

(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 10 月 24 日(24.10.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/157248 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/16 (2006.01) **G02B 13/18** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/002559
- (22) 国際出願日: 2013 年 4 月 16 日(16.04.2013)
- (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 2012-094604 2012 年 4 月 18 日(18.04.2012) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布 2 丁目 2 6 番 3 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 島田 泰孝 (SHIMADA, Yasutaka); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目 3 2 4 番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 柳田 征史, 外 (YANAGIDA, Masashi et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜 3 ー

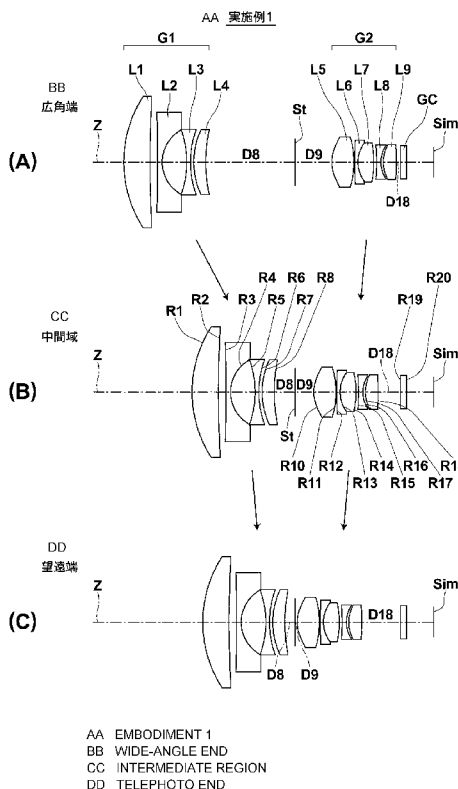
1 8 ー 3 新横浜 K S ビル 7 階 柳田国際特許事務所 Kanagawa (JP).

- (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: VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL SYSTEM, AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 変倍光学系および撮像装置



(57) Abstract: [Problem] To provide a variable magnification optical system which has a variable magnification of approximately 3X, including wide-angle to telephoto regions, which can be constituted inexpensively and in a compact manner, and which assures high high optical performance while having a large lens diameter. [Solution] The variable magnification optical system comprises: a first lens group (G1) having a negative refractive power; an aperture; and a second lens group (G2) having a positive refractive power. When varying the magnification from the wide angle end to the telephoto end, the gap between the first lens group (G1) and second lens group (G2) in the direction of the optical axis is reduced. The aperture is fixed with respect to the image surface while varying magnification, and the first lens group (G1) comprises, in order from the object side, a positive lens (L1), a negative lens (L2), a negative lens (L3) and a positive meniscus lens (L4) having the protruding surface facing the object side. A predetermined conditional expression concerning the average Abbe number in the d line of the positive meniscus lens (L4) and the positive lens (L1) of the first lens group (G1), the focal length of the entire system at the wide-angle end, and the focal length of the negative lens (L2), is satisfied.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/157248 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, —
NE, SN, TD, TG).

請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補
正を受理した際には再公開される。(規則
48.2(h))

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】小型かつ低コストに構成され、大口径比でありながら高い光学性能を確保した、広角から望遠の領域を含む変倍比 3 程度の変倍光学系を提供する。【解決手段】負の屈折力を有する第 1 レンズ群 (G 1)、絞り、および正の屈折力を有する第 2 レンズ群 (G 2) からなり、広角端から望遠端へ変倍する際に、第 1 レンズ群 (G 1) と第 2 レンズ群 (G 2) との光軸方向の間隔が小さくなるように構成する。絞りが変倍時に像面に対して固定され、第 1 レンズ群 (G 1) が物体側から順に、正レンズ (L 1)、負レンズ (L 2)、負レンズ (L 3) および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ (L 4) からなる。第 1 レンズ群 (G 1) の正レンズ (L 1) および正メニスカスレンズ (L 4) の d 線における平均アッベ数、広角端における全系の焦点距離および負レンズ (L 2) の焦点距離に関する所定の条件式を満足する。

明 細 書

発明の名称：変倍光学系および撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、変倍光学系および撮像装置に関し、より詳しくは、ビデオカメラや電子スチルカメラ等に使用可能で、とくに監視カメラ用途として好適に使用可能な変倍光学系およびこの変倍光学系を搭載した撮像装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）やＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等の撮像素子を記録媒体とするビデオカメラや電子スチルカメラ、監視カメラ等の撮像装置に用いられる光学系として、ＣＣＴＶ（Closed-circuit Television）用の変倍光学系が開発されている。ＣＣＴＶ用変倍光学系は、使用環境に応じた焦点距離、被写体距離を使用者側で設定できる等、使い勝手が良いという利点がある。監視が主目的となるＣＣＴＶ用光学系には、小型でありながら、高視野領域から標準画角までカバーでき、かつ室内や屋外での使用にも耐えることが求められる。このため、比較的構成が簡易でこれらの条件に適う、負の第１レンズ群と正の第２レンズ群からなる負正２群構成の変倍光学系が多用されている。例えば、第１レンズ群を正、負、負、正の４枚構成とし、変倍比３程度の負正２群構成の変倍光学系として、特許文献１～４に記載のものが提案されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献１：特開平１１－１６０６１９号公報
特許文献２：特開２０００－３５５３７号公報
特許文献３：特開２００１－３３０７７３号公報
特許文献４：特開２００７－７９１０８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、近年では監視カメラ市場がとみに拡大してきたことから開発競争が激化しており、低照度の撮影条件下でも使用可能なように大口径比である等の高諸元を満たし、高い結像性能を有しながら、小型かつ低コストに構成されたレンズ系の開発が強く求められている。さらに、近年では一般的な監視目的だけでなく、自動車のプレート標識が読み取れるといったような、より高解像で、より高倍率に撮像できる、広角から望遠の領域を含み、可視域から近赤外域までの使用を想定した簡易で使い勝手の良い変倍光学系への要請が多くなってきた。

[0005] 上記特許文献 1 ～ 4 に記載されたものは、変倍比が 2 ～ 3 程度であるものの、F 値が大きいため、監視カメラ用の変倍光学系としては満足のものではない。

[0006] 本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、小型かつ低コストに構成され、大口径比でありながら高い光学性能を確保した、広角から望遠の領域を含む変倍比 3 程度の変倍光学系およびこの変倍光学系を搭載した撮像装置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

[0007] 本発明による変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、絞り、および正の屈折力を有する第 2 レンズ群からなり、広角端から望遠端へ変倍する際に、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との光軸方向の間隔が小さくなるように構成された変倍光学系であって、

絞りが、変倍時に像面に対して固定されており、

第 1 レンズ群が、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、負レンズ、および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり

下記条件式 (1)、(2) を満足することを特徴とするものである。

[0008] $2.2 < \nu_d p < 4.7 \quad \cdots \quad (1)$

$-5.00 < f_2 / f_w < -1.20 \quad \cdots \quad (2)$

ただし、

$\nu d p$: 第1レンズ群の最も物体側の正レンズおよび最も像側の正メニスカスレンズのd線における平均アッベ数

f_w : 広角端における全系の焦点距離

f_2 : 第1レンズ群の物体側から2番目に配置された負レンズの焦点距離

なお、本発明による変倍光学系においては、下記条件式(1-1)を満足することが好ましい。また、下記条件式(2-1)を満足することが好ましい。

$$[0009] \quad 2.4 < \nu d p < 4.4 \quad \dots \quad (1-1)$$

$$-4.00 < f_2 / f_w < -2.00 \quad \dots \quad (2-1)$$

本発明の変倍光学系は、第1レンズ群および第2レンズ群からなるものであるが、2つのレンズ群以外に、実質的にパワーを持たないレンズ、絞りやカバーガラス等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子、手ぶれ補正機構等の機構部分等を持つものも含むものであってもよい。

[0010] また、本発明においては、凸面、凹面、平面、両凹、メニスカス、両凸、平凸および平凹等といったレンズの面形状、正および負といったレンズの屈折力の符号は、非球面が含まれているものについてはとくに断りのない限り近軸領域で考えるものとする。また、本発明においては、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸面を向けた場合を正、像側に凸面を向けた場合を負とすることにする。

[0011] また、本発明による変倍光学系においては、下記条件式(3)を満足することが好ましく、下記条件式(3-1)を満足することがより好ましい。

$$[0012] \quad 3 < f_1 / f_w < 1.7 \quad \dots \quad (3)$$

$$6 < f_1 / f_w < 1.4 \quad \dots \quad (3-1)$$

ただし、

f_1 : 第1レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

また、本発明による変倍光学系においては、第2レンズ群が、物体側から

順に、両凸レンズ、負レンズ、両凸レンズ、負レンズ、および正レンズからなることが好ましい。

[0013] この場合、下記条件式（４）を満足することが好ましく、下記条件式（４－１）を満足することがより好ましい。

$$[0014] \quad 0.3 < f_5 / f_{G2} < 1.5 \quad \dots \quad (4)$$

$$0.6 < f_5 / f_{G2} < 1.2 \quad \dots \quad (4-1)$$

ただし、

f_5 : 第２レンズ群の最も物体側の両凸レンズの焦点距離

f_{G2} : 第２レンズ群の焦点距離

また、本発明による変倍光学系においては、下記条件式（５）～（７）を満足することが好ましく、下記条件式（５－１）、（６－１）、（７－１）を満足することがより好ましい。

$$[0015] \quad -0.1 < f_{G2F} / f_{G2B} < 0.1 \quad \dots \quad (5)$$

$$-5 < \nu_{d8} - \nu_{d9} < 10 \quad \dots \quad (6)$$

$$29 < \nu_{d9} < 37 \quad \dots \quad (7)$$

$$-0.05 < f_{G2F} / f_{G2B} < 0.05 \quad \dots \quad (5-1)$$

$$0 < \nu_{d8} - \nu_{d9} < 5 \quad \dots \quad (6-1)$$

$$31 < \nu_{d9} < 36 \quad \dots \quad (7-1)$$

ただし、

f_{G2F} : 第２レンズ群の物体側の３枚のレンズの合成焦点距離

f_{G2B} : 第２レンズ群の像側の２枚のレンズの合成焦点距離

ν_{d8} : 第２レンズ群の像側から２番目の負レンズのｄ線におけるアッペ数

ν_{d9} : 第２レンズ群の正レンズのｄ線におけるアッペ数

また、本発明による変倍光学系においては、第１レンズ群の最も物体側の正レンズが、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、下記条件式（８）を満足することが好ましい。

$$[0016] \quad 4 < r_{1f} / f_w < 9 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

$r_1 f$: 第1レンズ群の最も物体側の正レンズの物体側の面の曲率半径

f_w : 広角端における全系の焦点距離

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の変倍光学系を搭載したことを特徴とするものである。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、絞り、および正の屈折力を有する第2レンズ群とからなるものとし、広角端から望遠端へ変倍する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との光軸方向の間隔が小さくなるように構成し、絞りを変倍時に像面に対して固定し、第1レンズ群を、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、負レンズおよび正メニスカスレンズからなるものとし、条件式(1)、(2)を満足するものとしたため、小型かつ低コストに変倍光学系を構成できる。また、大口径比でありながら高い光学性能を有する変倍光学系を構成できる。

[0018] 本発明の撮像装置によれば、本発明の変倍光学系を搭載しているため、小型で高性能に構成でき、撮像素子を用いて良好な像を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の一実施形態に係る変倍光学系の第1の構成例を示すものであり、実施例1に対応するレンズ断面図である。

[図2]変倍光学系の第2の構成例を示すものであり、実施例2に対応するレンズ断面図である。

[図3]変倍光学系の第3の構成例を示すものであり、実施例3に対応するレンズ断面図である。

[図4]実施例1に係る変倍光学系の広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図5]実施例1に係る変倍光学系の中間域における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図6]実施例1に係る変倍光学系の望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図7]実施例2に係る変倍光学系の広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図8]実施例2に係る変倍光学系の中間域における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図9]実施例2に係る変倍光学系の望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図10]実施例3に係る変倍光学系の広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図11]実施例3に係る変倍光学系の中間域における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図12]実施例3に係る変倍光学系の望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件違反量、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

[図13]本発明の一実施形態に係る撮像装置の概略図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図1(A)、(B)、(C)は、本発明の一実施形態に係る変倍光学系の第1の構成例を示している。この構成例は、後述の実施例1のレンズ構成に対応している。なお、図1(A)は広角端（最短焦点距離状態）での光学系配置、図1(B)は中間域（中間焦点距離状態）での光学系配置、図1(C)は望遠

端（最長焦点距離状態）での光学系配置に対応している。同様にして、後述の実施例 2，3 のレンズ構成に対応する第 2 および第 3 の構成例を、図 2（A），（B），（C）および図 3（A），（B），（C）に示す。図 1（A），（B），（C）～図 3（A），（B），（C）において、符号 R_i は、最も物体側の構成要素の面を 1 番目として、像側（結像側）に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との光軸 Z 上の面間隔を示す。なお符号 D_i については、撮影倍率の変化に伴って変化する部分の面間隔（ D_8 ， D_9 ， D_{18} ）のみ符号を付す。

[0021] この変倍光学系は、光軸 Z に沿って物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_1 、開口絞り S_t 、および正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_2 が配置されてなり、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 との光軸方向の間隔を変化させることにより変倍を行うように構成されている。また、この変倍光学系では、開口絞り S_t は変倍時に像面 S_{im} に対して固定されている。なお、図 1 に示す開口絞り S_t は必ずしも大きさや形状を表すものではなく、光軸 Z 上の位置を示すものである。

[0022] この変倍光学系を撮像装置に適用する際には、像面 S_{im} には CCD（Charge Coupled Device）や CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等の撮像素子が配置される。撮像素子は、本実施形態の変倍光学系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するものである。少なくとも、この変倍光学系および撮像素子により、本実施形態における撮像装置が構成される。また、この変倍光学系を装着する撮像装置側の構成に応じて、光学系と像面 S_{im} との間にカバーガラス、プリズム、赤外線カットフィルタやローパスフィルタ等の各種フィルタを配置することが好ましい。図 1 では、これらを想定した平行平板状の光学部材 GC を第 2 レンズ群 G_2 と像面 S_{im} との間に配置した例を示している。

[0023] 第 1 レンズ群 G_1 は、物体側から順に、正レンズであるレンズ L_1 、負レンズであるレンズ L_2 、負レンズであるレンズ L_3 および物体側に凸面を向

けた正メニスカスレンズであるレンズL 4が配置されてなる4枚構成である。

[0024] レンズL 2およびレンズL 3は、第1レンズ群G 1の負の屈折力を分担し、球面収差および軸外のコマ収差を補正する。レンズL 4はレンズL 1とともに、球面収差、軸上色収差および倍率色収差を補正する。レンズL 1との役割では、倍率色収差はレンズL 1が主に分担し、球面収差および軸上色収差はレンズL 4が主に分担する。

[0025] 第1レンズ群G 1のレンズは、全て単レンズとすることができ、これにより、低コスト化を図ることができる。また、第1レンズ群G 1の最も物体側に正レンズであるレンズL 1を配置することにより、全系のコンパクト化および全変倍域での良好な結像性能確保を両立させることが可能になる。レンズL 1は、物体側に凸形状を有するものとするのが好ましく、とくに物体側に凸面を向けたメニスカス形状を有するものとするのが好ましい。これにより、レンズL 1の像側の凹面によって、レンズL 1を両凸レンズあるいは平凸レンズとした場合と比較して屈折力が弱くなるため、レンズL 1の屈折力を強くすることなく、変倍光学系の全長を短くすることができる。

[0026] レンズL 4を、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとすることにより、望遠側での球面収差、および広角側での非点収差を良好に補正することが可能となる。

[0027] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に、両凸レンズであるレンズL 5、負レンズであるレンズL 6、両凸レンズであるレンズL 7、負レンズであるレンズL 8、および正レンズであるレンズL 9が配置されてなる5枚構成である。レンズL 5の物体側および像側の面は非球面で構成されている。

[0028] レンズL 5、レンズL 7およびレンズL 9の3枚の正レンズで正の屈折力を分担し、レンズL 6およびレンズL 8の2枚の負レンズにより、3枚の正レンズで発生する諸収差を補正することができる。とくにレンズL 7に低分散の硝材を使用し、レンズL 9にはやや高分散の硝材を使用することにより、軸上色収差と倍率色収差とのバランスをとることが可能となる。また、正

レンズおよび負レンズを交互に配置することにより、とくに高次の球面収差の発生を抑えることができる。また、レンズL 5およびレンズL 7を両凸レンズとすることにより、球面収差の補正に有利となる。レンズL 6とレンズL 7とは接合されていることが好ましく、これにより、色収差を補正しつつ、レンズ間隔の誤差および偏心の影響による諸収差の発生を抑えることができる。

[0029] 本実施形態の変倍光学系は、第1レンズ群G 1および第2レンズ群G 2を光軸Zに沿って移動させて、群間隔を変化させることにより変倍を行うように構成されている。すなわち、広角端から中間域へ、さらに望遠端へと変倍させるに従い、第1レンズ群G 1および第2レンズ群G 2は、例えば図1 (A)の状態から図1 (B)の状態へ、さらに図1 (C)の状態へと、図に実線で示した軌跡を描くように移動する。より詳しくは、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との間隔が減少するように移動する。このように各レンズ群を移動することで、各レンズ群で効果的に変倍を行うことができる。

[0030] また、本実施形態の変倍光学系は、開口絞りS tを中心として、全系の最も外側に正レンズ（レンズL 1、レンズL 9に対応）、そのすぐ内側に負レンズ（レンズL 2、レンズL 8に対応）を配置した構成となっている。これにより、開口絞りS tに対して対称性を持たせて、非対称性により発生する軸外諸収差を抑え、結像領域全域において、良好な結像性能を全変倍域で維持することができる。

[0031] また、本実施形態の変倍光学系においては、下記条件式(1)、(2)を満足するように構成されている。

$$[0032] \quad 2.2 < \nu_{dp} < 4.7 \quad \cdots \quad (1)$$

$$-5.00 < f_2 / f_w < -1.20 \quad \cdots \quad (2)$$

ただし、

ν_{dp} : 第1レンズ群G 1の正レンズであるレンズL 1および正メニスカスレンズであるレンズL 4のd線における平均アッベ数

f_w : 広角端における全系の焦点距離

f_2 : 第1レンズ群G1の物体側から2番目に配置された負レンズであるレンズL2の焦点距離

条件式(1)は、色収差を良好に維持するためのレンズL1およびレンズL4のアッベ数の範囲を規定した式である。条件式(1)の下限を下回ると、アッベ数 ν_d が必要以上に小さくなり、第1レンズ群G1内の色消しに用いられる正負レンズ各々の屈折力を弱くできるため、球面収差および像面湾曲の補正には有利であるが、色収差の2次スペクトルを悪化させ、色滲みの発生を抑えきれなくなる。条件式(1)の上限を上回ると、第1レンズ群G1内の色消しに用いられる正負レンズ各々の屈折力が強くなり、2次スペクトルが減少して色滲みは良好に補正可能だが、球面収差および像面湾曲の収差発生量が大きくなり、軸上と軸外あるいは広角端と望遠端での結像性能が不均一となり、全変倍域で良好な結像関係を維持できなくなる。

[0033] 条件式(2)は、負レンズであるレンズL2の屈折力を規定した式である。条件式(2)の下限を下回ると、レンズL2の屈折力が弱くなり過ぎ、変倍比を維持するためにはレンズL3の屈折力を強くせざるを得ず、望遠端での球面収差が補正過剰となる。また、全系のバックフォーカスが小さくなり、レンズ系と像面Simとの間に光学部材GCを配置するスペースが不十分になり、撮像装置への搭載が困難になる。条件式(2)の下限を下回ると、レンズL2の屈折力が強くなり過ぎ、広角端での歪曲収差が増大する。

[0034] さらに、条件式(1)に代えて下記条件式(1-1)を満足することがより好ましい。また、条件式(2)に代えて下記条件式(2-1)を満足することがより好ましい。条件式(1-1)、(2-1)を満足することで、条件式(1)、(2)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

[0035] $2.4 < \nu_d < 4.4 \quad \dots \quad (1-1)$

$-4.00 < f_2 / f_w < -2.00 \quad \dots \quad (2-1)$

本実施形態の変倍光学系は、このような構成により、小型かつ低コストに

変倍光学系を構成できる。また、大口径比でありながら高い光学性能を有する変倍光学系を構成できる。

[0036] 以下、本実施形態の撮像レンズの好ましい構成について説明する。

[0037] 本実施形態の変倍光学系においては、レンズL 1に関して、下記条件式（3）を満足することが好ましい。

[0038] $3 < f_1 / f_w < 1.7 \quad \dots \quad (3)$

ただし、

f_1 : 第1レンズ群のレンズL 1の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

レンズL 1は、第1レンズ群G 1全体の負の屈折力による発散性で生じる補正過剰な球面収差、軸上色収差および倍率色収差を低減する等の役割を担っているため、レンズL 1の正の屈折力の配分を慎重に考慮する必要がある。これを規定したのが条件式（3）である。条件式（3）の下限を下回ると、レンズL 1の正の屈折力が強くなり過ぎ、像側の後続の負レンズと接合しなければ広角側での軸外光束を通しにくくなり、広角端の焦点距離を長くすることとなって所望の画角を維持できなくなる。また、仮に接合したとしても、球面収差と軸外収差とのバランスがとれなくなり、良好な結像性能が得られない。

[0039] 条件式（3）の上限を上回ると、逆にバックフォーカスが長くなり過ぎて、全系のレンズ全長が過度に長くなり、小型化を達成できなくなる。また、条件式（3）の上限を上回ると、第1レンズ群G 1内の正の屈折力が弱くなり過ぎて、第1レンズ群G 1内での球面収差が補正過剰となり、広角側と望遠側との双方で球面収差を小さく抑えることができなくなる。この際、レンズL 1と像側の後続の負レンズとの間隔を大きくして球面収差を補正すると、レンズL 1の外径が大きくなり過ぎてしまい、小型化を達成できなくなる。また、とくに広角側で倍率の色収差が補正不足となる。

[0040] なお、条件式（3）に代えて下記条件式（3-1）を満足することがより好ましい。条件式（3-1）を満足することで、条件式（3）を満足するこ

とにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$[0041] \quad 6 < f_1 / f_w < 14 \quad \cdots \quad (3-1)$$

また、本実施形態の変倍光学系においては、下記条件式（４）を満足することが好ましい。

$$[0042] \quad 0.3 < f_5 / f_{G2} < 1.5 \quad \cdots \quad (4)$$

ただし、

f_5 ：第２レンズ群 G_2 のレンズ L_5 の焦点距離

f_{G2} ：第２レンズ群 G_2 の焦点距離

条件式（４）は、第２レンズ群 G_2 の正のレンズ L_5 と第２レンズ群 G_2 との焦点距離の比に関する式である。全系において軸上光束のマージナル光線の光線高さはレンズ L_5 で最も高いため、レンズ L_5 は本実施形態の変倍光学系に対する仕様および性能面での影響が大きい。条件式（４）の下限を下回ると、レンズ L_5 の屈折力が強くなり過ぎて、全系のバックフォーカスが小さくなり、レンズ系と像面 S_{im} との間に光学部材 G_C を配置するスペースが不十分となり、撮像装置への搭載が困難になる。この際、レンズ L_5 の屈折力が強くなり過ぎた分を、レンズ L_5 よりも像側に配置されたレンズで補償しようとする、像面湾曲等の軸外収差の発生量が大きくなり、結像領域全体で良好な結像性能を維持できなくなる。条件式（４）の上限を上回ると、レンズ L_5 の屈折力が弱くなるため、正のレンズ L_7 の屈折力を強くしなければならなくなり、全系での２次スペクトルを含めた軸上色収差および球面収差の双方を良好に補正することが困難となる。

[0043] また、条件式（４）に代えて下記条件式（４－１）を満足することがより好ましい。条件式（４－１）を満足することで、条件式（４）を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$[0044] \quad 0.6 < f_5 / f_{G2} < 1.2 \quad \cdots \quad (4-1)$$

また、本実施形態の変倍光学系においては、下記条件式（５）～（７）を満足することが好ましい。

$$[0045] \quad -0.1 < f_{G2F} / f_{G2B} < 0.1 \quad \cdots \quad (5)$$

$$-5 < \nu d 8 - \nu d 9 < 10 \quad \dots \quad (6)$$

$$29 < \nu d 9 < 37 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

f_{G2F} : 第2レンズ群G2の物体側の3枚のレンズL5, L6, L7の合成焦点距離

f_{G2B} : 第2レンズ群G2の像側の2枚のレンズL8, L9の合成焦点距離

$\nu d 8$: 第2レンズ群G2の像側から2番目のレンズL8のd線におけるアッペ数

$\nu d 9$: 第2レンズ群G2のレンズL9のd線におけるアッペ数

条件式(5)は、第2レンズ群G2の物体側の3枚のレンズL5, L6, L7からなる前側副レンズ群の合成焦点距離 f_{2GF} と、第2レンズ群G2の像側の2枚のレンズL8, L9からなる後側副レンズ群の合成焦点距離 f_{2GB} との関係を規定する式である。

[0046] 条件式(5)の下限を下回ると、前側副レンズ群の正の屈折力が弱くなり過ぎて、全系のバックフォーカスが長くなり、光学系の全長が長くなって小型化を達成できなくなる。また、像面湾曲が補正過剰となり、軸外周辺部での性能が劣化するため好ましくない。条件式(5)の上限を上回ると、前側副レンズ群の正の屈折力が強くなり、第2レンズ群G2の望遠レンズ化が進み、全系において、とくに広角端でのバックフォーカスが短くなり過ぎて、撮像装置への搭載が困難になる。また、条件式(5)の上限を上回ると、後側副レンズ群の正の屈折力が強くなり過ぎて像面湾曲が補正不足になり、軸外性能を劣化させる。

[0047] 条件式(6)、(7)は、条件式(5)を満足する条件下で、色収差、とくに倍率色収差を良好に維持するための式である。条件式(6)は、第2レンズ群G2の後側副レンズ群を構成するレンズL8, L9の材質に関する式である。色収差補正のためにレンズL8のアッペ数がレンズL9のアッペ数よりも大きくなると、レンズL9の正の屈折力よりもレンズL8の負の屈折

力が強くなり、第2レンズ群G2の後側副レンズ群の負の屈折力が強くなって、条件式(5)の下限に近づく。レンズL8のアッベ数がレンズL9のアッベ数よりも小さくなると、レンズ9の正の屈折力よりもレンズL8の負の屈折力が弱くなり、条件式(5)の上限に近づく。すなわち、条件式(6)を満足しないと条件式(5)を満足できなくなり、上述した条件式(5)を満足しない場合の問題が生じる。

[0048] 条件式(7)についても同様に、条件式(7)を満足しないと、色収差を補正できても条件式(6)を満足できなくなり、条件式(5)を満足しない場合と同様の問題が生じる。また、条件式(5)を満足させつつ色収差を補正すると、レンズL9のアッベ数 $\nu_d 9$ が、条件式(7)の範囲内にあることが必要となる。条件式(7)を満足しないと、色収差の補正が困難になる、結像性能が低下する、あるいはコンパクト性が損なわれるのいずれかの問題が生じる。

[0049] さらに、条件式(5)～(7)に代えて下記条件式(5-1)、(6-1)、(7-1)を満足することがより好ましい。条件式(5-1)、(6-1)、(7-1)を満足することで、条件式(5)～(7)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

[0050] $-0.05 < f_{G2F} / f_{G2B} < 0.05 \quad \dots \quad (5-1)$

$$0 < \nu_d 8 - \nu_d 9 < 5 \quad \dots \quad (6-1)$$

$$31 < \nu_d 9 < 36 \quad \dots \quad (7-1)$$

また、本実施形態の変倍光学系においては、第1レンズ群G1の最も物体側のレンズL1が、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる場合、下記条件式(8)を満足することが好ましい。

[0051] $4 < r_{1f} / f_w < 9 \quad \dots \quad (8)$

ただし、

r_{1f} : 第1レンズ群G1のレンズL1の物体側の面の曲率半径

f_w : 広角端における全系の焦点距離

第1レンズ群G1のレンズL1を物体側に凸形状を有するものとし、物体

側の面の曲率半径を小さくすることにより、レンズ系の全長を短くすることができるが、条件式（３）によりこの曲率半径が規制されてしまう。しかしながら、レンズＬ１を物体側凸の正メニスカスレンズとすることにより、レンズＬ１の物体側の面の曲率半径を小さくしても、レンズＬ１の像側の凹面によってレンズＬ１の屈折力が弱くなるため、条件式（３）により規制されるレンズ系の全長を短くすることができる。条件式（８）の下限を下回ると、レンズＬ１について条件式（３）の下限を下回るため、条件式（３）の下限を下回る場合と同様の問題が生じる。条件式（８）の上限を上回ると、レンズＬ１について条件式（３）の上限を上回るため、条件式（３）の上限を上回る場合と同様の問題が生じる。

[0052] [撮像装置への適用例]

次に、本発明の実施形態に係る撮像装置について説明する。図１３に、本発明の実施形態の撮像装置の一例として、本発明の実施形態の変倍光学系を用いた撮像装置の概略構成図を示す。撮像装置としては、例えば、ＣＣＤやＣＭＯＳ等の撮像素子を用いたデジタルカメラ、ビデオカメラおよび監視用カメラ等を挙げることができる。

[0053] 図１３に示す撮像装置１０は、変倍光学系１と、変倍光学系１の像側に配置されたフィルタ２と、変倍光学系１によって結像される被写体の像を撮像する撮像素子３と、撮像素子３からの出力信号を演算処理する信号処理部４と、変倍光学系１の変倍とその変倍によるフォーカス調整を行うためのズーム制御部５とを備える。

[0054] 変倍光学系１は、光軸Ｚに沿って移動することにより変倍を行う負の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、開口絞りＳｔと、第１レンズ群Ｇ１と同様に光軸Ｚに沿って移動することにより変倍を行う、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２とを有するものである。図１３では各レンズ群を概略的に示している。撮像素子３は、変倍光学系１により形成される光学像を電気信号に変換するものであり、その撮像面は変倍光学系１の像面に一致するように配置される。撮像素子３としては例えばＣＣＤやＣＭＯＳ等を用いることがで

きる。

[0055] このような撮像装置における変倍光学系 1 として、本実施形態による変倍光学系を用いることにより、高解像の撮像信号が得られる。

実施例

[0056] 次に、本実施形態に係る変倍光学系の具体的な実施例について説明する。

[0057] [実施例 1]

図 1 (A), (B), (C) は、本発明の実施例 1 に係る変倍光学系の構成を示す図である。なお、図 1 の構成におけるレンズ群および各レンズの詳細な説明は上述した通りであるため、以下ではとくに必要のない限り重複した説明は省略する。

[0058] 表 1 ~ 表 3 は、図 1 に示した実施例 1 の撮像レンズの構成に対応する具体的なレンズデータを示している。表 1 にはその基本的なレンズデータを示し、表 2 にはその他のデータを示し、表 3 には非球面データを示す。表 1 に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、実施例 1 に係る変倍光学系について、最も物体側の構成要素の面を 1 番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目 ($i = 1 \sim 20$) の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図 1 (B) において付した符号 R_i に対応させて、物体側から i 番目の面の曲率半径の値 (mm) を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i + 1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔 (mm) を示す。 n_{dj} の欄には、最も物体側のレンズを 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する j 番目 ($j = 1, 2, 3, \dots$) の光学要素の d 線 (波長 587.6 nm) に対する屈折率を示し、 ν_{dj} の欄には、 j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数を示す。表 1 のレンズデータにおいて、面番号の左側に付された記号「*」は、そのレンズ面が非球面形状であることを示す。表 1 の基本レンズデータには、これらの非球面の曲率半径として、近軸の曲率半径の数値を示している。

[0059] 表 2 にはまた、その他のデータとして、広角端、中間域および望遠端での無限遠合焦状態における全系のズーム倍率、近軸焦点距離 f (mm)、バッ

クフォーカス B_f 、F 値 ($F_{No.}$) および画角 (2ω) の値についても示す。

[0060] 実施例 1 に係るズームレンズは、変倍に伴って第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 との間隔が変化するため、第 1 レンズ群 G_1 と開口絞り S_t との間隔 D_8 、開口絞り S_t と第 2 レンズ群 G_2 との間隔 D_9 、および第 2 レンズ群と光学部材 G_C との間隔 D_{18} は可変となっている。表 2 には、面間隔 D_8 、 D_9 、 D_{18} の変倍時のデータとして、広角端、中間域および望遠端での無限遠合焦状態におけるズーム間隔 (mm) を示す。

[0061] 表 3 には実施例 1 に係る変倍光学系の非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号 “E” は、その次に続く数値が 10 を底とした “べき指数” であることを示し、その 10 を底とした指数関数で表される数値が “E” の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「1. 0E-02」であれば、「 1.0×10^{-2} 」であることを示す。なお非球面係数は、下記非球面式における各係数 K_A 、 A_m ($m=3, 4, 5, \dots, 16$) の値である。

$$[0062] \quad Z_d = C \cdot h^2 / \{1 + (1 - K_A \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2}\} + \sum A_m \cdot h^m$$

ただし、

Z_d : 非球面深さ (高さ h の非球面上の点から、非球面頂点が接する光軸に垂直な平面に下ろした垂線の長さ)

h : 高さ (光軸からのレンズ面までの距離)

C : 近軸曲率半径の逆数

K_A 、 A_m : 非球面係数 ($m=3, 4, 5, \dots, 16$)

以上述べた表 1～3 の記載の仕方は、後述する表 4～9 においても同様である。

[0063] 以下に記載する表では全て、上述したように長さの単位として mm を用い、角度の単位として度 ($^\circ$) を用いているが、光学系は比例拡大または比例縮小して使用することが可能であるため、他の適当な単位を用いることもできる。

[0064] [実施例 2, 3]

図 2 (A), (B), (C) は、本発明の実施例 2 に係る変倍光学系の構成を示す図、図 3 (A), (B), (C) は、本発明の実施例 3 に係る変倍光学系の構成を示す図である。実施例 2, 3 に係る変倍光学系は、実施例 1 に係る変倍光学系と略同様の構成とされている。

[0065] 上記の実施例 1 と同様に、実施例 2 に係る変倍光学系の具体的なレンズデータを表 4～6 に示す。また、実施例 3 に係る変倍光学系の具体的なレンズデータを表 7～9 に示す。

[表1]

実施例1・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν_dj
1	28.5819	6.12	1.77250	49.60
2	258.4465	1.79		
3	-385.0637	1.05	1.51742	52.43
4	8.6965	5.74		
5	-22.3123	0.86	1.59270	35.31
6	22.3123	0.77		
7	17.9934	2.80	1.95906	17.47
8	36.0751	DD[8]		
9(絞り)	∞	DD[9]		
*10	8.6892	5.15	1.56867	58.27
*11	-19.8167	0.15		
12	75.2262	0.80	1.73800	32.26
13	7.6320	3.70	1.49700	81.54
14	-21.8661	0.62		
15	-50.5326	1.01	1.73800	32.26
16	7.0025	0.58		
17	8.6989	2.95	1.90366	31.32
18	-167.1435	DD[18]		
19	∞	1.50	1.51633	64.14
20	∞	6.31		

[表2]

実施例1・その他のデータ

	広角端	中間域	望遠端
ズーム倍率	1.0	2.0	2.9
f	6.09	12.19	17.80
Bf	8.30	12.49	16.35
FNo.	1.45	1.90	2.44
$2\omega[^\circ]$	67.8	32.4	22.2
DD[8]	20.85	4.91	2.43
DD[9]	8.55	4.36	0.50
DD[18]	1.00	5.19	9.05

[表3]

実施例1・非球面係数

面番号	10	11
KA	8.31370E-01	4.46708E+00
A3	1.38442E-04	1.40655E-04
A4	-3.64273E-04	1.29995E-04
A5	2.14069E-04	1.95984E-05
A6	-1.07462E-04	2.97020E-05
A7	1.84832E-05	-3.21623E-05
A8	2.90869E-06	7.68828E-06
A9	-2.18967E-06	7.36761E-07
A10	5.64154E-07	-4.50691E-07
A11	-7.38077E-08	1.23593E-08
A12	-1.62232E-09	6.97463E-09
A13	1.71311E-09	6.01839E-10
A14	-8.19774E-11	-2.25918E-10
A15	-1.94415E-11	2.34512E-12
A16	1.68518E-12	1.16871E-12

[表4]

実施例2・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
1	43.0180	6.83	1.80000	29.84
2	183.4268	0.50		
3	75.0476	1.07	1.51742	52.43
4	8.4520	7.05		
5	-21.3272	0.80	1.54814	45.79
6	30.7474	0.51		
7	17.7103	2.90	1.92286	18.90
8	27.9843	DD[8]		
9(絞り)	∞	DD[9]		
*10	9.0654	4.87	1.55880	62.55
*11	-19.9157	0.15		
12	73.4929	1.01	1.72047	34.71
13	7.8274	4.08	1.49700	81.54
14	-19.3832	0.56		
15	-48.0263	2.10	1.74950	35.28
16	7.1675	0.50		
17	8.6169	2.84	1.91082	35.25
18	-110.8824	DD[18]		
19	∞	1.50	1.51633	64.14
20	∞	6.00		

[表5]

実施例2・その他のデータ

	広角端	中間域	望遠端
ズーム倍率	1.0	2.0	2.9
f	5.25	10.50	15.34
Bf	7.99	12.27	16.22
FNo.	1.45	1.91	2.49
2ω [°]	75.6	37.6	25.8
DD[8]	20.22	4.88	2.65
DD[9]	8.72	4.43	0.49
DD[18]	1.00	5.29	9.23

[表6]

実施例2・非球面係数

面番号	10	11
KA	8.58524E-01	4.50797E+00
A3	1.48054E-04	9.80812E-05
A4	-3.69907E-04	1.32566E-04
A5	2.14169E-04	1.92943E-05
A6	-1.07394E-04	2.96288E-05
A7	1.84927E-05	-3.21718E-05
A8	2.90926E-06	7.68719E-06
A9	-2.18976E-06	7.36663E-07
A10	5.64115E-07	-4.50710E-07
A11	-7.38294E-08	1.23571E-08
A12	-1.62444E-09	6.97422E-09
A13	1.71300E-09	6.01898E-10
A14	-8.19890E-11	-2.25932E-10
A15	-1.94384E-11	2.33735E-12
A16	1.68489E-12	1.16892E-12

[表7]

実施例3・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
1	27.6409	7.04	1.69680	55.53
2	212.7620	1.19		
3	519.1309	2.00	1.51633	64.14
4	8.2533	5.52		
5	-25.7871	0.80	1.72000	50.23
6	17.7553	0.50		
7	16.3399	3.46	1.90366	31.32
8	69.9385	DD[8]		
9(絞り)	∞	DD[9]		
*10	9.4874	4.79	1.58913	61.14
*11	-19.8761	0.32		
12	85.8570	1.06	1.73800	32.26
13	7.7097	4.90	1.49700	81.54
14	-19.1130	0.50		
15	-52.4482	0.80	1.72047	34.71
16	7.1234	0.54		
17	8.5809	2.98	1.85026	32.27
18	-91.8921	DD[18]		
19	∞	1.50	1.51633	64.14
20	∞	5.87		

[表8]

実施例3・その他のデータ

	広角端	中間域	望遠端
ズーム倍率	1.0	2.0	2.9
f	5.90	11.80	17.23
Bf	7.86	12.03	15.86
FNo.	1.45	1.93	2.38
2ω [°]	69.2	33.6	23.0
DD[8]	20.83	4.63	2.04
DD[9]	8.49	4.33	0.49
DD[18]	1.00	5.16	9.00

[表9]

実施例3・非球面係数

面番号	10	11
KA	9.12903E-01	4.52718E+00
A3	1.56144E-04	9.31560E-05
A4	-3.67771E-04	1.27067E-04
A5	2.14250E-04	1.91394E-05
A6	-1.07333E-04	2.96199E-05
A7	1.85016E-05	-3.21698E-05
A8	2.90973E-06	7.68809E-06
A9	-2.19005E-06	7.36796E-07
A10	5.64027E-07	-4.50673E-07
A11	-7.38320E-08	1.23594E-08
A12	-1.62383E-09	6.97425E-09
A13	1.71301E-09	6.01222E-10
A14	-8.19020E-11	-2.25832E-10
A15	-1.94400E-11	2.34146E-12
A16	1.68521E-12	1.16898E-12

[0066] [各実施例のその他の数値データ]

表10には、上述の各条件式に関する値を、各実施例についてまとめたものを示す。表10から分かるように、条件式(1)～(8)については、各実施例の値がその数値範囲内となっている。

[表10]

式の番号	条件式	実施例1	実施例2	実施例3
(1)	vdp1	33.53	24.37	43.42
(2)	f2/fw	-2.695	-3.524	-2.756
(3)	f1/fw	6.7	13.1	7.6
(4)	f5/fG2	0.88	0.91	0.89
(5)	fG2F/fG2B	-0.035	0.012	0.005
(6)	vd8~vd9	0.94	0.03	2.44
(7)	vd9	31.32	35.25	32.27
(8)	r1f/fw	4.69	8.191	4.684

[0067] [収差性能]

図4(A)～(E)はそれぞれ、実施例1に係る変倍光学系における広角端での球面収差、正弦条件違反量についての収差、非点収差、歪曲収差および倍率色収差を示している。図5(A)～(E)は中間域における同様の各収差を示し、図6(A)～(E)は、望遠端における同様の各収差を示している。各収差図には、d線(587.6nm)を基準波長とした収差を示す。球面収差図には、波長656.3nm(C線)、波長486.1nm(F線)、波長435.8nm(g線)および波長852.1nm(s線)についての収差も示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、破線はタン

ジェンシャル方向の収差を示す。 $FNo.$ はF値、 ω は半画角を示す。倍率色収差図には、C線、F線およびg線についての収差を示す。

[0068] 同様に、実施例2に係る変倍光学系についての諸収差を図7(A)～(E)(広角端)、図8(A)～(E)(中間域)および図9(A)～(E)(望遠端)に示す。同様にして、実施例3に係る変倍光学系についての諸収差を図10～12の(A)～(E)に示す。

[0069] 以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について諸収差が良好に補正され、全体的に小型化の図られた変倍光学系が実現できている。

[0070] なお、本発明は、上記実施形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値等は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、絞り、および正の屈折力を有する第2レンズ群からなり、広角端から望遠端へ変倍する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との光軸方向の間隔が小さくなるように構成された変倍光学系であって、
前記絞りが、変倍時に像面に対して固定されており、
前記第1レンズ群が、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、負レンズ、および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり
下記条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$2.2 < \nu d p < 4.7 \quad \dots \quad (1)$$

$$-5.00 < f_2 / f_w < -1.20 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

$\nu d p$: 前記第1レンズ群の最も物体側の正レンズおよび最も像側の正メニスカスレンズのd線における平均アッベ数

f_w : 広角端における全系の焦点距離

f_2 : 前記第1レンズ群の物体側から2番目に配置された負レンズの焦点距離

[請求項2] 下記条件式(1-1)を満足することを特徴とする請求項1記載の変倍光学系。

$$2.4 < \nu d p < 4.4 \quad \dots \quad (1-1)$$

ただし、

$\nu d p$: 前記第1レンズ群の最も物体側の正レンズおよび最も像側の正メニスカスレンズのd線における平均アッベ数

[請求項3] 下記条件式(2-1)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の変倍光学系。

$$-4.00 < f_2 / f_w < -2.00 \quad \dots \quad (2-1)$$

ただし、

f_w : 広角端における全系の焦点距離

f_2 : 前記第1レンズ群の物体側から2番目に配置された負レンズの焦点距離

[請求項4] 下記条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載の変倍光学系。

$$3 < f_1 / f_w < 1.7 \quad \dots \quad (3)$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

[請求項5] 下記条件式(3-1)を満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載の変倍光学系。

$$6 < f_1 / f_w < 1.4 \quad \dots \quad (3-1)$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

[請求項6] 前記第2レンズ群が、物体側から順に、両凸レンズ、負レンズ、両凸レンズ、負レンズ、および正レンズからなることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の変倍光学系。

[請求項7] 下記条件式(4)を満足することを特徴とする請求項6記載の変倍光学系。

$$0.3 < f_5 / f_{G2} < 1.5 \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

f_5 : 前記第2レンズ群の最も物体側の両凸レンズの焦点距離

f_{G2} : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項8] 下記条件式(4-1)を満足することを特徴とする請求項6記載の変倍光学系。

$$0.6 < f_5 / f_{G2} < 1.2 \quad \dots \quad (4-1)$$

ただし、

f_5 : 前記第2レンズ群の最も物体側の両凸レンズの焦点距離

f_{G2} : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項9] 下記条件式(5)～(7)を満足することを特徴とする請求項6から8のいずれか1項記載の変倍光学系。

$$-0.1 < f_{G2F} / f_{G2B} < 0.1 \quad \dots \quad (5)$$

$$-5 < \nu d_8 - \nu d_9 < 10 \quad \dots \quad (6)$$

$$2.9 < \nu d_9 < 3.7 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

f_{G2F} : 前記第2レンズ群の物体側の3枚のレンズの合成焦点距離

f_{G2B} : 前記第2レンズ群の像側の2枚のレンズの合成焦点距離

νd_8 : 前記第2レンズ群の像側から2番目の負レンズのd線におけるアッベ数

νd_9 : 前記第2レンズ群の正レンズのd線におけるアッベ数

[請求項10] 下記条件式(5-1)を満足することを特徴とする請求項9記載の変倍光学系。

$$-0.05 < f_{G2F} / f_{G2B} < 0.05 \quad \dots \quad (5-1)$$

ただし、

f_{G2F} : 前記第2レンズ群の物体側の3枚のレンズの合成焦点距離

f_{G2B} : 前記第2レンズ群の像側の2枚のレンズの合成焦点距離

[請求項11] 下記条件式(6-1)を満足することを特徴とする請求項9または10項記載の変倍光学系。

$$0 < \nu d_8 - \nu d_9 < 5 \quad \dots \quad (6-1)$$

ただし、

νd_8 : 前記第2レンズ群の像側から2番目の負レンズのd線におけるアッベ数

νd_9 : 前記第2レンズ群の最も像側の正レンズのd線におけるアッベ数

[請求項12] 下記条件式(7-1)を満足することを特徴とする請求項9から1

1 のいずれか 1 項記載の変倍光学系。

$$3.1 < \nu d 9 < 3.6 \quad \dots \quad (7-1)$$

ただし、

$\nu d 9$: 前記第 2 レンズ群の正レンズの d 線におけるアッベ数

[請求項13] 前記第 1 レンズ群の最も物体側の正レンズが、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、

下記条件式 (8) を満足することを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項記載の変倍光学系。

$$4 < r 1 f / f w < 9 \quad \dots \quad (8)$$

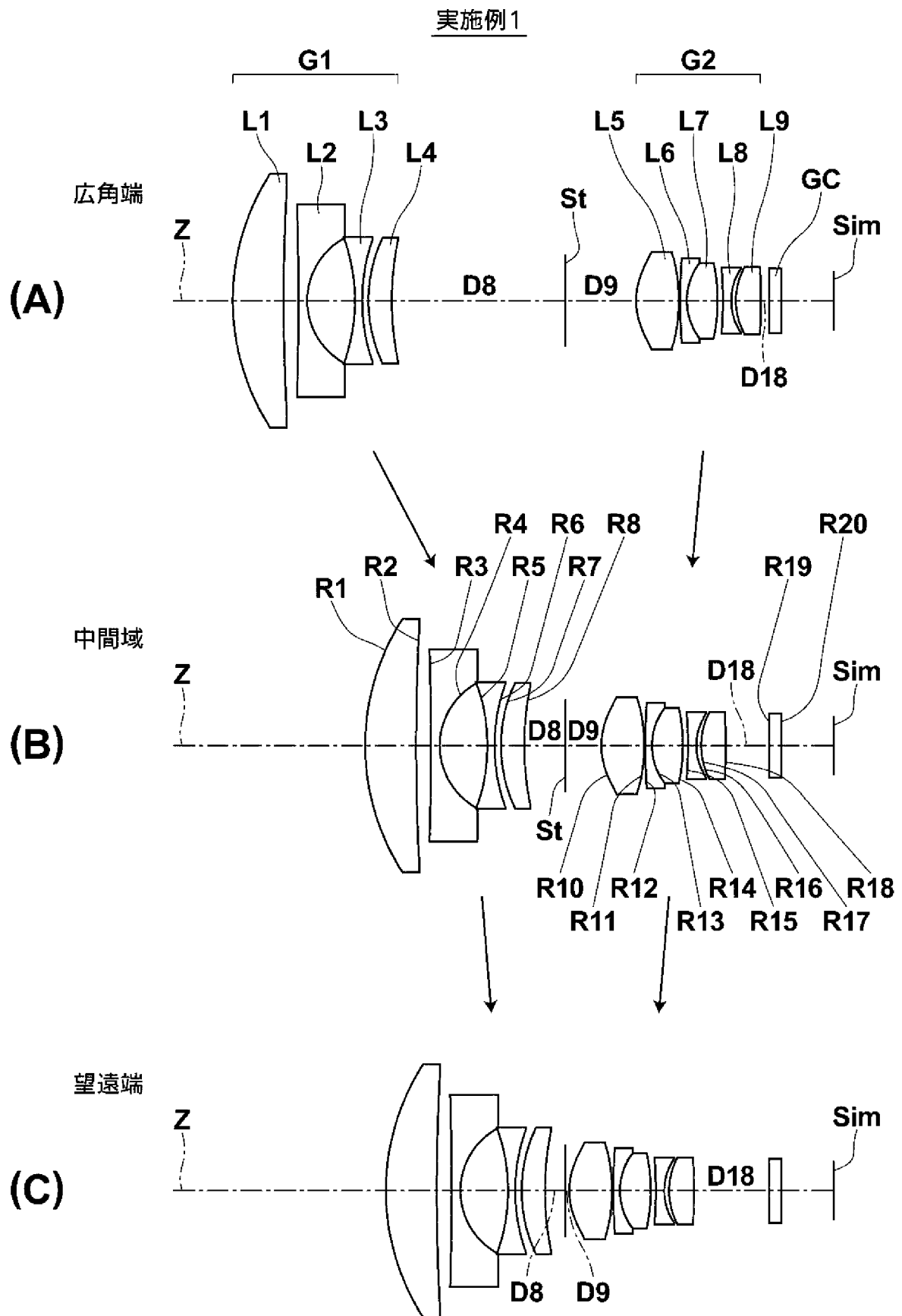
ただし、

$r 1 f$: 前記第 1 レンズ群の最も物体側の正レンズの物体側の面の曲率半径

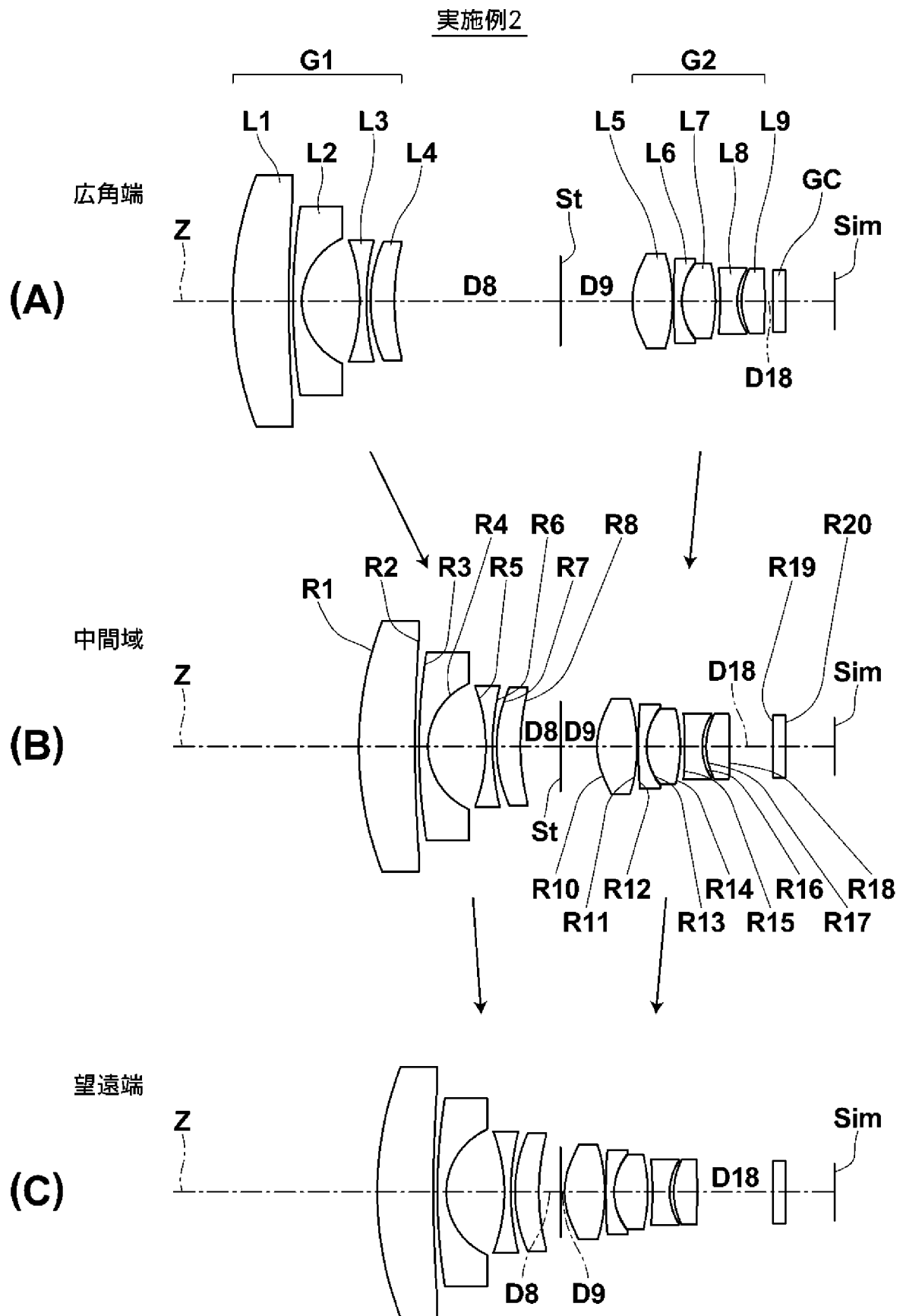
$f w$: 広角端における全系の焦点距離

[請求項14] 請求項 1 から 13 のいずれか 1 項記載の変倍光学系を搭載したことを特徴とする撮像装置。

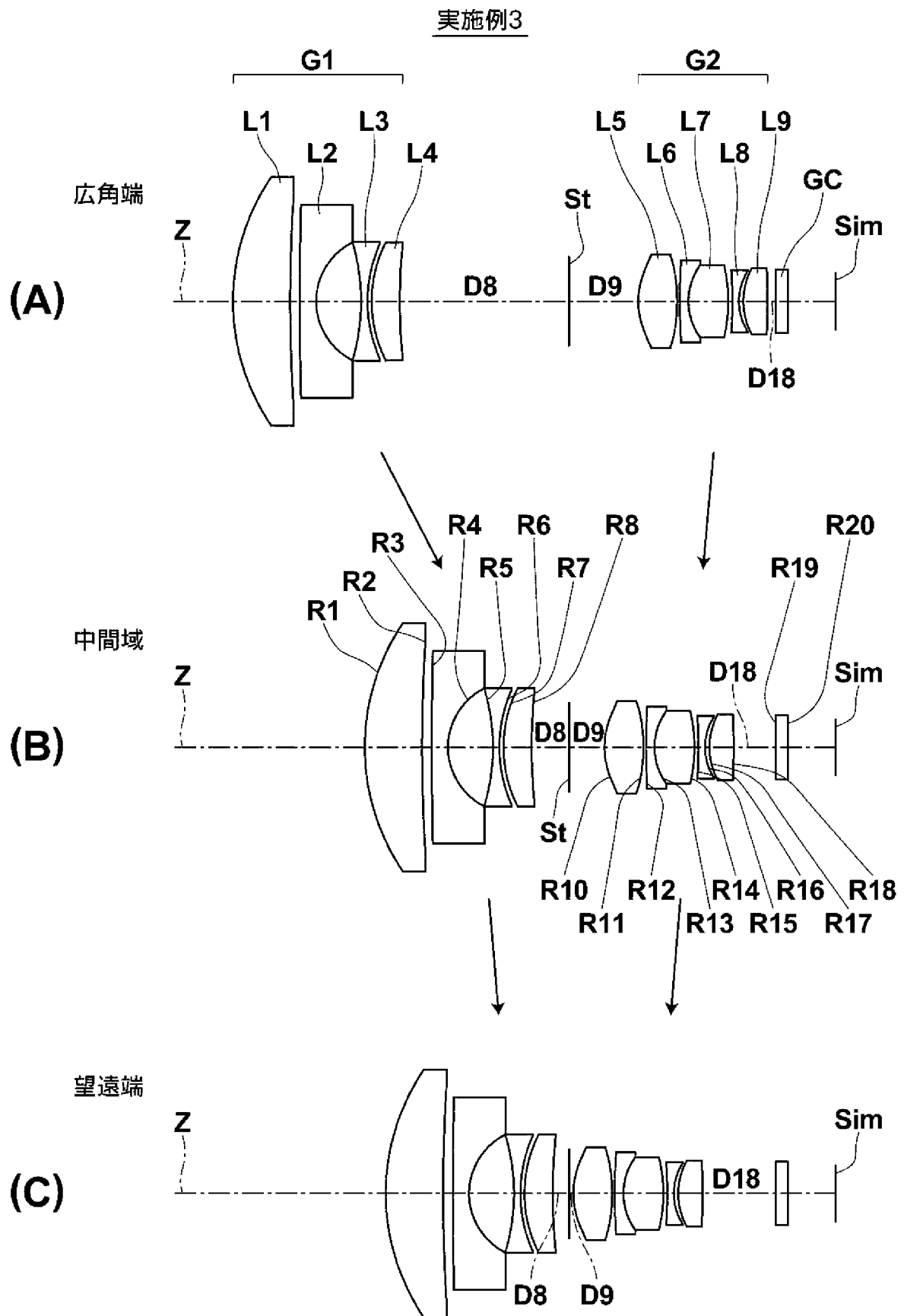
[図1]



[図2]



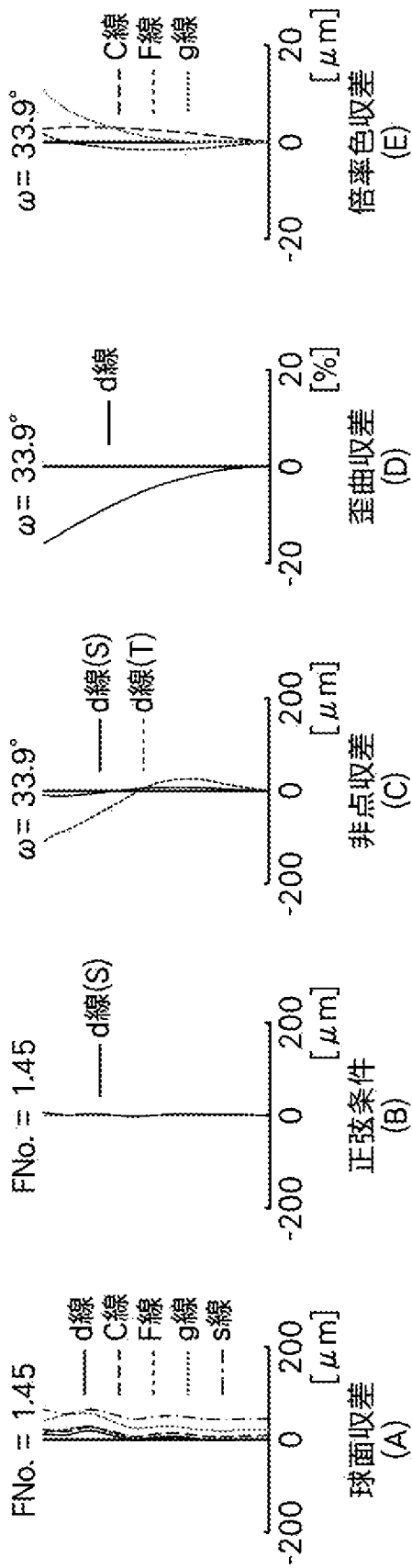
[図3]



[図4]

実施例 1

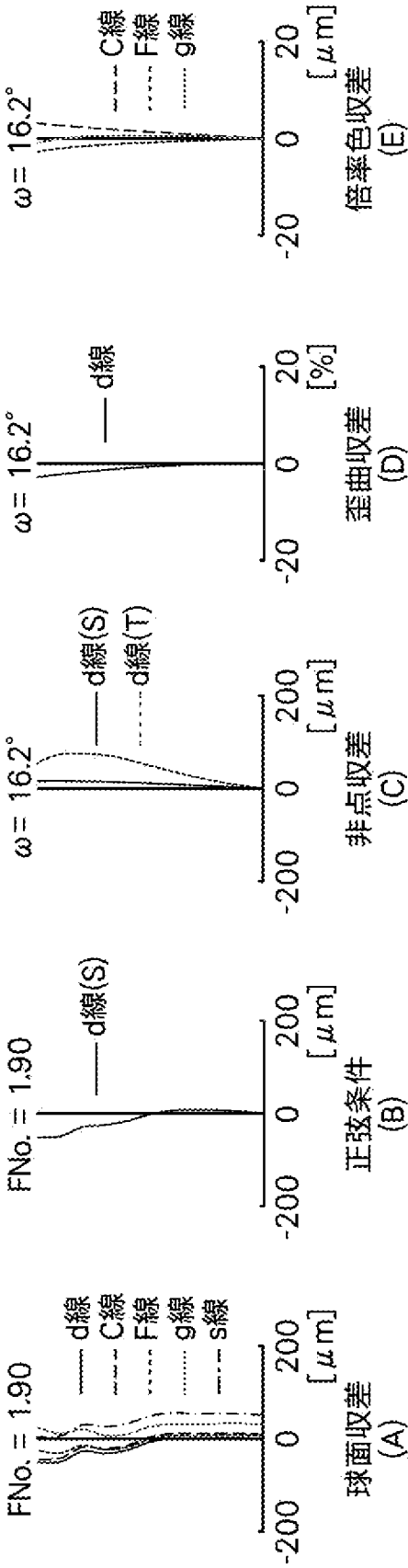
広角端



[図5]

実施例1

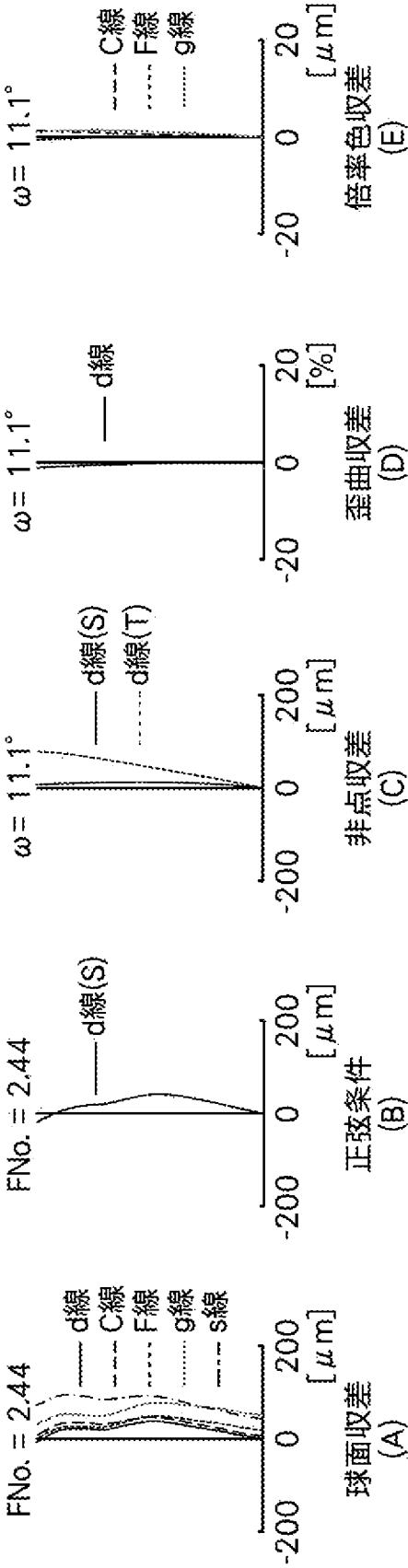
中間域



[図6]

実施例 1

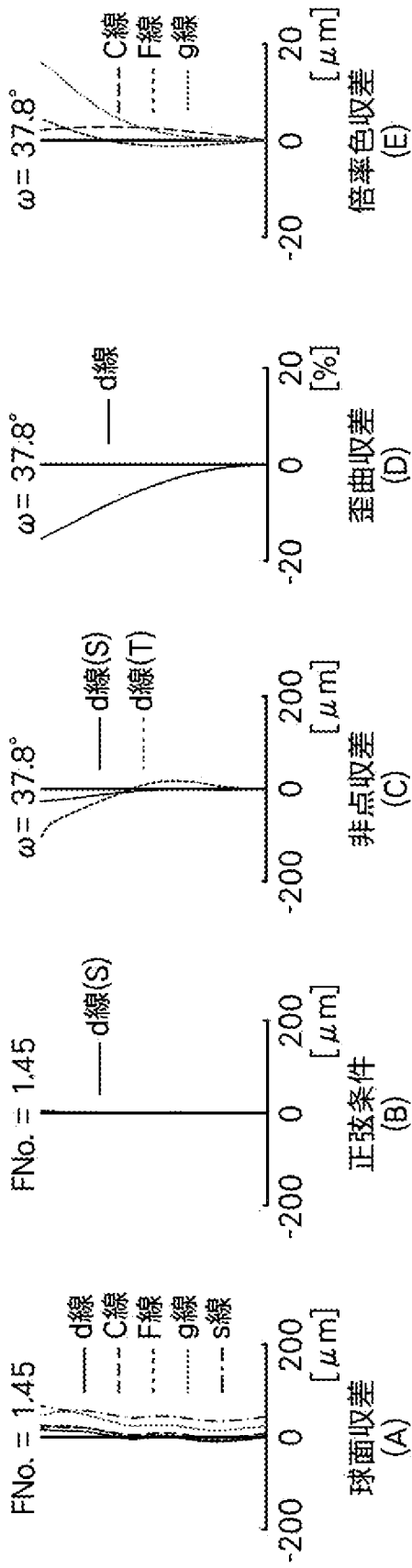
望遠端



[図7]

実施例2

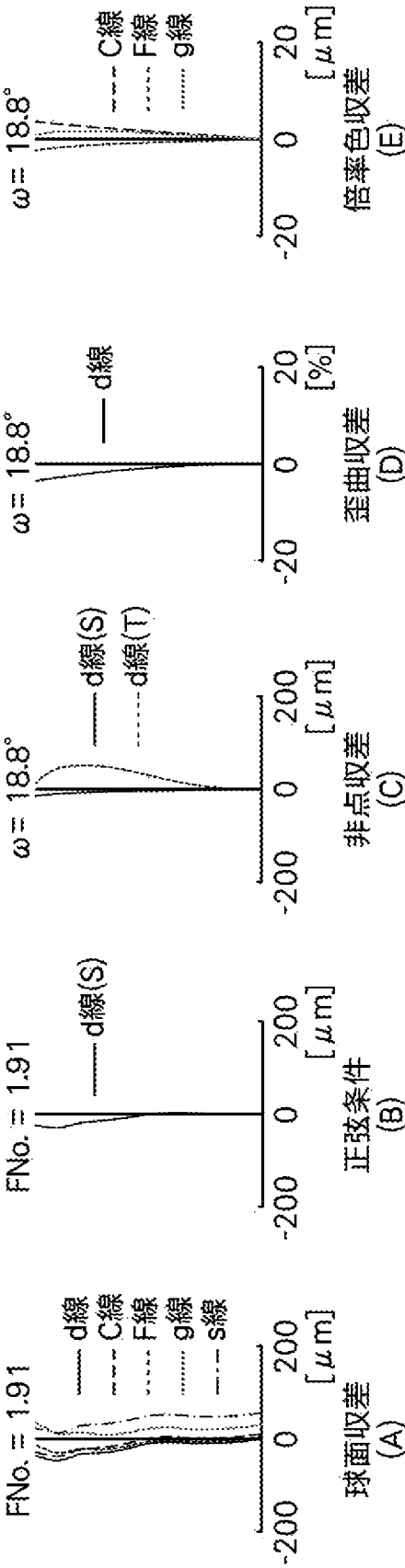
広角端



[図8]

実施例2

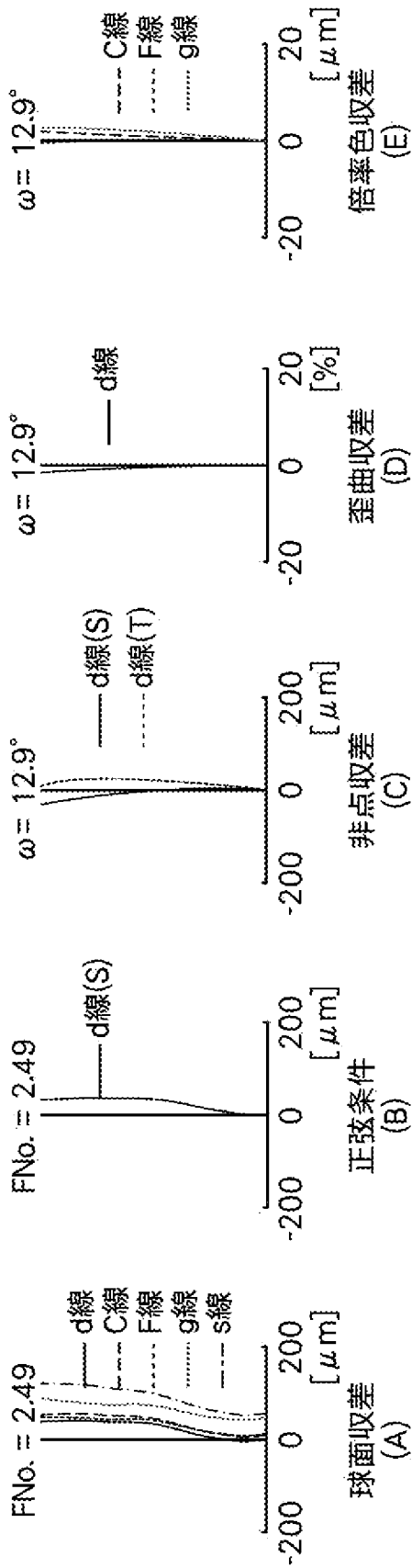
中間域



[図9]

実施例2

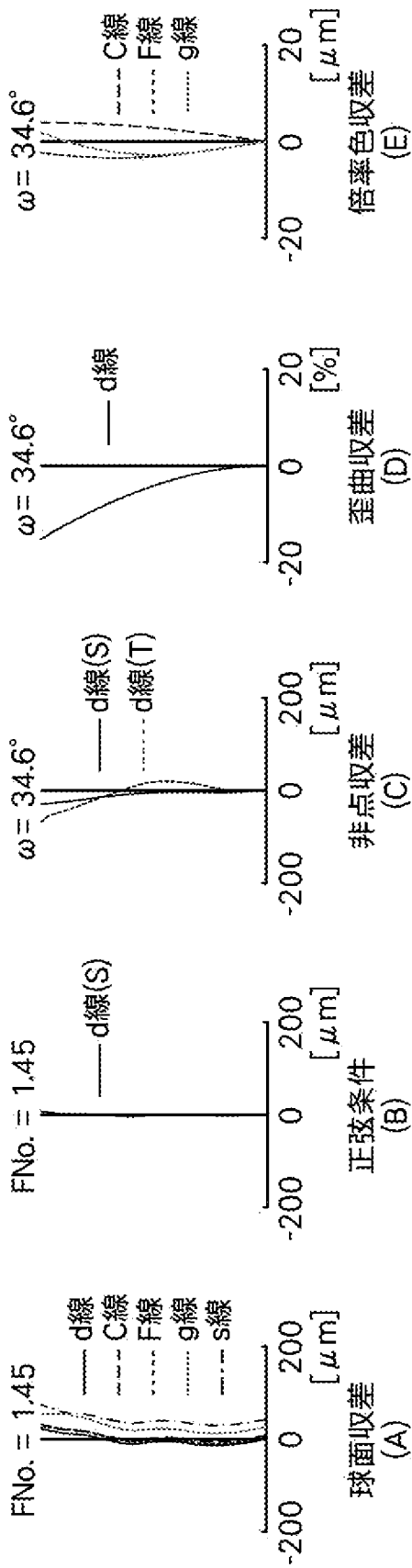
望遠端



[図10]

実施例3

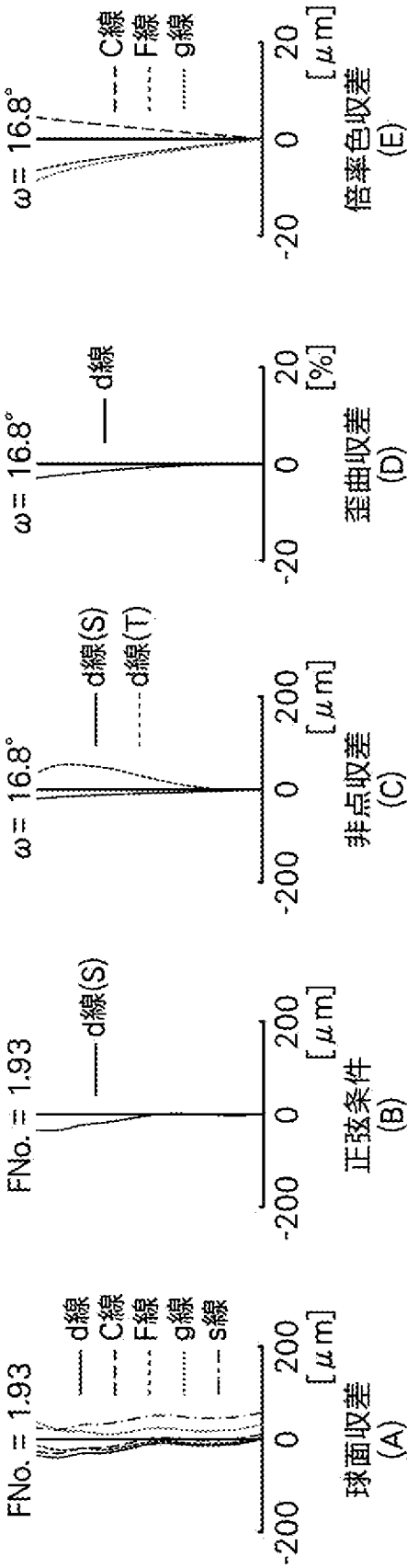
広角端



[図11]

実施例3

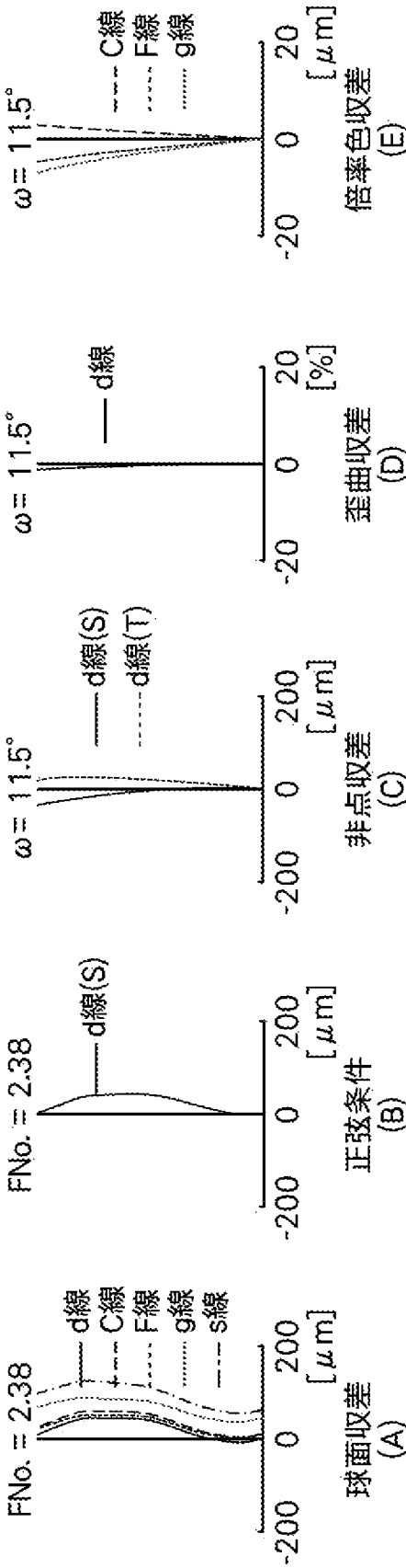
中間域



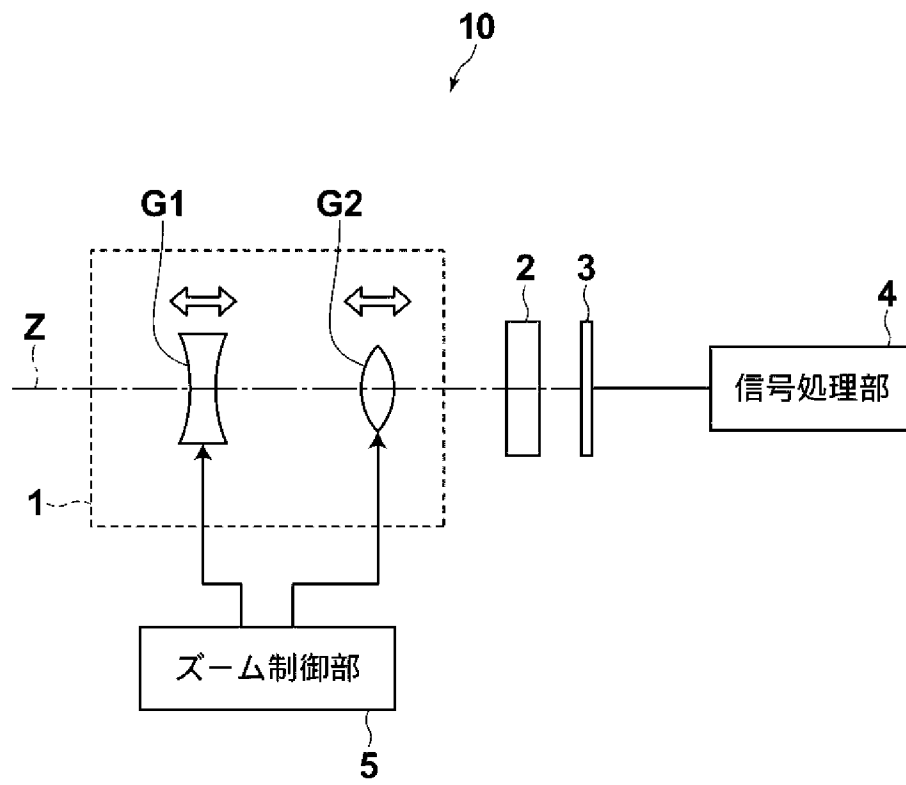
[図12]

実施例3

望遠端



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/002559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/16(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)

G02B15/16, 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 A	JP 11-223768 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 17 August 1999 (17.08.1999), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'example 2') & US 6169635 B1	1-5, 13-14 6-12
X A	JP 10-206734 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 07 August 1998 (07.08.1998), entire text; all drawings & US 5910860 A & DE 19801515 A & DE 19801515 A1	1, 4-5, 14 2-3, 6-13

☒ 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
07 August, 2013 (07.08.13)

Date of mailing of the international search report
20 August, 2013 (20.08.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/002559

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-305125 A (Canon Inc.), 05 November 1999 (05.11.1999), entire text; all drawings (particularly, columns concerning 'examples 6, 8' (paragraphs [0056], [0065])) & US 6934092 B1	1-5, 14 6-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B15/16(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. G02B15/16, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 11-223768 A（旭光学工業株式会社） 1999.08.17, 全文、全図（特に、「実施例2」に関する欄等） & US 6169635 B1	1-5, 13-14 6-12
X A	JP 10-206734 A（旭光学工業株式会社） 1998.08.07, 全文、全図 & US 5910860 A & DE 19801515 A & DE 19801515 A1	1, 4-5, 14 2-3, 6-13
X A	JP 11-305125 A（キヤノン株式会社） 1999.11.05, 全文、全図（特に、「実施例6」、「実施例8」に関する欄（段落【0056】、 【0065】）等） & US 6934092 B1	1-5, 14 6-13

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

07.08.2013

国際調査報告の発送日

20.08.2013

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

2V

4464

電話番号 03-3581-1101 内線 3271