

(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  
2020年9月10日(10.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/178884 A1

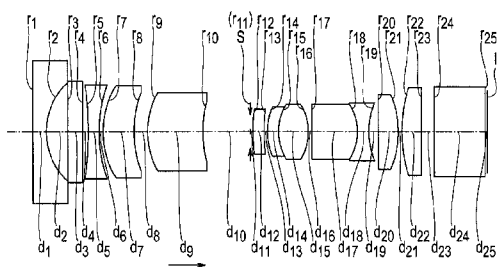
- (51) 国際特許分類:  
*G02B 13/04* (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/008032
- (22) 国際出願日: 2019年3月1日(01.03.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 市川啓介 (ICHIKAWA Keisuke); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 藤倉崇 (FUJIKURA Takashi); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 三原伸一 (MIHARA Shinichi); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 斎藤圭介 (SAITO Keisuke); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1-4-3 駿河台下MKビル6階 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, 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,

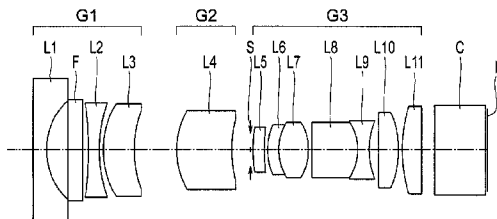
(54) Title: WIDE-ANGLE OPTICAL SYSTEM AND IMAGING DEVICE PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: 広角光学系及びそれを備えた撮像装置

(a)



(b)



(57) Abstract: Provided are: a wide-angle optical system in which all aberrations are satisfactorily corrected, and the outer diameter of a moving lens and the outer diameter of a lens located near a moving lens group are sufficiently small; and an imaging device utilizing the same. The wide-angle optical system is provided with, in order from an object side: a first lens group G1 which has negative refractive power; a second lens group G2 which has positive refractive power; and a third lens group G3 which has positive refractive power. When adjusting a focal point position from a distant point to a nearby point, the second lens group G2 moves from a first position towards a second position. The third lens group G3 has three or more lens components, and the three or more lens components include a first lens component and a second lens component. The first lens component is a single lens and the second lens component is a cemented lens, and conditional formula (1) below is satisfied.  $-0.60 < (n2C' - n2C) / r2C < -0.05$  (1)

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,  
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

---

(57) 要約：諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さい広角光学系及びそれを用いた撮像装置を提供する。広角光学系は、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、を備え、遠点から近点に焦点位置調節するときに、第2レンズ群G2が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、第3レンズ群G3は3つ以上のレンズ成分を有し、3つ以上のレンズ成分は、第1レンズ成分と、第2レンズ成分と、を有し、第1レンズ成分は単レンズで、第2レンズ成分は接合レンズであり、以下の条件式(1)を満足する。 $-0.60 < (n2C' - n2C) / r2C < -0.05$  (1)

## 明 細 書

発明の名称： 広角光学系及びそれを備えた撮像装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、広角光学系及びそれを備えた撮像装置に関する。

### 背景技術

[0002] 広い画角を有する光学系として、内視鏡用対物光学系が知られている。内視鏡用対物光学系には、画角が100度を超えるような広角光学系が用いられている。

[0003] 従来の内視鏡では、画素数が少ない撮像素子が用いられていた。そのため、内視鏡用対物光学系には、固定焦点の光学系が用いられていた。固定焦点の光学系を用いても、観察する必要がある被写体距離の範囲（観察深度）を、被写界深度でカバーすることができていた。

[0004] しかし、近年では、観察像質を向上するために、画素数が多い撮像素子が用いられるようになってきた、画素数が多い撮像素子が用いられる内視鏡では、光学系にも高い分解能が要求される。

[0005] 光学系に高い分解能を持たせると、被写界深度が、必要な観察深度よりも狭くなる。そのため、必要な観察深度を、ピントの合った状態で観察することが困難になる。このようなことから、光学系に焦点位置を調節する機能を持たせる必要が出てきた。

[0006] 焦点位置が調節できる内視鏡用対物光学系が、知られている。この内視鏡用対物光学系では、焦点位置の調整に、インナーフォーカスが用いられている。インナーフォーカスを行うために、光学系の周囲にアクチュエーターが設けられている。

[0007] 光学ユニットは、例えば、光学系とアクチュエーターとを含む。内視鏡では、光学ユニットを密封する必要がある。また、画角が140°以上であることや、アクチュエーターのサイズや出力に制限がある。そのため、焦点位置調節では、光学系を移動させることが困難である。軽量で省スペースなイ

ンナーフォーカスが必要である。

[0008] インナーフォーカスを用いた内視鏡用対物光学系が、特許文献 1 と特許文献 2 に開示されている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第 2 0 1 4 / 1 2 9 0 8 9 号

特許文献2：国際公開第 2 0 1 6 / 0 6 7 8 3 8 号

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献 1 の内視鏡用対物光学系と、特許文献 2 の内視鏡用対物光学系では、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さいとは言えない。そのため、光学ユニットの更なる小型化が難しい。

[0011] また、レンズの移動では、レンズの偏心やレンズ面の倒れを少なくすることが望ましい。そのためには、アクチュエーターの光軸方向へのサイズを小さくする必要がある。しかしながら、特許文献 1 の内視鏡用対物光学系と、特許文献 2 の内視鏡用対物光学系では、アクチュエーターの小型化が難しい。

[0012] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さい広角光学系及びそれ用い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

[0013] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る広角光学系は、  
レンズ成分を有する広角光学系であって、  
レンズ成分は、複数の光学面を有し、

レンズ成分では、2つの光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの光学面が曲面であり、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を備え、

遠点から近点に焦点位置調節するとき、第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、第1の位置は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が最小となる位置であり、第2の位置は、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が最小となる位置であり、

第3レンズ群は3つ以上のレンズ成分を有し、

3つ以上のレンズ成分は、第1レンズ成分と、第2レンズ成分と、を有し、第1レンズ成分は、第3レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、第2レンズ成分は、第3レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、

第1レンズ成分は単レンズで、第2レンズ成分は接合レンズであり、

以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$-0.60 < (n_{2C'} - n_{2C}) / r_{2C} < -0.05 \quad (1)$$

ここで、

$n_{2C}$ は、第2レンズ成分の接合面の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$n_{2C'}$ は、第2レンズ成分の接合面の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$r_{2C}$ は、接合面の曲率半径、  
である。

[0014] また、本発明の撮像装置は、

光学系と、像面に配置された撮像素子と、を有し、

撮像素子は撮像面を有し、且つ光学系によって撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、

光学系が上述の広角光学系であることを特徴とする。

## 発明の効果

[0015] 本発明によれば、諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さい広角光学系及びそれ用いた撮像装置を提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施例1の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図2]実施例2の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図3]実施例3の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図4]実施例4の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図5]実施例5の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図6]実施例6の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図7]実施例7の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図8]実施例8の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図9]実施例9の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図10]実施例10の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図11]実施例11の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図12]実施例12の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図13]実施例13の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図14]実施例14の広角光学系のレンズ断面図である。  
[図15]実施例1の広角光学系の収差図である。  
[図16]実施例2の広角光学系の収差図である。  
[図17]実施例3の広角光学系の収差図である。  
[図18]実施例4の広角光学系の収差図である。  
[図19]実施例5の広角光学系の収差図である。  
[図20]実施例6の広角光学系の収差図である。  
[図21]実施例7の広角光学系の収差図である。  
[図22]実施例8の広角光学系の収差図である。  
[図23]実施例9の広角光学系の収差図である。

[図24]実施例10の広角光学系の収差図である。

[図25]実施例11の広角光学系の収差図である。

[図26]実施例12の広角光学系の収差図である。

[図27]実施例13の広角光学系の収差図である。

[図28]実施例14の広角光学系の収差図である。

[図29]内視鏡システムの概略構成を示す図である。

[図30]内視鏡の光学系の構成を示す図である。

[図31]撮像装置の光学系の構成を示す図である。

[図32]撮像装置の概略構成を示す図である。

[図33]物体、対物光学系、及び光路分割素子の位置関係を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0017] 実施例の説明に先立ち、本発明のある態様にかかる実施形態の作用効果を説明する。なお、本実施形態の作用効果を具体的に説明するに際しては、具体的な例を示して説明することになる。しかし、後述する実施例の場合と同様に、それらの例示される態様はあくまでも本発明に含まれる態様のうちの一部に過ぎず、その態様には数多くのバリエーションが存在する。したがって、本発明は例示される態様に限定されるものではない。

[0018] 本実施形態の広角光学系は、レンズ成分を有する広角光学系であって、レンズ成分は、複数の光学面を有し、レンズ成分では、2つの光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの光学面が曲面であり、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を備え、遠点から近点に焦点位置調節するとき、第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、第1の位置は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が最小となる位置であり、第2の位置は、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が最小となる位置であり、第3レンズ群は3つ以上のレンズ成分を有し、3つ以上のレンズ成分は、第1レンズ成分と、第2レンズ成分と、を有し、第1レンズ成分は、第3レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、第2レン

ズ成分は、第3レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、第1レンズ成分は単レンズで、第2レンズ成分は接合レンズであり、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$-0.60 < (n_{2C'} - n_{2C}) / r_{2C} < -0.05 \quad (1)$$

ここで、

$n_{2C}$ は、第2レンズ成分の接合面の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$n_{2C'}$ は、第2レンズ成分の接合面の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$r_{2C}$ は、接合面の曲率半径、  
である。

[0019] 本実施形態の広角光学系は、例えば、画角が100度を超える広角光学系に関するものである。近年、高解像度モニターなどの登場により、観察時の画質に、高い画質が求められるようになってきた。本実施形態の広角光学系は、このような要求に対応できる広角光学系である。

[0020] また、本実施形態の広角光学系は、インナーフォーカスを用いた光学系である。そのため、インナーフォーカスレンズの周囲に、アクチュエーターが配置される。本実施形態の広角光学系では、光学系の周囲にアクチュエーターが配置されても、光学系全体の外径が小さい。本実施形態の広角光学系は、広い画角を有する光学系でありながらも、光学系の中央部の長い範囲で光線高が低く抑えられた光学系である。

[0021] 本実施形態の広角光学系は、レンズ成分を有する広角光学系である。レンズ成分は、複数の光学面を有する。レンズ成分では、2つの光学面が空気と接触し、少なくとも1つの光学面が曲面である。レンズ成分には、例えば、単レンズと、接合レンズと、が含まれる。

[0022] また、レンズ成分では、レンズと平行平板とが接合されていても良い。この場合、一方の空気と接触する光学面はレンズ面で、他方の空気と接触する光学面は平面である。単レンズと平行平板とが接合されているレンズ成分は

、単レンズと見なす。接合レンズと平行平板とが接合されているレンズ成分は、接合レンズと見なす。

[0023] また、平凸レンズと平凹レンズとが接合されていても良い。この場合、接合面が曲面で、空気と接触する光学面は平面である。

[0024] レンズ成分の物体側の面は、空気と接触する2つの光学面のうち、物体側に位置する光学面である。レンズ成分の像側の面は、空気と接触する2つの光学面のうち、像側に位置する光学面である。レンズ成分が接合レンズの場合、物体側の面と像側の面の間に接合面が位置している。

[0025] 本実施形態の広角光学系は、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を備える。遠点から近点に焦点位置調節するとき、第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動する。この移動は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が広がる方向の移動で、かつ、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が縮まる方向の移動である。

[0026] 第1の位置は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が最小となる位置である。第1の位置では、第2レンズ群は、移動範囲のなかで最も物体側に位置している。第1の位置では、遠点に位置する物体に合焦することができる。

[0027] 第2の位置は、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が最小となる位置である。第2の位置では、第2レンズ群は、移動範囲のなかで最も像側に位置している。第2の位置では、近点に位置する物体に合焦することができる。

[0028] 第3レンズ群は、3つ以上のレンズ成分を有する。3つ以上のレンズ成分は、第1レンズ成分と、第2レンズ成分と、を有する。第1レンズ成分は、第3レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分である。第2レンズ成分は、第3レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分である。

[0029] 第1レンズ成分は単レンズで、第2レンズ成分は接合レンズである。これにより、視野角が大きく、焦点位置の調整範囲内での収差が良好に補正され

、高い分解能を有する広角光学系を実現することができる。また、光学系が高い分解能を有することで、画素数が多い撮像素子を使用しても、その画素数に応じた鮮明な画像を取得することができる。

[0030] 第2レンズ群は、焦点位置調節のために移動する。第2レンズ群の移動には、アクチュエーターが用いられる。アクチュエーターは、第2レンズ群の近傍、または第3レンズ群の近傍に配置される。よって、第2レンズ群の近傍、または第3レンズ群の近傍に、アクチュエーターを配置するための空間を設ける必要がある。

[0031] 第3レンズ群に、接合レンズを配置することで、第2レンズ群の物体側から第3レンズ群の中央付近までの広い範囲（以下、「所定の範囲」という）で、光線高を低くすることができる。

[0032] 条件式（1）を満足することにより、所定の範囲で、光線高を低くすることができる。そのため、第2レンズ群の外径と、第3レンズ群の一部の外径とを、小さくすることができる。その結果、アクチュエーターを配置しても、光学ユニットの外径の増大を抑えることができる。

[0033] 第2レンズ成分の接合面では、像面湾曲を補正することができる。像面湾曲を良好に補正しようとする、第2レンズ成分の接合面では発散性が強くなる傾向が増す。

[0034] 値が条件式（1）の上限値を上回る場合、像面湾曲の補正が困難になる。この場合、画角を広くすると、結像性能が劣化する。そのため、広角光学系として必要な結像性能を得ることが困難になる。

[0035] 値が条件式（1）の下限値を下回る場合、所定の範囲で光線高を低くすることが困難になる。そのため、第2レンズ群の外径と、第3レンズ群の一部の外径とが、大きくなる。その結果、光学ユニットの外径が増大する。

[0036] 条件式（1）に代えて、以下の条件式（1'）を満足すると良い。

$$-0.50 < (n_{20'} - n_{20}) / r_{20} < -0.08 \quad (1')$$

また、条件式（1）に代えて、以下の条件式（1''）を満足するとよい。

$$-0.45 < (n_{2C'} - n_{2C}) / r_{2C} < -0.10 \quad (1'')$$

[0037] 上述のように、 $n_{2C}$ と $n_{2C'}$ は屈折率を表している。より詳しくは、 $n_{2C}$ は、第2レンズ成分の接合面の物体側に位置し、且つ接合面と隣接する媒質のd線に対する屈折率であり、 $n_{2C'}$ は、第2レンズ成分の接合面の像側に位置し、且つ接合面と隣接する媒質のd線に対する屈折率である。

[0038] 本実施形態の広角光学系では、第1レンズ成分は正の屈折力を有することが好ましい。

[0039] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0040] 本実施形態の広角光学系では、 $|n_{2C'} - n_{2C}|$ の値が0.25以上であることが好ましい。

[0041] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0042] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、4つ以上のレンズ成分を有し、かつ、屈折率差の値が0.25以上の接合面を2つ以上有することが好ましい。

ここで、

屈折率差は、物体側屈折率と像側屈折率との差、

物体側屈折率は、レンズ成分の接合面の物体側に位置し、且つ接合面と隣接する媒質のd線に対する屈折率、

像側屈折率は、レンズ成分の接合面の像側に位置し、且つ接合面と隣接する媒質のd線に対する屈折率、

である。

[0043] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0044] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、正の屈折力を有するレンズ成分を3つ、4つ、又は5つ含むことが好ましい。

[0045] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い

画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0046] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群の最も像側に位置する接合レンズは、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、を有することが好ましい。

[0047] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0048] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群の最も像側に、単レンズ群が配置され、単レンズ群は、2つの単レンズからなるか、又は3つの単レンズからなり、単レンズ群の物体側に、接合レンズが単レンズ群と隣接して配置され、接合レンズは、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、を有することが好ましい。

[0049] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0050] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群の最も像側に、1つの単レンズが配置され、単レンズの物体側に、接合レンズが単レンズと隣接して配置され、接合レンズは、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、を有することが好ましい。

[0051] このようにすることで、第3レンズ群内での光線高を低く保ちつつ、広い画角において結像性能を良好に保つことができる。

[0052] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.05 < fL/R31F < 1.2 \quad (2)$$

ここで、

R31Fは、第1レンズ成分の物体側の面の曲率半径、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0053] 条件式(2)は、第3レンズ群の最も物体側の面の収斂性を規定した条件式である。第3レンズ群の最も物体側には、第1レンズ成分が位置している

。よって、条件式（２）は、第１レンズ成分の物体側の面の収斂性を規定した条件式である。

[0054] レンズ面の曲率が大きいほど、レンズ面における光線の収斂性も強くなる。第１レンズ成分の物体側の面は、第３レンズ群において最も物体側に位置している。第１レンズ成分の物体側の面の曲率を適切な大きさにすることで、第３レンズ群における光線高を低く抑えることができる。

[0055] 値が条件式（２）の上限値を上回る場合、球面収差とコマ収差が発生し易くなるか、あるいは製造誤差感度が高くなり易い。画素数が多い撮像素子を使用しても、その画素数に応じた鮮明な画像の取得が困難になる。また、所望のバックフォーカスの確保も困難となる。値が条件式（２）の下限値を下回る場合、光線高が高くなる。そのため、本実施形態の広角光学系を内視鏡の光学系に用いた場合、挿入部の径が大きくなる。

[0056] 条件式（２）に代えて、以下の条件式（２'）を満足すると良い。

$$0.10 < fL/R31F < 0.90 \quad (2')$$

また、条件式（２）に代えて、以下の条件式（２''）を満足するとよい。

$$0.15 < fL/R31F < 0.70 \quad (2'')$$

[0057] 条件式（２）を満足する光学系は、上限値よりも小さい値を有する。光学系における値が小さくなるほど、その光学系では、収差を良好に補正し易くなるか、あるいは所望のバックフォーカスを確保しやすくなる。

[0058] 条件式（２）については、好ましい上限値を設定することができる。上限値は、０．５９７２９、０．５５、０．５０のいずれかにすることが好ましい。このようにすることで、良好な収差補正が行える。

[0059] 良好な収差補正を優先したい場合、あるいは所望のバックフォーカスの確保を優先したい場合は、０．２０から０．４５までが、条件式（２）の最良の範囲と言える。所定の範囲における低い光線高の確保を優先したい場合は、０．４０から０．６５までが、条件式（２）の最良の範囲と言える。

[0060] 本実施形態の広角光学系では、第３レンズ群は、 $N$ 枚の接合面 $S_{Ni}$ （ $i = 1、$

2、…N)を含み、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < fL \times \sum P_{S_{Ni}} < -0.05 \quad (3)$$

ここで、

$P_{S_{Ni}}$ は、接合面 $S_{Ni}$ の屈折力であって、以下の式(4)で表され、

$$P_{S_{Ni}} = (n_{S_{Ni}}' - n_{S_{Ni}}) / r_{S_{Ni}} \quad (4)$$

$n_{S_{Ni}}$ は、接合面 $S_{Ni}$ の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$n_{S_{Ni}}'$ は、接合面 $S_{Ni}$ の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$r_{S_{Ni}}$ は、接合面 $S_{Ni}$ の光軸近傍における曲率半径、

$fL$ は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0061] 条件式(3)は、第3レンズ群に含まれる接合面の屈折力を規定した条件式である。所定の範囲では、光束径を細くした状態を保つ必要がある。一方で、近軸量の確保、例えば、焦点距離の確保、又はバックフォーカスの確保も重要である。

[0062] 所定の範囲で光線高を低くするために、第3レンズ群では、物体側に位置するレンズ成分に、強い収斂性を持たせている。近軸量を確保するためには、物体側に位置するレンズ成分よりも像側に、強い発散性を有するレンズ成分を配置することが好ましい。

[0063] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、N枚の接合面 $S_{Ni}$ を含んでいる。N枚の接合面 $S_{Ni}$ は、像面湾曲の補正を主な目的として用いられている。接合面 $S_{Ni}$ には、低屈折力の正レンズと高屈折率の負レンズとの接合によって形成された接合面が用いられている。そのため、接合面 $S_{Ni}$ は、強い発散性を有する。

[0064] 接合面 $S_{Ni}$ を第3レンズ群に配置することで、所定の範囲における低い光線高の維持と、適切な近軸量の確保と、が容易にできる。接合面 $S_{Ni}$ は、所定の範囲の像側、例えば、第3レンズ群の中央部に配置することが好ましい。

[0065] 値が条件式(3)の上限値を上回る場合、所定の範囲の像側での光線の発散性が弱くなる。そのため、所望の近軸量の確保が困難になるか、又は、所

定の範囲における低い光線高の確保が困難となる。

[0066] 一方、値が条件式（３）の下限値を下回る場合、球面収差とコマ収差が発生し易くなるか、あるいは製造誤差感度が高くなり易い。画素数が多い撮像素子を使用しても、その画素数に応じた鮮明な画像の取得が困難になる。

[0067] 条件式（３）に代えて、以下の条件式（３'）を満足すると良い。

$$-0.9 < fL \times \sum P_{S_{Ni}} < -0.1 \quad (3')$$

また、条件式（３）に代えて、以下の条件式（３''）を満足するとなお良い。

$$-0.8 < fL \times \sum P_{S_{Ni}} < -0.15 \quad (3'')$$

[0068] 条件式（３）については、好ましい下限値を設定することができる。下限値は、 $-0.71747$ 、 $-0.65$ 、 $-0.60$ 、 $-0.55$ のいずれかにすることが好ましい。このようにすることで、良好な収差補正が行える。

[0069] 良好な収差補正を優先したい場合は、 $-0.50$ から $-0.20$ までが、条件式（３）の最良の範囲と言える。所定の範囲における低い光線高の確保を優先したい場合は、 $-0.75$ から $-0.45$ までが、条件式（３）の最良の範囲と言える。

[0070] 条件式（２）を満足するか、又は、条件式（３）を満足することで、所定の範囲における低い光線高の確保、又は所望の近軸量の確保を容易に行える。条件式（２）と条件式（３）の両方を満足すると、より良い。

[0071] ただし、条件式（２）と条件式（３）の両方を満足すると、非点収差の補正が困難になりやすい。そこで、第３レンズ群では、非点収差も良好に補正する必要がある。

[0072] 上述のように、 $n_{S_{Ni}}$ と $n_{S_{Ni}}'$ は屈折率を表している。より詳しくは、 $n_{S_{Ni}}$ は、接合面 $S_{Ni}$ の物体側に位置し、且つ接合面 $S_{Ni}$ と隣接する媒質の $d$ 線に対する屈折率であり、 $n_{S_{Ni}}'$ は、接合面 $S_{Ni}$ の像側に位置し、且つ接合面 $S_{Ni}$ と隣接する媒質の $d$ 線に対する屈折率である。

[0073] 本実施形態の広角光学系では、第３レンズ群は、接合レンズのなかで最も像側に位置する接合レンズと、最も像側に位置するレンズ成分と、を有し、

最も像側に位置する接合レンズは、正の屈折力を有し、最も像側に位置するレンズ成分は、正の単レンズであり、以下の条件式（５）を満足することが好ましい。

$$-2 < (R_{3R1} + R_{3R2}) / (R_{3R1} - R_{3R2}) < 2 \quad (5)$$

ここで、

$R_{3R1}$  は、正の単レンズの物体側の面の曲率半径、

$R_{3R2}$  は、正の単レンズの像側の面の曲率半径、

である。

[0074] 第３レンズ群は、最も像側に位置する接合レンズ（以下、「接合レンズＡ」という）を有する。第３レンズ群に配置された接合レンズが一つの場合、その接合レンズが接合レンズＡに対応する。

[0075] 光学系の中央を境にして、光学系を物体側と像側の２つに分けると、接合レンズＡは像側に位置している。適切なバックフォーカスの確保を重視する場合、接合レンズＡの屈折力を正の屈折力にすると良い。

[0076] この場合、光学系の物体側だけでなく、光学系の像側でも大きな正の屈折力が必要となる。そこで、最も像側に位置するレンズ成分を正の単レンズにすると共に、条件式（５）を満足することが好ましい。このようにすることで、非点収差の発生を抑制することができる。

[0077] 値が条件式（５）の上限値を上回る場合、あるいは値が条件式（５）の下限値を下回る場合、非点収差を良好に補正することが困難になる。

[0078] 条件式（５）に代えて、以下の条件式（５'）を満足すると良い。

$$-1.6 < (R_{3R1} + R_{3R2}) / (R_{3R1} - R_{3R2}) < 1.3 \quad (5')$$

また、条件式（５）に代えて、以下の条件式（５''）を満足すると良い。

$$-1.3 < (R_{3R1} + R_{3R2}) / (R_{3R1} - R_{3R2}) < 0.8 \quad (5'')$$

[0079] 本実施形態の広角光学系では、第３レンズ群は、接合レンズのなかで最も像側に位置する接合レンズと、最も像側に位置するレンズ成分と、を有し、最も像側に位置する接合レンズは、負の屈折力を有し、最も像側に位置する

レンズ成分は、正の単レンズであり、以下の条件式（６）を満足することが好ましい。

$$-5 < ({}^{\prime}R_{3R1} + {}^{\prime}R_{3R2}) / ({}^{\prime}R_{3R1} - {}^{\prime}R_{3R2}) < 1 \quad (6)$$

ここで、

{}^{\prime}R\_{3R1} は、正の単レンズの物体側の面の曲率半径、

{}^{\prime}R\_{3R2} は、正の単レンズの像側の面の曲率半径、

である。

[0080] 適切なバックフォーカスの確保よりも、光学系の全長の短縮が重視される場合がある。この場合、光学系の物体側では大きな正の屈折力が必要になるので、像側では大きな負の屈折力が必要となる。

[0081] 接合レンズ A は、接合レンズのなかで、最も像側に位置する。よって、接合レンズ A の屈折力を負の屈折力にすることで、像側では大きな負の屈折力を得ることができる。ただし、このようにすると、非点収差が発生し易くなるか、又は、軸外光線の射出角が大きくなり易い。

[0082] この場合、最も像側に位置するレンズ成分を正の単レンズにすると共に、条件式（６）を満足することが好ましい。このようにすることで、負の屈折力の接合レンズの後側に、正の単レンズが配置されることになる。そのため、非点収差の増大を相殺できるか、又は、軸外光線の射出角の増大を相殺できる。

[0083] 値が条件式（６）の上限値を上回る場合、上述の相殺作用が弱まり易くなる。値が条件式（６）の下限値を下回る場合、非点収差の発生が増大するか又は、正の単レンズの有効径を十分に確保できない。正の単レンズの有効径を十分に確保しようとする、バックフォーカスが長くなり過ぎる。そのため、光学系の全長が長くなってしまう。

[0084] 第３レンズ群の最も像側に位置するレンズ成分では、軸外光線の光線高が高い。そのため、このレンズ成分に接合レンズを用いると、レンズ成分としての厚みが増大し易くなる。その結果、十分なバックフォーカスの確保、あるいは光学系の全長の短縮が困難になる。

[0085] 条件式(6)に代えて、以下の条件式(6')を満足すると良い。

$$-4.7 < (R_{3R1}' + R_{3R2}') / (R_{3R1}' - R_{3R2}') < 0.8 \quad (6')$$

また、条件式(6)に代えて、以下の条件式(6'')を満足するとよい。

$$-4.5 < (R_{3R1}' + R_{3R2}') / (R_{3R1}' - R_{3R2}') < 0.6 \quad (6'')$$

[0086] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群の最も像側に位置する接合面が、以下の条件式(7)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < fL / r_{SNr} < 0.6 \quad (7)$$

ここで、

$r_{SNr}$ は、最も像側に位置する接合面の光軸近傍における曲率半径、

$fL$ は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0087] 屈折率差が大きい接合面や、又は、曲率が大きい接合面では、軸外の高次収差が発生し易い。軸外の高次収差は、例えば、非点収差と倍率色収差である。軸外の高次収差の発生を抑制するためには、接合面の曲率中心の位置ができるだけ光学系の瞳位置に近いことが望まれる。

[0088] 値が条件式(7)の上限値を上回る場合、あるいは値が条件式(7)の下限値を下回る場合、軸外の高次収差が発生し易くなる。

[0089] 条件式(7)に代えて、以下の条件式(7')を満足すると良い。

$$-0.9 < fL / r_{SNr} < 0.0 \quad (7')$$

また、条件式(7)に代えて、以下の条件式(7'')を満足するとよい。

$$-0.8 < fL / r_{SNr} < -0.3 \quad (7'')$$

[0090] 第3レンズ群の最も像側に位置する接合面では、接合面の物体側に正レンズが位置し、接合面の像側に負レンズが位置していることが好ましい。

[0091] 所定の範囲での光線高の抑制、設計時の収差補正、および製造時の収差悪化の防止を同時に実現する手段として、色収差補正の自由度を高めることが挙げられる。色収差補正の自由度を高めるには、レンズに用いる媒質に、適

切な媒質を用いれば良い。

[0092] レンズの曲率や厚みを適切に設定することで、球面収差、コマ収差、及び非点収差を良好に補正でき、レンズに用いる媒質に適切な硝材を選択することで、色収差を良好に補正できる。

[0093] 例えば、内視鏡光学系では、各レンズの厚みが光学系の焦点距離に対して大きい。このような光学系では、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正との両立が困難である。

[0094] しかしながら、本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群に、複数のレンズ成分が配置されている。よって、物体側の位置するレンズ成分の媒質と、像側に位置するレンズ成分の媒質と、を適切に設定することができる。その結果、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正との両立ができる。

[0095] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、複数の正レンズを有し、複数の正レンズは、第1正レンズと、第2正レンズと、を有し、第1正レンズは、複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、第2正レンズは、複数の正レンズのなかで、物体側から2番目に位置する正レンズであり、以下の条件式(8)を満足することが好ましい。

$$-70 < \nu_{31P} - \nu_{32P} < 20 \quad (8)$$

ここで、

$\nu_{31P}$  は、第1正レンズのアッベ数、

$\nu_{32P}$  は、第2正レンズのアッベ数、

である。

[0096] 条件式(8)は、第1正レンズのアッベ数と第2正レンズのアッベ数との関係について規定した条件式である。条件式(8)を満足する場合、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正との両立させた状態で、様々な光学系の設計条件を満たすことが容易になる。

[0097] 値がプラス側に大きくなる場合、例えば、条件式(8)の上限値を上回る場合、軸上色収差が補正過剰の方向に変化し、倍率色収差が補正不足の方向に変化する。

[0098] 条件式（８）に代えて、以下の条件式（８'）を満足すると良い。

$$-65 < \nu_{31P} - \nu_{32P} < 10 \quad (8')$$

また、条件式（８）に代えて、以下の条件式（８''）を満足するとよい。

$$-60 < \nu_{31P} - \nu_{32P} < 5 \quad (8'')$$

[0099] 本実施形態の広角光学系では、第３レンズ群は、複数の正レンズを有し、複数の正レンズは、第１正レンズと、第２正レンズと、第３正レンズと、を有し、第１正レンズは、複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、第２正レンズは、複数の正レンズのなかで、物体側から２番目に位置する正レンズであり、第３正レンズは、複数の正レンズのなかで、物体側から３番目に位置する正レンズであり、以下の条件式（９）を満足することが好ましい。

$$-40 < \nu_{33P} - (\nu_{31P} + \nu_{32P}) / 2 < 60 \quad (9)$$

ここで、

$\nu_{31P}$  は、第１正レンズのアッベ数、

$\nu_{32P}$  は、第２正レンズのアッベ数、

$\nu_{33P}$  は、第３正レンズのアッベ数、

である。

[0100] 条件式（９）は、第１正レンズのアッベおよび第２正レンズのアッベ数の平均値と、第３正レンズのアッベとの関係について規定した条件式である。条件式（９）を満足する場合、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正との両立させた状態で、様々な光学系の設計条件を満たすことが容易になる。

[0101] 値がマイナス側に大きくなる場合、例えば、条件式（９）の下限値を下回る場合、軸上色収差が補正過剰の方向に変化し、倍率色収差が補正不足の方向に変化する。

[0102] 条件式（９）に代えて、以下の条件式（９'）を満足すると良い。

$$-30 < \nu_{33P} - (\nu_{31P} + \nu_{32P}) / 2 < 45 \quad (9')$$

また、条件式（９）に代えて、以下の条件式（９''）を満足するとよい。

い。

$$-2.5 < \nu_{33P} - (\nu_{31P} + \nu_{32P}) / 2 < 4.0 \quad (9'')$$

[0103] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、複数の負レンズを有し、複数の負レンズは、第1負レンズと、第2負レンズと、を有し、第1負レンズは、複数の負レンズのなかで、最も物体側に位置する負レンズであり、第2負レンズは、複数の負レンズのなかで、物体側から2番目に位置する負レンズであり、以下の条件式(10)を満足することが好ましい。

$$-3.0 < \nu_{31N} - \nu_{32N} < 4.0 \quad (10)$$

ここで、

$\nu_{31N}$ は、第1負レンズのアッベ数、

$\nu_{32N}$ は、第2負レンズのアッベ数、

である。

[0104] 条件式(10)は、第1負レンズのアッベ数と第2負レンズのアッベ数との関係について規定した条件式である。条件式(10)を満足する場合、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正との両立させた状態で、様々な光学系の設計条件を満たすことが容易になる。

[0105] 値がマイナス側に大きくなる場合、例えば、条件式(10)の下限値を下回る場合、軸上色収差が補正過剰の方向に変化し、倍率色収差が補正不足の方向に変化する。

[0106] 条件式(10)に代えて、以下の条件式(10')を満足すると良い。

$$-2.0 < \nu_{31N} - \nu_{32N} < 3.0 \quad (10')$$

また、条件式(10)に代えて、以下の条件式(10'')を満足するとなお良い。

$$-1.7 < \nu_{31N} - \nu_{32N} < 2.5 \quad (10'')$$

[0107] 本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は焦点位置調節時には固定であることが好ましい。

[0108] 第3レンズ群では、収差変動に関して、製造誤差感度が高くなる傾向強い。製造誤差感度が高いと、製造誤差が小さくても、収差が大きく変動する。

そのため、第3レンズ群は、焦点位置調節時には固定とするのが好ましい。

[0109] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(11)を満足することが好ましい。

$$-5.0 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 1.0 \quad (11)$$

ここで、

R<sub>21F</sub>は、所定のレンズ成分の物体側の面の曲率半径、

R<sub>21R</sub>は、所定のレンズ成分の像側の面の曲率半径、

所定のレンズ成分は、第2レンズ群で最も物体側に位置するレンズ成分、である。

[0110] 値が条件式(11)の上限値を上回る場合、焦点位置調節時の球面収差の変動、あるいは非点収差の変動が大きくなり易い。値が条件式(11)の下限値を下回る場合、偏心によるコマ収差の劣化と非点収差の劣化が起こり易い。上述のように、偏心は、第2レンズ群の移動によって発生する。

[0111] 条件式(11)に代えて、以下の条件式(11')を満足すると良い。

$$-4.0 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 8 \quad (11')$$

また、条件式(11)に代えて、以下の条件式(11'')を満足するとなお良い。

$$-3.0 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 6 \quad (11'')$$

[0112] 条件式(11)を満足する光学系は、上限値よりも小さい値を有する。光学系における値が小さくなるほど、その光学系では、焦点位置調節時の球面収差あるいは非点収差をより良好に補正し易くなる。

[0113] 条件式(11)については、好ましい上限値を設定することができる。上限値は、5.33106、1.0、0.0、-1.0のいずれかにすることが好ましい。また、-30.0から-2.0までが、条件式(11)の最良の範囲と言える。

[0114] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(12)を満足することが好ましい。

$$0.2 < D_{21} / f_L < 3.0 \quad (12)$$

ここで、

D21は、第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との光軸上の距離、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0115] 値が条件式(12)の上限値を上回る場合、第2レンズ群の重量が増加するか、又は、光線高が高くなる。このように、第2レンズ群における重量の増加の抑制という点、又は、光線高の増加の抑制という点で不利になり易い。

[0116] 値が条件式(12)の下限値を下回る場合、2つの制御の両立が困難になる。一方の制御は、焦点位置調節時の球面収差の変動の抑制、あるいは非点収差の変動の抑制である。他方の制御は、偏心によるコマ収差の劣化の抑制、あるいは非点収差の劣化の抑制である。偏心は、焦点位置調節時の移動群の移動によって発生する。

[0117] 条件式(12)に代えて、以下の条件式(12')を満足すると良い。

$$0.2 < D21 / fL < 2.5 \quad (12')$$

また、条件式(12)に代えて、以下の条件式(12'')を満足するとなお良い。

$$0.4 < D21 / fL < 2.0 \quad (12'')$$

[0118] 条件式(12)を満足する光学系は、下限値よりも大きい値を有する。光学系における値が大きくなるほど、その光学系では、上述の2つの抑制の両立が行い易くなる。

[0119] 条件式(12)については、好ましい下限値を設定することができる。下限値は、0.41626、0.42、0.43、0.44のいずれかにすることが好ましい。また、0.45から2.0までが、条件式(12)の最良の範囲と言える。

[0120] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(13)を満足することが好ましい。

$$1.01 < \beta 2F < 1.50 \quad (13)$$

ここで、

$\beta 2F$ は、第1の位置における第2レンズ群の倍率、  
である。

[0121] 値が条件式(13)の上限値を上回る場合、第2レンズ群の移動量に対するピント移動量(以下、「フォーカス感度」という)が高くなりすぎる。この場合、第2レンズ群を停止させるときの精度(以下、「停止精度」という)が高くなりすぎる。そのため、移動機構が複雑になる。

[0122] 値が条件式(13)の下限値を下回る場合、フォーカス感度が低くなり易い。この場合、第2レンズ群の移動量が増えるので、移動のための空間を広くしなくてはならない。そのため、光学ユニットが大きくなる。

[0123] 条件式(13)に代えて、以下の条件式(13')を満足すると良い。

$$1.00 < \beta 2F < 1.40 \quad (13')$$

また、条件式(13)に代えて、以下の条件式(13'')を満足するとなお良い。

$$1.00 < \beta 2F < 1.30 \quad (13'')$$

[0124] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(14)を満足することが好ましい。

$$1.01 < \beta 2N / \beta 2F < 1.30 \quad (14)$$

ここで、

$\beta 2F$ は、第1の位置における第2レンズ群の倍率、  
 $\beta 2N$ は、第2の位置における第2レンズ群の倍率、  
である。

[0125] 条件式(14)を満足する場合、遠点における焦点距離が短くなるので、遠点において広い画角を確保することができる。また、近点における焦点距離が長くなるので、近点において高い倍率が得られる。

[0126] 遠点で広い画角を有し、近点で高い倍率を有する光学系は、内視鏡の光学系に適している。よって、本実施形態の広角光学系は、内視鏡の光学系として用いることができる。

[0127] 内視鏡では、例えば、広い範囲を観察して病変部の有無を確認する。そして、病変部が確認された場合、病変部を拡大して詳しく観察する。そのため、内視鏡の光学系は、遠点観察では広い画角を有し、近点観察では高い倍率を有していることが好ましい。

[0128] また、近点観察では、病変部を詳細に観察する必要がある。よって、内視鏡の光学系では、高い精度で合焦できることが好ましい。

[0129] 値が条件式(14)の上限値を上回る場合、近点側でのフォーカス感度が高くなる。この場合、近点側での停止精度が高くなる。そのため、高い精度で合焦することが困難になる。値が条件式(14)の下限値を下回る場合、遠点観察における広い画角の確保と、近点観察における高い倍率の確保が困難になる。そのため、内視鏡の光学系には適さなくなる。

[0130] 条件式(14)に代えて、以下の条件式(14')を満足すると良い。

$$1.00 < \beta_{2N} / \beta_{2F} < 1.20 \quad (14')$$

また、条件式(14)に代えて、以下の条件式(14'')を満足するとなお良い。

$$1.00 < \beta_{2N} / \beta_{2F} < 1.10 \quad (14'')$$

[0131] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(15)を満足することが好ましい。

$$0.10 < (1 - \beta_{2F}^2) \times \beta_{3F}^2 < 0.55 \quad (15)$$

ここで、

$\beta_{2F}$ は、第1の位置における第2レンズ群の倍率、

$\beta_{3F}$ は、第1の位置における第3レンズ群の倍率、

である。

[0132] 値が条件式(15)の上限値を上回る場合、遠点側でのフォーカス感度が高くなりすぎる。この場合、遠点側での停止精度が高くなる。値が条件式(15)の下限値を下回る場合、遠点側でのフォーカス感度が低くなり易い。この場合、第2レンズ群の移動量が増えるので、移動のための空間を広くしなくてはならない。そのため、光学ユニットが大きくなる。

[0133] 条件式 (15) に代えて、以下の条件式 (15') を満足すると良い。

$$0.10 < (1 - \beta 2F^2) \times \beta 3F^2 < 0.45 \quad (15')$$

また、条件式 (15) に代えて、以下の条件式 (15'') を満足するとなお良い。

$$0.10 < (1 - \beta 2F^2) \times \beta 3F^2 < 0.35 \quad (15'')$$

[0134] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (16) を満足することが好ましい。

$$0.20 < (1 - \beta 2N^2) \times \beta 3N^2 < 0.65 \quad (16)$$

ここで、

$\beta 2N$  は、第2の位置における第2レンズ群の倍率、

$\beta 3N$  は、第2の位置における第3レンズ群の倍率、

である。

[0135] 値が条件式 (16) の上限値を上回る場合、近点側でのフォーカス感度が高くなりすぎる。この場合、近点側での停止精度が高くなる。値が条件式 (16) の下限値を下回る場合、近点側でのフォーカス感度が低くなり易い。この場合、第2レンズ群の移動量が増えるので、移動のための空間を広くしなくてはならない。

[0136] 条件式 (16) に代えて、以下の条件式 (16') を満足すると良い。

$$0.20 < (1 - \beta 2N^2) \times \beta 3N < 0.50 \quad (16')$$

また、条件式 (16) に代えて、以下の条件式 (16'') を満足するとなお良い。

$$0.22 < (1 - \beta 2N^2) \times \beta 3N < 0.42 \quad (16'')$$

[0137] 本実施形態の広角光学系では、第2レンズ群は、正レンズのみを有することが好ましい。

[0138] このようにすることで、焦点位置調節時の非点収差の変動を小さくすることができる。

[0139] 本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は、複数の負の単レンズのみを有し、複数の負の単レンズのそれぞれが、第3レンズ群の最も物体側の正

レンズよりも大きいアッペ数を有することが好ましい。

[0140] 第1レンズ群には、アクチュエーターを配置する必要はない。しかしながら、広い画角を確保するために、第1レンズ群の外径が大きくなり易い。第1レンズ群の外径を小さくするには、第1レンズ群の負の屈折力を大きくすれば良い。負の屈折力を大きくすると、軸外収差、特に、非点収差が発生し易い。

[0141] 第1レンズ群に複数の負レンズを配置することで、第1レンズ群の負の屈折力を、複数の負レンズに分担させることができる。その結果、第1レンズ群の負の屈折力を大きくしても、軸外収差、特に非点収差を良好に補正することができる。

[0142] 非常に広い画角を有する光学系において光線高を低くするには、入射面から入射瞳位置までの距離をできる限り短くすることが効果的である。そのために、第1レンズ群に、敢えて色収差を補正するレンズを配置しないことも、選択肢の1つとして考えられる。色収差を補正するレンズが第1レンズ群に配置されない場合、第1レンズ群は、単レンズのみを有する。

[0143] この場合、第1レンズ群で、倍率色収差が発生しやすくなる。しかしながら、第1レンズ群で発生した倍率色収差は、第3レンズ群で補正することができる。このとき、第1レンズ群の負の単レンズのアッペ数を、第3レンズ群の最も物体側の正レンズのアッペ数よりも大きくする。

[0144] 第3レンズ群の最も物体側の正レンズは、第1レンズ群の負の単レンズに対して、最も近い距離に位置している。そのため、軸上色収差を悪化せず、倍率色収差の補正が可能になる。第1レンズ群の負の単レンズのアッペ数が第3レンズ群の最も物体側の正レンズのアッペ数よりも小さい場合、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正を同時に行うことは困難となる。

[0145] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(17)を満足することが好ましい。

$$0.2 < SD1 / fL < 6.0 \quad (17)$$

ここで、

SD1は、第1レンズ群の最も物体側の面頂から第1レンズ群の最も像側の面頂までの距離、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、  
である。

[0146] 条件式(17)を満足することで、第1レンズ群の外径、特に、最も物体側のレンズの外径を大きくさせずにバックフォーカスを確保することができ、且つ、画角が広くても、軸外収差、例えば、非点収差を良好に補正できる。

[0147] 値が条件式(17)の上限値を上回る場合、最も物体側のレンズの外径が大きくなり易い。値が条件式(17)の下限値を下回る場合、適切なバックフォーカスの確保が困難になるか、又は、軸外収差の補正が困難になる。

[0148] 条件式(17)に代えて、以下の条件式(17')を満足すると良い。

$$0.25 < SD1 / fL < 5.0 \quad (17')$$

また、条件式(17)に代えて、以下の条件式(17'')を満足するとなお良い。

$$0.30 < SD1 / fL < 4.0 \quad (17'')$$

[0149] 本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、を有し、第4レンズ成分は、第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、第5レンズ成分は、第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、第4レンズ成分は、負レンズ成分からなり、第5レンズ成分は、接合レンズからなり、以下の条件式(18)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < fL / R12F_a < 0.5 \quad (18)$$

ここで、

R12F<sub>a</sub>は、第5レンズ成分の物体側の面の曲率半径、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、  
である。

[0150] 本実施形態の広角光学系は広い画角を有するので、内視鏡の光学系に用い

ることができる。内視鏡の光学系では、視野角の確保、収差補正の制約、及び洗浄の制約から、最も物体側に位置する面は平面、あるいは物体側に凸の面となる。そのため、物体側から2番目の負レンズでは、物体側面を強い発散面にすることが好ましい。

[0151] 値が条件式(18)の上限値を上回る場合、第1レンズ群での光線高が高くなり易い。値が条件式(18)の下限値を下回る場合、非点収差が発生し易い。

[0152] 第5レンズ成分は、例えば、物体側から2番目に位置する負の単レンズ、又は、物体側から2番目に位置する負の接合レンズである。第5レンズ成分が接合レンズの場合、接合レンズは、正レンズと負レンズとで形成すれば良い。正レンズが物体側に位置していても、負レンズが物体側に位置していても良い。

[0153] 条件式(18)に代えて、以下の条件式(18')を満足すると良い。

$$-0.7 < fL/R12F_a < 0.3 \quad (18')$$

また、条件式(18)に代えて、以下の条件式(18'')を満足するとなお良い。

$$-0.4 < fL/R12F_a < 0.2 \quad (18'')$$

[0154] 本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、第6レンズ成分と、を有し、第4レンズ成分は、第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、第5レンズ成分は、第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、第6レンズ成分は、第1レンズ群において、物体側から3番目に位置するレンズ成分であり、第4レンズ成分は、負レンズ成分からなり、第5レンズ成分は、第4レンズ成分よりも屈折力の絶対値が小さいレンズ成分からなり、第6レンズ成分は、接合レンズからなり、以下の条件式(19)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < fL/R12F_b < 0.5 \quad (19)$$

ここで、

$R12F_b$ は、第6レンズ成分の物体側の面の曲率半径、  
 $fL$ は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、  
 である。

[0155] 上述のように、内視鏡の光学系では、最も物体側に位置する面は平面、あるいは物体側に凸の面となる。そのため、物体側から3番目の負レンズでは、物体側面を強い発散面にすることが好ましい。

[0156] 値が条件式(19)の上限値を上回る場合、第1レンズ群での光線高が高くなり易い。値が条件式(19)の下限値を下回る場合、非点収差が発生し易い。

[0157] 条件式(19)に代えて、以下の条件式(19')を満足すると良い。

$$-0.7 < fL/R12F_b < 0.3 \quad (19')$$

また、条件式(19)に代えて、以下の条件式(19'')を満足するとなお良い。

$$-0.4 < fL/R12F_b < 0.2 \quad (19'')$$

[0158] 本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、第6レンズ成分と、を有し、第4レンズ成分は、第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、第5レンズ成分は、第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、第6レンズ成分は、第1レンズ群において、物体側から3番目に位置するレンズ成分であり、第4レンズ成分は、負レンズ成分からなり、第5レンズ成分は、負レンズ成分からなり、第6レンズ成分は、正レンズ成分からなり、以下の条件式(20)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < fL/R12F_c < 0.5 \quad (20)$$

ここで、

$R12F_c$ は、第5レンズ成分の物体側の面の曲率半径、  
 $fL$ は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、  
 である。

[0159] 上述のように、内視鏡の光学系では、最も物体側に位置する面は平面、あ

るいは物体側に凸の面となる。そのため、物体側から２番目の負レンズでは、物体側面を強い発散面にすることが好ましい。

[0160] 値が条件式（２０）の上限値を上回る場合、第１レンズ群での光線高が高くなり易い。値が条件式（２０）の下限値を下回る場合、非点収差が発生し易い。

[0161] 条件式（２０）に代えて、以下の条件式（２０'）を満足すると良い。

$$-0.7 < fL/R12F_0 < 0.3 \quad (20')$$

また、条件式（２０）に代えて、以下の条件式（２０''）を満足するとなお良い。

$$-0.4 < fL/R12F_0 < 0.2 \quad (20'')$$

[0162] 本実施形態の広角光学系では、第１レンズ群は、負レンズ成分と、正レンズ成分と、を有し、以下の条件式（２１）を満足することが好ましい。

$$-0.4 < fL/R12R < 0.02 \quad (21)$$

ここで、

R12Rは、正レンズ成分の像側の面の曲率半径、

fLは、第１の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0163] 第１レンズ群に負レンズ成分と正レンズ成分を用いることは、外径を小さくする点で、若干不利ではある。しかしながら、第１レンズ群に負レンズ成分と正レンズ成分を用いることで、非点収差の補正と倍率色収差の補正が行い易くなる。

[0164] 値が条件式（２１）の上限値を上回る場合、非点収差を補正する効果が小さくなる。値が条件式（２１）の下限値を下回る場合、歪曲収差が大きくなる。

[0165] 条件式（２１）に代えて、以下の条件式（２１'）を満足すると良い。

$$-0.3 < fL/R12R < 0.0 \quad (21')$$

また、条件式（２１）に代えて、以下の条件式（２１''）を満足するとなお良い。

$$-0.2 < fL/R_{12R} < -0.02 \quad (21'')$$

[0166] 本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、を有し、第4レンズ成分は、第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、第5レンズ成分は、第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、以下の条件式(22)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < fL/f_{L12} < 0.4 \quad (22)$$

ここで、

$f_{L12}$ は、第5レンズ成分の焦点距離、

$fL$ は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0167] 値が条件式(22)の上限値を上回る場合、第4レンズ成分を小型化する効果があまり得られない。値が条件式(22)の下限値を下回る場合、軸外収差を補正する効果があまり得られない。

[0168] 条件式(22)に代えて、以下の条件式(22')を満足すると良い。

$$-0.7 < fL/f_{L12} < 0.2 \quad (22')$$

また、条件式(22)に代えて、以下の条件式(22'')を満足するとなお良い。

$$-0.5 < fL/f_{L12} < 0.05 \quad (22'')$$

[0169] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(23)を満足することが好ましい。

$$100 \times |f_{fin}| < |R_{fin}| \quad (23)$$

ここで、

$f_{fin}$ は、像側レンズ成分の焦点距離、

$R_{fin}$ は、像側レンズ成分の像側の面の曲率半径、

像側レンズ成分は、複数のレンズ成分のなかで、最も像側に位置するレンズ成分、

である。

[0170] 光学系では、像側レンズ成分と像面との間に、屈折力がゼロの光学素子が配置されることが多い。屈折力がゼロの光学素子は、例えば、光学フィルタ、又は、プリズムである。条件式（23）を満足すると、屈折力がゼロの光学素子を配置するスペースの確保と、非点収差の良好な補正との両立がし易くなる。

[0171] 条件式（5）と条件式（6）では、最も像側に位置するレンズ成分について、面の曲率半径を規定している。条件式（23）では、像側レンズ成分について、面の曲率半径を規定している。像側レンズ成分は、最も像側に位置するレンズ成分である。よって、条件式（23）は、実質的に、条件式（5）と条件式（6）を限定した条件式ということができる。

[0172] 本実施形態の広角光学系は、像側レンズ成分と、屈折力がゼロの光学素子と、を有し、像側レンズ成分は、複数のレンズ成分のなかで、最も像側に位置し、光学素子は、像側レンズ成分の像側に位置し、像側レンズ成分と光学素子は接合されていることが好ましい。

[0173] 光学系では、像側レンズ成分と像面との間に、屈折力がゼロの光学素子が配置されることが多い。屈折力がゼロの光学素子は、例えば、光学フィルタ、又は、プリズムである。像側レンズ成分と光学素子を接合することで、偏心による結像性能の劣化を防止することができる。

[0174] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式（24）を満足することが好ましい。

$$2 y_{\max} < fL \times \tan \omega_{\max} \quad (24)$$

ここで、

$y_{\max}$  は、最大像高、

$\omega_{\max}$  は、最大像高に対応した画角、

$fL$  は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0175] 本実施形態の広角光学系は、高い分解能を有すると共に、焦点位置調節に必要なアクチュエーターを配置して外径が小さな光学系である。よって、本

実施形態の広角光学系は、内視鏡の光学系に用いることができる。

[0176] 本実施形態の広角光学系を内視鏡の光学系に用いるためには、例えば、100度以上の画角が確保されることが好ましい。100度以上の画角を有する光学系では、歪曲収差の発生が許容されている。よって、このような光学系は、以下の式（A）を満足していない。式（A）歪曲収差のない条件である。

$$y_{\max} = fL \times \tan \omega_{\max} \quad (A)$$

[0177] その代わりに、本実施形態の広角光学系は、条件式（24）を満足している。条件式（24）を満足することで、広い画角を確保しつつ、光学ユニットの外径を小さくすることができる。よって、本実施形態の広角光学系を、内視鏡の光学系に用いることができる。

[0178] 本実施形態の広角光学系は、以下の条件式（25）を満足することが好ましい。

$$ER2 < 4 \times fL / F_{EX} \quad (25)$$

ここで、

ER2は、第2レンズ成分の最も像側の面の有効半径、

F<sub>EX</sub>は、第1の位置における有効F値、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

[0179] 条件式（25）は、光線高に関する条件式である。条件式（25）を満足することで、本実施形態の広角光学系を内視鏡の光学系に用いることができる。有効半径は、面における最外光線高で決まる。

[0180] 本実施形態の撮像装置は、光学系と、像面に配置された撮像素子と、を有し、撮像素子は撮像面を有し、且つ光学系によって撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、光学系が上述の広角光学系であることを特徴する。

[0181] 実施形態の撮像装置によれば、画素数が多い撮像素子を使用しても、その画素数に応じた鮮明な画像を取得することができる。

[0182] 以下に、広角光学系の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、

この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

[0183] 各実施例のレンズ断面図について説明する。(a)は遠点における断面図、(b)は近点における断面図である。

[0184] 第1レンズ群はG1、第2レンズ群はG2、第3レンズ群はG3、明るさ絞りはS、フィルタはF、カバーガラスはC、C1、C2、プリズムはP、像面(撮像面)はIで示してある。

[0185] 各実施例の収差図について説明する。収差図は、遠点における収差図、近点における収差図の順に示している。遠点における収差図では、(a)は球面収差(SA)、(b)は非点収差(AS)、(c)は倍率色収差(CC)、(d)は歪曲収差(DT)を示している。近点における収差図では、(e)は球面収差(SA)、(f)は非点収差(AS)、(g)は倍率色収差(CC)、(h)は歪曲収差(DT)を示している。

[0186] 実施例1の広角光学系は、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、を有する。

[0187] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、を有する。

[0188] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。

[0189] 第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、両凸正レンズL7と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、両凹負レンズL9と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10と、両凸正レンズL11と、を有する。

[0190] 負メニスカスレンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。正メニスカスレンズL8と両凹負レンズL9とが接合されている。

[0191] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ

群G 3の像側に、カバーガラスCが配置されている。

[0192] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G 2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G 2は像側に移動する。

[0193] 実施例2の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、を有する。

[0194] 第1レンズ群G 1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、両凹負レンズL 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3と、を有する。

[0195] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4を有する。

[0196] 第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 6と、両凸正レンズL 7と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 8と、両凹負レンズL 9と、両凸正レンズL 10と、両凸正レンズL 11と、を有する。

[0197] 負メニスカスレンズL 6と両凸正レンズL 7とが接合されている。正メニスカスレンズL 8と両凹負レンズL 9とが接合されている。

[0198] 第1レンズ群G 1中に、フィルタFが配置されている。第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G 3の像側に、カバーガラスCが配置されている。

[0199] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G 2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G 2は像側に移動する。

[0200] 実施例3の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、を有する。

[0201] 第1レンズ群G 1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、両凹負レンズL 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3と、を有する。

- [0202] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。
- [0203] 第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6と、両凸正レンズL7と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、両凹負レンズL9と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10と、両凸正レンズL11と、を有する。
- [0204] 正メニスカスレンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。正メニスカスレンズL8と両凹負レンズL9とが接合されている。
- [0205] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスCが配置されている。
- [0206] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0207] 実施例4の広角光学系は、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、を有する。
- [0208] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、両凹負レンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、を有する。
- [0209] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。
- [0210] 第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、両凹負レンズL6と、両凸正レンズL7と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、両凹負レンズL9と、両凸正レンズL10と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11と、を有する。
- [0211] 両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。正メニスカスレンズL8と両凹負レンズL9とが接合されている。

- [0212] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスCが配置されている。
- [0213] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0214] 実施例5の広角光学系は、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、を有する。
- [0215] 第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、両凹負レンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、を有する。
- [0216] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。
- [0217] 第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凹負レンズL9と、両凸正レンズL10と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11と、を有する。
- [0218] 負メニスカスレンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。両凸正レンズL8と両凹負レンズL9とが接合されている。
- [0219] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスCが配置されている。
- [0220] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0221] 実施例6の広角光学系は、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、を有する。
- [0222] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、像側に

凸面を向けた正メニスカスレンズL 3と、を有する。

[0223] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4を有する。

[0224] 第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 5と、両凸正レンズL 6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 7と、両凸正レンズL 8と、両凹負レンズL 9と、両凸正レンズL 10と、両凸正レンズL 11と、平凸正レンズL 12と、を有する。

[0225] 両凸正レンズL 6と負メニスカスレンズL 7とが接合されている。両凸正レンズL 8と両凹負レンズL 9とが接合されている。

[0226] 第1レンズ群G 1中に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G 3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G 3の像側に、カバーガラスCが配置されている。平凸正レンズL 12とカバーガラスCとが接合されている。

[0227] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G 2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G 2は像側に移動する。

[0228] 実施例7の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、を有する。

[0229] 第1レンズ群G 1は、平凹負レンズL 1と、両凹負レンズL 2と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3と、を有する。

[0230] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4を有する。

[0231] 第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 5と、両凸正レンズL 6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 7と、両凸正レンズL 8と、両凹負レンズL 9と、両凸正レンズL 10と、両凸正レンズL 11と、平凸正レンズL 12と、を有する。

[0232] 両凸正レンズL 6と負メニスカスレンズL 7とが接合されている。両凸正レンズL 8と両凹負レンズL 9とが接合されている。

- [0233] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスCが配置されている。平凸正レンズL12とカバーガラスCとが接合されている。
- [0234] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0235] 実施例8の広角光学系は、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、を有する。
- [0236] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、両凸正レンズL3と、を有する。両凹負レンズL2と両凸正レンズL3とが接合されている。
- [0237] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。
- [0238] 第3レンズ群G3は、両凸正レンズL5と、両凹負レンズL6と、両凸正レンズL7と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9と、両凸正レンズL10と、を有する。
- [0239] 両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。正メニスカスレンズL8と負メニスカスレンズL9とが接合されている。
- [0240] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスC1と、プリズムPと、カバーガラスC2と、が配置されている。
- [0241] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0242] 実施例9の広角光学系は、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、を有する。
- [0243] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1を有する。

- [0244] 第2レンズ群G2は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2を有する。
- [0245] 第3レンズ群G3は、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7と、両凸正レンズL8と、を有する。
- [0246] 両凹負レンズL4と両凸正レンズL5とが接合されている。正メニスカスレンズL6と負メニスカスレンズL7とが接合されている。
- [0247] 第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスC1と、プリズムPと、カバーガラスC2と、が配置されている。
- [0248] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0249] 実施例10の広角光学系は、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、を有する。
- [0250] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、を有する。
- [0251] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3を有する。
- [0252] 第3レンズ群G3は、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8と、両凸正レンズL9と、を有する。
- [0253] 両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。正メニスカスレンズL7と負メニスカスレンズL8とが接合されている。
- [0254] 第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスC1と、プリズムPと、カバーガラスC2と、

が配置されている。

- [0255] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。フィルタFは、第2レンズ群G2と一緒に移動する。
- [0256] 実施例11の広角光学系は、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、を有する。
- [0257] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、を有する。両凹負レンズL2と正メニスカスレンズL3とが接合されている。
- [0258] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。
- [0259] 第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、両凸正レンズL7と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8と、両凸正レンズL9と、平凸正レンズL10と、を有する。
- [0260] 負メニスカスレンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。負メニスカスレンズL8と両凸正レンズL9とが接合されている。
- [0261] 第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスCが配置されている。平凸正レンズL10とカバーガラスCとが接合されている。
- [0262] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0263] 実施例12の広角光学系は、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、を有する。
- [0264] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、両凸正

レンズL 3と、を有する。両凹負レンズL 2と両凸正レンズL 3とが接合されている。

[0265] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4を有する。

[0266] 第3レンズ群G 3は、両凸正レンズL 5と、両凸正レンズL 6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 7と、平凸正レンズL 8と、を有する。両凸正レンズL 6と負メニスカスレンズL 7とが接合されている。

[0267] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G 3中に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G 3の像側に、カバーガラスCが配置されている。平凸正レンズL 8とカバーガラスCとが接合されている。

[0268] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G 2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G 2は像側に移動する。

[0269] 実施例1 3の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、を有する。

[0270] 第1レンズ群G 1は、平凹負レンズL 1と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2と、を有する。

[0271] 第2レンズ群G 2は、両凸正レンズL 3を有する。

[0272] 第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5と、両凸正レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 8と、平凸正レンズL 9と、を有する。

[0273] 負メニスカスレンズL 5と両凸正レンズL 6とが接合されている。両凸正レンズL 7と負メニスカスレンズL 8とが接合されている

[0274] 第3レンズ群G 3中に、明るさ絞りSと、フィルタFと、が配置されている。第3レンズ群G 3の像側に、カバーガラスCが配置されている。平凸正レンズL 9とカバーガラスCとが接合されている。

- [0275] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0276] 実施例14の広角光学系は、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、を有する。
- [0277] 第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、両凸正レンズL3と、を有する。両凹負レンズL2と両凸正レンズL3とが接合されている。
- [0278] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4を有する。
- [0279] 第3レンズ群G3は、平凸正レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、平凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9と、平凸正レンズL10と、を有する。
- [0280] 負メニスカスレンズL6と平凸正レンズL7とが接合されている。両凸正レンズL8と負メニスカスレンズL9とが接合されている。
- [0281] 第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSと、フィルタFと、が配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスCが配置されている。平凸正レンズL10とカバーガラスCとが接合されている。
- [0282] 焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。
- [0283] 以下に、上記各実施例の数値データを示す。面データにおいて、 $r$ は各レンズ面の曲率半径、 $d$ は各レンズ面間の間隔、 $n_d$ は各レンズの $d$ 線の屈折率、 $\nu_d$ は各レンズのアッベ数、\*印は非球面である。絞りは明るさ絞りである。
- [0284] また、各種データにおいて、OBJは物体距離、FLは全系の焦点距離、MGは全系の倍率、FNOはFナンバー、FIYとFIMは像高、LTLは光学系の全長、FBはバックフォーカスである。バックフォーカスは、最も像側のレンズ面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。

全長は、最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。また、 $\beta 1$ は第1レンズ群の倍率、 $\beta 2$ は第2レンズ群の倍率、 $\beta 3$ は第3レンズ群の倍率である。

[0285] また、各焦点距離において、 $f 1$ 、 $f 2 \dots$ は各レンズ群の焦点距離である。

[0286] また、非球面形状は、光軸方向を $z$ 、光軸に直交する方向を $y$ にとり、円錐係数を $k$ 、非球面係数を $A 4$ 、 $A 6$ 、 $A 8$ 、 $A 10$ 、 $A 12 \dots$ としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) (y / r)^2\}^{1/2}] \\ + A 4 y^4 + A 6 y^6 + A 8 y^8 + A 10 y^{10} + A 12 y^{12} + \dots$$

また、非球面係数において、「 $E - n$ 」（ $n$ は整数）は、 $10$ の $n$ 乗を示している。なお、これら諸元値の記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

[0287] 数値実施例 1

単位      mm

面データ

| 面番号 | $r$      | $d$     | $nd$    | $\nu d$ | ER    |
|-----|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面  | $\infty$ | 21.0000 | 1.      |         |       |
| 1   | $\infty$ | 0.3700  | 1.88300 | 40.76   | 1.881 |
| 2   | 1.8089   | 0.6000  | 1.      |         | 1.306 |
| 3   | $\infty$ | 0.4000  | 1.51633 | 64.14   | 1.293 |
| 4   | $\infty$ | 0.1633  | 1.      |         | 1.209 |
| 5   | -7.7140  | 0.2984  | 1.88300 | 40.76   | 1.185 |
| 6   | 3.9041   | 0.0965  | 1.      |         | 1.135 |
| 7   | 2.4546   | 0.8446  | 1.92286 | 18.90   | 1.157 |
| 8   | 3.1566   | d8      | 1.      |         | 1.013 |
| 9   | 2.2403   | 1.5268  | 1.49700 | 81.54   | 0.981 |

|        |          |        |         |       |       |
|--------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 10     | 3.3915   | d10    | 1.      |       | 0.697 |
| 11(絞り) | $\infty$ | 0.0783 | 1.      |       | 0.460 |
| 12*    | 4.0614   | 0.3192 | 1.88300 | 40.76 | 0.485 |
| 13*    | 11.1597  | 0.0830 | 1.      |       | 0.526 |
| 14     | 2.0140   | 0.3000 | 1.88300 | 40.76 | 0.578 |
| 15     | 1.5060   | 0.8356 | 1.51742 | 52.43 | 0.586 |
| 16     | -1.5170  | 0.0934 | 1.      |       | 0.663 |
| 17     | -10.3264 | 1.2276 | 1.51633 | 64.14 | 0.654 |
| 18     | -1.3625  | 0.2968 | 1.84666 | 23.78 | 0.649 |
| 19     | 1.8989   | 0.2849 | 1.      |       | 0.704 |
| 20     | -48.9192 | 0.5397 | 1.72916 | 54.68 | 0.805 |
| 21     | -2.6727  | 0.0956 | 1.      |       | 0.941 |
| 22     | 3.6698   | 0.5463 | 1.88300 | 40.76 | 1.093 |
| 23     | -86.8018 | 0.3500 | 1.      |       | 1.101 |
| 24     | $\infty$ | 1.4000 | 1.51633 | 64.14 | 1.111 |
| 25     | $\infty$ | 0.0757 | 1.      |       | 1.137 |
| 像面     | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第12面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=2.2626E-02, A6=-1.5521E-01, A8=7.9970E-01,

A10=-1.6090E+00, A12=-1.8424E-01, A14=1.3225E+00,

A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00

第13面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=5.9775E-02, A6=-3.6261E-02, A8=2.2828E-01,

A10=-3.7908E-01, A12=7.3652E-02, A14=-4.9792E-01,

A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00

### 各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 21.0000   | 2.9000    |
| FL        | 0.95940   | 0.97543   |
| MG        | -0.042789 | -0.227651 |
| FN0       | 3.9659    | 3.8809    |
| FIY       | 1.140     | 1.140     |
| LTL       | 12.4974   | 12.4974   |
| FB        | 0.03465   | -0.14635  |
| d8        | 0.37036   | 1.16143   |
| d10       | 1.30128   | 0.51021   |
| $\beta 1$ | 0.04739   | 0.23415   |
| $\beta 2$ | 1.11562   | 1.20142   |
| $\beta 3$ | -0.80926  | -0.80926  |

### 各群焦点距離

f1=-1.07556, f2=9.21973, f3=2.80485

### [0288] 数値実施例 2

単位      mm

### 面データ

| 面番号 | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|-----|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面  | $\infty$ | 17.0000 | 1.      |         |       |
| 1   | 20.0000  | 0.3700  | 1.88300 | 40.76   | 1.562 |
| 2   | 1.2067   | 0.6000  | 1.      |         | 0.977 |
| 3   | $\infty$ | 0.4000  | 1.51633 | 64.14   | 0.943 |

|        |           |        |         |       |       |
|--------|-----------|--------|---------|-------|-------|
| 4      | $\infty$  | 0.1010 | 1.      |       | 0.858 |
| 5      | -5.0015   | 0.2886 | 1.88300 | 40.76 | 0.848 |
| 6      | 2.9519    | 0.0923 | 1.      |       | 0.809 |
| 7      | 1.8550    | 0.3815 | 1.92286 | 18.90 | 0.826 |
| 8      | 2.6141    | d8     | 1.      |       | 0.770 |
| 9      | 1.6760    | 0.5923 | 1.49700 | 81.54 | 0.741 |
| 10     | 2.0720    | d10    | 1.      |       | 0.633 |
| 11(絞り) | $\infty$  | 0.0830 | 1.      |       | 0.467 |
| 12*    | 2.2198    | 0.3481 | 1.88300 | 40.76 | 0.540 |
| 13*    | 5.1027    | 0.0877 | 1.      |       | 0.557 |
| 14     | 1.2752    | 0.3000 | 1.88300 | 40.76 | 0.619 |
| 15     | 0.8381    | 1.2698 | 1.51633 | 64.14 | 0.576 |
| 16     | -2.6992   | 0.0857 | 1.      |       | 0.654 |
| 17     | -12.8077  | 0.7528 | 1.51633 | 64.14 | 0.653 |
| 18     | -1.3481   | 0.2875 | 1.84666 | 23.78 | 0.661 |
| 19     | 1.9079    | 0.2786 | 1.      |       | 0.727 |
| 20     | 1813.5266 | 0.5922 | 1.72916 | 54.68 | 0.840 |
| 21     | -2.5422   | 0.0839 | 1.      |       | 0.995 |
| 22     | 3.2963    | 0.6109 | 1.88300 | 40.76 | 1.188 |
| 23     | -74.5199  | 0.3000 | 1.      |       | 1.186 |
| 24     | $\infty$  | 1.4000 | 1.51633 | 64.14 | 1.178 |
| 25     | $\infty$  | 0.0758 | 1.      |       | 1.155 |
| 像面     | $\infty$  | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第12面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=9.4238E-02, A6=-1.3465E-01, A8=6.9001E-01,

A10=-1.1061E+00

第 1 3 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=1.2940E-01, A6=-2.9245E-02, A8=3.1386E-01,

A10=-5.4631E-01

各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 17.0000   | 3.0000    |
| FL        | 0.90631   | 0.91421   |
| MG        | -0.050070 | -0.223755 |
| FN0       | 3.9341    | 3.8945    |
| FIY       | 1.140     | 1.140     |
| LTL       | 10.8752   | 10.8752   |
| FB        | 0.03039   | -0.12879  |
| d8        | 0.34193   | 0.98043   |
| d10       | 1.15150   | 0.51300   |
| $\beta 1$ | 0.04307   | 0.18324   |
| $\beta 2$ | 1.07292   | 1.12708   |
| $\beta 3$ | -1.08345  | -1.08345  |

各群焦点距離

f1=-0.78833, f2=11.79037, f3=2.97621

[0289] 数値実施例 3

単位      m m

面データ

|     |   |   |    |         |    |
|-----|---|---|----|---------|----|
| 面番号 | r | d | nd | $\nu d$ | ER |
|-----|---|---|----|---------|----|

|        |          |         |         |       |       |
|--------|----------|---------|---------|-------|-------|
| 物面     | $\infty$ | 17.0000 | 1.      |       |       |
| 1      | 20.0000  | 0.3700  | 1.88300 | 40.76 | 1.565 |
| 2      | 1.1942   | 0.6000  | 1.      |       | 0.975 |
| 3      | $\infty$ | 0.3600  | 1.51633 | 64.14 | 0.945 |
| 4      | $\infty$ | 0.0180  | 1.      |       | 0.872 |
| 5      | -39.2627 | 0.2712  | 1.88300 | 40.76 | 0.869 |
| 6      | 2.1856   | 0.0689  | 1.      |       | 0.804 |
| 7      | 1.5180   | 0.3499  | 1.92286 | 18.90 | 0.813 |
| 8      | 1.8920   | d8      | 1.      |       | 0.744 |
| 9      | 1.3113   | 0.3642  | 1.49700 | 81.54 | 0.700 |
| 10     | 1.5503   | d10     | 1.      |       | 0.619 |
| 11(絞り) | $\infty$ | 0.0540  | 1.      |       | 0.428 |
| 12*    | 2.4371   | 0.2640  | 1.88300 | 40.76 | 0.451 |
| 13*    | 2.7511   | 0.0751  | 1.      |       | 0.472 |
| 14     | 1.6332   | 0.3000  | 1.88300 | 40.76 | 0.530 |
| 15     | 1.8390   | 0.8427  | 1.51633 | 64.14 | 0.553 |
| 16     | -1.2298  | 0.0861  | 1.      |       | 0.653 |
| 17     | -4.6698  | 1.3113  | 1.51633 | 64.14 | 0.643 |
| 18     | -1.3468  | 0.2905  | 1.84666 | 23.78 | 0.663 |
| 19     | 1.9205   | 0.2998  | 1.      |       | 0.732 |
| 20     | -19.8757 | 0.6269  | 1.72916 | 54.68 | 0.848 |
| 21     | -2.1528  | 0.0818  | 1.      |       | 1.016 |
| 22     | 3.4557   | 0.6199  | 1.88300 | 40.76 | 1.217 |
| 23     | -28.5947 | 0.2000  | 1.      |       | 1.213 |
| 24     | $\infty$ | 1.5000  | 1.51633 | 64.14 | 1.201 |
| 25     | $\infty$ | 0.0640  | 1.      |       | 1.148 |
| 像面     | $\infty$ | 0.      |         |       |       |

## 非球面データ

## 第 1 2 面

 $K=0.$  $A2=0.0000E+00, A4=2.3881E-01, A6=7.1261E-02, A8=-4.0179E-01,$  $A10=0.0000E+00$ 

## 第 1 3 面

 $K=0.$  $A2=0.0000E+00, A4=3.5728E-01, A6=1.7739E-01, A8=-2.8920E-01,$  $A10=0.0000E+00$ 

## 各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 17.0000   | 3.0000    |
| FL        | 0.87488   | 0.88419   |
| MG        | -0.048244 | -0.214621 |
| FN0       | 3.9284    | 3.8945    |
| FIY       | 1.140     | 1.140     |
| LTL       | 10.5175   | 10.5175   |
| FB        | 0.02181   | -0.12575  |
| d8        | 0.32999   | 0.94108   |
| d10       | 1.16920   | 0.55811   |
| $\beta 1$ | 0.04475   | 0.18971   |
| $\beta 2$ | 1.08766   | 1.14143   |
| $\beta 3$ | -0.99113  | -0.99113  |

## 各群焦点距離

 $f1=-0.81998, \quad f2=11.36494, \quad f3=3.10154$

単位      m m

## 面データ

| 面番号    | r        | d       | nd      | $\nu$ d | ER    |
|--------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面     | $\infty$ | 17.0000 | 1.      |         |       |
| 1      | 20.0000  | 0.3700  | 1.88300 | 40.76   | 2.170 |
| 2      | 1.8355   | 0.6000  | 1.      |         | 1.438 |
| 3      | $\infty$ | 0.4000  | 1.51633 | 64.14   | 1.482 |
| 4      | $\infty$ | 0.3651  | 1.      |         | 1.367 |
| 5      | -6.0073  | 0.7484  | 1.88300 | 40.76   | 1.260 |
| 6      | 3.8110   | 0.5388  | 1.      |         | 1.141 |
| 7      | 2.9102   | 0.4410  | 1.92286 | 18.90   | 1.179 |
| 8      | 4.0476   | d8      | 1.      |         | 1.118 |
| 9      | 2.4287   | 1.7001  | 1.49700 | 81.54   | 1.088 |
| 10     | 3.4681   | d10     | 1.      |         | 0.763 |
| 11(絞り) | $\infty$ | 0.0944  | 1.      |         | 0.501 |
| 12*    | 1.7041   | 0.3825  | 1.88300 | 40.76   | 0.600 |
| 13*    | 5.1778   | 0.2781  | 1.      |         | 0.590 |
| 14     | -29.8880 | 0.3000  | 1.88300 | 40.76   | 0.629 |
| 15     | 2.9929   | 0.6826  | 1.51633 | 64.14   | 0.668 |
| 16     | -1.6314  | 0.1268  | 1.      |         | 0.749 |
| 17     | -8.7698  | 1.5571  | 1.51633 | 64.14   | 0.757 |
| 18     | -1.4188  | 0.3403  | 1.84666 | 23.78   | 0.820 |
| 19     | 4.3711   | 0.6288  | 1.      |         | 0.933 |
| 20     | 264.1515 | 0.7659  | 1.72916 | 54.68   | 1.240 |
| 21     | -2.7702  | 0.1844  | 1.      |         | 1.362 |
| 22     | 2.3631   | 0.6206  | 1.88300 | 40.76   | 1.495 |
| 23     | 3.9331   | 0.4000  | 1.      |         | 1.392 |

|    |          |        |         |       |       |
|----|----------|--------|---------|-------|-------|
| 24 | $\infty$ | 1.4000 | 1.51633 | 64.14 | 1.358 |
| 25 | $\infty$ | 0.0411 | 1.      |       | 1.147 |
| 像面 | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

## 非球面データ

## 第 1 2 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=5.2580E-02, A6=5.3691E-02, A8=-3.8939E-03,

A10=0.0000E+00

## 第 1 3 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=1.2458E-01, A6=7.6091E-02, A8=4.8603E-02,

A10=0.0000E+00

## 各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 17.0000   | 3.0000    |
| FL        | 0.96374   | 0.99290   |
| MG        | -0.051712 | -0.215244 |
| FN0       | 3.8797    | 3.8945    |
| FIY       | 1.140     | 1.140     |
| LTL       | 14.5440   | 14.5440   |
| FB        | -0.00878  | -0.17266  |
| d8        | 0.28712   | 1.03089   |
| d10       | 1.29110   | 0.54733   |
| $\beta 1$ | 0.06071   | 0.23796   |
| $\beta 2$ | 1.13728   | 1.20767   |
| $\beta 3$ | -0.74900  | -0.74900  |

各群焦点距離

$f_1 = -1.14099$ ,  $f_2 = 10.56718$ ,  $f_3 = 4.20765$

[0291] 数値実施例 5

単位      mm

面データ

| 面番号    | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|--------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面     | $\infty$ | 17.0000 | 1.      |         |       |
| 1      | 18.6062  | 0.3700  | 1.88300 | 40.76   | 1.550 |
| 2      | 1.1634   | 0.6000  | 1.      |         | 0.954 |
| 3      | $\infty$ | 0.4000  | 1.51633 | 64.14   | 0.921 |
| 4      | $\infty$ | 0.2106  | 1.      |         | 0.839 |
| 5      | -2.9012  | 0.2987  | 1.88300 | 40.76   | 0.816 |
| 6      | 6.6566   | 0.0969  | 1.      |         | 0.825 |
| 7      | 2.2651   | 0.4862  | 1.67270 | 32.10   | 0.857 |
| 8      | 7.9728   | d8      | 1.      |         | 0.830 |
| 9      | 2.1192   | 0.9855  | 1.49700 | 81.54   | 0.806 |
| 10     | 2.7662   | d10     | 1.      |         | 0.651 |
| 11(絞り) | $\infty$ | 0.0820  | 1.      |         | 0.510 |
| 12*    | 1.5966   | 0.3119  | 1.88300 | 40.76   | 0.557 |
| 13*    | 1.8942   | 0.0923  | 1.      |         | 0.547 |
| 14     | 1.2718   | 0.3000  | 1.88300 | 40.76   | 0.588 |
| 15     | 0.8534   | 1.2563  | 1.51742 | 52.43   | 0.549 |
| 16     | -2.5219  | 0.2499  | 1.      |         | 0.650 |
| 17     | 263.2306 | 0.8622  | 1.49700 | 81.54   | 0.650 |
| 18     | -1.3145  | 0.3172  | 1.92286 | 18.90   | 0.650 |
| 19     | 2.8013   | 0.1794  | 1.      |         | 0.733 |

|    |          |        |         |       |       |
|----|----------|--------|---------|-------|-------|
| 20 | 17.9648  | 0.6025 | 1.78472 | 25.68 | 0.806 |
| 21 | -2.5539  | 0.0985 | 1.      |       | 0.937 |
| 22 | 4.4647   | 0.4767 | 1.78472 | 25.68 | 1.044 |
| 23 | 837.6148 | 0.3500 | 1.      |       | 1.056 |
| 24 | $\infty$ | 1.5000 | 1.51633 | 64.14 | 1.078 |
| 25 | $\infty$ | 0.0239 | 1.      |       | 1.140 |
| 像面 | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

## 非球面データ

## 第12面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=5.4679E-02, A6=-7.3153E-02, A8=1.8821E-01,

A10=-2.6187E-01

## 第13面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=1.1151E-01, A6=-2.3505E-02, A8=4.5913E-02,

A10=-1.4874E-01

## 各種データ

|     | 遠点        | 近点        |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 17.0000   | 3.0000    |
| FL  | 0.95516   | 0.95802   |
| MG  | -0.052812 | -0.235620 |
| FNO | 3.9309    | 3.8269    |
| FIY | 1.140     | 1.140     |
| LTL | 11.7045   | 11.7045   |
| FB  | -0.02656  | -0.20184  |
| d8  | 0.28665   | 1.04021   |

|           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| d10       | 1.26710  | 0.51353  |
| $\beta 1$ | 0.05086  | 0.21466  |
| $\beta 2$ | 1.08934  | 1.15157  |
| $\beta 3$ | -0.95317 | -0.95317 |

各群焦点距離

f1=-0.93319, f2=12.10818, f3=2.86916

[0292] 数值実施例 6

単位      mm

面データ

| 面番号    | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|--------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面     | $\infty$ | 23.0000 | 1.      |         |       |
| 1      | $\infty$ | 0.3000  | 1.88300 | 40.76   | 1.571 |
| 2      | 1.7470   | 0.6621  | 1.      |         | 1.132 |
| 3*     | -4.2685  | 0.3000  | 1.72916 | 54.68   | 1.063 |
| 4*     | 3.7770   | 0.2160  | 1.      |         | 0.956 |
| 5      | $\infty$ | 0.4000  | 1.51633 | 64.14   | 0.954 |
| 6      | $\infty$ | 0.1108  | 1.      |         | 0.944 |
| 7      | -17.4502 | 0.5181  | 1.92286 | 18.90   | 0.941 |
| 8      | -10.3965 | d8      | 1.      |         | 0.944 |
| 9      | 1.5833   | 0.4878  | 1.49700 | 81.54   | 0.901 |
| 10     | 1.8138   | d10     | 1.      |         | 0.797 |
| 11*    | 2.0822   | 0.5220  | 1.78472 | 25.68   | 0.617 |
| 12*    | 5.1997   | 0.1860  | 1.      |         | 0.510 |
| 13(絞り) | $\infty$ | 0.1072  | 1.      |         | 0.461 |
| 14     | 2.9753   | 0.6919  | 1.49700 | 81.54   | 0.503 |
| 15     | -1.0647  | 0.3872  | 1.88300 | 40.76   | 0.565 |

|    |           |        |         |       |       |
|----|-----------|--------|---------|-------|-------|
| 16 | -1.7532   | 0.0524 | 1.      |       | 0.659 |
| 17 | 5.0986    | 1.1895 | 1.49700 | 81.54 | 0.675 |
| 18 | -2.2744   | 0.2551 | 1.84666 | 23.78 | 0.678 |
| 19 | 1.9563    | 0.1986 | 1.      |       | 0.708 |
| 20 | 7.0637    | 1.0263 | 1.75500 | 52.32 | 0.768 |
| 21 | -56.6101  | 0.0943 | 1.      |       | 0.995 |
| 22 | 4.0097    | 0.7954 | 1.80610 | 40.92 | 1.102 |
| 23 | -134.7099 | 0.4191 | 1.      |       | 1.149 |
| 24 | 5.0000    | 1.0000 | 1.88300 | 40.76 | 1.222 |
| 25 | $\infty$  | 0.6000 | 1.51633 | 64.14 | 1.177 |
| 26 | $\infty$  | 0.0438 | 1.      |       | 1.141 |
| 像面 | $\infty$  | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第3面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=3.5276E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第4面

K=-1.0818

A2=0.0000E+00, A4=4.7890E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第11面

K=-1.0160

A2=0.0000E+00, A4=4.6118E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第12面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=6.2475E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,  
A10=0.0000E+00

### 各種データ

|           | 遠点           | 近点        |
|-----------|--------------|-----------|
| OBJ       | 23.0000      | 3.5000    |
| FL        | 1.03441      | 1.03782   |
| MG        | -0.042738    | -0.221516 |
| FNO       | 3.9188       | 3.8833    |
| FIY       | 1.140        | 1.140     |
| LTL       | 12.0401      | 12.0401   |
| FB        | -4.39842E-04 | -0.18612  |
| d8        | 0.27203      | 1.10206   |
| d10       | 1.20450      | 0.37447   |
| $\beta 1$ | 0.04470      | 0.22050   |
| $\beta 2$ | 1.11291      | 1.16928   |
| $\beta 3$ | -0.85917     | -0.85917  |

### 各群焦点距離

f1=-1.09319, f2=14.72325, f3=3.65996

### [0293] 数値実施例 7

単位      mm

### 面データ

| 面番号 | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|-----|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面  | $\infty$ | 23.0000 | 1.      |         |       |
| 1   | $\infty$ | 0.3000  | 1.88300 | 40.76   | 1.583 |
| 2   | 1.7269   | 0.6987  | 1.      |         | 1.137 |

|        |          |        |         |       |       |
|--------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 3      | -4.9307  | 0.3000 | 1.72916 | 54.68 | 1.072 |
| 4      | 4.3840   | 0.2021 | 1.      |       | 1.007 |
| 5      | $\infty$ | 0.4000 | 1.51633 | 64.14 | 1.003 |
| 6      | $\infty$ | 0.0980 | 1.      |       | 0.992 |
| 7      | -26.4786 | 0.4796 | 1.92286 | 18.90 | 0.989 |
| 8      | -45.6102 | d8     | 1.      |       | 0.987 |
| 9*     | 2.0140   | 1.1515 | 1.49700 | 81.54 | 0.973 |
| 10     | 2.4988   | d10    | 1.      |       | 0.781 |
| 11*    | 2.6171   | 0.5364 | 1.78472 | 25.68 | 0.636 |
| 12*    | 14.2466  | 0.1441 | 1.      |       | 0.549 |
| 13(絞り) | $\infty$ | 0.1102 | 1.      |       | 0.514 |
| 14     | 2.9538   | 0.8289 | 1.49700 | 81.54 | 0.553 |
| 15     | -1.3287  | 0.2711 | 1.88300 | 40.76 | 0.612 |
| 16     | -2.0378  | 0.0825 | 1.      |       | 0.667 |
| 17     | 9.5107   | 1.2111 | 1.49700 | 81.54 | 0.674 |
| 18     | -1.7947  | 0.7085 | 1.84666 | 23.78 | 0.673 |
| 19     | 2.1692   | 0.1784 | 1.      |       | 0.746 |
| 20     | 10.4491  | 0.5389 | 1.75500 | 52.32 | 0.790 |
| 21     | -5.2124  | 0.2562 | 1.      |       | 0.899 |
| 22     | 7.9773   | 0.7946 | 1.80610 | 40.92 | 1.025 |
| 23     | -26.2995 | 0.4284 | 1.      |       | 1.100 |
| 24     | 5.0000   | 1.0000 | 1.88300 | 40.76 | 1.195 |
| 25     | $\infty$ | 0.6000 | 1.51633 | 64.14 | 1.167 |
| 26     | $\infty$ | 0.0440 | 1.      |       | 1.142 |
| 像面     | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第9面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=-7.9705E-03, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 1 1 面

K=-0.8102

A2=0.0000E+00, A4=2.7721E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 1 2 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=4.0853E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

各種データ

|           | 遠点          | 近点        |
|-----------|-------------|-----------|
| OBJ       | 23.0000     | 3.5000    |
| FL        | 1.02204     | 1.05587   |
| MG        | -0.042130   | -0.223151 |
| FN0       | 3.9177      | 3.8814    |
| FIY       | 1.140       | 1.140     |
| LTL       | 12.9220     | 12.9220   |
| FB        | 9.38560E-04 | -0.19162  |
| d8        | 0.27054     | 1.17354   |
| d10       | 1.28822     | 0.38522   |
| $\beta 1$ | 0.04162     | 0.20559   |
| $\beta 2$ | 1.06956     | 1.14689   |
| $\beta 3$ | -0.94641    | -0.94641  |

各群焦点距離

$f1=-1.01762$ ,  $f2=11.67815$ ,  $f3=3.90807$

[0294] 数値実施例 8

単位      mm

面データ

| 面番号    | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|--------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面     | $\infty$ | 16.0000 | 1.      |         |       |
| 1      | $\infty$ | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 1.282 |
| 2*     | 0.9612   | 0.6709  | 1.      |         | 0.877 |
| 3      | $\infty$ | 0.4000  | 1.49400 | 75.01   | 0.833 |
| 4      | $\infty$ | 0.1500  | 1.      |         | 0.782 |
| 5      | -5.5346  | 0.2500  | 1.77250 | 49.60   | 0.764 |
| 6      | 2.4020   | 0.4500  | 1.95906 | 17.47   | 0.745 |
| 7      | -15.4746 | d7      | 1.      |         | 0.724 |
| 8*     | 8.6565   | 0.5000  | 1.74320 | 49.34   | 0.659 |
| 9*     | 51.2636  | d9      | 1.      |         | 0.628 |
| 10     | 2.9556   | 0.4161  | 1.65160 | 58.55   | 0.560 |
| 11     | -8.3048  | 0.1000  | 1.      |         | 0.399 |
| 12(絞り) | $\infty$ | 0.1000  | 1.      |         | 0.366 |
| 13     | -1.5648  | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 0.377 |
| 14     | 2.2526   | 0.4000  | 1.49700 | 81.54   | 0.462 |
| 15     | -1.5310  | 0.2000  | 1.      |         | 0.560 |
| 16     | -37.1740 | 0.7000  | 1.49700 | 81.54   | 0.680 |
| 17     | -1.2180  | 0.3360  | 1.77250 | 49.60   | 0.789 |
| 18     | -1.9323  | 0.2000  | 1.      |         | 0.923 |
| 19     | 6.2625   | 0.5000  | 1.49700 | 81.54   | 1.027 |
| 20     | -3.2562  | 0.6500  | 1.      |         | 1.045 |
| 21     | $\infty$ | 0.2000  | 1.51633 | 64.14   | 0.999 |

|    |          |        |         |       |       |
|----|----------|--------|---------|-------|-------|
| 22 | $\infty$ | 0.2030 | 1.      |       | 0.991 |
| 23 | $\infty$ | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.980 |
| 24 | $\infty$ | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.831 |
| 25 | $\infty$ | 0.0444 | 1.      |       | 0.818 |
| 像面 | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

## 非球面データ

## 第2面

$$K=-0.4160$$

$$A2=0.0000E+00, A4=-8.4650E-02, A6=1.3557E-01, A8=-1.2736E-01,$$

$$A10=3.9760E-02, A12=-1.2666E-09, A14=0.0000E+00,$$

$$A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00$$

## 第8面

$$K=0.$$

$$A2=0.0000E+00, A4=-4.4332E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$$

$$A10=0.0000E+00$$

## 第9面

$$K=0.$$

$$A2=0.0000E+00, A4=-6.7341E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$$

$$A10=0.0000E+00$$

## 各種データ

|     | 遠点        | 近点        |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 16.0000   | 2.5000    |
| FL  | 0.75025   | 0.72600   |
| MG  | -0.044343 | -0.212650 |
| FNO | 3.6905    | 3.6648    |
| FIM | 0.812     | 0.812     |

|           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| LTL       | 13.0974  | 13.0974  |
| FB        | 0.01109  | -0.11003 |
| d7        | 0.42707  | 1.09071  |
| d9        | 1.05000  | 0.38636  |
| $\beta 1$ | 0.06595  | 0.30490  |
| $\beta 2$ | 1.27724  | 1.32483  |
| $\beta 3$ | -0.52644 | -0.52644 |

各群焦点距離

$f1=-1.13600$ ,  $f2=13.94442$ ,  $f3=2.57607$

[0295] 数值実施例 9

単位      mm

面データ

| 面番号   | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|-------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面    | $\infty$ | 16.0000 | 1.      |         |       |
| 1     | $\infty$ | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 1.264 |
| 2*    | 0.9272   | 1.1000  | 1.      |         | 0.857 |
| 3     | $\infty$ | 0.4000  | 1.49400 | 75.01   | 0.751 |
| 4     | $\infty$ | d4      | 1.      |         | 0.708 |
| 5*    | -9.5539  | 0.6179  | 1.88300 | 40.76   | 0.626 |
| 6*    | -6.5358  | d6      | 1.      |         | 0.620 |
| 7     | 4.3878   | 0.4161  | 1.95906 | 17.47   | 0.560 |
| 8     | -3.3352  | 0.1000  | 1.      |         | 0.439 |
| 9(絞り) | $\infty$ | 0.1000  | 1.      |         | 0.390 |
| 10    | -1.5583  | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 0.393 |
| 11    | 2.0000   | 0.5400  | 1.48749 | 70.23   | 0.453 |
| 12    | -1.3000  | 0.1000  | 1.      |         | 0.560 |

|     |          |        |         |       |       |
|-----|----------|--------|---------|-------|-------|
| 13  | -5.7457  | 0.8000 | 1.49700 | 81.54 | 0.610 |
| 14  | -1.2000  | 0.2500 | 1.84666 | 23.78 | 0.730 |
| 15  | -4.2732  | 0.1000 | 1.      |       | 0.854 |
| 16* | 5.3140   | 0.9434 | 1.49700 | 81.54 | 0.956 |
| 17* | -1.5831  | 0.6500 | 1.      |       | 1.054 |
| 18  | $\infty$ | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 0.997 |
| 19  | $\infty$ | 0.2000 | 1.      |       | 0.989 |
| 20  | $\infty$ | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.978 |
| 21  | $\infty$ | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.831 |
| 22  | $\infty$ | 0.0420 | 1.      |       | 0.818 |
| 像面  | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第2面

$K=-0.3786$

$A2=0.0000E+00, A4=-4.8645E-02, A6=5.8716E-02, A8=-7.4460E-02,$

$A10=1.7666E-02, A12=-1.2683E-09, A14=0.0000E+00,$

$A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00$

第5面

$K=0.$

$A2=0.0000E+00, A4=-4.5962E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$

$A10=0.0000E+00$

第6面

$K=0.$

$A2=0.0000E+00, A4=-5.7654E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$

$A10=0.0000E+00$

第16面

$K=0.$

A2=0.0000E+00, A4=-1.9531E-02, A6=5.2759E-03, A8=-3.6036E-04,

A10=0.0000E+00

第 17 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=1.9479E-02, A6=1.3298E-03, A8=4.9924E-03,

A10=0.0000E+00

各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 16.0000   | 2.5000    |
| FL        | 0.75052   | 0.72372   |
| MG        | -0.044403 | -0.212614 |
| FN0       | 3.7116    | 3.6936    |
| FIM       | 0.812     | 0.812     |
| LTL       | 13.2865   | 13.2865   |
| FB        | 0.00868   | -0.11186  |
| d4        | 0.53174   | 1.21609   |
| d6        | 1.04533   | 0.36098   |
| $\beta 1$ | 0.06111   | 0.28511   |
| $\beta 2$ | 1.21847   | 1.25048   |
| $\beta 3$ | -0.59635  | -0.59635  |

各群焦点距離

f1=-1.05000, f2=21.37800, f3=2.80754

[0296] 数値実施例 1 O

単位 mm

面データ

| 面番号    | r        | d       | nd      | $\nu$ d | ER    |
|--------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面     | $\infty$ | 15.8000 | 1.      |         |       |
| 1      | $\infty$ | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 1.298 |
| 2*     | 1.1014   | 0.7055  | 1.      |         | 0.910 |
| 3      | 4.9262   | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 0.812 |
| 4      | 2.2000   | d4      | 1.      |         | 0.743 |
| 5      | $\infty$ | 0.4000  | 1.49400 | 75.01   | 0.690 |
| 6      | $\infty$ | 0.1000  | 1.      |         | 0.674 |
| 7*     | 1.8277   | 0.5170  | 1.51633 | 64.14   | 0.660 |
| 8*     | 2.3331   | d8      | 1.      |         | 0.590 |
| 9      | 4.0162   | 0.4161  | 1.95906 | 17.47   | 0.560 |
| 10     | -3.2257  | 0.1000  | 1.      |         | 0.448 |
| 11(絞り) | $\infty$ | 0.1000  | 1.      |         | 0.400 |
| 12     | -1.5381  | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 0.398 |
| 13     | 2.2458   | 0.5400  | 1.48749 | 70.23   | 0.457 |
| 14     | -1.3000  | 0.2000  | 1.      |         | 0.560 |
| 15     | -9.0844  | 0.8000  | 1.49700 | 81.54   | 0.638 |
| 16     | -1.2998  | 0.2500  | 1.84666 | 23.78   | 0.751 |
| 17     | -5.5081  | 0.1000  | 1.      |         | 0.870 |
| 18*    | 3.9469   | 0.9447  | 1.49700 | 81.54   | 0.986 |
| 19*    | -1.6844  | 0.6500  | 1.      |         | 1.058 |
| 20     | $\infty$ | 0.2000  | 1.51633 | 64.14   | 1.001 |
| 21     | $\infty$ | 0.2000  | 1.      |         | 0.993 |
| 22     | $\infty$ | 4.3000  | 1.63854 | 55.38   | 0.981 |
| 23     | $\infty$ | 0.3500  | 1.51633 | 64.14   | 0.828 |
| 24     | $\infty$ | 0.0428  | 1.      |         | 0.814 |
| 像面     | $\infty$ | 0.      |         |         |       |

## 非球面データ

## 第2面

$$K=-2.2853$$

$$A2=0.0000E+00, A4=1.3338E-01, A6=2.5305E-02, A8=-4.2323E-02,$$

$$A10=2.6226E-02, A12=-1.2684E-09, A14=0.0000E+00,$$

$$A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00$$

## 第7面

$$K=0.$$

$$A2=0.0000E+00, A4=-6.4410E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$$

$$A10=0.0000E+00$$

## 第8面

$$K=0.$$

$$A2=0.0000E+00, A4=-9.2071E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$$

$$A10=0.0000E+00$$

## 第18面

$$K=0.$$

$$A2=0.0000E+00, A4=-1.3990E-02, A6=1.2717E-02, A8=1.9476E-04,$$

$$A10=0.0000E+00$$

## 第19面

$$K=0.$$

$$A2=0.0000E+00, A4=2.4646E-02, A6=4.1843E-03, A8=7.7537E-03,$$

$$A10=0.0000E+00$$

## 各種データ

|     | 遠点        | 近点        |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 15.8000   | 2.6200    |
| FL  | 0.75036   | 0.74853   |
| MG  | -0.044776 | -0.209826 |

|           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| FN0       | 3.6332   | 3.6154   |
| FIM       | 0.812    | 0.812    |
| LTL       | 13.2903  | 13.2903  |
| FB        | 0.00925  | -0.11422 |
| d4        | 0.60084  | 1.19477  |
| d8        | 1.02333  | 0.42940  |
| $\beta 1$ | 0.05010  | 0.22503  |
| $\beta 2$ | 1.13061  | 1.17962  |
| $\beta 3$ | -0.79044 | -0.79044 |

各群焦点距離

$f1=-0.84949$ ,  $f2=12.12002$ ,  $f3=2.73833$

[0297] 数值实施例 1 1

単位      mm

面データ

| 面番号 | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|-----|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面  | $\infty$ | 12.5000 | 1.      |         |       |
| 1   | $\infty$ | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 1.337 |
| 2*  | 0.8692   | 0.5880  | 1.      |         | 0.900 |
| 3   | $\infty$ | 0.4000  | 1.49400 | 75.01   | 0.887 |
| 4   | $\infty$ | 0.0878  | 1.      |         | 0.848 |
| 5   | -9.0618  | 0.2500  | 1.81600 | 46.62   | 0.841 |
| 6   | 1.0427   | 0.7558  | 1.80518 | 25.42   | 0.815 |
| 7   | 17.0221  | d7      | 1.      |         | 0.801 |
| 8*  | 3.0758   | 0.4338  | 1.80610 | 40.92   | 0.798 |
| 9   | 3.6580   | d9      | 1.      |         | 0.740 |
| 10* | 2.1247   | 0.6051  | 1.72916 | 54.68   | 0.650 |

|        |           |        |         |       |       |
|--------|-----------|--------|---------|-------|-------|
| 11*    | 9.8770    | 0.1000 | 1.      |       | 0.523 |
| 12(絞り) | $\infty$  | 0.1000 | 1.      |       | 0.505 |
| 13     | 2.4630    | 0.3572 | 1.74951 | 35.33 | 0.520 |
| 14     | 0.9957    | 1.5342 | 1.49700 | 81.54 | 0.517 |
| 15     | -4.3095   | 0.4000 | 1.      |       | 0.650 |
| 16     | 3.5884    | 0.3000 | 1.83400 | 37.16 | 0.735 |
| 17     | 1.5227    | 0.5851 | 1.49700 | 81.54 | 0.731 |
| 18*    | -405.9130 | 0.6000 | 1.      |       | 0.777 |
| 19     | 3.5202    | 0.6000 | 1.53172 | 48.84 | 0.901 |
| 20     | $\infty$  | 2.4000 | 1.51633 | 64.14 | 0.910 |
| 21     | $\infty$  | 0.0260 | 1.      |       | 0.950 |
| 像面     | $\infty$  | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第2面

K=-0.9776

A2=0.0000E+00, A4=-8.8118E-03, A6=6.8995E-02, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第8面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=-9.1674E-04, A6=3.1219E-02, A8=-8.5050E-03,

A10=0.0000E+00

第1 O 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=-1.0574E-02, A6=-6.0806E-02, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第1 1 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=2.6851E-03, A6=-6.5815E-02, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 18 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=9.0488E-03, A6=-1.1887E-02, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 12.5000   | 2.1000    |
| FL        | 0.79078   | 0.78170   |
| MG        | -0.059423 | -0.269569 |
| FN0       | 3.6685    | 3.5909    |
| FIM       | 0.948     | 0.948     |
| LTL       | 11.9080   | 11.9080   |
| FB        | -0.02102  | -0.18476  |
| d7        | 0.23000   | 1.06652   |
| d9        | 1.30502   | 0.46850   |
| $\beta 1$ | 0.05531   | 0.24046   |
| $\beta 2$ | 1.07157   | 1.11807   |
| $\beta 3$ | -1.00267  | -1.00267  |

各群焦点距離

f1=-0.74700, f2=17.99209, f3=2.73069

[0298] 数値実施例 1 2

単位 mm

面データ

| 面番号   | r        | d       | nd      | $\nu$ d | ER    |
|-------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面    | $\infty$ | 12.0000 | 1.      |         |       |
| 1     | $\infty$ | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 0.959 |
| 2*    | 0.5867   | 0.7292  | 1.      |         | 0.604 |
| 3     | -2.9628  | 0.2500  | 1.77250 | 49.60   | 0.580 |
| 4     | 1.8141   | 0.6400  | 1.84666 | 23.78   | 0.598 |
| 5     | -3.6936  | d5      | 1.      |         | 0.611 |
| 6     | 1.4089   | 0.5984  | 1.65160 | 58.55   | 0.568 |
| 7     | 1.5806   | d7      | 1.      |         | 0.446 |
| 8(絞り) | $\infty$ | 0.1000  | 1.      |         | 0.320 |
| 9     | 3.0016   | 0.3300  | 1.49700 | 81.54   | 0.363 |
| 10    | -2.8548  | 0.2000  | 1.      |         | 0.415 |
| 11    | 3.2270   | 0.5193  | 1.49700 | 81.54   | 0.469 |
| 12    | -0.9500  | 0.5877  | 1.84666 | 23.78   | 0.498 |
| 13    | -1.9860  | 0.2000  | 1.      |         | 0.611 |
| 14    | $\infty$ | 0.4000  | 1.51633 | 64.14   | 0.629 |
| 15    | $\infty$ | 1.8314  | 1.      |         | 0.645 |
| 16    | 1.4990   | 0.4755  | 1.65160 | 58.55   | 0.769 |
| 17    | $\infty$ | 0.3000  | 1.51633 | 64.14   | 0.719 |
| 18    | $\infty$ | 0.0256  | 1.      |         | 0.656 |
| 像面    | $\infty$ | 0.      |         |         |       |

非球面データ

第2面

K=-3.9151

A2=0.0000E+00, A4=1.8116E+00, A6=-3.8819E+00, A8=7.7408E+00,

A10=-6.1502E+00, A12=-1.6103E-08, A14=0.0000E+00,

A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00

## 各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 12.0000   | 2.3000    |
| FL        | 0.57445   | 0.58774   |
| MG        | -0.045069 | -0.193515 |
| FN0       | 3.7639    | 3.8219    |
| FIM       | 0.644     | 0.644     |
| LTL       | 8.5877    | 8.5877    |
| FB        | -0.00025  | -0.08809  |
| d5        | 0.31000   | 0.75760   |
| d7        | 0.84053   | 0.39293   |
| $\beta 1$ | 0.06232   | 0.25629   |
| $\beta 2$ | 1.21026   | 1.26367   |
| $\beta 3$ | -0.59752  | -0.59752  |

## 各群焦点距離

$f1=-0.79876$ ,  $f2=8.38077$ ,  $f3=3.42474$

## [0299] 数値実施例 1 3

単位      mm

## 面データ

| 面番号 | r        | d       | nd      | $\nu d$ | ER    |
|-----|----------|---------|---------|---------|-------|
| 物面  | $\infty$ | 12.0000 | 1.      |         |       |
| 1   | $\infty$ | 0.2500  | 1.88300 | 40.76   | 0.893 |
| 2*  | 0.6145   | 0.5000  | 1.      |         | 0.568 |
| 3   | -4.0000  | 0.3000  | 1.84666 | 23.78   | 0.553 |
| 4   | -3.4224  | d4      | 1.      |         | 0.560 |

|       |          |        |         |       |       |
|-------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 5*    | 31.9001  | 0.5000 | 1.88300 | 40.76 | 0.515 |
| 6*    | -17.3823 | d6     | 1.      |       | 0.495 |
| 7     | 1.8552   | 0.3300 | 1.84666 | 23.78 | 0.350 |
| 8     | 46.7757  | 0.1000 | 1.      |       | 0.326 |
| 9(絞り) | $\infty$ | 0.1000 | 1.      |       | 0.320 |
| 10    | 25.5320  | 0.4989 | 1.75520 | 27.51 | 0.325 |
| 11    | 0.8906   | 0.4000 | 1.49700 | 81.54 | 0.358 |
| 12    | -2.4506  | 0.2000 | 1.      |       | 0.408 |
| 13    | 1.0440   | 0.7000 | 1.49700 | 81.54 | 0.516 |
| 14    | -1.0416  | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.509 |
| 15    | -6.0889  | 0.2000 | 1.      |       | 0.544 |
| 16    | $\infty$ | 0.4000 | 1.51633 | 64.14 | 0.568 |
| 17    | $\infty$ | 0.6150 | 1.      |       | 0.596 |
| 18    | 2.1494   | 0.4755 | 1.49700 | 81.54 | 0.674 |
| 19    | $\infty$ | 0.3000 | 1.51633 | 64.14 | 0.659 |
| 20    | $\infty$ | 0.0248 | 1.      |       | 0.647 |
| 像面    | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第2面

K=-0.8313

A2=0.0000E+00, A4=1.4924E-01, A6=5.1736E-02, A8=1.3166E+00,

A10=4.5628E-01, A12=-1.6078E-08, A14=0.0000E+00,

A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00

第5面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=-1.7950E-01, A6=1.6874E-01, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 6 面

$K=0.$

$A2=0.0000E+00, A4=-1.5197E-01, A6=8.9040E-02, A8=0.0000E+00,$

$A10=0.0000E+00$

各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 12.0000   | 2.3000    |
| FL        | 0.64034   | 0.62321   |
| MG        | -0.050709 | -0.213041 |
| FN0       | 3.6212    | 3.5887    |
| FIM       | 0.644     | 0.644     |
| LTL       | 7.3292    | 7.3292    |
| FB        | -0.00767  | -0.10797  |
| d4        | 0.30500   | 0.76596   |
| d6        | 0.88000   | 0.41904   |
| $\beta 1$ | 0.05971   | 0.24344   |
| $\beta 2$ | 1.18240   | 1.21841   |
| $\beta 3$ | -0.71827  | -0.71827  |

各群焦点距離

$f1=-0.76740, f2=12.80321, f3=2.08817$

[0300] 数値実施例 1 4

単位      m m

面データ

| 面番号 | r        | d       | nd | $\nu d$ | ER |
|-----|----------|---------|----|---------|----|
| 物面  | $\infty$ | 12.0000 | 1. |         |    |

|        |          |        |         |       |       |
|--------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 1      | $\infty$ | 0.3000 | 1.88300 | 40.76 | 0.956 |
| 2*     | 0.6059   | 0.5726 | 1.      |       | 0.590 |
| 3      | -2.2791  | 0.3000 | 1.77250 | 49.60 | 0.568 |
| 4      | 2.2000   | 0.6000 | 1.84666 | 23.78 | 0.588 |
| 5      | -5.1712  | d5     | 1.      |       | 0.611 |
| 6*     | 1.1177   | 0.5146 | 1.51633 | 64.14 | 0.582 |
| 7*     | 1.2614   | d7     | 1.      |       | 0.492 |
| 8      | 2.4878   | 0.3800 | 1.72916 | 54.68 | 0.408 |
| 9      | $\infty$ | 0.1000 | 1.      |       | 0.378 |
| 10(絞り) | $\infty$ | 0.1000 | 1.      |       | 0.370 |
| 11     | 1.7000   | 0.2500 | 1.80518 | 25.42 | 0.385 |
| 12     | 1.0712   | 0.5000 | 1.49700 | 81.54 | 0.381 |
| 13     | $\infty$ | 0.2000 | 1.      |       | 0.408 |
| 14     | 1.4815   | 0.7000 | 1.49700 | 81.54 | 0.456 |
| 15     | -0.9675  | 0.4036 | 1.88300 | 40.76 | 0.458 |
| 16     | -9.2037  | 0.2000 | 1.      |       | 0.515 |
| 17     | $\infty$ | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.550 |
| 18     | $\infty$ | 0.7801 | 1.      |       | 0.593 |
| 19     | 1.6195   | 0.6259 | 1.69680 | 55.53 | 0.749 |
| 20     | $\infty$ | 0.3000 | 1.51633 | 64.14 | 0.695 |
| 21     | $\infty$ | 0.0264 | 1.      |       | 0.654 |
| 像面     | $\infty$ | 0.     |         |       |       |

非球面データ

第2面

K=-3.9794

A2=0.0000E+00, A4=1.7134E+00, A6=-3.7300E+00, A8=7.5080E+00,

A10=-5.6418E+00, A12=-1.6099E-08, A14=0.0000E+00,

A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00

第 6 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=-1.2803E-01, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 7 面

K=0.

A2=0.0000E+00, A4=-1.0352E-01, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

各種データ

|           | 遠点        | 近点        |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ       | 12.0000   | 2.3000    |
| FL        | 0.59329   | 0.60659   |
| MG        | -0.046655 | -0.201619 |
| FN0       | 3.6591    | 3.6799    |
| FIM       | 0.644     | 0.644     |
| LTL       | 8.4232    | 8.4232    |
| FB        | -0.00123  | -0.09585  |
| d5        | 0.30000   | 0.73415   |
| d7        | 0.87000   | 0.43585   |
| $\beta 1$ | 0.05072   | 0.20971   |
| $\beta 2$ | 1.12026   | 1.17095   |
| $\beta 3$ | -0.82104  | -0.82104  |

各群焦点距離

f1=-0.64900, f2=8.56357, f3=3.24456

[0301] 次に、各実施例における条件式の値を以下に掲げる。-（ハイフン）は該当

する構成がないことを示す。

|                                                         | 実施例 1      | 実施例 2      | 実施例 3      |
|---------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| (1) $(n2C' - n2C) / r2C$                                | -0.242749  | -0.4375015 | -0.1993855 |
| (2) $fL/R_{31F}$                                        | 0.23622396 | 0.4082845  | 0.3589840  |
| (3) $fL \times \sum P_{Sni}$                            | -0.4654942 | -0.6185885 | -0.3890205 |
| (5) $(R_{3R1} + R_{3R2})$<br>$/(R_{3R1} - R_{3R2})$     | -          | -          | -          |
| (6) $(R_{3R1}' + R_{3R2}')$<br>$/(R_{3R1}' - R_{3R2}')$ | -0.918874  | -0.9152799 | -0.7843584 |
| (7) $fL/r_{SNr}$                                        | -0.7041468 | -0.6722869 | -0.6495990 |
| (8) $\nu_{31P} - \nu_{32P}$                             | -11.67     | -23.38     | -23.38     |
| (9) $\nu_{33P}$<br>$-(\nu_{31P} + \nu_{32P})/2$         | 17.545     | 11.69      | 11.69      |
| (10) $\nu_{31N} - \nu_{32N}$                            | 16.98      | 16.98      | 16.98      |
| (11) $(R_{21F} + R_{21R})$<br>$/(R_{21F} - R_{21R})$    | -4.8921126 | -9.4646465 | -11.973222 |
| (12) $D_{21}/fL$                                        | 1.5914113  | 0.6535292  | 0.41628566 |
| (13) $\beta_{2F}$                                       | 1.11562    | 1.07292    | 1.08765    |
| (14) $\beta_{2N}/\beta_{2F}$                            | 1.07690791 | 1.05047907 | 1.04943686 |
| (15) $(1 - \beta_{2F}^2)$<br>$\times \beta_{3F}^2$      | 0.19795146 | 0.16377141 | 0.18136496 |
| (16) $(1 - \beta_{2N}^2)$<br>$\times \beta_{3N}^2$      | 0.35883399 | 0.29286664 | 0.30016251 |
| (17) $SD1/fL$                                           | 2.89013967 | 2.46427823 | 2.3448130  |
| (18) $fL/R_{12F_a}$                                     | -          | -          | -          |
| (19) $fL/R_{12F_b}$                                     | -          | -          | -          |
| (20) $fL/R_{12F_c}$                                     | -0.1243713 | -0.1812076 | -0.0222827 |

|                                    |            |            |            |
|------------------------------------|------------|------------|------------|
| (21) $fL/R_{12R}$                  | -          | -          | -          |
| (22) $fL/FL_{12}$                  | -0.3307478 | -0.4384452 | -0.3742802 |
| (23) $ R_{fin} / f_{fin} $         | 21.7069621 | 20.7680453 | 8.11519469 |
| (24) $fL \times \tan \omega_{max}$ | 7.38281509 | 5.28502533 | 5.09395729 |
| $2y_{max}$                         | 2.28       | 2.28       | 2.28       |
| (25) $ER_2$                        | 0.663      | 0.654      | 0.653      |
| $4 \times fL/F_{EX}$               | 0.96373682 | 0.9189455  | 0.8904631  |

|                                                      | 实施例 4      | 实施例 5      | 实施例 6      |
|------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| (1) $(n2C' - n2C)/r2C$                               | -0.1225133 | -0.4283806 | -0.3625434 |
| (2) $fL/R_{31F}$                                     | 0.56554193 | 0.5982463  | 0.49678705 |
| (3) $fL \times \sum P_{Sni}$                         | -0.3424523 | -0.7186162 | -0.5340459 |
| (5) $(R_{3R1} + R_{3R2})$<br>$/(R_{3R1} - R_{3R2})$  | -          | -          | -          |
| (6) $(R_{3R1} + R_{3R2})$<br>$/(R_{3R1} - R_{3R2})$  | -4.0103185 | -1.0107176 | -1.0000001 |
| (7) $fL/r_{SNr}$                                     | -0.6792642 | -0.7266337 | -0.4548057 |
| (8) $\nu_{31P} - \nu_{32P}$                          | -23.38     | -11.67     | -55.86     |
| (9) $\nu_{33P}$<br>$-(\nu_{31P} + \nu_{32P})/2$      | 11.69      | 34.945     | 27.93      |
| (10) $\nu_{31N} - \nu_{32N}$                         | 16.98      | 21.86      | 16.98      |
| (11) $(R_{21F} + R_{21R})$<br>$/(R_{21F} - R_{21R})$ | -5.673273  | -7.5508501 | -14.737961 |
| (12) $D_{21}/fL$                                     | 1.764065   | 1.03176431 | 0.47157317 |
| (13) $\beta_{2F}$                                    | 1.13728    | 1.08934    | 1.11291    |
| (14) $\beta_{2N}/\beta_{2F}$                         | 1.06189329 | 1.05712633 | 1.050651   |
| (15) $(1 - \beta_{2F}^2)$<br>$\times \beta_{3F}^2$   | 0.21976094 | 0.17792027 | 0.20497104 |

|                                                |            |            |            |
|------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| (16) $(1 - \beta 2N^2)$<br>$\times \beta 3N^2$ | 0.34339165 | 0.31084157 | 0.31550073 |
| (17) SD1/fL                                    | 3.5935522  | 2.57795553 | 2.4236328  |
| (18) fL/R12F <sub>a</sub>                      | -          | -          | -          |
| (19) fL/R12F <sub>b</sub>                      | -          | -          | -          |
| (20) fL/R12F <sub>c</sub>                      | -0.1604281 | -0.3292293 | -0.2423357 |
| (21) fL/R12R                                   | -          | -          | -          |
| (22) fL/FL12                                   | -0.3779965 | -0.4235367 | -0.3823077 |
| (23) $ R_{fin} / f_{fin} $                     | 0.69542232 | 146.472004 | 17660044.0 |
| (24) fL $\times \tan \omega_{max}$             | 5.57185721 | 5.54292136 | 5.97085915 |
| 2y <sub>max</sub>                              | 2.28       | 2.28       | 2.28       |
| (25) ER2                                       | 0.749      | 0.65       | 0.659      |
| 4 $\times$ fL/F <sub>EX</sub>                  | 0.99482839 | 0.96676113 | 1.05363891 |

|                                                         | 实施例 7      | 实施例 8      | 实施例 9      |
|---------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| (1) $(n2C' - n2C)/r2C$                                  | -0.2905095 | -0.1713575 | -0.197755  |
| (2) fL/R31F                                             | 0.39052386 | 0.25384017 | 0.17104699 |
| (3) fL $\times \Sigma P_{Sni}$                          | -0.4960356 | -0.2982604 | -0.3671081 |
| (5) $(R_{3R1} + R_{3R2})$<br>$/(R_{3R1} - R_{3R2})$     | -          | 0.31583094 | -          |
| (6) $(R'_{3R1} + R'_{3R2})$<br>$/(R'_{3R1} - R'_{3R2})$ | -1.0000001 | -          | 0.5409375  |
| (7) fL/r <sub>SNr</sub>                                 | -0.5694768 | -0.6159688 | -0.6254333 |
| (8) $\nu_{31P} - \nu_{32P}$                             | -55.86     | -22.99     | -52.76     |
| (9) $\nu_{33P}$<br>$-(\nu_{31P} + \nu_{32P})/2$         | 27.93      | 11.495     | 37.69      |
| (10) $\nu_{31N} - \nu_{32N}$                            | 16.98      | -8.84      | 16.98      |
| (11) (R21F+R21R)                                        |            |            |            |

|                                     |            |            |            |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|
| $/(R_{21F}-R_{21R})$                | -9.3085809 | -1.4063407 | 5.33106922 |
| (12) $D_{21}/f_L$                   | 1.12666823 | 0.66644452 | 0.82329585 |
| (13) $\beta_{2F}$                   | 1.06956    | 1.27724    | 1.21847    |
| (14) $\beta_{2N}/\beta_{2F}$        | 1.07230076 | 1.03726003 | 1.02627065 |
| (15) $(1-\beta_{2F}^2)$             |            |            |            |
| $\times \beta_{3F}^2$               | 0.13624385 | 0.33236369 | 0.28903244 |
| (16) $(1-\beta_{2N}^2)$             |            |            |            |
| $\times \beta_{3N}^2$               | 0.29845671 | 0.39755408 | 0.33616263 |
| (17) $SD_1/f_L$                     | 2.4249638  | 2.89354215 | 0.33310238 |
| (18) $f_L/R_{12F_a}$                | -          | -0.1355563 | -          |
| (19) $f_L/R_{12F_b}$                | -          | -          | -          |
| (20) $f_L/R_{12F_c}$                | -          | -          | -          |
| (21) $f_L/R_{12R}$                  | -          | -0.0484827 | -          |
| (22) $f_L/FL_{12}$                  | -0.3254904 | 0.00275924 | 0.03510712 |
| (23) $ R_{fin} / f_{fin} $          | 17660044.0 | 0.74223843 | 0.61577658 |
| (24) $f_L \times \tan \omega_{max}$ | 5.89751183 | 2.28223144 | 2.24501224 |
| $2y_{max}$                          | 2.28       | 1.624      | 1.624      |
| (25) $ER_2$                         | 0.667      | 0.56       | 0.56       |
| $4 \times f_L/F_{EX}$               | 1.04183486 | 0.80628694 | 0.80679387 |

|                                  | 実施例 1 0    | 実施例 1 1    | 実施例 1 2    |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| (1) $(n_{2C'} - n_{2C})/r_{2C}$  | -0.176111  | -0.2536005 | -0.3680632 |
| (2) $f_L/R_{31F}$                | 0.18683333 | 0.37218431 | 0.19138126 |
| (3) $f_L \times \sum P_{S_{Ni}}$ | -0.3340014 | -0.3755556 | -0.2114339 |
| (5) $(R_{3R1} + R_{3R2})$        |            |            |            |
| $/(R_{3R1} - R_{3R2})$           | -          | -1.0000001 | -1         |
| (6) $(R'_{3R1} + R'_{3R2})$      |            |            |            |
| $/(R'_{3R1} - R'_{3R2})$         | 0.40177224 | -          | -          |

|                                                  |            |            |            |
|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| (7) $fL/r_{SNr}$                                 | -0.5772888 | 0.51932751 | -0.6046842 |
| (8) $\nu_{31P} - \nu_{32P}$                      | -52.76     | -26.86     | 0          |
| (9) $\nu_{33P}$<br>$-(\nu_{31P} + \nu_{32P})/2$  | 37.69      | 13.43      | -22.99     |
| (10) $\nu_{31N} - \nu_{32N}$                     | 16.98      | -1.83      | -          |
| (11) $(R21F+R21R)$<br>$/(R21F-R21R)$             | -8.232687  | -11.566128 | -17.411182 |
| (12) $D21/fL$                                    | 0.68900261 | 0.5485723  | 1.04169205 |
| (13) $\beta_{2F}$                                | 1.13061    | 1.07157    | 1.21026    |
| (14) $\beta_{2N}/\beta_{2F}$                     | 1.04334828 | 1.04339427 | 1.04413101 |
| (15) $(1-\beta_{2F}^2)$<br>$\times \beta_{3F}^2$ | 0.21996283 | 0.14865813 | 0.27768503 |
| (16) $(1-\beta_{2N}^2)$<br>$\times \beta_{3N}^2$ | 0.3094599  | 0.25074824 | 0.3566369  |
| (17) $SD1/fL$                                    | 1.60656218 | 2.94848125 | 3.25387762 |
| (18) $fL/R12F_a$                                 | -          | -0.0872652 | -0.1938875 |
| (19) $fL/R12F_b$                                 | -          | -          | -          |
| (20) $fL/R12F_c$                                 | -          | -          | -          |
| (21) $fL/R12R$                                   | -          | -          | -0.1555258 |
| (22) $fL/FL12$                                   | -0.1594984 | -0.118959  | 0.02105524 |
| (23) $ R_{fin} / f_{fin} $                       | 0.66960843 | 15104827.4 | 43468810.7 |
| (24) $fL \times \tan \omega_{max}$               | 2.28831395 | 2.41626746 | 1.76552611 |
| $2y_{max}$                                       | 1.624      | 1.896      | 1.288      |
| (25) $ER2$                                       | 0.56       | 0.65       | 0.611      |
| $4 \times fL/F_{EX}$                             | 0.82411862 | 0.85698185 | 0.61372863 |

实施例 1 3

实施例 1 4

|                        |            |           |
|------------------------|------------|-----------|
| (1) $(n2C' - n2C)/r2C$ | -0.2899169 | -0.287696 |
|------------------------|------------|-----------|

|                                                      |            |            |
|------------------------------------------------------|------------|------------|
| (2) $fL/R_{31F}$                                     | 0.34515955 | 0.23847978 |
| (3) $fL \times \sum P_{SNi}$                         | -0.422945  | -0.40739   |
| (5) $(R_{3R1} + R_{3R2})$<br>$/(R_{3R1} - R_{3R2})$  | -1         | -1         |
| (6) $(R_{3R1} + R_{3R2})$<br>$/(R_{3R1} - R_{3R2})$  | -          | -          |
| (7) $fL/r_{SNr}$                                     | -0.6147657 | -0.6132196 |
| (8) $\nu_{31P} - \nu_{32P}$                          | -57.76     | -26.86     |
| (9) $\nu_{33P}$<br>$-(\nu_{31P} + \nu_{32P})/2$      | 28.88      | 13.43      |
| (10) $\nu_{31N} - \nu_{32N}$                         | -13.25     | -15.34     |
| (11) $(R_{21F} + R_{21R})$<br>$/(R_{21F} - R_{21R})$ | 0.29458387 | -16.556019 |
| (12) $D_{21}/fL$                                     | 0.78083518 | 0.86736672 |
| (13) $\beta_{2F}$                                    | 1.1824     | 1.12026    |
| (14) $\beta_{2N}/\beta_{2F}$                         | 1.03045501 | 1.04524842 |
| (15) $(1 - \beta_{2F}^2)$<br>$\times \beta_{3F}^2$   | 0.28592157 | 0.20935081 |
| (16) $(1 - \beta_{2N}^2)$<br>$\times \beta_{3N}^2$   | 0.34801828 | 0.30470757 |
| (17) $SD1/fL$                                        | 1.63975388 | 2.98771259 |
| (18) $fL/R_{12F_a}$                                  | -          | -0.2603177 |
| (19) $fL/R_{12F_b}$                                  | -          | -          |
| (20) $fL/R_{12F_c}$                                  | -          | -          |
| (21) $fL/R_{12R}$                                    | -0.1871026 | -          |
| (22) $fL/FL_{12}$                                    | 0.02832398 | -0.0676638 |
| (23) $ R_{fin} / f_{fin} $                           | 23122991   | 43025556.8 |
| (24) $fL \times \tan \omega_{max}$                   | 1.96016051 | 1.84324927 |

|                             |            |            |
|-----------------------------|------------|------------|
| $2y_{\max}$                 | 1.288      | 1.288      |
| (25)ER2                     | 0.408      | 0.408      |
| $4 \times fL/F_{\text{EX}}$ | 0.70425076 | 0.64929138 |

[0302] 図29は、撮像装置の例である。この例では、撮像装置は内視鏡システムである。図29は、内視鏡システムの概略構成を示す図である。

[0303] 内視鏡システム300は、電子内視鏡を用いた観察システムである。内視鏡システム300は、電子内視鏡310と画像処理装置320とから構成されている。電子内視鏡310は、スコープ部310aと接続コード部310bとを備えている。また、画像処理装置320には、表示ユニット330が接続されている。

[0304] スコープ部310aは、操作部340と挿入部341に大別される。挿入部341は、細長で患者の体腔内へ挿入可能になっている。また、挿入部341は、可撓性を有する部材で構成されている。観察者は、操作部340に設けられているアングルノブ等により、諸操作を行うことができる。

[0305] また、操作部340からは、接続コード部310bが延設されている。接続コード部310bは、ユニバーサルコード350を備えている。ユニバーサルコード350は、コネクタ360を介して画像処理装置320に接続されている。

[0306] ユニバーサルコード350は、各種の信号等の送受信に用いられる。各種の信号としては、電源電圧信号及びCCD駆動信号等がある。これらの信号は、電源装置やビデオプロセッサからスコープ部310aに送信される。また、各種の信号として映像信号がある。この信号は、スコープ部310aからビデオプロセッサに送信される。

[0307] なお、画像処理装置320内のビデオプロセッサには、図示しないVTRデッキ、ビデオプリンタ等の周辺機器が接続可能である。ビデオプロセッサは、スコープ部310aからの映像信号に対して信号処理を施す。映像信号に基づいて、表示ユニット330の表示画面上に内視鏡画像が表示される。

[0308] 挿入部341の先端部342には、光学系が配置されている。図30は、

内視鏡の光学系の構成を示す図である。光学系４００は、照明部と観察部とを有する。

[0309] 照明部は、ライトガイド４０１と照明レンズ４０２とを有する。ライトガイド４０１は、照明光を挿入部３４１の先端部３４２に伝送する。伝送された照明光は、ライトガイド４０１の先端面から出射する。

[0310] 先端部３４２には、照明レンズ４０２が配置されている。照明レンズ４０２は、ライトガイド４０１の先端面と対向する位置に配置されている。照明光は照明レンズ４０２を通過し、照明窓４０３から出射する。これにより、被検体内部の観察対象部位（以下、「観察部位４０４」という）が照明される。

[0311] 先端部３４２には、観察窓４０５が、照明窓４０３の隣に設けられている。観察部位４０４からの光は、観察窓４０５を通過して、先端部３４２内に入射する。観察窓４０５の後方には、観察部が設けられている。

[0312] 観察部は、広角光学系４０６と撮像素子４０７とを有する。広角光学系４０６に、例えば、実施例１の広角光学系が用いられている。

[0313] 観察部位４０４からの反射光は、広角光学系４０６を通過して撮像素子４０７に入射する。撮像素子４０７の撮像面には、観察部位４０４の像（光学像）が形成される。観察部位４０４の像は撮像素子４０７によって光電変換され、これにより観察部位４０４の画像が得られる。観察部位４０４の画像は表示ユニット３３０に表示される。このようにして、観察者は、観察部位４０４の画像を観察できる。

[0314] 広角光学系４０６では、像面は湾曲形状になっている。撮像素子４０７は、像面の形状と同じ湾曲形状の受光面（撮像面）を有している。撮像素子４０７を用いることで、撮影画像の画質を向上することができる。

[0315] 図３１は、撮像装置の光学系の構成を示す図である。光学系は、対物光学系ＯＢＪと、カバーガラスＣと、プリズムＰと、を有する。カバーガラスＣは、対物光学系ＯＢＪとプリズムＰとの間に配置されている。カバーガラスＣの代わりに、光学フィルタを配置しても良い。あるいは、カバーガラスＣ

は配置しなくても良い。

[0316] 図31では、対物光学系OBJに、実施例8の広角光学系が用いられている。また、図31では、プリズムPと像面Iの間に、カバーガラスC'が配置されている。

[0317] プリズムPは、プリズムP1と、プリズムP2と、を有する。プリズムP1とプリズムP2は、共に三角プリズムである。プリズムP1とプリズムP2とで、光路分割素子が形成されている。

[0318] プリズムP1は、光学面S1と、光学面S2と、光学面S3と、を有する。プリズムP2は、光学面S3と、光学面S4と、光学面S5と、を有する。プリズムP1は、プリズムP2に接合されている。プリズムP1とプリズムP2とで、接合面が形成される。光学面S3は、接合面である。

[0319] 対物光学系OBJから射出された光（以下、「結像光」という）は、カバーガラスCを通過して、光学面S1に入射する。光学面S1は透過面なので、結像光は光学面S1を透過する。

[0320] 続いて、結像光は光学面S3に入射する。光学面S3は、面の法線が光軸に対して45度となるように配置されている。光学面S3に入射した結像光は、光学面S3を透過する光（以下、「結像光1」という）と、光学面S3で反射される光（以下、「結像光2」という）と、に分かれる。

[0321] 結像光1と結像光2は、互いに異なる方向に進行する。結像光1が進行する光路を第1の光路とし、結像光2が進行する光路を第2の光路とすると、光学面S3によって、第1の光路と第2の光路が形成される。このように、光学面S3は、光路分割面として機能する。

[0322] 第1の光路は、対物光学系OBJの光路の延長線上に形成されている。第2の光路は、第1の光路と交差するように形成されている。図31では、第2の光路は第1の光路と直交している。

[0323] 第1の光路には、光学面S3、光学面S4、及び光学面S5が位置している。光学面S3を透過した結像光1は、光学面S4に入射する。光学面S4は反射面である。結像光1は光学面S4で反射され、光学面S5に入射する

。光学面 S 5 は透過面である。結像光 1 は光学面 S 5 を透過し、光学面 S 5 の近傍の像面 I に集光する。像面 I に、結像光 1 による光学像が形成される。

[0324] 第 2 の光路には、光学面 S 3、光学面 S 2、光学面 S 3、及び光学面 S 5 が位置している。光学面 S 3 で反射された結像光 2 は、光学面 S 2 に入射する。光学面 S 2 は反射面である。結像光 2 は光学面 S 2 で反射され、光学面 S 3 に入射する。光学面 S 3 では、結像光 2 は、光学面 S 3 を透過する光と、光学面 S 3 で反射される光と、に分かれる。

[0325] 光学面 S 3 を透過した結像光 2 は、光学面 S 5 に入射する。結像光 2 は光学面 S 5 を透過し、光学面 S 5 の近傍の像面 I に集光する。像面 I に、結像光 2 による光学像が形成される。

[0326] 図 3 1 に示す光学系では 2 つの光路が形成されているので、同一平面に光学像が 2 つ形成される。この同一平面は、2 つの光路における像面 I である。

[0327] 第 1 の光路における光路長と第 2 の光路における光路長が等しい場合、同一平面内の異なる位置に、ピントの合った光学像が 2 つ形成される。2 つの光学像は、同一物体にピントが合ったときの光学像である。よって、一方の光学像における物体面の位置と他方の光学像における物体面の位置は等しい。

[0328] 一方、第 1 の光路における光路長と第 2 の光路における光路長が異なる場合も、同一平面内の異なる位置に、ピントの合った光学像が 2 つ形成される。ただし、2 つの光学像は、異なる物体にピントが合ったときの光学像である。よって、一方の光学像における物体面の位置と他方の光学像における物体面の位置は異なる。

[0329] 例えば、第 1 の光路における光路長が第 2 の光路における光路長よりも短いとする。この場合、結像光 1 によって形成される光学像の物体面は、結像光 2 によって形成される物体面よりも遠くに位置している。このように、対物光学系 O B J からの距離（以下、「物体距離」という）が異なる 2 つの物

体面に対して、それぞれピントを合わせることになる。2つの物体面で物体距離が異なっている場合、同一平面内の異なる位置に、2つの光学像が形成される。

[0330] 対物光学系O B Jは、ピントの合っている区間（以下、「合焦区間」という）を有する。合焦区間は物体距離で表される区間であって、対物光学系O B Jの被写界深度に相当する。合焦区間では、物体面がどこに位置していても、ピントの合った光学像が形成される。

[0331] 2つの物体面で物体距離が異なる場合、一方の物体面における合焦区間の位置と、他方の物体面における合焦区間の位置との間で、ずれが生じる。2つの物体面の間隔を適切に設定することで、一方の物体面における合焦区間の一部と、他方の物体面における合焦区間の一部を、重複させることができる。

[0332] こうして、合焦区間がずれた2つの光学像を撮像し、これにより2つの画像を取得する。そして、撮像した2つの画像からピントが合っている領域（被写界深度に相当する範囲の画像領域）だけを抽出し、抽出した領域を合成する。このようにすることで、被写界深度の大きな画像を取得することができる。

[0333] 光学面S 3には、例えば、ハーフミラー面、又は偏光ビームスプリタ面を用いることができる。

[0334] 光学面S 3がハーフミラー面の場合、結像光の光量の半分が光学面S 3で反射され、残りの半分が光学面S 3を透過する。よって、結像光2の光量は、結像光の光量の半分の光量になる。結像光2は、光学面S 2で反射される。光学面S 2で反射された結像光2は、光学面S 3を透過する。光学面S 3では、結像光2の光量の半分しか透過させることができない。

[0335] 光学面S 3が偏光ビームスプリタ面の場合、カバーガラスCの代わりに、偏光消光板、又は波長板を用いてもよい。また、光学面S 2は反射面ではなく、透過面である。そして、光学面S 2から離れた位置に、反射面を配置する。更に、光学面S 2と反射面との間に、 $\lambda/4$ 波長板を配置する。

- [0336] P 偏光は紙面内に光の振幅を持つ偏光で、S 偏光は紙面と直交する面内に振幅を持つ偏光である。P 偏光は光学面 S 3 を透過し、S 偏光は光学面 S 3 で反射されるとすると、P 偏光が結像光 1 に対応し、S 偏光が結像光 2 に対応する。
- [0337] 例えば、カバーガラス C の代わりに偏光解消板が用いられると、結像光は偏光解消板を通過する。そのため、偏光解消板から射出された結像光では、結像光に含まれる P 偏光と S 偏光の割合は、略半分になる。光学面 S 3 に入射した結像光は、光学面 S 3 で P 偏光と S 偏光に分かれる。よって、結像光 2 の光量は、結像光の光量の半分の光量になる。
- [0338] 光学面 S 3 から光学面 S 2 に向かうときの結像光 2 は、S 偏光である。光学面 S 2 が反射面の場合、結像光 2 は S 偏光のままで光学面 S 3 に向かって反射される。光学面 S 2 から光学面 S 3 に向かうときの結像光 2 は S 偏光なので、結像光 2 は光学面 S 3 を透過できない。
- [0339] 一方、光学面 S 2 が透過面の場合、結像光 2 は反射面で反射される。光学面 S 2 と反射面との間には、 $\lambda/4$  波長板が配置されている。光学面 S 2 と反射面との間を結像光 2 が往復することで、結像光 2 における偏光方向が 90 度回転する。よって、S 偏光を P 偏光に変換することができる。その結果、光学面 S 2 から光学面 S 3 に向かうときの結像光は、P 偏光になる。
- [0340] 光学面 S 3 には、P 偏光に変換された結像光 2 が到達する。よって、結像光 2 は光学面 S 3 で反射されない。すなわち、光学面 S 3 では、結像光 2 の光量のほぼ全てを透過させることができる。
- [0341] 図 3 2 は、撮像装置の概略構成を示す図である。(A) は全体構成を示す図、(B) は物体の向きを示す図である。
- [0342] 図 3 2 (A) に示すように、撮像装置 500 は、対物光学系 501 と、偏光解消板 502 と、第 1 プリズム 503 と、第 2 プリズム 504 と、第 3 プリズム 505 と、波長板 506 と、ミラー 507 と、撮像素子 508 と、画像処理部 511 と、画像表示装置 512 と、を有する。
- [0343] 撮像装置 500 では、第 1 プリズム 503、第 2 プリズム 504、及び第

3プリズム505で、光路分割素子が形成されている。

[0344] 対物光学系501は、物体の像を形成する。対物光学系501と第1プリズム503との間に、偏光解消板502が配置されている。

[0345] 第1プリズム503と第2プリズム504は接合されている。第1プリズム503と第2プリズム504によって、接合面509が形成されている。接合面509に入射した光は、接合面509で反射された光と、接合面509を透過する光に分かれる。

[0346] 接合面509には、偏光ビームスプリッタ面を用いることができる。この場合、接合面509では、例えば、P偏光は透過され、S偏光は反射される。

[0347] 接合面509を透過したP偏光は、第2プリズム504から射出される。P偏光は、第3プリズム505に入射し、光学面510に到達する。光学面510は、例えば、ミラー面である。よって、P偏光は、光学面510で反射される。

[0348] 光学面510で反射されたP偏光は、第3プリズム505から射出され、撮像素子508に入射する。図32(B)に示すように、撮像素子508は、第1領域513と、第2領域514と、を有する。光学面510で反射されたP偏光は、第1領域513に入射する。よって、第1領域513に、光学像が形成される。

[0349] 一方、接合面509で反射されたS偏光は、第1プリズム503から射出される。S偏光は、波長板506に入射する。波長板506には、 $\lambda/4$ 波長板が用いられている。そのため、S偏光は、波長板506で円偏光に変換される。その結果、波長板506から、円偏光が射出される。

[0350] 円偏光は、ミラー507で反射され、再び波長板506に入射する。波長板506から射出された光は、第1プリズム503に入射し、接合面509に到達する。波長板506に入射した円偏光は、波長板506でP偏光に変換される。接合面509に到達した光はP偏光なので、接合面509を透過する。

- [0351] 接合面 509 を透過した P 偏光は、第 2 プリズム 504 から射出され、撮像素子 508 に入射する。上述のように、撮像素子 508 は、第 1 領域 513 と、第 2 領域 514 と、を有する。接合面 509 を透過した P 偏光は、第 2 領域 514 に入射する。その結果、第 2 領域 514 に、光学像が形成される。
- [0352] 撮像素子 508 には、例えば、ローリングシャッタ方式が採用されている。ローリングシャッタ方式では、1 ラインずつ画像情報が読み出される。撮像素子 508 は、画像処理部 511 に接続されている。読み出された画像情報は、画像処理部 511 に入力される。
- [0353] 画像処理部 511 は、第 2 画像処理部 511b を有する。第 2 画像処理部 511b では、1 ラインずつ読み出された画像情報を用いて、焦点が合った画像を表示用画像として選択することができる。第 2 画像処理部 511b が選択した 1 ラインずつの画像は、合成されて画像表示装置 512 に表示される。
- [0354] 画像処理部 511 について説明する。画像処理部 511 は、例えば、中央処理演算装置（不図示）に設けられている。画像処理部 511 は、第 1 画像処理部 511a と、第 2 画像処理部 511b と、第 3 画像処理部 511c と、第 4 画像処理部 511d と、第 5 画像処理部 511e と、を有している。
- [0355] 第 1 画像処理部 511a では、第 1 領域 513 から取得された画像（以下「第 1 画像」という）の向きと、第 2 領域 514 から取得された画像（以下「第 2 画像」という）の向きが補正される。画像の向きの補正では、例えば、画像が回転される。
- [0356] 第 1 画像の向きと、第 2 画像の向きは、各々、第 1 領域 513 に形成される光学像（以下「第 1 光学像」という）の向きと、第 2 領域 514 に形成される光学像（以下「第 2 光学像」という）の向きによって決まる。
- [0357] 図 33 は、物体、対物光学系、及び光路分割素子の位置関係を示す図である。例えば、図 33 に示すような” F ” の文字を観察する場合について説明する。第 1 光学像の向きと、第 2 光学像の向きは、各々、図 32 (B) に示

すような向きになる。

[0358] 図32(B)に示すように、第1光学像と第2光学像は、互いに鏡像の関係になっている。更に、紙面の上下方向を正立方向とすると、第1光学像と第2光学像は、正立方向から90度回転している。

[0359] そこで、物体の画像を画像表示装置512に表示させる場合には、第1画像処理部511aで、第1画像を、第1領域513の中心点を中心として90度回転させる。第2画像についても、領域514の中心点を中心として90度回転させる。そして、第2画像については、画像を反転させて鏡像を補正する。

[0360] 第1画像処理部511aによる処理が終了と、第2画像処理部511bによる処理が実行される。ただし、必要に応じて、第2画像処理部511bによる処理を実行する前に、第3画像処理部511c、第4画像処理部511d、及び第5画像処理部511eのうちの少なくとも1つの処理を実行しても良い。

[0361] 第3画像処理部511cは、第1画像のホワイトバランスと第2画像のホワイトバランスが、調整可能に構成されている。第4画像処理部511dは、第1画像の中心位置と第2画像の中心位置が、移動可能又は選択可能に構成されている。第5画像処理部511eは、第1画像の表示範囲と第2画像の表示範囲が、調整可能に構成されている。また、第5画像処理部511eでは、表示範囲に代えて、表示倍率が調整可能に構成されていても良い。

[0362] 第2画像処理部511bは、第1画像と第2画像とを比較し、焦点が合った領域の画像を表示用画像として選択するように構成されている。

[0363] 第2画像処理部511bは、例えば、高域通過フィルタと、比較器と、切替器と、を有する。第1領域513と第2領域514の各々に、高域通過フィルタが接続されている。高域通過フィルタでは、第1画像と第2画像の各々から、高域成分が抽出される。

[0364] 2つの高域通過フィルタの出力は、比較器に入力される。2つの高域通過フィルタで抽出された高域成分は、比較器で比較される。比較結果は、切替

器に入力される。切替器には、更に、第1領域513と第2領域514が接続されている。よって、切替器には、比較結果、第1画像の信号、及び第2画像の信号が入力されている。

[0365] 切替器では、比較結果に基づいて、第1画像において高域成分の多い領域と、第2画像において高域成分の多い領域とが、選択される。

[0366] 画像表示装置512は、表示領域を有している。表示領域には、第2画像処理部511bが選択した画像が表示される。画像表示装置512は、第1の画像と第2の画像を表示する表示領域を有していてもよい。

### 産業上の利用可能性

[0367] 以上のように、本発明に係る発明は、諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さい広角光学系及びそれ用いた撮像装置に適している。

### 符号の説明

- [0368] G1 第1レンズ群  
G2 第2レンズ群  
G3 第3レンズ群  
S 明るさ（開口）絞り  
F フィルタ  
C、C1、C2 カバーガラス  
P、P1、P2 プリズム  
I 像面  
300 内視鏡システム  
310 電子内視鏡  
310a スコープ部  
310b 接続コード部  
320 画像処理装置  
330 表示ユニット  
340 操作部

- 3 4 1 挿入部
- 3 4 2 先端部
- 3 5 0 ユニバーサルコード
- 3 6 0 コネクタ
- 4 0 0 光学系
- 4 0 1 ライトガイド
- 4 0 2 照明レンズ
- 4 0 3 照明窓
- 4 0 4 観察部位
- 4 0 5 観察窓
- 4 0 6 広角光学系
- 4 0 7 撮像素子
- 5 0 0 撮像装置
- 5 0 1 対物光学系
- 5 0 2 偏光解消板
- 5 0 3 第1プリズム
- 5 0 4 第2プリズム
- 5 0 5 第3プリズム
- 5 0 6 波長板
- 5 0 7 ミラー
- 5 0 8 撮像素子
- 5 0 9 接合面
- 5 1 0、S 1、S 2、S 3、S 4、S 5 光学面
- 5 1 1 画像処理部
  - 5 1 1 a 第1画像処理部
  - 5 1 1 b 第2画像処理部
  - 5 1 1 c 第3画像処理部
  - 5 1 1 d 第4画像処理部

5 1 1 e 第5画像処理部

5 1 2 画像表示装置

5 1 3 第1領域

5 1 4 第2領域

## 請求の範囲

### [請求項1]

レンズ成分を有する広角光学系であって、  
 前記レンズ成分は、複数の光学面を有し、  
 前記レンズ成分では、2つの前記光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの前記光学面が曲面であり、  
 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を備え、  
 遠点から近点に焦点位置調節するとき、前記第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、前記第1の位置は、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が最小となる位置であり、前記第2の位置は、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が最小となる位置であり、  
 前記第3レンズ群は3つ以上のレンズ成分を有し、  
 前記3つ以上のレンズ成分は、第1レンズ成分と、第2レンズ成分と、を有し、前記第1レンズ成分は、前記第3レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、前記第2レンズ成分は、前記第3レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、  
 前記第1レンズ成分は単レンズで、前記第2レンズ成分は接合レンズであり、  
 以下の条件式(1)を満足することを特徴とする広角光学系。  

$$-0.60 < (n_{2C'} - n_{2C}) / r_{2C} < -0.05 \quad (1)$$
 ここで、  
 $n_{2C}$ は、前記第2レンズ成分の接合面の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、  
 $n_{2C'}$ は、前記第2レンズ成分の接合面の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$r_{2C}$ は、前記接合面の曲率半径、  
である。

[請求項2] 前記第1レンズ成分は正の屈折力を有することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

[請求項3]  $|n_{2C'} - n_{2C}|$ の値が0.25以上であることを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

[請求項4] 前記第3レンズ群は、4つ以上のレンズ成分を有し、かつ、  
屈折率差の値が0.25以上の接合面を2つ以上有することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

ここで、  
前記屈折率差は、物体側屈折率と像側屈折率との差、  
前記物体側屈折率は、前記レンズ成分の接合面の物体側に位置し、  
且つ前記接合面と隣接する媒質のd線に対する屈折率、  
前記像側屈折率は、前記レンズ成分の接合面の像側に位置し、且つ  
前記接合面と隣接する媒質のd線に対する屈折率、  
である。

[請求項5] 前記第3レンズ群は、正の屈折力を有するレンズ成分を3つ、4つ、又は5つ含むことを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

[請求項6] 前記第3レンズ群の最も像側に位置する接合レンズは、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、を有することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

[請求項7] 前記第3レンズ群の最も像側に、単レンズ群が配置され、  
前記単レンズ群は、2つの単レンズからなるか、又は3つの単レンズからなり、  
前記単レンズ群の物体側に、接合レンズが前記単レンズ群と隣接して配置され、  
前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、を有することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

[請求項8] 前記第3レンズ群の最も像側に、1つの単レンズが配置され、  
前記単レンズの物体側に、接合レンズが前記単レンズと隣接して配置され、

前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、を有することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

[請求項9] 以下の条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

$$0.05 < f_L / R_{31F} < 1.2 \quad (2)$$

ここで、

$R_{31F}$ は、前記第1レンズ成分の物体側の面の曲率半径、

$f_L$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

[請求項10] 前記第3レンズ群は、N枚の接合面 $S_{Ni}$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ )を含み、

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

$$-1.0 < f_L \times \sum P_{S_{Ni}} < -0.05 \quad (3)$$

ここで、

$P_{S_{Ni}}$ は、前記接合面 $S_{Ni}$ の屈折力であって、以下の式(4)で表され、

$$P_{S_{Ni}} = (n_{S_{Ni}}' - n_{S_{Ni}}) / r_{S_{Ni}} \quad (4)$$

$n_{S_{Ni}}$ は、前記接合面 $S_{Ni}$ の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$n_{S_{Ni}}'$ は、前記接合面 $S_{Ni}$ の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

$r_{S_{Ni}}$ は、前記接合面 $S_{Ni}$ の光軸近傍における曲率半径、

$f_L$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

[請求項11] 前記第3レンズ群は、接合レンズのなかで最も像側に位置する接合レンズと、最も像側に位置するレンズ成分と、を有し、  
最も像側に位置する前記接合レンズは、正の屈折力を有し、  
最も像側に位置する前記レンズ成分は、正の単レンズであり、  
以下の条件式（5）を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-2 < (R_{3R1} + R_{3R2}) / (R_{3R1} - R_{3R2}) < 2 \quad (5)$$

ここで、

$R_{3R1}$  は、前記正の単レンズの物体側の面の曲率半径、

$R_{3R2}$  は、前記正の単レンズの像側の面の曲率半径、

である。

[請求項12] 前記第3レンズ群は、接合レンズのなかで最も像側に位置する接合レンズと、最も像側に位置するレンズ成分と、を有し、  
最も像側に位置する前記接合レンズは、負の屈折力を有し、  
最も像側に位置する前記レンズ成分は、正の単レンズであり、  
以下の条件式（6）を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-5 < ({}^{\prime}R_{3R1} + {}^{\prime}R_{3R2}) / ({}^{\prime}R_{3R1} - {}^{\prime}R_{3R2}) < 1 \quad (6)$$

ここで、

${}^{\prime}R_{3R1}$  は、前記正の単レンズの物体側の面の曲率半径、

${}^{\prime}R_{3R2}$  は、前記正の単レンズの像側の面の曲率半径、

である。

[請求項13] 前記第3レンズ群の最も像側に位置する接合面が、以下の条件式（7）を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-1.0 < fL / r_{SNr} < 0.6 \quad (7)$$

ここで、

$r_{SNr}$  は、前記最も像側に位置する接合面の光軸近傍における曲率

半径、

$f_L$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

[請求項14]

前記第3レンズ群は、複数の正レンズを有し、

前記複数の正レンズは、第1正レンズと、第2正レンズと、を有し、前記第1正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、前記第2正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、物体側から2番目に位置する正レンズであり、

以下の条件式(8)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-70 < \nu_{31P} - \nu_{32P} < 20 \quad (8)$$

ここで、

$\nu_{31P}$ は、前記第1正レンズのアッベ数、

$\nu_{32P}$ は、前記第2正レンズのアッベ数、

である。

[請求項15]

前記第3レンズ群は、複数の正レンズを有し、

前記複数の正レンズは、第1正レンズと、第2正レンズと、第3正レンズと、を有し、前記第1正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、前記第2正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、物体側から2番目に位置する正レンズであり、前記第3正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、物体側から3番目に位置する正レンズであり、

以下の条件式(9)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-40 < \nu_{33P} - (\nu_{31P} + \nu_{32P}) / 2 < 60 \quad (9)$$

ここで、

$\nu_{31P}$ は、前記第1正レンズのアッベ数、

$\nu_{32P}$ は、前記第2正レンズのアッベ数、

$\nu_{3P}$ は、前記第3正レンズのアッベ数、  
である。

[請求項16] 前記第3レンズ群は、複数の負レンズを有し、  
前記複数の負レンズは、第1負レンズと、第2負レンズと、を有し、  
前記第1負レンズは、前記複数の負レンズのなかで、最も物体側に位置する負レンズであり、前記第2負レンズは、前記複数の負レンズのなかで、物体側から2番目に位置する負レンズであり、  
以下の条件式(10)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-3.0 < \nu_{31N} - \nu_{32N} < 4.0 \quad (10)$$

ここで、

$\nu_{31N}$ は、前記第1負レンズのアッベ数、

$\nu_{32N}$ は、前記第2負レンズのアッベ数、

である。

[請求項17] 前記第3レンズ群は焦点位置調節時には固定であることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

[請求項18] 以下の条件式(11)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-5.0 < (R21F + R21R) / (R21F - R21R) < 1.0 \quad (11)$$

ここで、

R21Fは、所定のレンズ成分の物体側の面の曲率半径、

R21Rは、前記所定のレンズ成分の像側の面の曲率半径、

前記所定のレンズ成分は、前記第2レンズ群で最も物体側に位置するレンズ成分、

である。

[請求項19] 以下の条件式(12)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$0.2 < D21 / f_L < 3.0 \quad (12)$$

ここで、

D21は、前記第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との光軸上の距離、

fLは、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

[請求項20] 以下の条件式(13)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$1.01 < \beta_{2F} < 1.50 \quad (13)$$

ここで、

$\beta_{2F}$ は、前記第1の位置における前記第2レンズ群の倍率、である。

[請求項21] 以下の条件式(14)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$1.01 < \beta_{2N} / \beta_{2F} < 1.30 \quad (14)$$

ここで、

$\beta_{2F}$ は、前記第1の位置における前記第2レンズ群の倍率、

$\beta_{2N}$ は、前記第2の位置における前記第2レンズ群の倍率、

である。

[請求項22] 以下の条件式(15)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$0.10 < (1 - \beta_{2F}^2) \times \beta_{3F}^2 < 0.55 \quad (15)$$

ここで、

$\beta_{2F}$ は、前記第1の位置における前記第2レンズ群の倍率、

$\beta_{3F}$ は、前記第1の位置における前記第3レンズ群の倍率、

である。

[請求項23] 以下の条件式(16)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$0.20 < (1 - \beta_{2N}^2) \times \beta_{3N}^2 < 0.65 \quad (16)$$

ここで、

$\beta_{2N}$ は、前記第2の位置における前記第2レンズ群の倍率、

$\beta_{3N}$ は、前記第2の位置における前記第3レンズ群の倍率、

である。

[請求項24] 前記第2レンズ群は、正レンズのみを有することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

[請求項25] 前記第1レンズ群は、複数の負の単レンズのみを有し、  
前記複数の負の単レンズのそれぞれが、前記第3レンズ群の最も物体側の正レンズよりも大きいアッベ数を有することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

[請求項26] 以下の条件式(17)を満足することを特徴とする請求項25に記載の広角光学系。

$$0.2 < SD1 / f_L < 6.0 \quad (17)$$

ここで、

$SD1$ は、前記第1レンズ群の最も物体側の面頂から前記第1レンズ群の最も像側の面頂までの距離、

$f_L$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、  
である。

[請求項27] 前記第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、を有し、前記第4レンズ成分は、前記第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、前記第5レンズ成分は、前記第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、

前記第4レンズ成分は、負レンズ成分からなり、

前記第5レンズ成分は、接合レンズからなり、

以下の条件式(18)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-1.0 < f_L / R12F_a < 0.5 \quad (18)$$

ここで、

$R12F_a$ は、前記第5レンズ成分の物体側の面の曲率半径、  
 $fL$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、  
 である。

[請求項28]

前記第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、第6レンズ成分と、を有し、前記第4レンズ成分は、前記第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、前記第5レンズ成分は、前記第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、前記第6レンズ成分は、前記第1レンズ群において、物体側から3番目に位置するレンズ成分であり、

前記第4レンズ成分は、負レンズ成分からなり、

前記第5レンズ成分は、前記第4レンズ成分よりも屈折力の絶対値が小さいレンズ成分からなり、

前記第6レンズ成分は、接合レンズからなり、

以下の条件式(19)を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-1.0 < fL/R12F_b < 0.5 \quad (19)$$

ここで、

$R12F_b$ は、前記第6レンズ成分の物体側の面の曲率半径、

$fL$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、  
 である。

[請求項29]

前記第1レンズ群は、第4レンズ成分と、第5レンズ成分と、第6レンズ成分と、を有し、前記第4レンズ成分は、前記第1レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、前記第5レンズ成分は、前記第1レンズ群において、物体側から2番目に位置するレンズ成分であり、前記第6レンズ成分は、前記第1レンズ群において、物体側から3番目に位置するレンズ成分であり、

前記第4レンズ成分は、負レンズ成分からなり、

前記第5レンズ成分は、負レンズ成分からなり、

前記第 6 レンズ成分は、正レンズ成分からなり、  
以下の条件式 (20) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-1.0 < fL/R12F_0 < 0.5 \quad (20)$$

ここで、

$R12F_0$  は、前記第 5 レンズ成分の物体側の面の曲率半径、

$fL$  は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、  
である。

[請求項30] 前記第 1 レンズ群は、負レンズ成分と、正レンズ成分と、を有し、  
以下の条件式 (21) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-0.4 < fL/R12R < 0.02 \quad (21)$$

ここで、

$R12R$  は、前記正レンズ成分の像側の面の曲率半径、

$fL$  は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、  
である。

[請求項31] 前記第 1 レンズ群は、第 4 レンズ成分と、第 5 レンズ成分と、を有し、前記第 4 レンズ成分は、前記第 1 レンズ群において、最も物体側に位置するレンズ成分であり、前記第 5 レンズ成分は、前記第 1 レンズ群において、物体側から 2 番目に位置するレンズ成分であり、

以下の条件式 (22) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-1.0 < fL/fL12 < 0.4 \quad (22)$$

ここで、

$fL12$  は、前記第 5 レンズ成分の焦点距離、

$fL$  は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、  
である。

[請求項32] 以下の条件式 (23) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3

1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$100 \times |f_{\text{fin}}| < |R_{\text{fin}}| \quad (23)$$

ここで、

$f_{\text{fin}}$  は、像側レンズ成分の焦点距離、

$R_{\text{fin}}$  は、前記像側レンズ成分の像側の面の曲率半径、

前記像側レンズ成分は、前記複数のレンズ成分のなかで、最も像側に位置するレンズ成分、

である。

[請求項33]

像側レンズ成分と、屈折力がゼロの光学素子と、を有し、

前記像側レンズ成分は、前記複数のレンズ成分のなかで、最も像側に位置し、

前記光学素子は、前記像側レンズ成分の像側に位置し、

前記像側レンズ成分と前記光学素子は接合されていることを特徴とする請求項1乃至31のいずれか一項に記載の広角光学系。

[請求項34]

以下の条件式(24)を満足することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

$$2y_{\text{max}} < fL \times \tan \omega_{\text{max}} \quad (24)$$

ここで、

$y_{\text{max}}$  は、最大像高、

$\omega_{\text{max}}$  は、前記最大像高に対応した画角、

$fL$  は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、

である。

[請求項35]

以下の条件式(25)を満足することを特徴とする請求項1に記載の広角光学系。

$$ER2 < 4 \times fL / F_{\text{EX}} \quad (25)$$

ここで、

$ER2$  は、前記第2レンズ成分の最も像側の面の有効半径、

$F_{\text{EX}}$  は、前記第1の位置における有効F値、

$f_L$ は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

[請求項36]

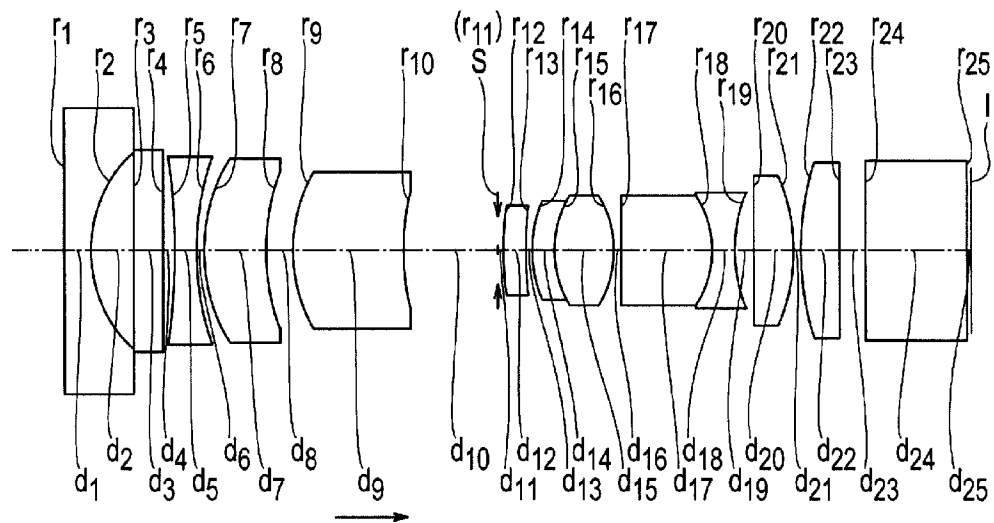
光学系と、像面に配置された撮像素子と、を有し、

前記撮像素子は撮像面を有し、且つ前記光学系によって前記撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、

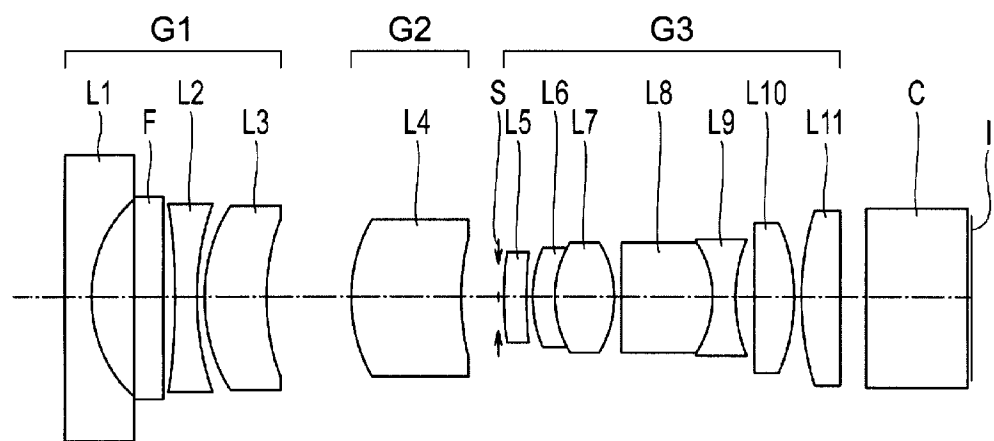
前記光学系が請求項1から35のいずれか一項に記載の広角光学系であることを特徴とする撮像装置。

[図1]

(a)

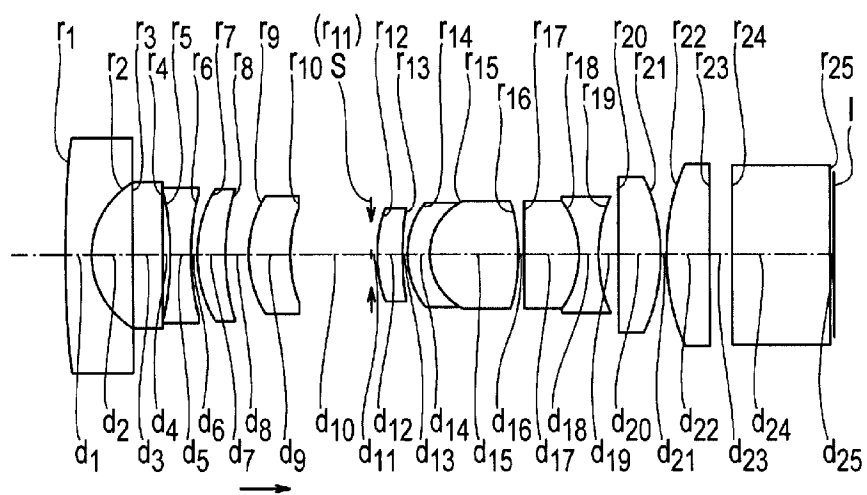


(b)

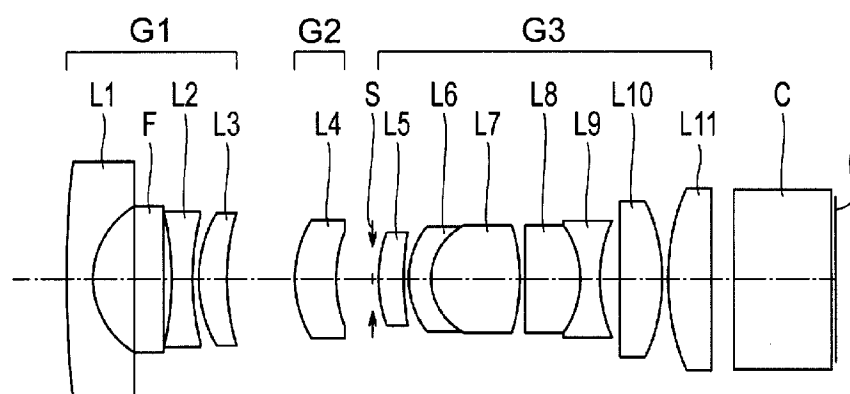


[図2]

(a)

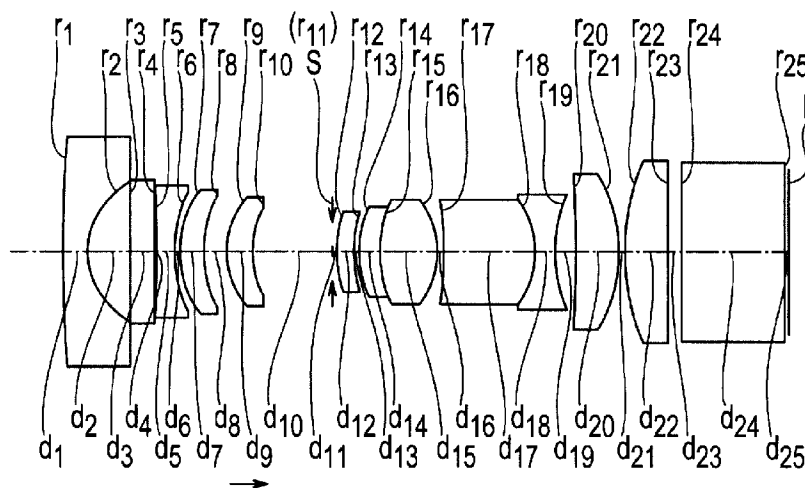


(b)

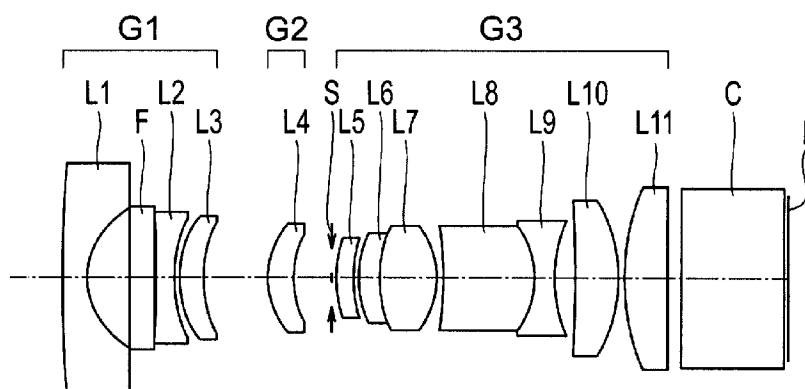


[図3]

(a)

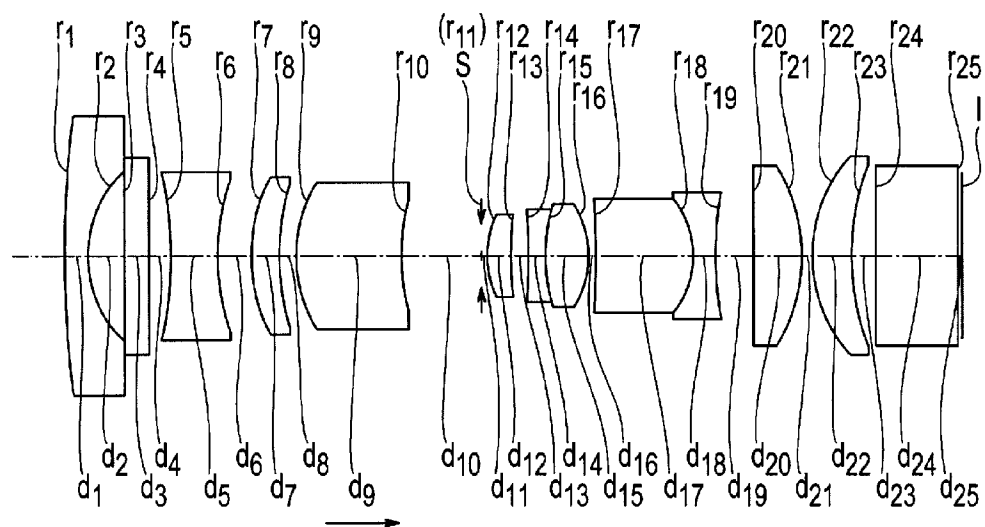


(b)

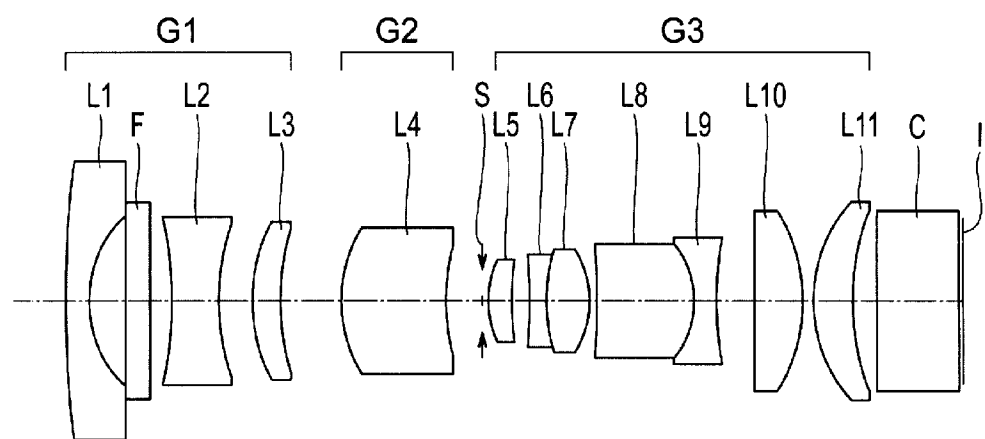


[図4]

(a)

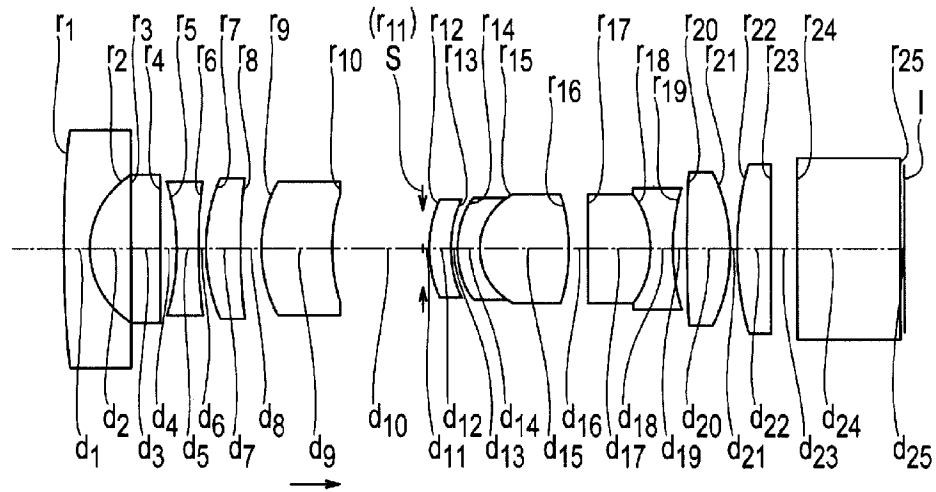


(b)

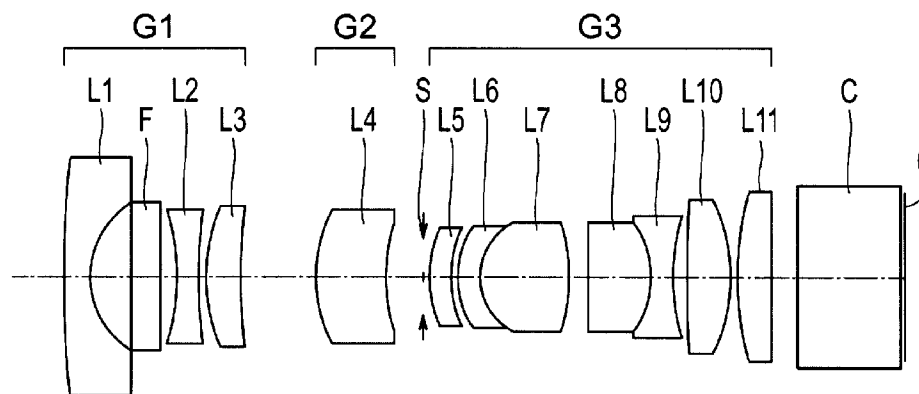


[図5]

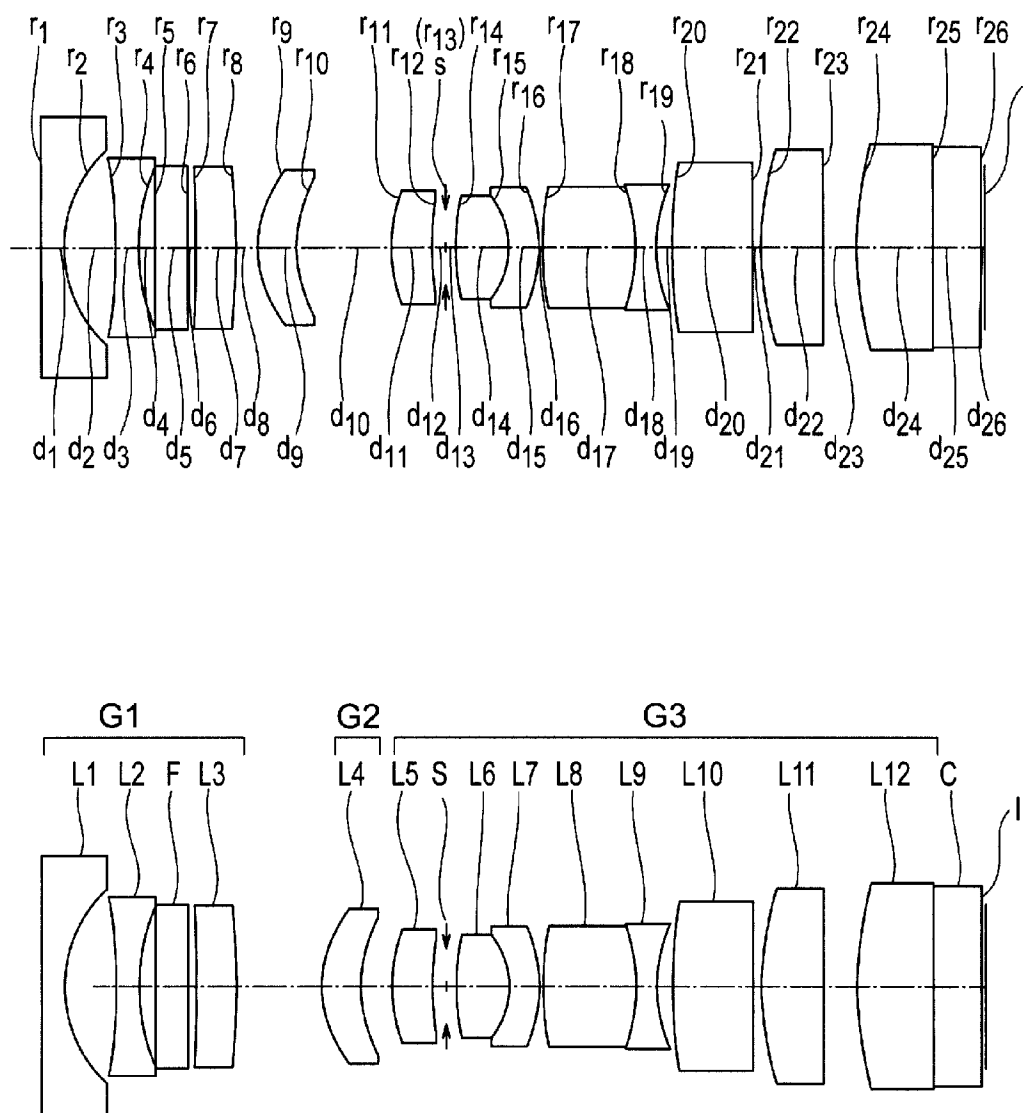
(a)



(b)

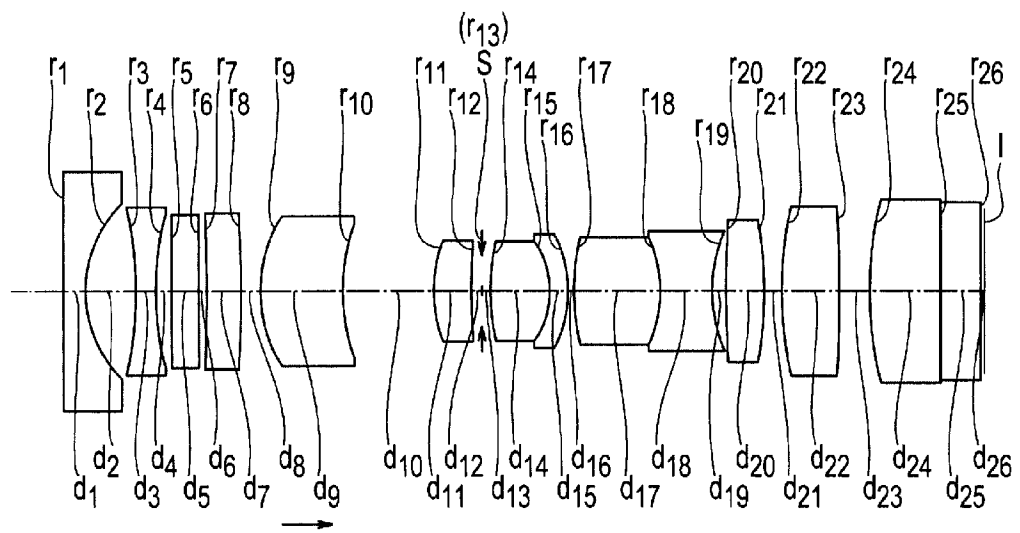


[図6]

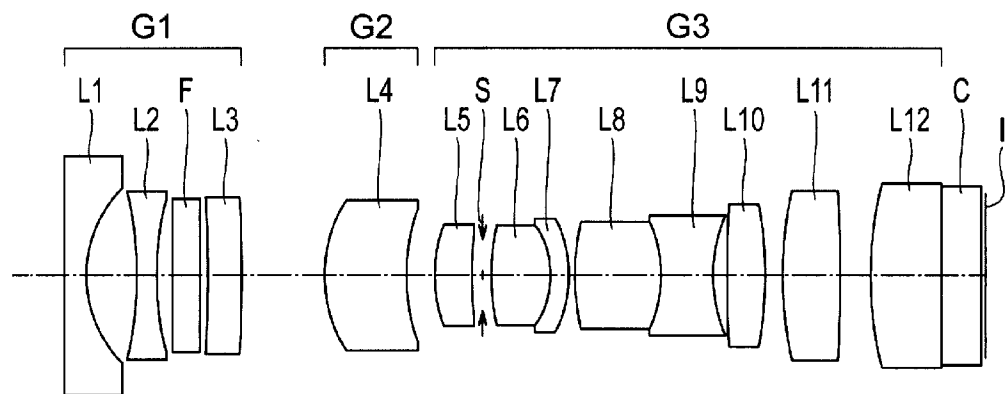


[図7]

(a)

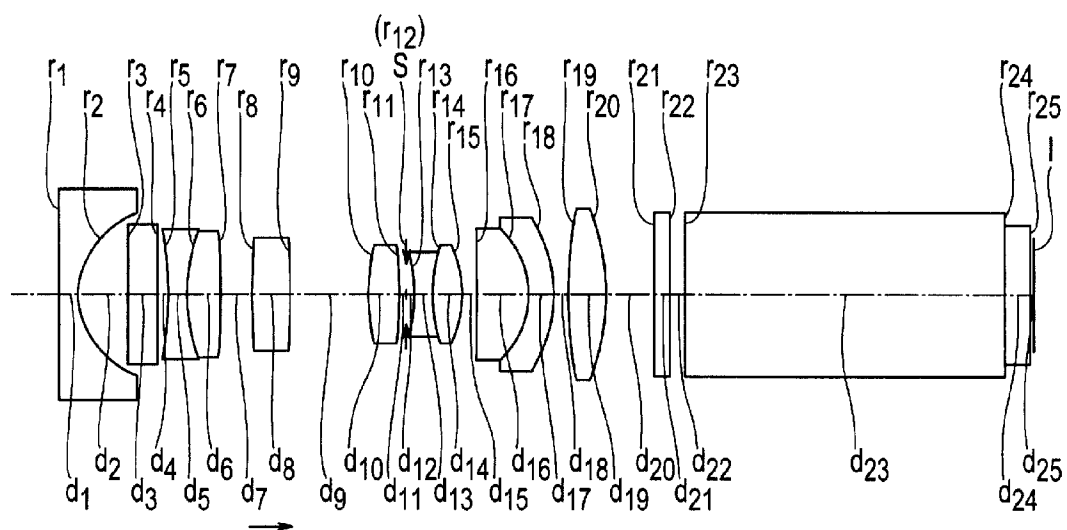


(b)

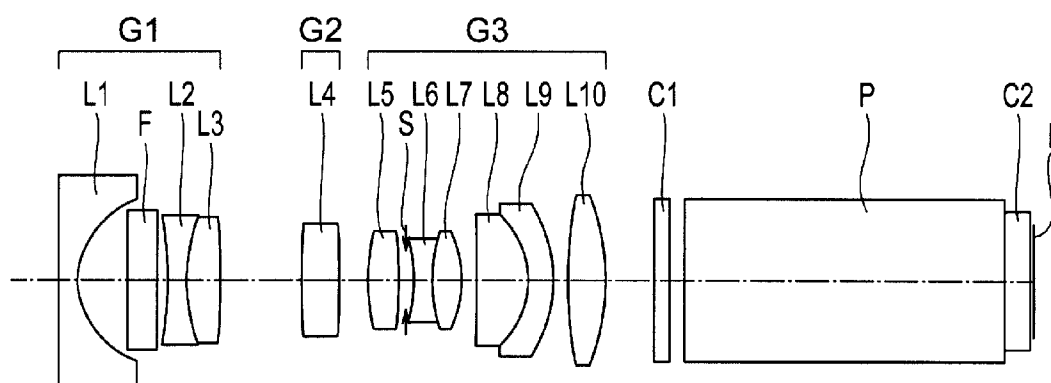


[図8]

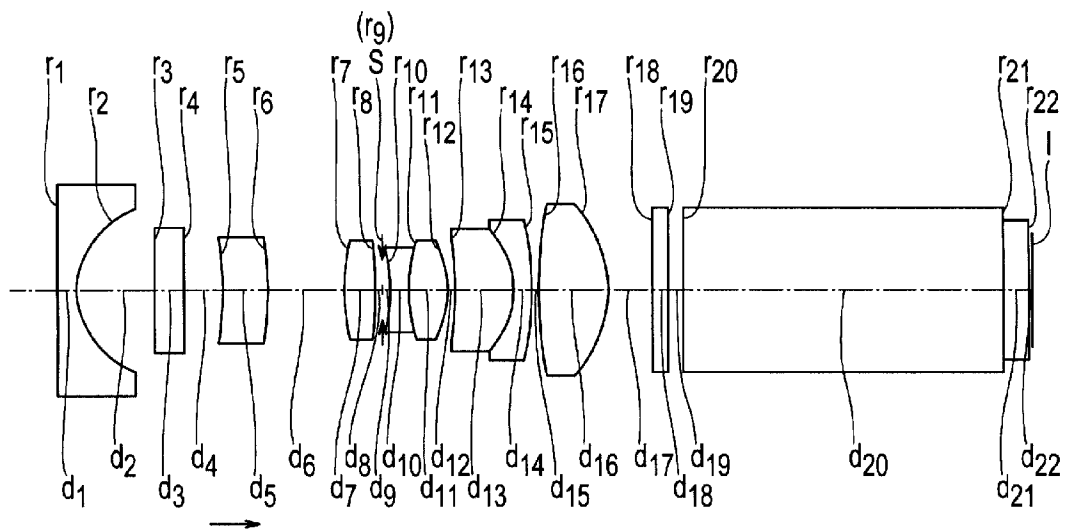
(a)



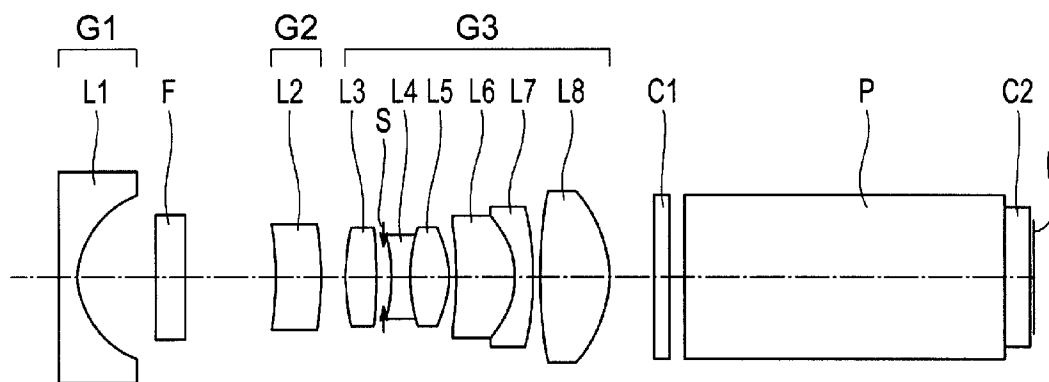
(b)



[図9]

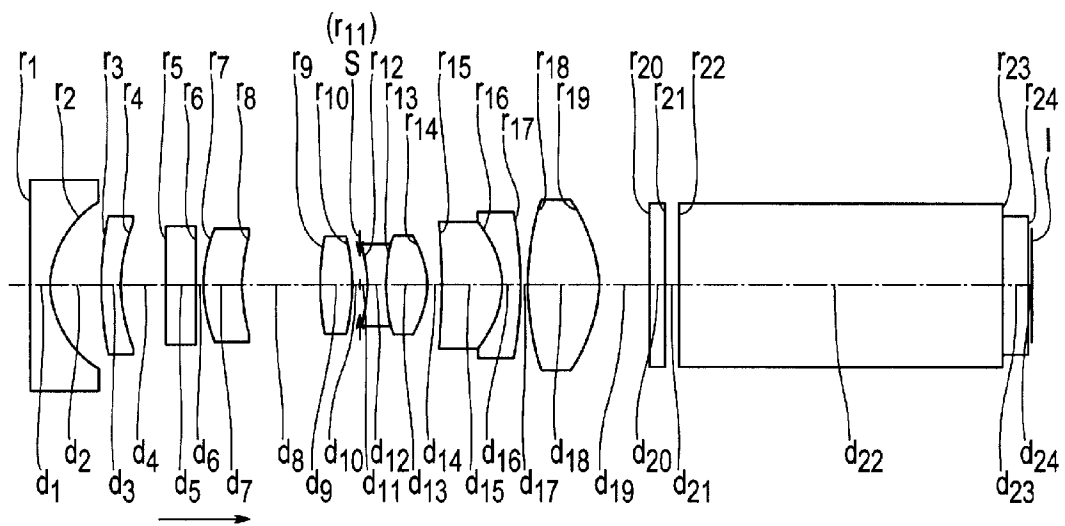


(b)

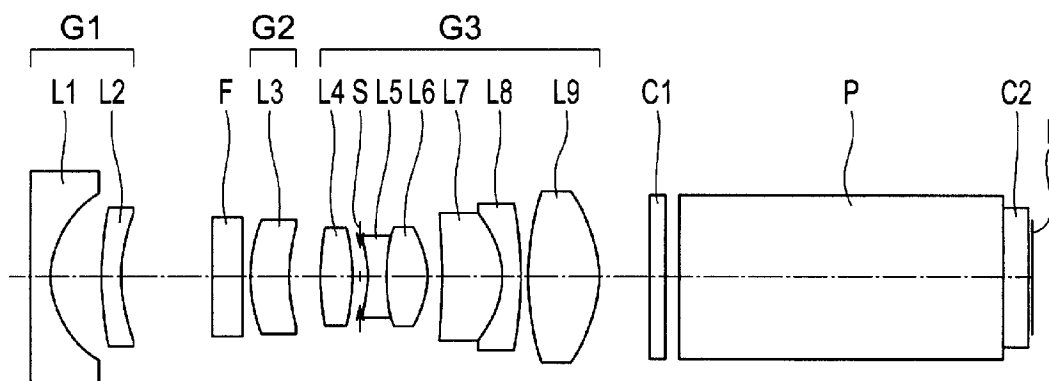


[図10]

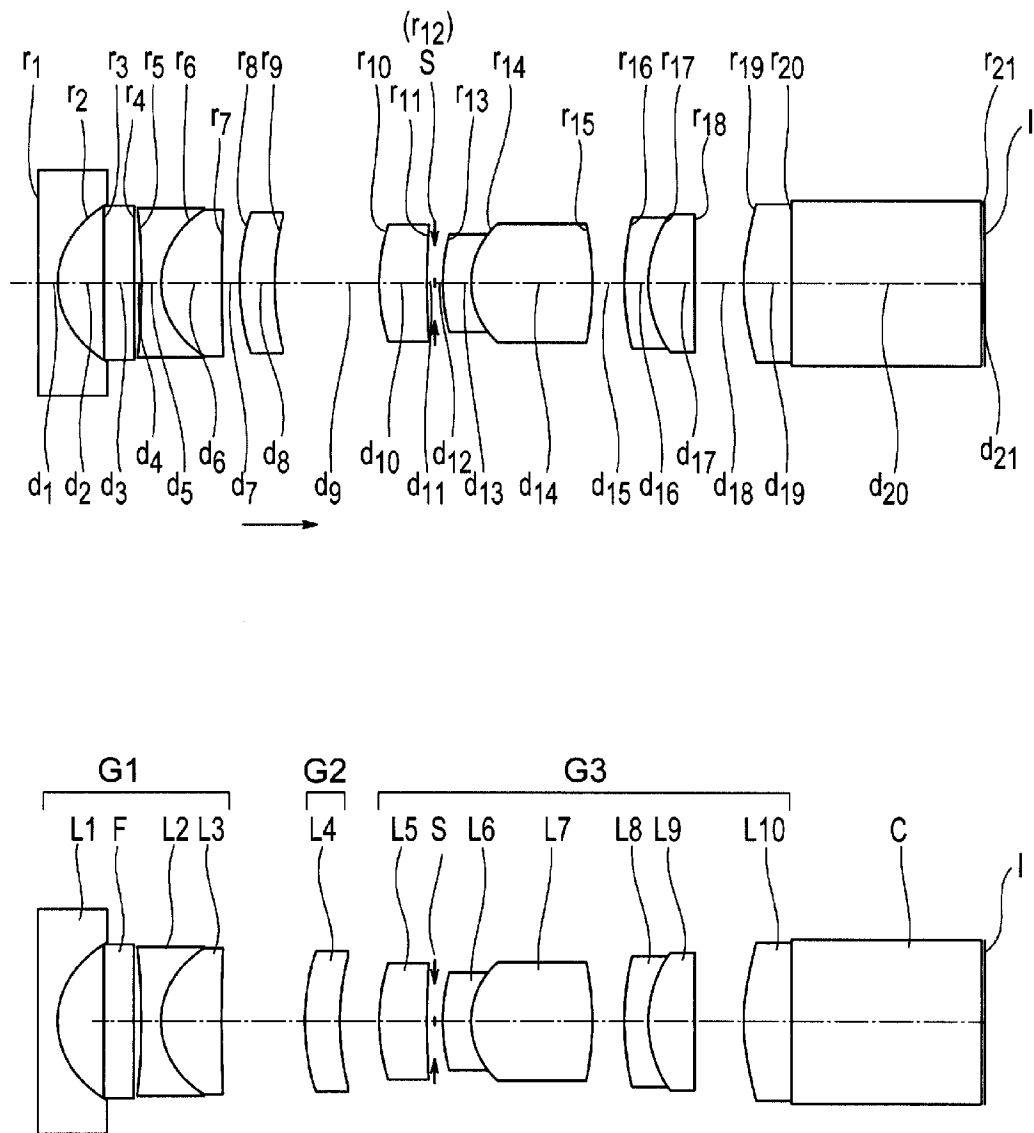
(a)



(b)

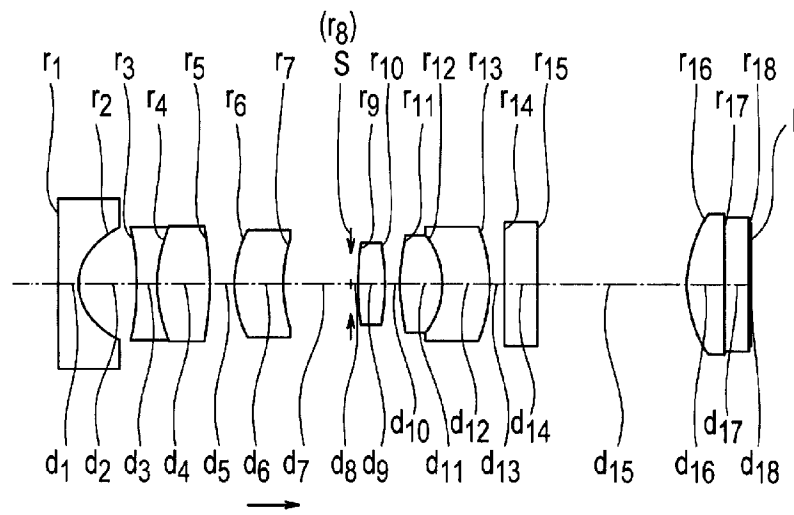


[図11]

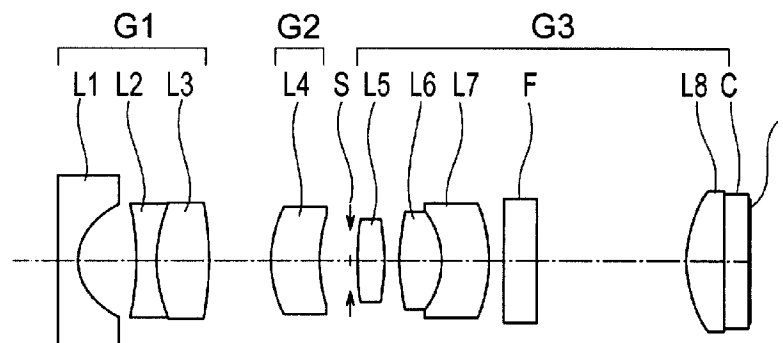


[図12]

(a)

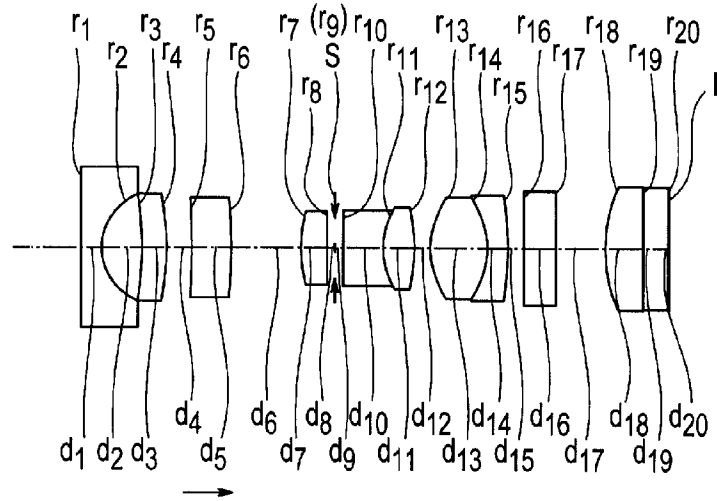


(b)

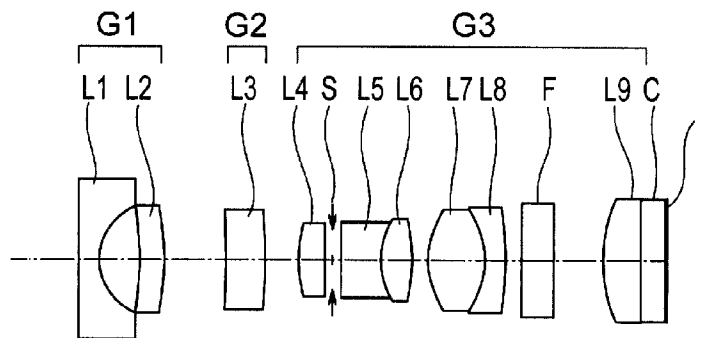


[図13]

(a)

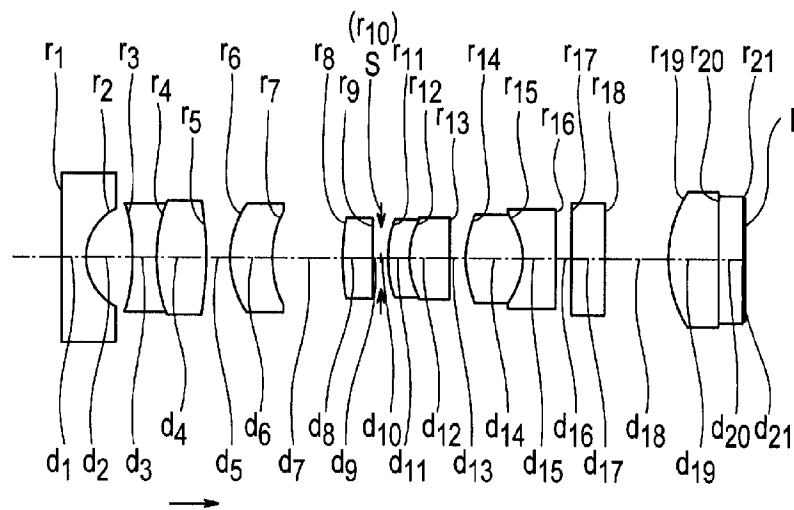


(b)

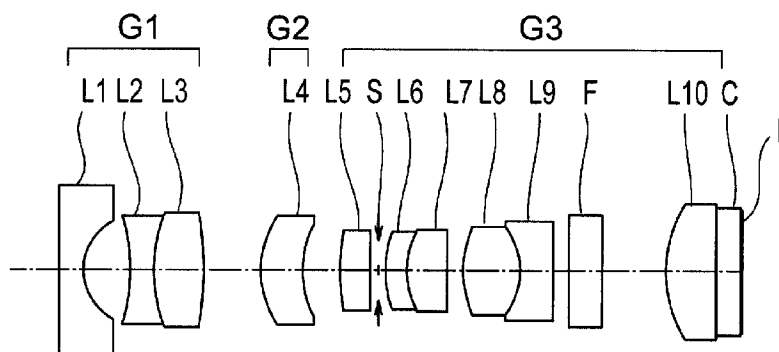


[図14]

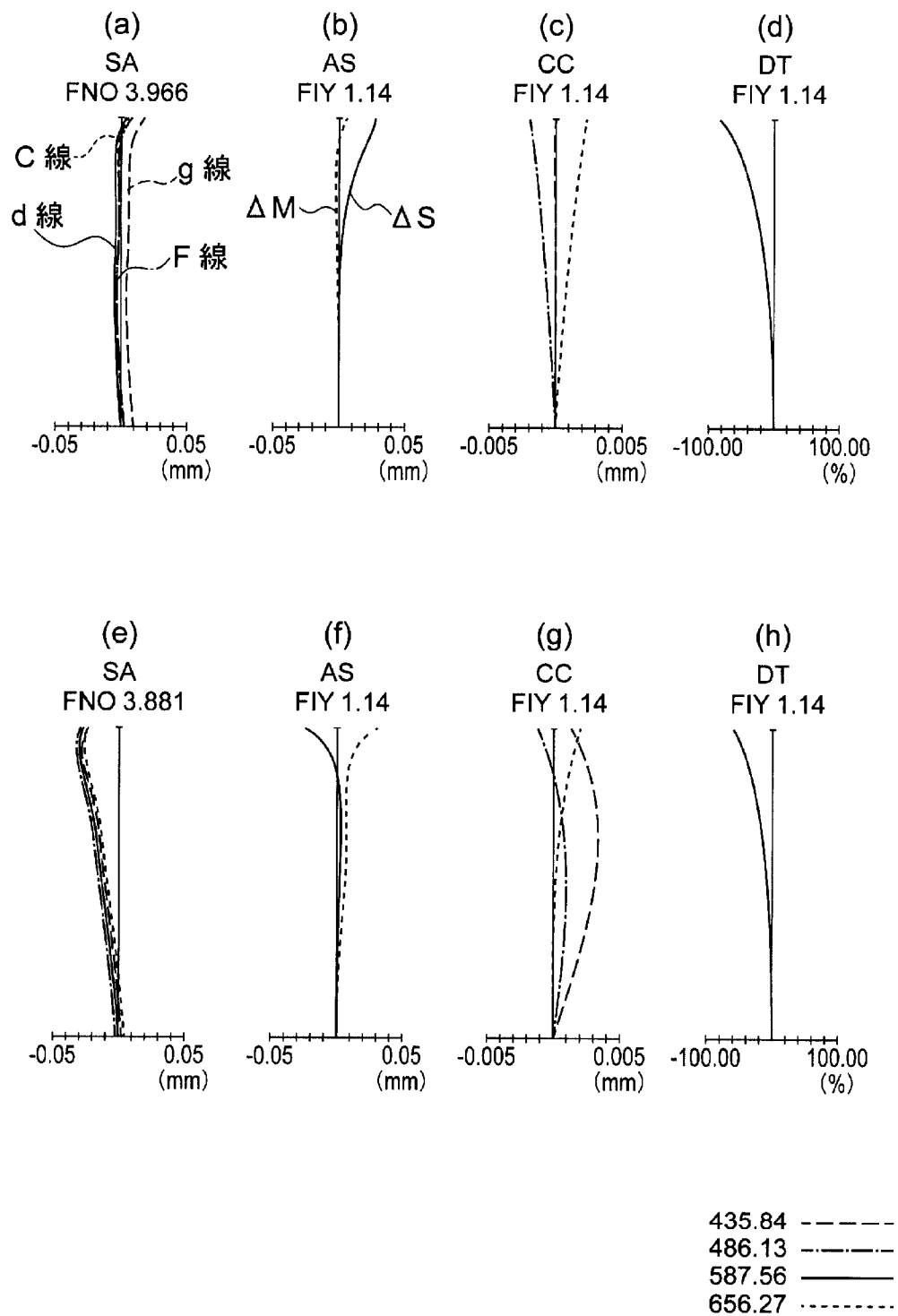
(a)



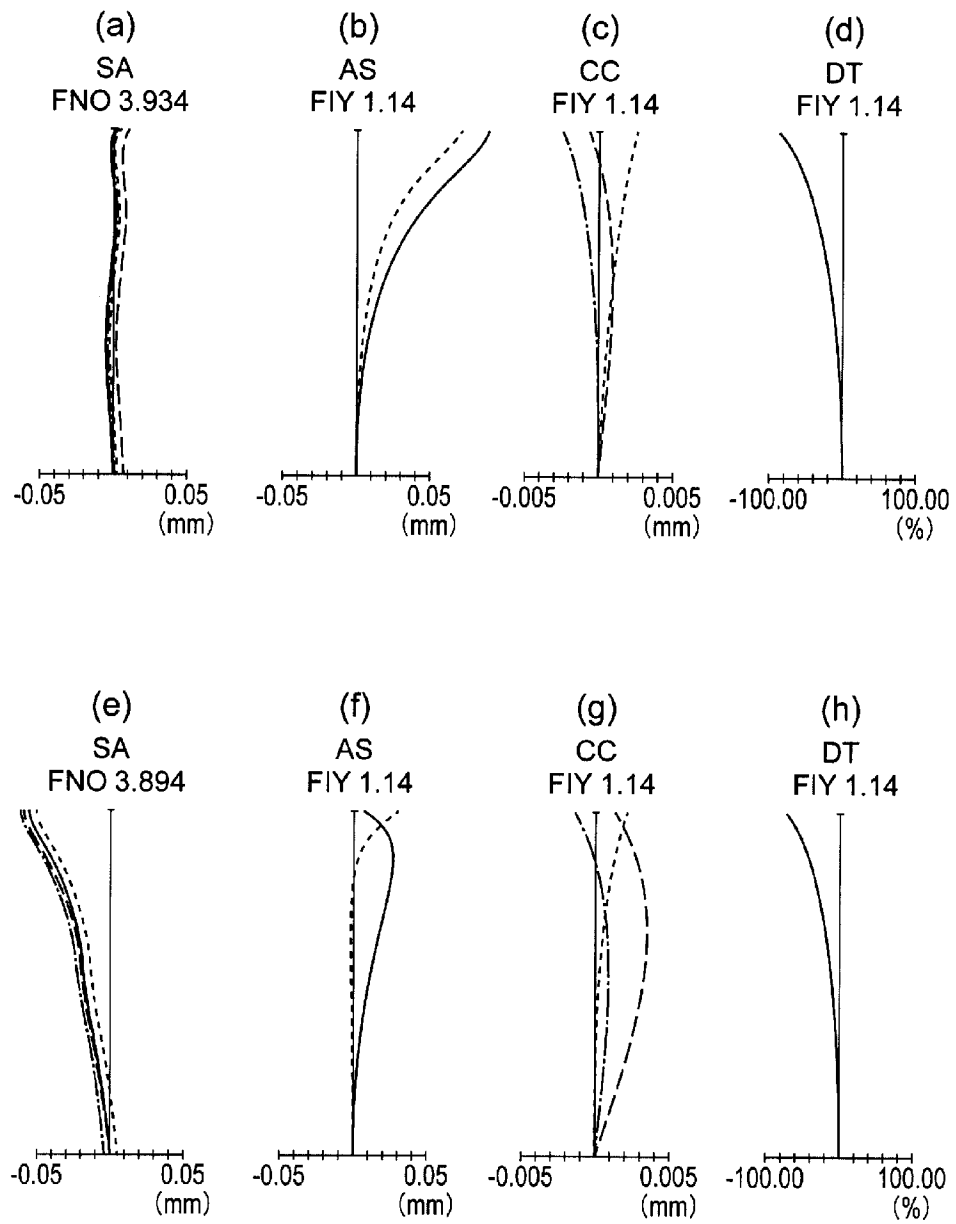
(b)



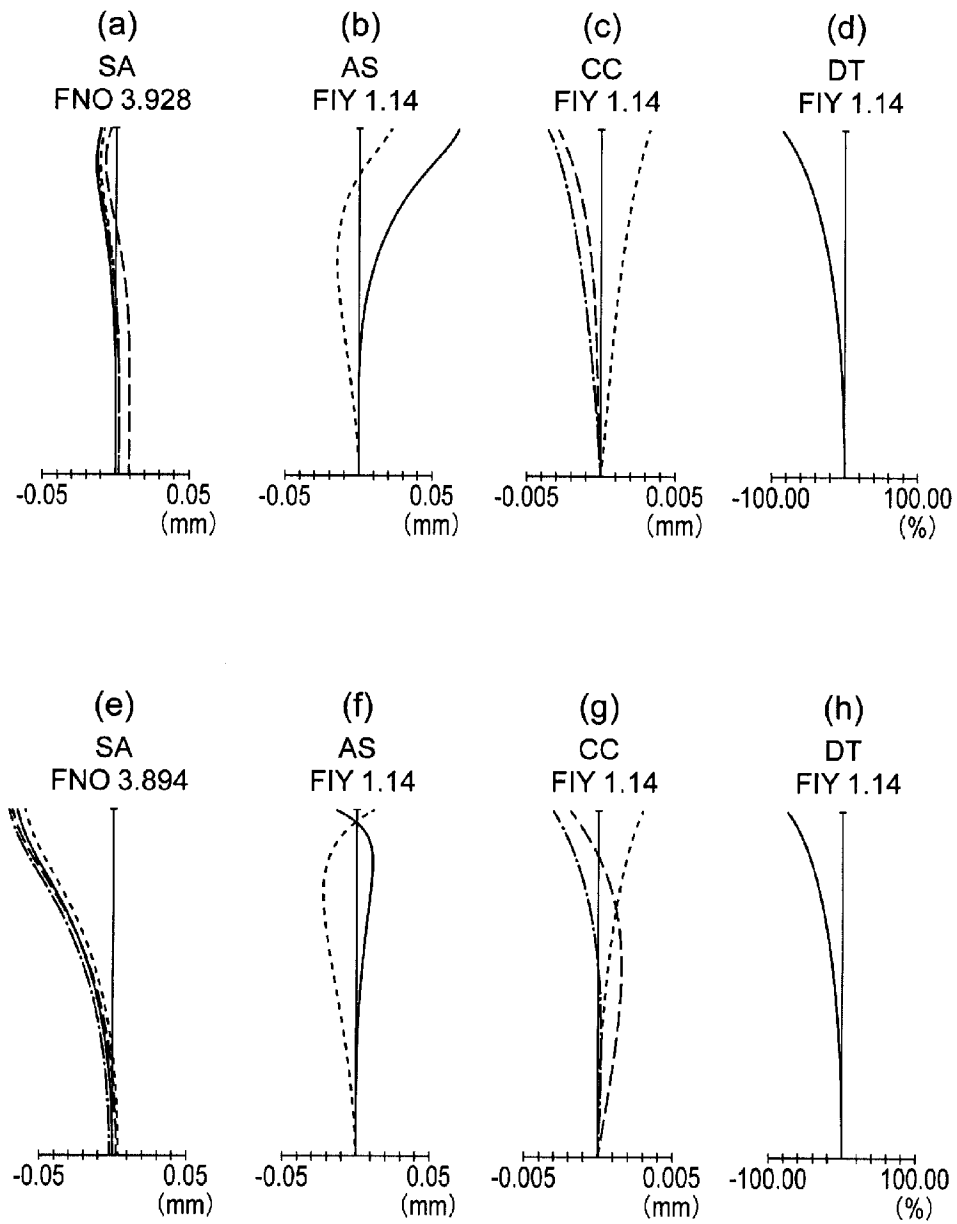
[図15]



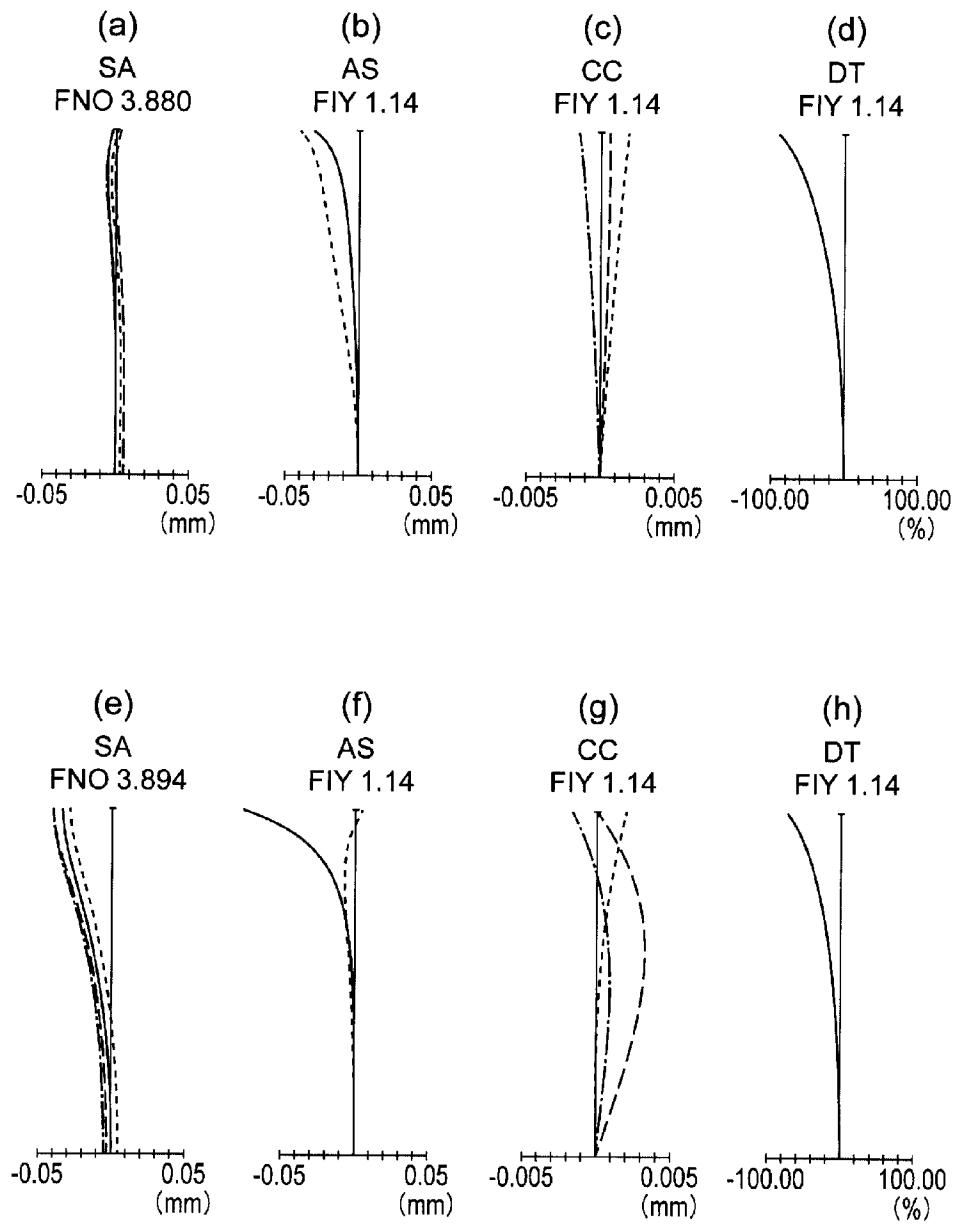
[図16]



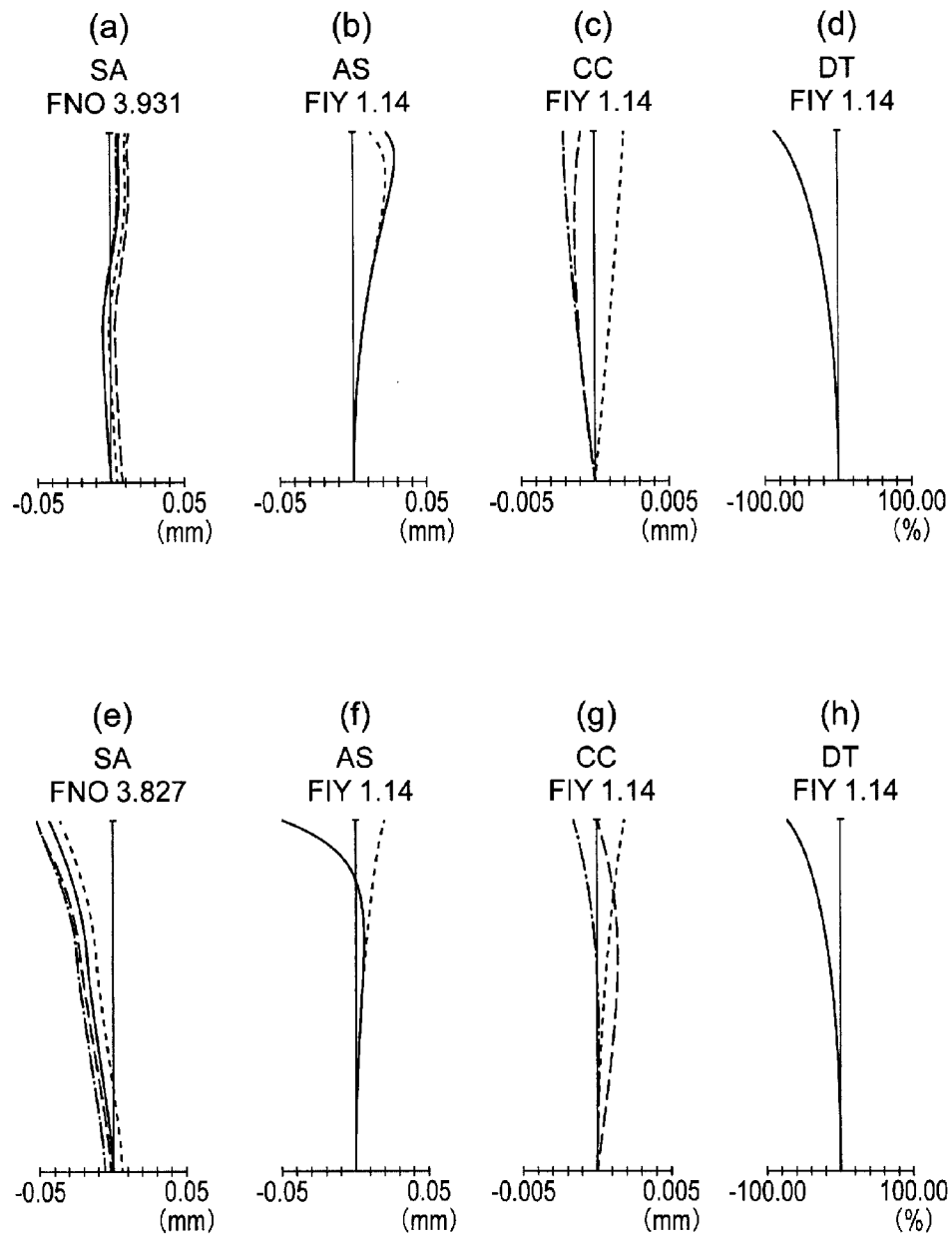
[図17]



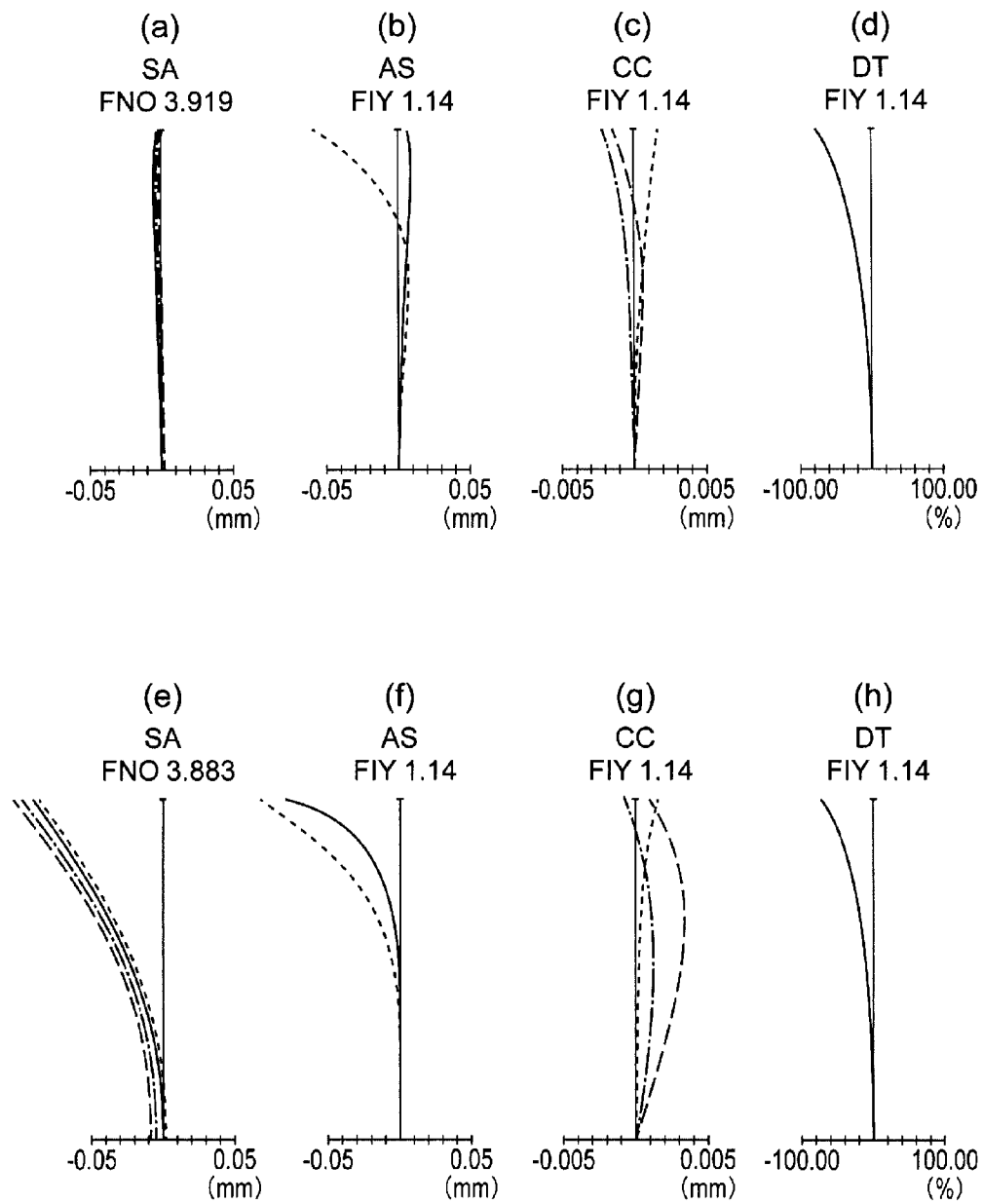
[図18]



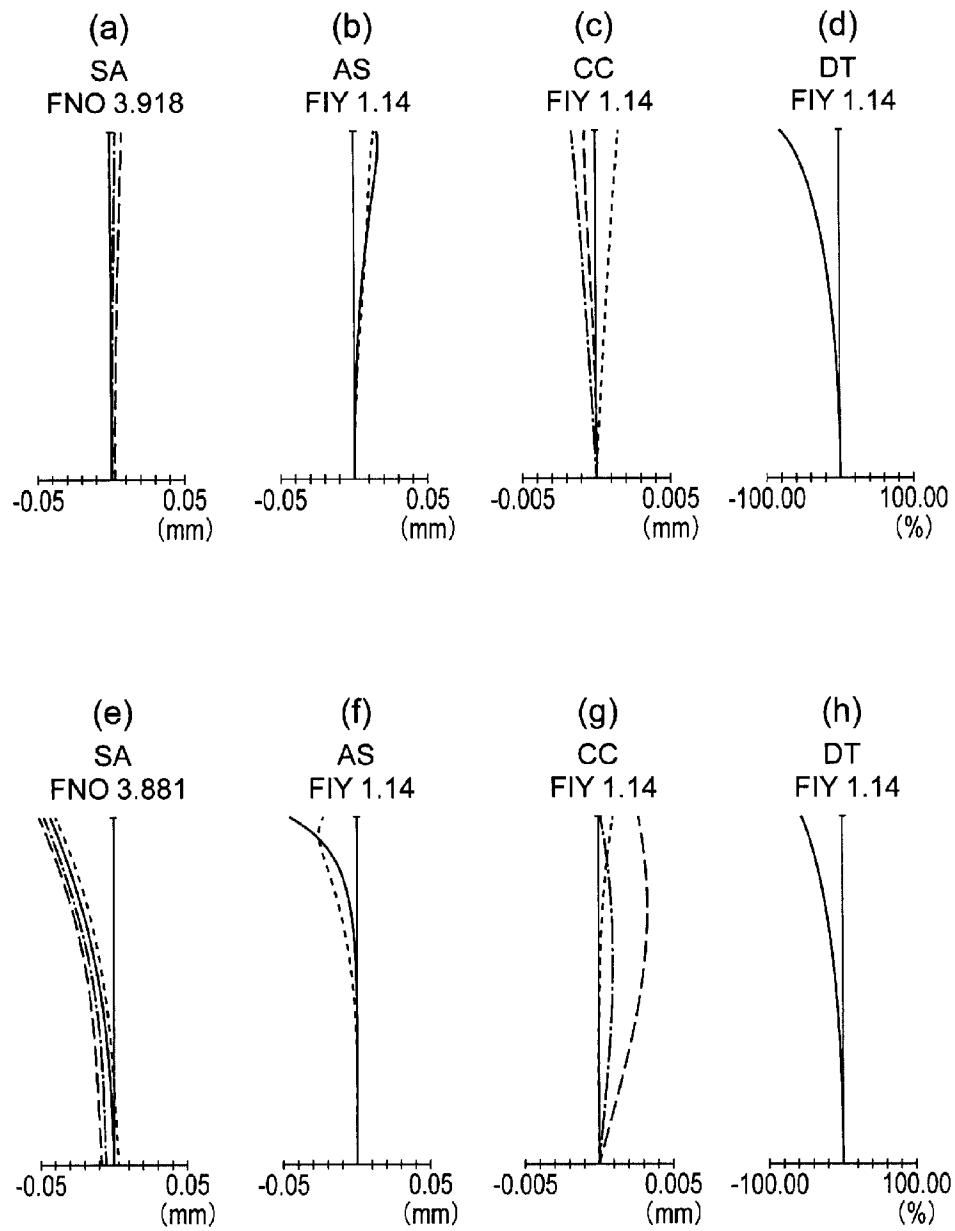
[図19]



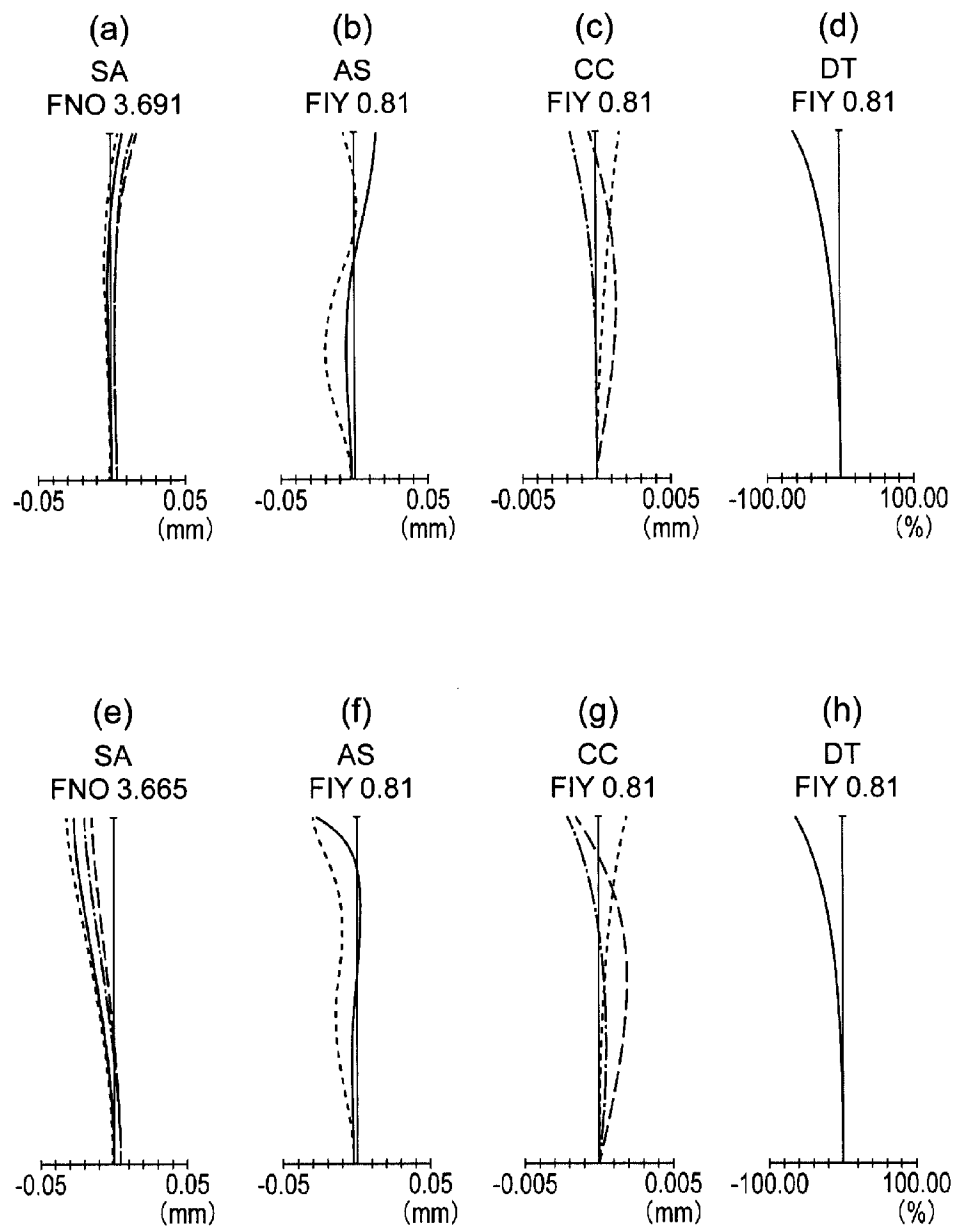
[図20]



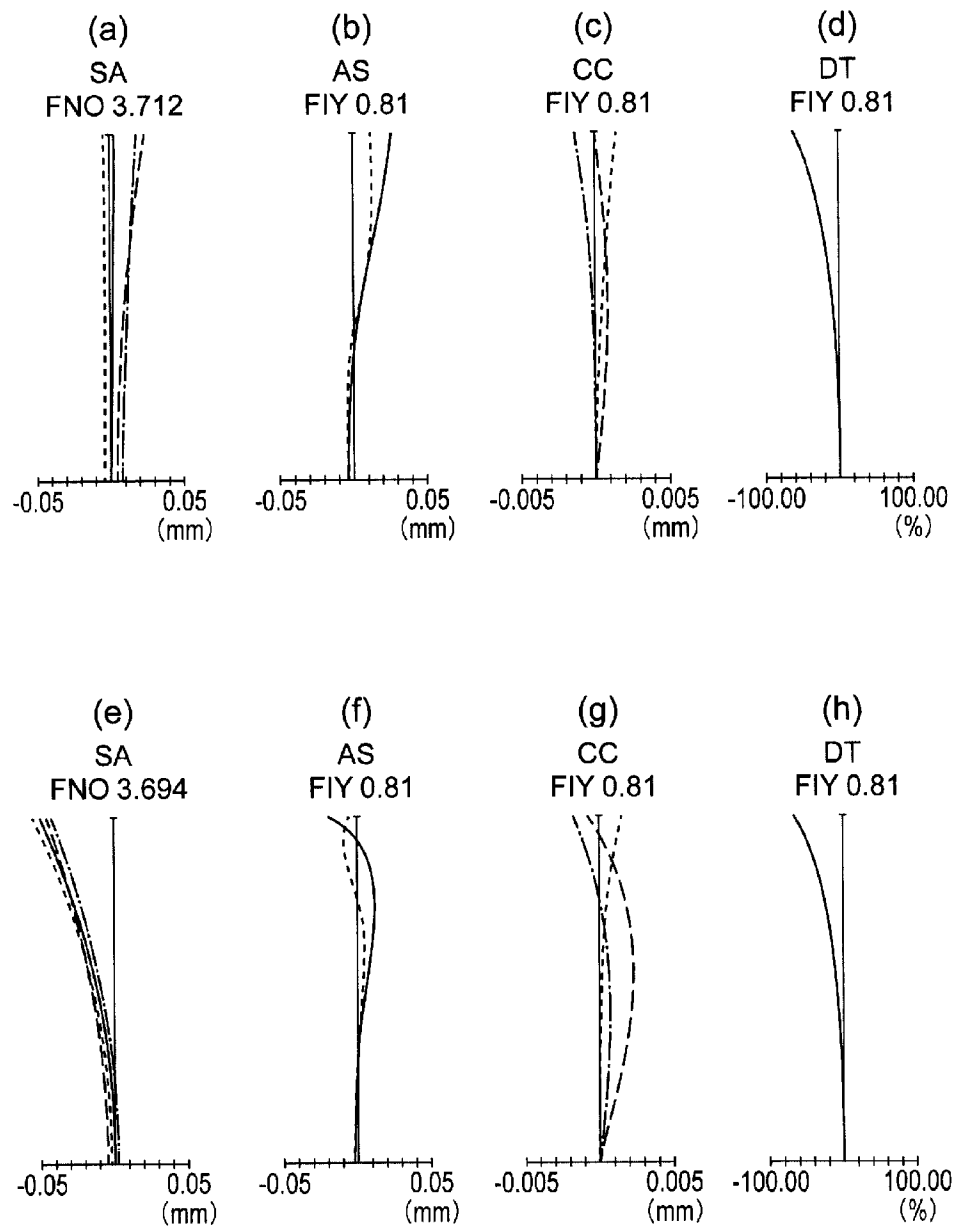
[図21]



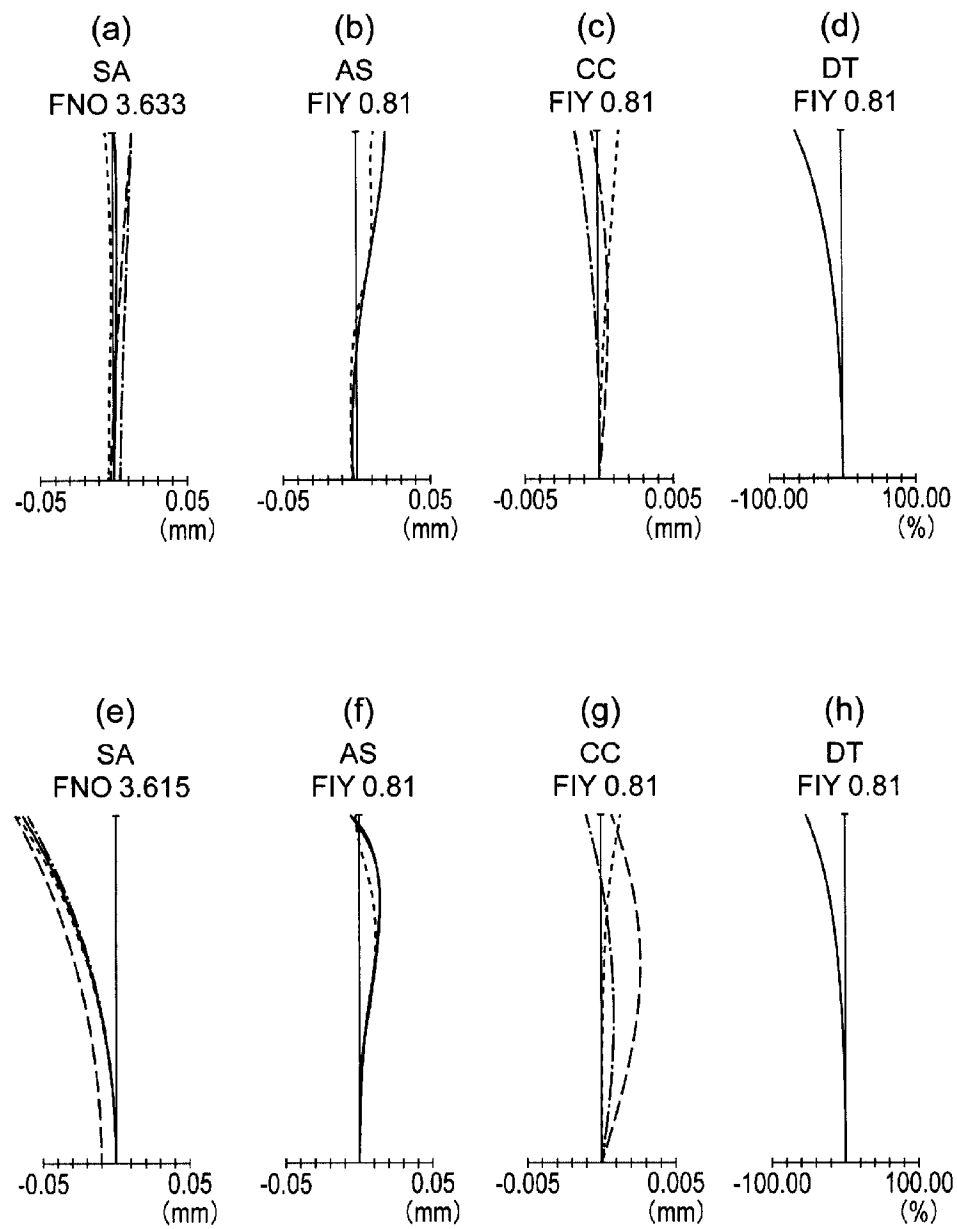
[図22]



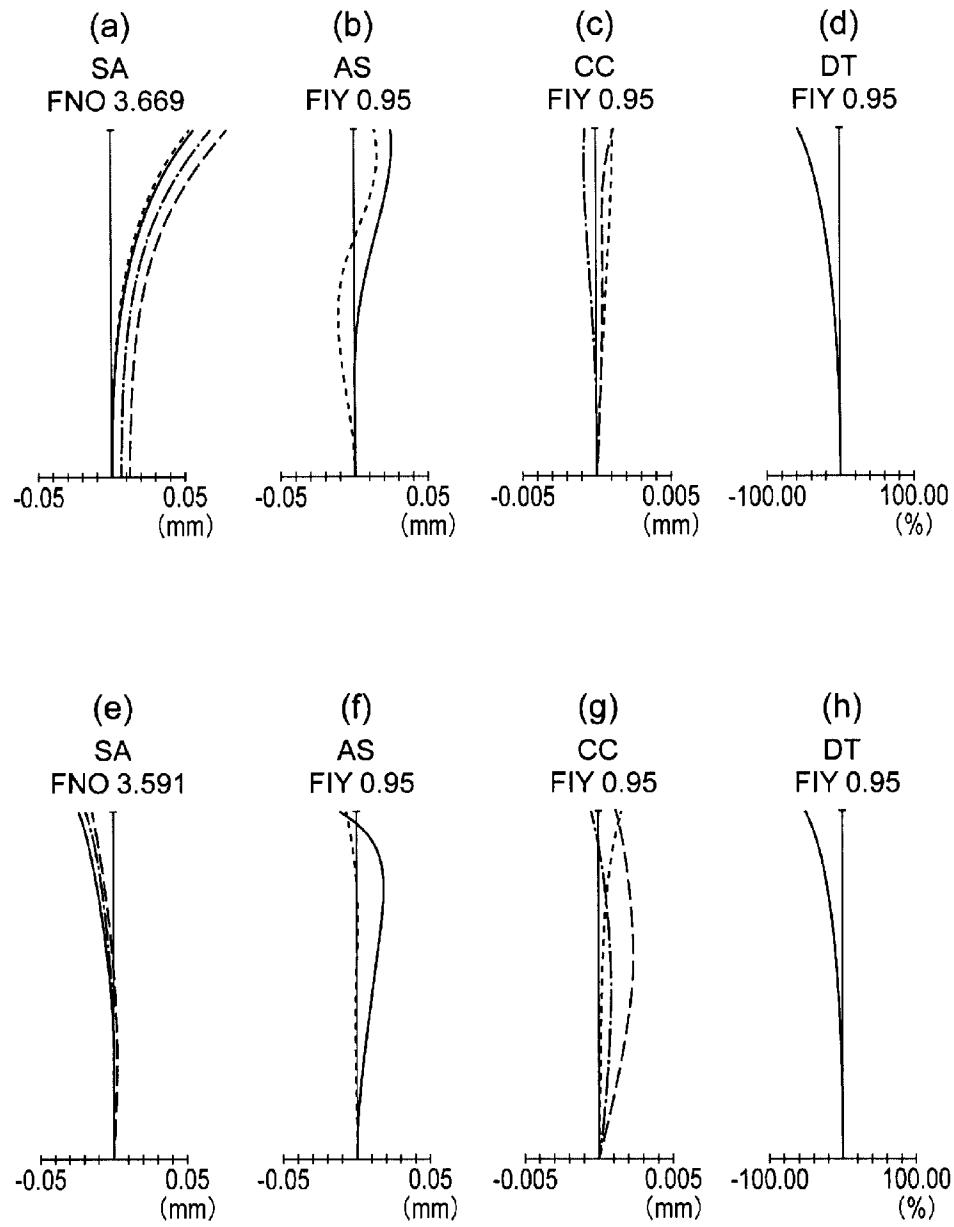
[図23]



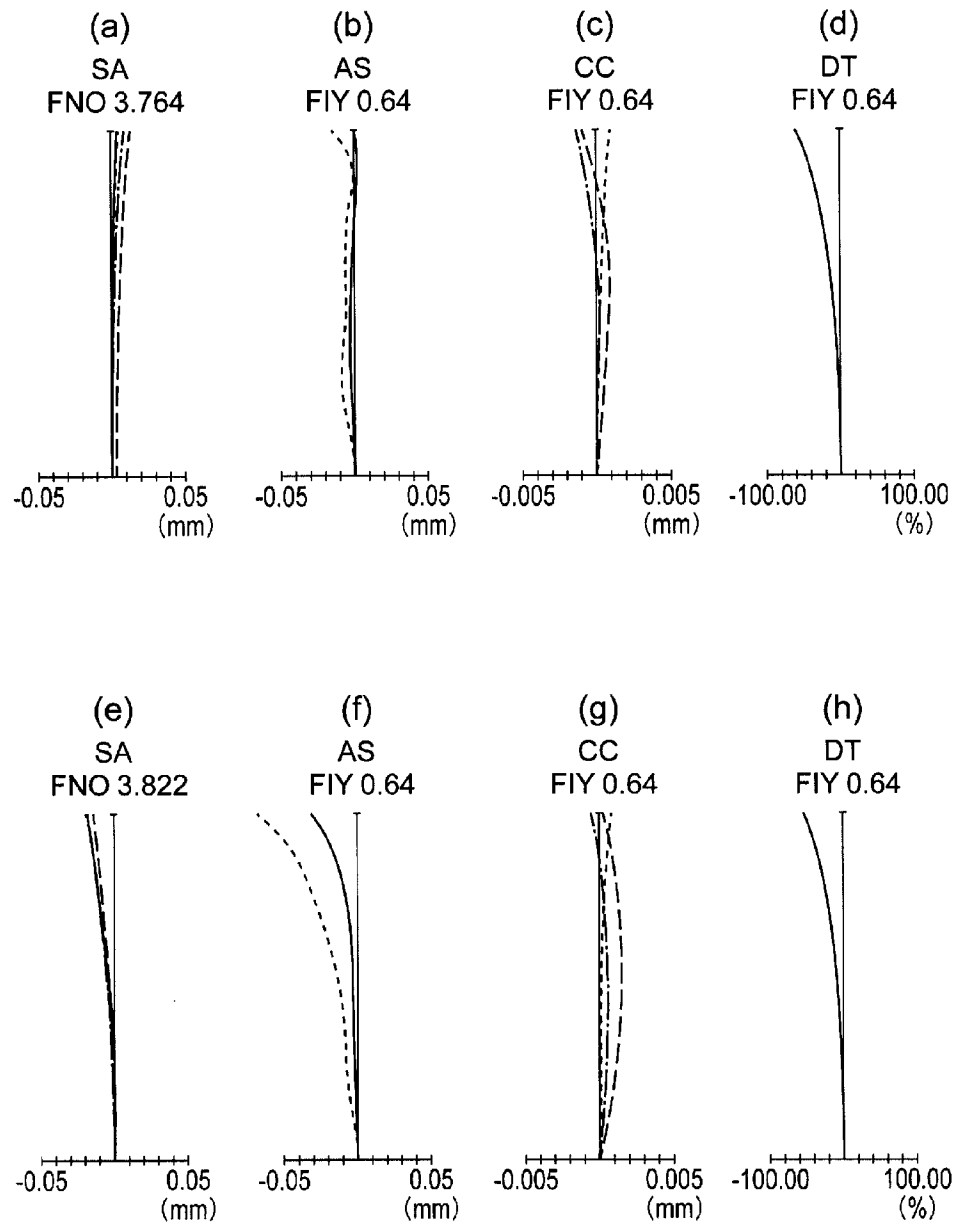
[図24]



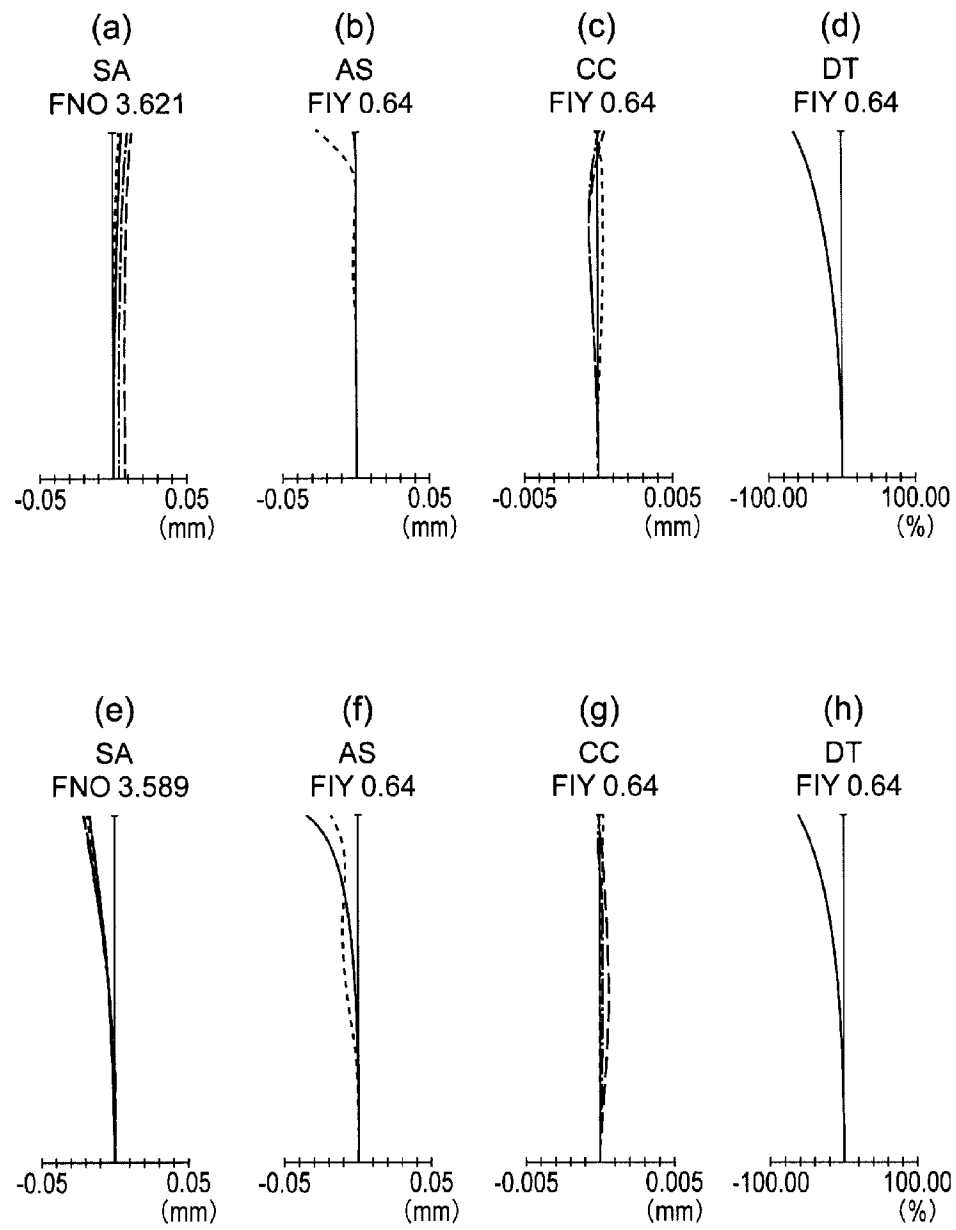
[図25]



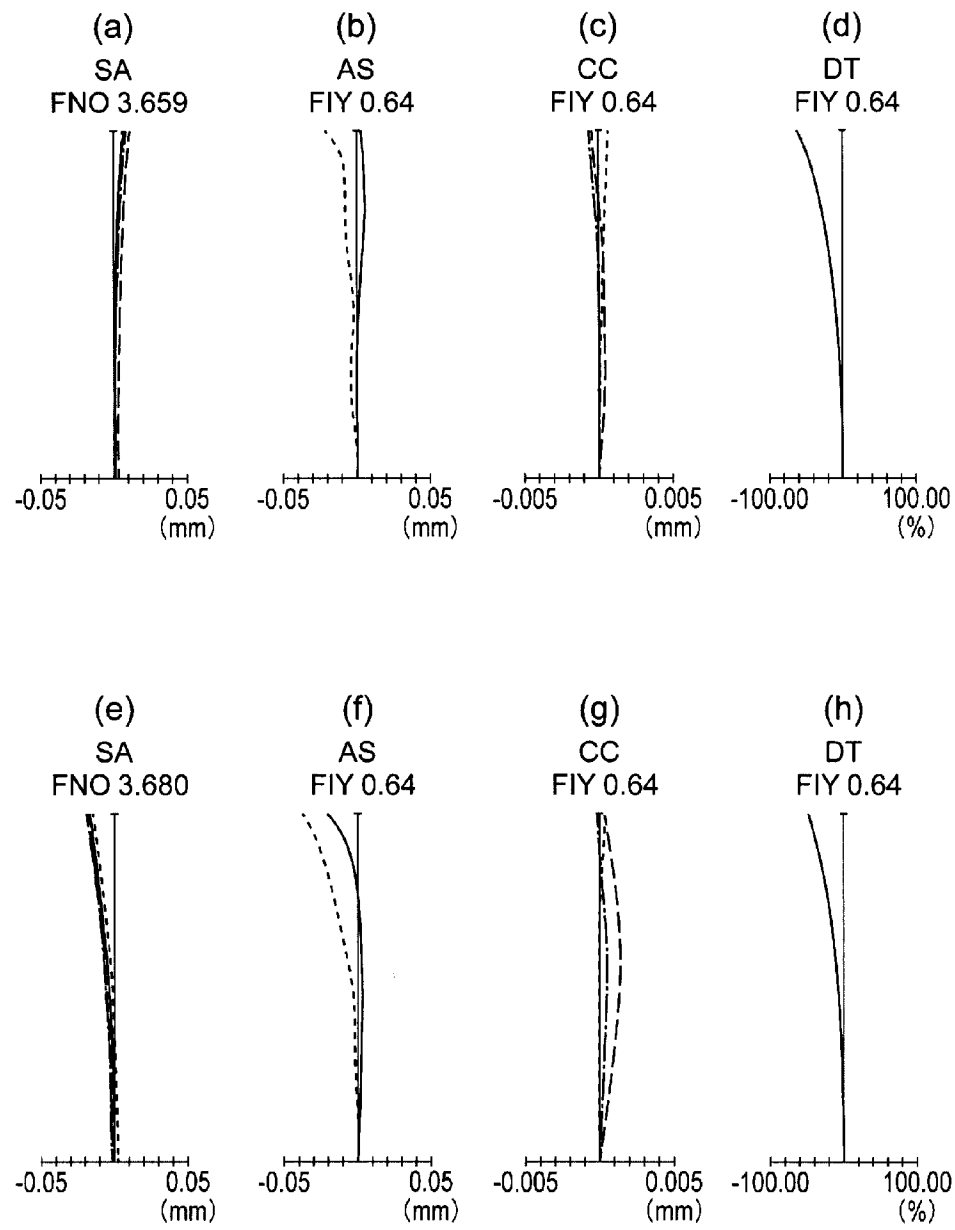
[図26]



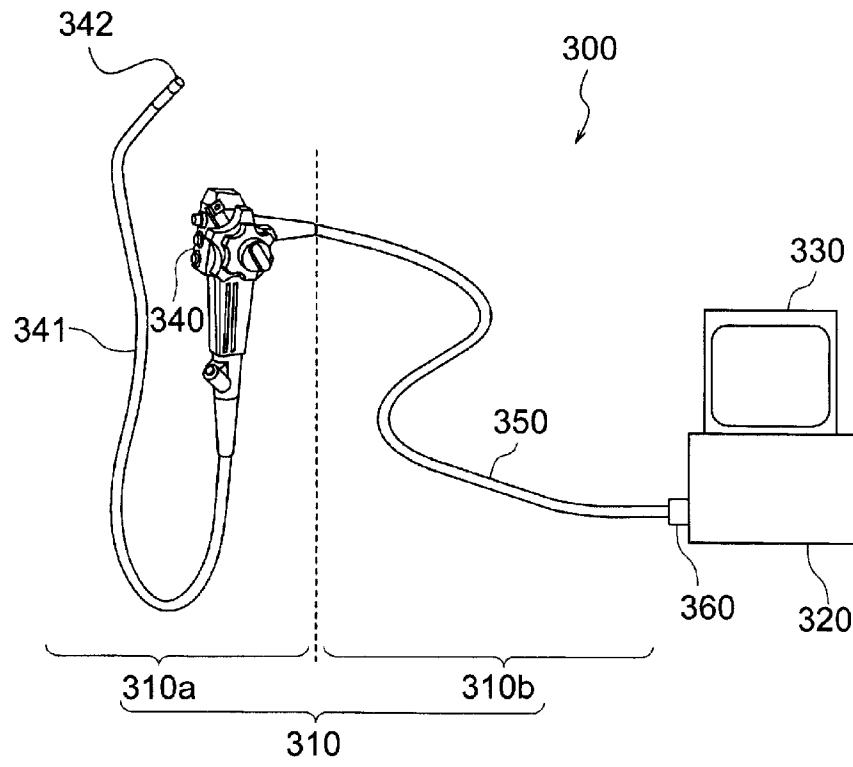
[図27]



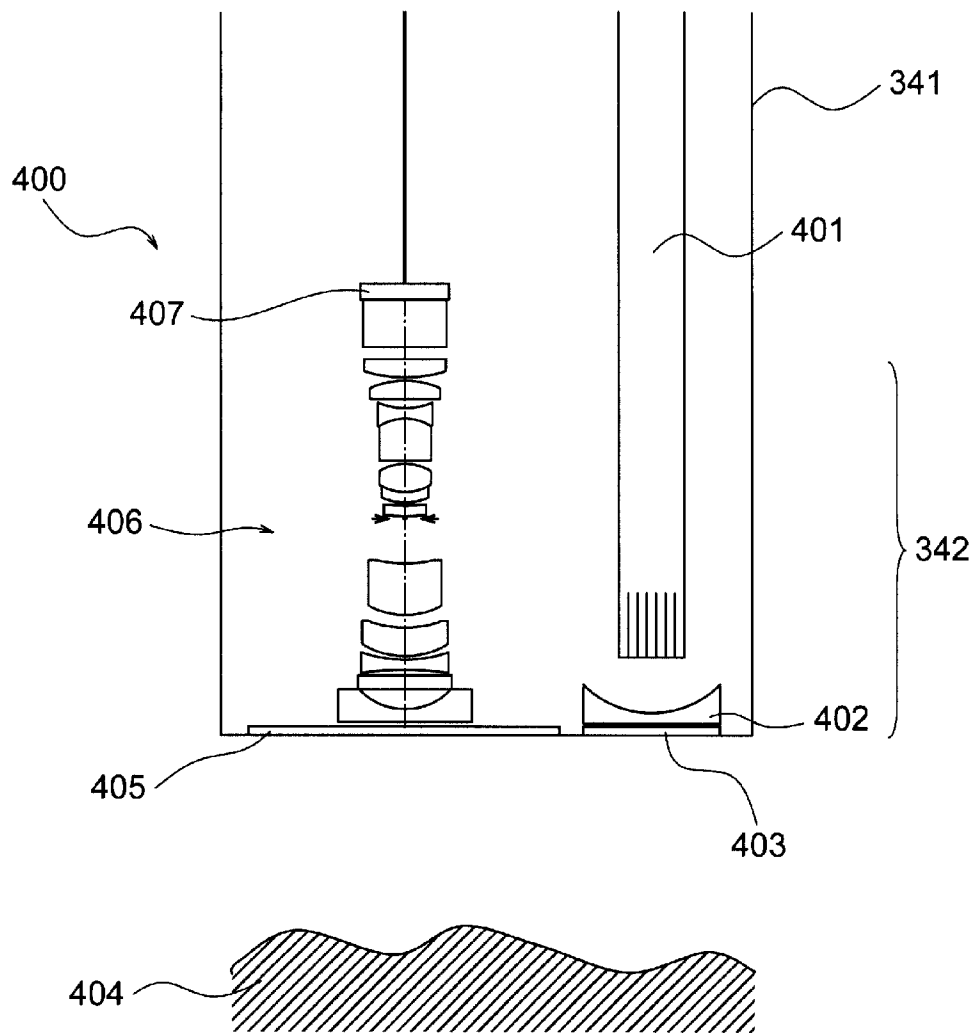
[図28]



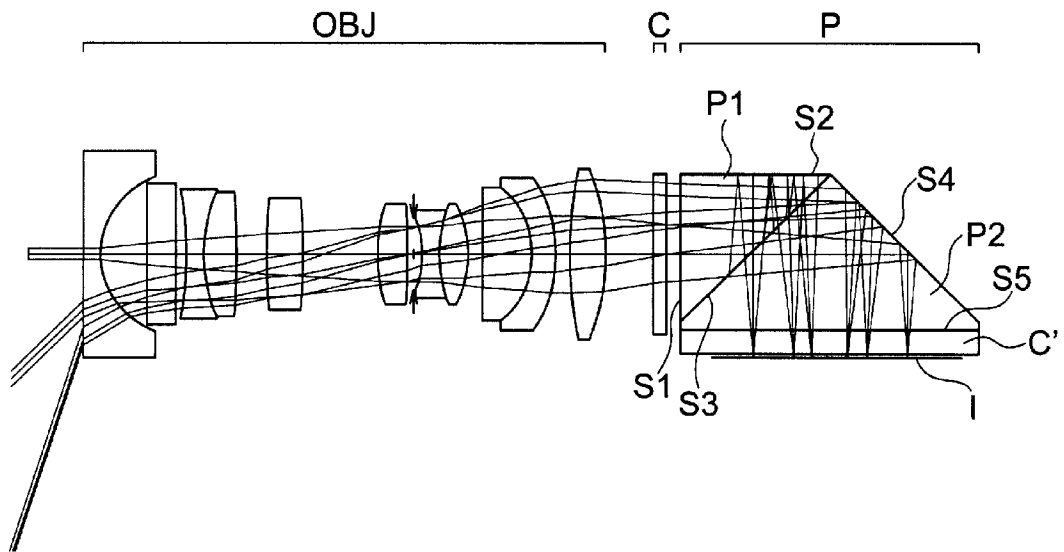
[図29]



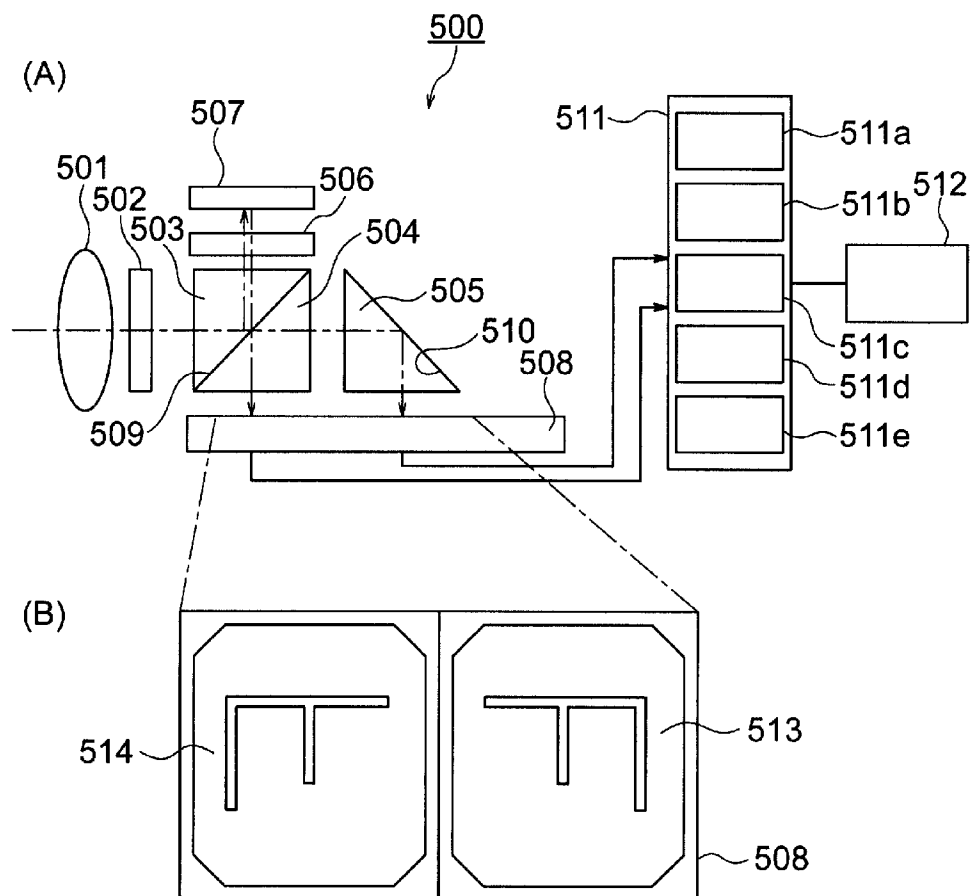
[図30]



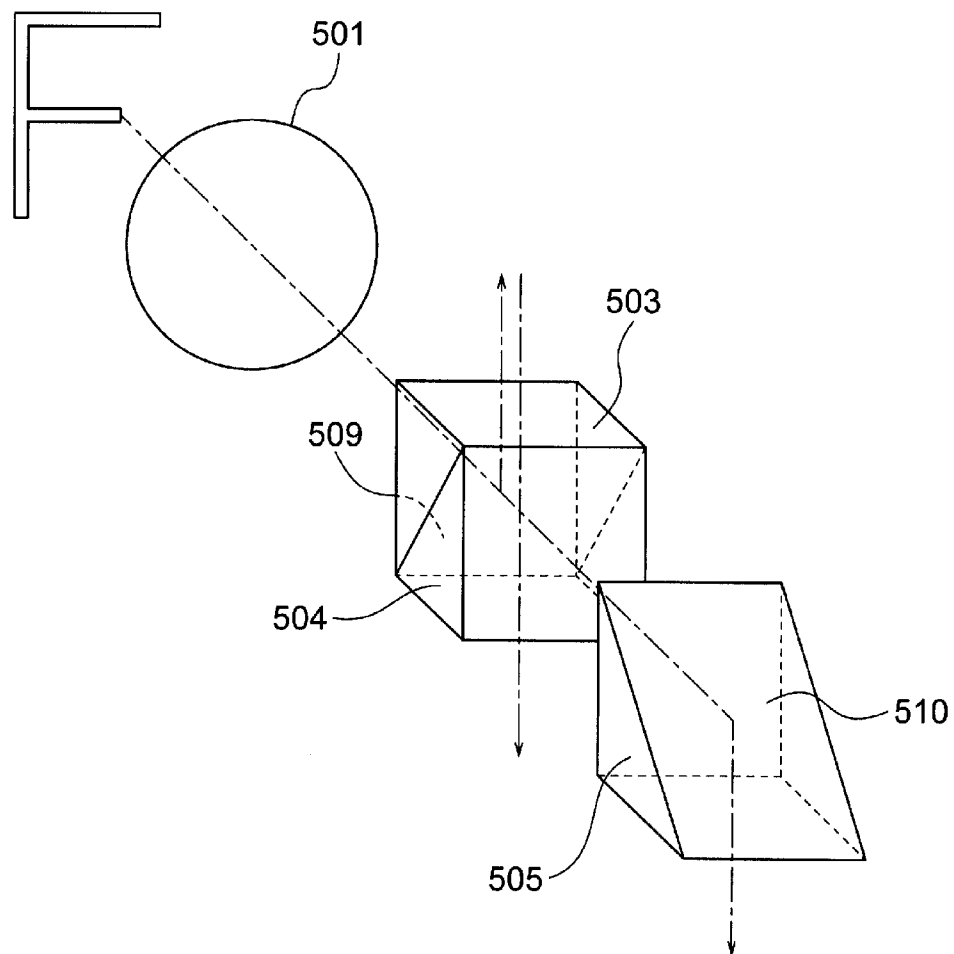
[図31]



[図32]



[図33]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/008032

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B13/04 (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)

Int. Cl. G02B13/04, G02B13/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 10-260346 A (FUJI PHOTO OPTICAL CO., LTD.) 29 September 1998, paragraph [0016], example 1 & US 5949589 A, column 3, lines 63-67, example 1                                                  | 1-3, 5-7, 10, 12, 14, 15, 17-19, 21, 24, 31, 32, 35 |
| Y         |                                                                                                                                                                                                | 36                                                  |
| X         | JP 2012-68303 A (NIKON CORP.) 05 April 2012, example 1, paragraphs [0001], [0036], [0037], fig. 17 & US 2012/0069441 A1, example 1, paragraphs [0005], [0078]-[0080], fig. 18 & CN 102411196 A | 1, 2, 4, 5, 9, 13, 15-19, 21, 28, 30, 31, 35, 36    |



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  
12.04.2019

Date of mailing of the international search report  
23.04.2019

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/JP2019/008032

## 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 2011-107267 A (NIKON CORP.) 02 June 2011, example 3, paragraphs [0001], [0306]-[0308], fig. 57 & US 2011/01116172 A1, example 3, paragraphs [0005], [0382]-[0384], fig. 61 & EP 2325682 A2 & CN 102062934 A | 1, 2, 9, 14, 15, 17-19, 21, 29, 31, 35, 36     |
| X         | JP 2012-247689 A (PENTAX RICOH IMAGING COMPANY, LTD.) 13 December 2012, numerical example 1, paragraph [0001] & US 2012/0307374 A1, numerical example 1, paragraph [0002]                                      | 1-3, 6, 8-10, 12-15, 17-19, 21, 24, 31, 35, 36 |
| Y         | JP 2010-266577 A (CANON INC.) 25 November 2010, paragraphs [0013], [0014] & US 2010/0290133 A1, paragraphs [0030], [0031]                                                                                      | 36                                             |
| Y         | JP 2011-13469 A (CANON INC.) 20 January 2011, paragraphs [0014], [0039] & US 2011/0002046 A1, paragraphs [0030], [0056] & CN 101943790 A                                                                       | 36                                             |
| Y         | JP 2011-53663 A (KONICA MINOLTA OPTO, INC.) 17 March 2011, paragraphs [0105], [0106] & US 2011/0032606 A1, paragraphs [0117], [0118]                                                                           | 36                                             |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B13/04(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（IPC））

Int.Cl. G02B13/04, 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 | 1971-2019年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2019年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2019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 10-260346 A（富士写真光機株式会社）1998.09.29, 段落[0016],<br>実施例1 & US 5949589 A, Column3Line63-67, EXAMPLE 1                                                              | 1-3, 5-7, 10, 12, 14, 15, 17-19, 21, 24, 31, 32, 35 |
| Y               |                                                                                                                                                                  | 36                                                  |
| X               | JP 2012-68303 A（株式会社ニコン）2012.04.05, 第1実施例, 段落<br>[0001], [0036], [0037], 図17 & US 2012/0069441 A1, Example<br>1, [0005], [0078]-[0080], FIG. 18 & CN 102411196 A | 1, 2, 4, 5, 9, 13, 15-19, 21, 28, 30, 31, 35, 36    |

☒ 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

12.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

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）

岡田 弘

2 V

8 3 6 1

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                     | JP 2011-107267 A (株式会社ニコン) 2011.06.02, 第3実施例, 段落<br>[0001], [0306]-[0308], 図 57 & US 2011/0116172 A1, Example<br>3, [0005], [0382]-[0384], FIG. 61 & EP 2325682 A2 & CN 102062934 A | 1, 2, 9, 14, 15,<br>17-19, 21, 29,<br>31, 35, 36           |
| X                     | JP 2012-247689 A (ペンタックスリコーイメージング株式会社)<br>2012.12.13, 数値実施例 1, 段落[0001] & US 2012/0307374<br>A1, Numerical Embodiment 1, [0002]                                                     | 1-3, 6, 8-10, 1<br>2-15, 17-19, 2<br>1, 24, 31, 35, 3<br>6 |
| Y                     | JP 2010-266577 A (キヤノン株式会社) 2010.11.25, 段落<br>[0013], [0014] & US 2010/0290133 A1, [0030], [0031]                                                                                   | 36                                                         |
| Y                     | JP 2011-13469 A (キヤノン株式会社) 2011.01.20, 段落<br>[0014], [0039] & US 2011/0002046 A1, [0030], [0056] & CN 101943790<br>A                                                                | 36                                                         |
| Y                     | JP 2011-53663 A (コニカミノルタオプト株式会社) 2011.03.17, 段<br>落[0105], [0106] & US 2011/0032606 A1, [0117], [0118]                                                                              | 36                                                         |