

(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  
2018年1月18日(18.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/012624 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 15/20 (2006.01) G03B 5/00 (2006.01)  
G02B 13/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/025769

(22) 国際出願日: 2017年7月14日(14.07.2017)

(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 2016-140098 2016年7月15日(15.07.2016) 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: 原田 壮基 (HARADA, Hiroki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大西 正悟, 外(OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20

- 3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 Tokyo (JP).

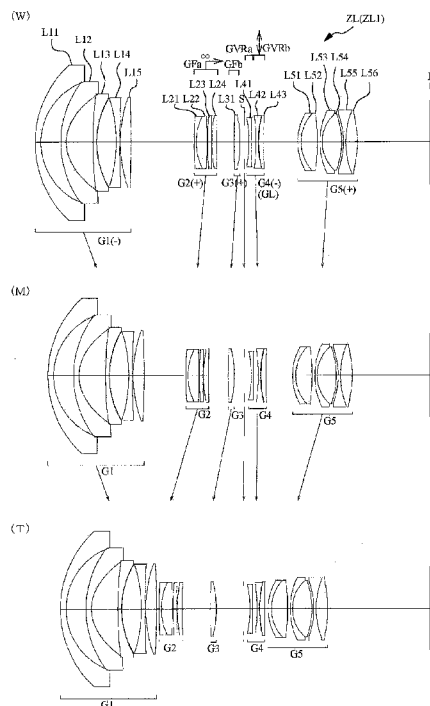
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

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

(54) 発明の名称: 変倍光学系、光学機器及び変倍光学系の製造方法

[図1]



(57) Abstract: A variable-power optical system (ZL) has: a first lens group (G1) having negative refractive power; a second lens group (G2) having positive refractive power, the second lens group (G2) being disposed further toward the image side than the first lens group (G1); and a succeeding lens group (GL) having an anti-vibration group (GVRb) for moving so as to have a displacement component in the direction orthogonal to the optical axis, the succeeding lens group (GL) being disposed further toward the image side than the second lens group (G2); an interval between the first lens group (G1) and the second lens group (G2) changing and an interval between the second lens group (G2) and the succeeding lens group (GL) changing during magnification variation, and the conditional expression below being satisfied.  $5.000 < |f1VRaw/fw| < 1000.000$ , where  $f1VRaw$  is the composite focal length in a wide-angle-end state of a lens disposed further toward the object than the anti-vibration group, and  $fw$  is the focal length of the entire system in the wide-angle-end state.

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：変倍光学系（ZL）は、負の屈折力を有する第1レンズ群（G1）と、第1レンズ群（G1）より像側に配置され、正の屈折力を有する第2レンズ群（G2）と、第2レンズ群（G2）より像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群（GVRb）を有する後続レンズ群（GL）と、を有し、変倍する際に、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）と後続レンズ群（GL）との間隔が変化し、次の条件式を満足する。 $5.000 < |f1VRaw / fw| < 1000.000$  但し、 $f1VRaw$ ：防振群より物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離  $fw$ ：広角端状態における全系の焦点距離

## 明 細 書

発明の名称：変倍光学系、光学機器及び変倍光学系の製造方法  
技術分野

[0001] 本発明は、変倍光学系、光学機器及び変倍光学系の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、手振れ補正機構を備えた広角変倍光学系が提案されている（例えば、特許文献１参照）。しかしながら、特許文献１に記載の変倍光学系は、さらなる光学性能の向上が要望されているという課題があった。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献１：特開平１１－２３１２２０号公報

### 発明の概要

[0004] 本発明の第一の態様に係る変倍光学系は、負の屈折力を有する第１レンズ群と、第１レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する第２レンズ群と、第２レンズ群より像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群を有する後続レンズ群と、を有し、変倍する際に、第１レンズ群と第２レンズ群との間隔が変化し、第２レンズ群と後続レンズ群との間隔が変化し、次式を満足することを特徴とする。

$$5.000 < |f_{1VRaw}/f_w| < 1000.000$$

但し、

$f_{1VRaw}$ ：防振群より物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離

$f_w$ ：広角端状態における全系の焦点距離

[0005] 本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、負の屈折力を有する第１レンズ群と、第１レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する第２レンズ群と、第２レンズ群より像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群を有する後続レンズ群と、を有する変倍光学

系の製造方法であって、変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と後続レンズ群との間隔が変化するように配置し、次式を満足するように配置することを特徴とする。

$$5.000 < |f_{1VRaw}/f_w| < 1000.000$$

但し、

$f_{1VRaw}$  : 防振群より物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離

$f_w$  : 広角端状態における全系の焦点距離

### 図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図であり、(W)は広角端状態を示し、(M)は中間焦点距離状態を示し、(T)は望遠端状態を示す。

[図2]第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図3]第1実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図4]第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図5]第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図であり、(W)は広角端状態を示し、(M)は中間焦点距離状態を示し、(T)は望遠端状態を示す。

[図6]第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図7]第2実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図8]第2実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図9]第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図であり、(W) は広角端状態を示し、(M) は中間焦点距離状態を示し、(T) は望遠端状態を示す。

[図10]第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図11]第3実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図12]第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図13]第4実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図であり、(W) は広角端状態を示し、(M) は中間焦点距離状態を示し、(T) は望遠端状態を示す。

[図14]第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図15]第4実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図16]第4実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a) は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b) は無限遠合焦状態にお

いて手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図17]上記変倍光学系を搭載するカメラの断面図である。

[図18]上記変倍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。図1に示すように、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、この第1レンズ群G1より像側に配置され、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、この第2レンズ群G2より像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群GVRbを有する後続レンズ群GLと、を有して構成されている。この変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、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と後続レンズ群GLとの間隔が変化するように構成されている。このように構成することにより、広画角の変倍光学系を実現することができる。後続レンズ群GLに含まれる防振群GVRbにより手振れ補正（防振）を行うことで、手振れ補正時の偏心コマ収差の発生および片ボケの発生を抑え、良好な結像性能を実現することができる。

[0008] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式（1）を満足することが望ましい。

[0009]  $5.000 < |f1VRaw / fw| < 1000.000$  （1）

但し、

f1VRaw：防振群GVRbより物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離

fw：広角端状態における全系の焦点距離

[0010] 条件式（1）は、明るいF値と、球面収差等をはじめとする諸収差の良好な補正とを実現するための条件である。この条件式（1）を満足することで、第1レンズ群G1及び第2レンズ群G2で収束光となっているのを、後続レンズ群GLの防振群GVRbより物体側のレンズ（以下、「物体側群GVRa」と呼ぶ）で平行光束に近づけて防振群GVRbに入射させることがで

きるので、防振性能を向上させることができる。条件式（１）の上限値を上回ると、物体側群G V R aの屈折力（パワー）が強くなりすぎ、この物体側群G V R aの収差補正が不十分となり、広角端状態で広い画角を得るのが困難となるため好ましくない。なお、この条件式（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80.000、更に70.000とすることがより望ましい。条件式（１）の下限値を下回ると、防振群G V R bに対して強い収束光が入ることになり、防振時（手振れ補正時）の望遠端側の偏芯コマ、及び、広角端側の片ボケ発生の補正が困難となるため好ましくない。この条件式（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6.000、更に7.000、更に8.000とすることがより望ましい。

[0011] 本実施形態に係る変倍光学系Z Lにおいて、防振群G V R bは、少なくとも1枚の正レンズと、少なくとも1枚の負レンズと、を有して構成されることが望ましい。このように構成することにより、防振群G V R bで球面収差、コマ収差を良好に補正することができ、防振性能の向上に寄与することができる。この防振群G V R bの構成の効果を確実なものとするために、防振群G V R bは、少なくとも1枚の正レンズと、少なくとも2枚の負レンズとで構成することが望ましい。防振群G V R bを構成する負レンズが1枚より少なくなると、防振群G V R bの焦点距離が短くなり、防振時（手振れ補正時）に発生する偏心コマ収差、あるいは、片ボケの発生が増大し、防振時（手振れ補正時）に良好な結像性能を維持できないため好ましくない。

[0012] 本実施形態に係る変倍光学系Z Lにおいて、第1レンズ群G 1より像側であって、且つ、後続レンズ群G Lより物体側に配置されるレンズは、4枚以上であることが望ましい。このように構成することにより、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lの間に配置されたレンズにより、球面収差、コマ収差を良好に補正することができ、防振性能の向上に寄与することができる。この構成の効果を確実なものとするために、第1レンズ群G 1より像側であって、且つ、後続レンズ群G Lより物体側に配置されるレンズは、5枚以上で

あることが望ましい。さらに、正の屈折力を有するレンズを5枚以上有することが好ましい。第1レンズ群G1より像側であって、且つ、後続レンズ群GLより物体側に配置されるレンズ成分が3枚以下になると、第1レンズ群G1の焦点距離が短くなり、像面湾曲やコマ収差の補正が困難となり、良好な結像性能が実現できない。

[0013] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、後続レンズ群GLは、防振群GVRbと、この防振群GVRbの物体側に配置されて負の屈折力を有する物体側群GVRaと、を有し、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

$$[0014] \quad -30.00 < \beta_{aw} < 10.00 \quad (2)$$

但し、

$\beta_{aw}$  : 広角端状態における物体側群GVRaの結像倍率

[0015] 条件式(2)を満足すると、防振群GVRbによる像ぶれ補正時に、広角端側での像面のたおれ(片ボケ)、望遠端側での偏心コマ収差等の光学性能の低下が小さいので好ましい。この条件式(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-25.00、更に-15.00、更に-10.00、更に-5.00とすることがより望ましい。この条件式(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8.00、更に6.00、更に5.00とすることがより望ましい。

[0016] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第1レンズ群G1と後続レンズ群GLとの間にあるレンズ群の少なくとも一部を合焦群GFaとし、合焦時に、合焦群GFaを光軸方向に移動させるように構成することが望ましい。このように構成すると、合焦の際に移動するレンズを小型軽量にすることができ、変倍光学系ZL全系の小型化と、オートフォーカス時のフォーカス速度を高速化できる。合焦群GFaは、正の屈折力を有することが望ましい。第1レンズ群G1と後続レンズ群GLとの間にあるレンズが、物体側から順に、正の屈折力を有する前群GFaと、正の屈折力を有する後群GFbとで構成されて、前群GFaを合焦群とすることが望ましい。

[0017] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(3)を満足することが望ましい。

$$[0018] \quad 0.200 < (-f_1) / f_2 < 0.700 \quad (3)$$

但し、

$f_1$  : 第1レンズ群G1の焦点距離

$f_2$  : 第2レンズ群G2の焦点距離

[0019] 条件式(3)は、第1レンズ群G1の焦点距離と第2レンズ群G2の焦点距離と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、球面収差、コマ収差等の諸収差を良好に補正することができるので好ましい。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)の下限値を0.220、更に0.240、更に0.260、更に0.300、更に0.350とすることがより望ましい。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0.650、更に0.600、更に0.550、更に0.500とすることがより望ましい。

[0020] 以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

[0021] 次に、本実施形態に係る変倍光学系ZLを備えた光学機器であるカメラを図17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変倍光学系ZLを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF(Optical low pass filter: 光学ローパスフィルタ)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EVF(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、EVF4を介して被写体を観察することができる。

[0022] 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。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変倍光学系ZL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。

[0023] 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。

[0024] 本実施形態では、4群又は5群構成の変倍光学系ZLを示したが、以上の構成条件等は、6群、7群等の他の群構成にも適用可能である。最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、最も像面側に、変倍時又は合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。レンズ群とは、変倍時又は合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

[0025] 単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦群としても良い。この場合、合焦群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。特に、第2レンズ群G2の少なくとも一部を合焦群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。モータにかかる負荷を考慮すると、合焦レンズ群は単レンズから構成するのが好ましい。

[0026] レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振群としてもよい。特に、後続レンズ群GL（第3レンズ群G3又は第4レンズ群G4）の少なくとも一部を防振群とするのが好ましい。

- [0027] レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。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。レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。
- [0028] 開口絞りSは、後続レンズ群GL（第3レンズ群G3又は第4レンズ群G4）の近傍または中に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。
- [0029] 各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。
- [0030] 本実施形態の変倍光学系ZLは、変倍比が2.0～3.5倍程度である。
- [0031] 以下、本実施形態に係る変倍光学系ZLの製造方法の概略を、図18を参照して説明する。まず、各レンズを配置して第1レンズ群G1、第2レンズ群G2及び防振群GVRaを有する後続レンズ群GLをそれぞれ準備し（ステップS100）、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と後続レンズ群GLとの間隔が変化するように配置する（ステップS200）。そして、所定の条件式（例えば、上述した条件式（1））による条件を満足するように配置する（ステップS300）。
- [0032] 具体的には、本実施形態では、例えば図1に示すように、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L11、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の非球面負レンズL12、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の非球面負レンズL13、両凹負レンズL14及び両凸正レンズL15

を配置して第1レンズ群G1とする。物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸正レンズL22とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24を配置して第2レンズ群G2とする。両凸正レンズL31を配置して第3レンズ群G3とし、両凹負レンズL41、両凹負レンズL42、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43を配置して後続レンズ群GLである第4レンズ群G4とする。物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL51と両凸正レンズL52とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL53と両凸正レンズL54とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL55と両凸形状の非球面正レンズL56とを接合した接合負レンズを配置して第5レンズ群G5とする。このようにして準備した各レンズ群を上述した手順で配置して変倍光学系ZLを製造する。

[0033] 以上のような構成とすると、適切なズーム構成と適切な屈折力配置により、手振れ機構を備え、F値が明るく、広画角を有し、諸収差が良好に補正された変倍光学系ZL、この変倍光学系ZLを有する光学機器及び変倍光学系ZLの製造方法を提供することができる。

## 実施例

[0034] 以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。図1、図5、図9、及び、図13は、各実施例に係る変倍光学系ZL（ZL1～ZL4）の構成及び屈折力配分を示す断面図である。これらの変倍光学系ZL1～ZL4の断面図の下部には、広角端状態（W）から中間焦点距離状態（M）を経て望遠端状態（T）に変倍する際の各レンズ群G1～G4（又はG5）の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

[0035] 各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを $y$ とし、高さ $y$ における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を $r$ とし、円錐定数を $K$ とし、 $n$ 次の非球面係数を $A_n$ としたとき、以下の式（a）で表さ

れる。以降の実施例において、「E - n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

$$[0036] \quad S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} \\ + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \quad (a)$$

[0037] 各実施例において、2次の非球面係数A2は0である。各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に\*印を付している。

[0038] [第1実施例]

図1は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の構成を示す図である。この変倍光学系ZL1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する後続レンズ群GLである第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、から構成されている。

[0039] この変倍光学系ZL1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、像側のレンズ面が非球面形状に形成された、メニスカス形状の負レンズL12、像側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面が形成され、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL13、両凹負レンズL14、及び、両凸正レンズL15で構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸正レンズL22とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24で構成されている。第3レンズ群G3は、両凸正レンズL31で構成されている。第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹負レンズL41、両凹負レンズL42、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43で構成されている。第5レンズ群G5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L51と両凸正レンズL52とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL53と両凸正レンズL54とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL55と像側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL56とを接合した接合負レンズで構成されている。開口絞りSは、第3レン

ズ群G 3と第4レンズ群G 4との間に配置されている。この第1実施例では、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lとの間に配置されているレンズ成分は負正正正の4枚である。

[0040] この変倍光学系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、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、開口絞りS、第4レンズ群G 4及び第5レンズ群G 5が光軸に沿って移動するように構成されており、この変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が減少し、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と開口絞りSとの間隔が増大し、開口絞りSと第4レンズ群G 4との間隔が変化し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が減少し、第5レンズ群G 5と像面Iとの間隔（後述するバックフォーカス）が増大する。

[0041] この変倍光学系Z L 1において、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lである第4レンズ群G 4との間にあるレンズは、正の屈折力を有する前群G F aである第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する後群G F bである第3レンズ群G 3とで構成され、無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G 2全体を合焦群G F aとし、この合焦群G F aを像側に移動させることにより行うように構成されている。

[0042] この変倍光学系Z L 1において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、後続レンズ群G Lである第4レンズ群G 4における両凹負レンズL 4 2、及び、正メニスカスレンズL 4 3を防振群G V R bとし、この防振群G V R b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行う。この防振群G V R bは負の屈折力を有している。全系の焦点距離がfで、防振係数（手振れ発生時の像位置の補正での防振群G V R bの移動量に対する結像面での像移動量の比）がKのレンズで角度 $\theta$ の回転ぶれを補正するには、防振レンズ群G v rを $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交方向に移動させればよい（以降の実施例においても同様である）。この第1実施例の広角端状態においては、防振係数は-0.27であり、焦点距離は14.40

[mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 GVRb の移動量は  $-0.46$  [mm] である。この第 1 実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は  $-0.29$  であり、焦点距離は  $17.23$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 GVRb の移動量は  $-0.52$  [mm] である。この第 1 実施例の望遠端状態においては、防振係数は  $-0.37$  であり、焦点距離は  $27.39$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 GVRb の移動量は  $-0.65$  [mm] である。負の屈折力を有する両凹負レンズ L41 が物体側群 GVRa に相当する。

[0043] 以下の表 1 に、変倍光学系 ZL1 の諸元の値を掲げる。この表 1 において、全体諸元に示す  $f$  は全系の焦点距離、FNO は F ナンバー、 $\omega$  は半画角  $[\circ]$ 、 $Y$  は最大像高、TL は全長、及び、BF はバックフォーカスの値を、広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態毎に表している。全長 TL は、無限遠合焦時の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示している。バックフォーカス BF は、無限遠合焦時の最も像面側のレンズ面（第 36 面）から像面 I までの光軸上の距離（空気換算長）を示している。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  $\nu_d$  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。曲率半径  $0.00000$  は平面を示し、空気の屈折率  $1.00000$  は省略してある。レンズ群焦点距離は各レンズ群の始面の面番号と焦点距離を示している。

[0044] 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。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。

## [0045] (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            | = | 14.40 ~   | 17.23 ~   | 27.39   |
| F N o        | = | 2.91 ~    | 2.89 ~    | 2.89    |
| $\omega$ [°] | = | 57.5 ~    | 51.6 ~    | 37.5    |
| Y            | = | 21.60 ~   | 21.60 ~   | 21.60   |
| T L          | = | 207.441 ~ | 200.685 ~ | 194.082 |
| B F          | = | 38.105 ~  | 40.845 ~  | 53.650  |
| B F (空気換算長)  | = | 38.105 ~  | 40.845 ~  | 53.650  |

## [レンズデータ]

| m  | r          | d      | n d     | $\nu$ d |
|----|------------|--------|---------|---------|
| 物面 | $\infty$   |        |         |         |
| 1  | 55.00000   | 3.000  | 1.80400 | 46.6    |
| 2  | 33.50000   | 10.427 |         |         |
| 3  | 51.62844   | 2.800  | 1.74389 | 49.5    |
| 4* | 20.67504   | 14.000 |         |         |
| 5  | 200.00000  | 1.900  | 1.74100 | 52.7    |
| 6  | 45.64422   | 0.200  | 1.56093 | 36.6    |
| 7* | 50.13418   | 10.179 |         |         |
| 8  | -75.13583  | 2.000  | 1.59319 | 67.9    |
| 9  | 550.33482  | 0.200  |         |         |
| 10 | 67.70943   | 5.778  | 1.88300 | 40.8    |
| 11 | -402.55306 | D11    |         |         |
| 12 | 177.49958  | 1.150  | 1.77250 | 49.6    |
| 13 | 30.49583   | 5.835  | 1.48749 | 70.4    |
| 14 | -230.74721 | 0.200  |         |         |

|     |            |        |         |      |        |
|-----|------------|--------|---------|------|--------|
| 15  | 149.51579  | 2.030  | 1.48749 | 70.4 |        |
| 16  | 3489.21250 | 0.200  |         |      |        |
| 17  | 70.18794   | 2.622  | 1.77250 | 49.6 |        |
| 18  | 414.22996  | D18    |         |      |        |
| 19  | 263.50107  | 3.241  | 1.43700 | 95.1 |        |
| 20  | -57.92782  | D20    |         |      |        |
| 21  | 0.00000    | D21    |         |      | 開口絞り S |
| 22  | -59.84186  | 1.150  | 1.59349 | 67.0 |        |
| 23  | 1425.54440 | 2.500  |         |      |        |
| 24  | -91.74637  | 1.150  | 1.69680 | 55.5 |        |
| 25  | 57.64649   | 0.239  |         |      |        |
| 26  | 59.91277   | 2.700  | 1.90200 | 25.3 |        |
| 27  | 995.42001  | D27    |         |      |        |
| 28  | 30.00000   | 1.728  | 1.74100 | 52.7 |        |
| 29  | 21.96258   | 8.500  | 1.49782 | 82.5 |        |
| 30  | -102.29375 | 1.365  |         |      |        |
| 31  | 37.40001   | 1.150  | 1.81600 | 46.6 |        |
| 32  | 19.57636   | 10.175 | 1.55332 | 71.7 |        |
| 33  | -44.35841  | 1.026  |         |      |        |
| 34  | -42.75639  | 1.150  | 1.90265 | 35.7 |        |
| 35  | 42.01112   | 6.189  | 1.59319 | 67.9 |        |
| 36* | -50.95836  | BF     |         |      |        |
| 像面  | $\infty$   |        |         |      |        |

[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  | -28.82 |
| 第2レンズ群 | 12 | 103.32 |

|        |    |        |
|--------|----|--------|
| 第3レンズ群 | 19 | 109.00 |
| 第4レンズ群 | 22 | -62.73 |
| 第5レンズ群 | 28 | 43.95  |

[0046] この変倍光学系Z L 1において、第4面、第7面及び第36面は非球面形状に形成されている。次の表2に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

[0047] (表2)

[非球面データ]

| m  | K            | A4          | A6           | A8           | A10          |
|----|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 4  | -2.46000e-02 | 7.88053e-07 | 3.76444e-09  | 1.16470e-12  | 0.000000e+00 |
| 7  | 4.36800e-01  | 5.36445e-06 | -5.62569e-09 | 2.32198e-12  | 0.000000e+00 |
| 36 | 1.26020e+00  | 8.86603e-06 | 3.65812e-09  | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 |

[0048] この変倍光学系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 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 1 8、第3レンズ群G 3と開口絞りSとの軸上空気間隔D 2 0、開口絞りSと第4レンズ群G 4との軸上空気間隔D 2 1、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 2 7、及び、バックフォーカスB Fは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表3に、無限遠合焦状態での広角端状態(W)、中間焦点距離状態(M)及び望遠端状態(T)の各焦点距離状態における可変間隔を示す。D 0は変倍光学系Z L 1の最も物体側の面(第1面)から物体までの距離を示し、fは焦点距離を示す(以降の実施例においても同様である)。

[0049] (表3)

[可変間隔データ]

|       | W      | M      | T     |
|-------|--------|--------|-------|
| D 0   | ∞      | ∞      | ∞     |
| f     | 14.40  | 17.23  | 27.39 |
| D 1 1 | 32.973 | 21.896 | 1.300 |

|       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| D 1 8 | 9.159  | 10.341 | 14.876 |
| D 2 0 | 2.000  | 5.151  | 14.545 |
| D 2 1 | 2.660  | 3.799  | 3.225  |
| D 2 7 | 17.759 | 13.867 | 1.700  |
| B F   | 38.105 | 40.845 | 53.650 |

[0050] 次の表4に、この変倍光学系ZL1における各条件式対応値を示す。この表4において、 $f_{1VRa}$ は防振群GVRbより物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離を、 $f_w$ は広角端状態における全系の焦点距離を、 $\beta_{aw}$ は広角端状態における物体側群GVRaの結像倍率を、 $f_1$ は第1レンズ群G1の焦点距離を、 $f_2$ は第2レンズ群G2の焦点距離をそれぞれ表している。この符号の説明は、以降の実施例においても同様である。

[0051] (表4)

$$f_{1VRa} = -562.587$$

[条件式対応値]

$$(1) \quad |f_{1VRa} / f_w| = 39.069$$

$$(2) \quad \beta_{aw} = -19.194$$

$$(3) \quad (-f_1) / f_2 = 0.279$$

[0052] このように、この変倍光学系ZL1は、上記条件式(1)～(3)を全て満足している。

[0053] この変倍光学系ZL1の、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図2(a)、図3(a)、図4(a)に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図2(b)、図3(b)、図4(b)に示す。各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。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。以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この変倍光学系ZL1は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

[0054] [第2実施例]

図5は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の構成を示す図である。この変倍光学系ZL2は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する後続レンズ群G3である第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、から構成されている。

[0055] この変倍光学系ZL2において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、像側のレンズ面が非球面形状に形成され、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL12、像側のレンズ面が非球面形状に形成され、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL13、両凹負レンズL14、及び、両凸正レンズL15で構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸正レンズL22とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23、及び、両凸正レンズL24で構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31、及び、両凹負レンズL32と両凸正レンズL33とを接合した接合負レンズで構成されている。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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL43と両凸正レンズL44とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL45と像側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL46とを接合した接合負レ

ンズで構成されている。開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されている。この第2実施例では、第1レンズ群G1と後続レンズ群GLとの間に配置されているレンズ成分は負正正の3枚である。

[0056] この変倍光学系ZL2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G1、第2レンズ群G2、開口絞りS、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4が光軸に沿って移動するように構成されており、この変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少し、第2レンズ群G2と開口絞りSとの間隔が増大し、開口絞りSと第3レンズ群G3との間隔が変化し、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と像面Iとの間隔（後述するバックフォーカス）が増大する。

[0057] この変倍光学系ZL2において、第1レンズ群G1と後続レンズ群GLである第3レンズ群G3との間にあるレンズは第2レンズ群G2である。この第2レンズ群G2は、物体側から順に、負メニスカスレンズL21と両凸正レンズL22とを接合した接合負レンズ及び正メニスカスレンズL23で構成された正の屈折力を有する前群GFaと、両凸正レンズL24で構成された正の屈折力を有する後群GFbとを有する。無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G2のうち、前群GFaを合焦群として像側に移動させることにより行うように構成されている。

[0058] また、この変倍光学系ZL2において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、後続レンズ群GLである第3レンズ群G3における両凹負レンズL32と両凸正レンズL33とを接合した接合負レンズを防振群GVRbとし、この防振群GVRb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行う。この防振群GVRbは負の屈折力を有している。この第2実施例の広角端状態においては、防振係数は $-0.32$ であり、焦点距離は $14.40$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群GVRbの移動量は $-0.39$  [mm] である。この第2実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は $-0.34$ であり、焦点距離は $1$

7.52 [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 G V R b の移動量は  $-0.45$  [mm] である。この第2実施例の望遠端状態においては、防振係数は  $-0.43$  であり、焦点距離は  $27.40$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 G V R b の移動量は  $-0.55$  [mm] である。負の屈折力を有する負メニスカスレンズ L 3 1 が物体側群 G V R a に相当する。

[0059] 以下の表5に、変倍光学系 Z L 2 の諸元の値を掲げる。

[0060] (表5) 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                 | = | 14.40   | ~ 17.52   | ~ 27.40   |
| F N o             | = | 2.91    | ~ 2.92    | ~ 2.89    |
| $\omega [^\circ]$ | = | 57.5    | ~ 50.9    | ~ 37.5    |
| Y                 | = | 21.60   | ~ 21.60   | ~ 21.60   |
| T L               | = | 198.658 | ~ 190.438 | ~ 179.318 |
| B F               | = | 38.136  | ~ 41.168  | ~ 54.038  |
| B F (空気換算長)       | = | 38.136  | ~ 41.168  | ~ 54.038  |

[レンズデータ]

| m  | r          | d      | n d     | $\nu$ d |
|----|------------|--------|---------|---------|
| 物面 | $\infty$   |        |         |         |
| 1  | 60.00007   | 3.000  | 1.80400 | 46.6    |
| 2  | 32.99999   | 8.000  |         |         |
| 3  | 43.66262   | 2.800  | 1.69350 | 53.2    |
| 4* | 21.77326   | 10.000 |         |         |
| 5  | 66.75791   | 1.900  | 1.74100 | 52.7    |
| 6* | 35.89476   | 11.677 |         |         |
| 7  | -102.20375 | 2.000  | 1.61800 | 63.4    |

|     |             |       |         |      |        |
|-----|-------------|-------|---------|------|--------|
| 8   | 68.44125    | 3.953 |         |      |        |
| 9   | 57.59931    | 5.905 | 1.88300 | 40.8 |        |
| 10  | -8353.97890 | D10   |         |      |        |
| 11  | 86.93551    | 1.150 | 1.81600 | 46.6 |        |
| 12  | 30.24772    | 4.604 | 1.48749 | 70.4 |        |
| 13  | -635.62903  | 0.200 |         |      |        |
| 14  | 68.69195    | 2.462 | 1.77250 | 49.6 |        |
| 15  | 721.76917   | 8.778 |         |      |        |
| 16  | 1048.37080  | 2.410 | 1.59349 | 67.0 |        |
| 17  | -78.39834   | D17   |         |      |        |
| 18  | 0.00000     | D18   |         |      | 開口絞り S |
| 19  | -96.51685   | 1.150 | 1.59349 | 67.0 |        |
| 20  | -4313.74880 | 2.500 |         |      |        |
| 21  | -77.26639   | 1.150 | 1.72916 | 54.7 |        |
| 22  | 97.91601    | 2.373 | 1.80809 | 22.8 |        |
| 23  | -388.14126  | D23   |         |      |        |
| 24  | 30.00000    | 2.856 | 1.74100 | 52.7 |        |
| 25  | 22.73754    | 5.338 | 1.49782 | 82.5 |        |
| 26  | 155.18278   | 0.400 |         |      |        |
| 27  | 30.41105    | 1.150 | 1.81600 | 46.6 |        |
| 28  | 19.08159    | 9.044 | 1.55332 | 71.7 |        |
| 29  | -68.93485   | 0.200 |         |      |        |
| 30  | -508.10216  | 1.150 | 1.90265 | 35.7 |        |
| 31  | 22.37987    | 6.933 | 1.59319 | 67.9 |        |
| 32* | -96.52428   | BF    |         |      |        |
| 像面  | $\infty$    |       |         |      |        |

[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  | -28.80 |
| 第2レンズ群 | 11 | 59.73  |
| 第3レンズ群 | 19 | -79.26 |
| 第4レンズ群 | 24 | 44.90  |

[0061] この変倍光学系Z L 2において、第4面、第6面及び第32面は非球面形状に形成されている。次の表6に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

[0062] (表6)

[非球面データ]

| m  | K            | A4           | A6           | A8           | A10          |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 4  | 3.43000e-02  | -3.51269e-07 | -1.01786e-09 | 9.51759e-14  | 0.000000e+00 |
| 6  | -3.91000e-02 | 6.73249e-06  | 2.01986e-09  | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 |
| 32 | -1.68440e+00 | 1.12313e-05  | 1.05750e-08  | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 |

[0063] この変倍光学系Z L 2において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D10、第2レンズ群G2と開口絞りSとの軸上空気間隔D17、開口絞りSと第3レンズ群G3との軸上空気間隔D18、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔D23、及び、バックフォーカスBFは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表7に、無限遠合焦状態での広角端状態(W)、中間焦点距離状態(M)及び望遠端状態(T)の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

[0064] (表7)

[可変間隔データ]

|     | W      | M      | T      |
|-----|--------|--------|--------|
| D10 | ∞      | ∞      | ∞      |
| f   | 14.40  | 17.52  | 27.40  |
| D17 | 35.272 | 23.314 | 2.681  |
| D18 | 2.000  | 5.735  | 14.889 |

|       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| D 1 8 | 2.406  | 4.300  | 2.725  |
| D 2 3 | 17.760 | 12.837 | 1.900  |
| B F   | 38.136 | 41.168 | 54.038 |

[0065] 次の表 8 に、この変倍光学系 Z L 2 における各条件式対応値を示す。

[0066] (表 8)

$$f_1 V R a w = 126.415$$

[条件式対応値]

$$(1) \quad |f_1 V R a w / f_w| = 8.779$$

$$(2) \quad \beta a w = 3.635$$

$$(3) \quad (-f_1) / f_2 = 0.482$$

[0067] このように、この変倍光学系 Z L 2 は、上記条件式 (1) ~ (3) を全て満足している。

[0068] この変倍光学系 Z L 2 の、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図 6 (a)、図 7 (a)、図 8 (a) に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図 6 (b)、図 7 (b)、図 8 (b) に示す。これらの各収差図より、この変倍光学系 Z L 2 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

[0069] [第 3 実施例]

図 9 は、第 3 実施例に係る変倍光学系 Z L 3 の構成を示す図である。この変倍光学系 Z L 3 は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する後続レンズ群 G L である第 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、から構成されている。

[0070] この変倍光学系 Z L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1、像側のレンズ面が非球面

形状に形成され、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 1 2、像側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面が形成され、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 1 3、両凹負レンズL 1 4、及び、両凸正レンズL 1 5で構成されている。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と両凸正レンズL 2 2とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3、及び、両凸正レンズL 2 4で構成されている。第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 1、及び、両凹負レンズL 3 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 3とを接合した接合負レンズで構成されている。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、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 3と両凸正レンズL 4 4とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL 4 5と像側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL 4 6とで構成されている。開口絞りSは、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間に配置されている。この第3実施例では、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lとの間に配置されているレンズ成分は正正正の3枚である。

[0071] この変倍光学系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、第2レンズ群G 2、開口絞りS、第3レンズ群G 3及び第4レンズ群G 4が光軸に沿って移動するように構成されており、この変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が減少し、第2レンズ群G 2と開口絞りSとの間隔が増大し、開口絞りSと第3レンズ群G 3との間隔が変化し、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と像面Iとの間隔（後述するバックフォーカス）が増大する。

[0072] この変倍光学系Z L 3において、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lである第3レンズ群G 3との間にあるレンズは第2レンズ群G 2である。この

第2レンズ群G2は、物体側から順に、負メニスカスレンズL21と両凸正レンズL22とを接合した接合正レンズ及び正メニスカスレンズL23で構成された正の屈折力を有する前群GFaと、両凸正レンズL24で構成された正の屈折力を有する後群GFbとを有し、無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G2のうち、前群GFaを合焦群として像側に移動させることにより行うように構成されている。

[0073] この変倍光学系ZL3において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、後続レンズ群GLである第3レンズ群G3における両凹負レンズL32と正メニスカスレンズL33とを接合した接合負レンズを防振群GVRbとし、この防振群GVRb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行う。この防振群GVRbは負の屈折力を有している。この第3実施例の広角端状態においては、防振係数は $-0.29$ であり、焦点距離は $14.40$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群GVRbの移動量は $-0.43$  [mm] である。この第3実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は $-0.30$ であり、焦点距離は $17.00$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群GVRbの移動量は $-0.49$  [mm] である。この第3実施例の望遠端状態においては、防振係数は $-0.39$ であり、焦点距離は $27.40$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群GVRbの移動量は $-0.62$  [mm] である。負の屈折力を有する負メニスカスレンズL31が物体側群GVRaに相当する。

[0074] 以下の表9に、変倍光学系ZL3の諸元の値を掲げる。

[0075] (表9) 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            | = | 14.40 | ~ 17.00  | ~ 27.40 |
| FNo          | = | 2.90  | ~ 2.91   | ~ 2.91  |
| $\omega$ [°] | = | 57.5  | ~ 51.9   | ~ 37.5  |

|             |   |         |   |         |   |         |
|-------------|---|---------|---|---------|---|---------|
| Y           | = | 21.60   | ～ | 21.60   | ～ | 21.60   |
| T L         | = | 200.708 | ～ | 193.728 | ～ | 180.303 |
| B F         | = | 38.131  | ～ | 40.536  | ～ | 54.226  |
| B F (空気換算長) | = | 38.131  | ～ | 40.536  | ～ | 54.226  |

## [レンズデータ]

| m  | r           | d      | n d     | $\nu$ d |        |
|----|-------------|--------|---------|---------|--------|
| 物面 | $\infty$    |        |         |         |        |
| 1  | 57.00000    | 3.000  | 1.80400 | 46.6    |        |
| 2  | 33.50000    | 8.000  |         |         |        |
| 3  | 44.32444    | 2.800  | 1.74389 | 49.5    |        |
| 4* | 20.56616    | 14.000 |         |         |        |
| 5  | 116.70614   | 1.900  | 1.74100 | 52.7    |        |
| 6  | 42.67501    | 0.200  | 1.56093 | 36.6    |        |
| 7* | 44.45109    | 10.915 |         |         |        |
| 8  | -78.51969   | 2.000  | 1.59319 | 67.9    |        |
| 9  | 192.14467   | 1.855  |         |         |        |
| 10 | 66.46240    | 5.433  | 1.90265 | 35.7    |        |
| 11 | -1079.18540 | D11    |         |         |        |
| 12 | 98.22853    | 1.150  | 1.81600 | 46.6    |        |
| 13 | 30.82561    | 4.765  | 1.48749 | 70.4    |        |
| 14 | -209.88034  | 0.200  |         |         |        |
| 15 | 65.38068    | 2.237  | 1.77250 | 49.6    |        |
| 16 | 219.70389   | 9.164  |         |         |        |
| 17 | 432.66920   | 2.537  | 1.59349 | 67.0    |        |
| 18 | -77.14457   | D18    |         |         |        |
| 19 | 0.00000     | D19    |         |         | 開口絞り S |
| 20 | -92.08988   | 1.150  | 1.59349 | 67.0    |        |

|     |             |       |         |      |
|-----|-------------|-------|---------|------|
| 21  | -1802.18800 | 2.500 |         |      |
| 22  | -92.45942   | 1.150 | 1.69680 | 55.5 |
| 23  | 89.65294    | 2.196 | 1.90200 | 25.3 |
| 24  | 1874.55510  | D24   |         |      |
| 25  | 30.00000    | 4.000 | 1.74100 | 52.7 |
| 26  | 22.20799    | 5.690 | 1.49782 | 82.5 |
| 27  | 150.16612   | 0.400 |         |      |
| 28  | 31.66090    | 1.150 | 1.81600 | 46.6 |
| 29  | 19.23435    | 8.997 | 1.55332 | 71.7 |
| 30  | -57.96347   | 0.200 |         |      |
| 31  | -193.93343  | 1.150 | 1.90265 | 35.7 |
| 32  | 26.06045    | 6.185 | 1.59319 | 67.9 |
| 33* | -93.12648   | BF    |         |      |
| 像面  | $\infty$    |       |         |      |

[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  | -28.81 |
| 第2レンズ群 | 12 | 60.48  |
| 第3レンズ群 | 20 | -83.71 |
| 第4レンズ群 | 25 | 46.09  |

[0076] この変倍光学系ZL3において、第4面、第7面及び第33面は非球面形状に形成されている。次の表10に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

[0077] (表10)

[非球面データ]

| m | K           | A4          | A6          | A8          | A10         |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 4 | 4.73000e-02 | 2.13716e-06 | 1.80496e-09 | 2.35690e-12 | 0.00000e+00 |

7 -5.14900e-01 6.13782e-06 -1.61401e-09 0.000000e+00 0.000000e+00  
 33 -3.00000e+00 1.14512e-05 1.10533e-08 0.000000e+00 0.000000e+00

[0078] この変倍光学系 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 1、第 2 レンズ群 G 2 と開口絞り S との軸上空気間隔 D 1 8、開口絞り S と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 1 9、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 2 4、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍に際して変化する。次の表 1 1 に、無限遠合焦状態での広角端状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び望遠端状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

[0079] (表 1 1)

[可変間隔データ]

|       | W        | M        | T        |
|-------|----------|----------|----------|
| D 0   | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ |
| f     | 14.40    | 17.00    | 27.40    |
| D 1 1 | 35.243   | 24.867   | 1.700    |
| D 1 8 | 2.000    | 5.397    | 15.138   |
| D 1 9 | 2.445    | 4.222    | 2.415    |
| D 2 4 | 17.965   | 13.782   | 1.900    |
| B F   | 38.131   | 40.536   | 54.226   |

[0080] 次の表 1 2 に、この変倍光学系 Z L 3 における各条件式対応値を示す。

[0081] (表 1 2)

$$f_1 V R a w = 137.512$$

[条件式対応値]

$$(1) \quad |f_1 V R a w / f_w| = 9.549$$

$$(2) \quad \beta a w = 3.972$$

$$(3) \quad (-f_1) / f_2 = 0.476$$

[0082] このように、この変倍光学系 Z L 3 は、上記条件式 (1) ~ (3) を全て

満足している。

[0083] この変倍光学系ZL3の、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図10(a)、図11(a)、図12(a)に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図10(b)、図11(b)、図12(b)に示す。これらの各収差図より、この変倍光学系ZL3は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

[0084] [第4実施例]

図13は、第4実施例に係る変倍光学系ZL4の構成を示す図である。この変倍光学系ZL4は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する後続レンズ群G<sub>L</sub>である第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、から構成されている。

[0085] この変倍光学系ZL4において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、像側のレンズ面が非球面形状に形成された、メニスカス形状の負レンズL12、像側のレンズ面が非球面形状に形成された、メニスカス形状の負レンズL13、両凹負レンズL14、及び、両凸正レンズL15で構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸正レンズL22とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24で構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31、両凹負レンズL32、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33で構成されている。第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL41、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42と両凸正レンズL43とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL44と像側

のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL 4 5で構成されている。開口絞りSは、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間に配置されている。この第4実施例では、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lとの間に配置されているレンズ成分は正正負の3枚である。

[0086] この変倍光学系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との間隔が減少し、第2レンズ群G 2と開口絞りSとの間隔が増大し、開口絞りSと第3レンズ群G 3との間隔が変化し、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と像面Iとの間隔（後述するバックフォーカス）が増大するように、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2、開口絞りS、第3レンズ群G 3及び第4レンズ群G 4が光軸に沿って移動するように構成されている。

[0087] この変倍光学系Z L 4において、第1レンズ群G 1と後続レンズ群G Lである第3レンズ群G 3との間にあるレンズは第2レンズ群G 2である。この第2レンズ群G 2は、物体側から順に、負メニスカスレンズL 2 1と両凸正レンズL 2 2とを接合した接合正レンズ及び正メニスカスレンズL 2 3で構成された正の屈折力を有する前群G F aと、正メニスカスレンズL 2 4で構成された正の屈折力を有する後群G F bとを有する。無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G 2のうち、前群G F aを合焦群として像側に移動させることにより行うように構成されている。

[0088] この変倍光学系Z L 4において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、後続レンズ群G Lである第3レンズ群G 3における両凹負レンズL 3 2及び正メニスカスレンズL 3 3を防振群G V R bとし、この防振群G V R b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行う。この防振群G V R bは負の屈折力を有している。この第4実施例の広角端状態においては、防振係数は $-0.32$ であり、焦点距離は $14.40$  [mm]であるので、 $0.50^\circ$ の回転ぶれを補正するための防振群G V R bの移動量は $-0.39$  [mm]である。この第4実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は $-0.34$ であり、焦点距離は $17.01$  [mm]である。

ので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 G V R b の移動量は  $-0.44$  [mm] である。この第 4 実施例の望遠端状態においては、防振係数は  $-0.43$  であり、焦点距離は  $27.40$  [mm] であるので、 $0.50^\circ$  の回転ぶれを補正するための防振群 G V R b の移動量は  $-0.56$  [mm] である。負の屈折力を有する負メニスカスレンズ L 3 1 が物体側群 G V R a に相当する。

[0089] 以下の表 1 3 に、変倍光学系 Z L 4 の諸元の値を掲げる。

[0090] (表 1 3) 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                     | = 14.40 ~   | 17.01 ~   | 27.40   |
| F N o                 | = 2.92 ~    | 2.91 ~    | 2.92    |
| $\omega$ [ $^\circ$ ] | = 57.5 ~    | 51.9 ~    | 37.5    |
| Y                     | = 21.60 ~   | 21.60 ~   | 21.60   |
| T L                   | = 198.804 ~ | 191.240 ~ | 179.307 |
| B F                   | = 38.139 ~  | 40.784 ~  | 54.434  |
| B F (空気換算長)           | = 38.139 ~  | 40.784 ~  | 54.434  |

[レンズデータ]

| m  | r         | d      | n d     | $\nu$ d |
|----|-----------|--------|---------|---------|
| 物面 | $\infty$  |        |         |         |
| 1  | 60.00000  | 3.000  | 1.80400 | 46.6    |
| 2  | 33.00000  | 7.275  |         |         |
| 3  | 41.80774  | 2.800  | 1.69350 | 53.2    |
| 4* | 22.41099  | 8.629  |         |         |
| 5  | 65.63490  | 1.900  | 1.74100 | 52.7    |
| 6* | 33.83467  | 13.874 |         |         |
| 7  | -79.77665 | 2.000  | 1.59319 | 67.9    |

|     |            |       |         |      |        |
|-----|------------|-------|---------|------|--------|
| 8   | 59.40503   | 4.000 |         |      |        |
| 9   | 57.71052   | 6.283 | 1.88300 | 40.8 |        |
| 10  | -624.68766 | D10   |         |      |        |
| 11  | 88.00189   | 1.150 | 1.77250 | 49.6 |        |
| 12  | 28.92756   | 5.218 | 1.48749 | 70.4 |        |
| 13  | -237.39954 | 0.200 |         |      |        |
| 14  | 62.41514   | 2.570 | 1.59349 | 67.0 |        |
| 15  | 436.07106  | 7.583 |         |      |        |
| 16  | -660.09319 | 2.088 | 1.77250 | 49.6 |        |
| 17  | -89.22600  | D17   |         |      |        |
| 18  | 0.00000    | D18   |         |      | 開口絞り S |
| 19  | -61.76466  | 1.150 | 1.67790 | 55.4 |        |
| 20  | -91.96957  | 2.500 |         |      |        |
| 21  | -127.44790 | 1.150 | 1.72916 | 54.7 |        |
| 22  | 82.89939   | 1.024 |         |      |        |
| 23  | 76.38005   | 2.134 | 1.84666 | 23.8 |        |
| 24  | 284.40987  | D24   |         |      |        |
| 25* | 32.48939   | 4.642 | 1.55332 | 71.7 |        |
| 26  | -824.47129 | 0.600 |         |      |        |
| 27  | 32.14197   | 1.150 | 1.81600 | 46.6 |        |
| 28  | 18.55000   | 9.230 | 1.49700 | 81.6 |        |
| 29  | -43.54574  | 0.200 |         |      |        |
| 30  | -56.26075  | 1.150 | 1.88300 | 40.8 |        |
| 31  | 23.24938   | 7.318 | 1.59319 | 67.9 |        |
| 32* | -55.62584  | D32   |         |      |        |
| 像面  | $\infty$   |       |         |      |        |

[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  | -28.80  |
| 第2レンズ群 | 11 | 62.81   |
| 第3レンズ群 | 19 | -100.62 |
| 第4レンズ群 | 25 | 48.29   |

[0091] この変倍光学系ZL4において、第4面、第6面、第25面及び第32面は非球面形状に形成されている。次の表14に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

[0092] (表14)

[非球面データ]

| m  | K           | A4           | A6           | A8           | A10          |
|----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 4  | 1.24900e-01 | -3.97515e-06 | -3.16906e-09 | 1.82067e-12  | 0.000000e+00 |
| 6  | 1.15510e+00 | 5.92900e-06  | 1.43820e-09  | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 |
| 25 | 4.93200e-01 | 2.95700e-06  | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 |
| 32 | 7.81000e-01 | 1.02310e-05  | 8.43261e-09  | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 |

[0093] この変倍光学系ZL4において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D10、第2レンズ群G2と開口絞りSとの軸上空気間隔D17、開口絞りSと第3レンズ群G3との軸上空気間隔D18、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔D24、及び、バックフォーカスBFは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表15に、無限遠合焦状態での広角端状態(W)、中間焦点距離状態(M)及び望遠端状態(T)の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

[0094] (表15)

[可変間隔データ]

|     | W      | M      | T     |
|-----|--------|--------|-------|
| D0  | ∞      | ∞      | ∞     |
| f   | 14.40  | 17.01  | 27.40 |
| D10 | 36.783 | 25.663 | 1.700 |

|       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| D 1 7 | 2.000  | 5.556  | 17.491 |
| D 1 8 | 2.687  | 4.408  | 3.164  |
| D 2 4 | 18.377 | 14.010 | 1.700  |
| B F   | 38.139 | 40.784 | 54.434 |

[0095] 次の表 1 6 に、この変倍光学系 Z L 4 における各条件式対応値を示す。

[0096] (表 1 6)

$$f 1 V R a w = 70.544$$

[条件式対応値]

$$(1) \quad |f 1 V R a w / f w| = 4.899$$

$$(2) \quad \beta a w = 1.907$$

$$(3) \quad (-f 1) / f 2 = 0.459$$

[0097] このように、この変倍光学系 Z L 4 は、上記条件式 (1) ~ (3) を全て満足している。

[0098] この変倍光学系 Z L 4 の、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図 1 4 (a)、図 1 5 (a)、図 1 6 (a) に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図 1 4 (b)、図 1 5 (b)、図 1 6 (b) に示す。これらの各収差図より、この変倍光学系 Z L 4 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

## 符号の説明

[0099] Z L (Z L 1 ~ Z L 4) 変倍光学系

G 1 第 1 レンズ群      G 2 第 2 レンズ群

G L 後続レンズ群      G V R a 物体側群      G V R b 防振群

G F 合焦群      1 カメラ (光学機器)

## 請求の範囲

- [請求項1] 負の屈折力を有する第1レンズ群と、  
前記第1レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する第2レンズ群と、  
前記第2レンズ群より像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群を有する後続レンズ群と、を有し、  
変倍する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化し、  
次式を満足することを特徴とする変倍光学系。  

$$5.000 < |f1VRaw / fw| < 1000.000$$
但し、  
 $f1VRaw$  : 前記防振群より物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離  
 $fw$  : 広角端状態における全系の焦点距離
- [請求項2] 前記防振群は、少なくとも1枚の正レンズと、少なくとも1枚の負レンズと、を有して構成されていることを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。
- [請求項3] 前記第1レンズ群より像側であって、且つ、前記後続レンズ群より物体側に配置されるレンズは、4枚以上であることを特徴とする請求項1または2に記載の変倍光学系。
- [請求項4] 前記後続レンズ群は、前記防振群と、前記防振群の物体側に配置されて負の屈折力を有する物体側群と、を有し、  
次式を満足することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の変倍光学系。  

$$-30.00 < \beta aw < 10.00$$
但し、  
 $\beta aw$  : 広角端状態における前記物体側群の結像倍率
- [請求項5] 前記第1レンズ群と前記後続レンズ群との間にあるレンズ群の少な

くとも一部を合焦群とし、

合焦時に、前記合焦群を光軸方向に移動させ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変倍光学系。

[請求項6] 前記合焦群は、正の屈折力を有することを特徴とする請求項 5 に記載の変倍光学系。

[請求項7] 次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変倍光学系。

$$0.200 < (-f_1) / f_2 < 0.700$$

但し、

$f_1$  : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

$f_2$  : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

[請求項8] 請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学機器。

[請求項9] 負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、前記第 1 レンズ群より像側に配置され、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群より像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群を有する後続レンズ群と、を有する変倍光学系の製造方法であって、

変倍する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記後続レンズ群との間隔が変化するように配置し、

次式を満足するように配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

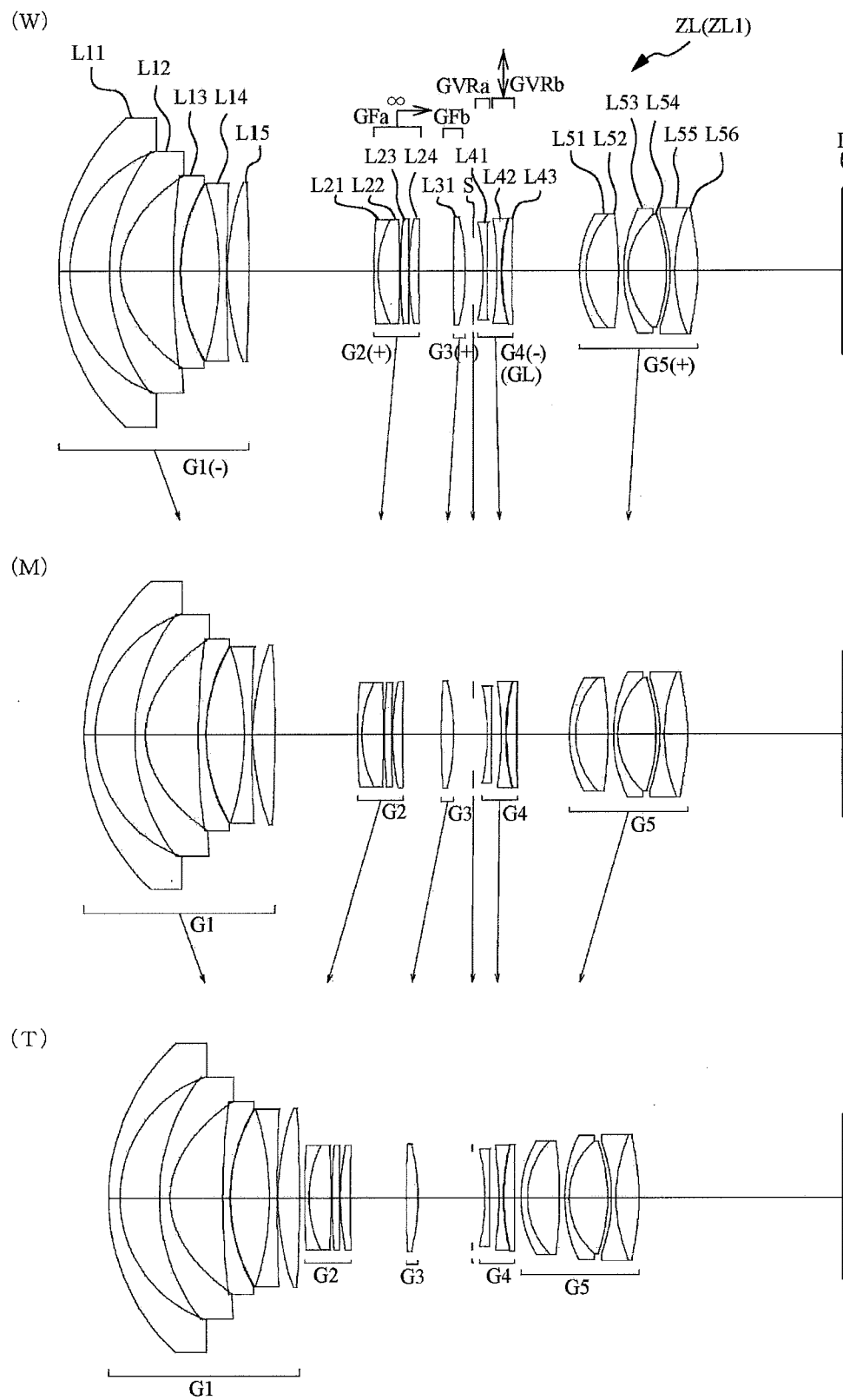
$$5.000 < |f_1 V_{Raw} / f_w| < 1000.000$$

但し、

$f_1 V_{Raw}$  : 前記防振群より物体側に配置されたレンズの広角端状態における合成焦点距離

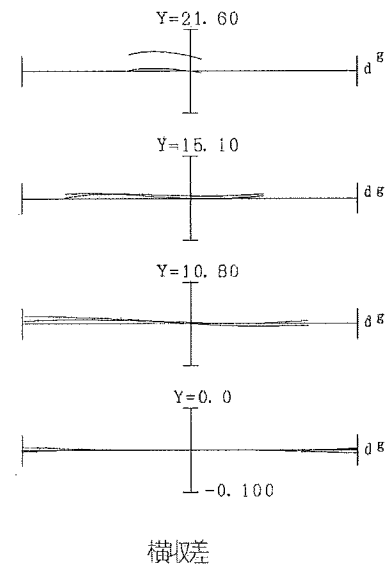
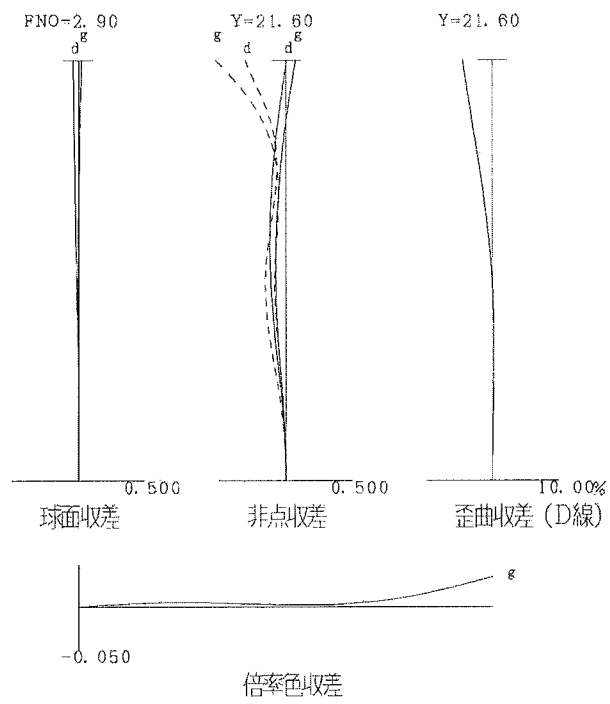
$f_w$  : 広角端状態における全系の焦点距離

[図1]

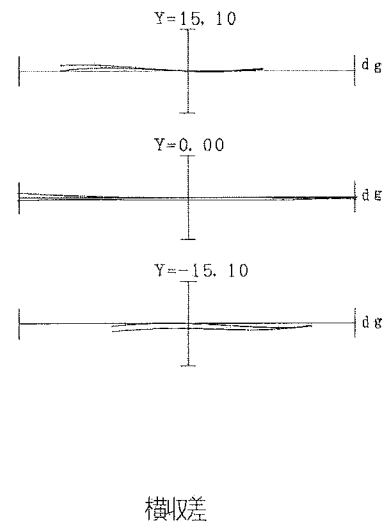


[図2]

(a)

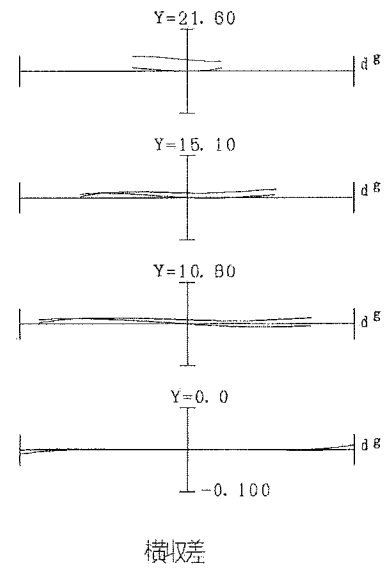
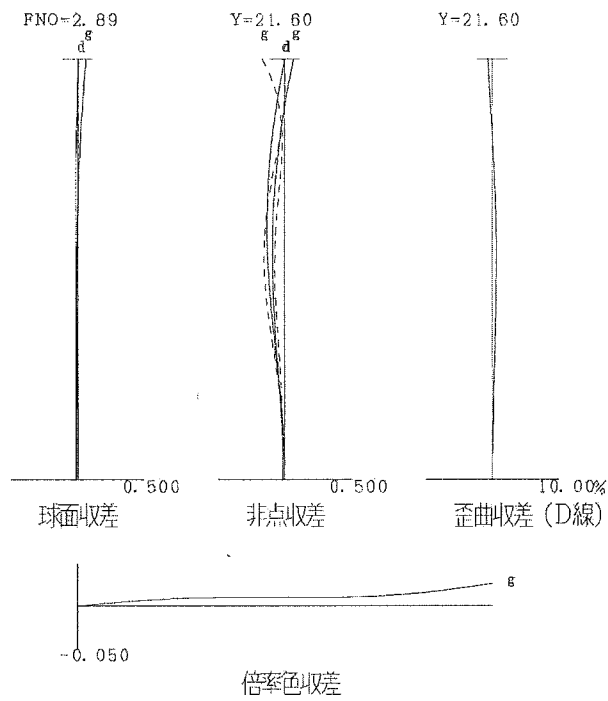


(b)

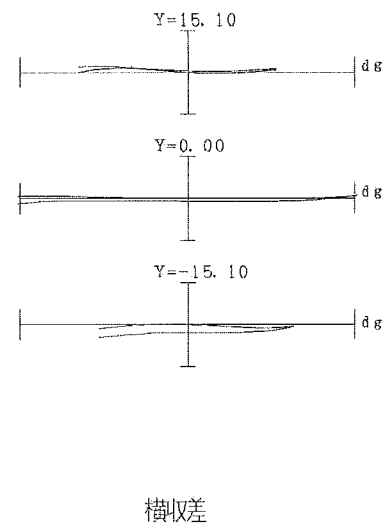


[図3]

(a)

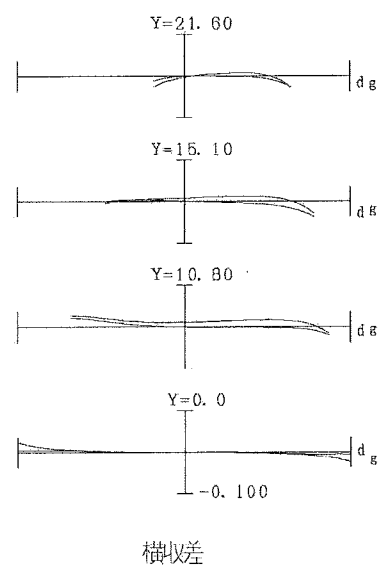
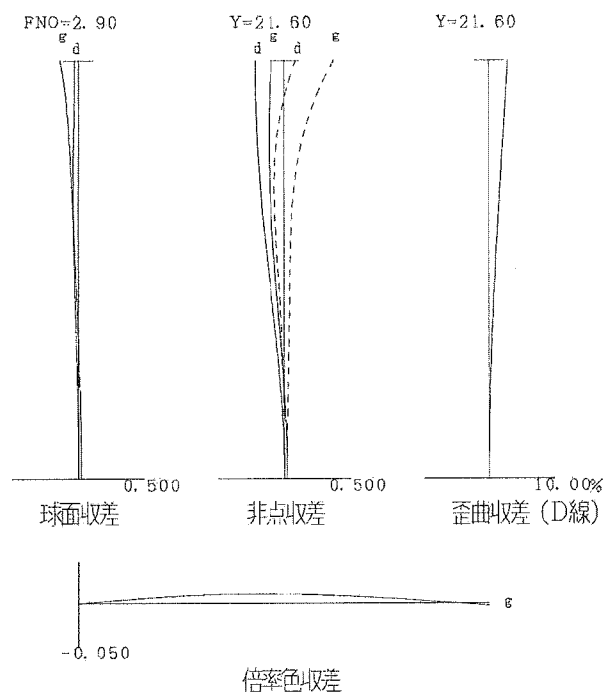


(b)

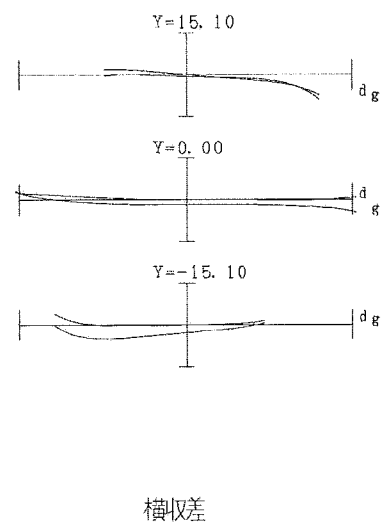


[図4]

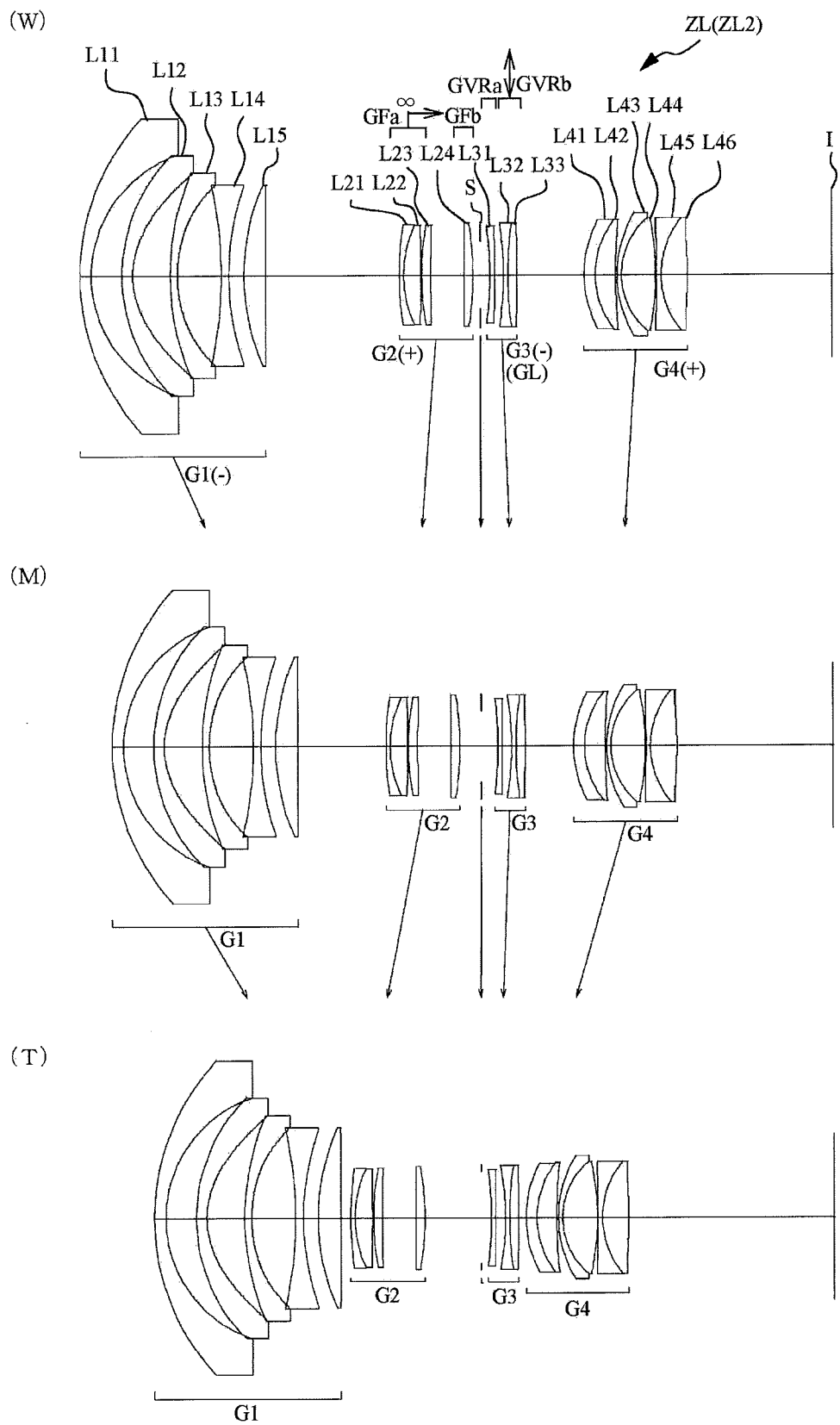
(a)



(b)

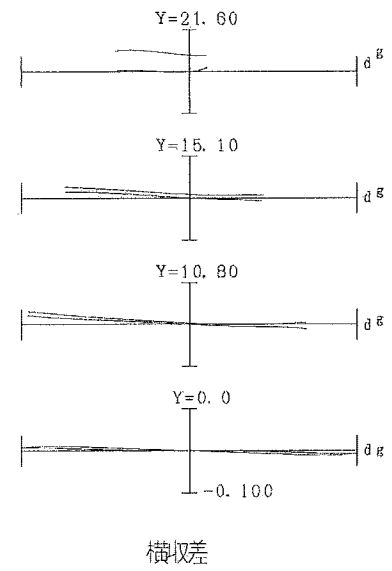
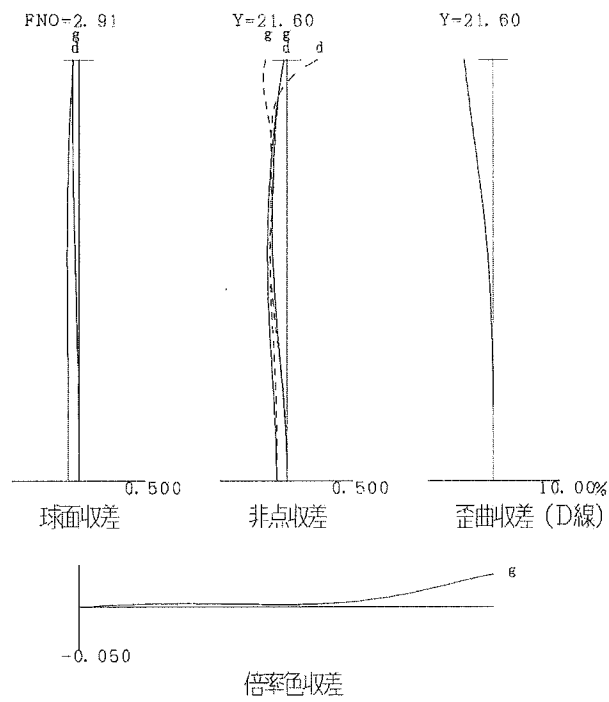


[図5]

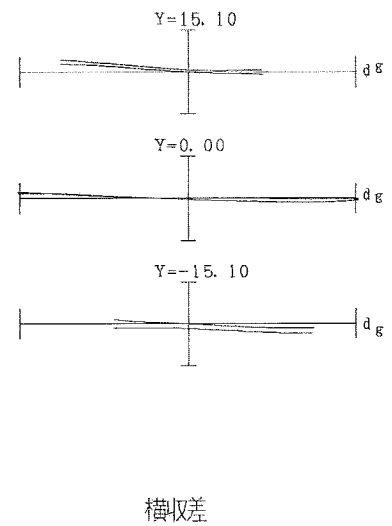


[図6]

(a)

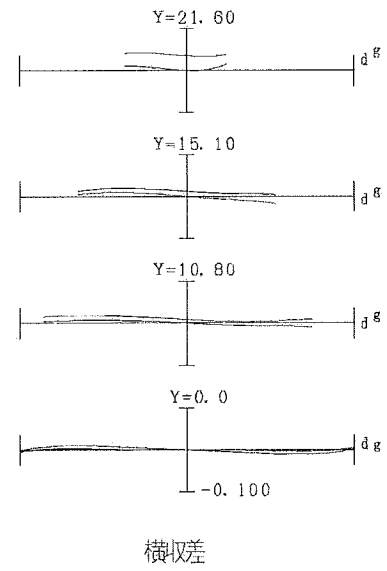
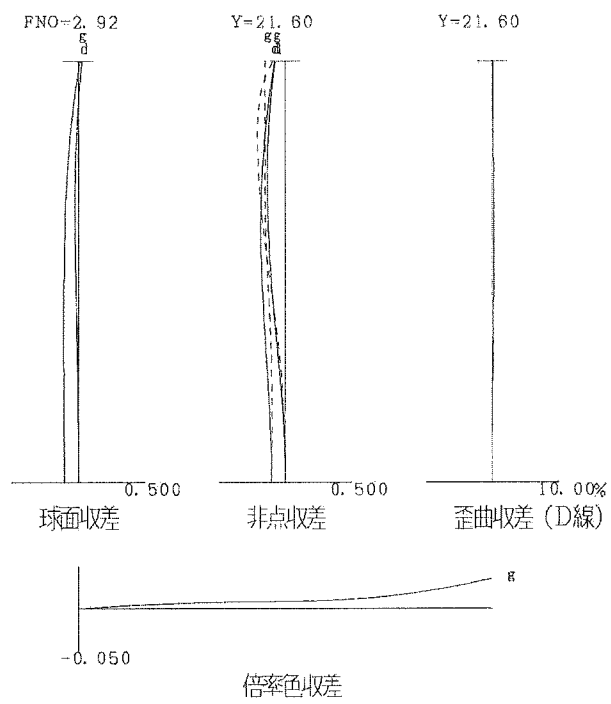


(b)

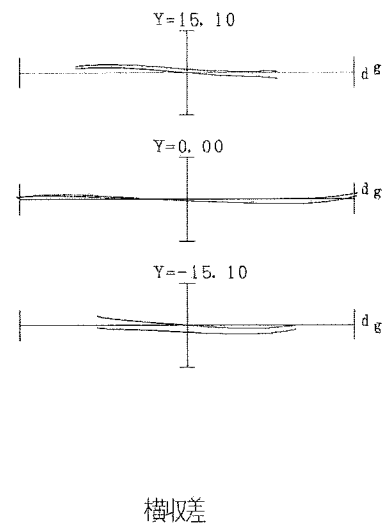


[図7]

(a)

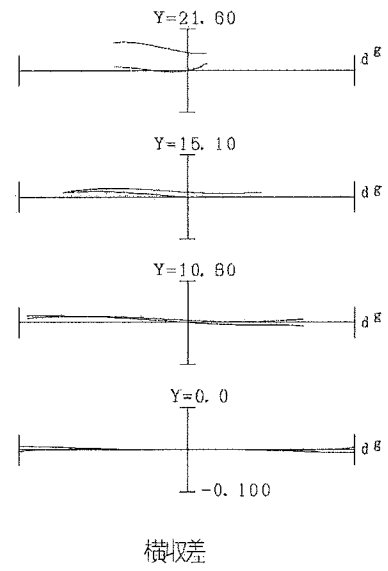
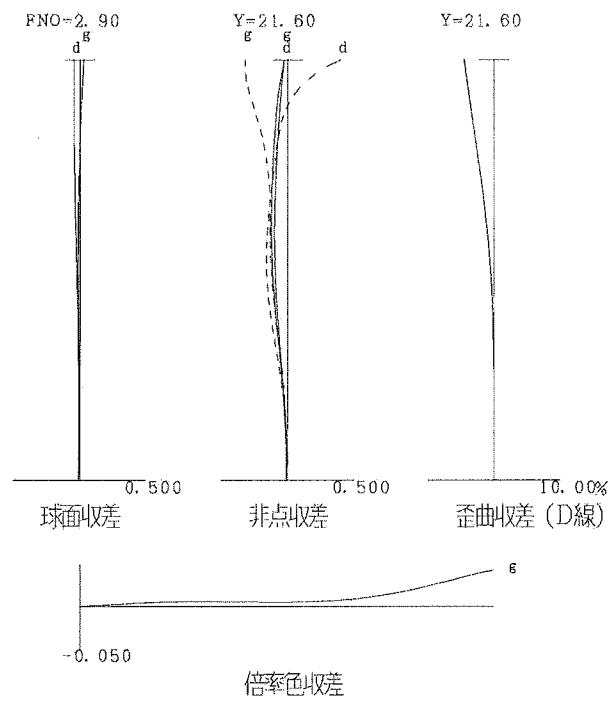


(b)

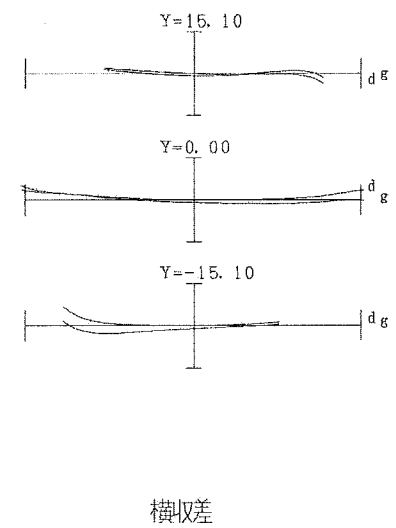


[図8]

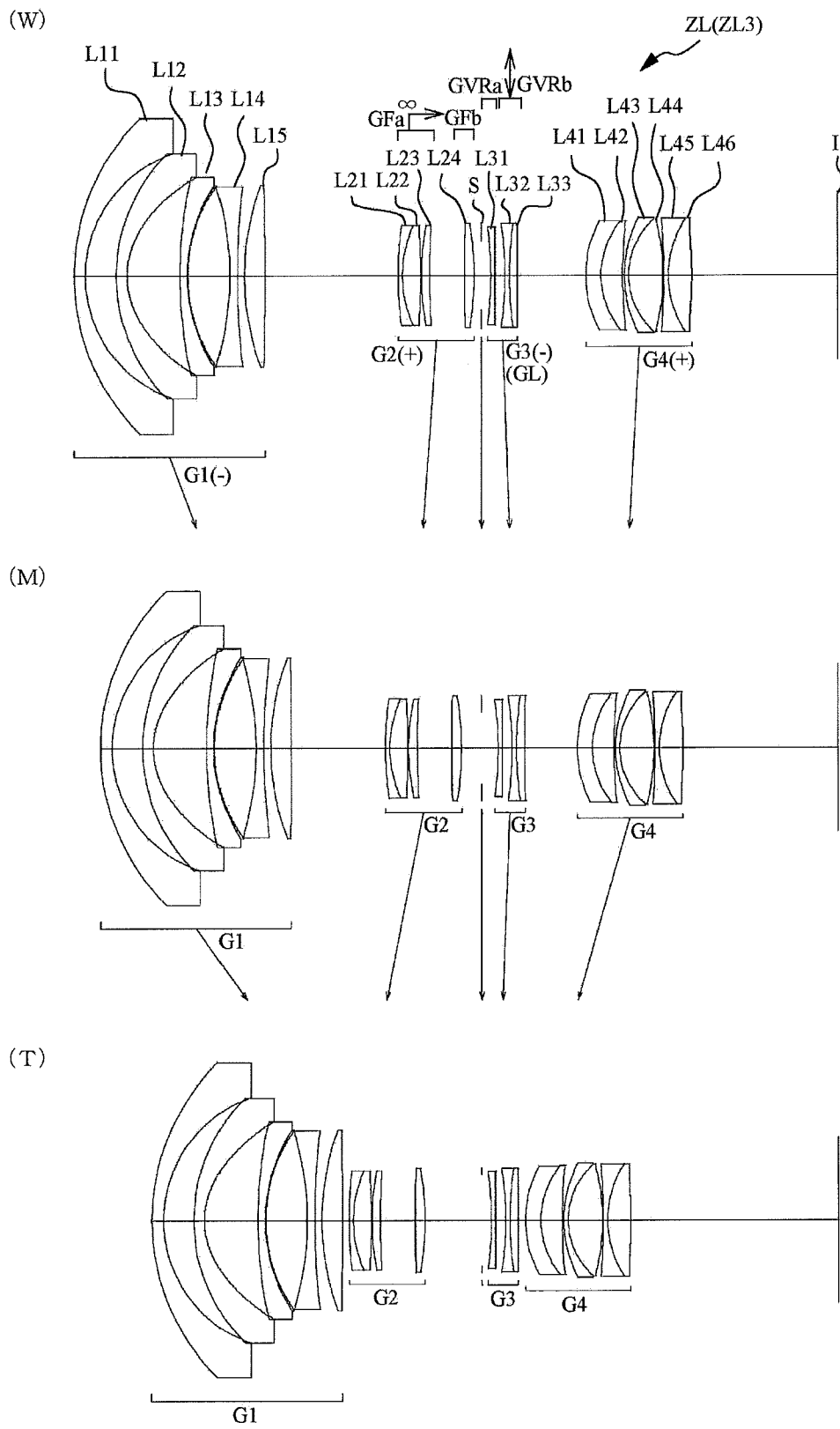
(a)



(b)

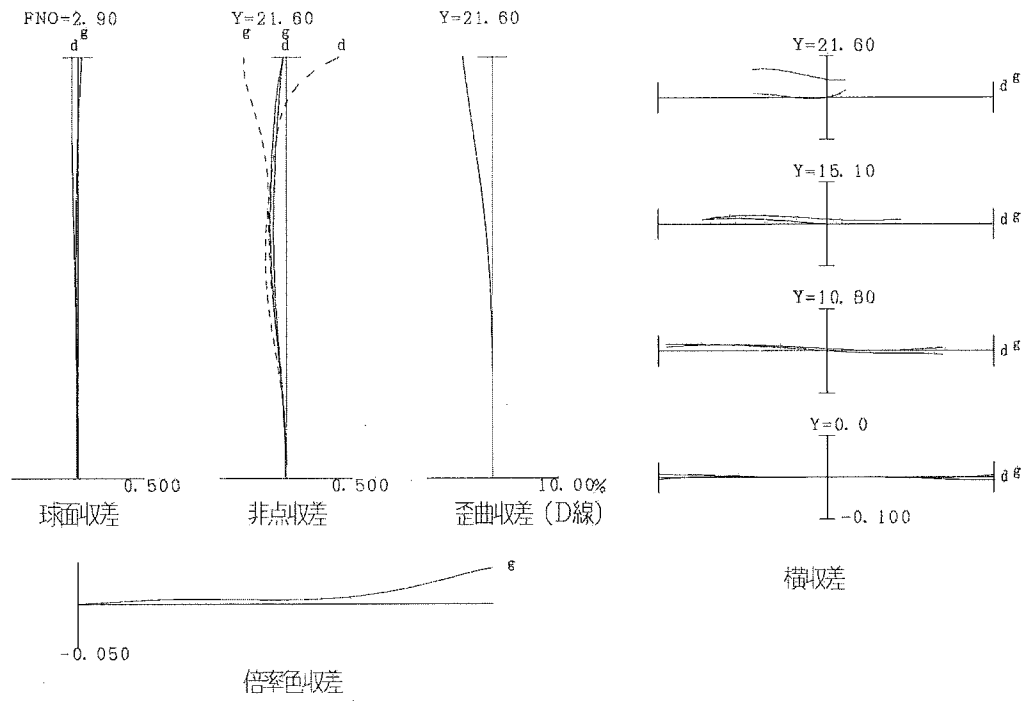


[図9]

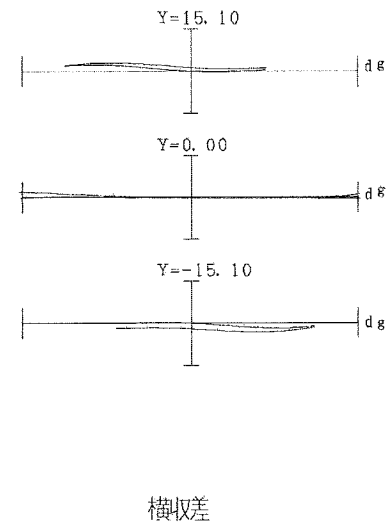


[図10]

(a)

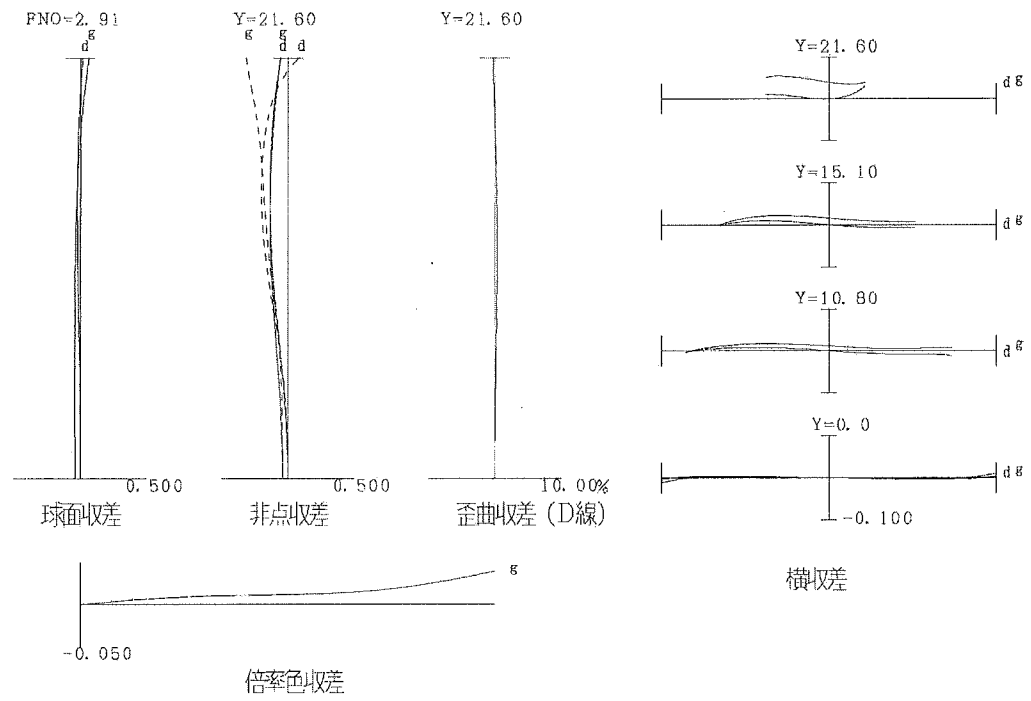


(b)

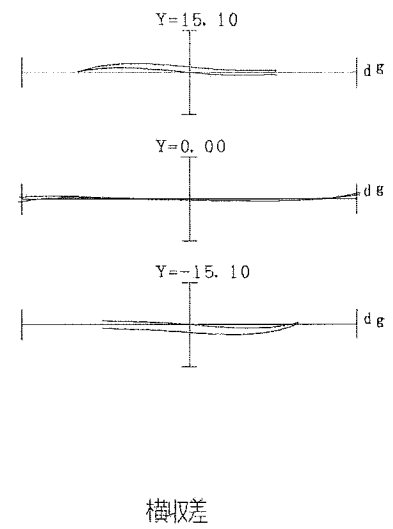


[図11]

(a)

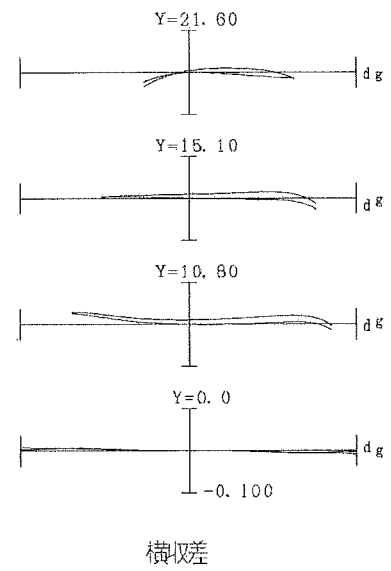
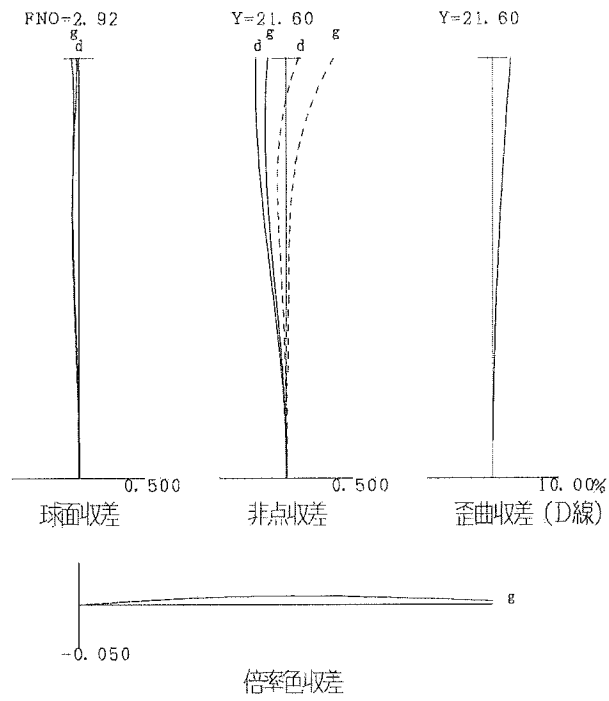


(b)

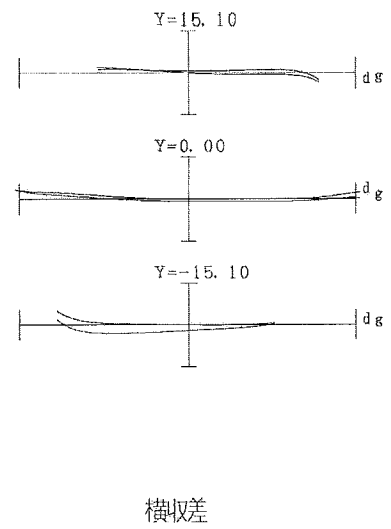


[図12]

(a)

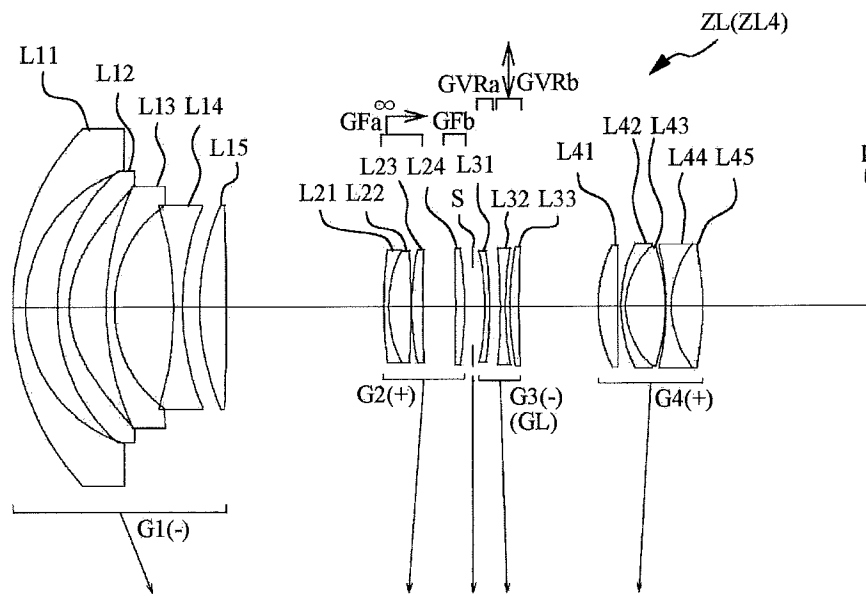


(b)

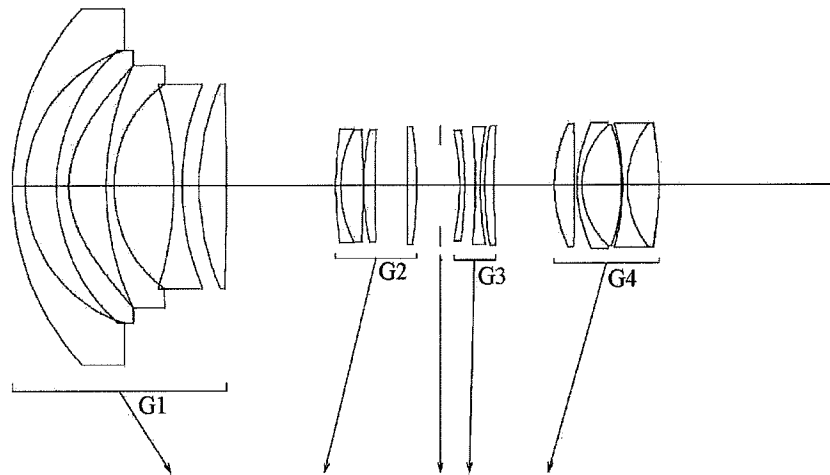


[図13]

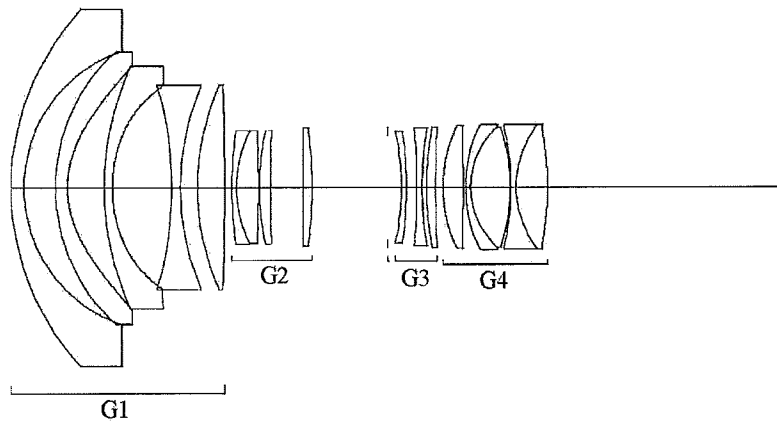
(W)



(M)

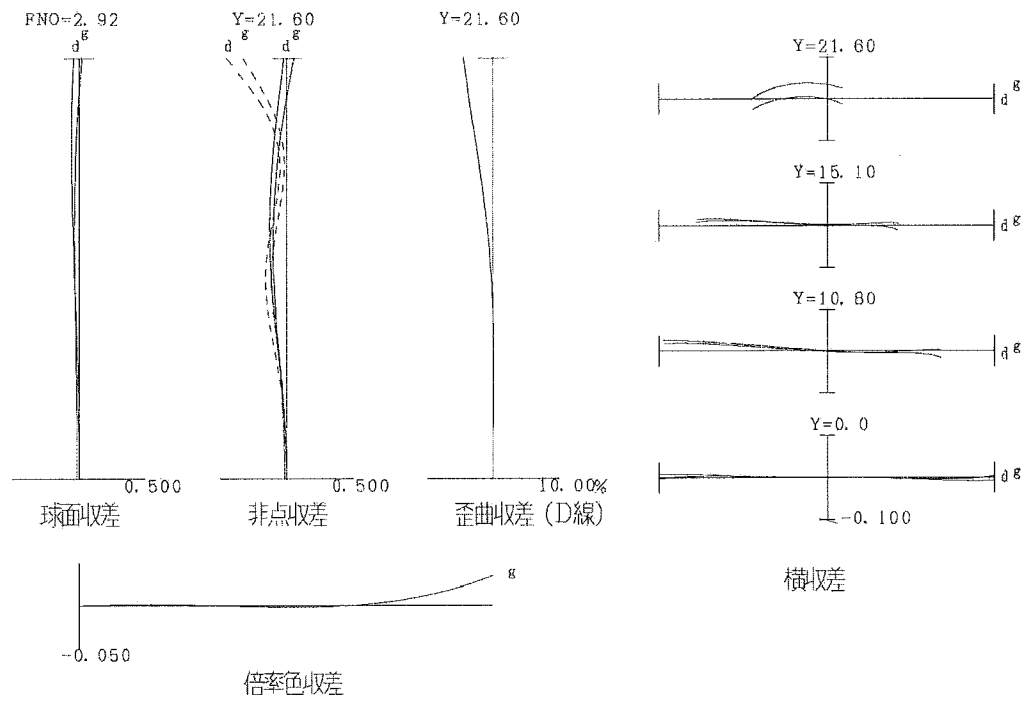


(T)

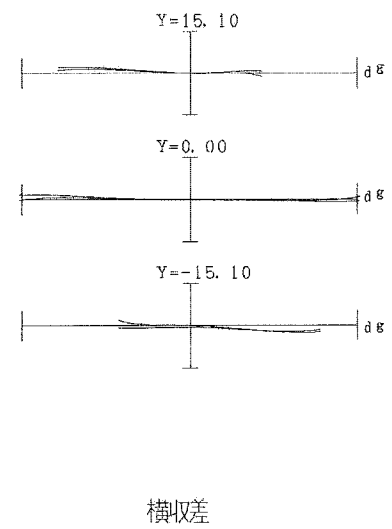


[図14]

(a)

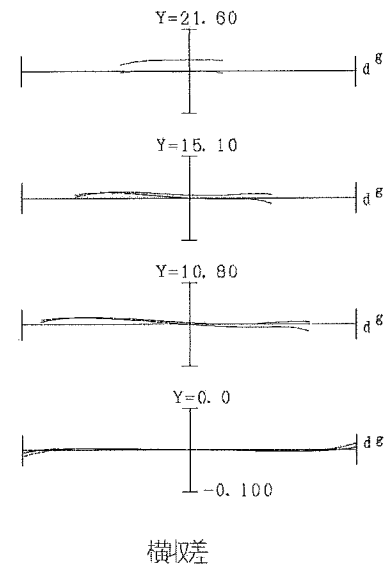
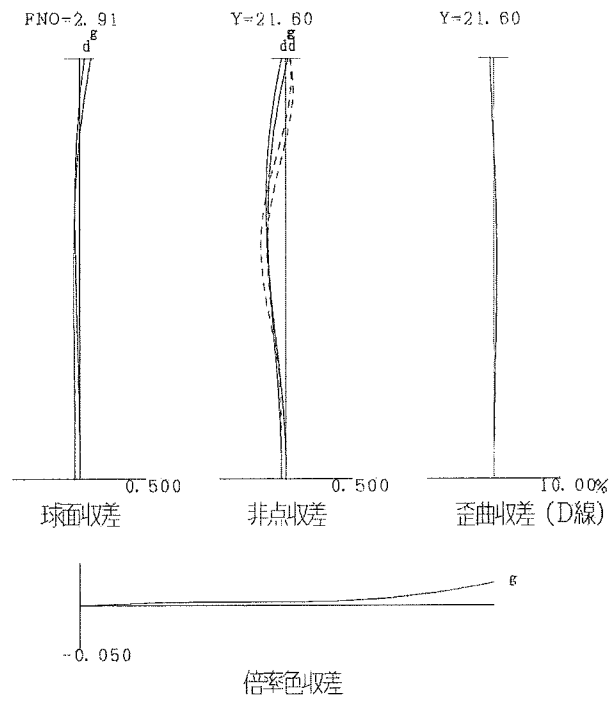


(b)

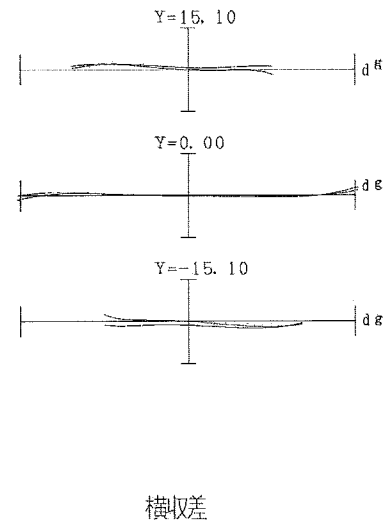


[図15]

(a)

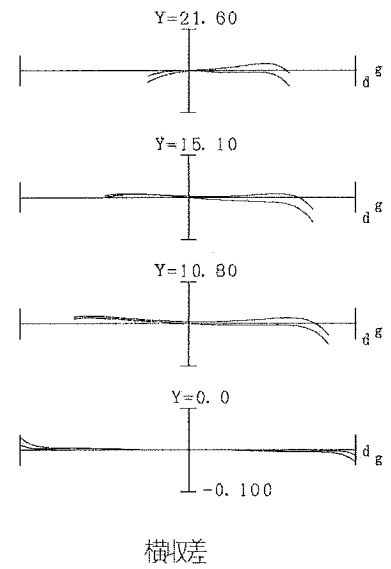
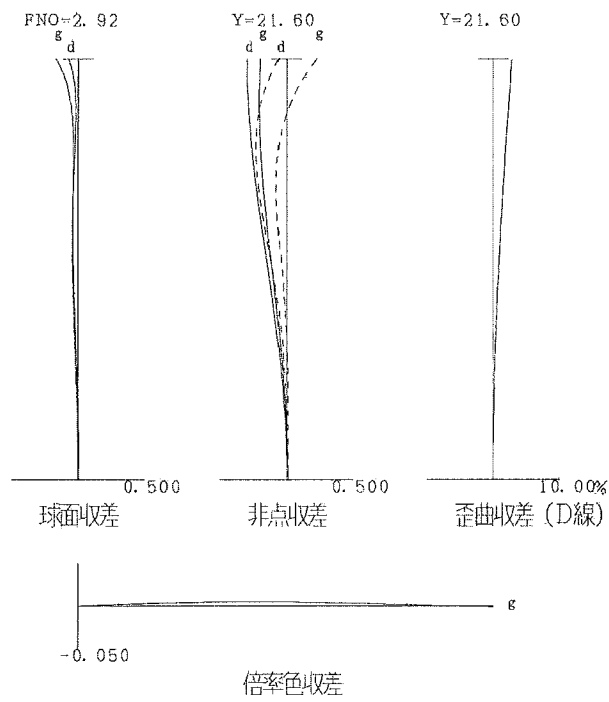


(b)

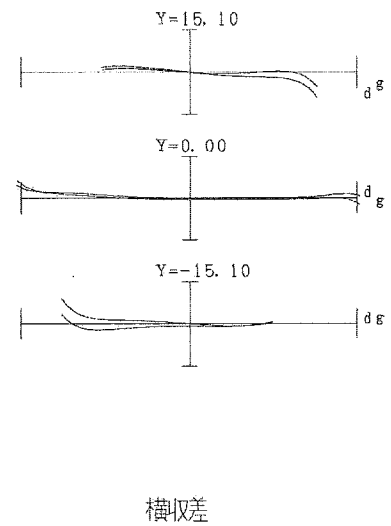


[図16]

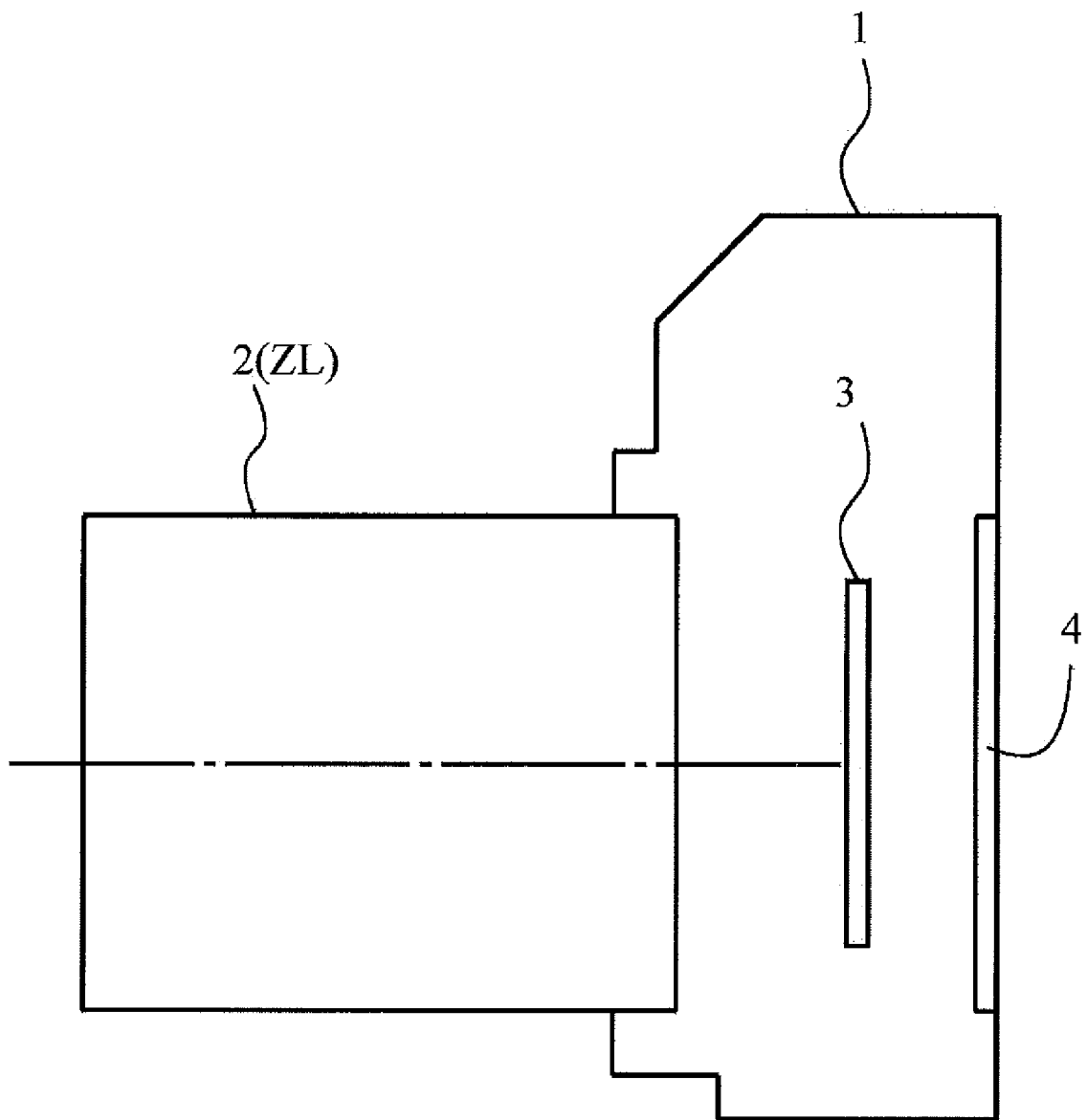
(a)



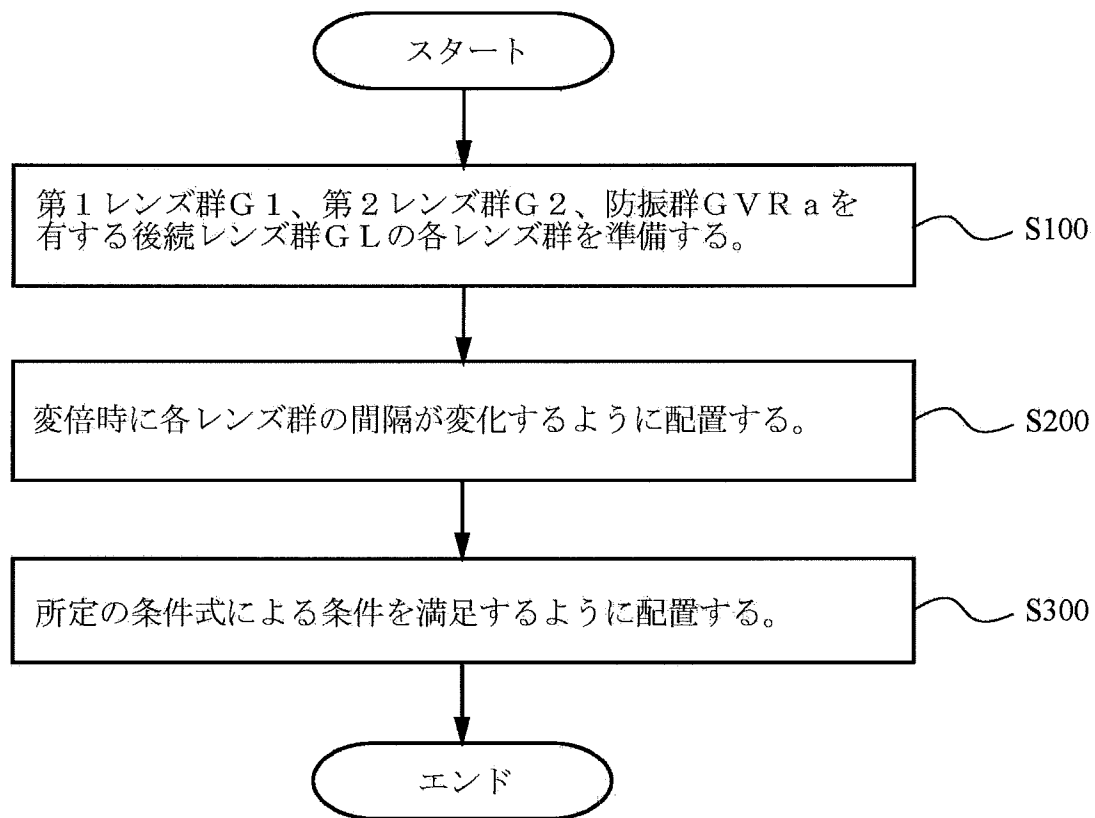
(b)



[図17]



[図18]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/025769

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G03B5/00(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, G02B13/18, G03B5/00

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 | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

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

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2015-022220 A (Canon Inc.),<br>02 February 2015 (02.02.2015),<br>columns concerning 'example 4' ('numerical<br>example 4')<br>(Family: none) | 1-9                   |
| X         | JP 2012-252253 A (Canon Inc.),<br>20 December 2012 (20.12.2012),<br>columns concerning 'example 4' ('numerical<br>example 4')<br>(Family: none) | 1-3, 7-9              |
| X         | JP 2014-178388 A (Tamron Co., Ltd.),<br>25 September 2014 (25.09.2014),<br>columns concerning 'example 3'<br>(Family: none)                     | 1-3, 7-9              |

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

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

Date of the actual completion of the international search  
04 October 2017 (04.10.17)

Date of mailing of the international search report  
17 October 2017 (17.10.17)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/025769

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | WO 2010/001546 A1 (Panasonic Corp.),<br>07 January 2010 (07.01.2010),<br>columns concerning 'carrying-out mode 1' to<br>'carrying-out mode 7', 'carrying-out mode 9' to<br>'carrying-out mode 19' ('numerical example 1' to<br>'numerical example 7', 'numerical example 9' to<br>'numerical example 19')<br>& US 2011/0102640 A1<br>columns concerning 'Embodiment 1' to<br>'Embodiment 7', 'Embodiment 9' to 'Embodiment<br>19' ('Numerical example 1' to 'Numerical example<br>7', 'Numerical example 9' to 'Numerical example<br>19')<br>& JP 2013-8064 A        | 1-3, 7-9              |
| X         | WO 2010/001547 A1 (Panasonic Corp.),<br>07 January 2010 (07.01.2010),<br>columns concerning 'carrying-out mode 1' to<br>'carrying-out mode 11', 'carrying-out mode 13'<br>to 'carrying-out mode 18' ('numerical example<br>1' to 'numerical example 11', 'numerical<br>example 13' to 'numerical example 18')<br>& US 2011/0109787 A1<br>columns concerning 'Embodiment 1' to<br>'Embodiment 11', 'Embodiment 13' to 'Embodiment<br>18' ('Numerical example 1' to 'Numerical example<br>11', 'Numerical example 13' to 'Numerical<br>example 18')<br>& US 8537268 B2 | 1-3, 7-9              |
| X         | JP 2014-063025 A (Canon Inc.),<br>10 April 2014 (10.04.2014),<br>columns concerning 'example 1', 'example 5'<br>( 'numerical example 1', 'numerical example 5')<br>& US 2014/0085513 A1<br>columns concerning 'First Embodiment', 'Fifth<br>Embodiment' ('Numerical example 1', 'Numerical<br>example 5')                                                                                                                                                                                                                                                            | 1-3, 5-9              |
| X         | JP 2013-156477 A (Konica Minolta, Inc.),<br>15 August 2013 (15.08.2013),<br>columns concerning 'example 3' to 'example 5';<br>paragraph [0020]<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1-4, 7-9              |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/025769

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2008-046612 A (Nikon Corp.),<br>28 February 2008 (28.02.2008),<br>columns concerning '2nd example' to '3rd<br>example'; paragraphs [0071] to [0072]<br>& US 2009/0231708 A1<br>columns concerning 'example 2' to 'example 3';<br>paragraphs [0330] to [0331]<br>& US 2011/0194191 A1 & US 2012/0275032 A1<br>& US 2014/0085732 A1 & WO 2008/010563 A1<br>& EP 2045639 A1 & CN 101490594 A<br>& CN 102608736 A | 1-3, 5-6, 8-9         |
| X         | JP 2007-256695 A (Nikon Corp.),<br>04 October 2007 (04.10.2007),<br>columns concerning '1st example' to '5th<br>example'; paragraphs [0100] to [0101]<br>& US 2007/0223105 A1<br>columns concerning 'example 5' to 'example 9';<br>paragraphs [0416] to [0417]<br>& CN 101042465 A                                                                                                                               | 1-3, 5-6, 8-9         |
| X         | JP 10-048524 A (Nikon Corp.),<br>20 February 1998 (20.02.1998),<br>columns concerning '1st example' to '3rd<br>example'; paragraph [0039]<br>& US 5999329 A1<br>columns concerning 'Sixth Embodiment' to<br>'Eighth Embodiment'; 16th row, line 62 to 17th<br>row, line 6                                                                                                                                        | 1, 3, 8-9             |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G03B5/00(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B15/20, G02B13/18, 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   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | JP 2015-022220 A（キヤノン株式会社）<br>2015.02.02, 「実施例4」（「数値実施例4」）に関する欄等<br>（ファミリーなし） | 1-9            |
| X               | JP 2012-252253 A（キヤノン株式会社）<br>2012.12.20, 「実施例4」（「数値実施例4」）に関する欄等<br>（ファミリーなし） | 1-3, 7-9       |
| X               | JP 2014-178388 A（株式会社タムロン）<br>2014.09.25, 「実施例3」に関する欄等<br>（ファミリーなし）           | 1-3, 7-9       |

☒ 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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.10.2017

国際調査報告の発送日

17.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小倉 宏之

2 V

4 4 6 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号   |
| X                     | WO 2010/001546 A1 (パナソニック株式会社)<br>2010.01.07, 「実施の形態 1」－「実施の形態 7」、「実施の形態 9」<br>－「実施の形態 19」(「数値実施例 1」－「数値実施例 7」、「数値<br>実施例 9」－「数値実施例 19」) に関する欄等<br>& US 2011/0102640 A1, 「Embodiment 1」-「Embodiment 7」, 「Embodiment<br>9」-「Embodiment 19」(「Numerical Example 1」-「Numerical Example 7」,<br>「Numerical Example 9」-「Numerical Example 19」) に関する欄等<br>& JP 2013-8064 A           | 1-3, 7-9         |
| X                     | WO 2010/001547 A1 (パナソニック株式会社)<br>2010.01.07, 「実施の形態 1」－「実施の形態 11」、「実施の形態<br>13」－「実施の形態 18」(「数値実施例 1」－「数値実施例 11」,<br>「数値実施例 13」－「数値実施例 18」) に関する欄等<br>& US 2011/0109787 A1, 「Embodiment 1」-「Embodiment 11」, 「Embodiment<br>13」-「Embodiment 18」(「Numerical Example 1」-「Numerical Example<br>11」, 「Numerical Example 13」-「Numerical Example 18」) に関する欄<br>等<br>& US 8537268 B2 | 1-3, 7-9         |
| X                     | JP 2014-063025 A (キヤノン株式会社)<br>2014.04.10, 「実施例 1」、「実施例 5」(「数値実施例 1」、「数値実<br>施例 5」) に関する欄等<br>& US 2014/0085513 A1, 「First Embodiment」, 「Fifth Embodiment」<br>(「Numerical Example 1」, 「Numerical Example 5」) に関する欄等                                                                                                                                                          | 1-3, 5-9         |
| X                     | JP 2013-156477 A (コニカミノルタ株式会社)<br>2013.08.15, 「実施例 3」－「実施例 5」に関する欄、段落 [00<br>20] 等<br>(ファミリーなし)                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1-4, 7-9         |
| X                     | JP 2008-046612 A (株式会社ニコン)<br>2008.02.28, 「第 2 実施例」－「第 3 実施例」に関する欄、段落 [0<br>071]－[0072] 等<br>& US 2009/0231708 A1, 「Example 2」-「Example 3」に関する欄、段落<br>[0330]－[0331] 等<br>& US 2011/0194191 A1 & US 2012/0275032 A1 & US 2014/0085732 A1<br>& WO 2008/010563 A1 & EP 2045639 A1 & CN 101490594 A & CN 102608736<br>A                                                          | 1-3, 5-6,<br>8-9 |
| X                     | JP 2007-256695 A (株式会社ニコン)<br>2007.10.04, 「第 1 実施例」－「第 5 実施例」に関する欄、段落 [0<br>100]－[0101] 等<br>& US 2007/0223105 A1, 「EXAMPLE 5」-「EXAMPLE 9」に関する欄、段落<br>[0416]－[0417] 等<br>& CN 101042465 A                                                                                                                                                                                    | 1-3, 5-6,<br>8-9 |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                            |                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| X                     | JP 10-048524 A (株式会社ニコン)<br>1998.02.20, 「第1実施例」－「第3実施例」に関する欄、段落 [0039] 等<br>& US 5999329 A1, 「Sixth Embodiment」-「Eighth Embodiment」に関する欄、第16列第62行-第17列第6行等 | 1, 3, 8-9      |