

(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
2021年6月24日(24.06.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/124804 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 15/20 (2006.01) G03B 5/00 (2021.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/043565

(22) 国際出願日: 2020年11月24日(24.11.2020)

(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 2019-230038 2019年12月20日(20.12.2019) 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).

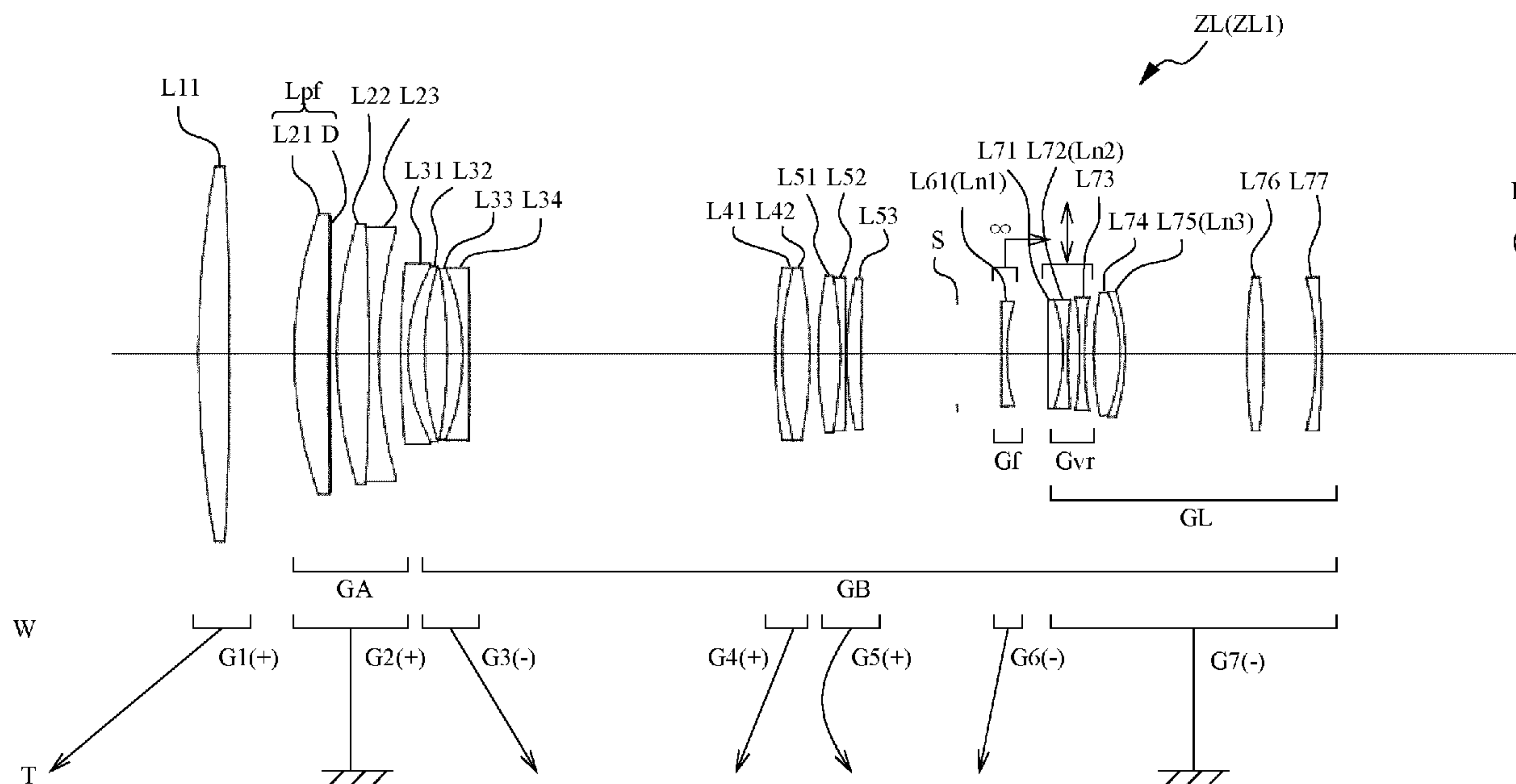
(72) 発明者: 大竹 史哲 (OHTAKE Fumiaki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 保坂 丈世 (HOSAKA Joyo); 〒1020082 東京都千代田区一番町9-20-505 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(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 having high optical performance, an optical device comprising the optical system, and a method for manufacturing the optical system. An optical system ZL used in an optical device such as a camera 1 comprises a front group GA including a diffraction lens Lpf on which a diffraction surface D is formed, and a rear group GB disposed on the image side of the front group GA. This optical system ZL is configured such that when the magnification is changed, the distance between the lens groups changes. Further, this optical system ZL is configured so as to satisfy the condition expressed by a predetermined conditional expression.

[続葉有]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：
一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：高い光学性能を有する光学系、この光学系を有する光学機器、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Z Lは、回折面Dが形成された回折レンズL p fを含む前群G Aと、この前群G Aの像側に配置された後群G Bと、を有している。この光学系Z Lは、変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化するように構成されている。また、この光学系Z Lは、所定の条件式による条件を満足するように構成されている。

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、光学系に回折面を設けることで色消し効果があることが知られている（例えば、特許文献1参照）。特に望遠レンズにおいては、回折面をレンズ群のなるべく前方（物体側）に配置することでより大きな色消し効果を発揮することができ、これにより光学系の全長短縮や軽量化が可能となる。しかし一方で、撮像画面外から回折面に強い光が入射すると、その回折光がフレアとなって画面全体のコントラストを低下させることがある。このため回折面は、色消し効果を十分に発揮しつつフレアによるコントラスト低下を低減できる適切な位置に配置することが要望されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-352057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、回折面が形成された回折レンズを含む前群と、この前群の像側に配置された後群と、を有し、変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化し、次式の条件を満足する。

$$0.130 < TL_{pf} / TL_t < 0.500$$

但し、

TL_t ：望遠端状態における光学系の光学全長

TL_{pf} ：望遠端状態における光学系の最も物体側のレンズ面から回折面までの光軸上の距離

[0005] 本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、回折面が形成された回折レンズを含む前群と、この前群の像側に配置された後群と、を有する光学系

の製造方法であって、変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化するように配置し、次式の条件を満足するように配置する。

$$0.130 < TL_{pf} / TL_t < 0.500$$

但し、

TL_t : 望遠端状態における光学系の光学全長

TL_{pf} : 望遠端状態における光学系の最も物体側のレンズ面から回折面までの光軸上の距離

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1の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2]第1の実施例に係る光学系の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は望遠端状態を示す。

[図3]第2の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4]第2の実施例に係る光学系の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は望遠端状態を示す。

[図5]第3の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6]第3の実施例に係る光学系の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は望遠端状態を示す。

[図7]第4の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8]第4の実施例に係る光学系の諸収差図であり、(a)は広角端状態を示し、(b)は望遠端状態を示す。

[図9]上記光学系を搭載するカメラの断面図を示す。

[図10]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

[0007] 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。

[0008] 本実施形態に係る光学系ZLは、図1に示すように、回折面Dが形成された回折レンズL_{pf}を含む前群GAと、この前群GAの像側に配置された後群GBと、を有し、変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化するように構成されている。回折面Dを用いることにより、諸収差、特に色収差が良好に

補正された光学系を得ることができる。

[0009] 本実施形態に係る光学系 Z L は、以下に示す条件式 (1) を満足することが望ましい。

$$[0010] \quad 0.130 < TL_{pf} / TL_t < 0.500 \quad (1)$$

但し、

TL_t : 望遠端状態における光学系 Z L の光学全長

TL_{pf} : 望遠端状態における光学系 Z L の最も物体側のレンズ面から回折面 D までの光軸上の距離

[0011] 条件式 (1) は、望遠端状態における光学系 Z L の光学全長に対する最も物体側のレンズ面から回折面 D までの光軸上の距離の比を規定するものである。この条件式 (1) を満足することにより、回折面 D を適切な位置に配置することで軸上色収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。条件式 (1) の下限値を下回ると、回折面 D が光学系 Z L の物体側に配置されることになるが、光源が画角の端付近にあるときに画面全体でフレアが発生す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) の下限値を 0.140、0.145、0.150、0.155、更に 0.160 とすることがより望ましい。また、条件式 (1) の上限値を上回ると、回折面 D による色消し効果が低下す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 0.480、0.460、0.440、0.420、更に 0.400 とすることがより望ましい。

[0012] 本実施形態に係る光学系 Z L は、以下に示す条件式 (2) を満足することが望ましい。

$$[0013] \quad Bfw / fw < 0.90 \quad (2)$$

但し、

fw : 広角端状態における光学系 Z L の全系の焦点距離

Bfw : 広角端状態における光学系 Z L のバックフォーカス

[0014] 条件式 (2) は、広角端状態における光学系 Z L の全系の焦点距離に対す

るバックフォーカスの比を規定するものである。この条件式（２）を満足することにより、小型化と良好な収差補正を両立することができる。条件式（２）の上限値を上回ると、バックフォーカスが長くなりすぎるため、本光学系ＺＬの小型化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）の上限値を０．８０、０．６０、０．５０、０．４０、更に０．３０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、像面近くに大きな径のレンズが配置され、いたずらに光学系が重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）の下限値を０．０５、０．１０、０．１２、０．１４、更に０．１６とすることがより望ましい。

[0015] 本実施形態に係る光学系ＺＬは、以下に示す条件式（３）を満足することが望ましい。

$$[0016] \quad 0.50 < f_1 / f_w < 5.00 \quad (3)$$

但し、

f_w : 広角端状態における光学系ＺＬの全系の焦点距離

f_1 : 光学系ＺＬの最も物体側に配置されたレンズ群の焦点距離

[0017] 条件式（３）は、広角端状態における光学系ＺＬの全系の焦点距離に対する光学系ＺＬの最も物体側に配置されたレンズ群（以下、「第１レンズ群Ｇ１」と呼ぶ）の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（３）を満足することにより第１レンズ群Ｇ１の屈折力（パワー）を適切に規定することができ、光学系ＺＬの小型化と良好な光学性能を実現することができる。条件式（３）の上限値を上回ると、第１レンズ群Ｇ１の屈折力（パワー）が弱くなりすぎてしまい、非点収差をはじめとする諸収差の補正が困難になり、また光学系ＺＬが長く重くなるため好ましくない。なお、この条件式（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４．００、３．５０、３．００、２．５０、更に２．００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、第１レンズ群Ｇ１の屈折力（パワー）が強くなりすぎてしまい、良好な収差補正ができないため好ましくない。

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０．５５、０．６０、０．６５、０．７０、更に０．７５とすることがより望ましい。

[0018] 本実施形態に係る光学系ＺＬは、以下に示す条件式（４）を満足することが望ましい。

$$[0019] \quad 0.20 < f_1 / f_t < 2.00 \quad (4)$$

但し、

f_t : 望遠端状態における光学系ＺＬの全系の焦点距離

f_1 : 光学系ＺＬの最も物体側に配置されたレンズ群の焦点距離

[0020] 条件式（４）は、望遠端状態における光学系ＺＬの全系の焦点距離に対する光学系ＺＬの最も物体側に配置されたレンズ群（第１レンズ群Ｇ１）の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（４）を満足することにより第１レンズ群Ｇ１の屈折力（パワー）を適切に規定することができ、光学系ＺＬの小型化と良好な光学性能を実現することができる。条件式（４）の上限値を上回ると、第１レンズ群Ｇ１の屈折力（パワー）が弱くなりすぎてしまい、非点収差をはじめとする諸収差の補正が困難になり、また光学系ＺＬが長く重くなるため好ましくない。なお、この条件式（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１．７５、１．５０、１．２５、１．００、更に０．８５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、第１レンズ群Ｇ１の屈折力（パワー）が強くなりすぎてしまい、良好な収差補正ができないため好ましくない。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）の下限値を０．２４、０．２８、０．３２、０．３６、更に０．３８とすることがより望ましい。

[0021] 本実施形態に係る光学系ＺＬは、以下に示す条件式（５）を満足することが望ましい。

$$[0022] \quad 0.30 < f_1 / f_{L1} < 1.50 \quad (5)$$

但し、

f_{L1} : 光学系ＺＬの最も物体側に配置されたレンズの焦点距離

f_1 : 光学系 Z L の最も物体側に配置されたレンズ群の焦点距離

[0023] 条件式 (5) は、光学系 Z L の最も物体側に配置されたレンズ（以下、「第 1 レンズ L 1 1」と呼ぶ）の焦点距離に対する光学系 Z L の最も物体側に配置されたレンズ群（第 1 レンズ群 G 1）の焦点距離を規定するものである。この条件式 (5) を満足する、すなわち、第 1 レンズ L 1 1 を正の屈折力のレンズとすることで、光線高さを下げ、レンズ重量を軽量化することができ、また非点収差をはじめとする諸収差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、第 1 レンズ L 1 1 の屈折力が強くなりすぎてしまい、良好な収差補正ができないため好ましくない。なお、この条件式 (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 1.40、1.30、1.20、1.10、更に 1.05 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、第 1 レンズ L 1 1 の屈折率が弱くなりすぎてしまい、第 2 レンズ以降の径が大きくなりレンズ重量が増大するため好ましくない。なお、この条件式 (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 0.35、0.40、0.45、0.50、更に 0.55 とすることがより望ましい。

[0024] 本実施形態に係る光学系 Z L は、以下に示す条件式 (6) を満足することが望ましい。

$$[0025] \quad 0.40 < T_{Lt} / f_t < 1.00 \quad (6)$$

但し、

f_t : 望遠端状態における光学系 Z L の全系の焦点距離

T_{Lt} : 望遠端状態における光学系 Z L の光学全長

[0026] 条件式 (6) は、望遠端状態における光学系 Z L の全系の焦点距離に対する光学全長の比を規定するものである。この条件式 (6) を満足することにより、望遠端状態における光学系 Z L の光学全長を規定することができ、これにより、光学系 Z L の小型化と高性能を両立することができる。条件式 (6) の上限値を上回ると、像面湾曲や歪曲収差などの諸収差を良好に補正することが困難になり、また光学系 Z L が大型化するため好ましくない。なお

、この条件式（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０．９６、０．９２、０．８８、０．８４、更に０．８０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、球面収差などの諸収差を良好に補正できないため好ましくない。なお、この条件式（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０．４４、０．４８、０．５０、０．５２、更に０．５４とすることがより望ましい。

[0027] 本実施形態に係る光学系ＺＬは、開口絞りＳを有し、以下に示す条件式（７）を満足することが望ましい。

$$[0028] \quad 0.10 < (-f_{lmt}) / f_{obt} < 0.60 \quad (7)$$

但し、

f_{obt} : 望遠端状態における、光学系ＺＬの開口絞りＳより物体側の合成焦点距離

f_{lmt} : 望遠端状態における、光学系ＺＬの開口絞りＳより像側の合成焦点距離

[0029] 条件式（７）は、望遠端状態における、光学系ＺＬの開口絞りＳより物体側の合成焦点距離に対する開口絞りＳより像側の合成焦点距離の比を規定するものである。この条件式（７）を満足することにより、開口絞りＳの前後の適切な屈折力（パワー）の配置を規定することができ、これにより、光学系ＺＬの小型化と高性能を両立することができる。条件式（７）の上限値を上回ると、像面湾曲や歪曲収差などの諸収差を良好に補正することが困難になり、また光学系ＺＬが大型化するため好ましくない。なお、この条件式（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０．５８、０．５４、０．５０、０．４６、更に０．４２とすることがより望ましい。また、条件式（７）の下限値を下回ると、コマ収差や倍率色収差などを良好に補正できないため好ましくない。なお、この条件式（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０．１２、０．１４、０．１６、０．１８、更に０．２０とすることがより望ましい。

[0030] 本実施形態に係る光学系ＺＬは、合焦に際し光軸方向に移動する合焦群Ｇ

f を有し、この合焦群 G f は、以下に示す条件式 (8) を満足する少なくとも 1 枚の負レンズ (以下、「第 1 特定負レンズ L n 1 と呼ぶ) を有していることが望ましい。

$$[0031] \quad 60.00 < \nu_d F \quad (8)$$

但し、

$\nu_d F$: 合焦群 G f の第 1 特定負レンズ L n 1 の媒質の d 線に対するアッベ数

[0032] 条件式 (8) は、合焦群 G f が有する第 1 特定負レンズ L n 1 の媒質の d 線に対するアッベ数を規定するものである。この条件式 (8) を満足することにより、良好な近距離性能 (近距離物体への合焦時の光学性能) と軽量で高速な合焦 (フォーカシング) を両立することができる。条件式 (8) の下限値を下回ると、色収差の近距離変動が大きくなるため好ましくない。なお、この条件式 (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 63.00、69.00、72.00、74.00、更に 82.00 とすることがより望ましい。

[0033] 本実施形態に係る光学系 Z L は、以下に示す条件式 (9) を満足することが望ましい。

$$[0034] \quad 0.200 < f_{LPF} / f_t < 1.000 \quad (9)$$

但し、

f_t : 望遠端状態における光学系 Z L の全系の焦点距離

f_{LPF} : 回折レンズ L p f の焦点距離

[0035] 条件式 (9) は、望遠端状態における光学系 Z L の全系の焦点距離に対する回折レンズ L p f の焦点距離の比を規定するものである。この条件式 (9) を満足することにより、回折レンズ L p f の屈折力 (パワー) を適切に規定することができ、これにより、光学系 Z L の小型化と高性能を両立することができる。条件式 (9) の上限値を上回ると、回折レンズ L p f の屈折力 (パワー) が弱くなりすぎてしまい、光学系 Z L が大型化するため好ましくない。なお、この条件式 (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 0.900、0.800、0.750、0.700、更に 0.650 とすることがより望ましい。また、条件式 (9) の下限値を下回ると、回折レンズ L_{pf} の屈折力（パワー）が強くなりすぎてしまい、球面収差などを良好に補正できないため好ましくない。なお、この条件式 (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 0.240、0.270、0.300、0.320、更に 0.350 とすることがより望ましい。

[0036] 本実施形態に係る光学系 ZL は、以下に示す条件式 (10) を満足することが望ましい。

$$[0037] \quad 0.100 < f_{LPF} / f_A < 2.000 \quad (10)$$

但し、

f_A : 前群 G_A の焦点距離

f_{LPF} : 回折レンズ L_{pf} の焦点距離

[0038] 条件式 (10) は、回折レンズ L_{pf} を有する前群 G_A の焦点距離に対する回折レンズ L_{pf} の焦点距離の比を規定するものである。この条件式 (10) を満足することにより、光学系 ZL の小型化と高性能を両立することができる。条件式 (10) の上限値を上回ると、回折レンズ L_{pf} の屈折力（パワー）が弱くなりすぎてしまい、光学系 ZL が大型化するため好ましくない。なお、この条件式 (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 1.800、1.600、1.400、1.200、更に 1.100 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、回折レンズ L_{pf} の屈折力（パワー）が強くなりすぎてしまい、球面収差などを良好に補正できないため好ましくない。なお、この条件式 (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 0.130、0.160、0.200、0.250、更に 0.300 とすることがより望ましい。

[0039] 本実施形態に係る光学系 ZL は、以下に示す条件式 (11) を満足することが望ましい。なお、「 $E-n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

[0040] $2.0 \times 10^{-5} < \phi D < 2.0 \times 10^{-4}$ (11)

但し、

ϕD : 回折面Dの主波長に対する屈折力

[0041] 条件式(11)は、回折レンズLpfの回折面Dの主波長に対する屈折力を規定するものである。この条件式(11)を満足することで軸上色収差や倍率色収差を良好に補正することができる。なお、この条件式(11)の効果を実証的なものとするために、条件式(11)の上限値を 1.8×10^{-4} 、 1.6×10^{-4} 、 1.4×10^{-4} 、 1.2×10^{-4} 、更に 1.0×10^{-4} とすることがより望ましい。また、条件式(11)の効果を実証的なものとするために、条件式(11)の下限値を 3.0×10^{-5} 、 4.0×10^{-5} 、 5.0×10^{-5} 、 5.5×10^{-5} 、更に 6.0×10^{-5} とすることがより望ましい。

[0042] 本実施形態に係る光学系ZLにおいて、回折面Dは空気と接していることが望ましい。接合レンズの接合面に回折面Dを形成する場合、接合される2つのレンズの双方が高いUV透過率を有する硝材でないと、UV硬化樹脂の成型時にUVの吸収により温度変化が生じ、熱応力により面精度が悪化するため好ましくない。一方、上記問題を回避するために互いにUV透過率の高い硝材を用いると光学的な設計制約が多く、光学性能が低下するため好ましくない。

[0043] 本実施形態に係る光学系ZLにおいて回折面Dは、合焦に際し光軸方向に移動する合焦群Gfより物体側に配置されていることが望ましい。このように構成することで色収差をはじめとする諸収差の良好な光学性能を得ることができる。なお、より好ましくは、回折面Dは、開口絞りSよりも像側に配置されていることが望ましい。

[0044] 本実施形態に係る光学系ZLは、最も像側に、変倍に際し像面に対して固定される最終群GLを有することが望ましい。このように構成することで像面湾曲や歪曲収差をはじめとする諸収差を良好に補正し、また製造誤差に強い光学系を得ることができる。

[0045] 本実施形態に係る光学系ZLにおいて、後群GBは、光軸と直交する方向

の変位成分を持つように移動させる防振群 G_{vr} を有し、この防振群 G_{vr} は、以下に示す条件式 (12) を満足する負レンズ（以下、「第2特定負レンズ L_{n2} 」と呼ぶ）を少なくとも1枚有することが望ましい。

$$[0046] \quad 56.00 < \nu_{dVR} \quad (12)$$

但し、

ν_{dVR} : 防振群 G_{vr} に含まれる第2特定負レンズ L_{n2} の媒質の d 線に対するアッペ数

[0047] 条件式 (12) は、防振群 G_{vr} が有する第2特定負レンズ L_{n2} の媒質の d 線に対するアッペ数を規定するものである。この条件式 (12) を満足することにより、手ブレを良好に補正する防振群 G_{vr} を得ることができる。条件式 (12) の下限値を下回ると、防振時に色収差が生じ光学性能の劣化が大きくなるため好ましくない。なお、この条件式 (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 58.00、60.00、63.00、65.00、更に 67.00 とすることがより望ましい。

[0048] 本実施形態に係る光学系 ZL において、後群 GB は、以下に示す条件式 (13) を満足する負レンズ（以下、「第3特定負レンズ L_{n3} 」と呼ぶ）を少なくとも1枚有することが望ましい。

$$[0049] \quad 0.655 < \theta_{gFr} + 0.00168 \times \nu_{dr} \quad (13)$$

但し、

θ_{gFr} : 後群 GB に含まれる第3特定負レンズ L_{n3} の媒質の部分分散比

ν_{dr} : 後群 GB に含まれる第3特定負レンズ L_{n3} の媒質の d 線に対するアッペ数

[0050] ここで、部分分散比 θ_{gF} は、 g 線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) に対する屈折率を n_g とし、 F 線 ($\lambda = 486.1 \text{ nm}$) に対する屈折率を n_F とし、 C 線 ($\lambda = 656.3 \text{ nm}$) に対する屈折率を n_C としたとき、 $\theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で定義される。

[0051] 条件式 (13) は、後群 GB が有する第3特定負レンズ L_{n3} の媒質を規

定するものである。後群GBに、条件式(13)を満足する第3特定負レンズLn3を配置することにより、倍率色収差を良好に補正することができる。条件式(13)の下限値を下回ると、倍率色収差を良好に補正することができないため好ましくない。なお、この条件式(13)の効果を確実なものとするために、条件式(13)の下限値を0.656、0.657、0.658、0.659、更に0.660とすることがより望ましい。

[0052] 本実施形態に係る光学系ZLは、以下に示す条件式(14)を満足することが望ましい。

$$[0053] \quad 0.00^\circ < 2\omega_w < 24.00^\circ \quad (14)$$

但し、

$2\omega_w$: 広角端状態における光学系ZLの全画角

[0054] 条件式(14)は、広角端状態における光学系ZLの全画角を規定するものである。この条件式(14)の上限値を22.00°、20.00°、18.00°、16.00°、更に13.00°とすることがより望ましい。また、条件式(14)の下限値を1.00°、2.00°、3.00°、4.00°、更に5.00°とすることがより望ましい。

[0055] 本実施形態に係る光学系ZLは、以下に示す条件式(15)を満足することが望ましい。

$$[0056] \quad 0.00^\circ < 2\omega_t < 10.00^\circ \quad (15)$$

但し、

$2\omega_t$: 望遠端状態における光学系ZLの全画角

[0057] 条件式(15)は、望遠端状態における光学系ZLの全画角を規定するものである。この条件式(15)の上限値を9.00°、8.00°、7.00°、6.00°、更に5.50°とすることがより望ましい。また、条件式(15)の下限値を1.00°、1.50°、2.00°、更に2.50°とすることがより望ましい。

[0058] 次に、本実施形態に係る光学系ZLを備えた光学装置であるカメラを図9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 Z L 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 O L P F（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）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 E V F（Electronic view finder：電子ビューファインダ）4 に表示される。これにより撮影者は、E V F 4 を介して被写体を観察することができる。

[0059] 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 Z L 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。

[0060] このように、本実施形態に係る光学装置は、上述した構成の光学系 Z L を備えることにより、小型で、諸収差、特に色収差が良好に補正された光学装置を実現することができる。

[0061] 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。

[0062] 本実施形態では、前群 G A と後群 G B との大きく 2 群構成の光学系 Z L を示したが、以上の構成条件等は、3 群、4 群、5 群、6 群、7 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。また、レンズ群とは、変倍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。

[0063] 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レンズ群としても良

い。この場合、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（超音波モーター等の）モーター駆動にも適している。特に、後群G Bの少なくとも一部（例えば、第6レンズ群G 6）を合焦レンズ群とするのが好ましい。

[0064] また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、後群G Bの少なくとも一部（例えば、第7レンズ群G 7の一部）を防振レンズ群とするのが好ましい。

[0065] 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妨げるので好ましい。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良く、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良い。

[0066] 開口絞りSは、後群G B内（例えば、合焦群G fの物体側）に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

[0067] 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良い。

[0068] また、本実施形態の光学系Z Lは、変倍比が1.2～4.0倍程度である。

[0069] なお、以上で説明した構成及び条件は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての構成及び条件を満たすものに限定されることはなく、

いずれかの構成又は条件、或いは、いずれかの構成又は条件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。

[0070] 以下に、本実施形態に係る光学系 Z L の製造方法の概略を、図 10 を参照して説明する。まず、各レンズを配置して、回折レンズ L f p を含む前群 G A 及び後群 G B をそれぞれ準備し（ステップ S 100）、これらのレンズ群を、変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化するように配置する（ステップ S 200）。さらにまた、上述した条件式による条件を満足するように配置する（ステップ S 300）。

[0071] 以上の構成により、小型で、高い光学性能を有する光学系、この光学系を有する光学機器、及び光学系の製造方法を提供することができる。

実施例

[0072] 以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。なお、図 1、図 3、図 5、及び図 7 は、第 1 実施例～第 4 実施例に係る光学系 Z L（Z L 1～Z L 4）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 Z L 1～Z L 4 の断面図の下部には、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 G 1～G 6 又は G 7 の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

[0073] 各実施例において、回折面 D の位相形状 ϕ は、次式（a）によって表される。

$$[0074] \quad \phi(h, n) = (2\pi / (n \times \lambda_0)) \times (C_2 h^2 + C_4 h^4) \quad (a)$$

但し、

h：光軸に対する垂直方向の高さ

n：回折光の次数

λ_0 ：設計波長

C_i ：位相係数（ $i = 2, 4$ ）

[0075] また、任意の波長 λ 、任意の回折次数 m に対する式（a）で表される回折光学面の屈折力 ϕD は、最も低次の位相係数 C_2 を用いて、次式（b）のように表される。

[0076] $\phi D(\lambda, n) = -2 \times C2 \times n \times \lambda / \lambda_0$ (b)

[0077] なお、各実施例の表中において、回折面には面番号の右側に#印を付している。

[0078] [第1実施例]

図1は、第1実施例に係る光学系ZL1の構成を示す図である。この光学系ZL1は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2であって回折面Dが形成された回折レンズLpfを含む前群GAと、後群GBとから構成されている。また、後群GBは、物体側から順に、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、正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、最終群GLであって負の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成されている。

[0079] この光学系ZL1において、第1レンズ群G1は、両凸正レンズL11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正メニスカスレンズL21の像側のレンズ面に回折面Dが形成された回折レンズLpf、及び、両凸正レンズL22と両凹負レンズL23とを接合した接合負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、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32とを接合した接合負レンズ、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL33と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL34とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41と両凸正レンズL42とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第5レンズ群G5は、物体側から順に、両凸正レンズL51と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL52とを接合した接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL53で構成されている。また、第6レンズ群G6は、両凹負レンズL61で構成されている。また、第7レンズ群G7は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニ

カスレンズL 7 1と両凹負レンズL 7 2とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL 7 3、両凸正レンズL 7 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 7 5とを接合した接合正レンズ、両凸正レンズL 7 6、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 7 7で構成されている。また、開口絞りSは、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との間に配置されている。

[0080] また、光学系Z L 1は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が増大し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が減少し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が増大し、第5レンズ群G 5と開口絞りSとの間隔が減少し、開口絞りSと第6レンズ群G 6との間隔が減少し、第6レンズ群G 6と第7レンズ群G 7との間隔が増大するように、第1レンズ群G 1、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、第5レンズ群G 5、開口絞りS、及び、第6レンズ群G 6が光軸方向に移動する。また、変倍に際し、第2レンズ群G 2及び第7レンズ群G 7は、像面に対して固定されている。

[0081] また、光学系Z L 1は、第6レンズ群G 6を合焦群G fとし、この合焦群G fを像側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うように構成されている。

[0082] また、光学系Z L 1は、第7レンズ群G 7のうち、正メニスカスレンズL 7 1と両凹負レンズL 7 2とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL 7 3を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系Z L 1の振動等に起因する像位置の変更（手ブレ）が補正されるように構成されている。

[0083] また、光学系Z L 1において、第1特定負レンズL n 1は第6レンズ群G 6の負メニスカスレンズL 6 1であり、第2特定負レンズL n 2は第7レンズ群G 7の両凹負レンズL 7 2であり、第3特定負レンズL n 3は第7レンズ群G 7の負メニスカスレンズL 7 5である。

[0084] 以下の表1に、光学系Z L 1の諸元の値を掲げる。この表1において、全

体諸元における f は全系の焦点距離、 FNO は F ナンバー、 2ω は全画角、 Y_{max} は最大像高、 TL は全長、及び Bf はバックフォーカスを表し、各々に対して広角端状態、2つの中間焦点距離状態及び望遠端状態の値を示している。ここで、全長 TL は、最も物体側のレンズ面（第1面）から像面 I までの光軸上の距離を表している。またバックフォーカス Bf は、最も像側のレンズ面（図1における第38面）から像面 I までの光軸上の距離を示している。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 n_d 及び第5欄 ν_d 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 0.0000 は平面を示し、空気の屈折率 1.000000 は省略してある。また、レンズ群焦点距離は第1～第7レンズ群 $G1 \sim G7$ の各々の始面と焦点距離を示している。

[0085] 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。

[0086] （表1）第1実施例

 [全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 205.000	～ 300.000	～ 400.000
FNO	= 5.80	～ 5.80	～ 5.80
$2\omega (^{\circ})$	= 12.20	～ 8.10	～ 6.10
Y_{max}	= 21.700	～ 21.700	～ 21.700
TL (空気換算長)	= 309.985	～ 346.860	～ 371.010
Bf (空気換算長)	= 46.220	～ 46.220	～ 46.220

 [レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	254.0785	7.3000	1.487490	70.32
2	-849.8826	d1		
3	100.1717	7.9000	1.516800	64.13
4	1236.3929	0.2000	1.527800	33.36
5#	1236.3929	0.3000	1.557147	49.98
6	1236.3929	1.5298		
7	103.1253	7.6000	1.487490	70.32
8	-543.2044	2.2000	1.834000	37.18
9	103.4183	d2		
10	214.9015	1.7000	1.603110	60.69
11	42.4820	3.8233	1.755200	27.57
12	69.2113	5.3961		
13	-109.6455	3.6450	1.603420	38.03
14	-53.8051	1.6000	1.603110	60.69
15	-777.5523	d3		
16	122.1606	1.6000	1.846660	23.80
17	79.4358	6.5000	1.497820	82.57
18	-109.5364	d4		
19	100.2140	5.2000	1.487490	70.32
20	-97.6279	1.3000	1.834810	42.73
21	-763.2390	0.2000		
22	78.1823	3.4000	1.497820	82.57
23	588.3269	d5		
24	0.0000	d6		開口絞り S
25	-523.2367	1.2000	1.497820	82.57
26	41.4358	d7		

27	-2692.1361	3.4000	1.717360	29.57
28	-39.0458	1.1000	1.487490	70.32
29	149.9024	2.8144		
30	-83.9778	1.1000	1.834810	42.73
31	80.6792	2.2000		
32	70.4993	6.1517	1.517420	52.20
33	-37.9968	1.3000	1.846660	23.80
34	-49.9102	28.4592		
35	133.8635	3.9297	1.581440	40.98
36	-200.0000	12.2904		
37	-72.2377	1.4000	1.834810	42.73
38	-200.0000	46.2202		

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	402.114
第2レンズ群	3	672.552
第3レンズ群	10	-110.137
第4レンズ群	16	142.197
第5レンズ群	19	126.943
第6レンズ群	25	-77.072
第7レンズ群	27	-2179.462

[0087] この光学系 Z L 1 において、第5面は回折面である。以下の表2に回折面データ、すなわち設計波長 λ_0 、次数 n 並びに各位相係数 C2、C4の値を示す。

[0088] (表2)

[回折面データ]

m	λ_0	n	C2	C4
---	-------------	---	----	----

5 587.562 1.0 -3.29833E-05 1.41580E-09

[0089] この光学系 Z L 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、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、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との軸上空気間隔 d 4、第 5 レンズ群 G 5 と開口絞り S との軸上空気間隔 d 5、開口絞り S と第 6 レンズ群 G 6 との軸上空気間隔 d 6、及び、第 6 レンズ群 G 6 と第 7 レンズ群 G 7 との軸上空気間隔 d 7 は、変倍及び合焦に際して変化する。次の表 3 に、無限遠物体合焦時、近距離物体合焦時及び最至近物体合焦時のそれぞれにおける広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態の各焦点距離における可変間隔の値を示す。なお、この表 3 において、f は焦点距離を示し、 β は倍率を示し、d 0 は第 1 面から物体までの距離を示す。この説明は以降の実施例においても同様である。

[0090] (表 3)

〔可変間隔データ〕

— 無限遠物体合焦時 —

	広角端状態	中間焦点距離状態		望遠端状態
f	205.000	300.000	400.000	486.800
d 0	∞	∞	∞	∞
d 1	15.1923	52.1496	76.2445	91.1517
d 2	5.2390	19.4434	33.9175	46.4758
d 3	71.7334	41.5723	18.0905	2.0000
d 4	2.0000	15.8305	28.1619	40.3132
d 5	22.4098	19.8129	13.4769	3.1339
d 6	10.6047	6.9254	4.2307	3.6163
d 7	9.8166	18.1202	23.9075	26.4376

— 近距離物体合焦時 —

広角端状態 中間焦点距離状態 望遠端状態

β	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333
d 0	6028.2440	8807.2339	11748.6002	14296.9264
d 1	15.1923	52.1496	76.2445	91.1517
d 2	5.2390	19.4434	33.9175	46.4758
d 3	71.7334	41.5723	18.0905	2.0000
d 4	2.0000	15.8305	28.1619	40.3132
d 5	22.4098	19.8129	13.4769	3.1339
d 6	12.0254	8.7926	6.5524	6.3635
d 7	8.3959	16.2530	21.5858	23.6905

—最至近物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.1015	-0.1457	-0.1901	-0.2253
d 0	1890.0152	1853.1399	1828.9896	1813.9116
d 1	15.1923	52.1496	76.2445	91.1517
d 2	5.2390	19.4434	33.9175	46.4758
d 3	71.7334	41.5723	18.0905	2.0000
d 4	2.0000	15.8305	28.1619	40.3132
d 5	22.4098	19.8129	13.4769	3.1339
d 6	15.0280	15.4635	18.5543	24.5225
d 7	5.3933	9.5820	9.5840	5.5315

[0091] この光学系 Z L 1 の広角端状態及び望遠端状態における諸収差図を図 2 に示す。各収差図において、F N O は F ナンバー、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それぞれ示し、横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。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る。これらの諸収差図より、この光学

系 Z L 1 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

[0092] [第2実施例]

図3は、第2実施例に係る光学系 Z L 2 の構成を示す図である。この光学系 Z L 2 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G 2 であって回折面 D が形成された回折レンズ L p f を含む前群 G A と、後群 G B とから構成されている。また、後群 G B は、物体側から順に、負の屈折力を有する第3レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G 4 と、正の屈折力を有する第5レンズ群 G 5 と、負の屈折力を有する第6レンズ群 G 6 と、最終群 G L であって負の屈折力を有する第7レンズ群 G 7 とから構成されている。

[0093] この光学系 Z L 2 において、第1レンズ群 G 1 は、両凸正レンズ L 1 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、両凸正レンズ L 2 1 と両凹負レンズ L 2 2 とを接合した接合負レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 の像側のレンズ面に回折面 D が形成された回折レンズ L p f 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、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 2 とを接合した接合負レンズ、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 3 3 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第4レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 と両凸正レンズ L 4 2 とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第5レンズ群 G 5 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 5 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 2 とを接合した接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 3 で構成されている。また、第6レンズ群 G 6 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 6 1 で構成されている。また、第7レンズ群 G 7 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 7 1 と両凹負レンズ L 7 2 とを接合した接合正レンズ、両凹負

レンズL 7 3、両凸正レンズL 7 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 7 5とを接合した接合正レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 7 6、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 7 7で構成されている。また、開口絞りSは、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との間に配置されている。

[0094] また、光学系Z L 2は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が増大し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が減少し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が増大し、第5レンズ群G 5と開口絞りSとの間隔が減少し、開口絞りSと第6レンズ群G 6との間隔が減少し、第6レンズ群G 6と第7レンズ群G 7との間隔が増大するように、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、第5レンズ群G 5、開口絞りS、及び、第6レンズ群G 6が光軸方向に移動する。また、変倍に際し、第7レンズ群G 7は、像面に対して固定されている。

[0095] また、光学系Z L 2は、第6レンズ群G 6を合焦群G fとし、この合焦群G fを像側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うように構成されている。

[0096] また、光学系Z L 2は、第7レンズ群G 7のうち、両凸正レンズL 7 1と両凹負レンズL 7 2とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL 7 3を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系Z L 2の振動等に起因する像位置の変更（手ブレ）が補正されるように構成されている。

[0097] また、光学系Z L 2において、第1特定負レンズL n 1は第6レンズ群G 6の負メニスカスレンズL 6 1であり、第2特定負レンズL n 2は第7レンズ群G 7の両凹負レンズL 7 2であり、第3特定負レンズL n 3は第7レンズ群G 7の負メニスカスレンズL 7 5である。

[0098] 以下の表4に、光学系Z L 2の諸元の値を掲げる。この表4において、レ

レンズ群焦点距離は第 1 ～第 7 レンズ群 G 1 ～ G 7 の各々の始面と焦点距離を示している。

[0099] (表 4) 第 2 実施例

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 205.000	～ 300.000	～ 400.000
F N O	= 5.80	～ 5.80	～ 5.80
2 ω (°)	= 12.20	～ 8.10	～ 6.10
Y m a x	= 21.700	～ 21.700	～ 21.700
T L (空気換算長)	= 309.991	～ 348.121	～ 376.459
B f (空気換算長)	= 53.850	～ 53.850	～ 53.850

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	282.6354	7.7000	1.487490	70.32
2	-642.2659	d1		
3	128.8725	8.5000	1.487490	70.32
4	-246.4894	2.9000	1.834000	37.18
5	218.4075	12.4524		
6	128.3795	6.6000	1.516800	64.13
7	664.6127	0.2000	1.527800	33.36
8#	664.6127	0.3000	1.557147	49.98
9	664.6127	d2		
10	221.3422	1.7000	1.593490	67.00
11	41.8416	3.6079	1.737999	32.33
12	69.1709	5.1938		
13	-88.1369	3.5380	1.620040	36.40
14	-46.7983	1.6000	1.593490	67.00

15	-345.4650	d3		
16	116.6629	1.6000	1.854779	24.80
17	70.1121	7.0000	1.497820	82.57
18	-94.8648	d4		
19	109.7141	5.6000	1.487490	70.32
20	-89.4788	1.3000	1.834810	42.73
21	-759.2096	0.2000		
22	66.2440	3.8000	1.497820	82.57
23	533.5964	d5		
24	0.0000	d6		開口絞り S
25	458.6915	1.2000	1.497820	82.57
26	37.7676	d7		
27	410.7201	3.8000	1.698950	30.13
28	-41.4786	1.1000	1.497820	82.57
29	77.0949	2.0909		
30	-104.9331	1.1000	1.763850	48.49
31	57.8594	2.2000		
32	60.7986	6.4494	1.647690	33.72
33	-39.3235	1.3000	1.945944	17.98
34	-59.9206	14.7446		
35	-519.7257	4.0124	1.548140	45.51
36	-52.6602	1.8102		
37	-49.5416	1.7000	1.953750	32.33
38	-150.7732	53.8499		

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	403.708

第2レンズ群	3	497.543
第3レンズ群	10	-110.064
第4レンズ群	16	134.649
第5レンズ群	19	122.017
第6レンズ群	25	-82.752
第7レンズ群	27	-266.950

[0100] この光学系Z L 2において、第8面は回折面である。以下の表5に回折面データ、すなわち設計波長λ 0、次数n並びに各位相係数C 2、C 4の値を示す。

[0101] (表5)

[回折面データ]

m	λ 0	n	C 2	C 4
8	587.562	1.0	-4.88662E-05	8.54150E-10

[0102] この光学系Z L 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、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、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、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との軸上空気間隔d 4、第5レンズ群G 5と開口絞りSとの軸上空気間隔d 5、開口絞りSと第6レンズ群G 6との軸上空気間隔d 6、及び、第6レンズ群G 6と第7レンズ群G 7との軸上空気間隔d 7は、変倍及び合焦に際して変化する。次の表6に、無限遠物体合焦時、近距離物体合焦時及び最至近物体合焦時のそれぞれにおける広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態の各焦点距離おける可変間隔の値を示す。

[0103] (表6)

[可変間隔データ]

－無限遠物体合焦時－

	広角端状態	中間焦点距離状態		望遠端状態
f	205.000	300.000	400.000	486.800
d 0	∞	∞	∞	∞

d 1	35.0863	72.7170	96.8729	111.7476
d 2	4.0000	18.4016	34.3631	49.6023
d 3	58.6232	31.9700	13.8407	2.0000
d 4	2.0000	12.1985	19.3551	24.8875
d 5	22.9315	19.0854	12.3877	2.1508
d 6	9.6174	6.1513	3.2290	3.0000
d 7	8.5852	18.4505	27.2617	32.4878

—近距離物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333
d 0	5993.6460	8763.3788	11693.9147	14236.8500
d 1	35.0863	72.7170	96.8729	111.7476
d 2	4.0000	18.4016	34.3631	49.6023
d 3	58.6232	31.9700	13.8407	2.0000
d 4	2.0000	12.1985	19.3551	24.8875
d 5	22.9315	19.0854	12.3877	2.1508
d 6	11.1793	8.0983	5.5065	5.5787
d 7	7.0233	16.5035	24.9842	29.9092

—最至近物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.0871	-0.1249	-0.1630	-0.1940
d 0	2190.0093	2151.8789	2123.5408	2104.9764
d 1	35.0863	72.7170	96.8729	111.7476
d 2	4.0000	18.4016	34.3631	49.6023
d 3	58.6232	31.9700	13.8407	2.0000
d 4	2.0000	12.1985	19.3551	24.8875
d 5	22.9315	19.0854	12.3877	2.1508
d 6	13.7981	13.7984	15.2346	19.6692

d 7 4.4045 10.8034 15.2561 15.8186

[0104] この光学系 Z L 2 の広角端状態及び望遠端状態における諸収差図を図 4 に示す。これらの諸収差図より、この光学系 Z L 2 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

[0105] [第 3 実施例]

図 5 は、第 3 実施例に係る光学系 Z L 3 の構成を示す図である。この光学系 Z L 3 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 であって回折面 D が形成された回折レンズ L p f を含む前群 G A と、後群 G B とから構成されている。また、後群 G B は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、最終群 G L であって負の屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 とから構成されている。

[0106] この光学系 Z L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 の像側のレンズ面に回折面 D が形成された回折レンズ L p f、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 4 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 とを接合した接合負レンズで構成されている。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負メニスカスレンズ L 2 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 2 とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズ L 2 3 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、両凸正レンズ L 3 1、及び、両凸正レンズ L 3 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 3 とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 2 とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第 5 レンズ群 G 5 は、物体側に凸

面を向けた負メニスカスレンズL 5 1で構成されている。また、第6レンズ群G 6は、物体側から順に、両凸正レンズL 6 1と両凹負レンズL 6 2とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL 6 3、両凸正レンズL 6 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 5とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL 6 6と両凸正レンズL 6 7を接合した接合正レンズ、及び、両凸正レンズL 6 8と両凹負レンズL 6 9とを接合した接合負レンズで構成されている。また、開口絞りSは、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間に配置されている。

[0107] また、光学系Z L 3は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が減少し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が増大し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が減少するように、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、及び、第4レンズ群G 4が光軸方向に移動する。また、変倍に際し、第1レンズ群G 1、第5レンズ群G 5、第6レンズ群G 6及び開口絞りSは、像面に対して固定されている。

[0108] また、光学系Z L 3は、第5レンズ群G 5を合焦群G fとし、この合焦群G fを像側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うように構成されている。

[0109] また、光学系Z L 3は、第6レンズ群G 6のうち、両凸正レンズL 6 1と両凹負レンズL 6 2とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL 6 3を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系Z L 3の振動等に起因する像位置の変更（手ブレ）が補正されるように構成されている。

[0110] また、光学系Z L 3において、第1特定負レンズL n 1は第5レンズ群G 5の負メニスカスレンズL 5 1であり、第2特定負レンズL n 2は第6レンズ群G 6の両凹負レンズL 6 2であり、第3特定負レンズL n 3は第6レンズ群G 6の負メニスカスレンズL 6 5である。

[0111] 以下の表7に、光学系Z L 3の諸元の値を掲げる。この表7において、レ

レンズ群焦点距離は第 1 ～第 6 レンズ群 G 1 ～ G 6 の各々の始面と焦点距離を示している。

[0112] (表 7) 第 3 実施例

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 306.000	～ 375.000	～ 450.000
F N O	= 6.40	～ 6.40	～ 6.40
2 ω (°)	= 8.10	～ 6.40	～ 5.30
Y m a x	= 21.700	～ 21.700	～ 21.700
T L (空気換算長)	= 329.948	～ 329.948	～ 329.948
B f (空気換算長)	= 52.139	～ 52.139	～ 52.139

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	223.0897	9.0000	1.487490	70.32
2	-2499.7170	0.2000		
3	259.0655	6.0000	1.487490	70.32
4	809.7669	29.8001		
5	72.6287	10.5000	1.516800	64.13
6	187.6069	0.2000	1.527800	33.36
7#	187.6069	0.3000	1.557147	49.98
8	187.6069	0.2000		
9	73.2943	8.6000	1.487490	70.32
10	155.3551	3.3000	1.902650	35.72
11	58.1940	d1		
12	2518.2275	2.3000	1.593190	67.90
13	38.8981	8.8000	1.620040	36.40
14	169.4898	4.1741		

15	-128.2896	2.3000	1.593190	67.90	
16	130.6010	d2			
17	111.3992	6.8000	1.497820	82.57	
18	-115.5330	0.2000			
19	117.3443	6.6000	1.497820	82.57	
20	-99.9337	2.2000	1.834810	42.73	
21	-1722.6637	d3			
22	46.2607	1.8000	1.834810	42.73	
23	33.4269	7.3000	1.437001	95.10	
24	921.5481	d4			
25	0.0000	d5			開口絞り S
26	245.9026	1.2000	1.497820	82.57	
27	34.7408	d6			
28	128.5153	4.8000	1.647690	33.72	
29	-26.3998	1.2000	1.593190	67.90	
30	56.4530	2.2648			
31	-99.9188	1.2000	1.834810	42.73	
32	53.5072	2.1608			
33	41.0489	6.2000	1.755200	27.57	
34	-33.6117	1.2000	1.945944	17.98	
35	-314.2067	1.0000			
36	-397.2352	1.3000	1.834810	42.73	
37	34.1457	7.2000	1.603420	38.03	
38	-39.2481	0.2000			
39	56.9659	7.0000	1.603420	38.03	
40	-35.0081	1.3000	1.834810	42.73	
41	94.5542	52.1387			
像面	∞				

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	241.670
第2レンズ群	12	-83.460
第3レンズ群	17	98.299
第4レンズ群	22	169.346
第5レンズ群	26	-81.421
第6レンズ群	28	-144.655

[0113] この光学系Z L 3において、第7面は回折面である。以下の表8に回折面データ、すなわち設計波長λ 0、次数n並びに各位相係数C 2、C 4の値を示す。

[0114] (表8)

[回折面データ]

m	λ 0	n	C 2	C 4
8	587.562	1.0	-3.79176E-05	-5.49873E-10

[0115] この光学系Z L 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、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、第4レンズ群G 4と開口絞りSとの軸上空気間隔d 4、開口絞りSと第5レンズ群G 5との軸上空気間隔d 5、及び、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との軸上空気間隔d 6は、変倍又は合焦に際して変化する。次の表9に、無限遠物体合焦時、近距離物体合焦時及び最至近物体合焦時のそれぞれにおける広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態の各焦点距離における可変間隔の値を示す。

[0116] (表9)

[可変間隔データ]

—無限遠物体合焦時—

広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
-------	----------	-------

f	306.000	375.000	450.000	588.000
d 0	∞	∞	∞	∞
d 1	8.2880	20.4670	29.9682	41.7344
d 2	61.6784	43.6483	26.8374	2.0000
d 3	2.0000	11.4752	24.3876	52.1668
d 4	27.0009	23.3786	17.7734	3.0657
d 5	3.5804	3.5804	3.5804	3.5804
d 6	26.4619	26.4619	26.4619	26.4619

—近距離物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333
d 0	8969.0498	11012.1338	13228.4896	17325.9277
d 1	8.2880	20.4670	29.9682	41.7344
d 2	61.6784	43.6483	26.8374	2.0000
d 3	2.0000	11.4752	24.3876	52.1668
d 4	27.0009	23.3786	17.7734	3.0657
d 5	5.1948	5.5652	5.9727	6.7242
d 6	24.8475	24.4771	24.0696	23.3181

—最至近物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.1058	-0.1281	-0.1520	-0.1916
d 0	2670.0520	2670.0508	2670.0515	2670.0516
d 1	8.2880	20.4670	29.9682	41.7344
d 2	61.6784	43.6483	26.8374	2.0000
d 3	2.0000	11.4752	24.3876	52.1668
d 4	27.0009	23.3786	17.7734	3.0657
d 5	8.8767	11.6424	15.4728	25.1573
d 6	21.1656	18.3999	14.5695	4.8850

[0117] この光学系 Z L 3 の広角端状態及び望遠端状態における諸収差図を図 6 に示す。これらの諸収差図より、この光学系 Z L 3 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

[0118] [第 4 実施例]

図 7 は、第 4 実施例に係る光学系 Z L 4 の構成を示す図である。この光学系 Z L 4 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 であって回折面 D が形成された回折レンズ L p f を含む前群 G A と、後群 G B とから構成されている。また、後群 G B は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、最終群 G L であって負の屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 とから構成されている。

[0119] この光学系 Z L 4 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2 の像側のレンズ面に回折面 D が形成された回折レンズ L p f、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 4 とを接合した接合負レンズで構成されている。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負メニスカスレンズ L 2 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 2 とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズ L 2 3 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、両凸正レンズ L 3 1、及び、両凸正レンズ L 3 2 と両凹負レンズ L 3 3 とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 2 とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第 5 レンズ群 G 5 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 1 で構成されている。また、第 6 レンズ群 G 6 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 6 1 と両凹負レンズ L 6 2 とを接合

した接合負レンズ、両凹負レンズL 6 3、両凸正レンズL 6 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 5とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL 6 6と両凸正レンズL 6 7を接合した接合正レンズ、及び、両凸正レンズL 6 8と両凹負レンズL 6 9とを接合した接合負レンズで構成されている。また、開口絞りSは、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間に配置されている。

[0120] また、光学系Z L 4は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が減少し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が増大し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が減少するように、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、及び、第4レンズ群G 4が光軸方向に移動する。また、変倍に際し、第1レンズ群G 1、第5レンズ群G 5、第6レンズ群G 6及び開口絞りSは、像面に対して固定されている。

[0121] また、光学系Z L 4は、第5レンズ群G 5を合焦群G fとし、この合焦群G fを像側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うように構成されている。

[0122] また、光学系Z L 4は、第6レンズ群G 6のうち、両凸正レンズL 6 1と両凹負レンズL 6 2とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL 6 3を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系Z L 4の振動等に起因する像位置の変更（手ブレ）が補正されるように構成されている。

[0123] また、光学系Z L 4において、第1特定負レンズL n 1は第5レンズ群G 5の負メニスカスレンズL 5 1であり、第2特定負レンズL n 2は第6レンズ群G 6の両凹負レンズL 6 2であり、第3特定負レンズL n 3は第6レンズ群G 6の負メニスカスレンズL 6 5である。

[0124] 以下の表1 0に、光学系Z L 4の諸元の値を掲げる。この表1 0において、レンズ群焦点距離は第1～第6レンズ群G 1～G 6の各々の始面と焦点距離を示している。

[0125] (表 1 0) 第 4 実施例

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態		望遠端状態
f	= 407.999	～ 499.999	～ 599.999	～ 783.998
F N O	= 8.10	～ 8.10	～ 8.10	～ 8.10
2 ω (°)	= 6.10	～ 5.00	～ 4.10	～ 3.10
Y m a x	= 21.700	～ 21.700	～ 21.700	～ 21.700
T L (空気換算長)	= 435.067	～ 435.067	～ 435.067	～ 435.067
B f (空気換算長)	= 73.106	～ 73.106	～ 73.106	～ 73.106

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	258.4345	10.0000	1.487490	70.32
2	-1168.9851	63.4972		
3	115.6841	9.5000	1.516800	64.13
4	368.7797	0.2000	1.527800	33.36
5#	368.7797	0.3000	1.557147	49.98
6	368.7797	3.8039		
7	105.0900	8.0000	1.487490	70.32
8	285.7295	3.4000	1.910822	35.25
9	100.3173	54.9337		
10	4375.0065	2.4000	1.593190	67.90
11	50.4771	8.5000	1.654115	39.68
12	303.4262	3.9981		
13	-191.8285	2.4000	1.593190	67.90
14	136.2524	2.4762		
15	173.4580	6.8000	1.497820	82.57
16	-149.4370	0.2000		

17	127.8783	6.9000	1.497820	82.57	
18	-169.1970	2.4000	1.834810	42.73	
19	934.1996	77.4827			
20	63.0908	2.0000	1.834810	42.73	
21	45.9742	7.0000	1.437001	95.10	
22	1607.1068	3.0448			
23	0.0000	3.5002			開口絞り S
24	242.6088	1.5000	1.497820	82.57	
25	50.7283	34.1399			
26	100.2153	5.0000	1.620040	36.40	
27	-35.1813	1.2000	1.593190	67.90	
28	49.8987	4.2135			
29	-111.1526	1.2000	1.763850	48.49	
30	72.5691	2.8158			
31	51.6193	7.0000	1.740770	27.74	
32	-39.2912	1.4000	1.945944	17.98	
33	-178.7273	1.8453			
34	-276.0919	1.8000	1.834810	42.73	
35	41.3741	8.3000	1.603420	38.03	
36	-53.4830	0.2097			
37	108.8915	6.8000	1.603420	38.03	
38	-43.1723	1.8000	1.834810	42.73	
39	166.6667	73.1064			

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	314.735
第2レンズ群	10	-121.354

第3レンズ群	15	137.109
第4レンズ群	20	225.121
第5レンズ群	24	-129.177
第6レンズ群	26	-119.894

[0126] この光学系Z L 4において、第5面は回折面である。以下の表1 1に回折面データ、すなわち設計波長λ 0、次数n並びに各位相係数C 2、C 4の値を示す。

[0127] (表1 1)

[回折面データ]

m	λ 0	n	C 2	C 4
5	587.562	1.0	-3.12473E-05	-4.11319E-10

[0128] この光学系Z L 4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、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、第4レンズ群G 4と開口絞りSとの軸上空気間隔d 4、開口絞りSと第5レンズ群G 5との軸上空気間隔d 5、及び、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との軸上空気間隔d 6は、変倍又は合焦に際して変化する。次の表1 2に、無限遠物体合焦時、近距離物体合焦時及び最至近物体合焦時のそれぞれにおける広角端状態、中間焦点距離状態、及び望遠端状態の各焦点距離における可変間隔の値を示す。

[0129] (表1 2)

[可変間隔データ]

—無限遠物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態		望遠端状態
f	407.999	499.999	599.999	783.998
d 0	∞	∞	∞	∞
d 1	8.3177	25.1499	38.4172	54.9337
d 2	88.0005	61.7682	37.4810	2.4762

d 3	2.0000	17.2082	36.8435	77.4827
d 4	39.6193	33.8128	25.1954	3.0448
d 5	3.5002	3.5002	3.5002	3.5002
d 6	34.1399	34.1399	34.1399	34.1399

—近距離物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333
d 0	11966.7412	14693.1155	17646.8261	23098.6946
d 1	8.3177	25.1499	38.4172	54.9337
d 2	88.0005	61.7682	37.4810	2.4762
d 3	2.0000	17.2082	36.8435	77.4827
d 4	39.6193	33.8128	25.1954	3.0448
d 5	5.6545	6.1493	6.6940	7.6989
d 6	31.9856	31.4908	30.9461	29.9412

—最至近物体合焦時—

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
β	-0.1059	-0.1283	-0.1521	-0.1911
d 0	3564.9328	3564.9313	3564.9330	3564.9327
d 1	8.3177	25.1499	38.4172	54.9337
d 2	88.0005	61.7682	37.4810	2.4762
d 3	2.0000	17.2082	36.8435	77.4827
d 4	39.6193	33.8128	25.1954	3.0448
d 5	10.5885	14.3154	19.4917	32.6725
d 6	27.0516	23.3247	18.1484	4.9676

[0130] この光学系 Z L 4 の広角端状態及び望遠端状態における諸収差図を図 8 に示す。これらの諸収差図より、この光学系 Z L 4 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

[0131] [条件式対応値]

第1実施例～第4実施例の条件式（1）～（15）の数値を以下に記載する。

- (1) $T L p f / T L t$
- (2) $B f w / f w$
- (3) $f 1 / f w$
- (4) $f 1 / f t$
- (5) $f 1 / f L 1$
- (6) $T L t / f t$
- (7) $(-f l m t) / f O b t$
- (8) $\nu d F$
- (9) $f L P F / f t$
- (10) $f L P F / f A$
- (11) ϕD
- (12) $\nu d V R$
- (13) $\theta g F r + 0.00168 \times \nu d r$
- (14) $2 \omega w [^\circ]$
- (15) $2 \omega t [^\circ]$

	第1実施例	第2実施例	第3実施例	第4実施例
$T L p f$	106.552	150.100	55.800	85.012
$T L t$	386.088	395.024	329.948	435.067
$f L 1$	402.114	403.708	420.590	443.933
$f O b t$	182.902	171.829	200.278	253.280
$f l m t$	-73.630	-56.594	-46.257	-53.589
$f L P F$	207.586	297.738	218.553	315.650
$f A$	672.552	497.543	241.670	314.735
(1)	0.276	0.380	0.169	0.195
(2)	0.226	0.263	0.170	0.179

(3)	1.962	1.969	0.790	0.771
(4)	0.826	0.829	0.411	0.401
(5)	1.000	1.000	0.575	0.709
(6)	0.793	0.811	0.561	0.555
(7)	0.403	0.329	0.231	0.212
(8)	82.57	82.57	82.57	82.57
(9)	0.426	0.612	0.372	0.403
(1 0)	0.309	0.598	0.904	1.003
(1 1)	6.60E-05	9.77E-05	7.58E-05	6.25E-05
(1 2)	70.32	82.57	67.90	67.90
(1 3)	0.661	0.685	0.685	0.685
(1 4)	12.200	12.200	8.100	6.100
(1 5)	5.000	5.000	4.100	3.100

符号の説明

[0132] 1 カメラ（光学機器） Z L （ Z L 1 ～ Z L 4 ） 光学系
L p f 回折レンズ D 回折面 G A 前群 G B 後群
G 1 最も物体側に配置されたレンズ群（第 1 レンズ群） G L 最終群
G f 合焦群 G v r 防振群 S 開口絞り
L 1 1 最も物体側に配置されたレンズ（第 1 レンズ）

請求の範囲

[請求項1] 回折面が形成された回折レンズを含む前群と、
前記前群の像側に配置された後群と、を有し、
変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化し、
次式の条件を満足する光学系。

$$0.130 < TL_{pf} / TL_t < 0.500$$

但し、

TL_t : 望遠端状態における前記光学系の光学全長

TL_{pf} : 望遠端状態における前記光学系の最も物体側のレンズ面
から前記回折面までの光軸上の距離

[請求項2] 次式の条件を満足する請求項1に記載の光学系。

$$B_{fw} / f_w < 0.90$$

但し、

f_w : 広角端状態における前記光学系の全系の焦点距離

B_{fw} : 広角端状態における前記光学系のバックフォーカス

[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。

$$0.50 < f_1 / f_w < 5.00$$

但し、

f_w : 広角端状態における前記光学系の全系の焦点距離

f_1 : 前記光学系の最も物体側に配置されたレンズ群の焦点距離

[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
。

$$0.20 < f_1 / f_t < 2.00$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記光学系の全系の焦点距離

f_1 : 前記光学系の最も物体側に配置されたレンズ群の焦点距離

[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
。

$$0.30 < f_1 / f_{L1} < 1.50$$

但し、

f_{L1} : 前記光学系の最も物体側に配置されたレンズの焦点距離

f_1 : 前記光学系の最も物体側に配置されたレンズ群の焦点距離

[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

。

$$0.40 < TL_t / f_t < 1.00$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記光学系の全系の焦点距離

TL_t : 望遠端状態における前記光学系の光学全長

[請求項7]

開口絞りを有し、

次式の条件を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系

。

$$0.10 < (-f_{lmt}) / f_{obt} < 0.60$$

但し、

f_{obt} : 望遠端状態における、前記光学系の前記開口絞りより物体側の合成焦点距離

f_{lmt} : 望遠端状態における、前記光学系の前記開口絞りより像側の合成焦点距離

[請求項8]

合焦に際し光軸方向に移動する合焦群を有し、

前記合焦群は、少なくとも1枚の負レンズを有し、

次式の条件を満足する請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系

。

$$60.00 < \nu_{dF}$$

但し、

ν_{dF} : 前記合焦群の前記負レンズの媒質のd線に対するアッベ数

[請求項9]

次式の条件を満足する請求項1～8のいずれか一項に記載の光学系

。

$$0.200 < f_{LPF} / f_t < 1.000$$

但し、

f_t : 望遠端状態における前記光学系の全系の焦点距離

f_{LPF} : 前記回折レンズの焦点距離

[請求項10] 次式の条件を満足する請求項1～9のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.100 < f_{LPF} / f_A < 2.000$$

但し、

f_A : 前記前群の焦点距離

f_{LPF} : 前記回折レンズの焦点距離

[請求項11] 次式の条件を満足する請求項1～10のいずれか一項に記載の光学系。

$$2.0E-5 < \phi_D < 2.0E-4$$

但し、

ϕ_D : 前記回折面の主波長に対する屈折力

[請求項12] 前記回折面は空気と接している請求項1～11のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項13] 前記回折面は、合焦に際し光軸方向に移動する合焦群より物体側に配置されている請求項1～12のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項14] 最も像側に、変倍に際し像面に対して固定される最終群を有する請求項1～13のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項15] 前記後群は、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させる防振群を有し、

前記防振群は、次式の条件を満足する負レンズを少なくとも1枚有する請求項1～14のいずれか一項に記載の光学系。

$$56.00 < \nu_{dVR}$$

但し、

ν_{dVR} : 前記防振群に含まれる前記負レンズの媒質のd線に対す

るアッベ数

[請求項16] 前記後群は、次式の条件を満足する負レンズを少なくとも1枚有する請求項1～15のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.655 < \theta_{gFr} + 0.00168 \times \nu_{dr}$$

但し、

θ_{gFr} : 前記後群に含まれる前記負レンズの媒質の部分分散比

ν_{dr} : 前記後群に含まれる前記負レンズの媒質のd線に対するアッベ数

[請求項17] 次式の条件を満足する請求項1～16のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00^\circ < 2\omega_w < 24.00^\circ$$

但し、

$2\omega_w$: 広角端状態における前記光学系の全画角

[請求項18] 次式の条件を満足する請求項1～17のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00^\circ < 2\omega_t < 10.00^\circ$$

但し、

$2\omega_t$: 望遠端状態における前記光学系の全画角

[請求項19] 請求項1～18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20] 回折面が形成された回折レンズを含む前群と、前記前群の像側に配置された後群と、を有する光学系の製造方法であって、

変倍に際し、各々のレンズ群の間隔が変化するように配置し、

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。

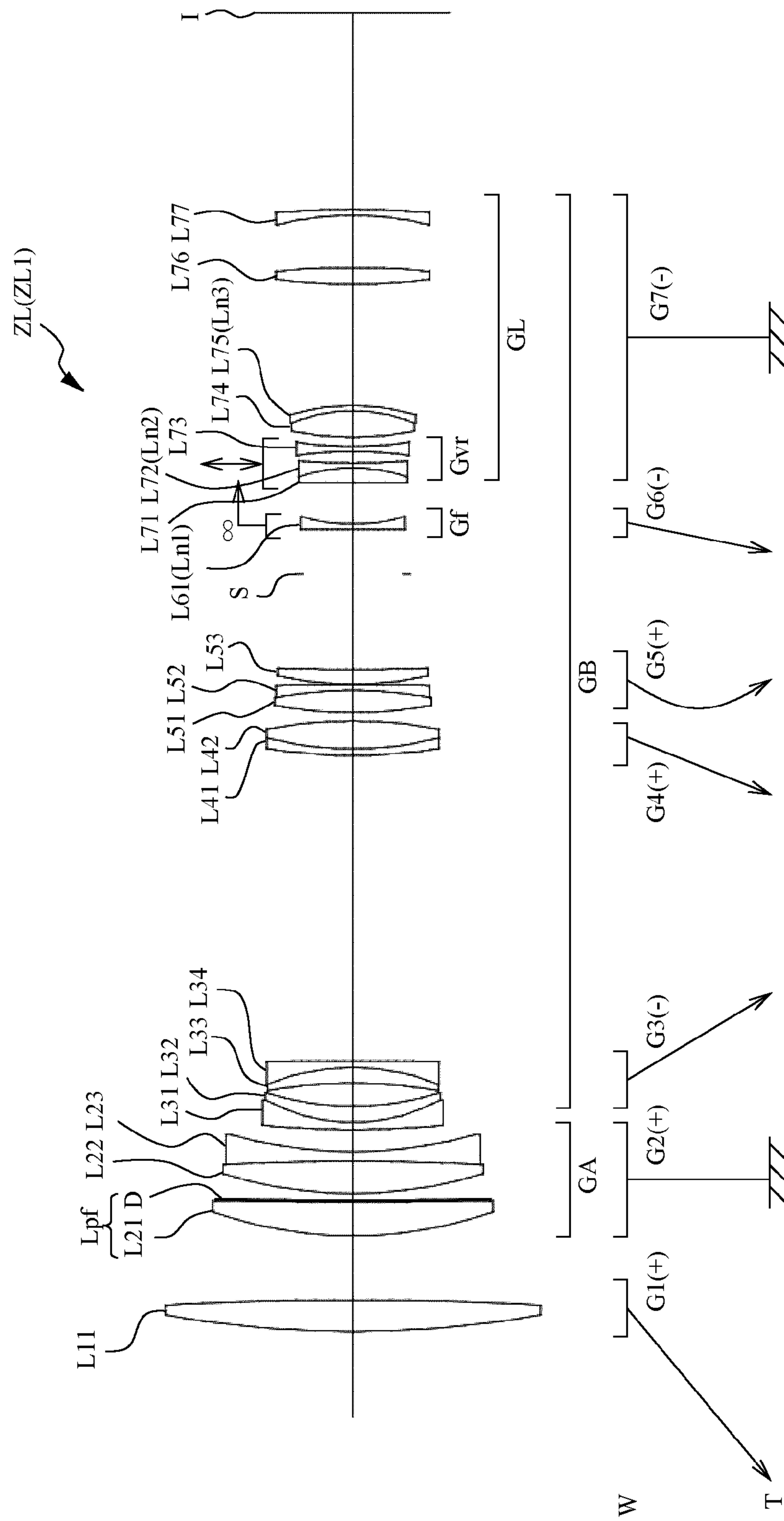
$$0.130 < TL_{pf} / TL_t < 0.500$$

但し、

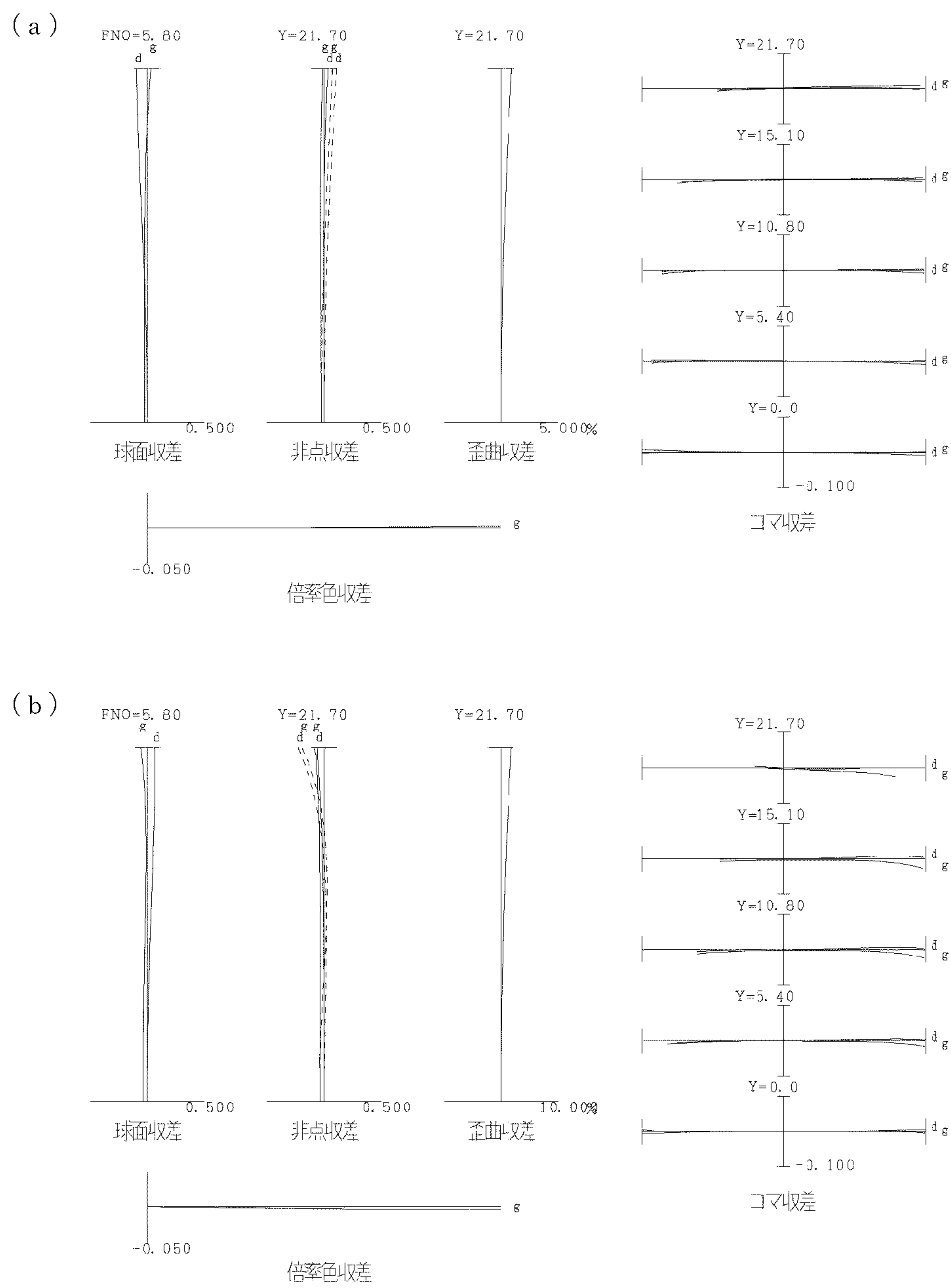
TL_t : 望遠端状態における前記光学系の光学全長

TL_{pf} : 望遠端状態における前記光学系の最も物体側のレンズ面から前記回折面までの光軸上の距離

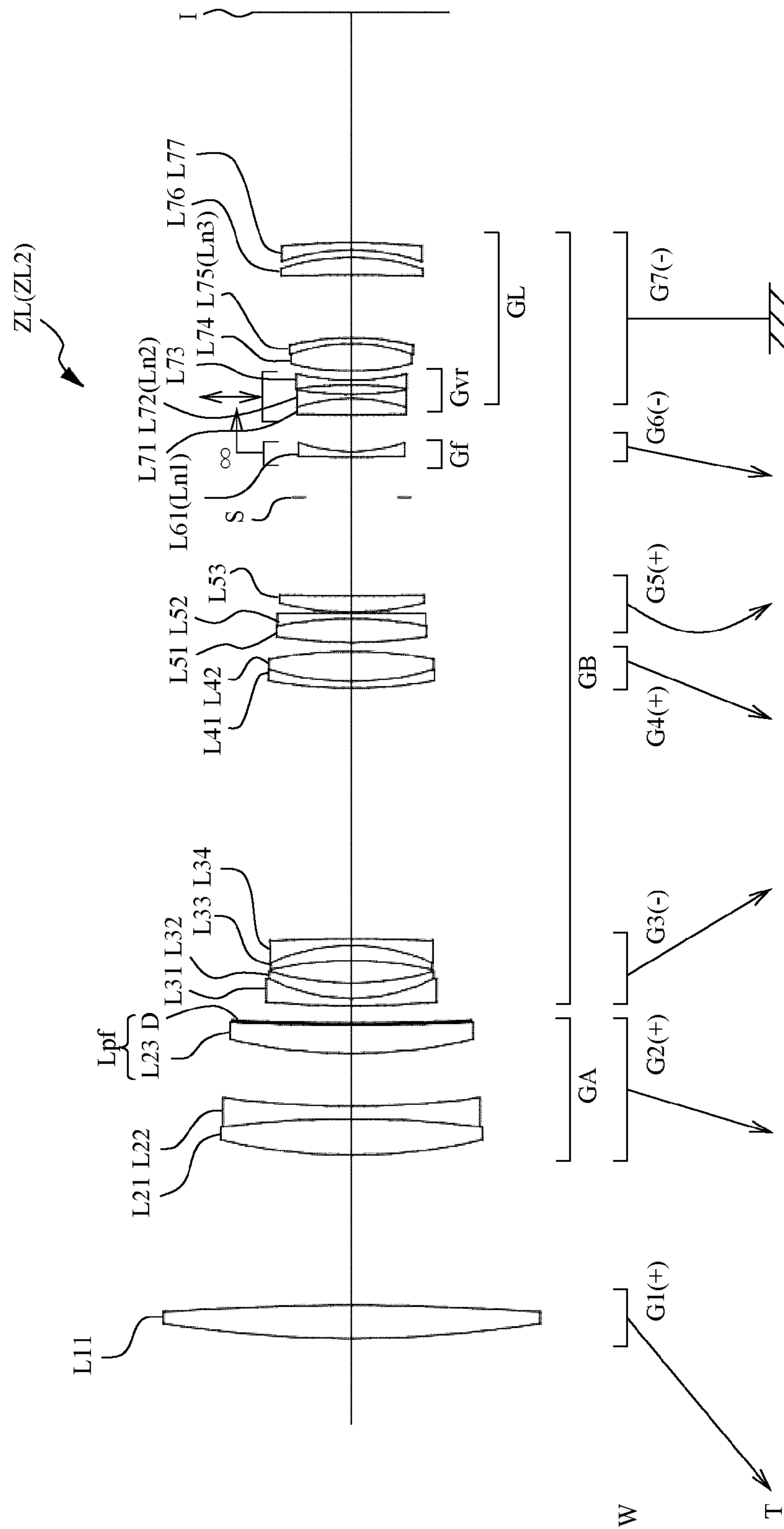
[図1]



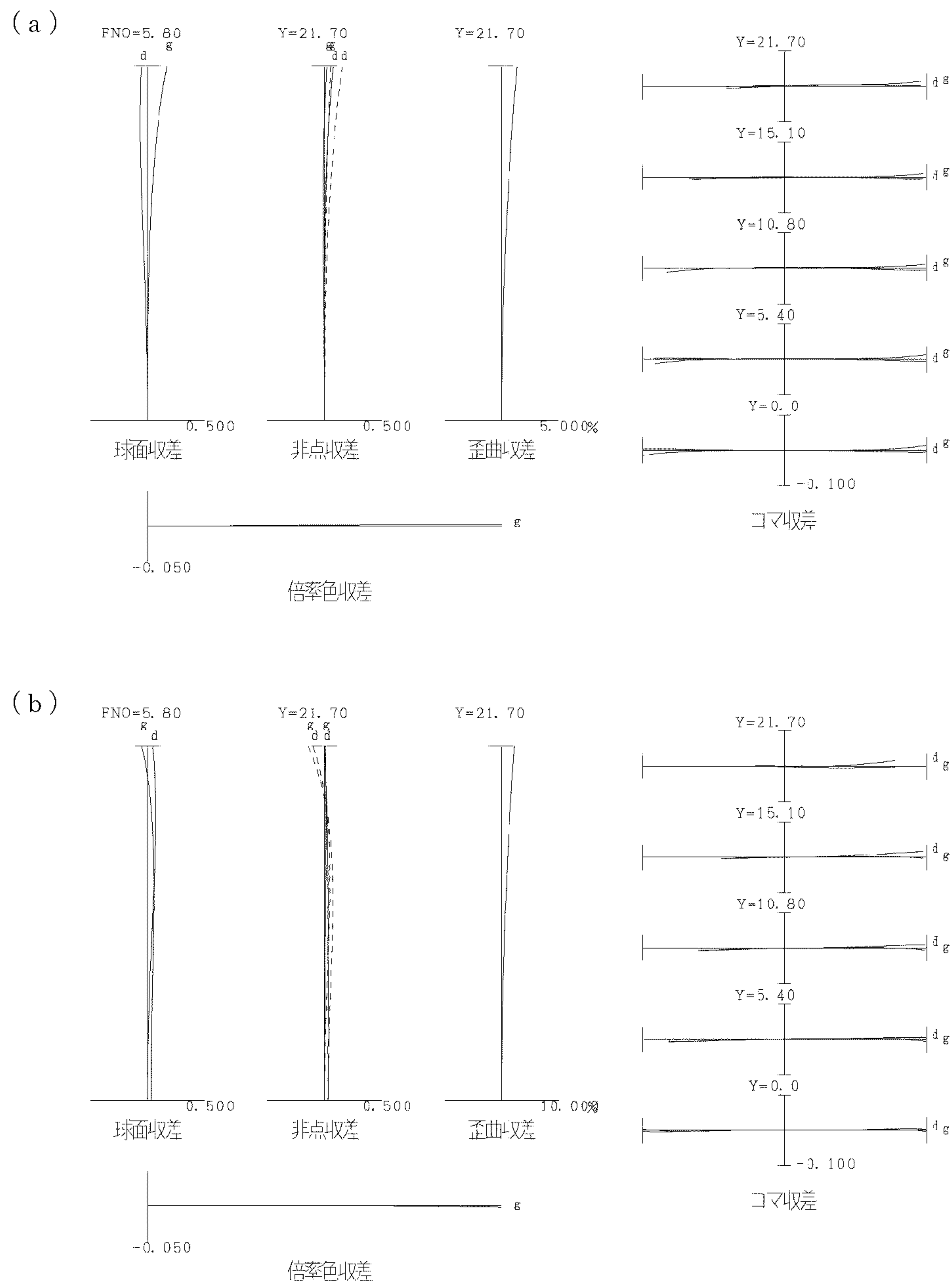
[図2]



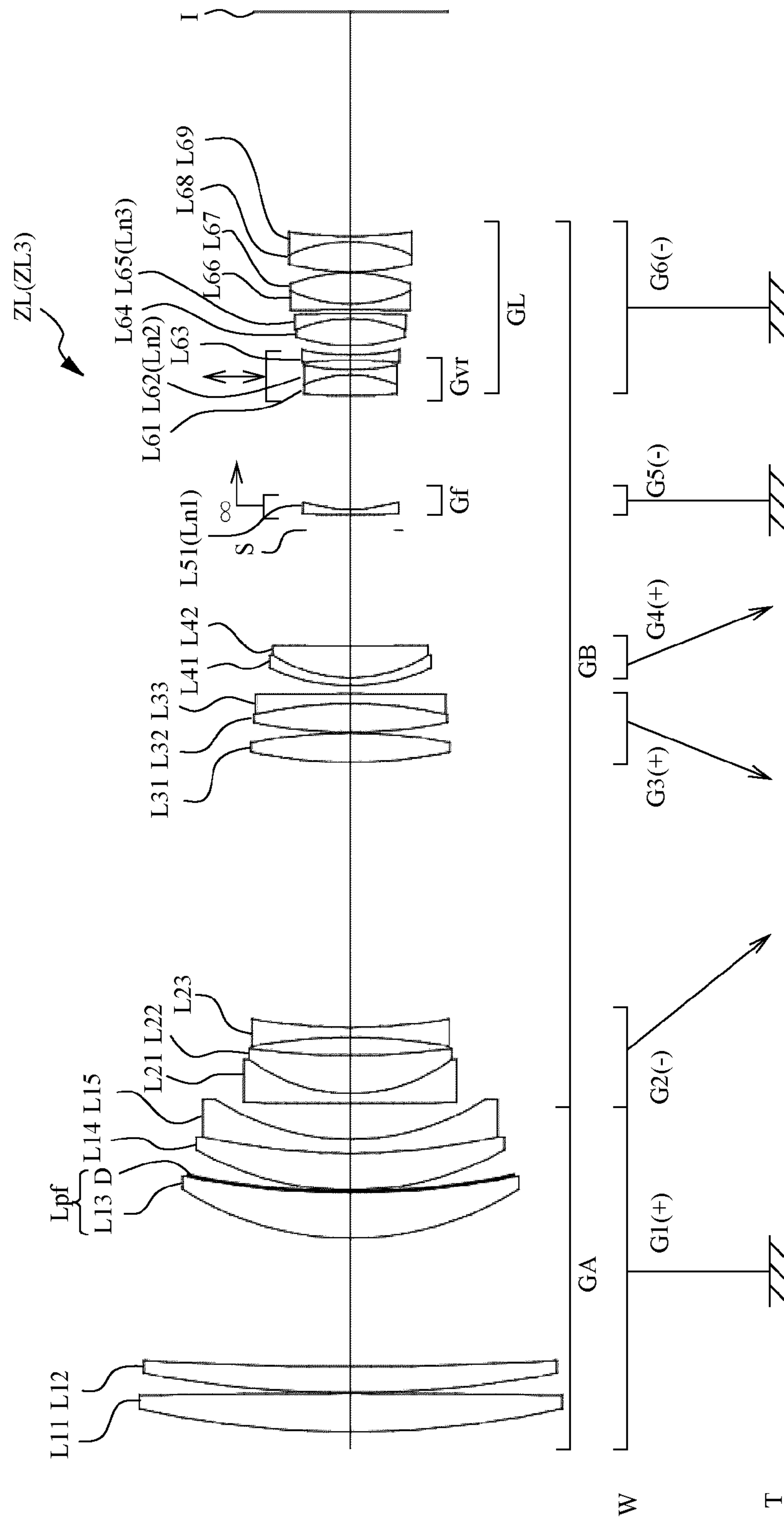
[図3]



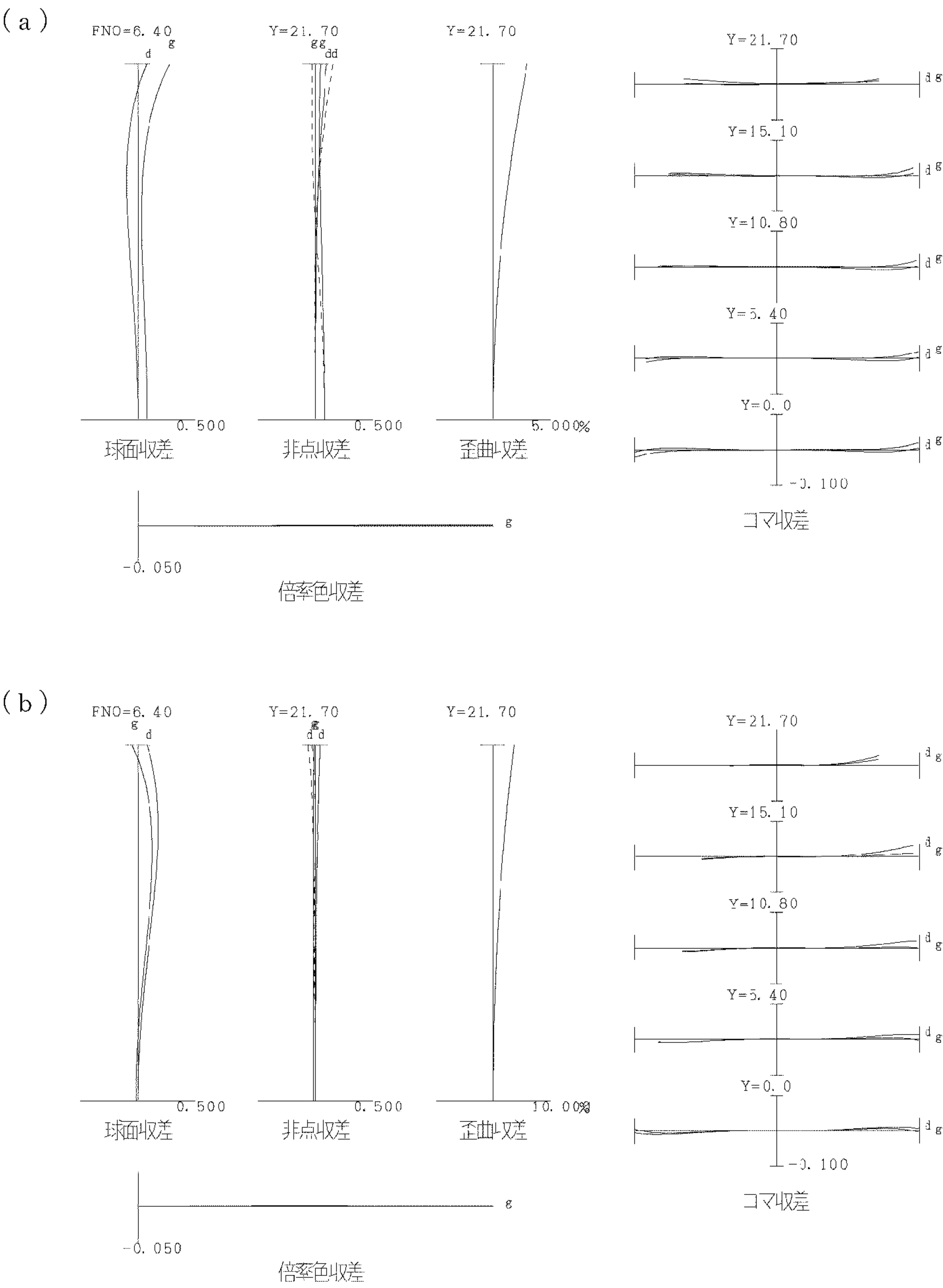
[図4]



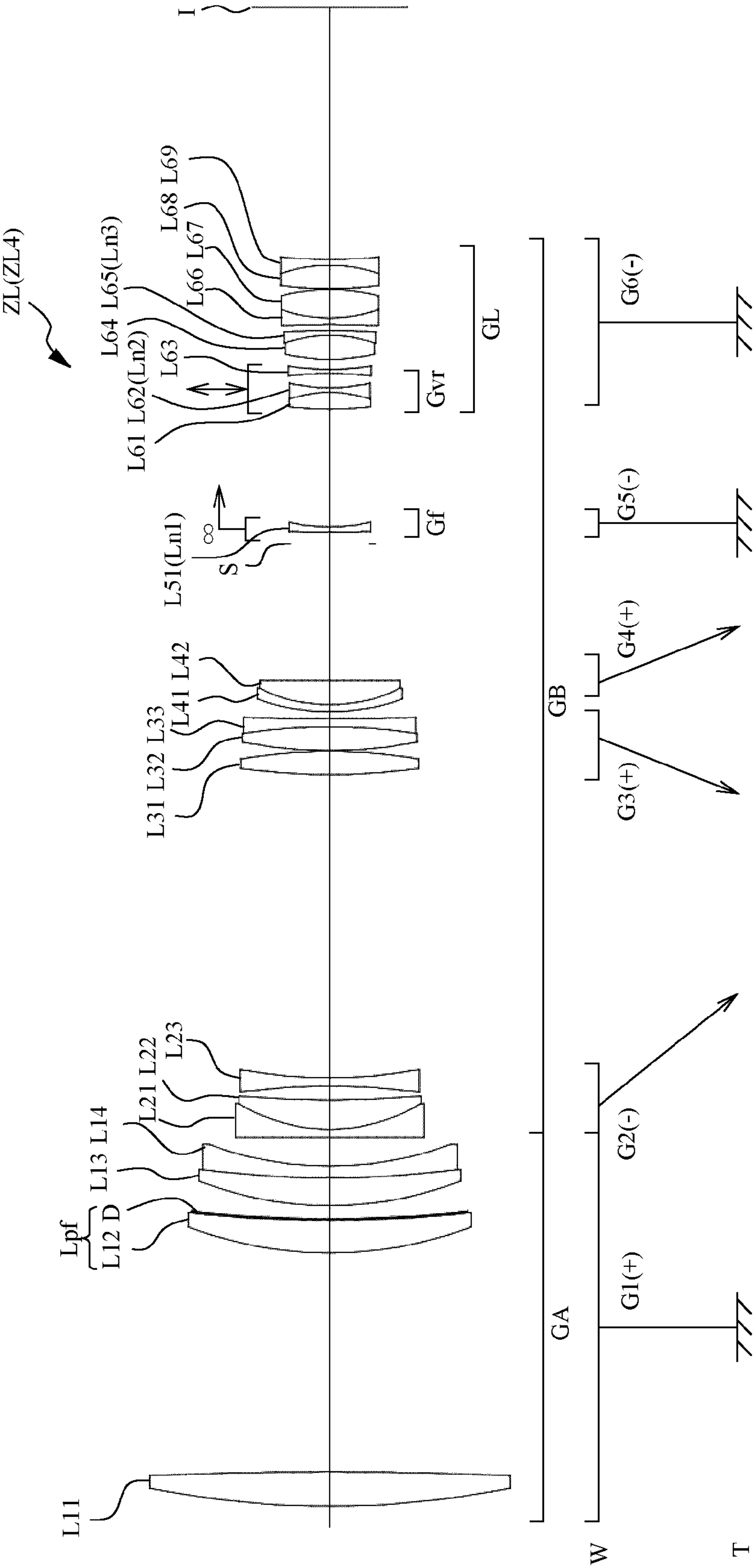
[図5]



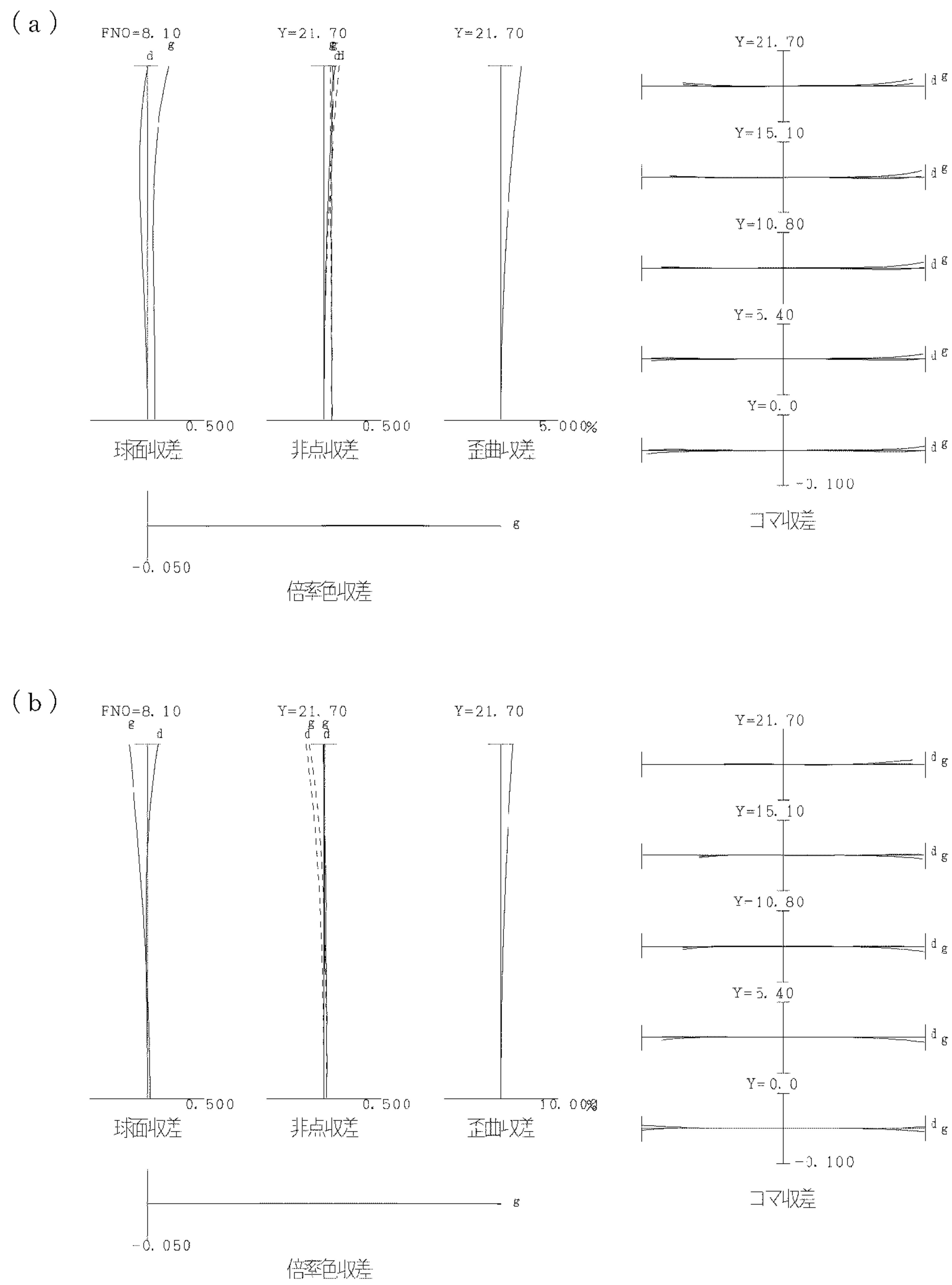
[図6]



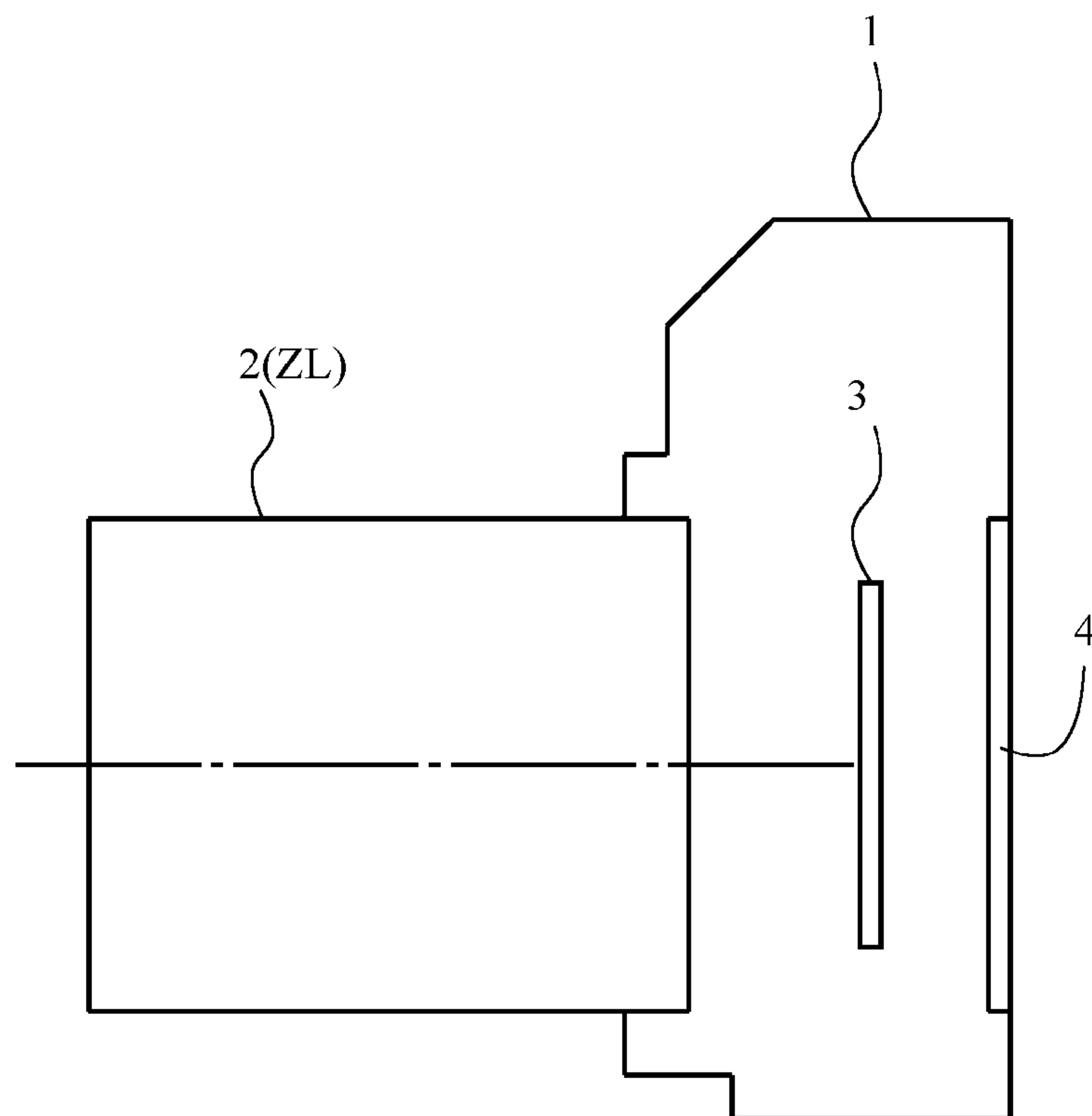
[図7]



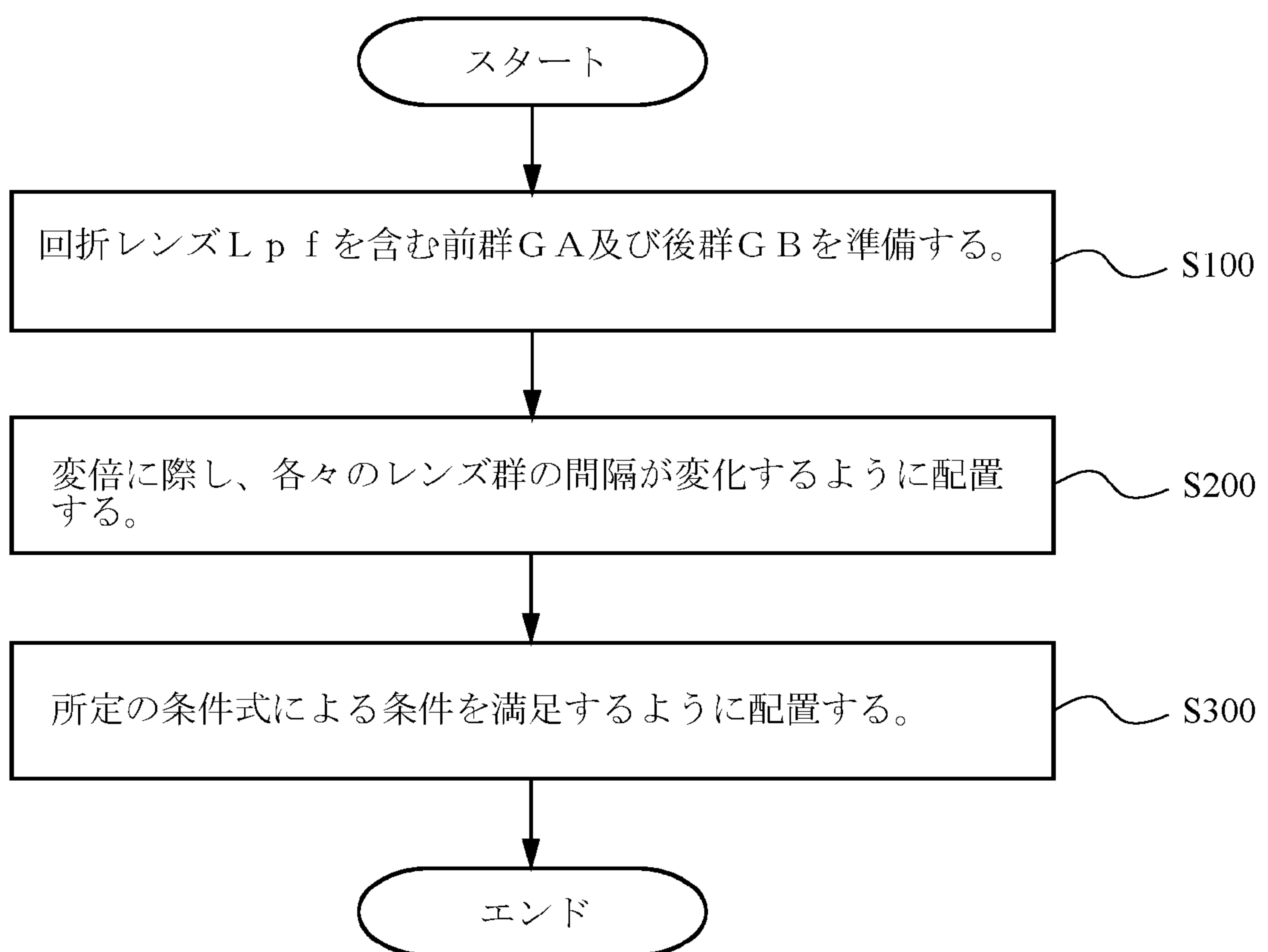
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/043565

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, G03B5/00(2021.01)i

FI: G02B15/20, G03B5/00J

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. G02B15/20, G03B5/00

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 2015-232674 A (CANON INC.) 24 December 2015 (2015-12-24), examples 2-4, paragraphs [0046]-[0049], [0052]	1-7, 9-14, 16-20 8, 15
X A	JP 2002-131641 A (CANON INC.) 09 May 2002 (2002-05-09), numerical example 2, paragraph [0088]	1-4, 8, 10-12, 14-15, 17-20 5-7, 9, 13, 16
X A	JP 2002-244044 A (CANON INC.) 28 August 2002 (2002-08-28), numerical example 1, paragraph [0056]	1-5, 12, 15-20 6-11, 13-14
X A	JP 2016-80877 A (CANON INC.) 16 May 2016 (2016-05-16), numerical example 1, paragraph [0109]	1-4, 6, 11-14, 16-20 5, 7-10, 15
X A	JP 2002-107624 A (CANON INC.) 10 April 2002 (2002-04-10), numerical examples 1, 2, paragraph [0042]	1-5, 7, 10-14, 16-20 6, 8-9, 15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 2020

Date of mailing of the international search report

28 December 2020

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/JP2020/043565

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2019-132919 A (CANON INC.) 08 August 2019 (2019-08-08), examples 1, 2	1-2, 5, 11-14, 16-20 3-4, 6-10, 15
X A	JP 2005-352057 A (CANON INC.) 22 December 2005 (2005-12-22), example 4, paragraphs [0084], [0085]	1, 3-5, 11-12, 16-20 2, 6-10, 13-15
X A	JP 2000-9999 A (MINOLTA CO., LTD.) 14 January 2000 (2000-01-14), examples 1, 5	1, 6-8, 10-12, 16-20 2-5, 9, 13-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/043565

JP 2015-232674 A	24 December 2015	(Family: none)
JP 2002-131641 A	09 May 2002	US 2002/0176058 A1 example 2, paragraph [0230]
JP 2002-244044 A	28 August 2002	US 2002/0163736 A1 example 1, paragraph [0084]
JP 2016-80877 A	16 May 2016	(Family: none)
JP 2002-107624 A	10 April 2002	US 2002/0063969 A1 examples 1, 2, paragraph [0051]
JP 2019-132919 A	08 August 2019	(Family: none)
JP 2005-352057 A	22 December 2005	US 2005/0275949 A1 example 4, paragraphs [0108], [0109] US 2006/0203356 A1
JP 2000-9999 A	14 January 2000	US 6172818 B1 examples 1, 5

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2020/043565
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） G02B 15/20(2006.01)i; G03B 5/00(2021.01)i FI: G02B15/20; G03B5/00 J		
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（I P C）） G02B15/20; G03B5/00		
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 2 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 2 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 2 0 年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2015-232674 A（キヤノン株式会社）24.12.2015（2015 - 12 - 24） 実施例2-4, [0046]-[0049], [0052] 実施例2-4, [0046]-[0049], [0052]	1-7, 9-14, 16-20 8, 15
X A	JP 2002-131641 A（キヤノン株式会社）09.05.2002（2002 - 05 - 09） 数値実施例2, [0088] 数値実施例2, [0088]	1-4, 8, 10-12, 14-15, 17-20 5-7, 9, 13, 16
X A	JP 2002-244044 A（キヤノン株式会社）28.08.2002（2002 - 08 - 28） 数値実施例1, [0056] 数値実施例1, [0056]	1-5, 12, 15-20 6-11, 13-14
X A	JP 2016-80877 A（キヤノン株式会社）16.05.2016（2016 - 05 - 16） 数値実施例1, [0109] 数値実施例1, [0109]	1-4, 6, 11- 14, 16-20 5, 7-10, 15
X A	JP 2002-107624 A（キヤノン株式会社）10.04.2002（2002 - 04 - 10） 数値実施例1-2, [0042] 数値実施例1-2, [0042]	1-5, 7, 10- 14, 16-20 6, 8-9, 15
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17. 12. 2020		国際調査報告の発送日 28. 12. 2020
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） 瀬戸 息吹 2V 5362 電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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 2019-132919 A (キヤノン株式会社) 08.08.2019 (2019 - 08 - 08)	1-2, 5, 11-14, 16-20
A	実施例1-2	3-4, 6-10, 15
X	JP 2005-352057 A (キヤノン株式会社) 22.12.2005 (2005 - 12 - 22)	1, 3-5, 11-12, 16-20
A	実施例4, [0084]-[0085]	2, 6-10, 13-15
X	JP 2000-9999 A (ミノルタ株式会社) 14.01.2000 (2000 - 01 - 14)	1, 6-8, 10-12, 16-20
A	実施例1, 5	2-5, 9, 13-15

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-232674	A	24.12.2015	(ファミリーなし)	
JP	2002-131641	A	09.05.2002	US 2002/0176058 A1	
実施例2, [0230]					
JP	2002-244044	A	28.08.2002	US 2002/0163736 A1	
実施例1, [0084]					
JP	2016-80877	A	16.05.2016	(ファミリーなし)	
JP	2002-107624	A	10.04.2002	US 2002/0063969 A1	
実施例1-2, [0051]					
JP	2019-132919	A	08.08.2019	(ファミリーなし)	
JP	2005-352057	A	22.12.2005	US 2005/0275949 A1	
実施例4, [0108]-[0109]					
US 2006/0203356 A1					
JP	2000-9999	A	14.01.2000	US 6172818 B1	
実施例1, 5					