	-25.39870	1.000	1.88300	40.66	0.5668

18	172. 17000	2. 118			
19	-23. 38080	0. 800	1. 88300	40. 66	0. 5668
20	- 107. 861 50	0. 150			
21	95. 70770	4. 746	1. 75520	27. 58	0. 6036
22	-27. 47760	1/2 (可変)			
23	35. 36650	10. 703	1. 49782	82. 57	0. 5386
24	-20. 3271 0	1. 100	1. 83400	37. 18	0. 5778
25	-937. 90680	0. 100			
26	42. 4 19 10	9. 349	1. 49782	82. 57	0. 5386
27	-30. 3781 0	0. 100			
28	-82. 86330	8. 406	1. 69981	48. 62	0. 561 1
29	- 18. 48470	1. 600	1. 8061 0	40. 97	0. 5688
30*3	-514. 67980	BF			

[非球面データ]

第 1 面

κ = 1. 0000

κ₁=3. 80 目06, κ₂=3. 24 目09, κ₃=0. 00 目00, κ₄=0. 00£+00

第 2 面

κ = 1. 0000

κ₁=-2. 16 目05, κ₂=0. 00£+00, κ₃=0. 00 目00, κ₄=0. 00£+00

第 7 面

κ = 1. 0000

κ₁=1. 52 目05, κ₂=-1. 98 目08, κ₃=4. 77£- 目2, 1 目0=0. 00£+00

第 3 0 面

κ = 1. 0000

κ₁=1. 68£-05, κ₂=1. 29£-08, κ₃=0. 00 目00, κ₄=0. 00£+00

[変倍撮影時可変間隔データ]

ℓ ₉	31.945	14.177	2.000
ℓ ₁₅	3.000	8.124	13.036
ℓ ₂₂	9.233	5.684	1.200

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	-23.300
02	10	40.700
03	16	-100.700
04	23	71.100

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門づ } \square 1 + (\text{○. } 0 \ 1 \ 4 \ 2 \ 5 \ \text{父レづ } \square \text{○} = 2.042$$

条件式 (2), (2 - 1), (2 - 2)

$$V \ 6 \ 9 \ 1 = 26.87$$

条件式 (3)

$$6 \ g \ F \ 9 \] + (\text{○. } 0 \ 0 \ 3 \ 1 \ 6 \ \times \ \text{パ } \square \]) = 0.7176$$

条件式 (4), (4 - 1), (4 - 2)

$$\text{門 } \text{⊕} \ P \ 1 + (\text{○. } 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 7 \ \text{父パ } \square \text{○} = 1.871$$

条件式 (5)

$$0 \ ? \ 1 = 6.011$$

条件式 (6)

$$n \ d \ P \ 1 = 1.65940$$

条件式 (7)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 - (\text{○. } 0 \ 4 \ 0 \ \text{父レ } \ ? \ 1 - 2.470) \ \text{父レ } \ ? \ 1 = 35.830$$

条件式 (8)

$$\text{門づ } \square 1 - (\text{○. } 0 \ 2 \ 0 \ \times \ \text{レづ } \square 1 - 1.080) \ \times \ \text{レづ } \square 1 = 12.920$$

[0097] 図10 (ハ)、図10 (巳)、および図10 (○) はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限

遠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、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。

[0098] (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、本実施形態の第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第6実施例に係る光学系 $L_3(6)$ は、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 O_1 と、負の屈折力を有する第2レンズ群 O_2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 O_3 と、負の屈折力を有する第4レンズ群 O_4 と、正の屈折力を有する第5レンズ群 G_5 とから構成されている。広角端状態(ㄱ)から望遠端状態(丁)に変倍する際、第1～第4レンズ群 $G_1 \sim O_4$ がそれぞれ図11の矢印で示す方向に移動する。開口絞り3は、第3レンズ群 O_3 の最も物体側に配設され、変倍の際、第3レンズ群 O_3 とともに光軸に沿って移動する。

[0099] 第1レンズ群 G_1 は、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_{11} および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{12} からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{13} と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群 G_1 の負メニスカスレンズ L_{11} が物体側レンズに該当する。

[0100] 第2レンズ群 O_2 は、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_{21} と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{22} と、両凸形状の正レンズ L_{23} と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{24} と、から構成される。本実施例では、第2レンズ群 G_2 の正レンズ L_{23} が条件式(1)～(3)等を満足する正レンズに該当する。負メニスカスレンズ L_{21} は、物体側のレンズ面が非球面である。負メニスカスレンズ L_{24} は、像側のレンズ面が非球面である。

[0101] 第3レンズ群 O_3 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{31} と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{32} および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{33} からなる接合レンズと、物体側に凸面を向

けた負メニスカスレンズ_{L 3 4} および両凸形状の正レンズ_{L 3 5} からなる接合レンズと、から構成される。正レンズ_{L 3 5} は、像側のレンズ面が非球面である。

[0102] 第4 レンズ群_{G 4} は、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_{L 4 1} と、両凸形状の正レンズ_{L 4 2} および両凹形状の負レンズ_{L 4 3} からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第4 レンズ群_{G 4} の正レンズ_{L 4 2} および負レンズ_{L 4 3} からなる接合レンズを光軸に沿って移動させることにより、合焦を行う。

[0103] 第5 レンズ群_{G 5} は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ_{L 5 1} と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ_{L 5 2} と、から構成される。第5 レンズ群_{G 5} の像側に、像面 Γ が配置される。

[0104] 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。

[0105] (表6)

[全体諸元]

変倍比 7.85

	(V)	IV!	7
干	24.72	58.06	194.00
ド ₁₁ 〇	3.6	5.5	6.5
2 ㊦〇	85.214	39.016	12.106
Υ	21.60	21.60	21.60
丁 _L	149.280	177.480	204.279
巳ド	41.57417	41.57416	41.57414

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n _づ	v _㊦	0 9 ド
1	106.2691	1.50009	1.948329	29.38	0.5986
2	55.80163	7.30993	1.49782	82.57	0.5386
3	721.044	0.50000			
4	56.41199	6.09566	1.755124	52.3	0.5546

5	228. 7709	15 (可変)			
6*8	351 . 2249	1. 5001 7	1. 766453	49. 52	0. 5595
7	14. 18364	9. 0 1226			
8	-33. 6001	1. 66909	1. 765555	50. 3	0. 5581
9	-897. 93	0. 561 26			
10	84. 5091 7	4. 54086	1. 749714	24. 66	0. 6272
11	-27. 578	0. 72854			
12	-25. 0651	1. 60720	1. 851 08	40. 12	0. 5685
13*8	-68. 5357	13 (可変)			
14	○	0. 50000			(絞13)
15	22. 36461	5. 76460	1. 622737	37. 84	0. 5805
16	-4 1. 5 197	0. 53608			
17	-49. 778	2. 77298	1. 601 16 1	59. 42	0. 5426
18	-25. 8 168	1. 50000	1. 949966	29. 37	0. 5987
19	-488. 723	0. 73221			
20	2 1. 29787	1. 55564	1. 949962	29. 19	0. 5991
2 1	12. 3291 6	7. 9991 3	1. 514583	66. 9	0. 531 9
22*8	-34. 5982	12 (可変)			
23	-18. 9 15	3. 76687	1. 659561	33. 7 1	0. 5887
24	-20. 5674	20. 49954			
25	125. 118 1	2. 44870	1. 7 17883	32. 43	0. 5914
26	-28. 3836	1. 50000	1. 722329	53. 46	0. 5526
27	25. 2098	17 (可変)			
28	43. 35023	4. 87974	1. 526294	53. 27	0. 5529
29	-77. 8742	0. 50000			
30	65. 86578	1. 50000	1. 95	29. 37	0. 5987
3 1	3 1. 35903	BF			

[非球面データ]

第6面

«: = 2. 0000

∠4=8. 04557 £-06, ∠6=-1. 75069 £-08, ∠8=2. 16280£-1 1, A10=-1. 75432 £-14

第13面

«: = 0. 7223

∠4=-4. 49448 £-06, ∠6=-9. 55340 £-09, ∠8=-2. 86951 £-1 2^1 0=-1. 24795 £-1 3

第22面

«: = 1. 5559

∠4=2. 871 24£-05, ∠6=-2. 90386 £-08, ∠8=-2. 57823 £-1 0^1 0=5. 13004£-1 3

[変倍最景時可変間隔データ]

	(V)	IV!	7
v5	0. 5	18. 19587	50. 271 28
v13	32. 59041	16. 20141	0. 50004
v22	1. 55479	5. 4 1058	12. 0062
v27	1. 57961	24. 6 165	28. 4461 1

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	96. 6403
02	6	- 16. 9148
03	14	25. 6849
04	23	-40. 1664
05	28	233. 4501

[条件式対応値]

条件式 (1)

∅ P 1 + (∅. 0 1 4 2 5 父パ ∅ ∅ = 2. 10 1

条件式 (2) , (2 - 1) , (2 - 2)

v 6 9 1 = 24. 66

条件式 (3)

$$6 \text{ g F 9 } \} + (\text{○. } 0 \ 0 \ 3 \ 1 \ 6 \times \text{パ } \text{□ }]) = 0. \ 7051$$

条件式 (4) , (4 - 1) , (4 - 2)

$$\text{門 } \text{ⓐ } \text{P } 1 + (\text{○. } 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 7 \ \text{父 } \text{パ } \text{? } 1) = 1.944$$

条件式 (5)

$$0 \ 9 \ 1 = 4. \ 54086$$

条件式 (6)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 = 1.749714$$

条件式 (7)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 - (\text{○. } 0 \ 4 \ 0 \ \text{父 } \text{レ } \text{」 } \text{? } 1 - 2. \ 4 \ 7 \ 0) \ \text{父 } \text{レ } \text{」 } \text{? } 1 = 34. \ 836$$

条件式 (8)

$$n \ 6 \ 9 \ 1 - (\text{○. } 0 \ 2 \ 0 \ \times \ \text{レ } \text{づ } \text{□ } 1 - 1. \ 0 \ 8 \ 0) \ \times \ \text{レ } \text{づ } \text{□ } 1 = 12.721$$

[0106] 図12 (ハ)、図12 (巳)、および図12 (○) はそれぞれ、第6実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠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、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。

[0107] (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、本実施形態の第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第7実施例に係る光学系_L 3 (7) は、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○1と、負の屈折力を有する第2レンズ群○2と、正の屈折力を有する第3レンズ群○3と、正の屈折力を有する第4レンズ群○4と、負の屈折力を有する第5レンズ群○5と、負の屈折力を有する第6レンズ群○6とから構成されている。広角端状態 (ハ) から望遠端状態 (丁) に変倍する際、第1～第5レンズ群G 1～○5がそれぞれ図13の矢印で示す方向に移動する。開口絞り3は、第2レンズ群G 2内に配設されている。

[0108] 第1レンズ群G 1は、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 1 1および両凸形状の正レンズ_L 1 2からなる接合レンズ

と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{13} と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群 G_1 の負メニスカスレンズ L_{11} が物体側レンズに該当する。正メニスカスレンズ L_{13} における像側のレンズ面に、回折光学素子 $\square\bigcirc\bigcirc$ が配設される。回折光学素子 $\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ は、例えば、互いに異なる材質の2種類の回折素子要素が同一の回折格子溝で接する密着複層型の回折光学素子であり、2種類の紫外線硬化樹脂によって所定の格子高さを有する1次の回折格子（光軸に対して回転対称形状の回折格子）が形成される。

[0109] 第2レンズ群 O_2 は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズ L_{21} および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{22} からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{23} と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{24} と、から構成される。第2レンズ群 O_2 における正メニスカスレンズ L_{23} と正メニスカスレンズ L_{24} との間に、開口絞り 3 が配置される。本実施例では、第2レンズ群 G_2 の正メニスカスレンズ L_{22} が条件式(1)～(3)等を満足する正レンズに該当する。第2レンズ群 G_2 の負レンズ L_{21} および正メニスカスレンズ L_{22} からなる接合レンズと、正メニスカスレンズ L_{23} とは、光軸と垂直な方向へ移動可能な防振レンズ群（部分群）を構成し、手ブレ等による結像位置の変位（像面上の像ブレ）を補正する。

[0110] 第3レンズ群 O_3 は、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_{31} と、両凸形状の正レンズ L_{32} と、から構成される。

[0111] 第4レンズ群 O_4 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{41} および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{42} からなる接合レンズ、から構成される。

[0112] 第5レンズ群 G_5 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{51} および両凹形状の負レンズ L_{52} からなる接合レンズ、から構成される。本実施例では、第5レンズ群 G_5 の全体を光軸に沿って移動させることにより、合焦を行う。

[0113] 第6レンズ群 O_6 は、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 6 1および両凸形状の正レンズL 6 2からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL 6 3と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 4と、から構成される。第6レンズ群G 6の像側に、像面Iが配置される。

[0114] 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。

[0115] (表7)

[全体諸元]

変倍比 2.00

	(V)	IV!	7
f	199.985	300.128	400.487
ド ₁₁ ○	5.770	5.773	7.777
2 帛	12.088	8.032	3.016
Y	21.60	21.60	21.60
TL	218.509	276.018	309.437
巳ド	63.575	63.605	63.797

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n づ	v ㊦	0 9 ド
1	338.9295	3.0000	1.806100	33.34	0.5904
2	157.1292	7.1098	1.487490	70.32	
3	-645.1901	0.1000			
4	127.7241	6.3846	1.516800	64.13	
5純	1000.0000	15 (可変)			
6	-122.6329	1.7000	1.743997	44.79	
7	65.7202	3.5689	1.659398	26.87	0.6323
8	249.7691	15.0000			
9	-47.9778	3.5000	1.756462	24.89	0.6196
10	-45.0509	2.2932			
11	㊦	0.5000			(絞り3)

12	43. 2479	2. 9936	1. 620041	36. 26	
13	64. 4050	∅13 (可変)			
14	82. 9323	1. 7000	1. 808090	22. 74	
15	46. 2622	3. 6463			
16	71. 4836	4. 1939	1. 612720	58. 54	
17	-405. 4059	∅17 (可変)			
18	56. 3851	6. 9255	1. 497820	82. 57	
19	-60. 8758	1. 7000	1. 755000	52. 33	
20	-374. 3030	∅20 (可変)			
21	102. 7274	2. 4918	1. 592701	35. 31	
22	-125. 8788	1. 0000	1. 755000	52. 33	
23	40. 8982	∅23 (可変)			
24	121. 6273	1. 7000	1. 659398	26. 87	0. 6323
25	52. 1810	5. 7438	1. 595510	39. 21	
26	-42. 4345	0. 1000			
27	-97. 3797	1. 5000	1. 456000	91. 37	
28	59. 1706	12. 2493			
29	-26. 6286	1. 5000	1. 755000	52. 33	0. 5476
30	-37. 6940	BF			

[回折光学面データ]

第5面

$$R_0 = 587.6$$

$$n_1 = 1$$

$$C_2 = -2.57 \times 10^{-5}$$

$$C_4 = -2.04 \times 10^{-11}$$

[変倍撮影時可変間隔データ]

	W	IV	7
∅5	11.860	93.192	119.742

13	10.900	0.500	3.244
017	0.600	5.172	0.600
20	34.411	13.877	0.200
23	6.561	9.070	31.254

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	213.671
02	6	-546.584
03	14	370.319
04	18	149.206
05	21	-72.703
06	24	-875.523

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門 } \textcircled{1} \text{ P } 1 + (\textcircled{0.01425} \text{ 父レ } \textcircled{\text{P}} \textcircled{0}) = 2.042$$

条件式 (2), (2-1), (2-2)

$$\text{V } 6 \text{ 9 } 1 = 26.87$$

条件式 (3)

$$\text{6 g F } 9] + (\textcircled{0.00316} \times \text{パ } \textcircled{\text{P}} \textcircled{\text{P}}) = 0.7172$$

条件式 (4), (4-1), (4-2)

$$\text{門 } \textcircled{1} \text{ P } 1 + (\textcircled{0.00787} \text{ 父パ } \textcircled{\text{P}} \textcircled{0}) = 1.871$$

条件式 (5)

$$\text{0 } 9 \text{ 1} = 3.5689$$

条件式 (6)

$$\text{n d P } 1 = 1.659398$$

条件式 (7)

$$\text{n } 6 \text{ 9 } 1 - (\textcircled{0.040} \text{ 父レ } \textcircled{?} \text{ 1} - \textcircled{2.470} \text{ 父レ } \textcircled{?} \text{ 1}) = 35.830$$

条件式 (8)

$$n_d P 1 - (0.020 \times v_d P 1 - 1.080) \times v_d P 1 = 12.920$$

[01 16] 図14 (A)、図14 (B)、および図14 (C) はそれぞれ、第7実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠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、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。

[01 17] (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、本実施形態の第8実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第8実施例に係る光学系 L_s (8) は、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 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、正の屈折力を有する第4レンズ群 G_4 と、負の屈折力を有する第5レンズ群 G_5 とから構成されている。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第2レンズ群 G_2 と第4レンズ群 G_4 とがそれぞれ図15の矢印で示す方向に移動する。開口絞り s は、第3レンズ群 G_3 の物体側近傍に配設され、変倍の際、第1レンズ群 G_1 と、第3レンズ群 G_3 と、第5レンズ群 G_5 と同様に、像面 I に対して固定される。

[01 18] 第1レンズ群 G_1 は、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_{11} および両凸形状の正レンズ L_{12} からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{13} と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群 G_1 の負メニスカスレンズ L_{11} が物体側レンズに該当する。

[01 19] 第2レンズ群 G_2 は、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_{21} と、両凹形状の負レンズ L_{22} と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{23} と、両凹形状の負レンズ L_{24} と、から構成される。本実施例では、第2レンズ群 G_2 の正メニスカスレンズ L_{23} が条件式(1)〜(3)等を満足する正レンズに該当する。

[0120] 第3レンズ群 G_3 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L_{31}

と、物体側に凸面を向けた片平形状の正レンズ_{1 3 2}と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ_{1 3 3}と、両凹形状の負レンズ_{1 3 4}と、両凸形状の正レンズ_{1 3 5}および両凹形状の負レンズ_{1 3 6}からなる接合レンズと、から構成される。

[p121] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ_{1 4 1}と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ_{1 4 2}および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ_{1 4 3}からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、無限遠物体から近距離（有限距離）物体への合焦の際、第4レンズ群G4の全体が光軸に沿って物体側に移動する。

[p122] 第5レンズ群G5は、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_{1 5 1}と、両凸形状の正レンズ_{1 5 2}および両凹形状の負レンズ_{1 5 3}からなる接合レンズと、像側に凹面を向けた片平形状の負レンズ_{1 5 4}と、両凸形状の正レンズ_{1 5 5}と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ_{1 5 6}と、から構成される。第5レンズ群G5の像側に、像面1が配置される。

[p123] 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。

[p124] (表8)

[全体諸元]

変倍比 2.74

	W	IV!	7
干	71.5	135.0	196.0
ド ₁₁ ○	2.859	2.902	2.881
2 ㊦○	33.642	17.738	12.209
Υ	21.60	21.60	21.60
丁 ₁	245.879	245.770	245.789
巳ド	53.966	53.966	53.966

[レンズ諸元]

面番号 R D n d v ○ 0 9 ド

1	123.4009	2.8	1.95	29.37	0.600
2	87.56469	9.9	1.49782	82.57	0.539
3	-1181.09	0.1			
4	93.41088	7.7	1.433852	95.25	0.540
5	711.1154	D5 (\bar{m}_{34})			
6	70.14635	2.4	1.71999	50.27	0.553
7	33.21159	10.25			
8	-115.534	2	1.618	63.34	0.541
9	123.4243	2			
10	53.14446	4.4	1.749714	24.66	0.627
11	333.2994	3.55			
12	-77.3115	2.2	1.603	65.44	0.539
13	202.6654	D13 (可変)			
14	∞	2.5			(絞リ S)
15	581.5556	3.7	1.83481	42.73	0.565
16	-130.482	0.2			
17	90.3298	3.85	1.59319	67.9	0.544
18	∞	0.2			
19	52.76588	4.9	1.49782	82.57	0.539
20	448.6586	2.04364			
21	-118.745	2.2	2.001	29.12	0.600
22	173.2289	4.55			
23	114.6359	5.75	1.90265	35.73	0.580
24	-66.799	2.2	1.58144	40.98	0.576
25	41.99665	D25 (可変)			
26	57.83565	4.8	1.49782	82.57	0.539
27	-190.077	0.1			
28	44.19055	2	1.95	29.37	0.600

29	28.478	5.55	1.59319	67.9	0.544
30	166.4062	030 (可変)			
31	52.69825	1.8	1.804	46.6	0.557
32	31.18732	5.15			
33	102.8337	3.35	1.84666	23.83	0.620
34	-102.758	1.6	1.71999	50.27	0.553
35	42.05936	2.58303			
36	∞	1.6	1.95375	32.33	0.591
37	68.58142	3.75			
38	101.2296	3.85	1.59319	67.9	0.544
39	-172.177	0.15			
40	47.98548	3.9	1.71999	50.27	0.553
41	137.9944	BF			

[変倍撮影時可変間隔データ]

	(V)	IV!	7
D5	3.223	34.216	51.137
V13	50.289	19.296	2.375
V25	16.922	14.139	16.940
V30	1.903	4.686	1.884

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	143.981
G2	6	-45.565
03	14	94.464
04	26	58.195
05	31	-109.088

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門} \oplus P_{1+} (\text{○. } 0 \ 1 \ 4 \ 2 \ 5 \ \text{父} \ \text{パ} \ \square \ \text{○} = 2. \ 101$$

条件式 (2), (2 - 1), (2 - 2)

$$v_{691} = 24. \ 66$$

条件式 (3)

$$6 \ g \ F \ 9 \ J \ + \ (\text{○. } 0 \ 0 \ 3 \ 1 \ 6 \ \text{父} \ \text{レ} \ \text{づ} \ \square \ \text{○} = 0. \ 7049$$

条件式 (4), (4 - 1), (4 - 2)

$$\text{門} \oplus P_{1+} (\text{○. } 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 7 \ \text{父} \ \text{パ} \ ? \ 1) = 1.944$$

条件式 (5)

$$0 \ 9 \ J = 4.4$$

条件式 (6)

$$n_{691} = 1.749714$$

条件式 (7)

$$n_{691} \cdot (\text{○. } 0 \ 4 \ 0 \ \text{父} \ \text{レ} \ \text{」} \ ? \ 1 - 2. \ 4 \ 7 \ 0) \ \text{父} \ \text{レ} \ \text{」} \ ? \ 1 = 34. \ 836$$

条件式 (8)

$$n_{691} \cdot (\text{○. } 0 \ 2 \ 0 \ \times \ \text{レ} \ \text{づ} \ \square \ 1 - 1. \ 0 \ 8 \ 0) \ \times \ \text{レ} \ \text{づ} \ \square \ 1 = 12.721$$

[0125] 図16 (ハ)、図16 (巳)、および図16 (○) はそれぞれ、第8実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠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、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] (第9実施例)

第9実施例について、図17～図18 および表9 を用いて説明する。図17は、本実施形態の第9実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第9実施例に係る光学系₃ (9) は、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○1と、負の屈折力を有する第2レンズ群○2と、正の屈折力を有する第3レンズ群○3とから構成されている。無限遠物体から近距離 (有限距離) 物体への合焦の際、第2レンズ群○2が光軸に沿って像側に移動する。開口絞り3は、第3レンズ群○3の物体側近傍に配設され、合焦の際、第1レンズ群G1および第3レンズ群G

- 3と同様に、像面Iに対して固定される。
- [0127] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、極めて弱い屈折力を有する保護ガラスHGと、両凸形状の正レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、両凹形状の負レンズL13と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の正レンズL11が物体側レンズに該当する。
- [0128] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL21と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL22および両凹形状の負レンズL23からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22が条件式(1)〜(3)等を満足する正レンズに該当する。
- [0129] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1部分群G31と、負の屈折力を有する第2部分群G32と、正の屈折力を有する第3部分群G33とを有している。第1部分群G31は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL31および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL32からなる接合レンズ、から構成される。第2部分群G32は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL33および両凹形状の負レンズL34からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL35と、から構成される。第3部分群G33は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL36と、両凸形状の正レンズL37および両凹形状の負レンズL38からなる接合レンズと、から構成される。第3レンズ群G3の第2部分群G33は、光軸と垂直な方向へ移動可能な防振レンズ群(部分群)を構成し、手ブレ等による結像位置の変位(像面I上の像ブレ)を補正する。第3レンズ群G3の像側に、像面Iが配置される。
- [0130] 以下の表9に、第9実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。
- [0131] (表9)
- [全体諸元]

f	392. 000
ド _M ○	2. 880
2 40	6. 240
V	21. 63
丁し	395. 808
巳ド	82. 991

[レンズ諸元]

面番号	R	0	n づ	v ㊦	0 9 ド
1	1200. 37020	5. 000	1. 51680	63. 88	0. 536
2	1199. 78950	1. 000			
3	240. 22360	17. 017	1. 43385	95. 25	0. 540
4	-729. 29990	45. 000			
5	160. 88120	18. 323	1. 43385	95. 25	0. 540
6	-400. 00000	2. 375			
7	-367. 69050	6. 000	1. 61266	44. 46	0. 564
8	428. 09960	94. 771			
9	69. 79560	4. 000	1. 79500	45. 31	0. 560
10	47. 51370	11. 999	1. 49782	82. 57	0. 539
11	1422. 36780	r ₁₁ (可変)			
12	-535. 33080	2. 500	1. 79500	45. 31	0. 560
13	77. 99670	4. 269			
14	-254. 93650	4. 500	1. 61155	31. 26	0. 618
15	-52. 91530	2. 500	1. 48749	70. 32	0. 529
16	239. 57030	r ₆ (可変)			
17	∞	5. 100			絞 r ₃)
18	102. 03190	6. 000	1. 75500	52. 33	0. 548
19	-79. 94970	1. 800	1. 80809	22. 74	0. 629
20	-555. 10010	4. 500			

21	216.25360	4.700	1.74971	24.66	0.627
22	-92.01210	1.800	1.59319	67.90	0.544
23	49.75230	3.446			
24	-226.07440	1.800	1.83481	42.73	0.565
25	106.00750	4.500			
26	105.90030	3.700	1.69680	55.52	0.543
27	-165.71400	0.100			
28	91.71790	4.000	1.72047	34.71	0.583
29	-129.60590	1.800	1.92119	23.96	0.620
30	366.08650	已ド			

[近距離撮影時可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	干=392.000	β=-0.173
γ ₁	13.810	29.010
γ ₆	36.508	21.308

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$\text{門づ} \square 1 + (\text{〇. 0 1 4 2 5 父レづ} \square \text{〇} = 2.057$$

条件式 (2), (2-1), (2-2)

$$\text{v づ} \square 1 = 31.26$$

条件式 (3)

$$6 \mathbf{g F 9}] + (\text{〇. 0 0 3 1 6} \times \text{パ} \square \mathbf{I}) = 0.7173$$

条件式 (4), (4-1), (4-2)

$$\text{門づ} \square 1 + (\text{〇. 0 0 7 8 7 父レづ} \square \text{〇} = 1.858$$

条件式 (5)

$$0 \ 9 \ 1 = 4.500$$

条件式 (6)

$$\mathbf{n d} ? 1 = 1.61155$$

条件式 (7)

$$n_{691} - (0.040 \text{ 父レ} ? 1 - 2.470) \text{ 父レ} ? 1 = 36.513$$

条件式 (8)

$$n_{691} - (0.020 \times \nu_{dP1} - 1.080) \text{ 父レ} ? 1 = 12.605$$

[0132] 図18は、第9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。各諸収差図より、第9実施例に係る光学系は、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。

[0133] 上記各実施例によれば、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次スペクトルが良好に補正された光学系を実現することができる。

[0134] ここで、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。

[0135] なお、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。

[0136] 合焦レンズ群とは、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ものとする。すなわち、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この合焦レンズ群は、オートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の(超音波モータ等を用いた)モータ駆動にも適している。

[0137] 本実施形態の光学系の第4、第7、第9実施例において、防振機能を有する構成のものを示したが、本願はこれに限られず、防振機能を有していない構成とすることもできる。また、防振機能を有していない他の実施例についても、防振機能を有する構成とすることができる。

[0138] 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。

[0139] 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 (G [3% |₁₁₁ レンズ) あるいはプラスチックレンズとしても良い。

[0140] 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。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

符号の説明

- | | | | | |
|--------|-----|----------|-----|----------|
| [0141] | 0 1 | 第 1 レンズ群 | 0 2 | 第 2 レンズ群 |
| | 0 3 | 第 3 レンズ群 | G 4 | 第 4 レンズ群 |
| | 0 5 | 第 5 レンズ群 | 0 6 | 第 6 レンズ群 |
| | | 像面 | 3 | 開口絞り |

請求の範囲

〔請求項₁〕 開口絞りと、前記開口絞りより物体側に配置された以下の条件式を満足する正レンズとを有する光学系。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (0.01425 \times \text{パ} \cdot \rho) < 2.12$$

$$1.8 \cdot 0 < v \cdot \rho < 3.5 \cdot 0$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (0.00316 \cdot \text{父} \cdot \rho \cdot \text{パ} \cdot \rho)$$

但し、 ρ : 前記正レンズの ρ 線に対する屈折率

v : 前記正レンズの ρ 線を基準とするアッベ数

ρ : 前記正レンズの部分分散比であり、前記正レンズの ρ 線に対する屈折率を ρ とし、前記正レンズの ρ 線に対する屈折率を ρ とし、前記正レンズの ρ 線に対する屈折率を ρ としたとき、次式で定義される

$$\rho = \frac{(n_{\rho} - n_F) \cdot \rho}{(n_F \cdot \rho - n_{\rho})}$$

〔請求項₂〕 前記正レンズは、以下の条件式を満足する請求項₁に記載の光学系

○

$$1.8 \cdot 3 < n \cdot d \cdot \rho + (0.00787 \cdot \text{父} \cdot \rho \cdot \text{パ} \cdot \rho)$$

〔請求項₃〕 前記正レンズは、以下の条件式を満足する請求項₁に記載の光学系

○

$$1.8 \cdot 0 < v \cdot \rho < 2.6 \cdot 5$$

$$1.8 \cdot 3 < n \cdot d \cdot \rho + (0.00787 \cdot \text{父} \cdot \rho \cdot \text{パ} \cdot \rho)$$

〔請求項₄〕 前記正レンズは、以下の条件式を満足する請求項₁に記載の光学系

○

$$2.5 \cdot 0 < \text{パ} \cdot \rho < 3.5 \cdot 0$$

$$1.8 \cdot 3 < n \cdot d \cdot \rho + (0.00787 \cdot \text{父} \cdot \rho \cdot \text{パ} \cdot \rho)$$

〔請求項₅〕 前記正レンズは、以下の条件式を満足する請求項₁～₄のいずれか項に記載の光学系。

$$0.1 > 0.8 \cdot 0$$

但し、 g : 前記正レンズの光軸上の厚さ [111111]

- [請求項6] 最も物体側に配置された物体側レンズを有し、
前記開口絞りが前記物体側レンズより像側に配置され、
前記物体側レンズより像側で、前記正レンズが前記開口絞りより物体側に配置される請求項1〜5のいずれか一項に記載の光学系。
- [請求項7] 前記正レンズは、ガラスレンズである請求項1〜6のいずれか一項に記載の光学系。
- [請求項8] 請求項1〜7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9] 開口絞りと、前記開口絞りより物体側に配置された以下の条件式を満足する正レンズとを有するように、
レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。

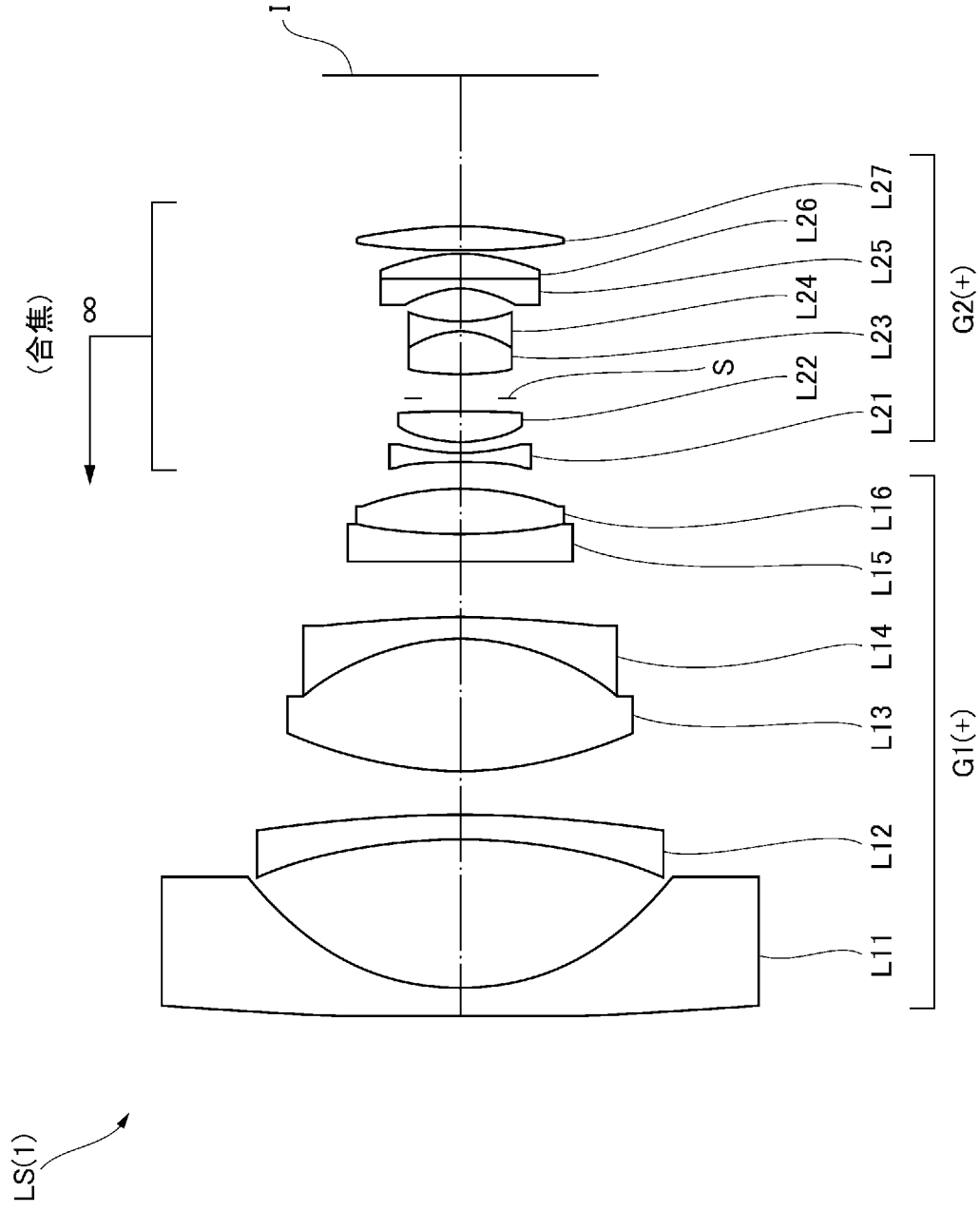
$$\theta \textcircled{P} 1 + (0.01425 \times \text{バ} \textcircled{P} 1) < 2.12$$

$$18.0 < \nu \textcircled{P} 1 < 35.0$$

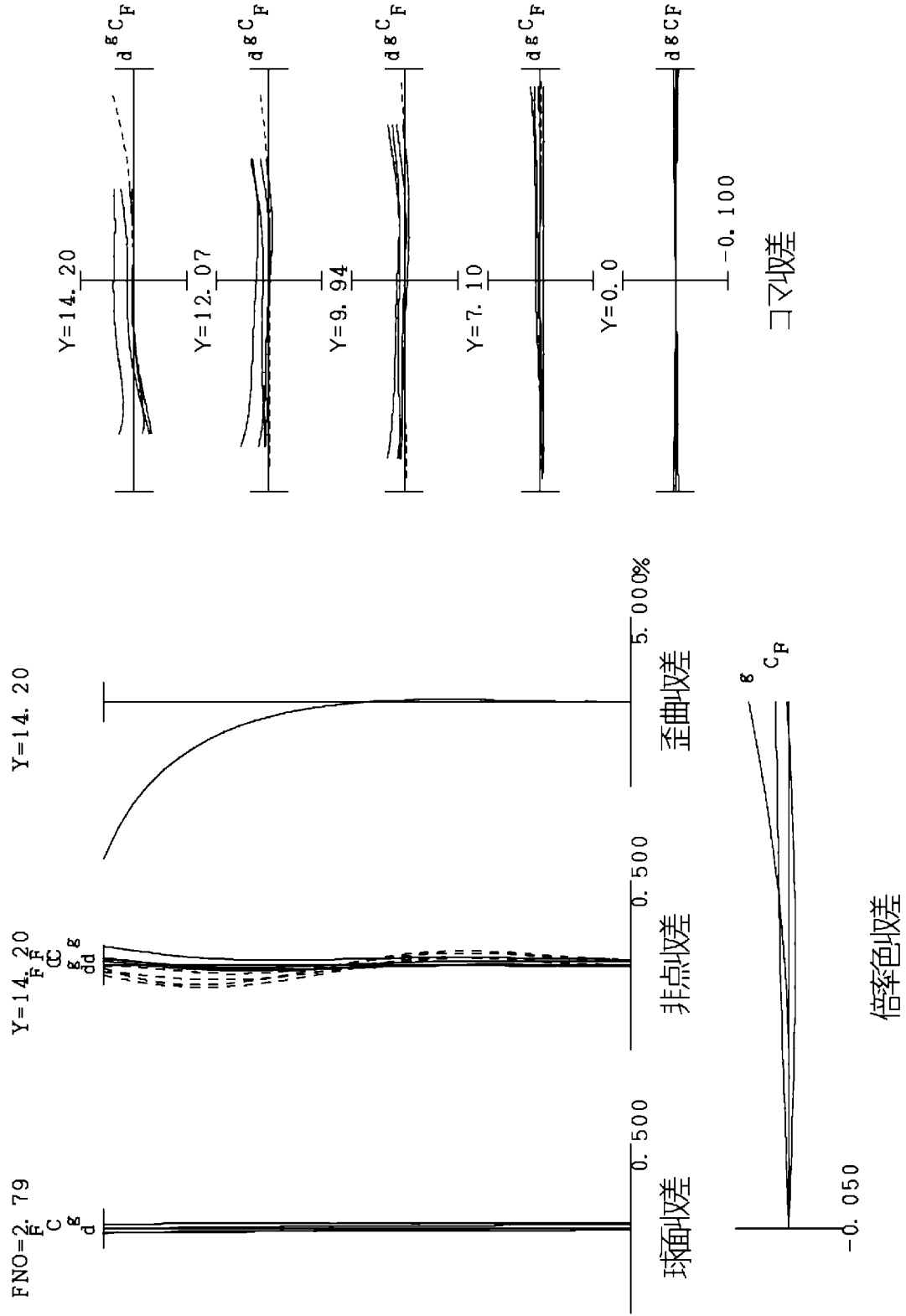
$$\textcircled{O} 702 < 0 \ominus \textcircled{D} \textcircled{P} 1 + (\textcircled{O} 00316 \text{父} \textcircled{P} \textcircled{O})$$
 但し、 $n_d \textcircled{P} 1$: 前記正レンズのd線に対する屈折率
 $\nu \textcircled{P} 1$: 前記正レンズの c_d 線を基準とするアッベ数
 $\theta_g \textcircled{D} \textcircled{P} 1$: 前記正レンズの部分分散比であり、前記正レンズの g 線に対する屈折率を $\theta_g \textcircled{P} 1$ とし、前記正レンズの D 線に対する屈折率を $\theta_D \textcircled{P} 1$ とし、前記正レンズの O 線に対する屈折率を $n \textcircled{O} \textcircled{P} 1$ としたとき、次式で定義される

$$\theta_g \textcircled{D} \textcircled{P} 1 = (n_g \textcircled{P} 1 - n_D \textcircled{P} 1) / (n_D \textcircled{P} 1 - n_C \textcircled{P} 1)$$

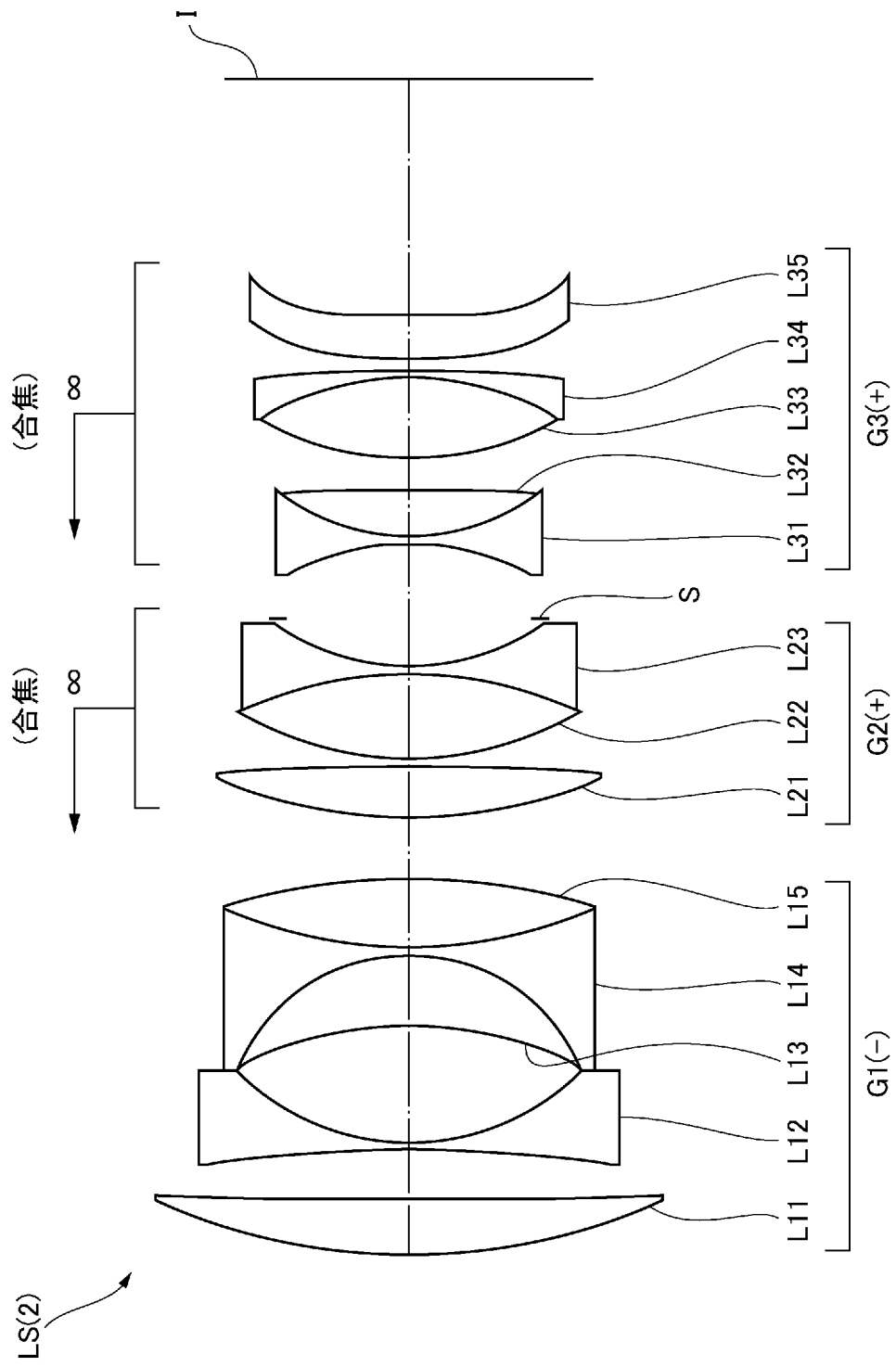
[図1]



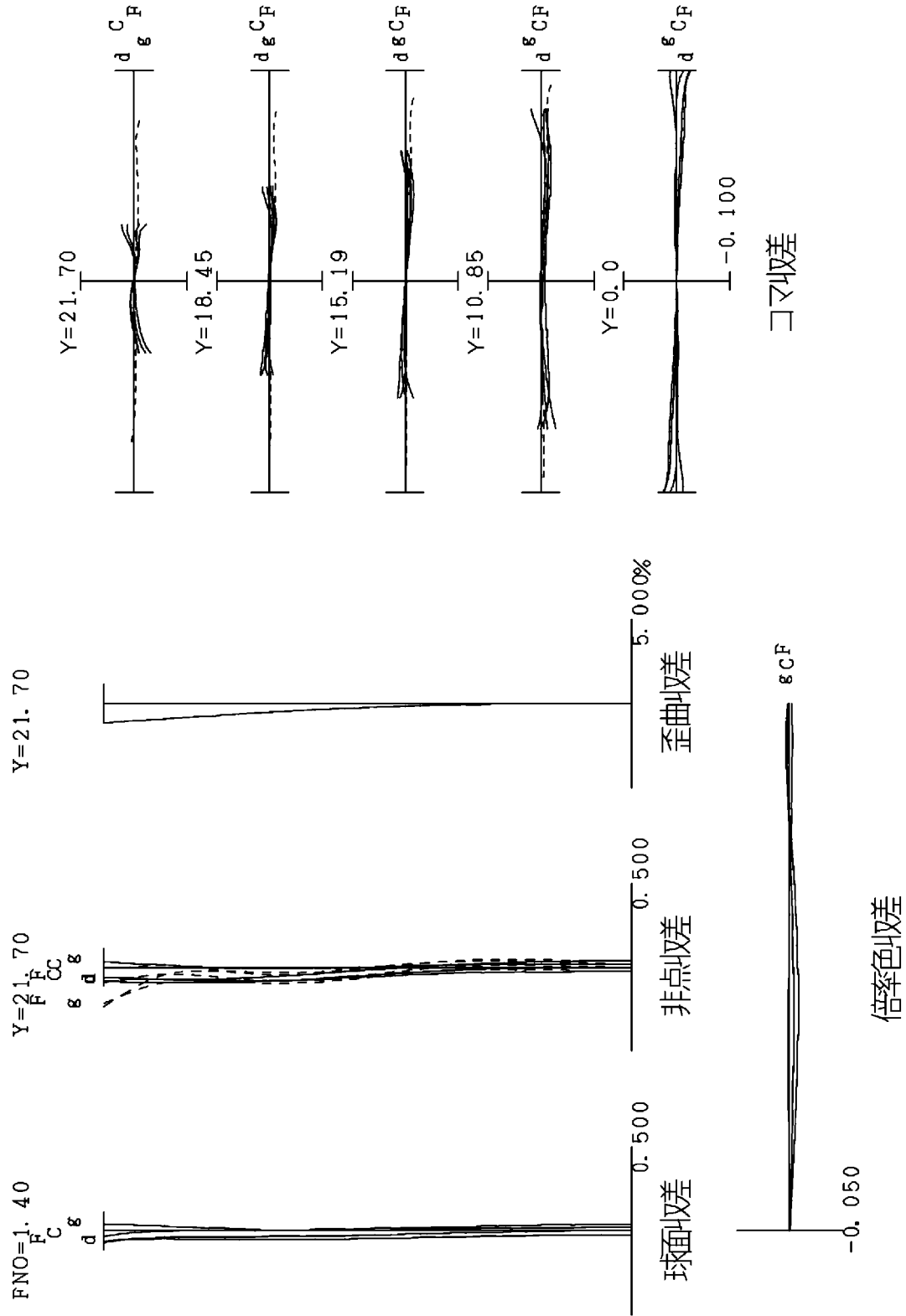
[図2]



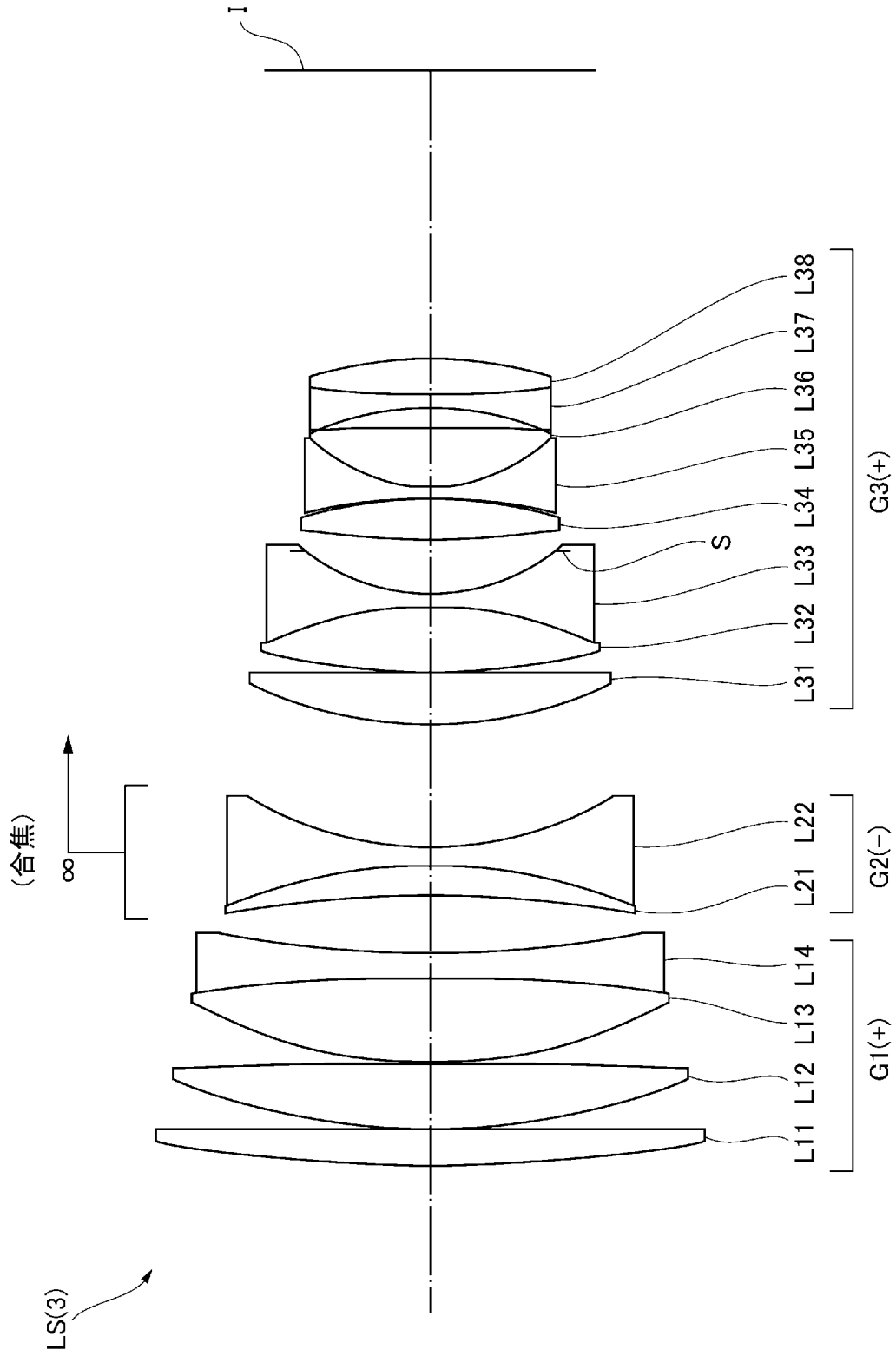
[図3]



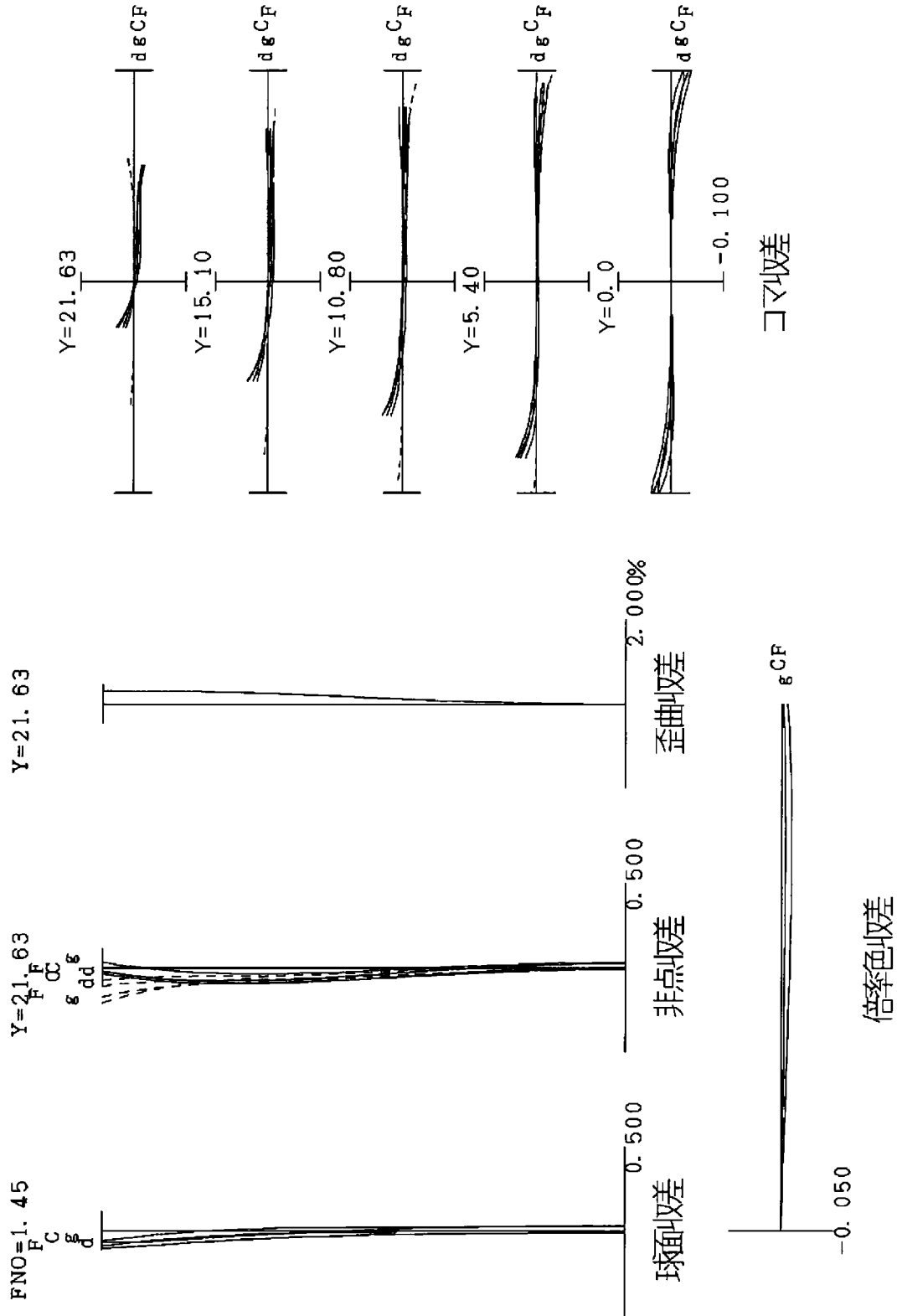
[図4]



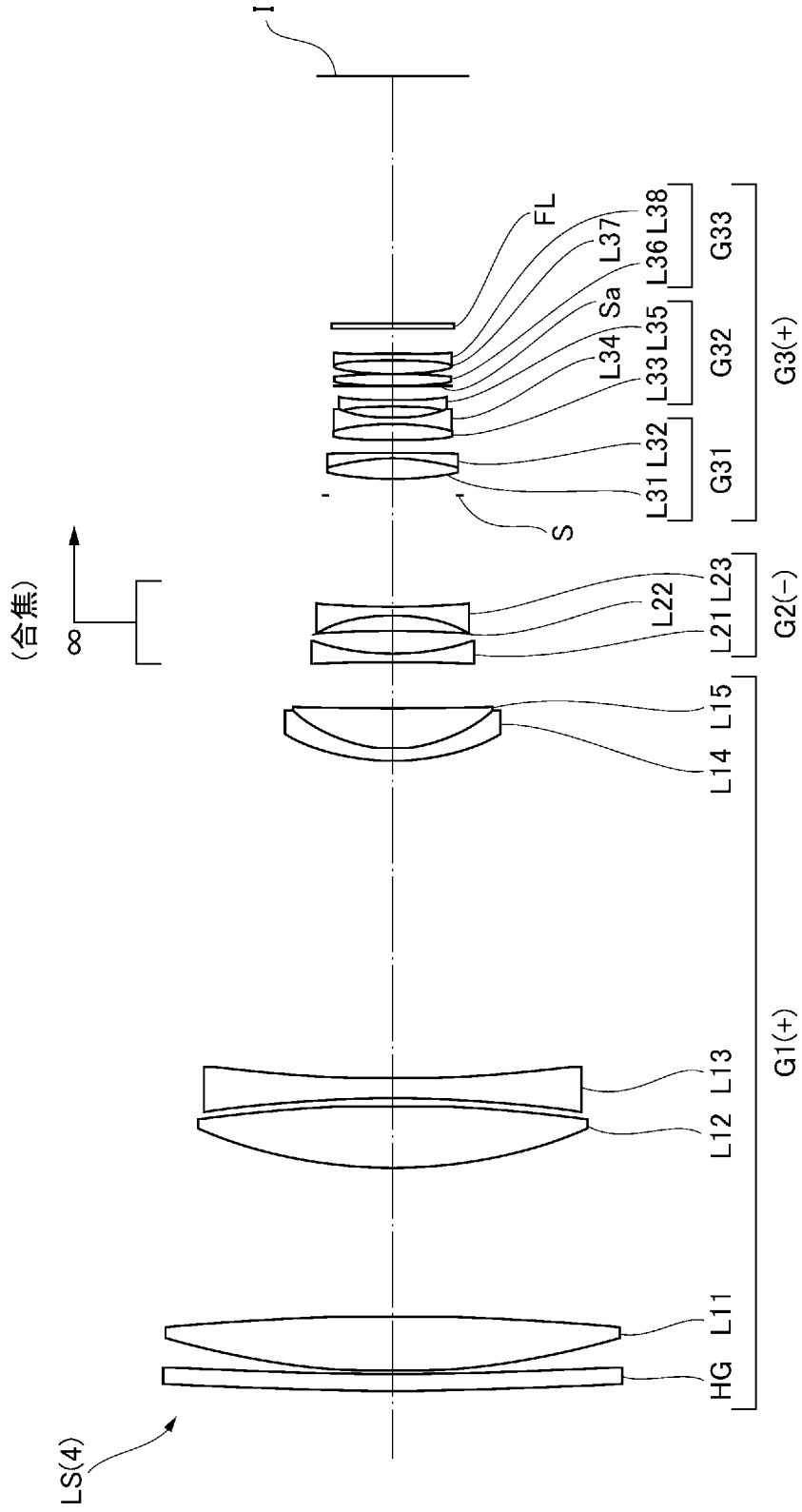
[図5]



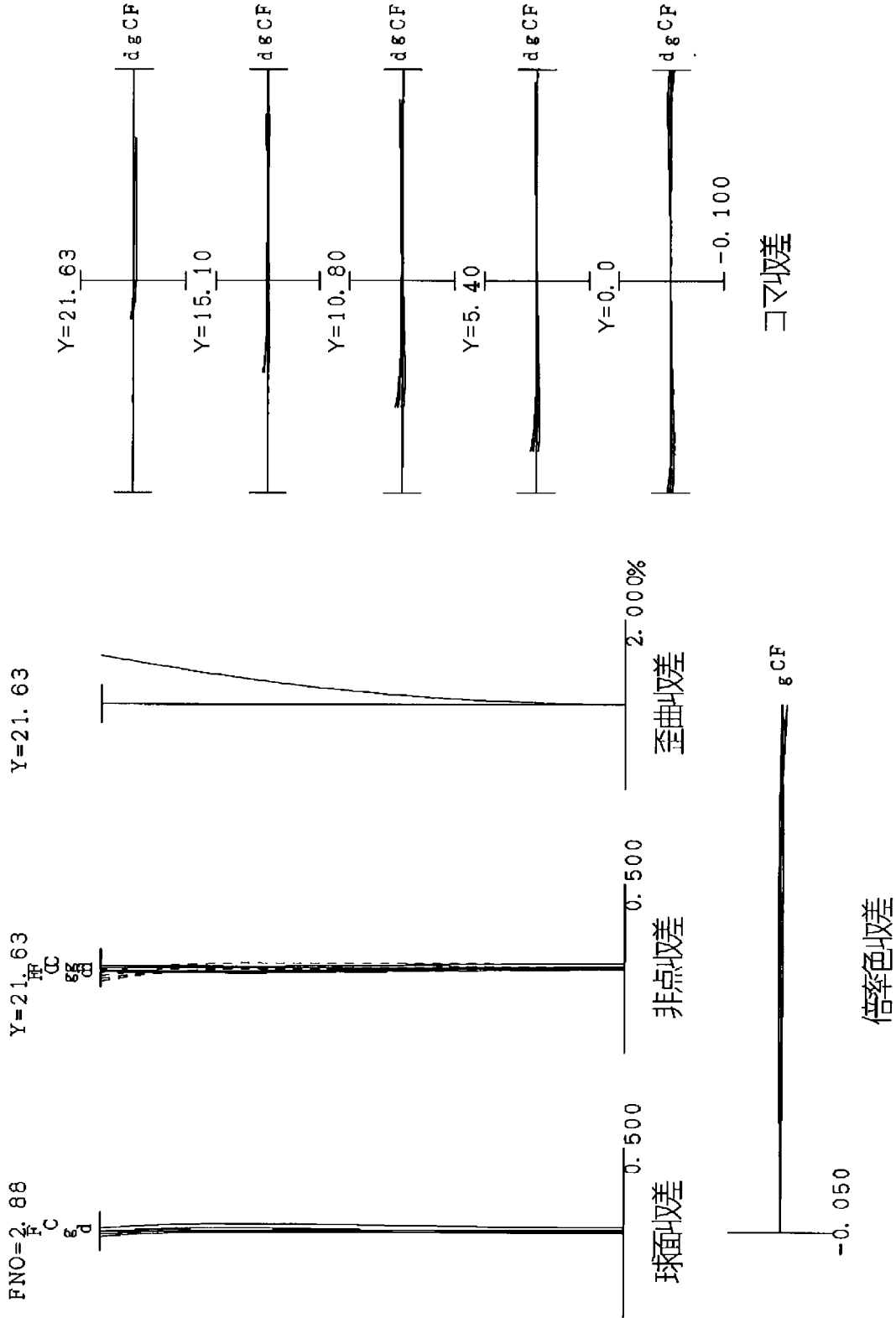
[図6]



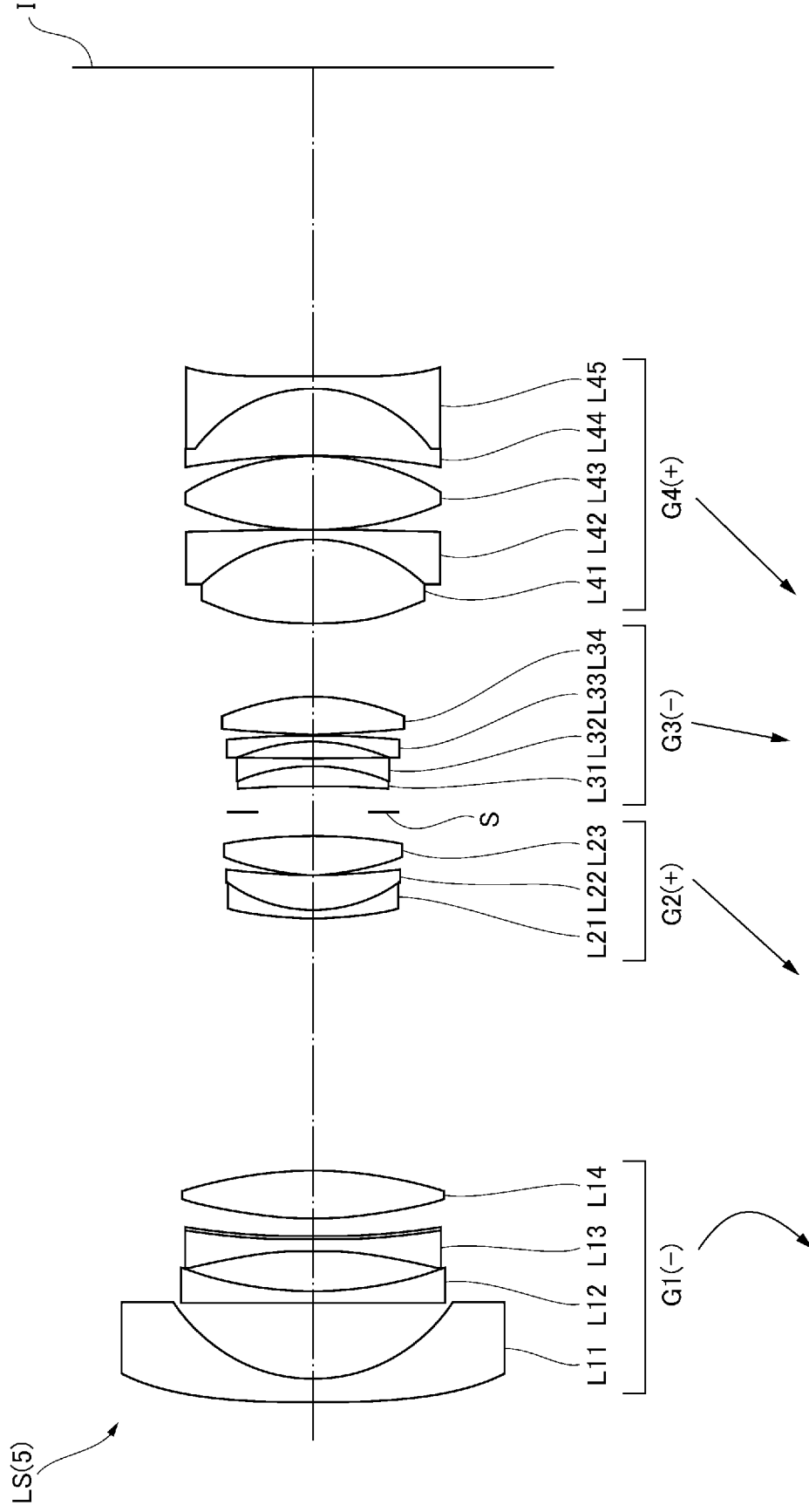
[図7]



[図8]

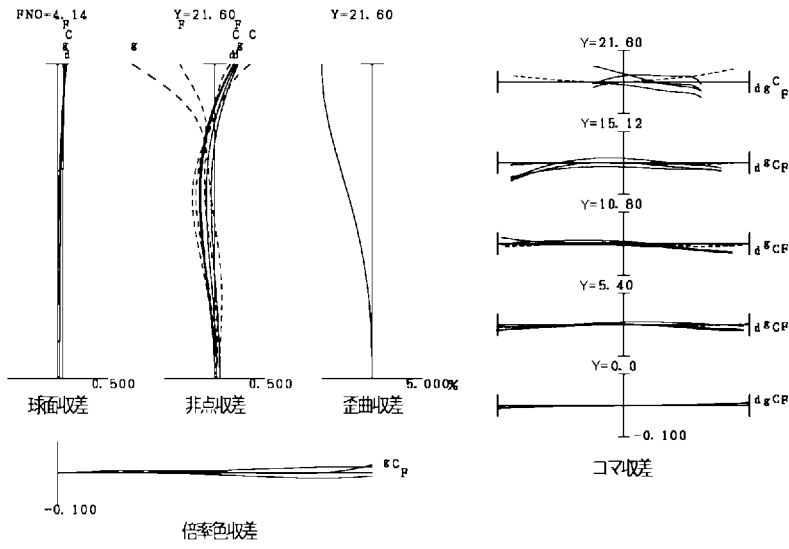


[9]

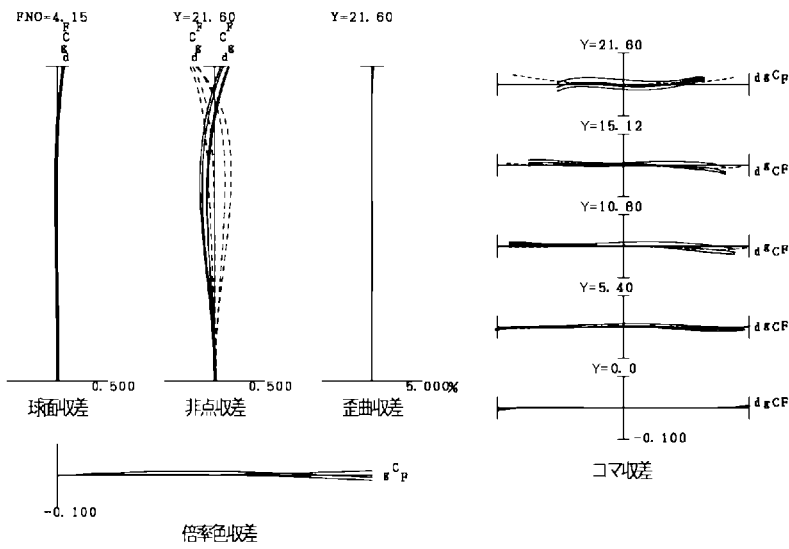


[図10]

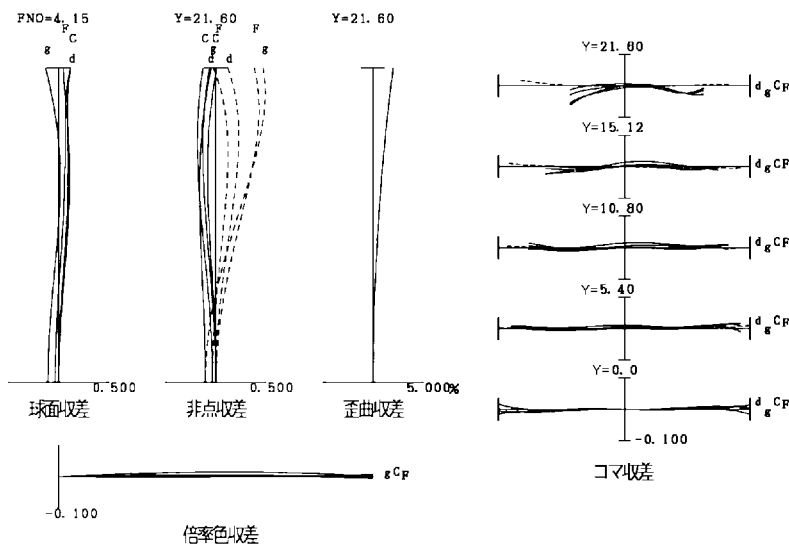
(A)



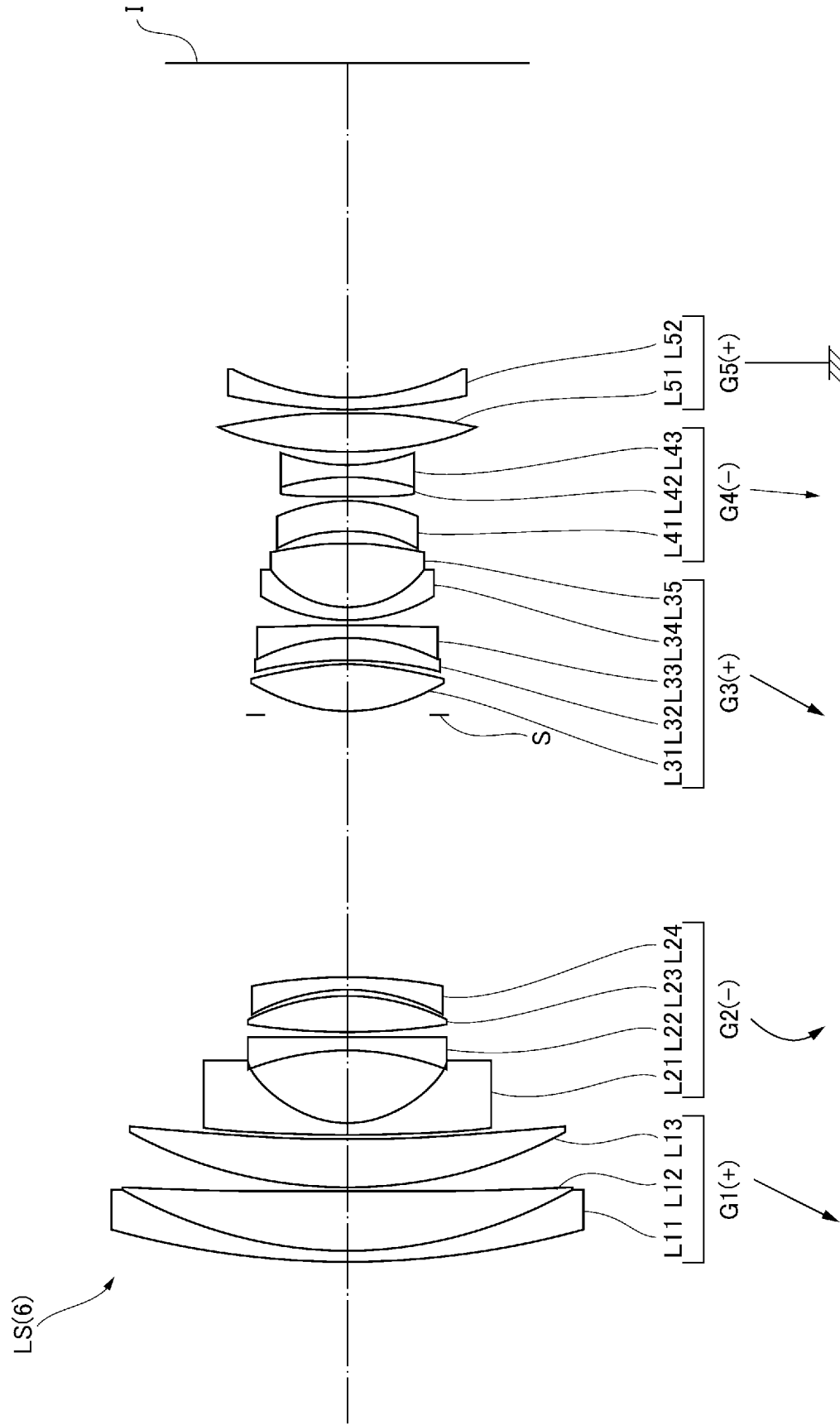
(B)



(C)

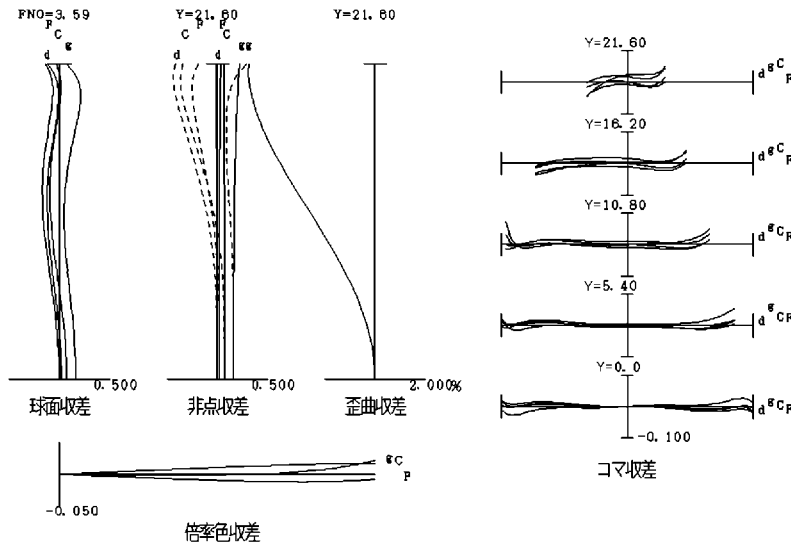


[図11]

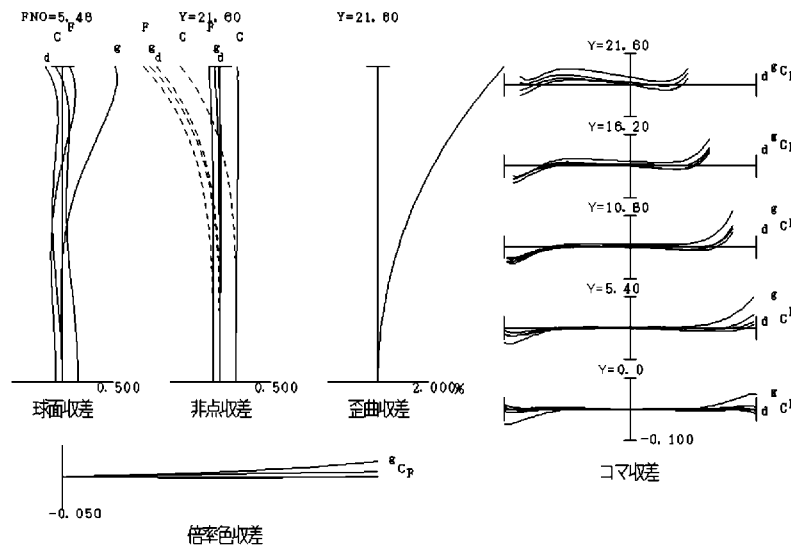


[図12]

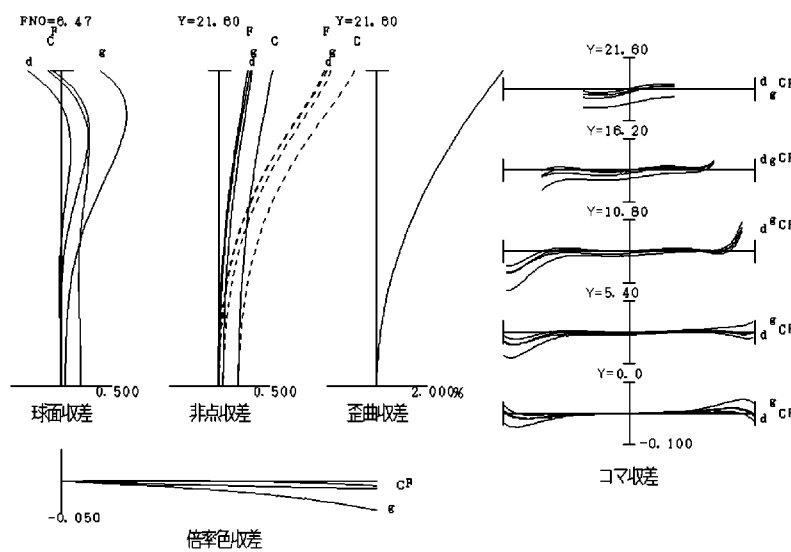
(A)



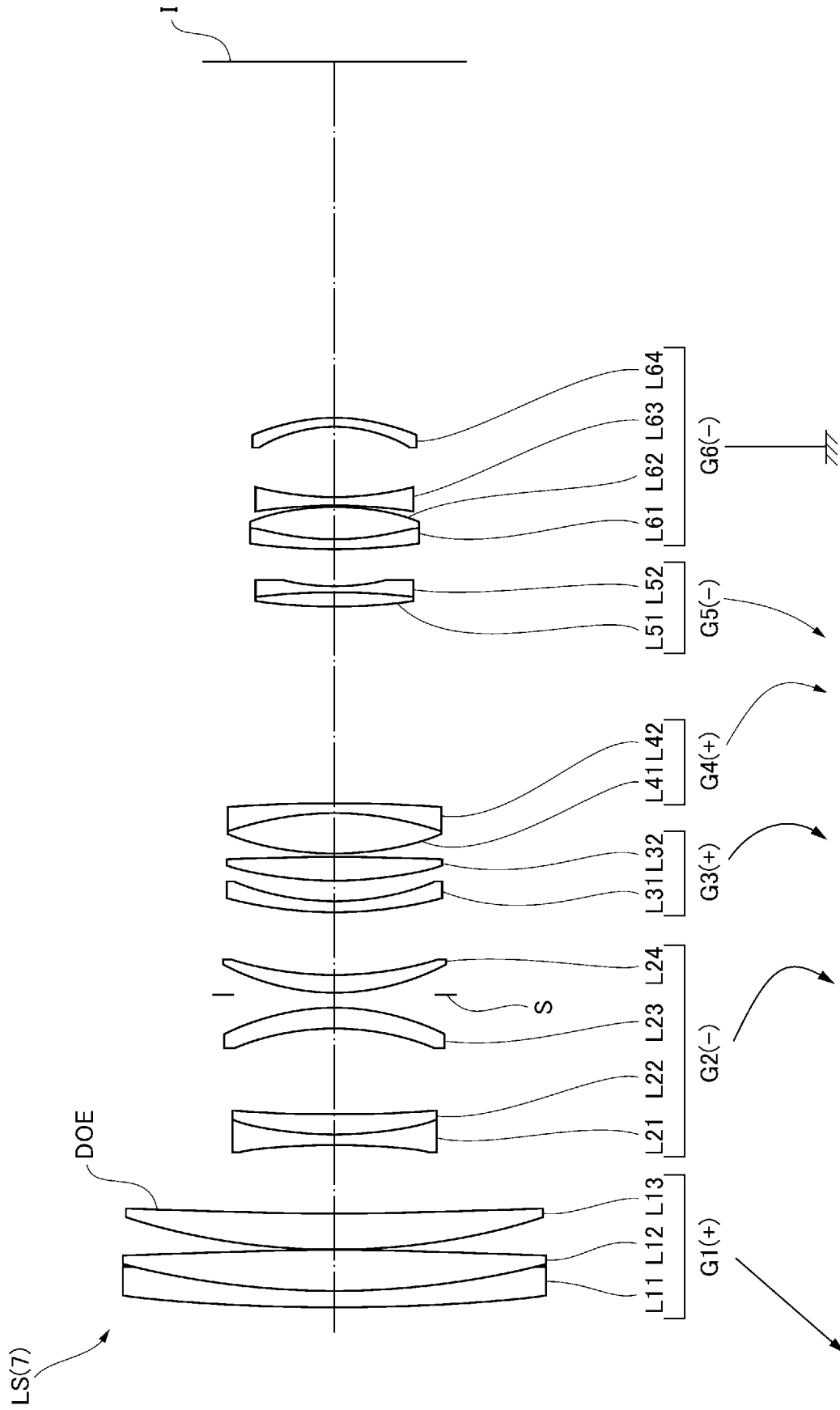
(B)



(C)

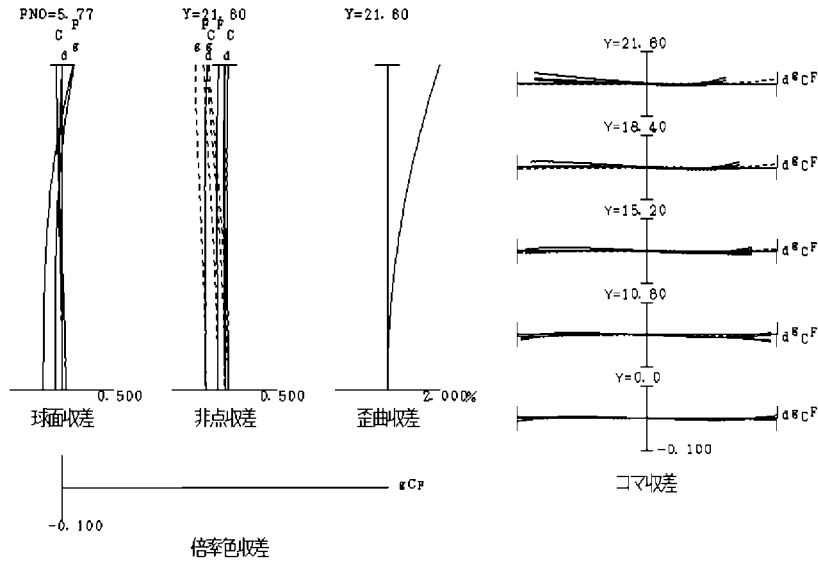


[13]

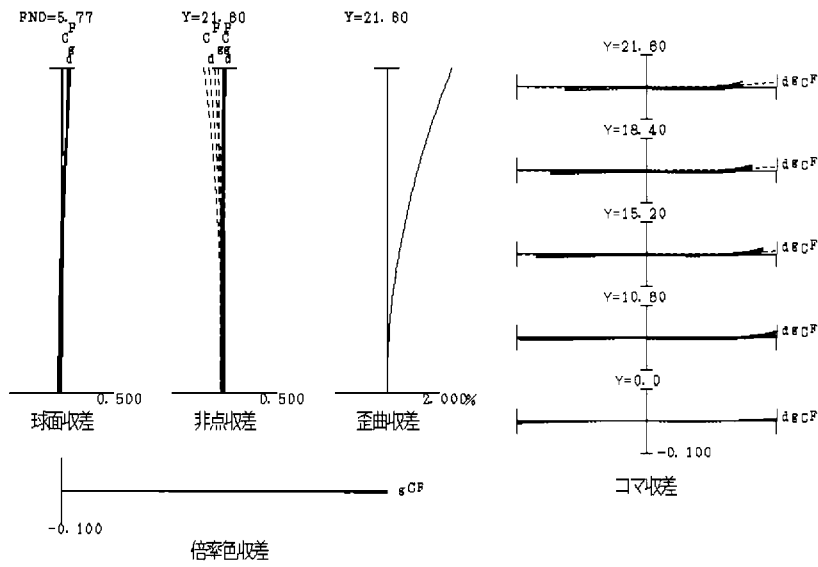


[図14]

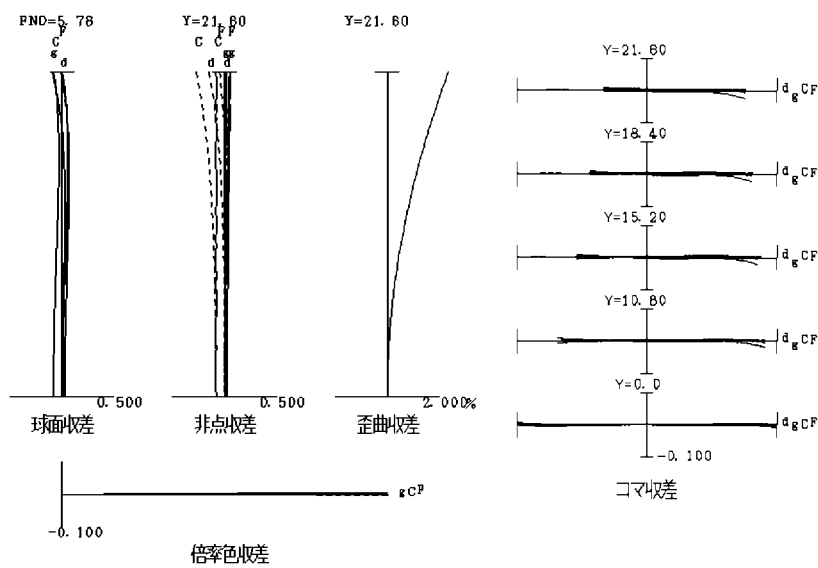
(A)



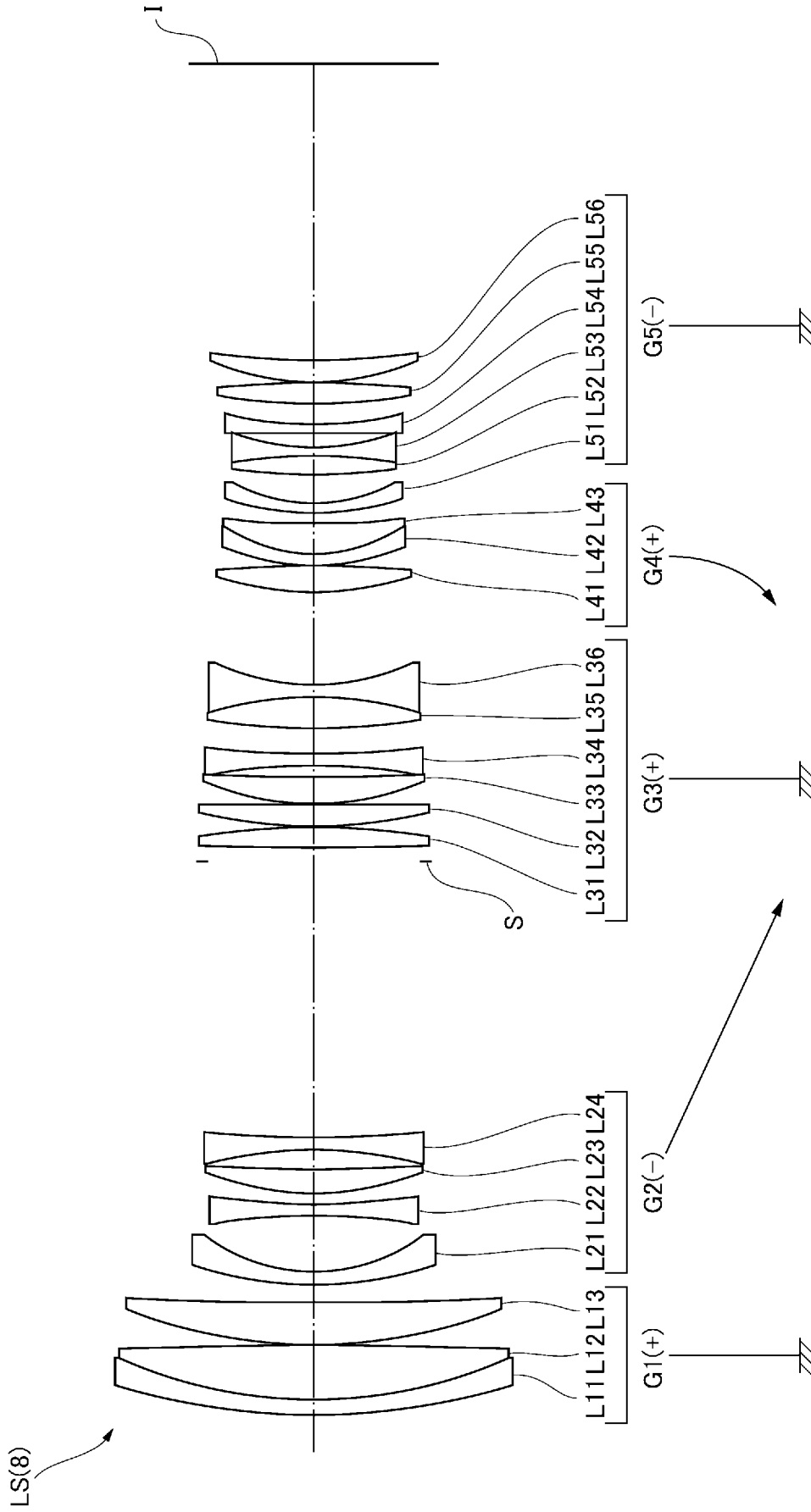
(B)



(C)

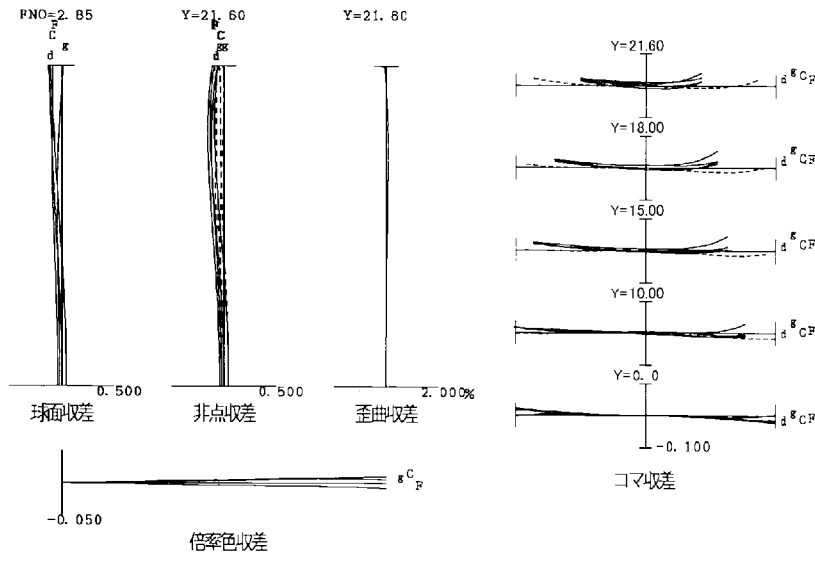


[図15]

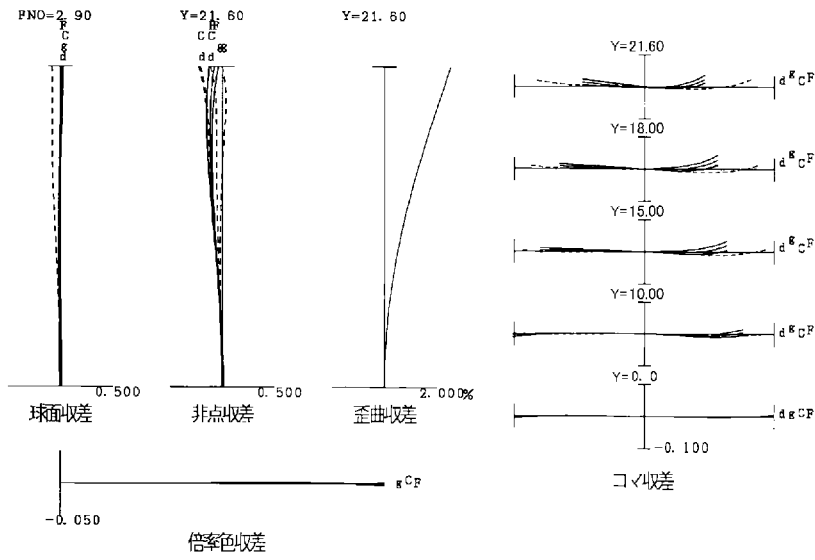


[図16]

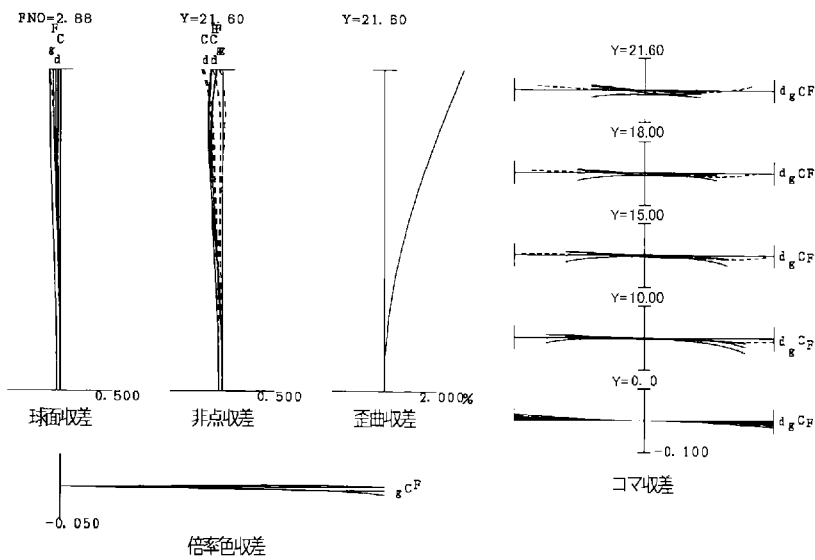
(A)



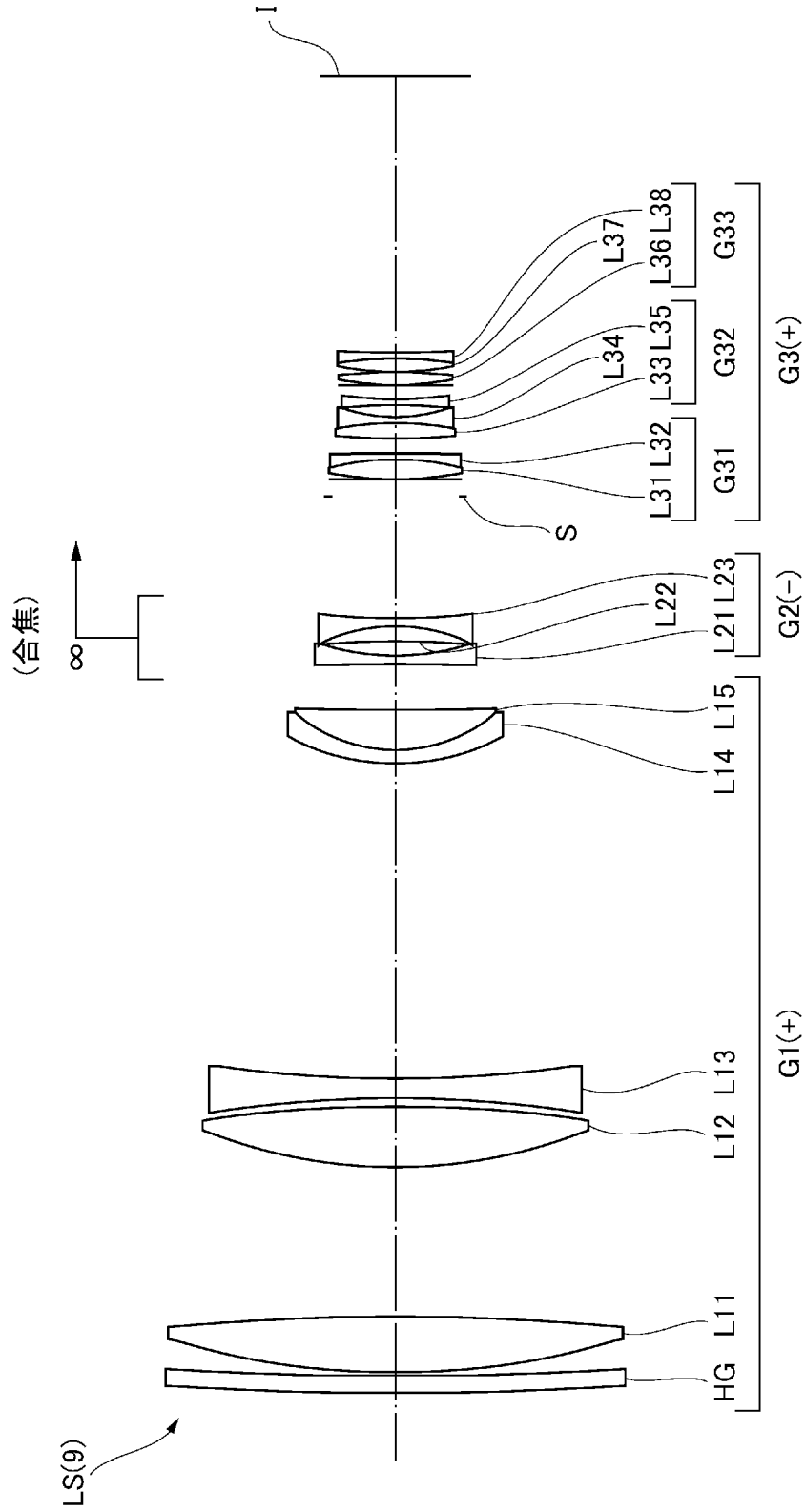
(B)



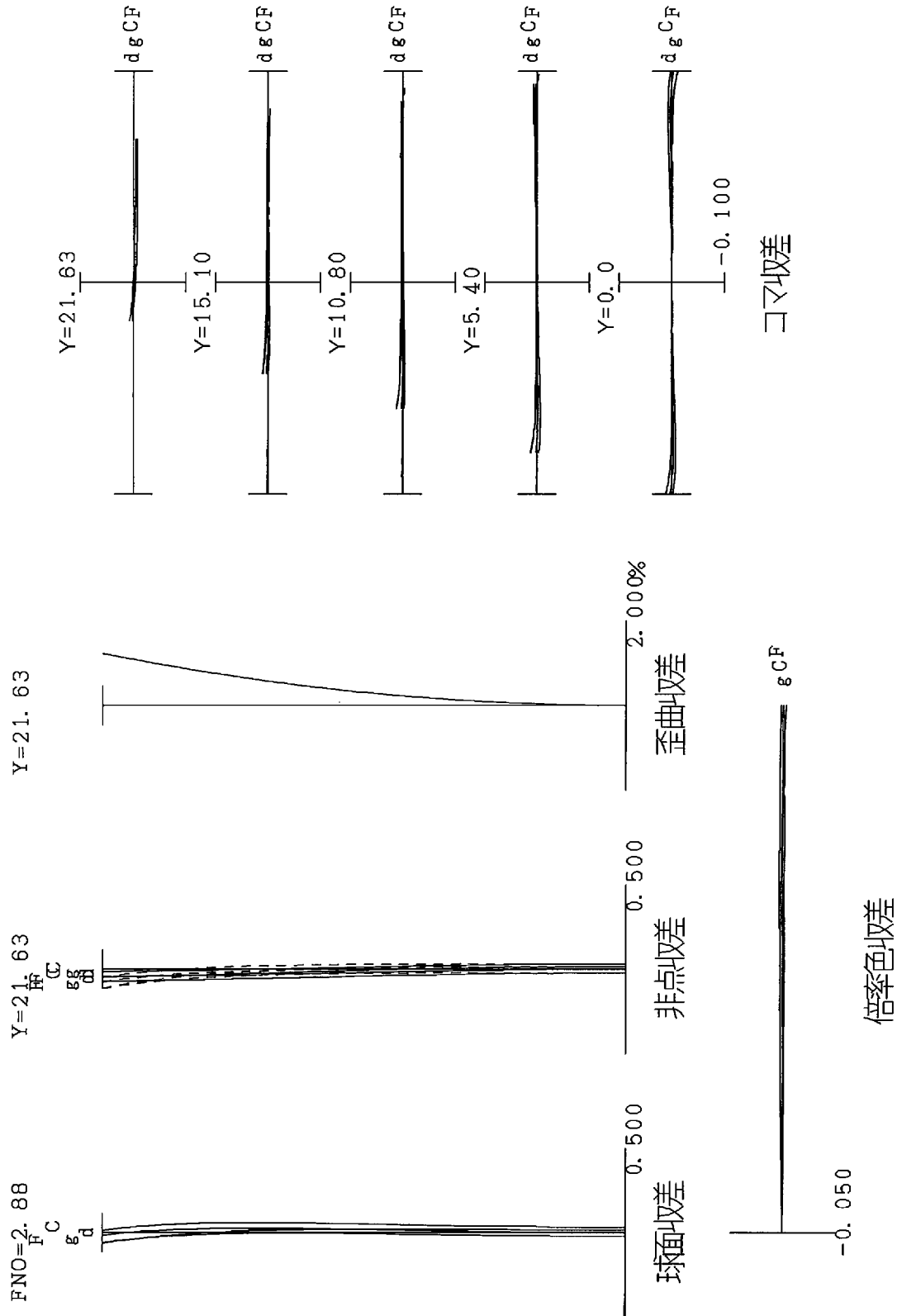
(C)



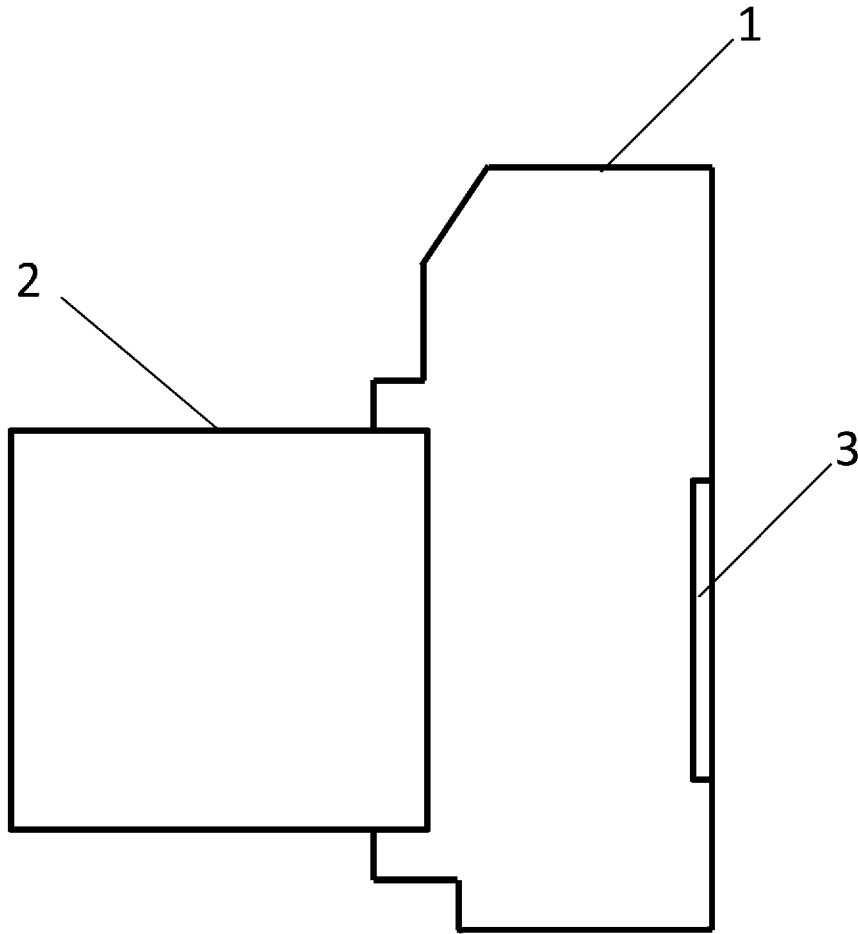
[図17]



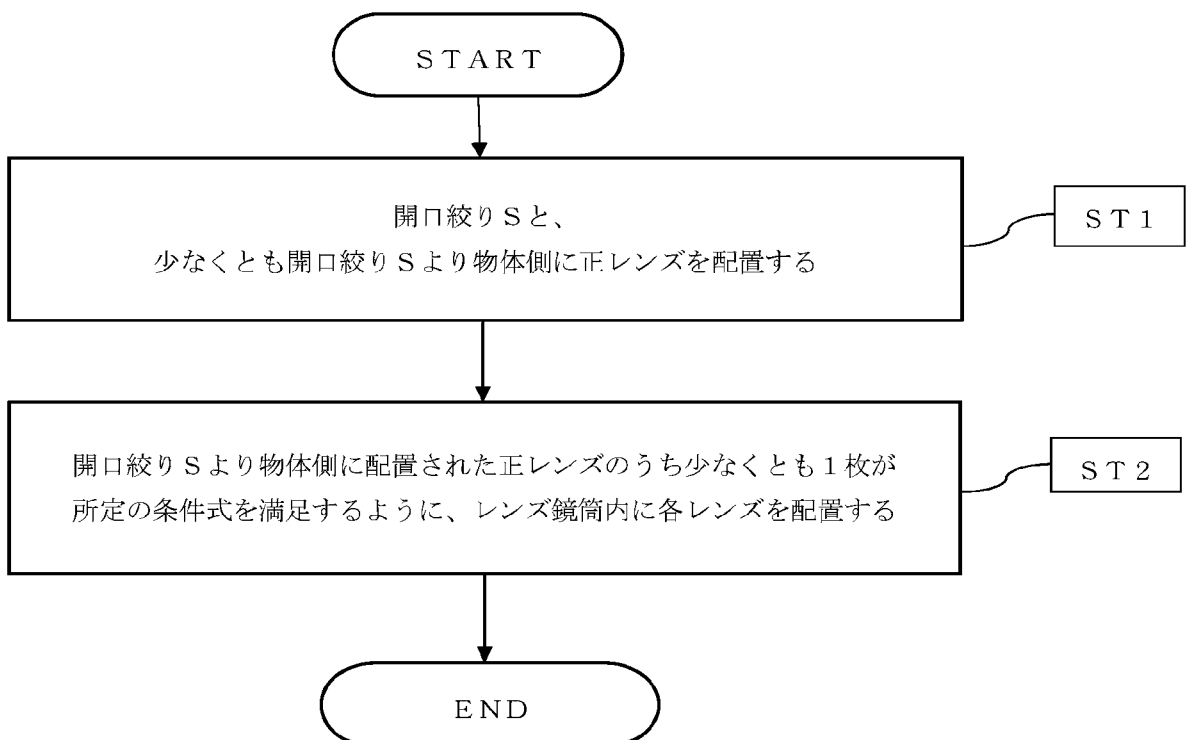
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B13/00 (2006.01) i, G02B13/02 (2006.01) i, G02B13/04 (2006.01) i, G02B15/20 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. 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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2007-25653 A (CANON INC.) 01 February 2007, numerical examples 2, 6, 7 & US 2006/0285227 A1, numerical examples 2, 6, 7 & US 7312935 B2 & JP 4956062 B2	1-2, 4-9 3
X A	JP 2006-349948 A (CANON INC.) 28 December 2006, numerical example 3 & US 2006/0285229 A1, numerical example 3 & US 7164544 B2 & JP 4776988 B2	1-3, 5-9 4

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08.03.2018

Date of mailing of the international search report
20.03.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045183

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-280724 A (OLYMPUS CORPORATION) 03 December 2009, examples 1-6 (Family: none)	1-9
X	JP 2017-190280 A (OHARA INC.) 19 October 2017, examples 1-27, particularly, example 17 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B13/00(2006.01)i, G02B13/02(2006.01)i, G02B13/04(2006.01)i, G02B15/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2007-25653 A (キヤノン株式会社) 2007.02.01, 数値実施例 2、 数値実施例 6-数値実施例 7 & US 2006/0285227 A1、Numerical Examples 2,6-7 & US 7312935 B2 & JP 4956062 B2	1-2, 4-9 3
X A	JP 2006-349948 A (キヤノン株式会社) 2006.12.28, 数値実施例 3 & US 2006/0285229 A1、Numerical Example 3 & US 7164544 B2 & JP 4776988 B2	1-3, 5-9 4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- | | |
|--|---|
| 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの | 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの |
| 「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 | 「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 |
| 「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) | 「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 |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | 「&」 同一パテントファミリー文献 |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | |

国際調査を完了した日

08.03.2018

国際調査報告の発送日

20.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2009-280724 A (オリンパス株式会社) 2009. 12. 03, 実施例 1-実施例 6 (ファミリーなし)	1-9
X	JP 2017-190280 A (株式会社オハラ) 2017. 10. 19, 実施例 1-実施例 27、特に、実施例 17 (ファミリーなし)	1-9