

(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
2012 年 9 月 20 日(20.09.2012)



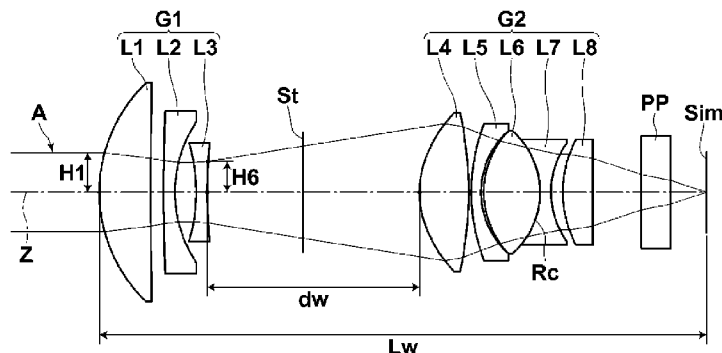
(10) 国際公開番号
WO 2012/124297 A1

- (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/JP2012/001597
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 8 日(08.03.2012)
- (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 2011-054076 2011 年 3 月 11 日(11.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士
フィルム株式会社 (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; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大野 和則
(ONO, Kazunori) [JP/JP]; 〒3310813 埼玉県さいたま
市北区植竹町 1 丁目 3 2 4 番地富士フィルム株
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 -
1 8 - 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, 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, 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, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL ASSEMBLY AND IMAGE CAPTURE DEVICE

(54) 発明の名称: 変倍光学系および撮像装置

[図1]



(57) Abstract: [Problem] To provide a variable magnification optical assembly which is configured to be miniaturized and inexpensive, whereby a strong optical performance is implemented while also having a large aperture ratio, and with which a comparatively medium telephoto variable magnification range is provided. [Solution] A variable magnification optical assembly comprises, in order from the object side: a negative first lens group (G1); an iris which is fixed with respect to the imaging surface when the magnification is changed; and a positive second lens group (G2). When changing the magnification from the wide-angle end to the telephoto end, the gap between the first lens group (G1) and the second lens group (G2) along the optical axis is reduced. The first lens group (G1) further comprises, in order from the object side: a lens (L1) which is a positive lens, with a convex face oriented toward the object side; and two negative lenses (L2), (L3). The variable magnification optical assembly satisfies formula (1), hereinafter, for an Abbe value v_{d1} in a d line of the positive lens (L1) of the first lens group (G1): $25.5 < v_{d1} < 50$ (1)

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/124297 A1



【課題】変倍光学系において、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実現し、比較的中望遠寄りの変倍域を有する。【解決手段】変倍光学系は、物体側から順に、負の第1レンズ群（G1）と、変倍時に像面に対して固定されている絞りと、正の第2レンズ群（G2）とからなる。広角端から望遠端への変倍時には、第1レンズ群（G1）と第2レンズ群（G2）の光軸方向の間隔が小さくなる。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正レンズであるレンズ（L1）と、2枚の負レンズであるレンズ（L2）、（L3）とからなる。変倍光学系は、第1レンズ群（G1）の正のレンズ（L1）のd線におけるアッベ数 v_d1 について下記条件式（1）を満たす。

$$25.5 < v_d1 < 50 \quad (1)$$

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、特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該変倍光学系を備えた撮像装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、防犯や記録等の目的で監視カメラが用いられており、監視カメラ用の光学系としてCCTV (Closed-circuit Television) 用変倍光学系が用いられている。このようなCCTV用変倍光学系では、コンパクトなレンズ構成で安価に製造でき、且つ高視野角領域から標準画角までカバーできる仕様で、室内や屋外での使用に耐える事が求められる為、比較的構成が簡易でこれらの条件に適う2群ズームレンズが多用されてきた。

[0003] コンパクトな2群ズームレンズとしては、銀塩フィルムカメラの時代に開発が盛んに行われていた、物体側から正の1群、負の2群を配した正屈折力先行の正負2群構成のズームレンズがある。しかしこのタイプは、コンパクト化の為、開口絞りが正の第1群と一体的に配設され、レンズ系全長が広角端で短く望遠端で長くなる。監視カメラの筐体はサイズが固定されているものが大半であるため、このタイプを監視カメラに適用した場合、画角の大きな広角端におけるレンズ配置が筐体に対して最も奥まった配置となるため、筐体を大型化しなければならず、構成上問題が大きい。

[0004] また、コストの都合上、開口絞りを可変にする構成は採用しにくい為、入射瞳径は変倍を通じて一定であり、望遠端では広角端に比べて変倍比倍だけF値が大きくなり、監視カメラ用光学系として不満足な仕様となる。さらに、広角端では、2群が負屈折力を有するため像面の法線に対する主光線の角度が大きくなり、電子撮像素子を使用する上で重要な条件であるテレセント

リック性が低下する。このように、不適な項目が多いため、正負2群構成の変倍光学系は監視カメラ用途には採用しにくかった。

[0005] これらのことから、監視カメラ用途のコンパクトな2群構成の変倍光学系としては、負屈折力先行の負正2群構成が望まれる。従来知られている負正2群構成の変倍光学系としては、例えば下記特許文献1～5に記載のものがある。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2001-330773号公報
特許文献2：特開2001-281543号公報
特許文献3：特開2007-79108号公報
特許文献4：特開2007-279335号公報
特許文献5：特開2008-158320号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 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、高性能で小型かつ低コストに構成されたレンズ系が求められている。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様な、より高解像で、より高倍率に撮像できる、広角端での焦点距離が従来に比してやや長めの、比較的中望遠寄りの変倍域を有し、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。

[0008] 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、比較的中望遠寄りの変倍域を有する変倍光学系および該変倍光学系を備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の第1の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、絞りと、正の屈折力を持つ第2レンズ群とからなり、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いるものであり、第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、2枚の負レンズとからなり、下記条件式(1)を満たすことを特徴とするものである。

$$2.5 \leq \nu d_1 \leq 50 \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

νd_1 : 第1レンズ群の最も物体側の正レンズのd線におけるアッペ数

[0010] 本発明の第2の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、絞りと、正の屈折力を持つ第2レンズ群とからなり、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いるものであり、第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズと、2枚の負レンズとからなることを特徴とするものである。

[0011] 負屈折力先行の負正2群構成の変倍光学系は、従来から、例えば上記特許文献1、5等の一眼レフカメラ用の広角域から始まるズームレンズとして使用されてきたが、最も物体側の第1レンズに正レンズを配設する例は少ない。理由として、第1レンズに正レンズを配設すると、レンズ外径や中心厚の増大化を伴ってより大型化し、レンズ、重量、コストに大きく影響するからである。また、ミラーボックス部の空間的な制約から全系のバックフォーカスの確保の妨げとなる為、一部の超広角域から始まるズームレンズや、歪曲収差を小さくする等軸外諸収差の発生を抑える必要のあるレンズ以外では、あまり使用されてこなかった。

[0012] しかし、本発明の第1、第2の変倍光学系は、変倍域の目標範囲を中望遠

寄りにしていることから、広角端の画角が中望遠寄りであり広くないため、正レンズを第1レンズに配設しても、この正レンズのレンズ外径を差程大きくする必要がなく、さらに本変倍光学系の適用用途として想定される監視カメラ等ではそれほど長いバックフォーカスを必要としない。また、負正2群構成の変倍光学系では、特に広角側で大きくなる傾向にあるレンズ全長を極力小さくする必要があるが、負屈折力の第1レンズ群の最も物体側に正レンズを配設することで、全系のコンパクト化と全変倍域での良好な結像性能確保とを両立させることが可能になる。

[0013] また、本発明の第1、第2の変倍光学系は、第1レンズ群の上記正レンズの像側に2枚の負レンズを配置して、第1レンズ群に必要な負屈折力をこれら2枚の負レンズに分散させながら確保し、第1レンズ群のレンズ枚数を極力抑えた3枚とすることで、小型かつ低コストに構成している。

[0014] 本発明の第2の変倍光学系においては、下記条件式(1A)を満たすことが好ましい。

$$2.1 < \nu d1 < 50 \quad \dots \quad (1A)$$

ただし、

$\nu d1$: 第1レンズ群の最も物体側の正レンズのd線におけるアッペ数

[0015] 本発明の第1、第2の変倍光学系においては、下記条件式(2)を満たすことが好ましい。

$$0.8 < f1 / fw < 2.5 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

$f1$: 第1レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離

fw : 広角端における全系の焦点距離

[0016] また、本発明の第1、第2の変倍光学系においては、第2レンズ群は、物体側から順に、両凸レンズと、負メニスカスレンズと、両凸レンズと、両凹レンズと、正レンズとからなる5枚構成を採用することができる。

[0017] また、本発明の第1、第2の変倍光学系においては、第2レンズ群が、上記5枚構成を採用する場合、下記条件式(3)または(4)～(6)を満た

すことが好ましい。

$$0.5 < f_4 / f_{G2} < 1.3 \quad \dots \quad (3)$$

$$-0.6 < f_{G2F} / f_{G2B} < -0.2 \quad \dots \quad (4)$$

$$0 < \nu_{d7} - \nu_{d8} < 25 \quad \dots \quad (5)$$

$$1.5 < \nu_{d8} < 3.3 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

f_4 : 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

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_{d7} : 第2レンズ群の両凹レンズのd線におけるアッペ数

ν_{d8} : 第2レンズ群の正レンズのd線におけるアッペ数

[0018] なお、 f_{G2F} に関する「物体側の3枚のレンズ」とは物体側から1～3番目のレンズのことであり、 f_{G2B} に関する「像側の2枚のレンズ」とは像側から1～2番目のレンズのことである。なお、物体側から3、4番目のレンズが互いに接合されているときは、 f_{G2F} 、 f_{G2B} についてはこの接合レンズを単レンズに分解して考えるものとする。

[0019] また、本発明の第1、第2の変倍光学系においては、第2レンズ群が、下記条件式(7)を満たす接合面を少なくとも1つ有することが好ましい。

$$-0.75 < R_c / f_w < -0.70 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

R_c : 接合面の曲率半径

f_w : 広角端における全系の焦点距離

[0020] なお、曲率半径の符号は、物体側に凸面を向けた形状の場合を正とし、像側に凸面を向けた形状の場合を負とすることにする。

[0021] また、本発明の第1、第2の変倍光学系においては、下記条件式(8)または(9)～(10)を満たすことが好ましい。

$$1.2 < H_1 / H_6 < 1.5 \quad \dots \quad (8)$$

$$1. \quad 4 < d_w / f_w < 2.2 \quad \cdots \quad (9)$$

$$4. \quad 5 < L_w / f_w < 5.6 \quad \cdots \quad (10)$$

ただし、

H1：広角端における軸上光束のマージナル光線の、第1レンズ群の最も物体側の面における光線高

H6：広角端における軸上光束のマージナル光線の、第1レンズ群の最も像側の面における光線高

d_w ：広角端における第1レンズ群と第2レンズ群の光軸上の間隔

f_w ：広角端における全系の焦点距離

L_w ：広角端におけるレンズ全長（第1レンズ群の最も物体側の面から像面までの光軸上の距離）

[0022] なお、軸上光束とは、光軸上の無限遠物体からの光束をF値や開口絞り径等の所定の仕様に基つき最大径まで入射させたときのものである。

[0023] なお、 L_w の算出においては、レンズ系のバックフォーカス分は空気換算した値を用いるものとする。例えば、最も像側のレンズと像面との間にフィルタやカバーガラス等の屈折力を持たない部材が挿入されているときは、この部材の厚みを空気換算して L_w を算出するものとする。

[0024] なお、上記本発明の変倍光学系におけるレンズの面形状、屈折力の符号は、非球面が含まれているものについては近軸領域で考えるものとする。

[0025] 本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の変倍光学系と、該変倍光学系により形成された光学像を撮像して電気信号を出力する撮像素子とを備えたことを特徴とするものである。

発明の効果

[0026] 本発明の第1の変倍光学系によれば、物体側から順に、負の第1レンズ群と、絞りと、正の第2レンズ群とが配されてなり、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において、絞りを変倍時に像面に対して固定されているものとし、第1レンズ群の構成を好適に設定し、特に、第1レンズ群の

最も物体側に正レンズを配置し、この正レンズの材質を条件式（１）を満たすように選択しているため、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、比較的中望遠寄りの変倍域を有する変倍光学系を実現することができる。

[0027] 本発明の第２の変倍光学系によれば、物体側から順に、負の第１レンズ群と、絞りと、正の第２レンズ群とが配されてなり、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において、絞りを変倍時に像面に対して固定されているものとし、第１レンズ群の構成を好適に設定し、特に、第１レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズを配置しているため、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、比較的中望遠寄りの変倍域を有する変倍光学系を実現することができる。

[0028] また、本発明の撮像装置は、本発明の変倍光学系を備えているため、小型で安価に構成でき、低照度での条件下でも撮影可能であり、より高倍率で良好な像を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図１]本発明の一実施形態にかかる変倍光学系のレンズ構成と軸上光束を示す断面図

[図２]図２（Ａ）～図２（Ｃ）はそれぞれ本発明の実施例１の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図３]図３（Ａ）～図３（Ｃ）はそれぞれ本発明の実施例２の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図４]図４（Ａ）～図４（Ｃ）はそれぞれ本発明の実施例３の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図５]図５（Ａ）～図５（Ｃ）はそれぞれ本発明の実施例４の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図６]図６（Ａ）～図６（Ｃ）はそれぞれ本発明の実施例５の変倍光学系の広

角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図7]図7（A）～図7（C）はそれぞれ本発明の実施例6の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図8]図8（A）～図8（C）はそれぞれ本発明の実施例7の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図9]図9（A）～図9（C）はそれぞれ本発明の実施例8の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図10]図10（A）～図10（C）はそれぞれ本発明の実施例9の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図11]図11（A）～図11（C）はそれぞれ本発明の実施例10の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

[図12]図12（A）～図12（I）は本発明の実施例1の変倍光学系の各収差図

[図13]図13（A）～図13（I）は本発明の実施例2の変倍光学系の各収差図

[図14]図14（A）～図14（I）は本発明の実施例3の変倍光学系の各収差図

[図15]図15（A）～図15（I）は本発明の実施例4の変倍光学系の各収差図

[図16]図16（A）～図16（I）は本発明の実施例5の変倍光学系の各収差図

[図17]図17（A）～図17（I）は本発明の実施例6の変倍光学系の各収差図

[図18]図18（A）～図18（I）は本発明の実施例7の変倍光学系の各収差図

[図19]図19（A）～図19（I）は本発明の実施例8の変倍光学系の各収差図

[図20]図20（A）～図20（I）は本発明の実施例9の変倍光学系の各収差図

差図

[図21]図21(A)～図21(I)は本発明の実施例10の変倍光学系の各収差図

[図22]本発明の実施形態にかかる撮像装置の概略構成図

発明を実施するための形態

[0030] 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は、本発明の一実施形態にかかる変倍光学系の無限遠物体に合焦した状態での広角端における構成例を示す断面図である。図1に示す例は、後述の実施例1の変倍光学系に対応している。図1においては左側が物体側、右側が像側であり、図1には軸上光束Aも合わせて示している。

[0031] 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G1と、開口絞りStと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とが配されてなり、広角端から望遠端へ変倍する際には、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との光軸方向の間隔が小さくなるように変化するよう構成されている。開口絞りStは、変倍時には像面Simに対して固定されている。なお、図1に示す開口絞りSt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。

[0032] この変倍光学系を撮像装置に適用する際には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、光学系と像面Sim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などの各種フィルタを配置することが好ましいため、図1では、これらを想定した平行平板状の光学部材PPを第2レンズ群G2と像面Simとの間に配置した例を示している。

[0033] 第1レンズ群G1は、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正レンズであるレンズL1と、負レンズであるレンズL2と、負レンズであるレンズL3とからなるように構成される。第1レンズ群G1のレンズは全て単レンズとすることができ、この場合は、コスト的に有利となる。

[0034] 第2レンズ群G2は、例えば図1に示すように、物体側から順に、両凸レ

ンズであるレンズL 4 と、負メニスカスレンズであるレンズL 5 と、両凸レンズであるレンズL 6 と、両凹レンズであるレンズL 7 と、正レンズであるレンズL 8 とからなるように構成することができる。

[0035] この変倍光学系では、物体側から順に、負の第1レンズ群G 1、正の第2レンズ群G 2が配列された負正2群構成としている。負の第1レンズ群G 1においては、最も物体側に正レンズを配して物体側から正負の配列としている。正の第2レンズ群G 2においては、物体側にレンズL 4～L 6からなる強い正屈折力をもつ前側副レンズ群、像側にレンズL 7～L 8からなる負屈折力をもつ後側副レンズ群を配して、物体側に正屈折力、像側に負屈折力を配分した望遠レンズ型の構成としている。このような構成とすることで、レンズ系のレンズ長を短くすることが可能になる。

[0036] 開口絞りS tは、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2から独立して変倍時に像面に対して固定されており、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2の間に配設されている。図1に示す例のように、開口絞りS tを中心にして全系の最も外側に正レンズ（レンズL 1、レンズL 8に対応）、そのすぐ内側に負レンズ（レンズL 2、レンズL 7に対応）を配した構成とすることにより、全系のペッツバル和の絶対値を小さくすると共に、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、結像領域全域に於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。

[0037] 本変倍光学系においては、第1レンズ群G 1の最も物体側に正のレンズL 1を配置している。広角端での焦点距離がやや長めの中望遠寄りの変倍域を有する負正2群からなる変倍光学系に於いて、負屈折力の第1レンズ群G 1の最も物体側に正レンズを配設することで、全系のコンパクト化と全変倍域での良好な結像性能確保とを両立させることが可能になる。

[0038] このレンズL 1は、物体側に凸面を向けた形状を採るが、その際に、像側より物体側の面の曲率半径の絶対値が小さい形状であることが好ましい。このようにした場合は、上記変倍域を有する負正2群変倍光学系に於いて、レンズ全長及びレンズ径を小さく抑えることがより容易になる。

[0039] 本変倍光学系においては、このレンズL 1の構成は重要であり、その材質は下記条件式(1)を満たすように選択することが好ましい。

$$25.5 < \nu_d 1 < 50 \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

$\nu_d 1$: 第1レンズ群G 1の正のレンズL 1のd線におけるアッペ数

[0040] 条件式(1)は、色収差を良好に維持するための正のレンズL 1のアッペ数の範囲を規定した式である。条件式(1)の下限を下回れば、2次スペクトルが悪化し、青色側のフレアが大きくなり、画質を劣化させる。条件式(1)の上限を上回れば、こうした2次スペクトルを小さくできるが、色消しの為、第1レンズ群G 1内の正、負レンズ同士の屈折力が相互に強くなり、軸外光束を通す為に接合しなければならずコストアップにつながったり、急激なコマ収差、像面湾曲の発生に繋がり性能が劣化したりする。

[0041] 上記事情から、条件式(1)に代わり、下記条件式(1-1)を満足することがより好ましい。

$$29 < \nu_d 1 < 40 \quad \dots \quad (1-1)$$

[0042] さらに、レンズL 1に関して、下記条件式(2)を満たすことが好ましい。

$$0.8 < f_1 / f_w < 2.5 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

f_1 : 第1レンズ群G 1の正のレンズL 1の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

[0043] レンズL 1は、第1レンズ群G 1全体の負屈折力による発散性で生じる補正過剰な球面収差を低減する等の役割を担っているため、このレンズL 1の正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(2)である。条件式(2)の下限を下回れば、レンズL 1の正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事になって所期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 balan

スが取れなくなり、良好な結像性能が得られない。

[0044] 条件式(2)の上限を上回ると、逆にバックフォーカスが長くなりすぎて、全系のレンズ全長が過度に長くなり、小型化に反する。また、条件式(2)の上限を上回ると、第1レンズ群G1内の正屈折力が弱くなりすぎて、第1レンズ群G1内での球面収差発生量が過剰となり、広角側と望遠側との両方で球面収差を小さく抑える事ができなくなる。その際に、レンズL1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L1の外径が大きくなりすぎ、コンパクト化の妨げとなる。

[0045] 上記事情から、条件式(2)に代わり、下記条件式(2-1)を満足することがより好ましい。

$$1. \quad 0 < f_1 / f_w < 2.0 \quad \dots \quad (2-1)$$

[0046] なお、レンズL1の正屈折力を余り強くせずに本発明の目的を達成できる方法として、レンズL1を物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズにする方法が有効である。レンズL1を正メニスカスレンズにした場合は、両凸レンズにした場合よりもレンズL1の物体側の面の曲率半径の絶対値を小さくすることで、軸上光束の屈折角を大きくでき、レンズL1を射出する像側の面での光線高を低くできて、レンズL1の屈折力を強める事と同等の効果が得られる。そして、レンズL1の像側の凹面により、レンズL1を両凸レンズや平凸レンズにした場合に比べて、レンズL1の正屈折力は弱くなる。よって、レンズL1の屈折力を強くする事なく、全長を短くできる。また、レンズL1を正メニスカスレンズにすると、軸外光線についても、レンズL1における入射角と射出角との差を小さくできるので、軸外収差の発生を抑えることができる。

[0047] なお、色収差の発生を抑えるため、レンズL1の材質のアッベ数の範囲を考慮する必要があるが、レンズL1を正メニスカスレンズにした場合には、レンズL1の屈折力が比較的弱くなるため、その材質のアッベ数の好適な範囲は、メニスカス形状を限定しない場合よりも広く考えることができる。したがって、レンズL1が正メニスカスレンズの場合は、下記条件式(1A)

を満たすことが好ましい。

$$2.1 < \nu_d 1 < 50 \quad \dots \quad (1A)$$

ただし、

$\nu_d 1$: 第1レンズ群G1の正のレンズL1のd線におけるアッペ数

[0048] 条件式(1A)の下限を下回れば、アッペ数 $\nu_d 1$ 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ので、球面収差や像面湾曲の補正には有利だが、色収差の二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。

[0049] 条件式(1A)の上限を上回れば、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、二次スペクトルは減少して色滲みは良好に補正可能だが、球面収差、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。

[0050] 上記事情から、条件式(1A)に代わり、下記条件式(1A-1)を満足することがより好ましい。

$$2.2 < \nu_d 1 < 50 \quad \dots \quad (1A-1)$$

[0051] 上記より、レンズL1の形状およびアッペ数の好ましい組合せとしては、物体側に凸面を向けた正レンズであり条件式(1)を満たすものと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであり条件式(1A)を満たすものが挙げられる。レンズL1をこの2つの好ましい構成から外れた構成、例えば、両凸レンズでありd線におけるアッペ数が25.4としたものを設計することも可能であるが、このようにした場合は、色滲み等の不具合が生じる虞がある。

[0052] 第1レンズ群G1の2枚の負のレンズL2、L3の少なくとも1つは両凹レンズであることが好ましい。第1レンズ群G1が持つ負屈折力により第1レンズ群G1から射出する軸上光束は光軸Zから離れるように射出し、軸外光束は第1レンズ群G1の像側の開口絞りStに向かって光軸Zに近づくように射出する。第1レンズ群G1の最も像側の負のレンズL3が両凹レンズ

であると、軸上光束と軸外光束の上記射出角の方向違いは馴らされ、両光束共入射角と射出角の差も小さく出来て発生する収差量を小さく抑えることができる。

[0053] 仮に、レンズL 3の負屈折力を維持したままメニスカス形状にすると、上記射出角の向きの違いから、軸上光束と軸外光束のいずれかの光束に対する入射角と射出角との差が増大し、収差が過剰となって第2レンズ群G 2による収斂作用によっても回復出来ず、結像領域の中心と周辺とで良好な結像性能を共に維持することができなくなる。このため、レンズL 3の負屈折力を弱くしなければならなくなるが、そうすると第1レンズ群G 1内の他の構成要素に負屈折力を振り向ける必要が生じるため、レンズL 2を両凹レンズとすることが好ましい。

[0054] 第2レンズ群G 2が、物体側から順に、両凸形状のレンズL 4と、負メニスカス形状のレンズL 5と、両凸形状のレンズL 6と、両凹形状のレンズL 7と、正のレンズL 8とが配列されてなる5枚構成の場合、下記条件式(3)または(4)～(6)を満たすことが好ましい。このように構成することで、中望遠よりの仕様で、レンズ構成上レンズ全長が長くなりがちな負正2群変倍系において、更なる大型化を回避することができ、広角端から望遠端までの全域で、結像領域全域について良好な結像性能と小型化とを達成することができる。

[0055] $0.5 < f_4 / f_{G2} < 1.3 \quad \dots \quad (3)$

$$-0.6 < f_{G2F} / f_{G2B} < -0.2 \quad \dots \quad (4)$$

$$0 < \nu_{d7} - \nu_{d8} < 25 \quad \dots \quad (5)$$

$$1.5 < \nu_{d8} < 33 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

f_4 : 第2レンズ群G 2のレンズL 4の焦点距離

f_{G2} : 第2レンズ群G 2の焦点距離

f_{G2F} : 第2レンズ群G 2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G 2の像側の2枚のレンズの合成焦点距離

$\nu_d 7$: 第2レンズ群G 2のレンズL 7のd線におけるアッベ数

$\nu_d 8$: 第2レンズ群G 2のレンズL 8のd線におけるアッベ数

[0056] 条件式(3)は、第2レンズ群G 2の最も物体側に配設された正のレンズL 4と第2レンズ群G 2の屈折力の比に関する条件式である。図1に示すように、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 4で最も高いため、レンズL 4は仕様や性能面での影響が大きい。

[0057] 条件式(3)の下限を下回れば、レンズL 4の屈折力が強くなりすぎて、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}との間にフィルタ等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。レンズL 4の屈折力が強くなりすぎた分を像側の後続のレンズで補償しようとすると、軸外コマ収差、像面湾曲等の軸外収差の発生が大きくなり、結像領域全体で良好な結像性能を維持できなくなる。

[0058] 条件式(3)の上限を上回れば、レンズL 4の屈折力が弱くなるため、正のレンズL 6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の補正と球面収差の両方を良好に補正することが困難になる。

[0059] 条件式(4)は、第2レンズ群G 2の物体側のレンズL 4～L 6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G 2の像側のレンズL 7～L 8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条件式である。前述したように、レンズ系の全長を縮めるため、本変倍光学系の第2レンズ群G 2では、これら前側副レンズ群と後側副レンズ群とで望遠レンズタイプの正負屈折力配分を採用しており、この屈折力配分が全系に影響する。

[0060] 条件式(4)の下限を下回れば、前側副レンズ群の正屈折力が弱すぎて、全系のバックフォーカスが長くなり、レンズ全長が長くなってコンパクト性が損なわれ、また、像面湾曲が補正過剰となり、軸外周辺部での性能劣化につながり好ましくない。

[0061] 条件式(4)の上限を上回れば、前側副レンズ群の正屈折力が強まって、

第2レンズ群G2の望遠レンズ化が進み、全系に於いて特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(4)の上限を上回れば、後側副レンズ群の負屈折力が弱すぎて、像面湾曲が補正不足になり、軸外性能を劣化させる。

[0062] 条件式(5)、(6)は、条件式(4)を満足する条件下で色収差特に倍率色収差を良好に維持するための条件式である。条件式(5)は、第2レンズ群G2の後側副レンズ群を構成するレンズL7、L8の材質に関する式である。色収差補正の為に負のレンズL7のアッベ数を正のレンズL8のアッベ数に近づけると、レンズL8の正屈折力に比べてレンズL7の負屈折力が強くなり、第2レンズ群G2の後側副レンズ群の負屈折力が強くなって、条件式(4)の上限に近づく。レンズL7のアッベ数をレンズL8のアッベ数から遠ざけると、レンズL7の負屈折力が弱くなり条件式(4)の下限に近づく。すなわち、条件式(5)の範囲外では条件式(4)を満たすことができなくなり、上述した条件式(4)を満たさない場合の問題が生じる。

[0063] 条件式(6)についても同様に、条件式(6)の範囲外では、色収差を補正できても条件式(4)を満たせなくなり、同様の問題が生じる。また、条件式(4)を満たしながら色収差を補正すると、正のレンズL8のアッベ数 $\nu_d 8$ に於いて、条件式(6)の範囲内にある事が必要となる。条件式(6)の範囲外となると、色収差の補正が困難になる、結像性能が低下する、コンパクト性が損なわれる、のいずれかの問題が生じる。

[0064] 上記事情から、条件式(6)に代わり、下記条件式(6-1)を満足することがより好ましい。

$$20 < \nu_d 8 < 30 \quad \dots \quad (6-1)$$

[0065] 第2レンズ群G2は、全てレンズを単レンズで構成することも可能であるが、少なくとも1つの接合レンズを有するように構成してもよい。接合レンズとしては、レンズL4とレンズL5の接合、レンズL5とレンズL6の接合、レンズL6とレンズL7の接合のいずれかを採用することができる。

[0066] そして、本変倍光学系においては、第2レンズ群G2は、下記条件式(7

) を満たす接合面を少なくとも 1 つ有することが好ましい。

$$-0.75 < R_c / f_w < 0.70 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

R_c : 接合面の曲率半径

f_w : 広角端における全系の焦点距離

[0067] 色収差、特に 2 次スペクトルを含む軸上色収差を良好にする為には、異常分散材料の使用が不可欠であるが、2 次スペクトルを更に小さくするためには、色消しに用いられるレンズ組の一方のレンズと他方のレンズとは、相互に屈折力を強くする必要がある。この時、一方のレンズと他方のレンズの間に空気が介在すると、互いの対向面が曲率の大きな面となって高次の球面収差が発生し、結像性能を劣化させて良くない。そこで、対向する強い曲率をもつ面同士を相互に接合すれば、こうした弊害がなくなり、良好な結像性能が得られる。

[0068] 第 2 レンズ群 G 2 を物体側から順に、両凸レンズ、負メニスカスレンズ、両凸レンズ、両凹レンズ、及び正レンズからなるレンズ構成とし、第 2 レンズ群 G 2 内に条件式 (7) を満たすような曲率の大きな接合面を設けることで、2 次スペクトルを含む色収差を少なくし、且つ結像性能の良好な小型の変倍光学系を実現することができる。また、接合する事により、面間隔の製造誤差による性能劣化を軽減でき、組立性も良化する。

[0069] 条件式 (7) は、第 2 レンズ群 G 2 中の上記接合面の曲率半径を R_c としたとき、全系の焦点距離 f_w との関係を示す関係式である。条件式 (7) の範囲外では、2 次スペクトルを含む色収差を十分補正することが困難になる。

[0070] また、本変倍光学系においては、下記条件式 (8) を満たすことが好ましい。

$$1.2 < H_1 / H_6 < 1.5 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

H_1 : 広角端における軸上光束のマージナル光線の、第 1 レンズ群 G 1 の最

も物体側の面における光線高

H 6 : 広角端における軸上光束のマーヅナル光線の、第 1 レンズ群 G 1 の最も像側の面における光線高

[0071] 条件式 (8) は、第 1 レンズ群 G 1 の物体側に正のレンズ L 1 を配設する効果を条件式化したものと言える。本変倍光学系では、第 1 レンズ群 G 1 の最も物体側に、物体側に凸面を向けた正レンズを配する事を特徴にしている。これは、前述したとおり、中望遠寄りの変倍域を有する負正 2 群変倍光学系に於いて、レンズ全長及びレンズ径を小さく抑えるためである。条件式 (8) は、この事の証左になる条件式である。

[0072] すなわち、条件式 (8) は、広角端に於ける開放 F 値での無限遠物体からの軸上光束について、レンズ L 1 の物体側の面に入射するマーヅナル光線高を H 1 とし、レンズ L 3 の像側の面から射出する時の光線高を H 6 として、 $H 1 / H 6$ の好適な範囲を示す式である。

[0073] 条件式 (8) の下限を下回れば、広角端に於ける絞り開放径をこの比率しか小さくできない。またバックフォーカスも差程短くならないため、レンズ全長も短くならず、変倍光学系のコンパクト化が不十分である。条件式 (8) の上限を上回れば、レンズ系の小型化は、より有望であるが、レンズ L 1 の屈折力が強すぎて、広角側の軸外光束が十分通らず、所期の画角が得られなかったり、周辺部の結像性能が劣化したり、問題が生じる。

[0074] また、本変倍光学系においては、下記条件式 (9)、(10) を満たすことが好ましい。

$$1.4 < d_w / f_w < 2.2 \quad \dots \quad (9)$$

$$4.5 < L_w / f_w < 5.6 \quad \dots \quad (10)$$

ただし、

d_w : 広角端における第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の光軸上の間隔

f_w : 広角端における全系の焦点距離

L_w : 広角端におけるレンズ全長

[0075] 条件式 (9) は、本変倍光学系の広角端における第 1 レンズ群 G 1 と第 2

レンズ群G 2との群間隔 d_w の必要範囲に関するものである。本変倍光学系では開口絞り S_t は像面 S_{im} に対して固定しており、本変倍光学系が想定している変倍比、例えば2.4倍程度の変倍比を実現するための第1レンズ群G 1の移動量と第2レンズ群G 2の移動量に、開口絞り機構廻りの必要空間を加算したものが d_w となる。条件式(9)は、この d_w の f_w に対する比の好適な範囲を規定したものである。

[0076] 条件式(9)の下限を下回れば、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2の移動量を更に小さくする必要があり、第1レンズ群G 1の負屈折力、第2レンズ群G 2の正屈折力を強くしなければならず、結像性能が良好に維持できなくなる。条件式(9)の上限を上回れば、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2の間隔が大きくなり、全系が大型化し過ぎて、小型化に反する。

[0077] 条件式(10)は、広角端に於けるレンズ全長(全系の最も物体側の面から像面 S_{im} までの光軸上の距離) L_w の焦点距離 f_w に対する比の好適な範囲を規定したものである。条件式(10)の下限を下回れば、レンズ系の更なる小型化が可能であるが、第1レンズ群G 1の負屈折力、第2レンズ群G 2の正屈折力を強くするか、変倍比を小さくする事が必要になり、結像性能を良好に維持できなくなるか所期の仕様を達成できない。あるいは、条件式(10)の下限を下回るのは、第1レンズ群G 1のレンズL 1の正屈折力が更に強くなる場合であるが、このときは広角端でのバックフォーカスが不十分になり、撮像装置へ適用できなくなる。

[0078] 条件式(10)の上限を上回れば、広角端での焦点距離がより短焦点化して、第1レンズ群G 1のレンズ外径が大きくなり、レンズ系の小型化が困難となる。また、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2の変倍時の移動量が大きくなり、レンズ系の径大化に繋がりコンパクト性が損なわれて良くない。

[0079] 本変倍光学系が厳しい環境において使用される場合には、保護用の多層膜コートが施されることが好ましい。さらに、保護用コート以外にも、使用時のゴースト光低減等のための反射防止コートを施すようにしてもよい。

[0080] 図1に示す例では、レンズ系と像面との間に光学部材PPを配置した例を

示したが、ローパスフィルタや特定の波長域をカットするような各種フィルタ等を配置する代わりに、各レンズの間にこれらの各種フィルタを配置してもよく、あるいは、いずれかのレンズのレンズ面に、各種フィルタと同様の作用を有するコートを施してもよい。

[0081] 次に、本発明の変倍光学系の数値実施例について説明する。実施例1の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端でのレンズ配置をそれぞれ図2(A)、図2(B)、図2(C)に示す。図2(A)～図2(C)においては、光学部材PPも合わせて示しており、左側が物体側、右側が像側であり、図示されている開口絞りSt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。図2(A)と図2(B)の間、図2(B)と図2(C)の間には、変倍に伴い移動する各レンズ群それぞれの移動軌跡を模式的に矢印で示している。

[0082] 同様に、実施例2～10の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端でのレンズ配置をそれぞれ図3(A)～図3(C)、図4(A)～図4(C)、図5(A)～図5(C)、図6(A)～図6(C)、図7(A)～図7(C)、図8(A)～図8(C)、図9(A)～図9(C)、図10(A)～図10(C)、図11(A)～図11(C)に示す。

[0083] 実施例1の変倍光学系の基本レンズデータを表1の上段に、変倍に関するデータを表1の下段に示す。実施例2～10変倍光学系のものについても同様にそれぞれ表3、表5、表7、表9、表11、表13、表14、表15、表17に示す。非球面を有する実施例1～6、9の変倍光学系の非球面係数をそれぞれ表2、表4、表6、表8、表10、表12、表16に示す。以下では、表中の記号の意味について、実施例1のものを例にとり説明するが、実施例2～10のものについても基本的に同様である。

[0084] 表1の上段の基本レンズデータにおいて、Siの欄には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i番目(i=1、2、3、…)の面番号を示し、Riの欄にはi番目の面の曲率半径を示し、Diの欄にはi番目の面とi+1番目の面との光軸Z上の面間隔を示してい

る。また、 $N d i$ の欄には i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との間の媒質の d 線（波長 587.6 nm ）に対する屈折率を示し、 $\nu d j$ の欄には最も物体側の光学要素を 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 線に対するアッペ数を示している。

[0085] なお、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。基本レンズデータには、開口絞り $S t$ 、光学部材 $P P$ も含めて示している。開口絞り $S t$ に相当する面の $R i$ の欄には ∞ （開口絞り）と記載しており、像面に相当する面の $R i$ の欄には ∞ （像面）と記載している。

[0086] 表 1 の基本レンズデータにおいて、変倍時に間隔が変化する面間隔の欄にはそれぞれ可変 1、可変 2、可変 3 と記載している。可変 1 は第 1 レンズ群 $G 1$ と開口絞り $S t$ との間隔であり、可変 2 は開口絞り $S t$ と第 2 レンズ群 $G 2$ との間隔であり、可変 3 は第 2 レンズ群 $G 2$ と光学部材 $P P$ との間隔である。

[0087] 表 1 の下段の変倍に関するデータに、広角端、中間焦点距離状態、望遠端それぞれにおける、可変 1、可変 2、可変 3、全系の焦点距離、バックフォーカス $B f'$ 、 F 値（ $F n o.$ ）、全画角 2ω の値を示す。基本レンズデータおよび変倍に関するデータにおいて、角度の単位としては度を用い、長さの単位としては mm を用いているが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても使用可能なため他の適当な単位を用いることもできる。

[0088] 表 1 の基本レンズデータでは、非球面は面番号に * 印を付しており、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。表 2 は、これら非球面に関する非球面係数を示すものである。表 2 に記載の数値の「 $E - n$ 」（ n ：整数）は「 $\times 10^{-n}$ 」を意味する。非球面係数は、以下の式（A）で表される非球面式における各係数 κ 、 $A m$ （ $m = 4, 6, 8, 10$ ）の値である。ただし、式（A）における Σ は m （ $m = 4, 6, 8, 10$ ）の項に関する和を意味する。

$$Z d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - \kappa \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + \Sigma A m \cdot h^m \quad \dots \quad (A)$$

)

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

κ 、 A_m : 非球面係数 ($m = 4, 6, 8, 10$)

[0089] [表1]

実施例1

S_i	R_i	D_i	N_{di}	ν_{dj}
1	10.722	3.643	1.76182	26.5
2	227.249	0.927	1.00000	
3	172.860	0.800	1.85026	32.3
4	8.975	1.500	1.00000	
5	-12.318	0.800	1.69895	30.1
6	40.851	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8*	6.699	3.500	1.56867	58.6
9*	-22.859	0.184	1.00000	
10	13.388	0.687	1.80516	25.4
11	5.821	0.206	1.00000	
12	6.301	3.982	1.49700	81.6
13	-5.818	0.798	1.59551	39.2
14	6.033	0.835	1.00000	
15	8.006	2.100	1.84666	23.8
16	-103102.77	可変3	1.00000	
17	∞	2.100	1.51633	64.1
18	∞	2.992	1.00000	
19	∞ (像面)			

	広角端	中間	望遠端
可変1	6.817	2.449	2.081
可変2	8.268	5.504	1.223
可変3	3.000	5.764	10.045
焦点距離	8.954	13.793	21.301
Bf'	2.992	2.992	2.992
$Fno.$	1.60	1.96	2.97
2ω	41.98	25.67	16.28

[0090] [表2]

実施例1

面	κ	A_4	A_6	A_8	A_{10}
8*	-9.77167E-02	9.50192E-05	9.50678E-07	-3.43045E-09	-5.39369E-13
9*	-3.33109E-01	1.41569E-04	-1.69583E-06	3.14254E-09	5.08034E-13

[0091]

[表3]

実施例2

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	10.677	4.003	1.80000	29.9
2	118.521	0.786	1.00000	
3	540.470	0.800	1.80100	35.0
4	8.083	1.717	1.00000	
5	-13.586	0.800	1.80610	40.9
6	78.381	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8*	8.410	4.068	1.56867	58.6
9*	-26.379	0.146	1.00000	
10	10.783	0.781	1.80810	22.8
11	5.858	4.000	1.49700	81.6
12	-14.956	1.505	1.00000	
13	-13.657	0.781	1.80610	33.3
14	7.781	0.941	1.00000	
15	10.168	2.050	1.84666	23.8
16	-29.420	可変3	1.00000	
17	∞	2.100	1.51633	64.1
18	∞	1.289	1.00000	
19	∞ (像面)			

	広角端	中間	望遠端
可変1	7.634	2.899	2.376
可変2	8.507	5.751	1.158
可変3	3.000	5.756	10.349
焦点距離	9.111	13.366	21.182
Bf'	1.289	1.289	1.289
Fno.	1.63	1.94	3.00
2 ω	41.64	26.61	16.37

[0092] [表4]

実施例2

面	K	A4	A6	A8	A10
8*	-2.43278E-01	2.11973E-05	4.36979E-07	2.46966E-10	3.45515E-14
9*	7.89988E-01	1.55252E-04	-4.96878E-07	-2.12470E-10	-2.83490E-14

[0093]

[表5]

実施例3

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	13.301	5.005	1.66680	33.0
2	-694.201	1.137	1.00000	
3	25847.337	1.704	1.83481	42.7
4	12.121	2.330	1.00000	
5	-14.249	1.092	1.83481	42.7
6	46.097	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8*	6.825	4.458	1.56867	58.6
9*	-53.359	0.146	1.00000	
10	9.616	0.700	1.80518	25.4
11	4.659	3.500	1.49700	81.6
12	-13.496	1.029	1.00000	
13	-8.743	0.700	1.60342	38.0
14	5.851	0.691	1.00000	
15	7.519	2.970	1.84666	23.8
16	-375.393	可変3	1.00000	
17	∞	2.100	1.51633	64.1
18	∞	1.159	1.00000	
19	∞ (像面)			

	広角端	中間	望遠端
可変1	7.664	3.462	3.276
可変2	8.112	5.384	0.836
可変3	3.000	5.728	10.276
焦点距離	8.735	13.452	21.313
Bf'	1.159	1.159	1.159
Fno.	1.63	2.02	3.18
2ω	43.22	26.44	16.30

[0094] [表6]

実施例3

面	K	A4	A6	A8	A10
8*	4.25086E-01	-7.50204E-05	-8.25173E-07	-2.14419E-09	-3.36923E-13
9*	-5.47422E+00	1.32666E-04	-2.29791E-06	8.14403E-10	1.42451E-13

[0095]

[表7]

実施例4

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	10.040	3.643	1.85026	32.3
2	139.288	0.300	1.00000	
3	114.314	0.800	1.85026	32.3
4	10.315	1.603	1.00000	
5	-22.092	0.800	1.83481	42.7
6	14.898	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8*	11.044	4.000	1.61800	63.4
9*	-6.021	0.782	1.83481	42.7
10	-16.759	0.704	1.00000	
11	8.098	3.000	1.49700	81.6
12	-12.860	1.371	1.00000	
13	-8.800	0.782	1.71736	29.5
14	6.910	1.463	1.00000	
15	11.156	2.320	1.84666	23.8
16	-44.280	可変3	1.00000	
17	∞	2.100	1.51633	64.1
18	∞	1.554	1.00000	
19	∞ (像面)			

	広角端	中間	望遠端
可変1	10.187	4.110	2.451
可変2	7.386	4.821	0.848
可変3	3.000	5.565	9.538
焦点距離	9.271	14.278	22.034
Bf'	1.554	1.554	1.554
Fno.	1.69	1.99	2.75
2 ω	42.49	26.50	16.58

[0096] [表8]

実施例4

面	K	A4	A6	A8	A10
8*	1.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
9*	1.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

[0097]

[表9]

実施例5

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	15.087	7.800	1.80100	35.0
2	-10.159	0.960	1.77250	49.6
3	10.159	1.500	1.00000	
4	-11.687	0.700	1.00000	29.5
5	76.150	可変1	1.80610	
6	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
7*	7.076	4.140	1.56867	58.6
8*	-27.890	0.100	1.00000	
9	11.546	1.000	1.84666	23.8
10	4.914	3.500	1.49700	81.6
11	-14.367	1.038	1.00000	
12	-10.705	0.700	1.63930	44.9
13	6.364	0.380	1.00000	
14	7.490	3.310	1.84666	23.8
15	-426.615	可変3	1.00000	
16	∞	2.100	1.51633	64.1
17	∞	1.298	1.00000	
18	∞ (像面)			
	広角端	中間	望遠端	
可変1	7.652	3.280	2.904	
可変2	7.873	5.219	0.796	
可変3	3.000	5.654	10.077	
焦点距離	9.219	14.198	22.495	
Bf'	1.298	1.298	1.298	
Fno.	1.67	2.07	3.21	
2 ω	41.24	24.89	15.37	

[0098] [表10]

実施例5

面	K	A4	A6	A8	A10
7*	3.69792E-01	-9.02045E-05	1.63733E-07	4.46650E-12	-2.38858E-16
8*	8.82358E-01	1.46975E-04	-2.33209E-07	-1.34525E-11	-5.15386E-16

[0099]

[表11]

実施例6

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	13.706	6.000	1.80610	33.3
2	-358.139	0.515	1.00000	
3	134.216	1.230	1.83481	42.7
4	10.261	1.480	1.00000	
5	-12.369	1.460	1.83481	42.7
6	53.063	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8*	6.998	4.140	1.56867	58.6
9*	-27.674	0.100	1.00000	
10	11.595	1.000	1.84666	23.8
11	4.914	3.500	1.49700	81.6
12	-14.179	1.038	1.00000	
13	-10.21	0.700	1.63930	44.9
14	6.364	0.386	1.00000	
15	7.517	3.310	1.84666	23.8
16	-194.003	可変3	1.00000	
17	∞	2.100	1.51633	64.1
18	∞	1.409	1.00000	
19	∞ (像面)			

	広角端	中間	望遠端
可変1	7.318	3.300	3.134
可変2	7.708	4.958	0.741
可変3	3.000	5.750	9.967
焦点距離	9.439	14.537	22.352
Bf'	1.409	1.409	1.409
Fno.	1.66	2.07	3.16
2 ω	42.05	25.54	16.27

[0100] [表12]

実施例6

面	κ	A4	A6	A8	A10
8*	-4.51517E-01	1.91254E-04	-6.16837E-07	-5.22454E-09	-8.48001E-13
9*	-7.06718E-01	1.39683E-04	-2.25255E-06	2.07530E-09	3.30173E-13

[0101]

[表13]

実施例7

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	10.172	3.643	1.85026	32.3
2	132.378	0.401	1.00000	
3	172.699	0.800	1.83400	37.2
4	9.838	1.500	1.00000	
5	-20.243	0.800	1.80610	40.9
6	16.358	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8	11.374	4.190	1.61800	63.4
9	-5.852	0.782	1.83481	42.7
10	-15.031	0.986	1.00000	
11	7.617	3.000	1.49700	81.6
12	-13.700	1.484	1.00000	
13	-8.950	0.782	1.84666	23.8
14	7.530	1.137	1.00000	
15	12.024	2.285	1.92286	18.9
16	-27.535	可変3	1.00000	
17	∞	2.100	1.51633	64.1
18	∞	1.324	1.00000	
19	∞ (像面)			
	広角端	中間	望遠端	
可変1	9.173	3.446	2.141	
可変2	7.403	4.822	0.824	
可変3	3.000	5.581	9.579	
焦点距離	9.173	14.127	21.801	
Bf'	1.324	1.324	1.324	
Fno.	1.72	2.05	2.87	
2 ω	42.77	25.32	15.92	

[0102]

[表14]

実施例8

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	11.394	3.643	1.85026	32.3
2	125.302	0.921	1.00000	
3	302.858	0.800	1.85026	32.3
4	10.611	1.500	1.00000	
5	-19.968	0.800	1.83481	42.7
6	22.408	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8	11.246	3.500	1.72916	54.7
9	-14.294	0.545	1.00000	
10	-8.734	0.782	1.81518	25.4
11	-15.433	0.930	1.00000	
12	11.34	3.000	1.49700	81.6
13	-9.934	0.997	1.00000	
14	-7.991	0.782	1.68893	31.1
15	7.227	1.480	1.00000	
16	10.817	3.000	1.80000	29.9
17	-22.726	可変3	1.00000	
18	∞	2.100	1.51633	64.1
19	∞	1.612	1.00000	
20	∞ (像面)			
	広角端	中間	望遠端	
可変1	9.212	3.235	1.797	
可変2	7.294	4.554	0.310	
可変3	3.000	5.740	9.984	
焦点距離	9.240	14.230	21.959	
Bf'	1.612	1.612	1.612	
Fno.	1.71	1.99	2.85	
2ω	41.38	25.03	15.84	

[0103]

[表15]

実施例9

Si	Ri	Di	Ndi	ν dj
1	14.071	7.800	1.67003	47.3
2	-12.056	0.960	1.61800	63.4
3	8.815	2.275	1.00000	
4	-10.447	0.700	1.74400	44.8
5	-286.458	可変1	1.00000	
6	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
7*	7.076	4.140	1.56867	58.6
8*	-27.890	0.100	1.00000	
9	11.546	1.000	1.84666	23.8
10	4.914	3.500	1.49700	81.6
11	-14.367	1.038	1.00000	
12	-10.705	0.700	1.63930	44.9
13	6.364	0.380	1.00000	
14	7.490	3.310	1.84666	23.8
15	-426.615	可変3	1.00000	
16	∞	2.100	1.51633	64.1
17	∞	1.330	1.00000	
18	∞ (像面)			
	広角端	中間	望遠端	
可変1	7.068	2.759	2.443	
可変2	7.873	4.554	0.749	
可変3	3.000	5.671	10.124	
焦点距離	9.429	14.520	23.006	
Bf'	1.330	1.330	1.330	
Fno.	1.67	1.99	3.22	
2 ω	39.80	24.26	15.01	

[0104] [表16]

実施例9

面	K	A4	A6	A8	A10
7*	3.69792E-01	-9.02045E-05	1.63733E-07	4.46650E-12	-2.38858E-16
8*	8.82358E-01	1.46975E-04	-2.33209E-07	-1.34525E-11	-5.15386E-16

[0105]

[表17]

実施例10

Si	Ri	Di	Ndi	ν_{dj}
1	10.983	3.643	1.80400	46.6
2	128.58	1.125	1.00000	
3	1784.235	0.800	1.77250	49.6
4	9.743	1.500	1.00000	
5	-17.602	0.800	1.77250	49.6
6	22.225	可変1	1.00000	
7	∞ (開口絞り)	可変2	1.00000	
8	11.579	3.500	1.72916	54.7
9	-13.195	0.500	1.00000	
10	-8.769	0.782	1.81518	25.4
11	-16.176	1.323	1.00000	
12	10.821	3.000	1.49700	81.6
13	-9.513	0.787	1.00000	
14	-7.934	0.782	1.68893	31.1
15	7.639	1.499	1.00000	
16	11.253	2.299	1.80000	29.9
17	-24.227	可変3	1.00000	
18	∞	2.100	1.51633	64.1
19	∞	1.854	1.00000	
20	∞ (像面)			

	広角端	中間	望遠端
可変1	8.785	2.857	1.399
可変2	7.426	4.745	0.591
可変3	3.000	5.681	9.835
焦点距離	9.228	14.211	21.946
Bf'	1.854	1.854	1.854
FNO	1.66	1.92	2.75
2ω	41.75	25.14	15.86

[0106] 実施例1～10の変倍光学系の条件式(1)～(10)に対応する値を表18に示す。なお、全ての実施例においてd線を基準波長としており、上記の変倍におけるデータの表および下記の表18に示す値はこの基準波長におけるものである。

[表18]

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
(1),(1A) $\nu d1$	26.5	29.9	33.0	32.3	35.0	33.3	32.3	32.3	47.3	46.6
(2) $f1/fw$	1.638	1.584	2.247	1.355	0.953	1.747	1.394	1.572	1.168	1.588
(3) $f4/fg2$	0.933	1.122	1.094	0.640	1.045	1.035	0.655	0.816	1.045	0.811
(4) $fg2F/fg2B$	-0.528	-0.253	-0.344	-0.449	-0.314	-0.314	-0.469	-0.276	-0.314	-0.303
(5) $\nu d7 - \nu d8$	15.4	9.5	14.2	5.7	21.1	21.1	4.9	1.2	21.1	16.7
(6) $\nu d8$	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	18.9	29.9	23.8	29.9
(7) Rc/fw	-0.650	0.643	0.533	-0.649	0.533	0.521	-0.638	—	0.521	—
(8) $H1/H6$	1.282	1.290	1.295	1.344	1.313	1.323	1.330	1.323	1.294	1.348
(9) dW/fw	1.685	1.772	1.806	1.895	1.684	1.592	1.807	1.786	1.585	1.757
(10) LW/RW	4.738	4.767	5.355	4.873	5.104	4.840	4.786	4.890	4.938	4.854

[0107] 実施例1の変倍光学系の各収差図を図12(A)～図12(I)に示す。

図12(A)、図12(B)、図12(C)はそれぞれ広角端における球面収差、像面湾曲、歪曲収差(ディストーション)を示し、図12(D)、図12(E)、図12(F)はそれぞれ中間焦点距離状態における球面収差、像面湾曲、歪曲収差(ディストーション)を示し、図12(G)、図12(H)、図12(I)はそれぞれ望遠端における球面収差、像面湾曲、歪曲収

差（ディストーション）を示す。

[0108] 球面収差の図ではd線に関する収差を実線で、g線（波長435.8nm）に関する収差を短い破線で、C線（波長656.3nm）に関する収差を長い破線で示している。像面湾曲の図では、d線、g線、C線に関する収差を示し、サジタル方向については実線で、タンジェンシャル方向については点線で示している。歪曲収差の図はd線に関するものである。球面収差の図の縦軸はF値に対応する。像面湾曲と歪曲収差の図において、縦軸は像高（単位はmm）であり、縦軸の最小値は0である。

[0109] 像高0は光軸上であるから、像高0におけるサジタル方向とタンジェンシャル方向の像面湾曲の値は一致する。像面湾曲の図の像高0における収差曲線の波長ごとの配列順は、球面収差の図の縦軸の最も下の位置における収差曲線の波長ごとの配列順と同じである。例えば、球面収差の図の縦軸の最も下の位置においては、左から順に、d線、g線、C線の収差曲線が並んでいる場合は、同じ変倍状態での像面湾曲の図の像高0の位置においては、同様に左から順に、d線のサジタル方向とタンジェンシャル方向、g線のサジタル方向とタンジェンシャル方向、C線のサジタル方向とタンジェンシャル方向の収差曲線が並ぶことになる。

[0110] なお、歪曲収差図はTVディストーションで記載してある。光軸に垂直な平面物体の光学系によって結ばれる光軸に垂直な物体像のゆがみの程度を歪曲収差として表すが、写真レンズ等は一般的な、理想像高と実像高との差を理想像高で割った数値を百分率で表したものであるのに対して、TVレンズの分野ではこれとは異なった定義式を用い、これをTVディストーションとして区別している。この定義によれば、TV画面における長辺の曲がり量を対象として歪曲量として扱う。

[0111] 具体的には、TVディストーションDTVは、長辺の曲がりの深さΔhを垂直画面長2hで割って百分率で表したもので、下記式の通り表される。

$$DTV = \Delta h / 2h \times 100$$

歪曲収差図は、光軸からの実像高Yを光軸中心からの画面4対角方向の4点

とし、これらの4点で結ばれた平面像の物体側での矩形平面物体を想定し、この像の長辺の中央部での実像高が h であり、対角上の点の光軸までの垂直高さからの差が Δh である。従って、画面の縦横比で異なる数値になるが、図12(C)、図12(F)、図12(I)に示す歪曲収差図では、TV画面で一般的な3:4の比率で算出したものとなっている。

[0112] 同様に、実施例2の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図13(A)～図13(I)に示し、実施例3の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図14(A)～図14(I)に示し、実施例4の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図15(A)～図15(I)に示し、実施例5の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図16(A)～図16(I)に示し、実施例6の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図17(A)～図17(I)に示し、実施例7の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図18(A)～図18(I)に示し、実施例8の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図19(A)～図19(I)に示し、実施例9の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図20(A)～図20(I)に示し、実施例10の変倍光学系の広角端、中間焦点距離状態、望遠端における各収差図を図21(A)～図21(I)に示す。

[0113] 次に、本発明の実施形態にかかる撮像装置について説明する。図22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1を用いた撮像装置10の概略構成図を示す。撮像装置としては、例えば、監視カメラ、ビデオカメラ、電子スチルカメラ等を挙げることができる。

[0114] 図22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の変倍を行うための変倍制御部5と、変倍時または物体距離

変動時のフォーカス調整を行うためのフォーカス制御部6と、開口絞り S_t の絞り径を変更するための絞り制御部7とを備える。なお、図22に示す例では、第1レンズ群G1を移動させることによりフォーカス調整する例の構成を示しているが、フォーカス調整方法は必ずしもこの例に限定されない。また、絞り制御部7を省略した構成も可能である。

[0115] 以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数、非球面係数等の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、絞りと、正の屈折力を持つ第2レンズ群とからなり、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いるものであり、

前記第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、2枚の負レンズとからなり、

下記条件式(1)を満たすことを特徴とする変倍光学系。

$$2.5 < \nu d 1 < 50 \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

$\nu d 1$: 前記第1レンズ群の前記正レンズのd線におけるアッベ数

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

$$0.8 < f 1 / f w < 2.5 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

$f 1$: 前記第1レンズ群の前記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3] 前記第2レンズ群が、物体側から順に、両凸レンズと、負メニスカスレンズと、両凸レンズと、両凹レンズと、正レンズとからな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。

[請求項4] 下記条件式(3)を満たすことを特徴とする請求項3記載の変倍光学系。

$$0.5 < f 4 / f G 2 < 1.3 \quad \dots \quad (3)$$

ただし、

$f 4$: 前記第2レンズ群の最も物体側の前記両凸レンズの焦点距離

$f G 2$: 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項5] 下記条件式(4)～(6)を満たすことを特徴とする請求項3また

は4記載の変倍光学系。

$$-0.6 < f_{G2F} / f_{G2B} < -0.2 \quad \dots \quad (4)$$

$$0 < \nu d_7 - \nu d_8 < 2.5 \quad \dots \quad (5)$$

$$1.5 < \nu d_8 < 3.3 \quad \dots \quad (6)$$

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_7 : 前記第2レンズ群の前記両凹レンズのd線におけるアッベ数

νd_8 : 前記第2レンズ群の前記正レンズのd線におけるアッベ数

[請求項6] 下記条件式(6-1)を満たすことを特徴とする請求項5記載の変倍光学系。

$$2.0 < \nu d_8 < 3.0 \quad \dots \quad (6-1)$$

[請求項7] 前記第2レンズ群が、下記条件式(7)を満たす接合面を少なくとも1つ有することを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$-0.75 < R_c / f_w < -0.70 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

R_c : 接合面の曲率半径

f_w : 広角端における全系の焦点距離

[請求項8] 下記条件式(8)を満たすことを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$1.2 < H_1 / H_6 < 1.5 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

H_1 : 広角端における軸上光束のマージナル光線の、前記第1レンズ群の最も物体側の面における光線高

H_6 : 広角端における軸上光束のマージナル光線の、前記第1レンズ群の最も像側の面における光線高

[請求項9] 下記条件式(9)、(10)を満たすことを特徴とする請求項1か

ら 8 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$1. \quad 4 < d_w / f_w < 2.2 \quad \dots \quad (9)$$

$$4. \quad 5 < L_w / f_w < 5.6 \quad \dots \quad (10)$$

ただし、

d_w : 広角端における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の光軸上の間隔

f_w : 広角端における全系の焦点距離

L_w : 広角端におけるレンズ全長

[請求項10] 下記条件式 (1-1) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$2.9 < \nu_d 1 < 4.0 \quad \dots \quad (1-1)$$

[請求項11] 下記条件式 (2-1) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$1. \quad 0 < f_1 / f_w < 2.0 \quad \dots \quad (2-1)$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の前記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12] 物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群と、絞りと、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群とからなり、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いるものであり、

前記第 1 レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズと、2 枚の負レンズとからなることを特徴とする変倍光学系。

[請求項13] 下記条件式 (1A) を満たすことを特徴とする請求項 12 記載の変倍光学系。

$$2.1 < \nu_d 1 < 5.0 \quad \dots \quad (1A)$$

ただし、

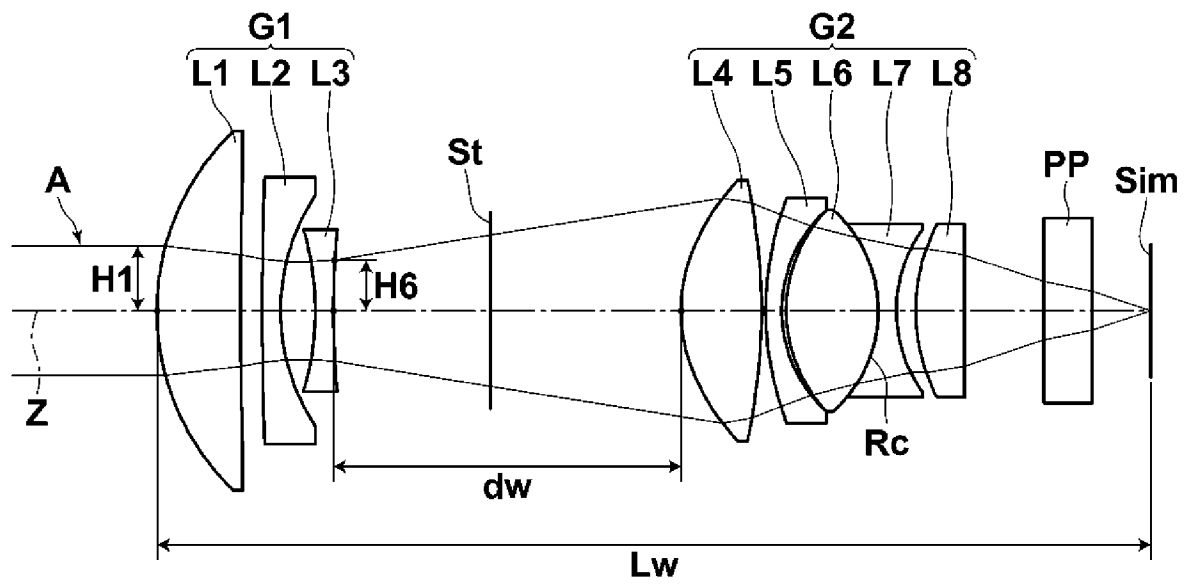
$\nu d 1$: 前記第 1 レンズ群の前記正レンズの d 線におけるアッベ数

[請求項14] 下記条件式 (1 A - 1) を満たすことを特徴とする請求項 1 3 記載の変倍光学系。

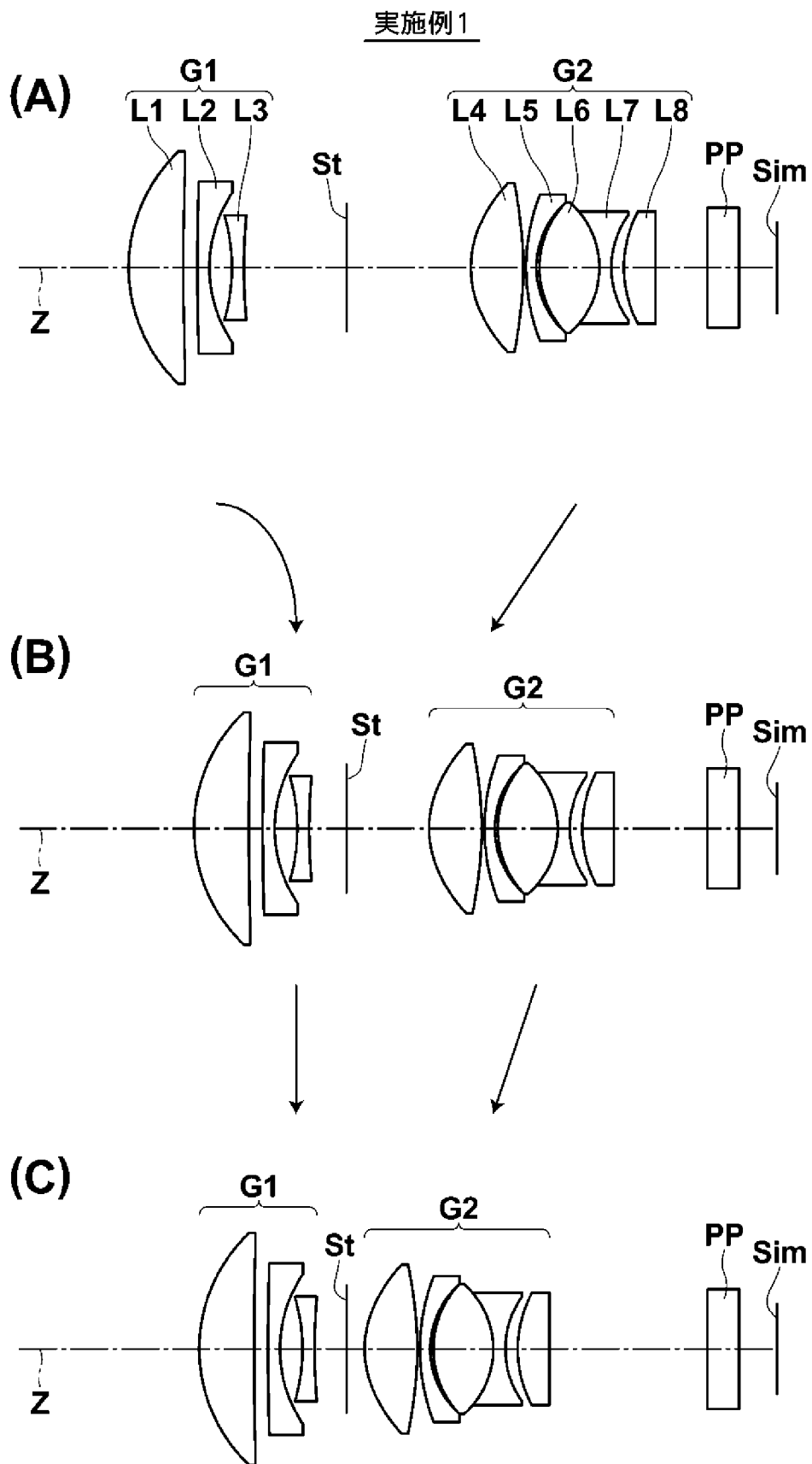
$$22 < \nu d 1 < 50 \quad \cdots \quad (1 A - 1)$$

[請求項15] 請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系と、
該変倍光学系により形成された光学像を撮像して電気信号を出力する撮像素子とを備えたことを特徴とする撮像装置。

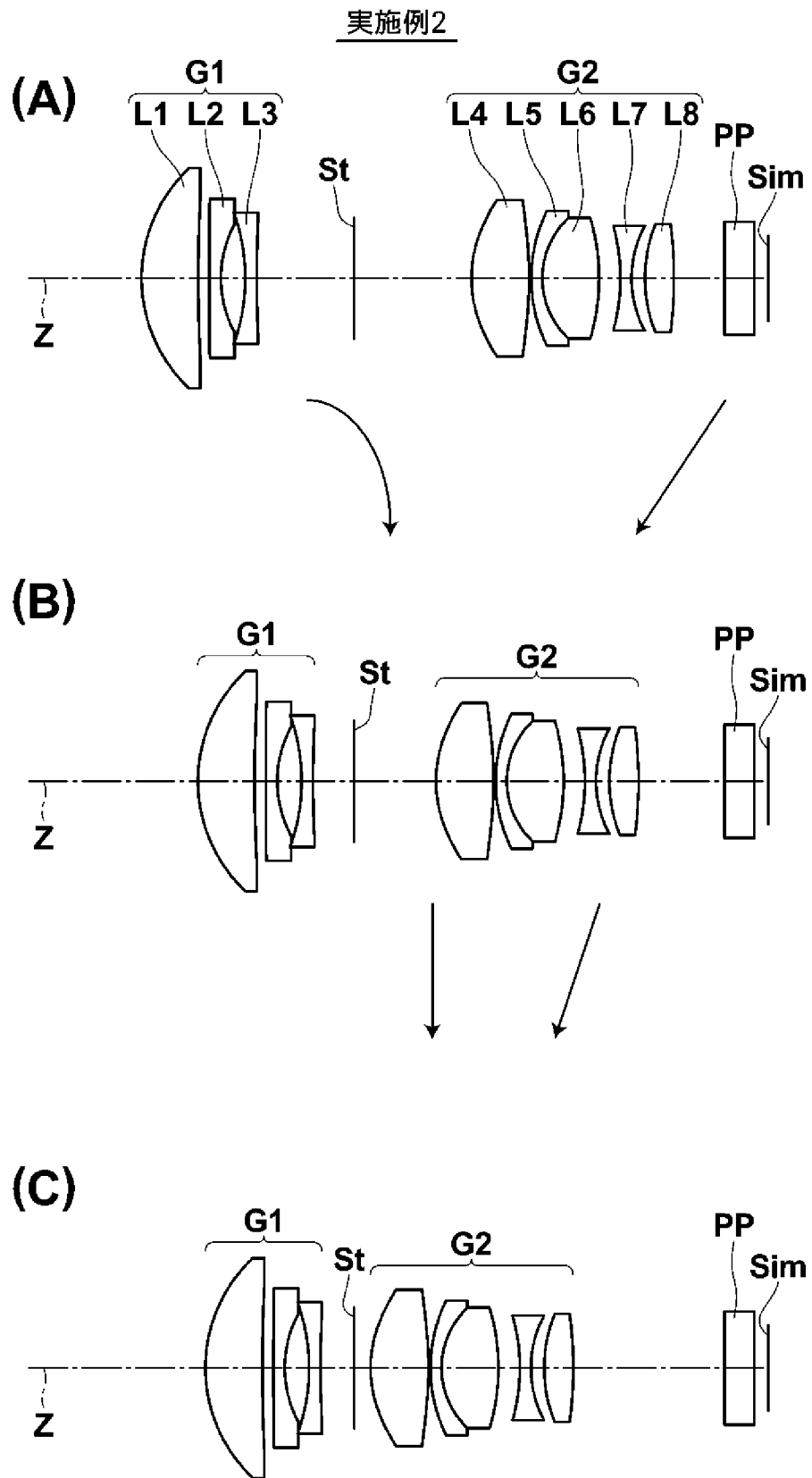
[図1]



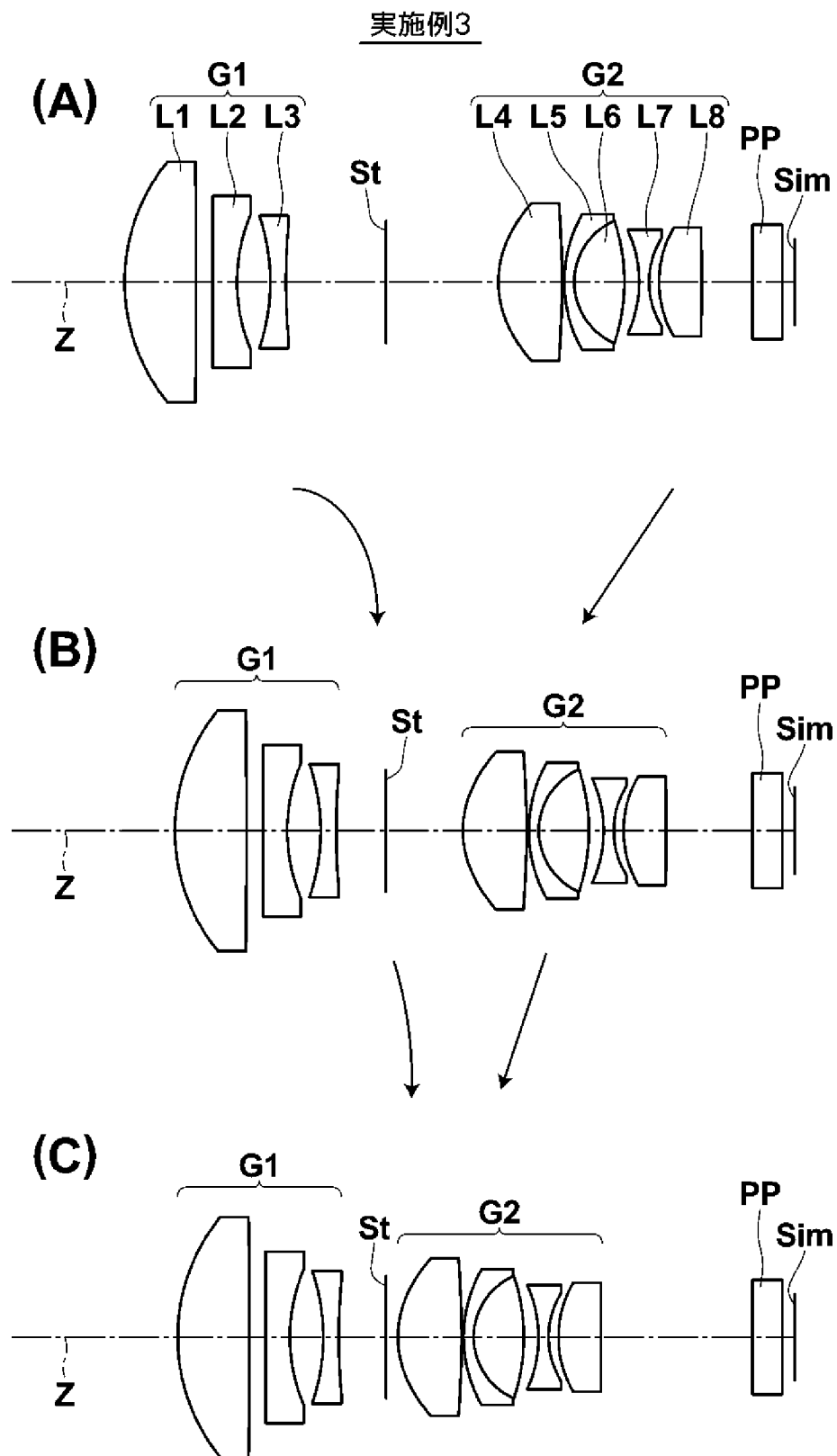
[図2]



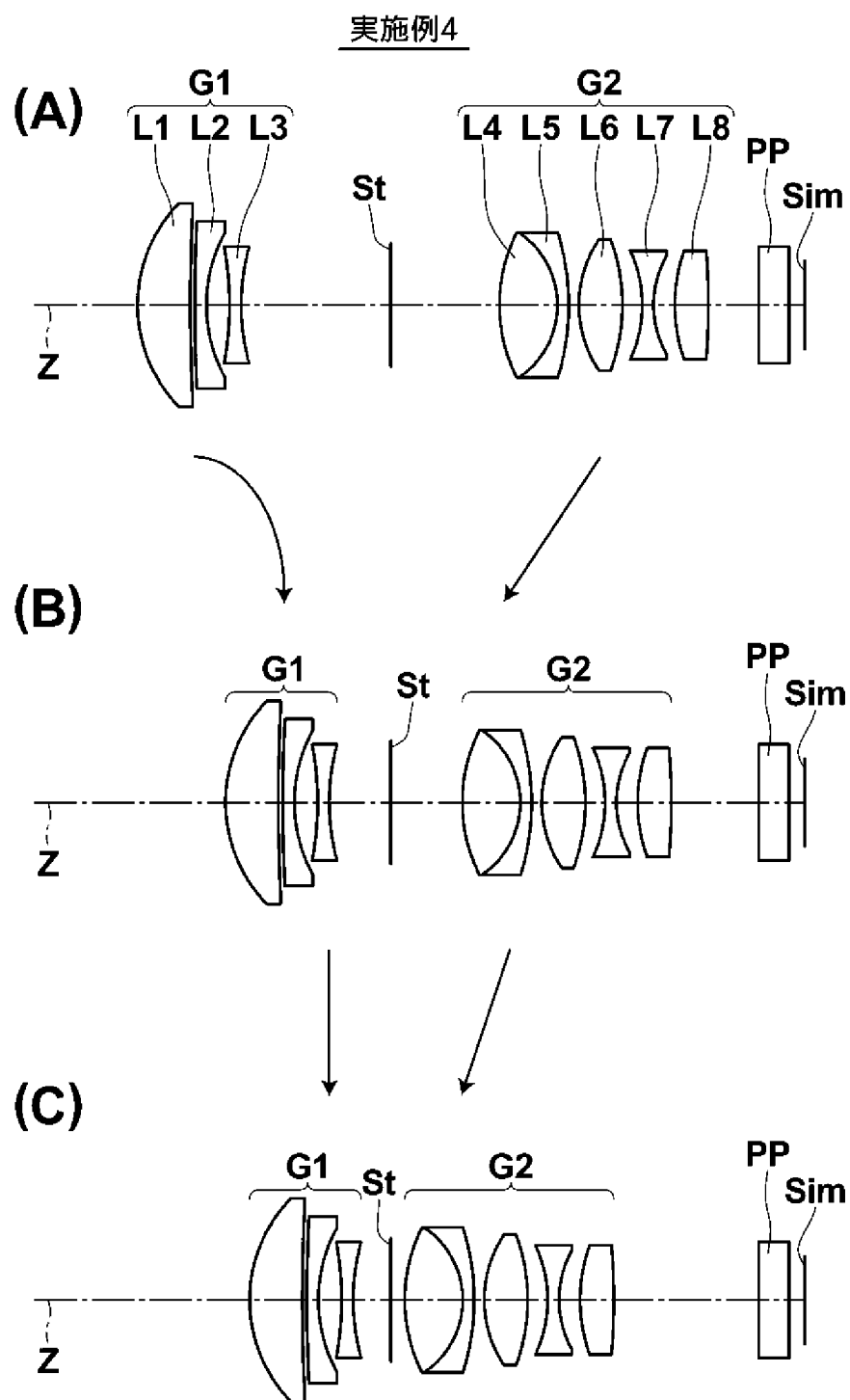
[図3]



[図4]

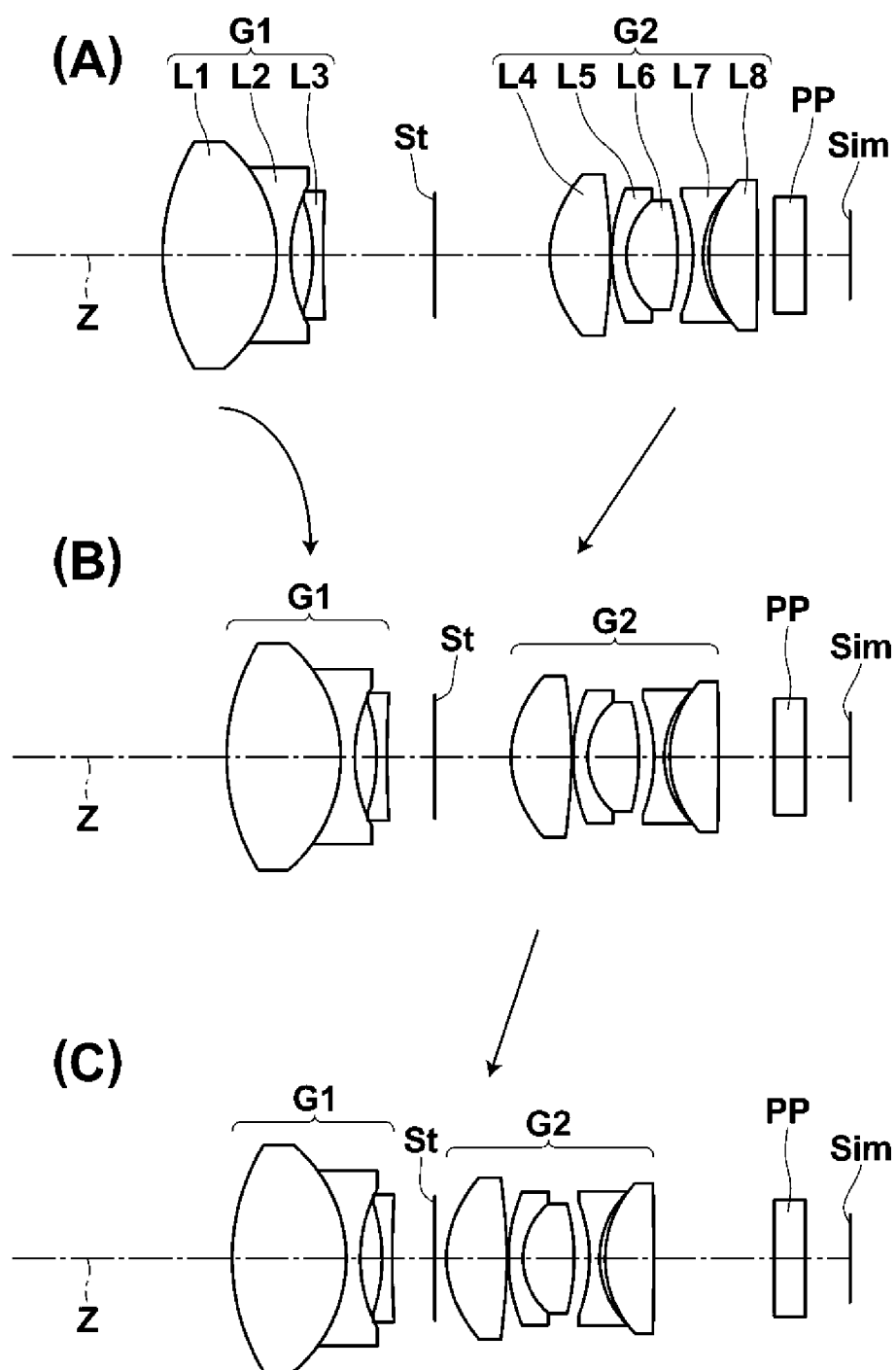


[図5]

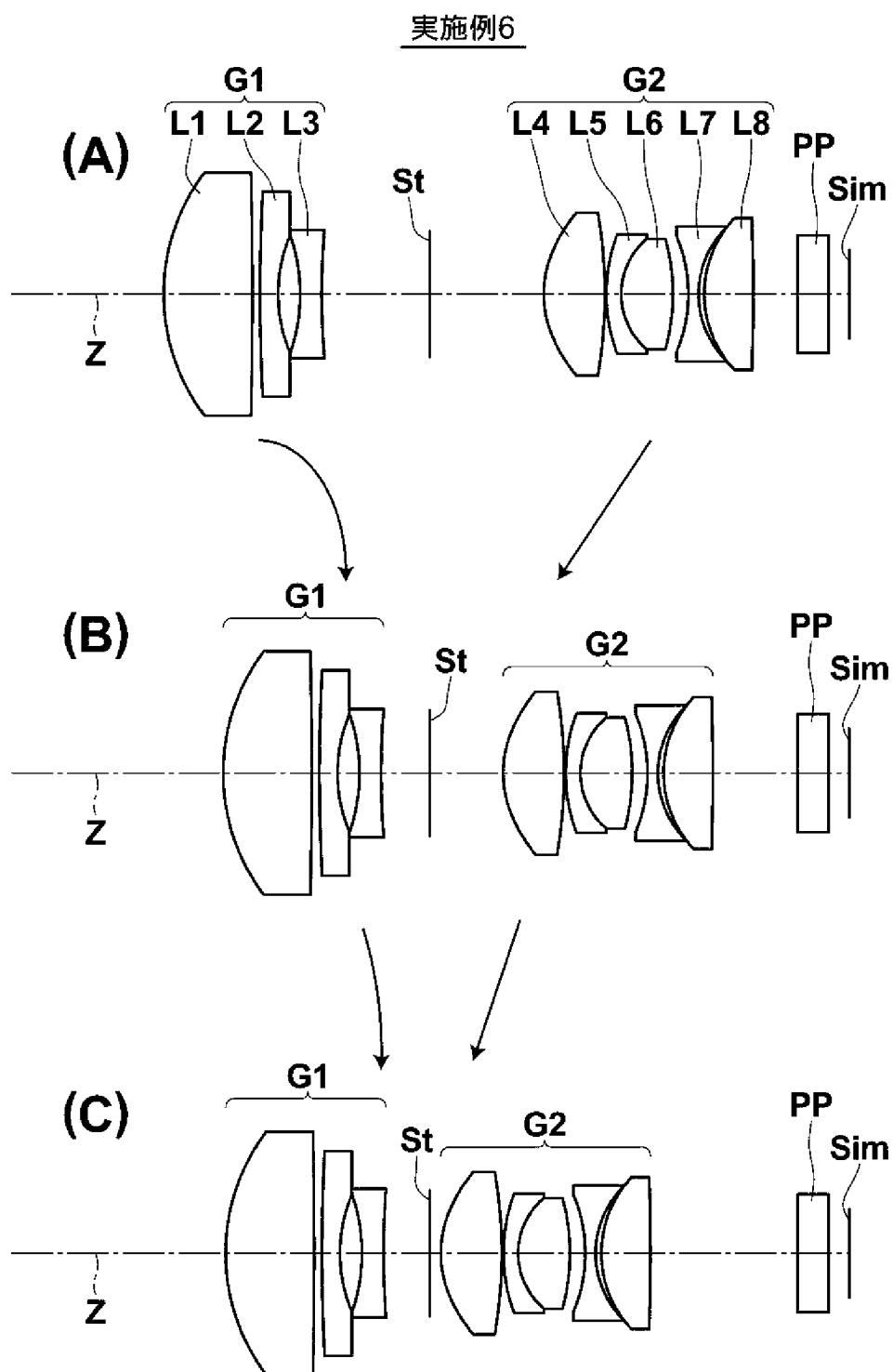


[図6]

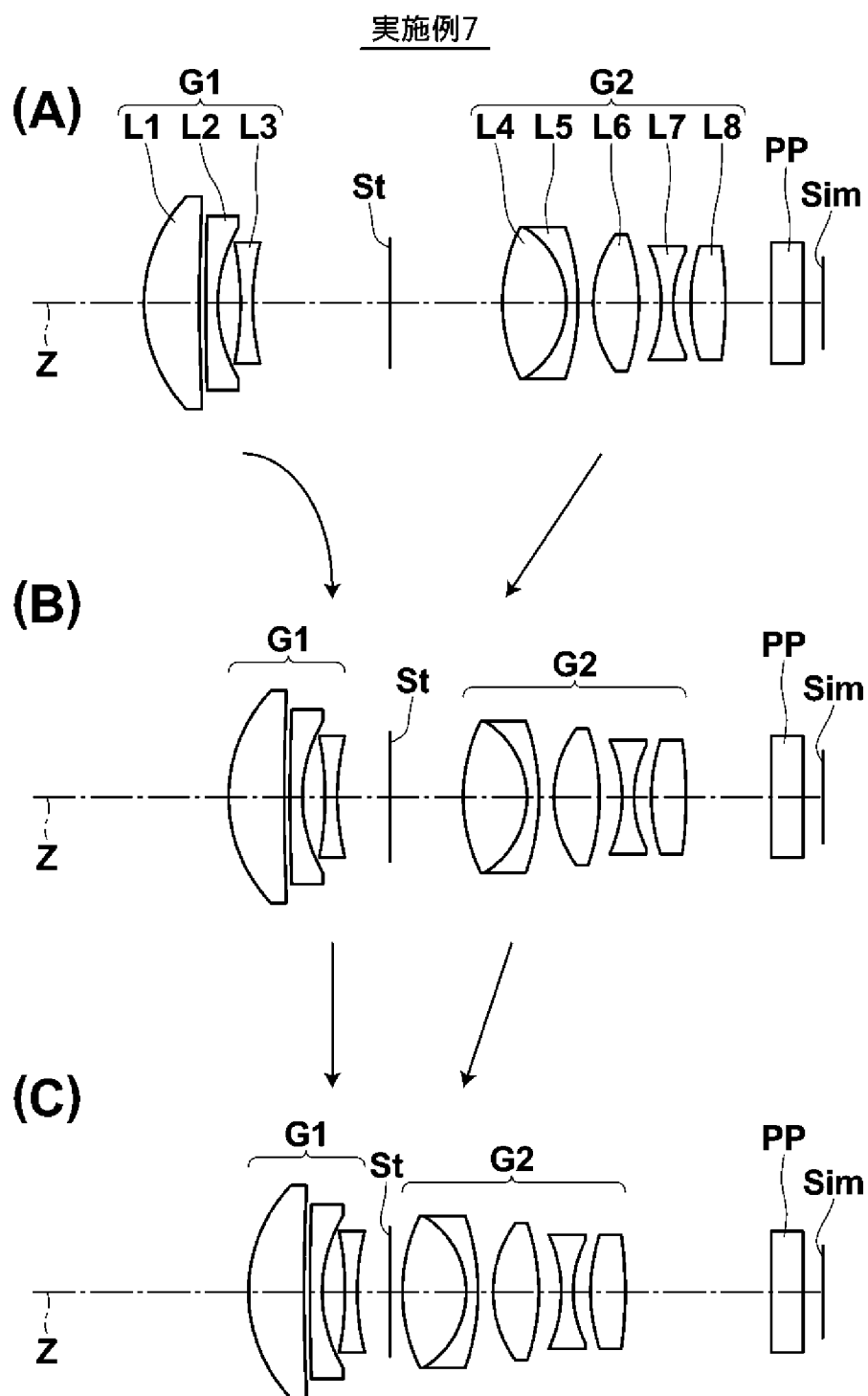
実施例5



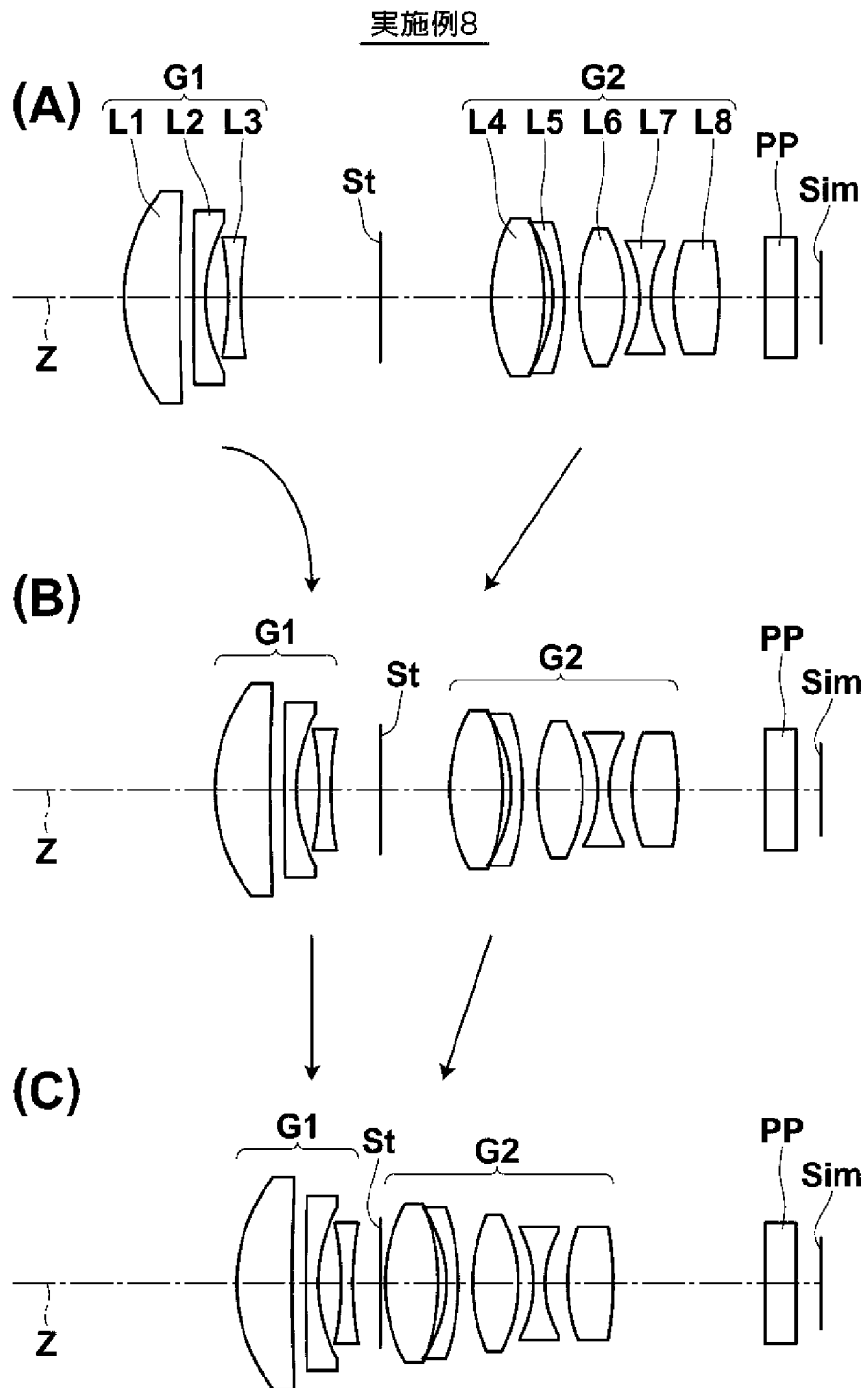
[図7]



[図8]

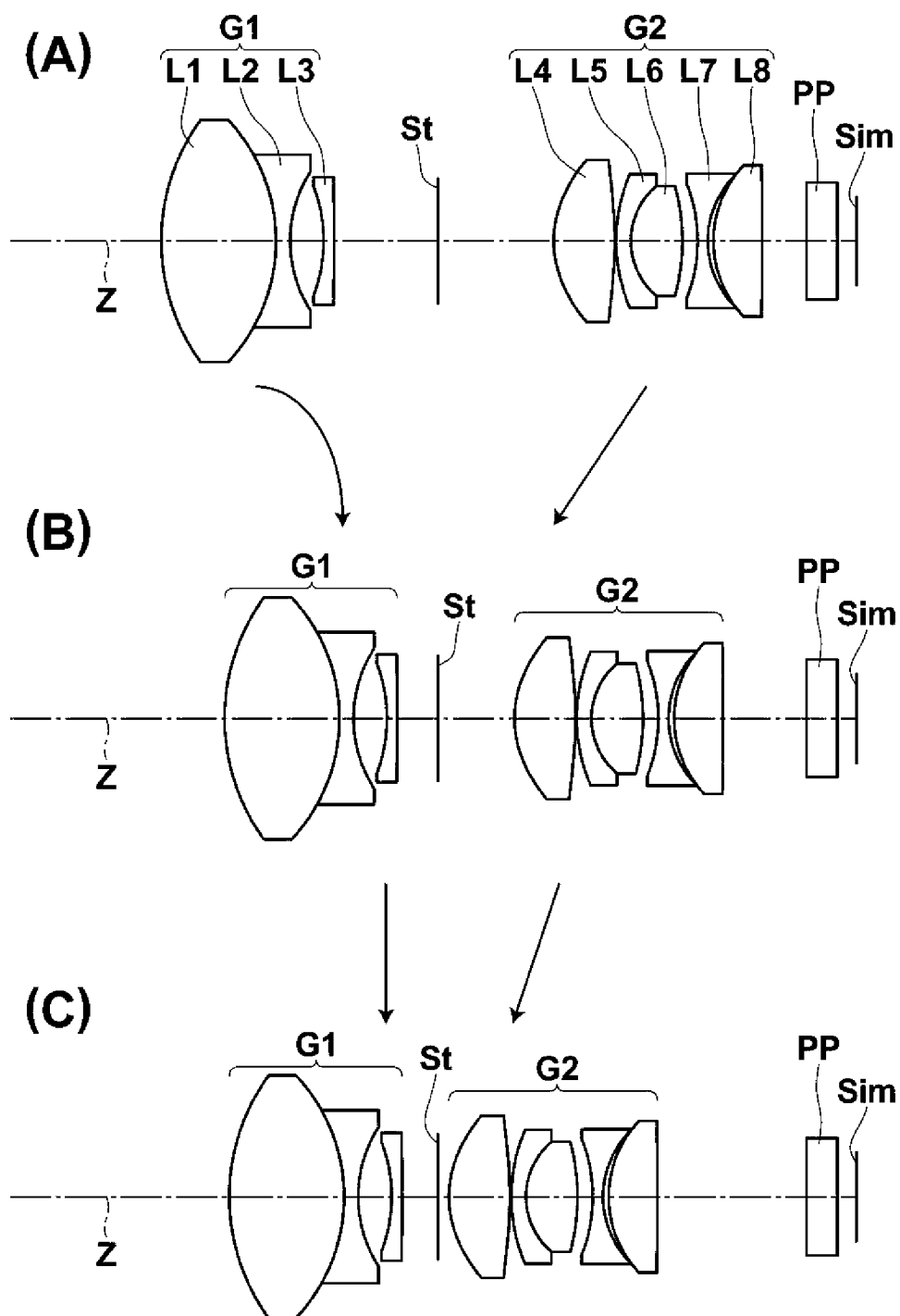


[図9]



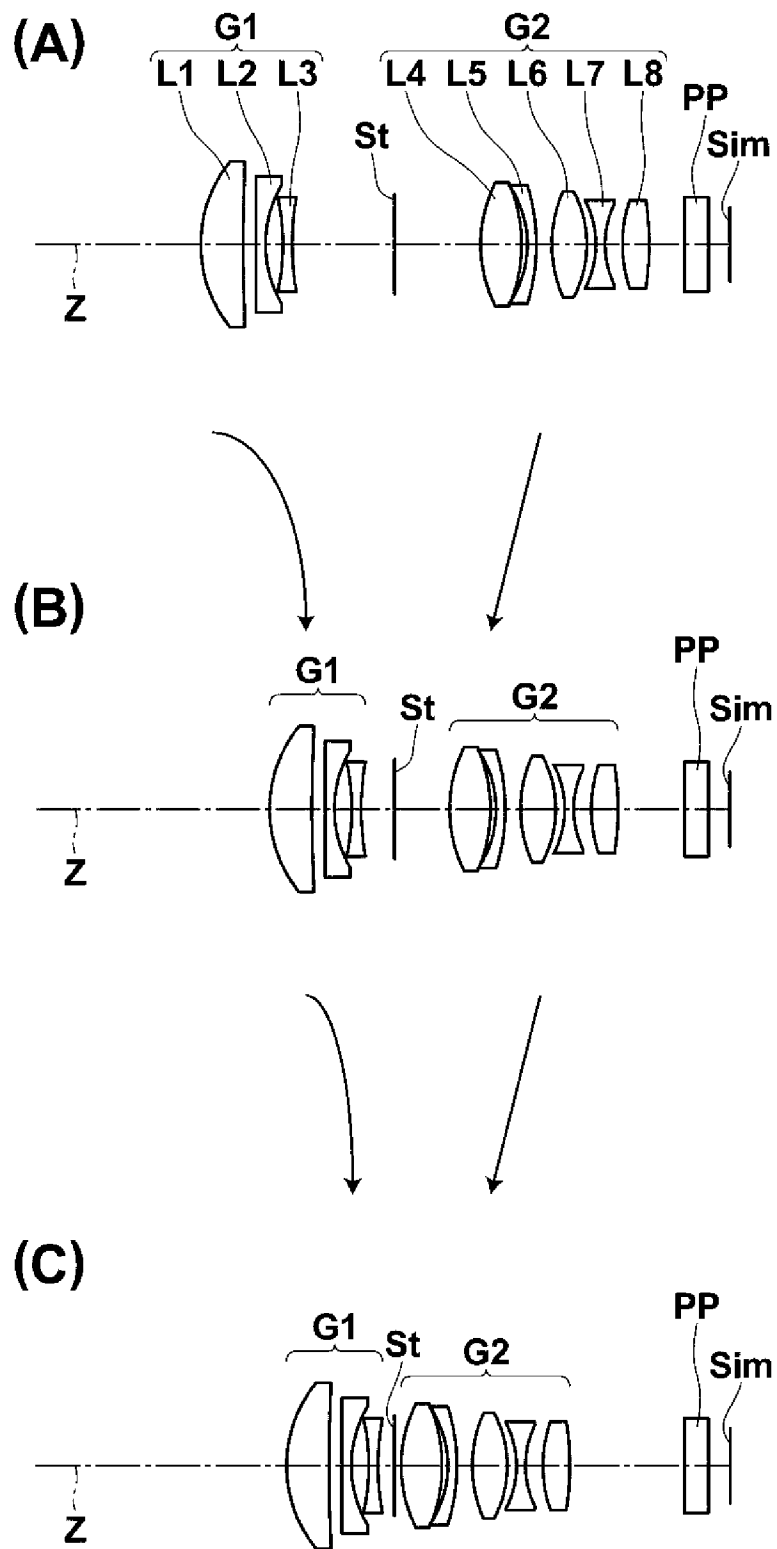
[図10]

実施例9



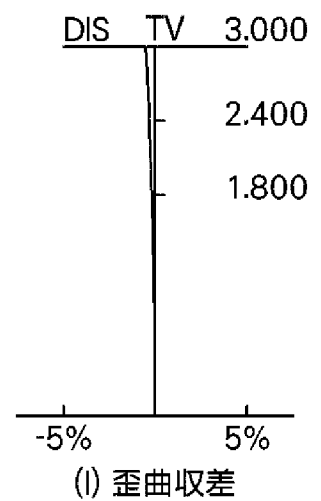
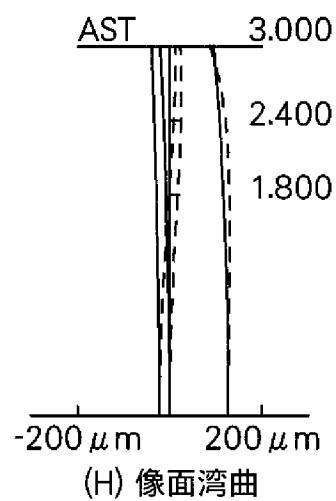
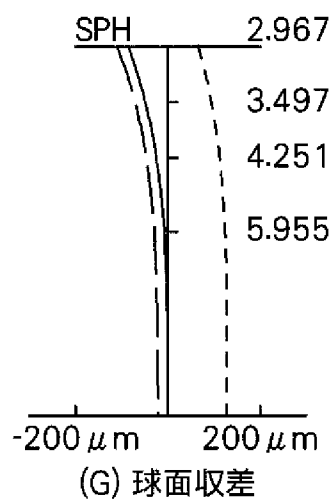
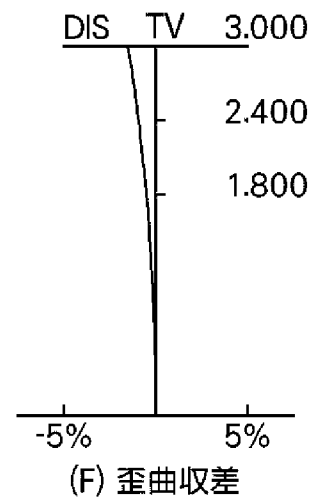
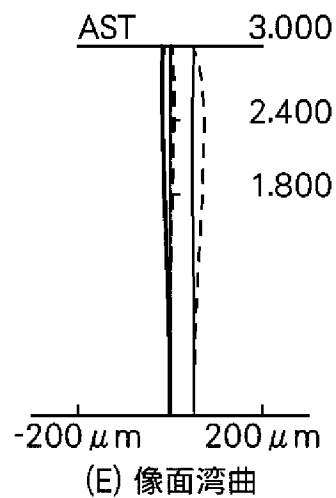
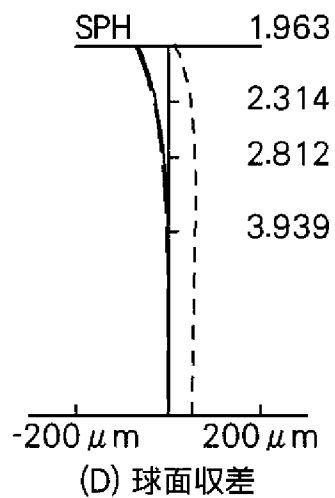
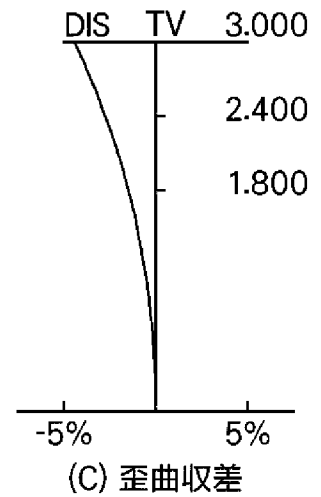
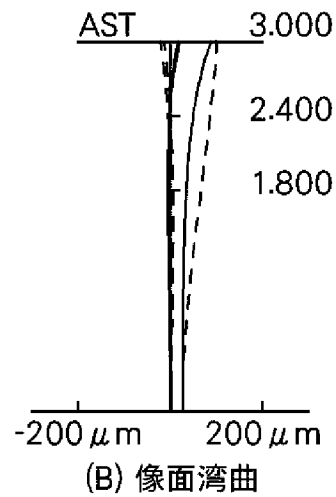
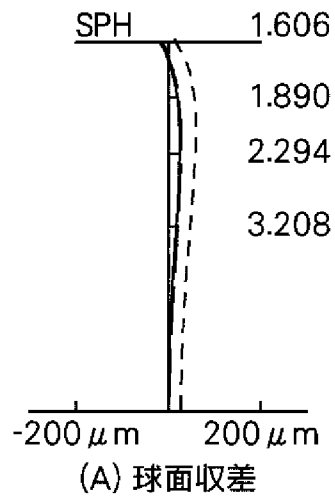
[図11]

実施例10



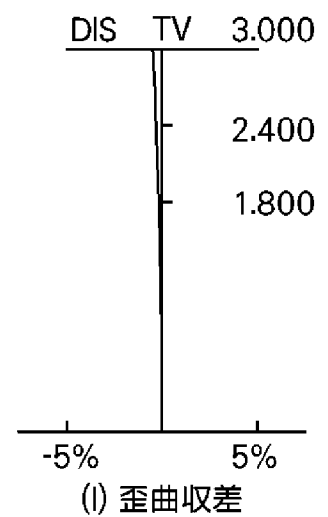
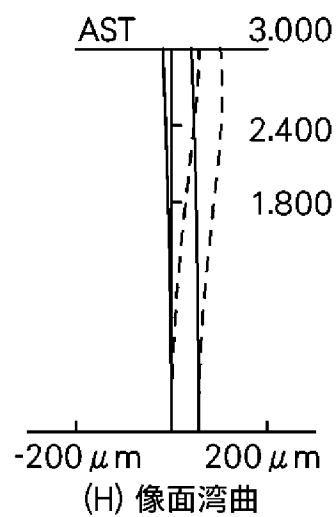
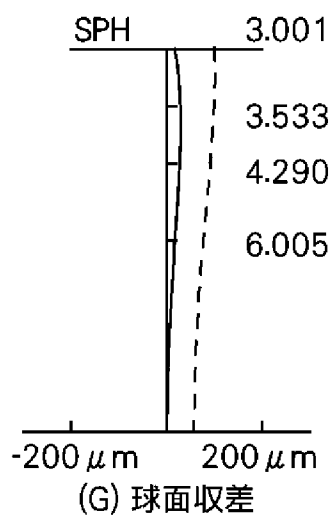
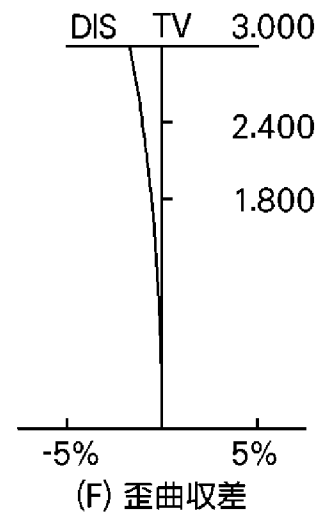
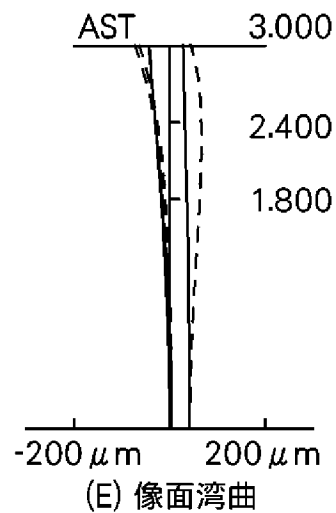
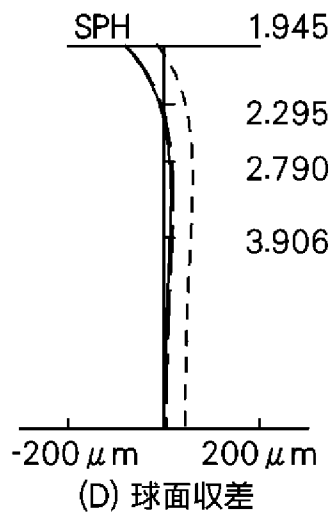
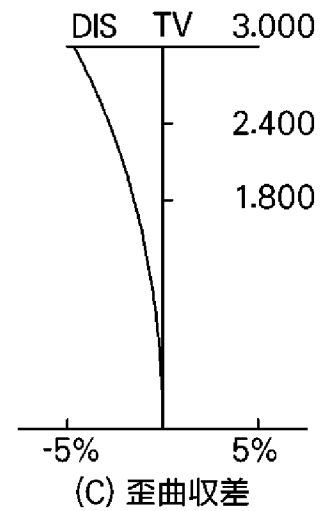
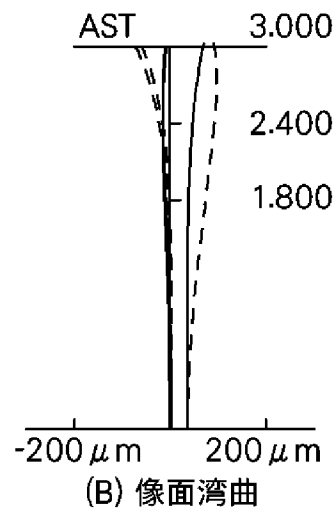
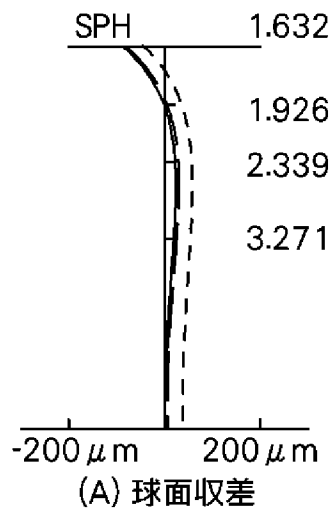
[図12]

実施例1

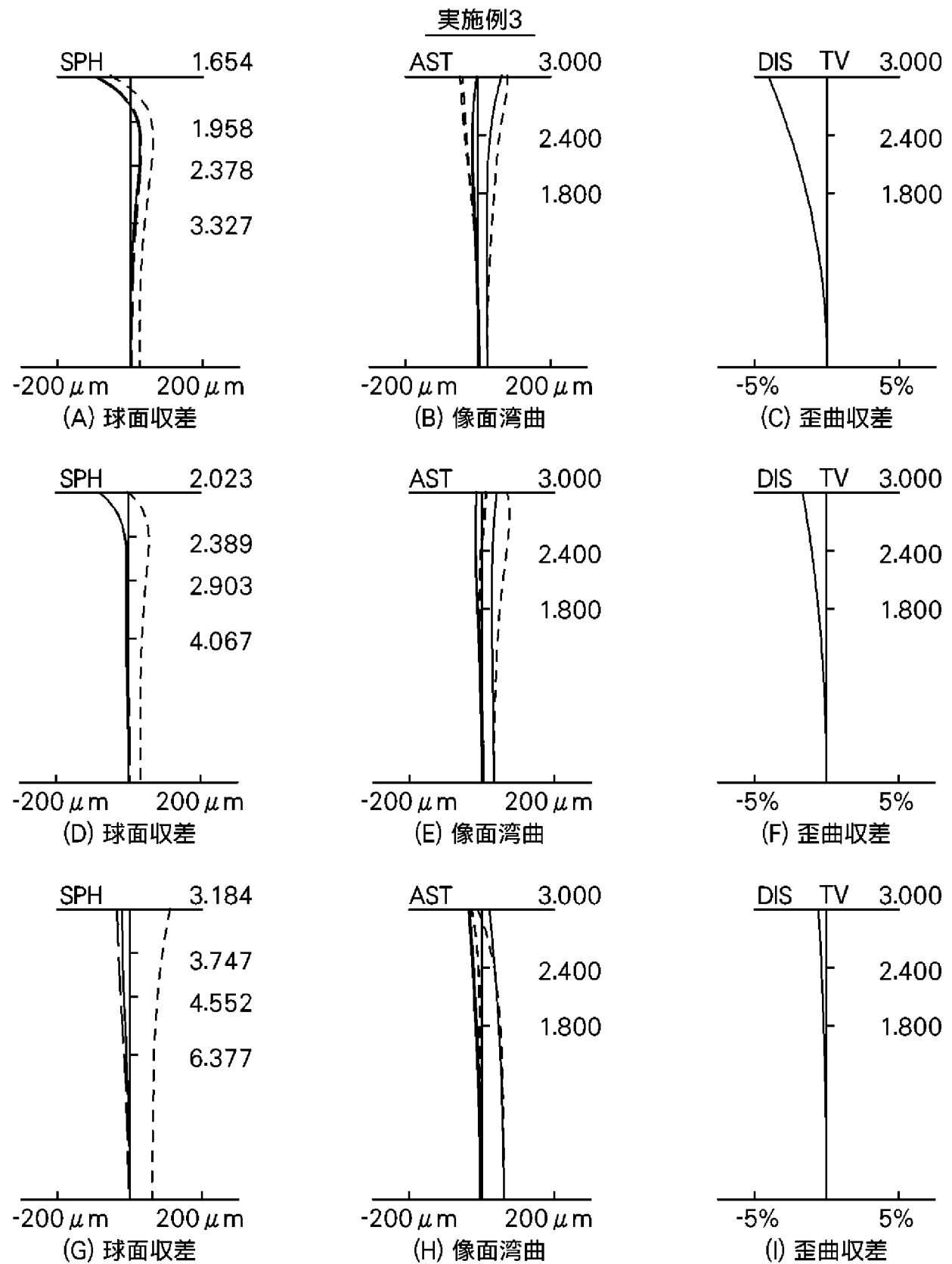


[図13]

実施例2

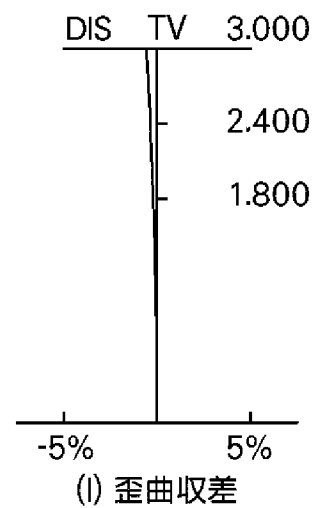
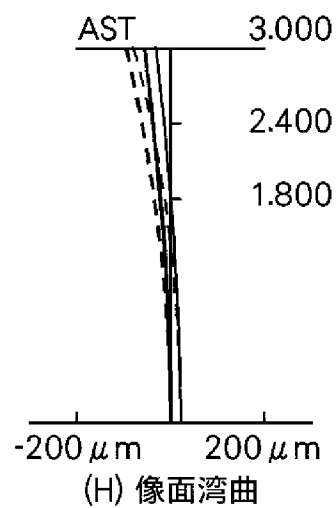
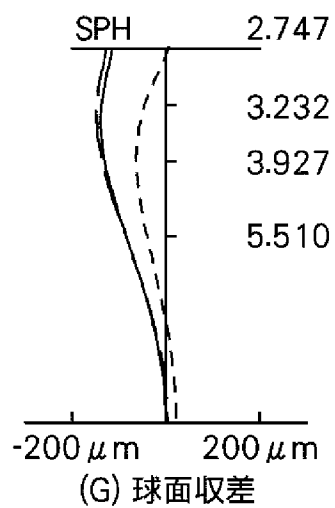
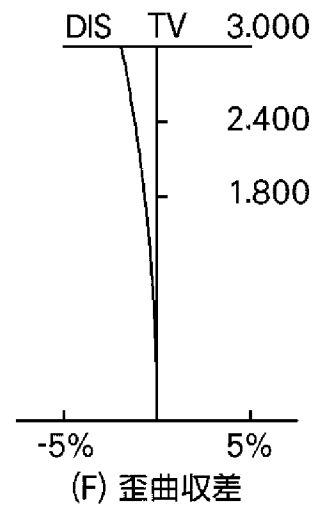
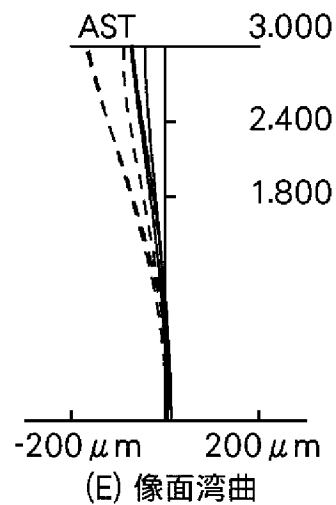
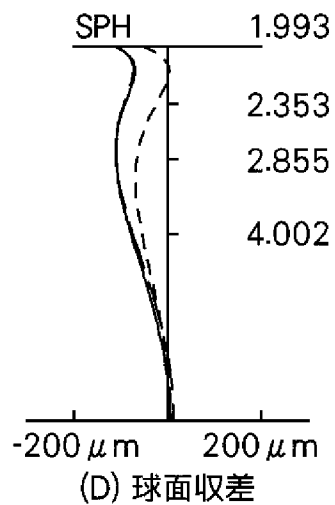
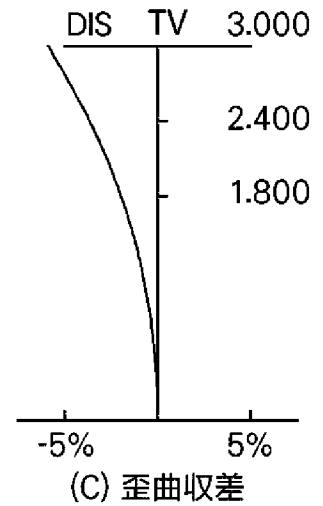
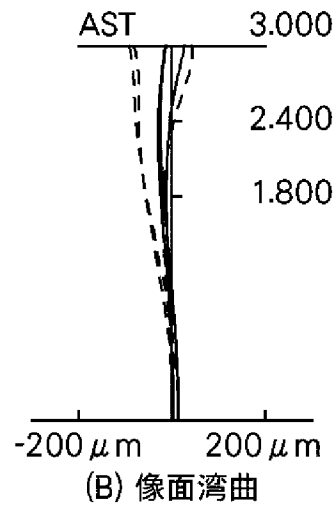
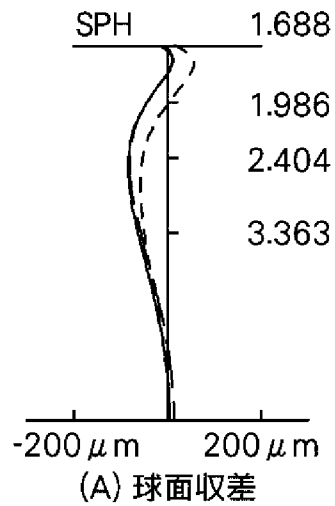


[図14]



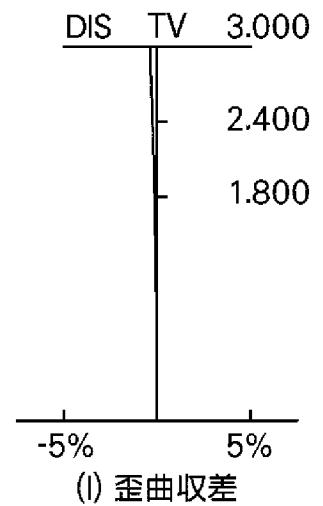
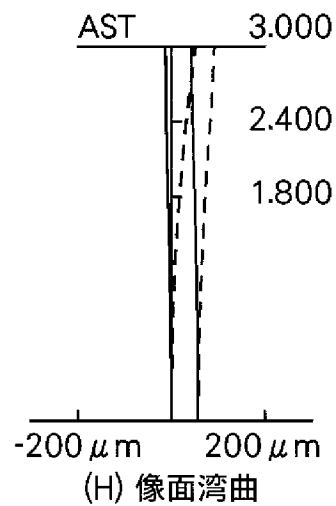
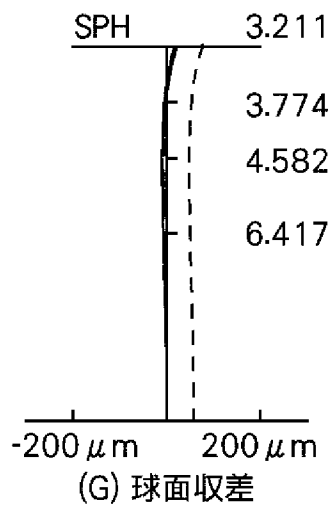
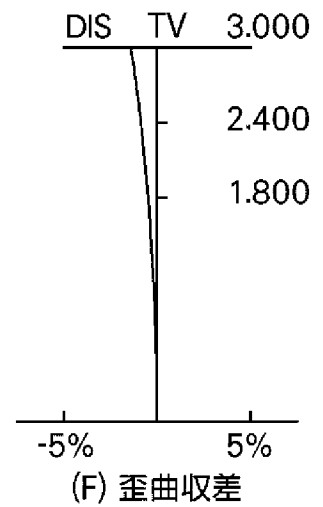
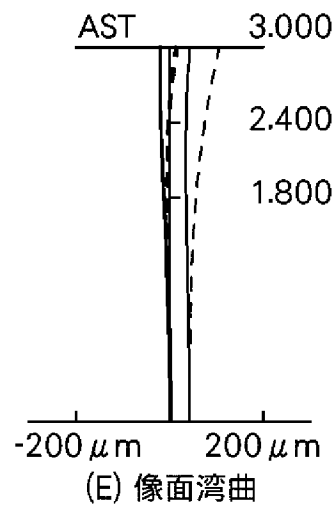
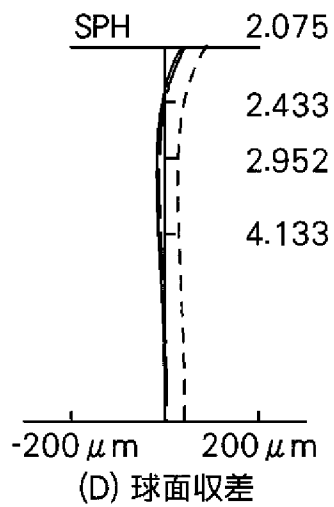
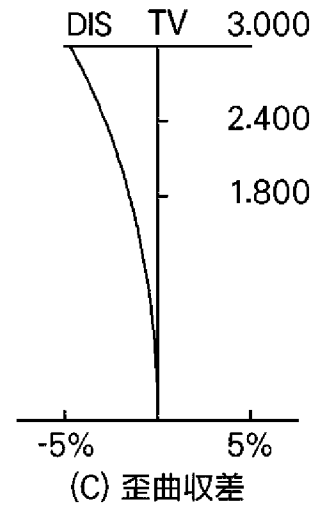
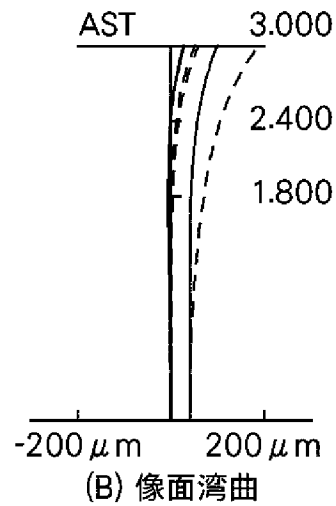
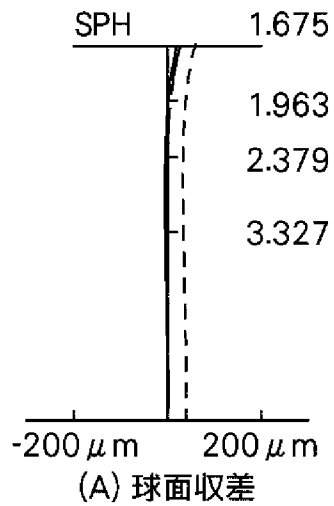
[図15]

実施例4



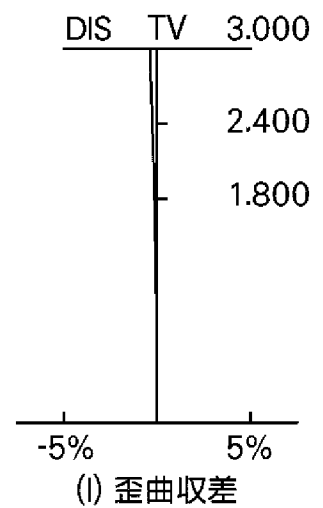
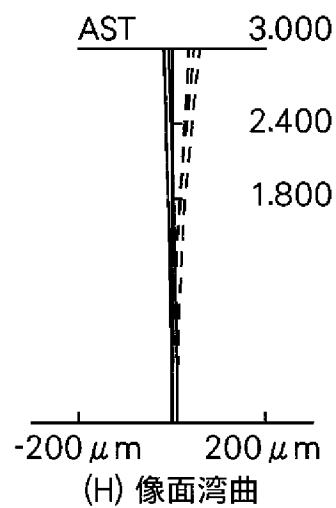
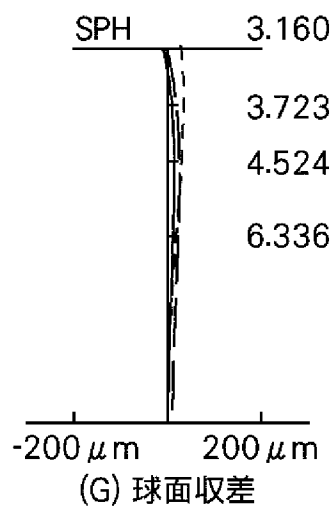
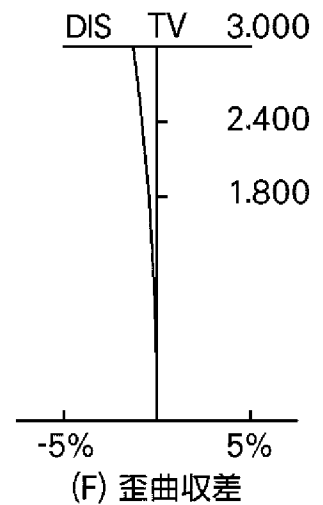
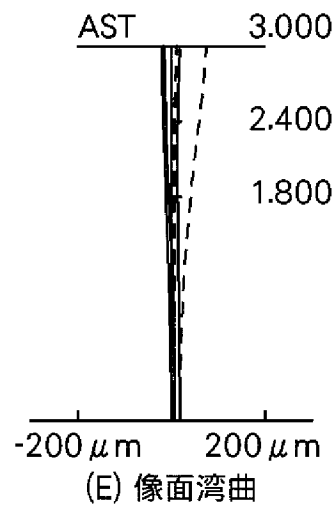
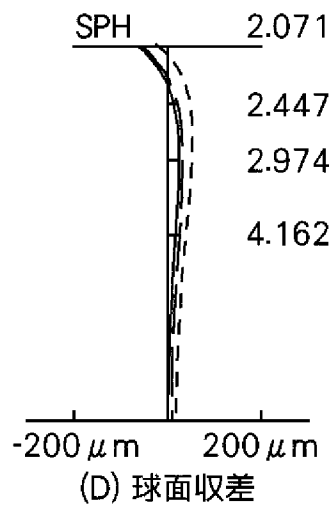
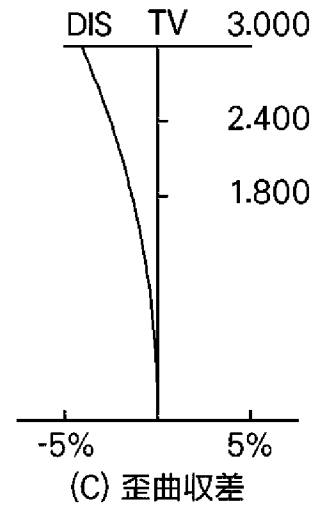
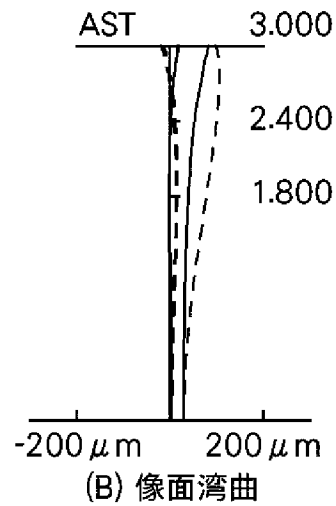
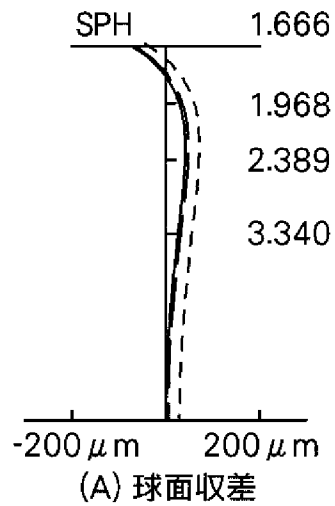
[図16]

実施例5



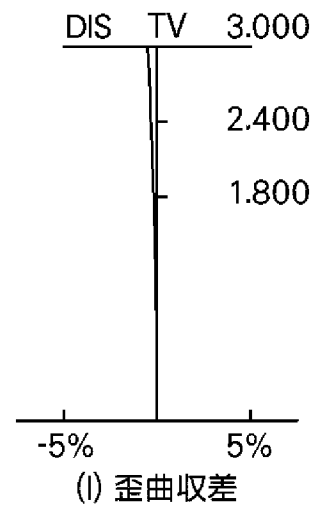
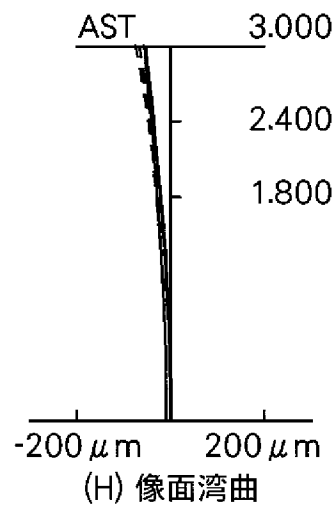
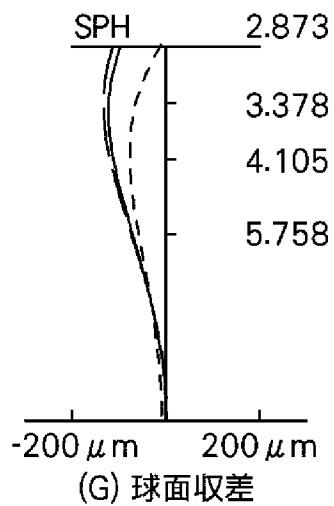
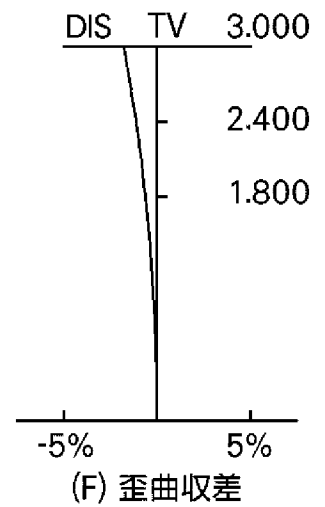
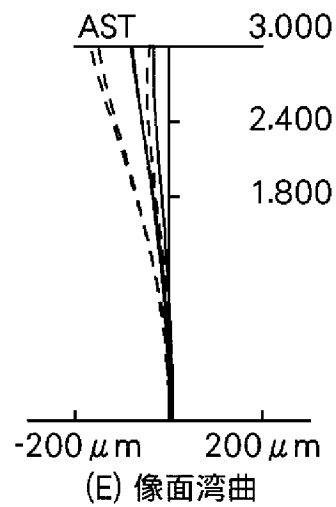
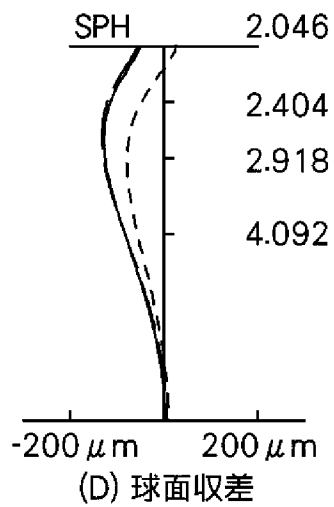
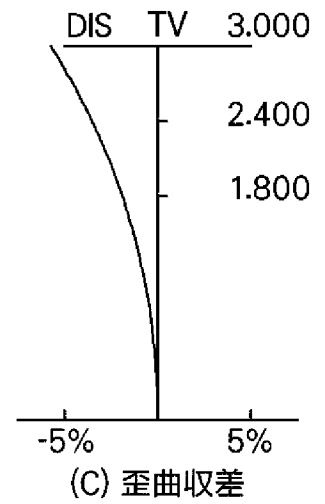
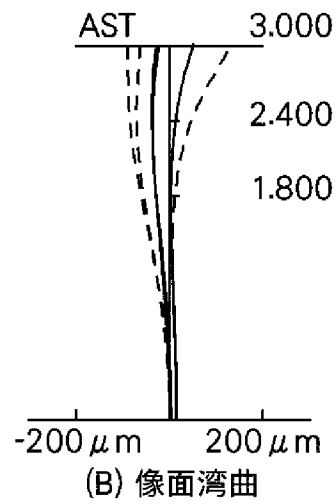
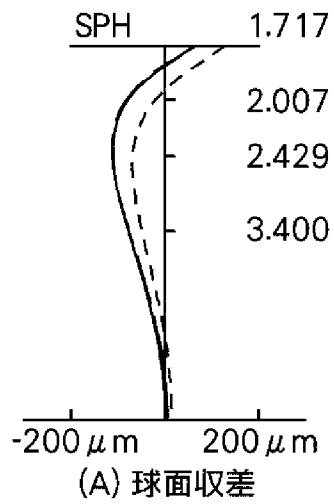
[図17]

実施例6



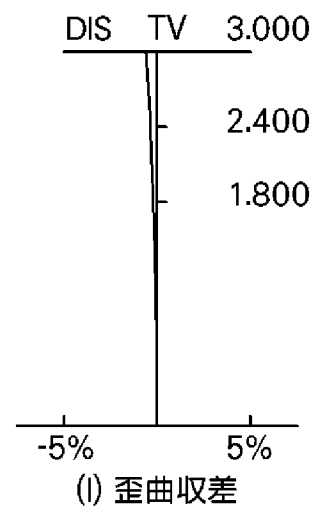
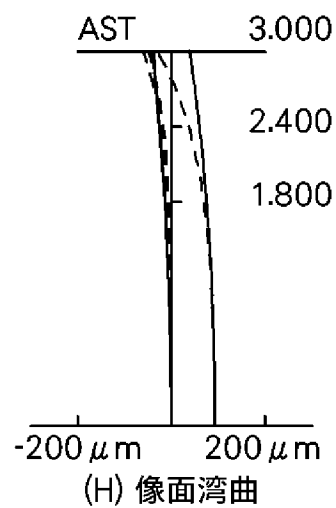
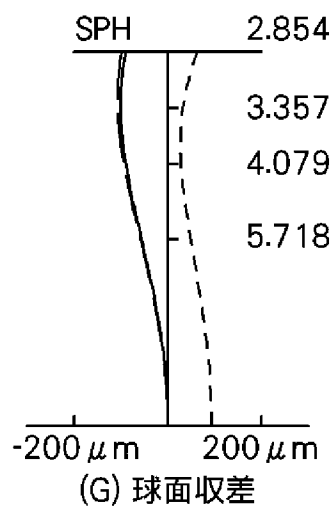
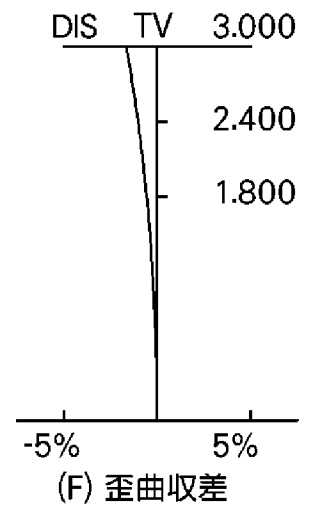
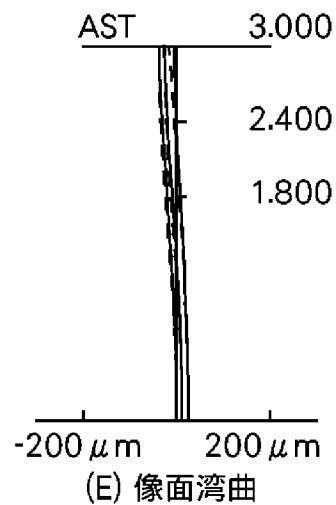
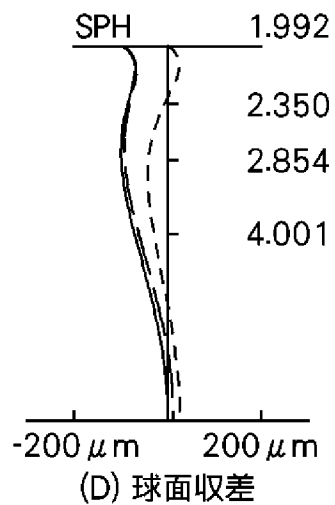
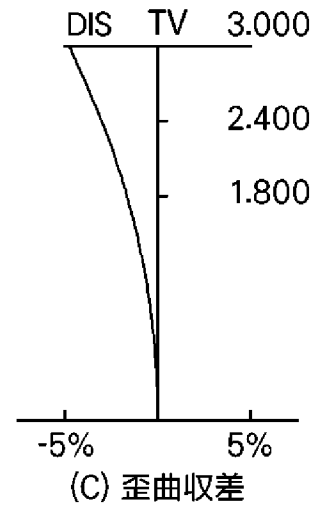
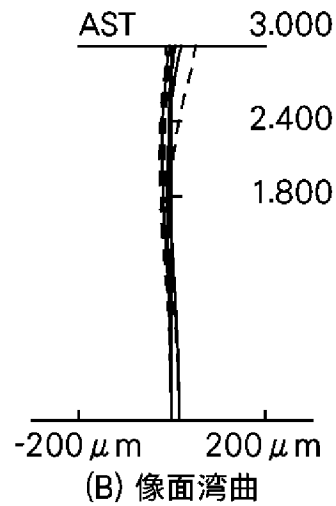
[図18]

実施例7



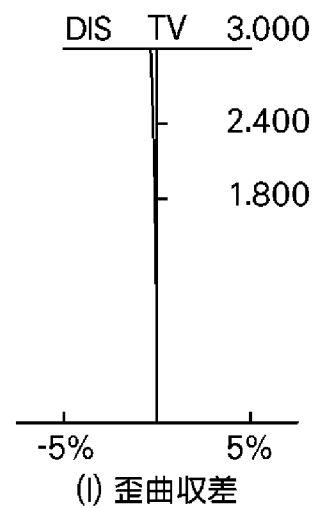
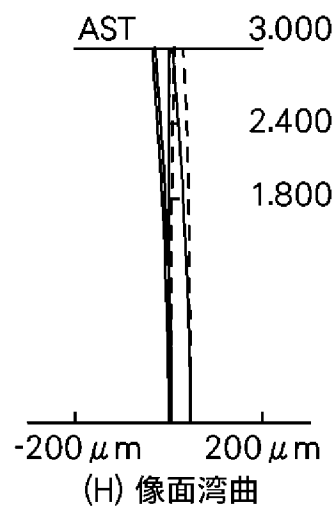
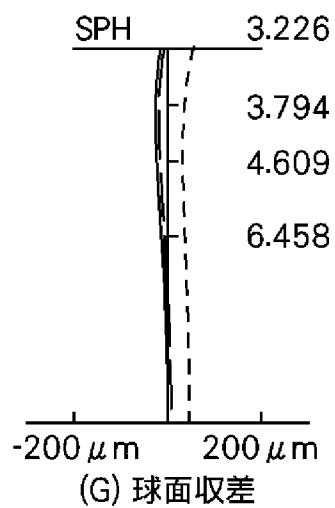
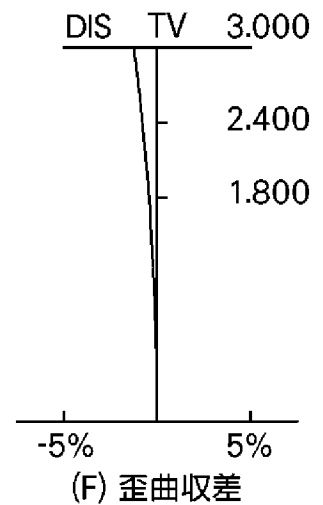
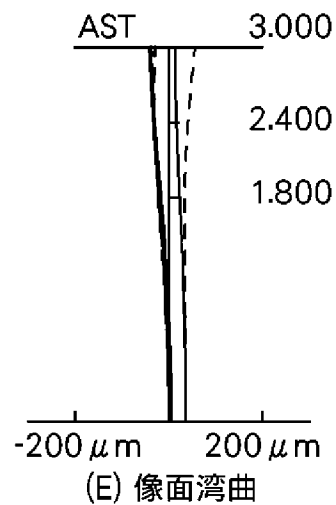
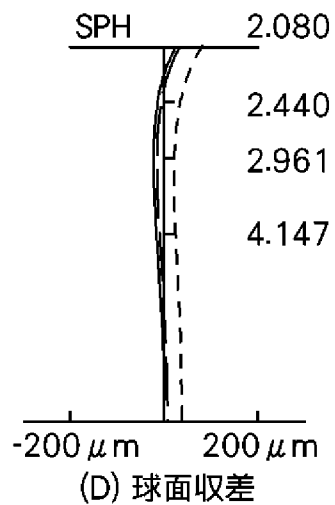
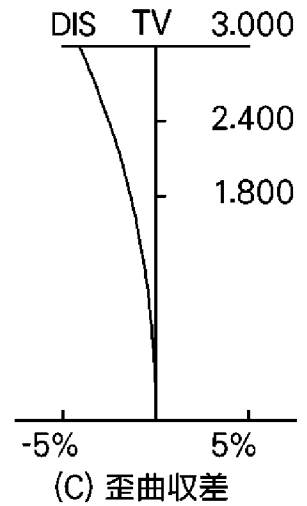
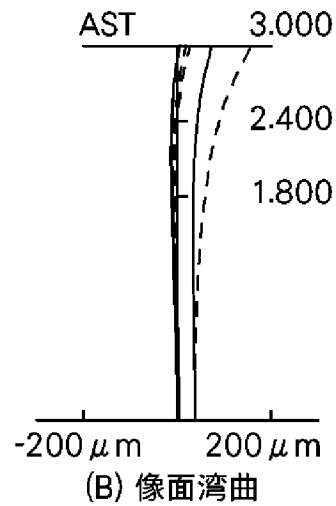
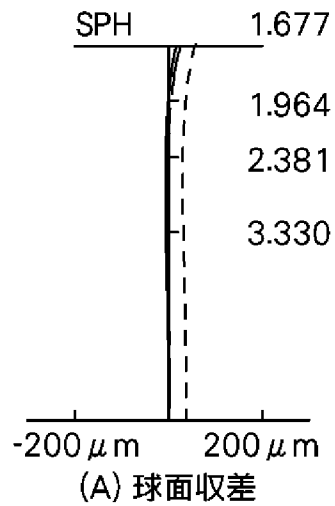
[図19]

実施例8



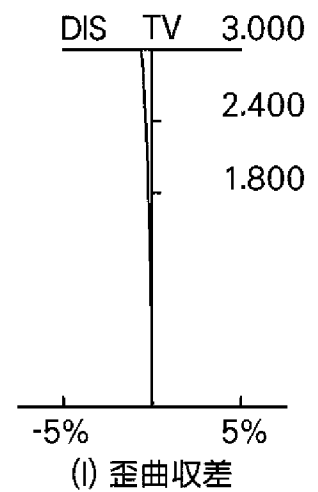
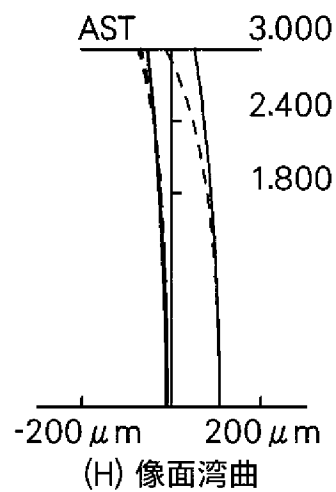
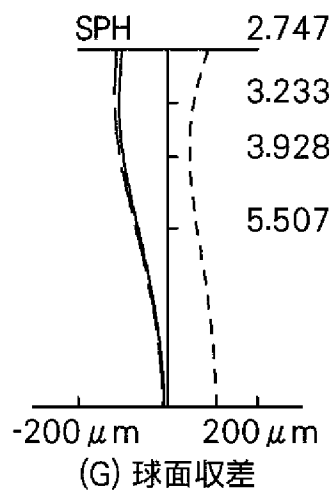
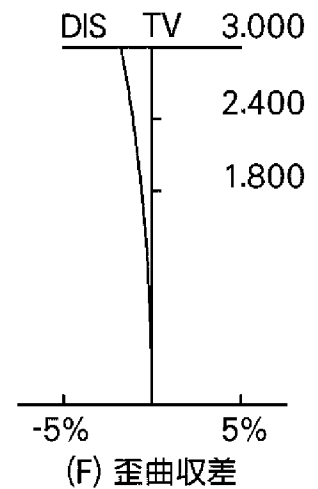
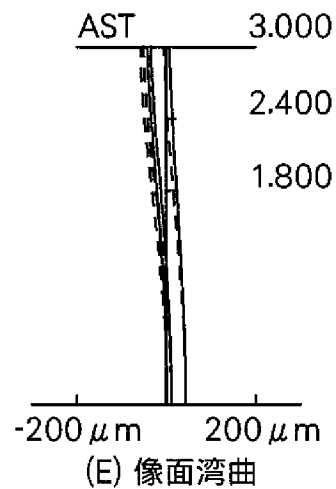
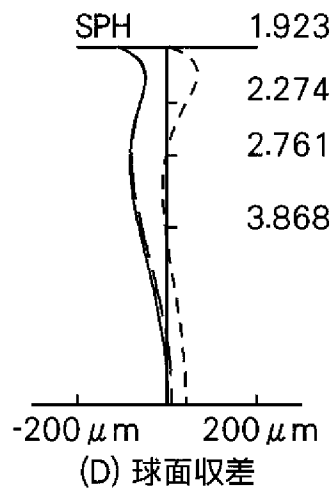
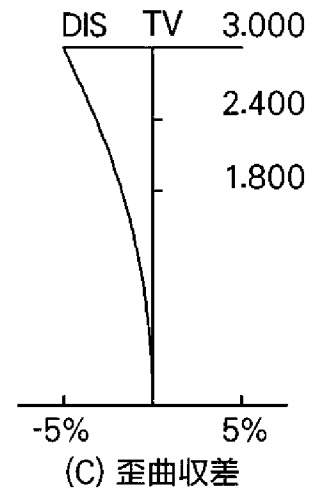
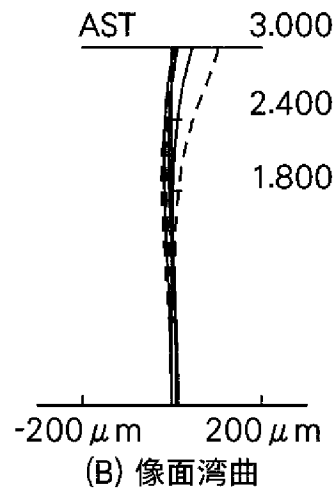
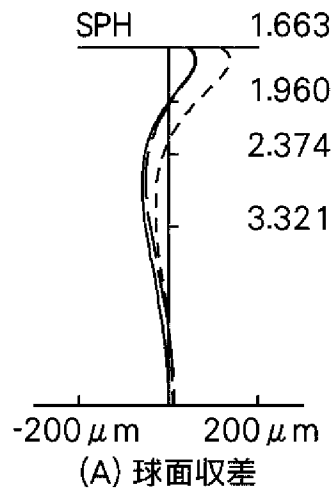
[図20]

実施例9

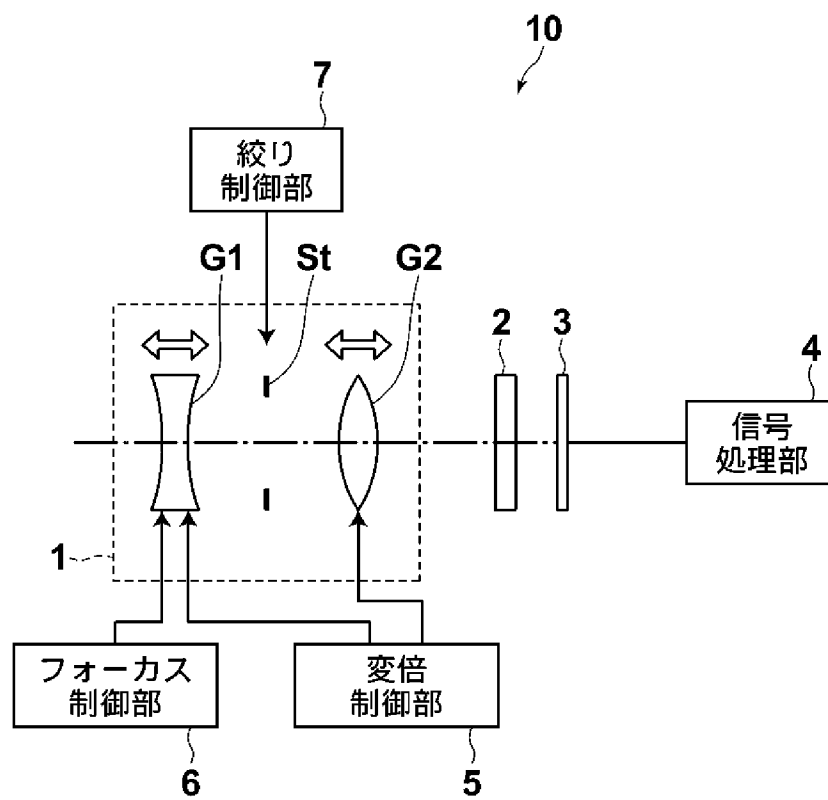


[図21]

実施例10



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001597

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 11-84237 A (Canon Inc.), 26 March 1999 (26.03.1999),	1, 2, 7, 10, 12-14
Y	entire text (particularly, examples)	15
A	(Family: none)	3-6, 8, 9, 11
X	JP 10-104514 A (Canon Inc.),	1, 7, 10, 12-14
Y	24 April 1998 (24.04.1998),	15
A	entire text (particularly, examples) (Family: none)	2-6, 8, 9, 11
Y	JP 2001-281543 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 10 October 2001 (10.10.2001), entire text (particularly, paragraphs [0001] to [0003]; examples) (Family: none)	15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 May, 2012 (22.05.12)

Date of mailing of the international search report
05 June, 2012 (05.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001597

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-61711 A (Ricoh Optical Industries Co., Ltd.), 07 March 1997 (07.03.1997), entire text (particularly, examples) (Family: none)	1-15
A	JP 62-206517 A (Canon Inc.), 11 September 1987 (11.09.1987), entire text (particularly, examples) (Family: none)	1-15

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 11-84237 A（キヤノン株式会社）1999.03.26, 全文（特に実施例参照）（ファミリーなし）	1, 2, 7, 10, 12-14 15 3-6, 8, 9, 11
X Y A	JP 10-104514 A（キヤノン株式会社）1998.04.24, 全文（特に実施例参照）（ファミリーなし）	1, 7, 10, 12-14 15 2-6, 8, 9, 11

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

原田 英信

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

2 V

3 7 0 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2001-281543 A (富士写真光機株式会社) 2001.10.10, 全文 (特に段落【0001】－【0003】、実施例参照) (ファミリーなし)	15
A	JP 9-61711 A (リコー光学株式会社) 1997.03.07, 全文 (特に実施例参照) (ファミリーなし)	1-15
A	JP 62-206517 A (キヤノン株式会社) 1987.09.11, 全文 (特に実施例参照) (ファミリーなし)	1-15