

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年10月18日(18.10.2018)



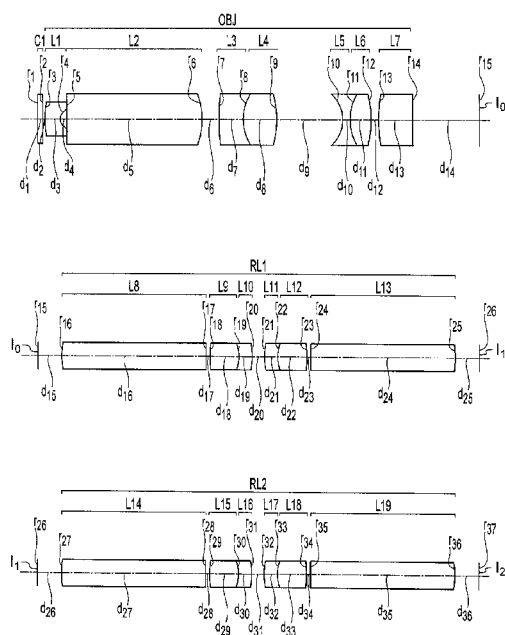
(10) 国際公開番号

WO 2018/189853 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) *A61B 1/002* (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01) *G02B 23/26* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/015095
- (22) 国際出願日: 2017年4月13日(13.04.2017)
- (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: 内田 佳宏 (UCHIDA Yoshihiro); 〒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).
鵜澤 勉 (UZAWA Tsutomu); 〒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, 外 (SAITO Keisuke et al.); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1-4-1-3 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, 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,

(54) Title: STEREOSCOPIC ENDOSCOPE OPTICAL SYSTEM AND ENDOSCOPE PROVIDED THEREWITH

(54) 発明の名称: 立体視内視鏡光学系及びそれを備えた内視鏡



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a stereoscopic endoscope optical system having high resolving power although being compact, and an endoscope provided therewith. This stereoscopic endoscope optical system is provided with a first optical system and a second optical system, wherein each of the optical systems comprises an objective optical system, a relay optical system, and an image formation optical system, the image formation optical system comprises a first lens group, a first optical path change element, and a second optical path change element, the objective optical system and the relay optical system are disposed in a first optical path, a second optical path is formed between the first optical path change element and the second optical path change element, a third optical path is formed between the second optical path change element and a final image, the first optical path change element has a first reflection surface disposed in the first optical path, and a second reflection surface disposed in the second optical path, the second optical path change element has a third reflection surface disposed in the second optical path, and a fourth reflection surface disposed in the third optical path, and the following conditional expressions (1), (2) are satisfied. (1): $D1 < D2$ (2): $D3 < D2$

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (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：小型でありながら、高い分解能を有する立体視内視鏡光学系及びそれを備えた内視鏡を提供すること。立体視内視鏡光学系は、第1光学系と第2光学系とを備え、各光学系は、対物光学系と、リレー光学系と、結像光学系と、を有し、結像光学系は、第1レンズ群と、第1光路変更素子と、第2光路変更素子と、を有し、対物光学系とリレー光学系は、第1光路に配置され、第1光路変更素子から第2光路変更素子までの間に、第2光路が形成され、第2光路変更素子から最終像までの間に、第3光路が形成され、第1光路変更素子は、第1光路に配置された第1反射面と、第2光路に配置された第2反射面と、を有し、第2光路変更素子は、第2光路に配置された第3反射面と、第3光路に配置された第4反射面と、を有し、以下の条件式（1）、（2）を満足する。 $D_1 < D_2$ （1） $D_3 < D_2$ （2）

明 細 書

発明の名称：立体視内視鏡光学系及びそれを備えた内視鏡

技術分野

[0001] 本発明は、立体視内視鏡光学系及びそれを備えた内視鏡に関する。

背景技術

[0002] 従来、医療用の立体視内視鏡に用いる光学系として、対物光学系とリレー光学系とを備えた光学系が知られている。この光学系では、対物レンズは内視鏡の挿入部の先端に配置されている。リレー光学系も挿入部に配置され、対物光学系の像をリレーする。リレーされた像は、挿入部の外に設けられた光学系、例えば、結像光学系に伝達される。

[0003] 特許文献1には、立体視内視鏡に用いる光学系が開示されている。この光学系では、対物光学系と、リレー光学系と、結像光学系とからなる光学系が、2つ用いられている。各光学系によって、2つの最終像が異なる位置に形成される。

[0004] 特許文献1に開示されている光学系では、リレー光学系の像側に反射部材を配置して、2つの光学系の光軸間隔を広げている。これにより、物体空間の広い範囲を、高い分解能で観察又は撮像できるようにしている。

[0005] 特許文献1の実施例の光学系では、小型化を実現するために、リレー光学系の像側に、アナモルフィック光学系が配置されている。アナモルフィック光学系によって、視差方向の結像倍率を、視差方向と垂直な方向の結像倍率よりも小さくしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平7-35989号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 従来の光学系では、2つの最終像の間隔が大きいため、リレー光学系より

も像側の構成が大型になっている。

[0008] 特許文献 1 の実施例の光学系では、視差方向の結像倍率が小さくなっている。この場合、最終像の大きさを、視差方向と、視差方向と垂直な方向とで同じにする必要がある。そのためには、例えば、撮像した最終像の画像を、画像処理によって、視差方向だけ拡大すれば良い。しかしながら、この方法では、視差方向の解像性能が劣化してしまう。

[0009] 画像処理による解像性能の劣化を防止する方法として、画素ピッチが小さい撮像素子の使用がある。例えば、視差方向の画素ピッチが、視差方向と垂直な方向の画素ピッチよりも小さい撮像素子を用いればよい。しかしながら、画素ピッチが細くなることにより、ノイズが発生してしまう。そのため、この方法では、解像性能の劣化を防止することは難しい。

[0010] 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、小型でありながら、高い分解能を有する立体視内視鏡光学系及びそれを備えた内視鏡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

[0011] 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立体視内視鏡光学系は、

第 1 光学系と、第 2 光学系と、を備え、

第 1 光学系と第 2 光学系は、同一の光学系であって、

第 1 光学系と第 2 光学系には、各々、第 1 光路と、第 2 光路と、第 3 光路と、が形成され、

第 1 光学系と第 2 光学系は、各々、物体側より順に、対物光学系と、リレー光学系と、結像光学系と、を有し、

結像光学系は、第 1 レンズ群と、第 1 光路変更素子と、第 2 光路変更素子と、を有し、

結像光学系によって、物体の最終像が形成され、

対物光学系とリレー光学系は、第 1 光路に配置され、

第 1 光路変更素子から第 2 光路変更素子までの間に、第 2 光路が形成され

、

第2光路変更素子から最終像までの間に、第3光路が形成され、

第1光路変更素子は、第1光路に配置された第1反射面と、第2光路に配置された第2反射面と、を有し、

第2光路変更素子は、第2光路に配置された第3反射面と、第3光路に配置された第4反射面と、を有し、

第1光学系の第1光軸、第1光学系の第2光軸、第1光学系の第3光軸、第2光学系の第1光軸、第2光学系の第2光軸及び第2光学系の第3光軸は、全て同一平面内に位置し、

以下の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする。

$$D1 < D2 \quad (1)$$

$$D3 < D2 \quad (2)$$

ここで、

D1は、第1光学系の第1光軸と第2光学系の第1光軸との間隔、

D2は、第1光学系の第2光軸と第2光学系の第2光軸との間隔、

D3は、第1光学系の第3光軸と第2光学系の第3光軸との間隔、

第1光学系の第1光軸は、第1光学系の第1光路の光軸、

第1光学系の第2光軸は、第1光学系の第2光路の光軸、

第1光学系の第3光軸は、第1光学系の第3光路の光軸、

第2光学系の第1光軸は、第2光学系の第1光路の光軸、

第2光学系の第2光軸は、第2光学系の第2光路の光軸、

第2光学系の第3光軸は、第2光学系の第3光路の光軸、

間隔の単位はミリメートル、

である。

[0012] また、本発明の内視鏡は、上述の立体視内視鏡光学系と、最終像を撮像する撮像素子と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、小型でありながら、高い分解能を有する立体視内視鏡光

学系及びそれを備えた内視鏡を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]実施例1の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図2]実施例1の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図3]実施例1の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図4]実施例2の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図5]実施例2の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図6]実施例2の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図7]実施例3の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図8]実施例3の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図9]実施例3の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図10]実施例4の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図11]実施例4の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図12]実施例5の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図13]実施例5の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図14]実施例5の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図15]実施例6の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図16]実施例6の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図17]実施例6の内視鏡用光学系のレンズ断面図である。
[図18]実施例1の内視鏡用光学系の収差図である。
[図19]実施例2の内視鏡用光学系の収差図である。
[図20]実施例3の内視鏡用光学系の収差図である。
[図21]実施例4の内視鏡用光学系の収差図である。
[図22]実施例5の内視鏡用光学系の収差図である。
[図23]実施例6の内視鏡用光学系の収差図である。
[図24]本実施形態の立体視内視鏡を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0015] 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。

[0016] 以下、最初に、3つの実施形態に共通する構成を備える立体視内視鏡光学系（以下、「本実施形態の立体視内視鏡光学系」という）について、説明する。次に、第1実施形態の立体視内視鏡光学系、第2実施形態の立体視内視鏡光学系及び第3実施形態の立体視内視鏡光学系について、説明する。

[0017] 本実施形態の立体視内視鏡光学系は、第1光学系と、第2光学系と、を備え、第1光学系と第2光学系は、同一の光学系であって、第1光学系と第2光学系には、各々、第1光路と、第2光路と、第3光路と、が形成され、第1光学系と第2光学系は、各々、物体側より順に、対物光学系と、リレー光学系と、結像光学系と、を有し、結像光学系は、第1レンズ群と、第1光路変更素子と、第2光路変更素子と、を有し、結像光学系によって、物体の最終像が形成され、対物光学系とリレー光学系は、第1光路に配置され、第1光路変更素子から第2光路変更素子までの間に、第2光路が形成され、第2光路変更素子から最終像までの間に、第3光路が形成され、第1光路変更素子は、第1光路に配置された第1反射面と、第2光路に配置された第2反射面と、を有し、第2光路変更素子は、第2光路に配置された第3反射面と、第3光路に配置された第4反射面と、を有し、第1光学系の第1光軸、第1光学系の第2光軸、第1光学系の第3光軸、第2光学系の第1光軸、第2光学系の第2光軸及び第2光学系の第3光軸は、全て同一平面内に位置し、以下の条件式（1）、（2）を満足することを特徴する。

$$D1 < D2 \quad (1)$$

$$D3 < D2 \quad (2)$$

ここで、

D1は、第1光学系の第1光軸と第2光学系の第1光軸との間隔、

D 2 は、第 1 光学系の第 2 光軸と第 2 光学系の第 2 光軸との間隔、
D 3 は、第 1 光学系の第 3 光軸と第 2 光学系の第 3 光軸との間隔、
第 1 光学系の第 1 光軸は、第 1 光学系の第 1 光路の光軸、
第 1 光学系の第 2 光軸は、第 1 光学系の第 2 光路の光軸、
第 1 光学系の第 3 光軸は、第 1 光学系の第 3 光路の光軸、
第 2 光学系の第 1 光軸は、第 2 光学系の第 1 光路の光軸、
第 2 光学系の第 2 光軸は、第 2 光学系の第 2 光路の光軸、
第 2 光学系の第 3 光軸は、第 2 光学系の第 3 光路の光軸、
間隔の単位はミリメートル、
である。

[0018] 本実施形態の立体視内視鏡光学系は、第 1 光学系と、第 2 光学系と、を備えている。第 1 光学系と第 2 光学系は同一の光学系で、並列に配置されている。

[0019] 第 1 光学系と第 2 光学系には、各々、第 1 光路と、第 2 光路と、第 3 光路と、が形成されている。第 1 光学系と第 2 光学系は、各々、物体側より順に、対物光学系と、リレー光学系と、結像光学系と、を有している。

[0020] 結像光学系は、第 1 レンズ群と、第 1 光路変更素子と、第 2 光路変更素子と、を有する。結像光学系によって、物体の最終像が形成される。

[0021] 上述のように、第 1 光学系と第 2 光学系は同一の光学系で、並列に配置されている。よって、同一の最終像が、並列した状態で形成される。並列に形成された 2 つの最終像を観察又は撮像することで、物体を立体視することができる。

[0022] 本実施形態の立体視内視鏡光学系では、対物光学系とリレー光学系は、第 1 光路に配置されている。第 1 光路変更素子から第 2 光路変更素子までの間に、第 2 光路が形成され、第 2 光路変更素子から最終像までの間に、第 3 光路が形成されている。

[0023] 第 1 光路変更素子は、第 1 光路に配置された第 1 反射面と、第 2 光路に配置された第 2 反射面と、を有する。第 2 光路変更素子は、第 2 光路に配置さ

れた第3反射面と、第3光路に配置された第4反射面と、を有する。

[0024] 第1光学系と第2光学系は、並列に配置されている。よって、第1光学系の第1光軸、第1光学系の第2光軸、第1光学系の第3光軸、第2光学系の第1光軸、第2光学系の第2光軸及び第2光学系の第3光軸は、全て同一平面内に位置している。

[0025] 第1光学系の第1光軸と第2光学系の第1光軸とが対称となる軸を、中心軸とする。中心軸も、上述の同一平面内に位置している。

[0026] 立体視用視鏡光学系を小型にするためには、第1光学系と第2光学系との間隔を狭くすることが効果的である。

[0027] ただし、対物光学系、リレー光学系及び結像光学系が一本の直線上に配置されている場合、第1光学系と第2光学系の間隔を狭くすると、2つの最終像が互いに近づく。2つの最終像が重ならないようにするためには、最終像の大きさを小さくしなくてはならない。その結果、高い分解能で最終像を形成することが困難になる。また、最終像を撮像しても、解像度の高い画像を取得することが困難になる。

[0028] 本実施形態の立体視内視鏡光学系は、条件式(1)、(2)を満足する。

[0029] 条件式(1)を満足することで、第2光軸は、第1光軸よりも、中心軸に対して遠くに位置する。すなわち、第2光路は、第1光路よりも、中心軸に対して遠くに位置する。また、第2反射面は、第1反射面よりも、中心軸に対して遠くに位置する。

[0030] よって、リレー光学系から第1反射面に入射した光は、中心軸から離れる方向に反射される。第1反射面で反射された光は、第2光路に配置された第2反射面に入射する。第2反射面で反射された光は、第2光路に配置された第3反射面に入射する。

[0031] 条件式(2)を満足することで、第3光軸は、第2光軸よりも、中心軸に対して近くに位置する。すなわち、第3光路は、第2光路よりも、中心軸に対して近くに位置する。また、第4反射面は、第3反射面よりも、中心軸に対して近くに位置する。

- [0032] よって、第3反射面に入射した光は、中心軸に近づく方向に反射される。
第3反射面で反射された光は、第3光路に配置された第4反射面に入射する。
第4反射面で反射された光は、第3光路を進行する。
- [0033] このように、本実施形態の立体視内視鏡光学系では、第1光学系における光と第2光学系における光が、第1反射面によって、互いに遠ざかるように反射される。よって、最終像の大きさを、高い分解能を持つ大きさまで拡大することができる。
- [0034] さらに、第1光学系における光と第2光学系における光が、第3反射面によって、互いに近づくように反射される。これにより、高い分解能を持つ大きさの最終像を、可能な限り中心軸に近づけることができる。よって、最終像を撮像素子で撮像する場合、撮像素子の大きさを小さくすることができる。
- [0035] その結果、小型でありながら、高い分解能を有する立体視内視鏡光学系を実現することができる。
- [0036] 本実施形態の立体視内視鏡光学系は、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。
- $$0.01 \leq |d_{ivlr}| / Y_{imgh} \leq 1.5 \quad (3)$$
- ここで、
 d_{ivlr} は、第1光軸と最終像の中心との間隔、
 Y_{imgh} は、視差方向における最終像の高さ、
視差方向は、第1光学系の第1光軸及び第2光学系の第1光軸の両方と直交する方向、
である。
- [0037] 条件式(3)を満足することにより、高い分解能を持つ最終像を形成しながら、2つの最終像の間隔を適切に確保することができる。
- [0038] 第1実施形態の立体視内視鏡光学系では、結像光学系は、物体側から順に、第1光路変更素子と、第1レンズ群と、第2光路変更素子と、第2レンズ群と、を有し、第1レンズ群と第2レンズ群は、各々、正の屈折力を有し、

以下の条件式（４）、（５）、（６）を満足することが好ましい。

$$\beta_h \leq -1 \quad (4)$$

$$\beta_v \leq -1 \quad (5)$$

$$0.9 \leq \beta_h / \beta_v \leq 1.1 \quad (6)$$

ここで、

β_h は、第１方向における第１レンズ群と第２レンズ群との合成倍率、

β_v は、第２方向における第１レンズ群と第２レンズ群との合成倍率、

第１方向は、視差方向、

第２方向は、視差方向と垂直な方向、

視差方向は、第１光学系の第１光軸及び第２光学系の第１光軸の両方と直交する方向、
である。

[0039] 結像光学系の倍率は、実質的に、第１レンズ群と第２レンズ群との合成倍率で決まる。条件式（４）、（５）を満足することで、結像光学系の倍率を拡大倍率にすることができる。その結果、高い分解能で最終像を形成することができる。また、最終像を撮像することで、解像度の高い画像を取得することができる。

[0040] 第１光路変更素子の像側には、第１レンズ群が配置されている。第１レンズ群に正の屈折力を持たせることで、最終像の大きさを大きくした場合であっても、第１レンズ群から出射する光束の径を小さくすることができる。第１レンズ群の像側には、第２光路変更素子が配置されている。よって、第２光路変更素子へ入射する光束の径を小さくすることができる。

[0041] 上述のように、第３光路は、第２光路よりも、中心軸に対して近くに位置する。このように、第３光路では、第２光路変更素子によって、第１光学系の第３光軸と第２光学系の第３光軸との間隔を狭めることができる。

[0042] 第１実施形態の立体視内視鏡光学系では、第３光路には、第２レンズ群が配置されている。また、最終像を撮像素子で撮像する場合、第３光路には、撮像素子が配置される。よって、第１実施形態の立体視内視鏡光学系では、

第2レンズ群と撮像素子とを、共に小型化することができる。

[0043] 第1実施形態の立体視内視鏡光学系では、第2光路変更素子は、入射面と射出面とを有するプリズムであって、第2光路変更素子に到達した光は、入射面、第3反射面、第4反射面、射出面の順に進み、以下の条件式(7)を満足することが好ましい。

$$0.8 \leq \Phi_{\text{pri2in}} / \Phi_{\text{pri2ex}} \leq 1.3 \quad (7)$$

ここで、

Φ_{pri2in} は、第2光路変更素子の入射面の有効径、

Φ_{pri2ex} は、第2光路変更素子の射出面の有効径、

である。

[0044] 条件式(7)の上限値を上回らないことで、第2光路変更素子に入射する光束径が大きくなりすぎることを防ぐことができる。そのため、第3反射面の大きさや第4反射面の大きさを小さくすることができると共に、第3反射面と第4反射面との間隔を小さくすることができる。

[0045] 条件式(7)の下限値を下回らないことで、第2レンズ群に入射する光束の径を小さく保つことができる。そのため、第1光学系の第2レンズ群と第2光学系の第2レンズ群との干渉を防ぎながら、収差を良好に補正することができる。2つのレンズ群の干渉とは、例えば、2つのレンズ群の接触である。

[0046] 第2実施形態の立体視内視鏡光学系では、結像光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、第1光路変更素子と、第2光路変更素子と、第2レンズ群と、を有し、第1レンズ群と第2レンズ群は、各々、正の屈折力を有し、条件式(4)、(5)、(6)を満足することが好ましい。

[0047] 結像光学系の倍率は、実質的に、第1レンズ群と第2レンズ群との合成倍率で決まる。条件式(4)、(5)を満足することで、結像光学系の倍率を拡大倍率にすることができる。その結果、高い分解能で最終像を形成することができる。また、最終像を撮像することで、解像度の高い画像を取得することができる。

[0048] 第1光路変更素子の物体側には、第1レンズ群が配置されている。第1レンズ群に正の屈折力を持たせることで、最終像の大きさを大きくした場合であっても、第1レンズ群から出射する光束の径を小さくすることができる。第1レンズ群の像側には、第1光路変更素子と第2光路変更素子が配置されている。よって、第1光路変更素子と第2光路変更素子へ入射する光束の径を小さくすることができる。

[0049] 上述のように、第3光路は、第2光路よりも、中心軸に対して近くに位置する。このように、第3光路では、第2光路変更素子によって、第1光学系の第3光軸と第2光学系の第3光軸との間隔を狭めることができる。

[0050] 第2実施形態の立体視内視鏡光学系では、第3光路には、第2レンズ群が配置されている。また、最終像を撮像素子で撮像する場合、第3光路には、撮像素子が配置される。よって、第2実施形態の立体視内視鏡光学系では、第2レンズ群と撮像素子とを、共に小型化することができる。

[0051] 第2実施形態の立体視内視鏡光学系では、第1光路変更素子は、入射面と射出面とを有するプリズムであり、第2光路変更素子は、入射面と射出面とを有するプリズムであって、第1光路変更素子に到達した光は、第1光路変更素子の入射面、第1反射面、第2反射面、第1光路変更素子の射出面の順に進み、第2光路変更素子に到達した光は、第2光路変更素子の入射面、第3反射面、第4反射面、第2光路変更素子の射出面の順に進み、以下の条件式(8)を満足することが好ましい。

$$0.3 \leq \Phi_{pri1in} / \Phi_{pri2ex} \leq 1.3 \quad (8)$$

ここで、

Φ_{pri1in} は、第1光路変更素子の入射面の有効径、

Φ_{pri2ex} は、第2光路変更素子の射出面の有効径、

である。

[0052] 条件式(8)の上限値を上回らないことで、第2光路変更素子に入射する光束径が大きくなりすぎることを防ぐことができる。そのため、第3反射面や第4反射面において光線のケラレを発生させることなく、第2光路変更素

子を小型化することができる。

[0053] 条件式（８）の下限値を下回らないことで、第２レンズ群に入射する光束の径を小さく保つことができ。そのため、第１光学系の第２レンズ群と第２光学系の第２レンズ群との干渉を防ぎながら、収差を良好に補正することができる。

[0054] 第１実施形態の立体視内視鏡光学系は、以下の条件式（９）を満足することが好ましい。

$$0.8 \leq DG2b / FLG2 \leq 1.5 \quad (9)$$

ここで、

DG2bは、第２レンズ群の像側主点から最終像までの間隔、

FLG2は、第２レンズ群の焦点距離、

である。

[0055] 最終像は、低い空間周波数成分から高い空間周波数成分まで、様々な空間周波数成分を有する。光学系では、回折の影響により、高周波側の空間周波数成分における分解能が悪化する。これを防ぎながら、光学系の小型化を実現するためには、Fナンバーを小さくしつつ、第２レンズ群を小径化する必要がある。条件式（９）の上限値を上回らないことで、第２レンズ群のレンズ径を小さく保ちつつ、Fナンバーを小さくすることができる。

[0056] 条件式（９）の下限値を下回ると、第２レンズ群の焦点距離に対して、第２レンズ群の像側主点から最終像までの間隔が小さくなる。この場合、第１レンズ群の屈折力を大きくしなければならなくなる。第１レンズ群の屈折力を大きくすると、収差が発生し易くなる。

[0057] 条件式（９）の下限値を下回らないことで、第１レンズ群の屈折力を適切に保ちつつ、球面収差の発生やコマ収差の発生を、より良好に抑えることができる。

[0058] 第２実施形態の立体視内視鏡光学系は、条件式（９）を満足することが好ましい。

[0059] Fナンバーが大きくなると、高周波側の空間周波数成分における分解能が

、回折の影響によって低下する。条件式（９）の上限値を上回らないことで、Fナンバーが大きくなりすぎることを防ぐことができる。その結果、回折の影響による高周波側の空間周波数成分における分解能の低下を防ぐことができる。

[0060] 条件式（９）の下限値を下回らないことで、結像光学系における光束径が大きくなることを防ぐことができる。そのため、第１光路変更素子や第２光路変更素子を小型化することができる。

[0061] 第１実施形態の立体視内視鏡光学系は、以下の条件式（１０）を満足することが好ましい。

$$0.02 \leq Y_{img}/FLG2 \leq 0.2 \quad (10)$$

ここで、

Y_{img} は、最終像の最大高さ、

$FLG2$ は、第２レンズ群の焦点距離、

である。

[0062] 条件式（１０）の上限値を上回らないことで、第２レンズ群の屈折力を適切に保つことができる。その結果、諸収差の発生、特に、球面収差の発生やコマ収差の発生を、より良好に抑えることができる。

[0063] 第２レンズ群の焦点距離が長くなる場合、第１レンズ群の屈折力を大きくしなければならなくなる。第１レンズ群の屈折力を大きくすると、収差が発生し易くなる。

[0064] 条件式（１０）の下限値を下回らないことで、第１レンズ群の屈折力を適切に保つことができる。その結果、諸収差の発生、特に、球面収差の発生やコマ収差の発生を、より良好に抑えることができる。

[0065] 第２実施形態の立体視内視鏡光学系は、条件式（１０）を満足することが好ましい。

[0066] 条件式（１０）の上限値を上回らない、又は、条件式（１０）の下限値を下回らないことで、バックフォーカスを適切に確保することができる。

[0067] 第３実施形態の立体視内視鏡光学系では、結像光学系は、物体側から順に

、第1光路変更素子と、第1レンズ群と、第2光路変更素子と、を有し、第1レンズ群は、正の屈折力を有し、以下の条件式(11)、(12)、(13)を満足することが好ましい。

$$\beta G1h \leq -1 \quad (11)$$

$$\beta G1v \leq -1 \quad (12)$$

$$0.9 \leq \beta G1h / \beta G1v \leq 1.1 \quad (13)$$

ここで、

$\beta G1h$ は、第1方向における第1レンズ群の倍率、

$\beta G1v$ は、第2方向における第1レンズ群の倍率、

第1方向は、視差方向、

第2方向は、視差方向と垂直な方向、

視差方向は、第1光学系の第1光軸及び第2光学系の第1光軸の両方と直交する方向、

である。

[0068] 結像光学系の倍率は、第1レンズ群の倍率で決まる。条件式(11)、(12)を満足することで、結像光学系の倍率を拡大倍率にすることができる。その結果、高い分解能で最終像を形成することができる。また、最終像を撮像することで、解像度の高い画像を取得することができる。

[0069] 第1光路変更素子の像側には、第1レンズ群が配置されている。第1レンズ群に正の屈折力を持たせることで、最終像の大きさを大きくした場合であっても、第1レンズ群から出射する光束の径を小さくすることができる。第1レンズ群の像側には、第2光路変更素子が配置されている。よって、第2光路変更素子へ入射する光束の径を小さくすることができる。

[0070] 上述のように、第3光路は、第2光路よりも、中心軸に対して近くに位置する。このように、第3光路では、第2光路変更素子によって、第1光学系の第3光軸と第2光学系の第3光軸との間隔を狭めることができる。

[0071] 最終像を撮像素子で撮像する場合、第3光路には、撮像素子が配置される。よって、第3実施形態の立体視内視鏡光学系では、撮像素子を小型化する

ことができる。

[0072] 第1実施形態の立体視内視鏡光学系では、リレー光学系の像側に、物体の中間像が形成され、以下の条件式(14)を満足することが好ましい。

$$0.6 \leq DG1f / FLG1 \leq 1.2 \quad (14)$$

ここで、

DG1fは、第1レンズ群の物体側主点から中間像までの間隔、

FLG1は、第1レンズ群の焦点距離、

である。

[0073] 条件式(14)の上限値を上回らないことで、第1レンズ群の屈折力を適切に保つことができる。その結果、球面収差やコマ収差などを抑えつつ、第2光路変更素子に入射する光線の高さを小さく抑えることができる。

[0074] 条件式(14)の下限値を下回らないことで、第1レンズ群から出射する光線の発散を抑えることができる。第1レンズ群の像側には、第2光路変更素子が配置されている。第2光路変更素子には、発散が抑えられた光線が入射するので、第2光路変更素子が大型化することを防ぐことができる。

[0075] 第2実施形態の立体視内視鏡光学系では、リレー光学系の像側に、物体の中間像が形成され、条件式(14)を満足することが好ましい。

[0076] 第1レンズ群の像側には、第1光路変更素子と第2光路変更素子が配置されている。第1光路変更素子の光路長と第2光路変更素子の光路長を適切に確保しつつ、2つの光路変更素子が大型化しないように第1レンズ群を配置する必要がある。

[0077] 条件式(14)の上限値を上回らないことで、第1光路変更素子の光路長と第2光路変更素子の光路長が適切に確保された状態で、第1レンズ群から出射した光を第2レンズ群に入射させることができる。そのため、第2レンズ群における屈折力を良好に保ちながら、高い分解能を確保することができる。

[0078] 条件式(14)の下限値を下回らないことで、第1レンズ群から出射する光線の発散を抑えることができる。第1レンズ群の像側には、第1光路変更

素子と第2光路変更素子とが配置されている。第1光路変更素子と第2光路変更素子には、発散が抑えられた光線が入射するので、第1光路変更素子と第2光路変更素子が、各々、大型化することを防ぐことができる。

[0079] 第1実施形態の立体視内視鏡光学系は、以下の条件式(15)を満足することが好ましい。

$$0 < Y_{img} / FLG1 \leq 0.3 \quad (15)$$

ここで、

Y_{img} は、最終像の最大高さ、

$FLG1$ は、第1レンズ群の焦点距離、

である。

[0080] 条件式(15)の上限値を上回らないことで、第1レンズ群の屈折力を適切に保つことができる。その結果、諸収差の発生、特に、球面収差の発生やコマ収差の発生を、より良好に抑えることができる。

[0081] 条件式(15)の下限値を下回らないことで、第2光路変更素子に入射する光束径が大きくなりすぎることを防ぐことができる。そのため、第3反射面の大きさや第4反射面の大きさを小さくできると共に、第3反射面と第4反射面との間隔を小さくすることができる。

[0082] 第2実施形態の立体視内視鏡光学系は、条件式(15)を満足することが好ましい。

[0083] 条件式(15)の上限値を上回らないことで、第2光路変更素子から射出する光束の径を適切に保つことができる。

[0084] 条件式(15)の下限値を下回らないことで、第2光路変更素子に入射する光束の径を適切に保つことができる。そのため、第2光路変更素子の大きさを小さくすることができる。

[0085] 第3実施形態の立体視内視鏡光学系は、条件式(15)を満足することが好ましい。

[0086] 条件式(15)の上限値を上回らない、又は、条件式(15)の下限値を下回らないことで、結像光学系を小型化することができる。

[0087] 第1実施形態の立体視内視鏡光学系、第2実施形態の立体視内視鏡光学系及び第3実施形態の立体視内視鏡光学系は、以下の条件式(16)を満足することが好ましい。

$$0.3 \leq D_{ax1} / (\Phi_{rmax} + D_{ax1}) \leq 0.8 \quad (16)$$

ここで、

D_{ax1} は、第1光学系の第1光軸と第2光学系の第1光軸との間隔、

Φ_{rmax} は、リレー光学系における最大レンズ径、

である。

[0088] 条件式(16)の上限値を上回らないことで、軸上光束径を十分に確保することができる。そのため、高周波側の空間周波数成分における分解能を高く保つことができる。

[0089] 条件式(16)の下限値を下回らないことで、リレー光学系のレンズ径を適切に保ちながら、視差量を十分に確保することができる。

[0090] 第1実施形態の立体視内視鏡光学系、第2実施形態の立体視内視鏡光学系及び第3実施形態の立体視内視鏡光学系では、対物光学系によって、リレー光学系の物体側に、物体の像が形成され、以下の条件式(17)を満足することが好ましい。

$$1.0 \leq \Phi_{rmax} / Y_{midimg} \leq 5.0 \quad (17)$$

ここで、

Φ_{rmax} は、リレー光学系における最大レンズ径、

Y_{midimg} は、物体の像の最大高さ、

である。

[0091] 対物光学系によって、リレー光学系の物体側に、物体の像が形成される。物体の像は、リレー光学系によってリレーされる。リレー光学系の像側には、中間像が形成される。

[0092] 条件式(17)は、リレー光学系に関する好ましい条件式である。樽型ディストーションが大きく発生すると、最終像の周辺部において高い分解能を得ることが困難になる。そのため、樽型ディストーションは、小さく抑える

必要がある。

[0093] 条件式（１７）の上限値を上回らないことで、立体視内視鏡光学系に求められる外径や画角を維持しつつ、特にディストーションを良好に保つことができる。

[0094] 条件式（１７）の下限値を下回らないことで、軸外従属光線のケラレを抑えることができる。軸外従属光線のケラレを抑えることで、最終像の周辺部においても、高い分解能を維持することができる。また、最終像を撮像した場合、撮像画像の周辺においても、高い空間周波数成分まで高い分解能を維持することができる。

[0095] 第１実施形態の立体視内視鏡光学系、第２実施形態の立体視内視鏡光学系及び第３実施形態の立体視内視鏡光学系では、第１レンズ群は、移動レンズ群を有し、移動レンズ群の移動によって合焦を行うことが好ましい。

[0096] このようにすることで、物体が近点から遠点までのどこに位置していても、高い分解能で最終像を形成することができる。また、最終像を撮像することで、解像度の高い画像を取得することができる。

[0097] 第１実施形態の立体視内視鏡光学系及び第２実施形態の立体視内視鏡光学系では、第２レンズ群は、移動レンズ群を有し、移動レンズ群の移動によって合焦を行うことが好ましい。

[0098] このようにすることで、物体が近点から遠点までのどこに位置していても、高い分解能で最終像を形成することができる。また、最終像を撮像することで、解像度の高い画像を取得することができる。

[0099] 本実施形態の内視鏡は、上述の立体視内視鏡光学系と、最終像を撮像する撮像素子と、を備えることを特徴とする。

[0100] 本実施形態の内視鏡によれば、小型でありながら、最終像を撮像することで、解像度の高い画像を取得することができる。

[0101] 各条件式について、以下のように、下限値、または上限値を変更しても良い。

条件式（３）については、以下の通りである。

下限値については、0.10又は0.20とすることがこのましい。

上限値については、1.00又は0.80とすることがこのましい。

条件式(4)については、以下の通りである。

下限値については、-1.70又は-1.60とすることがこのましい。

上限値については、-1.05又は-1.10とすることがこのましい。

条件式(5)については、以下の通りである。

下限値については、-1.70又は-1.60とすることがこのましい。

上限値については、-1.05又は-1.10とすることがこのましい。

条件式(6)については、以下の通りである。

下限値については、0.95又は0.99とすることがこのましい。

上限値については、1.05又は1.01とすることがこのましい。

条件式(7)については、以下の通りである。

下限値については、0.90又は0.95とすることがこのましい。

上限値については、1.20又は1.10とすることがこのましい。

条件式(8)については、以下の通りである。

下限値については、0.4又は0.5とすることがこのましい。

上限値については、1.2又は1.1とすることがこのましい。

条件式(9)については、以下の通りである。

下限値については、0.90又は0.95とすることがこのましい。

上限値については、1.40又は1.30とすることがこのましい。

条件式(10)については、以下の通りである。

下限値については、0.05又は0.07とすることがこのましい。

上限値については、0.14又は0.12とすることがこのましい。

条件式(11)については、以下の通りである。

下限値については、-1.5又は-1.3とすることがこのましい。

上限値については、-1.01又は-1.02とすることがこのましい。

条件式(12)については、以下の通りである。

下限値については、-1.5又は-1.3とすることがこのましい。

上限値については、 -1.01 又は -1.02 とすることがこのましい。
条件式(13)については、以下の通りである。

下限値については、 0.95 又は 0.99 とすることがこのましい。

上限値については、 1.05 又は 1.01 とすることがこのましい。
条件式(14)については、以下の通りである。

下限値については、 0.70 又は 0.80 とすることがこのましい。

上限値については、 1.10 又は 1.05 とすることがこのましい。
条件式(15)については、以下の通りである。

下限値については、 0.02 又は 0.08 とすることがこのましい。

上限値については、 0.20 又は 0.15 とすることがこのましい。
条件式(16)については、以下の通りである。

下限値については、 0.4 又は 0.5 とすることがこのましい。

上限値については、 0.7 又は 0.6 とすることがこのましい。
条件式(17)については、以下の通りである。

下限値については、 2.0 又は 3.1 とすることがこのましい。

上限値については、 4.0 又は 2.3 とすることがこのましい。

[0102] 以下に、内視鏡用光学系の実施例を、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。

[0103] 立体視内視鏡光学系の実施例について説明する。図1乃至図17は、各実施例の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図である。レンズ断面図は、視差方向における断面図である。

[0104] 図18乃至図23は、各実施例の立体視内視鏡光学系の収差図である。各実施例の収差図において、(a)は非点収差(AS)、(b)は歪曲収差(DT)、(c)乃至(h)は横収差を示している。

[0105] 横収差において、横軸の最大値は $\pm 50 \mu\text{m}$ である。縦軸は、入射瞳径で規格化されている。Taはタンジェンシャル方向、Saはサジタル方向を表している。IH0は軸上、IH0.5は最大像高の0.5倍、IH0.7は最大像高の0.7倍を表している。

[0106] 実施例1の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図を図1乃至図3に示す。図1には、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL1と、第2リレー光学系RL2と、が示されている。図2には、第3リレー光学系RL3と、第4リレー光学系RL4と、第5リレー光学系RL5と、が示されている。図3には、結像光学系が示されている。

[0107] 実施例1の立体視内視鏡光学系は、物体側から順に、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL1と、第2リレー光学系RL2と、第3リレー光学系RL3と、第4リレー光学系RL4と、第5リレー光学系RL5と、結像光学系と、を有する。

[0108] 対物光学系OBJによって、1次像I₀が形成される。1次像I₀は、第1リレー光学系RL1でリレーされる。これにより、第1リレー像I₁が形成される。第1リレー像I₁は、第2リレー光学系RL2でリレーされる。これにより、第2リレー像I₂が形成される。第2リレー像I₂は、第3リレー光学系RL3でリレーされる。これにより、第3リレー像I₃が形成される。第3リレー像I₃は、第4リレー光学系RL4でリレーされる。これにより、第4リレー像I₄が形成される。

[0109] 第4リレー像I₄は、第5リレー光学系RL5でリレーされる。これにより、第5リレー像が形成されるが、実施例1のレンズ断面図では図示されていない。第5リレー像は中間像である。結像光学系によって、最終像Iが形成される。

[0110] 対物光学系OBJは、物体側から順に、平凹負レンズL1と、平凸正レンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、からなる。ここで、負メニスカスレンズL3と両凸正レンズL4とが接合されている。両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。平凹負レンズL1の物体側には、カバーガラスC1が配置されている。

[0111] 第1リレー光学系RL1は、平凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、

像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 0と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と、両凸正レンズL 1 2と、平凸正レンズL 1 3と、からなる。ここで、両凸正レンズL 9と負メニスカスレンズL 1 0とが接合されている。負メニスカスレンズL 1 1と両凸正レンズL 1 2とが接合されている。

[0112] 第2リレー光学系RL 2は、平凸正レンズL 1 4と、両凸正レンズL 1 5と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 6と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 7と、両凸正レンズL 1 8と、平凸正レンズL 1 9と、からなる。ここで、両凸正レンズL 1 5と負メニスカスレンズL 1 6とが接合されている。負メニスカスレンズL 1 7と両凸正レンズL 1 8とが接合されている。

[0113] 第3リレー光学系RL 3は、平凸正レンズL 2 0と、両凸正レンズL 2 1と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 3と、両凸正レンズL 2 4と、平凸正レンズL 2 5と、からなる。ここで、両凸正レンズL 2 1と負メニスカスレンズL 2 2とが接合されている。負メニスカスレンズL 2 3と両凸正レンズL 2 4とが接合されている。

[0114] 第4リレー光学系RL 4は、平凸正レンズL 2 6と、両凸正レンズL 2 7と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 8と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 9と、両凸正レンズL 3 0と、平凸正レンズL 3 1と、からなる。ここで、両凸正レンズL 2 7と負メニスカスレンズL 2 8とが接合されている。負メニスカスレンズL 2 9と両凸正レンズL 3 0とが接合されている。

[0115] 第5リレー光学系RL 5は、平凸正レンズL 3 2と、両凸正レンズL 3 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 5と、両凸正レンズL 3 6と、平凸正レンズL 3 7と、からなる。ここで、両凸正レンズL 3 3と負メニスカスレンズL 3 4とが接合されている。負メニスカスレンズL 3 5と両凸正レンズL 3 6とが

接合されている。

[0116] 負メニスカスレンズL 3 4 と負メニスカスレンズL 3 5 との間に、開口絞りSが配置されている。

[0117] 結像光学系は、物体側から順に、プリズムP 1 と、第1レンズ群G 1 と、プリズムP 2 と、第2レンズ群G 2 と、を有する。

[0118] 第1レンズ群G 1 は、両凸正レンズL 3 8 と、両凹負レンズL 3 9 と、両凸正レンズL 4 0 と、両凸正レンズL 4 1 と、を有する。ここで、両凹負レンズL 3 9 と両凸正レンズL 4 0 とが接合されている。正レンズL 4 1 は合焦のために移動する。

[0119] 第2レンズ群G 1 は、両凸正レンズL 4 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 3 と、両凹負レンズL 4 4 と、両凸正レンズL 4 5 と、を有する。

[0120] プリズムP 1 は、第1光路変更素子である。プリズムP 1 は、第1反射面r 7 2 と、第2反射面r 7 3 と、を有する。プリズムP 2 は第2光路変更素子である。プリズムP 2 は、第3反射面r 8 7 と、第4反射面r 8 8 と、を有する。

[0121] 第1レンズ群G 1 とプリズムP 2 との間に、光学フィルタFと平行平板C 2 が配置されている。第2レンズ群G 2 から最終像Iまでの間に、カバーガラスC 3 とカバーガラスC 4 が配置されている。

[0122] 非球面は、平凹負レンズL 1 の両面に設けられている。

[0123] 第2光軸AX 2 は、第1光軸AX 1 よりも、中心軸AX c に対して遠くに位置している。第3光軸AX 3 は、第2光軸AX 2 よりも、中心軸AX c に対して近くに位置している。

[0124] 実施例2の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図を図4乃至図6に示す。図4には、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL 1 と、第2リレー光学系RL 2 と、が示されている。図5には、第3リレー光学系RL 3 と、第4リレー光学系RL 4 と、第5リレー光学系RL 5 と、が示されている。図6には、結像光学系が示されている。

- [0125] 実施例2の立体視内視鏡光学系は、物体側から順に、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL1と、第2リレー光学系RL2と、第3リレー光学系RL3と、第4リレー光学系RL4と、第5リレー光学系RL5と、結像光学系と、を有する。
- [0126] 対物光学系OBJによって、1次像I₀が形成される。1次像I₀は、第1リレー光学系RL1でリレーされる。これにより、第1リレー像I₁が形成される。第1リレー像I₁は、第2リレー光学系RL2でリレーされる。これにより、第2リレー像I₂が形成される。第2リレー像I₂は、第3リレー光学系RL3でリレーされる。これにより、第3リレー像I₃が形成される。第3リレー像I₃は、第4リレー光学系RL4でリレーされる。これにより、第4リレー像I₄が形成される。
- [0127] 第4リレー像I₄は、第5リレー光学系RL5でリレーされる。これにより、第5リレー像が形成されるが、実施例2のレンズ断面図では図示されていない。第5リレー像は中間像である。結像光学系によって、最終像Iが形成される。
- [0128] 対物光学系OBJは、物体側から順に、平凹負レンズL1と、平凸正レンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、からなる。ここで、負メニスカスレンズL3と両凸正レンズL4とが接合されている。両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。平凹負レンズL1の物体側には、カバーガラスC1が配置されている。
- [0129] 第1リレー光学系RL1は、平凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、平凸正レンズL13と、からなる。ここで、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とが接合されている。負メニスカスレンズL11と両凸正レンズL12とが接合されている。

- [0130] 第2リレー光学系RL2は、平凸正レンズL14と、両凸正レンズL15と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL16と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17と、両凸正レンズL18と、平凸正レンズL19と、からなる。ここで、両凸正レンズL15と負メニスカスレンズL16とが接合されている。負メニスカスレンズL17と両凸正レンズL18とが接合されている。
- [0131] 第3リレー光学系RL3は、平凸正レンズL20と、両凸正レンズL21と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23と、両凸正レンズL24と、平凸正レンズL25と、からなる。ここで、両凸正レンズL21と負メニスカスレンズL22とが接合されている。負メニスカスレンズL23と両凸正レンズL24とが接合されている。
- [0132] 第4リレー光学系RL4は、平凸正レンズL26と、両凸正レンズL27と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL28と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL29と、両凸正レンズL30と、平凸正レンズL31と、からなる。ここで、両凸正レンズL27と負メニスカスレンズL28とが接合されている。負メニスカスレンズL29と両凸正レンズL30とが接合されている。
- [0133] 第5リレー光学系RL5は、平凸正レンズL32と、両凸正レンズL33と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL35と、両凸正レンズL36と、平凸正レンズL37と、からなる。ここで、両凸正レンズL33と負メニスカスレンズL34とが接合されている。負メニスカスレンズL35と両凸正レンズL36とが接合されている。
- [0134] 負メニスカスレンズL34と負メニスカスレンズL35との間に、開口絞りSが配置されている。
- [0135] 結像光学系は、物体側から順に、プリズムP1と、第1レンズ群G1と、プリズムP2と、第2レンズ群G2と、を有する。

- [0136] 第1レンズ群G1は、両凸正レンズL38と、両凹負レンズL39と、両凸正レンズL40と、平凸正レンズL41と、を有する。ここで、両凹負レンズL39と両凸正レンズL40とが接合されている。平凸正レンズL41は合焦のために移動する。
- [0137] 第2レンズ群G1は、両凸正レンズL42と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43と、両凹負レンズL44と、両凸正レンズL45と、を有する。
- [0138] プリズムP1は、第1光路変更素子である。プリズムP1は、第1反射面r72と、第2反射面r73と、を有する。プリズムP2は第2光路変更素子である。プリズムP2は、第3反射面r87と、第4反射面r88と、を有する。
- [0139] 第1レンズ群G1とプリズムP2との間に、光学フィルタFと平行平板C2が配置されている。第2レンズ群G2から最終像Iまでの間に、カバーガラスC3とカバーガラスC4が配置されている。
- [0140] 非球面は、平凹負レンズL1の両面に設けられている。
- [0141] 第2光軸AX2は、第1光軸AX1よりも、中心軸AXcに対して遠くに位置している。第3光軸AX3は、第2光軸AX2よりも、中心軸AXcに対して近くに位置している。
- [0142] 実施例3の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図を図7乃至図9に示す。図7には、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL1と、第2リレー光学系RL2と、が示されている。図8には、第3リレー光学系RL3と、第4リレー光学系RL4と、第5リレー光学系RL5と、が示されている。図9には、結像光学系が示されている。
- [0143] 実施例3の立体視内視鏡光学系は、物体側から順に、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL1と、第2リレー光学系RL2と、第3リレー光学系RL3と、第4リレー光学系RL4と、第5リレー光学系RL5と、結像光学系と、を有する。
- [0144] 対物光学系OBJによって、1次像Ioが形成される。1次像Ioは、第

1 リレー光学系 R L 1 でリレーされる。これにより、第 1 リレー像 I 1 が形成される。第 1 リレー像 I 1 は、第 2 リレー光学系 R L 2 でリレーされる。これにより、第 2 リレー像 I 2 が形成される。第 2 リレー像 I 2 は、第 3 リレー光学系 R L 3 でリレーされる。これにより、第 3 リレー像 I 3 が形成される。第 3 リレー像 I 3 は、第 4 リレー光学系 R L 4 でリレーされる。これにより、第 4 リレー像 I 4 が形成される。

[0145] 第 4 リレー像 I 4 は、第 5 リレー光学系 R L 5 でリレーされる。これにより、第 5 リレー像 I 5 が形成される。第 5 リレー像 I 5 は中間像である。結像光学系によって、最終像 I が形成される。

[0146] 対物光学系 O B J は、物体側から順に、平凹負レンズ L 1 と、平凸正レンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、両凸正レンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 3 と両凸正レンズ L 4 とが接合されている。両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とが接合されている。平凹負レンズ L 1 の物体側には、カバーガラス C 1 が配置されている。

[0147] 第 1 リレー光学系 R L 1 は、平凸正レンズ L 8 と、両凸正レンズ L 9 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 10 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 11 と、両凸正レンズ L 12 と、平凸正レンズ L 13 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 9 と負メニスカスレンズ L 10 とが接合されている。負メニスカスレンズ L 11 と両凸正レンズ L 12 とが接合されている。

[0148] 第 2 リレー光学系 R L 2 は、平凸正レンズ L 14 と、両凸正レンズ L 15 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 16 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 17 と、両凸正レンズ L 18 と、平凸正レンズ L 19 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 15 と負メニスカスレンズ L 16 とが接合されている。負メニスカスレンズ L 17 と両凸正レンズ L 18 とが接合されている。

- [0149] 第3リレー光学系RL3は、平凸正レンズL20と、両凸正レンズL21と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23と、両凸正レンズL24と、平凸正レンズL25と、からなる。ここで、両凸正レンズL21と負メニスカスレンズL22とが接合されている。負メニスカスレンズL23と両凸正レンズL24とが接合されている。
- [0150] 第4リレー光学系RL4は、平凸正レンズL26と、両凸正レンズL27と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL28と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL29と、両凸正レンズL30と、平凸正レンズL31と、からなる。ここで、両凸正レンズL27と負メニスカスレンズL28とが接合されている。負メニスカスレンズL29と両凸正レンズL30とが接合されている。
- [0151] 第5リレー光学系RL5は、平凸正レンズL32と、両凸正レンズL33と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL35と、両凸正レンズL36と、平凸正レンズL37と、からなる。ここで、両凸正レンズL33と負メニスカスレンズL34とが接合されている。負メニスカスレンズL35と両凸正レンズL36とが接合されている。
- [0152] 結像光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、プリズムP1と、プリズムP2と、第2レンズ群G2と、を有する。
- [0153] 第1レンズ群G1は、平凸正レンズL38と、両凸正レンズL39と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL40と、を有する。ここで、両凸正レンズL39と負メニスカスレンズL40とが接合されている。
- [0154] 第2レンズ群G2は、両凸正レンズL41と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42と、両凹負レンズL43と、両凸正レンズL44と、を有する。両凸正レンズL44は合焦のために移動する。
- [0155] プリズムP1は、第1光路変更素子である。プリズムP1は、第1反射面r78と、第2反射面r79と、を有する。プリズムP2は第2光路変更素

子である。プリズムP 2は、第3反射面r 8 2と、第4反射面r 8 3と、を有する。

[0156] 第1レンズ群G 1とプリズムP 1との間に、開口絞りSが配置されている。

[0157] 第2レンズ群G 2から最終像Iまでの間に、カバーガラスC 2とカバーガラスC 3が配置されている。

[0158] 非球面は、平凹負レンズL 1の両面に設けられている。

[0159] 第2光軸AX 2は、第1光軸AX 1よりも、中心軸AX cに対して遠くに位置している。第3光軸AX 3は、第2光軸AX 2よりも、中心軸AX cに対して近くに位置している。

[0160] 実施例4の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図を図10、図11に示す。図10には、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL 1と、第2リレー光学系RL 2と、が示されている。図11には、第3リレー光学系RL 3と、第4リレー光学系RL 4と、結像光学系が示されている。

[0161] 実施例4の立体視内視鏡光学系は、物体側から順に、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL 1と、第2リレー光学系RL 2と、第3リレー光学系RL 3と、第4リレー光学系RL 4と、結像光学系と、を有する。

[0162] 対物光学系OBJによって、1次像I oが形成される。1次像I oは、第1リレー光学系RL 1でリレーされる。これにより、第1リレー像I 1が形成される。第1リレー像I 1は、第2リレー光学系RL 2でリレーされる。これにより、第2リレー像I 2が形成される。第2リレー像I 2は、第3リレー光学系RL 3でリレーされる。これにより、第3リレー像I 3が形成される。第3リレー像I 3は、第4リレー光学系RL 4でリレーされる。これにより、第4リレー像I 4が形成される。

[0163] 第3リレー像I 3は、第4リレー光学系RL 4でリレーされる。これにより、第4リレー像I 4が形成される。第4リレー像I 4は中間像である。結像光学系によって、最終像Iが形成される。

[0164] 対物光学系OBJは、物体側から順に、平凹負レンズL 1と、平凸正レン

ズL 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3と、両凸正レンズL 4と、両凹負レンズL 5と、両凸正レンズL 6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 7と、からなる。ここで、負メニスカスレンズL 3と両凸正レンズL 4とが接合されている。両凹負レンズL 5と両凸正レンズL 6とが接合されている。平凹負レンズL 1の物体側には、カバーガラスC 1が配置されている。

[0165] 第1リレー光学系RL 1は、平凸正レンズL 8と、両凸正レンズL 9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 11と、両凸正レンズL 12と、平凸正レンズL 13と、からなる。ここで、両凸正レンズL 9と負メニスカスレンズL 10とが接合されている。負メニスカスレンズL 11と両凸正レンズL 12とが接合されている。

[0166] 第2リレー光学系RL 2は、平凸正レンズL 14と、両凸正レンズL 15と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 16と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 17と、両凸正レンズL 18と、平凸正レンズL 19と、からなる。ここで、両凸正レンズL 15と負メニスカスレンズL 16とが接合されている。負メニスカスレンズL 17と両凸正レンズL 18とが接合されている。

[0167] 第3リレー光学系RL 3は、平凸正レンズL 20と、両凸正レンズL 21と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 22と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 23と、両凸正レンズL 24と、平凸正レンズL 25と、からなる。ここで、両凸正レンズL 21と負メニスカスレンズL 22とが接合されている。負メニスカスレンズL 23と両凸正レンズL 24とが接合されている。

[0168] 第4リレー光学系RL 4は、平凸正レンズL 26と、両凸正レンズL 27と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 28と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 29と、両凸正レンズL 30と、平凸正レンズL 31と、からなる。ここで、両凸正レンズL 27と負メニスカスレンズL 28

とが接合されている。負メニスカスレンズL 2 9と両凸正レンズL 3 0とが接合されている。

[0169] 結像光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G 1と、プリズムP 1と、プリズムP 2と、第2レンズ群G 2と、を有する。

[0170] 第1レンズ群G 1は、平凸正レンズL 3 2と、両凸正レンズL 3 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 4と、を有する。ここで、両凸正レンズL 3 3と負メニスカスレンズL 3 4とが接合されている。

[0171] 第2レンズ群G 2は、両凸正レンズL 3 5と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 7と、両凹負レンズL 3 8と、両凸正レンズL 3 9と、を有する。ここで、両凸正レンズL 3 5と負メニスカスレンズL 3 6とが接合されている。両凸正レンズL 3 9は合焦のために移動する。

[0172] プリズムP 1は、第1光路変更素子である。プリズムP 1は、第1反射面r 6 7と、第2反射面r 6 8と、を有する。プリズムP 2は第2光路変更素子である。プリズムP 2は、第3反射面r 7 0と、第4反射面r 7 1と、を有する。

[0173] 第1レンズ群G 1とプリズムP 1との間に、開口絞りSが配置されている。

[0174] 第2レンズ群G 2から最終像Iまでの間に、カバーガラスC 2とカバーガラスC 3が配置されている。

[0175] 非球面は、平凹負レンズL 1の両面に設けられている。

[0176] 第2光軸AX 2は、第1光軸AX 1よりも、中心軸AX cに対して遠くに位置している。第3光軸AX 3は、第2光軸AX 2よりも、中心軸AX cに対して近くに位置している。

[0177] 実施例5の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図を図1 2乃至図1 4に示す。図1 2には、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL 1と、第2リレー光学系RL 2と、が示されている。図1 3には、第3リレー光学系RL 3と、第4リレー光学系RL 4と、第5リレー光学系RL 5と、が示されてい

る。図14には、結像光学系が示されている。

[0178] 実施例5の立体視内視鏡光学系は、物体側から順に、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL1と、第2リレー光学系RL2と、第3リレー光学系RL3と、第4リレー光学系RL4と、第5リレー光学系RL5と、結像光学系と、を有する。

[0179] 対物光学系OBJによって、1次像I0が形成される。1次像I0は、第1リレー光学系RL1でリレーされる。これにより、第1リレー像I1が形成される。第1リレー像I1は、第2リレー光学系RL2でリレーされる。これにより、第2リレー像I2が形成される。第2リレー像I2は、第3リレー光学系RL3でリレーされる。これにより、第3リレー像I3が形成される。第3リレー像I3は、第4リレー光学系RL4でリレーされる。これにより、第4リレー像I4が形成される。

[0180] 第4リレー像I4は、第5リレー光学系RL5でリレーされる。これにより、第5リレー像が形成されるが、実施例5のレンズ断面図では図示されていない。第5リレー像は中間像である。結像光学系によって、最終像Iが形成される。

[0181] 対物光学系OBJは、物体側から順に、平凹負レンズL1と、平凸正レンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、からなる。ここで、負メニスカスレンズL3と両凸正レンズL4とが接合されている。両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。平凹負レンズL1の物体側には、カバーガラスC1が配置されている。

[0182] 第1リレー光学系RL1は、平凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、平凸正レンズL13と、からなる。ここで、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とが接合されている。負メニスカスレンズL11と両凸正レンズL12とが接合さ

れている。

[0183] 第2リレー光学系RL2は、平凸正レンズL14と、両凸正レンズL15と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL16と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17と、両凸正レンズL18と、平凸正レンズL19と、からなる。ここで、両凸正レンズL15と負メニスカスレンズL16とが接合されている。負メニスカスレンズL17と両凸正レンズL18とが接合されている。

[0184] 第3リレー光学系RL3は、平凸正レンズL20と、両凸正レンズL21と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23と、両凸正レンズL24と、平凸正レンズL25と、からなる。ここで、両凸正レンズL21と負メニスカスレンズL22とが接合されている。負メニスカスレンズL23と両凸正レンズL24とが接合されている。

[0185] 第4リレー光学系RL4は、平凸正レンズL26と、両凸正レンズL27と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL28と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL29と、両凸正レンズL30と、平凸正レンズL31と、からなる。ここで、両凸正レンズL27と負メニスカスレンズL28とが接合されている。負メニスカスレンズL29と両凸正レンズL30とが接合されている。

[0186] 第5リレー光学系RL5は、平凸正レンズL32と、両凸正レンズL33と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL35と、両凸正レンズL36と、平凸正レンズL37と、からなる。ここで、両凸正レンズL33と負メニスカスレンズL34とが接合されている。負メニスカスレンズL35と両凸正レンズL36とが接合されている。

[0187] 結像光学系は、物体側から順に、プリズムP1と、第1レンズ群G1と、プリズムP2と、を有する。

[0188] 第1レンズ群G1は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL38と、

物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 9と、両凸正レンズL 4 0と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 2と、両凸正レンズL 4 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 4と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 5と、を有する。正メニスカスレンズL 4 5は合焦のために移動する。

[0189] ここで、両凸正レンズL 4 0と負メニスカスレンズL 4 1とが接合されている。負メニスカスレンズL 4 2と両凸正レンズL 4 3とが接合されている。

[0190] 負メニスカスレンズL 4 1と負メニスカスレンズL 4 2との間に、開口絞りSが配置されている。

[0191] プリズムP 1は、第1光路変更素子である。プリズムP 1は、第1反射面r 7 1と、第2反射面r 7 2と、を有する。プリズムP 2は第2光路変更素子である。プリズムP 2は、第3反射面r 9 0と、第4反射面r 9 1と、を有する。

[0192] 第1レンズ群G 1から最終像Iまでの間に、カバーガラスC 2が配置されている。

[0193] 非球面は、平凹負レンズL 1の両面に設けられている。

[0194] 第2光軸AX 2は、第1光軸AX 1よりも、中心軸AX cに対して遠くに位置している。第3光軸AX 3は、第2光軸AX 2よりも、中心軸AX cに対して近くに位置している。

[0195] 実施例6の立体視内視鏡光学系のレンズ断面図を図1 5乃至図1 7に示す。図1 5には、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL 1と、第2リレー光学系RL 2と、が示されている。図1 6には、第3リレー光学系RL 3と、第4リレー光学系RL 4と、第5リレー光学系RL 5と、が示されている。図1 7には、結像光学系が示されている。

[0196] 実施例6の立体視内視鏡光学系は、物体側から順に、対物光学系OBJと、第1リレー光学系RL 1と、第2リレー光学系RL 2と、第3リレー光学系RL 3と、第4リレー光学系RL 4と、第5リレー光学系RL 5と、結像

光学系と、を有する。

[0197] 対物光学系OBJによって、1次像I₀が形成される。1次像I₀は、第1リレー光学系RL1でリレーされる。これにより、第1リレー像I₁が形成される。第1リレー像I₁は、第2リレー光学系RL2でリレーされる。これにより、第2リレー像I₂が形成される。第2リレー像I₂は、第3リレー光学系RL3でリレーされる。これにより、第3リレー像I₃が形成される。第3リレー像I₃は、第4リレー光学系RL4でリレーされる。これにより、第4リレー像I₄が形成される。

[0198] 第4リレー像I₄は、第5リレー光学系RL5でリレーされる。これにより、第5リレー像が形成されるが、実施例6のレンズ断面図では図示されていない。第5リレー像は中間像である。結像光学系によって、最終像Iが形成される。

[0199] 対物光学系OBJは、物体側から順に、平凹負レンズL1と、平凸正レンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、からなる。ここで、負メニスカスレンズL3と両凸正レンズL4とが接合されている。両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。平凹負レンズL1の物体側には、カバーガラスC1が配置されている。

[0200] 第1リレー光学系RL1は、平凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、平凸正レンズL13と、からなる。ここで、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とが接合されている。負メニスカスレンズL11と両凸正レンズL12とが接合されている。

[0201] 第2リレー光学系RL2は、平凸正レンズL14と、両凸正レンズL15と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL16と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17と、両凸正レンズL18と、平凸正レンズL1

9と、からなる。ここで、両凸正レンズL 1 5と負メニスカスレンズL 1 6とが接合されている。負メニスカスレンズL 1 7と両凸正レンズL 1 8とが接合されている。

[0202] 第3リレー光学系RL 3は、平凸正レンズL 2 0と、両凸正レンズL 2 1と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 3と、両凸正レンズL 2 4と、平凸正レンズL 2 5と、からなる。ここで、両凸正レンズL 2 1と負メニスカスレンズL 2 2とが接合されている。負メニスカスレンズL 2 3と両凸正レンズL 2 4とが接合されている。

[0203] 第4リレー光学系RL 4は、平凸正レンズL 2 6と、両凸正レンズL 2 7と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 8と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 9と、両凸正レンズL 3 0と、平凸正レンズL 3 1と、からなる。ここで、両凸正レンズL 2 7と負メニスカスレンズL 2 8とが接合されている。負メニスカスレンズL 2 9と両凸正レンズL 3 0とが接合されている。

[0204] 第5リレー光学系RL 5は、平凸正レンズL 3 2と、両凸正レンズL 3 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 5と、両凸正レンズL 3 6と、平凸正レンズL 3 7と、からなる。ここで、両凸正レンズL 3 3と負メニスカスレンズL 3 4とが接合されている。負メニスカスレンズL 3 5と両凸正レンズL 3 6とが接合されている。

[0205] 結像光学系は、物体側から順に、プリズムP 1と、第1レンズ群G 1と、プリズムP 2と、を有する。

[0206] 第1レンズ群G 1は、両凸正レンズL 3 8と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 9と、両凸正レンズL 4 0と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 2と、両凸正レンズL 4 3と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 4と、を有する。正メニスカスレンズL 4 4は合焦のために移動する。

[0207] ここで、両凸正レンズL 4 0と負メニスカスレンズL 4 1とが接合されている。負メニスカスレンズL 4 2と両凸正レンズL 4 3とが接合されている。

[0208] 負メニスカスレンズL 4 1と負メニスカスレンズL 4 2との間に、開口絞りSが配置されている。

[0209] プリズムP 1は、第1光路変更素子である。プリズムP 1は、第1反射面r 7 1と、第2反射面r 7 2と、を有する。プリズムP 2は第2光路変更素子である。プリズムP 2は、第3反射面r 8 8と、第4反射面r 8 9と、を有する。

[0210] 第1レンズ群G 1から最終像Iまでの間に、カバーガラスC 2が配置されている。

[0211] 非球面は、平凹負レンズL 1の両面に設けられている。

[0212] 第2光軸AX 2は、第1光軸AX 1よりも、中心軸AX cに対して遠くに位置している。第3光軸AX 3は、第2光軸AX 2よりも、中心軸AX cに対して近くに位置している。

[0213] 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、ν dは各レンズのアッベ数である。

[0214] 各種データにおいて、fは内視鏡光学系の焦点距離、IHは最大像高、FNO. はFナンバーである。

[0215] 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…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⁻ⁿ」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。

[0216] また、偏心データでは、偏心量を、 X 、 Y 、 Z 、傾き角を、 α 、 β 、 γ で表している。 X は X 軸方向の偏心量、 Y は Y 軸方向の偏心量、 Z は Z 軸方向の偏心量である。 α は X 軸に対する傾き角、 β は Y 軸に対する傾き角、 γ は Z 軸に対する傾き角である。

[0217] 例えば、数値実施例 1 では、第 7 3 面における β の値がマイナスの値になっている。これは、第 7 3 面は、平面を Y 軸から反時計回りに回転させた状態になっていることを示している。

[0218] 数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.54	1.769	64.15
2	∞	0.27		
3*	∞	1.63	1.80625	40.91
4*	1.022	0.72		
5	∞	14.5	1.883	40.76
6	-8.28	1.83		
7	26.096	2.62	1.72047	34.71
8	5.403	3.63	1.618	63.33
9	-10.919	7.06		
10	-3.981	0.8	1.71736	29.52
11	5.778	2.24	1.883	40.77
12	-11.851	0.8		
13	17.8	3.64	1.7725	49.6
14	195.508	7.2		
15	∞	5.03		
16	19.696	29.78	1.7725	49.6

17	∞	0.81		
18	25.555	6.02	1.497	81.55
19	-8.033	2.75	1.7725	49.6
20	-15.28	2.62		
21	15.28	2.75	1.7725	49.6
22	8.033	6.02	1.497	81.55
23	-25.555	0.81		
24	∞	29.78	1.7725	49.6
25	-19.696	5.03		
26	∞	5.03		
27	19.696	29.78	1.7725	49.6
28	∞	0.81		
29	25.555	6.02	1.497	81.55
30	-8.033	2.75	1.7725	49.6
31	-15.28	2.62		
32	15.28	2.75	1.7725	49.6
33	8.033	6.02	1.497	81.55
34	-25.555	0.81		
35	∞	29.78	1.7725	49.6
36	-19.696	5.03		
37	∞	5.03		
38	19.696	29.78	1.7725	49.6
39	∞	0.81		
40	25.555	6.02	1.497	81.55
41	-8.033	2.75	1.7725	49.6
42	-15.28	2.62		
43	15.28	2.75	1.7725	49.6
44	8.033	6.02	1.497	81.55

45	-25.555	0.81		
46	∞	29.78	1.7725	49.6
47	-19.696	5.03		
48	∞	5.03		
49	19.696	29.78	1.7725	49.6
50	∞	0.81		
51	25.555	6.02	1.497	81.55
52	-8.033	2.75	1.7725	49.6
53	-15.28	2.62		
54	15.28	2.75	1.7725	49.6
55	8.033	6.02	1.497	81.55
56	-25.555	0.81		
57	∞	29.78	1.7725	49.6
58	-19.696	5.03		
59	∞	5.03		
60	19.696	29.78	1.7725	49.6
61	∞	0.81		
62	25.555	6.02	1.497	81.55
63	-8.033	2.75	1.7725	49.6
64	-15.28	1.31		
65(絞り)	∞	1.31		
66	15.28	2.75	1.7725	49.6
67	8.033	6.02	1.497	81.55
68	-25.555	0.81		
69	∞	29.78	1.7725	49.6
70	-19.696	0.95		
71	∞	3.4	1.8061	40.93
72	∞	7.9	1.8061	40.93

73	∞	3.4	1.8061	40.93
74	∞	0.22		
75	708.111	5.44	1.883	40.77
76	-15.662	4.87		
77	-8.283	1.52	2.0033	28.27
78	33.398	10.04	1.804	46.58
79	-13.096	0.23		
80	2041.51	4.03	1.497	81.55
81	-34.812	7.34		
82	∞	4.08	1.76819	71.7
83	∞	4.08		
84	∞	0.95	1.7682	71.7
85	∞	0.14		
86	∞	4.08	1.8061	40.93
87	∞	7.26	1.8061	40.93
88	∞	4.08	1.8061	40.93
89	∞	0.39		
90	16.318	4.08	1.497	81.55
91	-147.835	0.41		
92	10.228	4.19	1.497	81.55
93	12.274	3.16		
94	-47.057	0.95	1.69895	30.13
95	8.537	3.78		
96	19.153	8.16	1.83481	42.71
97	-46.376	20.77		
98	∞	1.07	1.52113	66.54
99	∞	0.68		
100	∞	0.53	1.51633	64.14

101	∞	1.09
像面	∞	

非球面データ

第3面

k=0

A4=2.196.E-02, A6=-4.5356.E-03, A8=3.4501.E-04

第4面

k=-0.2024

A4=9.164.E-03, A6=2.1354.E-02, A8=-9.6887.E-02

各種データ

I H 2.70

f 4.00

F N O. 6.1

偏心データ

第7 1面

X	Y	Z
0.00	-0.15	0.00
α	β	γ
0.0	0.0	0.0

第7 2面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

第7 3面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第 8 7 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第 8 8 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

[0219] 数值実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
1	∞	0.51	1.769	64.15
2	∞	0.26		
3	∞	1.53	1.8061	40.88
4*	0.959	0.68		
5*	∞	13.61	1.883	40.77
6	-7.776	1.72		
7	24.508	2.46	1.72047	34.71
8	5.074	3.41	1.618	63.33
9	-10.255	6.63		

10	-3.739	0.75	1.71736	29.52
11	5.426	2.1	1.883	40.77
12	-11.13	0.75		
13	16.717	3.42	1.7725	49.6
14	183.612	6.76		
15	∞	4.73		
16	18.498	27.97	1.7725	49.6
17	∞	0.76		
18	24	5.66	1.497	81.55
19	-7.545	2.58	1.7725	49.6
20	-14.35	2.46		
21	14.35	2.58	1.7725	49.6
22	7.545	5.66	1.497	81.55
23	-24	0.76		
24	∞	27.97	1.7725	49.6
25	-18.498	4.73		
26	∞	4.73		
27	18.498	27.97	1.7725	49.6
28	∞	0.76		
29	24	5.66	1.497	81.55
30	-7.545	2.58	1.7725	49.6
31	-14.35	2.46		
32	14.35	2.58	1.7725	49.6
33	7.545	5.66	1.497	81.55
34	-24	0.76		
35	∞	27.97	1.7725	49.6
36	-18.498	4.73		
37	∞	4.73		

38	18.498	27.97	1.7725	49.6
39	∞	0.76		
40	24	5.66	1.497	81.55
41	-7.545	2.58	1.7725	49.6
42	-14.35	2.46		
43	14.35	2.58	1.7725	49.6
44	7.545	5.66	1.497	81.55
45	-24	0.76		
46	∞	27.97	1.7725	49.6
47	-18.498	4.73		
48	∞	4.73		
49	18.498	27.97	1.7725	49.6
50	∞	0.76		
51	24	5.66	1.497	81.55
52	-7.545	2.58	1.7725	49.6
53	-14.35	2.46		
54	14.35	2.58	1.7725	49.6
55	7.545	5.66	1.497	81.55
56	-24	0.76		
57	∞	27.97	1.7725	49.6
58	-18.498	4.73		
59	∞	4.73		
60	18.498	27.97	1.7725	49.6
61	∞	0.76		
62	24	5.66	1.497	81.55
63	-7.545	2.58	1.7725	49.6
64	-14.35	1.23		
65(絞り)	∞	1.23		

66	14.35	2.58	1.7725	49.6
67	7.545	5.66	1.497	81.55
68	-24	0.76		
69	∞	27.97	1.7725	49.6
70	-18.498	5.69		
71	∞	2.4	1.8061	40.93
72	∞	5.75	1.8061	40.93
73	∞	2.4	1.8061	40.93
74	∞	0.43		
75	28.801	2.47	1.883	40.77
76	-20.886	2.26		
77	-6.857	0.89	2.0033	28.27
78	20.112	7.78	1.816	46.62
79	-11.502	1.04		
80	∞	3.1	1.618	63.33
81	-20.637	4.5		
82	∞	2.87	1.76819	71.7
83	∞	2.87		
84	∞	0.67	1.7682	71.7
85	∞	0.1		
86	∞	3.07	1.8061	40.93
87	∞	6.16	1.8061	40.93
88	∞	3.07	1.8061	40.93
89	∞	0.28		
90	11.494	2.87	1.497	81.55
91	-104.13	0.29		
92	7.204	2.95	1.497	81.55
93	8.645	2.22		

94	-33.145	0.67	1.69895	30.13
95	6.013	2.66		
96	13.491	5.75	1.83481	42.71
97	-32.666	6.87		
98	∞	0.96	1.52113	66.54
99	∞	0.48		
100	∞	0.67	1.51633	64.14
101	∞	1.2		
像面	∞			

非球面データ

第4面

k=0

A4=2.651.E-02, A6=-6.2080.E-03, A8=5.3540.E-04

第5面

k=-0.2024

A4=1.106.E-02, A6=2.9227.E-02, A8=-1.5035.E-01

各種データ

I H 2.53

f 3.01

F N O. 4.7

偏心データ

第71面

X	Y	Z
0.00	-0.14	0.00
α	β	γ

0.0 0.0 0.0

第 7 2 面

X Y Z
0.00 0.00 0.00
 α β γ
45.0 0.0 0.0

第 7 3 面

X Y Z
0.00 0.00 0.00
 α β γ
-45.0 0.0 0.0

第 8 7 面

X Y Z
0.00 0.00 0.00
 α β γ
-45.0 0.0 0.0

第 8 8 面

X Y Z
0.00 0.00 0.00
 α β γ
45.0 0.0 0.0

[0220] 数值实施例 3

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
1	∞	0.52	1.769	64.15
2	∞	0.26		

3*	∞	1.57	1.8061	40.93
4*	0.985	0.7		
5	∞	13.98	1.883	40.77
6	-7.983	1.77		
7	25.16	2.53	1.72047	34.7
8	5.209	3.5	1.618	63.33
9	-10.527	6.81		
10	-3.838	0.77	1.71736	29.52
11	5.571	2.16	1.883	40.77
12	-11.426	0.77		
13	17.161	3.51	1.7725	49.6
14	188.495	6.94		
15	∞	4.85		
16	18.987	28.71	1.7725	49.6
17	∞	0.78		
18	24.668	5.81	1.497	81.55
19	-7.75	2.65	1.7725	49.6
20	-14.732	2.52		
21	14.732	2.65	1.7725	49.6
22	7.75	5.81	1.497	81.55
23	-24.668	0.78		
24	∞	28.71	1.7725	49.6
25	-18.987	4.85		
26	∞	4.85		
27	18.987	28.71	1.7725	49.6
28	∞	0.78		
29	24.668	5.81	1.497	81.55
30	-7.75	2.65	1.7725	49.6

31	-14.732	2.52		
32	14.732	2.65	1.7725	49.6
33	7.75	5.81	1.497	81.55
34	-24.668	0.78		
35	∞	28.71	1.7725	49.6
36	-18.987	4.85		
37	∞	4.85		
38	18.987	28.71	1.7725	49.6
39	∞	0.78		
40	24.668	5.81	1.497	81.55
41	-7.75	2.65	1.7725	49.6
42	-14.732	2.52		
43	14.732	2.65	1.7725	49.6
44	7.75	5.81	1.497	81.55
45	-24.668	0.78		
46	∞	28.71	1.7725	49.6
47	-18.987	4.85		
48	∞	4.85		
49	18.987	28.71	1.7725	49.6
50	∞	0.78		
51	24.668	5.81	1.497	81.55
52	-7.75	2.65	1.7725	49.6
53	-14.732	2.52		
54	14.732	2.65	1.7725	49.6
55	7.75	5.81	1.497	81.55
56	-24.668	0.78		
57	∞	28.71	1.7725	49.6
58	-18.987	4.85		

59	∞	4.85		
60	18.987	28.71	1.7725	49.6
61	∞	0.78		
62	24.668	5.81	1.497	81.55
63	-7.75	2.65	1.7725	49.6
64	-14.732	2.52		
65	14.732	2.65	1.7725	49.6
66	7.75	5.81	1.497	81.55
67	-24.668	0.78		
68	∞	28.71	1.7725	49.6
69	-18.987	4.85		
70	∞	4.63		
71	19.01	28.82	1.7725	49.6
72	∞	0.88		
73	24.958	5.9	1.497	81.55
74	-7.765	2.67	1.7725	49.6
75	-14.809	2.86		
76(絞リ)	∞	0.76		
77	∞	2.62	1.8061	40.93
78	∞	6.7	1.8061	40.93
79	∞	2.62	1.8061	40.93
80	∞	1.44		
81	∞	3.93	1.8061	40.93
82	∞	5.7	1.8061	40.93
83	∞	3.93	1.8061	40.93
84	∞	1.31		
85	27.692	3.28	1.497	81.55
86	-40.68	0.13		

87	13.516	8.56	1.497	81.55
88	29.845	1.16		
89	-36.756	1.31	1.8	30.13
90	7.368	4.04		
91	22.834	6.56	1.83481	42.71
92	-14.2	10.77		
93	∞	0.98	1.52113	66.54
94	∞	1.21		
95	∞	0.69	1.51633	64.14
96	∞	0.00		
像面	∞			

非球面データ

第3面

k=0

A4=2.503.E-02, A6=-5.6163.E-03, A8=5.5411.E-04

第4面

k=-0.9151

A4=1.431.E-01, A6=-2.5790.E-02

各種データ

I H 2.08

f 3.00

F N O. 5.1

偏心データ

第77面

X Y Z

0.00	-0.14	0.00
α	β	γ
0.0	0.0	0.0

第 7 8 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

第 7 9 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第 8 2 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第 8 3 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

[0221] 数值实施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
-----	---	---	----	---------

1	∞	1.34	1.769	64.15
2	∞	0.28		
3*	∞	1.67	1.8061	40.93
4*	1.045	0.74		
5	∞	14.83	1.883	40.77
6	-8.471	1.87		
7	26.698	2.68	1.72047	34.71
8	5.528	3.71	1.618	63.33
9	-11.171	7.22		
10	-4.073	0.82	1.71736	29.52
11	5.911	2.29	1.883	40.77
12	-12.125	0.82		
13	18.21	3.73	1.7725	49.6
14	200.018	7.37		
15	∞	5.15		
16	20.15	30.47	1.7725	49.6
17	∞	0.83		
18	26.144	6.16	1.497	81.55
19	-8.219	2.81	1.7725	49.6
20	-15.632	2.68		
21	15.632	2.81	1.7725	49.6
22	8.219	6.16	1.497	81.55
23	-26.144	0.83		
24	∞	30.47	1.7725	49.6
25	-20.15	5.15		
26	∞	5.15		
27	20.15	30.47	1.7725	49.6
28	∞	0.83		

29	26.144	6.16	1.497	81.55
30	-8.219	2.81	1.7725	49.6
31	-15.632	2.68		
32	15.632	2.81	1.7725	49.6
33	8.219	6.16	1.497	81.55
34	-26.144	0.83		
35	∞	30.47	1.7725	49.6
36	-20.15	5.15		
37	∞	5.15		
38	20.15	30.47	1.7725	49.6
39	∞	0.83		
40	26.144	6.16	1.497	81.55
41	-8.219	2.81	1.7725	49.6
42	-15.632	2.68		
43	15.632	2.81	1.7725	49.6
44	8.219	6.16	1.497	81.55
45	-26.144	0.83		
46	∞	30.47	1.7725	49.6
47	-20.15	5.15		
48	∞	5.15		
49	20.15	30.47	1.7725	49.6
50	∞	0.83		
51	26.144	6.16	1.497	81.55
52	-8.219	2.81	1.7725	49.6
53	-15.632	2.68		
54	15.632	2.81	1.7725	49.6
55	8.219	6.16	1.497	81.55
56	-26.144	0.83		

57	∞	30.47	1.7725	49.6
58	-20.15	5.15		
59	∞	5.15		
60	20.15	30.47	1.7725	49.6
61	∞	0.83		
62	26.144	6.16	1.497	81.55
63	-8.219	2.81	1.7725	49.6
64	-15.632	1.34		
65(絞り)	∞	0.92		
66	∞	4.52	1.8061	40.93
67	∞	-9.04	1.8061	40.93
68	∞	4.52	1.8061	40.93
69	∞	3.48	1.8061	40.93
70	∞	-6.96	1.8061	40.93
71	∞	3.48	1.8061	40.93
72	∞	0.7		
73	28.914	4.07	1.497	81.55
74	-11.809	0.7	1.52944	51.72
75	-549.99	0.14		
76	11.209	8.68	1.497	81.55
77	31.598	1.65		
78	-296.255	1.39	1.80071	34.71
79	7.134	4.35		
80	20.476	4.08	1.83481	42.73
81	-15.75	10		
82	∞	1.04	1.51633	64.14
83	∞	0.52		
84	∞	0.73	1.51633	64.14

85	∞	1.24
像面	∞	

非球面データ

第3面

k=0

A4=1.853.E-02, A6=-4.0183.E-03, A8=3.4921.E-04

第4面

k=-0.9892

A4=1.030.E-01, A6=-1.9170.E-02

各種データ

I H 2.37

f 3.00

F N O. 4.8

偏心データ

第66面

X	Y	Z
0.00	-0.20	0.00
α	β	γ
0.0	0.0	0.0

第67面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

第68面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第70面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第71面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

[0222] 数值実施例5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
1	∞	0.59	1.769	64.15
2	∞	0.29		
3*	∞	1.7	1.80625	40.91
4*	1.107	0.78		
5	∞	15.7	1.883	40.77
6	-8.972	1.98		
7	28.276	2.84	1.72047	34.71
8	5.854	3.93	1.618	63.33
9	-11.831	7.65		

10	-4.314	0.86	1.71736	29.52
11	6.261	2.42	1.883	40.77
12	-12.841	0.87		
13	19.287	3.95	1.7725	49.6
14	211.841	7.8		
15	∞	5.45		
16	21.342	32.27	1.7725	49.6
17	∞	0.88		
18	27.69	6.53	1.497	81.55
19	-8.704	2.98	1.7725	49.6
20	-16.556	2.84		
21	16.556	2.98	1.7725	49.6
22	8.704	6.53	1.497	81.55
23	-27.69	0.88		
24	∞	32.27	1.7725	49.6
25	-21.342	5.45		
26	∞	5.45		
27	21.342	32.27	1.7725	49.6
28	∞	0.88		
29	27.69	6.53	1.497	81.55
30	-8.704	2.98	1.7725	49.6
31	-16.556	2.84		
32	16.556	2.98	1.7725	49.6
33	8.704	6.53	1.497	81.55
34	-27.69	0.88		
35	∞	32.27	1.7725	49.6
36	-21.342	5.45		
37	∞	5.45		

38	21.342	32.27	1.7725	49.6
39	∞	0.88		
40	27.69	6.53	1.497	81.55
41	-8.704	2.98	1.7725	49.6
42	-16.556	2.84		
43	16.556	2.98	1.7725	49.6
44	8.704	6.53	1.497	81.55
45	-27.69	0.88		
46	∞	32.27	1.7725	49.6
47	-21.342	5.45		
48	∞	5.45		
49	21.342	32.27	1.7725	49.6
50	∞	0.88		
51	27.69	6.53	1.497	81.55
52	-8.704	2.98	1.7725	49.6
53	-16.556	2.84		
54	16.556	2.98	1.7725	49.6
55	8.704	6.53	1.497	81.55
56	-27.69	0.88		
57	∞	32.27	1.7725	49.6
58	-21.342	5.45		
59	∞	5.45		
60	21.342	32.27	1.7725	49.6
61	∞	0.88		
62	27.69	6.53	1.497	81.55
63	-8.704	2.98	1.7725	49.6
64	-16.556	2.84		
65	16.556	2.98	1.7725	49.6

66	8.704	6.53	1.497	81.55
67	-27.69	0.88		
68	∞	32.27	1.7725	49.6
69	-21.342	1.03		
70	∞	3.5	1.80609	40.93
71	∞	7	1.80609	40.93
72	∞	3.5	1.80609	40.93
73	∞	0.44		
74	-45.208	3.73	1.7725	49.6
75	-25.148	6.18		
76	18.856	12.76	1.8044	39.59
77	9.579	0.74		
78	11.375	14.74	1.497	81.55
79	-13.7	2.95	1.8044	39.59
80	-15.793	0.15		
81(絞リ)	∞	0.15		
82	15.793	2.95	1.8044	39.59
83	13.7	14.74	1.497	81.55
84	-11.375	0.74		
85	-9.579	12.76	1.8044	39.59
86	-18.856	6.18		
87	25.148	3.73	1.7725	49.6
88	45.208	0.44		
89	∞	3.09	1.80609	40.93
90	∞	7.5	1.80609	40.93
91	∞	3.09	1.80609	40.93
92	∞	0.47		
93	∞	1.03	1.51633	64.14

94	∞	0
像面	∞	

非球面データ

第3面

k=0

A4=1.726.E-02, A6=-3.0368.E-03, A8=1.9675.E-04

第4面

k=-0.2024

A4=7.203.E-03, A6=1.4297.E-02, A8=-5.5253.E-02

各種データ

I H 2.36

f 3.00

F N O. 4.1

偏心データ

第70面

X	Y	Z
0.00	-0.17	0.00
α	β	γ
0.0	0.0	0.0

第71面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

第72面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第90面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第91面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

[0223] 数值実施例6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
1	∞	0.52	1.769	64.15
2	∞	0.26		
3*	∞	1.4	1.80625	40.91
4*	0.969	0.68		
5	∞	13.74	1.883	40.77
6	-7.85	1.74		
7	24.74	2.48	1.72047	34.71
8	5.122	3.44	1.618	63.33
9	-10.352	6.69		

10	-3.774	0.76	1.71736	29.52
11	5.478	2.12	1.883	40.77
12	-11.235	0.76		
13	16.875	3.45	1.7725	49.6
14	185.349	6.83		
15	∞	4.77		
16	18.673	28.23	1.7725	49.6
17	∞	0.77		
18	24.227	5.71	1.497	81.55
19	-7.616	2.61	1.7725	49.6
20	-14.486	2.48		
21	14.486	2.61	1.7725	49.6
22	7.616	5.71	1.497	81.55
23	-24.227	0.77		
24	∞	28.23	1.7725	49.6
25	-18.673	4.77		
26	∞	4.77	リレー_像	
27	18.673	28.23	1.7725	49.6
28	∞	0.77		
29	24.227	5.71	1.497	81.55
30	-7.616	2.61	1.7725	49.6
31	-14.486	2.48		
32	14.486	2.61	1.7725	49.6
33	7.616	5.71	1.497	81.55
34	-24.227	0.77		
35	∞	28.23	1.7725	49.6
36	-18.673	4.77		
37	∞	4.77	リレー_像	

38	18.673	28.23	1.7725	49.6
39	∞	0.77		
40	24.227	5.71	1.497	81.55
41	-7.616	2.61	1.7725	49.6
42	-14.486	2.48		
43	14.486	2.61	1.7725	49.6
44	7.616	5.71	1.497	81.55
45	-24.227	0.77		
46	∞	28.23	1.7725	49.6
47	-18.673	4.77		
48	∞	4.77		
49	18.673	28.23	1.7725	49.6
50	∞	0.77		
51	24.227	5.71	1.497	81.55
52	-7.616	2.61	1.7725	49.6
53	-14.486	2.48		
54	14.486	2.61	1.7725	49.6
55	7.616	5.71	1.497	81.55
56	-24.227	0.77		
57	∞	28.23	1.7725	49.6
58	-18.673	4.77		
59	∞	4.77		
60	18.673	28.23	1.7725	49.6
61	∞	0.77		
62	24.227	5.71	1.497	81.55
63	-7.616	2.61	1.7725	49.6
64	-14.486	2.48		
65	14.486	2.61	1.7725	49.6

66	7.616	5.71	1.497	81.55
67	-24.227	0.77		
68	∞	28.23	1.7725	49.6
69	-18.673	1.55		
70	∞	3.22	1.8061	40.93
71	∞	6.45	1.8061	40.93
72	∞	3.22	1.8061	40.93
73	∞	0.26		
74	197.104	1.93	1.7725	49.6
75	-13.281	0.13		
76	7.314	3.87	1.755	52.32
77	4.897	1.03		
78	6.845	5.16	1.497	81.55
79	-12.894	1.93	1.8322	40.1
80	-17.148	0.64		
81(絞り)	∞	0.64		
82	9.776	1.93	1.8322	40.1
83	5.632	5.16	1.497	81.55
84	-9.044	0.14		
85	18.148	1.93	1.7725	49.6
86	209.051	0.26		
87	∞	3.48	1.8061	40.93
88	∞	7.74	1.8061	40.93
89	∞	3.48	1.8061	40.93
90	∞	0.13		
91	∞	0.9	1.51633	64.14
92	∞	0.4231		
像面	∞			

非球面データ

第3面

$k=0$

$A4=2.577.E-02, A6=-5.9225.E-03, A8=5.0125.E-04$

第4面

$k=-0.2024$

$A4=1.076.E-02, A6=2.7883.E-02, A8=-1.4076.E-01$

各種データ

I H 2.33

f 3.00

F N O. 4.7

第70面

X	Y	Z
0.00	-0.14	0.00
α	β	γ
0.0	0.0	0.0

第71面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

第73面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ

-45.0 0.0 0.0

第 8 8 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
-45.0	0.0	0.0

第 8 9 面

X	Y	Z
0.00	0.00	0.00
α	β	γ
45.0	0.0	0.0

[0224] 次に、各実施例における条件式の値を以下に掲げる。なお、-（ハイフン）は該当する構成がないことを示す。条件式（14）におけるFLG1は、物体側焦点距離とみなしても良い。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(3) $ divlr /Yimg$	0.34	0.27	0.52
(4) βh	-1.50	-1.20	-1.16
(5) βv	-1.50	-1.20	-1.16
(6) $\beta h/\beta v$	1.00	1.00	1.00
(7) $\Phi pri2in/\Phi pri2ex$	1.07	1.00	-
(8) $\Phi pri1in/\Phi pri2ex$	-	-	0.98
(9) $DG2b/FLG2$	1.29	1.00	1.02
(10) $Yimg/FLG2$	0.08	0.11	0.08
(11) $\beta G1h$	-	-	-
(12) $\beta G1v$	-	-	-
(13) $\beta G1h/\beta G1v$	-	-	-
(14) $DG1f/FLG1$	0.81	1.00	0.99

(15) $Y_{img}/FLG1$	0.10	0.13	0.09
(16) $Dax1/(\Phi r_{max}+Dax1)$	0.53	0.53	0.54
(17) $\Phi r_{max}/Y_{midimg}$	2.93	2.55	2.46

	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(3) $ divlr /Y_{img}$	1.11	0.33	0.62
(4) βh	-1.09	-	-
(5) βv	-1.09	-	-
(6) $\beta h/\beta v$	1.00	-	-
(7) $\Phi pri2in/\Phi pri2ex$	-	-	-
(8) $\Phi pri1in/\Phi pri2ex$	0.63	-	-
(9) $DG2b/FLG2$	1.00	-	-
(10) $Y_{img}/FLG2$	0.09	-	-
(11) $\beta G1h$	-	-1.04	-1.19
(12) $\beta G1v$	-	-1.04	-1.19
(13) $\beta G1h/\beta G1v$	-	1.00	1.00
(14) $DG1f/FLG1$	1.00	0.69	0.88
(15) $Y_{img}/FLG1$	0.10	0.03	0.14
(16) $Dax1/(\Phi r_{max}+Dax1)$	0.59	0.54	0.53
(17) $\Phi r_{max}/Y_{midimg}$	3.03	2.67	2.85

[0225] 図 24 は、本実施形態の立体視内視鏡を示す図である。立体視内視鏡 1 は、本体部 2 と、光源装置 3 と、カメラコントロールユニット 4（以下、「CCU 4」という）と、スキャンコンバータ 5 と、モニタ 6 と、シャッタメカネ 7 とから構成される。

[0226] 本体部 2 は、挿入部 8 と、把持部 9 とを有する。挿入部 8 は、体腔内等に挿入される部分で、硬質の外套管で形成されている。外套管は、円管形状で、ステンレス等の金属等からなる。このように、立体視内視鏡 1 は、硬性内視鏡である。把持部 9 は、術者により把持される部分である。

- [0227] 把持部 9 には、ライトガイド口金 10 が設けてある。ライトガイド口金 10 に、ライトガイドケーブル 11 の一端が接続される。ライトガイドケーブル 11 の他端には、ライトガイドコネクタ 12 が設けられている。ライトガイドケーブル 11 は、把持部 9 と光源装置 3 に着脱自在で接続される。
- [0228] 光源装置 3 は、ランプ 13 とレンズ 14 とを有する。ランプ 13 は、例えば、白色光の照明光を発生する。レンズ 14 は、照明光を集光する。レンズ 14 で集光された照明光は、ライトガイドコネクタ 12 の端面に照射される。端面に照射された照明光は、ライトガイドケーブル 11 内のライトガイドにより、本体部 2 に伝送される。
- [0229] 本体部 2 には、ライトガイド 15 が設けられている。ライトガイド 15 は把持部 9 内で屈曲され、挿入部 8 内を挿通されている。ライトガイド 15 は、ライトガイドケーブル 11 から供給された照明光を、挿入部 8 の先端部 16 に固定された先端面に伝送する。これにより、先端面から前方に照明光が射出される。
- [0230] 物体 17 は、照明光で照明される。物体 17 からの光は、先端部 16 内に配置された対物光学系 18 a、18 b に入射する。対物光学系 18 a の結像位置に、光学像 19 a が形成される。対物光学系 18 b の結像位置に、光学像 19 b が形成される。
- [0231] 光学像 19 a はリレー光学系 20 a により、把持部 9 にリレーされる。光学像 19 b はリレー光学系 20 b により、把持部 9 にリレーされる。
- [0232] リレー光学系 20 a、20 b の最終像位置には、中間像が形成される。リレー光学系 20 a で形成された中間像は、第 1 光路変更素子 21 a、第 1 レンズ群 22 a、第 1 光路変更素子 23 a 及び第 2 レンズ群 24 a によって、再結像される。これにより、第 1 撮像素子 25 a の撮像面上に第 1 像が形成される。
- [0233] リレー光学系 20 b で形成された中間像は、第 1 光路変更素子 21 b、第 1 レンズ群 22 b、第 1 光路変更素子 23 b 及び第 2 レンズ群 24 b によって、再結像される。これにより、第 2 撮像素子 25 b の撮像面上に第 2 像が

形成される。

[0234] 出力部 26 には、信号ケーブル 27 の一端が接続されている。信号ケーブル 27 の他端は、CCU 4 に接続されている。第 1 撮像素子 25 a から出力された信号と、第 2 撮像素子 25 b から出力された信号は、信号ケーブル 27 を経由して、CCU 4 に入力される。

[0235] CCU 4 では、第 1 撮像素子 25 a と第 2 撮像素子 25 b から出力された信号に対して、信号処理が行われる。CCU 4 で信号処理された画像信号は、スキャンコンバータ 5 に入力される。スキャンコンバータ 5 では、CCU 4 から出力された信号が映像信号に変換される。

[0236] 映像信号は、モニタ 6 に入力される。モニタ 6 は、入力された映像信号を表示する。モニタ 6 には、視差のある 2 つの画像が交互に表示される。シャッタメガネ 7 は、シャッター機能を有する。シャッタメガネ 7 を用いることで、モニタ 6 に表示された画像を、立体的に視認することができる。

[0237] 図 24 では、第 1 光路変更素子 21 a、21 b の形状と第 2 光路変更素子 23 a、23 b の形状を、簡略化して描いている。そのため、第 1 光路変更素子 21 a から第 1 撮像素子 25 a までの光路と、第 2 光路変更素子 21 b から第 2 撮像素子 25 b までの光路とが、一直線に描かれている。

[0238] しかしながら、実際は、第 1 光路変更素子 21 a、21 b と第 2 光路変更素子 23 a、23 b によって、上述のように、光路は一直線になっていない。

産業上の利用可能性

[0239] 以上のように、本発明は、小型でありながら、高い分解能を有する立体視内視鏡光学系及びそれを備えた内視鏡に適している。

符号の説明

- [0240] O B J 対物光学系
R L 1 第 1 リレーレンズ
R L 2 第 2 リレーレンズ
R L 3 第 3 リレーレンズ

R L 4 第4リレーレンズ

R L 5 第5リレーレンズ

P 1、P 2 プリズム

G 1 第1レンズ群

G 2 第2レンズ群

A X 1 第1光軸

A X 2 第2光軸

A X 3 第3光軸

I o 物体の像

I 1 第1リレー像

I 2 第2リレー像

I 3 第3リレー像

I 4 第4リレー像

I 5 第5リレー像

I 最終像

S 開口絞り

C 1、C 2、C 3、C 4 カバーガラス（平行平板）

F 光学フィルタ

1 立体視内視鏡

2 本体部

3 光源装置

4 カメラコントロールユニット（CCU）

5 スキャンコンバータ

6 モニタ

7 シャッタメガネ

8 挿入部

9 把持部

10 ライトガイド口金

- 1 1 ライトガイドケーブル
- 1 2 ライトガイドコネクタ
- 1 3 ランプ
- 1 4 レンズ
- 1 5 ライトガイド
- 1 6 先端部
- 1 7 物体
- 1 8 a、1 8 b 対物光学系
- 1 9 a、1 9 b 光学像
- 2 0 a、2 0 b リレー光学系
- 2 1 a、2 1 b 第1光路変更素子
- 2 2 a、2 2 b 第1レンズ群
- 2 3 a、2 3 b 第1光路変更素子
- 2 4 a、2 4 b 第2レンズ群
- 2 5 a 第1撮像素子
- 2 5 b 第2撮像素子
- 2 6 出力部
- 2 7 信号ケーブル

請求の範囲

[請求項1]

第1光学系と、第2光学系と、を備え、

前記第1光学系と前記第2光学系は、同一の光学系であって、

前記第1光学系と前記第2光学系には、各々、第1光路と、第2光路と、第3光路と、が形成され、

前記第1光学系と前記第2光学系は、各々、物体側より順に、対物光学系と、リレー光学系と、結像光学系と、を有し、

前記結像光学系は、第1レンズ群と、第1光路変更素子と、第2光路変更素子と、を有し、

前記結像光学系によって、物体の最終像が形成され、

前記対物光学系と前記リレー光学系は、前記第1光路に配置され、

前記第1光路変更素子から前記第2光路変更素子までの間に、前記第2光路が形成され、

前記第2光路変更素子から前記最終像までの間に、前記第3光路が形成され、

前記第1光路変更素子は、前記第1光路に配置された第1反射面と、前記第2光路に配置された第2反射面と、を有し、

前記第2光路変更素子は、前記第2光路に配置された第3反射面と、前記第3光路に配置された第4反射面と、を有し、

前記第1光学系の第1光軸、前記第1光学系の第2光軸、前記第1光学系の第3光軸、前記第2光学系の第1光軸、前記第2光学系の第2光軸及び前記第2光学系の第3光軸は、全て同一平面内に位置し、

以下の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする立体視内視鏡光学系。

$$D_1 < D_2 \quad (1)$$

$$D_3 < D_2 \quad (2)$$

ここで、

D_1 は、前記第1光学系の前記第1光軸と前記第2光学系の前記第

1 光軸との間隔、

D 2 は、前記第 1 光学系の前記第 2 光軸と前記第 2 光学系の前記第 2 光軸との間隔、

D 3 は、前記第 1 光学系の前記第 3 光軸と前記第 2 光学系の前記第 3 光軸との間隔、

前記第 1 光学系の前記第 1 光軸は、前記第 1 光学系の前記第 1 光路の光軸、

前記第 1 光学系の前記第 2 光軸は、前記第 1 光学系の前記第 2 光路の光軸、

前記第 1 光学系の前記第 3 光軸は、前記第 1 光学系の前記第 3 光路の光軸、

前記第 2 光学系の前記第 1 光軸は、前記第 2 光学系の前記第 1 光路の光軸、

前記第 2 光学系の前記第 2 光軸は、前記第 2 光学系の前記第 2 光路の光軸、

前記第 2 光学系の前記第 3 光軸は、前記第 2 光学系の前記第 3 光路の光軸、

前記間隔の単位はミリメートル、
である。

[請求項2] 以下の条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.01 \leq |d_{i \vee l r}| / Y_{img h} \leq 1.5 \quad (3)$$

ここで、

$d_{i \vee l r}$ は、前記第 1 光軸と前記最終像の中心との間隔、

$Y_{img h}$ は、視差方向における前記最終像の高さ、

前記視差方向は、前記第 1 光学系の前記第 1 光軸及び前記第 2 光学系の前記第 1 光軸の両方と直交する方向、

である。

[請求項3] 前記結像光学系は、物体側から順に、前記第1光路変更素子と、前記第1レンズ群と、前記第2光路変更素子と、第2レンズ群と、を有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、各々、正の屈折力を有し、

以下の条件式(4)、(5)、(6)を満足することを特徴とする請求項1に記載の立体視内視鏡光学系。

$$\beta_h \leq -1 \quad (4)$$

$$\beta_v \leq -1 \quad (5)$$

$$0.9 \leq \beta_h / \beta_v \leq 1.1 \quad (6)$$

ここで、

β_h は、第1方向における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成倍率、

β_v は、第2方向における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成倍率、

前記第1方向は、視差方向、

前記第2方向は、前記視差方向と垂直な方向、

前記視差方向は、前記第1光学系の前記第1光軸及び前記第2光学系の前記第1光軸の両方と直交する方向、である。

[請求項4] 前記第2光路変更素子は、入射面と射出面とを有するプリズムであって、

前記第2光路変更素子に到達した光は、前記入射面、前記第3反射面、前記第4反射面、前記射出面の順に進み、

以下の条件式(7)を満足することを特徴とする請求項1又は3に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.8 \leq \Phi_{pri2in} / \Phi_{pri2ex} \leq 1.3 \quad (7)$$

ここで、

Φ_{pri2in} は、前記第2光路変更素子の前記入射面の有効径、
 Φ_{pri2ex} は、前記第2光路変更素子の前記射出面の有効径、
である。

[請求項5] 前記結像光学系は、物体側から順に、前記第1レンズ群と、前記第1光路変更素子と、前記第2光路変更素子と、第2レンズ群と、を有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は、各々、正の屈折力を有し、

以下の条件式(4)、(5)、(6)を満足することを特徴とする請求項1に記載の立体視内視鏡光学系。

$$\beta_h \leq -1 \quad (4)$$

$$\beta_v \leq -1 \quad (5)$$

$$0.9 \leq \beta_h / \beta_v \leq 1.1 \quad (6)$$

ここで、

β_h は、第1方向における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成倍率、

β_v は、第2方向における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との合成倍率、

前記第1方向は、視差方向、

前記第2方向は、前記視差方向と垂直な方向、

前記視差方向は、前記第1光学系の前記第1光軸及び前記第2光学系の前記第1光軸の両方と直交する方向、
である。

[請求項6] 前記第1光路変更素子は、入射面と射出面とを有するプリズムであり、

前記第2光路変更素子は、入射面と射出面とを有するプリズムであって、

前記第1光路変更素子に到達した光は、前記第1光路変更素子の前

記入射面、前記第 1 反射面、前記第 2 反射面、前記第 1 光路変更素子の前記射出面の順に進み、

前記第 2 光路変更素子に到達した光は、前記第 2 光路変更素子の前記入射面、前記第 3 反射面、前記第 4 反射面、前記第 2 光路変更素子の前記射出面の順に進み、

以下の条件式 (8) を満足することを特徴とする請求項 1 又は 5 に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.3 \leq \Phi_{pri1in} / \Phi_{pri2ex} \leq 1.3 \quad (8)$$

ここで、

Φ_{pri1in} は、前記第 1 光路変更素子の前記入射面の有効径、

Φ_{pri2ex} は、前記第 2 光路変更素子の前記射出面の有効径、

である。

[請求項 7] 以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする請求項 1、3、5 のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.8 \leq DG2b / FLG2 \leq 1.5 \quad (9)$$

ここで、

$DG2b$ は、前記第 2 レンズ群の像側主点から前記最終像までの間隔、

、

$FLG2$ は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、

である。

[請求項 8] 以下の条件式 (10) を満足することを特徴とする請求項 1、3、5 のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.02 \leq Y_{img} / FLG2 \leq 0.2 \quad (10)$$

ここで、

Y_{img} は、前記最終像の最大高さ、

$FLG2$ は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、

である。

[請求項 9] 前記結像光学系は、物体側から順に、前記第 1 光路変更素子と、前

記第 1 レンズ群と、前記第 2 光路変更素子と、を有し、

前記第 1 レンズ群は、正の屈折力を有し、

以下の条件式 (1 1)、(1 2)、(1 3) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の立体視内視鏡光学系。

$$\beta G1h \leq -1 \quad (1\ 1)$$

$$\beta G1v \leq -1 \quad (1\ 2)$$

$$0.9 \leq \beta G1h / \beta G1v \leq 1.1 \quad (1\ 3)$$

ここで、

$\beta G1h$ は、第 1 方向における前記第 1 レンズ群の倍率、

$\beta G1v$ は、第 2 方向における前記第 1 レンズ群の倍率、

前記第 1 方向は、前記視差方向、

前記第 2 方向は、前記視差方向と垂直な方向、

前記視差方向は、前記第 1 光学系の前記第 1 光軸及び前記第 2 光学系の前記第 1 光軸の両方と直交する方向、
である。

[請求項 10]

前記リレー光学系の像側に、物体の中間像が形成され、

以下の条件式 (1 4) を満足することを特徴とする請求項 1、3、5 のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.6 \leq DG1f / FLG1 \leq 1.2 \quad (1\ 4)$$

ここで、

$DG1f$ は、前記第 1 レンズ群の物体側主点から前記中間像までの間隔、

$FLG1$ は、前記第 1 レンズ群の物体側焦点距離、
である。

[請求項 11]

以下の条件式 (1 5) を満足することを特徴とする請求項 1、3、5、9 のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0 < Yimg / FLG1 \leq 0.3 \quad (1\ 5)$$

ここで、

Yは、前記最終像の最大高さ、
F L G1は、前記第1レンズ群の焦点距離、
である。

[請求項12] 以下の条件式(16)を満足することを特徴とする請求項1、3、5、9のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

$$0.3 \leq D_{ax1} / (\Phi_{rmax} + D_{ax1}) \leq 0.8 \quad (16)$$

ここで、

D_{ax1}は、前記第1光学系の前記第1光軸と前記第2光学系の前記第1光軸との間隔、

Φ_{rmax}は、前記リレー光学系における最大レンズ径、
である。

[請求項13] 前記対物光学系によって、前記リレー光学系の物体側に、物体の像が形成され、

以下の条件式(17)を満足することを特徴とする請求項1、3、5、9のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

$$1.0 \leq \Phi_{rmax} / Y_{midimg} \leq 5.0 \quad (17)$$

ここで、

Φ_{rmax}は、前記リレー光学系における最大レンズ径、

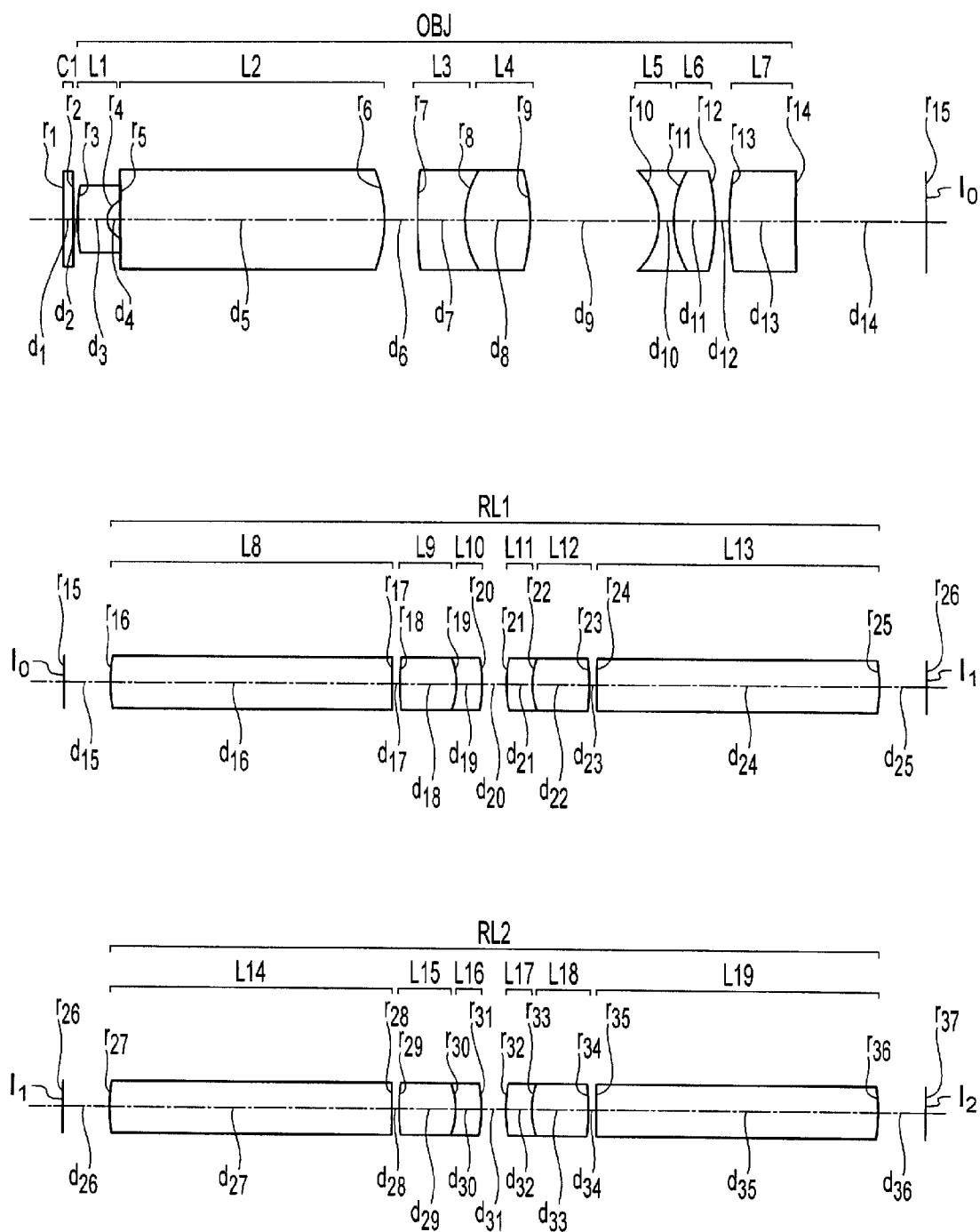
Y_{midimg}は、前記物体の像の最大高さ、
である。

[請求項14] 前記第1レンズ群は、移動レンズ群を有し、
前記移動レンズ群の移動によって合焦を行うことを特徴とする請求項1、3、5、9のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

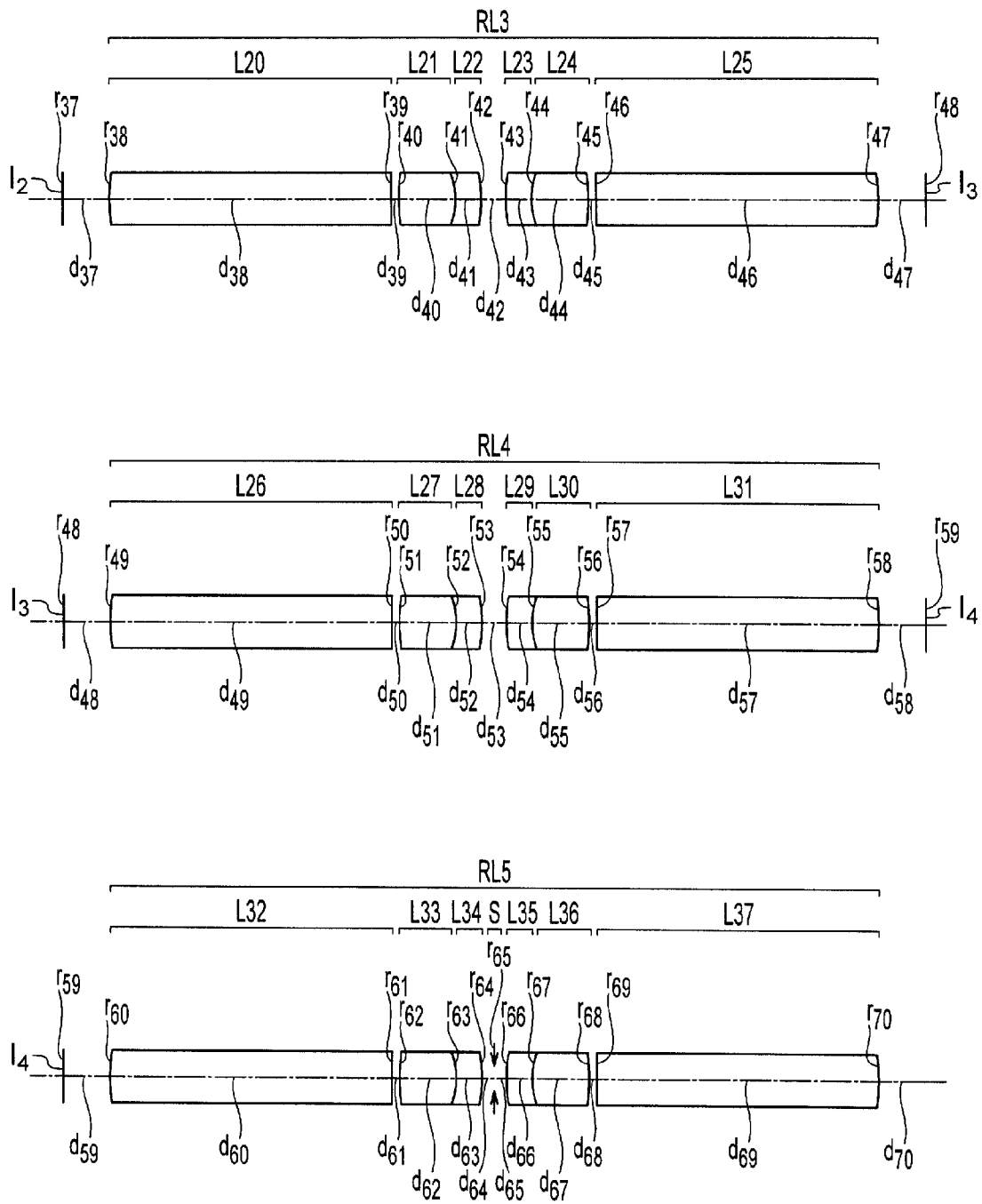
[請求項15] 前記第2レンズ群は、移動レンズ群を有し、
前記移動レンズ群の移動によって合焦を行うことを特徴とする請求項1、3、5のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系。

[請求項16] 請求項1から15のいずれか一項に記載の立体視内視鏡光学系と、
前記最終像を撮像する撮像素子と、を備えることを特徴とする内視

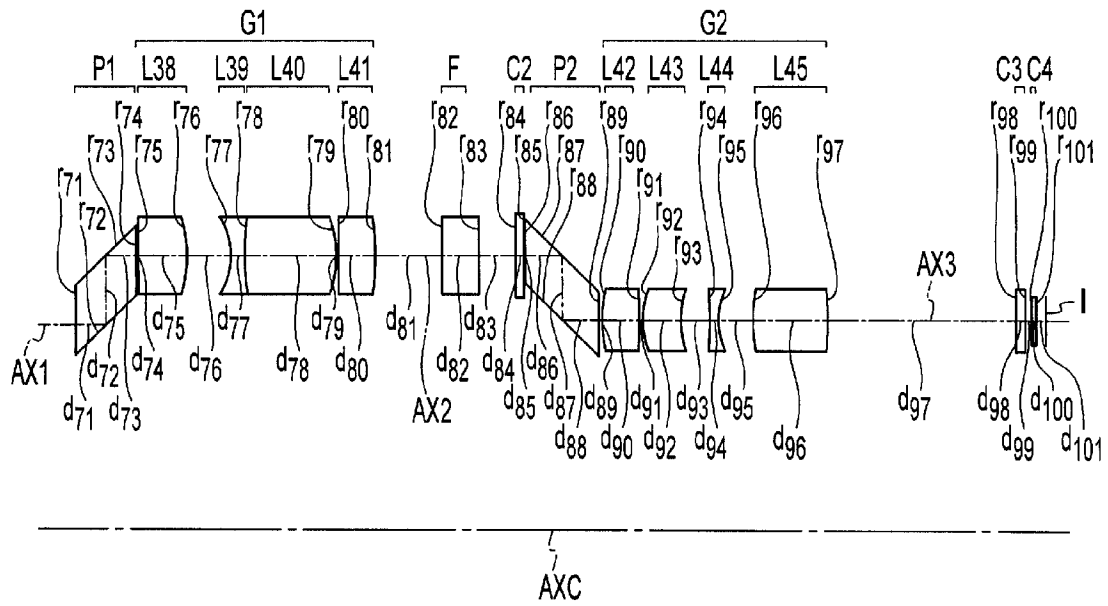
鏡。



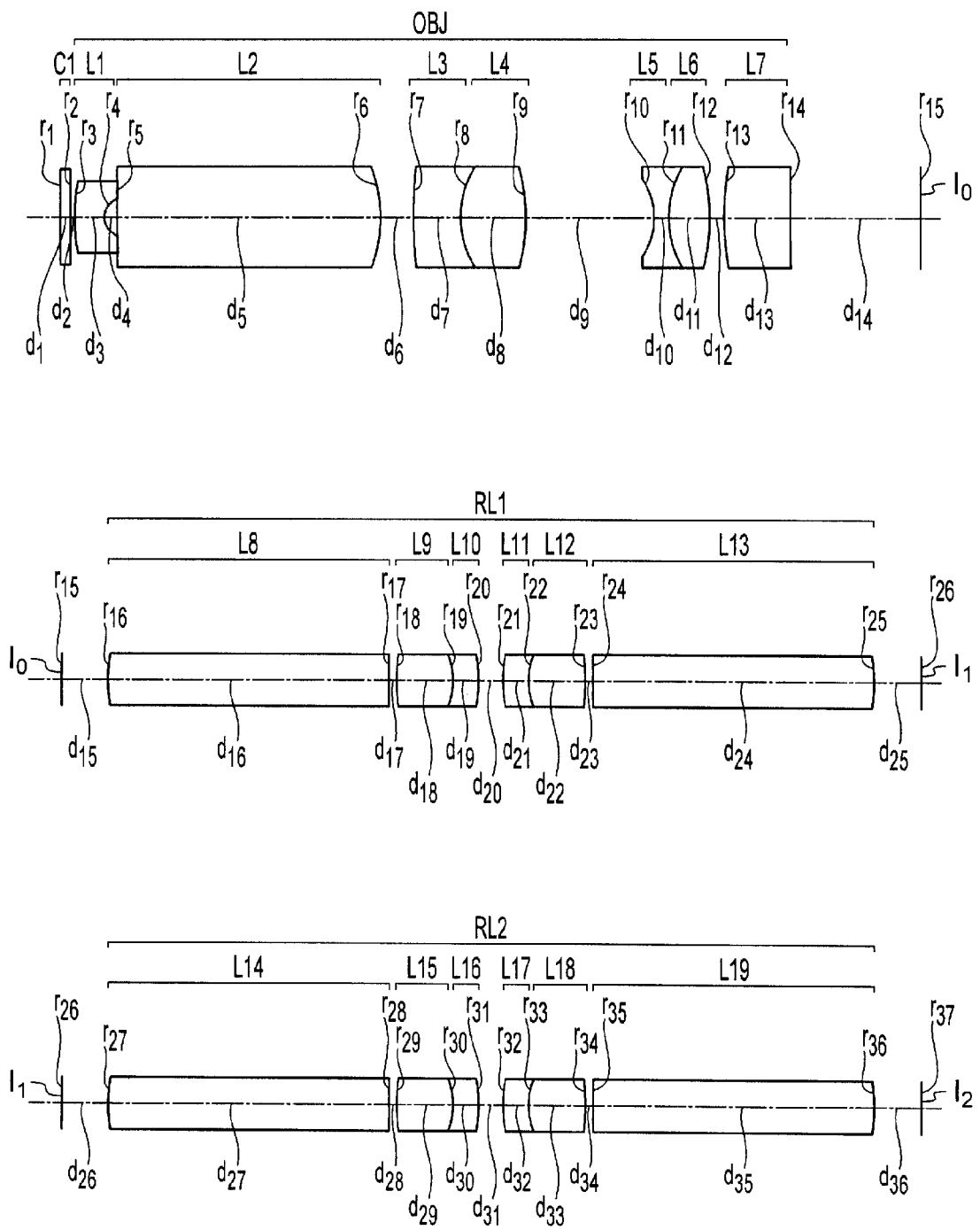
[図2]



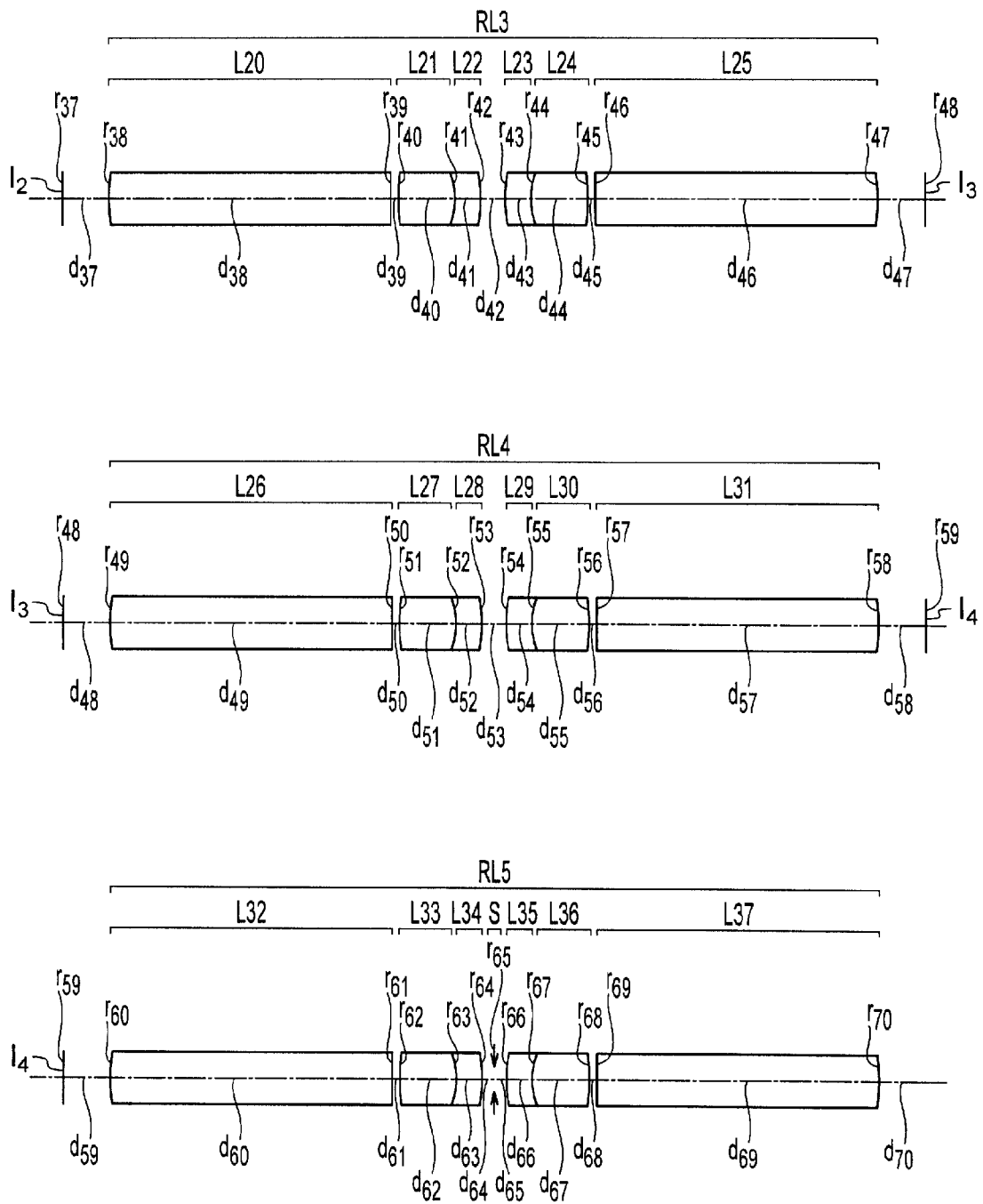
[図3]



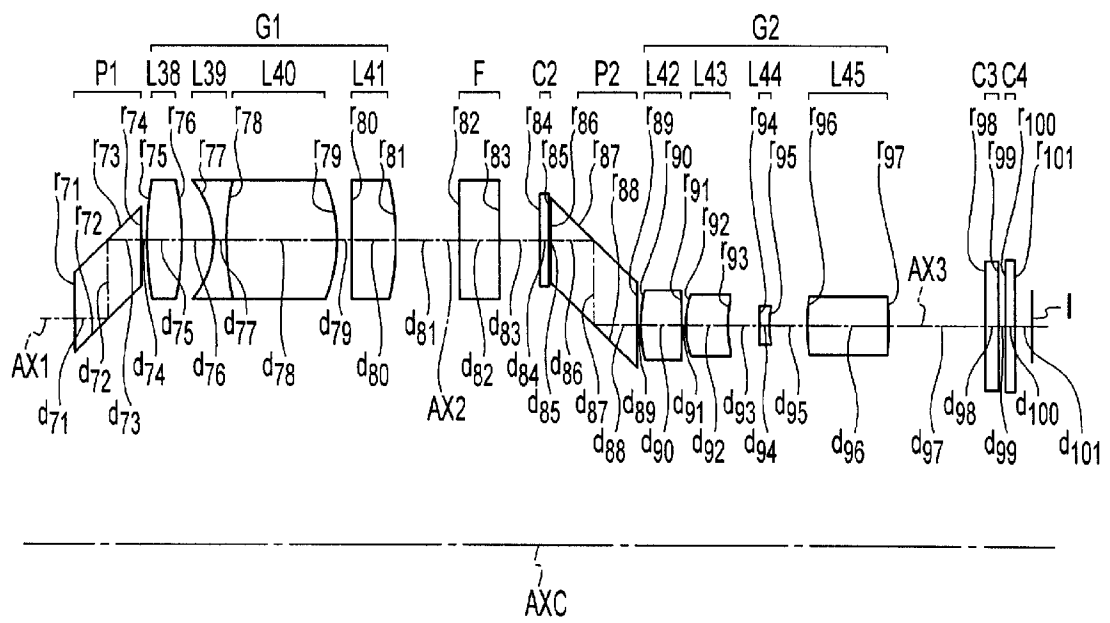
[図4]



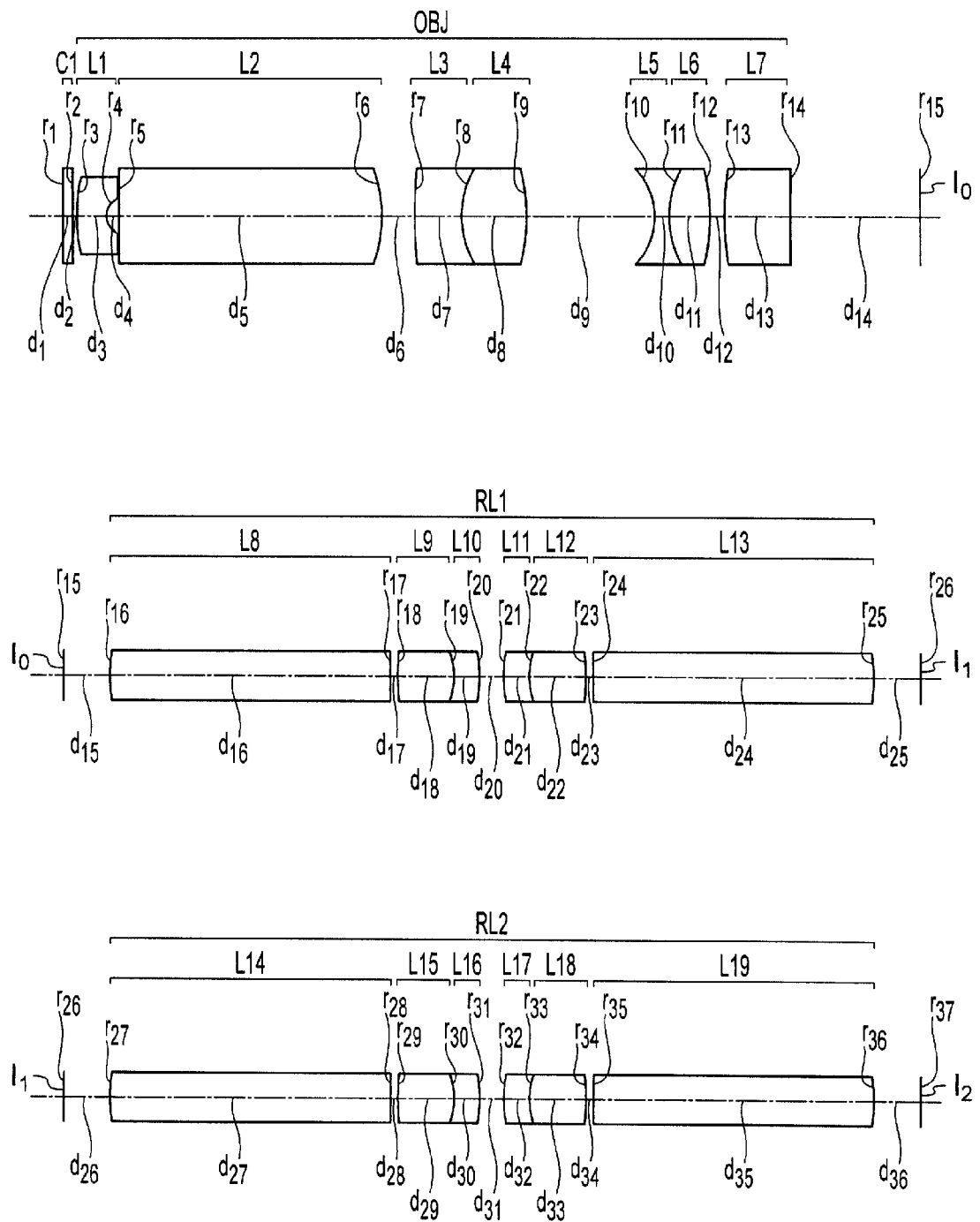
[図5]



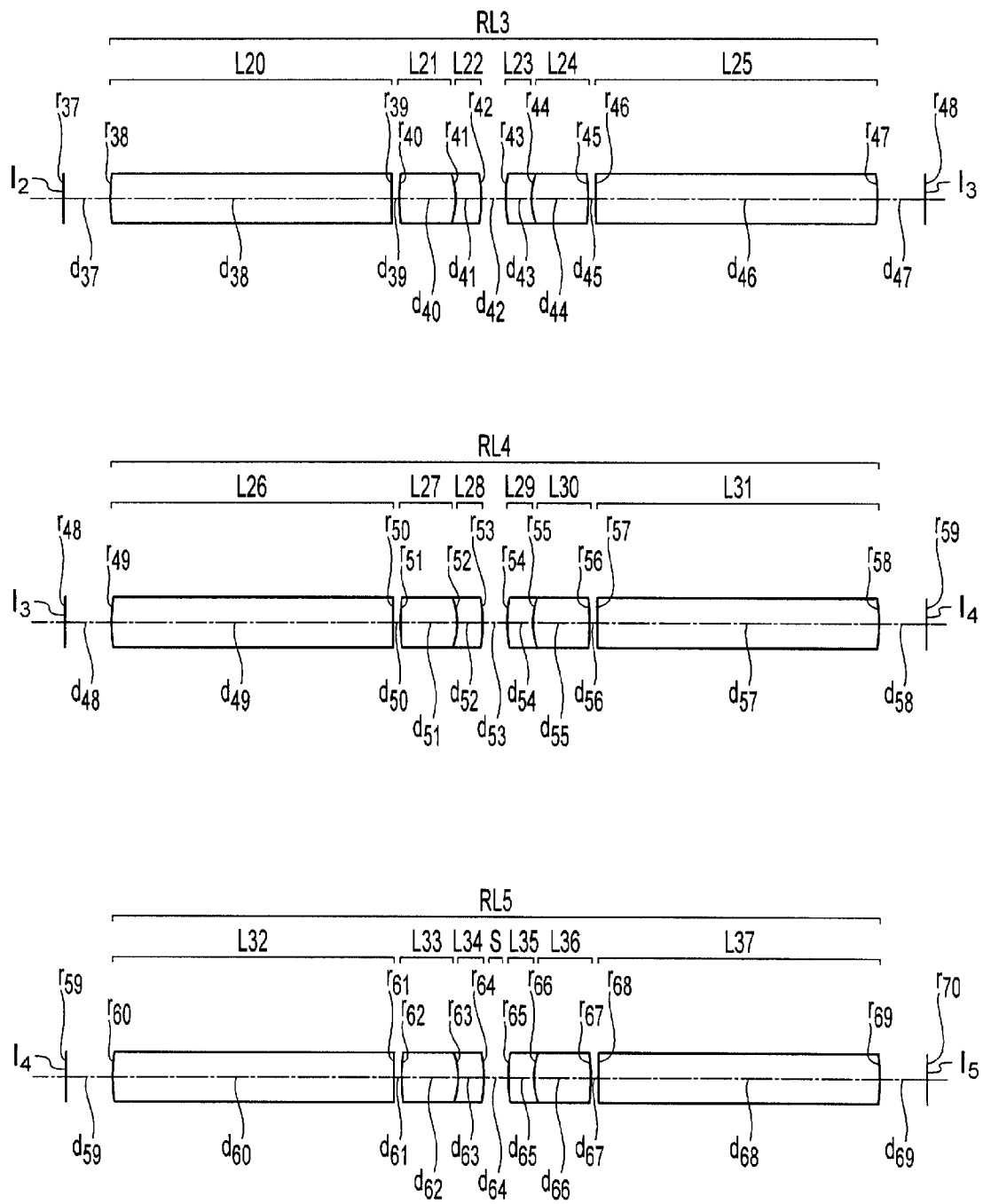
[図6]



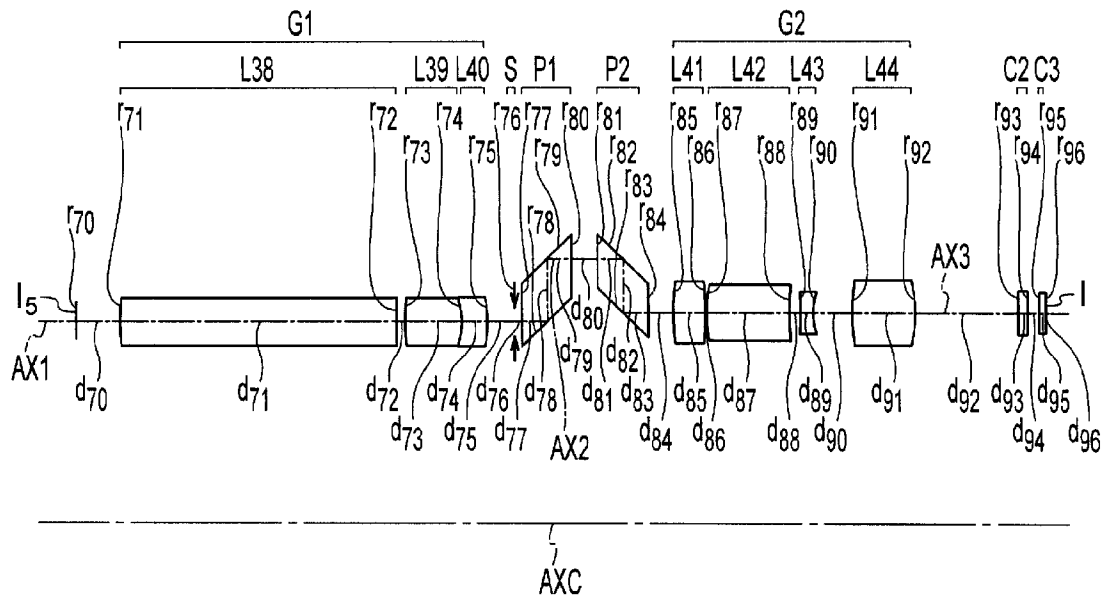
[図7]



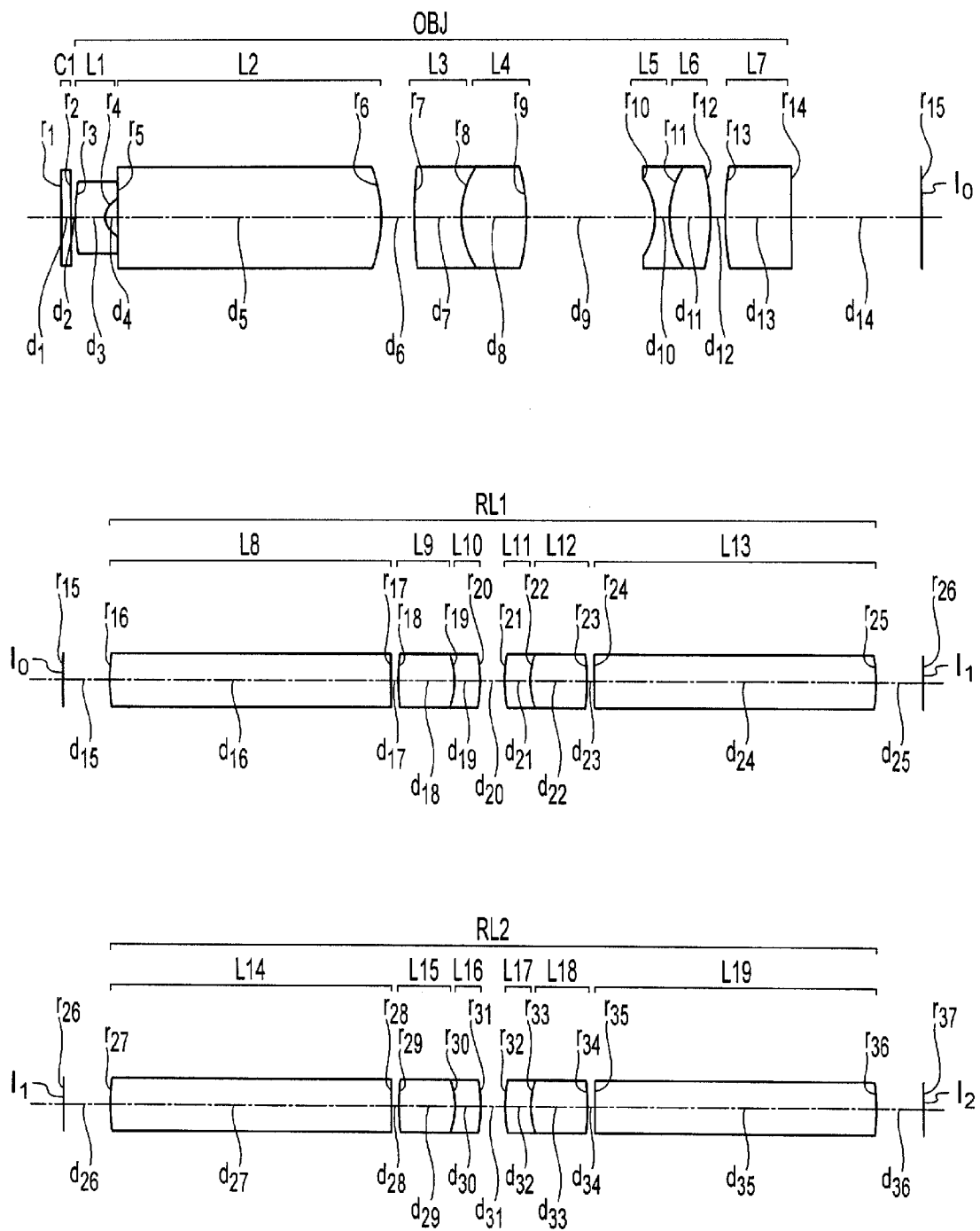
[図8]



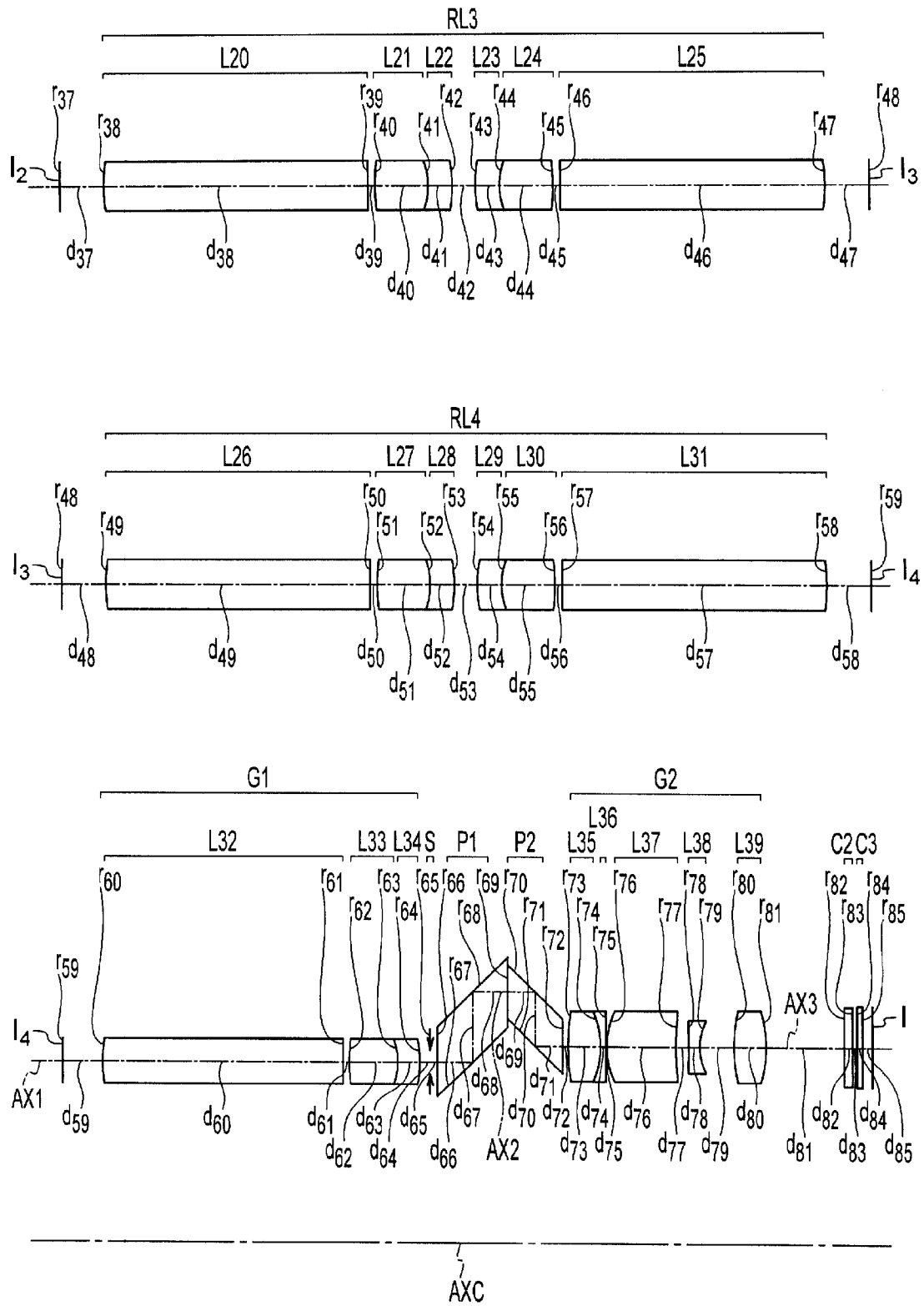
[図9]



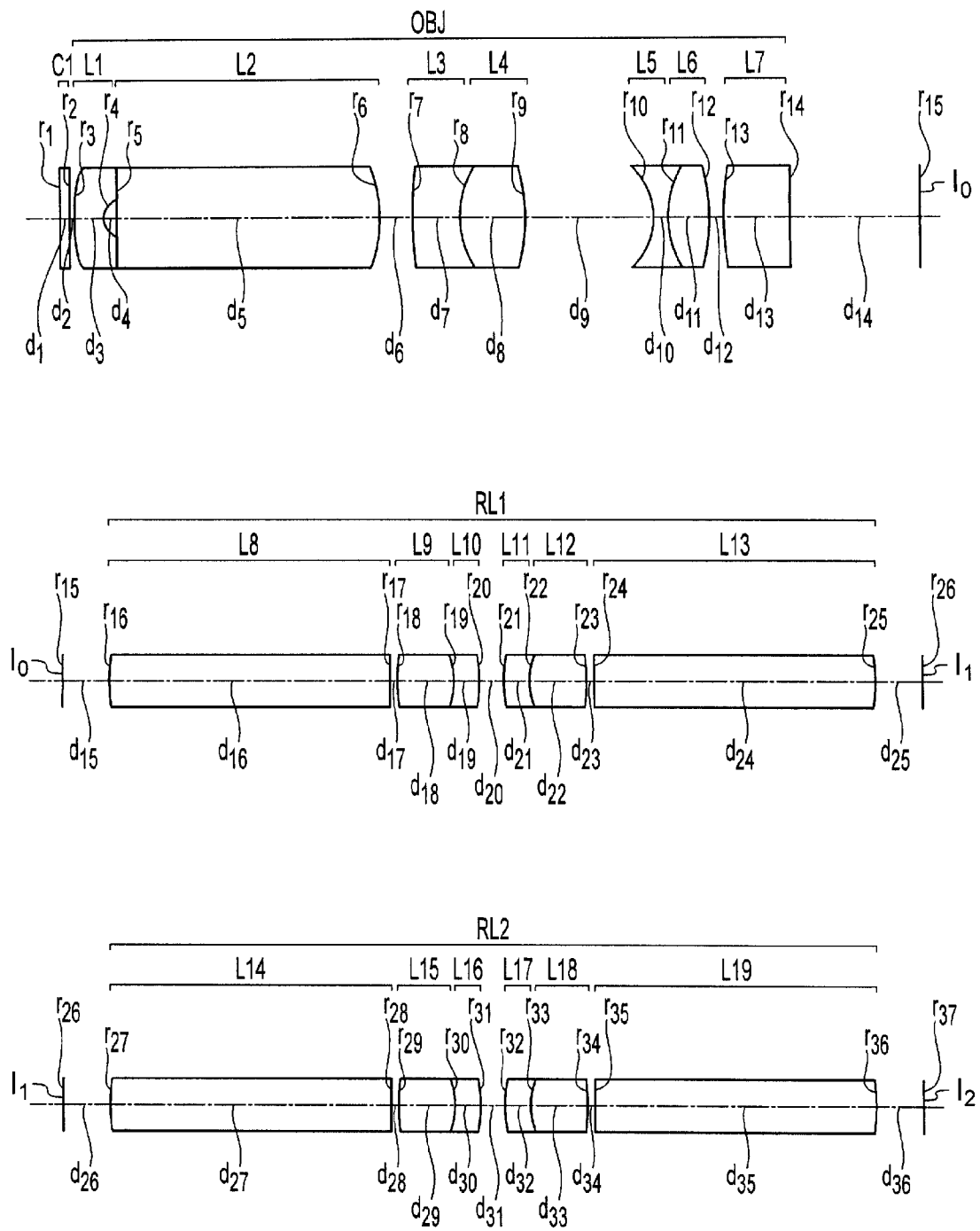
[図10]



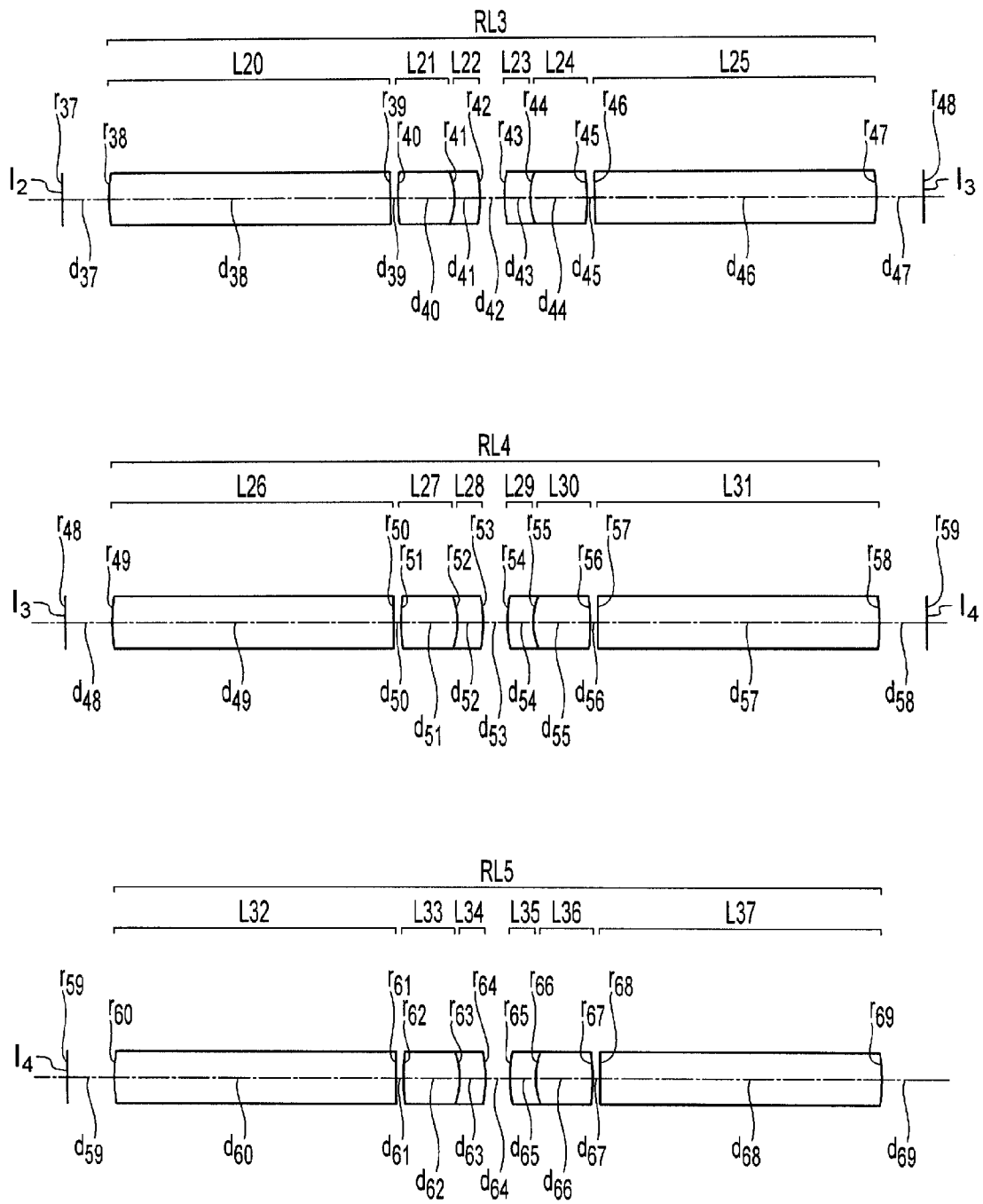
[図11]



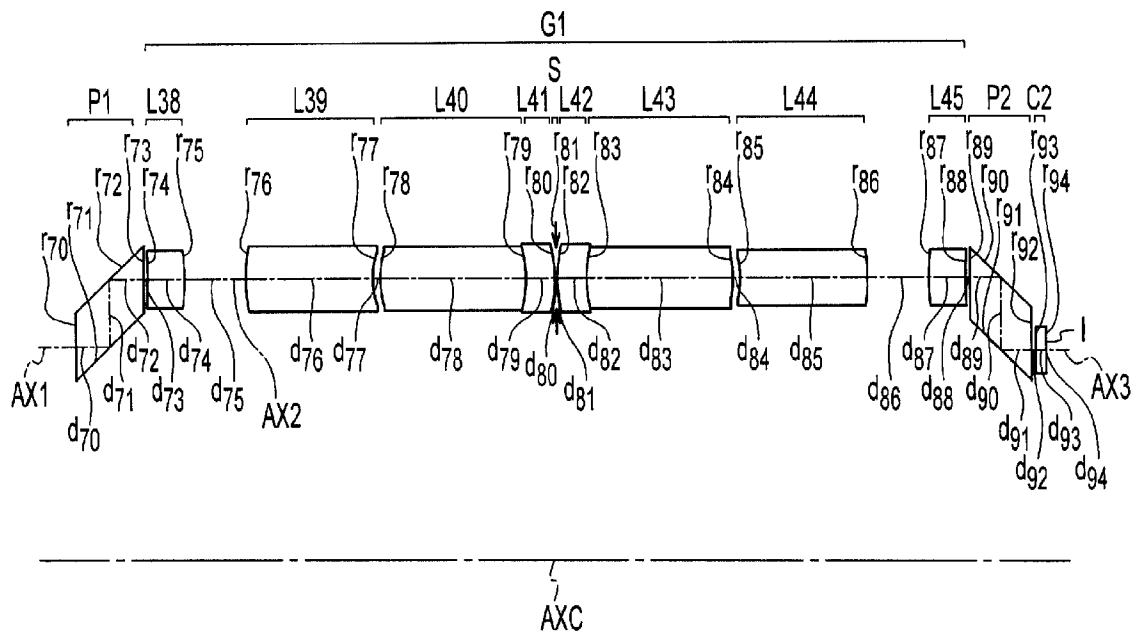
[図12]



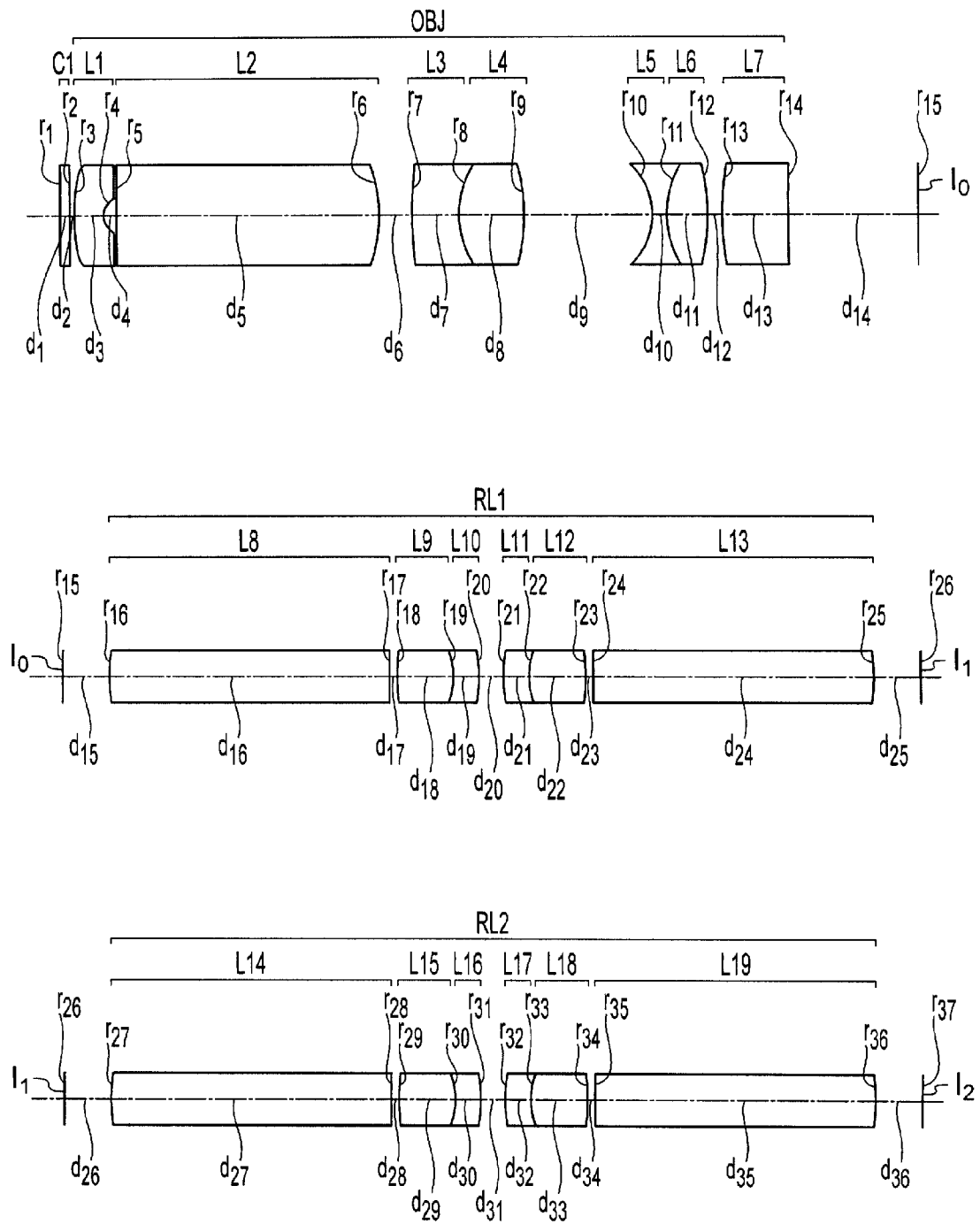
[図13]



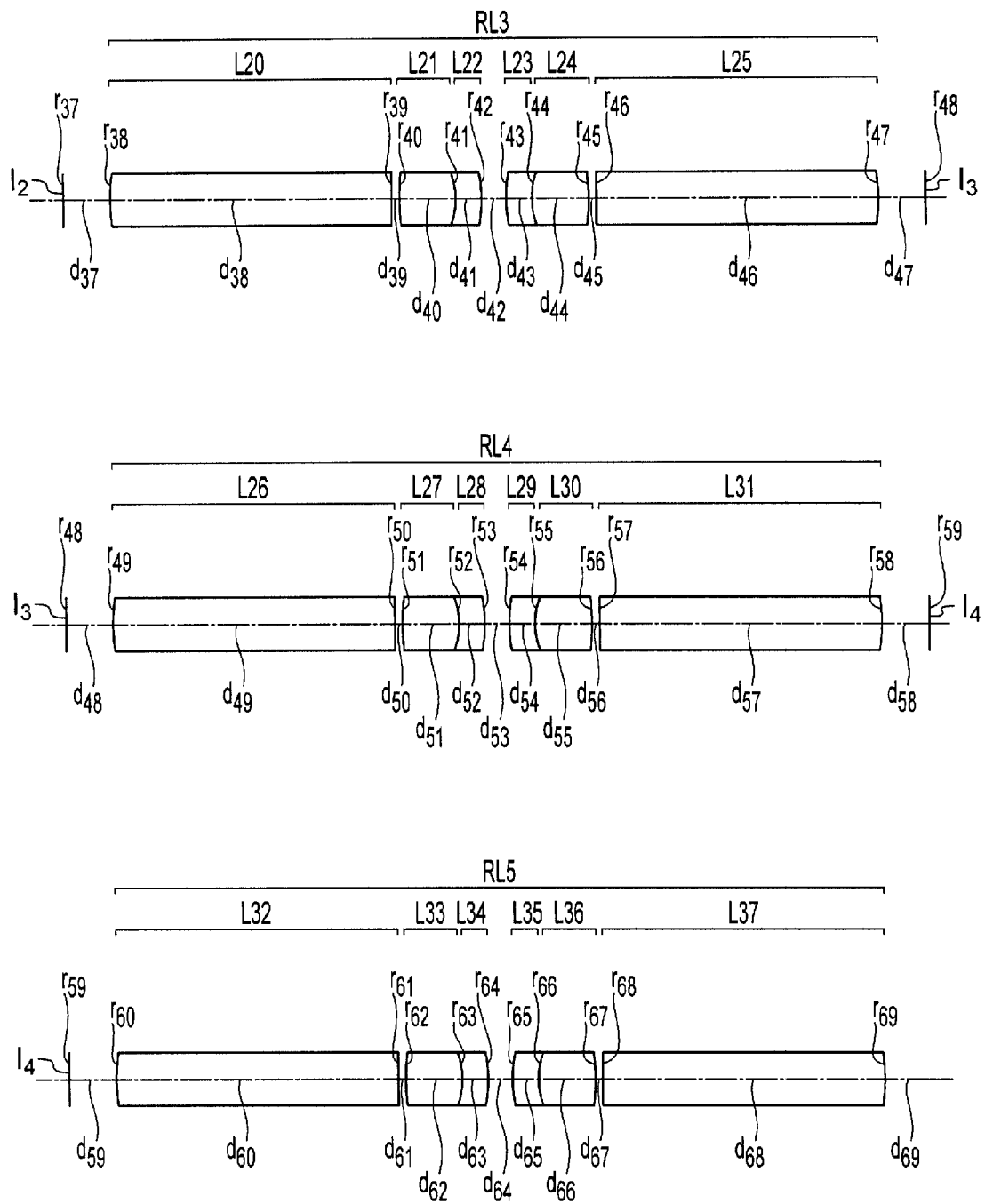
[図14]



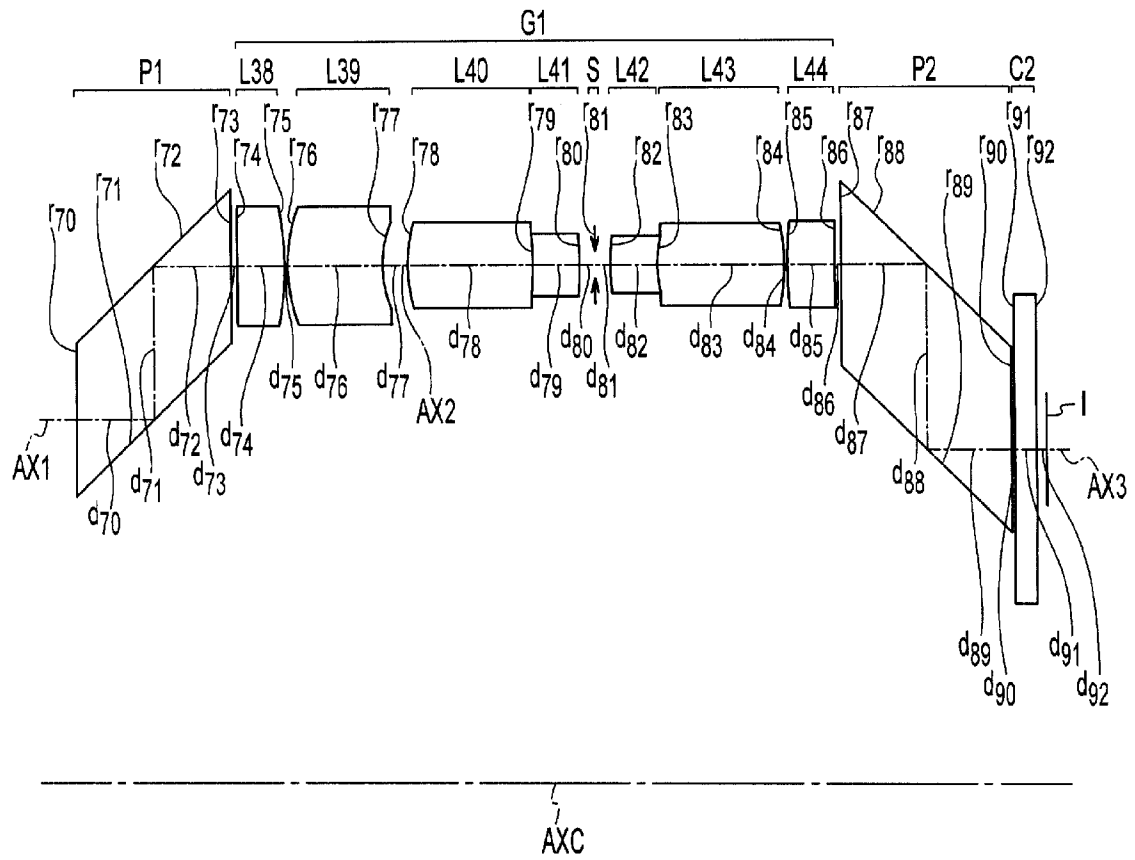
[図15]



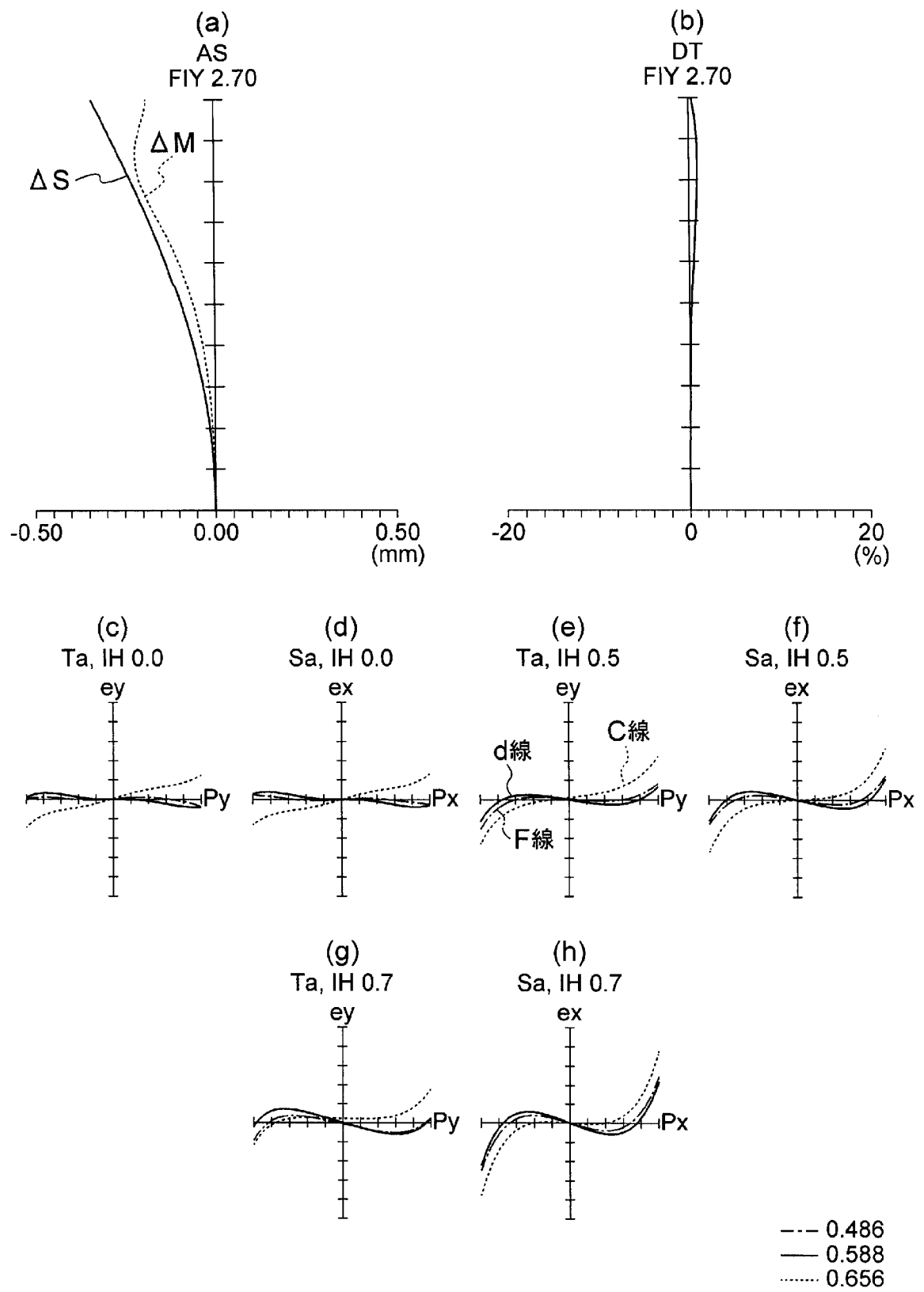
[図16]



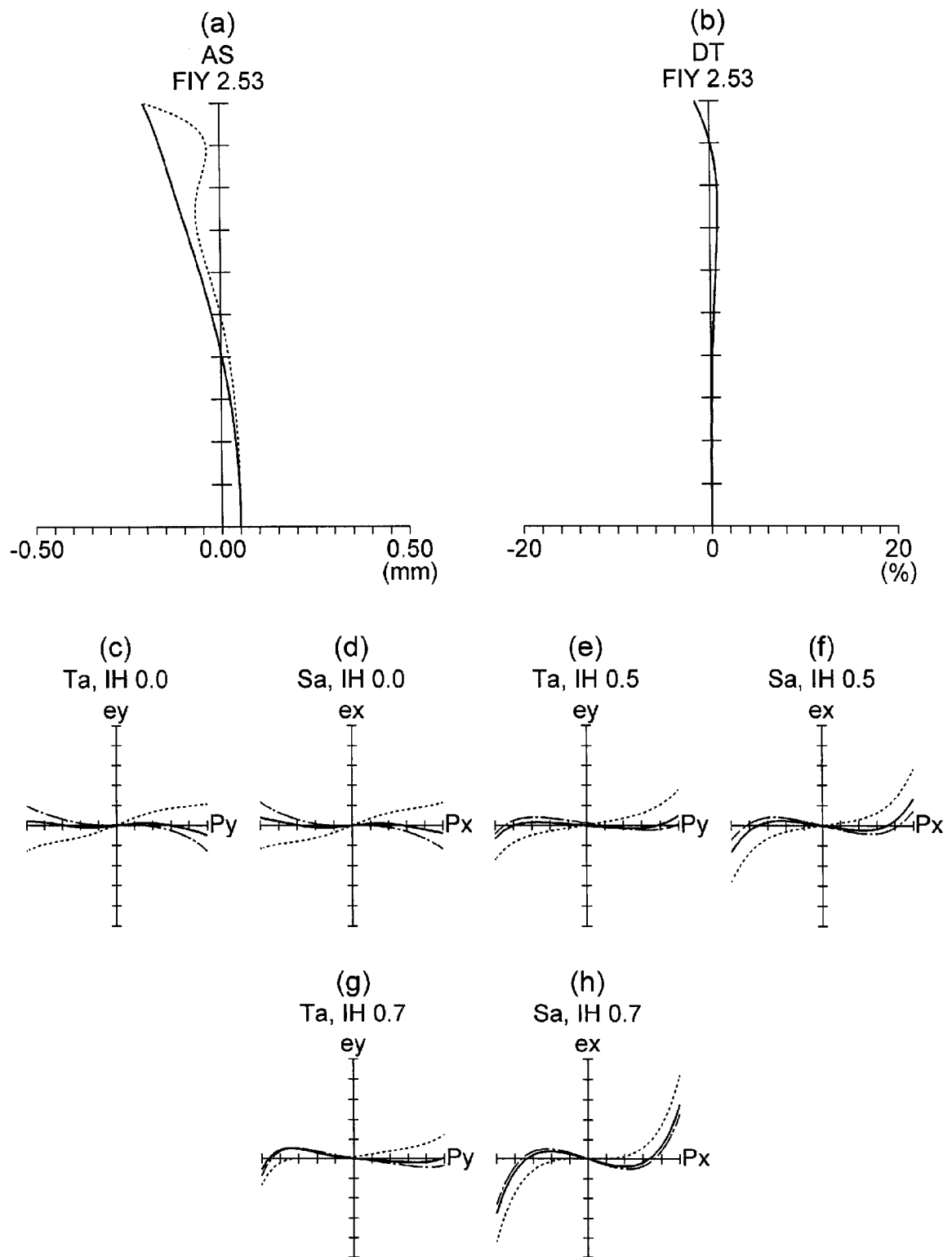
[図17]



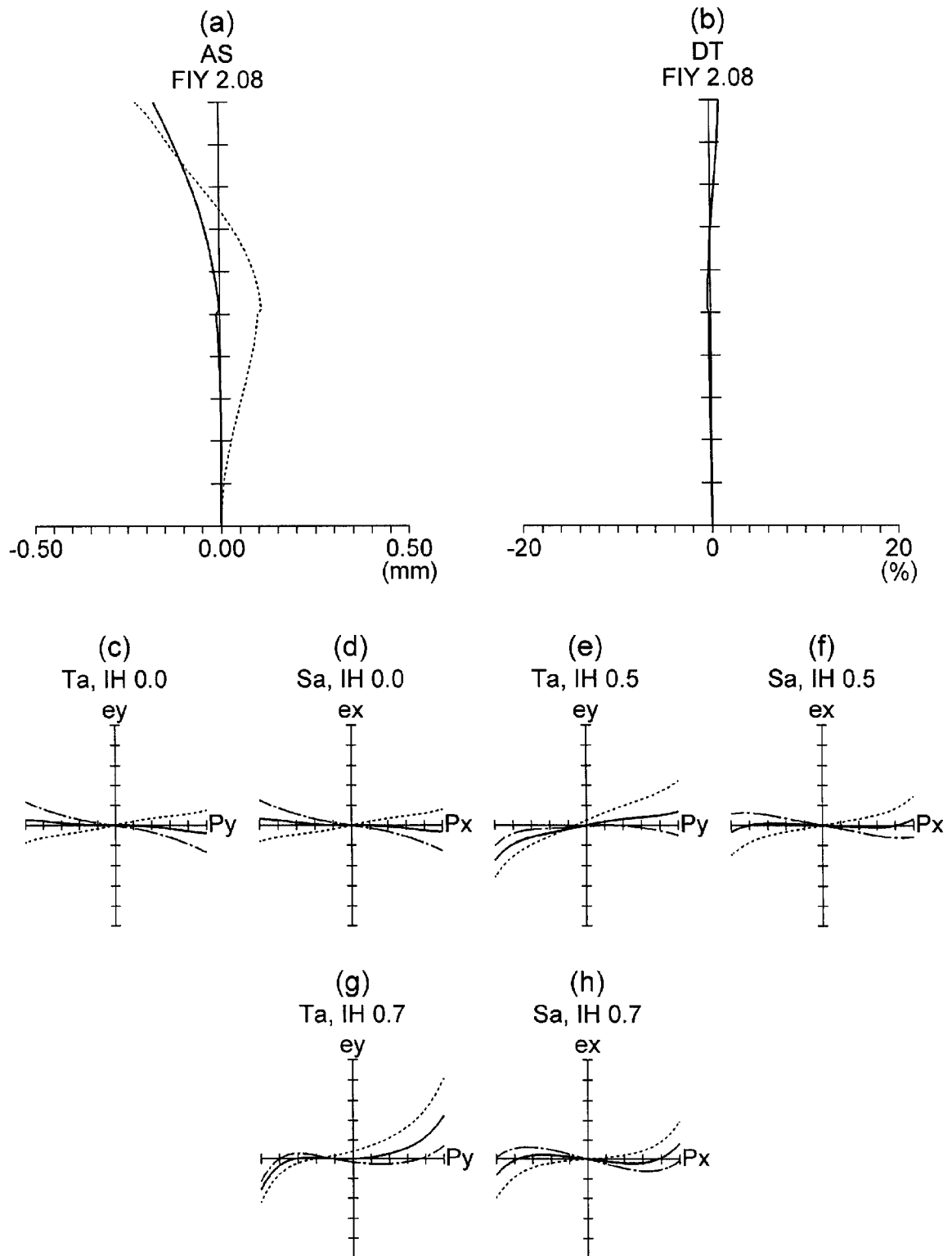
[図18]



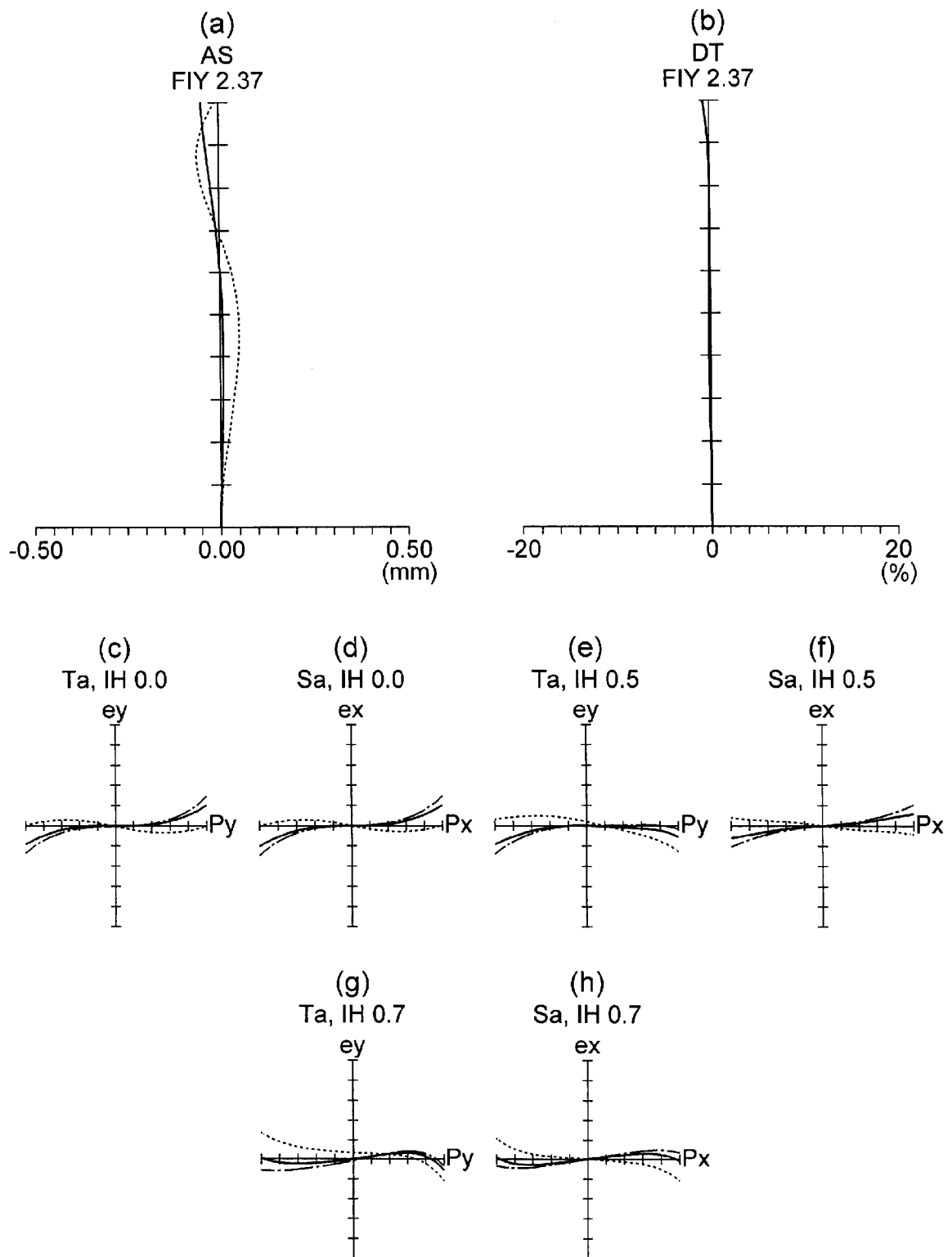
[図19]



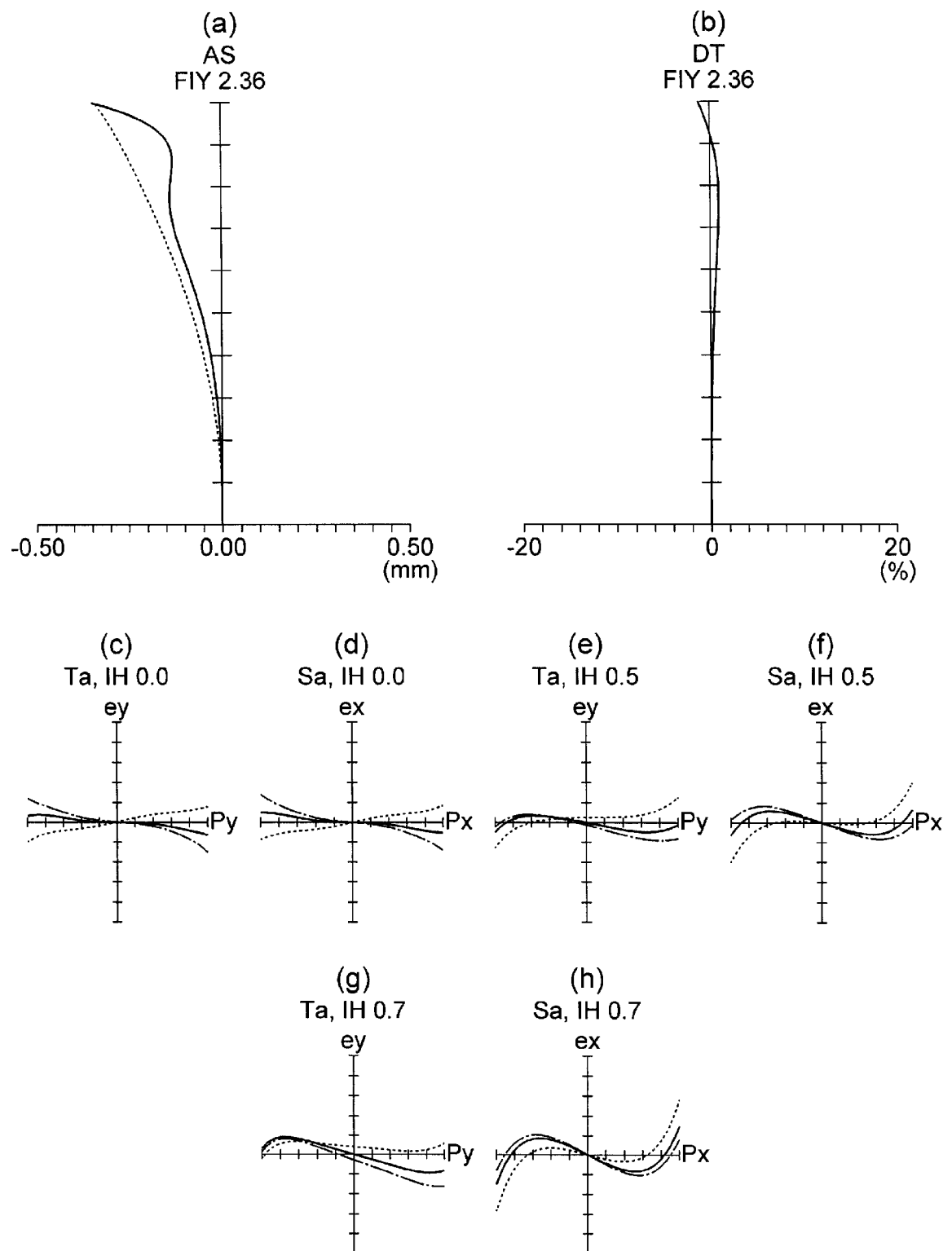
[図20]



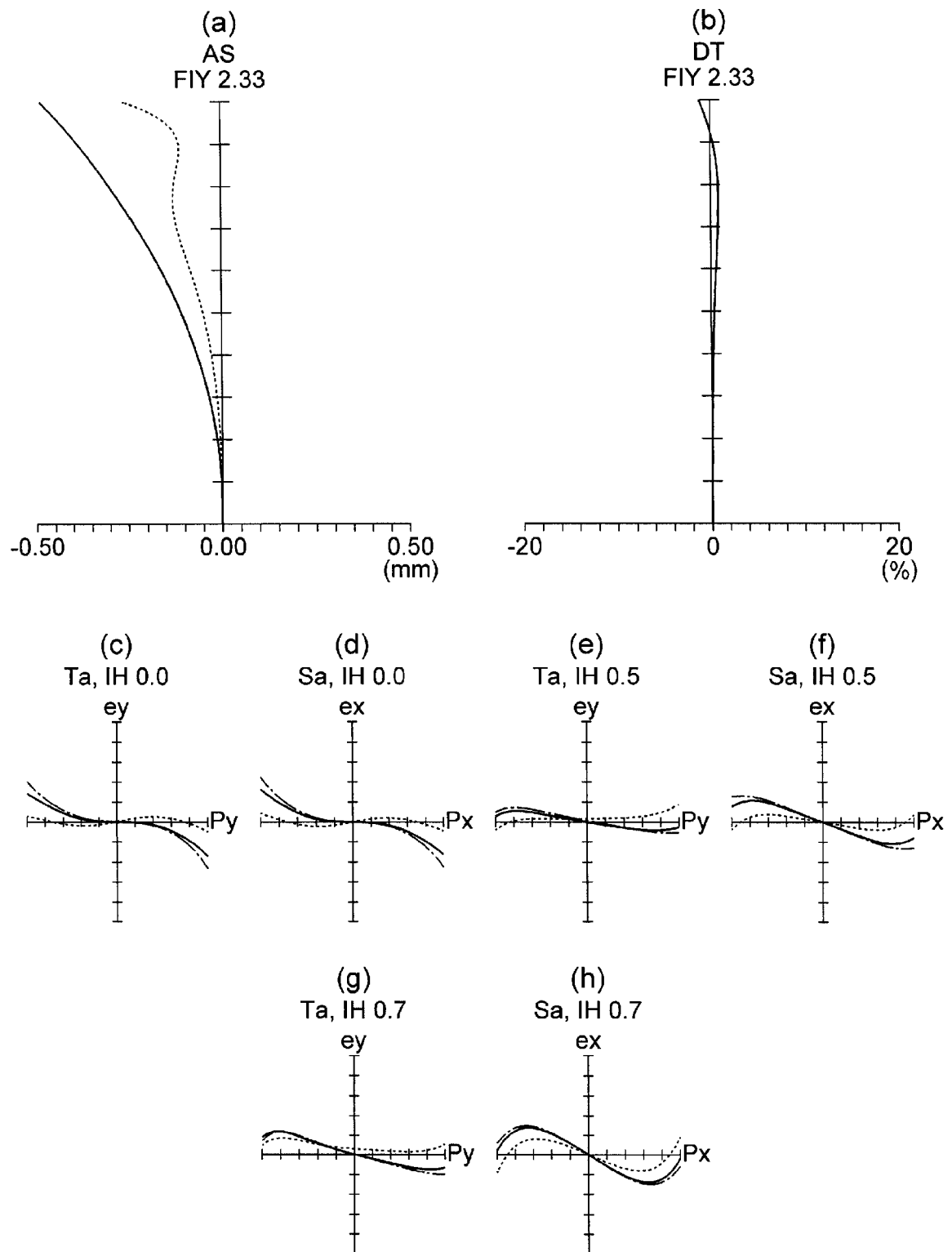
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/015095

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/00(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, A61B1/002(2006.01)i, G02B23/26(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)

G02B13/00, A61B1/00, A61B1/002, G02B23/26

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2014-110910 A (Mitaka Kohki Co., Ltd.), 19 June 2014 (19.06.2014), paragraphs [0015] to [0017]; fig. 2 (Family: none)	1-6, 9, 12-16 7-8, 10-11

☒ 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
30 June 2017 (30.06.17)

Date of mailing of the international search report
11 July 2017 (11.07.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/015095

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 7-261099 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 13 October 1995 (13.10.1995), column concerning '7th example' (paragraphs [0095] to [0098]; fig. 10); '4th example' to '6th example', 'Lens Data'; paragraphs [0083], [0088], [0093] & US 2002/0082476 A1 column concerning 'seventh embodiment' (paragraphs [0180] to [0185]; fig. 14); 'table 3' to 'table 5'; paragraphs [0172], [0176], [0179] & US 5743846 A1 & US 6306082 B1 & DE 19509885 A1 & DE 295004623 U1 & DE 19549456 B4 & DE 19549857 B4	1-6, 9, 12-16 7-8, 10-11
Y	JP 7-261094 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 13 October 1995 (13.10.1995), fig. 17 (Family: none)	5
A	WO 2011/049195 A1 (Olympus Medical Systems Corp.), 28 April 2011 (28.04.2011), entire text; all drawings & JP 5011451 B2 & US 2012/0075448 A1 & EP 2492744 A1 & CN 102597871 A	1-16
A	JP 2002-11022 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 15 January 2002 (15.01.2002), entire text; all drawings & US 2001/0055062 A1 & US 2005/0020876 A1	1-16
A	JP 8-304714 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 22 November 1996 (22.11.1996), entire text; all drawings & US 5976071 A1 & US 6338711 B1 & US 6517479 B1	1-16
A	JP 2013-524285 A (MIRLAY, Ram Srikanth), 17 June 2013 (17.06.2013), entire text; all drawings & US 2013/0044369 A1 & WO 2011/125067 A1 & EP 2539757 A1 & CN 103119495 A	1-16
A	US 6720988 B1 (INTUITIVE SURGICAL, INC.), 13 April 2004 (13.04.2004), column concerning fig. 1 & US 2006/0092273 A1 & US 2007/0285508 A1 & US 2002/0055795 A1 & US 6364888 B1 & US 2003/0029463 A1 & US 2005/0027397 A1 & EP 1181627 A2 & EP 1650615 A1 & DE 60024079 D1 & AT 310264 T & AT 521923 T	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B13/00(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, A61B1/002(2006.01)i, G02B23/26(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. G02B13/00, A61B1/00, A61B1/002, G02B23/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2014-110910 A (三鷹光器株式会社) 2014.06.19, 段落 [0015] - [0017], [図2] 等 (ファミリーなし)	1-6, 9, 12 -16 7-8, 10- 11
Y A	JP 7-261099 A (オリンパス光学工業株式会社) 1995.10.13, 「第7実施例」に関する欄 (段落 [0095] - [0098], [図10] 等), 「第4実施例」 - 「第6実施例」の「レンズデータ」、段落 [0083], [0088], [0093] 等 & US 2002/0082476 A1, 「seventh embodiment」に関する欄 (段落 [0180]- [0185], 「FIG. 14」等), 「TABLE3」-「TABLE5」, 段落 [0172], [0176], [0179] 等	1-6, 9, 12 -16 7-8, 10- 11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.06.2017

国際調査報告の発送日

11.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小倉 宏之

2 V

4 4 6 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	& US 5743846 A1 & US 6306082 B1 & DE 19509885 A1 & DE 295004623 U1 & DE 19549456 B4 & DE 19549857 B4	
Y	JP 7-261094 A (オリンパス光学工業株式会社) 1995.10.13, [図17] 等 (ファミリーなし)	5
A	WO 2011/049195 A1 (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2011.04.28, 全文、全図 & JP 5011451 B2 & US 2012/0075448 A1 & EP 2492744 A1 & CN 102597871 A	1-16
A	JP 2002-11022 A (オリンパス光学工業株式会社) 2002.01.15, 全文、全図 & US 2001/0055062 A1 & US 2005/0020876 A1	1-16
A	JP 8-304714 A (旭光学工業株式会社) 1996.11.22, 全文、全図 & US 5976071 A1 & US 6338711 B1 & US 6517479 B1	1-16
A	JP 2013-524285 A (マーレイ ラム スリカンズ) 2013.06.17, 全文、全図 & US 2013/0044369 A1 & WO 2011/125067 A1 & EP 2539757 A1 & CN 103119495 A	1-16
A	US 6720988 B1 (INTUITIVE SURGICAL, INC.) 2004.04.13, FIG. 1 に関する欄等 & US 2006/0092273 A1 & US 2007/0285508 A1 & US 2002/0055795 A1 & US 6364888 B1 & US 2003/0029463 A1 & US 2005/0027397 A1 & EP 1181627 A2 & EP 1650615 A1 & DE 60024079 D1 & AT 310264 T & AT 521923 T	1-16