

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-80410

(P2009-80410A)

(43) 公開日 平成21年4月16日(2009.4.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	2H040
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	2H059
GO2B 17/08 (2006.01)	GO2B 17/08 Z	2H087
GO2B 23/24 (2006.01)	GO2B 23/24 C	4C061
GO3B 15/00 (2006.01)	GO3B 15/00 W	
審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2007-251100 (P2007-251100)	(71) 出願人	000000376
(22) 出願日	平成19年9月27日 (2007. 9. 27)		オリンパス株式会社
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
		(74) 代理人	100139103
			弁理士 小山 卓志
		(74) 代理人	100097777
			弁理士 荏澤 弘
		(74) 代理人	100139114
			弁理士 田中 貞嗣
		(74) 代理人	100088041
			弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦
			最終頁に続く

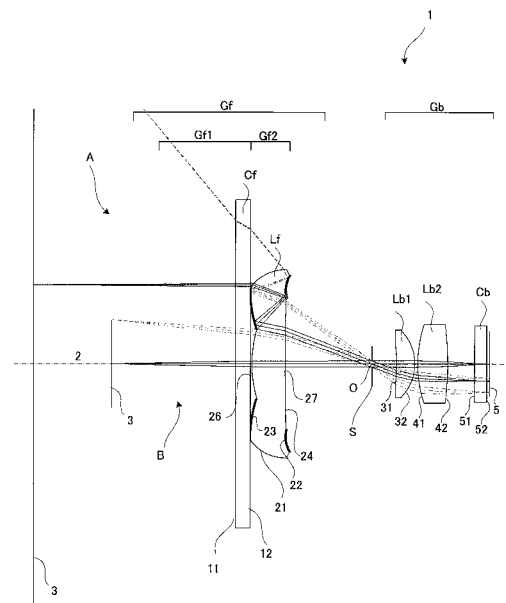
(54) 【発明の名称】 光学系及びそれを用いた内視鏡

(57) 【要約】

【課題】 ズーム機構等の複雑な機構無しで、簡単な構成で広い観察画角の光路と拡大光路の両方を有する光学系の両方を同時に1つの撮像素子上に撮像することが可能な小型で安価な光学系及びそれを用いた内視鏡を提供する。

【解決手段】 前群Gfと、正の屈折力を有する後群Gbと、前群Gfと後群Gbの間に配置された開口Sとを有し、中心軸2の周りに回転対称で、中間像を光路中に形成することなく像面に結像される二重焦点光学系において、前群Gfは、2面以上の面形状で構成された二重焦点光学素子Lf、Lbを少なくとも1つ有し、二重焦点光学素子Lf、Lbは、少なくとも2つの異なる物点距離からの光路A、Bに対して、それぞれ同心に分割されている異なる回転対称な面形状の作用により、同一方向の異なる物点を同一平面上の異なる領域に結像することを特徴とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

前群と、正の屈折力を有する後群と、前記前群と前記後群の間に配置された開口とを有し、中心軸の周りに回転対称で、中間像を光路中に形成することなく像面に結像される二重焦点光学系において、前記前群は、2面以上の面形状で構成された二重焦点光学素子を少なくとも1つ有し、前記二重焦点光学素子は、少なくとも2つの異なる物点距離からの光路に対して、それぞれ同心に分割されている異なる回転対称な面形状の作用により、同一方向の異なる物点を同一平面上の異なる領域に結像することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記二重焦点光学素子は、周辺部分の周辺光路と、中心部分の中心光路と、を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

10

【請求項 3】

前記周辺光路の画角は、前記中心光路の画角より大きいことを特徴とする請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記周辺光路と前記中心光路は、共通の開口を有することを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の光学系。

【請求項 5】

前記周辺光路と前記中心光路は、前記後群において少なくとも1つの透過光学素子を共用することを特徴とする請求項 2 乃至請求項 4 のいずれかに記載の光学系。

20

【請求項 6】

前記二重焦点光学素子の少なくとも1面は、トーリック面からなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 7】

前記二重焦点光学素子の少なくとも1面は、対称面を持たない任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 8】

前記二重焦点光学素子の少なくとも1面は、奇数次項を含む任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の光学系。

30

【請求項 9】

前記二重焦点光学素子の周辺光路は、前記中心軸周辺に配置された第1透過面と、前記第1透過面より像面側に配置され、像面側に凹面を向けた第1反射面と、前記第1反射面より像面と反対側に配置され、像面側に凹面を向けた第2反射面と、前記第2反射面より像面側に配置された第2透過面と、により形成されることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 10】

前記周辺光路は、順光線追跡の順に、前記第1透過面を経て前記二重焦点光学素子内に入り、前記第1反射面で像面と反対側に反射され、前記第2反射面で像面側に反射され、前記第2透過面を経て前記二重焦点光学素子から像面側に外へ出る略Z字状の光路を構成することを特徴とする請求項 2 乃至請求項 9 のいずれかに記載の光学系。

40

【請求項 11】

前記周辺光路の少なくとも前記第1反射面と前記第2反射面の間、光路は、前記中心軸に対して片側のみで構成されることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 10 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 12】

前記周辺光路は、光路中に中間像が結像されることなく、像面に円環状に結像されることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 11 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 13】

50

前記中心光路は、透過面のみで構成されていることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 1 2 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 1 4】

前記二重焦点光学素子は、前記第 1 透過面の中心軸近傍に第 3 透過面を有し、前記二重焦点光学素子に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記第 3 透過面を経て前記二重焦点光学素子内に入り、前記第 2 透過面を経て前記二重焦点光学素子から像面側に外へ出る中心光路を構成することを特徴とする請求項 9 乃至請求項 1 3 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 1 5】

前記二重焦点光学素子は、前記第 2 透過面の中心軸近傍に第 3 透過面を有し、前記二重焦点光学素子に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記第 1 透過面を経て前記二重焦点光学素子内に入り、前記第 3 透過面を経て前記二重焦点光学素子から像面側に外へ出る中心光路を構成することを特徴とする請求項 9 乃至請求項 1 3 のいずれかに記載の光学系。

10

【請求項 1 6】

前記二重焦点光学素子は、前記前群と前記後群に複数配置することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 1 7】

最大像高を I 、二重焦点素子の二重焦点面が物体側にある場合の二重焦点面から開口までの距離を d_1 とするとき、

$$0.5 < d_1 / I < 3 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 6 のいずれかに記載の光学系。

20

【請求項 1 8】

最大像高を I 、二重焦点素子の二重焦点面が像面側にある場合の二重焦点面から開口までの距離を d_2 とするとき、

$$0.5 < d_2 / I < 5 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 7 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 1 9】

最大像高を I 、前記二重焦点光学素子の外径を D とするとき、

$$1 < D / I < 10 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 8 のいずれかに記載の光学系。

30

【請求項 2 0】

請求項 1 乃至請求項 1 9 のいずれかに記載の光学系を用いた内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光学系及びそれを用いた内視鏡に関し、特に、遠方の物点を広画角で観察する光路と近傍の物点を拡大して観察する光路の 2 つの光路を有し、1 つの撮像素子に円環状及び円形の映像として結像する機能を有する結像光学系又は投影光学系に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

従来、二重焦点光学系として特許文献 1 及び特許文献 2 があった。また、2 つの光路を有する光学系として特許文献 3 及び特許文献 4 があった。

【特許文献 1】特開平 8 - 3 2 0 4 0 1 号公報

【特許文献 2】特開平 1 1 - 2 3 8 0 9 号公報

【特許文献 3】米国特許公開 2 0 0 4 - 0 2 5 4 4 2 4 号公報

【特許文献 4】国際特許公開 2 0 0 3 / 0 4 2 7 4 3 号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0003】**

しかしながら、どの特許文献に記載された光学系も、小型な構成で、且つ、広視野光路と拡大光路を備えたものではなかった。

【0004】

本発明は、従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、ズーム機構等の複雑な機構無しで、簡単な構成で広い観察画角の光路と拡大光路の両方を有する光学系の両方の像を同時に1つの撮像素子上に撮像することが可能な小型で安価な光学系及びそれを用いた内視鏡を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

上記目的を達成する本発明の光学系は、前群と、正の屈折力を有する後群と、前記前群と前記後群の間に配置された開口とを有し、中心軸の周りに回転対称で、中間像を光路中に形成することなく像面に結像される二重焦点光学系において、前記前群は、2面以上の面形状で構成された二重焦点光学素子を少なくとも1つ有し、前記二重焦点光学素子は、少なくとも2つの異なる物点距離からの光路に対して、それぞれ同心に分割されている異なる回転対称な面形状の作用により、同一方向の異なる物点を同一平面上の異なる領域に結像することを特徴とする。

【0006】

また、前記二重焦点光学素子は、周辺部分の周辺光路と、中心部分の中心光路と、を有することを特徴とする。

【0007】

また、前記周辺光路の画角は、前記中心光路の画角より大きいことを特徴とする。

【0008】

また、前記周辺光路と前記中心光路は、共通の開口を有することを特徴とする。

【0009】

また、前記周辺光路と前記中心光路は、前記後群において少なくとも1つの透過光学素子を共用することを特徴とする。

【0010】

また、前記二重焦点光学素子の少なくとも1面は、トーリック面からなることを特徴とする。

【0011】

また、前記二重焦点光学素子の少なくとも1面は、対称面を持たない任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする。

【0012】

また、前記二重焦点光学素子の少なくとも1面は、奇数次項を含む任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする。

【0013】

また、前記二重焦点光学素子の周辺光路は、前記中心軸周辺に配置された第1透過面と、前記第1透過面より像面側に配置され、像面側に凹面を向けた第1反射面と、前記第1反射面より像面と反対側に配置され、像面側に凹面を向けた第2反射面と、前記第2反射面より像面側に配置された第2透過面と、により形成されることを特徴とする。

【0014】

また、前記周辺光路は、順光線追跡の順に、前記第1透過面を経て前記二重焦点光学素子内に入り、前記第1反射面で像面と反対側に反射され、前記第2反射面で像面側に反射され、前記第2透過面を経て前記二重焦点光学素子から像面側に外へ出る略Z字状の光路を構成することを特徴とする。

【0015】

10

20

30

40

50

また、前記周辺光路の少なくとも前記第 1 反射面と前記第 2 反射面の間は、前記中心軸に対して片側のみで構成されることを特徴とする。

【0016】

また、前記周辺光路は、光路中に中間像が結像されることなく、像面に円環状に結像されることを特徴とする。

【0017】

また、前記中心光路は、透過面のみで構成されていることを特徴とする。

【0018】

また、前記二重焦点光学素子は、前記第 1 透過面の中心軸近傍に第 3 透過面を有し、前記二重焦点光学素子に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記第 3 透過面を経て前記二重焦点光学素子内に入り、前記第 2 透過面を経て前記二重焦点光学素子から像面側に外へ出る中心光路を構成することを特徴とする。

【0019】

また、前記二重焦点光学素子は、前記第 2 透過面の中心軸近傍に第 3 透過面を有し、前記二重焦点光学素子に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記第 1 透過面を経て前記二重焦点光学素子内に入り、前記第 3 透過面を経て前記二重焦点光学素子から像面側に外へ出る中心光路を構成することを特徴とする。

【0020】

また、前記二重焦点光学素子は、前記前群と前記後群に複数配置することを特徴とする。

【0021】

また、最大像高を I 、二重焦点素子の二重焦点面が物体側にある場合の二重焦点面から開口までの距離を d_1 とするとき、

$$0.5 < d_1 / I < 3 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0022】

また、最大像高を I 、二重焦点素子の二重焦点面が像面側にある場合の二重焦点面から開口までの距離を d_2 とするとき、

$$0.5 < d_2 / I < 5 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0023】

また、最大像高を I 、前記二重焦点光学素子の外径を D とするとき、

$$1 < D / I < 10 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0024】

さらに、上記目的を達成する本発明は、前記光学系を用いた内視鏡であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0025】

以上の本発明の光学系においては、簡単な構成で広い画角を観察又は広い画角に映像を投影することが可能な小型で収差が良好に補正された解像力の良い光学系を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、実施例に基づいて本発明の光学系について説明する。

【0027】

図 3 は、後述する実施例 1 の光学系 1 の中心軸（回転対称軸）2 に沿ってとった断面図である。なお、以下の説明は、結像光学系として説明するが、光路を逆にとって投影光学系として用いることもできる。

【0028】

10

20

30

40

50

本発明に係る光学系 1 は、中心軸 2 に対して回転対称で、前群 G f と、正の屈折力を有する後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間に配置された開口 S とを有し、中間像を光路中に形成することなく像を形成又は投影する光学系 1 である。像面 5 近傍の平行平板は撮像素子のカバーガラス C 等である。

【0029】

実施例 1 の光学系 1 は、前群 G f と、正の屈折力を有する後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間に配置された開口 S とを有し、中心軸 2 の周りに回転対称で、中間像を光路中に形成することなく像面 5 に結像される二重焦点光学系において、前群 G f は、2 面以上の面形状で構成された二重焦点光学素子 L f を少なくとも 1 つ有し、二重焦点光学素子 L f は、少なくとも 2 つの異なる物点距離からの光路に対して、それぞれ同心に分割されている異なる回転対称な面形状の作用により、同一方向の異なる物点を同一平面上の異なる領域に結像することが重要である。このような構成により、簡単な構成で広い画角を観察又は広い画角に映像を投影することが可能な小型で収差が良好に補正された解像力の良い光学系を得ることができる。

【0030】

また、二重焦点光学素子 L f は、周辺部分の周辺光路 A と、中心部分の中心光路 B と、を有することが望ましい。これにより、1 つの撮像素子で周辺と中心の観察像を同時に観察することが可能となる。さらに好ましくは、中心光路と周辺光路の反射回数は、0, 2, 4 の偶数回同士の組み合わせが好ましい。これにより、上下、左右の関係が 2 つの画像で回転中心軸を基準に一致する。これにより光学系の操作が容易になる。

【0031】

また、周辺光路 A の画角は、中心光路 B の画角より大きいことが重要である。周辺の広画角の観察光路で見たいところを探して、中心の拡大光学系で必要部分を拡大観察することにより、よく見ようとした時に必然的に画面中心に観察物体を持ってくる、自然な動作となる。

【0032】

また、周辺光路 A と中心光路 B は、共通の開口 S を有することが望ましい。開口 S を共用することにより、一つの絞りを可変にすることにより両光路を可変にすることが可能となる。また 2 本の光路を並列に配置する場合に比べて二つの光路のパララックスを小さくすることが可能となる。

【0033】

また、周辺光路 A と中心光路 B は、後群 G b において少なくとも 1 つの透過光学素子を共用することが望ましい。少なくとも一つの透過光学素子を共用することにより両方の光路の結像作用を共用した光学素子で構成することが可能となり、光学系を小型に構成することが可能となる。

【0034】

また、二重焦点光学素子 L f の少なくとも 1 面は、トーリック面からなることが望ましい。トーリック面で構成することにより中心軸 2 と面の交点が直交するという一般の球面や非球面で受ける制約を受けなくなるために、サジタル断面とメリジオナル断面の曲率を任意に設定することが可能となると同時に、実施例 1 の第 1 反射面 22 のように、Z 軸の正方向に開いた線形状を Z 軸周りに回転するような面形状を定義でき、設計の自由度が飛躍的に高まる。

【0035】

また、二重焦点光学素子 L f の少なくとも 1 面は、対称面を持たない任意形状の線分を中心軸 2 の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることが望ましい。対称面を持たないことにより、特に観察画角の広い周辺光路の画角周辺部分の歪みを補正することが可能となる。

【0036】

また、二重焦点光学素子 L f の少なくとも 1 面は、奇数次項を含む任意形状の線分を中心軸 2 の周りで回転させて形状される拡張回転自由曲面で構成されていることが望ましい

10

20

30

40

50

。この奇数次項により周辺光路の画面周辺部分の歪をより補正することが可能となる。

【 0 0 3 7 】

また、二重焦点光学素子 $L f$ の周辺光路 A は、中心軸 2 周辺に配置された第 1 透過面 2 1 と、第 1 透過面 2 1 より像面 5 側に配置され、像面 5 側に凹面を向けた第 1 反射面 2 2 と、第 1 反射面 2 2 より像面 5 と反対側に配置され、像面 5 側に凹面を向けた第 2 反射面 2 3 と、第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置された第 2 透過面 2 4 と、により形成されることを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

また、周辺光路 A は、順光線追跡の順に、第 1 透過面 2 1 を経て二重焦点光学素子 $L f$ 内に入り、第 1 反射面 2 2 で像面 5 と反対側に反射され、第 2 反射面 2 3 で像面 5 側に反
10
射され、第 2 透過面 2 4 を経て二重焦点光学素子 $L f$ から像面 5 側に外へ出る略 Z 字状の光路を構成することが望ましい。第 1 反射面 2 2 より物体側に透過面を配置することにより第 1 反射面 2 2 と第 2 反射面 2 3 を裏面鏡として構成することが可能となり、偏心収差の発生を小さくすることが可能となる。また、Z 字状にすることにより、2 つの反射面は向き合う構成となり、各反射面に入射する画角中心の中心光線の入射角度を小さくすることが可能となり、偏心収差の発生を少なくすることが可能となる。

【 0 0 3 9 】

また、周辺光路 A の少なくとも第 1 反射面 2 2 と第 2 反射面 2 3 の間の光路は、中心軸 2 に対して片側のみで構成されることが望ましい。これにより中心光路 B との面の干渉が
20
起きにくくなり、周辺光路 A の観察画角を広く取ることが可能となる。

【 0 0 4 0 】

また、周辺光路 A は、光路中に中間像が結像されることなく、像面に円環状に結像されることが望ましい。中間結像させると、光学系 1 の焦点距離等、自由度が上がるが光路長が長くなり、本発明のように非常に小型の光学系 1 を構成する場合には、好ましくない。

【 0 0 4 1 】

また、中心光路 B は、透過面のみで構成されていることが望ましい。中心光路を透過面のみで構成することにより、二重焦点光学素子 $L f$ を薄くすることが可能となり、特に回
転対称軸方向に小型の光学系 1 を構成することが可能となる。

【 0 0 4 2 】

また、二重焦点光学素子 $L f$ は、第 1 透過面 2 1 の中心軸 2 近傍に第 3 透過面 2 6 を有し、二重焦点光学素子 $L f$ に入射する光束は、順光線追跡の順に、第 3 透過面 2 6 を経て二重焦点光学素子 $L f$ 内に入り、第 2 透過面 2 2 を経て二重焦点光学素子 $L f$ から像面 5
30
側に外へ出る中心光路 B を構成することが望ましい。周辺光路 A と中心光路 B とで第 2 透過面 2 2 を共通して使用することができる。

【 0 0 4 3 】

また、二重焦点光学素子 $L f$ は、第 2 透過面 2 4 の中心軸近傍に第 4 透過面 2 7 を有し、二重焦点光学素子 $L f$ に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記第 1 透過面 2 1 を経て二重焦点光学素子 $L f$ 内に入り、第 4 透過面 2 7 を経て二重焦点光学素子 $L f$ から像面 5
40
側に外へ出る中心光路 B を構成することが望ましい。周辺光路 A と中心光路 B とで第 1 透過面 2 1 を共通して使用することができる。

【 0 0 4 4 】

また、二重焦点光学素子 $L f$, $L b$ は、前群 $G f$ と後群 $G b$ に複数配置することが望ましい。二重焦点光学素子 $L f$ を、開口 S を挟んで、物体側と像側に配置することにより周辺光路 A の焦点位置と主点位置の両方の自由度が得られ、収差補正上好ましい。

【 0 0 4 5 】

また、最大像高を I 、二重焦点素子の二重焦点面が物体側にある場合の二重焦点面から開口までの距離を $d 1$ とするとき、

$$0.5 < d 1 / I < 3 \quad \cdots (1)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50

上記条件式(1)の下限を超えると開口Sから二重焦点光学素子Lfまでの距離が短くなりすぎ、中心光路Bと周辺光路Aの分離が十分に行われないうために、両方の光束が干渉し、結果として観察画角が広く取れない。又上限を超えると光学系1全体の中心軸2方向の長さが長くなってしまい、小型の光学系1を実現できない。

【0047】

また、最大像高をI、二重焦点素子の二重焦点面が像面側にある場合の二重焦点面から開口までの距離をd2とすると、

$$0.5 < d2 / I < 5 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0048】

上記条件式(2)の下限を超えると開口Sから二重焦点光学素子Lfまでの距離が短くなりすぎ、中心光路Bと周辺光路Aの分離が十分に行われないうために、両方の光束が干渉し、結果として観察画角が広く取れない。又上限を超えると光学系1全体の中心軸2方向の長さが長くなってしまい、小型の光学系1を実現できない。

【0049】

また、最大像高をI、前記二重焦点光学素子の外径をDとすると、

$$1 < D / I < 10 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0050】

上記条件式(3)の下限を超えると、中心光路Bと周辺光路Aの分離が十分に行われないうために、両方の光束が干渉し、結果として観察画角が広く取れない。上限を超えると光学系1の外径が大きくなってしまい、細い光学系1を実現できない。

【0051】

さらに、上記目的を達成する本発明は、前記光学系を用いた内視鏡であることを特徴とする。

【0052】

なお、すべての実施例はERFS面以外は球面で構成されているが、通常非球面で構成することも可能である。また物体側の平行平面は、光学系保護用のものであり、無くてもよい。像側の平行平面は撮像素子保護用のものであり、無くてもよい。

【0053】

以下に、本発明の光学系の実施例1～4を説明する。これら光学系の構成パラメータは後記する。

【0054】

座標系は、順光線追跡において、例えば図1に示すように、絞りと中心軸2と交差する点を偏心光学面の原点Oとし、中心軸2に直交する方向をY軸方向とし、図1の紙面内をY-Z平面とする。そして、図1の像面5側の方向をZ軸正方向とし、Y軸、Z軸と右手直交座標系を構成する軸をX軸正方向とする。

【0055】

偏心面については、その面が定義される座標系の上記光学系1の原点Oからの偏心量(X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX、Y、Z)と、光学系1の原点Oに定義される座標系のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする各面を定義する座標系の傾き角(それぞれ α 、 β 、 γ (°))とが与えられている。その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の α 、 β 、 γ の回転のさせ方は、各面を定義する座標系を光学系の原点に定義される座標系のまずX軸の回りで反時計回りに α 回転させ、次に、その回転した新たな座標系のY軸の回りで反時計回りに β 回転させ、次いで、その回転した別の新たな座標系のZ軸の回りで時計回りに γ 回転させるものである。

【0056】

また、各実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には面間隔が与えられており、その他、面の曲率半径、媒質の屈折率

10

20

30

40

50

、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

【 0 0 5 7 】

また、後記の構成パラメータ中にデータの記載されていない非球面に関する項は 0 である。屈折率、アッペ数については、d 線（波長 5 8 7 . 5 6 n m）に対するものを表記してある。長さの単位は m m である。各面の偏心は、上記のように、基準面からの偏心量で表わす。

【 0 0 5 8 】

なお、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k) Y^2 / R^2\}^{1/2}] \\ + a Y^4 + b Y^6 + c Y^8 + d Y^{10} + \dots \\ \dots (a)$$

10

ただし、Z を軸とし、Y を軸と垂直な方向にとる。ここで、R は近軸曲率半径、k は円錐定数、a、b、c、d、... はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、1 0 次の非球面係数である。この定義式の Z 軸が回転対称非球面の軸となる。

【 0 0 5 9 】

また、拡張回転自由曲面は、以下の定義で与えられる回転対称面である。

【 0 0 6 0 】

まず、図 2 に示すように、Y - Z 座標面上で原点を通る下記の曲線（b）が定められる。

【 0 0 6 1 】

$$Z = (Y^2 / R Y) / [1 + \{1 - (C_1 + 1) Y^2 / R Y^2\}^{1/2}] \\ + C_2 Y + C_3 Y^2 + C_4 Y^3 + C_5 Y^4 + C_6 Y^5 + C_7 Y^6 \\ + \dots + C_{21} Y^{20} + \dots + C_{n+1} Y^n + \dots \\ \dots (b)$$

20

次いで、この曲線（b）を X 軸正方向を向いて左回りを正として角度 θ （°）回転した曲線 F（Y）が定められる。この曲線 F（Y）も Y - Z 座標面上で原点を通る。

【 0 0 6 2 】

その曲線 F（Y）を Y 正方向に距離 R（負のときは Y 負方向）だけ平行移動し、その後に Z 軸の周りでその平行移動した曲線を回転させてできる回転対称面を拡張回転自由曲面とする。

30

【 0 0 6 3 】

その結果、拡張回転自由曲面は Y - Z 面内で自由曲面（自由曲線）になり、X - Y 面内で半径 | R | の円になる。

【 0 0 6 4 】

この定義から Z 軸が拡張回転自由曲面の軸（回転対称軸）となる。

【 0 0 6 5 】

ここで、R Y は Y - Z 断面での球面頂の曲率半径、C₁ は円錐定数、C₂、C₃、C₄、C₅ ... はそれぞれ 1 次、2 次、3 次、4 次... の非球面係数である。

【 0 0 6 6 】

なお、Z 軸を中心軸に持つ円錐面は拡張回転自由曲面の 1 つとして与えられ、R Y = ∞、C₁、C₂、C₃、C₄、C₅、... = 0 とし、 θ =（円錐面の傾き角）、R =（X - Z 面内での底面の半径）として与えられる。

40

【 0 0 6 7 】

また、後記の構成パラメータ中にデータの記載されていない非球面に関する項は 0 である。屈折率、アッペ数については、d 線（波長 5 8 7 . 5 6 n m）に対するものを表記してある。長さの単位は m m である。各面の偏心は、上記のように、基準面からの偏心量で表わす。

【 0 0 6 8 】

実施例 1 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 3 に示す。また、この実施例の光学系全体の周辺光路の横収差図を図 4、中心光路の横収差図を図 5 に示す。

50

【 0 0 6 9 】

本実施例は、光学系 1 の中心軸 2 に同心に回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体の透過面及び反射面を、共通に使用することなくすべて異なる面で構成した例である。

【 0 0 7 0 】

光学系 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な前群 G f と、中心軸 2 の周りで回転対称な後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 5 とからなり、前群 G f は、前 1 群 G f 1 と前 2 群 G f 2 からなる。

【 0 0 7 1 】

前 1 群 G f 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群カバーガラス C f からなる。前群カバーガラス C f は、平行平板からなり、前 1 群第 1 透過面 1 1 と、前 1 群第 1 透過面 1 1 に対して像側に形成される前 1 群第 2 透過面 1 2 とを有する。

10

【 0 0 7 2 】

前 2 群 G f 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前 2 群透明媒体 L f 2 からなる。前 2 群透明媒体 L f 2 は、中心軸を離れた周辺部でトーリック面からなる前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 と、前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 に対して像側に形成され、反射コーティング 4 a し、トーリック面からなる前 2 群周辺第 1 反射面 2 2 と、前 2 群周辺第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、反射コーティング 4 b し、トーリック面からなる前 2 群周辺第 2 反射面 2 3 と、前 2 群周辺第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、球面からなる前 2 群周辺第 2 透過面 2 4 を有する。また、中心軸上で前群カバーガラス C f に対向して配置され、球面からなる前 2 群中心第 1 透過面 2 6、前 2 群中心第 1 透過面 2 6 に対して像側に形成され、正のパワーをもち球面からなる前 2 群中心第 2 透過面 2 7 をさらに有する。

20

【 0 0 7 3 】

後群 G b は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L b 1 と、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい両凸正レンズ L b 2 と、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後群カバーガラス C b からなる。

【 0 0 7 4 】

正メニスカスレンズ L b 1 は、後群第 1 透過面 3 1 と、後群第 1 透過面 3 1 に対して像側に形成される後群第 2 透過面 3 2 とを有する。両凸正レンズ L b 2 は、後群第 3 透過面 4 1 と、後群第 3 透過面 4 1 に対して像側に形成される後群第 4 透過面 4 2 とを有する。後群カバーガラス C b は、平行平板からなり、後群第 5 透過面 5 1 と、後群第 5 透過面 5 1 に対して像側に形成される後群第 6 透過面 5 2 とを有する。

30

【 0 0 7 5 】

光学系 1 は、周辺光路 A 及び中心光路 B を形成する。

【 0 0 7 6 】

周辺光路 A において、光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群カバーガラス C f の前 1 群第 1 透過面 1 1 と前 1 群第 2 透過面 1 2 とを経て前 2 群透明媒体 L f 2 内に入る。前 2 群透明媒体 L f 2 では、前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 を経て入り、一部が反射コーティング 4 a、一部が全反射により、前 2 群周辺第 1 反射面 2 2 で像面 5 と反対側に反射され、前 2 群周辺第 2 反射面 2 3 で反射コーティング 4 b により像面 5 側に反射され、前 2 群周辺第 2 透過面 2 4 を経て前 2 群透明媒体 L f 2 から外に出る略 Z 字状の光路を有する。その後、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 5 とを経て後群 G b 内に入る。後群 G b では、正メニスカスレンズ L b 1 に後群第 1 透過面 3 1 を経て入り、後群第 2 透過面 3 2 から外に出て、両凸正レンズ L b 2 に後群第 3 透過面 4 1 を経て入り、後群第 4 透過面 4 2 から外に出て、後群カバーガラス C b に後群第 5 透過面 5 1 を経て入り、後群第 6 透過面 5 2 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

40

【 0 0 7 7 】

また、中心光路 B において、前群カバーガラス C f の前 1 群第 1 透過面 1 1 と前 1 群第

50

2透過面12とを経て前2群透明媒体Lf2内に入る。前2群透明媒体Lf2では、前2群中心第1透過面26を経て入り、前2群中心第2透過面27を経て前2群透明媒体Lf2から外に出る。その後、前群Gfと後群Gbの間で中心軸2に同軸に配置された開口Sとを経て後群Gb内に入る。後群Gbでは、正メニスカスレンズLb1に後群第1透過面31を経て入り、後群第2透過面32から外に出て、両凸正レンズLb2に後群第3透過面41を経て入り、後群第4透過面42から外に出て、後群カバーガラスCbに後群第5透過面51を経て入り、後群第6透過面52から外に出て、像面5の中心軸2上に結像する。

【0078】

この実施例1の仕様は、
画角

10

周辺光路A 0.00° ~ 50.0°

中心光路B 0.00° ~ 5.00°

絞り径 $\phi 0.20\text{mm}$

像の大きさ

周辺光路A $\phi 1.12 \sim \phi 1.90$

中心光路B $\phi 0.94$

である。

【0079】

実施例2の光学系1の中心軸2に沿ってとった断面図を図6に示す。また、この実施例の光学系全体の周辺光路の横収差図を図7、中心光路の横収差図を図8に示す。

20

【0080】

光学系1は、中心軸2の周りで回転対称な前群Gfと、中心軸2の周りで回転対称な後群Gbと、前群Gfと後群Gbの間で中心軸2に同軸に配置された開口5とからなり、前群Gfは、前1群Gf1と前2群Gf2からなる。

【0081】

前1群Gf1は、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい前群カバーガラスCfからなる。前群カバーガラスCfは、平行平板からなり、前1群第1透過面11と、前1群第1透過面11に対して像側に形成される前1群第2透過面12とを有する。

【0082】

30

前2群Gf2は、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい前2群透明媒体Lf2からなる。前2群透明媒体Lf2は、中心軸を離れた周辺部で拡張回転自由面からなる前2群周辺第1透過面21と、前2群周辺第1透過面21に対して像側に形成され、平面からなる前2群周辺第2透過面24を有する。

【0083】

また、中心軸上で前群カバーガラスCfに対向して配置され、平面からなる前2群中心第1透過面26、前2群中心第1透過面26に対して像側に形成され、球面からなる前2群中心第2透過面27をさらに有する。

【0084】

後群Gbは、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい像面側に凸面を向けた平凸正レンズLb1と、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい後群透明媒体Lb2と、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい後群カバーガラスCbからなる。

40

【0085】

平凸正レンズLb1は、後群第1透過面31と、後群第1透過面31に対して像側に形成される後群第2透過面32とを有する。

【0086】

後群透明媒体Lb2は、拡張回転自由曲面からなる後群周辺第3透過面41と、後群周辺第3透過面41に対して像側に形成され平面からなる後群周辺第4透過面42とを有する。また、中心軸上で球面からなる後群中心第3透過面46、後群中心第3透過面46に

50

対して像側に形成され、中心軸上で平面からなる後群中心第 4 透過面 4 7 をさらに有する。

【 0 0 8 7 】

後群カバーガラス C b は、平行平板からなり、後群第 5 透過面 5 1 と、後群第 5 透過面 5 1 に対して像側に形成される後群第 6 透過面 5 2 とを有する。

【 0 0 8 8 】

光学系 1 は、周辺光路 A 及び中心光路 B を形成する。

【 0 0 8 9 】

周辺光路 A において、光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群カバーガラス C f の前 1 群第 1 透過面 1 1 と前 1 群第 2 透過面 1 2 とを経て前 2 群透明媒体 L f 2 内に入る。前 2 群透明媒体 L f 2 では、前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 を経て入り、前 2 群周辺第 2 透過面 2 4 を経て前 2 群透明媒体 L f 2 から外に出る。その後、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 5 とを経て後群 G b 内に入る。後群 G b では、平凸正レンズ L b 1 に後群第 1 透過面 3 1 を経て入り、後群第 2 透過面 3 2 から外に出て、後群透明媒体 L b 2 に後群周辺第 3 透過面 4 1 を経て入り、後群周辺第 4 透過面 4 2 から外に出て、後群カバーガラス C b に後群第 5 透過面 5 1 を経て入り、後群第 6 透過面 5 2 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

【 0 0 9 0 】

また、中心光路 B において、前群カバーガラス C f の前 1 群第 1 透過面 1 1 と前 1 群第 2 透過面 1 2 とを経て前 2 群透明媒体 L f 2 内に入る。前 2 群透明媒体 L f 2 では、前 2 群中心第 1 透過面 2 6 を経て入り、前 2 群中心第 2 透過面 2 7 を経て前 2 群透明媒体 L f 2 から外に出る。その後、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 5 とを経て後群 G b 内に入る。後群 G b では、平凸正レンズ L b 1 に後群第 1 透過面 3 1 を経て入り、後群第 2 透過面 3 2 から外に出て、後群透明媒体 L b 2 に後群中心第 3 透過面 4 6 を経て入り、後群中心第 4 透過面 4 7 から外に出て、後群カバーガラス C b に後群第 5 透過面 5 1 を経て入り、後群第 6 透過面 5 2 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 上に結像する。

【 0 0 9 1 】

この実施例 2 の仕様は、

画角

周辺光路 A $3.44^{\circ} \sim 50.23^{\circ}$

中心光路 B $0.00^{\circ} \sim 10.91^{\circ}$

絞り径 $\phi 0.20\text{mm}$

像の大きさ

周辺光路 A $\phi 0.98 \sim \phi 1.96$

中心光路 B $\phi 0.77$

である。

【 0 0 9 2 】

実施例 3 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 9 に示す。また、この実施例の光学系全体の周辺光路の横収差図を図 10、中心光路の横収差図を図 11 に示す。

【 0 0 9 3 】

光学系 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な前群 G f と、中心軸 2 の周りで回転対称な後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置された開口 5 とからなり、前群 G f は、前 1 群 G f 1 と前 2 群 G f 2 からなる。

【 0 0 9 4 】

前 1 群 G f 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群カバーガラス C f からなる。前群カバーガラス C f は、平行平板からなり、前 1 群第 1 透過面 1 1 と、前 1 群第 1 透過面 1 1 に対して像側に形成される前 1 群第 2 透過面 1 2 とを有する。

【 0 0 9 5 】

前 2 群 G f 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前 2 群透明媒体 L

f 2 からなる。前 2 群透明媒体 L f 2 は、中心軸を離れた周辺部で拡張回転自由曲面からなる前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 と、前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 に対して像側に形成され、平面からなる前 2 群周辺第 2 透過面 2 4 を有する。

【 0 0 9 6 】

また、中心軸上で前群カバーガラス C f に対向して配置され、球面からなる前 2 群中心第 1 透過面 2 6、前 2 群中心第 1 透過面 2 6 に対して像側に形成され、平面からなる前 2 群中心第 2 透過面 2 7 をさらに有する。

【 0 0 9 7 】

後群 G b は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい像面側に凸面を向けた平凸正レンズ L b 1 と、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後群透明媒体 L b 2 と、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後群カバーガラス C b からなる。

【 0 0 9 8 】

平凸正レンズ L b 1 は、後群第 1 透過面 3 1 と、後群第 1 透過面 3 1 に対して像側に形成される後群第 2 透過面 3 2 とを有する。

【 0 0 9 9 】

後群透明媒体 L b 2 は、平面からなる後群周辺第 3 透過面 4 1 と、後群周辺第 3 透過面 4 1 に対して像側に形成され拡張回転自由曲面からなる後群周辺第 4 透過面 4 2 とを有する。また、中心軸上で平面からなる後群中心第 3 透過面 4 6、後群中心第 3 透過面 4 6 に対して像側に形成され、中心軸上で球面からなる後群中心第 4 透過面 4 7 をさらに有する。

【 0 1 0 0 】

後群カバーガラス C b は、平行平板からなり、後群第 5 透過面 5 1 と、後群第 5 透過面 5 1 に対して像側に形成される後群第 6 透過面 5 2 とを有する。

【 0 1 0 1 】

光学系 1 は、周辺光路 A 及び中心光路 B を形成する。

【 0 1 0 2 】

周辺光路 A において、光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群カバーガラス C f の前 1 群第 1 透過面 1 1 と前 1 群第 2 透過面 1 2 とを経て前 2 群透明媒体 L f 2 内に入る。前 2 群透明媒体 L f 2 では、前 2 群周辺第 1 透過面 2 1 を経て入り、前 2 群周辺第 2 透過面 2 4 を経て前 2 群透明媒体 L f 2 から外に出る。その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とを経て後群 G b 内に入る。後群 G b では、平凸正レンズ L b 1 に後群第 1 透過面 3 1 を経て入り、後群第 2 透過面 3 2 から外に出て、後群透明媒体 L b 2 に後群周辺第 3 透過面 4 1 を経て入り、後群周辺第 4 透過面 4 2 から外に出て、後群カバーガラス C b に後群第 5 透過面 5 1 を経て入り、後群第 6 透過面 5 2 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

【 0 1 0 3 】

また、中心光路 B において、前群カバーガラス C f の前 1 群第 1 透過面 1 1 と前 1 群第 2 透過面 1 2 とを経て前 2 群透明媒体 L f 2 内に入る。前 2 群透明媒体 L f 2 では、前 2 群中心第 1 透過面 2 6 を経て入り、前 2 群中心第 2 透過面 2 7 を経て前 2 群透明媒体 L f 2 から外に出る。その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とを経て後群 G b 内に入る。後群 G b では、平凸正レンズ L b 1 に後群第 1 透過面 3 1 を経て入り、後群第 2 透過面 3 2 から外に出て、後群透明媒体 L b 2 に後群中心第 3 透過面 4 6 を経て入り、後群中心第 4 透過面 4 7 から外に出て、後群カバーガラス C b に後群第 5 透過面 5 1 を経て入り、後群第 6 透過面 5 2 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 上に結像する。

【 0 1 0 4 】

この実施例 3 の仕様は、
画角

周辺光路 A 7.06 ° ~ 52.3 °

中心光路 B 0.00 ° ~ 9.35 °
 絞り径 ϕ 0.20mm
 像の大きさ
 周辺光路 A ϕ 0.99 ~ ϕ 1.89
 中心光路 B ϕ 0.79

である。

【 0 1 0 5 】

また、最大像高を I (mm)、二重焦点素子の二重焦点面が物体側にある場合の二重焦点面から開口までの距離 d 1 (mm)、二重焦点素子の二重焦点面が像側にある場合の二重焦点面から開口までの距離 d 2 (mm)、二重焦点素子の外径を D (mm) とするとき、

10

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
I	0.95	0.98	0.95
d 1	3.95	3.20	4.60
d 2		3.20	4.40
D (ϕ)	6.30	3.40	3.50
d 1 / I	0.95	0.98	0.95
d 2 / I		3.27	4.86
D / I	6.64	3.47	3.70

である。

【 0 1 0 6 】

20

以下に、上記実施例 1 ~ 3 の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の “ R E ” は反射面を示す。

【 0 1 0 7 】

実施例 1

周辺光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	6.70			
1	∞	0.50		1.5163	64.1
2	∞	0.05			
3	E R F S [1]	0.00	偏心 (1)	1.8348	42.7
4 (R E)	E R F S [2]	0.00	偏心 (2)	1.8348	42.7
5 (R E)	E R F S [3]	0.00	偏心 (3)	1.8348	42.7
6	63.69	3.97	偏心 (4)		
7	∞ (絞り)	0.82			
8	-5.75	0.60		1.7292	54.7
9	-1.58	0.10			
10	3.86	1.00		1.8830	40.7
11	-13.93	0.87			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			

30

像 面

	∞				
	E R F S [1]				
R Y	1.46				
θ	-70.69				
R	3.04				
	E R F S [2]				
R Y	0.98				
θ	-7.87				
R	2.55				
	E R F S [3]				

40

50

R Y 4.05
 θ 7.00
 R 1.91

偏 心 [1]

X 0.00 Y 0.00 Z -3.33
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [2]

X 0.00 Y 0.00 Z -2.86
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [3]

X 0.00 Y 0.00 Z -3.97
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [4]

X 0.00 Y 0.00 Z -2.87
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

中心光路

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	∞	6.70			
1	∞	0.50		1.5163	64.1
2	∞	0.05			
3	4.05	1.09		1.8348	42.7
4	63.69	2.88			
5	∞ (絞 り)	0.82			
6	-5.75	0.60		1.7292	54.7
7	-1.58	0.10			
8	3.86	1.00		1.8830	40.7
9	-13.93	0.87			
10	∞	0.40		1.5163	64.1
11	∞	0.10			

像 面

 ∞

【 0 1 0 8 】

実 施 例 2

周辺光路

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	∞	6.70			
1	∞	0.50		1.5163	64.1
2	∞	0.05			
3	∞	0.00		1.8348	42.7
4	E R F S [1]	2.09	偏 心 (1)		
5	∞ (絞 り)	0.10			
6	∞	0.50		1.8348	42.7
7	-1.43	1.06			
8	E R F S [2]	0.50	偏 心 (2)	1.8348	42.7
12	∞	0.10			
13	∞	0.40		1.5163	64.1
14	∞	0.00			

像 面

 ∞

E R F S [1]

R Y 1.77
 θ 4.09

10

20

30

40

50

R 0.88

C 4 -1.1914E-01

E R F S [2]

R Y 1.60

 θ 16.77

R -0.62

C 4 1.4142E-01

偏 心 [1]

X 0.00 Y 0.00 Z -1.69

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

10

偏 心 [2]

X 0.00 Y 0.00 Z 1.73

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

中心光路

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
-------	---------	-------	-----	-------	---------

物 体 面	∞	4.10			
-------	----------	------	--	--	--

1	∞	0.50		1.5163	64.1
---	----------	------	--	--------	------

2	∞	0.05			
---	----------	------	--	--	--

3	∞	0.50		1.8348	42.7
---	----------	------	--	--------	------

4	-5.47	1.59			
---	-------	------	--	--	--

20

5	∞ (絞 り)	0.10			
---	------------------	------	--	--	--

6	∞	0.50		1.8348	42.7
---	----------	------	--	--------	------

7	-1.43	1.06			
---	-------	------	--	--	--

8	3.04	0.50		1.8348	42.7
---	------	------	--	--------	------

9	∞	0.10			
---	----------	------	--	--	--

10	∞	0.40		1.5163	64.1
----	----------	------	--	--------	------

11	∞	0.00			
----	----------	------	--	--	--

像 面 ∞

【 0 1 0 9 】

実施例 3

30

周辺光路

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
-------	---------	-------	-----	-------	---------

物 体 面	∞	6.70			
-------	----------	------	--	--	--

1	∞	0.50		1.5163	64.1
---	----------	------	--	--------	------

2	∞	0.05			
---	----------	------	--	--	--

3	E R F S [1]	0.30	偏 心 (1)	1.8348	42.7
---	-------------	------	---------	--------	------

4	∞	2.00			
---	----------	------	--	--	--

5	∞ (絞 り)	0.10			
---	------------------	------	--	--	--

6	∞	0.40		1.8348	42.7
---	----------	------	--	--------	------

7	-1.44	1.00			
---	-------	------	--	--	--

40

8	∞	0.70		1.8348	42.7
---	----------	------	--	--------	------

8	E R F S [2]	0.03	偏 心 (2)		
---	-------------	------	---------	--	--

9	∞	0.40		1.5163	64.1
---	----------	------	--	--------	------

10	∞	0.00			
----	----------	------	--	--	--

像 面 ∞

E R F S [1]

R Y -1.75

 θ 2.71

R 1.08

C 4 2.0639E-01

50

E R F S [2]

R Y -3.60

 θ -19.25

R -0.67

C 4 -4.9770E-01

偏 心 [1]

X 0.00 Y 0.00 Z -2.20

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [2]

X 0.00 Y 0.00 Z 2.10

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

10

中心光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏 心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	4.10			
1	∞	0.50		1.5163	64.1
2	∞	0.05			
3	4.72	0.30		1.8348	42.7
4	∞	2.00			
5	∞ (絞 り)	0.10			
6	∞	0.40		1.8348	42.7
7	-1.44	1.00			
8	∞	0.70		1.8348	42.7
9	-1.65	0.03			
10	∞	0.40		1.5163	64.1
11	∞	0.00			
像 面	∞				

20

【 0 1 1 0 】

図 1 2 は、本実施例の画像と撮像素子の配置例を示す。図 1 2 (a) は、画面比が 1 6 : 9 の撮像素子を使用した例である。上下方向の画像は使用しない場合、周辺光路 A の画像 A 1 の左右の位置に撮像素子 5 0 の大きさを合致させると好ましい。図 1 2 (b) は、画面比が 4 : 3 の撮像素子 5 0 を使用し、中心光路 B での画像 B 1 に撮像素子 5 0 の大きさを合致させた例であり、図 1 2 (a) と同様に上下方向の映像は使用しない場合を示す。図 1 2 (c) は、画面比が 4 : 3 の撮像素子 5 0 を使用し、周辺光路 A での画像 A 1 に撮像素子 5 0 の大きさを合致させた例である。このように、配置をすると、周辺光路 A の画像 A 1 と中心光路 B の画像 B 1 の両方をすべて撮像することができる。

30

【 0 1 1 1 】

以下に、本発明の光学系 1 の適用例として、撮影光学系 1 0 1 又は投影光学系 1 0 2 の使用例を説明する。図 1 3 は、内視鏡先端の撮影光学系として本発明による撮影光学系 1 0 1 を用いた例を示すための図であり、図 1 3 (a) は、硬性内視鏡 1 1 0 の先端 1 0 1 に本発明による撮影光学系を取り付けて画像を撮像観察する例である。図 1 3 (b) にその先端の概略の構成を示す。本発明によるパノラマ撮影光学系 1 0 1 の入射面 1 1 の周囲には円周方向に伸びる開口 1 0 6 を有するケーシング等からなるフレア絞り 1 0 7 が配置され、フレア光が入射するのを防止している。また、図 1 3 (c) は、軟性電子内視鏡 1 1 3 の先端に本発明によるパノラマ撮影光学系 1 0 1 を同様に取り付けて、表示装置 1 1 4 に撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して表示するようにした例である。

40

【 0 1 1 2 】

図 1 4 は、カプセル内視鏡 1 2 0 に本発明による撮影光学系 1 0 1 を取り付けて 3 6 0 ° 全方位の画像を撮像観察する例である。本発明による撮影光学系 1 0 1 の周辺光路 A における前群 G f の第 1 透過面 1 1 の周囲には円周方向に伸びる開口 1 0 6 を有するケーシング等に、フレア絞り 1 0 7 が形成され、フレア光が入射するのを防止している。

50

【 0 1 1 3 】

図 1 5 (a) は、自動車 1 3 0 の前方に撮影光学系として本発明による撮影光学系 1 0 1 を取り付けて、車内の表示装置に各撮影光学系 1 0 1 を経て撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して同時に表示するようにした例を示す図であり、図 1 5 (b) は、自動車 1 3 0 の各コーナやヘッド部のボールの頂部に撮影光学系として本発明による撮影光学系 1 0 1 を複数取り付けて、車内の表示装置に各撮影光学系 1 0 1 を経て撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して同時に表示するようにした例を示す図である。この場合、図 1 5 (a) に示したように、周辺光路 A の画像 A 1 の左右の位置に撮像素子 5 0 の大きさを合致させると、左右の画像が広く撮像でき、好ましい。

【 0 1 1 4 】

また、図 1 6 は、投影装置 1 4 0 の投影光学系として本発明による投影光学系 1 0 2 を用い、その像面 5 に配置した表示素子にパノラマ画像を表示し、投影光学系 1 0 2 を通して 3 6 0 ° 全方位に配置したスクリーン 1 4 1 に 3 6 0 ° 全方位画像を投影表示する例である。

【 0 1 1 5 】

さらに、図 1 7 は、建物 1 5 0 の外部に本発明による撮影光学系 1 0 1 を用いた撮影装置 1 5 1 を取り付け、屋内に本発明による撮影光学系 1 0 1 を用いた投影装置 1 5 1 を配置し、撮影装置 1 5 1 で撮像された映像を電線 1 5 2 を介して投影装置 1 4 0 に送るように接続している。このような配置において、屋外の 3 6 0 ° 全方位の被写体 P を、撮影光学系 1 0 1 を経て撮影装置 1 5 1 で撮影し、その映像信号を電線 1 5 2 を介して投影装置 1 4 0 に送り、像面に配置した表示素子にその映像を表示して、投影光学系 1 0 2 を通して屋内の壁面等に被写体 P の映像 P' を投影表示するようにしている例である。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 1 6 】

【図 1】本発明の光学系の座標系を説明するための図である。

【図 2】拡張回転自由曲面の原理を示す図である。

【図 3】本発明の実施例 1 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 4】実施例 1 の光学系全体の周辺光路の横収差図を示す図である。

【図 5】実施例 1 の光学系全体の中心光路の横収差図を示す図である。

【図 6】本発明の実施例 2 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 7】実施例 2 の光学系全体の周辺光路の横収差図を示す図である。

【図 8】実施例 2 の光学系全体の中心光路の横収差図を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 3 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 1 0】実施例 3 の光学系全体の周辺光路の横収差図を示す図である。

【図 1 1】実施例 3 の光学系全体の中心光路の横収差図を示す図である。

【図 1 2】本発明の光学系の画像と撮像素子の配置例を示す図である。

【図 1 3】本発明の光学系を内視鏡先端の撮影光学系として用いた例を示す図である。

【図 1 4】本発明の光学系をカプセル内視鏡の撮影光学系として用いた例を示す図である。

。

【図 1 5】本発明の光学系を自動車の撮影光学系として用いた例を示す図である。

【図 1 6】本発明の光学系を投影装置の投影光学系として用いた例を示す図である。

【図 1 7】本発明の光学系を屋外の被写体を撮影する撮影光学系として用いた例を示す図である。

【符号の説明】

【 0 1 1 7 】

- 1 ... 光学系
- 2 ... 中心軸
- 3 ... 物体面
- 5 ... 像面

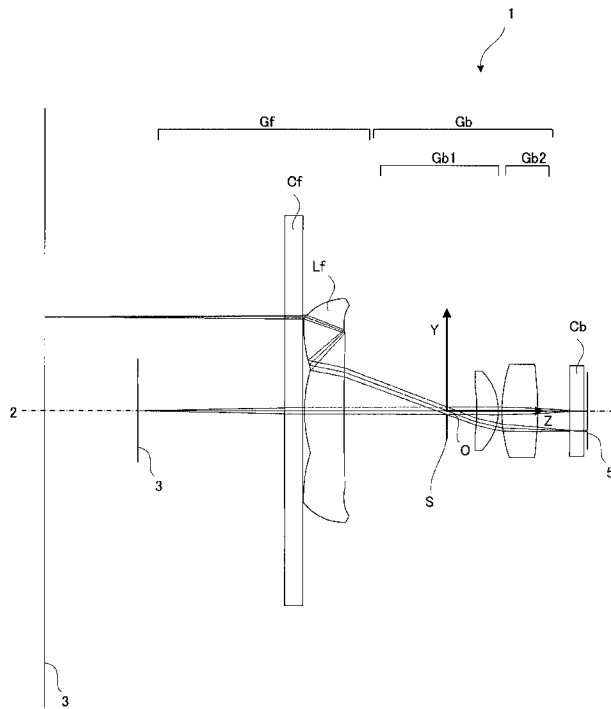
10

20

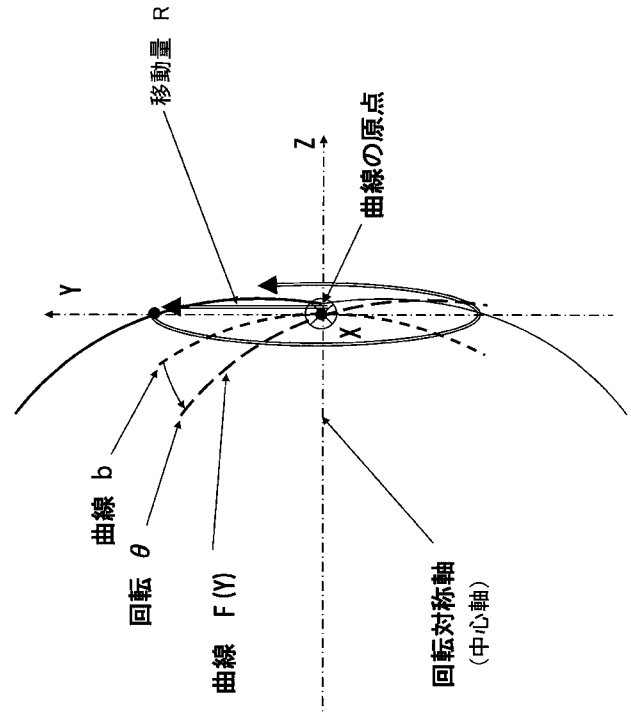
30

40

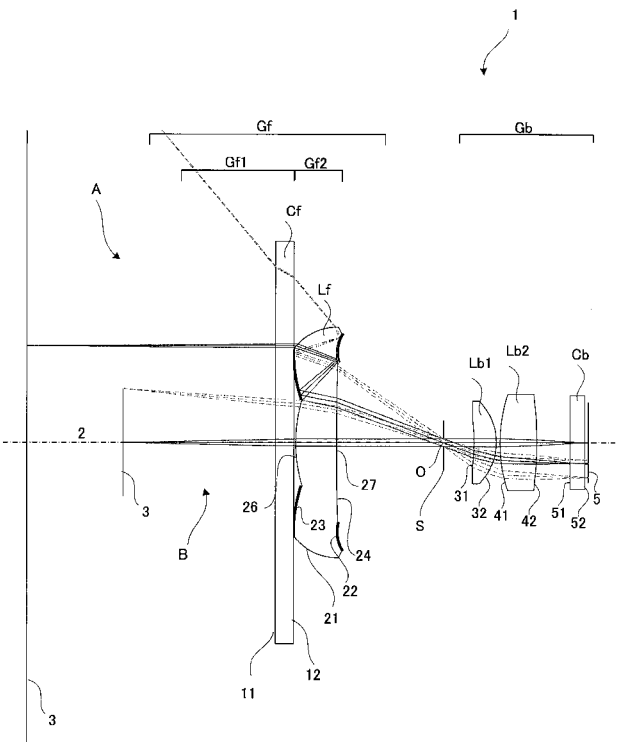
【図 1】



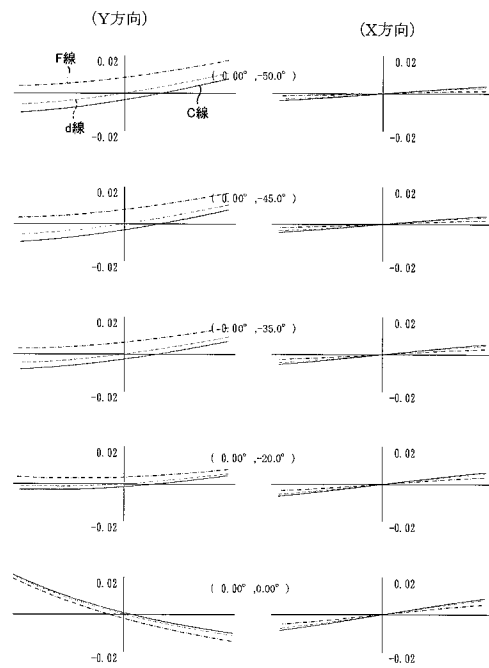
【図 2】



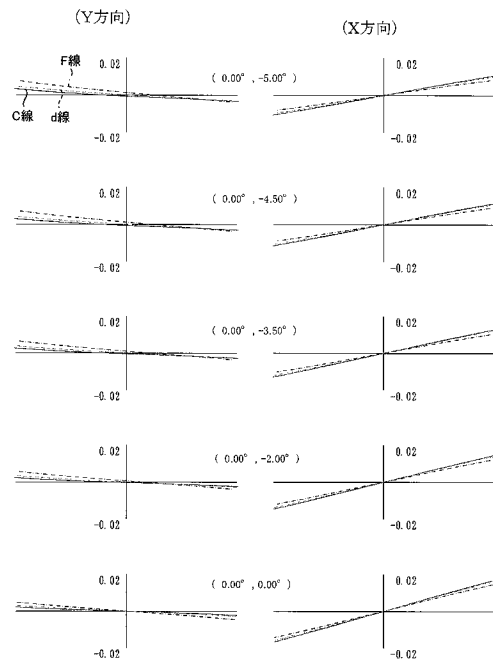
【図 3】



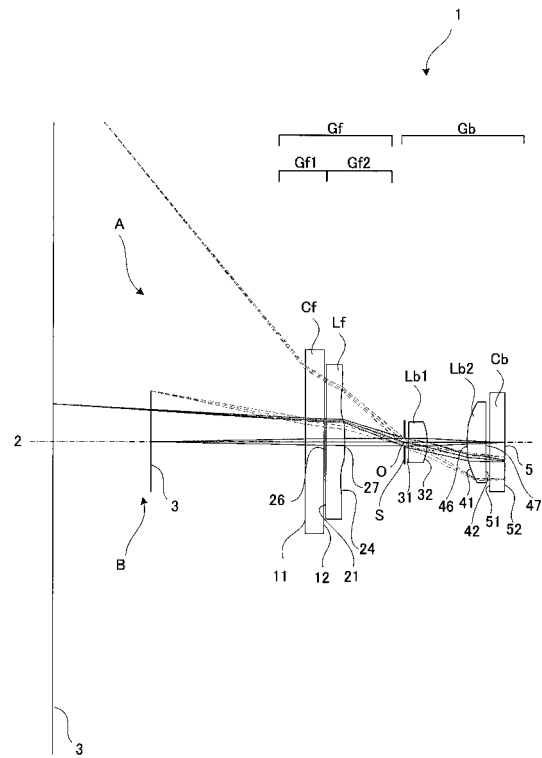
【図 4】



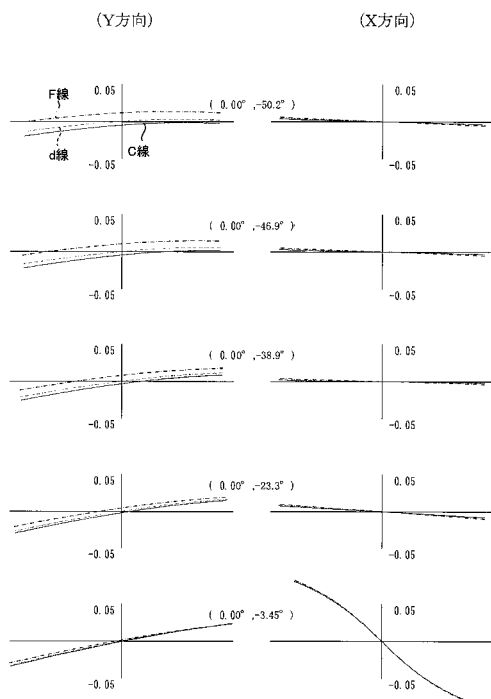
【図 5】



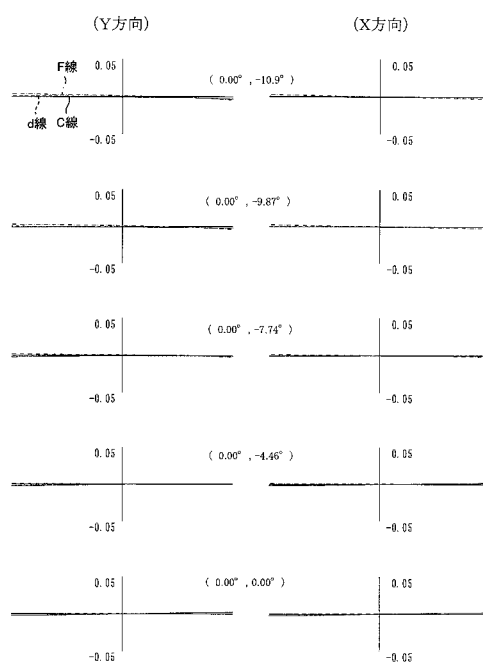
【図 6】



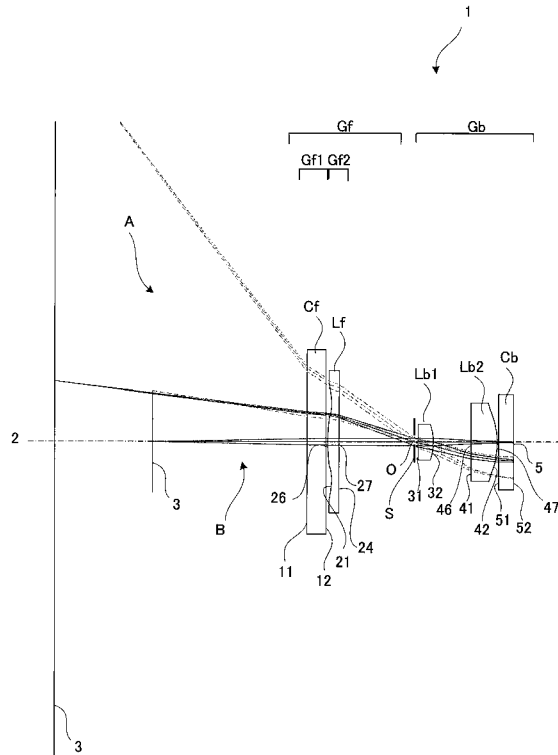
【図 7】



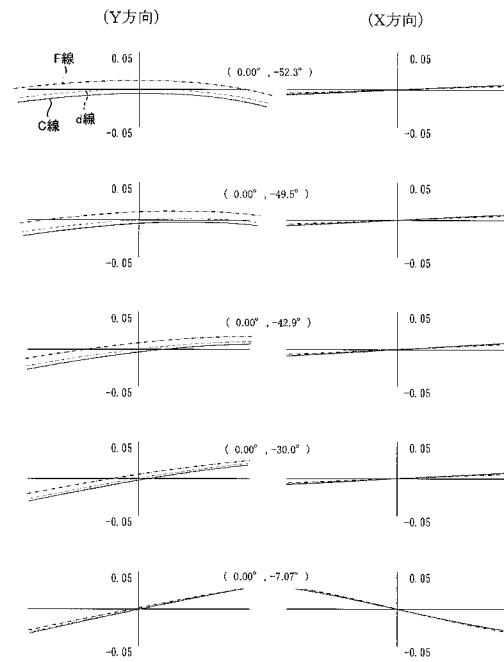
【図 8】



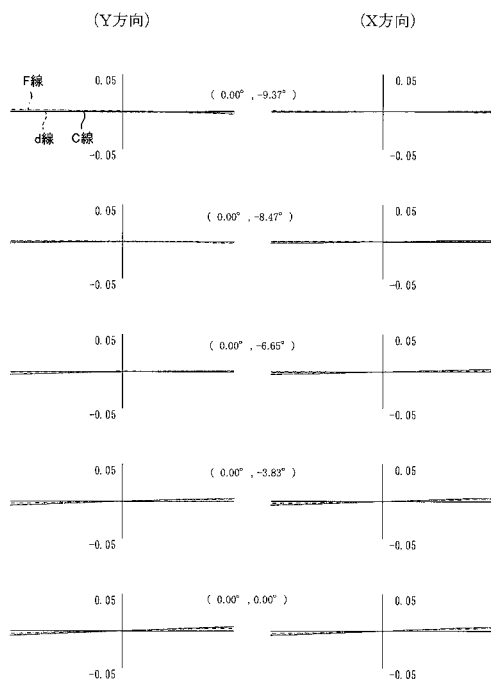
【図 9】



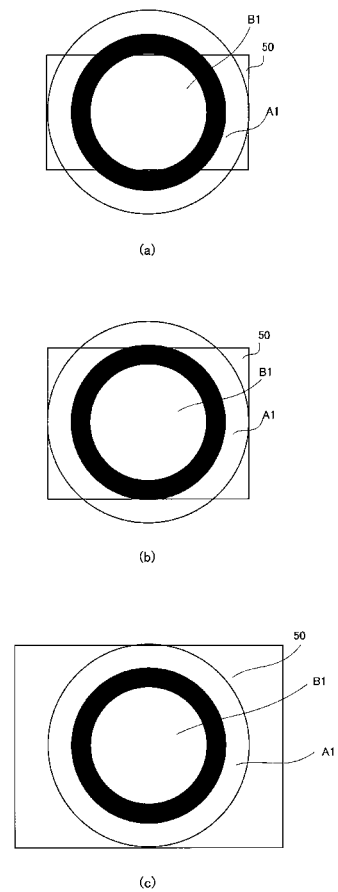
【図 10】



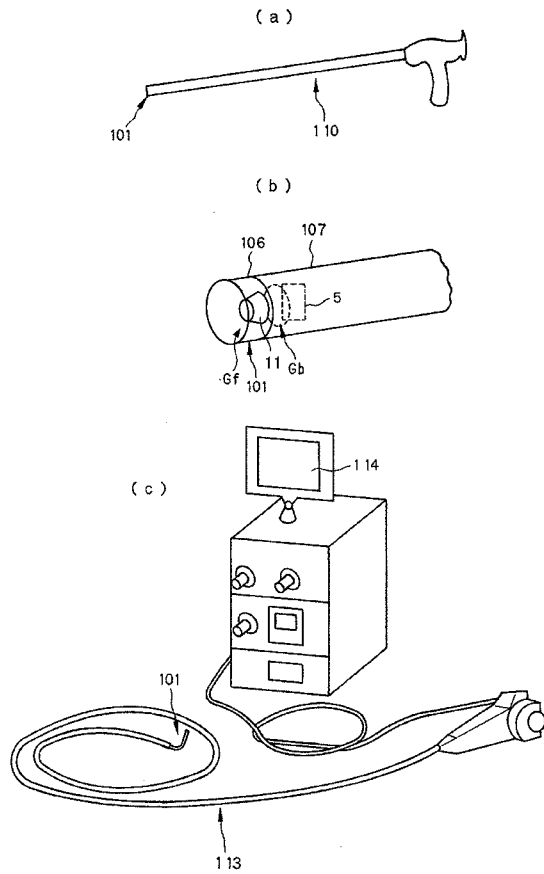
【図 11】



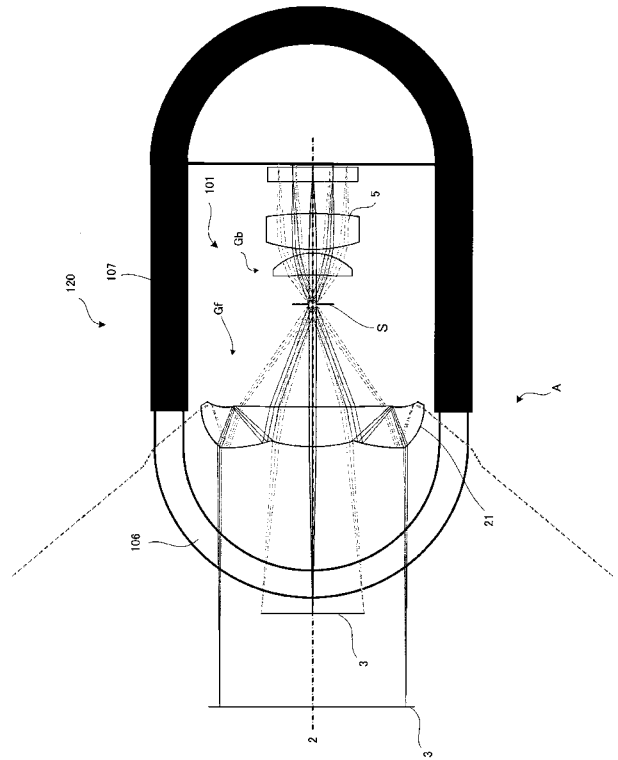
【図 12】



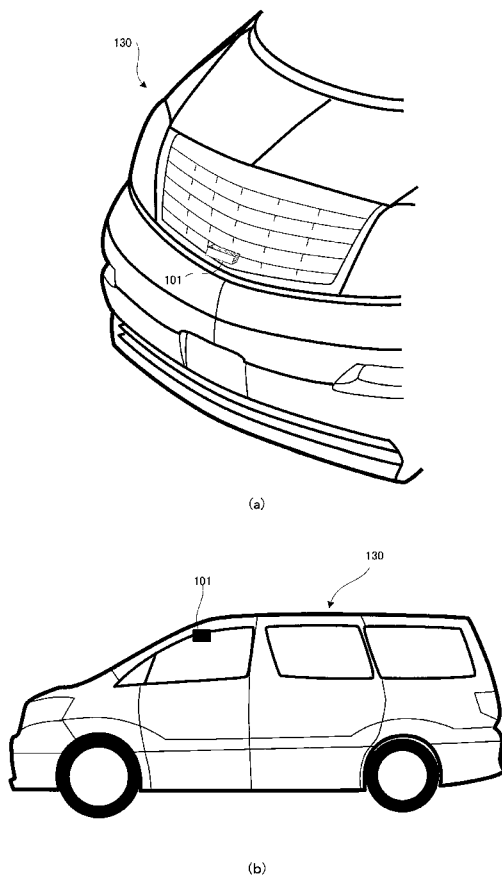
【図 13】



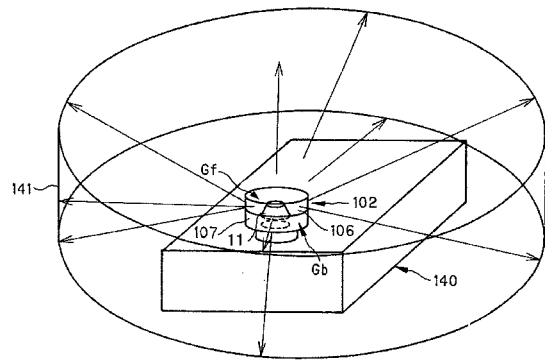
【図 14】



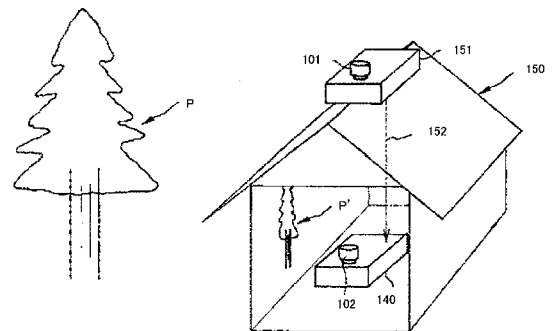
【図 15】



【図 16】



【図 17】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)	
G 0 3 B	37/00	(2006.01)	G 0 3 B	37/00	A
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	3 0 0 Y

(74)代理人 100095980
弁理士 菅井 英雄

(74)代理人 100094787
弁理士 青木 健二

(74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明

(72)発明者 研野 孝吉
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

F ターム(参考) 2H040 BA02 CA23
2H059 BA02 CA06 CA09
2H087 KA03 KA10 LA21 PA03 PA17 PB03 QA01 QA07 QA13 QA21
QA25 QA33 QA34 QA41 QA45 RA00 RA05 RA12 RA13 RA41
TA01 TA04 TA06
4C061 BB02 FF40 LL02 NN01 PP11

专利名称(译)	光学系统和使用它的内窥镜		
公开(公告)号	JP2009080410A	公开(公告)日	2009-04-16
申请号	JP2007251100	申请日	2007-09-27
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	研野孝吉		
发明人	研野 孝吉		
IPC分类号	G02B13/00 G02B13/18 G02B17/08 G02B23/24 G03B15/00 G03B37/00 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/041		
FI分类号	G02B13/00 G02B13/18 G02B17/08.Z G02B23/24.C G03B15/00.W G03B37/00.A A61B1/00.300.Y A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/CA23 2H059/BA02 2H059/CA06 2H059/CA09 2H087/KA03 2H087/KA10 2H087/LA21 2H087/PA03 2H087/PA17 2H087/PB03 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA13 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA33 2H087/QA34 2H087/QA41 2H087/QA45 2H087/RA00 2H087/RA05 2H087/RA12 2H087/RA13 2H087/RA41 2H087/TA01 2H087/TA04 2H087/TA06 4C061/BB02 4C061/FF40 4C061/LL02 4C061/NN01 4C061/PP11 4C161/BB02 4C161/DD07 4C161/FF40 4C161/LL02 4C161/NN01 4C161/PP11		
代理人(译)	青木健二 米泽 明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种紧凑且廉价的光学系统，它既具有视角的光路，又具有宽视角和扩大的光路，并且可以通过一个成像装置上的两个光路同时拾取图像不使用诸如变焦机构的复杂机构的构造，并且提供使用该构造的内窥镜。ŽSOLUTION：双焦点光学系统具有前组Gf，具有正屈光力的后组Gb和布置在前组Gf和后组Gb之间的孔径S，围绕中心轴2旋转对称，并形成中间体在图像表面上的图像而不在光路中形成它。在双光学系统中，前组Gf具有至少一个双焦点光学元件Lf或Lb，其构成为包括两个或更多个表面的表面形状。双焦光学装置Lf或Lb通过不同的旋转对称表面形状的作用在同一平面上的不同区域上对不同物点的图像进行成像，所述不同的旋转对称表面形状分别与至少两个不同的光路A和B同心地划分。物点距离。Ž

