

(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11月24日(24.11.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/244840 A1

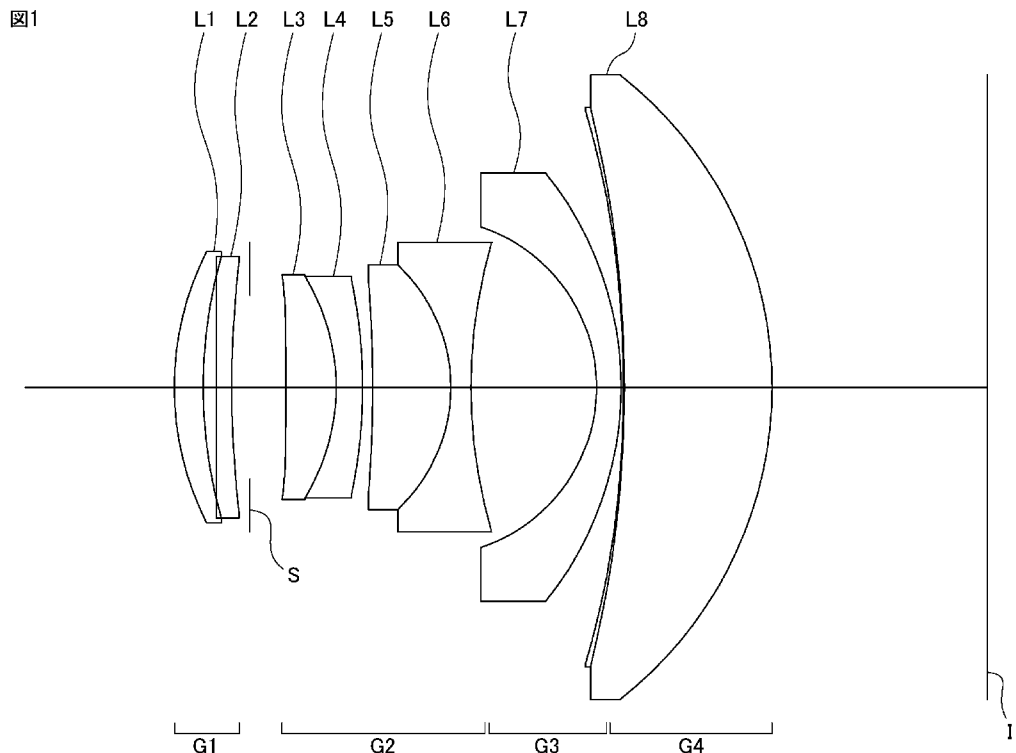
(51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/020820
(22) 国際出願日: 2022年5月19日(19.05.2022)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2021-085385 2021年5月20日(20.05.2021) JP
(71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 榎田 歩(MAKIDA, Ayumu); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 渡士 妙子(TOSHI, Taeko); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 伊藤 智希(ITO, Tomoki); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 古井田 啓吾(KOIDA, Keigo); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 吉田 三環子(YOSHIDA, Miwako); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目23

(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: Provided is an optical system that includes, in order from the object side, a first lens group, an aperture, and a rear group. The optical system is configured so that the rear group includes at least one cemented lens, and so as to satisfy all of the following conditional formulae. $0.35 < Bf/y < 0.70$, $1.35 < TL/y < 1.85$, provided that Bf is the air-equivalent-length back focus, and y is the maximum image height. Also, provided is an optical system that includes, in order from the object side, a first lens group, an aperture, and a rear group. The optical

番 1 号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特
許法律事務所 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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, 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))

system is configured: so as to have an air gap between the aperture and the lens, from among the lenses included in the first lens group, which is disposed closest to the image side; and so that the following conditional formula is satisfied. $1.35 < TL / y < 1.85$, provided that TL is the distance to the image surface from the lens surface which is closest to the object side when focusing to an infinity object, and y is the maximum image height.

(57) 要約: 物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系を、後群は1以上の接合レンズを有し、以下の条件式をすべて満足するように構成する。 $0.35 < Bf / y < 0.70$ $1.35 < TL / y < 1.85$ 但し、Bfは空気換算長でのバックフォーカスであり、yは最大像高である。また、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系を、第1レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りとの間に空気間隔を有し、以下の条件式を満足するように構成する。 $1.35 < TL / y < 1.85$ 但し、TLは無有限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離であり、yは最大像高である。

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] 本開示は、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、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等の光学機器に使用される光学系が提案されている（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-054078号公報

発明の概要

[0004] 本開示の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有し、後群は、1以上の接合レンズを有し、以下の条件式をすべて満足する。

$$0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

Bf：空気換算長でのバックフォーカス

y：最大像高

TL：無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

[0005] 本開示の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有し、第1レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りととの間に空気間隔を有し、以下の条件式を満足する。

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL：無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面

までの距離

y : 最大像高

[0006] 本開示の光学系の製造方法は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系の製造方法であって、後群は、1以上の接合レンズを有し、以下の条件式をすべて満足するように配置する。

$$0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

y : 最大像高

[0007] 本開示の光学系の製造方法は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系の製造方法であって、第1レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りとの間に空気間隔を有し、以下の条件式を満足するように配置する。

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

y : 最大像高

図面の簡単な説明

[0008] [図1]無限遠物体合焦時における第1実施例の光学系の断面図である。

[図2]無限遠物体合焦時における第1実施例の光学系の諸収差図である。

[図3]無限遠物体合焦時における第2実施例の光学系の断面図である。

[図4]無限遠物体合焦時における第2実施例の光学系の諸収差図である。

[図5]無限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の断面図である。

[図6]無限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の諸収差図である。

[図7]無限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の断面図である。

[図8]無限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の諸収差図である。

[図9]無限遠物体合焦時における第5実施例の光学系の断面図である。

[図10]無限遠物体合焦時における第5実施例の光学系の諸収差図である。

[図11]無限遠物体合焦時における第6実施例の光学系の断面図である。

[図12]無限遠物体合焦時における第6実施例の光学系の諸収差図である。

[図13]無限遠物体合焦時における第7実施例の光学系の断面図である。

[図14]無限遠物体合焦時における第7実施例の光学系の諸収差図である。

[図15]無限遠物体合焦時における第8実施例の光学系の断面図である。

[図16]無限遠物体合焦時における第8実施例の光学系の諸収差図である。

[図17]無限遠物体合焦時における第9実施例の光学系の断面図である。

[図18]無限遠物体合焦時における第9実施例の光学系の諸収差図である。

[図19]無限遠物体合焦時における第10実施例の光学系の断面図である。

[図20]無限遠物体合焦時における第10実施例の光学系の諸収差図である。

[図21]本実施形態の光学系を備えたカメラの模式図である。

[図22]本実施形態の光学系の第1の製造方法の概略を示すフローチャートである。

[図23]本実施形態の光学系の第2の製造方法の概略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

[0009] 以下、本願の実施形態の光学系、光学機器および光学系の製造方法について説明する。

[0010] 本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有し、後群は、1以上の接合レンズを有し、以下の条件式をすべて満足する。

$$(1) \quad 0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$(2) \quad 1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

y : 最大像高

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

- [0011] 本実施形態の光学系は、後群に接合レンズを有することにより、色収差を良好に補正し、ペッツバル和を適切な値に保つことができ、像面湾曲を良好に補正することができる。
- [0012] 条件式（１）は、バックフォーカスと最大像高との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（１）を満足することで、光学系と像面との間に必要なフィルタ類を配置しつつ、全体を小型化した場合に諸収差を良好に補正することができる。
- [0013] 本実施形態の光学系において条件式（１）の値が上限値を上回ると、バックフォーカスが大きくなり、全長短縮を試みると諸収差が発生する。
- [0014] 本実施形態の光学系では、条件式（１）の上限値を０．７０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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１）の上限値を０．６９、０．５５、さらに０．４９に設定することが好ましい。
- [0015] また、本実施形態の光学系において条件式（１）の値が下限値を下回ると、バックフォーカスが小さくなりすぎ、光学系と撮像素子との間に必要なフィルタ類を配置することができず、撮像素子から出力される画像信号の質が低下する。
- [0016] 本実施形態の光学系では、条件式（１）の下限値を０．３５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。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１）の下限値を０．３７、０．４０、さらに０．４４に設定することが好ましい。
- [0017] 条件式（２）は、光学全長と最大像高との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（２）を満足することで、光学系全体を小型化しつつ、シェーディングおよび諸収差の発生を抑制することができる。
- [0018] 本実施形態の光学系において条件式（２）の値が上限値を上回ると、光学系全長が長くなり、光学系が大型化する。

[0019] 本実施形態の光学系では、条件式（２）の上限値を１．８５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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を１．８４、１．７８、さらに１．７７に設定することが好ましい。

[0020] また、本実施形態の光学系において条件式（２）の値が下限値を下回ると、撮像素子への光線入射角が大きくなり、シェーディングおよび諸収差の発生を抑制することが困難となる。

[0021] 本実施形態の光学系では、条件式（２）の下限値を１．３５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。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を１．３８、１．４０、さらに１．４５に設定することが好ましい。

[0022] 条件式（１）、条件式（２）を同時に満足する光学系では、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの距離を適切に保つことができ、小型化しながらも諸収差を抑制することができる。

[0023] 本実施形態の光学系は、物体側から順に、第１レンズ群と、絞りと、後群とを有し、第１レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りとの間に空気間隔を有し、以下の条件式を満足する。

$$(2) \quad 1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

y : 最大像高

[0024] 本実施形態の光学系は、第１レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りとの間に空気間隔を有するため、絞りがレンズから独立しており、絞り径を可変として光学系を通過する光量を変更することができる。

[0025] 条件式（２）は、光学全長と最大像高との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（２）を満足することで、光学系全体を小型化し

つつ、シェーディングおよび諸収差の発生を抑制することができる。

[0026] 本実施形態の光学系において条件式(2)の値が上限値を上回ると、光学系全長が長くなり、光学系が大型化する。

[0027] 本実施形態の光学系では、条件式(2)の上限値を1.85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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の上限値を1.84、1.78、さらに1.77に設定することが好ましい。

[0028] また、本実施形態の光学系において条件式(2)の値が下限値を下回ると、撮像素子への光線入射角が大きくなり、シェーディングおよび諸収差が発生する。

[0029] 本実施形態の光学系では、条件式(2)の下限値を1.35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。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の下限値を1.38、1.40、さらに1.45に設定することが好ましい。

[0030] また、本実施形態の光学系では、前記後群は、物体側から順に、第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群、および第4レンズ群を有し、第3レンズ群は、最も物体側に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズを有し、第4レンズ群は、2つの正レンズからなるか、1つの正レンズおよび1つの負レンズからなるか、または1つの正レンズからなるかのいずれかであることが好ましい。

[0031] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、全長が短く良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

[0032] また、本実施形態の光学系では、第3レンズ群の最も物体側のレンズは、絞りより像面側に配置された物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズのうち最も物体側に配置される負メニスカスレンズであることが好ましい。

[0033] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

[0034] また、本実施形態の光学系では、以下の条件式を満足することが好ましい

。

$$(3) \quad 0.30 < |f_3 / f| < 1.60$$

但し、

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

f : 光学系全系の焦点距離

[0035] 条件式(3)は、第3レンズ群の焦点距離と光学系全系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式(3)を満足することで、サジタルコマ収差や像面湾曲を良好に補正しつつ、全長の短い光学系を実現することができる。

[0036] 本実施形態の光学系において条件式(3)の値が上限値を上回ると、第3群の屈折力が強くなりすぎ、サジタルコマ収差や像面湾曲を良好に補正することが困難となる。

[0037] 本実施形態の光学系では、条件式(3)の上限値を1.60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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(3)の上限値を1.30、さらに1.10に設定することが好ましい。

[0038] また、本実施形態の光学系において条件式(3)の値が下限値を下回ると、光学系の全長が長くなり、小型化が困難となる。また、射出瞳を適切な位置に配置することが困難となる。

[0039] 本実施形態の光学系では、条件式(3)の下限値を0.30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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(3)の下限値を0.45、さらに0.60に設定することが好ましい。

[0040] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(4) \quad 0.45 < f_4 / f < 1.70$$

但し、

f_4 : 第4レンズ群の焦点距離

f : 光学系全系の焦点距離

[0041] 条件式（４）は、第４レンズ群の焦点距離と光学系全系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（４）を満足することで、射出瞳を適切な位置に配置してシェーディングの発生を抑制しつつ、全長の短い光学系を実現することができる。

[0042] 本実施形態の光学系において条件式（４）の値が上限値を上回ると、射出瞳の位置が像面に近くなりすぎ、撮像素子でシェーディングが発生する。また、ペッツバル和を適切な値に保つことが困難となる。

[0043] 本実施形態の光学系では、条件式（４）の上限値を１．７０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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（４）の上限値を１．６８、１．５０、さらに１．３１に設定することが好ましい。

[0044] また、本実施形態の光学系において条件式（４）の値が下限値を下回ると、光学系の全長が長くなり、小型化が困難となる。

[0045] 本実施形態の光学系では、条件式（４）の下限値を０．４５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（４）の下限値を０．６５、さらに０．８１に設定することが好ましい。

[0046] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(5) \quad 0.25 < |f_3 / f_4| < 2.00$$

但し、

f_3 : 第３レンズ群の焦点距離

f_4 : 第４レンズ群の焦点距離

[0047] 条件式（５）は、第３レンズ群の焦点距離と第４レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（５）を満足することで、像面湾曲およびコマ収差を良好に補正することができる。

[0048] 本実施形態の光学系において条件式（５）の値が上限値を上回ると、第４群の屈折力が強くなり、像面湾曲およびコマ収差を良好に補正することが困難となる。

[0049] 本実施形態の光学系では、条件式（５）の上限値を２．００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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（５）の上限値を１．５０、さらに０．９５に設定することが好ましい。

[0050] また、本実施形態の光学系において条件式（５）の値が下限値を下回ると、第３群の屈折力が強くなり、像面湾曲およびコマ収差を良好に補正することが困難となる。

[0051] 本実施形態の光学系では、条件式（５）の下限値を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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（５）の下限値を０．２９、０．３５、さらに０．５７に設定することが好ましい。

[0052] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(6) \quad 0.50 < \Sigma D / TL < 0.97$$

但し、

ΣD : 最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの距離

[0053] 条件式（６）は、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの距離と光学系全長との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（６）を満足することで、光学系の像面側へのフィルタ類の配置が容易となり、かつ、諸収差の補正に必要なレンズを適切に配置することができる。

[0054] 本実施形態の光学系において条件式（６）の値が上限値を上回ると、バックフォーカスが短くなり、光学系の像面側へのフィルタ類の配置が困難となる。

[0055] 本実施形態の光学系では、条件式（６）の上限値を０．９７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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（６）の上限値を０．９６、０．８５、さらに０．７５に設定することが好ましい。

[0056] また、本実施形態の光学系において条件式（６）の値が下限値を下回ると

、諸収差の補正に必要なレンズを適切に配置することが困難となる。

[0057] 本実施形態の光学系では、条件式（６）の下限値を０．５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（６）の下限値を０．５３、０．６０、さらに０．６７に設定することが好ましい。

[0058] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(7) \quad 0.050 < \Sigma D1 / TL < 0.170$$

但し、

$\Sigma D1$: 最も物体側のレンズ面から絞りまでの距離

[0059] 条件式（７）は、最も物体側のレンズ面から絞りまでの距離と光学系全長との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（７）を満足することで、射出瞳を適切な位置に配置してシェーディングの発生を抑制しつつ、光学系全系で球面収差を良好に補正することができる。

[0060] 本実施形態の光学系において条件式（７）の値が上限値を上回ると、射出瞳の位置が像面に近くなりすぎ、撮像素子でのシェーディングの発生を抑制することが困難となる。

[0061] 本実施形態の光学系では、条件式（７）の上限値を０．１７０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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の上限値を０．１６０、０．１５０、さらに０．１３０に設定することが好ましい。

[0062] また、本実施形態の光学系において条件式（７）の値が下限値を下回ると、第１レンズ群で十分に収差を補正することができず、光学系全系で球面収差を良好に補正することが困難となる。

[0063] 本実施形態の光学系では、条件式（７）の下限値を０．０５０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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の下限値を０．０５５、さらに０．０６０に設定することが好ましい。

[0064] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(8) \quad 0.75 < TL/f < 1.60$$

但し、

f : 光学系全系の焦点距離

[0065] 条件式(8)は、光学系全系の焦点距離と光学系全長との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式(8)を満足することで、全長を短くしつつ、諸収差を補正するためにレンズを適切に配置することができる。

[0066] 本実施形態の光学系において条件式(8)の値が上限値を上回ると、光学系の全長が長くなる。また、全長に対して焦点距離が短くなり、各群の屈折力が強くなるため、コマ収差および球面収差を良好に補正することが困難となる。

[0067] 本実施形態の光学系では、条件式(8)の上限値を1.60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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(8)の上限値を1.50、さらに1.43に設定することが好ましい。

[0068] また、本実施形態の光学系において条件式(8)の値が下限値を下回ると、光学系の全長が短くなり、諸収差を補正するためのレンズの適切な配置が困難となる。また、射出瞳の位置が像面に近くなり、撮像素子でシェーディングの発生を抑制することが困難となる。

[0069] 本実施形態の光学系では、条件式(8)の下限値を0.75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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(8)の下限値を0.90、さらに1.00に設定することが好ましい。

[0070] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(9) \quad 0.62 < TL_s/TL < 1.00$$

但し、

TL_s : 絞りから像面までの距離

[0071] 条件式(9)は、絞りから像面までの距離と光学系全長との比を規定する

ものである。本実施形態の光学系は、条件式（９）を満足することで、球面収差を良好に補正しつつ、射出瞳を適切な位置に配置してシェーディングの発生を抑制することができる。

[0072] 本実施形態の光学系において条件式（９）の値が上限値を上回ると、第１レンズ群で十分に収差を補正することができず、光学系全系での球面収差を良好に補正することが困難となる。

[0073] 本実施形態の光学系では、条件式（９）の上限値を１．００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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（９）の上限値を０．９５、さらに０．９４に設定することが好ましい。

[0074] また、本実施形態の光学系において条件式（９）の値が下限値を下回ると、射出瞳の位置が像面に近くなり、撮像素子でのシェーディングの発生を抑制することが困難となる。

[0075] 本実施形態の光学系では、条件式（９）の下限値を０．６２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。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（９）の下限値を０．７５、さらに０．８７に設定することが好ましい。

[0076] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(10) \quad 0.70 < f1/f < 5.00$$

但し、

$f1$: 第１レンズ群の焦点距離

f : 光学系全系の焦点距離

[0077] 条件式（１０）は、第１レンズ群の焦点距離と光学系全系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（１０）を満足することで、全長を短くしつつ、球面収差などの軸上収差を良好に補正することができる。

[0078] 本実施形態の光学系において条件式（１０）の値が上限値を上回ると、光学系の全長が長くなる。

[0079] 本実施形態の光学系では、条件式（１０）の上限値を５．００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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１０）の上限値を３．５０、さらに２．８０に設定することが好ましい。

[0080] また、本実施形態の光学系において条件式（１０）の値が下限値を下回ると、第１群で球面収差などの軸上収差を良好に補正することが困難となる。

[0081] 本実施形態の光学系では、条件式（１０）の下限値を０．７０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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１０）の下限値を０．８０、さらに０．９０に設定することが好ましい。

[0082] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(11) \quad 0.30 < f_2 / f < 2.00$$

但し、

f_2 : 第２レンズ群の焦点距離

f : 光学系全系の焦点距離

[0083] 条件式（１１）は、第２レンズ群の焦点距離と光学系全系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（１１）を満足することで、像面湾曲を良好に補正しつつ、コマ収差が色ごとにばらつかないように良好に補正することができる。

[0084] 本実施形態の光学系において条件式（１１）の値が上限値を上回ると、ペッツバール和を適切な値に保つことができず、像面湾曲を良好に補正することが困難となる。

[0085] 本実施形態の光学系では、条件式（１１）の上限値を２．００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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１１）の上限値を１．７０、さらに１．４０に設定することが好ましい。

[0086] また、本実施形態の光学系において条件式（１１）の値が下限値を下回ると、色ごとのコマ収差にばらつかないように抑制することが困難となる。

[0087] 本実施形態の光学系では、条件式（１１）の下限値を０．３０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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１１）の下限値を０．４５、さらに０．６０に設定することが好ましい。

[0088] また、本実施形態の光学系では、第１レンズ群は１枚または２枚のレンズを有することが好ましい。

[0089] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、全長の短い光学系を実現することができる。また、射出瞳を適切な位置に配置してシェーディングの発生を抑制することができる。

[0090] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(12) \quad 0.01 < D1/TL < 0.15$$

但し、

$D1$: 第１レンズ群の最も物体側のレンズ面から第１レンズ群の最も像面側のレンズ面までの距離

[0091] 条件式（１２）は、第１レンズ群の最も物体側のレンズ面から第１レンズ群の最も像面側のレンズ面までの距離と光学系全長との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（１２）を満足することで、全長を短くしつつ、球面収差を良好に補正することができる。

[0092] 本実施形態の光学系において条件式（１２）の値が上限値を上回ると、光学系の全長が長くなる。また、射出瞳の位置が像面に近くなり、撮像素子のシェーディングの発生を抑制することが困難となる。

[0093] 本実施形態の光学系では、条件式（１２）の上限値を０．１５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１２）の上限値を０．１３、さらに０．１０に設定することが好ましい。

[0094] また、本実施形態の光学系において条件式（１２）の値が下限値を下回ると、球面収差を良好に補正することが困難となる。

[0095] 本実施形態の光学系では、条件式（１２）の下限値を０．０１に設定する

ことで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１２）の下限値を０．０１５、さらに０．０２に設定することが好ましい。

[0096] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(13) \quad 1.50 < s3 < 7.00$$

但し、

$s3$: 第３レンズ群の最も物体側のレンズのシェイプファクター

[0097] 条件式（１３）は、第３レンズ群の最も物体側のレンズのシェイプファクターを規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（１３）を満足することで、非点収差を良好に補正しつつ、射出瞳を適切な位置に配置してシェーディングの発生を抑制することができる。

[0098] 本実施形態の光学系において条件式（１３）の値が上限値を上回ると、非点収差を良好に補正することが困難となる。

[0099] 本実施形態の光学系では、条件式（１３）の上限値を７．００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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１３）の上限値を６．５０、さらに５．９０に設定することが好ましい。

[0100] また、本実施形態の光学系において条件式（１３）の値が下限値を下回ると、射出瞳の位置が像面に近くなり、撮像素子のシェーディングの発生を抑制することが困難となる。

[0101] 本実施形態の光学系では、条件式（１３）の下限値を１．５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１３）の下限値を１．６０、さらに１．８０に設定することが好ましい。

[0102] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(14) \quad 0.15 < d3/f < 0.75$$

但し、

$d3$: 絞りから第３レンズ群の最も物体側のレンズ面までの距離

f : 光学系全系の焦点距離

- [0103] 条件式（１４）は、絞りから第３レンズ群の最も物体側のレンズ面までの距離と光学系全系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（１４）を満足することで、非点収差を良好に補正しつつ、射出瞳を適切な位置に配置してシェーディングの発生を抑制することができる。
- [0104] 本実施形態の光学系において条件式（１４）の値が上限値を上回ると、非点収差を良好に補正することが困難となる。
- [0105] 本実施形態の光学系では、条件式（１４）の上限値を０．７５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、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１４）の上限値を０．７０、さらに０．６６に設定することが好ましい。
- [0106] また、本実施形態の光学系において条件式（１４）の値が下限値を下回ると、射出瞳の位置が像面に近くなり、撮像素子でのシェーディングの発生を抑制することが困難となる。
- [0107] 本実施形態の光学系では、条件式（１４）の下限値を０．１５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１４）の下限値を０．１６、さらに０．１７に設定することが好ましい。
- [0108] また、本実施形態の光学系は、６枚以上９枚以下のレンズで構成されることが好ましい。
- [0109] 本実施形態の光学系では、レンズの枚数が上限枚数を上回ると、光学系の小型化が困難となる。また、本実施形態の光学系では、レンズの枚数が下限枚数を下回ると、諸収差を十分に補正することができない。
- [0110] また、本実施形態の光学系では、最も物体側に配置されたレンズの物体側のレンズ面が正の屈折力を有することが好ましい。
- [0111] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、球面収差およびコマ収差を良好に補正することができる。

[0112] また、本実施形態の光学系では、最も像面側に配置されたレンズの像面側のレンズ面が負の屈折力を有することが好ましい。

[0113] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、ペッツバール和を適切な値に保つことができる。また、射出瞳の位置を良好に制御することができる。

[0114] また、本実施形態の光学系では、第2レンズ群の最も物体側に接合レンズを有することが好ましい。

[0115] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、ペッツバール和を適切な値に保つことができる。また、軸上色収差を良好に補正することができる。

[0116] 以上の構成により、小型で良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

[0117] 本実施形態の光学機器は、上述した構成の光学系を有している。これにより、良好な光学性能を有する光学機器を実現することができる。

[0118] 本実施形態の光学系の製造方法は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系の製造方法であって、後群は、1以上の接合レンズを有し、以下の条件式をすべて満足するように配置する。

$$(1) \quad 0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$(2) \quad 1.35 < TL/y < 1.80$$

但し、

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

y : 最大像高

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

[0119] 本実施形態の光学系の製造方法は、物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系の製造方法であって、第1レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りとの間に空気間隔を有し、以下の条件式を満足するように配置する。

$$(2) \quad 1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

y : 最大像高

[0120] このような光学系の製造方法により、良好な光学性能を有する光学系を製造することができる。

[0121] (数値実施例)

以下、本願の実施例を図面に基づいて説明する。

[0122] (第1実施例)

図1は、無限遠物体合焦時における第1実施例の光学系の断面図である。

[0123] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0124] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2とからなる。

[0125] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL3と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL5と両凹形状の負レンズL6との接合負レンズとからなる。

[0126] 第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL7からなる。

[0127] 第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL8からなる。正メニスカスレンズL8は、ガラス製レンズ本体の物体側の面に樹脂層が設けられて構成される。正メニスカスレンズL8は、樹脂層の物体側の面が非球面である複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」にお

いて、面番号 1 4 は樹脂層の物体側の面、面番号 1 5 は樹脂層の像側の面およびレンズ本体の物体側の面（樹脂層とレンズ本体とが接合される面）、面番号 1 6 はレンズ本体の像側の面を示す。

[0128] 像面 1 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0129] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0130] 本実施例の光学系において、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群、および第 4 レンズ群は後群に該当する。

[0131] 以下の表 1 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。表 1 の「レンズ諸元」において、m は物体側から数えた光学面の順番、r は曲率半径、d は面間隔、nd は d 線（波長 587.6nm）に対する屈折率、 νd は d 線に対するアッペ数を示す。曲率半径 $r = \infty$ は平面を示している。また、「*」の付された光学面は非球面であることを示している。

[0132] 「非球面データ」において、m は非球面データに対応する光学面、K は円錐定数、A4～A14 は非球面係数を示す。

[0133] 非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r とし、円錐定数を K とし、n 次の非球面係数を A_n としたとき、以下の式（a）で表される。なお、各実施例において、2 次の非球面係数 A_2 は 0 である。また、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

[0134] (a)
$$S(y) = (y^2/r) / \{ 1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2} \} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} + A_{14} \times y^{14}$$

4

[0135] 表 1 の「全体諸元」において、f は光学系の焦点距離、F.NO は光学系の F 値、TL は無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離を示す。

[0136] 表1の「バックフォーカス」において、Bfは光学系の空気換算長でのバックフォーカスを示す。

[0137] 表1に記載される焦点距離f、曲率半径rおよびその他の長さの単位は「mm」である。しかし、光学系は比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

[0138] 以上に述べた表1の符号は、後述する他の実施例の表においても同様に使用する。

[0139] (表1)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	νd
1)	13.451	1.290	2.001000	29.12
2)	21.212	0.591		
3)	2035.867	0.700	1.784720	25.64
4)	48.461	0.798		
5>	∞	1.622		(開口絞り)
* 6)	-1428.555	2.259	1.851080	40.12
7)	-9.490	1.191	1.784720	25.64
8)	-23.192	0.450		
9)	-59.947	3.500	1.883000	40.69
10)	-7.486	0.900	1.592701	35.31
11)	23.192	5.633		
12)	-7.563	1.100	1.663820	27.35
13)	-15.314	0.100		
*14)	-52.504	0.050	1.560930	36.64
15)	-52.504	6.616	1.883000	40.66
16)	-17.808	Bf		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
---	---	----	----	----	-----

6) 1.0000 -2.16E-04 2.74E-06 -1.55E-07
14) 1.0000 -1.19E-05 1.34E-08 -1.59E-11 3.48E-13

[全体諸元]

f 25.75
F.NO 2.90
y 21.70
TL 36.45

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	67.07
G2	6	25.70
G3	12	-23.86
G4	14	28.00

[バックフォーカス]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
Bf	9.650	14.259

[0140] 図2は、無限遠物体合焦時における第1実施例の光学系の諸収差図である。

[0141] 各収差図において、FN0はF値、Yは像高をそれぞれ示す。詳細には、球面収差図では最大口径に対応するF値の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高の最大値を示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線、gはg線（波長435.8nm）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。後述する他の実施例の諸収差図においても、本実施例の諸収差図と同様の符号を使用する。

[0142] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0143] （第2実施例）

図3は、無限遠物体合焦時における第2実施例の光学系の断面図である。

[0144] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0145] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2とからなる。

[0146] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4との接合正レンズからなる。

[0147] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL5と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL6とからなる。

[0148] 第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL7からなる。正メニスカスレンズL7は、ガラス製レンズ本体の物体側の面に樹脂層が設けられて構成される。正メニスカスレンズL7は、樹脂層の物体側の面が非球面である複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」において、面番号13は樹脂層の物体側の面、面番号14は樹脂層の像側の面およびレンズ本体の物体側の面（樹脂層とレンズ本体とが接合される面）、面番号15はレンズ本体の像側の面を示す。

[0149] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0150] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0151] 本実施例の光学系において、第2レンズ群G2、第3レンズ群、および第4レンズ群は後群に該当する。

[0152] 以下の表2に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0153] （表2）

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d	
1)	10.523	2.083	1.788139	48.45	
2)	25.293	0.594			
3)	107.706	0.700	1.592700	35.27	
4)	18.009	1.240			
5>	∞	2.974			(開口絞り)
6)	19.914	2.509	1.883000	40.69	
7)	-19.912	0.700	1.784720	25.64	
8)	30.951	4.628			
* 9)	-10.138	1.000	1.806100	40.73	
10)	-14.290	1.852			
11)	-10.931	1.200	1.517420	52.20	
12)	-16.313	1.511			
*13)	-30.550	0.050	1.560930	36.64	
14)	-57.089	5.874	1.883000	40.66	
15)	-20.049	Bf			

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
9)	1.0000	-2.97E-04	3.54E-06	-3.66E-07	7.73E-09	-1.01E-10
13)	1.0000	8.18E-05	-2.53E-07	2.83E-10		

[全体諸元]

f	32.80
F.NO	2.90
y	21.70
TL	36.67

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
---	----	------

G1	1	43.59
G2	6	39.04
G3	9	-28.00
G4	13	42.81

[バックフォーカス]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

Bf 9.756 17.988

[0154] 図4は、無限遠物体合焦時における第2実施例の光学系の諸収差図である。

[0155] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0156] (第3実施例)

図5は、無限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の断面図である。

[0157] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0158] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2とからなる。

[0159] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4との接合正レンズからなる。

[0160] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL5と、両凹形状の負レンズL6とからなる。

[0161] 第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL8からなる。正メニスカスレンズL8は、ガラス製レンズ本体の物体側の面に樹脂層が設けられて構成される。正メニスカスレンズL8は、樹脂層の物体側の面が非球面である複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」にお

いて、面番号 1 3 は樹脂層の物体側の面、面番号 1 4 は樹脂層の像側の面およびレンズ本体の物体側の面（樹脂層とレンズ本体とが接合される面）、面番号 1 5 はレンズ本体の像側の面を示す。

[0162] 像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0163] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0164] 本実施例の光学系において、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群、および第 4 レンズ群は後群に該当する。

[0165] 以下の表 3 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0166] （表 3）

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	νd
1)	10.192	2.106	1.772500	49.62
2)	25.011	0.609		
3)	129.688	0.700	1.592700	35.27
4)	16.140	1.310		
5>	∞	2.040		(開口絞り)
6)	19.183	2.338	1.902650	35.72
7)	-25.424	1.418	1.808090	22.74
8)	32.395	5.063		
* 9)	-12.503	1.000	1.806100	40.73
10)	-17.926	0.497		
11)	-28.256	1.408	1.583130	59.46
*12)	4346.985	2.297		
*13)	-31.913	0.100	1.560930	36.64
14)	-32.911	6.028	1.883000	40.66

15) -17.733 Bf

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
---	---	----	----	----	-----	-----

A14

9)	1.0000	-7.29E-04	7.45E-06	-6.12E-07	1.55E-08	-2.59E-10
----	--------	-----------	----------	-----------	----------	-----------

12)	1.0000	-4.37E-04	5.27E-06	-6.43E-08	5.34E-10	-2.65E-12
-----	--------	-----------	----------	-----------	----------	-----------

6.60E-15

13)	1.0000	2.25E-05	-1.82E-07	4.68E-10
-----	--------	----------	-----------	----------

[全体諸元]

f 32.82

F.NO 2.90

y 21.70

TL 36.67

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
---	----	------

G1	1	49.49
----	---	-------

G2	6	35.66
----	---	-------

G3	9	-25.25
----	---	--------

G4	13	37.26
----	----	-------

[バックフォーカス]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
--	--------	----------

Bf	9.755	17.993
----	-------	--------

[0167] 図6は、無限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の諸収差図である。

[0168] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0169] (第4実施例)

図7は、無限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の断面図である。

- [0170] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。
- [0171] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2とからなる。
- [0172] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4との接合正レンズからなる。
- [0173] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL5と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL6と、両凹形状の負レンズL7とからなる。
- [0174] 第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL8からなる。正メニスカスレンズL8は、ガラス製レンズ本体の物体側の面に樹脂層が設けられて構成される。正メニスカスレンズL8は、樹脂層の物体側の面が非球面である複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」において、面番号15は樹脂層の物体側の面、面番号16は樹脂層の像側の面およびレンズ本体の物体側の面（樹脂層とレンズ本体とが接合される面）、面番号17はレンズ本体の像側の面を示す。
- [0175] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。
- [0176] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。
- [0177] 本実施例の光学系において、第2レンズ群G2、第3レンズ群、および第4レンズ群は後群に該当する。
- [0178] 以下の表4に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0179] (表4)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν_d
1)	9.625	2.028	1.795000	45.31
2)	19.200	0.150		
3)	23.181	0.700	1.846660	23.80
4)	16.000	1.200		
5>	∞	2.300		(開口絞り)
6)	51.243	0.800	1.728250	28.38
7)	8.210	2.148	1.883000	40.69
8)	77.277	0.533		
* 9)	-30.000	1.200	1.531100	55.91
*10)	-57.254	2.372		
*11)	-20.625	1.500	1.806100	40.73
12)	-21.251	0.527		
13)	-22.642	1.500	1.583130	59.46
*14)	50.407	3.251		
*15)	-48.588	0.150	1.560930	36.64
16)	-57.679	6.293	1.883000	40.66
17)	-21.000	Bf		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
A14						
9)	1.0000	-2.22E-04	1.33E-05	-3.48E-07	1.11E-08	
10)	1.0000	-4.89E-04	1.72E-05	-4.32E-07	1.37E-08	
11)	1.0000	-9.71E-04	-5.58E-06	5.45E-07	-3.29E-08	5.29E-10
14)	1.0000	-6.16E-04	8.11E-06	-8.90E-08	5.74E-10	-4.60E-13
						-8.38E-15

15) 1.0000 -6.99E-06 1.62E-07 -3.67E-10

[全体諸元]

f 32.30

F.NO 2.91

y 21.70

TL 36.54

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
---	----	------

G1	1	31.38
----	---	-------

G2	6	45.42
----	---	-------

G3	9	-20.58
----	---	--------

G4	15	36.54
----	----	-------

[バックフォーカス]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

Bf	9.890	17.856
----	-------	--------

[0180] 図8は、無限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の諸収差図である。

[0181] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0182] (第5実施例)

図9は、無限遠物体合焦時における第5実施例の光学系の断面図である。

[0183] 本実施例の光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0184] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1からなる。

[0185] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL2と両凹形

状の負レンズL 3 と両凸形状の正レンズL 4 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL 5 とからなる。

[0186] 第3レンズ群G 3 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 からなる。

[0187] 第4レンズ群G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 7 と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 9 とからなる。

[0188] 像面I 上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0189] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0190] 本実施例の光学系において、第2レンズ群G 2、第3レンズ群、および第4レンズ群は後群に該当する。

[0191] 以下の表5に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0192] （表5）

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	νd
* 1)	9.961	0.800	1.907538	35.83
* 2)	9.296	1.500		
3>	∞	1.500		(開口絞り)
4)	119.597	1.605	1.883000	40.85
5)	-22.504	0.800	1.645064	32.59
6)	11.818	2.890	1.883000	40.85
7)	-19.300	0.100		
8)	-180.060	0.800	1.692516	29.41
9)	22.694	7.460		
*10)	-8.427	0.800	1.766263	26.08

11)	-15.131	0.609		
12)	-15.409	2.489	1.830348	44.65
*13)	-12.034	0.100		
*14)	16.148	3.259	1.770292	50.81
*15)	20.624	Bf		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
A14						
1)	1.0000	-3.50E-04	-1.03E-05			
2)	1.0000	-3.36E-04	-1.09E-05			
10)	1.0000	4.98E-04	-8.61E-06	8.85E-08	-3.36E-11	
13)	1.0000	1.23E-04	-2.34E-06	2.07E-08	-4.75E-12	
14)	0.4800	-3.41E-04	3.88E-07	4.44E-09	-1.23E-11	-6.64E-15
		3.25E-17				
15)	-0.2878	-2.50E-04	2.37E-07	4.89E-09	-3.93E-11	1.42E-13
		-1.91E-17				

[全体諸元]

f	24.00
F.NO	2.87
y	21.70
TL	34.52

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	-358.14
G2	4	20.14
G3	10	-26.18
G4	12	27.65

[バックフォーカス]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

Bf 9.805 13.780

[0193] 図 10 は、無限遠物体合焦時における第 5 実施例の光学系の諸収差図である。

[0194] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0195] （第 6 実施例）

図 11 は、無限遠物体合焦時における第 6 実施例の光学系の断面図である。

[0196] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G1 と、開口絞り S と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G4 とを有している。

[0197] 第 1 レンズ群 G1 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L1 からなる。

[0198] 第 2 レンズ群 G2 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L2 と両凹形状の負レンズ L3 との接合正レンズからなる。

[0199] 第 3 レンズ群 G3 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L4 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L5 とからなる。

[0200] 第 4 レンズ群 G4 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L6 からなる。

[0201] 像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0202] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0203] 本実施例の光学系において、第 2 レンズ群 G2、第 3 レンズ群、および第

4 レンズ群は後群に該当する。

[0204] 以下の表 6 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0205] (表 6)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν_d
* 1)	7.944	2.623	1.589130	61.25
* 2)	16.000	2.000		
3>	∞	2.000		(開口絞り)
4)	24.561	1.675	1.883000	40.69
5)	-35.492	1.000	1.796788	25.20
6)	22.141	2.145		
* 7)	-17.784	1.500	1.805180	25.45
* 8)	-57.197	2.337		
* 9)	-28.238	1.800	1.583130	59.46
*10)	-138.813	2.357		
11)	-25.000	5.493	2.001000	29.12
12)	-16.161	Bf		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
1)	1.0000	1.28E-06	4.10E-07	-5.88E-09	1.99E-10
2)	1.0000	5.07E-05	4.59E-07	2.20E-09	-1.16E-10
7)	1.0000	-8.32E-04	-1.16E-05	5.73E-07	-4.44E-08
8)	1.0000	-4.65E-04	1.10E-05	-2.13E-07	2.29E-09
9)	1.0000	-7.58E-04	7.80E-06	4.75E-09	-1.99E-10
10)	1.0000	-5.51E-04	5.45E-06	-3.96E-08	8.82E-11

[全体諸元]

f 34.01

F.NO 2.91

y 21.70

TL 35.50

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	23.89
G2	4	236.16
G3	7	-20.55
G4	11	34.83

[バックフォーカス]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

Bf 10.569 15.615

[0206] 図12は、無限遠物体合焦時における第6実施例の光学系の諸収差図である。

[0207] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0208] (第7実施例)

図13は、無限遠物体合焦時における第7実施例の光学系の断面図である。

[0209] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0210] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1からなる。

[0211] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL3との接合正レンズからなる。

[0212] 第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4からなる。

[0213] 第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL5と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL6とからなる。

[0214] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0215] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0216] 本実施例の光学系において、第2レンズ群G2、第3レンズ群、および第4レンズ群は後群に該当する。

[0217] 以下の表7に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0218] (表7)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	νd
* 1)	13.372	1.607	1.758455	46.62
* 2)	23.028	1.500		
3>	∞	1.500		(開口絞り)
4)	42.852	2.140	1.883000	40.80
5)	-10.251	0.800	1.736478	27.48
6)	-437.299	4.254		
7)	-6.216	1.000	1.790528	25.41
8)	-12.772	1.000		
* 9)	-13.816	4.488	1.883000	40.80
*10)	-7.854	0.150		
*11)	33.599	2.500	1.805180	25.45
*12)	20.269	Bf		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
1)	1.8136	-4.45E-04	-9.70E-06	-3.04E-07	5.12E-09

2)	4.1053	-5.42E-04	-1.60E-05	1.03E-07	2.19E-09
9)	0.1844	-2.07E-04	3.82E-06	-5.05E-08	3.60E-10
10)	0.4645	6.44E-06	1.48E-06	-2.08E-08	2.44E-10
11)	-66.3322	-2.24E-04	8.83E-07	-9.05E-10	1.14E-12
12)	-18.9774	-2.99E-04	1.51E-06	-5.96E-09	1.31E-11

[全体諸元]

f 22.01

F.NO 3.21

y 21.70

TL 31.51

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	39.02
G2	4	27.62
G3	7	-16.28
G4	9	18.84

[バックフォーカス]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

Bf 10.569 13.712

[0219] 図14は、無限遠物体合焦時における第7実施例の光学系の諸収差図である。

[0220] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0221] (第8実施例)

図15は、無限遠物体合焦時における第8実施例の光学系の断面図である。

[0222] 本実施例の光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折

力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0223] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1からなる。

[0224] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と両凸形状の正レンズL3との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4と両凹形状の負レンズ5との接合負レンズとからなる。

[0225] 第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL6からなる。

[0226] 第4レンズ群G4は、両凸形状の正レンズL7からなる。

[0227] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0228] 本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、正の屈折力を有する1のレンズ成分と、負の屈折力を有する1のレンズ成分とを、光軸に沿って互いに異なる方向へ移動させる。より具体的には、本実施例の光学系は、第2レンズ群G2内の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と両凸形状の正レンズL3との接合正レンズおよび第3レンズ群G3を光軸に沿ってそれぞれ移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G2内の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と両凸形状の正レンズL3との接合正レンズは像面側から物体側に移動される。また、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第3レンズ群G3は物体側から像面側に移動される。なお、レンズ成分は、単レンズまたは接合レンズを示す。

[0229] 本実施例の光学系において、第2レンズ群G2、第3レンズ群、および第4レンズ群は後群に該当する。

[0230] 以下の表8に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0231] (表 8)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν_d
* 1)	282.805	0.800	1.805180	25.45
* 2)	78.200	1.475		
3>	∞	2.835		(開口絞り)
4)	31.646	0.800	1.771153	22.75
5)	12.706	2.500	1.880000	41.00
6)	-36.634	1.500		
* 7)	-122.908	2.658	1.999000	30.00
8)	-12.544	0.800	1.563351	33.16
9)	19.973	6.979		
*10)	-8.037	1.000	1.957878	24.00
*11)	-14.963	3.180		
*12)	326.624	4.372	1.851080	40.12
*13)	-25.361	Bf		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
1)	-1.0000	-5.55E-04	7.68E-06	-2.71E-08	1.50E-10
2)	-1.0000	-5.12E-04	9.58E-06	-7.18E-08	6.94E-10
7)	1.0000	-3.07E-05	-4.38E-08	2.01E-09	
10)	1.0000	6.56E-05	1.07E-06	2.24E-09	
11)	1.0000	-3.07E-05	6.15E-07	-4.67E-09	
12)	1.0000	-1.43E-05	-2.52E-08	2.56E-10	
13)	1.0000	5.98E-05	-2.99E-07	7.75E-10	

[全体諸元]

f	27.70
F.NO	2.90

y 21.70

TL 38.45

Bf 9.555

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
---	----	------

G1	1	-134.48
----	---	---------

G2	4	18.23
----	---	-------

G3	10	-19.50
----	----	--------

G4	12	27.81
----	----	-------

[バックフォーカス]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
--	--------	----------

D3	2.835	1.045
----	-------	-------

D6	1.500	3.290
----	-------	-------

D9	6.979	8.414
----	-------	-------

D11	3.180	1.746
-----	-------	-------

[0232] 図16は、無限遠物体合焦時における第8実施例の光学系の諸収差図である。

[0233] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0234] (第9実施例)

図17は、無限遠物体合焦時における第9実施例の光学系の断面図である。

[0235] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有している。

[0236] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1からなる。

[0237] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と両凸形状の正レンズL3との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL4とからなる。

[0238] 第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL5からなる。

[0239] 第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL6からなる。

[0240] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0241] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0242] 本実施例の光学系において、第2レンズ群G2、第3レンズ群、および第4レンズ群は後群に該当する。

[0243] 以下の表9に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0244] (表9)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν_d
* 1)	7.518	1.030	1.883000	40.66
* 2)	7.356	2.155		
3>	∞	2.147		(開口絞り)
* 4)	31.360	1.001	1.805180	25.45
5)	11.317	3.334	1.883000	40.66
6)	-14.425	0.100		
7)	-728.550	1.100	1.592701	35.31
8)	14.706	5.680		
* 9)	-8.942	1.200	1.803010	25.53
*10)	-30.665	0.424		

11) -43.153 6.874 1.904001 35.62

12) -14.408 Bf

[非球面データ]

	m	K	A4	A6	A8	A10	A12
1)	1.0000	-2.33E-04	-4.52E-06	-4.85E-07	4.20E-09		
2)	1.0000	-2.00E-04	-2.96E-06	-9.34E-07	1.59E-08		
4)	1.0000	-1.08E-04	8.43E-07	-1.86E-08			
9)	1.0000	-1.02E-04	7.24E-07	-7.06E-08	1.32E-09	-1.97E-11	
10)	1.0000	6.29E-06	-1.79E-08	4.65E-10			

[全体諸元]

f 25.18

F.NO 2.90

y 20.39

TL 34.74

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	194.76
G2	4	18.54
G3	9	-16.12
G4	11	21.49

[バックフォーカス]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

Bf 9.697 13.9880

[0245] 図18は、無限遠物体合焦時における第9実施例の光学系の諸収差図である。

[0246] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0247] (第10実施例)

図 19 は、無限遠物体合焦時における第 10 実施例の光学系の断面図である。

[0248] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負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 とを有している。

[0249] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

[0250] 第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 と両凹形状の負レンズ L 4 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 とからなる。

[0251] 第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 6 となる。

[0252] 第 4 レンズ群 G 4 は、像物体側から順に、側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 とからなる。

[0253] 像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0254] 本実施例の光学系は、光学系全体を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。本実施例の光学系は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、像面側から物体側に移動される。

[0255] 本実施例の光学系において、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群、および第 4 レンズ群は後群に該当する。

[0256] 以下の表 10 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0257] (表 10)

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	νd
1)	-23.449	0.700	1.613598	36.82
2)	33.857	0.150		

3)	11.280	2.105	1.883000	40.80	
4)	40.749	1.000			
5>	∞	1.400			(開口絞り)
6)	14.422	2.347	1.883000	40.80	
7)	-30.826	0.800	1.747300	27.01	
8)	19.013	0.925			
* 9)	18.064	1.290	1.960467	32.03	
*10)	18.119	5.372			
11)	-8.800	1.500	1.799952	25.10	
12)	-22.414	0.150			
*13)	-25.091	4.911	1.883000	40.80	
*14)	-18.000	0.150			
*15)	32.314	3.700	1.851080	40.12	
*16)	17745.601	Bf			

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
A14						
9)	1.0000	-3.35E-04	-1.23E-05	1.33E-07	-3.68E-09	
10)	1.0000	-1.14E-04	-1.16E-05	1.55E-07	-7.48E-10	
13)	1.0000	1.31E-04	-2.94E-07			
14)	1.0000	-1.07E-04	8.42E-07	8.79E-09	-8.07E-11	1.69E-13
15)	3.0000	-1.86E-04	-1.20E-07	-1.55E-09	5.19E-11	-2.50E-13
		3.71E-16				
16)	3.0000	1.73E-05	-2.34E-06	2.02E-08	-1.03E-10	3.08E-13
		-3.78E-16				

[全体諸元]

f	26.21
F.NO	2.92

y 21.70

TL 36.47

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	71.50
G2	6	30.34
G3	11	-19.04
G4	13	21.28

[バックフォーカス]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
Bf	9.969	17.856

[0258] 図20は、無限遠物体合焦時における第10実施例の光学系の諸収差図である。

[0259] 各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時および変倍時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0260] 上記各実施例によれば、良好な光学性能を有する光学系を実現することができる。

[0261] 以下に、各実施例の条件式対応値を示す。

[0262] Bfは空気換算長でのバックフォーカスであり、yは最大像高であり、TLは無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離である。fは光学系全系の焦点距離であり、f1は第1レンズ群の焦点距離であり、f2は第2レンズ群の焦点距離であり、f3は第3レンズ群の焦点距離であり、f4は第4レンズ群の焦点距離である。ΣDは最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの距離であり、ΣD1は最も物体側のレンズ面から絞りまでの距離である。TLsは絞りから像面までの距離であり、D1は第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から第1レンズ群の最も像面側のレンズ面までの距離である。s3は第3レンズ群の最も物体側のレンズのシェイプファクターであり、d3は絞りから第3レンズ群の最も物体側のレンズ面までの距離である。

[0263] [条件式対応値]

	実施例	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8			
第 9	第10											
(1)	Bf/y	:	0.445	0.450	0.450	0.456	0.452	0.487	0.487	0.440	0.476	0.459
(2)	TL/y	:	1.680	1.690	1.690	1.684	1.591	1.636	1.452	1.772	1.704	1.681
(3)	f3/f	:	0.927	0.854	0.769	0.637	1.091	0.604	0.740	0.704	0.640	0.727
(4)	f4/f	:	1.084	1.305	1.135	1.131	1.152	1.024	0.856	1.004	0.853	0.812
(5)	f3/f4	:	0.852	0.654	0.678	0.563	0.947	0.590	0.864	0.701	0.750	0.895
(6)	ΣD/TL	:	0.735	0.734	0.734	0.729	0.716	0.702	0.665	0.752	0.721	0.727
(7)	ΣD1/TL	:	0.093	0.126	0.129	0.112	0.067	0.130	0.099	0.059	0.092	0.108
(8)	TL/f	:	1.416	1.117	1.117	1.131	1.438	1.044	1.431	1.388	1.379	1.391
(9)	TLs/TL	:	0.907	0.874	0.871	0.888	0.933	0.870	0.901	0.941	0.908	0.892
(10)	f1/f	:	2.605	1.329	1.508	0.971	-	0.703	1.773	-	-	2.728
(11)	f2/f	:	0.998	1.190	1.086	1.406	0.839	-	1.255	0.658	0.736	1.158
(12)	D1/TL	:	0.071	0.092	0.093	0.079	0.023	0.074	0.051	0.021	0.030	0.081
(13)	s3	:	2.951	5.884	5.611	3.202	3.514	1.902	2.896	3.321	1.	

823 2.293

(14) d_3/f : 0.604 0.330 0.331 0.179 0.631 0.201 0.395 0.652 0.531 0.463

[0264] 上記各実施例は、本発明の一具体例を示しているものであり、本発明はこれらに限定されない。以下の内容は、本願の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。

[0265] また、上記各実施例の光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、コントラストの高い光学性能を達成することができる。

[0266] 次に、本実施形態の光学系を備えたカメラを、図21に基づいて説明する。

図21は、本実施形態の光学系を備えたカメラの模式図である。

[0267] カメラ1は、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る光学系を備えたレンズ交換式のいわゆるミラーレスカメラである。

[0268] 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、撮像素子3に到達する。撮像素子3は、被写体からの光を画像データに変換する。画像データは、電子ビューファインダ4に表示される。これにより、アイポイントEPに眼を位置させた撮影者は、被写体を観察することができる。

[0269] また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、画像データは不図示のメモリに記憶される。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。

[0270] ここで、カメラ1に撮影レンズ2として搭載した上記第1実施例の光学系は、良好な光学性能を有する光学系である。したがって、カメラ1は良好な光学性能を実現することができる。なお、上記第2～第10実施例の光学系を撮影レンズ2として搭載したカメラを構成しても、カメラ1と同様の効果を奏することができる。

[0271] 最後に、本実施形態の光学系の製造方法の概略を、図22および図23に

基づいて説明する。図 2 2 は本実施形態の光学系の第 1 の製造方法の概略を示すフローチャートであり、図 2 3 は本実施形態の光学系の第 2 の製造方法の概略を示すフローチャートである。

[0272] 図 2 2 に示す本実施形態の光学系の第 1 の製造方法は、以下のステップ S 1 1 ~ S 1 3 を含む。

[0273] ステップ S 1 1 : 第 1 レンズ群と絞りと後群とを準備する。

[0274] ステップ S 1 2 : 後群が 1 以上の接合レンズを有するようにする。

[0275] ステップ S 1 3 : 光学系が以下の条件式をすべて満足するようにする。

$$(1) \quad 0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$(2) \quad 1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

y : 最大像高

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

[0276] 図 2 3 に示す本実施形態の光学系の第 2 の製造方法は、以下のステップ S 2 1 ~ S 2 3 を含む。

[0277] ステップ S 2 1 : 第 1 レンズ群と絞りと後群とを準備する。

[0278] ステップ S 2 2 : 第 1 レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと絞りとの間に空気間隔を有するようにする。

[0279] ステップ S 2 3 : 光学系が以下の条件式をすべて満足するようにする。

$$(2) \quad 1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

y : 最大像高

[0280] 本実施形態の光学系のこれらの製造方法によれば、良好な結像性能を有する光学系を製造することができる。

- [0281] 本実施形態の光学系の実施例として4群構成を示したが、本実施形態は4群構成に限られず、その他の群構成（例えば5群構成等）とすることもできる。具体的には、本実施形態の光学系は、実施例の光学系の最も物体側ないし最も像面側にレンズや光学部材を追加した構成を有していてもよい。
- [0282] 本実施形態の光学系は、光軸に垂直な方向の成分を持つように移動されることにより手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群を有していてもよい。防振レンズ群は、レンズ群であってよく、レンズ群に含まれる1以上のレンズ成分からなる部分レンズ群であってもよい。
- [0283] 本実施形態の光学系は、合焦の際、光学系全体、いずれかの1のレンズ群、複数のレンズ群、または部分レンズ群が光軸方向に移動されてもよい。例えば、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、絞りより物体側に配置されたレンズ群と、絞りより像面側に配置されたレンズ群とは、それぞれ異なる量で物体側に移動されてもよい。
- [0284] 本実施形態の光学系において、レンズ面は、球面または平面で形成されていてもよく、非球面で形成されていてもよい。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となり、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、レンズ面が球面または平面の場合、像面がずれたときの描写性能の劣化が少ないので好ましい。
- [0285] レンズ面が非球面の場合において、非球面は、ガラスの研削加工または非球面形状を有する型を用いたガラスモールドにより形成されてもよく、ガラスの表面に接合された樹脂の表面に形成されてもよい。また、本実施形態の光学系において、レンズ面は回折面としてもよく、レンズは屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）またはプラスチックレンズとしてもよい。
- [0286] 本実施形態の光学系において、開口絞りは第1レンズ群と第2レンズ群との間に配置されるのが好ましいが、開口絞りとして独立した部材を設けずに、レンズの枠等によりその役割を代用してもよい。
- [0287] 当業者は、本発明の精神および範囲から外れることなく、種々の変更、置換および修正をこれに加えることが可能であることを理解されたい。

符号の説明

[0288]	S	開口絞り
	I	像面
	1	カメラ
	2	撮影レンズ
	3	撮像素子

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有し、
前記後群は、1以上の接合レンズを有し、
以下の条件式をすべて満足する光学系。

$$0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

y : 最大像高

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

[請求項2] 物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有し、
前記第1レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置される
レンズと前記絞りとの間に空気間隔を有し、
以下の条件式を満足する光学系。

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

y : 最大像高

[請求項3] 前記後群は、物体側から順に、第2レンズ群、負の屈折力を有する
第3レンズ群、および第4レンズ群を有し、

前記第3レンズ群は、最も物体側に、物体側に凹面を向けた負メニ
スカスレンズを有し、

前記第4レンズ群は、2つの正レンズからなるか、1つの正レンズ
および1つの負レンズからなるか、または、1つの正レンズからなる
かのいずれかである請求項1または2に記載の光学系。

[請求項4] 前記第3レンズ群の最も物体側のレンズは、前記絞りより像面側に

配置された物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズのうち最も物体側に配置される負メニスカスレンズである、請求項3に記載の光学系。

[請求項5] 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。

$$0.30 < |f_3 / f| < 1.60$$

但し、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f : 前記光学系全系の焦点距離

[請求項6] 以下の条件式を満足する請求項3-5のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.45 < f_4 / f < 1.70$$

但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f : 前記光学系全系の焦点距離

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項3-6のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.25 < |f_3 / f_4| < 2.00$$

但し、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4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3-7のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.50 < \Sigma D / TL < 0.97$$

但し、

ΣD : 最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの距離

[請求項9] 以下の条件式を満足する請求項3-8のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.05 < \Sigma D1 / TL < 0.17$$

但し、

$\Sigma D1$: 最も物体側のレンズ面から絞りまでの距離

[請求項10] 以下の条件式を満足する請求項3－9のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.75 < TL / f < 1.60$$

但し、

f : 前記光学系全系の焦点距離

[請求項11] 以下の式を満足する請求項3－10のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.62 < TLs / TL < 1.00$$

但し、

TLs : 前記絞りから像面までの距離

[請求項12] 以下の条件式を満足する請求項3－11のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.70 < f1 / f < 5.00$$

但し、

$f1$: 前記第1レンズ群の焦点距離

f : 前記光学系全系の焦点距離

[請求項13] 以下の条件式を満足する請求項3－12のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.30 < f2 / f < 2.00$$

但し、

$f2$: 前記第2レンズ群の焦点距離

f : 前記光学系全系の焦点距離

[請求項14] 前記第1レンズ群は1枚または2枚のレンズを有する請求項3－13のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項15] 以下の条件式を満足する請求項3－14のいずれか一項に記載の光

学系。

$$0.01 < D1 / TL < 0.15$$

但し、

D1 : 前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像面側のレンズ面までの距離

[請求項16] 以下の条件式を満足する請求項3-15のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.50 < s3 < 7.00$$

但し、

s3 : 前記第3レンズ群の最も物体側のレンズのシェイプファクター

[請求項17] 以下の条件式を満足する請求項3-16のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.15 < d3 / f < 0.75$$

但し、

d3 : 前記絞りから前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面までの距離

f : 前記光学系全系の焦点距離

[請求項18] 6枚以上9枚以下のレンズで構成される請求項3-17のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項19] 最も物体側に配置されたレンズの物体側のレンズ面が正の屈折力を有する請求項3-18のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項20] 最も像面側に配置されたレンズの像面側のレンズ面が負の屈折力を有する請求項3-19のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項21] 前記第2レンズ群の最も物体側に接合レンズを有する請求項3-20のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項22] 請求項1-21のいずれか一項に記載の光学系を有する光学機器。

[請求項23] 物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系

の製造方法であって、

前記後群は、1以上の接合レンズを有し、

以下の条件式をすべて満足するように配置する光学系の製造方法。

$$0.35 < Bf/y < 0.70$$

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

y : 最大像高

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

[請求項24]

物体側から順に、第1レンズ群と、絞りと、後群とを有する光学系の製造方法であって、

前記第1レンズ群に含まれるレンズのうち最も像面側に配置されるレンズと前記絞りとの間に空気間隔を有し、

以下の条件式を満足するように配置する光学系の製造方法。

$$1.35 < TL/y < 1.85$$

但し、

TL : 無限遠物体への合焦時における最も物体側のレンズ面から像面までの距離

y : 最大像高

[図1]

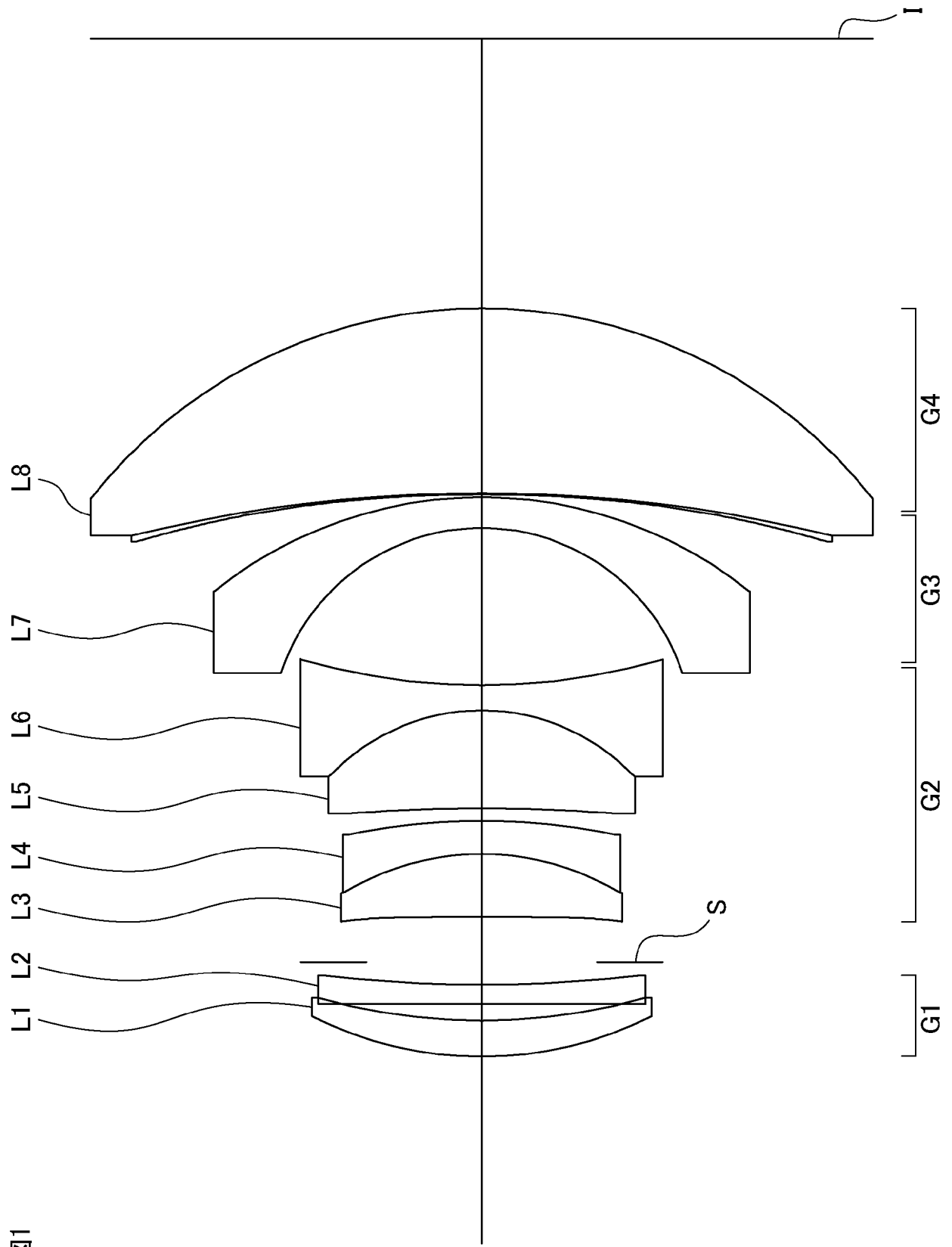
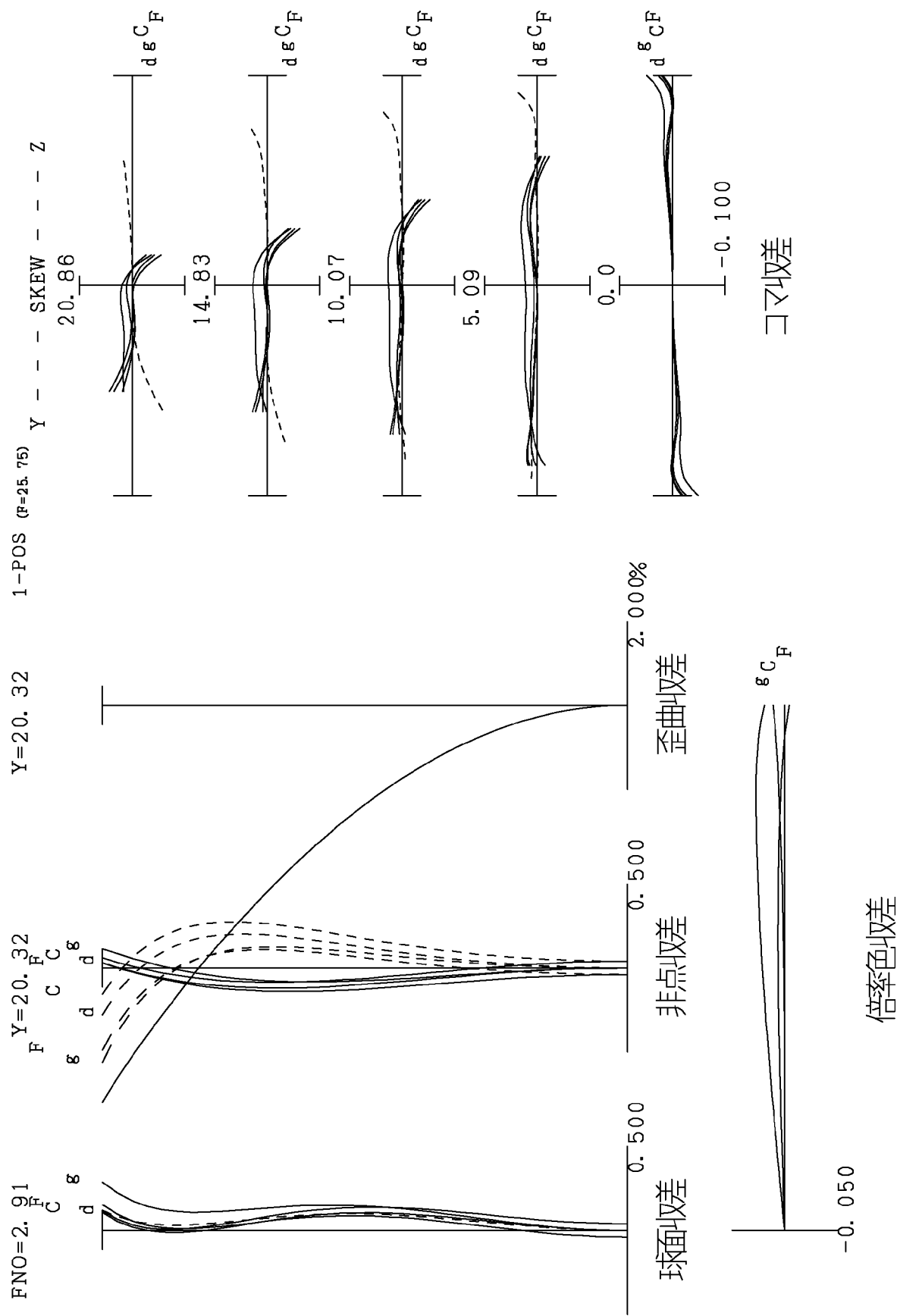


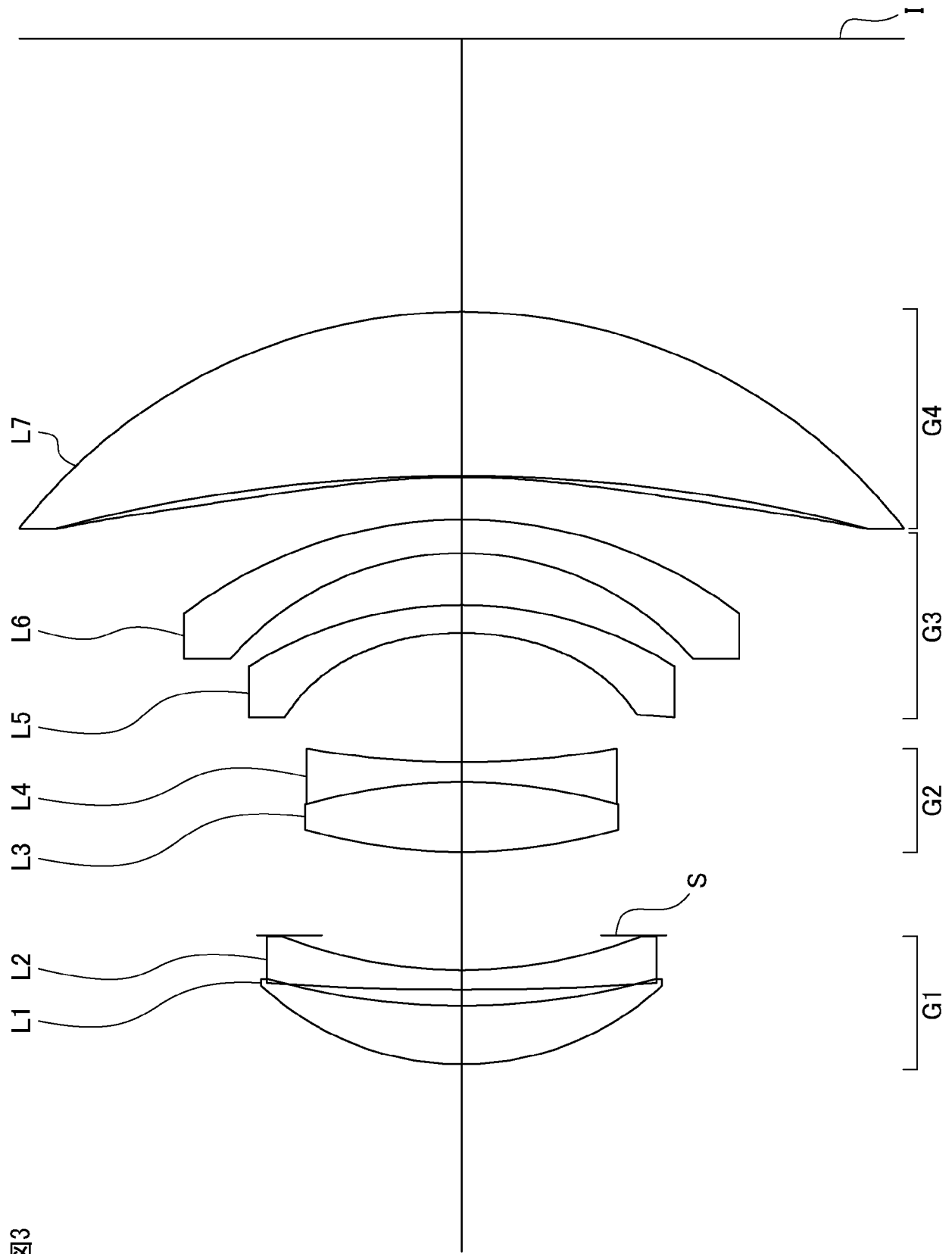
図1

図2

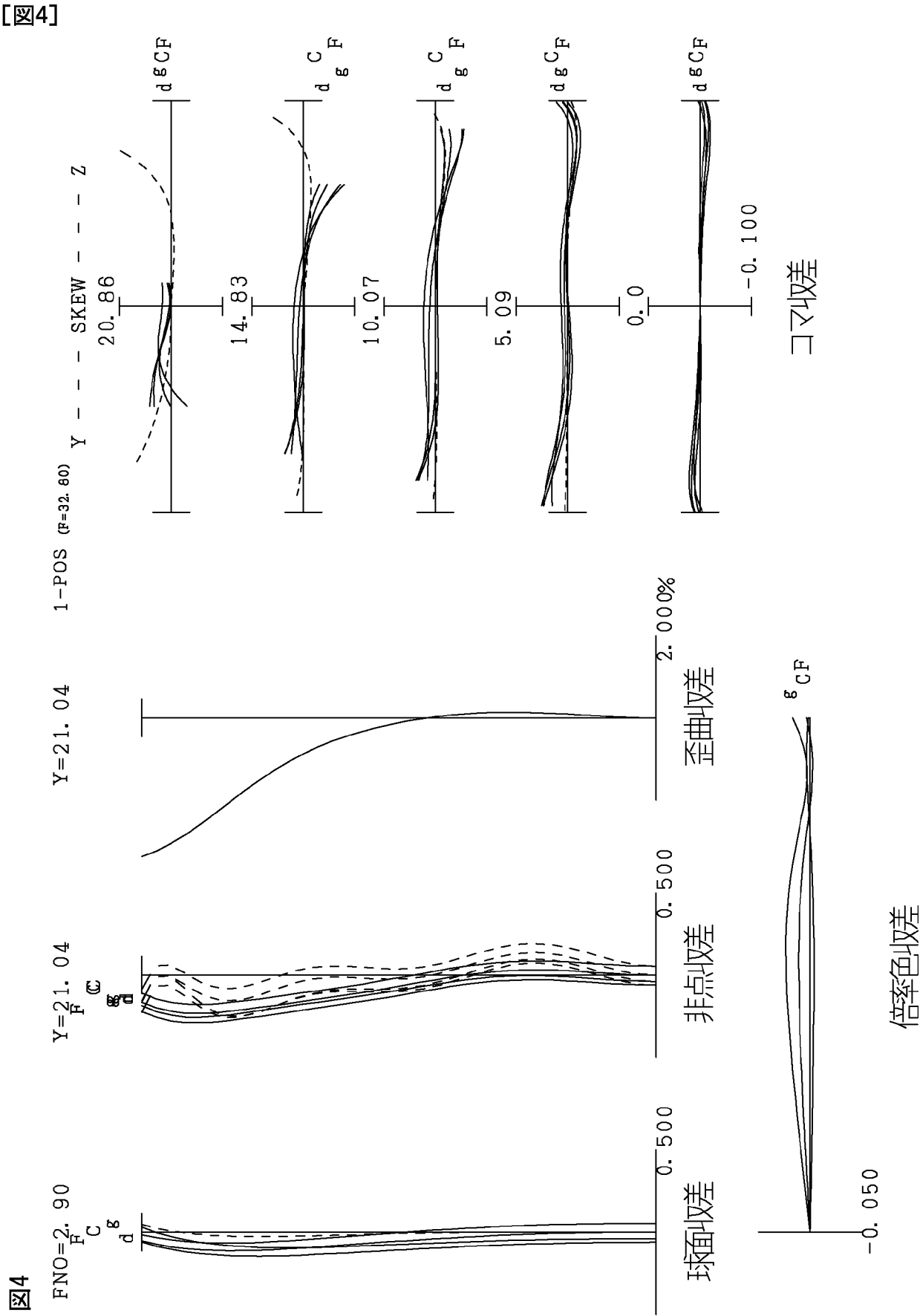
【図2】



[図3]



[図4]



[図5]

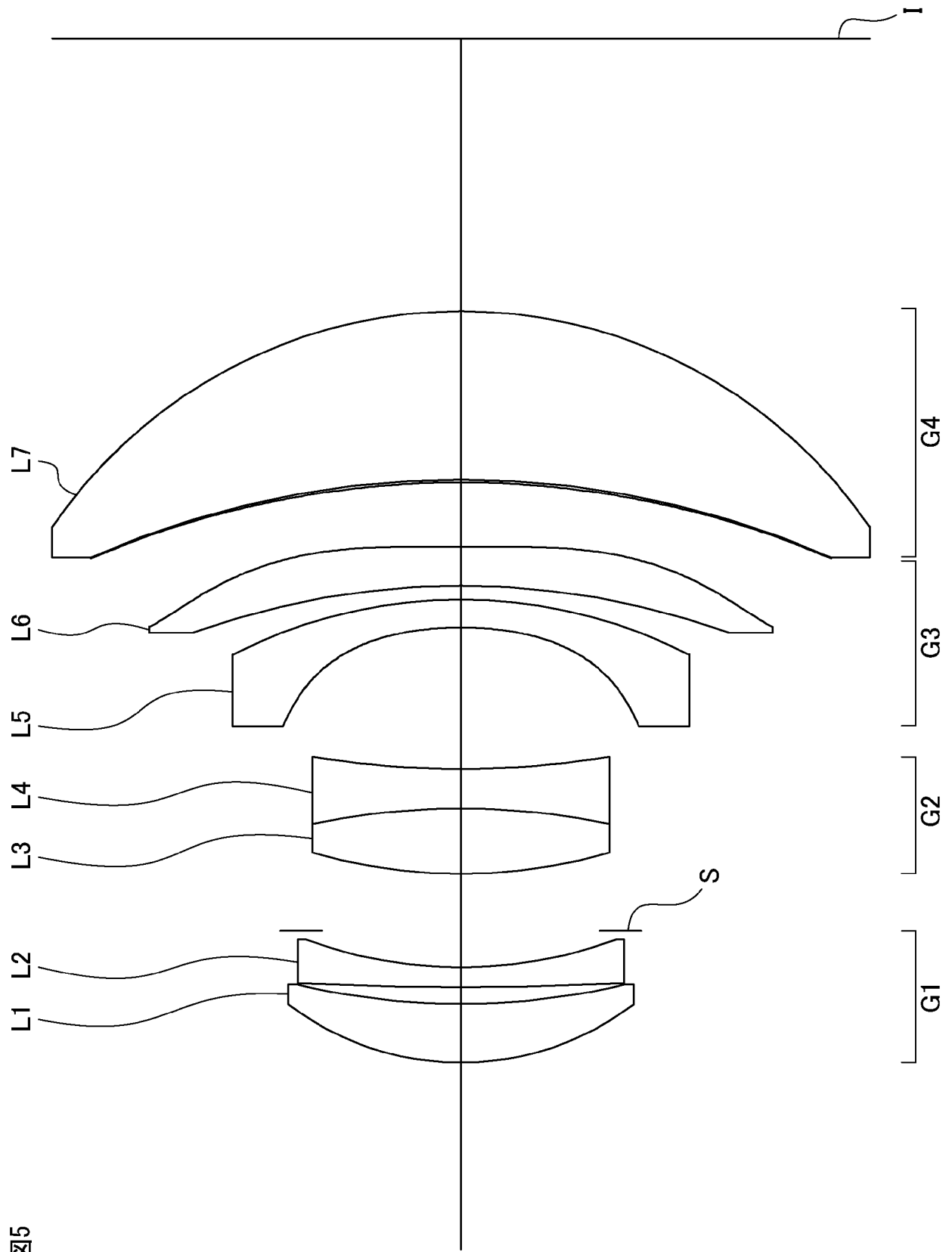
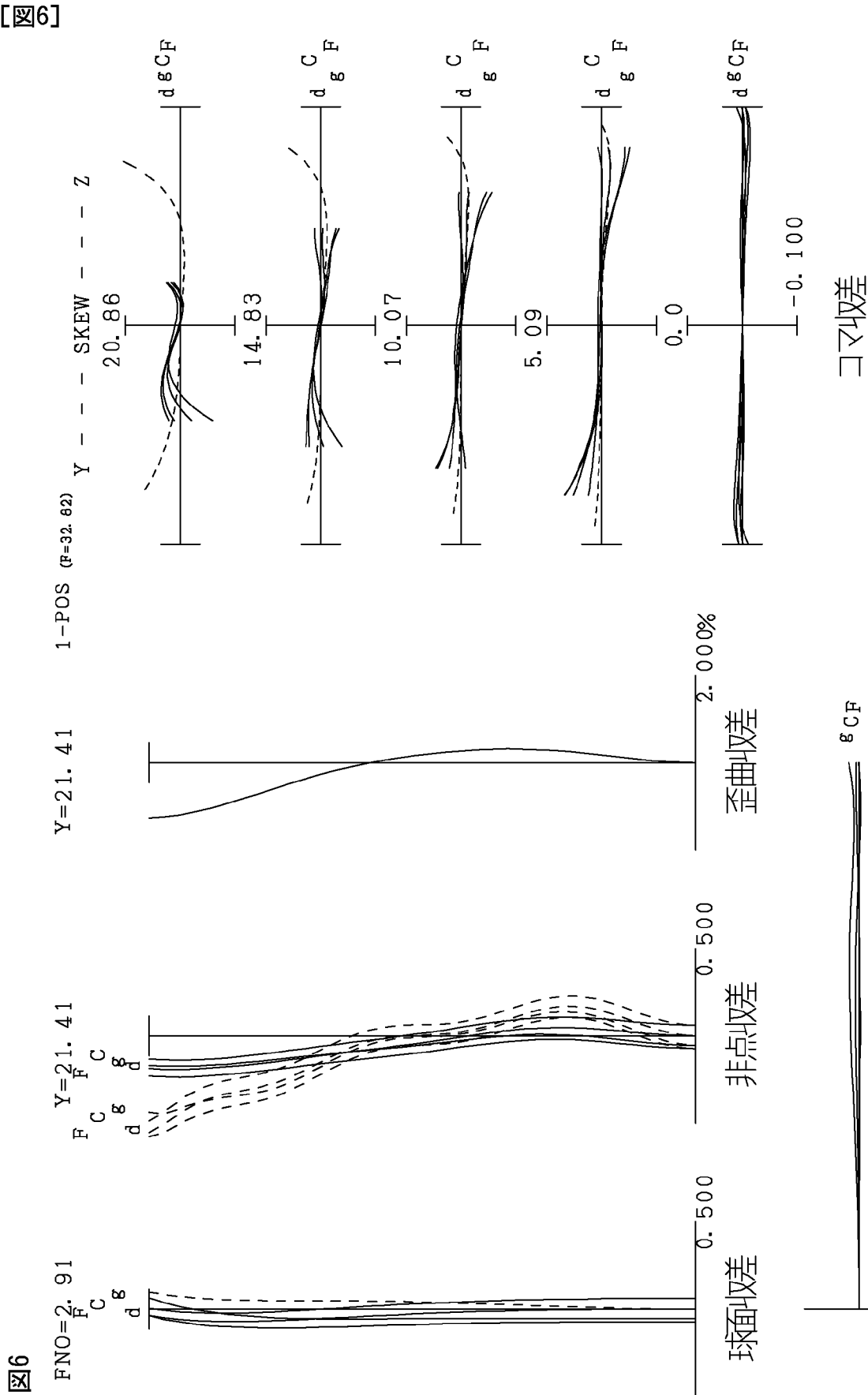


図6



[図7]

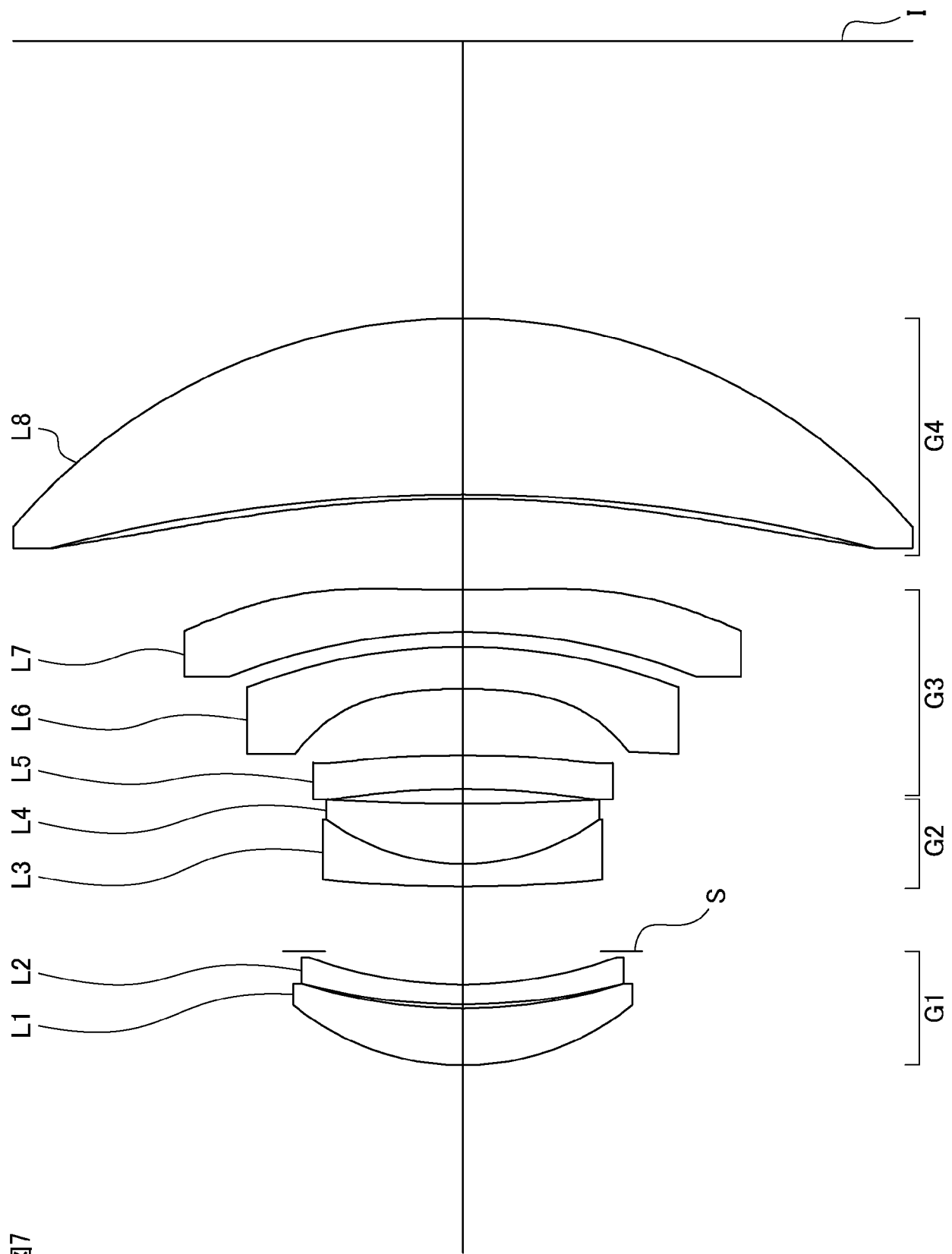
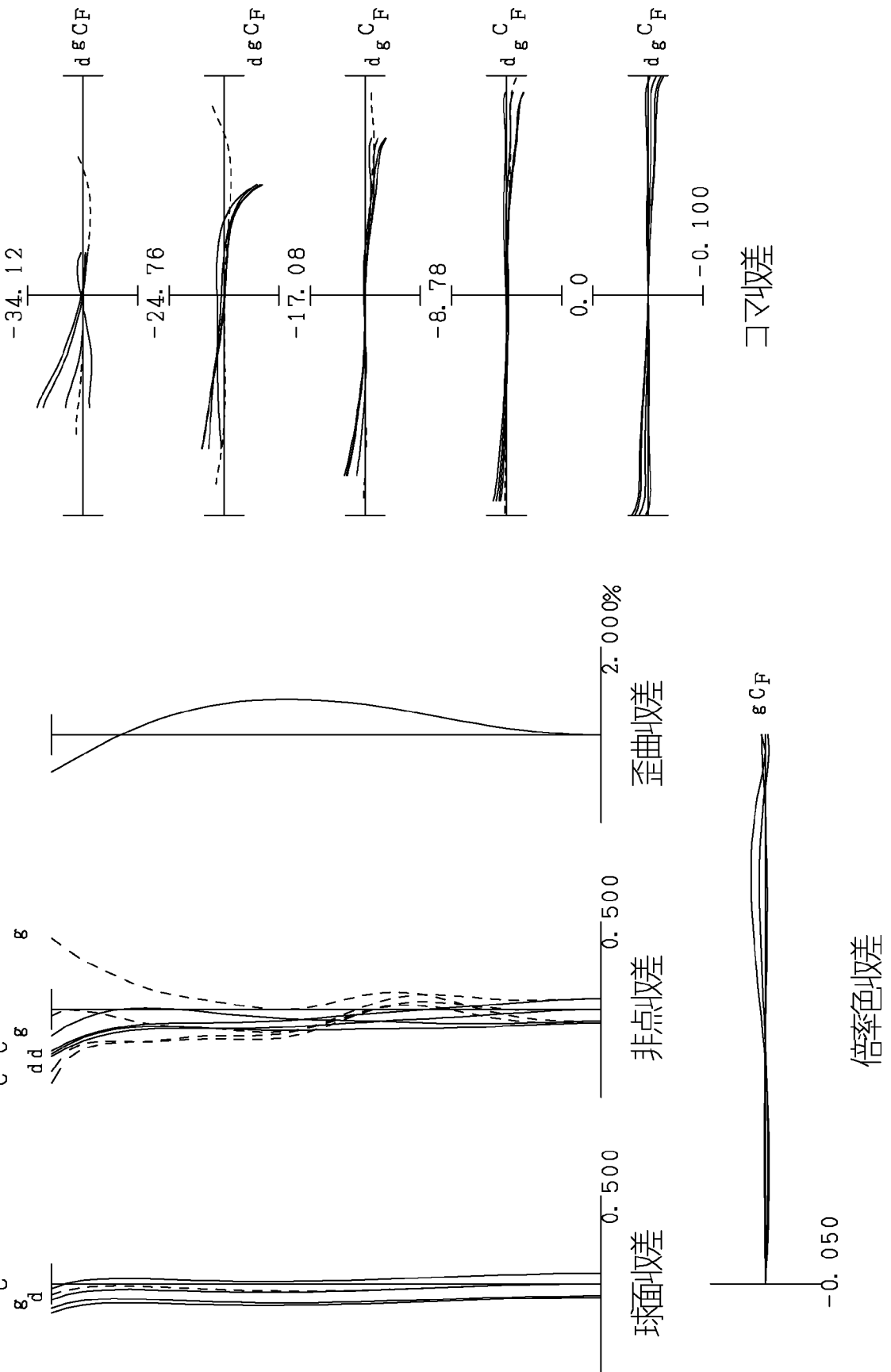


図7

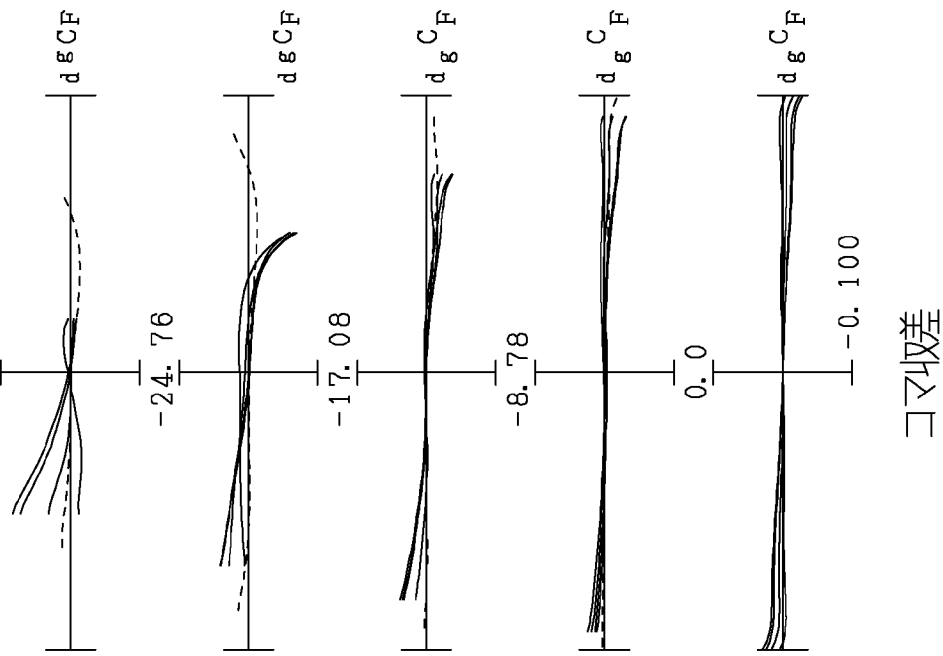

$$FNO=2.91 \text{ C}$$
$$Y_{\hat{F}} = 21.70$$
$$Y=21.70$$

1-POS (F=32.30)

Y	-	-	-	SKEW	-	-	Z
---	---	---	---	------	---	---	---

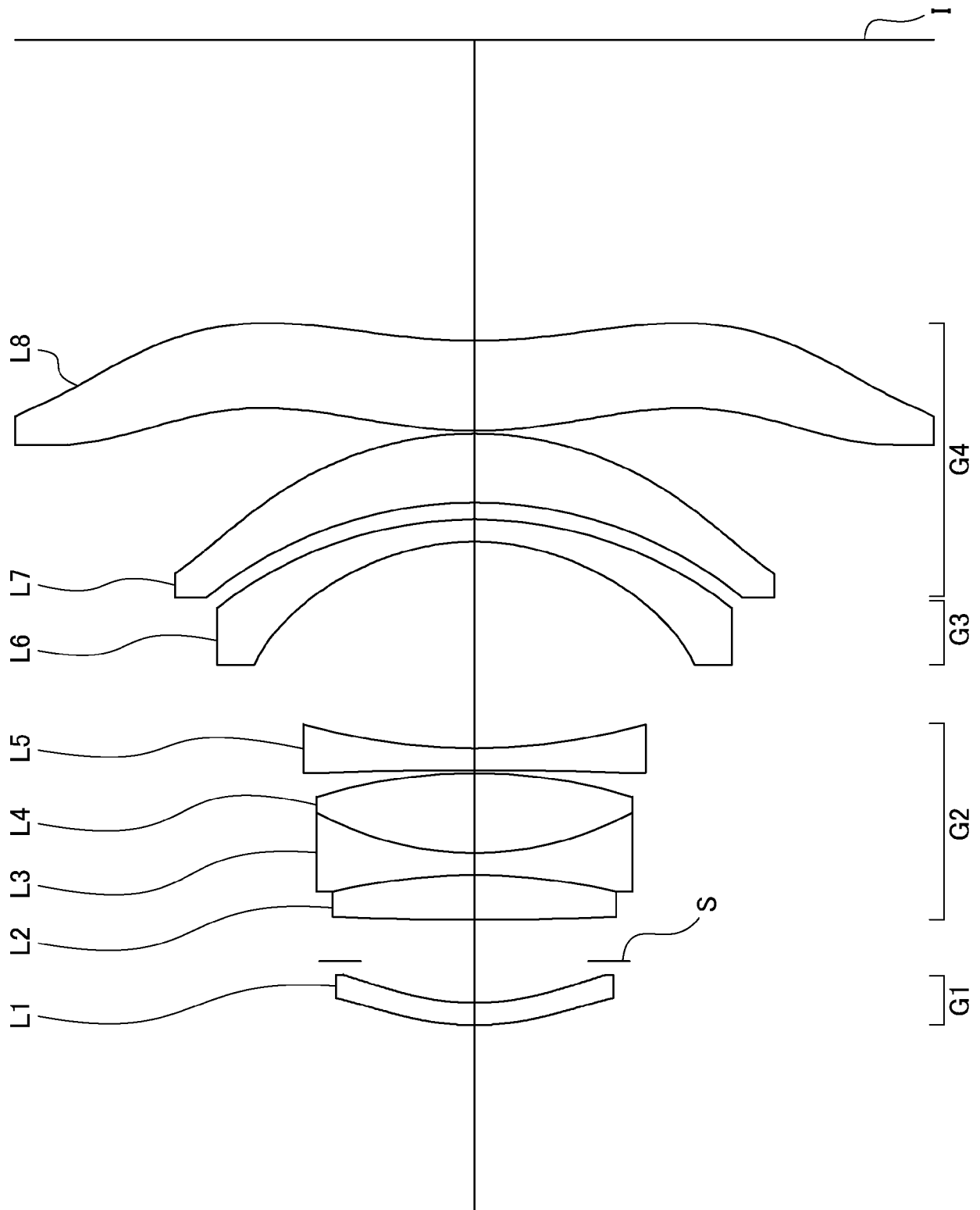


[図8]



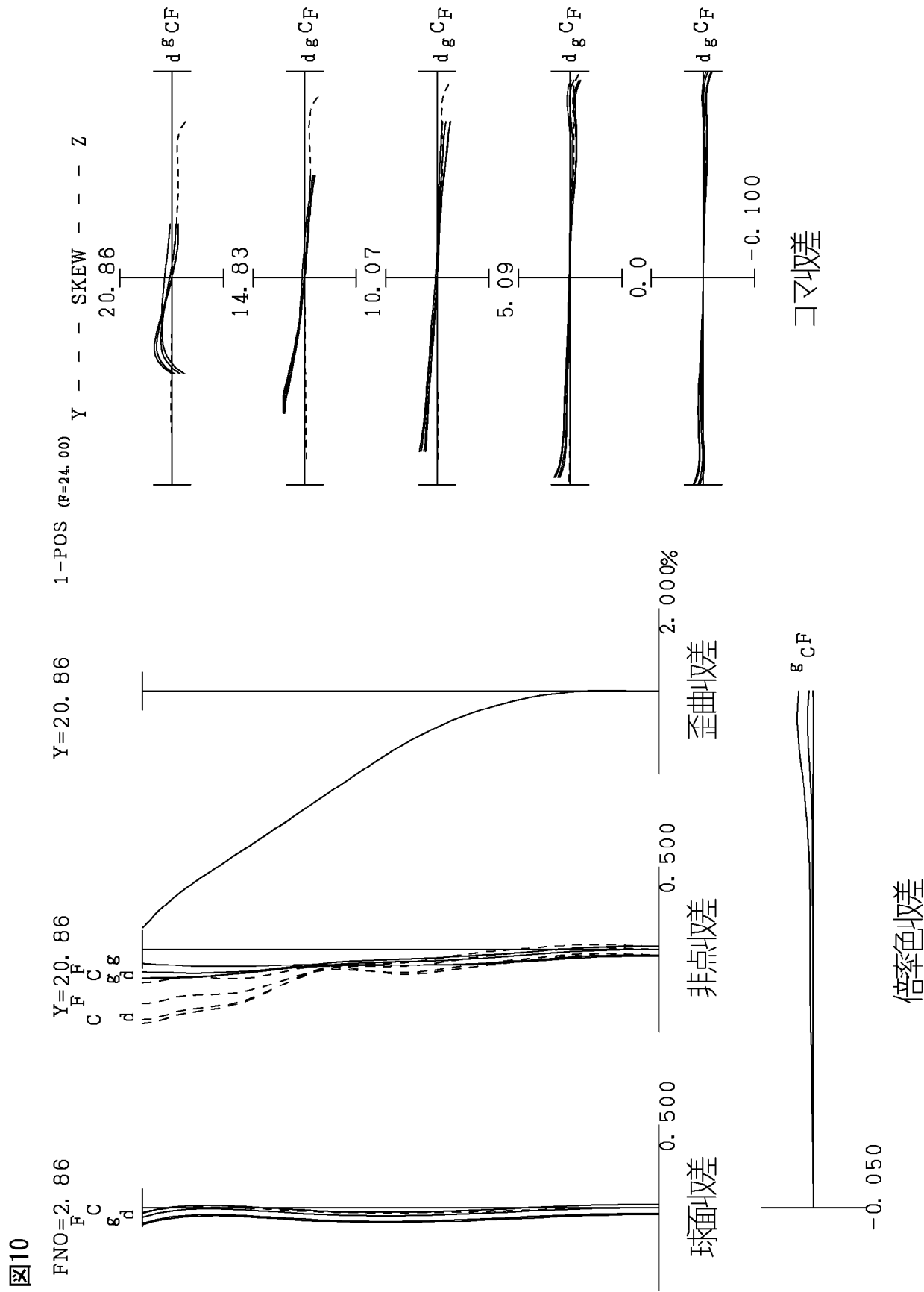
敬啟者

[図9]

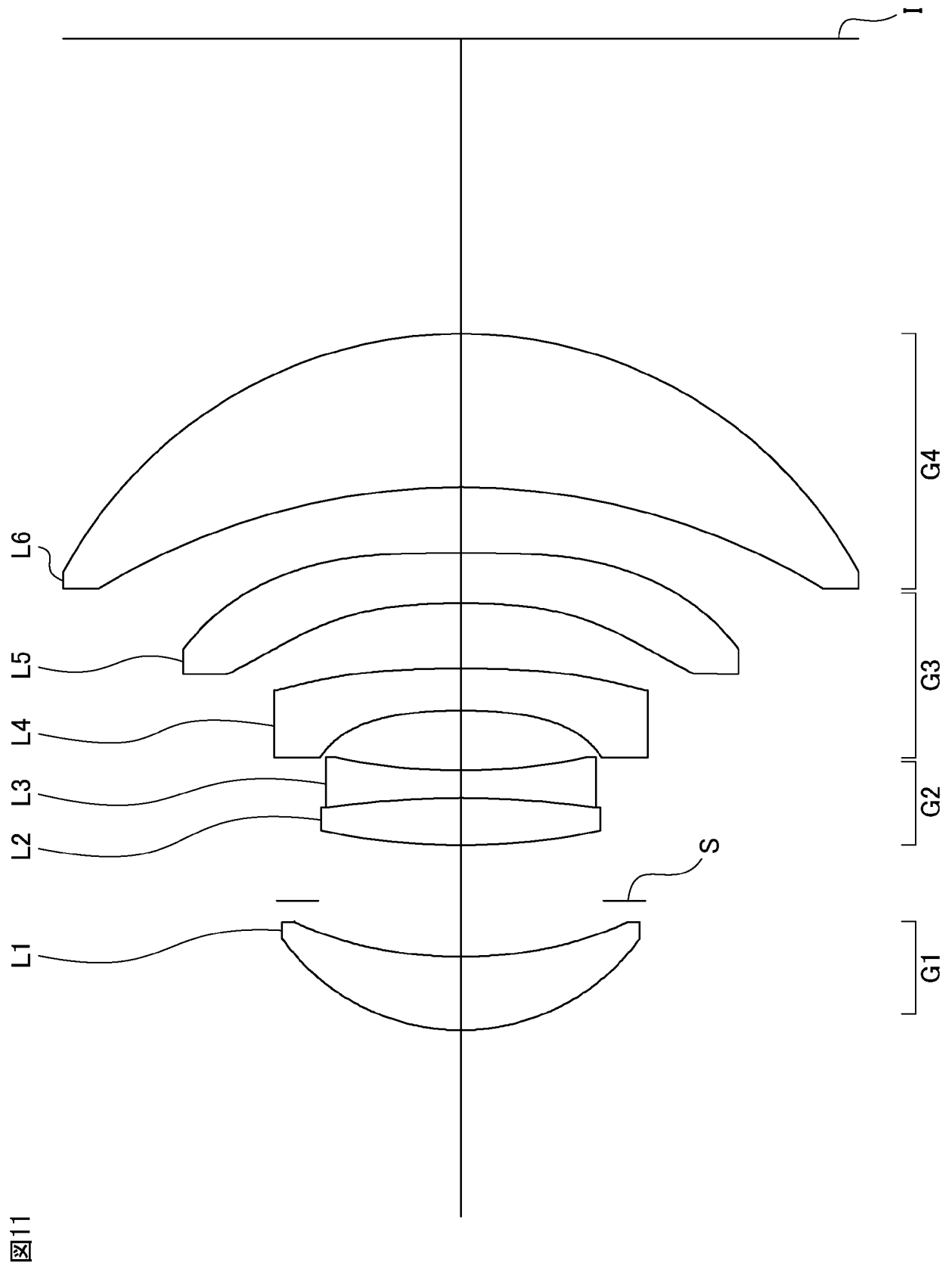


[図9]

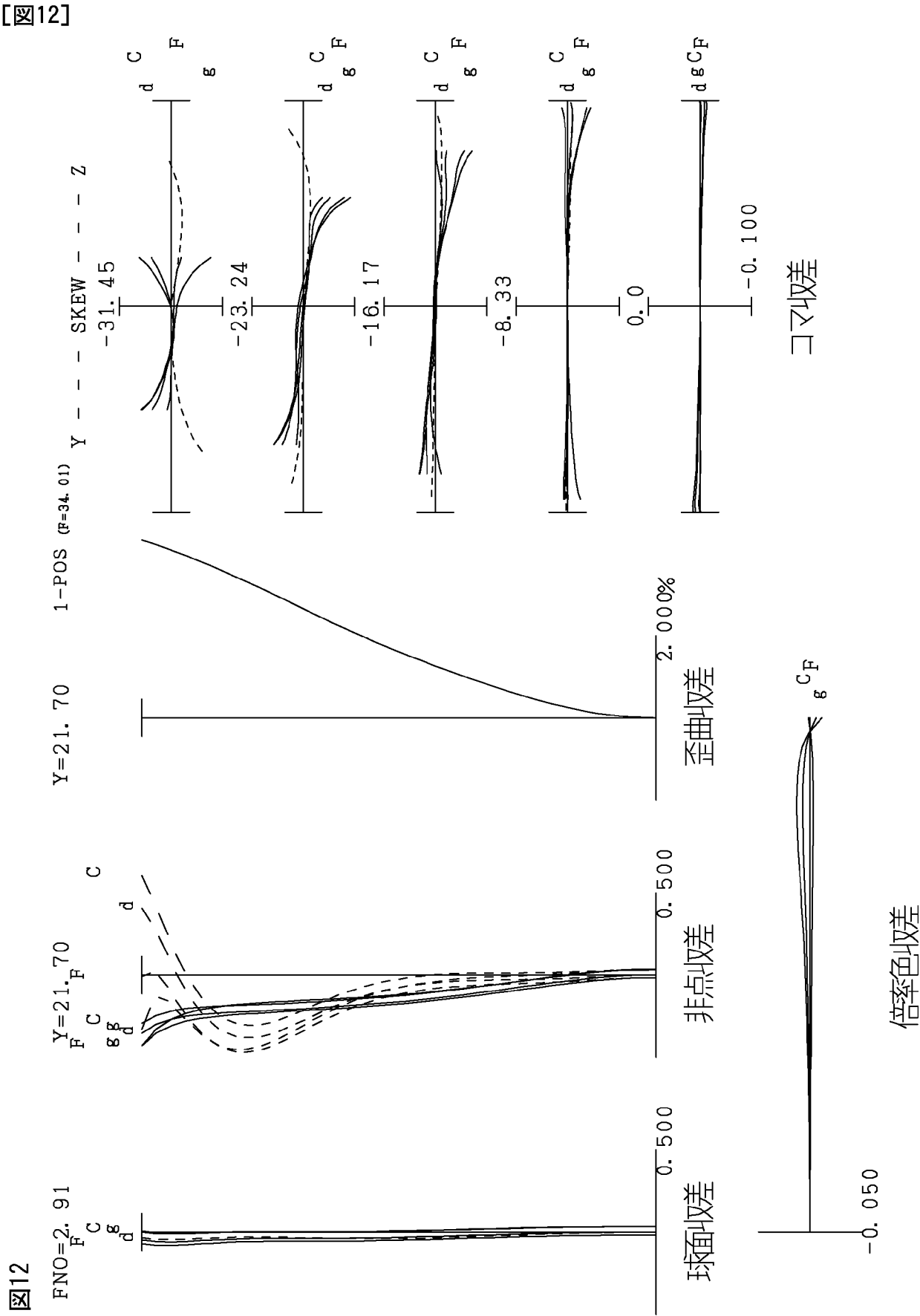
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

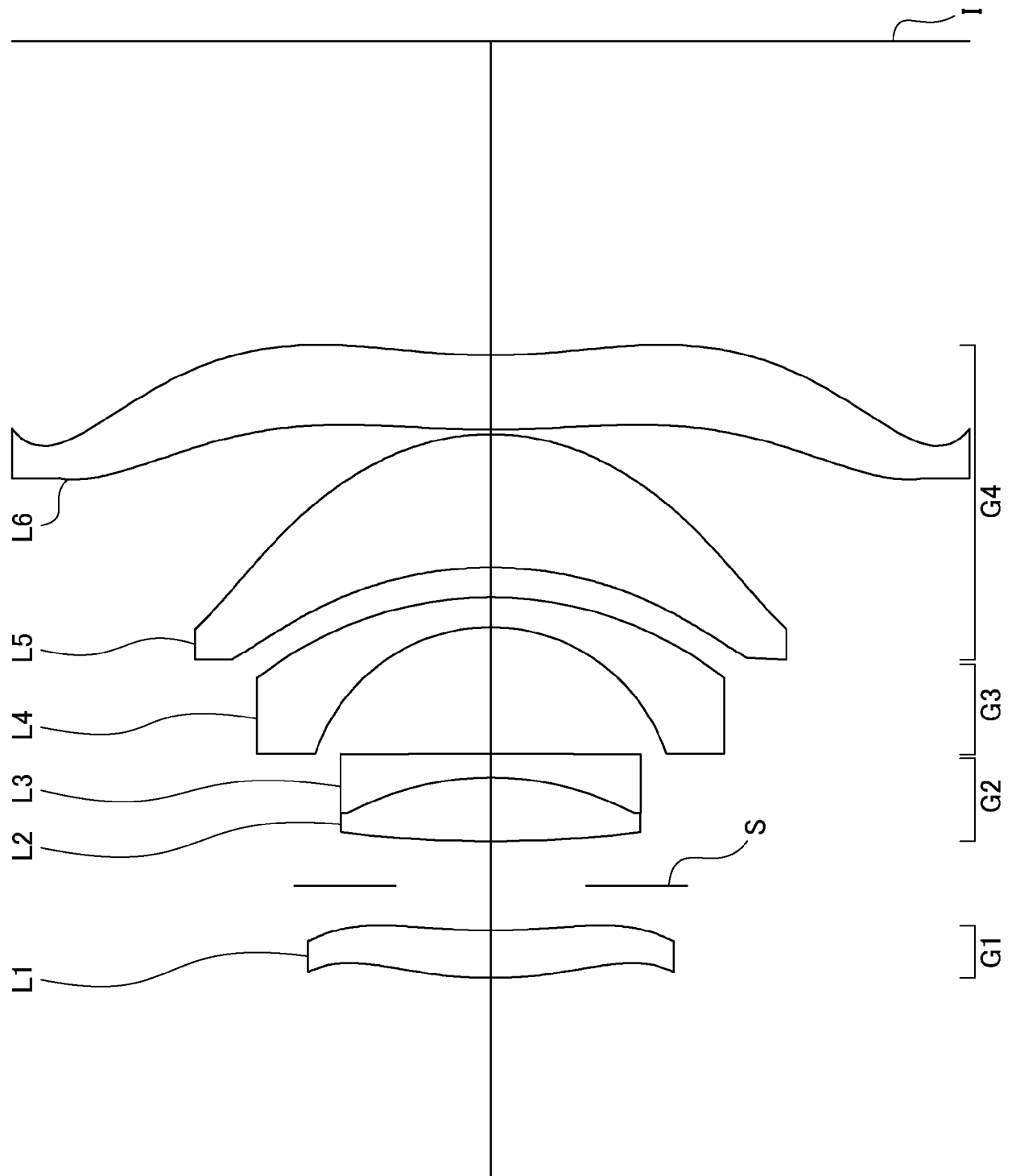
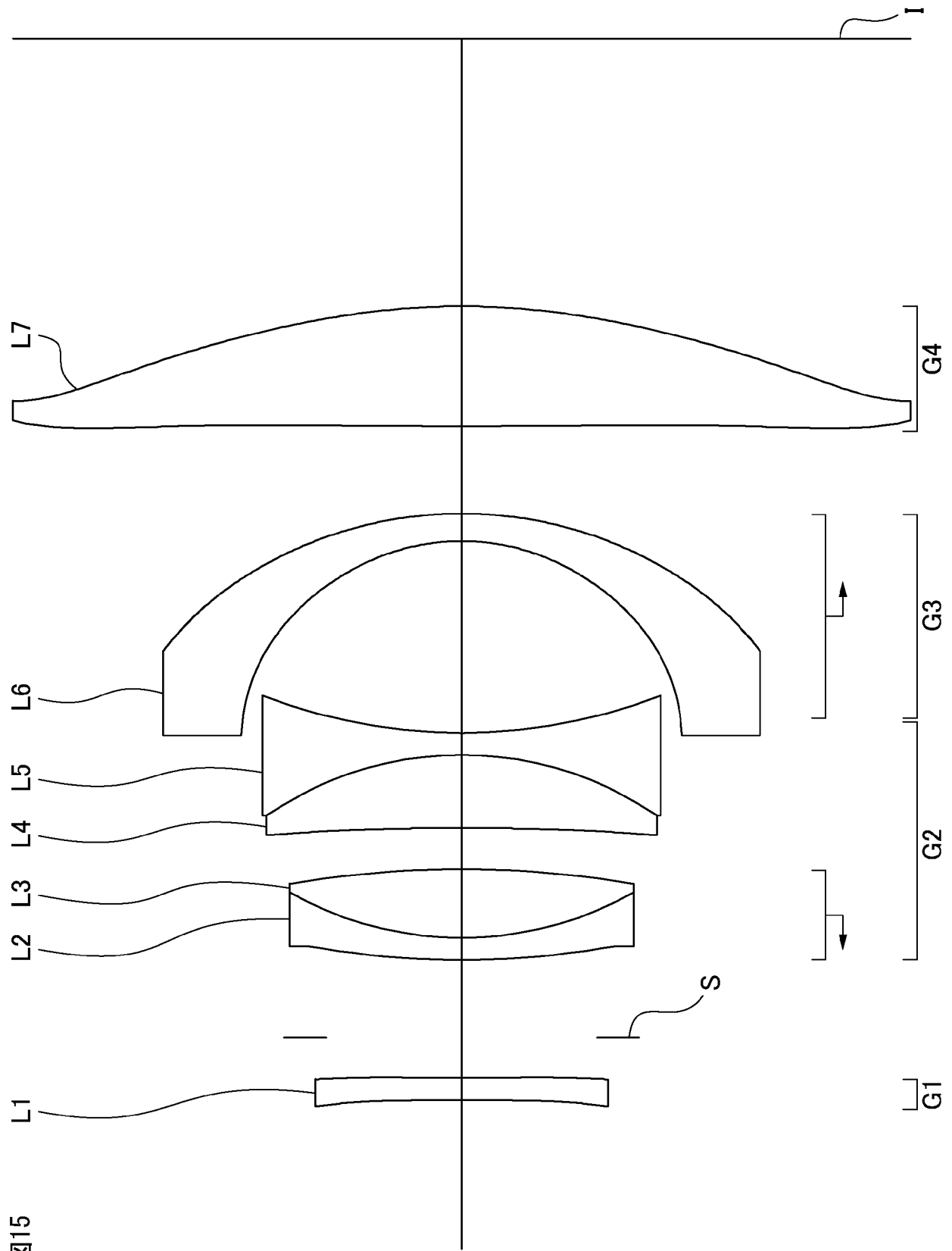
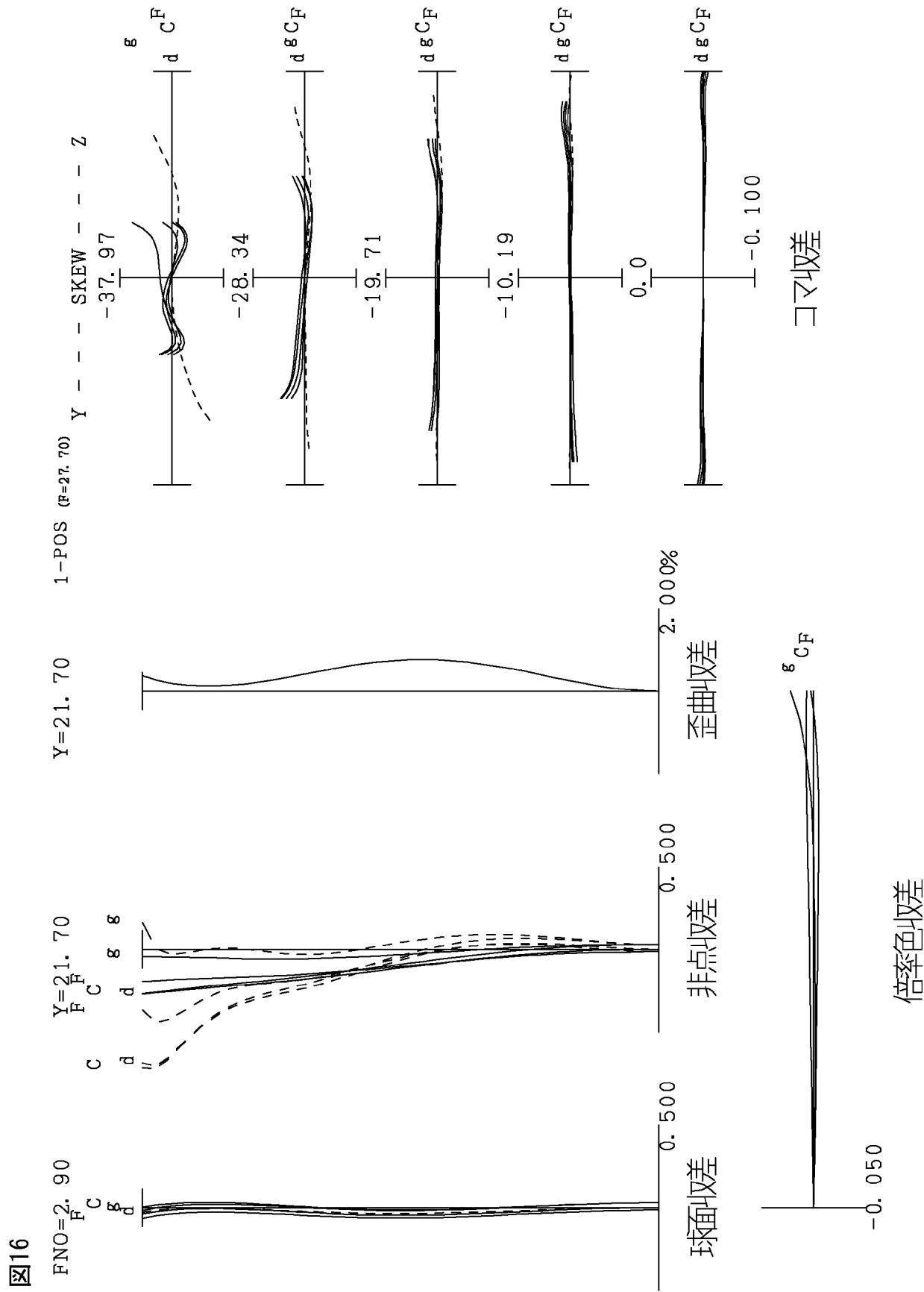


図13

15



[図16]



[図17]

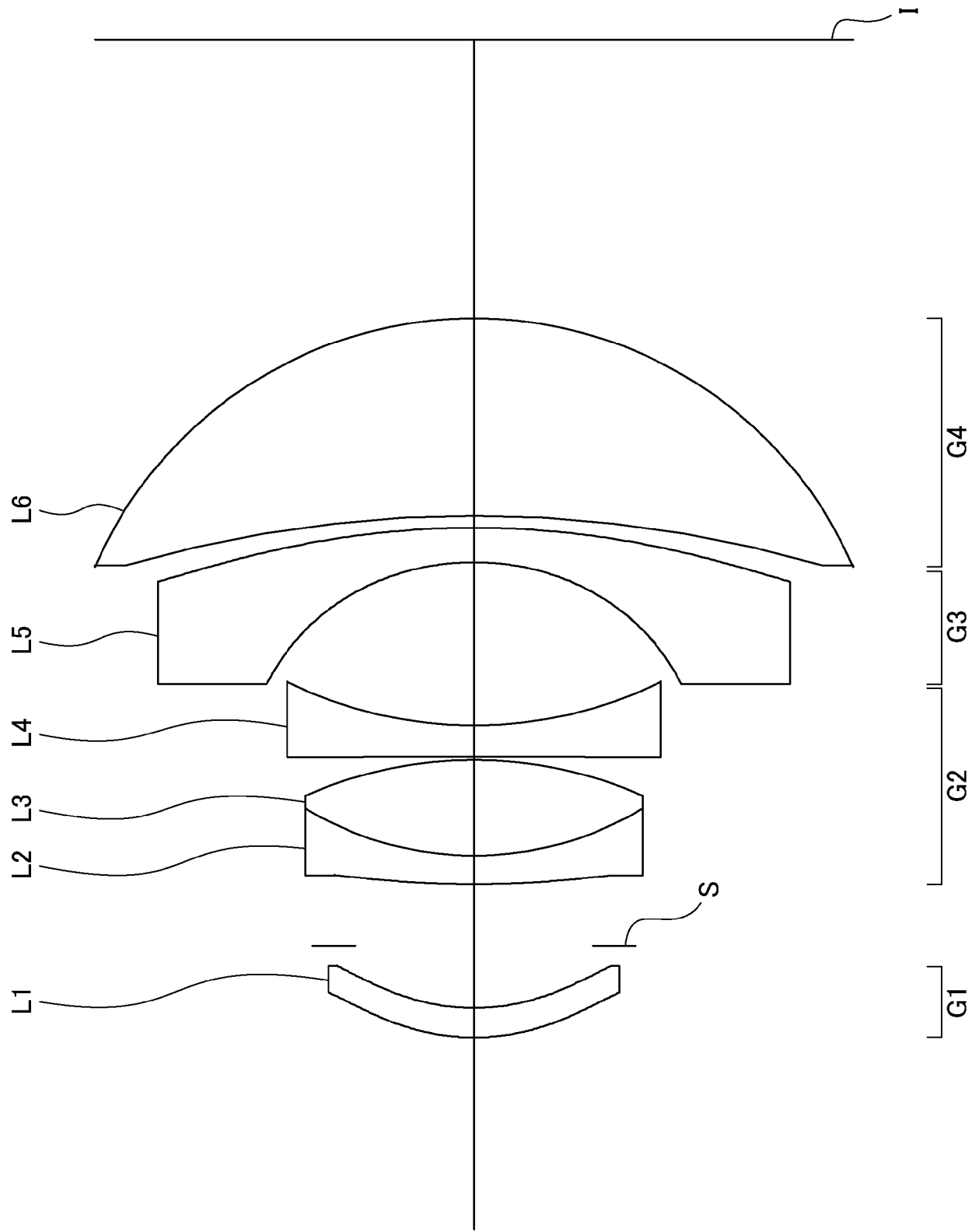
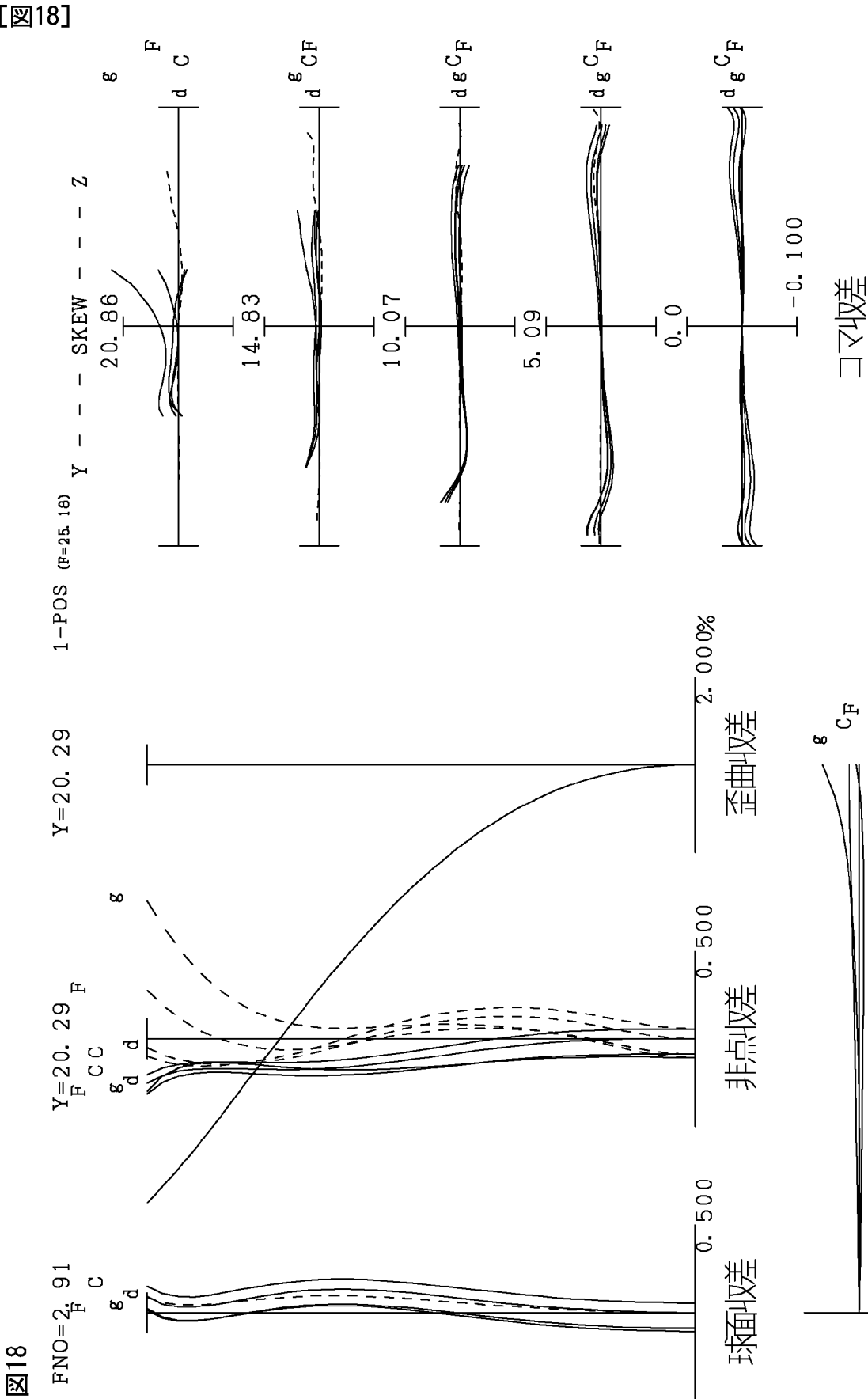


図17

図18



[図19]

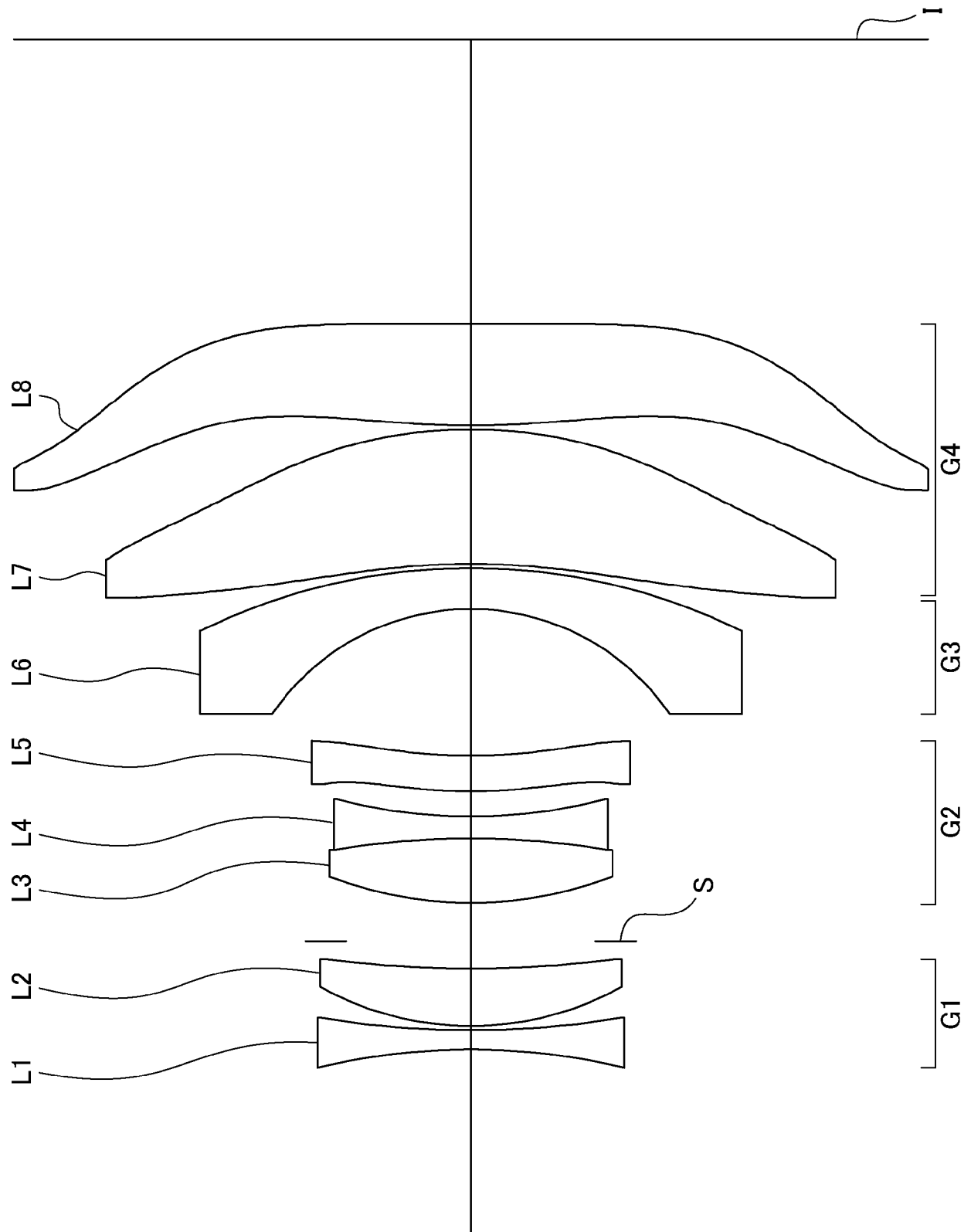
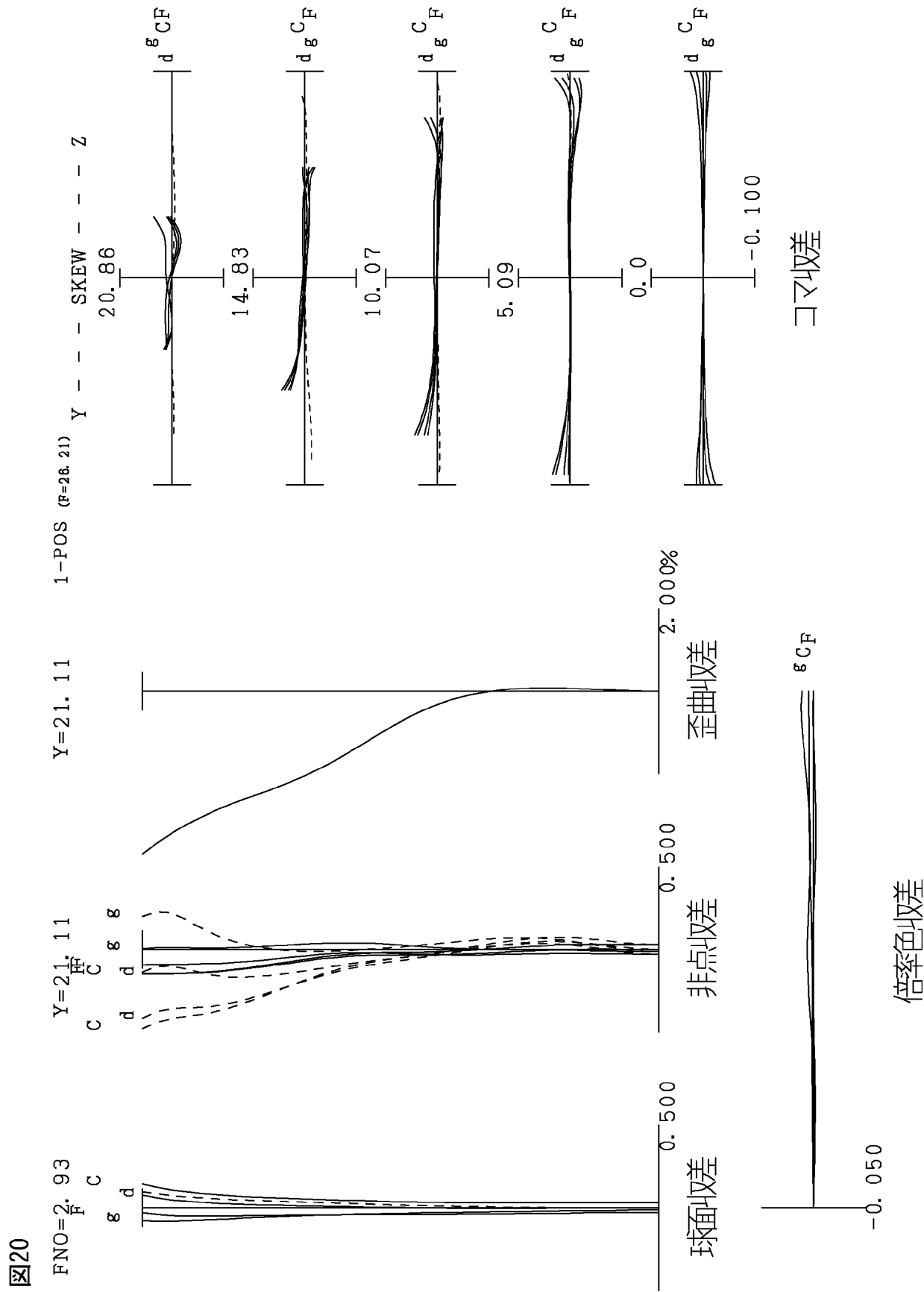


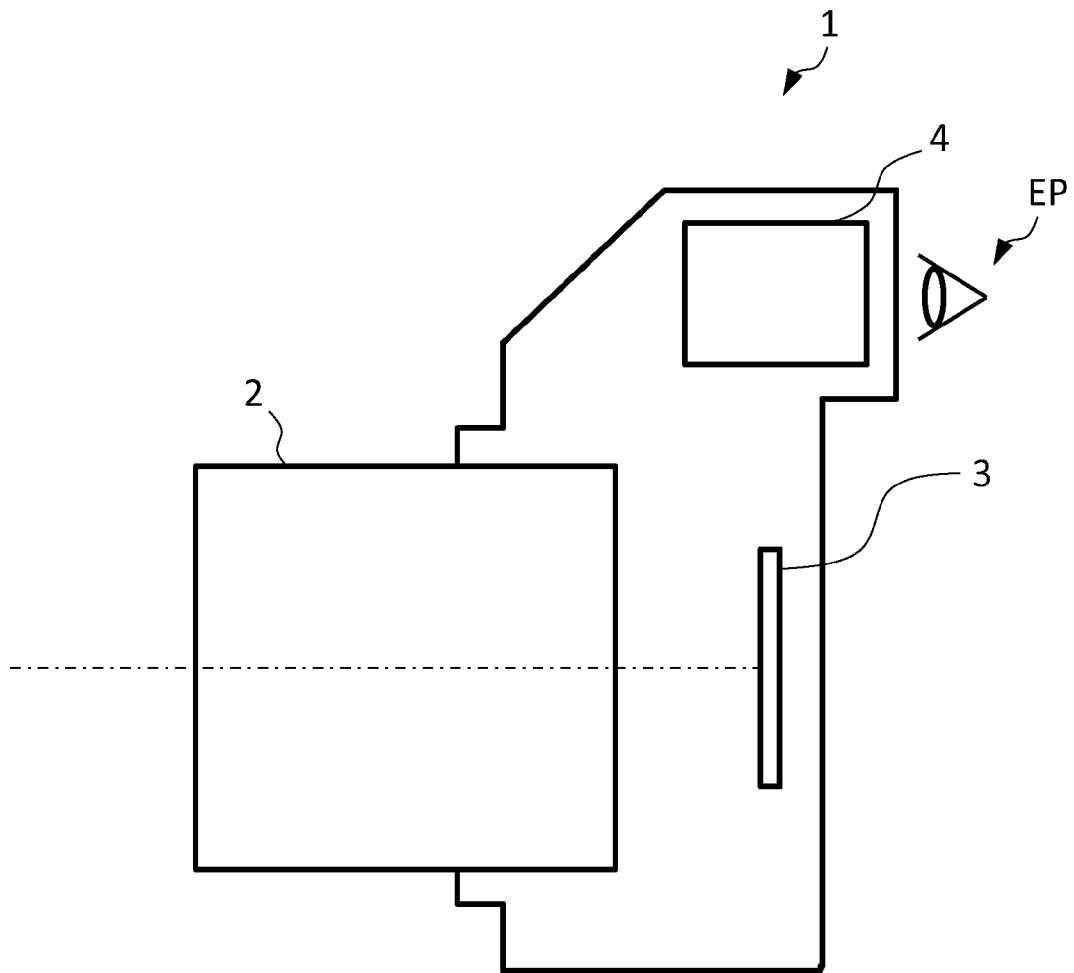
図19

[図20]



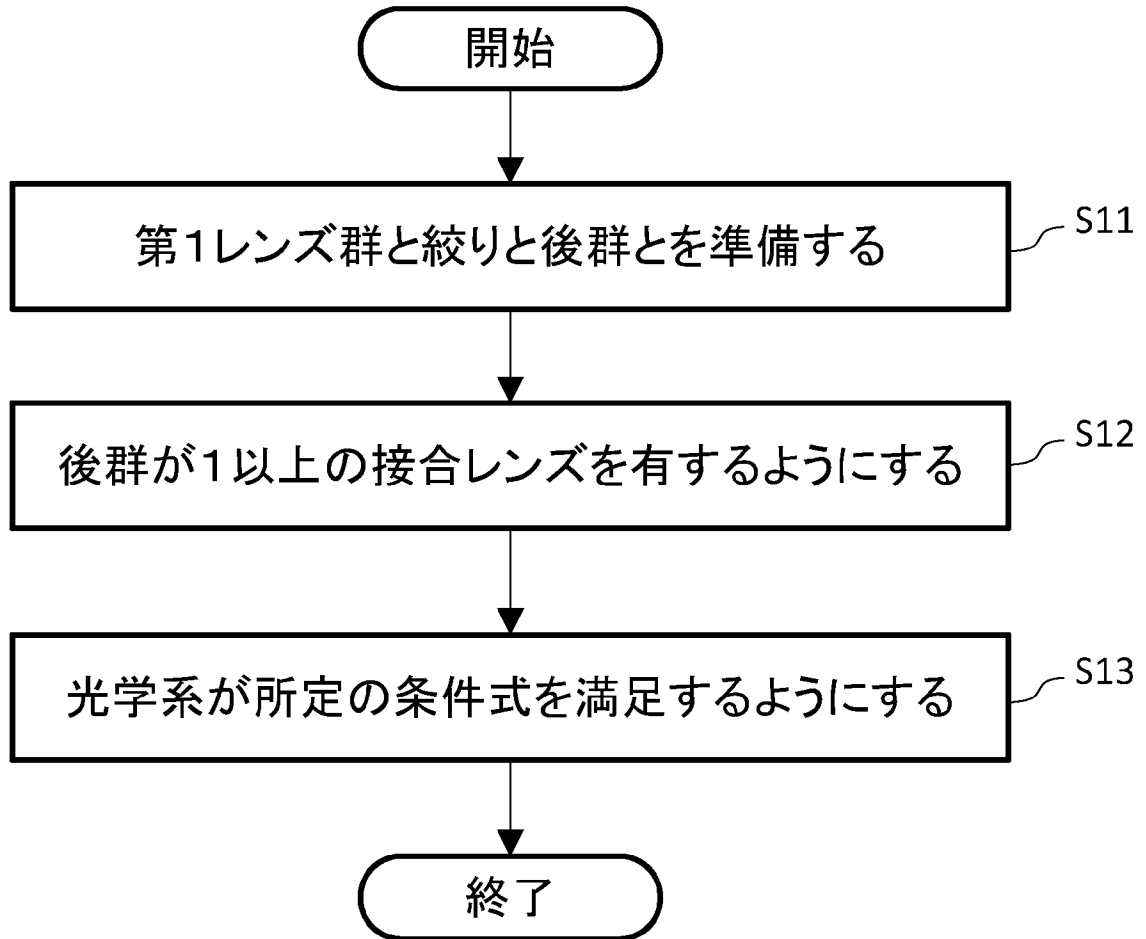
[図21]

図21



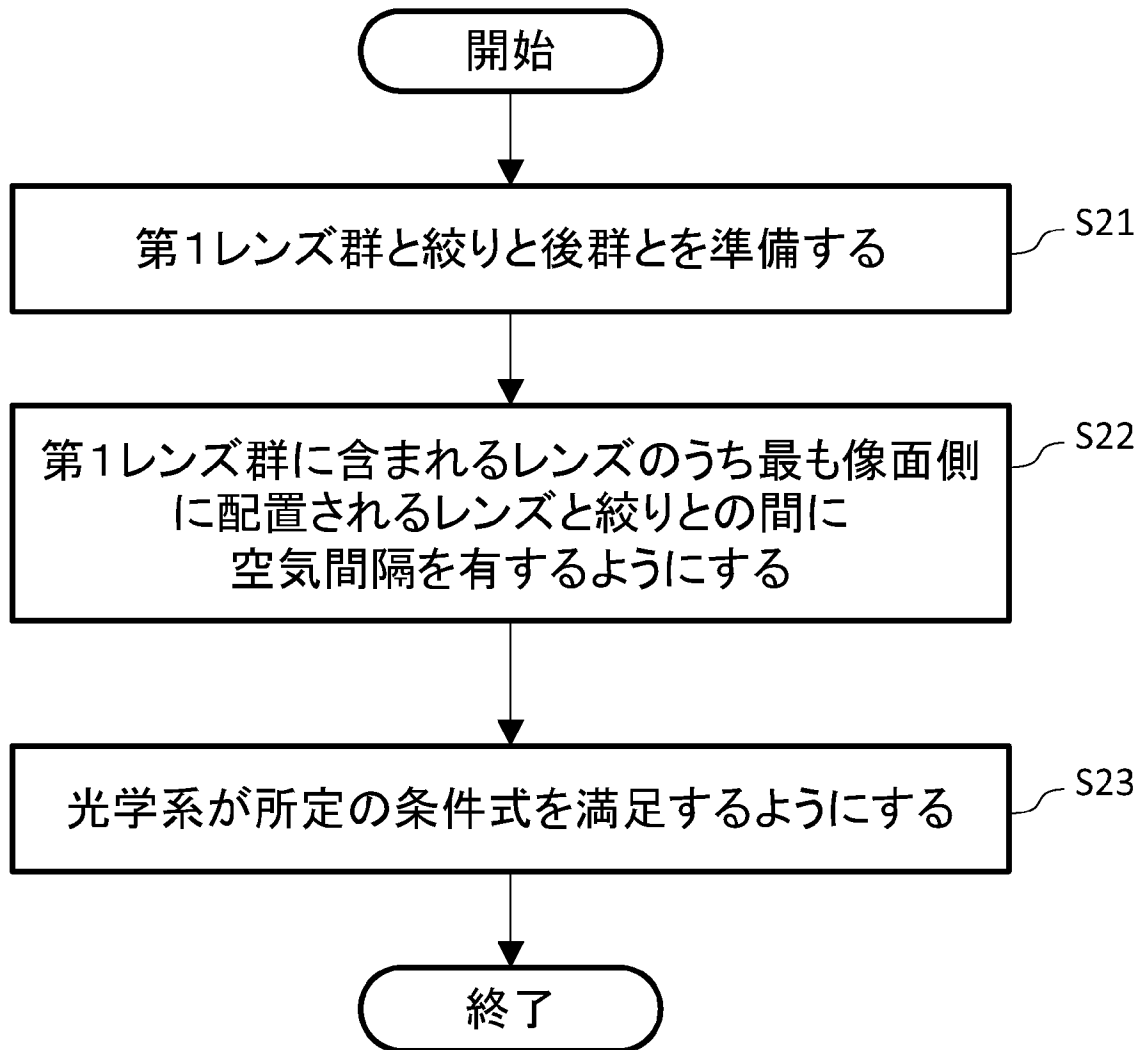
[図22]

図22



[図23]

図23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/020820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 13/00**(2006.01)i; **G02B 13/18**(2006.01)i

FI: G02B13/00; G02B13/18

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)

G02B13/00; G02B13/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 59-083121 A (KONISHIROKU SHASHIN KOGYO KK) 14 May 1984 (1984-05-14) examples 2-5, p. 1, right column, lines 12-15	1-3, 5-8, 10-24
A	entire text, all drawings	4, 9
A	JP 60-153018 A (ASAHI OPTICAL CO LTD) 12 August 1985 (1985-08-12) entire text, all drawings	1-24
A	JP 1-123207 A (MINOLTA CAMERA CO LTD) 16 May 1989 (1989-05-16) entire text, all drawings	1-24
A	JP 2013-238684 A (TAMRON CO LTD) 28 November 2013 (2013-11-28) entire text, all drawings	1-24

☐ 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

04 July 2022

Date of mailing of the international search report

09 August 2022

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/020820

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	59-083121	A	14 May 1984	(Family: none)	
JP	60-153018	A	12 August 1985	(Family: none)	
JP	1-123207	A	16 May 1989	(Family: none)	
JP	2013-238684	A	28 November 2013	(Family: none)	

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; G02B 13/18(2006.01)i FI: G02B13/00; G02B13/18		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B13/00; G02B13/18		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 59-083121 A（小西六写真工業株式会社）14.05.1984（1984-05-14） 実施例2-5, 第1頁右欄12-15行	1-3, 5-8, 10-24
A	全文全図	4, 9
A	JP 60-153018 A（旭光学工業株式会社）12.08.1985（1985-08-12） 全文全図	1-24
A	JP 1-123207 A（ミノルタカメラ株式会社）16.05.1989（1989-05-16） 全文全図	1-24
A	JP 2013-238684 A（株式会社タムロン）28.11.2013（2013-11-28） 全文全図	1-24
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 04.07.2022		国際調査報告の発送日 09.08.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岡田 弘 2V 8361 電話番号 03-3581-1101 内線 3271

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/020820

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	59-083121	A	14.05.1984	(ファミリーなし)	
JP	60-153018	A	12.08.1985	(ファミリーなし)	
JP	1-123207	A	16.05.1989	(ファミリーなし)	
JP	2013-238684	A	28.11.2013	(ファミリーなし)	