

(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
2013 年 9 月 6 日(06.09.2013)



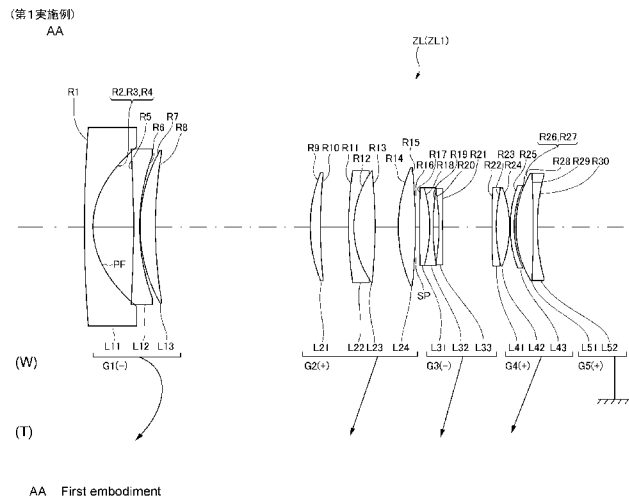
(10) 国際公開番号
WO 2013/128856 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/000984
- (22) 国際出願日: 2013 年 2 月 21 日(21.02.2013)
- (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 2012-043926 2012 年 2 月 29 日(29.02.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目
1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 平山 義一(HIRAYAMA, Yoshikazu); 〒
1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1
号株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 松本 実保
(MATSUMOTO, Miho); 〒1008331 東京都千代田区
有楽町一丁目 1 2 番 1 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 S S ビル 1 階 大西国際特許事務所 Tokyo
(JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, 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, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: ZOOM OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: ズーム光学系



AA First embodiment

(57) **Abstract:** This zoom optical system is formed from, arranged in order from the object side, a first lens group having negative refractive power and other lens groups, and when magnification is varied, the spacing between each of the lens groups changes. The first lens group is disposed closest to the object side and has a first negative lens, which has a diffraction optical element on the im- age side lens surface and a positive lens disposed more to the image side than the first negative lens. Furthermore, the glass material used in the positive lens satisfies the following conditional equations. $v1p \leq 35$ $\Delta(\theta g, F) \geq 0.007$ Here, $v1p$ is the Abbe's number the basis of which is the d line for the glass material used in the positive lens of the first lens group, and $\Delta(\theta g, F)$ is the deviation in the partial variance ratio from a standard line for glass material used in the positive lens when a straight line joining glass type A and glass type B forms the standard line in a graph that has the Abbe's number of which the basis is the d line as the horizontal axis and the partial variance ratio $(\theta g, F) = (ng - nF)/(nF - nC)$ as the vertical axis. Moreover, the Abbe's number vd for the glass type A and glass type B and the partial variance ratio $(\theta g, F)$ are the following values. Glass type A: $vd = 60.49$, $(\theta g, F) = 0.5436$ Glass type B: $vd = 36.26$, $(\theta g, F) = 0.5828$

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/128856 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, 添付公開書類:
NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

物体側より順に並んだ、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群と、他のレンズ群とからなり、変倍に際して各レンズ群の相互間隔が変化するズーム光学系であって、第 1 レンズ群は、最も物体側に配置され、像側レンズ面に回折光学素子を有する第 1 の負レンズと、第 1 の負レンズよりも像側に配置される正レンズと、を有し、さらに、正レンズに用いる硝材は、以下の条件式を満足する。 $v_{1p} \leq 3.5$ $\Delta(\theta_g, F) \geq 0.007$ 但し、 v_{1p} : 第 1 レンズ群の正レンズに用いる硝材の d 線を基準とするアッペ数、 $\Delta(\theta_g, F)$: d 線を基準とするアッペ数 v_d を横軸、部分分散比 $(\theta_g, F) = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ を縦軸としたグラフにおいて、硝種 A と硝種 B を結ぶ直線を標準線としたとき、この標準線からの前記正レンズに用いる硝材の部分分散比の偏差。なお、硝種 A と硝種 B の前記アッペ数 v_d と部分分散比 (θ_g, F) は、以下の値である。硝種 A: $v_d = 60.49$, $(\theta_g, F) = 0.5436$ 硝種 B: $v_d = 36.26$, $(\theta_g, F) = 0.5828$

明 細 書

発明の名称：ズーム光学系

技術分野

[0001] 本発明は、回折光学素子を用いたズーム光学系に関する。

背景技術

[0002] ズーム光学系において、回折光学素子を用いると、色収差の補正が容易になり、高い光学性能を得ることが可能となる（例えば、特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-117826号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に、デジタルカメラやビデオカメラ等の光学系は、レンズ全長（光学全長、すなわち最も物体側のレンズ面（第1面）から像面までの長さ）が短く、光学系全体が小型であることが望まれる。しかしながら、レンズ全長を短縮するほど、色収差を始めとした諸収差が増大し、光学性能が低下する傾向がある。そのような光学系中に単に回折光学素子を設けても、配設位置や屈折力を適切に設定しなければ、ズーム全域で色収差を良好に補正することは難しい。回折光学素子を不適切に使用すると、色収差補正が不足する。また、回折光学素子の屈折力が大きくなると、回折光学素子の格子ピッチが細くなり、製造が困難になり、生産性が悪化する。

[0005] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、回折光学素子を効果的に使用することにより、小型で、全ズーム範囲に亘り色収差を始めとした諸収差を良好に補正し、高い光学性能を有したズーム光学系を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] このような目的を達成するため、本発明を例示する態様によれば、物体側より順に並んだ、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、他のレンズ群とからなり、変倍に際して各レンズ群の相互間隔が変化するズーム光学系が提供される。このズーム光学系において、前記第1レンズ群は、最も物体側に配置され、像側レンズ面に回折光学素子を有する第1の負レンズと、前記第1の負レンズよりも像側に配置される正レンズと、を有し、前記正レンズに用いる硝材は、以下の条件式を満足する。

$$[0007] \quad \nu_{1p} \leq 35$$

$$\Delta(\theta_g, F) \geq 0.007$$

但し、

ν_{1p} : 前記第1レンズ群の前記正レンズに用いる硝材のd線を基準とするアッペ数、

$\Delta(\theta_g, F)$: d線を基準とするアッペ数 ν_d を横軸、部分分散比 $(\theta_g, F) = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ を縦軸としたグラフにおいて、硝種Aと硝種Bを結ぶ直線を標準線としたとき、この標準線からの前記正レンズに用いる硝材の部分分散比の偏差。なお、前記硝種Aと前記硝種Bの前記アッペ数 ν_d と部分分散比 (θ_g, F) は、以下の値である。

硝種A : $\nu_d = 60.49$, $(\theta_g, F) = 0.5436$

硝種B : $\nu_d = 36.26$, $(\theta_g, F) = 0.5828$

発明の効果

[0008] 本発明によれば、回折光学素子を効果的に使用することにより、小型で、全ズーム範囲に亘り色収差を始めとした諸収差を良好に補正し、高い光学性能を有したズーム光学系を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本実施形態に係る回折光学素子を表す模式図である。

[図2]第1実施例に係るズーム光学系の広角端状態における構成断面図及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)までのズーム軌道を示す図である。

[図3]第1実施例に係るズーム光学系の広角端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。

[図4]第1実施例に係るズーム光学系の望遠端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。

[図5]第2実施例に係るズーム光学系の広角端状態における構成断面図及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)までのズーム軌道を示す図である。

[図6]第2実施例に係るズーム光学系の広角端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。

[図7]第2実施例に係るズーム光学系の望遠端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。

[図8]第3実施例に係るズーム光学系の広角端状態における構成断面図及び広角端状態(W)から望遠端状態(T)までのズーム軌道を示す図である。

[図9]第3実施例に係るズーム光学系の広角端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。

[図10]第3実施例に係るズーム光学系の望遠端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。

[図11]異常分散ガラスの定義を説明するためのグラフであり、横軸にd線を基準とするアッベ数 ν_d を、縦軸に部分分散比(θ_g, F)をとっている。

[図12]本実施形態に係るズーム光学系を用いたデジタル一眼レフカメラ(撮像装置)の構成を示す略断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、実施形態について、図面を参照しながら説明する。本実施形態に係るズーム光学系に用いる回折光学素子PFは、図1に示すように、異なる光学材料からなる2つの回折素子要素、具体的には複数の格子溝が形成された第1の回折光学面を有する第1の回折光学素子PF1と、複数の格子溝が形成された第2の回折光学面を有する第2の回折光学素子PF2とを有し、第1の回折光学素子PF1と第2の回折光学素子PF2とは第1の回折光学面と第2の回折光学面とが互いに対向するように配置され、これら第1の回折

光学面と第2の回折光学面が回折光学面Cにて互いに密着して接した、いわゆる密着複層型回折光学素子PFを使用している。

[0011] 本実施形態に係るズーム光学系ZLは、図2に示すように、物体側より順に並んだ、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4と、正の屈折力を持つ第5レンズ群G5とからなり、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して各レンズ群の相互間隔が変化し、第1レンズ群G1は、少なくとも一枚の密着複層型回折光学素子PFを有する構成となっている。

[0012] このように広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、各レンズ群G1～G5の相互間隔を変化させることにより、ズーム光学系ZLの小型化を達成している。また、軸上色収差が大きく発生する第1レンズ群G1に、密着複層型回折光学素子PFを配置することにより、効果的に色収差の補正を行っている。

[0013] 後述の第1実施例では、第1レンズ群G1に密着複層型回折光学素子PFを配置することにより、全ズーム域に亘り色収差を良好に補正している。第2実施例・第3実施例も同様である。

[0014] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、第1の負レンズL11と、第2の負レンズL12と、正レンズL13とを有し、第1の負レンズL11は物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり、第2の負レンズL12は両凹レンズ形状であり、正レンズL13は物体側に凸面を向けたメニスカス形状である。また、密着複層型回折光学素子PFは、第1の負レンズL11の像側レンズ面（第2面）に設置され、この面は非球面であることが望ましい。この構成によれば、全ズーム域に亘り、良好な収差補正ができる。

[0015] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、次の条件式（1）、（2）を満足することが好ましい。

[0016]
$$\nu_{1p} \leq 35 \quad \cdots (1)$$

$$\Delta(\theta_g, F) \geq 0.007 \quad \cdots (2)$$

但し、

ν_{1p} : 第1レンズ群G1の正レンズL13に用いる硝材のd線を基準とするアッベ数、

$\Delta(\theta_g, F)$: d線を基準とするアッベ数 ν_d を横軸、部分分散比 $(\theta_g, F) = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ を縦軸としたグラフにおいて、硝種A（株式会社オハラ硝種名NSL7）と硝種B（株式会社オハラ硝種名PBM2）を結ぶ直線を標準線としたとき、この標準線からの第1レンズ群G1の正レンズL13に用いる硝材の部分分散比の偏差（図11参照）。なお、 ν_d はd線を基準とするアッベ数であり、 n_g 、 n_F 、 n_C はそれぞれフラウンホーファ線のg線、F線、C線に対する屈折率である。

[0017] このような条件式(1)，(2)を満足する硝材を、第1レンズ群G1を構成する正レンズL3に用いることで、軸上色収差及び倍率色収差を良好に補正することができる。

[0018] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、次の条件式(3)を満足することが好ましい。

[0019] $40.0 \leq \nu_{1dave} \leq 55.0 \dots (3)$

但し、

ν_{1dave} : 第1レンズ群G1を構成するレンズのうち、回折光学素子PF、屈折力の絶対値が $1/5000$ 以下の硝材からなるレンズ、及び、アッベ数が70より大きい異常分散ガラスからなるレンズを除いた、全てのレンズの硝材のd線を基準とするアッベ数の平均値。

[0020] 条件式(3)は、第1レンズ群G1において、回折光学素子PF、屈折力の絶対値が $1/5000$ 以下の硝材からなるレンズ、及びアッベ数が70より大きい異常分散ガラスからなるレンズを除いた、屈折型レンズに用いた硝材のアッベ数の平均値を規定するものである。

[0021] 回折光学素子PFは、1mmあたり数本から数百本の細かい溝状又はスリット状の格子構造が同心円状に形成された回折光学面C（図1参照）を備え、この回折光学面Cに入射した光を格子ピッチ（格子溝の間隔）と入射光の波

長によって定まる方向へ回折する性質を有している。このような回折光学素子PFは、例えば、特定次数の回折光を一点に集光するレンズなどに用いられている。

[0022] 通常の光学ガラスで作成した屈折型レンズでは、波長が短くなるほど屈折力特性の変化が大きくなるが、逆に、回折光学素子PFでは、波長による屈折力特性は線形的に変化する。また、屈折型レンズの屈折率特性は、硝材によって変化するが、回折光学素子PFの屈折率特性は、硝材によって変化しない。そこで、屈折型レンズを複数組み合わせることで波長による屈折力変化を線形にしたものと、回折光学素子PFとを組み合わせることで、大きな色消し効果が得られ、色収差を良好に補正することが可能となる。

[0023] 条件式(3)は、波長によって屈折力が線形的に変化するような複数の屈折型レンズの硝材の選び方として、アッベ数の平均値を規定するものである。条件式(3)の下限値を下回ると、前記屈折型レンズは波長が短くなるほど屈折力特性の変化が大きくなり、このようなレンズに回折光学素子PFを組み合わせると、収差の残存量が大きくなる。また、組み合わせる回折光学素子PFの屈折力が大きくなり、ピッチが細くなるため、製造が困難になり、量産性が悪化する。

[0024] 逆に、条件式(3)の上限値を上回ると、前記屈折型レンズに異常分散性の高い硝材を使用することになるため、比重が大きい硝材が必要となり重量が増加する。また、これらの硝材は一般的に屈折率が低い硝材であるので、球面収差等の補正が難しくなる。但し、球面収差の補正については非球面を用いることで解消することが可能になるが、非球面での補正量が大きくなると、サグ量(非球面の球面からのズレ量)が大きくなり、製造が困難になって量産性が悪化する。

[0025] 本実施形態の効果をより確実にするためには、条件式(3)の下限値を43.0とすることが望ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするためには、条件式(3)の上限値を51.0とすることが望ましい。

[0026] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、第1レンズ群G1～第5レ

レンズ群G 5のうち、第3レンズ群G 3のみが、d線に対する屈折率が1.8より大きい高屈折率ガラス製のレンズ（比重の重いレンズ）を含んで構成されることが好ましい。この構成によれば、第3レンズ群G 3を除く他のレンズ群、すなわち第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2、第4レンズ群G 4及び第5レンズ群G 5が比重の軽いレンズで構成されることになるため、軸上色収差及び倍率色収差を悪化させることなく、光学系全体を軽量化することができる。

[0027] 本実施形態に係るズーム光学系Z Lにおいて、回折光学素子P Fの設置面（すなわち、第1レンズ群G 1を構成する第1の負レンズL 1 1の像側レンズ面）が非球面であることを前提に、次の条件式（4）を満足することが好ましい。

$$[0028] \quad f_{D0E} > -7000 \quad \dots (4)$$

但し、

f_{D0E} : 回折光学素子P Fの焦点距離(mm)。

[0029] 条件式（4）は、回折光学素子P Fの屈折力を規定したものである。非球面と、条件式（4）を満足する回折光学素子P Fとを組み合わせることで、該素子の屈折力を緩くすることができるため、適切な格子ピッチを確保でき、ひいてはフレアを防止することができる。条件式（4）の下限値を下回ると、回折光学素子P Fの屈折力が強くなり、該素子の格子ピッチが細くなるため、製造が困難になり、量産性が悪化する。

[0030] 本実施形態に係るズーム光学系Z Lにおいて、次の条件式（5）を満足することが好ましい。

$$[0031] \quad 0.001 \leq |\phi_{doei} / \phi_i| \leq 0.010 \quad \dots (5)$$

但し、

ϕ_i : 回折光学素子P Fを含む第1レンズ群G 1全体の屈折力、

ϕ_{doei} : 回折光学素子P Fの屈折力。

[0032] 条件式（5）は、回折光学素子P Fの屈折力と、この回折光学素子P Fを含むレンズ群、すなわち第1レンズ群G 1の屈折力との比を規定したもので

ある。条件式（５）の下限値を下回ると、回折光学素子 P F の屈折力が小さくなり、色収差補正が不足する。逆に、条件式（５）の上限値を上回ると、回折光学素子 P F の屈折力が強くなり、回折光学素子 P F の格子ピッチが細かくなり、製造が困難になり量産性が悪化する。

[0033] 本実施形態の効果をより確実にするためには、条件式（５）の下限値を 0.004 とすることが望ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするためには、条件式（５）の上限値を 0.006 とすることが望ましい。

[0034] 本実施形態に係るズーム光学系 Z L において、次の条件式（６）を満たすことが好ましい。

[0035]
$$3.0 \leq |TK/f_w| \leq 4.0 \dots (6)$$

但し、

TK : ズーミングによって変化する、光学系の射出瞳から像面までの距離の最小値、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離。

[0036] 条件式（６）はズーミングによって変化する、光学系の射出瞳から像面までの距離の最小値と、広角端状態における全系の焦点距離の比を規定したものである。条件式（６）の下限値を下回ると、一眼レフカメラの交換レンズとして使用する際のミラー作動空間の確保が難しくなったり、画角周辺で撮像素子に入射する光線が傾くことによるシェーディングが発生したりする。逆に、条件式（６）の上限値を上回ると、小型化が不十分になる。

[0037] 本実施形態の効果をより確実にするためには、条件式（６）の下限値を 3.5 とすることが望ましい。本実施形態の効果をさらに確実にするためには、条件式（６）の下限値を 3.6 とすることが望ましい。

[0038] 本実施形態に係るズーム光学系 Z L において、第 5 レンズ群 G 5 は、少なくとも一枚の正レンズで構成することも可能であるが、これに少なくとも一枚の負レンズを加えればなお好ましい。このように正レンズと負レンズを少なくとも 1 枚ずつ有する構成にすれば、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲等を抑えながら、軸上色収差の発生を抑えることができる。

[0039] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、次の条件式(7)を満たすことが好ましい。

$$[0040] \quad 0.040 \leq P_{\min} \leq 0.500 \quad \cdots (7)$$

但し、

$P_{\min}$: 回折光学素子PFの最小ピッチ(mm)。

[0041] 条件式(7)は、回折光学素子PFの格子の最小ピッチを規定したものである。条件式(7)の下限値を下回ると、格子ピッチが細くなり、製造が困難になり、量産性が悪化する。逆に、条件式(7)の上限値を上回ると、回折光学素子PFの屈折力が小さくなり、色収差補正が不足する。

[0042] 本実施形態の効果をより確実にするためには、条件式(7)の下限値を0.05とすることが望ましい。

[0043] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、第1レンズ群G1は、少なくとも一枚の正レンズを有し、その硝材として正常分散ガラスを用いることが好ましい。このような正レンズと回折光学素子PFとの組み合わせにより、軸上色収差及び倍率色収差の発生を抑えることができる。

[0044] 一般的に、光学ガラスの多くは、縦軸に部分分散比として(θ_g , F)を、横軸にd線を基準とするアッペ数として ν_d をとると、図11に示すように、部分分散比とアッペ数との間にほぼ直線関係が成り立ち、このような硝種を正常分散ガラスと呼ぶ。他方で、この直線関係から離れた位置にある硝種を異常分散ガラスと呼ぶ。より具体的には、正常分散ガラスの基準となるNSL7とPBM2(共に、株式会社オハラ硝種名)とを結んで得られる直線を標準線とし、この標準線からの部分分散比の偏差を $\Delta(\theta_g, F)$ と表す場合、以下の条件式(8)又は(9)を満たすものを異常分散ガラスと定義する。なお、請求の範囲に規定する硝種AがNSL7に対応し、硝種BがPBM2に対応する。

$$[0045] \quad \Delta(\theta_g, F) < -0.012 \quad \cdots (8)$$

$$\Delta(\theta_g, F) > 0.012 \quad \cdots (9)$$

[0046] なお、部分分散比(θ_g , F)は、レンズの材質のg線(波長 $\lambda = 435.835$

nm) に対する屈折率を n_g とし、F 線 (波長 $\lambda = 486.133\text{nm}$) に対する屈折率を n_F とし、C 線 (波長 $\lambda = 656.273\text{nm}$) に対する屈折率を n_C としたとき、 $(\theta_g, F) = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で定義される。また、正常分散ガラスの基準となる、NSL 7 は部分分散比が 0.5436、アッペ数が 60.49 であり、PBM 2 は部分分散比が 0.5828、アッペ数が 36.26 である。

- [0047] 本実施形態に係るズーム光学系 ZL において、第 2 レンズ群 G2 は、少なくとも一枚の非球面を有することが好ましい。この構成によれば、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。
- [0048] 本実施形態に係るズーム光学系 ZL において、第 4 レンズ群 G4 は、少なくとも一枚の非球面を有することが好ましい。この構成によれば、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。
- [0049] 本実施形態に係る回折光学素子 PF は、上述したように、異なる光学材料からなる、第 1 の回折光学面を有する第 1 の回折光学素子 PF1 と、第 2 の回折光学素子 PF2 とを有し、これら第 1 の回折光学素子 PF1 と第 2 の回折光学素子 PF2 が第 1 の回折光学面と第 2 の回折光学面とを互いに対向するように配置された、いわゆる複層型 (又は積層型) の回折光学素子に属するものであるため、g 線 (波長 $\lambda = 435.835\text{nm}$) から C 線 (波長 $\lambda = 635.273\text{nm}$) を含む広波長域において回折効率を高くすることができる。したがって、このような回折光学素子 PF を用いた本実施形態に係るズーム光学系 ZL は、広波長域において利用することが可能となる。
- [0050] 本実施形態において、回折効率は、透過型の回折光学素子 PF において 1 次回折光を利用する場合、入射強度 I_0 と一次回折光の強度 I_1 との割合 η ($= I_1 / I_0 \times 100 [\%]$) を示すこととする。
- [0051] 本実施形態に係るズーム光学系 ZL に用いる回折光学素子 PF にあつては、上述したように、対向配置された第 1 の回折光学面と第 2 の回折光学面とが互いに接するように構成してもよい。つまり、2 つの回折素子要素のそれぞれに形成された格子溝を互いに密着させて密着複層型回折光学素子として構成してもよい。このような密着複層型回折光学素子は、格子溝が形成され

た2つの回折素子要素をこの格子溝同士が対向するように近接配置してなるいわゆる分離複層型回折光学素子に比べ、製造工程を簡素化することができるため、量産効率がよく、また光線の入射角に対する回折効率が良い（g線からC線を含む広波長域において90%以上）という長所を備えている。したがって、このような密着複層型回折光学素子を利用した本実施形態に係るズーム光学系ZLでは、製造が容易となり、また回折効率も良くなる。

[0052] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、回折光学素子PFを構成する第1の回折光学素子PF1及び第2の回折光学素子PF2の少なくとも一方は、紫外線硬化型樹脂からなるように構成してもよい。この構成により、回折光学素子PFの量産性、生産性を高めることができる。したがって、このような回折光学素子PFを利用した本実施形態に係るズーム光学系ZLの量産性、生産性を高めることができる。

[0053] 詳細に述べると、2つの回折素子要素の材料として、一方に一般のガラスもしくは射出成形などが可能な熱可塑性樹脂又は熱硬化性樹脂を、他方に紫外線硬化型樹脂を用いて、回折光学素子PFを製造することができる。例えば、一方の材料としてガラスを用いる場合は、切削研磨によって回折光学面Cを成形する。その後で、この回折光学面Cに紫外線硬化型樹脂を滴下し、紫外線を照射して硬化させる製造方法を採用できる。また、一方の材料として熱可塑性樹脂又は熱硬化性樹脂を用いる場合は、格子溝が形成された金型を用いて射出成形などを行うことにより、回折光学面Cを成形する。その後で、この回折光学面Cに紫外線硬化型樹脂を滴下し、紫外線を照射して硬化させる製造方法を採用できる。このような製造方法が採用でき、2つの回折素子要素に対して回折光学面Cを別々に作製し、さらにこれらの位置合わせを行うという作業が不要になるため、回折光学素子PFの生産性、量産性を高めることができる。

[0054] 本実施形態に係るズーム光学系ZLにおいて、回折光学素子PFを構成する第1の回折光学素子PF1及び第2の回折光学素子PF2は、互いに異なる光学特性を有する紫外線硬化型樹脂からなるように構成してもよい。この

構成により、回折光学素子 P F の量産性、生産性を高めることができる。したがって、この回折光学素子 P F を利用した本実施形態に係るズーム光学系 Z L の量産性、生産性を高めることができる。

[0055] この場合には、まず、基板上に滴下した一方の紫外線硬化型樹脂に対して格子溝が形成された金型を型押し、その金型の反対方向から紫外線を照射して回折光学面 C を有する一方の回折素子要素を成形する。次に、金型を取り除き、この紫外線照射により硬化した回折光学面 C に他方の紫外線硬化型樹脂を滴下する。続いて、この滴下した他方の紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射することにより、他方の紫外線硬化型樹脂も硬化させ、他方の回折素子要素を形成する。このような製造方法を採用することにより、格子溝の成形が 1 つの金型のみで可能になるとともに、2 つの回折素子要素に対して回折光学面 C を別々に形成し、これらの位置合わせを行うという作業が不要であり、紫外線硬化型樹脂を滴下して硬化させるという作業を 2 回実施するのみで製造することができる。したがって、回折光学素子 P F の量産性、生産性をより高めることができる。

[0056] 本実施形態に係るズーム光学系 Z L において、回折光学素子 P F を構成する 2 つの回折素子要素のうち、より低屈折率高分散な方の回折素子要素の材質の d 線（波長 587.562nm）、F 線（波長 486.133nm）及び C 線（波長 656.273nm）に対する屈折率を n_{d1} 、 n_{F1} 及び n_{C1} とし、より高屈折率低分散な方の回折素子要素の材質の d 線、F 線及び C 線に対する屈折率を n_{d2} 、 n_{F2} 及び n_{C2} としたとき、次の条件式（10）～（13）を満足することが好ましい。

$$[0057] \quad n_{d1} \leq 1.54 \quad \dots (10)$$

$$0.0145 \leq n_{F1} - n_{C1} \quad \dots (11)$$

$$1.55 \leq n_{d2} \quad \dots (12)$$

$$n_{F2} - n_{C2} \leq 0.013 \quad \dots (13)$$

[0058] 条件式（10）～（13）は、ズーム光学系 Z L の回折光学素子 P F を構成する異なる 2 つの回折素子要素に用いる光学材料、すなわち 2 つの異なる

樹脂のd線に対する屈折率と、F線及びC線に対する屈折率差（ $n_F - n_C$ ）をそれぞれ規定している。もう少し説明すると、条件式（10）～（13）は、回折光学素子PFに用いる異なる2種類の樹脂、具体的には相対的に低屈折率高分散な光学特性を持つ樹脂と、高屈折率低分散な光学特性を持つ樹脂とにおいて、回折光学素子PFを製造するために硬化させた後に満足すべき樹脂の光学特性を規定するものである。

[0059] このような条件式（10）～（13）を満足することで、より良い性能で、異なる2つの回折素子要素を密着接合させて回折光学面Cを形成することができる。その結果、g線～C線までの広波長域に亘って90%以上の回折効率を実現することができる。しかしながら、条件式（10）～（13）の上限値を上回るか又は下限値を下回ると、広波長域において90%以上の回折効率を得ることが困難になり、密着複層型回折光学素子PFの利点を維持することが困難になる。なお、ここでいう回折効率とは、前述のように入射光の強度と一次回折光との強度の割合である。

[0060] 念のため、回折効率を求める式について記載する。回折次数を m とし、 m 次回折光の回折効率を η をとし、回折光学面Cを形成する一方の回折素子要素の回折格子高さを d_1 とし、回折光学面Cを形成する他方の回折素子要素の回折格子高さを d_2 とし、回折光学面Cを形成する一方の回折素子要素の材料の屈折率を n_1 とし、回折光学面Cを形成する他方の回折素子要素の材料の屈折率を n_2 とし、波長を λ としたとき、回折効率は、以下の式（14）、（15）で表される。

$$[0061] \quad \eta_m = \{ \sin(a - m)\pi / (a - m)\pi \}^2 \quad \cdots (14)$$

$$a = \{ (n_1 - 1)d_1 - (n_2 - 1)d_2 \} / \lambda \quad \cdots (15)$$

[0062] なお、上記条件を満足する樹脂、及びこれらの樹脂を用いた密着複層型回折光学素子PFの製造方法については、例えば、欧州特許公開第1830204号公報、及び欧州特許公開第1830205号公報に記載されている。

[0063] 本実施形態では、後述の各実施例において、2つの異なる紫外線硬化樹脂からなる密着複層型回折光学素子PFを用いており、回折格子高さは20.

0.5 μm 、一次の回折効率は g 線（波長 $\lambda = 435.835\text{nm}$ ）で 98%、F 線（波長 $\lambda = 486.133\text{nm}$ ）で 98%、d 線（波長 $\lambda = 587.562\text{nm}$ ）で 100%、C 線（波長 $\lambda = 656.273\text{nm}$ ）で 98%である。

[0064] 続いて、図 12 に、上述のズーム光学系 ZL を撮影レンズ 1 として備えた、デジタル一眼レフカメラ CAM（撮像装置）の略断面図を示す。カメラ CAM において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ 1 で集光されて、クイックリターンミラー 3 を介して焦点板 4 に結像される。そして、焦点板 4 に結像された光は、ペンタプリズム 5 中で複数回反射されて接眼レンズ 6 へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を接眼レンズ 6 を介して正立像として観察することができる。

[0065] 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、クイックリターンミラー 3 が光路外へ退避し、撮影レンズ 1 で集光された不図示の物体（被写体）の光は撮像素子 7 上に被写体像を形成する。これにより、物体（被写体）からの光は、当該撮像素子 7 により撮像され、物体（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 CAM による物体（被写体）の撮影を行うことができる。

[0066] カメラ CAM は、撮影レンズ 1 を着脱可能に保持するものでもよく、撮影レンズ 1 と一体に成形されるものでもよい。また、カメラ CAM は、いわゆる一眼レフカメラでもよく、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラでもよい。

[0067] カメラ CAM に撮影レンズ 1 として搭載した本実施形態に係るズーム光学系 ZL は、後述の各実施例からも分かるように、その特徴的なレンズ構成によって、小型で、全ズーム範囲に亘り色収差を始めとした諸収差を良好に補正し、高い光学性能を有している。したがって、カメラ CAM は、小型で、全ズーム範囲に亘り色収差を始めとした諸収差を良好に補正し、高い光学性能を有した撮像装置を実現することができる。

実施例

[0068] 以下、本実施形態に係るズーム光学系の各実施例について、図面に基づい

て説明する。以下に表 1～表 3 を示すが、これらは第 1 実施例～第 3 実施例における各レンズの諸元の表である。

[0069] 表中の「全体諸元」において、 f はズーム光学系 Z L の d 線における広角端状態及び望遠端状態での焦点距離 (mm) を、 $F N o$ は広角端状態及び望遠端状態での F ナンバーを、 Y は像高を、 Σd はズーム光学系 Z L の最も物体側のレンズ面 (第 1 面) から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離を示す。

[0070] 表中の「レンズデータ」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レンズ面の順序を、 R は各レンズ面の曲率半径を、 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を、 $n d$ はレンズに用いる硝材の d 線 (波長 587.562nm) に対する屈折率を、 νd はレンズに用いる硝材の d 線を基準とするアッベ数を、 $D i$ (可変) は第 i 面の可変の面間隔を、 $*a$ は非球面を、 $*d$ は回折光学面を、 $*s$ は絞りを、曲率半径 R の欄の「 ∞ 」は平面を示す。表中、空気の屈折率 (d 線) 「1.000000」の記載は省略する。

[0071] 表中の「非球面データ」には、「レンズデータ」において $*a$ を付した非球面について、その形状を次式 (a) で示す。ここで、 h は光軸に垂直な方向の高さを、 $Z(h)$ は高さ h における光軸方向の変位量 (サグ量) を、 c は基準球面の曲率半径 (近軸曲率半径) を、 κ はコーニック係数を、 $A i$ は第 i 次の非球面係数を示す。また、「 E^{-n} 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。

$$[0072] \quad Z(h) = c h^2 / [1 + \{1 - (1 + \kappa) c^2 h^2\}^{1/2}] \\ + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12} \cdots (a)$$

[0073] 表中の「回折光学面データ」には、「レンズデータ」に示した回折光学面について、その形状を次式 (b) で示す。ここで、 h は光軸に垂直な方向の高さを、 $\Phi(h)$ は回折光学素子の位相関数を、 λ は入射光の波長を、 $C i$ は第 i 次の位相差係数を示す。

$$[0074] \quad \Phi(h) = (2\pi / \lambda) \cdot (C2 h^2 + C4 h^4 + C6 h^6 + C8 h^8 + C10 h^{10})$$

… (b)

[0075] 表中の「各群間隔データ」において、広角端状態及び望遠端状態における、第 i 面の可変間隔 D_i (但し、 i は整数) を示す。

[0076] 表中の「ズーム光学系群データ」において、 G は群番号、群初面は各レンズ群の最も物体側の面番号を、群焦点距離は各レンズ群の焦点距離を示す。

[0077] 表中の「条件式」には、上記条件式 (1) ~ (7) に対応する値を示す。

[0078] 表中の焦点距離 f 、曲率半径 R 、面間隔 d 、その他の長さの単位は「mm」である。但し、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、単位は「mm」に限定されることなく、他の適当な単位を用いることが可能である。

[0079] (第 1 実施例)

第 1 実施例について、図 2 ~ 図 4 及び表 1 を用いて説明する。図 2 は、第 1 実施例に係るズーム光学系 ZL ($ZL1$) の構成断面図及び広角端状態 (W) から望遠端状態 (T) までのズーム軌道を示す。図 2 の構成断面図では、図示の煩雑さを回避すべく、回折光学素子 PF を構成する回折光学素子要素の符号 $PF1$ 、 $PF2$ と、回折光学面の符号 C の記載及び格子溝の形状の記載は省略し、単に回折光学素子 PF の符号のみを記載する。

[0080] 第 1 実施例に係るズーム光学系 $ZL1$ は、図 2 に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 $G1$ と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 $G2$ と、負の屈折力を持つ第 3 レンズ群 $G3$ と、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群 $G4$ と、正の屈折力を持つ第 5 レンズ群 $G5$ とから構成される。

[0081] 変倍時には、広角端状態から望遠端状態にかけて、第 1 レンズ群 $G1$ と第 2 レンズ群 $G2$ との間隔が変化し、第 2 レンズ群 $G2$ と第 3 レンズ群 $G3$ との間隔が増加し、第 3 レンズ群 $G3$ と第 4 レンズ群 $G4$ との間隔が減少し、第 4 レンズ群 $G4$ と第 5 レンズ群 $G5$ との間隔が増加するように、第 1 レンズ群 $G1$ が物体側へ凸状の軌跡で移動し、第 2 レンズ群が物体側へ移動し、第 3 レンズ群 $G3$ が物体側へ移動し、第 4 レンズ群 $G4$ が物体側へ移動する

。第5レンズ群G5は固定されており、ズーミングに際して移動しない。

[0082] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1の負レンズL11と、両凹レンズ形状の第2の負レンズL12と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL13とから構成される。第1の負レンズL11の像側レンズ面には密着複層型回折光学素子PFが設けられ、またこの面は非球面である。

[0083] 回折光学素子PFは、異なる2つの紫外線硬化型樹脂からなる回折光学素子要素PF1とPF2がそれぞれ密着接合して構成されたものであり、その接合面は回折格子溝が形成された回折光学面Cとなっている（図1参照）。本実施例では、回折光学素子要素PF1とPF2の構成材料として、以下の表中の「樹脂屈折率」に示す屈折率を有する樹脂を用いた。なお、樹脂屈折率は、樹脂硬化後の屈折率を示す。

[0084] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL21と、負レンズL22と正レンズL23との接合レンズと、正レンズL24とから構成される。

[0085] 第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL31と負レンズL32との接合レンズと、負レンズL33とから構成される。

[0086] 第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL41と正レンズL42との接合レンズと、負レンズL43とから構成される。負レンズL41の物体側レンズ面は非球面である。

[0087] 第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL51と負レンズL52との接合レンズから構成されている。

[0088] 本実施例では、第3レンズ群G3の物体側に、絞りSPを配置する。絞りSPは、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第3レンズ群G3と共に移動する。

[0089] 以下の表1に、第1実施例に係るズーム光学系ZL1の各諸元値を示す。表1における面番号1～30は、図2に示す曲率半径R1～R30の各光学面に対応している。

[0090] (表 1)

[全体諸元]

	広角端	望遠端
f	= 24.8	~ 67.8
F N o	= 2.9	~ 2.9
Y	= 21.6	~ 21.6
Σd	= 156.3	~ 141.5

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	νd
1	449.276	2.88	1.65844	50.84
2 *a	26.646	0.01	1.52780	33.41
3 *a*d	26.646	0.01	1.55710	49.74
4 *a	26.646	14.06		
5	-407.787	2.10	1.60311	60.69
6	70.826	0.15		
7	53.361	5.27	1.75520	27.57
8	150.738	D8(可変)		
9	49.742	3.58	1.66672	48.33
10 *a	220.067	9.68		
11	131.177	1.80	1.71736	29.57
12	32.690	7.36	1.49782	82.57
13	-179.945	8.00		
14 *a	47.836	5.93	1.58913	61.22
15	-186.821	D15(可変)		
16 *s	∞	1.30		
17	878.033	3.50	1.86074	23.08
18	-46.301	1.15	1.74400	44.81

19	75.737	2.06		
20	-69.602	1.20	1.74400	44.81
21	614.114	D21(可変)		
22 *a	53560.956	1.30	1.74077	27.74
23	56.392	4.60	1.49782	82.57
24	-37.848	0.20		
25	39.729	1.40	1.76200	40.11
26	35.201	0.08	1.55389	39.22
27 *a	43.244	D27(可変)		
28	35.707	6.00	1.58267	46.48
29	-435.607	1.40	1.75520	27.57
30	68.740	41.70		

[非球面データ]

第2, 3, 4面

$$\kappa = -1.2845$$

$$A4 = 0.322160E-05, A6 = 0.139792E-08, A8 = -0.270408E-11, A10 = 0.291265E-14$$

$$A12 = -0.105112E-17$$

第10面

$$\kappa = 73.5073$$

$$A4 = 0.252669E-06, A6 = -0.106583E-08, A8 = 0.272800E-11, A10 = -0.693172E-14$$

第14面

$$\kappa = -0.3667$$

$$A4 = -0.598146E-06, A6 = -0.228182E-09, A8 = 0.519056E-13, A10 = -0.809169E-15$$

第22面

$$\kappa = -8.0661\text{e}+019$$

$$A4 = 0.104993\text{E}-04, A6 = -0.463141\text{E}-07, A8 = 0.163623\text{E}-09, A10 = -0.311875\text{E}-12$$

第27面

$$\kappa = 4.1806$$

$$A4 = 0.984974\text{E}-05, A6 = -0.381469\text{E}-07, A8 = 0.609092\text{E}-11, A10 = 0.292963\text{E}-1$$

$$A12 = -0.120149\text{E}-14$$

[回折光学面データ]

第3面

$$C2 = 6.8348\text{E}-05, C4 = 1.2529\text{E}-07, C6 = -8.5928\text{E}-11$$

[回折光学素子 光学データ]

	nC	nd	nF	ng
低屈折率	1.523300	1.527800	1.539100	1.549100
高屈折率	1.553800	1.557100	1.565000	1.571300

[各群間隔データ]

	広角端	望遠端
D8	53.42	1.08
D15	0.15	24.41
D21	17.19	1.00
D27	0.50	25.94

[ズーム光学系 群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G1	1	-40.58

G2	9	44.42
G3	17	-54.63
G4	22	100.66
G5	28	173.02

[条件式]

条件式 (1) $\nu 1 p = 27.57$ (正レンズ L 1 3)

条件式 (2) $\Delta(\theta g, F) = 0.0112$ (正レンズ L 1 3)

条件式 (3) $\nu 1 d_{ave} = 46.4$

条件式 (4) $f_{DOE} = -7315.48$

条件式 (5) $|\phi_{doei} / \phi_i| = 0.0056$

条件式 (6) $|TK / f_w| = 3.63$

条件式 (7) $P_{min} = 0.094$

[0091] 表 1 から、第 1 実施例に係るズーム光学系 Z L 1 は、条件式 (1) ~ (7) を満たすことが分かる。

[0092] 図 3、図 4 は、第 1 実施例に係るズームレンズ系 Z L の諸収差図である。図 3 は広角端状態における撮影距離無限遠での縦収差図であり、図 4 は望遠端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。縦収差図には、各図における左側から、(縦方向の) 球面収差、非点収差、及び歪曲収差が記載されている。各収差図は、いずれも第 1 実施例に係るズーム光学系 Z L 1 を物体側から光線追跡したものである。

[0093] 球面収差図において、d は d 線 (波長 587.562nm)、C は C 線 (波長 656.273nm)、F は F 線 (波長 486.133nm)、g は g 線 (波長 435.835nm) における収差を示す。また球面収差図において、縦軸は入射瞳半径の最大値を 1 として規格化して示した値を、横軸は各線における収差の値 (mm) を示す。非点収差図は、d 線における収差を示し、実線 S はサジタル像面を、破線 T はメリディオナル像面を示す。また非点収差図において、縦軸は像高 (mm) を、横軸は収差の値 (mm) を示す。歪曲収差図は、d 線における収差を示す。また

歪曲収差図において、縦軸は像高（mm）を、横軸は収差の割合（百分率（％値））を示す。

[0094] 以上の収差図の説明は、他の実施例においても同様とし、その説明を省略する。

[0095] 各収差図から明らかなように、第1実施例に係るズーム光学系Z L 1は、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、球面収差、非点収差、歪曲収差等を含め、諸収差が良好に補正されていることが分かる。

[0096] （第2実施例）

第2実施例について、図5～図7及び表2を用いて説明する。図5は、第2実施例に係るズーム光学系Z L（Z L 2）の構成断面図及び広角端状態（W）から望遠端状態（T）までのズーム軌道を示す。図5の構成断面図では、図示の煩雑さを回避すべく、回折光学素子P Fを構成する回折光学素子要素の符号P F 1、P F 2と、回折光学面の符号Cの記載及び格子溝の形状の記載は省略し、単に回折光学素子P Fの符号のみを記載する。

[0097] 第2実施例に係るズーム光学系Z L 2は、図5に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第1レンズ群G 1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G 2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G 3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G 4と、正の屈折力を持つ第5レンズ群G 5とから構成される。

[0098] 変倍時には、広角端状態から望遠端状態にかけて、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が変化し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が増加し、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との間隔が増加するように、第1レンズ群G 1が物体側へ凸状の軌跡で移動し、第2レンズ群が物体側へ移動し、第3レンズ群G 3が物体側へ移動し、第4レンズ群G 4が物体側へ移動する。第5レンズ群G 5は固定されており、ズーミングに際して移動しない。

[0099] 第1レンズ群G 1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1の負レンズL 1 1と、両凹レンズ形状の第2

の負レンズL 1 2 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 1 3 とから構成される。第1の負レンズL 1 1 の像側レンズ面には密着複層型回折光学素子PFが設けられ、またこの面は非球面である。

[0100] 回折光学素子PFは、異なる2つの紫外線硬化型樹脂からなる回折光学素子要素PF 1 とPF 2 がそれぞれ密着接合して構成されたものであり、その接合面は回折格子溝が形成された回折光学面Cとなっている（図1参照）。本実施例では、回折光学素子要素PF 1 とPF 2 の構成材料として、以下の表中の「樹脂屈折率」に示す屈折率を有する樹脂を用いた。なお、樹脂屈折率は、樹脂硬化後の屈折率を示す。

[0101] 第2レンズ群G 2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL 2 1 と、負レンズL 2 2 と正レンズL 2 3 との接合レンズと、正レンズL 2 4 とから構成される。

[0102] 第3レンズ群G 3 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL 3 1 と負レンズL 3 2 との接合レンズと、負レンズL 3 3 とから構成される。

[0103] 第4レンズ群G 4 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL 4 1 と正レンズL 4 2 との接合レンズと、負レンズL 4 3 とから構成される。負レンズL 4 1 の物体側レンズ面は非球面である。

[0104] 第5レンズ群G 5 は、正レンズL 5 1 から構成されている。

[0105] 本実施例では、第3レンズ群G 3 の物体側に、絞りSPを配置する。絞りSPは、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第3レンズ群G 3 と共に移動する。

[0106] 以下の表2に、第2実施例に係るズーム光学系Z L 2 の各諸元値を示す。表2における面番号1～29は、図5に示す曲率半径R 1 ～R 29の各光学面に対応している。

[0107] (表2)

[全体諸元]

	広角端	望遠端
f	= 24.8	～ 67.8

$$F N o = 2.9 \sim 2.9$$

$$Y = 21.6 \sim 21.6$$

$$\Sigma d = 154.6 \sim 156.2$$

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	ν d
1	1373.856	2.88	1.65844	50.84
2 *a	26.403	0.01	1.52780	33.41
3 *a*d	26.403	0.01	1.55710	49.74
4 *a	26.403	14.04		
5	-339.817	2.10	1.51742	52.20
6	75.213	0.15		
7	58.908	7.00	1.75520	27.57
8	181.498	D8(可変)		
9	45.700	4.46	1.67000	57.35
10 *a	149.654	10.23		
11	120.621	1.80	1.72342	38.03
12	31.386	7.76	1.49782	82.57
13	-156.090	8.07		
14	65.708	5.13	1.62041	60.25
15	-147.316	D15(可変)		
16 *s	∞	1.30		
17	498.394	3.50	1.86074	23.08
18	-41.091	1.15	1.64769	33.73
19	68.531	2.82		
20	-41.212	1.20	1.58267	46.48
21	277.500	D21(可変)		
22 *a	39.968	1.40	1.72825	28.38

23	33.184	5.49	1.49782	82.57
24	-37.638	0.20		
25	-156.917	2.13	1.67270	32.19
26	41.520	0.08	1.55389	39.22
27 *a	59.020	D27(可変)		
28	47.383	7.00	1.48749	70.31
29	-2567.589	41.80		

[非球面データ]

第2, 3, 4面

$$\kappa = -1.1680$$

$$A4 = 0.182938E-05, A6 = -0.243771E-08, A8 = 0.736133E-11, A10 = -0.7652$$

74E-14

$$A12 = 0.237652E-17$$

第10面

$$\kappa = -10.9723$$

$$A4 = 0.226737E-05, A6 = -0.481488E-09, A8 = 0.133671E-11, A10 = -0.19435$$

5E-14

第22面

$$\kappa = 0.5896$$

$$A4 = 0.305972E-05, A6 = -0.407149E-08, A8 = -0.641264E-10, A10 = 0.1087$$

17E-12

第27面

$$\kappa = 3.1944$$

$$A4 = 0.139947E-04, A6 = 0.385271E-07, A8 = -0.411716E-09, A10 = 0.198530$$

E-11

$$A12 = -0.440321E-14$$

[回折光学面データ]

第3面

 $C2=4.9111E-05, C4=5.4082E-08, C6=8.3034E-10$
 $C8=-2.2413E-12, C10=1.6777E-15$

[回折光学素子 光学データ]

	nC	nd	nF	ng
低屈折率	1.523300	1.527800	1.539100	1.549100
高屈折率	1.553800	1.557100	1.565000	1.571300

[各群間隔データ]

	広角端	望遠端
D8	49.96	2.39
D15	0.15	31.29
D21	14.07	1.00
D27	0.50	31.62

[ズーム光学系 群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G1	1	-41.01
G2	9	47.18
G3	17	-53.40
G4	22	115.53
G5	28	95.52

[条件式]

条件式 (1) $\nu_1 p = 27.57$ (正レンズ L 1 3)

条件式 (2) $\Delta(\theta_g, F) = 0.0112$ (正レンズ L 1 3)

条件式 (3) $\nu 1 d_{ave} = 43.5$

条件式 (4) $f_{DOE} = -10181.00$

条件式 (5) $|\phi_{doi} / \phi_i| = 0.0040$

条件式 (6) $|TK / f_w| = 3.60$

条件式 (7) $P_{min} = 0.055$

[0108] 表 2 から、第 2 実施例に係るズーム光学系 ZL 2 は、条件式 (1) ~ (7) を満たすことが分かる。

[0109] 図 6、図 7 は、第 2 実施例に係るズームレンズ系 ZL の諸収差図である。図 6 は広角端状態における撮影距離無限遠での縦収差図であり、図 7 は望遠端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。縦収差図には、各図における左側から、(縦方向の) 球面収差、非点収差、及び歪曲収差が記載されている。各収差図は、いずれも第 2 実施例に係るズーム光学系 ZL 2 を物体側から光線追跡したものである。

[0110] 各収差図から明らかなように、第 2 実施例に係るズーム光学系 ZL 2 は、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、球面収差、非点収差、歪曲収差等を含め、諸収差が良好に補正されていることが分かる。

[0111] (第 3 実施例)

第 3 実施例について、図 8 ~ 図 10 及び表 3 を用いて説明する。図 8 は、第 3 実施例に係るズーム光学系 ZL (ZL 3) の構成断面図及び広角端状態 (W) から望遠端状態 (T) までのズーム軌道を示す。図 8 の構成断面図では、図示の煩雑さを回避すべく、回折光学素子 PF を構成する回折光学素子要素の符号 PF 1、PF 2 と、回折光学面の符号 C の記載及び格子溝の形状の記載は省略し、単に回折光学素子 PF の符号のみを記載する。

[0112] 第 3 実施例に係るズーム光学系 ZL 3 は、図 8 に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群 G 4 と、正の屈折力を持つ第 5 レンズ群 G 5 とから構成される。

- [0113] 変倍時には、広角端状態から望遠端状態にかけて、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増加し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が増加するように、第1レンズ群G1が物体側へ凸状の軌跡で移動し、第2レンズ群が物体側へ移動し、第3レンズ群G3が物体側へ移動し、第4レンズ群G4が物体側へ移動する。第5レンズ群G5は固定されており、ズーミングに際して移動しない。
- [0114] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1の負レンズL11と、両凹レンズ形状の第2の負レンズL12と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL13とから構成される。第1の負レンズL11の像側レンズ面には密着複層型回折光学素子PFが設けられ、またこの面は非球面である。
- [0115] 回折光学素子PFは、異なる2つの紫外線硬化型樹脂からなる回折光学素子要素PF1とPF2がそれぞれ密着接合して構成されたものであり、その接合面は回折格子溝が形成された回折光学面Cとなっている（図1参照）。本実施例では、回折光学素子要素PF1とPF2の構成材料として、以下の表中の「樹脂屈折率」に示す屈折率を有する樹脂を用いた。なお、樹脂屈折率は、樹脂硬化後の屈折率を示す。
- [0116] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL21と、負レンズL22と正レンズL23との接合レンズと、正レンズL24とから構成される。
- [0117] 第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL31と負レンズL32との接合レンズと、負レンズL33とから構成される。
- [0118] 第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL41と正レンズL42との接合レンズと、負レンズL43とから構成される。負レンズL41の物体側レンズ面は非球面である。
- [0119] 第5レンズ群G5は、正レンズL51から構成されている。
- [0120] 本実施例では、第3レンズ群G3の物体側に、開口絞りSPを配置する。

開口絞り S P は、変倍時には広角端状態から望遠端状態において第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。

[0121] 以下の表 3 に、第 3 実施例に係るズーム光学系 Z L 3 の各諸元値を示す。

表 3 における面番号 1 ～ 29 は、図 8 に示す曲率半径 R 1 ～ R 29 の各光学面に対応している。

[0122] (表 3)

[全体諸元]

	広角端	望遠端
f	= 24.8	～ 67.6
F N o	= 2.9	～ 2.9
Y	= 21.6	～ 21.6
Σd	= 146.4	～ 157.1

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	νd
1	541.278	2.88	1.62041	60.25
2 *a	24.918	0.01	1.52780	33.41
3 *a*d	24.918	0.01	1.55710	49.74
4 *a	24.918	13.66		
5	-1884.105	2.10	1.56384	60.71
6	82.335	0.15		
7	52.740	4.44	1.68893	31.16
8	111.258	D8(可変)		
9	42.908	5.90	1.74000	44.81
10 *a	78.686	8.56		
11	78.465	1.80	1.74950	35.25
12	29.201	8.42	1.49782	82.57
13	-145.003	7.87		

14	56.224	5.44	1.65100	56.24
15	-185.363	D15(可変)		
16	*s ∞	1.30		
17	-833.557	3.50	1.86074	23.08
18	-37.536	1.15	1.64769	33.73
19	60.171	3.77		
20	-30.999	1.20	1.54814	45.51
21	-247.421	D21(可変)		
22	*a 52.989	1.30	1.54814	45.51
23	31.203	6.33	1.49782	82.57
24	-33.095	0.20		
25	-870.002	3.38	1.71736	29.57
26	46.113	0.08	1.55389	39.22
27	*a 57.706	D27(可変)		
28	57.488	5.72	1.62041	60.25
29	-2567.589	41.80		

[非球面データ]

第2, 3, 4面

$$\kappa = -1.0548$$

$$A4=0.196198E-05, A6=-0.337901E-09, A8=0.506747E-11, A10=-0.672772$$

E-14

$$A12=0.318737E-17$$

第10面

$$\kappa = -6.4009$$

$$A4=0.316676E-05, A6=-0.809020E-09, A8=0.101113E-11, A10=-0.15929$$

2E-148

第22面

$$\kappa = 0.4590$$

$$A4=0.134892E-06, A6=-0.142020E-07, A8=-0.182191E-10, A10=0.617701E-13$$

第27面

$$\kappa = 1.4571$$

$$A4=0.981089E-05, A6=0.110465E-07, A8=-0.220627E-09, A10=0.120511E-11$$

$$A12=-0.275363E-14$$

[回折光学面データ]

第3面

$$C2=5.6215E-05, C4=1.6670E-07, C6=1.6313E-10$$

$$C8=-9.4388E-13, C10=8.2737E-16$$

[回折光学素子 光学データ]

	nC	nd	nF	ng
低屈折率	1.523300	1.527800	1.539100	1.549100
高屈折率	1.553800	1.557100	1.565000	1.571300

[各群間隔データ]

	広角端	望遠端
D8	45.72	2.51
D15	0.15	23.61
D21	10.65	0.10
D27	0.67	41.64

[ズーム光学系 群データ]

群番号 群初面 群焦点距離

G1	1	-40.98
G2	9	44.40
G3	17	-45.75
G4	22	95.94
G5	28	90.71

[条件式]

条件式 (1) $\nu_{1p} = 31.16$ (正レンズ L13)

条件式 (2) $\Delta(\theta_g, F) = 0.0072$ (正レンズ L13)

条件式 (3) $\nu_{1dave} = 50.7$

条件式 (4) $f_{DOE} = -8894.42$

条件式 (5) $|\phi_{doei} / \phi_i| = 0.0046$

条件式 (6) $|TK / f_w| = 3.55$

条件式 (7) $P_{min} = 0.076$

[0123] 表3から、第3実施例に係るズーム光学系ZL3は、条件式(1)～(7)を満たすことが分かる。

[0124] 図9、図10は、第3実施例に係るズームレンズ系ZLの諸収差図である。図9は広角端状態における撮影距離無限遠での縦収差図であり、図10は望遠端状態における撮影距離無限遠での縦収差図である。縦収差図には、各図における左側から、(縦方向の)球面収差、非点収差、及び歪曲収差が記載されている。各収差図は、いずれも第3実施例に係るズーム光学系ZL3を物体側から光線追跡したものである。

[0125] 各収差図から明らかなように、第3実施例に係るズーム光学系ZL3は、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において、球面収差、非点収差、歪曲収差等を含め、諸収差が良好に補正されていることが分かる。

[0126] 以上説明したように、本発明によれば、回折光学素子を効果的に使用することにより、小型で、全ズーム範囲に亘り色収差を始めとした諸収差を良好に補正し、高い光学性能を有したズーム光学系を提供することができる。

[0127] なお、本発明を分かりやすくするために、実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。

符号の説明

[0128] Z L (Z L 1 ~ Z L 3) ズーム光学系
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
P F 回折光学素子
S P 絞り
C A M デジタル一眼レフカメラ（撮像装置）
1 撮影レンズ（ズーム光学系）

請求の範囲

[請求項1]

物体側より順に並んだ、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、他のレンズ群とからなり、変倍に際して各レンズ群の相互間隔が変化するズーム光学系であって、

前記第1レンズ群は、

最も物体側に配置され、像側レンズ面に回折光学素子を有する第1の負レンズと、

前記第1の負レンズよりも像側に配置される正レンズと、を有し、

前記正レンズに用いる硝材は、以下の条件式を満足することを特徴とするズーム光学系。

$$\nu_{1p} \leq 35$$

$$\Delta(\theta_g, F) \geq 0.007$$

但し、

ν_{1p} : 前記第1レンズ群の前記正レンズに用いる硝材のd線を基準とするアッペ数、

$\Delta(\theta_g, F)$: d線を基準とするアッペ数 ν_d を横軸、部分分散比 $(\theta_g, F) = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ を縦軸としたグラフにおいて、硝種Aと硝種Bを結ぶ直線を標準線としたとき、この標準線からの前記正レンズに用いる硝材の部分分散比の偏差。なお、前記硝種Aと前記硝種Bの前記アッペ数 ν_d と部分分散比 (θ_g, F) は、以下の値である。

$$\text{硝種A} : \nu_d = 60.49, (\theta_g, F) = 0.5436$$

$$\text{硝種B} : \nu_d = 36.26, (\theta_g, F) = 0.5828$$

[請求項2]

前記他のレンズ群は、前記物体側より順に並んだ、正の屈折力を持つ第2レンズ群と、負の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群と、正の屈折力を持つ第5レンズ群とを有し、

変倍に際して前記第1レンズ群を含む各レンズ群の相互間隔が変化

し、

前記第1レンズ群は、物体側から順に並んだ、前記第1の負レンズと、第2の負レンズと、前記正レンズとを有し、

前記第1の負レンズは、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり、

前記第2の負レンズは、両凹レンズ形状であり、

前記正レンズは、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であることを特徴とする請求項1に記載のズーム光学系。

[請求項3] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項2に記載のズーム光学系。

$$40.0 \leq \nu 1 \text{ d ave} \leq 55.0$$

但し、

$\nu 1 \text{ d ave}$: 前記第1レンズ群を構成するレンズのうち、前記回折光学素子、屈折力の絶対値が $1/5000$ 以下の硝材からなるレンズ及びアッペ数が70より大きい異常分散ガラスからなるレンズを除いた、全てのレンズの硝材のd線を基準とするアッペ数の平均値。

[請求項4] 前記第1レンズ群～前記第5レンズ群のうち、前記第3レンズ群のみがd線に対する屈折率が1.8より大きい高屈折率ガラス製のレンズを含んで構成されることを特徴とする請求項2または3に記載のズーム光学系。

[請求項5] 前記第1レンズ群を構成する前記第1の負レンズは、前記回折光学素子を設ける前記像側レンズ面が非球面であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のズーム光学系。

[請求項6] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項5に記載のズーム光学系。

$$f_{DOE} > -7000$$

但し、

f_{DOE} : 前記回折光学素子の焦点距離(mm)。

[請求項7] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載のズーム光学系。

$$0.001 \leq |\phi_{doi}/\phi_i| \leq 0.010$$

但し、

ϕ_i : 前記回折光学素子を含む前記第1レンズ群全体の屈折力、

ϕ_{doi} : 前記回折光学素子の屈折力。

[請求項8] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載のズーム光学系。

$$3.0 \leq |TK/f_w| \leq 4.0$$

但し、

TK : ズーミングによって変化する、光学系の射出瞳から像面までの距離の最小値、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離。

[請求項9] 前記第5レンズ群は、少なくとも正レンズと負レンズを一枚ずつ有することを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載のズーム光学系。

[請求項10] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載のズーム光学系。

$$0.040 \leq P_{min} \leq 0.500$$

但し、

P_{min} : 前記回折光学素子の最小ピッチ (mm) 。

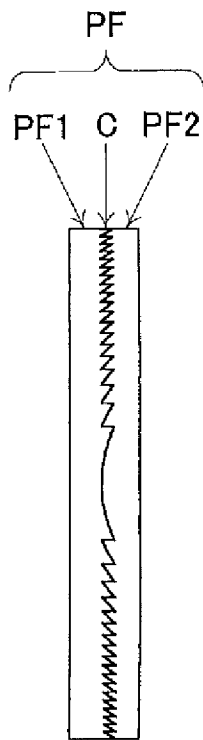
[請求項11] 前記第1レンズ群は、少なくとも一枚の正レンズを有し、その硝材として正常分散ガラスを用いることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載のズーム光学系。

[請求項12] 前記第2レンズ群は、少なくとも一枚の非球面を有することを特徴とする請求項1～11のいずれか一項に記載のズーム光学系。

[請求項13] 前記第4レンズ群は、少なくとも一枚の非球面を有することを特徴

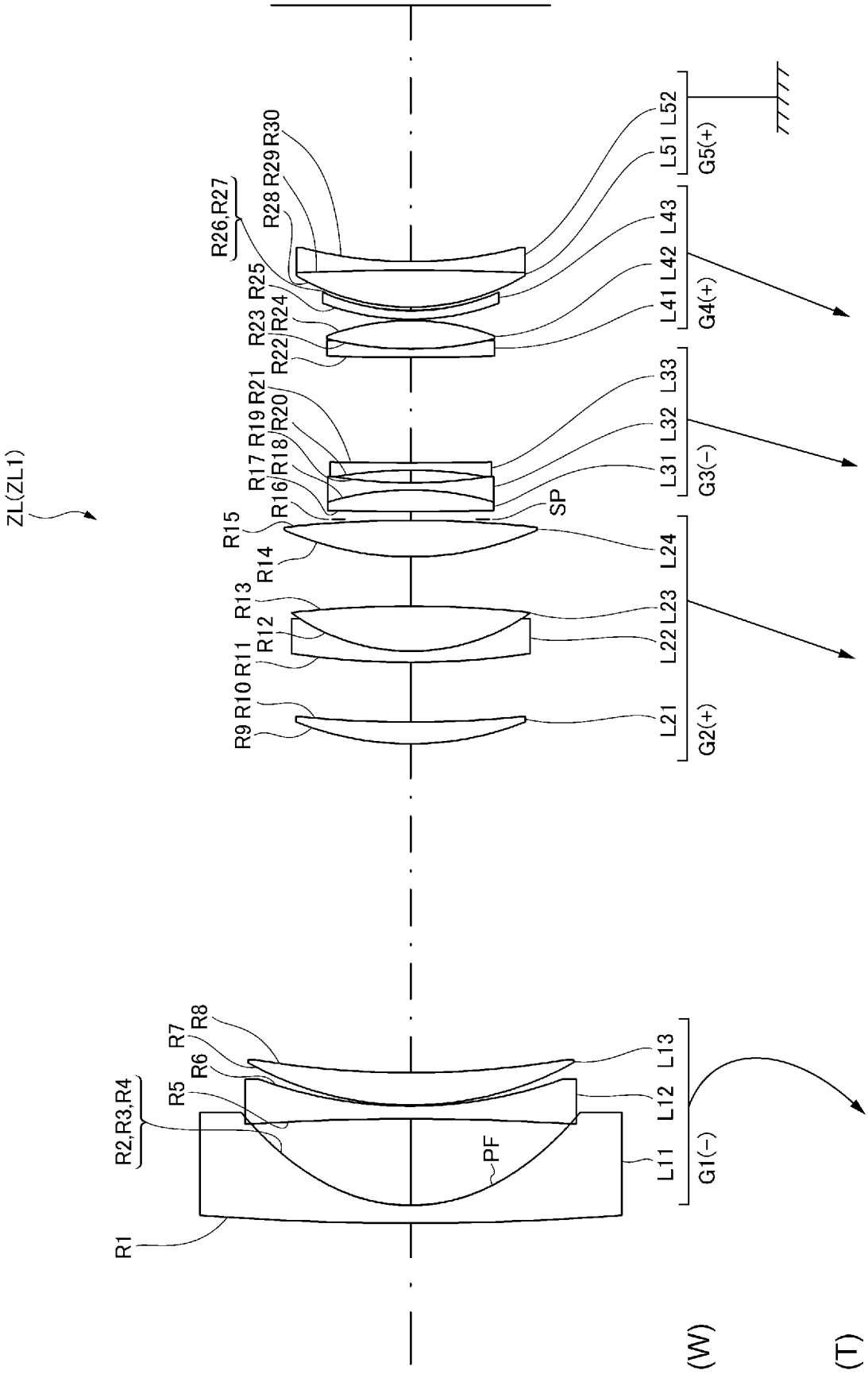
とする請求項 1 ～ 1 2 のいずれか一項に記載のズーム光学系。

[図1]

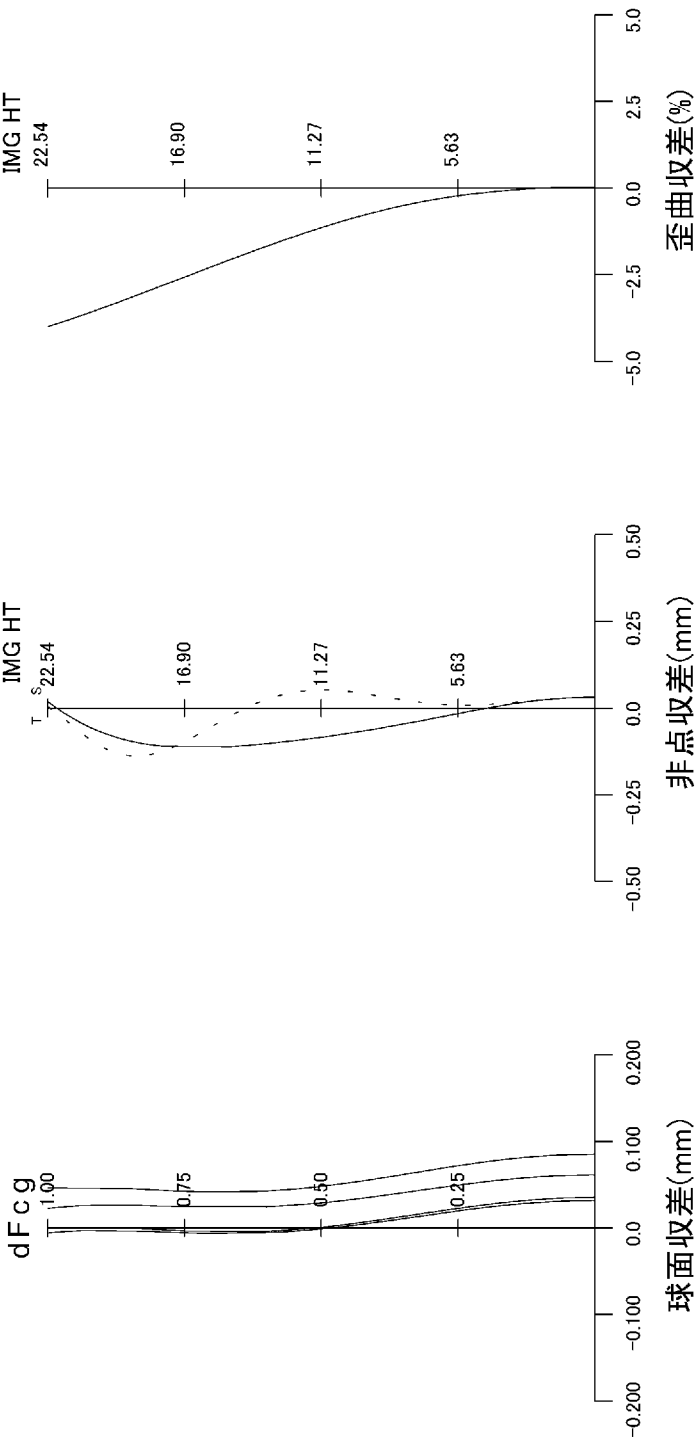


[図2]

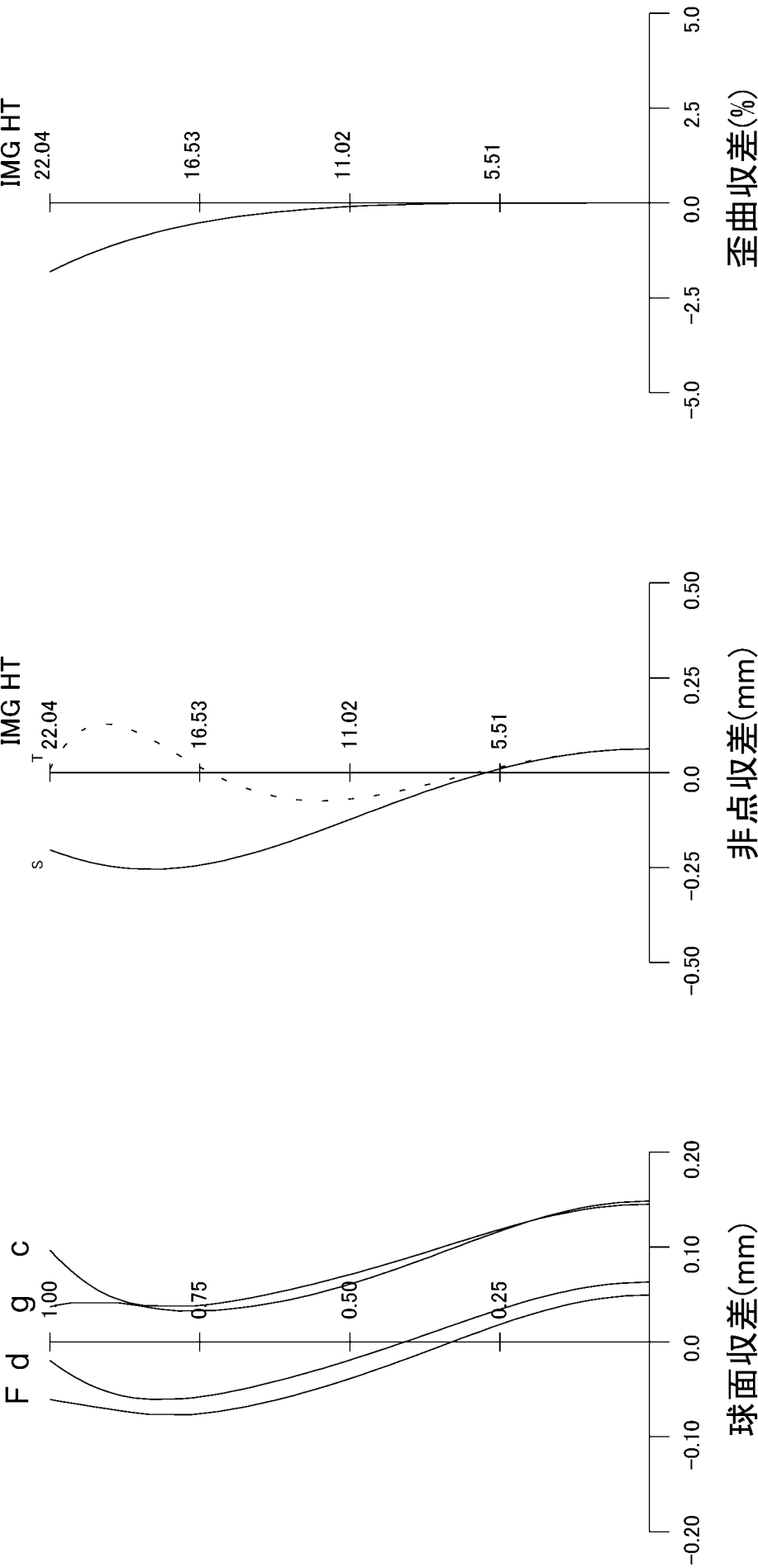
(第1実施例)



[図3]

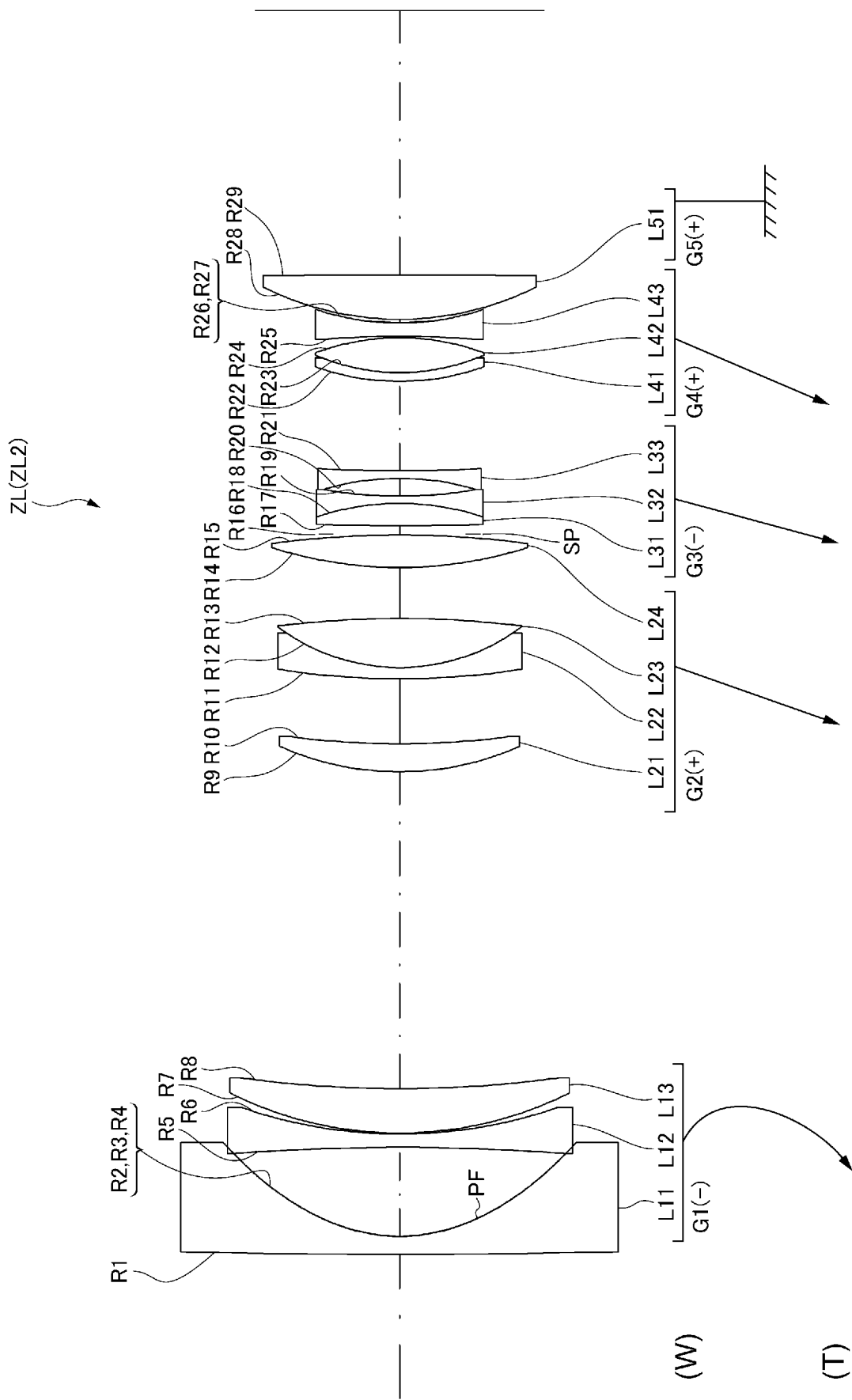


[図4]

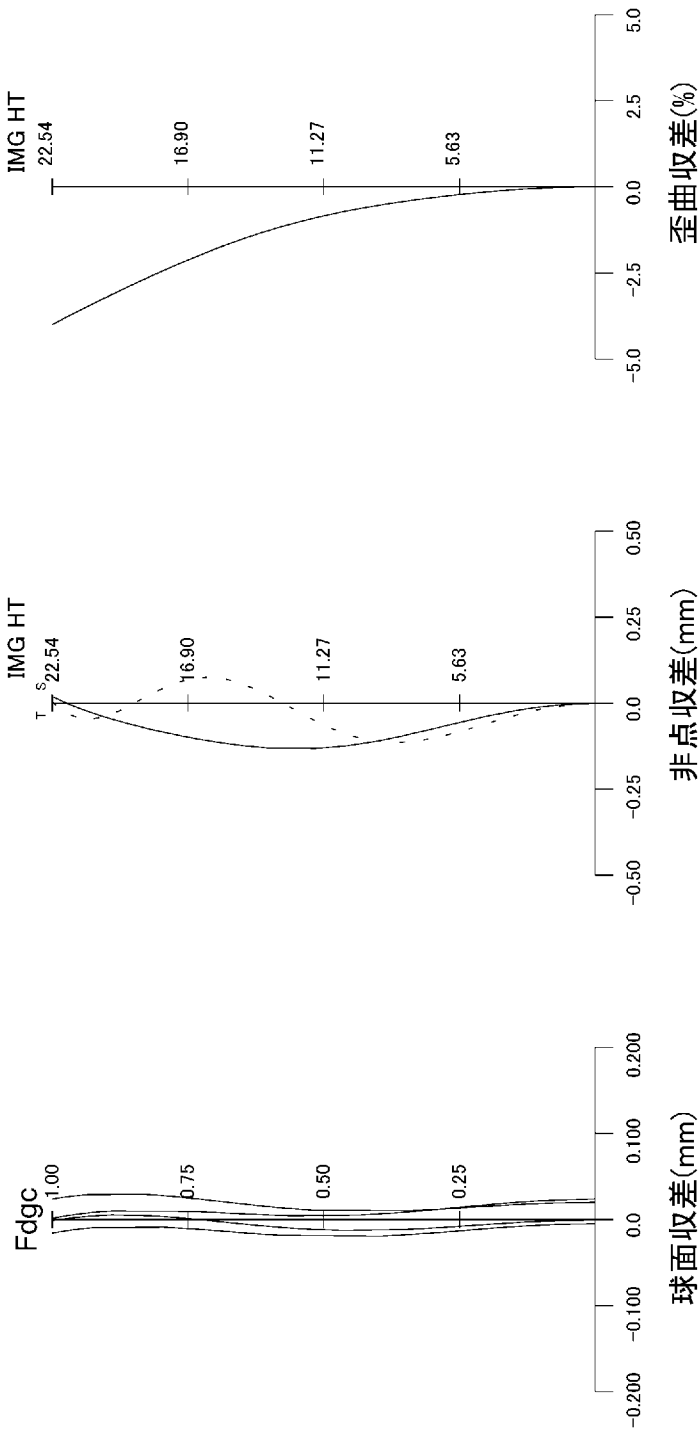


[図5]

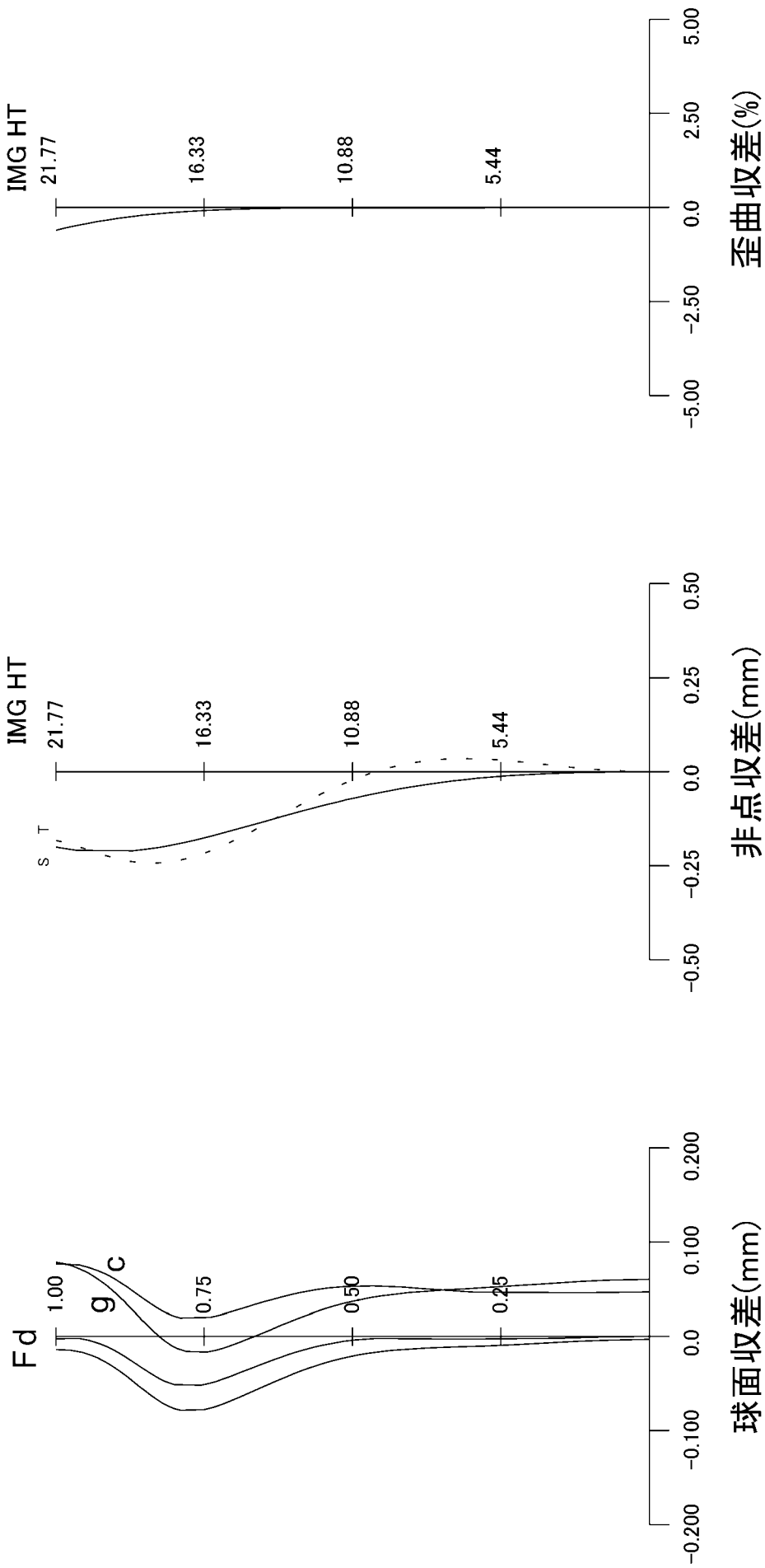
(第2実施例)



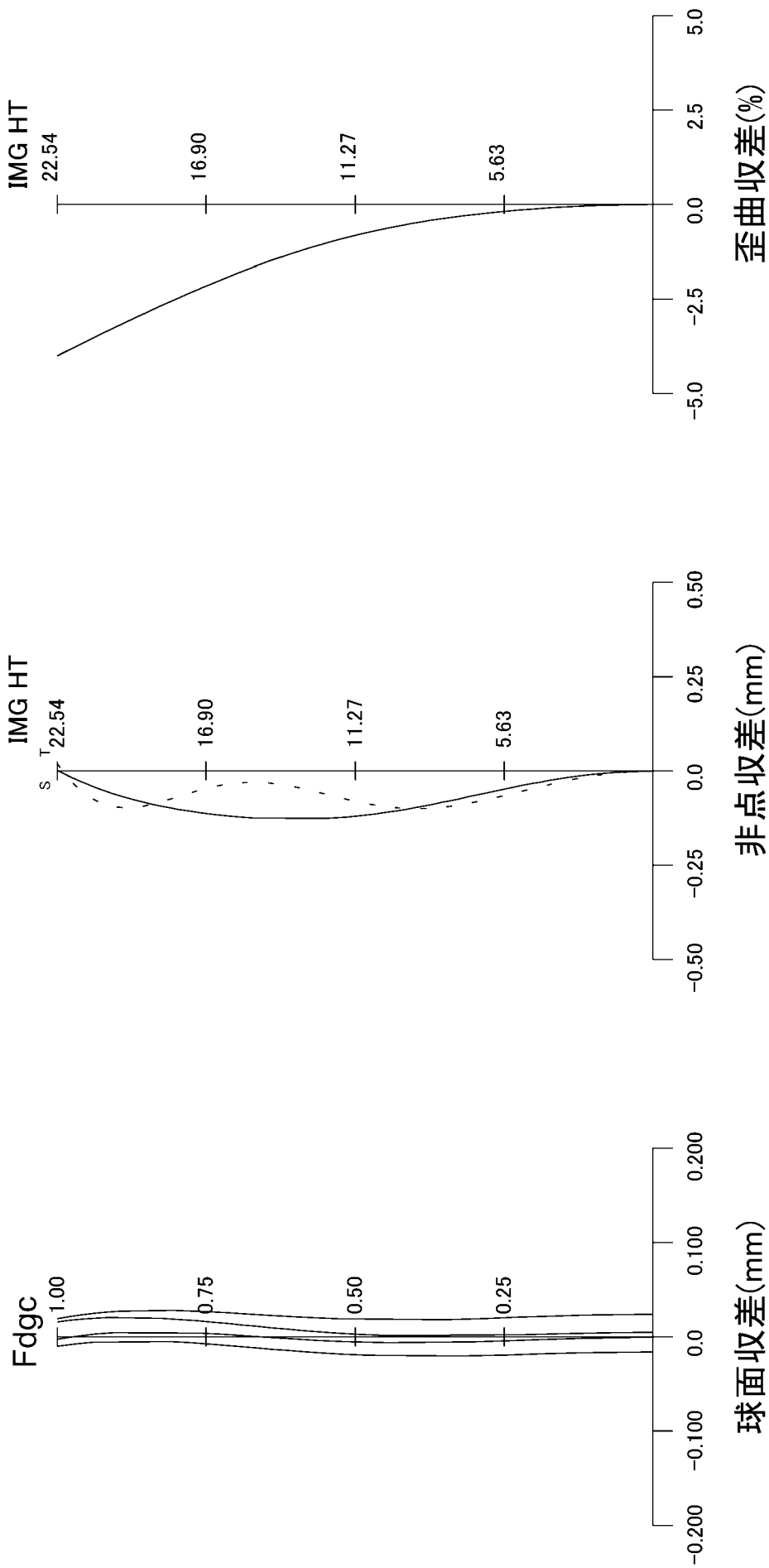
[図6]



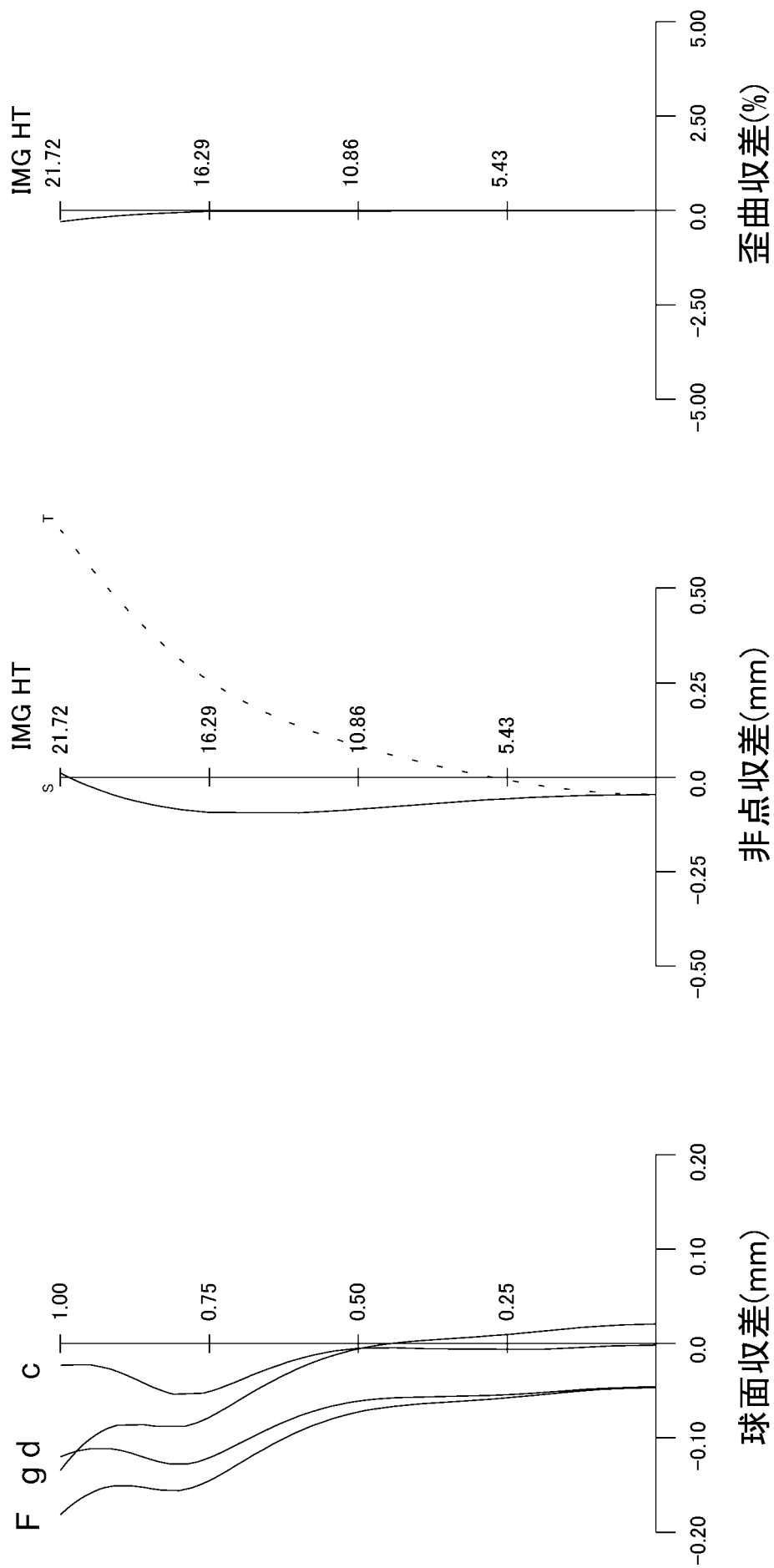
[図7]



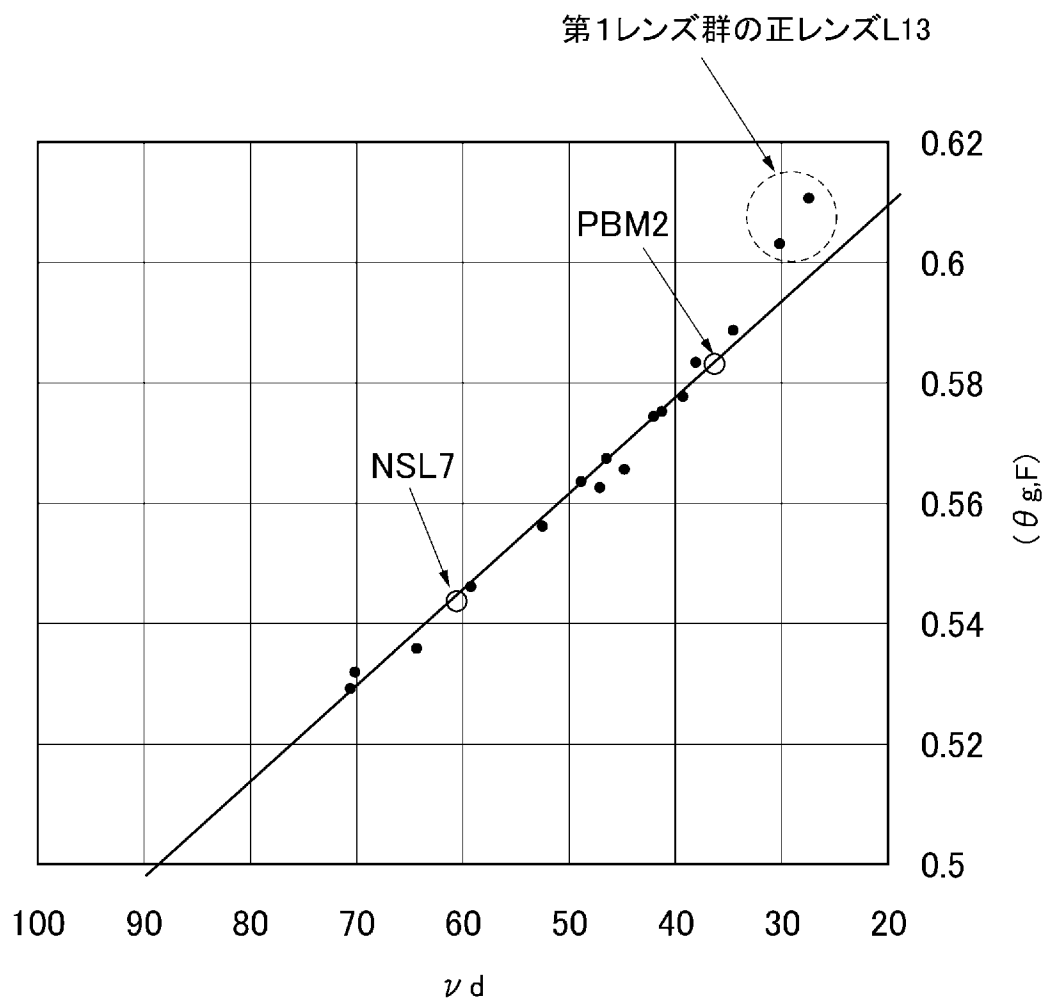
[図9]



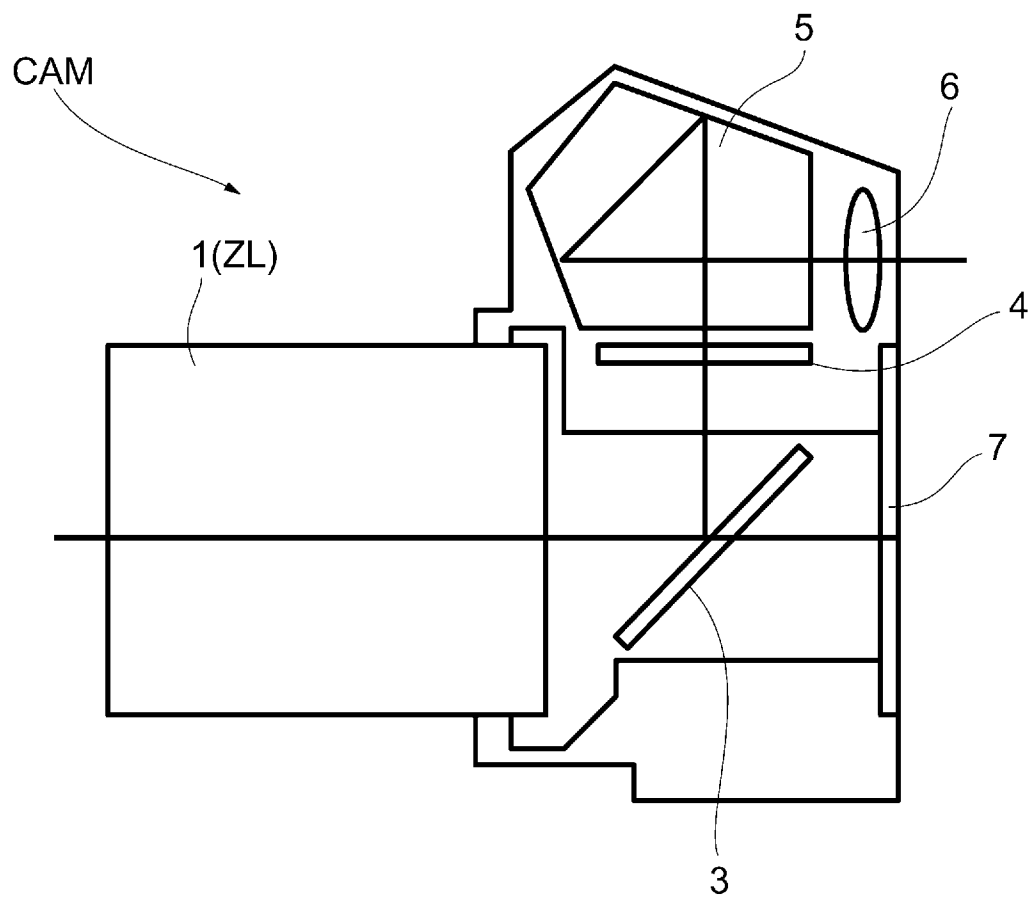
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/000984

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/18(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)

G02B15/20, G02B5/18, G02B13/18

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 Y A	JP 2000-147380 A (Canon Inc.), 26 May 2000 (26.05.2000), entire text; all drawings (particularly, columns concerning '2nd, 4th examples') (Family: none)	1, 5-8, 12-13 10 2-4, 9, 11
X Y A	JP 11-52235 A (Canon Inc.), 26 February 1999 (26.02.1999), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'numerical examples 2 to 5') & US 6081389 A	1, 5-8, 12 10 2-4, 9, 11, 13
X Y A	JP 2003-21783 A (Canon Inc.), 24 January 2003 (24.01.2003), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'numerical examples 1, 4') (Family: none)	1, 5-8, 12 10 2-4, 9, 11, 13

☒ 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
20 May, 2013 (20.05.13)

Date of mailing of the international search report
28 May, 2013 (28.05.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/000984

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2000-9999 A (Minolta Co., Ltd.), 14 January 2000 (14.01.2000), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'example 3') & US 6172818 B1	1, 5, 7-8, 11-12 10 2-4, 6, 9, 13
X Y A	JP 2002-196236 A (Canon Inc.), 12 July 2002 (12.07.2002), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'numerical example 3') & US 2002/0196560 A1	1, 5-8, 11-12 10 2-4, 9, 13
X Y A	JP 11-52237 A (Canon Inc.), 26 February 1999 (26.02.1999), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'numerical example 2') & US 6081389 A	1, 5, 6, 8, 12 10 2-4, 7, 9, 11, 13
X Y A	JP 2010-217535 A (Nikon Corp.), 30 September 2010 (30.09.2010), entire text; all drawings (particularly, paragraph [0042]; columns concerning '4th example') & US 2010/0238560 A1	1, 5, 8-9, 11-13 10 2-4, 6-7
X Y A	JP 2006-84971 A (Canon Inc.), 30 March 2006 (30.03.2006), entire text; all drawings (particularly, paragraph [0106]; columns concerning 'numerical examples 2, 3') & US 2006/0061872 A1 & CN 1749799 A	1, 5, 8-9, 11-13 10 2-4, 6-7
X Y A	JP 2009-251117 A (Panasonic Corp.), 29 October 2009 (29.10.2009), entire text; all drawings (particularly, paragraph [0284]; columns concerning 'numerical examples 23 to 25') & US 2010/0091170 A1	1, 5, 8-9, 12-13 10 2-4, 6-7, 11
Y	JP 2000-66092 A (Nikon Corp.), 03 March 2000 (03.03.2000), entire text; all drawings (Family: none)	10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/18(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 (I P C))

Int.Cl. G02B15/20, G02B5/18, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	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 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 Y A	JP 2000-147380 A (キヤノン株式会社) 2000.05.26, 全文、全図 (特に、「第2実施例」、「第4実施例」に関する欄等) (ファミリーなし)	1, 5-8, 1 2-13 10 2-4, 9, 1 1
X Y A	JP 11-52235 A (キヤノン株式会社) 1999.02.26, 全文、全図 (特に、「数値実施例2」-「数値実施例5」に関する欄等) & US 6081389 A	1, 5-8, 1 2 10 2-4, 9, 1 1, 13

☒ 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

2 0 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

小倉 宏之

2 V

4 4 6 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2003-21783 A (キヤノン株式会社) 2003.01.24, 全文、全図 (特に、「数値実施例 1」、「数値実施例 4」に関する欄等) (ファミリーなし)	1, 5-8, 1 2 1 0 2-4, 9, 1 1, 1 3
X Y A	JP 2000-9999 A (ミノルタ株式会社) 2000.01.14, 全文、全図 (特に、「実施例 3」に関する欄等) & US 6172818 B1	1, 5, 7-8, 1 1-1 2 1 0 2-4, 6, 9, 1 3
X Y A	JP 2002-196236 A (キヤノン株式会社) 2002.07.12, 全文、全図 (特に、「数値実施例 3」に関する欄等) & US 2002/0196560 A1	1, 5-8, 1 1-1 2 1 0 2-4, 9, 1 3
X Y A	JP 11-52237 A (キヤノン株式会社) 1999.02.26, 全文、全図 (特に、「数値実施例 2」に関する欄等) & US 6081389 A	1, 5, 6, 8, 1 2 1 0 2-4, 7, 9, 1 1, 1 3
X Y A	JP 2010-217535 A (株式会社ニコン) 2010.09.30, 全文、全図 (特に、段落【0042】及び「第 4 実施例」に関する欄等) & US 2010/0238560 A1	1, 5, 8-9, 1 1-1 3 1 0 2-4, 6-7
X Y A	JP 2006-84971 A (キヤノン株式会社) 2006.03.30, 全文、全図 (特に、段落【0106】及び「数値実施例 2」、「数値実施例 3」に関する欄等) & US 2006/0061872 A1 & CN 1749799 A	1, 5, 8-9, 1 1-1 3 1 0 2-4, 6-7
X Y A	JP 2009-251117 A (パナソニック株式会社) 2009.10.29, 全文、全図 (特に、段落【0284】及び「数値実施例 2 3」-「数値実 施例 2 5」に関する欄等) & US 2010/0091170 A1	1, 5, 8-9, 1 2-1 3 1 0 2-4, 6-7, 1 1
Y	JP 2000-66092 A (株式会社ニコン) 2000.03.03, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 0