

(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
2019年6月20日(20.06.2019)

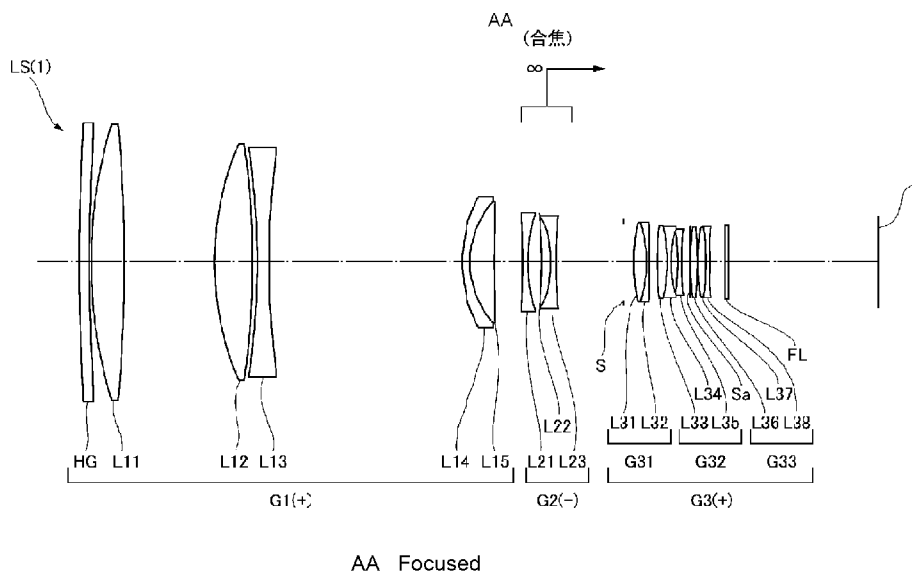


(10) 国際公開番号
WO 2019/116567 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) *G02B 13/04* (2006.01)
G02B 13/02 (2006.01) *G02B 15/20* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/045187
- (22) 国際出願日: 2017年12月15日(15.12.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山下 雅史 (YAMASHITA, Masashi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 伊藤 智希 (ITO, Tomoki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 籾本 洋 (YABUMOTO, Hiroshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大西 正悟, 外 (OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

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

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器、および光学系の製造方法



(57) Abstract: An optical system (LS) includes lenses (L22, L33) satisfying the following conditional expressions: $ndLZ + (0.01425 \times vdLZ) < 2.12$; and $vdLZ < 35.0$, where $ndLZ$ signifies the refractive index of the lenses at the d line, and $vdLZ$ signifies the Abbe number of the lenses at the d line.

(57) 要約: 光学系 (LS) は、以下の条件式を満足するレンズ (L22, L33) を有している。 $ndLZ + (0.01425 \times vdLZ) < 2.12$ $vdLZ < 35.0$ 但し、 $ndLZ$: レンズのd線に対する屈折率 $vdLZ$: レンズのd線を基準とするアッペ数



WO 2019/116567 A1

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：光学系、光学機器、および光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、光学機器、および光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、デジタルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に用いられる撮像素子は、高画素化が進んでいる。このような撮像素子を用いた撮像装置に設けられる撮影レンズは、球面収差、コマ収差等の基準収差（単一波長の収差）に加え、白色光源において像の色にじみがないように色収差も良好に補正された、高い解像力を有するレンズであることが望まれている。特に、色収差の補正においては、1次の色消しに加え、2次スペクトルが良好に補正されていることが望ましい。色収差の補正の手段として、例えば、異常分散性を有する樹脂材料を用いる方法（例えば、特許文献1を参照）が知られている。このように、近年の撮像素子の高画素化に伴い、諸収差が良好に補正された撮影レンズが望まれている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-194609号公報

発明の概要

[0004] 第1の態様に係る光学系は、以下の条件式を満足するレンズを有する。

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) < 2.12$$

$$\nu d L Z < 35.0$$

但し、 $n d L Z$ ：前記レンズのd線に対する屈折率

$\nu d L Z$ ：前記レンズのd線を基準とするアッペ数

[0005] 第2の態様に係る光学機器は、上記光学系を備えて構成される。

[0006] 第3の態様に係る光学系の製造方法は、以下の条件式を満足するレンズを有するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) < 2.12$$

$$\nu d L Z < 35.0$$

但し、 $n d L Z$ ：前記レンズのd線に対する屈折率

$\nu d L Z$ ：前記レンズのd線を基準とするアッペ数

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

。

[図2]第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図3]第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

。

[図4]図4(A)、図4(B)、および図4(C)はそれぞれ、第2実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図5]第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

。

[図6]第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図7]第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

。

[図8]図8(A)、図8(B)、および図8(C)はそれぞれ、第4実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図9]第5実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

。

[図10]図10(A)、図10(B)、および図10(C)はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図11]第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

[図12]第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図13]第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成図である。

[図14]第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図15]本実施形態に係る光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図16]本実施形態に係る光学系の製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本実施形態に係る光学系および光学機器について図を参照して説明する。まず、本実施形態に係る光学系を備えたカメラ（光学機器）を図15に基づいて説明する。このカメラ1は、図15に示すように撮影レンズ2として本実施形態に係る光学系を備えたデジタルカメラである。カメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、撮像素子3へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子3によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、このカメラは、ミラーレスカメラでも、クイックリターンミラーを有した一眼レフタイプのカメラであっても良い。

[0009] 本実施形態に係る光学系（撮影レンズ）LSの一例としての光学系LS（1）は、図1に示すように、以下の条件式（1）～（2）を満足するレンズ（L22，L33）を有している。本実施形態においては、他のレンズと区別するため、条件式（1）～（2）を満足するレンズを特定レンズと称する場合がある。

$$[0010] \quad n_{dLZ} + (0.01425 \times \nu_{dLZ}) < 2.12 \quad \dots (1)$$

$$\nu_{dLZ} < 35.0 \quad \dots (2)$$

但し、 n_{dLZ} ：特定レンズのd線に対する屈折率

ν_{dLZ} ：特定レンズのd線を基準とするアッベ数

[0011] 本実施形態によれば、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次スペクトルが良好に補正された光学系、およびこの光学系を備えた光学機器

を得ることが可能になる。本実施形態に係る光学系LSは、図3に示す光学系LS(2)でも良く、図5に示す光学系LS(3)でも良く、図7に示す光学系LS(4)でも良い。また、本実施形態に係る光学系LSは、図9に示す光学系LS(5)でも良く、図11に示す光学系LS(6)でも良く、図13に示す光学系LS(7)でも良い。

[0012] 条件式(1)は、特定レンズのd線に対する屈折率とd線を基準とするアッペ数の適切な関係を規定するものである。条件式(1)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。

[0013] 条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、例えばペッツバル和が小さくなることで、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。条件式(1)の上限値を2.11に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(1)の上限値を、2.10、2.09、2.08、2.07、さらに2.06とすることが好ましい。

[0014] 条件式(2)は、特定レンズのd線を基準とするアッペ数の適切な範囲を規定するものである。条件式(2)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。

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

[0016] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$0.702 < \theta_{gFLZ} + (0.00316 \times \nu_{dLZ}) \quad \dots (3)$$

但し、 θ_{gFLZ} ：特定レンズの部分分散比であり、特定レンズのg線に対する屈折率を n_{gLZ} とし、特定レンズのF線に対する屈折率を n_{FLZ} とし、特定レンズのC線に対する屈折率を n_{CLZ} としたとき、次式で定義される

$$\theta_{gFLZ} = (n_{gLZ} - n_{FLZ}) / (n_{FLZ} - n_{CLZ})$$

なお、特定レンズのd線を基準とするアッペ数 ν_{dLZ} は、次式で定義される

$$\nu_{dLZ} = (n_{dLZ} - 1) / (n_{FLZ} - n_{CLZ})$$

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

[0018] 条件式(3)の対応値が下限値を下回ると、特定レンズの異常分散性が小さくなるため、色収差の補正が困難となる。条件式(3)の下限値を0.704に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(3)の下限値を、0.708、0.710、0.712、さらに0.715とすることが好ましい。

[0019] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(2-1)を満足してもよい。

$$18.0 < \nu_{dLZ} < 35.0 \quad \dots (2-1)$$

[0020] 条件式(2-1)は、条件式(2)と同様の式であり、条件式(2-1)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。条件式(2-1)の上限値を32.5に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2-1)の上限値を、32.0、31.5、31.0、30.5、30.0、さらに29.5とすることが好ましい。一方、条件式(2-1)の下限値を20.0に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするこ

きる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2-1)の下限値を、23.0、23.5、24.0、24.5、25.0、25.5、26.0、26.5、27.0、27.5、さらに27.7とすることが好ましい。

[0021] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$1.83 < n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) \quad \dots (4)$$

[0022] 条件式(4)は、特定レンズのd線に対する屈折率とd線を基準とするアッペ数の適切な関係を規定するものである。条件式(4)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。

[0023] 条件式(4)の対応値が下限値を下回ると、例えば特定レンズの屈折率が小さくなることで、基準収差、特に球面収差の補正が困難になるため、好ましくない。条件式(4)の下限値を1.84に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(4)の下限値を、1.85、さらに1.86とすることが好ましい。

[0024] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$1.55 < n d L Z \quad \dots (5)$$

[0025] 条件式(5)は、特定レンズのd線に対する屈折率の適切な範囲を規定するものである。条件式(5)を満足することで、コマ収差、色収差(軸状色収差および倍率色収差)等の諸収差を良好に補正することができる。

[0026] 条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、コマ収差、色収差(軸状色収差および倍率色収差)等の諸収差を補正することが困難になり、好ましくない。条件式(5)の下限値を1.58に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(5)の下限値を、1.60、1.62、1.65、1.

68、1.70、さらに1.72とすることが好ましい。

[0027] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$DLZ > 0.80 \quad \dots (6)$$

但し、DLZ：特定レンズの光軸上の厚さ [mm]

[0028] 条件式(6)は、特定レンズの光軸上の厚さの適切な範囲を規定するものである。条件式(6)を満足することで、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を良好に補正することができる。

[0029] 条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を補正することが困難になり、好ましくない。条件式(6)の下限値を0.90に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(6)の下限値を、1.00、1.10、1.20、さらに1.30とすることが好ましい。

[0030] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(5-1)および条件式(7)を満足することが望ましい。

$$ndLZ < 1.63 \quad \dots (5-1)$$

$$ndLZ - (0.040 \times \nu dLZ - 2.470) \times \nu dLZ < 39.809 \quad \dots (7)$$

[0031] 条件式(5-1)は、条件式(5)と同様の式であり、条件式(5-1)を満足することで、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を良好に補正することができる。条件式(5-1)の上限値を1.62に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0032] 条件式(7)は、特定レンズのd線に対する屈折率とd線を基準とするアッペ数の適切な関係を規定するものである。条件式(7)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正（色消し）を良好に行うことができる。

[0033] 条件式(7)の対応値が上限値を上回ると、例えばペッツバル和が小さくなることで、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。条件式(7)の上限値を39.800に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(7)の上限値を、39.500、39.000、38.500、38.000、37.500、さらに36.800とすることが好ましい。

[0034] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z < 16.260 \dots (8)$$

[0035] 条件式(8)は、特定レンズのd線に対する屈折率とd線を基準とするアッペ数の適切な関係を規定するものである。条件式(8)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。

[0036] 条件式(8)の対応値が上限値を上回ると、例えばペッツバル和が小さくなることで、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。条件式(8)の上限値を16.240に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(8)の上限値を、16.000、15.800、15.500、15.300、15.000、14.800、14.500、14.000、さらに13.500とすることが好ましい。

[0037] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(2-2)を満足してもよい。

$$18.0 < \nu d L Z < 27.0 \dots (2-2)$$

[0038] 条件式(2-2)は、条件式(2)と同様の式であり、条件式(2-2)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。条件式(2-2)の上限値を26.6に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするこ

とができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（2-2）の上限値を、26.3、26.0、25.7、さらに25.4とすることが好ましい。一方、条件式（2-2）の下限値を21.0に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（2-2）の下限値を、21.5、22.0、22.5、さらに23.0とすることが好ましい。

[0039] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式（5-2）を満足してもよい。

$$1.700 < n d L Z < 1.850 \quad \dots (5-2)$$

[0040] 条件式（5-2）は、条件式（5）と同様の式であり、条件式（5-2）を満足することで、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を良好に補正することができる。条件式（5-2）の上限値を1.830に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（5-2）の上限値を、1.810、1.790、1.770、さらに1.764とすることが好ましい。一方、条件式（5-2）の下限値を1.709に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（5-2）の下限値を、1.718、1.727、1.736、さらに1.745とすることが好ましい。

[0041] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式（3-1）を満足してもよい。

$$0.702 < \theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) < 0.900 \quad \dots (3-1)$$

[0042] 条件式（3-1）は、条件式（3）と同様の式であり、条件式（3-1）を満足することで、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次スペクトルを良好に補正することができる。条件式（3-1）の上限値を0.850に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（3-1）の上

限値を、0.800、さらに0.720とすることが好ましい。一方、条件式(3-1)の下限値を0.704に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(3-1)の下限値を0.706とすることが好ましい。

[0043] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(5-3)を満足してもよい。

$$1.550 < n d L Z < 1.700 \quad \dots (5-3)$$

[0044] 条件式(5-3)は、条件式(5)と同様の式であり、条件式(5-3)を満足することで、コマ収差、色収差(軸状色収差および倍率色収差)等の諸収差を良好に補正することができる。条件式(5-3)の上限値を1.699に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(5-3)の上限値を、1.698、1.697、1.696、さらに1.695とすることが好ましい。一方、条件式(5-3)の下限値を1.560に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(5-3)の下限値を、1.570、1.580、1.590、さらに1.600とすることが好ましい。

[0045] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(2-3)を満足してもよい。

$$27.0 < \nu d L Z < 35.0 \quad \dots (2-3)$$

[0046] 条件式(2-3)は、条件式(2)と同様の式であり、条件式(2-3)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。条件式(2-3)の上限値を34.5に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2-3)の上限値を、34.0、33.5、さらに32.9とすることが好ましい。一方、条件式(2-3)の下限値を28.0に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに

確実にするために、条件式(2-3)の下限値を、29.0、30.0、さらに31.0とすることが好ましい。

[0047] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(5-4)を満足してもよい。

$$1.550 < n d L Z < 1.700 \quad \dots (5-4)$$

[0048] 条件式(5-4)は、条件式(5)と同様の式であり、条件式(5-4)を満足することで、コマ収差、色収差(軸状色収差および倍率色収差)等の諸収差を良好に補正することができる。条件式(5-4)の上限値を1.675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事ができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(5-4)の上限値を、1.660、1.645、1.630、さらに1.615とすることが好ましい。一方、条件式(5-4)の下限値を1.560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事ができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(5-4)の下限値を、1.570、1.580、1.590、さらに1.600とすることが好ましい。

[0049] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式(2-4)を満足してもよい。

$$25.0 < \nu d L Z < 31.0 \quad \dots (2-4)$$

[0050] 条件式(2-4)は、条件式(2)と同様の式であり、条件式(2-4)を満足することで、球面収差、コマ収差等の基準収差の補正と、1次の色収差の補正(色消し)を良好に行うことができる。条件式(2-4)の上限値を30.9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事ができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2-4)の上限値を30.8とすることが好ましい。一方、条件式(2-4)の下限値を25.6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事ができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式(2-4)の下限値を、26.0、26.4、さらに26.8とすることが好ましい。

[0051] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、以下の条件式（5-5）を満足してもよい。

$$1.550 < n d L Z < 1.800 \quad \dots (5-5)$$

[0052] 条件式（5-5）は、条件式（5）と同様の式であり、条件式（5-5）を満足することで、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を良好に補正することができる。条件式（5-5）の上限値を1.770に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（5-5）の上限値を、1.745、1.720、さらに1.695とすることが好ましい。一方、条件式（5-5）の下限値を1.565に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式（5-5）の下限値を、1.590、1.605、さらに1.622とすることが好ましい。

[0053] 本実施形態の光学系は、最も物体側に配置された物体側レンズを有し、特定レンズが物体側レンズより像側に配置されることが望ましい。これにより、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を良好に補正することができる。

[0054] 本実施形態の光学系は、最も像側に配置された像側レンズを有し、特定レンズが像側レンズより物体側に配置されることが望ましい。これにより、コマ収差、色収差（軸状色収差および倍率色収差）等の諸収差を良好に補正することができる。

[0055] 本実施形態の光学系において、特定レンズは、ガラスレンズであることが望ましい。これにより、材料が樹脂である場合と比較して、経年変化に強く、温度変化等の環境変化に強いレンズを得ることができる。

[0056] 続いて、図16を参照しながら、上述の光学系LSの製造方法について概説する。まず、少なくとも1枚のレンズを配置する（ステップST1）。このとき、当該レンズのうち少なくとも1枚（特定レンズ）が上記条件式（1）～（2）等を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する（ステ

ップST2)。このような製造方法によれば、色収差の補正において、1次の色消しに加え、2次スペクトルが良好に補正された光学系を製造することが可能になる。

実施例

- [0057] 以下、本実施形態の実施例に係る光学系LSを図面に基づいて説明する。図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13は、第1～第7実施例に係る光学系LS {LS(1)～LS(7)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。第1実施例に係る光学系LS(1)、第3実施例に係る光学系LS(3)、および第6～第7実施例に係る光学系LS(6)～LS(7)の断面図では、合焦レンズ群が無限遠から近距離物体に合焦する際の移動方向を、「合焦」という文字とともに矢印で示している。第2実施例に係る光学系LS(2)および第4～第5実施例に係る光学系LS(4)～LS(5)の断面図では、広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際の各レンズ群の光軸に沿った移動方向を矢印で示している。
- [0058] これら図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13において、各レンズ群を符号Gと数字の組み合わせにより、各レンズを符号Lと数字の組み合わせにより、それぞれ表している。この場合において、符号、数字の種類および数が大きくなって煩雑化するのを防止するため、実施例毎にそれぞれ独立して符号と数字の組み合わせを用いてレンズ群等を表している。このため、実施例間で同一の符号と数字の組み合わせが用いられていても、同一の構成であることを意味するものではない。
- [0059] 以下に表1～表7を示すが、この内、表1は第1実施例、表2は第2実施例、表3は第3実施例、表4は第4実施例、表5は第5実施例、表6は第6実施例、表7は第7実施例における各諸元データを示す表である。各実施例では収差特性の算出対象として、d線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、g線(波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$)、C線(波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$)、F線(波長 $\lambda = 486.1 \text{ nm}$)を選んでいる。
- [0060] [全体諸元]の表において、fはレンズ全系の焦点距離、FNOはFナン

バー、 2ω は画角（単位は $^{\circ}$ （度）で、 ω が半画角である）、 Y は像高を示す。 TL は無遠合焦時の光軸上でのレンズ最前面からレンズ最終面までの距離に BF を加えた距離を示し、 BF は無遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面 I までの距離（バックフォーカス）を示す。なお、光学系が変倍光学系である場合、これらの値は、広角端（ W ）、中間焦点距離（ M ）、望遠端（ T ）の各変倍状態におけるそれぞれについて示している。

[0061] [レンズ諸元]の表において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からの光学面の順序を示し、 R は各光学面の曲率半径（曲率中心が像側に位置する面を正の値としている）、 D は各光学面から次の光学面（又は像面）までの光軸上の距離である面間隔、 n_d は光学部材の材料の d 線に対する屈折率、 ν_d は光学部材の材料の d 線を基準とするアッペ数を、 θ_{gF} は光学部材の材料の部分分散比をそれぞれ示す。曲率半径の「 ∞ 」は平面又は開口を、（絞り S ）は開口絞り S をそれぞれ示す。空気の屈折率 $n_d = 1.00000$ の記載は省略している。光学面が非球面である場合には面番号に* a 印を付し、光学面が回折光学面である場合には面番号に* b 印を付して、曲率半径 R の欄には近軸曲率半径を示している。

[0062] 光学部材の材料の g 線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_g とし、光学部材の材料の F 線（波長 $\lambda = 486.1 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_F とし、光学部材の材料の C 線（波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_C とする。このとき、光学部材の材料の部分分散比 θ_{gF} は次式（ A ）で定義される。

$$[0063] \quad \theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad \dots (A)$$

[0064] [非球面データ]の表には、[レンズ諸元]に示した非球面について、その形状を次式（ B ）で示す。 $X(y)$ は非球面の頂点における接平面から高さ y における非球面上の位置までの光軸方向に沿った距離（ザグ量）を、 R は基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 κ は円錐定数を、 A_i は第 i 次の非球面係数を示す。「 $E-n$ 」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、 $1.234E-05 = 1.234 \times 10^{-5}$ である。なお、2次の非球面係数 A_2 は0であり、その記載を

省略している。

$$[0065] \quad X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \dots (B)$$

[0066] 光学系が回折光学素子を有する場合、[回折光学面データ]において示す回折光学面の位相形状 ϕ は、次式(C)によって表わされる。

$$[0067] \quad \phi(h, m) = \{2\pi / (m \times \lambda_0)\} \times (C2 \times h^2 + C4 \times h^4 + C6 \times h^6 \dots) \dots (C)$$

但し、

h : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

m : 回折光の回折次数、

λ_0 : 設計波長、

C_i : 位相係数 ($i = 2, 4, \dots$)。

[0068] なお、任意の波長 λ および任意の回折次数 m における回折面の屈折力 ϕ_D は、最も低次の位相係数 C_2 を用いて、次式(D)のように表わすことができる。

$$[0069] \quad \phi_D(h, m) = -2 \times C_2 \times m \times \lambda / \lambda_0 \dots (D)$$

[0070] [回折光学面データ]の表には、[レンズ諸元]に示した回折光学面について、式(C)における設計波長 λ_0 、回折次数 m 、2次の位相係数 C_2 、4次の位相係数 C_4 を示す。「E-n」は、[非球面データ]の表と同様、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

[0071] 光学系が変倍光学系でない場合、[近距離撮影時可変間隔データ]として、 f はレンズ全系の焦点距離を、 β は撮影倍率をそれぞれ示す。また、[近距離撮影時可変間隔データ]の表には、各焦点距離および撮影倍率に対応する、[レンズ諸元]において面間隔が「可変」となっている面番号での面間隔を示す。

[0072] 光学系が変倍光学系である場合、[変倍撮影時可変間隔データ]として、広角端(W)、中間焦点距離(M)、望遠端(T)の各変倍状態に対応する、[レンズ諸元]において面間隔が「可変」となっている面番号での面間隔

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

[0073] [条件式対応値]の表には、各条件式に対応する値を示す。

[0074] 以下、全ての諸元値において、掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 R 、面間隔 D 、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。

[0075] ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

[0076] (第1実施例)

第1実施例について、図1～図2および表1を用いて説明する。図1は、本実施形態の第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第1実施例に係る光学系LS(1)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側に移動する。開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側近傍に配設され、合焦の際、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3と同様に、像面Iに対して固定される。各レンズ群記号に付けている符号(+)もしくは(-)は各レンズ群の屈折力を示し、このことは以下の全ての実施例でも同様である。

[0077] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、極めて弱い屈折力を有する保護ガラスHGと、両凸形状の正レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、両凹形状の負レンズL13と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の正レンズL11が物体側レンズに該当する。

[0078] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL21

と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 2 2および両凹形状の負レンズL 2 3からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第2レンズ群G 2の正メニスカスレンズL 2 2が条件式(1)～(2)等を満足するレンズ(特定レンズ)に該当する。

[0079] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1部分群G 3 1と、負の屈折力を有する第2部分群G 3 2と、正の屈折力を有する第3部分群G 3 3とを有している。第1部分群G 3 1は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 1および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 2からなる接合レンズ、から構成される。第2部分群G 3 2は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 3および両凹形状の負レンズL 3 4からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL 3 5と、から構成される。第3部分群G 3 3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 6と、両凸形状の正レンズL 3 7および両凹形状の負レンズL 3 8からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第3レンズ群G 3の負レンズL 3 8が像側レンズに該当し、第3レンズ群G 3の正レンズL 3 3が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。第3レンズ群G 3の第2部分群G 3 3は、光軸と垂直な方向へ移動可能な防振レンズ群(部分群)を構成し、手ブレ等による結像位置の変位(像面I上の像ブレ)を補正する。なお、第3レンズ群G 3における第2部分群G 3 2と第3部分群G 3 3との間に、固定絞り(フレアカット絞り)S aが配置される。

[0080] 第3レンズ群G 3の像側に、像面Iが配置される。第3レンズ群G 3と像面Iとの間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFLが配設されている。抜き差し交換可能な光学フィルターFLとして、例えば、NCフィルター(ニュートラルカラーフィルター)や、カラーフィルター、偏光フィルター、NDフィルター(減光フィルター)、IRフィルター(赤外線カットフィルター)等が用いられる。

[0081] 以下の表1に、第1実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0082] (表1)

[全体諸元]

f	392.000
F N O	2.881
2 ω	6.245
Y	21.63
T L	396.319
B F	74.502

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d	θ g F
1	1200.37020	5.000	1.51680	63.88	0.536
2	1199.78950	1.000			
3	250.71590	16.414	1.43385	95.25	0.540
4	-766.97150	45.000			
5	158.99440	18.720	1.43385	95.25	0.540
6	-400.00000	2.261			
7	-377.29180	6.000	1.61266	44.46	0.564
8	461.79700	95.451			
9	70.05760	4.000	1.79500	45.31	0.560
10	47.57190	11.944	1.49782	82.57	0.539
11	1223.84820	D11 (可変)			
12	-546.41280	2.500	1.80610	40.97	0.569
13	76.73180	6.996			
14	-241.81680	4.500	1.65940	26.87	0.633
15	-56.62280	2.500	1.48749	70.32	0.529
16	234.80990	D16 (可変)			
17	∞	5.100			(絞り S)
18	95.57020	6.000	1.75500	52.33	0.548
19	-75.36620	1.800	1.80809	22.74	0.629

20	-757.80810	4.500			
21	279.80870	4.700	1.74971	24.66	0.627
22	-82.76070	1.800	1.59319	67.90	0.544
23	50.04470	3.390			
24	-226.07440	1.800	1.83481	42.73	0.565
25	105.63280	4.250			
26	∞	0.250			
27	105.07290	3.700	1.69680	55.52	0.543
28	-158.46840	0.100			
29	92.25180	4.000	1.72047	34.71	0.583
30	-129.17240	1.800	1.92119	23.96	0.620
31	404.52160	7.500			
32	∞	1.500	1.51680	63.88	0.536
33	∞	BF			

[近距離撮影時可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 392.000$	$\beta = -0.173$
D11	13.847	29.047
D16	33.495	18.295

[条件式対応値]

<正メニスカスレンズL22>

条件式(1)

$$n_d L Z + (0.01425 \times \nu_d L Z) = 2.042$$

条件式(2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu_d L Z = 26.87$$

条件式(3), (3-1)

$$\theta_g F L Z + (0.00316 \times \nu_d L Z) = 0.7179$$

条件式(4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.871$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.65940$$

条件式 (6)

$$D L Z = 4.500$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 35.830$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.920$$

<正レンズL33>

条件式 (1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.101$$

条件式 (2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 24.66$$

条件式 (3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7049$$

条件式 (4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.944$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.74971$$

条件式 (6)

$$D L Z = 4.700$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 34.836$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.721$$

[0083] 図2は、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線(波長 $\lambda = 587.6\text{nm}$)、gはg線(波長 $\lambda = 435.8\text{nm}$)、CはC線(波長 $\lambda = 656.3\text{nm}$)、FはF線(波長 $\lambda = 486.1\text{nm}$)をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。なお、以下に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用い、重複する説明は省略する。

[0084] 各諸収差図より、第1実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0085] (第2実施例)

第2実施例について、図3～図4および表2を用いて説明する。図3は、本実施形態の第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第2実施例に係る光学系LS(2)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、負の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第5レンズ群G1～G5がそれぞれ図3の矢印で示す方向に移動する。開口絞りSは、第2レンズ群G2内に配設されている。

[0086] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11および両凸形状の正レンズL12からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL11が物体側レンズに該当する。正メニスカスレンズL13における像側のレンズ面に、回折

光学素子DOEが配設される。回折光学素子DOEは、例えば、互いに異なる材質の2種類の回折素子要素が同一の回折格子溝で接する密着複層型の回折光学素子であり、2種類の紫外線硬化樹脂によって所定の格子高さを有する1次の回折格子（光軸に対して回転対称形状の回折格子）が形成される。

[0087] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL21および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL23と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24と、から構成される。第2レンズ群G2における正メニスカスレンズL23と正メニスカスレンズL24との間に、開口絞りSが配置される。本実施例では、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。第2レンズ群G2の負レンズL21および正メニスカスレンズL22からなる接合レンズと、正メニスカスレンズL23とは、光軸と垂直な方向へ移動可能な防振レンズ群（部分群）を構成し、手ブレ等による結像位置の変位（像面I上の像ブレ）を補正する。

[0088] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32と、から構成される。

[0089] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42からなる接合レンズ、から構成される。

[0090] 第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL51および両凹形状の負レンズL52からなる接合レンズ、から構成される。本実施例では、第5レンズ群G5の全体を光軸に沿って移動させることにより、合焦を行う。

[0091] 第6レンズ群G6は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL61および両凸形状の正レンズL62からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL63と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL64と、から構成される。第6レンズ群G6の像側に、像面Iが配置さ

れる。本実施例では、第6レンズ群G6の負メニスカスレンズL64が像側レンズに該当し、第6レンズ群G6の負メニスカスレンズL61が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。

[0092] 以下の表2に、第2実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0093] (表2)

[全体諸元]

変倍比 2.00

	W	M	T
f	199.985	300.128	400.487
FNO	5.770	5.773	7.777
2 ω	12.088	8.032	3.016
Y	21.60	21.60	21.60
TL	218.509	276.018	309.437
BF	63.575	63.605	63.797

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n _d	ν _d	θ _{gF}
1	338.9295	3.0000	1.806100	33.34	0.5904
2	157.1292	7.1098	1.487490	70.32	
3	-645.1901	0.1000			
4	127.7241	6.3846	1.516800	64.13	
5*b	1000.0000	D5 (可変)			
6	-122.6329	1.7000	1.743997	44.79	
7	65.7202	3.5689	1.659398	26.87	0.6323
8	249.7691	15.0000			
9	-47.9778	3.5000	1.756462	24.89	0.6196
10	-45.0509	2.2932			
11	∞	0.5000			(絞りS)
12	43.2479	2.9936	1.620041	36.26	

13	64.4050	D13 (可変)			
14	82.9323	1.7000	1.808090	22.74	
15	46.2622	3.6463			
16	71.4836	4.1939	1.612720	58.54	
17	-405.4059	D17 (可変)			
18	56.3851	6.9255	1.497820	82.57	
19	-60.8758	1.7000	1.755000	52.33	
20	-374.3030	D20 (可変)			
21	102.7274	2.4918	1.592701	35.31	
22	-125.8788	1.0000	1.755000	52.33	
23	40.8982	D23 (可変)			
24	121.6273	1.7000	1.659398	26.87	0.6323
25	52.1810	5.7438	1.595510	39.21	
26	-42.4345	0.1000			
27	-97.3797	1.5000	1.456000	91.37	
28	59.1706	12.2493			
29	-26.6286	1.5000	1.755000	52.33	0.5476
30	-37.6940	BF			

[回折光学面データ]

第5面

$\lambda_0 = 587.6$

$m = 1$

$C2 = -2.57E-05$

$C4 = -2.04E-11$

[変倍撮影時可変間隔データ]

	W	M	T
D5	11.860	93.192	119.742
D13	10.900	0.500	3.244

D17	0.600	5.172	0.600
D20	34.411	13.877	0.200
D23	6.561	9.070	31.254

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	213.671
G2	6	-546.584
G3	14	370.319
G4	18	149.206
G5	21	-72.703
G6	24	-875.523

[条件式対応値]

<正メニスカスレンズL22>

条件式(1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.042$$

条件式(2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 26.87$$

条件式(3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7172$$

条件式(4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.871$$

条件式(5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.659398$$

条件式(6)

$$D L Z = 3.5689$$

条件式(7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 35.830$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.920$$

<負メニスカスレンズL61>

条件式 (1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.042$$

条件式 (2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 26.87$$

条件式 (3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7172$$

条件式 (4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.871$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.659398$$

条件式 (6)

$$D L Z = 1.7000$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 35.830$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.920$$

[0094] 図4 (A)、図4 (B)、および図4 (C) はそれぞれ、第2実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第2実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0095] (第3実施例)

第3実施例について、図5～図6並びに表3を用いて説明する。図5は、本実施形態の第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第3実施例に係る光学系LS(3)は、物体側から順に並

んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。無限遠物体から近距離（有限距離）物体への合焦の際、第2レンズ群G2が光軸に沿って物体側に移動する。開口絞りSは、第2レンズ群G2内に配設されている。

[0096] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、両凹形状の負レンズL13と、両凸形状の正レンズL14および両凹形状の負レンズL15からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL11が物体側レンズに該当し、第1レンズ群G1の負レンズL15が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。負レンズL13は、像側のレンズ面が非球面である。

[0097] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL21と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL24および両凸形状の正レンズL25からなる接合レンズと、像側に凸面を向けた片平形状の正レンズL26と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL27と、から構成される。第2レンズ群G2の像側に、像面Iが配置される。第2レンズ群G2における正レンズL21と正メニスカスレンズL22との間に、開口絞りSが配置される。本実施例では、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL27が像側レンズに該当し、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。正レンズL26は、像側のレンズ面が非球面である。

[0098] 以下の表3に、第3実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0099] (表3)

[全体諸元]

f	28.773
FNO	1.8796
2 ω	75.3311

Y	21.60
T L	131.9655
B F	36.457

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d	θ g F
1	57.6700	1.7000	1.713000	53.94	0.5441
2	23.6385	10.630			
3	360.0000	3.4200	1.846660	23.78	
4	-149.5844	2.1000			
5	-91.6110	1.7000	1.487490	70.31	
6	34.8169	0.1000	1.520500	51.02	
7*a	31.0734	7.4700			
8	54.5000	8.5700	1.834000	37.18	
9	-43.5000	1.7000	1.749714	24.66	0.6272
10	475.5646	D10 (可変)			
11	41.6500	6.2000	1.589130	61.24	
12	-79.7342	8.8800			
13	∞	1.0000			(絞り S)
14	71.7000	1.3000	1.659398	26.87	0.6323
15	165.1470	1.0000	1.672700	32.19	
16	41.0000	6.0900			
17	-19.3844	1.5200	1.805180	25.46	
18	400.0000	2.4200	1.772500	49.65	
19	-67.0000	0.6000			
20	∞	3.0800	1.729160	54.66	
21	-50.8920	0.2000	1.520500	51.02	
22*a	-37.6986	1.1400			
23	-98.0000	5.2100	1.834810	42.72	0.5651

24 -26.8452 2.3629

25 ∞ BF

[非球面データ]

第7面

$$\kappa = 0.0000$$

$$A4 = -2.99E-06, A6 = -2.39E-08, A8 = 1.13E-10, A10 = -3.69E-13$$

第22面

$$\kappa = 0.0000$$

$$A4 = 2.03E-05, A6 = 4.37E-09, A8 = 1.85E-10, A10 = -1.33E-12$$

[近距離撮影時可変間隔データ]

無限遠合焦状態 近距離合焦状態

$$f = 28.7734 \beta = -0.2174$$

D10 9.5660 2.3031

[条件式対応値]

<負レンズL15>

条件式(1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.101$$

条件式(2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 24.66$$

条件式(3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7051$$

条件式(4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.944$$

条件式(5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.749714$$

条件式(6)

$$D L Z = 1.7000$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 34.836$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.721$$

<正メニスカスレンズL22>

条件式 (1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.042$$

条件式 (2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 26.87$$

条件式 (3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7172$$

条件式 (4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.871$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.659398$$

条件式 (6)

$$D L Z = 1.3000$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 35.830$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.920$$

[0100] 図6は、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。各諸収差図より、第3実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0101] (第4実施例)

第4実施例について、図7～図8および表4を用いて説明する。図7は、本実施形態の第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成

を示す図である。第4実施例に係る光学系LS(4)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第4レンズ群G1～G4がそれぞれ図7の矢印で示す方向に移動する。開口絞りSは、第4レンズ群G4内に配設されている。

[0102] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の正レンズL11が物体側レンズに該当し、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL12が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。

[0103] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL21および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL23と、から構成される。

[0104] 第3レンズ群G3は、両凸形状の正レンズL31から構成される。本実施例では、無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第3レンズ群G3の全体が光軸に沿って物体側に移動する。

[0105] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41および両凹形状の負レンズL42からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL43と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL44および両凹形状の負レンズL45からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL46と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL47と、から構成される。第4レンズ群G4の像側に、像面Iが配置される。第4レンズ群G4における正レンズL43と正メニスカスレンズL44との間に、開口絞りSが配置される。本実施例では、第4レンズ群G4の負メニスカスレンズL47が像側レンズに該当する。

[0106] 以下の表4に、第4実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0107] (表4)

[全体諸元]

変倍比 4.05

	W	M	T
f	72.1	135.0	292.1
FNO	4.707	4.863	6.494
2 ω	23.341	12.218	5.684
Y	14.75	14.75	14.75
TL	168.674	197.816	220.732
BF	43.294	45.652	70.374

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n _d	ν _d	θ _{gF}
1	93.841	5.6	1.51680	63.88	0.536
2	-447.915	0.2			
3	112.303	1.7	1.61155	31.26	0.618
4	39.024	8	1.51742	52.20	0.558
5	262.500	D5 (可変)			
6	-239.035	1.3	1.69680	55.52	0.543
7	20.159	4	1.80809	22.74	0.629
8	61.046	2.038			
9	-54.537	1.4	1.85026	32.35	0.595
10	167.455	D10 (可変)			
11	102.636	3.4	1.58913	61.22	0.540
12	-68.899	D12 (可変)			
13	39.218	5.5	1.49700	81.73	0.537
14	-39.212	1.3	1.85026	32.35	0.595
15	207.543	0.2			

16	51.630	3.7	1.48749	70.31	0.529
17	-98.216	0.9			
18	∞	23.297			(絞りS)
19	-79.941	3.3	1.80100	34.92	0.585
20	-17.991	1	1.70000	48.11	0.560
21	29.977	2			
22	35.573	3.5	1.60342	38.03	0.583
23	-52.781	6.6996			
24	-20.538	1.2	1.77250	49.62	0.552
25	-34.657	BF			

[変倍撮影時可変間隔データ]

	W	M	T
D5	2.306	36.768	51.599
D10	32.727	21.603	2.157
D12	10.112	13.560	16.367

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	127.677
G2	6	-31.532
G3	11	70.494
G4	13	147.512

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.057$$

条件式 (2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 31.26$$

条件式 (3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7168$$

条件式 (4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.858$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.61155$$

条件式 (6)

$$D L Z = 1.7$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 36.513$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.605$$

[0108] 図8(A)、図8(B)、および図8(C)はそれぞれ、第4実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第4実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0109] (第5実施例)

第5実施例について、図9～図10および表5を用いて説明する。図9は、本実施形態の第5実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第5実施例に係る光学系LS(5)は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1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とから構成されている。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第4レンズ群G1～G4がそれぞれ図9の矢印で示す方向に移動する。開口絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配設され、変倍の際、第2レンズ群G2とともに光軸に沿って移動する。

[0110] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12

と、両凹形状の負レンズL 1 3と、両凸形状の正レンズL 1 4と、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G 1の負メニスカスレンズL 1 1が物体側レンズに該当する。負メニスカスレンズL 1 1は、両側のレンズ面が非球面である。負レンズL 1 3は、像側のレンズ面が非球面である。

[0111] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 2からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL 2 3と、から構成される。本実施例では、第2レンズ群G 2の負メニスカスレンズL 2 1が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。

[0112] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 1および両凹形状の負レンズL 3 2からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 3と、両凸形状の正レンズL 3 4と、から構成される。本実施例では、無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第3レンズ群G 3の負メニスカスレンズL 3 3および正レンズL 3 4が光軸に沿って像側に移動する。

[0113] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 4 1および両凹形状の負レンズL 4 2からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL 4 3と、両凸形状の正レンズL 4 4および両凹形状の負レンズL 4 5からなる接合レンズと、から構成される。第4レンズ群G 4の像側に、像面Iが配置される。本実施例では、第4レンズ群G 4の負レンズL 4 5が像側レンズに該当する。負レンズL 4 5は、像側のレンズ面が非球面である。

[0114] 以下の表5に、第5実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0115] (表5)

[全体諸元]

変倍比 2.07

	W	M	T
f	16.65	24.00	34.44
FNO	4.12	4.12	4.18

2 ω	53.80	41.66	31.60
Y	21.60	21.60	21.60
T L	168.91	164.50	169.42
B F	39.00	48.25	65.00

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d	θ g F
1*a	157.02850	3.000	1.76684	46.78	0.5576
2*a	19.73150	8.955			
3	397.62390	1.550	1.88300	40.66	0.5668
4	51.01700	5.065			
5	-57.91430	1.500	1.88300	40.66	0.5668
6	51.94950	0.400	1.55389	38.09	0.5928
7*a	70.15770	1.237			
8	44.62150	6.911	1.69895	30.13	0.6021
9	-47.20650	D9 (可変)			
10	∞	0.000			(絞り S)
11	42.61580	1.050	1.74971	24.66	0.6272
12	17.74250	4.132	1.59154	39.29	0.5779
13	75.16900	0.100			
14	34.28950	4.194	1.53404	48.26	0.5617
15	-63.55520	D15 (可変)			
16	151.28780	2.518	1.62004	36.40	0.5833
17	-33.01780	1.000	1.88300	40.66	0.5668
18	44.83300	2.756			
19	-20.44030	0.800	1.88300	40.66	0.5668
20	-59.69050	0.150			
21	151.29690	3.966	1.84666	23.80	0.6215
22	-32.91290	D22 (可変)			

23	34.01270	10.039	1.49782	82.57	0.5386
24	-29.32300	1.100	1.83400	37.18	0.5778
25	71.52300	0.100			
26	34.90120	10.548	1.49782	82.57	0.5386
27	-38.97720	0.100			
28	40.26640	11.985	1.50377	63.91	0.536
29	-23.35670	1.600	1.80610	40.97	0.5688
30*a	-1764.39570	BF			

[非球面データ]

第1面

$$\kappa = 1.0000$$

$$A4 = 3.00E-06, A6 = 3.39E-09, A8 = 0.00E+00, A10 = 0.00E+00$$

第2面

$$\kappa = 1.0000$$

$$A4 = -2.11E-05, A6 = 0.00E+00, A8 = 0.00E+00, A10 = 0.00E+00$$

第7面

$$\kappa = 1.0000$$

$$A4 = 1.75E-05, A6 = -2.74E-08, A8 = 1.77E-11, A10 = 0.00E+00$$

第30面

$$\kappa = 1.0000$$

$$A4 = 1.53E-05, A6 = 8.95E-09, A8 = 0.00E+00, A10 = 0.00E+00$$

[変倍撮影時可変間隔データ]

	W	M	T
D9	29.355	13.227	2.000
D15	6.263	12.605	16.459
D22	9.534	5.666	1.200

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
---	----	------

G1	1	-23.700
G2	10	41.700
G3	16	-62.000
G4	23	49.100

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.101$$

条件式 (2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 24.66$$

条件式 (3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7051$$

条件式 (4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.944$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.74971$$

条件式 (6)

$$D L Z = 1.050$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 34.836$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.721$$

[0116] 図10(A)、図10(B)、および図10(C)はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第5実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0117] (第6実施例)

第6実施例について、図11～図12および表6を用いて説明する。図1

1は、本実施形態の第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第6実施例に係る光学系LS(6)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側に移動する。開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側近傍に配設され、合焦の際、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3と同様に、像面Iに対して固定される。

[0118] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、極めて弱い屈折力を有する保護ガラスHGと、両凸形状の正レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、両凹形状の負レンズL13と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の正レンズL11が物体側レンズに該当する。

[0119] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL21と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL22および両凹形状の負レンズL23からなる接合レンズと、から構成される。

[0120] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL32と、両凸形状の正レンズL33および両凹形状の負レンズL34からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL35と、両凸形状の正レンズL36と、両凸形状の正レンズL37および両凹形状の負レンズL38からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL39および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL40からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42からなる接合レンズと、両凹形状の負レンズL43と、両凸形状の正レンズL44および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL45からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第3レンズ群G3の負メニスカスレン

ズL 4 5 が像側レンズに該当し、第3レンズ群G 3の正メニスカスレンズL 3 9が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。

[0121] 第3レンズ群G 3の像側に、像面Iが配置される。第3レンズ群G 3における負レンズL 3 8と正メニスカスレンズL 3 9との間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFLが配設されている。抜き差し交換可能な光学フィルターFLとして、例えば、NCフィルター（ニュートラルカラーフィルター）や、カラーフィルター、偏光フィルター、NDフィルター（減光フィルター）、IRフィルター（赤外線カットフィルター）等が用いられる。

[0122] 以下の表6に、第6実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0123] (表6)

[全体諸元]

f	548.897246
FNO	4.028
2 ω	4.529
Y	21.60
TL	421.51451
BF	41.79450

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n _d	ν _d	θ _{gF}
1	1200.3704	5.0000	1.516800	63.88	0.536
2	1199.7897				
3	207.5249	17.5000	1.433843	95.26	0.540
4	-1086.1158	44.9000			
5	176.7586	18.0000	1.433843	95.26	0.540
6	-399.9688	3.0700			
7	-360.7137	6.0000	1.612660	44.46	0.564
8	360.6858	90.0000			
9	66.6831	4.0000	1.794997	45.32	0.560

10	46.0960	15.0000	1.497820	82.54	0.539
11	1030.2823	D11 (可変)			
12	-1579.9519	2.5000	1.772499	49.68	0.552
13	115.8247	3.3500			
14	-274.6805	3.5000	1.846679	23.83	0.620
15	-87.1354	2.4000	1.518229	58.84	0.546
16	65.0724	D16 (可変)			
17	∞	1.5000		(絞りS)	
18	89.0765	7.6000	1.487490	70.43	0.530
19	-64.1681	1.2000			
20	-66.2092	1.9000	1.846679	23.83	0.620
21	-113.6112	5.0000			
22	309.3141	3.5000	1.846679	23.83	0.620
23	-136.2550	1.9000	1.593190	67.94	0.544
24	53.6104	3.1000			
25	-343.3953	1.9000	1.754999	52.33	0.548
26	94.6723	4.1900			
27	117.8519	3.5000	1.772499	49.68	0.552
28	-385.7489	0.1000			
29	67.6179	4.5000	1.639999	60.14	0.537
30	-410.4180	1.9000	1.846679	23.83	0.620
31	247.6487	6.5000			
32	∞	1.5000	1.516800	63.88	0.536
33	∞	25.3277			
34	-212.6904	6.2000	1.659398	26.84	0.632
35	-34.5457	1.6000	1.850000	27.03	0.609
36	-57.9415	0.1000			
37	171.5239	1.7000	1.729160	54.61	0.544

38	20.3538	7.1000	1.581440	40.98	0.576
39	199.2504	3.7000			
40	-61.4914	1.7000	1.772500	49.62	0.552
41	80.1566	0.1000			
42	39.9229	7.8000	1.581440	40.98	0.576
43	-38.2861	1.7000	1.808090	22.74	0.629
44	-171.6744	BF			

[近距離撮影時可変間隔データ]

無限遠合焦状態

近距離合焦状態

$$f = 548.89725$$

$$\beta = -0.24282$$

D11 18.50291

33.77284

D16 38.17937

22.90945

[条件式対応値]

条件式 (1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.042$$

条件式 (2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 26.84$$

条件式 (3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7168$$

条件式 (4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.871$$

条件式 (5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.659398$$

条件式 (6)

$$D L Z = 6.2000$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 35.820$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.920$$

[0124] 図12は、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。各諸収差図より、第6実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0125] (第7実施例)

第7実施例について、図13～図14および表7を用いて説明する。図13は、本実施形態の第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す図である。第7実施例に係る光学系LS(7)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。無限遠物体から近距離(有限距離)物体への合焦の際、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側に移動する。開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側近傍に配設され、合焦の際、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3と同様に、像面Iに対して固定される。

[0126] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、凸面を向けた正メニスカスレンズL11と、両凸形状の正レンズL12および両凹形状の負レンズL13からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL14と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16からなる接合レンズと、から構成される。本実施例では、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL11が物体側レンズに該当する。

[0127] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21および両凹形状の負レンズL22からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL23および両凹形状の負レンズL24からなる接合レンズと、から構成される。

[0128] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL32と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL33と、両凸形状の正レンズL34と、物体側に

凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 5と、両凸形状の正レンズL 3 6、両凹形状の負レンズL 3 7、および両凸形状の正レンズL 3 8からなる接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 3 9と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 0と、から構成される。本実施例では、第3レンズ群G 3の負メニスカスレンズL 4 0が像側レンズに該当し、第3レンズ群G 3の正レンズL 3 4が条件式(1)～(2)等を満足するレンズに該当する。正メニスカスレンズL 3 9は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0129] 第3レンズ群G 3の像側に、像面Iが配置される。第3レンズ群G 3における正メニスカスレンズL 3 3と正レンズL 3 4との間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFLが配設されている。抜き差し交換可能な光学フィルターFLとして、例えば、NCフィルター（ニュートラルカラーフィルター）や、カラーフィルター、偏光フィルター、NDフィルター（減光フィルター）、IRフィルター（赤外線カットフィルター）等が用いられる。

[0130] 以下の表7に、第7実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0131] (表7)

[全体諸元]

f	388.032537
FNO	4.038
2 ω	6.416
Y	21.60
TL	283.53069
BF	53.66784

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n _d	ν _d	θ _{gF}
1	167.3500	10.6000	1.497820	82.52	0.539
2	2361.5509	0.3000			
3	98.4074	20.8000	1.497820	82.52	0.539

4	-306.6320	5.0000	1.772499	49.61	0.552
5	165.4047	20.0000			
6	135.6601	9.6000	1.446791	91.03	0.534
7	-731.2064	0.3000			
8	71.2883	4.0000	1.754999	52.31	0.547
9	42.3960	16.5000	1.497820	82.52	0.539
10	435.6465	D10 (可変)			
11	-1745.8851	5.0000	1.850260	32.35	0.594
12	-78.6510	3.0000	1.639999	60.09	0.538
13	55.9799	6.0000			
14	-79.8113	4.2000	1.766840	46.80	0.558
15	-45.8300	2.8000	1.516800	64.10	0.536
16	51.2954	D16 (可変)			
17	∞	3.2000		(絞りS)	
18	126.0707	5.0000	1.729157	54.66	0.544
19	-81.3057	2.1000			
20	-43.1962	3.4000	1.795040	28.54	0.607
21	-104.9670	7.0000			
22	-827.9284	5.3000	1.603001	65.47	0.541
23	-52.9313	5.3151			
24	∞	2.0000	1.516800	64.12	0.536
25	∞	9.4440			
26	64.5713	5.0000	1.611553	31.26	0.618
27	-280.9473	0.8000			
28	350.7347	1.5000	1.804000	46.58	0.557
29	24.0250	5.4000			
30	33.9853	9.0000	1.620040	36.30	0.587
31	-23.4510	2.0000	1.882997	40.76	0.567

32	36.4535	8.2000	1.575010	41.49	0.576
33	-45.3865	2.9000			
34*a	-91.9573	6.4000	1.589130	61.18	0.539
35	-28.9225	0.5000			
36	-33.4300	2.5000	1.882997	40.76	0.567
37	-192.4648	BF			

[非球面データ]

第34面

$\kappa=1.0000$

A4=8.36373E-06, A6=2.40160E-09, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

[近距離撮影時可変間隔データ]

無限遠合焦状態

近距離合焦状態

$f=388.03254$

$\beta=-0.25415$

D10 19.01315

27.19783

D16 15.10916

6.92448

[条件式対応値]

条件式(1)

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) = 2.057$$

条件式(2), (2-1), (2-2), (2-3), (2-4)

$$\nu d L Z = 31.26$$

条件式(3), (3-1)

$$\theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) = 0.7168$$

条件式(4)

$$n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z) = 1.858$$

条件式(5), (5-1), (5-2), (5-3), (5-4), (5-5)

$$n d L Z = 1.611553$$

条件式(6)

$$DLZ = 5.0000$$

条件式 (7)

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z = 36.513$$

条件式 (8)

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z = 12.605$$

[0132] 図14は、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。各諸収差図より、第7実施例に係る光学系は、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

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

[0134] ここで、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。

[0135] なお、以下の内容は、本実施形態の光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

[0136] 合焦レンズ群とは、合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示すものとする。すなわち、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この合焦レンズ群は、オートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等を用いた）モータ駆動にも適している。

[0137] 本実施形態の光学系の第1、第2実施例において、防振機能を有する構成のものを示したが、本願はこれに限られず、防振機能を有していない構成とすることもできる。また、防振機能を有していない他の実施例についても、防振機能を有する構成とすることができる。

[0138] レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工および組立調整が容易になり、加工および組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。

[0139] レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでも構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

[0140] 各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し、コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施しても良い。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

符号の説明

[0141]	G 1	第 1 レンズ群	G 2	第 2 レンズ群
	G 3	第 3 レンズ群	G 4	第 4 レンズ群
	G 5	第 5 レンズ群	G 6	第 6 レンズ群
	I	像面	S	開口絞り

請求の範囲

- [請求項1] 以下の条件式を満足するレンズを有する光学系。

$$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) < 2.12$$

$$\nu d L Z < 35.0$$
 但し、 $n d L Z$ ：前記レンズのd線に対する屈折率
 $\nu d L Z$ ：前記レンズのd線を基準とするアッベ数
- [請求項2] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1に記載の光学系。

$$0.702 < \theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z)$$
 但し、 $\theta g F L Z$ ：前記レンズの部分分散比であり、前記レンズのg線に対する屈折率を $n g L Z$ とし、前記レンズのF線に対する屈折率を $n F L Z$ とし、前記レンズのC線に対する屈折率を $n C L Z$ としたとき、次式で定義される

$$\theta g F L Z = (n g L Z - n F L Z) / (n F L Z - n C L Z)$$
- [請求項3] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1または2に記載の光学系。

$$18.0 < \nu d L Z < 35.0$$
- [請求項4] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～3のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.83 < n d L Z + (0.00787 \times \nu d L Z)$$
- [請求項5] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～4のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.55 < n d L Z$$
- [請求項6] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～5のいずれか一項に記載の光学系。

$$D L Z > 0.80$$
 但し、 $D L Z$ ：前記レンズの光軸上の厚さ [mm]
- [請求項7] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。

$$n d L Z < 1.63$$

$$n d L Z - (0.040 \times \nu d L Z - 2.470) \times \nu d L Z < 39.809$$

[請求項8] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系。

$$n d L Z - (0.020 \times \nu d L Z - 1.080) \times \nu d L Z < 16.260$$

[請求項9] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。

$$18.0 < \nu d L Z < 27.0$$

[請求項10] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項、または請求項9に記載の光学系。

$$1.70 < n d L Z < 1.85$$

[請求項11] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.702 < \theta g F L Z + (0.00316 \times \nu d L Z) < 0.900$$

但し、 $\theta g F L Z$ ：前記レンズの部分分散比であり、前記レンズのg線に対する屈折率を $n g L Z$ とし、前記レンズのF線に対する屈折率を $n F L Z$ とし、前記レンズのC線に対する屈折率を $n C L Z$ としたとき、次式で定義される

$$\theta g F L Z = (n g L Z - n F L Z) / (n F L Z - n C L Z)$$

[請求項12] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項11に記載の光学系。

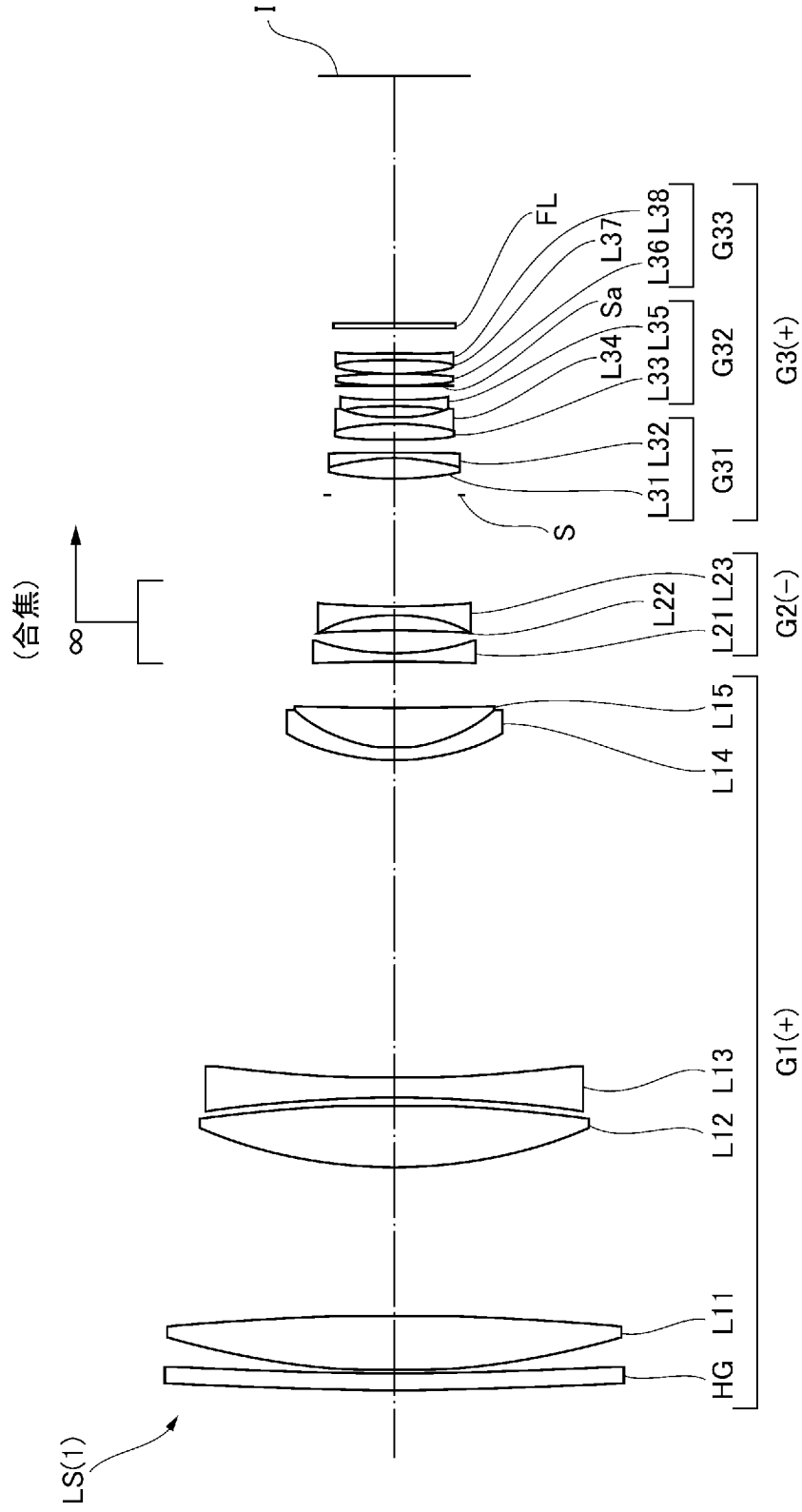
$$1.55 < n d L Z < 1.70$$

[請求項13] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。

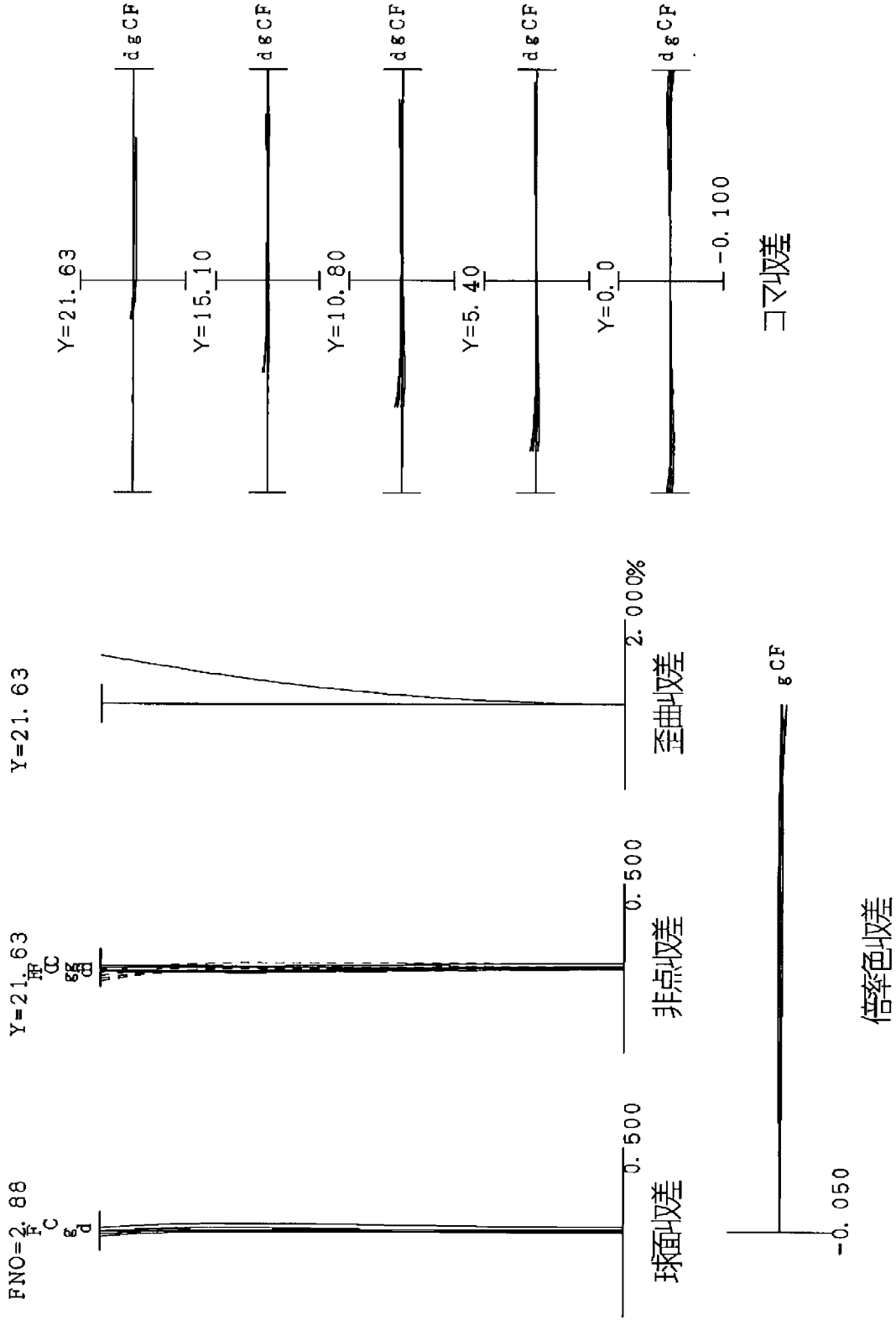
$$27.0 < \nu d L Z < 35.0$$

- [請求項14] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項13に記載の光学系。
- $$1.55 < n d L Z < 1.70$$
- [請求項15] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。
- $$25.0 < \nu d L Z < 31.0$$
- [請求項16] 前記レンズは、以下の条件式を満足する請求項15に記載の光学系。
- $$1.55 < n d L Z < 1.80$$
- [請求項17] 最も物体側に配置された物体側レンズを有し、
前記レンズが前記物体側レンズより像側に配置される請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系。
- [請求項18] 最も像側に配置された像側レンズを有し、
前記レンズが前記像側レンズより物体側に配置される請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系。
- [請求項19] 前記レンズは、ガラスレンズである請求項1～18のいずれか一項に記載の光学系。
- [請求項20] 請求項1～19のいずれか一項に記載の光学系を備えて構成される光学機器。
- [請求項21] 以下の条件式を満足するレンズを有するように、
レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。
- $$n d L Z + (0.01425 \times \nu d L Z) < 2.12$$
- $$\nu d L Z < 35.0$$
- 但し、 $n d L Z$ ：前記レンズのd線に対する屈折率
 $\nu d L Z$ ：前記レンズのd線を基準とするアッベ数

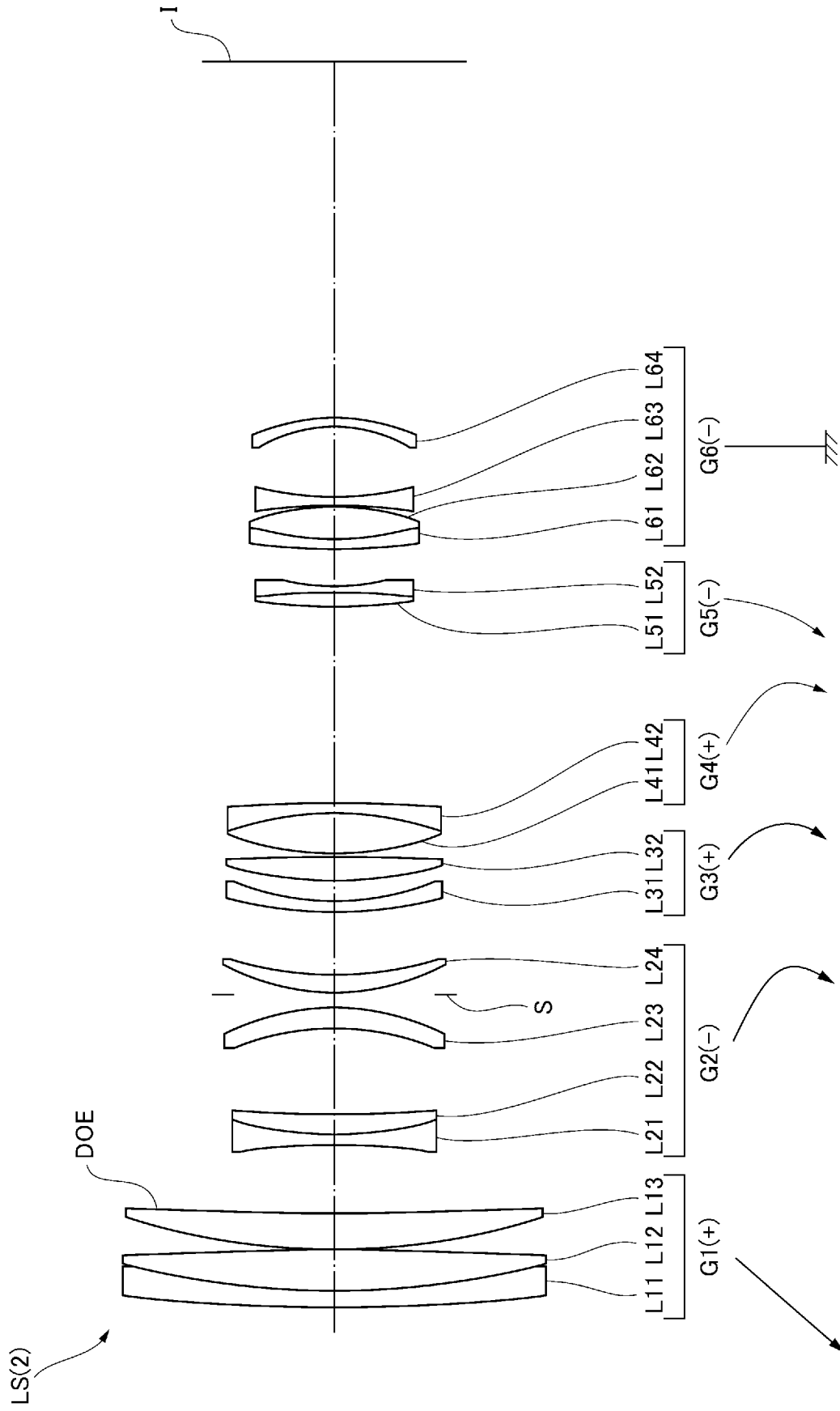
[図1]



[図2]

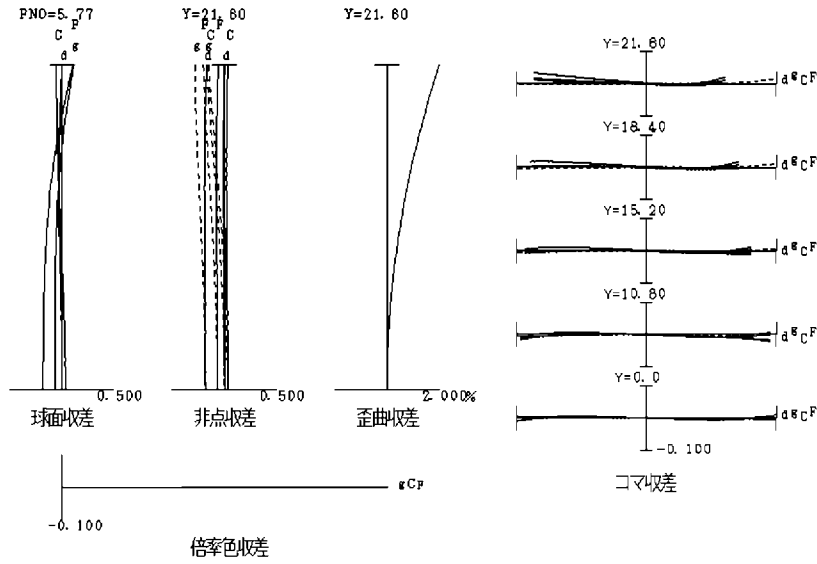


[図3]

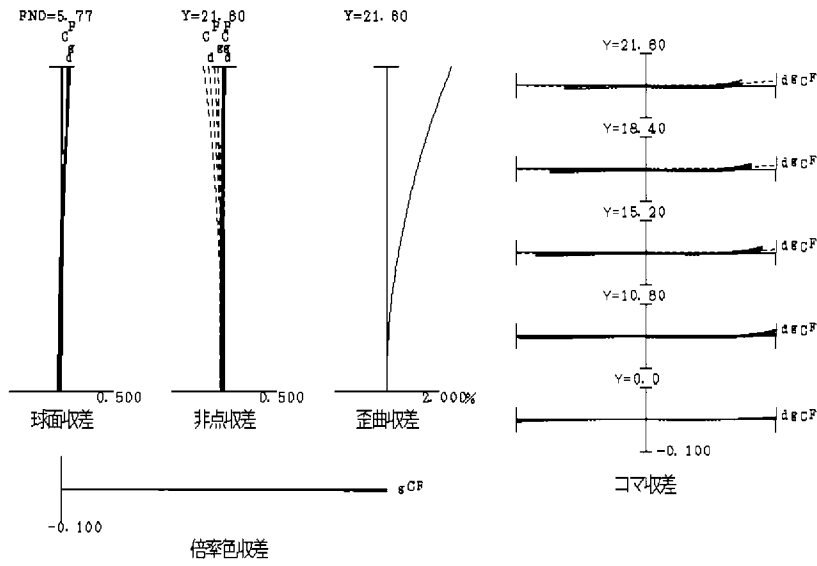


[図4]

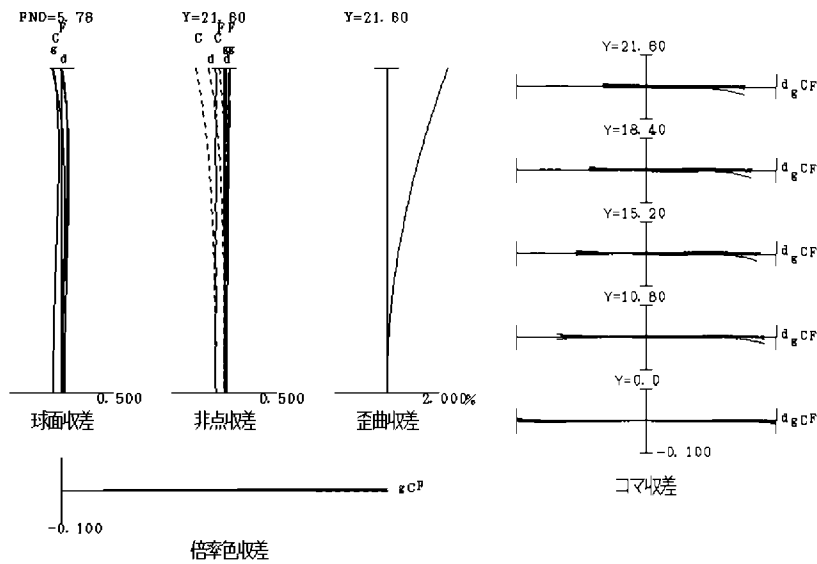
(A)



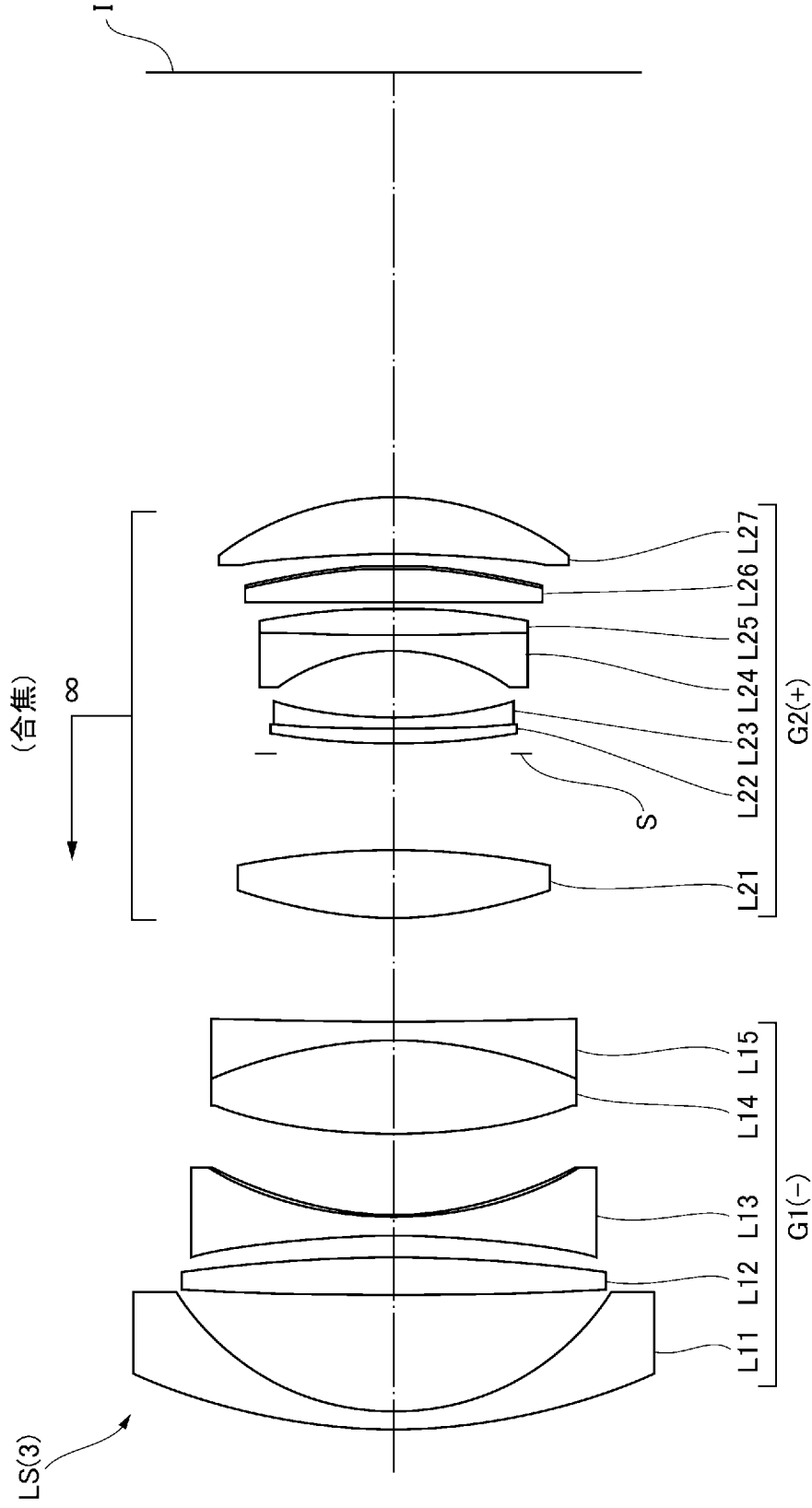
(B)



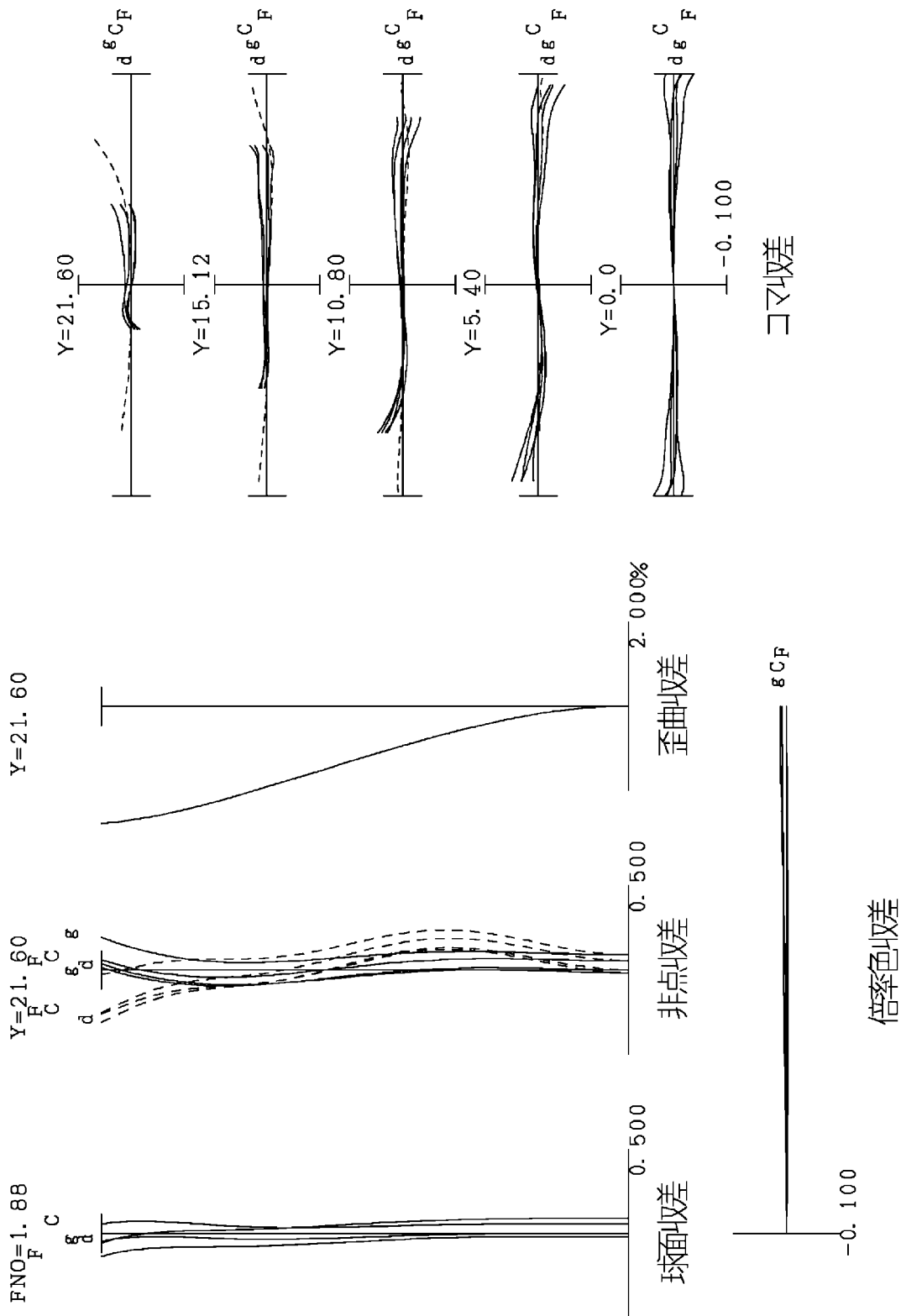
(C)



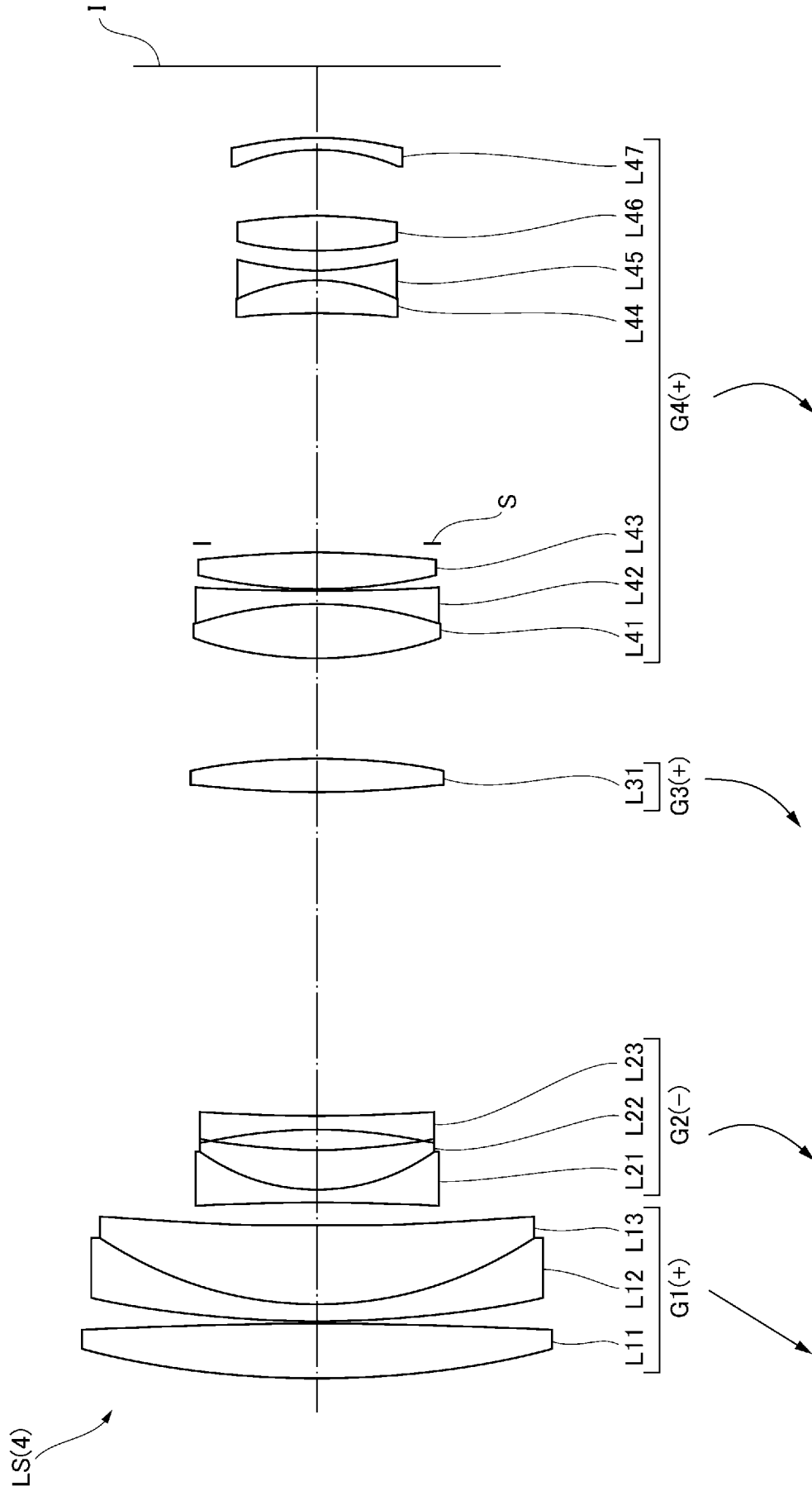
[図5]



[図6]

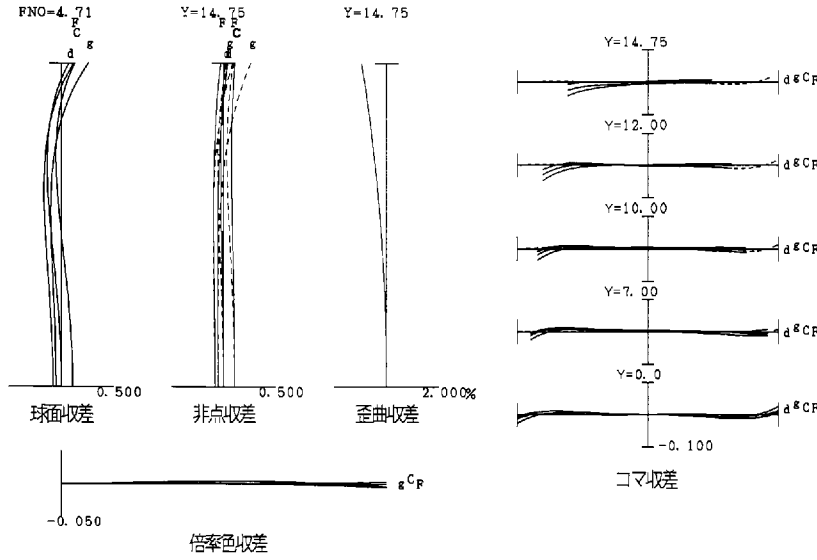


[図7]

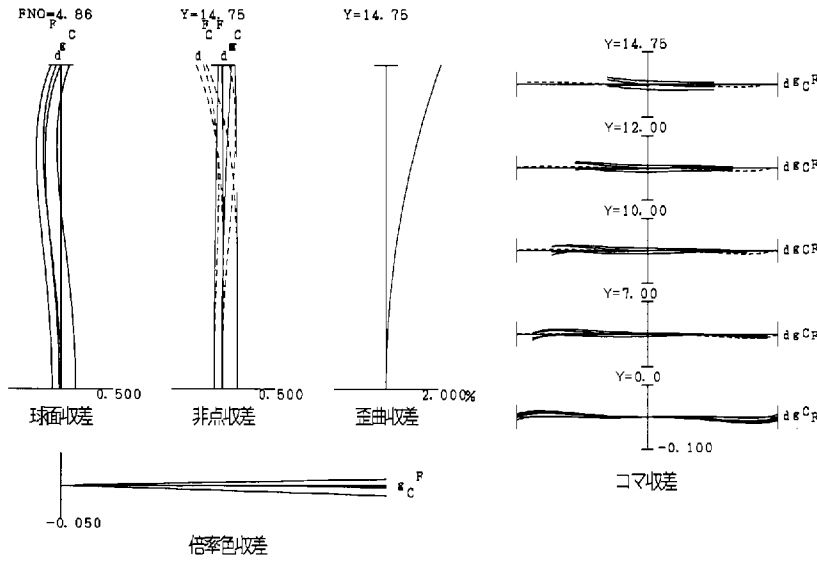


[図8]

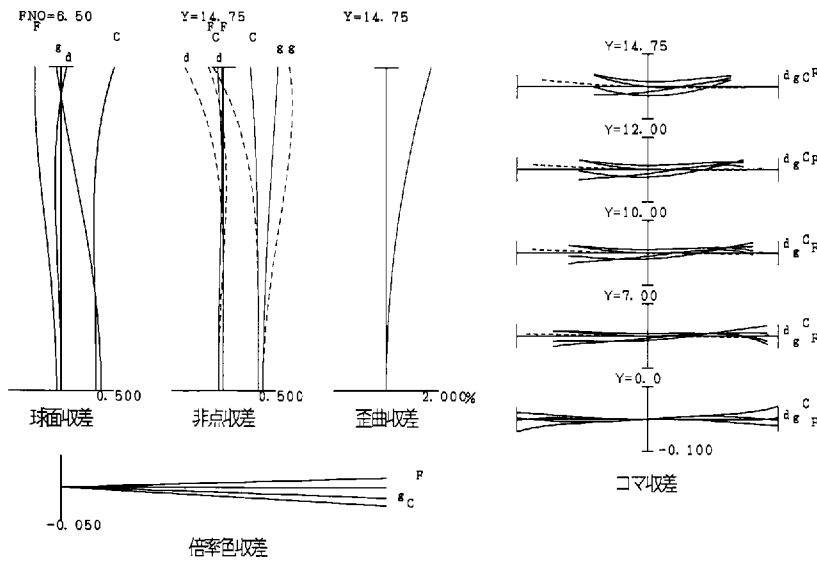
(A)



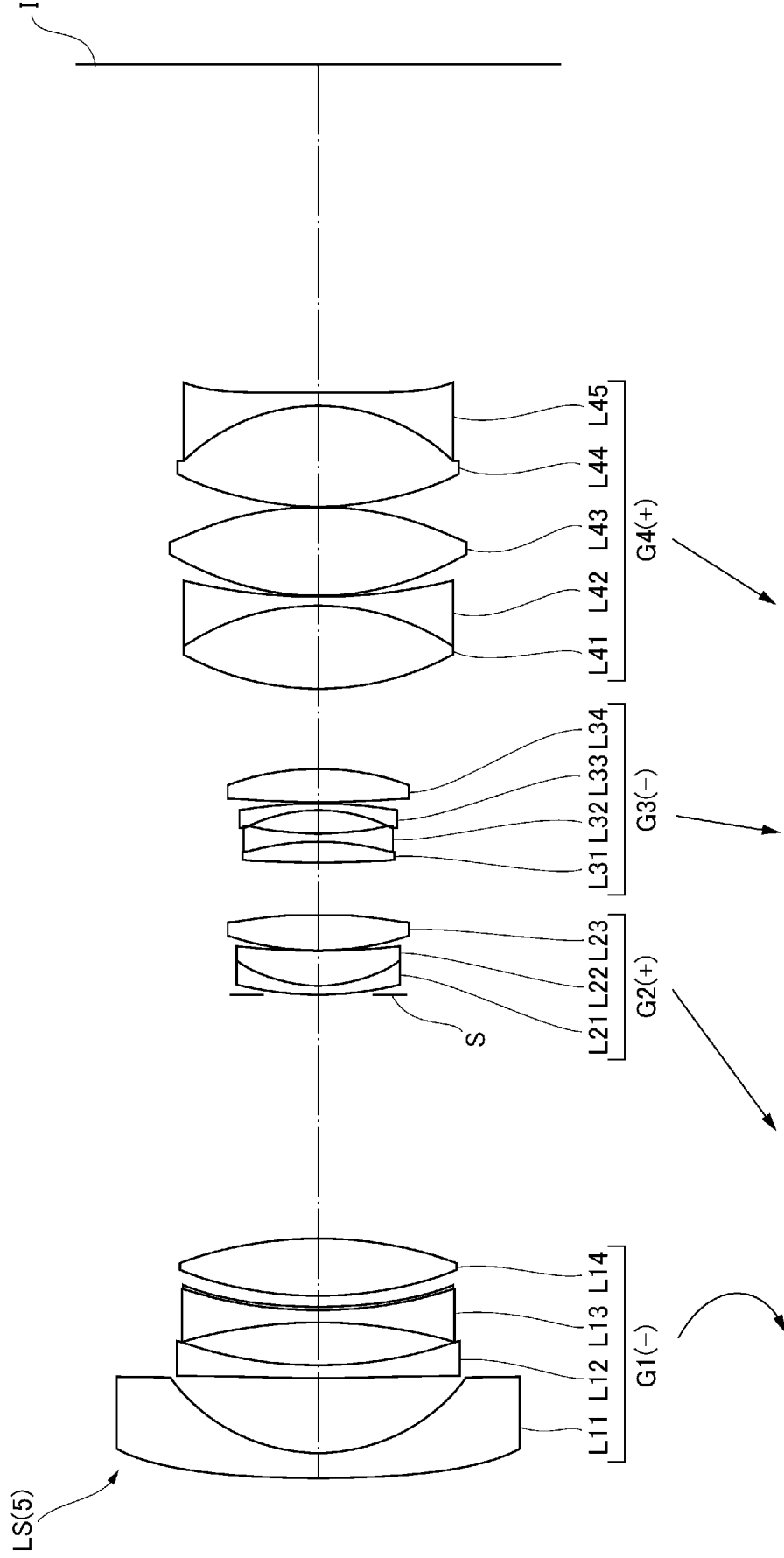
(B)



(C)

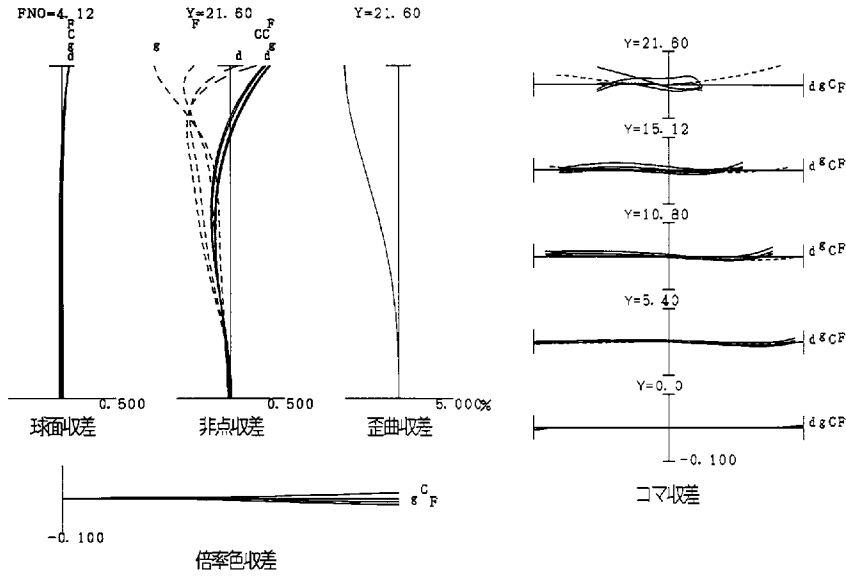


[9]

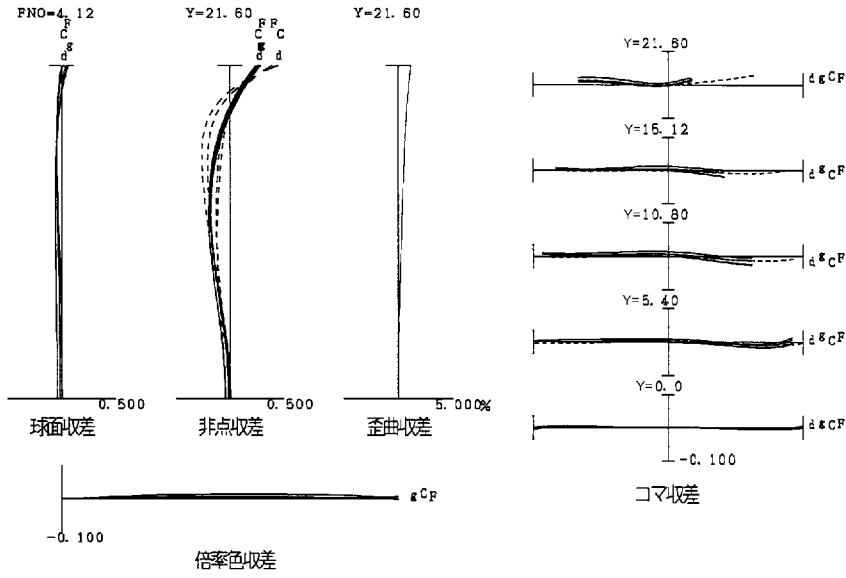


[図10]

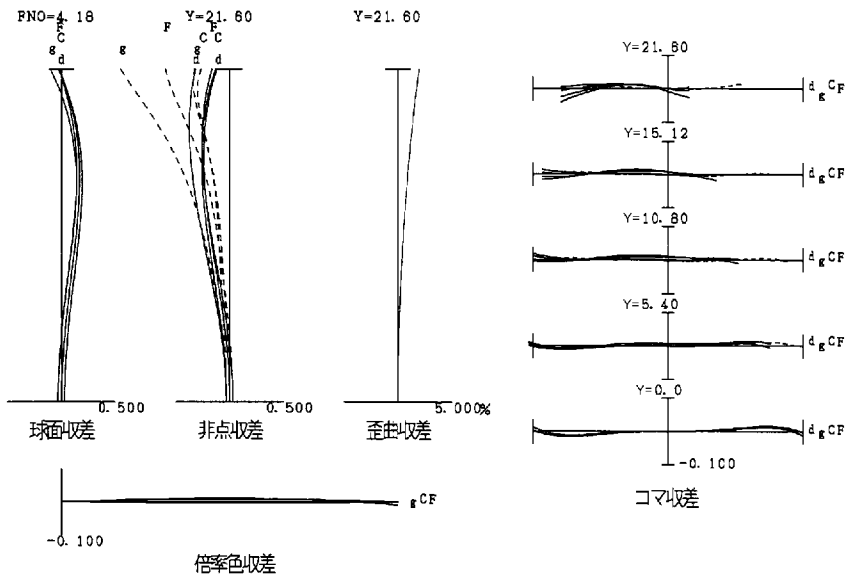
(A)



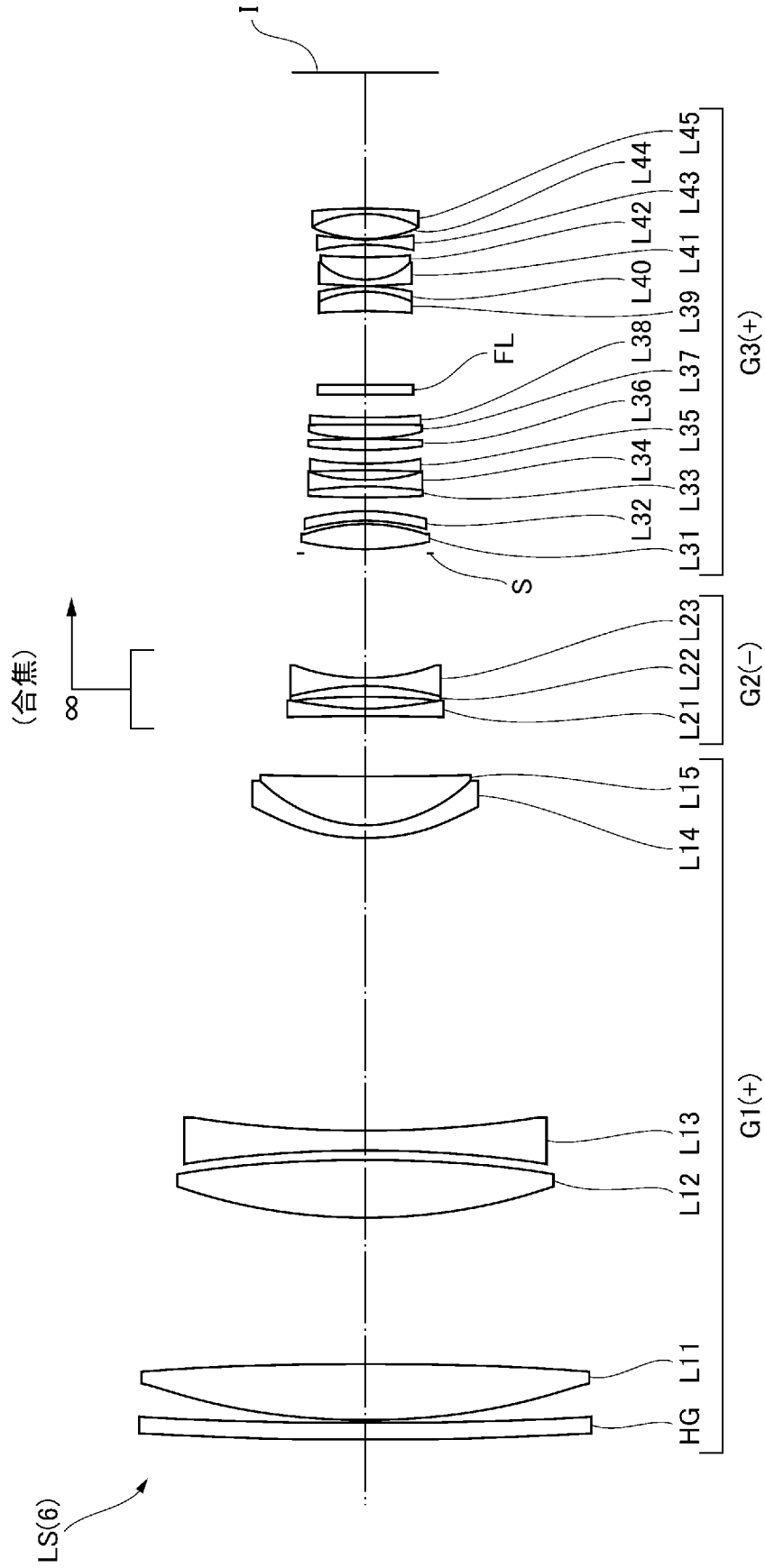
(B)



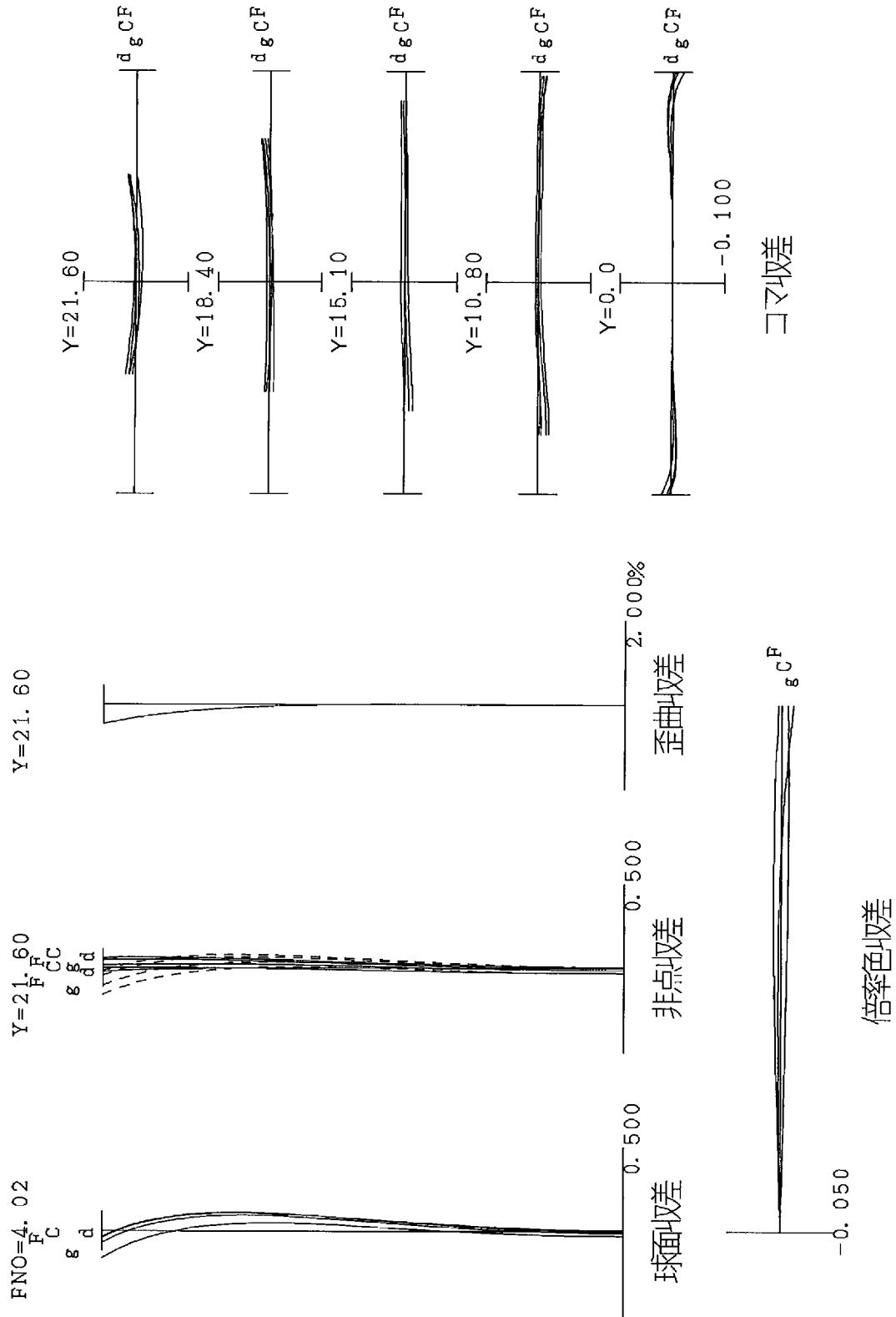
(C)



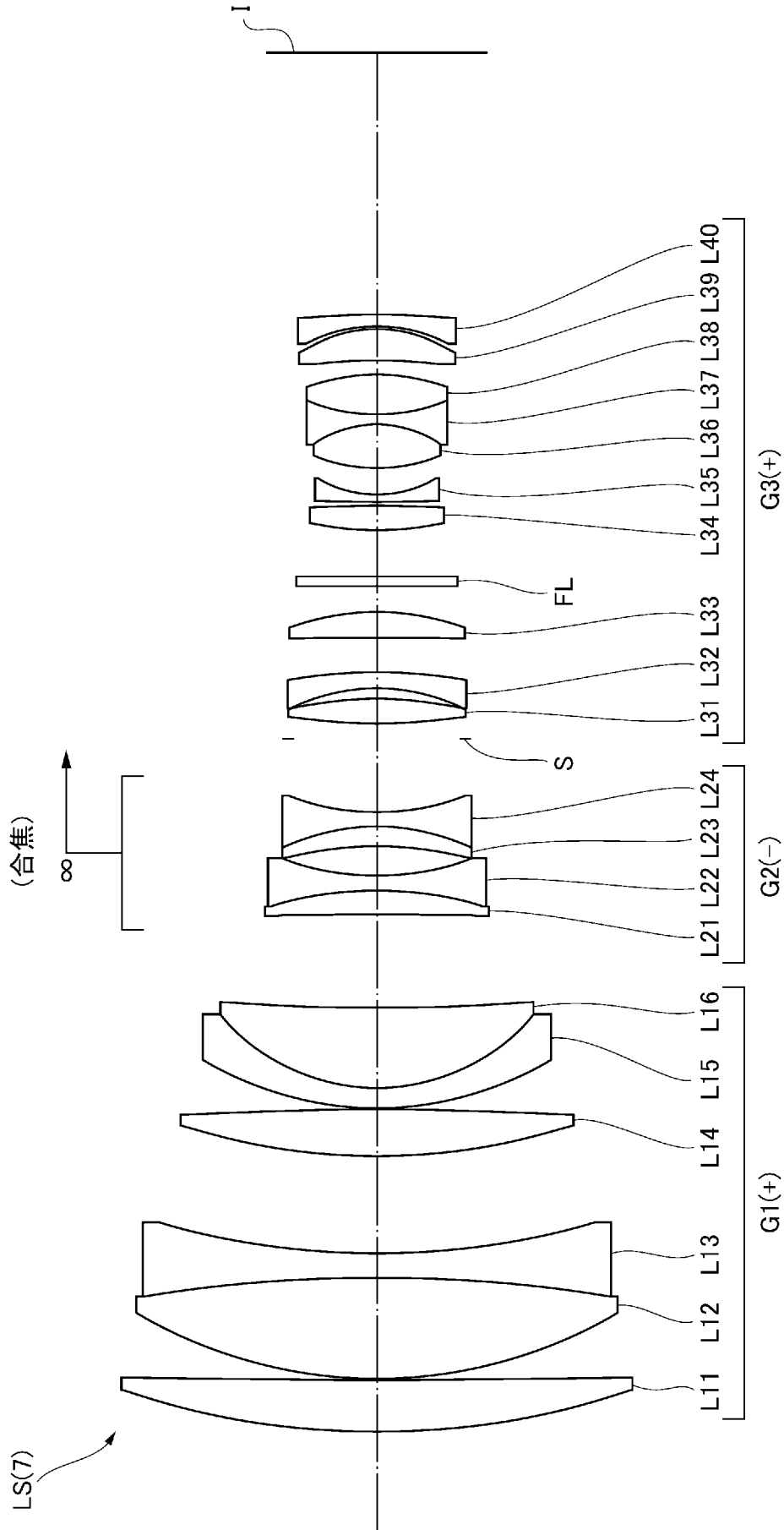
[図11]



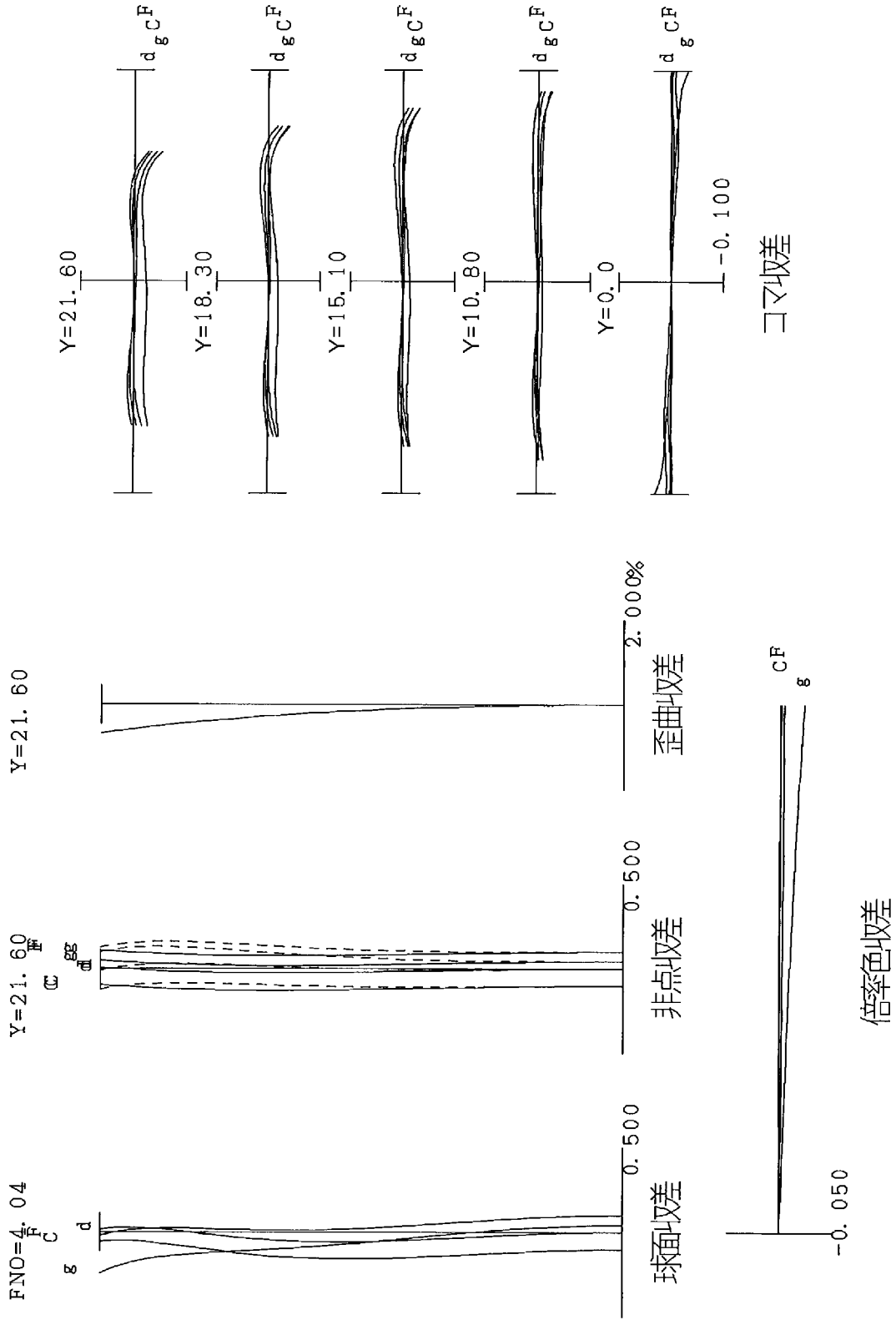
[図12]



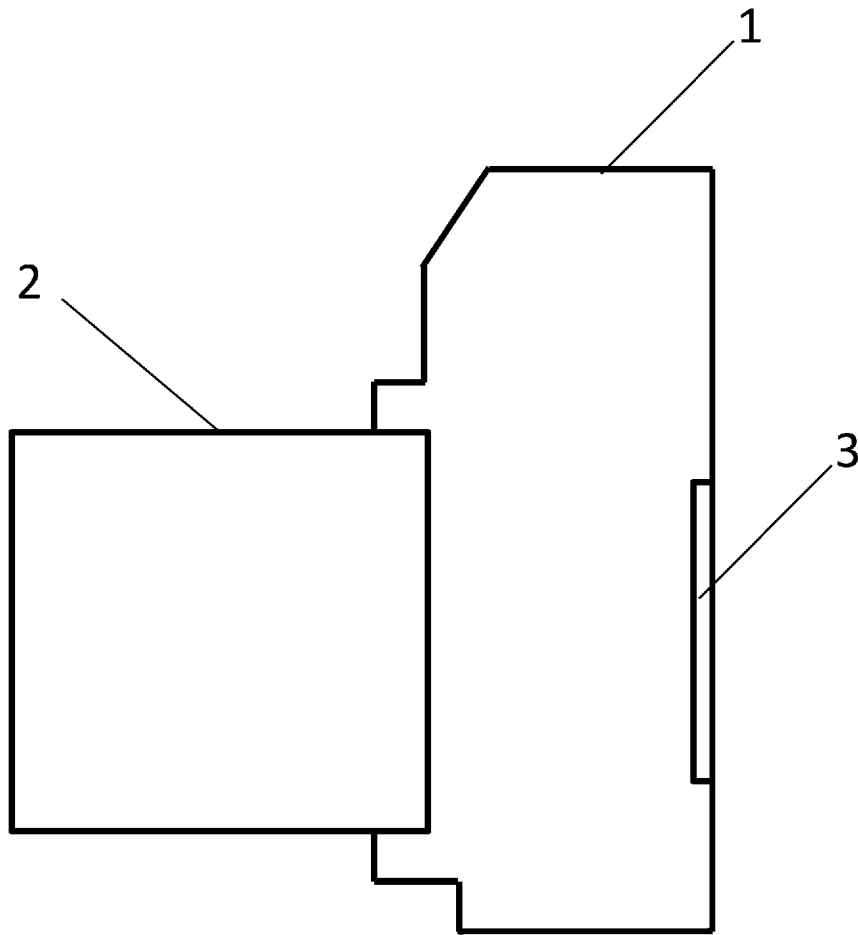
[図13]



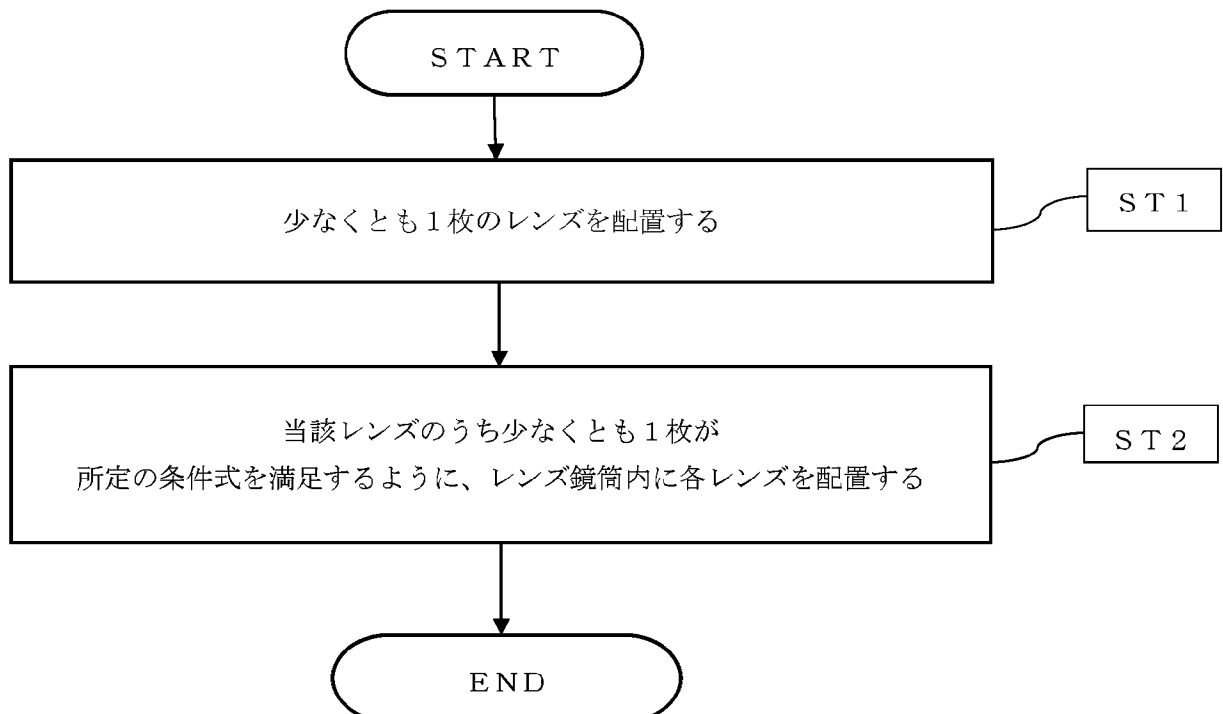
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-301508 A (CANON INC.) 02 November 2006, examples 1-4 & JP 4756901 B2	1-21
X A	JP 2007-25653 A (CANON INC.) 01 February 2007, numerical examples 1-12 & US 2006/0285227 A1, numerical examples 1-12 & US 7312935 B2 & JP 4956062 B2	1-9, 11-21 10
X A	JP 2006-349948 A (CANON INC.) 28 December 2006, numerical examples 1-3, 5, 6 & US 2006/0285229 A1, numerical examples 1-3, 5, 6 & US 7164544 B2 & JP 4776988 B2	1-6, 8-12, 17-21 7, 13-16

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 07.03.2018	Date of mailing of the international search report 20.03.2018
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045187

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-280724 A (OLYMPUS CORPORATION) 03 December 2009, examples 1-6 (Family: none)	1-21
X A	JP 2017-190280 A (OHARA INC.) 19 October 2017, examples 1-27, particularly, example 17 (Family: none)	1-6, 8-11, 17-21 7, 12-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

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

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-301508 A (キヤノン株式会社) 2006.11.02, 実施例 1-実施例 4 & JP 4756901 B2	1-21
X A	JP 2007-25653 A (キヤノン株式会社) 2007.02.01, 数値実施例 1-数値実施例 12 & US 2006/0285227 A1、Numerical Examples 1-12 & US 7312935 B2 & JP 4956062 B2	1-9, 11-21 10
X	JP 2006-349948 A (キヤノン株式会社) 2006.12.28, 数値実施例 1-数値実施例 3、数値実施例 5-数値実施例 6 & US 2006/0285229 A1、	1-6, 8-12, 17-21

☑ 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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「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

07.03.2018

国際調査報告の発送日

20.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	Numerical Examples 1-3, 5-6 & US 7164544 B2 & JP 4776988 B2	7, 13-16
X	JP 2009-280724 A (オリンパス株式会社) 2009. 12. 03, 実施例 1-実施例 6 (ファミリーなし)	1-21
X	JP 2017-190280 A (株式会社オハラ) 2017. 10. 19, 実施例 1-実施例 27、特に、実施例 17 (ファミリーなし)	1-6, 8-11, 17-21
A		7, 12-16