

(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
2024年10月3日(03.10.2024)



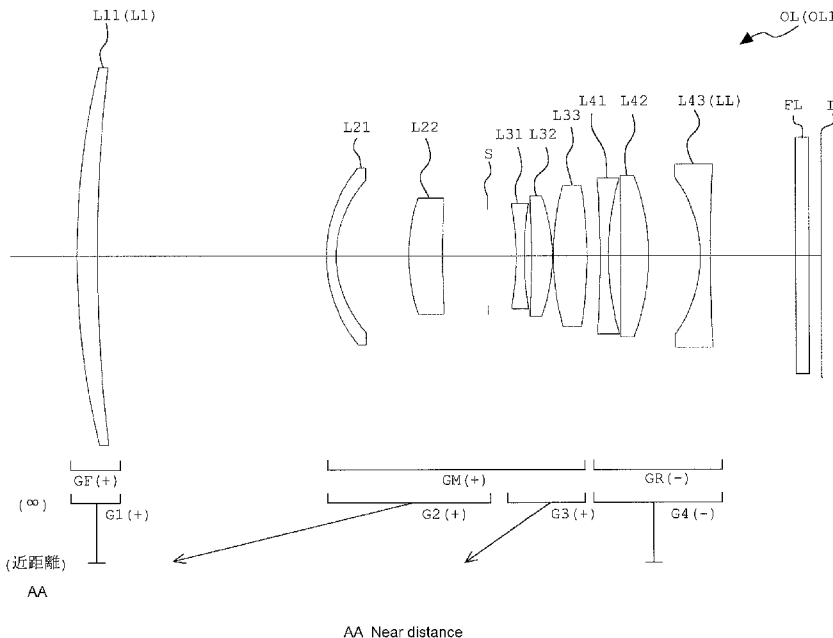
(10) 国際公開番号

WO 2024/203170 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/JP2024/009075
- (22) 国際出願日: 2024年3月8日(08.03.2024)
- (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 2023-049774 2023年3月27日(27.03.2023) 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: 古井田 啓吾 (KOIDA Keigo); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 保坂 丈世 (HOSAKA Joyo); 〒1070052 東京都港区赤坂9-1-7-347 シエラ・クレアーレ特許事務所 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, CV, 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, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

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

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器及び光学系の製造方法



(57) Abstract: Provided are: an optical system in which the imaging magnification thereof is 0.5 or greater and good optical performance is ensured while achieving reduced weight and size; an optical device; and a method for manufacturing the optical system. An optical system OL used in an optical device such as a camera 1 comprises a front group GF, an intermediate group GM, and a rear group GR in the stated order from the object side, and during focusing, the intermediate group GM moves in the optical axis direction, and satisfies the following condition: $0.54 < d1/f < 1.00$, where $d1$ is the

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

distance on the optical axis from the lens surface closest to the image surface side of the front group GF to the lens surface closest to the object side of the intermediate group GM when focused on an object at infinity, and f is the focal length of the entire optical system OL when focused on an object at infinity.

- (57) 要約: 軽量化、小型化を達成しつつ、撮影倍率が0.5倍以上で、良好な光学性能を確保することができる光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供する。カメラ1等の光学機器に用いられる光学系OLは、物体側から順に、前群GFと、中間群GMと、後群GRとから構成され、合焦時に、中間群GMが光軸方向に移動し、次式の条件を満足する。 $0.54 < d1/f < 1.00$ 但し、 $d1$: 無限遠物体合焦時の前群GFの最も像面側のレンズ面から中間群GMの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離 f : 無限遠物体合焦時の光学系OLの全系の焦点距離

明 細 書

発明の名称：光学系、光学機器及び光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、光学機器及び光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、小型・軽量のマクロレンズが提案されている（例えば、特許文献1参照）。しかしながら、さらなる光学性能の向上が要望されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-148808号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第一の態様に係る光学系は、物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成され、合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足する。

$$0.54 < d1/f < 1.00$$

但し、

d1：無限遠物体合焦時の前記前群の最も像面側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

f：無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

[0005] 本発明の第二の態様に係る光学系は、物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成され、合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動し、次式の条件を満足する。

$$32.00 < TL/DF < 80.00$$

$$1.00 < DM/DR < 4.00$$

但し、

TL：無限遠物体合焦時の前記光学系の光学全長

DF：前記前群の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

光軸上の距離

DM：無限遠物体合焦時の前記中間群の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光軸上の距離

DR：前記後群の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光軸上の距離

[0006] 本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成された光学系の製造方法であって、合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動するように配置し、次式の条件を満足するように配置する。

$$0.54 < d1/f < 1.00$$

但し、

d1：無限遠物体合焦時の前記前群の最も像面側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

f：無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

[0007] 本発明の第二の態様に係る光学系の製造方法は、物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成された光学系の製造方法であって、合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動するように配置し、次式の条件を満足するように配置する。

$$32.00 < TL/DF < 80.00$$

$$1.00 < DM/DR < 4.00$$

但し、

TL：無限遠物体合焦時の前記光学系の光学全長

DF：前記前群の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光軸上の距離

DM：無限遠物体合焦時の前記中間群の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光軸上の距離

DR：前記後群の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光軸上の距離

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図2A]第1実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図2B]第1実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図3]第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図4A]第2実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図4B]第2実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図5]第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図6A]第3実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図6B]第3実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図7]第4実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図8A]第4実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図8B]第4実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図9]第5実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図10A]第5実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図10B]第5実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図11]第6実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図12A]第6実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図12B]第6実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図13]第7実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図14A]第7実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。
- [図14B]第7実施例に係る光学系の近距離物体合焦時の諸収差図である。
- [図15]上記光学系を搭載するカメラの断面図である。
- [図16]上記光学系の製造方法を説明するための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、好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

[0010] (第1の実施形態)

第1の実施形態に係る光学系OLは、図1に示すように、物体側から順に

、前群G Fと、中間群G Mと、後群G Rとから構成され、合焦時に、中間群G Mが光軸方向に移動する。この構成により、光学系O Lの軽量化、小型化を達成しつつ、撮影倍率が0.5倍以上で、良好な光学性能を確保することができる。

[0011] また、第1の実施形態に係る光学系O Lは、以下に示す条件式(1)を満足することが望ましい。

$$[0012] \quad 0.54 < d1 / f < 1.00 \quad (1)$$

但し、

d1：無限遠物体合焦時の前群G Fの最も像面側のレンズ面から中間群G Mの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

f：無限遠物体合焦時の光学系O Lの全系の焦点距離

[0013] 条件式(1)は、無限遠物体合焦時の、光学系O Lの全系の焦点距離に対する前群G Fの最も像面側のレンズ面から中間群G Mの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離、すなわち、前群G Mと中間群G Mとの間隔の比を規定している。この条件式(1)を満足することにより、光学系O Lにおいて、軽量・小型で、撮影倍率0.5倍以上を達成しながら、合焦時の収差補正を良好にすることができる。条件式(1)の上限値を上回ると、中間群G Mでの合焦時における球面収差、像面湾曲、コマ収差等を良好に補正することができるが、光学系O Lの軽量化、小型化が困難となるため好ましくない。なお、条件式(1)の効果を確実なものとするために、条件式(1)の上限値を0.90、0.85、0.80、更に0.75とすることがより望ましい。また、条件式(1)の下限値を下回ると、光学系O Lを小型化することができるが、中間群G Mでの合焦時における球面収差、像面湾曲、コマ収差等の補正が困難となり好ましくない。なお、条件式(1)の効果を確実なものとするために、条件式(1)の下限値を0.58、0.60、更に0.63とすることがより望ましい。

[0014] (第2の実施形態)

第2の実施形態に係る光学系O Lは、図1に示すように、物体側から順に

、前群G Fと、中間群G Mと、後群G Rとから構成され、合焦時に、中間群G Mが光軸方向に移動する。この構成により、光学系O Lの軽量化、小型化を達成しつつ、撮影倍率が0.5倍以上で、良好な光学性能を確保することができる。

[0015] また、第2の実施形態に係る光学系O Lは、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

$$[0016] \quad 32.00 < TL/DF < 80.00 \quad (2)$$

但し、

TL：無限遠物体合焦時の光学系O Lの光学全長（空気換算長）

DF：前群G Fの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光軸上の距離

[0017] 条件式(2)は、前群G Fの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光軸上の距離（前群G Fの光軸上の厚さ）に対する無限遠物体合焦時の光学系O Lの光学全長の比を規定している。この条件式(2)を満足することにより、光学系O Lの軽量化、小型化を達成しながら、収差補正を容易に行うことができる。条件式(2)の上限値を上回ると、光学系O Lの光学全長に対して前群G Fの光軸上の厚さ（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光軸上の距離）が厚くなるため、球面収差、色収差、コマ収差等を良好に補正することができるが、光学系O Lの光学全長が短くなりすぎると、合焦時の像面湾曲、非点収差、コマ収差の発生が大きくなるため好ましくない。なお、条件式(2)の効果を確実なものとするために、条件式(2)の上限値を75.00、更に70.00とすることがより望ましい。また、条件式(2)の下限値を下回ると、光学系O Lの光学全長に対して前群G Fの光軸上の厚さが薄くなるため、光学系O Lの光学全長を短くすることができるが、前群G Fでの収差補正が十分ではなくなり球面収差、コマ収差等、像面湾曲等の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(2)の効果を確実なものとするために、条件式(2)の下限値を33.50、更に35.00とすることがより望ましい。

[0018] また、第2の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(3)を満足することが望ましい。

$$[0019] \quad 1.00 < DM/DR < 4.00 \quad (3)$$

但し、

DM：無限遠物体合焦時の中間群GMの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光軸上の距離

DR：後群GRの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光軸上の距離

[0020] 条件式(3)は、後群GRの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光軸上の距離（後群GRの光軸上の厚さ）に対する無限遠物体合焦時の中間群GMの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光軸上の距離（中間群GMの光軸上の厚さ）の比を規定している。この条件式(3)を満足することにより、光学系OLの軽量化、小型化を達成しながら、明るさと画角に対する収差補正を良好に行うことができる。条件式(3)の上限値を上回ると、中間群GMの光軸上の厚さが後群GRの光軸上の厚さに対して厚くなるため、球面収差やコマ収差等を良好に補正することができるが、光学系OLの全長の短縮時に像面湾曲、非点収差等の画角に対する収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(3)の効果を確実なものとするために、条件式(3)の上限値を3.50、3.00、更に2.50とすることがより望ましい。また、条件式(3)の下限値を下回ると、後群GRの光軸上の厚さが中間群GMの光軸上の厚さに対して厚くなるため、像面湾曲、非点収差等を良好に補正することができるが、光学系OLの全長が短いときには明るさに対する収差である球面収差、コマ収差等の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(3)の効果を確実なものとするために、条件式(3)の下限値を1.25、1.50、更に1.75とすることがより望ましい。

[0021] また、第1及び第2の実施形態（以下、単に「本実施形態」と呼ぶ）に係る光学系OLは、以下に示す条件式(4)を満足することが望ましい。

$$[0022] \quad 0.20 < d1 / TL < 0.40 \quad (4)$$

但し、

$d1$: 無限遠物体合焦時の前群GFの最も像面側のレンズ面から中間群GMの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

TL : 無限遠物体合焦時の光学系OLの光学全長（空気換算長）

[0023] 条件式(4)は、無限遠物体合焦時の、光学系OLの光学全長に対する前群GFの最も像面側のレンズ面から中間群GMの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離（前群GFと中間群GMとの間隔）の比を規定している。この条件式(4)を満足することにより、光学系OLにおいて、軽量・小型で、撮影倍率0.5倍以上を達成しながら、合焦時の収差を良好に補正することができる。条件式(4)の上限値を上回ると、中間群GMでの合焦時における球面収差、像面湾曲、コマ収差等を良好に補正することができるが、光学系OLの小型化が困難となるため好ましくない。なお、条件式(4)の効果を確実なものとするために、条件式(4)の上限値を0.38、更に0.35とすることがより望ましい。また、条件式(4)の下限値を下回ると、光学系OLの小型化を実現することができるが、中間群GMでの合焦時における球面収差、像面湾曲、コマ収差等の補正が困難となり好ましくない。なお、条件式(4)の効果を確実なものとするために、条件式(4)の下限値を0.23、更に0.25とすることがより望ましい。

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

$$[0025] \quad 17.00 < (DF + DM + DR) / DF < 40.00 \quad (5)$$

但し、

DF : 前群GFの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光軸上の距離

DM : 無限遠物体合焦時の中間群GMの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光軸上の距離

DR : 後群GRの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

光軸上の距離

[0026] 条件式（５）は、前群ＧＦの光軸上の厚さに対する前群ＧＦ、中間群ＧＭ及び後群ＧＲの光軸上の厚さの和の比を規定している。この条件式（５）を満足することにより、光学系ＯＬの像面湾曲、非点収差、球面収差、コマ収差等を良好に補正することができる。条件式（５）の上限値を上回ると、全体の厚さ（前群ＧＦ、中間群ＧＭ及び後群ＧＲの光軸上の厚さの和）に対して前群ＧＦの光軸上の厚さが薄くなるため、光学系ＯＬの球面収差やコマ収差等を良好に補正することができるが、像面湾曲、非点収差等を良好に補正することが困難となるため好ましくない。なお、条件式（５）の効果を確実なものとするために、条件式（５）の上限値を３９．００、３８．００、３７．００、更に３６．５０とすることがより望ましい。また、条件式（５）の下限値を下回ると、全体の厚さに対して前群ＧＦの光軸上の厚さが厚くなるため、光学系ＯＬの像面湾曲、非点収差等を良好に補正することができるが、球面収差やコマ収差等を良好に補正することが困難となるため好ましくない。なお、条件式（５）の効果を確実なものとするために、条件式（５）の下限値を１７．５０、１８．００、１８．５０、更に１８．８０とすることがより望ましい。

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

$$[0028] \quad 0.80 < (1 - \beta M^2) \times \beta R^2 < 2.00 \quad (6)$$

但し、

βM ：無限遠物体合焦時の中間群ＧＭの横倍率

βR ：無限遠物体合焦時の後群ＧＲの横倍率

[0029] 条件式（６）は、中間群ＧＭで合焦を行うための条件を規定している。この条件式（６）を満足することにより、光学系ＯＬにおいて、合焦時の像面位置変化を適正に保ちながら軽量化、小型化を達成し、合焦時の収差変動を抑制することができる。条件式（６）の上限値を上回ると、光学系ＯＬの合焦時の収差変動抑制や小型化を達成することができるが、合焦時の像面位置

変化が大きくなり、合焦群である中間群GMを動作させるアクチュエータの選択が制限されるため好ましくない。なお、条件式(6)の効果を確実なものとするために、条件式(6)の上限値を1.90、1.85、更に1.80とすることがより望ましい。また、条件式(6)の下限値を下回ると、光学系OLの合焦時の像面位置変化は小さくなり、アクチュエータの選択が制限されにくいため好ましいが、合焦時の収差変動の抑制や小型化の達成が困難となるため好ましくない。なお、条件式(6)の効果を確実なものとするために、条件式(6)の下限値を0.90、1.00、更に1.10とすることがより望ましい。

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

$$[0031] \quad -0.50 < f/f_F < 0.30 \quad (7)$$

但し、

f : 無限遠物体合焦時の光学系OLの全系の焦点距離

f_F : 前群GFの焦点距離

[0032] 条件式(7)は、前群GFの焦点距離に対する無限遠物体合焦時の光学系OLの全系の焦点距離の比を規定している。この条件式(7)を満足することにより、光学系OLにおいて、球面収差、コマ収差、像面湾曲、非点収差等の諸収差を良好に補正することができ、また合焦時における収差変動も良好に抑制することができる。なお、条件式(7)の効果を確実なものとするために、条件式(7)の上限値を0.25、0.20、更に0.15とすることがより望ましい。また、条件式(7)の効果を確実なものとするために、条件式(7)の下限値を-0.40、-0.30、更に-0.20とすることがより望ましい。

[0033] また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、最も像面側に配置されたレンズ成分LLは、負の屈折力を有することが望ましい。この構成により、光学系OLの像面湾曲、非点収差を良好に補正することができる。

[0034] また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、前群GFは、1つのレンズ

で構成されていることが望ましい。この構成により、光学系OLの軽量化、小型化を達成しながら、合焦時の収差変動を良好に抑制することができる。

[0035] また、本実施形態に係る光学系OLは、中間群GM内に絞り（例えば、図1における開口絞りS）を有し、合焦時に、絞りが光軸方向に移動することが望ましい。合焦時に絞りが中間群GMとともに光軸方向に移動することにより、合焦時の像面湾曲、非点収差、コマ収差の変動を良好に抑制することができる。

[0036] また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、中間群GMは、正の屈折力を有することが望ましい。この構成により、光学系OLの像面湾曲、球面収差、コマ収差、歪曲収差等の諸収差を良好に補正することができる。

[0037] また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、後群GRは、負の屈折力を有することが望ましい。この構成により、光学系OLの像面湾曲、球面収差、コマ収差、歪曲収差等の諸収差を良好に補正することができる。

[0038] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式（8）を満足することが望ましい。

$$[0039] \quad 0.50 < f_M / f < 1.10 \quad (8)$$

但し、

f_M ：無限遠物体合焦時の中間群GMの焦点距離

f ：無限遠物体合焦時の光学系OLの全系の焦点距離

[0040] 条件式（8）は、無限遠物体合焦時の、光学系OLの全系の焦点距離に対する中間群GMの焦点距離の比を規定している。この条件式（8）を満足することにより、光学系OLにおいて、球面収差、コマ収差等を良好に補正することができる。なお、条件式（8）の効果を確実なものとするために、条件式（8）の上限値を1.05、更に1.00とすることがより望ましい。また、条件式（8）の効果を確実なものとするために、条件式（8）の下限値を0.55、0.60、更に0.65とすることがより望ましい。

[0041] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式（9）を満足することが望ましい。

$$[0042] \quad 0.50 < (-f_R) / f < 3.00 \quad (9)$$

但し、

f_R : 後群GRの焦点距離

f : 無限遠物体合焦時の光学系OLの全系の焦点距離

[0043] 条件式(9)は、無限遠物体合焦時の、光学系OLの全系の焦点距離に対する後群GRの焦点距離の比を規定している。この条件式(9)を満足することにより、光学系OLにおいて、像面湾曲、倍率色収差、歪曲収差等を良好に補正することができる。なお、条件式(9)の効果を確実なものとするために、条件式(9)の上限値を2.90、2.75、2.60、2.50、更に2.40とすることがより望ましい。また、条件式(9)の効果を確実なものとするために、条件式(9)の下限値を0.60、0.75、0.90、更に1.00とすることがより望ましい。

[0044] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(10)を満足することが望ましい。

$$[0045] \quad 1.00 < (-f_R) / f_M < 3.00 \quad (10)$$

但し、

f_R : 後群GRの焦点距離

f_M : 無限遠物体合焦時の中間群GMの焦点距離

[0046] 条件式(10)は、無限遠物体合焦時の中間群GMの焦点距離に対する後群GRの焦点距離の比を規定している。この条件式(10)を満足することにより、合焦時の収差変動を良好に抑えることができる。条件式(10)の上限値を上回ると、光学系OLにおいて、中間群GMに対して後群GRの屈折力が弱くなり軸上色収差、倍率色収差等を良好に補正することができるが、合焦時の収差変動が大きくなってしまいうため好ましくない。なお、条件式(10)の効果を確実なものとするために、条件式(10)の上限値を2.90、2.80、2.70、更に2.60とすることがより望ましい。また、条件式(10)の下限値を下回ると、光学系OLにおいて、中間群GMに対して後群GRの屈折力が強くなり、合焦時の収差変動を良好に抑制するこ

とができるが、軸上色収差や倍率色収差等の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式（１０）の効果を確実なものとするために、条件式（１０）の下限値を１．１０、１．２０、１．３０、１．４０、更に１．４５とすることがより望ましい。

[0047] また、本実施形態に係る光学系ＯＬは、以下に示す条件式（１１）を満足することが望ましい。

$$[0048] \quad 0.10 < BF/TL < 0.30 \quad (11)$$

但し、

BF：無限遠物体合焦時の光学系ＯＬのバックフォーカス（空気換算長）

TL：無限遠物体合焦時の光学系ＯＬの光学全長（空気換算長）

[0049] 条件式（１１）は、無限遠物体合焦時の光学系ＯＬの光学全長に対するバックフォーカスの比を規定している。この条件式（１１）を満足することにより、光学系ＯＬの軽量化、小型化を達成しつつ、球面収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。なお、条件式（１１）の効果を確実なものとするために、条件式（１１）の上限値を０．２８、更に０．２５とすることがより望ましい。また、条件式（１１）の効果を確実なものとするために、条件式（１１）の下限値を０．１１、０．１２、更に０．１３とすることがより望ましい。

[0050] また、本実施形態に係る光学系ＯＬは、以下に示す条件式（１２）を満足することが望ましい。

$$[0051] \quad -0.40 < f/f_{L1} < 0.30 \quad (12)$$

但し、

f：無限遠物体合焦時の光学系ＯＬの全系の焦点距離

f_{L1}：最も物体側に配置されたレンズ成分Ｌ１の焦点距離

[0052] 条件式（１２）は、光学系ＯＬの最も物体側に配置されたレンズ成分Ｌ１の焦点距離に対する無限遠物体合焦時の光学系ＯＬの全系の焦点距離の比を規定している。この条件式（１２）を満足することにより、光学系ＯＬにおける、球面収差、コマ収差、像面湾曲、非点収差等の諸収差を良好に補正す

ることができ、合焦時における収差変動も良好に抑制することができる。なお、条件式（１２）の効果を確実なものとするために、条件式（１２）の上限値を０．２５、０．２０、０．１５、更に０．１２とすることがより望ましい。また、条件式（１２）の効果を確実なものとするために、条件式（１２）の下限値を－０．３５、－０．３０、－０．２５、更に－０．２０とすることがより望ましい。

[0053] なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

[0054] 次に、本実施形態に係る光学系ＯＬを備えた光学機器であるカメラを図１５に基づいて説明する。このカメラ１は、撮影レンズ２として本実施形態に係る光学系ＯＬを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ１において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ２で集光されて、不図示のＯＬＰＦ（Optical low pass filter：光学ローパスフィルター）を介して撮像部３の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部３に設けられた光電変換素子（撮像素子）により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ１に設けられたＥＶＦ（Electronic view finder：電子ビューファインダー）４に表示される。これにより撮影者は、ＥＶＦ４を介して被写体を観察することができる。

[0055] また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部３により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ１による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る光学系ＯＬを搭載した場合でも、上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。

[0056] なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能で

ある。

[0057] 本実施形態では、後述するように、3群または4群構成の光学系OLを示したが、以上の構成条件等は、5群、6群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、光学系OLの最も像面側に、合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。また、レンズ群とは、特に境界を指定しない限りは、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。また、レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

[0058] また、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群としても良い。この場合、合焦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（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。特に、3群構成の場合は第2レンズ群G2を、4群構成の場合は第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3の少なくとも一方を合焦群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。

[0059] また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振群としてもよい。特に、3群構成の場合は第2レンズ群G2の少なくとも一部を、4群構成の場合は第2レンズ群G2または第3レンズ群G3の少なくとも一部を防振群とするのが好ましい。

[0060] また、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、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及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。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の非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

[0061] 開口絞りSは、中間群GM内に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

[0062] さらに、各レンズ面には、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よい。

[0063] 以下、本実施形態に係る光学系OLの製造方法の概略を、図16を参照して説明する。まず、物体側から順に、前群GFと、中間群GMと、後群GRとを準備する（ステップS100）。次に、合焦時に、中間群GMが光軸方向に移動するように配置する（ステップS200）、そして、これらのレンズ群を、所定の条件（例えば、第1の実施形態であれば上述した条件式（1）、第2の実施形態であれば上述した条件式（2）及び条件式（3））を満足するように配置する（ステップS300）。

[0064] 以上より、軽量化、小型化を達成しつつ、撮影倍率が0.5倍以上で、良好な光学性能を確保することができる光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供することができる。

実施例

[0065] 以下、各実施例を図面に基づいて説明する。なお、図1、図3、図5、図7、図9、図11及び図13は、各実施例に係る光学系OL（OL1～OL7）の構成及び屈折力配分を示す断面図である。また、これらの光学系OL1～OL7の断面図の下部には、無限遠物体（ ∞ ）から近距離物体に合焦する際の各レンズ群の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

[0066] 第2～第7実施例において、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、以降の実施例において、「 $e - n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

$$\begin{aligned}
 [0067] \quad S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} \\
 + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 \\
 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} + A_{14} \times y^{14} \quad (a)
 \end{aligned}$$

[0068] 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、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

[0069] [第1実施例]

図1は、第1実施例に係る光学系OL1の構成を示す図である。この光学系OL1は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1からなる前群GFと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2及び正の屈折力を有する第3レンズ群G3からなり、全体で正の屈折力を有する中間群GMと、負の屈折力を有する第4レンズ群G4からなる後群GRとから構成されている。

[0070] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL11（L1）で構成されている。また、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メニスカス形状の負レンズL21、及び、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL22で構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL31、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL32、及び、両凸形状の正レンズL33で構成されている。また、第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL41、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL42、及び、両凹形状の負レンズL43（LL）で構成されている。

[0071] この光学系OL1において、開口絞りSは中間群GM内の第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されている。また、第4レンズ群G4と像面Iとの間にフィルター群FLが配置されている。

[0072] また、この光学系OL1は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中

間群GMである第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞りSは第2レンズ群G2とともに移動する。

[0073] 以下の表1に、光学系OL1の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元に示す f は全系の焦点距離、 Fno はFナンバー、 ω は半画角 $[\circ]$ 、 Y は最大像高、 TL は光学全長、及び、 Bf はバックフォーカスであって、無限遠物体合焦時の値を表している。ここで、バックフォーカス Bf は、最も像面側のレンズ面（第39面）から像面Iまでの光軸上の距離を示している。また、光学全長 TL は、最も物体側のレンズ面（第1面）から最も像面側のレンズ面（第39面）までの光軸上の距離に、バックフォーカスを加えた長さを示している。また、レンズデータにおける第1欄 m は、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序（面番号）を、第2欄 r は、各レンズ面の曲率半径を、第3欄 d は、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を、第4欄 nd 及び第5欄 νd は、 d 線（ $\lambda = 587.6\text{ nm}$ ）に対する屈折率及びアッペ数を示している。また、曲率半径 ∞ は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。また、レンズ群焦点距離は各レンズ群の始面の面番号と焦点距離を示している。

[0074] ここで、以下の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 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、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ので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

[0075] （表1）第1実施例

[全体諸元]

f = 39.532

Fno = 2.82

ω $[\circ]$ = 19.04

Y = 14.200

T L = 91.000
T L (空気換算長) = 90.455
B F = 13.600
B F (空気換算長) = 13.055

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	100.0000	2.5000	1.48749	70.32
2	200.0000	d1		
3	17.1714	1.2000	1.62299	58.12
4	13.6956	8.9068		
5	22.4494	4.1000	1.60311	60.69
6	152.7709	5.5226		
7	∞	d2		開口絞り S
8	-33.8144	1.0000	1.84666	23.80
9	40.4635	0.9000		
10	-127.9705	2.5000	1.65160	58.57
11	-21.7834	0.1000		
12	32.3448	4.1000	1.80610	40.98
13	-52.6084	d3		
14	-135.7811	1.0000	1.48749	70.32
15	34.0082	1.5713		
16	-593.0949	3.4000	1.77250	49.62
17	-27.6401	6.2884		
18	-16.5865	1.2000	1.51680	64.13
19	214.0528	10.5000		
20	∞	1.6000	1.51680	64.13
21	∞	1.5000		

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群G F (第1レンズ群G 1)	1	406.931
中間群G M	3	27.854
第2レンズ群G 2	3	61.926
第3レンズ群G 3	8	36.238
後群G R (第4レンズ群G 4)	14	-43.251

[0076] また、この光学系OL 1において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔d 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔d 2、及び、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空気間隔d 3は合焦時に変化する。次の表2に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。なお、fは焦点距離、 β は撮影倍率を示している。この説明は、以降の実施例においても同様である。

[0077] (表2)

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	39.532	—
β	—	-1.00
d1	28.0111	1.5000
d2	3.5000	8.4471
d3	1.6000	23.1639

[0078] この光学系OL 1の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図2に示す。各収差図において、F N oはFナンバーを示し、NAは開口数を示し、Yは像高を示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図及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 ($\lambda = 587.6\text{ nm}$)、gはg線 (

$\lambda = 435, 8 \text{ nm}$) をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。また、以降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る。これらの各収差図より、この光学系OL1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。

[0079] [第2実施例]

図3は、第2実施例に係る光学系OL2の構成を示す図である。この光学系OL2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1からなる前群GFと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2からなる中間群GMと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3からなる後群GRとから構成されている。

[0080] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズL11 (L1) で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL21と両凹形状の負レンズL22とを接合した接合正レンズ、両凹形状の負レンズL23と両凸形状の正レンズL24とを接合した接合負レンズ、及び、像面側のレンズ面に非球面が形成された両凸形状の正レンズL25で構成されている。また、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メニスカス形状の正レンズL31、及び、両凹形状の負レンズL32 (LL) で構成されている。

[0081] この光学系OL2において、開口絞りSは中間群GMである第2レンズ群G2内の、負レンズL22と負レンズL23との間に配置されている。また、第3レンズ群G3と像面Iとの間にフィルター群FLが配置されている。

[0082] また、この光学系OL2は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中間群GMである第2レンズ群G2が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞りSは第2レンズ群G2とともに移動する。

[0083] 以下の表3に、光学系OL2の諸元の値を掲げる。

[0084] (表3) 第2実施例

[全体諸元]

f = 41.335
F n o = 2.07
 ω [°] = 18.39
Y = 14.200
T L = 85.800
T L (空気換算長) = 85.255
B F = 13.600
B F (空気換算長) = 13.055

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	500.0000	2.0000	1.48749	70.32
2	∞	d1		
3	28.1947	4.6000	1.71999	50.27
4	-61.1236	1.0000	1.80100	34.92
5	74.1433	9.0000		
6	∞	4.0000		開口絞り S
7	-17.6671	1.0000	1.62588	35.72
8	17.0726	5.0000	1.80400	46.60
9	-46.4184	0.1000		
10	79.5479	3.3000	1.62263	58.16
11*	-30.3176	d2		
12	-36.8461	3.0000	1.78590	44.17
13	-25.0125	7.6000		
14	-16.0825	1.2000	1.48749	70.32
15	401.0302	10.5000		
16	∞	1.6000	1.51680	64.13
17	∞	1.5000		

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群G F (第1レンズ群G 1)	1	1025.662
中間群G M (第2レンズ群G 2)	3	33.624
後群G R (第3レンズ群G 3)	12	-53.277

[0085] この光学系OL 2において、第11面は非球面形状に形成されている。次の表4に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A14の値を示す。

[0086] (表4)

[非球面データ]

第11面

K = 1.00000		
A4 = 3.71185E-05	A6 = -6.46471E-07	A8 = 3.01332E-08
A10 = -7.16019E-10	A12 = 8.76060E-12	A14 = 4.29930E-14

[0087] また、この光学系OL 2において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔d 1、及び、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔d 2は合焦時に変化する。次の表5に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。

[0088] (表5)

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	41.335	—
β	—	-1.00
d1	28.8000	1.3000
d2	1.6000	29.1000

[0089] この光学系OL 2の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図4に示す。こ

これらの各収差図より、この光学系OL2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。

[0090] [第3実施例]

図5は、第3実施例に係る光学系OL3の構成を示す図である。この光学系OL3は、物体側から順に、第1レンズ群G1からなる前群GFと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2及び正の屈折力を有する第3レンズ群G3からなり、全体で正の屈折力を有する中間群GMと、負の屈折力を有する第4レンズ群G4からなる後群GRとから構成されている。

[0091] 第1レンズ群G1は、平行平板L11 (L1) で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL21と両凹形状の負レンズL22とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL31と両凸形状の正レンズL32とを接合した接合負レンズ、及び、像面側のレンズ面に非球面が形成された両凸形状の正レンズL33で構成されている。なお、正レンズL33は、ガラス製レンズ本体の像面側の面に樹脂層が設けられて非球面が形成されている複合型のレンズである。また、第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と両凹形状の負レンズL42とを接合した接合正レンズ、及び、物体側のレンズ面に非球面が形成された両凹形状の負レンズL43 (LL) で構成されている。なお、負レンズL43は、ガラス製レンズ本体の像面側の面に樹脂層が設けられて非球面が形成されている複合型のレンズである。

[0092] この光学系OL3において、開口絞りSは中間群GM内の第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されている。また、第4レンズ群G4と像面Iとの間にフィルター群FLが配置されている。

[0093] また、この光学系OL3は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中間群GMである第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞りSは第3レンズ群G3とともに移動する。

[0094] 以下の表 6 に、光学系 O L 3 の諸元の値を掲げる。

[0095] (表 6) 第 3 実施例

[全体諸元]				
f	=	35.500		
F n o	=	1.86		
ω [°]	=	21.09		
Y	=	14.200		
T L	=	81.000		
T L (空気換算長)	=	80.455		
B F	=	13.400		
B F (空気換算長)	=	12.855		
[レンズデータ]				
m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	∞	1.2000	1.48749	70.32
2	∞	d1		
3	32.3113	4.8000	1.70000	48.10
4	-44.7976	1.0000	1.83400	37.18
5	292.5746	d2		
6	∞	4.5000		開口絞り S
7	-16.1414	1.0000	1.71736	29.57
8	40.2209	3.8000	1.80400	46.60
9	-38.4171	0.1000		
10	110.7728	3.8000	1.80400	46.60
11	-25.6333	0.2000	1.56093	36.64
12*	-25.6333	d3		
13	355.6821	5.0000	1.88300	40.66
14	-18.2588	1.0000	1.58144	40.98

15	95.1472	4.8661		
16*	-20.1725	0.2000	1.56093	36.64
17	-18.0890	1.0000	1.51742	52.20
18	337.3157	10.3000		
19	∞	1.6000	1.51680	64.13
20	∞	1.5000		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群G F（第1レンズ群G 1）	1	∞
中間群G M	3	32.878
第2レンズ群G 2	3	61.694
第3レンズ群G 3	7	40.089
後群G R（第4レンズ群G 4）	13	-84.292

[0096] この光学系OL 3において、第12面及び第16面は非球面形状に形成されている。次の表7に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A14の値を示す。

[0097]（表7）

[非球面データ]

第12面

$K=1.00000$

$A4=2.46184E-05$	$A6=-2.41773E-07$	$A8=1.11585E-08$
$A10=-2.69002E-10$	$A12=3.24180E-12$	$A14=1.52330E-14$

第16面

$K=1.00000$

$A4=-3.88298E-05$	$A6=1.22826E-07$	$A8=-2.32494E-09$
$A10=9.49732E-12$	$A12=0.00000E+00$	$A14=0.00000E+00$

[0098] また、この光学系OL 3において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2

との軸上空気間隔 d_1 、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 との軸上空気間隔 d_2 、及び、第3レンズ群 G_3 と第4レンズ群 G_4 との軸上空気間隔 d_3 は合焦時に変化する。次の表8に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。

[0099] (表8)

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	35.500	—
β	—	-0.70
d_1	24.8000	2.6000
d_2	8.5000	9.3828
d_3	1.8340	23.1512

[0100] この光学系 OL_3 の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図6に示す。これらの各収差図より、この光学系 OL_3 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。

[0101] [第4実施例]

図7は、第4実施例に係る光学系 OL_4 の構成を示す図である。この光学系 OL_4 は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 からなる前群 GF と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 からなる中間群 GM と、負の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 からなる後群 GR とから構成されている。

[0102] 第1レンズ群 G_1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L_{11} (L_1) で構成されている。また、第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L_{21} 、両凹形状の負レンズ L_{22} と両凸形状の正レンズ L_{23} とを接合した接合負レンズ、及び、像面側のレンズ面に非球面が形成された両凸形状の正レンズ L_{24} で構成されている。なお、正レンズ L_{24} は、ガラス製レンズ本体の像面側の面に

樹脂層が設けられて非球面が形成されている複合型のレンズである。また、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メニスカス形状の正レンズL31、及び、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL32（LL）で構成されている。

[0103] この光学系OL4において、開口絞りSは中間群GMである第2レンズ群G2内の、正レンズL21と負レンズL22との間に配置されている。また、第3レンズ群G3と像面Iとの間にフィルター群FLが配置されている。

[0104] また、この光学系OL4は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中間群GMである第2レンズ群G2が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞りSは第2レンズ群G2とともに移動する。

[0105] 以下の表9に、光学系OL4の諸元の値を掲げる。

[0106] （表9）第4実施例

[全体諸元]

f	=	38.000
Fno	=	2.86
ω [°]	=	20.18
Y	=	14.200
TL	=	81.000
TL (空気換算長)	=	80.455
BF	=	14.300
BF (空気換算長)	=	13.755

[レンズデータ]

m	r	d	nd	ν d
物面	∞			
1	1000.0000	1.2000	1.67270	32.19
2	341.6032	d1		
3	26.3938	2.5000	1.61800	63.34
4	104.4847	10.8000		

5	∞	3.0000		開口絞り S
6	-12.9734	1.0000	1.71736	29.57
7	35.4454	3.4000	1.80400	46.60
8	-33.7721	0.1000		
9	128.6034	3.5000	1.79500	45.31
10	-20.4927	0.2000	1.56093	36.64
11*	-20.4927	d2		
12	-30.0289	2.2000	1.74950	35.25
13	-23.0492	9.5978		
14	-16.3907	1.2000	1.60311	60.69
15	-110.6686	11.2000		
16	∞	1.6000	1.51680	64.13
17	∞	1.5000		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群 G F (第 1 レンズ群 G 1)	1	-771.847
中間群 G M (第 2 レンズ群 G 2)	3	30.796
後群 G R (第 3 レンズ群 G 3)	12	-47.477

[0107] この光学系 O L 4 において、第 1 1 面は非球面形状に形成されている。次の表 1 0 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 14 の値を示す。

[0108] (表 1 0)

[非球面データ]

第 11 面

K = 1.00000		
A 4 = 3.47586E-05	A 6 = -1.66949E-07	A 8 = 5.09420E-09
A 10 = -4.45933E-11	A 12 = 0.00000E+00	A 14 = 0.00000E+00

[0109] また、この光学系OL4において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、及び、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2は合焦時に変化する。次の表11に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。

[0110] (表11)

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	38.000	—
β	—	-1.00
d1	26.4022	1.6000
d2	1.6000	26.4022

[0111] この光学系OL4の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図8に示す。これらの各収差図より、この光学系OL4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。

[0112] [第5実施例]

図9は、第5実施例に係る光学系OL5の構成を示す図である。この光学系OL5は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1からなる前群GFと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2からなる中間群GMと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3からなる後群GRとから構成されている。

[0113] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL11(L1)で構成されている。また、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メニスカス形状の正レンズL21、物体側のレンズ面及び像面画のレンズ面に非球面が形成された、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL22、両凹形状の負レンズL23と両凸形状の正レンズL24とを接合した接合正レンズ、及び、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL25で構成されている。また、第3レンズ群G3は

、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL 3 1、及び、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL 3 2（L L）で構成されている。

[0114] この光学系O L 5において、開口絞りSは中間群G Mである第2レンズ群G 2内の、負レンズL 2 2と負レンズL 2 3との間に配置されている。また、第3レンズ群G 3と像面Iとの間にフィルター群F Lが配置されている。

[0115] また、この光学系O L 5は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中間群G Mである第2レンズ群G 2が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞りSは第2レンズ群G 2とともに移動する。

[0116] 以下の表1 2に、光学系O L 5の諸元の値を掲げる。

[0117] （表1 2）第5実施例

[全体諸元]

f	=	38.257
F n o	=	2.88
ω [°]	=	20.21
Y	=	14.200
T L	=	81.000
T L (空気換算長)	=	80.455
B F	=	15.800
B F (空気換算長)	=	15.255

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	1000.0000	1.2000	1.62299	58.12
2	191.9205	d1		
3	21.6636	3.2000	1.61800	63.34
4	85.8643	3.9234		
5*	5000.0000	1.2000	1.53504	55.71
6*	111.0085	5.4408		

7	∞	2.5000		開口絞り S
8	-13.9656	1.0000	1.75520	27.57
9	70.8048	3.7000	1.80400	46.60
10	-16.9076	0.1000		
11	-1132.4588	2.7000	1.80610	40.98
12	-34.9496	d2		
13	-33.0000	2.2000	1.69895	30.13
14	-23.5462	8.6359		
15	-16.7498	1.2000	1.62299	58.12
16	-115.9839	12.7000		
17	∞	1.6000	1.51680	64.13
18	∞	1.5000		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群 G F (第 1 レンズ群 G 1)	1	-381.447
中間群 G M (第 2 レンズ群 G 2)	3	30.882
後群 G R (第 3 レンズ群 G 3)	13	-48.278

[0118] この光学系 O L 5 において、第 5 面及び第 6 面は非球面形状に形成されている。次の表 1 3 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A4～A14の値を示す。

[0119] (表 1 3)

[非球面データ]

第 5 面

$K = 1.00000$

$A4 = 2.14608E-04 \quad A6 = -6.37110E-07 \quad A8 = 4.09234E-09$

$A10 = 0.00000E+00 \quad A12 = 0.00000E+00 \quad A14 = 0.00000E+00$

第 6 面

$$K = 1.00000$$

$$A4 = 2.71565E-04 \quad A6 = -6.66060E-07 \quad A8 = 1.26067E-08$$

$$A10 = 0.00000E+00 \quad A12 = 0.00000E+00 \quad A14 = 0.00000E+00$$

[0120] また、この光学系OL5において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d1、及び、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d2は合焦時に変化する。次の表14に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。

[0121] (表14)

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	38.257	—
β	—	-1.00
d1	26.6000	1.6000
d2	1.6000	26.6000

[0122] この光学系OL5の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図10に示す。これらの各収差図より、この光学系OL5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。

[0123] [第6実施例]

図11は、第6実施例に係る光学系OL6の構成を示す図である。この光学系OL6は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1からなる前群GFと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2及び正の屈折力を有する第3レンズ群G3からなり、全体で正の屈折力を有する中間群GMと、負の屈折力を有する第4レンズ群G4からなる後群GRとから構成されている。

[0124] 第1レンズ群G1は、物体側に平面を向けた平凹形状の負レンズL11 (L1) で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL21で構成されている。また、第3レンズ群

G 3 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 とを接合した接合負レンズ、像面側のレンズ面に非球面が形成された、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 3 3、及び、両凸形状の正レンズ L 3 4 で構成されている。また、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メニスカス形状の正レンズ L 4 1、物体側のレンズ面に非球面が形成された、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 4 2、及び、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 4 3（L L）で構成されている。

[0125] この光学系 O L 6 において、開口絞り S は中間群 G M 内の第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に配置されている。また、第 4 レンズ群 G 4 と像面 I との間にフィルター群 F L が配置されている。

[0126] また、この光学系 O L 6 は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中間群 G M である第 2 レンズ群 G 2 及び第 3 レンズ群 G 3 が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞り S は第 3 レンズ群 G 3 とともに移動する。

[0127] 以下の表 1 5 に、光学系 O L 6 の諸元の値を掲げる。

[0128] （表 1 5）第 6 実施例

[全体諸元]

f	=	34.506
F n o	=	1.87
ω [°]	=	22.613
Y	=	14.200
T L	=	81.000
T L (空気換算長)	=	80.455
B F	=	13.100
B F (空気換算長)	=	12.555

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
---	---	---	-----	-----

物面	∞			
1	∞	1.2000	1.60342	38.03
2	137.0000	d1		
3	29.7763	3.5000	1.77250	49.62
4	162.6784	d2		
5	∞	3.9000		開口絞り S
6	-17.7201	1.0000	1.69895	30.13
7	18.8264	3.6000	1.80400	46.60
8	-368.3266	1.3000		
9	-70.0000	1.2000	1.53504	55.71
10*	-63.1478	0.1000		
11	73.4674	3.8000	1.80400	46.60
12	-24.0859	d3		
13	-512.8175	3.0000	1.77250	49.62
14	-53.8371	0.4000		
15*	-52.0000	1.5000	1.53504	55.71
16	-55.8074	6.8350		
17	-18.5196	1.2000	1.51742	52.20
18	-421.4731	10.0000		
19	∞	1.6000	1.51680	64.13
20	∞	1.5000		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群 G F (第 1 レンズ群 G 1)	1	-227.039
中間群 G M	3	33.771
第 2 レンズ群 G 2	3	46.646
第 3 レンズ群 G 3	6	43.983

後群G R (第4レンズ群G 4) 13 -82.053

[0129] この光学系OL 6において、第10面及び第15面は非球面形状に形成されている。次の表16に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A14の値を示す。

[0130] (表16)

[非球面データ]

第10面

$$K = 1.00000$$

$$A4 = 4.22622E-05 \quad A6 = -2.61315E-07 \quad A8 = 1.23491E-08$$

$$A10 = -2.58085E-10 \quad A12 = 2.70030E-12 \quad A14 = -1.11010E-14$$

第15面

$$K = 1.00000$$

$$A4 = 7.42581E-06 \quad A6 = 4.99661E-08 \quad A8 = -2.94414E-10$$

$$A10 = 1.20068E-12 \quad A12 = 0.00000E+00 \quad A14 = 0.00000E+00$$

[0131] また、この光学系OL 6において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔d 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔d 2、及び、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空気間隔d 3は合焦時に変化する。次の表17に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。

[0132] (表17)

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	34.506	—
β	—	-0.70
d1	23.1650	1.6000
d2	10.6000	8.6232
d3	1.6000	25.1418

[0133] この光学系OL 6の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図

、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 1 2 に示す。
これらの各収差図より、この光学系 O L 6 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。

[0134] [第 7 実施例]

図 1 3 は、第 7 実施例に係る光学系 O L 7 の構成を示す図である。この光学系 O L 7 は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 からなる前群 G F と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 及び正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 からなり、全体で正の屈折力を有する中間群 G M と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 からなる後群 G R とから構成されている。

[0135] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に平面を向けた平凹形状の負レンズ L 1 1 (L 1) で構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 2 1 で構成されている。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 とを接合した接合負レンズ、像面側のレンズ面に非球面が形成された、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 3 3、及び、両凸形状の正レンズ L 3 4 で構成されている。また、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メニスカス形状の正レンズ L 4 1、及び、両凹形状の負レンズ L 4 2 (L L) で構成されている。

[0136] この光学系 O L 7 において、開口絞り S は中間群 G M 内の第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に配置されている。また、第 4 レンズ群 G 4 と像面 I との間にフィルター群 F L が配置されている。

[0137] また、この光学系 O L 7 は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、中間群 G M である第 2 レンズ群 G 2 及び第 3 レンズ群 G 3 が、光軸に沿って物体側に移動する。また、合焦時に開口絞り S は第 3 レンズ群 G 3 とともに移動する。

[0138] 以下の表 1 8 に、光学系 O L 7 の諸元の値を掲げる。

[0139] (表 1 8) 第 7 実施例

[全体諸元]

f	=	34.809
F n o	=	1.88
ω [°]	=	22.33
Y	=	14.200
T L	=	81.000
T L (空気換算長)	=	80.455
B F	=	13.100
B F (空気換算長)	=	12.555

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	∞	1.2000	1.60342	38.03
2	137.0000	d1		
3	30.2634	3.5000	1.77250	49.62
4	163.9532	d2		
5	∞	3.9000		開口絞り S
6	-17.5242	1.0000	1.69895	30.13
7	19.2332	3.6000	1.80400	46.60
8	-338.5777	1.3000		
9	-70.0000	1.2000	1.53504	55.71
10*	-59.8040	0.1000		
11	78.4773	3.8000	1.80400	46.60
12	-23.8412	d3		
13	-125.6395	3.0000	1.77250	49.62
14	-46.8274	8.9114		
15	-23.0295	1.2000	1.51742	52.20
16	237.4580	10.0000		

17	∞	1.6000	1.51680	64.13
18	∞	1.5000		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
前群G F（第1レンズ群G 1）	1	-227.039
中間群G M	3	34.000
第2レンズ群G 2	3	47.502
第3レンズ群G 3	6	44.102
後群G R（第4レンズ群G 4）	13	-82.712

[0140] この光学系OL 7において、第10面は非球面形状に形成されている。次の表19に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A14の値を示す。

[0141]（表19）

[非球面データ]

第10面

$K=1.00000$

$A4 = 4.27018E-05 \quad A6 = -3.39344E-07 \quad A8 = 1.47524E-08$

$A10 = -2.99211E-10 \quad A12 = 3.04550E-12 \quad A14 = -1.22760E-14$

[0142] また、この光学系OL 7において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔d 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔d 2、及び、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空気間隔d 3は合焦時に変化する。次の表20に、無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の可変間隔を示す。

[0143]（表20）

[可変間隔データ]

	無限遠物体	近距離物体
f	34.809	—

β	—	-0.70
d1	22.9886	1.6000
d2	10.6000	8.3141
d3	1.6000	25.2745

[0144] この光学系OL7の無限遠物体合焦時及び近距離物体合焦時の球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図14に示す。これらの各収差図より、この光学系OL7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。

[0145] [条件式対応値]

第1実施例～第7実施例における条件式(1)～(12)の対応値を以下の表21に示す。

[0146] (表21)

- (1) $d1 / f$
- (2) TL / DF
- (3) DM / DR
- (4) $d1 / TL$
- (5) $(DF + DM + DR) / DF$
- (6) $(1 - \beta M^2) \times \beta R^2$
- (7) f / f_F
- (8) f_M / f
- (9) $(-f_R) / f$
- (10) $(-f_R) / f_M$
- (11) BF / TL
- (12) f / f_{L1}

	第1実施例	第2実施例	第3実施例	第4実施例
(1)	0.709	0.697	0.699	0.695
(2)	36.182	42.627	67.046	67.046
(3)	2.365	2.373	2.296	1.885

(4)	0.310	0.338	0.308	0.328
(5)	19.116	20.900	34.138	32.248
(6)	1.732	1.462	1.166	1.581
(7)	0.097	0.040	0.000	-0.049
(8)	0.705	0.813	0.926	0.810
(9)	1.094	1.289	2.374	1.249
(1 0)	1.553	1.585	2.564	1.542
(1 1)	0.144	0.153	0.160	0.171
(1 2)	0.097	0.040	0.000	-0.049

第 5 実施例 第 6 実施例 第 7 実施例

(1)	0.695	0.671	0.660
(2)	67.046	67.046	67.046
(3)	1.974	2.242	2.212
(4)	0.331	0.288	0.286
(5)	30.833	35.946	36.093
(6)	1.634	1.133	1.135
(7)	-0.100	-0.152	-0.153
(8)	0.807	0.979	0.977
(9)	1.262	2.378	2.376
(1 0)	1.563	2.430	2.433
(1 1)	0.190	0.156	0.156
(1 2)	-0.100	-0.152	-0.153

符号の説明

[0147] 1 カメラ（光学機器） O L （O L 1 ～O L 7） 光学系
G F 前群 G M 中間群 G R 後群
S 開口絞り（絞り）

請求の範囲

[請求項1]

物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成され、
合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動し、
次式の条件を満足する光学系。

$$0.54 < d1/f < 1.00$$

但し、

$d1$: 無限遠物体合焦時の前記前群の最も像面側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

f : 無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

[請求項2]

物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成され、
合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動し、
次式の条件を満足する光学系。

$$32.00 < TL/DF < 80.00$$

$$1.00 < DM/DR < 4.00$$

但し、

TL : 無限遠物体合焦時の前記光学系の光学全長

DF : 前記前群の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光軸上の距離

DM : 無限遠物体合焦時の前記中間群の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光軸上の距離

DR : 前記後群の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光軸上の距離

[請求項3]

次式の条件を満足する請求項1または2に記載の光学系。

$$0.20 < d1/TL < 0.40$$

但し、

$d1$: 無限遠物体合焦時の前記前群の最も像面側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

TL : 無限遠物体合焦時の前記光学系の光学全長

[請求項4] 次式の条件を満足する請求項1～3のいずれか一項に記載の光学系。

$$17.00 < (DF + DM + DR) / DF < 40.00$$

但し、

DF：前記前群の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光軸上の距離

DM：無限遠物体合焦時の前記中間群の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光軸上の距離

DR：前記後群の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光軸上の距離

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

$$0.80 < (1 - \beta M^2) \times \beta R^2 < 2.00$$

但し、

βM ：無限遠物体合焦時の前記中間群の横倍率

βR ：無限遠物体合焦時の前記後群の横倍率

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

$$-0.50 < f / f_F < 0.30$$

但し、

f ：無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

f_F ：前記前群の焦点距離

[請求項7] 最も像面側に配置されたレンズ成分は、負の屈折力を有する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項8] 前記前群は、1つのレンズで構成されている請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項9] 前記中間群内に絞りを有し、
合焦時に、前記絞りが光軸方向に移動する請求項1～8のいずれか

一項に記載の光学系。

[請求項10] 前記中間群は、正の屈折力を有する請求項1～9のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項11] 前記後群は、負の屈折力を有する請求項1～10のいずれか一項に記載の光学系。

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

$$0.50 < f_M / f < 1.10$$

但し、

f_M : 無限遠物体合焦時の前記中間群の焦点距離

f : 無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

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

$$0.50 < (-f_R) / f < 3.00$$

但し、

f_R : 前記後群の焦点距離

f : 無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

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

$$1.00 < (-f_R) / f_M < 3.00$$

但し、

f_R : 前記後群の焦点距離

f_M : 無限遠物体合焦時の前記中間群の焦点距離

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

$$0.10 < BF / TL < 0.30$$

但し、

BF : 無限遠物体合焦時の前記光学系のバックフォーカス

TL : 無限遠物体合焦時の前記光学系の光学全長

[請求項16] 次式の条件を満足する請求項1～15のいずれか一項に記載の光学系。

$$-0.40 < f / f_{L1} < 0.30$$

但し、

f : 無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

f_{L1} : 最も物体側に配置されたレンズ成分の焦点距離

[請求項17] 請求項1～16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18] 物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成された光学系の製造方法であって、

合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動するように配置し、

次式の条件を満足するように配置する光学系の製造方法。

$$0.54 < d1 / f < 1.00$$

但し、

d1 : 無限遠物体合焦時の前記前群の最も像面側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離

f : 無限遠物体合焦時の前記光学系の全系の焦点距離

[請求項19] 物体側から順に、前群と、中間群と、後群とから構成された光学系の製造方法であって、

合焦時に、前記中間群が光軸方向に移動するように配置し、

次式の条件を満足するように配置する光学系の製造方法。

$$32.00 < TL / DF < 80.00$$

$$1.00 < DM / DR < 4.00$$

但し、

TL : 無限遠物体合焦時の前記光学系の光学全長

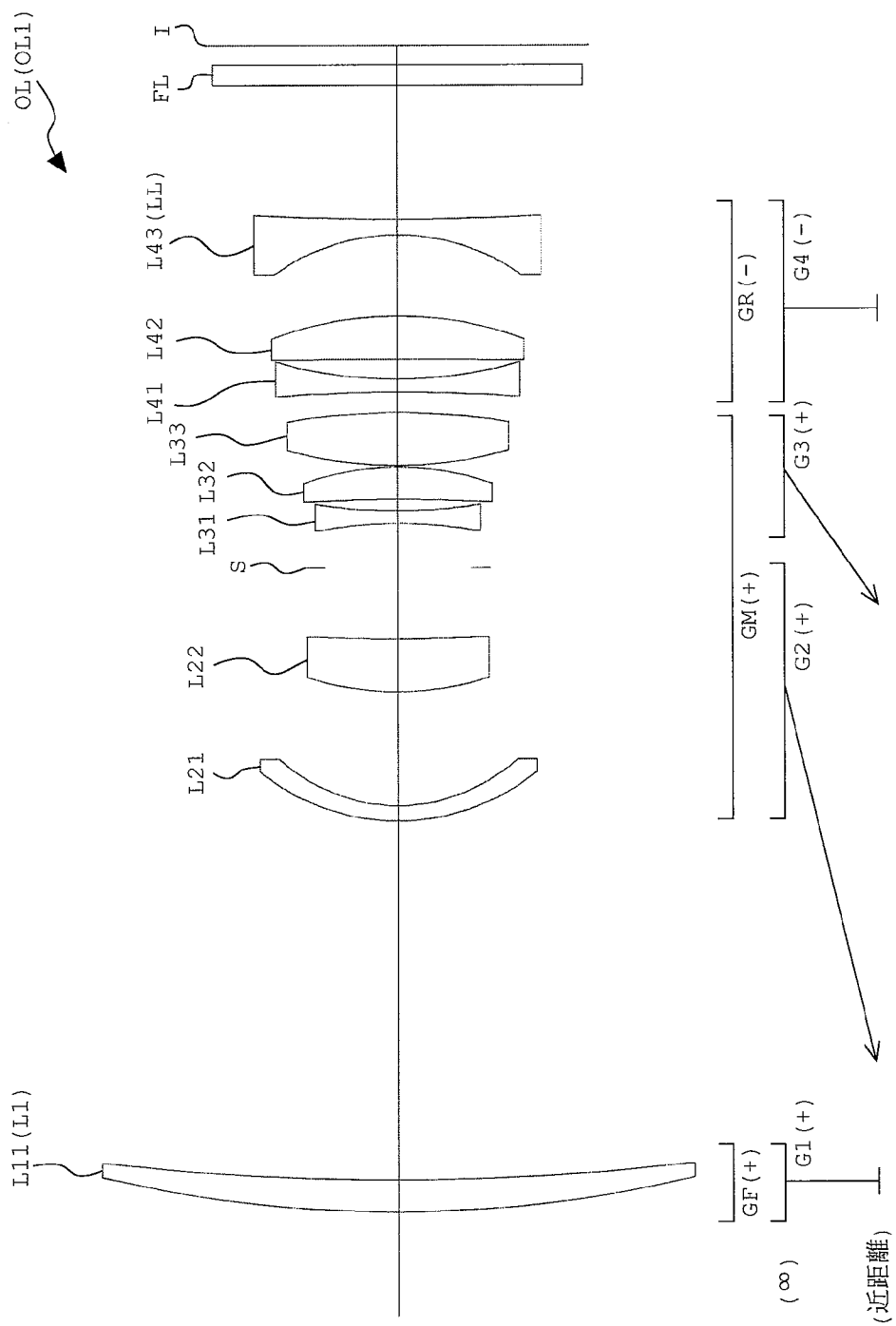
DF : 前記前群の最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離

DM : 無限遠物体合焦時の前記中間群の最も物体側のレンズ面から

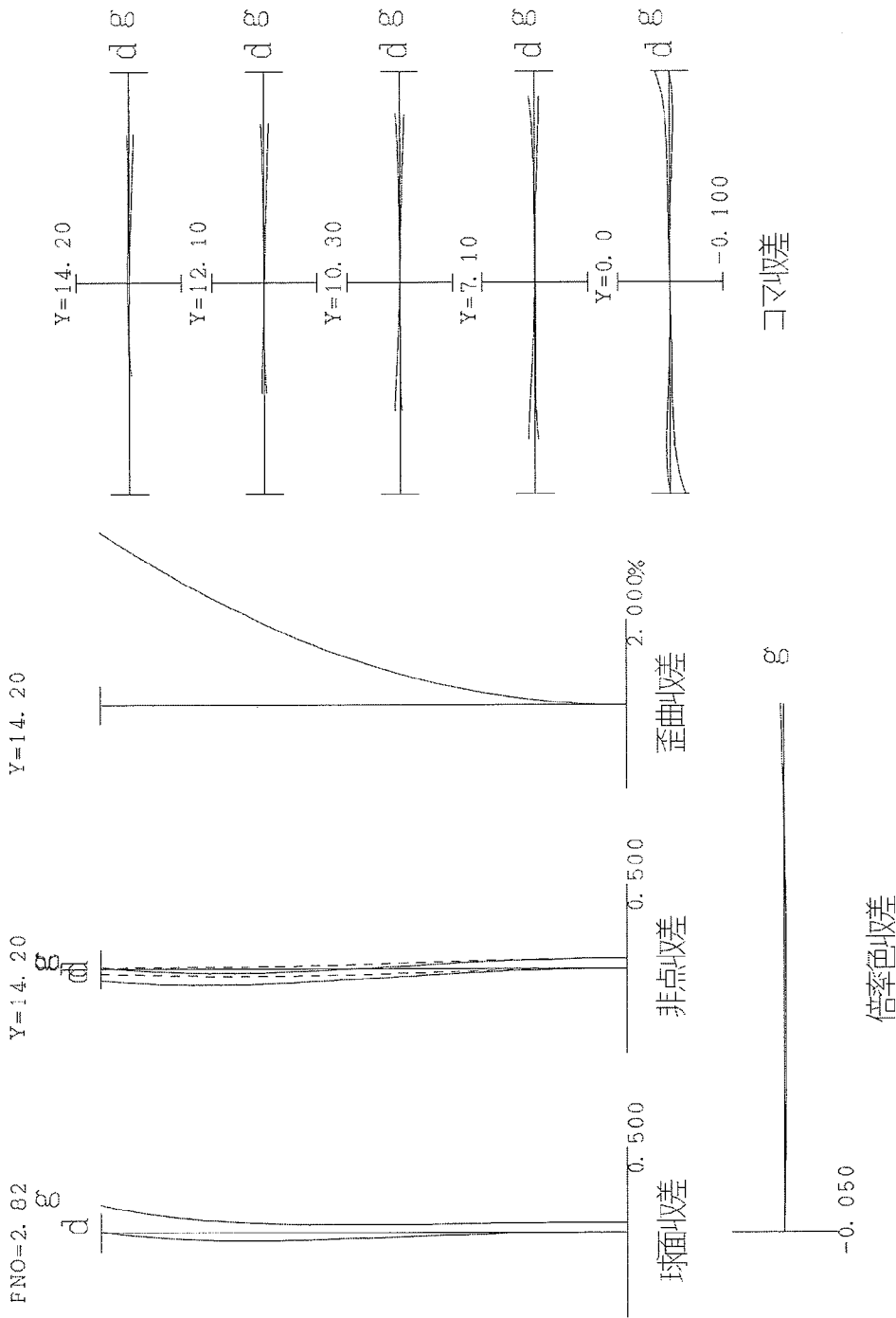
最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離

D R : 前記後群の最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面
までの光軸上の距離

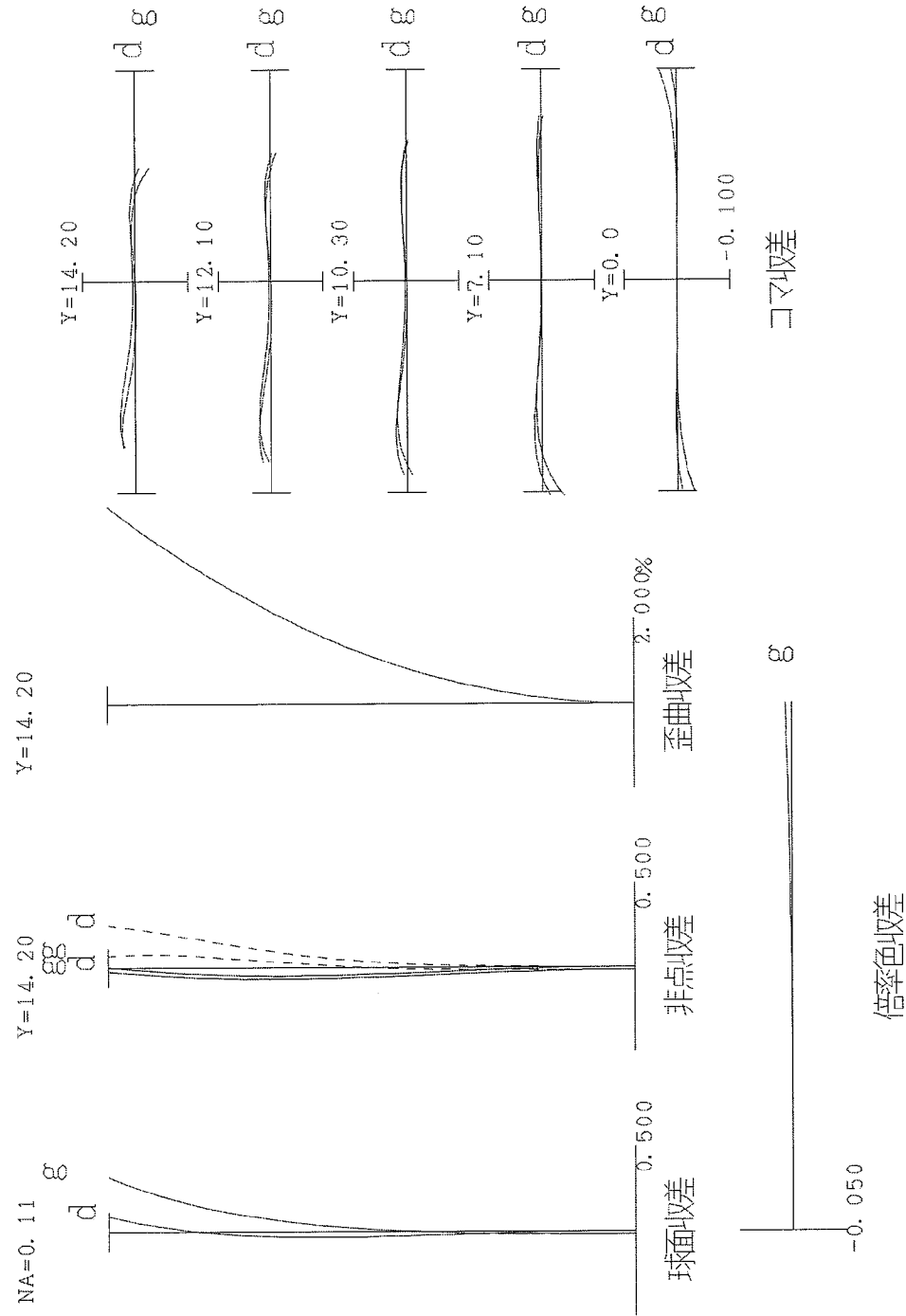
[図1]



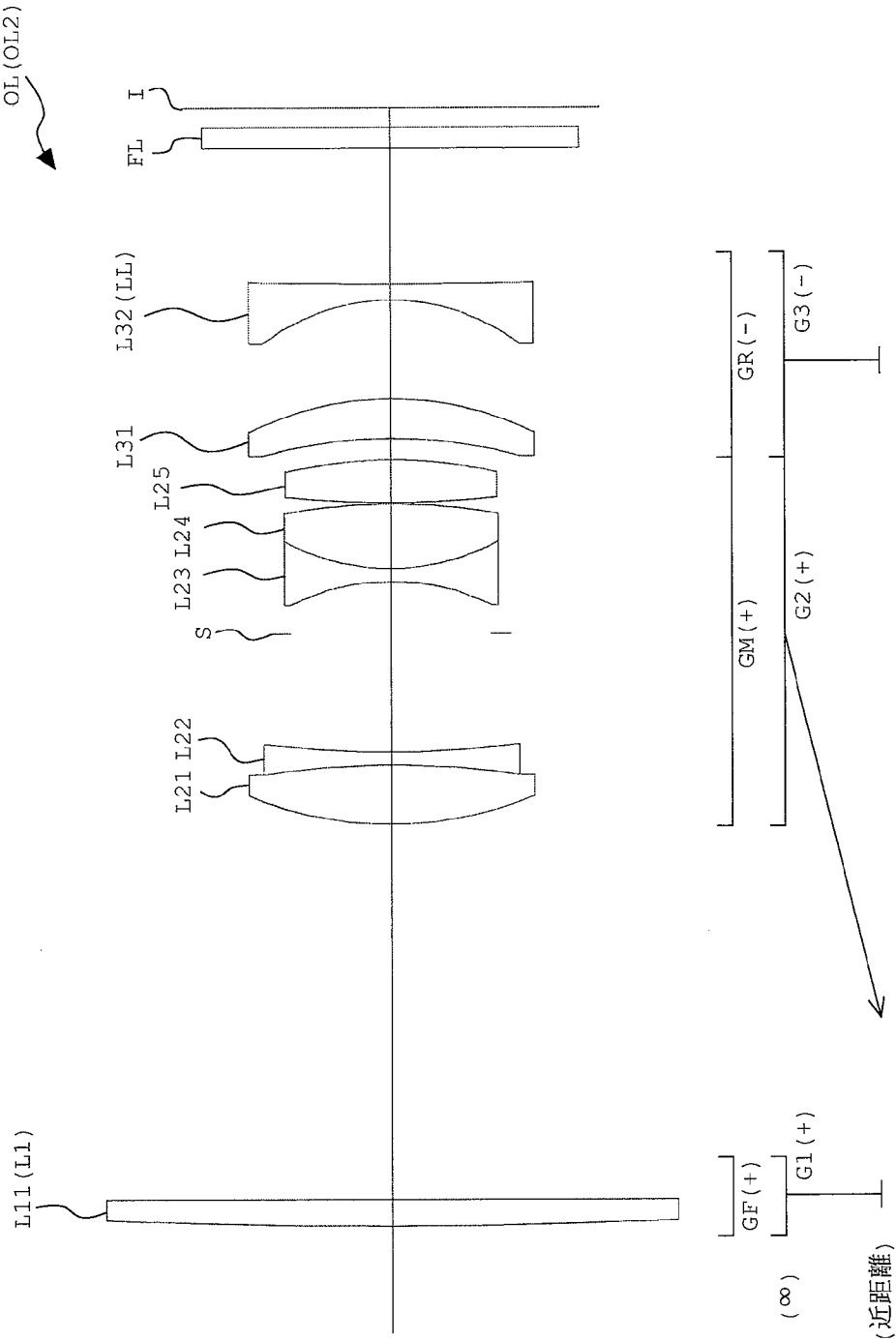
[図2A]



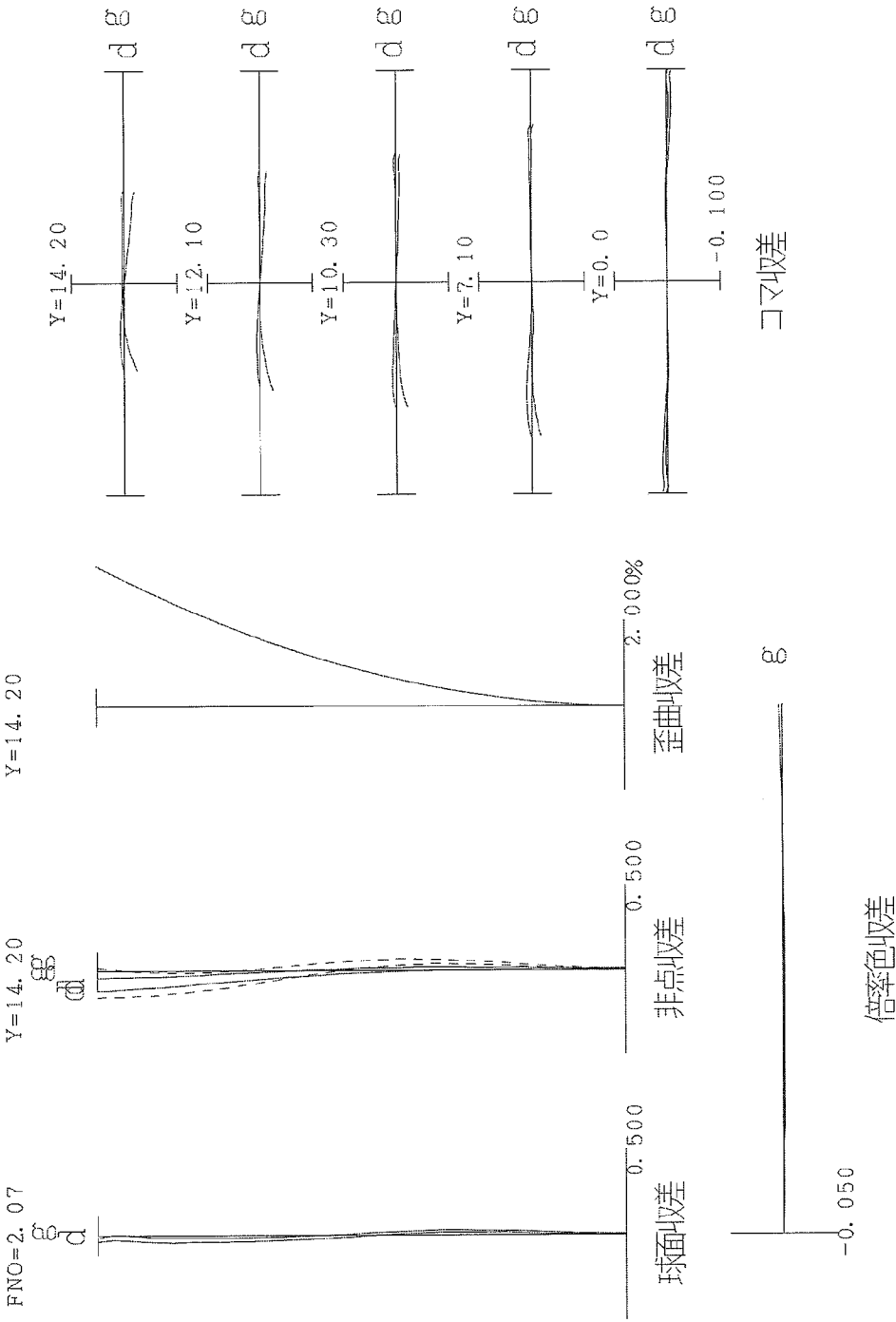
[図2B]



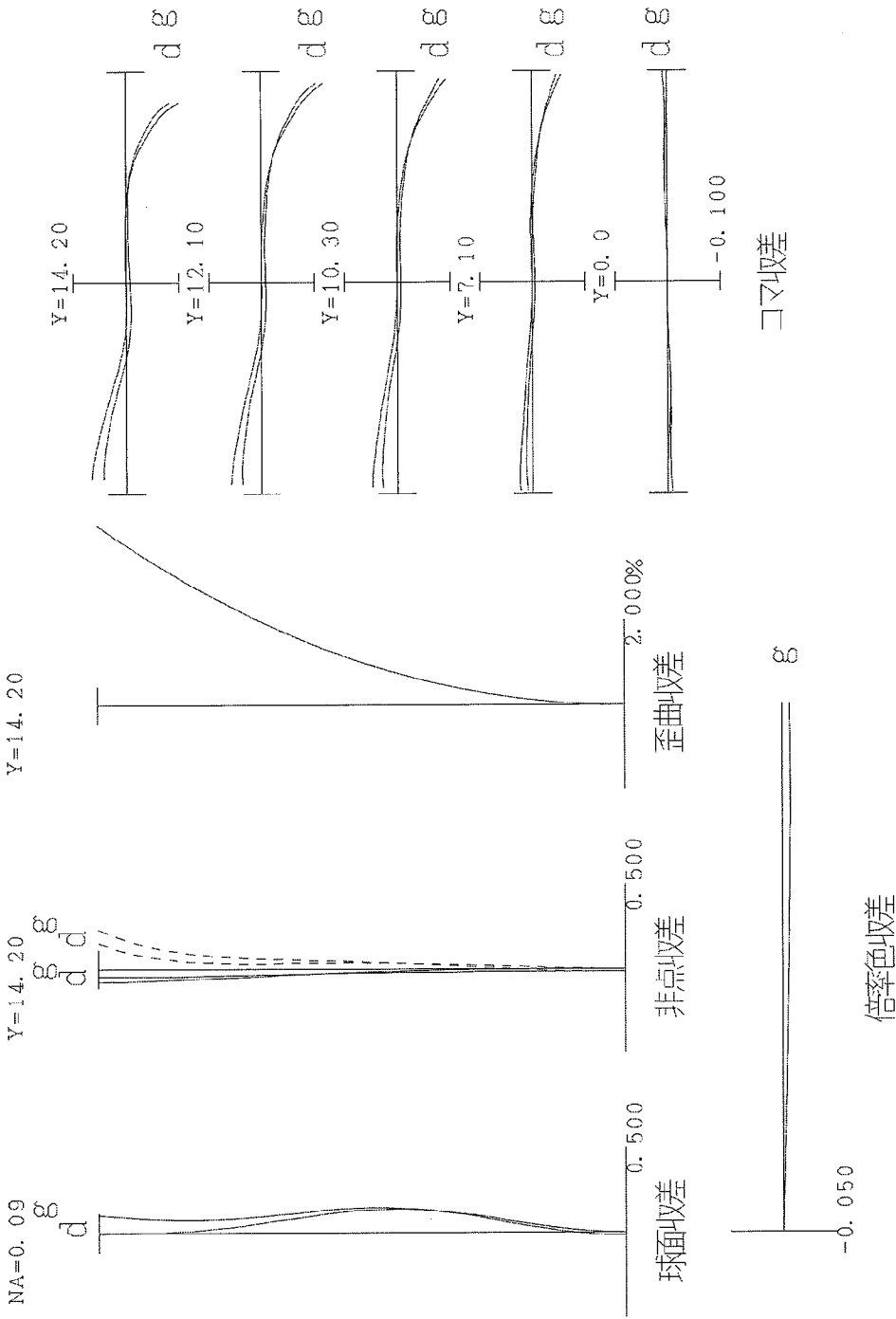
[図3]



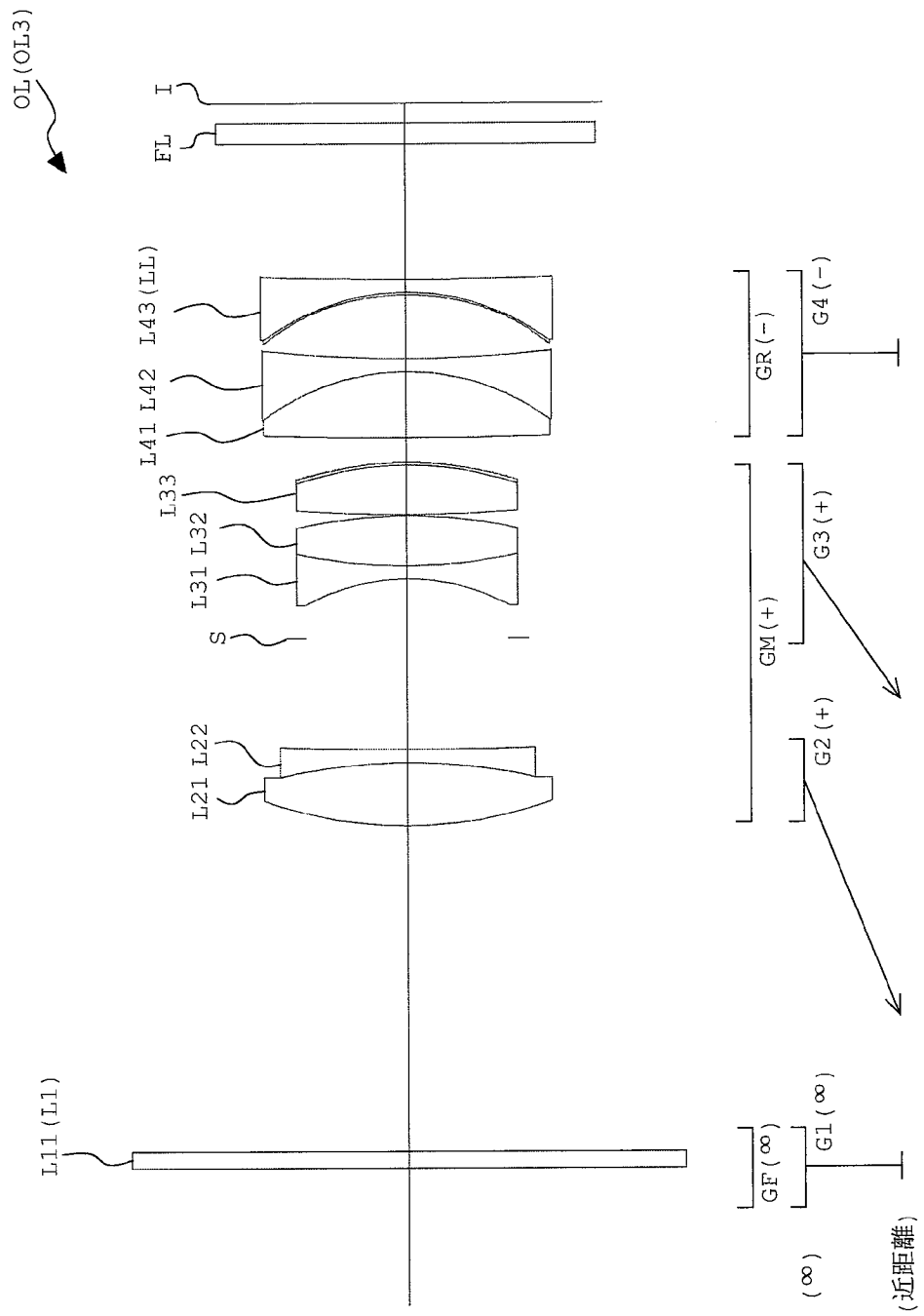
[図4A]



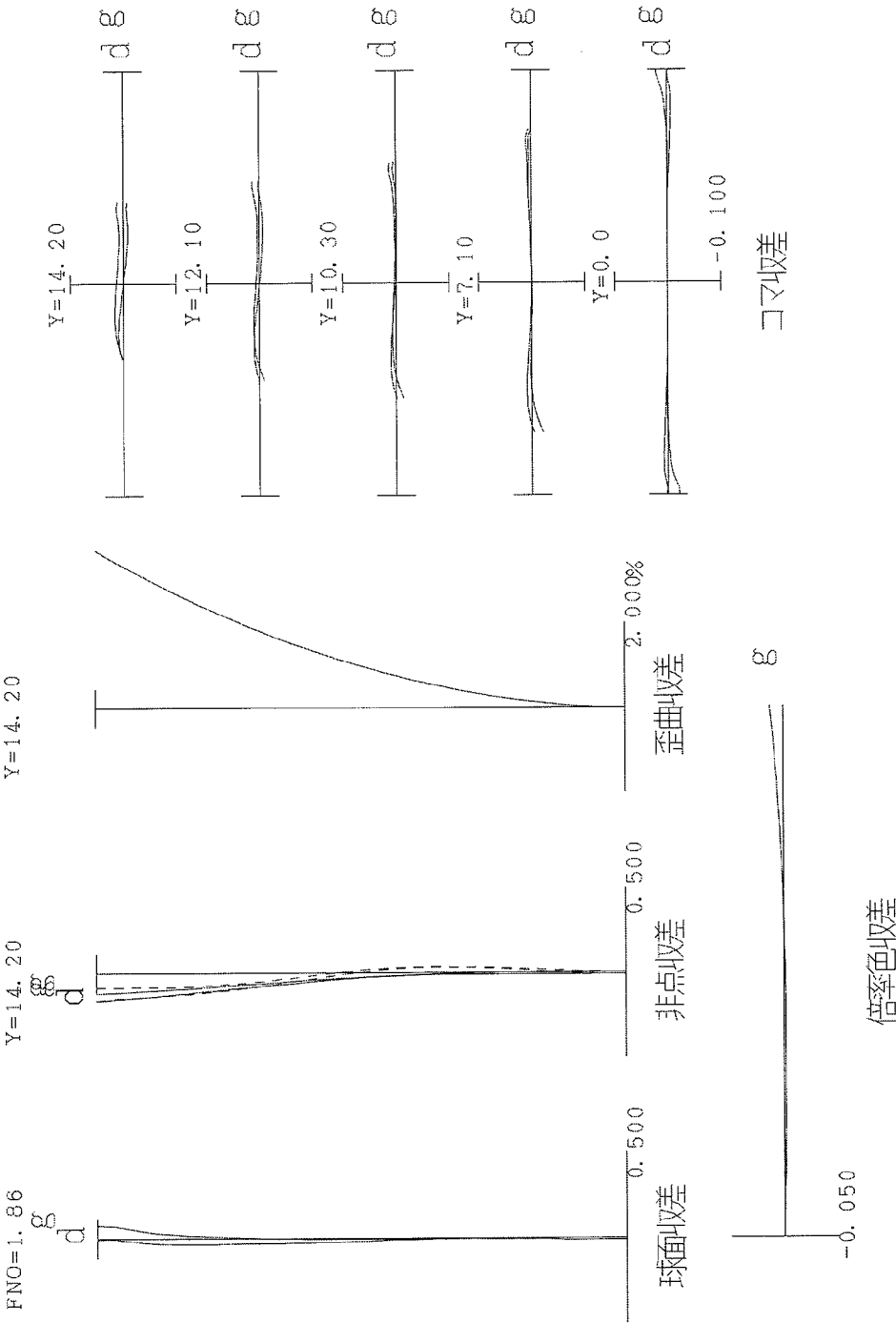
[図4B]



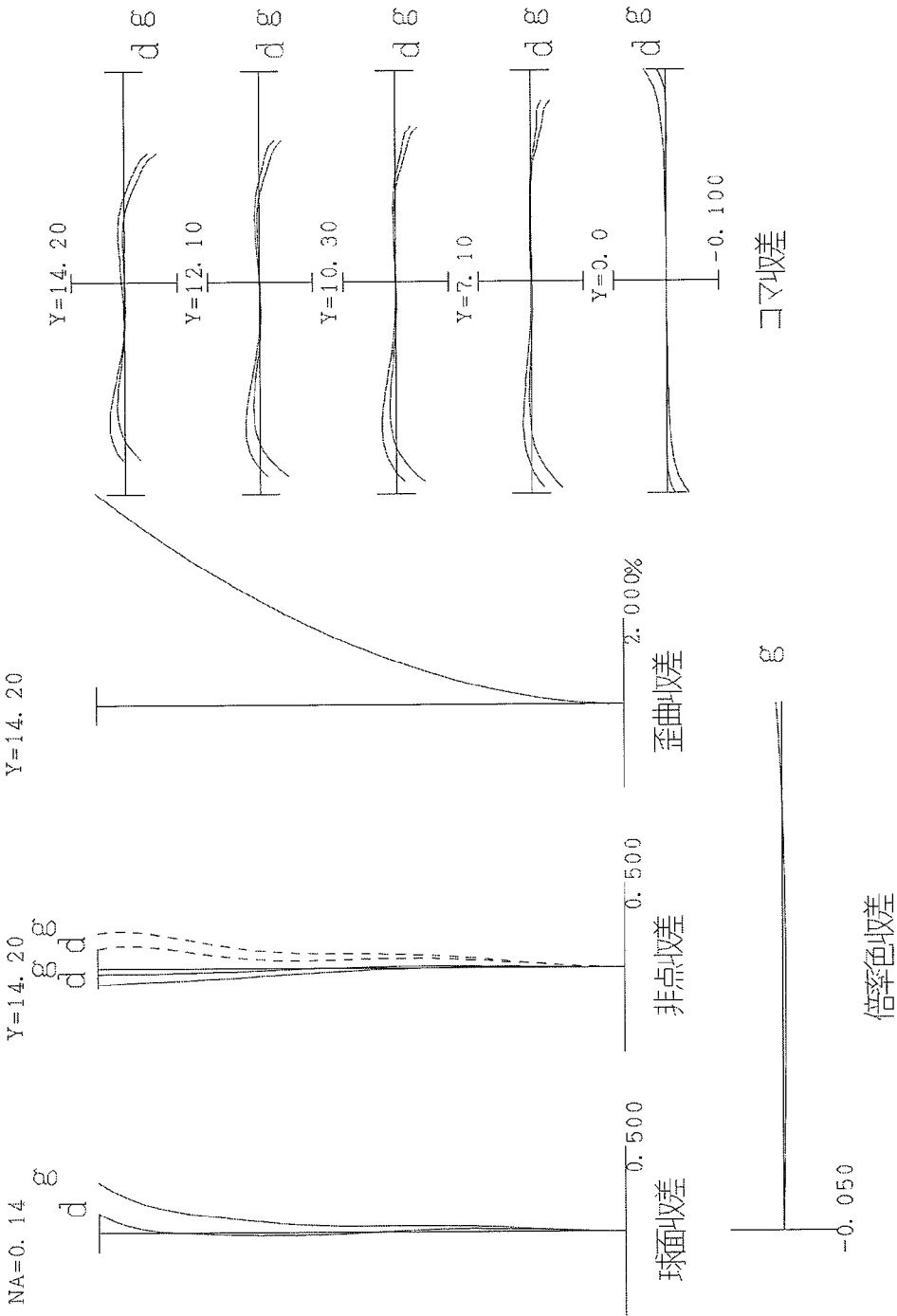
[図5]



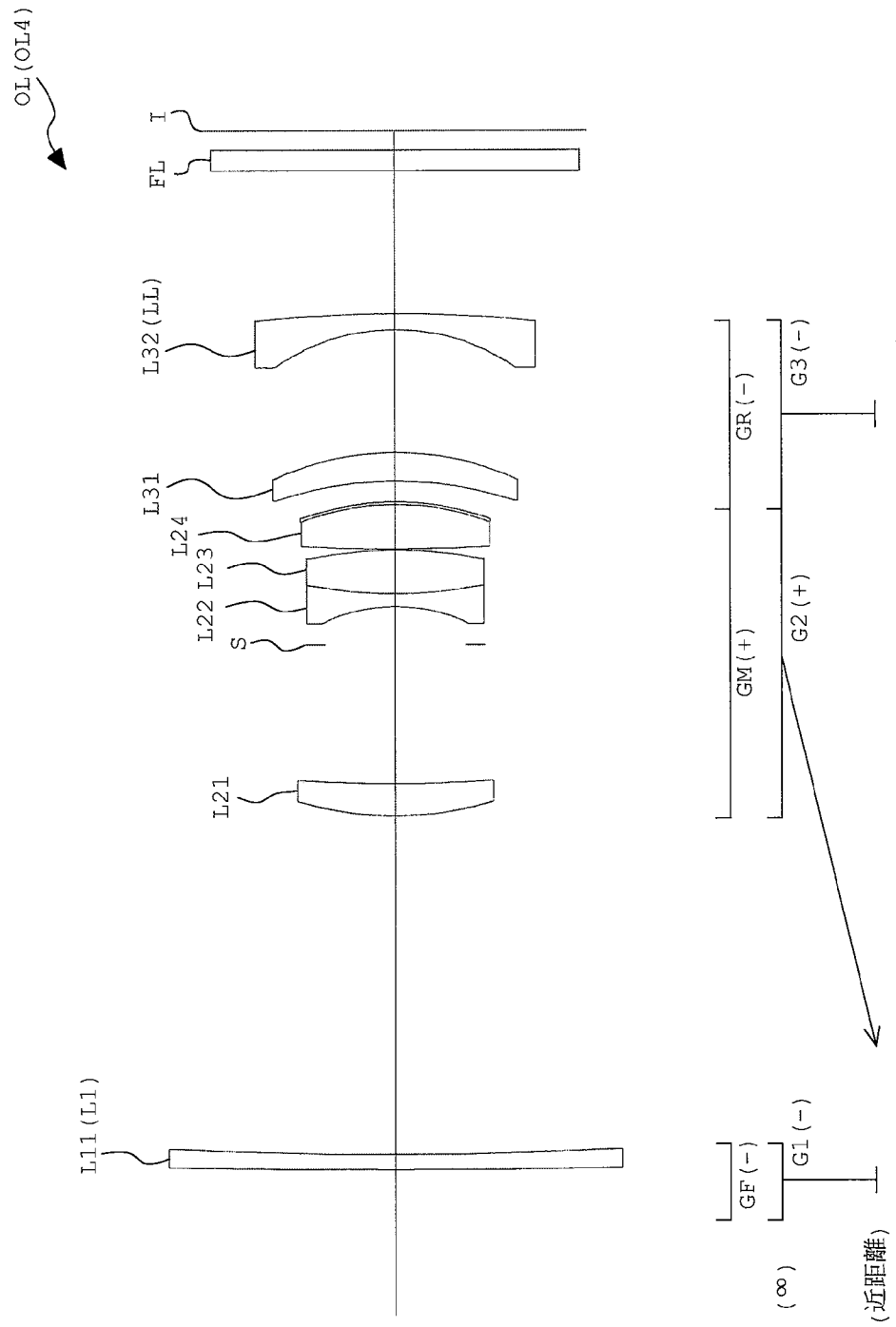
[図6A]



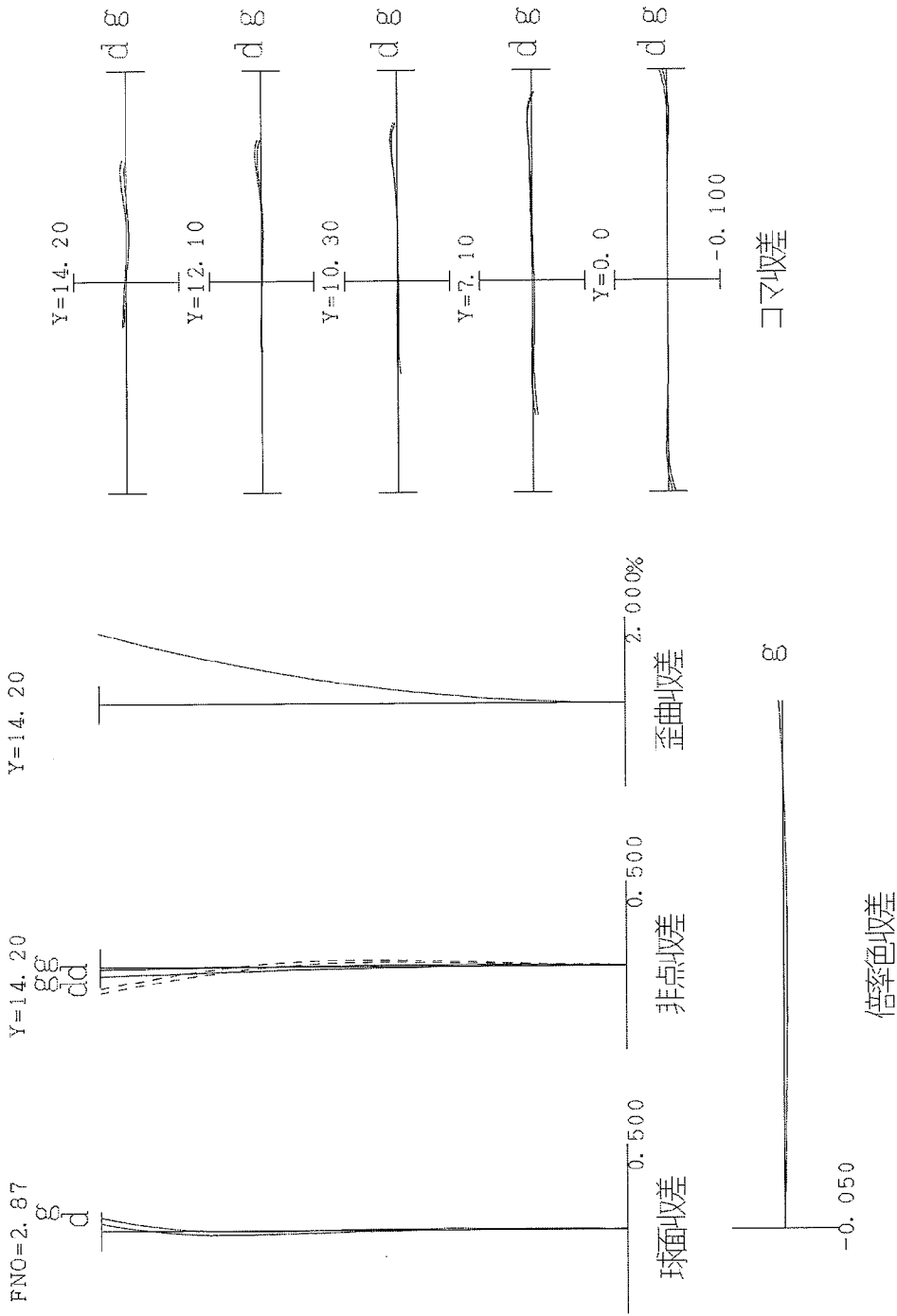
[図6B]



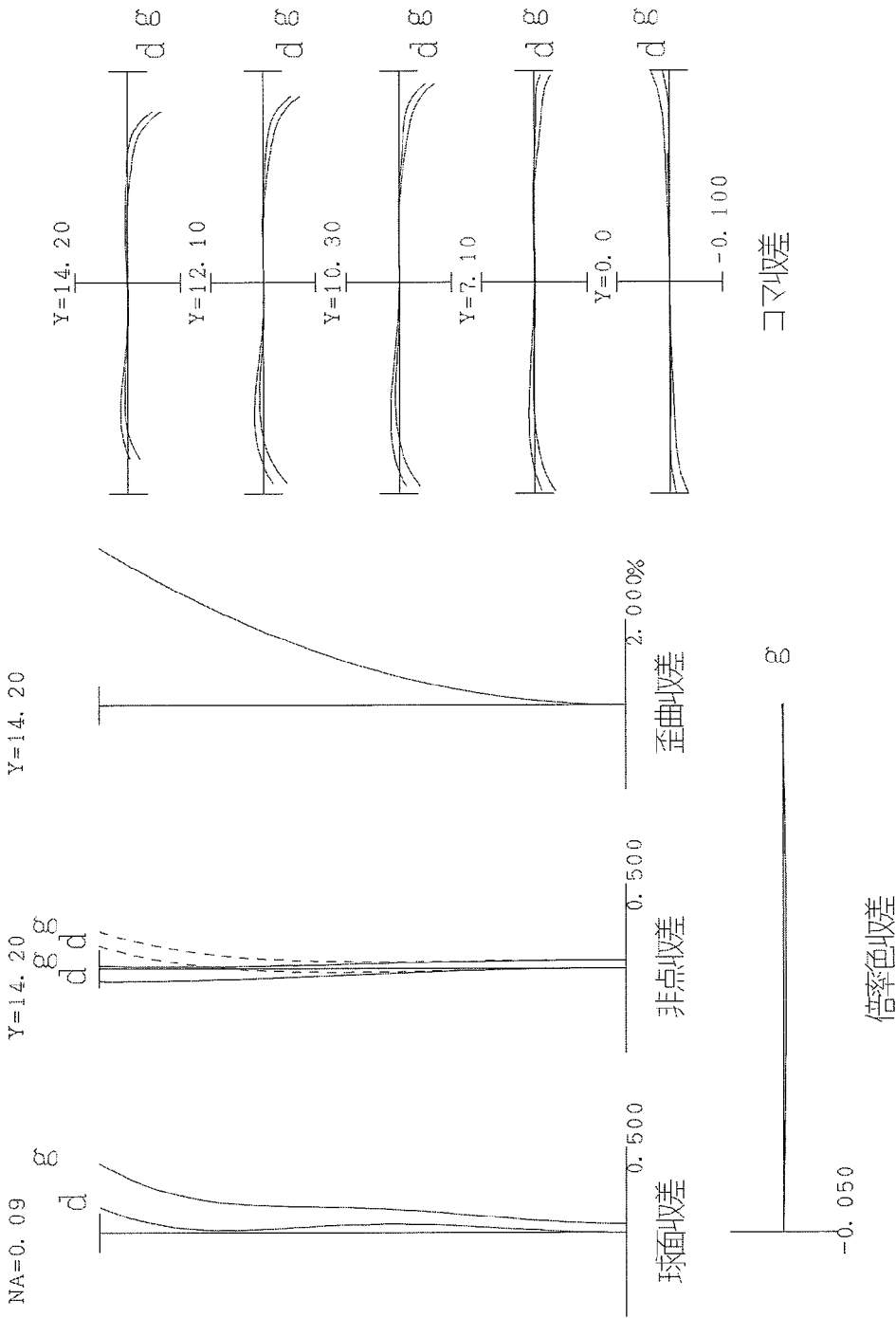
[図7]



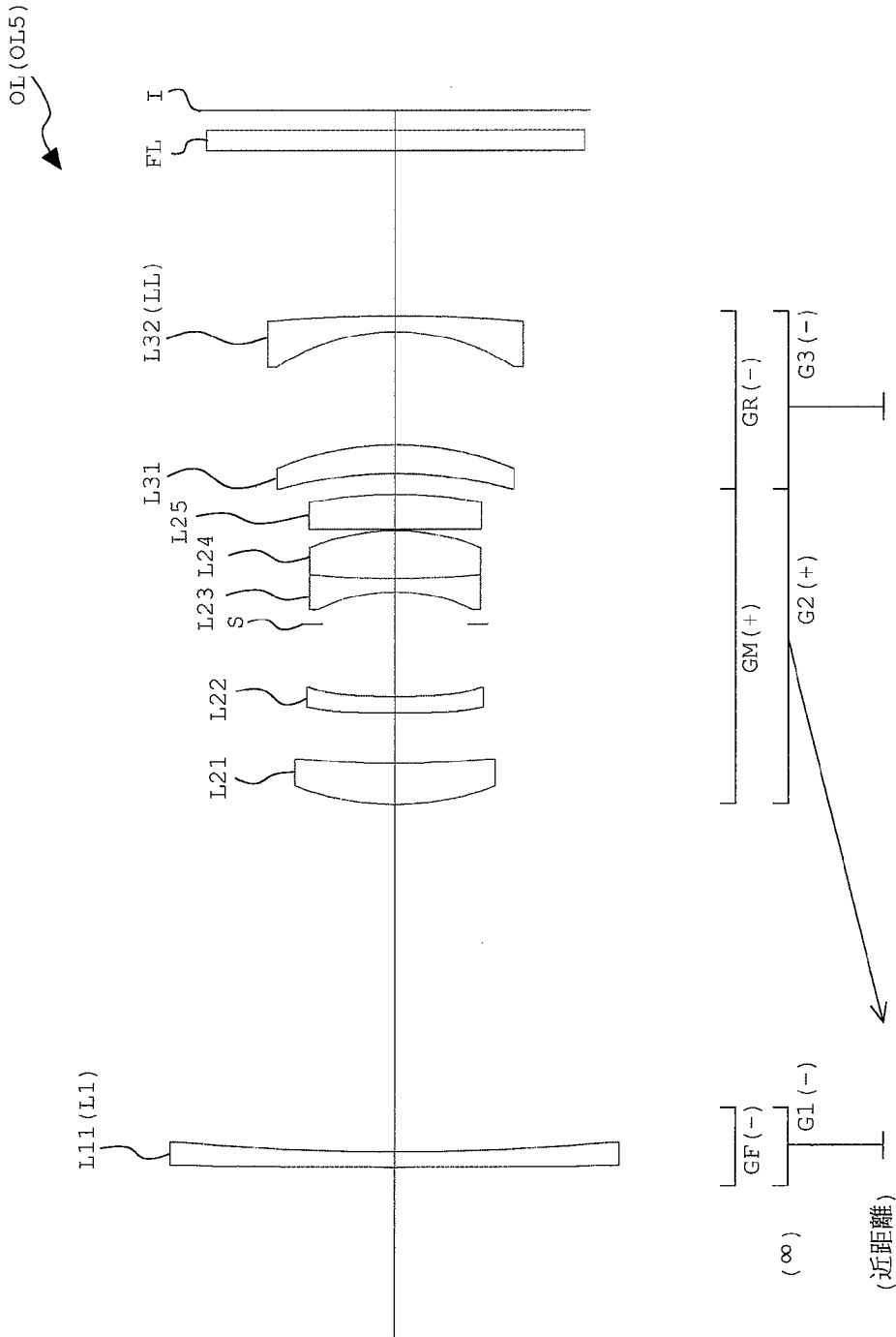
[図8A]



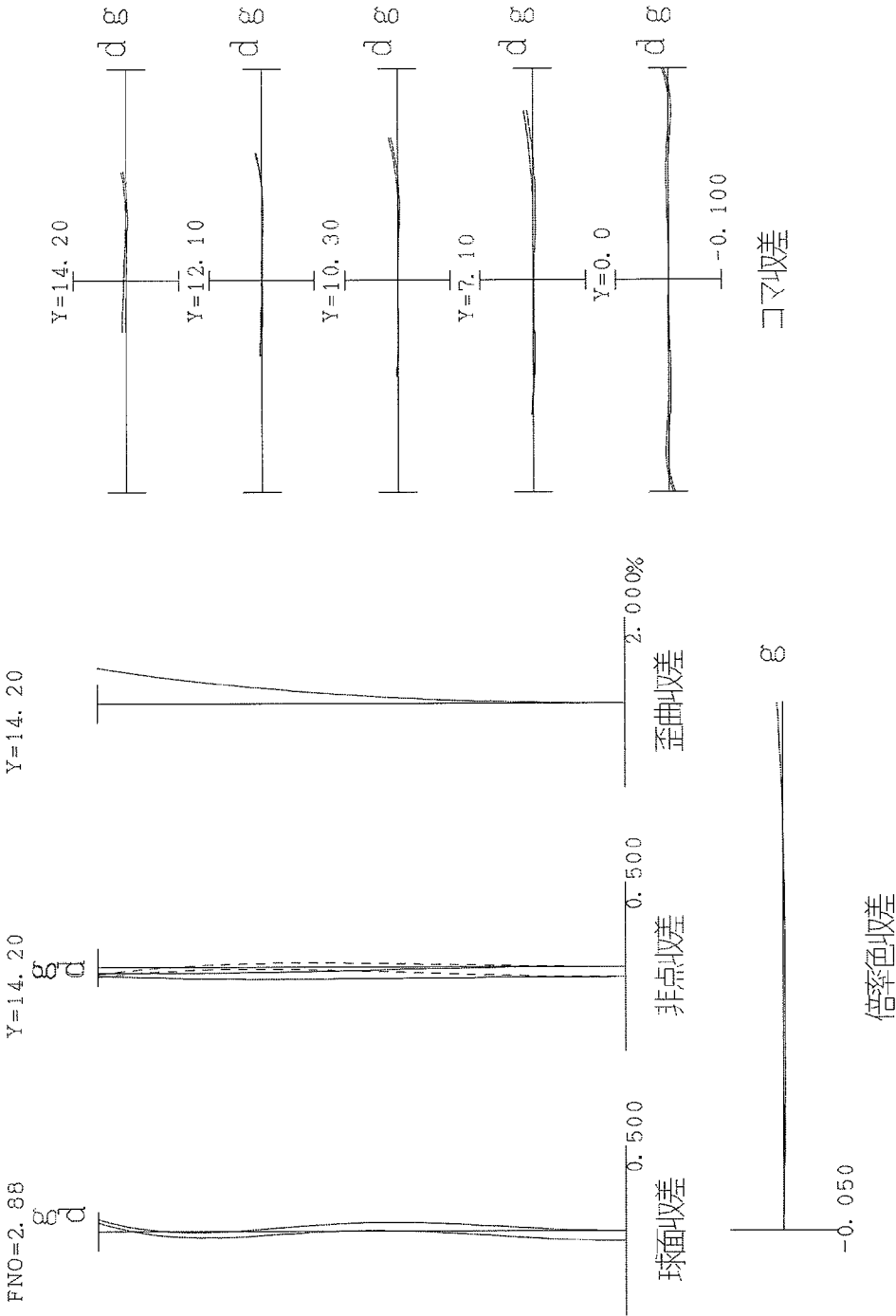
[図8B]



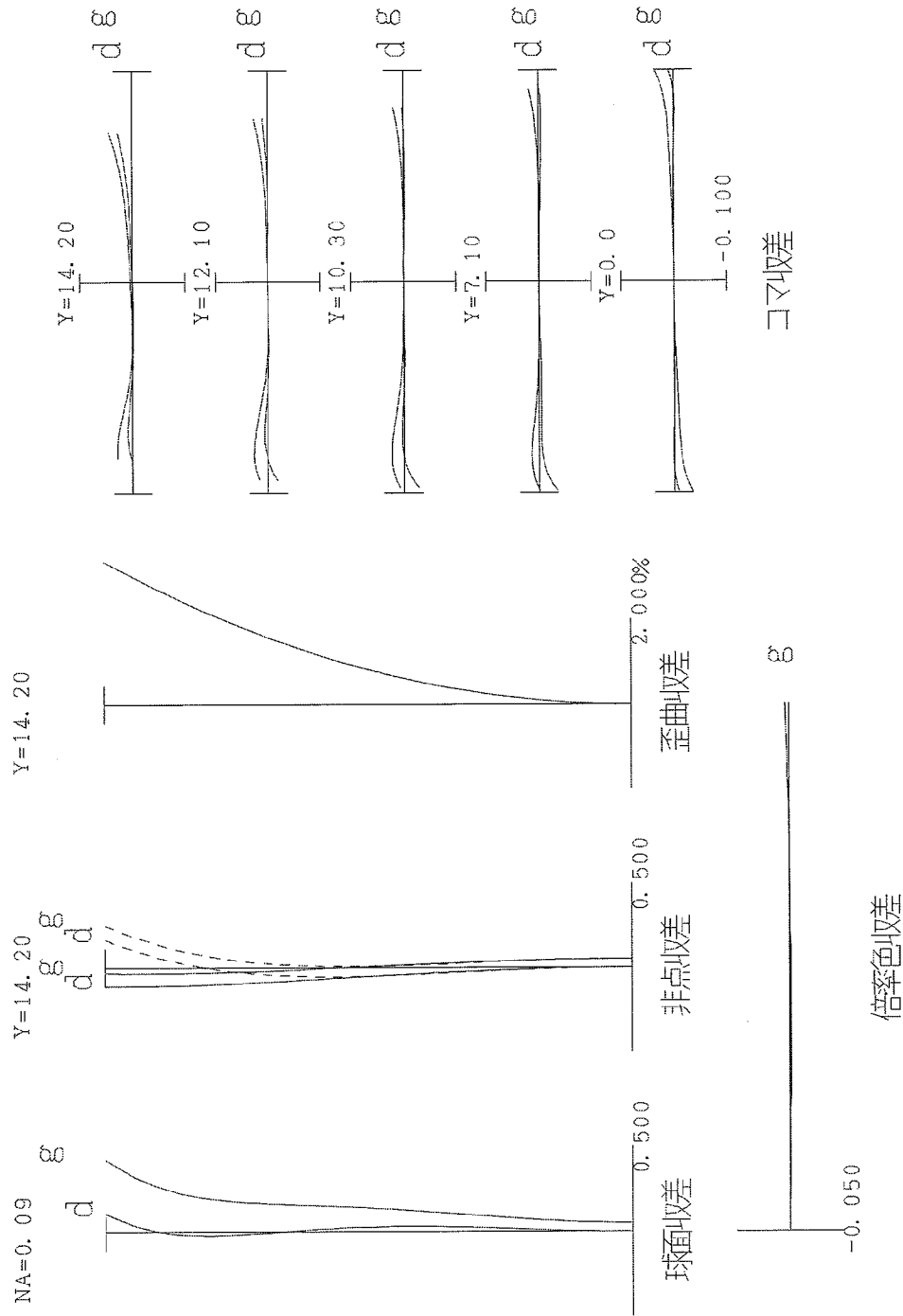
[図9]



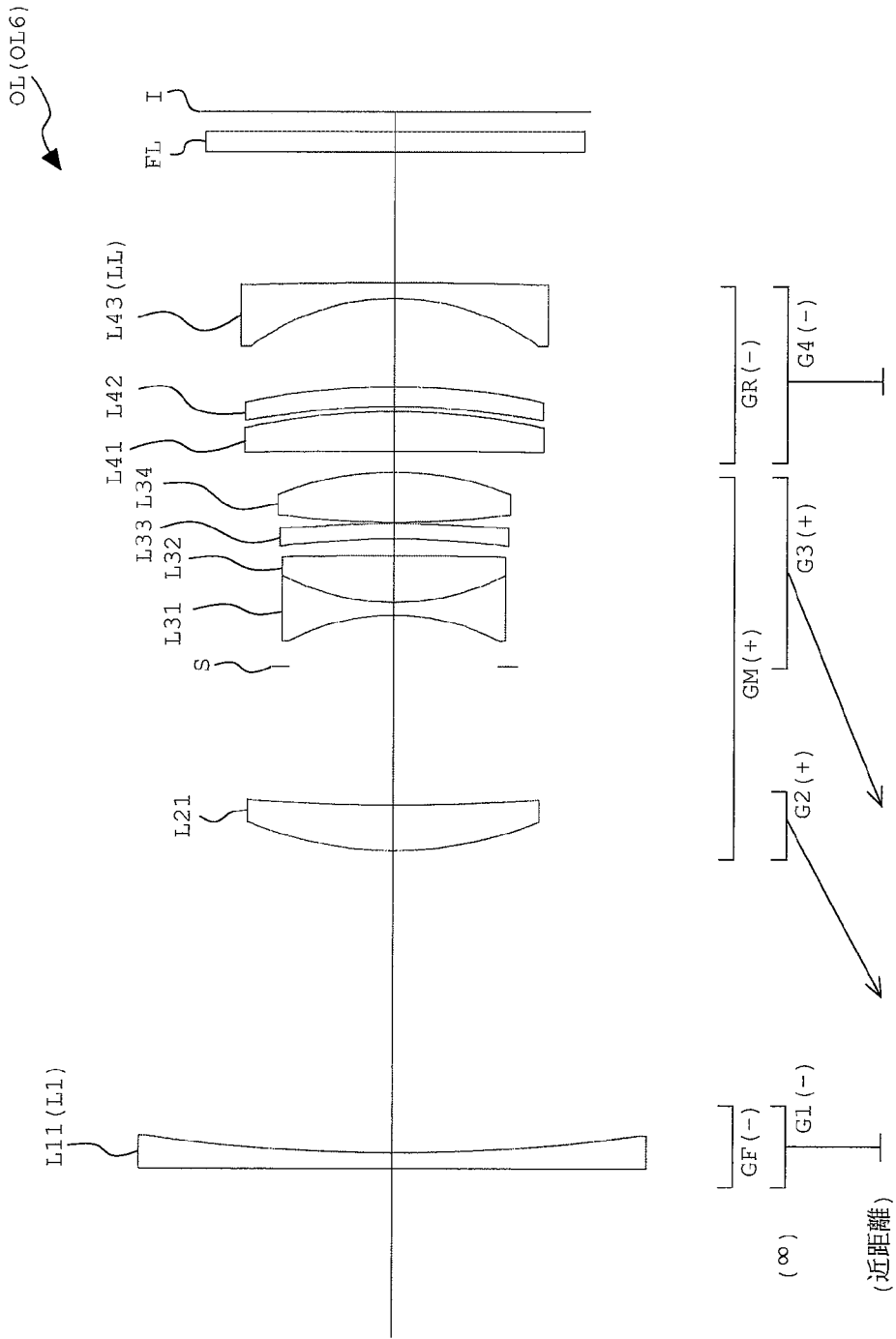
[図10A]



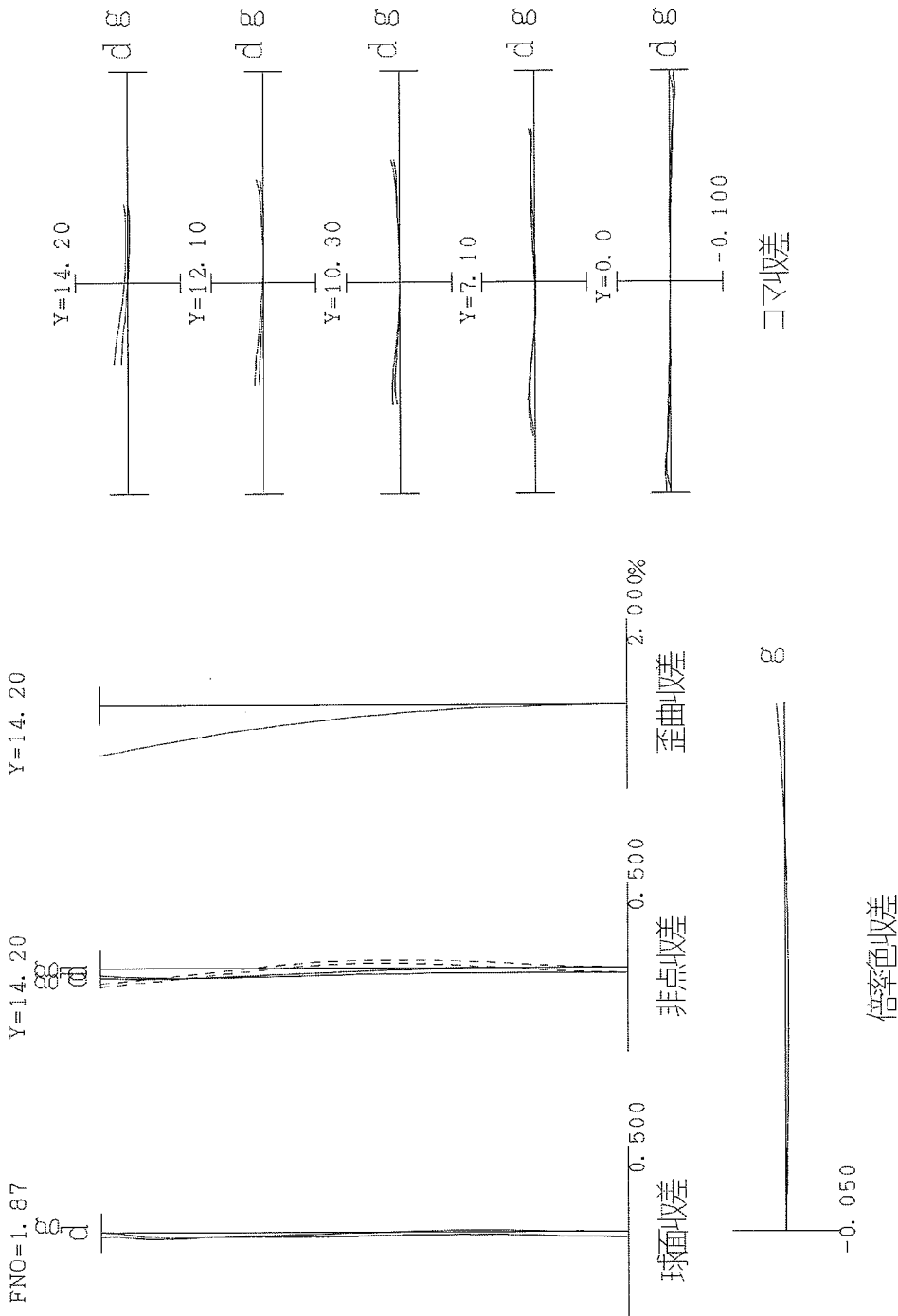
[図10B]



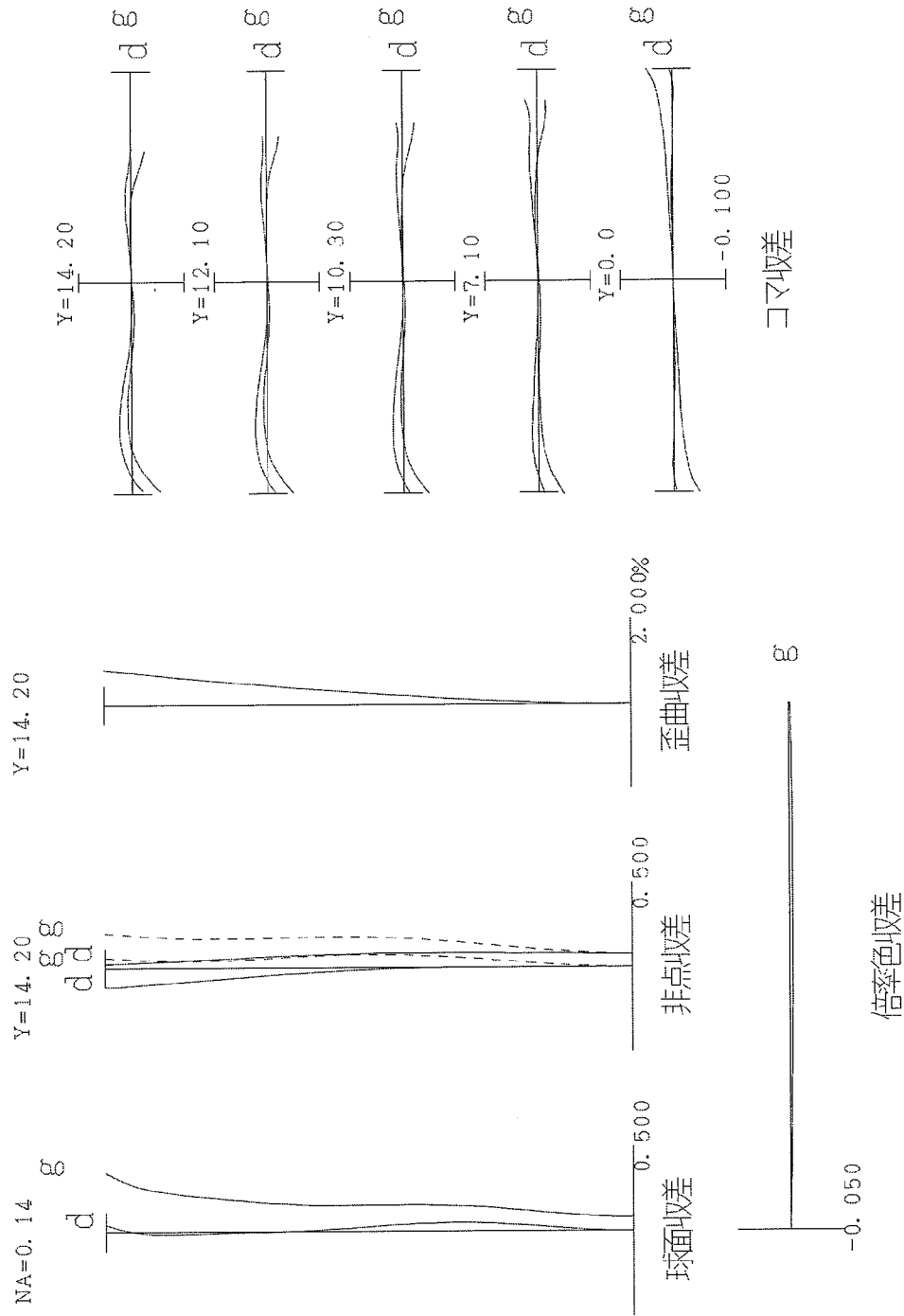
[図11]



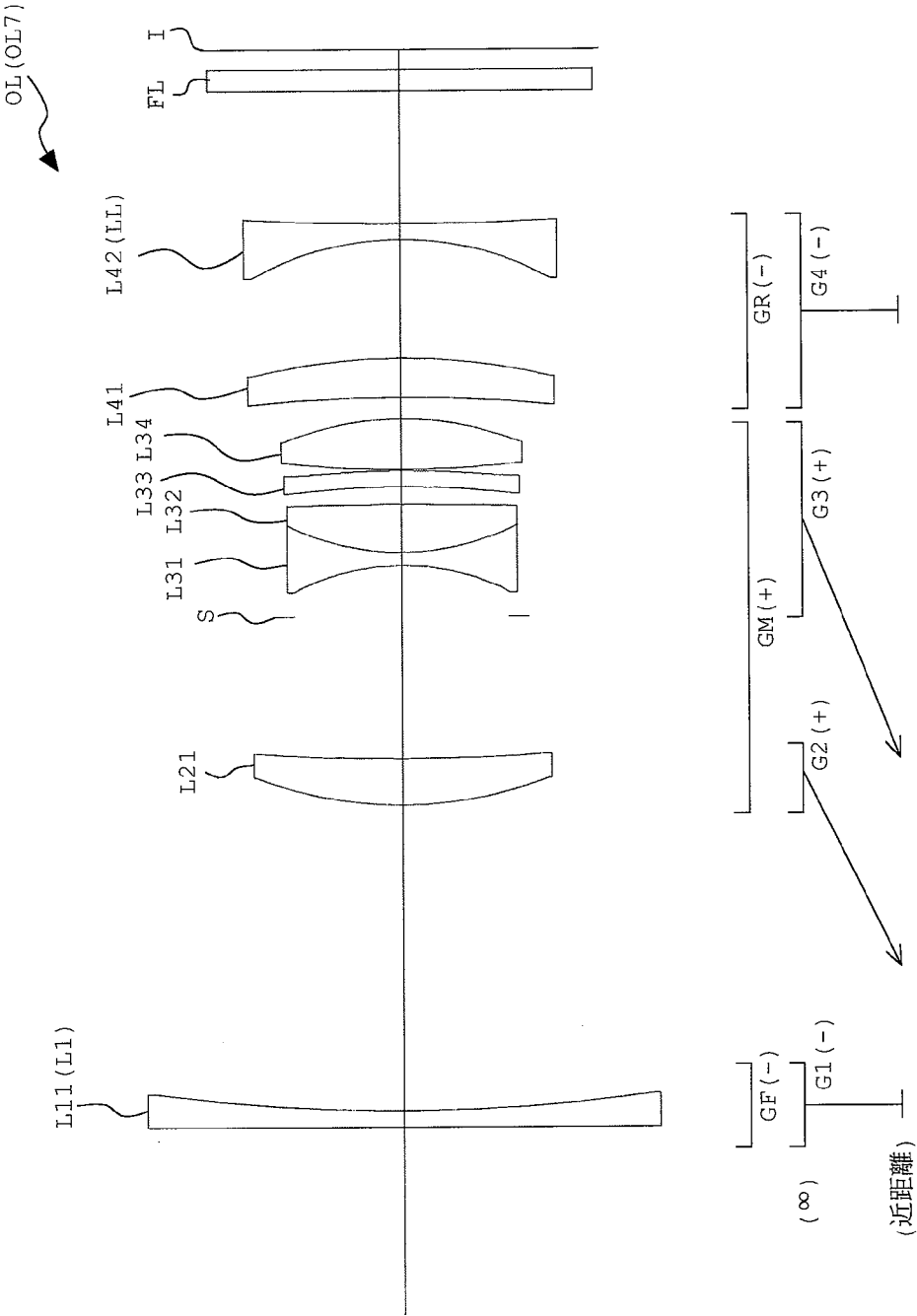
[図12A]



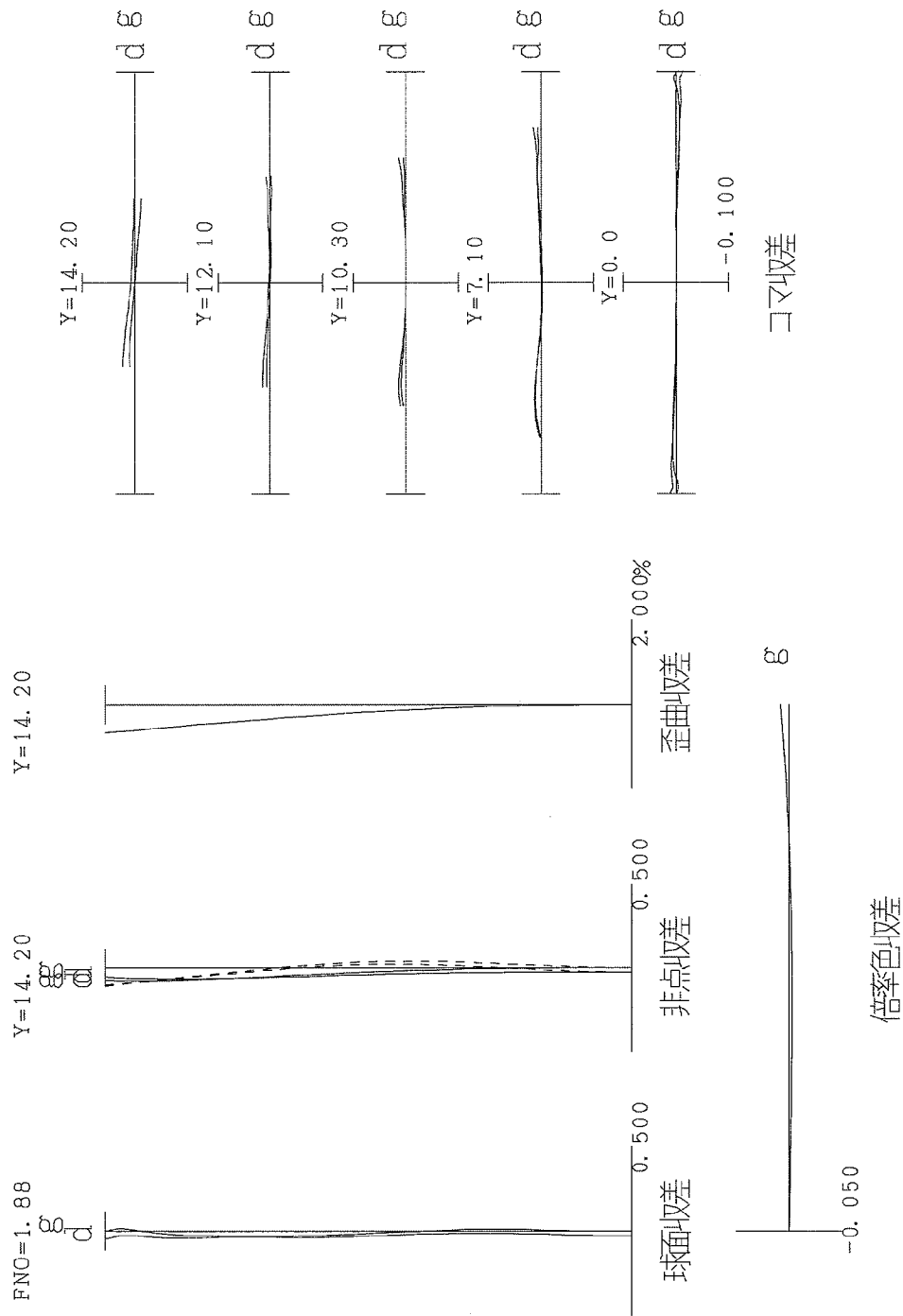
[図12B]



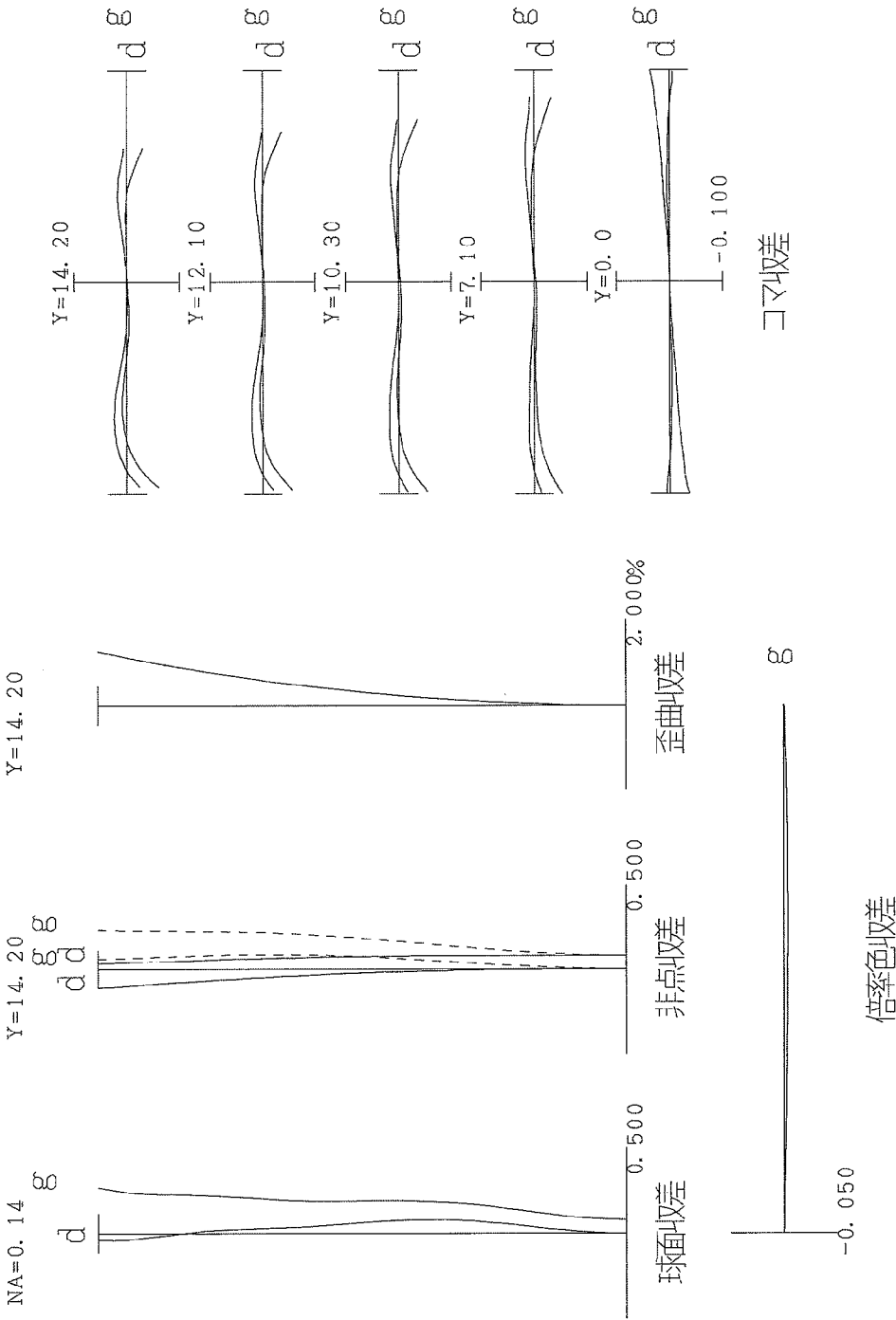
[図13]



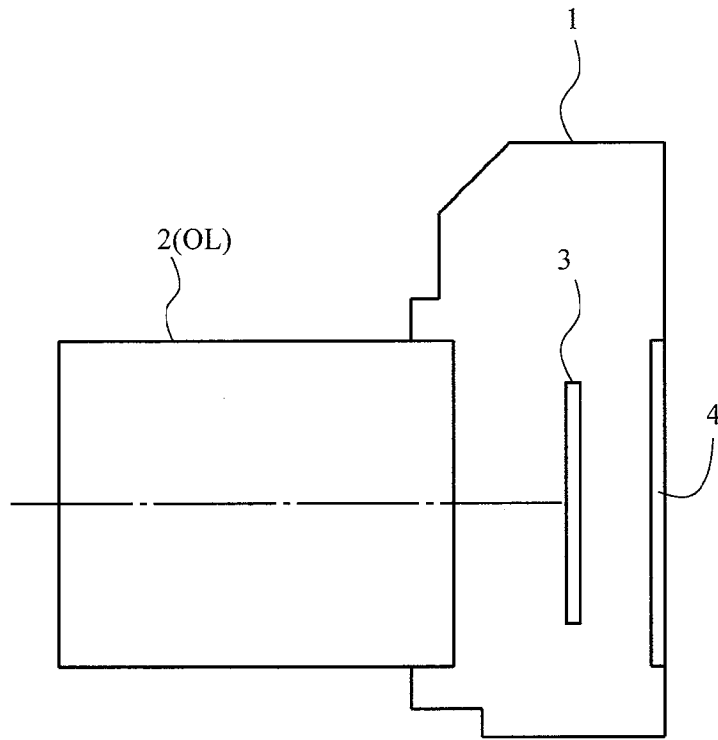
[図14A]



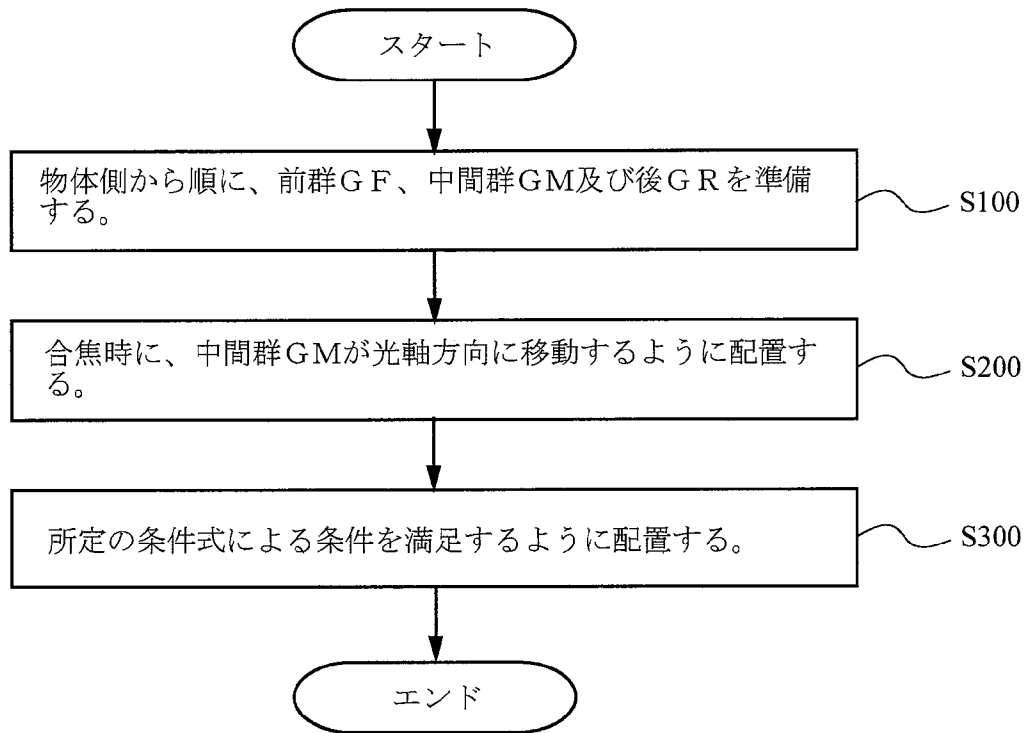
[図14B]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/009075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G02B 13/00</i> (2006.01)i; <i>G02B 13/18</i> (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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 2013-235239 A (KONICA MINOLTA, INC.) 21 November 2013 (2013-11-21) examples 1-5, etc.	1-3, 5-19 4
X A	JP 6-308383 A (NIKON CORPORATION) 04 November 1994 (1994-11-04) example 3, etc.	1, 3, 5-6, 8-18 2, 4, 7, 19
X A	JP 4-304408 A (NIKON CORPORATION) 27 October 1992 (1992-10-27) example 3, etc.	1, 3, 5-12, 15-18 2, 4, 13-14, 19
X A	JP 2016-156941 A (NIKON CORPORATION) 01 September 2016 (2016-09-01) examples 1, 2, 4, etc.	1, 3, 7, 10-11, 14-15, 17-18 2, 4-6, 8-9, 12-13, 16, 19
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 11 April 2024		Date of mailing of the international search report 07 May 2024
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

International application No.

PCT/JP2024/009075

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014-197128 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 16 October 2014 (2014-10-16)	2-3, 6, 8-10, 15-17, 19
A	paragraph [0032], example 2, etc.	1, 4-5, 7, 11-14, 18

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

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

(Invention 1) Claims 1 and 3-18

Document 1 (JP 2013-235239 A (KONICA MINOLTA INC.) 21 November 2013 (2013-11-21), examples 1-5, etc.) describes an optical system that satisfies the configurations and conditional expressions as recited in claims 1 and 3 of the present application. In light of document 1, claims 1 and 3 lack novelty, and thus do not have a special technical feature. However, claim 4 that depends from claim 1 has the special technical feature wherein the condition " $17.00 < (DF+DM+DR)/DF < 40.00$ " is satisfied". Claims 5-17 have the same technical feature as claim 4. Claim 18 is an invention relating to a manufacturing method corresponding to the invention of claim 1, and thus is substantially identical to the invention of claim 1.

Accordingly claims 1 and 3-18 are classified as invention 1.

(Invention 2) Claim 2 and 19

Claims 2 and 19 cannot be said to have the same or corresponding technical features between these claims and claim 4 classified as invention 1.

Furthermore, claims 2 and 19 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly claims 2 and 19 cannot be identified as invention 1.

Thus claims 2 and 19 are classified as invention 2.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/009075

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2013-235239	A	21 November 2013	US	2013/0271851	A1
				examples 1-5, etc.		
JP	6-308383	A	04 November 1994	US	5519540	A
				example 3, etc.		
JP	4-304408	A	27 October 1992	US	5257137	A
				example 3, etc.		
JP	2016-156941	A	01 September 2016	(Family: none)		
JP	2014-197128	A	16 October 2014	US	2014/0293441	A1
				paragraph [0115], example 7, etc.		
				CN	104076492	A

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2013-235239 A（コニカミノルタ株式会社）21.11.2013（2013 - 11 - 21）	1-3, 5-19
A	実施例 1 - 5 等	4
X	JP 6-308383 A（株式会社ニコン）04.11.1994（1994 - 11 - 04）	1, 3, 5-6, 8-18
A	実施例 3 等	2, 4, 7, 19
X	JP 4-304408 A（株式会社ニコン）27.10.1992（1992 - 10 - 27）	1, 3, 5-12, 15-18
A	実施例 3 等	2, 4, 13-14, 19
X	JP 2016-156941 A（株式会社ニコン）01.09.2016（2016 - 09 - 01）	1, 3, 7, 10-11, 14-15, 17-18
A	実施例 1 - 2, 4 等	2, 4-6, 8-9, 12-13, 16, 19

☒ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

11. 04. 2024

国際調査報告の発送日

07. 05. 2024

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）

殿岡 雅仁 20 4748

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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 2014-197128 A（キヤノン株式会社）16.10.2014（2014 - 10 - 16） 段落〔0032〕、実施例2等	2-3, 6, 8-10, 15-17, 19
A		1, 4-5, 7, 11-14, 18

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

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

（発明1）請求項1，3－18

文献1（JP 2013-235239 A（コニカミノルタ株式会社）21.11.2013(2013-11-21) 実施例1－5等）には、本願請求項1，3に記載の構成および条件式を満たす光学系が記載されており、請求項1，3は、文献1により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。しかしながら、請求項1の従属請求項である請求項4は、条件「 $17.00 < (DF + DM + DR) / DF < 40.00$ 」を満足することという特別な技術的特徴を有しており、請求項5－17も、請求項4と同一の技術的特徴を有している。また、請求項18は、請求項1に係る発明に対応する製造方法の発明であり、実質的に同一の関係にある。

したがって、請求項1，3－18を発明1に区分する。

（発明2）請求項2，19

請求項2，19は、発明1に区分された請求項4と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項2，19は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項2，19は発明1に区分できない。

よって、請求項2，19は、発明2に区分する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

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

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/JP2024/009075

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-235239	A	21.11.2013	US 2013/0271851 A1 実施例 1 - 5 等	
JP	6-308383	A	04.11.1994	US 5519540 A 実施例 3 等	
JP	4-304408	A	27.10.1992	US 5257137 A 実施例 3 等	
JP	2016-156941	A	01.09.2016	(ファミリーなし)	
JP	2014-197128	A	16.10.2014	US 2014/0293441 A1 段落 [0 1 1 5]、実施例 7 等	
				CN 104076492 A	