

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5030675号
(P5030675)

(45) 発行日 平成24年9月19日 (2012. 9. 19)

(24) 登録日 平成24年7月6日 (2012. 7. 6)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 13/06 (2006. 01)

G O 2 B 13/06

G O 2 B 13/18 (2006. 01)

G O 2 B 13/18

G O 2 B 17/08 (2006. 01)

G O 2 B 17/08 Z

G O 2 B 23/26 (2006. 01)

G O 2 B 23/26 C

A 6 1 B 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 3 O O Y

請求項の数 14 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2007-155157 (P2007-155157)
 (22) 出願日 平成19年6月12日 (2007. 6. 12)
 (65) 公開番号 特開2008-309859 (P2008-309859A)
 (43) 公開日 平成20年12月25日 (2008. 12. 25)
 審査請求日 平成22年4月23日 (2010. 4. 23)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4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) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中心軸に対して回転対称で、負のパワーを有する前群と、開口と、正のパワーを有する後群とからなり、像を形成又は投影する光学系において、

前記前群は、透過作用により前記中心軸上の物体を結像又は投影する直視光路と、前記光学系に対して側方にある全方位の物体を反射作用により結像又は投影する側視光路と、を合成する作用を有し、

第1透過面と、前記第1透過面より中心軸側に配置された第1反射面と、前記第1反射面に対して像面と反対側に配置された第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、第3透過面と、前記第3透過面より像面側に配置された第4透過面と、を有する透明媒体を備え、

順光線追跡の順に、前記前群に入射する光束は、

前記側視光路では、前記第1透過面を経て前記透明媒体内に入り、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透過面を経て前記透明媒体から像面側に外へ出る略Z字状の光路を有し、

前記直視光路では、前記第3透過面を経て前記透明媒体内に入り、前記第4透過面を経て前記透明媒体から像面側に外へ出る光路を有し、

前記直視光路中及び前記側視光路中で中間像を形成しないことを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記第 1 反射面及び前記第 2 反射面は、前記開口側に凹面を向けて構成され、全方位画像のメリジナル断面の画角の中心を中心画角とし、前記開口中心を通る光線を中心主光線とすると、前記中心主光線が前記第 1 反射面に当たる位置が、前記開口に対して像面の反対側に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第 1 反射面は、全反射作用を有することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記第 1 反射面に対して像面の反対側に透過面を配置すること特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 5】

前記第 1 反射面と前記第 2 透過面は、同一位置、同一面形状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 4 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 6】

前記第 1 反射面と前記第 4 透過面は、同一位置、同一面形状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 7】

前記第 2 反射面と前記第 3 透過面は、同一位置、同一面形状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 6 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 8】

前記第 1 反射面から前記第 2 反射面への光路は、前記中心軸に対して発散する方向からなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 9】

前記第 1 透過面は、円柱又は円錐状の面であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 10】

前記前群の備える面のうち少なくとも 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 9 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 11】

前記前群の備える面のうち少なくとも 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状される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 10 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 12】

前記開口中心を通る光線を中心主光線とすると、前記第 1 透過面に入る前記中心主光線が、前記中心軸に直交する線より像面側に傾斜されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 13】

前記第 1 反射面は負のパワーを有し、前記第 2 反射面は正のパワーを有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 12 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 13 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 2 つの光路を有し、回転対称軸上の映像と回転対称軸と略直交する方向の 2 つの光路を光学系内で合成し、1 つの撮像素子に円形と円環状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。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

屈折光学系と、反射光学系と、結像光学系とが配置され、2つの光路を有し、パノラマ画像及び軸方向画像の撮像が可能な撮像光学系として特許文献1がある。また、同様に2つの光路を有する内視鏡として特許文献2がある。さらに、周囲全方位を観察できる内視鏡として特許文献3、周囲全方位を観察できるカプセル内視鏡として特許文献4がある。また、周囲全方位と前方を同時に撮像できる撮像装置として特許文献5がある。

【特許文献1】特表2003-042743号公報

【特許文献2】米国特許公開2004-0254424号公報

【特許文献3】特開昭60-42728号公報

【特許文献4】特開2001-174713号公報

【特許文献5】特開2002-341409号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 3 】

しかしながら、どの特許文献に記載された従来技術も小型で解像力の良い映像を得ることはできなかった。

【 0 0 0 4 】

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、簡単な構成で中心軸上の物点と中心軸と略直交する方向の全方位の画像の両方を同時に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ことである。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

上記目的を達成する本発明の光学系は、中心軸に対して回転対称で、負のパワーを有する前群と、開口と、正のパワーを有する後群とからなり、像を形成又は投影する光学系において、前記前群は、透過作用により前記中心軸上の物体を結像又は投影する直視光路と、前記光学系に対して側方にある全方位の物体を反射作用により結像又は投影する側視光路と、を合成する作用を有し、第1透過面と、前記第1透過面より中心軸側に配置された第1反射面と、前記第1反射面に対して像面と反対側に配置された第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、第3透過面と、前記第3透過面より像面側に配置された第4透過面と、を有する透明媒体を備え、順光線追跡の順に、前記前群に入射する光束は、前記側視光路では、前記第1透過面を経て前記透明媒体内に入り、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透過面を経て前記透明媒体から像面側に外へ出る略Z字状の光路を有し、前記直視光路では、前記第3透過面を経て前記透明媒体内に入り、前記第4透過面を経て前記透明媒体から像面側に外へ出る光路を有し、前記直視光路中及び前記側視光路中で中間像を形成しないことを特徴とする。

30

【 0 0 0 6 】

また、前記第1反射面及び前記第2反射面は、前記開口側に凹面を向けて構成され、全方位画像のメリジナル断面の画角の中心を中心画角とし、前記開口中心を通る光線を中心主光線とすると、前記中心主光線が前記第1反射面に当たる位置が、前記開口に対して像面の反対側に配置されることを特徴とする。

40

【 0 0 0 7 】

また、前記第1反射面は、全反射作用を有することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、前記第1反射面に対して像面の反対側に透過面を配置すること特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、前記第1反射面と前記第2透過面は、同一位置、同一面形状で構成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

50

また、前記第 1 反射面と前記第 4 透過面は、同一位置、同一面形状で構成されていることを特徴とする。

【0011】

また、前記第 2 反射面と前記第 3 透過面は、同一位置、同一面形状で構成されていることを特徴とする。

【0012】

また、前記第 1 反射面から前記第 2 反射面への光路は、前記中心軸に対して発散する方向からなることを特徴とする。

【0013】

また、前記前群の備える面のうち少なくとも 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。

10

【0014】

また、前記前群の備える面のうち少なくとも 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状される回転自由曲面で構成されていることを特徴とする。

【0015】

また、前記開口中心を通る光線を中心主光線とするとき、前記第 1 透過面に入る前記中心主光線が、前記中心軸に直交する線より像面側に傾斜されることを特徴とする。

また、前記第 1 反射面は負のパワーを有し、前記第 2 反射面は正のパワーを有することを特徴とする。

20

さらに、前記光学系を用いる内視鏡を特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

以上の本発明の光学系においては、簡単な構成で異なる方向を観察又は異なる方向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。また、観察画角を中心軸に直交する方向より像面側に多くとることが可能となる。さらに、コマ収差及び偏心収差の発生を小さくすることが可能となる。また、光学系の加工が簡単で安価に作成することが可能となる。さらに、画素を有効に利用することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0017】

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。

【0018】

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。

【0019】

本発明の光学系 1 は、中心軸 2 に対して回転対称で、負のパワーを有する前群 G_f と、開口 S と、正のパワーを有する後群 G_b とからなり、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。

40

【0020】

実施例 1 の光学系 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 とからなり、前群 G_f を負のパワーを有する第 1 群 G_1 と光路合成光学系である第 2 群 G_2 から構成され、開口 S の後ろ側に後群 G_b である正パワーを有する第 3 群 G_3 、接合レンズで正パワーを有する第 4 群 G_4 からなる光学系である。

【0021】

この実施例では、前群 G_f の第 2 群 G_2 が側視光路 A と直視光路 B を有し、後群 G_b の第 3 群 G_3 と第 4 群 G_4 は第 2 群 G_2 で合成された空中像を結像する作用を有し、1 つの撮像面 5 上に、直視光路 B により中心軸 2 上の映像を像中心に円形に形成し、その外側に異なる側視光路 A の映像を円環状に形成する働きを持つ。

50

【 0 0 2 2 】

開口 S 付近に配置された並行平板はフィルタ F 等として作用する。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。

【 0 0 2 3 】

又、前群 G f を負、後群 G b を正にすることにより、所謂レトロフォーカスタイプとなり、中心軸 2 上の物点に対する直視光路 B に対して特に観察画角を広く取りたい場合に有効である。

【 0 0 2 4 】

前群 G f は、透過作用により中心軸 2 上の映像を結像又は投影する直視光路 B と、反射作用により中心軸 2 と略直交する方向の全方位の映像を結像又は投影する側視光路 A とを合成する作用を有する。

10

【 0 0 2 5 】

また、前群 G f は、側視物体面 3 に対向し、外側に配置された第 1 透過面 2 1 と、第 1 透過面 2 1 より中心軸 2 側に配置された第 1 反射面 2 2 と、第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置された第 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、直視物体面 4 に対向し、第 3 透過面 2 5 と、第 3 透過面 2 5 より像面 5 側に配置された第 4 透過面 2 6 を有する透明媒体 L 2 を備える。

【 0 0 2 6 】

透明媒体 L 2 に入射する光束は、順光線追跡の順に、側視光路 A では、第 1 透過面 2 1 を経て透明媒体 L 2 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 側に反射され、第 2 透過面 2 4 を経て透明媒体 L 2 から像面 5 側に外へ出る略 Z 字状の光路を有する。また、直視光路 B では、第 3 透過面 2 5 を経て透明媒体 L 2 内に入り、第 4 透過面 2 6 を経て透明媒体 L 2 から像面 5 側に外へ出る光路を有する。

20

【 0 0 2 7 】

そして、開口 S 中心を通る光線を中心主光線 L c とするとき、第 1 透過面 2 1 に入る中心主光線 L c が、中心軸 2 に直交する線より像面 5 側に傾斜される。このような構成とすることにより、特に、観察画角を中心軸 2 に直交する方向より像面 5 側に多くとることが可能となる。

【 0 0 2 8 】

また、側視光路 A において、第 1 反射面 2 2 及び第 2 反射面 2 3 は、共に開口 S 側に凹面を向けた面で構成することが好ましい。この構成にすることにより、物体側から負パワーを有する第 1 反射面 2 2、正のパワーを有する第 2 反射面 2 3 の順に配置することが可能となる。これにより観察画角を広くとることが可能となると同時に、コマ収差の発生を小さくすることが可能となる。

30

【 0 0 2 9 】

さらに、全方位画像のメリジナル断面の画角の中心を中心画角とし、開口 S 中心を通る光線を中心主光線 L c とするとき、中心主光線 L c が第 1 反射面に当たる位置が開口 S より物体側であることが重要である。これは光学系 1 の外形を小さくするために重要な条件で、開口 S より物体側に第 1 反射面を配置することにより、第 1 反射面 2 2 の外形を小さくすることが可能となる。開口 S 近傍又は開口 S より像側では、後群 G b の光学部品を固定する部品等と第 1 反射面 2 2 が干渉する為に、第 1 反射面 2 2 の外形を大きくせざるをえないからである。

40

【 0 0 3 0 】

また、第 1 反射面 2 2 が全反射作用を有することにより、コーティングをする必要がなくなり、光学系を安価に作成することが可能となる。

【 0 0 3 1 】

また、第 1 反射面 2 2 に対して像面の反対側に第 1 透過面 2 1 を配置することにより第 1 反射面と第 2 反射面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。

【 0 0 3 2 】

50

さらに好ましくは、第 1 反射面 2 2 と第 2 透過面 2 4、又は、第 1 反射面 2 2 と第 4 透過面 2 6 を同一形状の面で構成することにより、2 つの光路で 1 つの面形状を使うことが可能になり、中心軸 2 上の物点の直視光路 B による円形像と、側視光路 A による円環状の像の間にできる映像が映らない領域を小さくすることが可能となり、画素の有効利用という観点で好ましい。

【 0 0 3 3 】

さらに好ましくは、直視光路 B の第 3 透過面 2 5 と側視光路 B の第 2 反射面 2 3 を同一位置、同一形状の面で構成することにより、2 つの光路で 1 つの面形状を使うことが可能になり、加工が簡単になる。

【 0 0 3 4 】

10

さらに好ましくは、第 1 反射面 2 2 から第 2 反射面 2 3 への光路は、中心軸 2 に対して発散する方向からなるので、特に、観察画角を中心軸に直交する方向より像面 5 側に多くとることが可能となる。

【 0 0 3 5 】

さらに、前群 G f の備える面のうち少なくとも 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回転対称な形状を有することが好ましい。対称面を持たないことにより、画角周辺部分の歪みを補正することが可能となる。

【 0 0 3 6 】

さらに好ましくは、前群 G f の備える面のうち少なくとも 1 面は、奇数次項を含む任意形状の線分であることが望ましい。この奇数次項により画角中心に対して上下非対称な形状を与えることが可能であり、収差補正上好ましい。

20

【 0 0 3 7 】

以下に、本発明の視覚表示装置の光学系の実施例 1 ～ 5 を説明する。これら光学系の構成パラメータは後記する。

【 0 0 3 8 】

座標系は、順光線追跡において、例えば図 1 に示すように、側視物体面 3 から第 1 面に向かう中心主光線の延長が中心軸 2 と交差する点を偏心光学面の原点 O とし、側視物体面 3 とは中心軸 2 に対して反対側の中心軸 2 に直交する方向を Y 軸正方向とし、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。なお、4 は直視物体面を示す。

30

【 0 0 3 9 】

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。

40

【 0 0 4 0 】

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、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

【 0 0 4 1 】

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 nm) に対するものを表記してある。長さの単位は mm 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 4 2 】

50

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。

【0043】

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

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、10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。

【0044】

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。

10

【0045】

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。

【0046】

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

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。

20

【0047】

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。

【0048】

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。

【0049】

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。

【0050】

ここで、RYはY-Z断面での球面項の曲率半径、 C_1 は円錐定数、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 ...はそれぞれ1次、2次、3次、4次...の非球面係数である。

30

【0051】

なお、Y軸に平行な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、 $RY = \infty$ 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、... = 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。

【0052】

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、アップ数については、d線(波長587.56nm)に対するものを表記してある。長さの単位はmm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。

40

【0053】

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側視光路Aの横収差図を図4、直視光路Bの横収差図を図5に示す。この横収差図において、中央に示された角度は、(水平方向画角、垂直方向の画角)を示し、その画角におけるY方向(メリジオナル方向)とX方向(サジタル方向)の横収差を示す。なお、マイナスの画角は、水平方向画角については、Y軸正方向を向いて右回りの角度、垂直方向画角については、X軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、同じ。

【0054】

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

50

透過面及び反射面を、拡張回転自由曲面で設計されている例であるが、拡張回転自由曲面が回転対称面と直交し、高次項を使用していないので、球面と等価な構成の例である。

【 0 0 5 5 】

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 S とからなり、前群 G f は、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2、後群 G b は、第 3 群 G 3 と第 4 群 G 4 からなる。

【 0 0 5 6 】

第 1 群 G 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 1 からなり、透明媒体 L 1 は、曲率半径無限大の直視第 1 透過面 1 1 と、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ直視第 2 透過面 1 2 をもつ。

10

【 0 0 5 7 】

第 2 群 G 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 2 からなり、側視光路 A と、直視光路 B とを合成する光路合成光学系である。透明媒体 L 2 は、側視物体面 3 に対向し、外側に配置され、Z 軸に平行な円柱状の第 1 透過面としての側視第 1 透過面 2 1 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 透過面 2 1 より中心軸 2 側に形成され、球面からなり、負のパワーをもつ第 1 反射面としての側視第 1 反射面 2 2 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 反射面 2 2 より像面 5 と反対側に配置され、球面からなり、正のパワーをもつ側視第 2 反射面 2 3 と、第 2 反射面としての側視第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ第 2 透過面としての側視第 2 透過面 2 4 をもつ。また、球面からなり、負のパワーをもつ第 3 透過面としての直視第 3 透過面 2 5 と、直視第 3 透過面 2 5 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ第 4 透過面としての直視第 4 透過面 2 6 をもつ。なお、側視第 2 透過面 2 4 と直視第 4 透過面 2 6 は同一面である。

20

【 0 0 5 8 】

第 3 群 G 3 は、像面 5 側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 からなり、共通第 1 透過面 3 1 と、共通第 1 透過面 3 1 より像面 5 側に配置される共通第 2 透過面 3 2 をもつ。

【 0 0 5 9 】

第 4 群 G 4 は、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と像面側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 の接合レンズからなり、共通第 3 透過面 4 1 と、共通第 3 透過面 4 1 より像面 5 側に配置される接合面 4 5 と、接合面 4 5 より像面 5 側に配置される共通第 4 透過面 5 1 をもつ。

30

【 0 0 6 0 】

光学系 1 は、側視光路 A と、直視光路 B とを形成する。側視光路 A においては、光学系 1 側方の側視物体面 3 から入射する光束は、前群 G f のうち第 2 群 G 2 と後群 G b を順に経て中心軸 2 に垂直な像面 5 の中心軸 2 から外れた外側に円環状に映像を形成する。また、直視光路 B においては、光学系 1 の中心軸 2 近傍の直視物体面 4 から入射する光束は、前群 G f と後群 G b を順に経て中心軸 2 に垂直な像面 5 の中心軸 2 近傍に円形に映像を形成する。

【 0 0 6 1 】

側視光路 A として光学系 1 の側方から入射する光束は、前群 G f の第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に側視第 1 透過面 2 1 を経て入り、中心軸 2 側の側視第 1 反射面 2 2 で像面 5 と反対側に反射され、側視第 2 反射面 2 3 で像面 5 側に反射され、側視第 2 透過面 2 4 を経て透明媒体 L 2 から外に出る略 Z 字状の光路を有する。

40

【 0 0 6 2 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に中心軸 2 を挟んで反対側で共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の負メニスカスレンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、正メニスカスレンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 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結像する。

50

【 0 0 6 3 】

また、直視光路 B として光学系 1 に入射する光束は、前群 G f の第 1 群 G 1 の透明媒体 L 1 内に直視第 1 透過面 1 1 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 2 透過面 1 2 を経て透明媒体 L 1 から外に出て、第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に直視第 3 透過面 2 5 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 4 透過面 2 6 を経て透明媒体 L 2 から外に出る。

【 0 0 6 4 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、接合レンズからなる第 4 群 G 4 の負メニスカスレンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、正メニスカスレンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 上に結像する。

【 0 0 6 5 】

この実施例 1 の仕様は、

画角（側視） $89.5^{\circ} \sim 135^{\circ}$

画角（直視） $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

絞り径 $\phi 0.5 \text{ mm}$

像の大きさ（側視） $\phi 2.00 \sim \phi 2.37$

（直視） $\phi 1.56$

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側視光路の横収差図を図 7、直視光路の横収差図を図 8 に示す。この横収差図において、中央に示された角度は、（水平方向画角、垂直方向の画角）を示し、その画角における Y 方向（メリジオナル方向）と X 方向（サジタル方向）の横収差を示す。なお、マイナスの画角は、水平方向画角については、Y 軸正方向を向いて右回りの角度、垂直方向画角については、X 軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、同じ。

【 0 0 6 6 】

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、拡張回転自由曲面で設計されている例であるが、側視光路 A の側視第 1 反射面 2 2 は、高次項を使用していない。また、側視光路 A の側視第 2 反射面 2 3 は、拡張回転自由曲面が回転対称面と直交し、高次項を使用していないので、球面と等価な構成の例である。

【 0 0 6 7 】

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 S とからなり、前群 G f は、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2、後群 G b は、第 3 群 G 3 と第 4 群 G 4 からなる。

【 0 0 6 8 】

第 1 群 G 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 1 からなり、透明媒体 L 1 は、曲率半径無限大の直視第 1 透過面 1 1 と、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ直視第 2 透過面 1 2 をもつ。

【 0 0 6 9 】

第 2 群 G 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 2 からなり、側視光路 A と、直視光路 B とを合成する光路合成光学系である。透明媒体 L 2 は、物体面 3 に対向し、外側に配置され、Z 軸に平行な円柱状の第 1 透過面としての側視第 1 透過面 2 1 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 透過面 2 1 より中心軸 2 側に形成され、拡張回転自由曲面からなり、負のパワーをもつ第 1 反射面としての側視第 1 反射面 2 2 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、球面からなり、正のパワーをもつ第 2 反射面としての側視第 2 反射面 2 3 と、側視第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ第 2 透過面としての側視第 2 透過面 2 4 をもつ。また、球面からなり、負のパワーをもつ直視第 3 透過面 2 5 と、直視第 3 透過面 2 5 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワー

10

20

30

40

50

をもつ直視第 4 透過面 2 6 をもつ。なお、側視第 2 透過面 2 4 と直視第 4 透過面 2 6 は同一面である。

【 0 0 7 0 】

第 3 群 G 3 は、像面 5 側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 からなり、共通第 1 透過面 3 1 と、共通第 1 透過面 3 1 より像面 5 側に配置される共通第 2 透過面 3 2 をもつ。

【 0 0 7 1 】

第 4 群 G 4 は、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と像面側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 の接合レンズからなり、共通第 3 透過面 4 1 と、共通第 3 透過面 4 1 より像面 5 側に配置される接合面 4 5 と、接合面 4 5 より像面 5 側に配置される共通第 4 透過面 5 1 をもつ。

10

【 0 0 7 2 】

光学系 1 は、側視光路 A と、直視光路 B とを形成する。側視光路 A においては、光学系 1 側方の側視物体面 3 から入射する光束は、前群 G f のうち第 2 群 G 2 と後群 G b を順に経て中心軸 2 に垂直な像面 5 の中心軸 2 から外れた外側に円環状に映像を形成する。また、直視光路 B においては、光学系 1 の中心軸 2 近傍の直視物体面 4 から入射する光束は、前群 G f と後群 G b を順に経て中心軸 2 に垂直な像面 5 の中心軸 2 近傍に円形に映像を形成する。

【 0 0 7 3 】

側視光路 A として光学系 1 の側方から入射する光束は、前群 G f の第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に側視第 1 透過面 2 1 を経て入り、中心軸 2 側の側視第 1 反射面 2 2 で像面 5 と反対側に反射され、側視第 2 反射面 2 3 で像面 5 側に反射され、側視第 2 透過面 2 4 を経て透明媒体 L 2 から外に出る略 Z 字状の光路を有する。

20

【 0 0 7 4 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に中心軸 2 を挟んで反対側で共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の負メニスカスレンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、正メニスカスレンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 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結像する。

【 0 0 7 5 】

30

また、直視光路 B として光学系 1 に入射する光束は、前群 G f の第 1 群 G 1 の透明媒体 L 1 内に直視第 1 透過面 1 1 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 2 透過面 1 2 を経て透明媒体 L 1 から外に出て、第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に直視第 3 透過面 2 5 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 4 透過面 2 6 を経て透明媒体 L 2 から外に出る。

【 0 0 7 6 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の負メニスカスレンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、正メニスカスレンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 上に結像する。

40

【 0 0 7 7 】

この実施例 2 の仕様は、

画角（側視） 89.5° ~ 135°

画角（直視） 0° ~ 60°

絞り径 φ 0.5 mm

像の大きさ（側視） φ 1.80 ~ φ 2.57

（直視） φ 1.54

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側視光路の横収差図を図 10、直視光路の横収差図を図 11 に示す。この

50

横収差図において、中央に示された角度は、（水平方向画角、垂直方向の画角）を示し、その画角におけるY方向（メリジナル方向）とX方向（サジタル方向）の横収差を示す。なお、マイナスの画角は、水平方向画角については、Y軸正方向を向いて右回りの角度、垂直方向画角については、X軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、同じ。

【0078】

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のうち、側視光路Aの側視第1反射面22は、拡張回転自由曲面で設計されている。透過面及び側視光路Aの側視第2反射面23は、非球面で設計しているが、非球面項はないので、球面と等価な構成の例である。

【0079】

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の間に中心軸2に同軸に配置された開口Sとからなり、前群Gfは、第1群G1と第2群G2、後群Gbは、第3群G3と第4群G4からなる。

【0080】

第1群G1は、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい透明媒体L1からなり、透明媒体L1は、曲率半径無限大の直視第1透過面11と、直視第1透過面11より像面5側に配置され、曲率半径無限大の直視第2透過面12をもつ。

【0081】

第2群G2は、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい透明媒体L2からなり、側視光路Aと、直視光路Bとを合成する光路合成光学系である。透明媒体L2は、物体面3に対向し、外側に配置され、Z軸に平行な円柱状の第1透過面としての側視第1透過面21と、透明媒体L2の内部に形成され、側視第1透過面21より中心軸2側に形成され、拡張回転自由曲面からなり、負のパワーをもつ第1反射面としての側視第1反射面22と、透明媒体L2の内部に形成され、側視第1反射面22に対して像面5と反対側に配置され、球面からなり、正のパワーをもつ第2反射面としての側視第2反射面23と、側視第2反射面23より像面5側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ第2透過面としての側視第2透過面24をもつ。また、球面からなり、負のパワーをもつ直視第3透過面25と、直視第3透過面25より像面5側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ直視第4透過面26をもつ。なお、側視第2透過面24と直視第4透過面26は同一面である。

【0082】

第3群G3は、像面5側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3からなり、共通第1透過面31と、共通第1透過面31より像面5側に配置される共通第2透過面32をもつ。

【0083】

第4群G4は、両凸正レンズL4と像面5側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5の接合レンズからなり、共通第3透過面41と、共通第3透過面41より像面5側に配置される接合面45と、接合面45より像面5側に配置される共通第4透過面51をもつ。

【0084】

光学系1は、側視光路Aと、直視光路Bとを形成する。側視光路Aにおいては、光学系1側方の側視物体面3から入射する光束は、前群Gfのうち第2群G2と後群Gbを順に経て中心軸2に垂直な像面5の中心軸2から外れた外側に円環状に映像を形成する。また、直視光路Bにおいては、光学系1の中心軸2近傍の直視物体面4から入射する光束は、前群Gfと後群Gbを順に経て中心軸2に垂直な像面5の中心軸2近傍に円形に映像を形成する。

【0085】

側視光路Aとして光学系1の側方から入射する光束は、前群Gfの第2群G2の透明媒体L2内に側視第1透過面21を経て入り、中心軸2側の側視第1反射面22で像面5と反対側に反射され、側視第2反射面23で像面5側に反射され、側視第2透過面24を経て透明媒体L2から外に出る略Z字状の光路を有する。

【0086】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に中心軸 2 を挟んで反対側で共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の両凸正レンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、負メニスカスレンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 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結像する。

【 0 0 8 7 】

また、直視光路 B として光学系 1 に入射する光束は、前群 G f の第 1 群 G 1 の透明媒体 L 1 内に直視第 1 透過面 1 1 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 2 透過面 1 2 を経て透明媒体 L 1 から外に出て、第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に直視第 3 透過面 2 5 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 4 透過面 2 6 を経て透明媒体 L 2 から外に出る。

【 0 0 8 8 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の両凸正レンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、負メニスカスレンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 上に結像する。

【 0 0 8 9 】

この実施例 3 の仕様は、

画角（側視） 89.5° ~ 135°

画角（直視） 0° ~ 60°

絞り径 φ 0.5 mm

像の大きさ（側視） φ 1.87 ~ φ 2.48

（直視） φ 1.57

実施例 4 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 1 2 に示す。また、この実施例の光学系全体の側視光路の横収差図を図 1 3、直視光路の横収差図を図 1 4 に示す。この横収差図において、中央に示された角度は、（水平方向画角、垂直方向の画角）を示し、その画角における Y 方向（メリジオナル方向）と X 方向（サジタル方向）の横収差を示す。なお、マイナスの画角は、水平方向画角については、Y 軸正方向を向いて右回りの角度、垂直方向画角については、X 軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、同じ。

【 0 0 9 0 】

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、球面で設計されている。

【 0 0 9 1 】

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 S とからなり、前群 G f は、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2、後群 G b は、第 3 群 G 3 と第 4 群 G 4 からなる。

【 0 0 9 2 】

第 1 群 G 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 1 からなり、透明媒体 L 1 は、曲率半径無限大の直視第 1 透過面 1 1 と、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ直視第 2 透過面 1 2 をもつ。

【 0 0 9 3 】

第 2 群 G 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 2 からなり、側視光路 A と、直視光路 B とを合成する光路合成光学系である。透明媒体 L 2 は、物体面 3 に対向し、外側に配置され、Z 軸に平行な円柱状の第 1 透過面としての側視第 1 透過面 2 1 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 透過面 2 1 より中心軸 2 側に形成され、球面からなり、負のパワーをもつ第 1 反射面としての側視第 1 反射面 2 2 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、球

10

20

30

40

50

面からなり、正のパワーをもつ第2反射面としての側視第2反射面23と、側視第2反射面23より像面5側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ第2透過面としての側視第2透過面24をもつ。また、球面からなり、負のパワーをもつ第3透過面としての直視第3透過面25と、直視第3透過面25より像面5側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ第4透過面としての直視第4透過面26をもつ。なお、側視第1反射面22と側視第2透過面24と直視第4透過面26は同一面であり、側視第2反射面23と直視第3透過面25は同一面である。

【0094】

第3群G3は、両凸正レンズL3からなり、共通第1透過面31と、共通第1透過面31より像面5側に配置される共通第2透過面32をもつ。

10

【0095】

第4群G4は、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4と両凸正レンズL5の接合レンズからなり、共通第3透過面41と、共通第3透過面41より像面5側に配置される接合面42と、接合面45より像面5側に配置される共通第4透過面51をもつ。

【0096】

光学系1は、側視光路Aと、直視光路Bとを形成する。側視光路Aにおいては、光学系1側方の側視物体面3から入射する光束は、前群Gfのうち第2群G2と後群Gbを順に経て中心軸2に垂直な像面5の中心軸2から外れた外側に円環状に映像を形成する。また、直視光路Bにおいては、光学系1の中心軸2近傍の直視物体面4から入射する光束は、前群Gfと後群Gbを順に経て中心軸2に垂直な像面5の中心軸2近傍に円形に映像を形成する。

20

【0097】

側視光路Aとして光学系1の側方から入射する光束は、前群Gfの第2群G2の透明媒体L2内に側視第1透過面21を経て入り、中心軸2側の側視第1反射面22で像面5と反対側に反射され、側視第2反射面23で像面5側に反射され、側視第2透過面24を経て透明媒体L2から外に出る略Z字状の光路を有する。

【0098】

その後、前群Gfと後群Gbの間に中心軸2に同軸に配置され絞りを構成する開口Sを経て、後群Gbの第3群G3の両凸正レンズL3内に中心軸2を挟んで反対側で共通第1透過面31を経て入り、共通第2透過面32から外に出て、第4群G4の負メニスカスレンズL4内に共通第3透過面41を経て入り、接合面45を経て、両凸正レンズL5の共通第4透過面51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結像する。

30

【0099】

また、直視光路Bとして光学系1に入射する光束は、前群Gfの第1群G1の透明媒体L1内に直視第1透過面11を経て入り、直視第1透過面11より像面5側に配置された直視第2透過面12を経て透明媒体L1から外に出て、第2群G2の透明媒体L2内に直視第3透過面25を経て入り、直視第1透過面11より像面5側に配置された直視第4透過面26を経て透明媒体L2から外に出る。

【0100】

その後、前群Gfと後群Gbの間に中心軸2に同軸に配置され絞りを構成する開口Sを経て、後群Gbの第3群G3の両凸正レンズL3内に共通第1透過面31を経て入り、共通第2透過面32から外に出て、第4群G4の負メニスカスレンズL4内に共通第3透過面41を経て入り、接合面45を経て、両凸正レンズL5の共通第4透過面51から外に出て、像面5の中心軸2上に結像する。

40

【0101】

この実施例4の仕様は、

画角（側視）	89°～150°
画角（直視）	0°～60°
絞り径	φ0.5mm

50

像の大きさ（側視） $\phi 1.90 \sim \phi 2.41$
 （直視） $\phi 1.57$

実施例 5 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 15 に示す。また、この実施例の光学系全体の側視光路の横収差図を図 16、直視光路の横収差図を図 17 に示す。この横収差図において、中央に示された角度は、（水平方向画角、垂直方向の画角）を示し、その画角における Y 方向（メリジオナル方向）と X 方向（サジタル方向）の横収差を示す。なお、マイナスの画角は、水平方向画角については、Y 軸正方向を向いて右回りの角度、垂直方向画角については、X 軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、同じ。

【0102】

10

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反射面を、拡張回転自由曲面で設計されている例である。

【0103】

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 S とからなり、前群 G f は、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2、後群 G b は、第 3 群 G 3 と第 4 群 G 4 からなる。

【0104】

第 1 群 G 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 1 からなり、透明媒体 L 1 は、曲率半径無限大の直視第 1 透過面 1 1 と、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ直視第 2 透過面 1 2 をもつ。

20

【0105】

第 2 群 G 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい透明媒体 L 2 からなり、側視光路 A と、直視光路 B とを合成する光路合成光学系である。透明媒体 L 2 は、物体面 3 に対向し、外側に配置され、Z 軸に平行な円柱状の第 1 透過面としての側視第 1 透過面 2 1 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 透過面 2 1 より中心軸 2 側に形成され、拡張回転自由曲面からなり、負のパワーをもつ第 1 反射面としての側視第 1 反射面 2 2 と、透明媒体 L 2 の内部に形成され、側視第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、拡張回転自由曲面からなり、正のパワーをもつ第 2 反射面としての側視第 2 反射面 2 3 と、側視第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、拡張回転自由曲面からなり、負のパワーをもつ第 2 透過面としての側視第 2 透過面 2 4 をもつ。また、拡張回転自由曲面からなり、負のパワーをもつ直視第 3 透過面 2 5 と、直視第 3 透過面 2 5 より像面 5 側に配置され、球面からなり、負のパワーをもつ直視第 4 透過面 2 6 をもつ。なお、側視第 2 透過面 2 4 と直視第 4 透過面 2 6 は同一面である。

30

【0106】

第 3 群 G 3 は、像面 5 側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 からなり、共通第 1 透過面 3 1 と、共通第 1 透過面 3 1 より像面 5 側に配置される共通第 2 透過面 3 2 をもつ。

【0107】

第 4 群 G 4 は、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と両凸正レンズ L 5 の接合レンズからなり、共通第 3 透過面 4 1 と、共通第 3 透過面 4 1 より像面 5 側に配置される接合面 4 5 と、接合面 4 5 より像面 5 側に配置される共通第 4 透過面 5 1 をもつ。

40

【0108】

光学系 1 は、側視光路 A と、直視光路 B とを形成する。側視光路 A においては、光学系 1 側方の側視物体面 3 から入射する光束は、前群 G f のうち第 2 群 G 2 と後群 G b を順に経て中心軸 2 に垂直な像面 5 の中心軸 2 から外れた外側に円環状に映像を形成する。また、直視光路 B においては、光学系 1 の中心軸 2 近傍の直視物体面 4 から入射する光束は、前群 G f と後群 G b を順に経て中心軸 2 に垂直な像面 5 の中心軸 2 近傍に円形に映像を形成する。

【0109】

側視光路 A として光学系 1 の側方から入射する光束は、前群 G f の第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に側視第 1 透過面 2 1 を経て入り、中心軸 2 側の側視第 1 反射面 2 2 で像面 5 と

50

反対側に反射され、側視第 2 反射面 2 3 で像面 5 側に反射され、側視第 2 透過面 2 4 を経て透明媒体 L 2 から外に出る略 Z 字状の光路を有する。

【 0 1 1 0 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に中心軸 2 を挟んで反対側で共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の負メニスカスレンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、両凸正レンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 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結像する。

【 0 1 1 1 】

10

また、直視光路 B として光学系 1 に入射する光束は、前群 G f の第 1 群 G 1 の透明媒体 L 1 内に直視第 1 透過面 1 1 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 2 透過面 1 2 を経て透明媒体 L 1 から外に出て、第 2 群 G 2 の透明媒体 L 2 内に直視第 3 透過面 2 5 を経て入り、直視第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置された直視第 4 透過面 2 6 を経て透明媒体 L 2 から外に出る。

【 0 1 1 2 】

その後、前群 G f と後群 G b の間に中心軸 2 に同軸に配置され絞りを構成する開口 S を経て、後群 G b の第 3 群 G 3 の正メニスカスレンズ L 3 内に共通第 1 透過面 3 1 を経て入り、共通第 2 透過面 3 2 から外に出て、第 4 群 G 4 の負メニスカスレンズ L 4 内に共通第 3 透過面 4 1 を経て入り、接合面 4 5 を経て、両凸正レンズ L 5 の共通第 4 透過面 5 1 から外に出て、像面 5 の中心軸 2 上に結像する。

20

【 0 1 1 3 】

この実施例 5 の仕様は、

画角（側視） 89.5° ~ 135°

画角（直視） 0° ~ 60°

絞り径 $\phi 0.5 \text{ mm}$

像の大きさ（側視） $\phi 1.80 \sim \phi 2.57$

（直視） $\phi 1.54$

以下に、上記実施例 1 ~ 5 の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の “ A S S ” は非球面、“ E R F S ” は拡張回転自由曲面を、“ R E ” は反射面を示す。

30

【 0 1 1 4 】

実施例 1

側視光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	10.00	10.00	偏心(1)		
1	E R F S [1]		偏心(2)	1.8348	42.7
2	E R F S [2] (R E)		偏心(3)	1.8348	42.7
3	E R F S [3] (R E)		偏心(4)	1.8348	42.7
4	E R F S [2]		偏心(3)		
5	∞	-0.50	偏心(5)	1.5163	64.1
6	∞ (絞り)	0.35			
7	-1.96	1.00		1.7292	54.7
8	-1.54	0.10			
9	2.41	0.30		1.7529	27.7
10	1.25	1.60		1.6583	53.9
11	31.16	1.87			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			
像 面	∞				
	E R F S [1]				

40

50

R	-1.86				
	偏心(3)				
X	0.00	Y	0.00	Z	0.96
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心[4]				
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.61
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心[5]				
X	0.00	Y	0.00	Z	2.57
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

。

10

【 0 1 1 5 】

実施例 2

側視光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	10.00	10.00	偏心(1)		
1	E R F S [1]		偏心(2)	1.8348	42.7
2	E R F S [2] (R E)		偏心(3)	1.8348	42.7
3	E R F S [3] (R E)		偏心(4)	1.8348	42.7
4	E R F S [4]		偏心(5)		
5	∞	0.50	偏心(6)	1.5163	64.1
6	∞ (絞り)	0.20			
7	-2.18	1.00		1.7292	54.7
8	-1.32	0.10			
9	3.43	0.30		1.7063	29.9
10	0.91	1.60		1.7038	48.4
11	21.69	1.61			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			

20

像 面

E R F S [1]

30

R Y ∞ θ 90.00

R -3.00

E R F S [2]

R Y 4.75

 θ 50.15

R -1.72

E R F S [3]

R Y 5.62

 θ 17.31

R -1.67

E R F S [4]

R Y 1.45

 θ 45.27

R -1.03

偏心(1)

X 0.00 Y -9.24 Z 3.83

 α 112.50 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 1.24

50

α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心(3)					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.97
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[4]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.63
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[5]					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.24
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[6]					
X	0.00	Y	0.00	Z	1.83
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

10

直視光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	20.00	20.00			
1	∞	1.00		1.5163	64.1
2	3.47	2.25			
3	E R F S [3]		偏心(4)	1.8348	42.7
4	E R F S [4]		偏心(5)		
5	∞	0.50	偏心(6)	1.5163	64.1
6	∞ (絞リ)	0.20			
7	-2.18	1.00		1.7292	54.7
8	-1.32	0.10			
9	3.43	0.30		1.7063	29.9
10	0.91	1.60		1.7038	48.4
11	21.69	1.61			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			

20

像 面

30

E R F S [3]

R Y 5.62

 θ 17.31

R -1.67

E R F S [4]

R Y 1.45

 θ 45.27

R -1.03

偏心[4]

X 0.00 Y 0.00 Z -0.63

40

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心[5]

X 0.00 Y 0.00 Z 0.24

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心[6]

X 0.00 Y 0.00 Z 1.83

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

。

【 0 1 1 6 】

実施例 3

側視光路

50

面番号 物体面	曲率半径	面間隔	偏 心	屈折率	ア ッ ペ 数
	10.00	10.00	偏 心 (1)		
1	E R F S [1]		偏 心 (2)	1.8348	42.7
2	E R F S [2] (R E)		偏 心 (3)	1.8348	42.7
3	A S S [1] (R E)		偏 心 (4)	1.8348	42.7
4	A S S [2]		偏 心 (5)		
5	∞	0.50	偏 心 (6)	1.5163	64.1
6	∞ (絞 り)	0.20			
7	-2.11	1.00		1.7292	54.7
8	-1.53	0.10			
9	3.51	1.60		1.6204	60.3
10	-1.30	0.50		1.7552	27.6
11	-2.52	2.12			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			

像 面

E R F S [1]

R Y ∞ θ 90.00

R -3.00

E R F S [2]

R Y 8.21

 θ 41.24

R -2.36

A S S [1]

R 6.48

k 0.0000

A S S [2]

R 0.80

k 0.0000

偏 心 (1)

X 0.00 Y -9.24 Z 3.83

 α 112.50 β 0.00 γ 0.00

偏 心 (2)

X 0.00 Y 0.00 Z 1.24

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 (3)

X 0.00 Y 0.00 Z 1.11

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [4]

X 0.00 Y 0.00 Z -0.72

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [5]

X 0.00 Y 0.00 Z -0.18

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏 心 [6]

X 0.00 Y 0.00 Z 1.19

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

直視光路

面番号 曲率半径 面間隔 偏 心 屈折率 ア ッ ペ 数

10

20

30

40

50

物体面	20.00	20.00			
1	∞	1.00	1.5163	64.1	
2	∞	1.22			
3	A S S [1]		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	A S S [2]		偏心 (5)		
5	∞	0.50	偏心 (6)	1.5163	64.1
6	∞ (絞り)	0.20			
7	-2.11	1.00	1.7292	54.7	
8	-1.53	0.10			
9	3.51	1.60	1.6204	60.3	10
10	-1.30	0.50	1.7552	27.6	
11	-2.52	2.12			
12	∞	0.40	1.5163	64.1	
13	∞	0.10			
像 面	∞				
	A S S [1]				
R	6.48				
k	0.0000				
	A S S [2]				
R	0.80				20
k	0.0000				
	偏心 [4]				
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.72
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心 [5]				
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.18
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心 [6]				
X	0.00	Y	0.00	Z	1.19
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

【 0 1 1 7 】

実施例 4

側視光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	10.00	10.00	偏心 (1)		
1	E R F S [1]		偏心 (2)	1.8348	42.7
2	A S S [1] (R E)		偏心 (3)	1.8348	42.7
3	A S S [2] (R E)		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	A S S [1]		偏心 (3)		
5	∞	0.50	偏心 (5)	1.5163	64.1
6	∞ (絞り)	2.28			
7	7.24	1.40		1.7292	54.7
8	-3.73	0.10			
9	4.26	0.30		1.7479	27.9
10	1.56	1.80		1.5311	66.1
11	-9.12	2.33			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			
像 面	∞				
	E R F S [1]				50

R	Y	∞			
θ		90.00			
R		-3.00			
		A S S [1]			
R		2.36			
k		0.0000			
		A S S [2]			
R		8.35			
k		0.0000			
		偏 心 (1)			
X	0.00	Y	-8.67	Z	4.98
α	120.00	β	0.00	γ	0.00
		偏 心 (2)			
X	0.00	Y	0.00	Z	1.71
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
		偏 心 (3)			
X	0.00	Y	0.00	Z	0.42
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
		偏 心 [4]			
X	0.00	Y	0.00	Z	-1.45
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
		偏 心 [5]			
X	0.00	Y	0.00	Z	3.18
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
直 視 光 路					
面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	20.00	20.00			
1	∞	1.00		1.5163	64.1
2	1.98	2.16			
3	A S S [2]		偏 心 (4)	1.8348	42.7
4	A S S [1]		偏 心 (3)		
5	∞	0.50	偏 心 (5)	1.5163	64.1
6	∞ (絞 り)	2.28			
7	7.24	1.40		1.7292	54.7
8	-3.73	0.10			
9	4.26	0.30		1.7479	27.9
10	1.56	1.80		1.5311	66.1
11	-9.12	2.33			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			
像 面	∞				
	A S S [1]				
R	2.36				
k	0.0000				
	A S S [2]				
R	8.35				
k	0.0000				
	偏 心 (3)				
X	0.00	Y	0.00	Z	0.42
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

10

20

30

40

50

偏心[4]
 X 0.00 Y 0.00 Z -1.45
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏心[5]
 X 0.00 Y 0.00 Z 3.18
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

【 0 1 1 8 】

実施例 5

側視光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
物体面	10.00	10.00	偏心(1)			10
1	E R F S [1]		偏心(2)	1.8348	42.7	
2	E R F S [2] (R E)		偏心(3)	1.8348	42.7	
3	E R F S [3] (R E)		偏心(4)	1.8348	42.7	
4	E R F S [4]		偏心(5)			
5	∞	0.50	偏心(6)	1.5163	64.1	
6	∞ (絞 り)	0.48				
7	-19.12	1.00		1.7292	54.7	
8	-1.87	0.10				
9	10.85	0.30		1.7552	27.6	20
10	1.03	1.60		1.7427	44.9	
11	-8.15	1.91				
12	∞	0.40		1.5163	64.1	
13	∞	0.10				
像 面	∞					
	E R F S [1]					
R Y	∞					
θ	90.00					
R	-3.00					
	E R F S [2]					30
R Y	2.97					
θ	48.06					
R	-1.96					
	E R F S [3]					
R Y	3.99					
θ	15.59					
R	-1.80					
	E R F S [4]					
R Y	1.50					
θ	50.66					40
R	-1.16					
	偏心(1)					
X 0.00 Y -9.24 Z 3.83						
α 112.50 β 0.00 γ 0.00						
	偏心(2)					
X 0.00 Y 0.00 Z 1.24						
α 0.00 β 0.00 γ 0.00						
	偏心(3)					
X 0.00 Y 0.00 Z 1.02						
α 0.00 β 0.00 γ 0.00						50

偏心[4]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.53
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[5]					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.32
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[6]					
X	0.00	Y	0.00	Z	2.49
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

直視光路

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	20.00	20.00			
1	∞	1.00		1.5163	64.1
2	2.91	2.09			
3	E R F S [5]		偏心(7)	1.8348	42.7
4	E R F S [4]		偏心(5)		
5	∞	0.50	偏心(6)	1.5163	64.1
6	∞ (絞リ)	0.48			
7	-19.12	1.00		1.7292	54.7
8	-1.87	0.10			
9	10.85	0.30		1.7552	27.6
10	1.03	1.60		1.7427	44.9
11	-8.15	1.91			
12	∞	0.40		1.5163	64.1
13	∞	0.10			

像 面

	∞
	E R F S [4]
R Y	1.50
θ	50.66
R	-1.16
	E R F S [5]
R Y	4.09
θ	7.31
R	-0.52

偏心[5]					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.32
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[6]					
X	0.00	Y	0.00	Z	2.49
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心[7]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.74
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

また、側視第1反射面22の中心主光線の当る位置を開口から回転対称軸方向に図った長さをd1、側視第2反射面23の中心主光線が当る位置を同様にd2とすると、

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
d1	2.11	1.36	0.59	3.26	1.96
d2	3.68	2.96	2.41	2.23	3.51
d1 / d2	0.62	0.46	0.25	1.46	0.55

であることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 9 】

また、

$$d_1 > 0$$

・・・ (1)

であることが好ましい。

【 0 1 2 0 】

上記条件式は、側視第 1 反射面 2 2 が開口と側視第 2 反射面 2 3 の間にあることを示し、特に、後群 G b の光学系と干渉しにくい最適な位置に位置するための条件である。

【 0 1 2 1 】

さらに好ましくは

$$d_1 / d_2 > 0$$

・・・ (2)

10

なる条件を満足することが好ましい。

【 0 1 2 2 】

この条件式を満足することにより、光学系を小型に構成することが可能になる。上限を超えると第 2 反射面の反射角が大きくなってしまい、外形が太くなると同時に、第 2 反射面で発生する偏心収差が他の面で補正できなくなる。

【 0 1 2 3 】

以上の実施例では、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、拡張回転自由曲面で設計されている例であるが、拡張回転自由曲面が回転対称面と直交し、高次項を使用していない場合、球面と等価な構成となる。

【 0 1 2 4 】

20

また、前群 1 0 の反射面、屈折面をそれぞれ任意形状の線分を回転対称軸 1 の周りで回転することにより形成され回転対称軸 1 上に面頂を有さない拡張回転自由曲面で設計しているが、それぞれ任意の曲面に置き換えてもよい。

【 0 1 2 5 】

また、本発明の光学系は、回転対称面を形成する任意形状の線分を定義する式に奇数次項を含むものを用いることにより、偏心により発生する像面 5 の傾きや、絞りの逆投影時の瞳収差を補正している。

【 0 1 2 6 】

また、本発明の前群 1 0 を構成する中心軸 2 の周りで回転対称な透明媒体はそのまま用いることにより、360°全方位の画角を有する画像を撮影したり投影できるが、その透明媒体を中心軸 2 を含む断面で切断して 2 分の 1、3 分の 1、3 分の 2 等にする事により、中心軸 2 の周りの画角が 180°、120°、240°等の画像を撮影したり投影するようにしてもよい。

30

【 0 1 2 7 】

以上、本発明の光学系を中心軸（回転対称軸）1 を垂直方向に向けて天頂を含む 360°全方位（全周）の画角の画像を得る撮像あるいは観察光学系として説明してきたが、本発明は撮影光学系、観察光学系に限定されず、光路を逆にとって天頂を含む 360°全方位（全周）の画角に画像を投影する投影光学系として用いることもできる。また、内視鏡は管内観察装置の全周観察光学系として用いることもできる。

40

【 0 1 2 8 】

図 18 は、本実施例の画像と撮像素子の配置例を示す。図 18 (a) は、画面比が 1.6 : 0.9 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、側視光路 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 18 (b) は、画面比が 4 : 3 の撮像素子 5 0 を使用し、直視光路 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 18 (a) と同様に上下方向の映像は使用しない場合を示す。図 18 (c) は、画面比が 4 : 3 の撮像素子 5 0 を使用し、側視光路 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、側視光路 A の画像 A 1 と直視光路 B の画像 B 1 の両方をすべて撮像することができる。

【 0 1 2 9 】

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

50

使用例を説明する。図 19 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 101 を用いた例を示すための図であり、図 19 (a) は、硬性内視鏡 110 の先端 101 に本発明による撮影光学系を取り付けて 360° 全方位の画像を撮像観察する例である。図 19 (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 101 の前群 Gf の入射面 21 の周囲には円周方向にスリット状に伸びる開口 106 を有するケーシング等からなるフレア絞り 107 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 19 (c) は、軟性電子内視鏡 113 の先端に本発明によるパノラマ撮影光学系 101 を同様に取り付けて、表示装置 114 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。

【0130】

10

図 20 は、カプセル内視鏡 120 に本発明による撮影光学系 101 を取り付けて 360° 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 101 の側視光路 A における前群 Gf 第 2 群の側視第 1 透過面 21 の周囲には円周方向にスリット状に伸びる開口 106、及び、直視光路 B における前群 Gf の第 1 群の直視第 1 透過面 11 の前方に円形状の開口 106、を有するケーシング等にフレア絞り 107 が形成され、フレア光が入射するのを防止している。

【0131】

図 19 及び図 20 に示すように、内視鏡に撮影光学系 101 を用いることにより、撮影光学系 101 の後方の画像を撮像観察することができ、従来と異なる角度から様々な部位を撮像観察することができる。

20

【0132】

図 21 (a) は、自動車 130 の前方に撮影光学系として本発明による撮影光学系 101 を取り付けて、車内の表示装置に各撮影光学系 101 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 21 (b) は、自動車 130 の各コーナやヘッド部のポ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 101 を複数取り付けて、車内の表示装置に各撮影光学系 101 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 18 (a) に示したように、側視光路 A の画像 A1 の左右の位置に撮像素子 50 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。

【0133】

30

また、図 22 は、投影装置 140 の投影光学系として本発明による投影光学系 102 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 102 を通して 360° 全方位に配置したスクリーン 141 に 360° 全方位画像を投影表示する例である。

【0134】

さらに、図 23 は、建物 150 の外部に本発明による撮影光学系 101 を用いた撮影装置 151 を取り付け、屋内に本発明による撮影光学系 101 を用いた投影装置 151 を配置し、撮影装置 151 で撮像された映像を電線 152 を介して投影装置 140 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 360° 全方位の被写体 O を、撮影光学系 101 を経て撮影装置 151 で撮影し、その映像信号を電線 152 を介して投影装置 140 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 102 を通して屋内の壁面等に被写体 O の映像 O' を投影表示するようにしている例である。

40

【図面の簡単な説明】

【0135】

【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 の側視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。

【図 5】実施例 1 の直視光路における光学系全体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。

50

- 【図 7】実施例 2 の側視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 8】実施例 2 の直視光路における光学系全体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 10】実施例 3 の側視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 11】実施例 3 の直視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 12】本発明の実施例 4 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。
【図 13】実施例 4 の側視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 14】実施例 4 の直視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 15】本発明の実施例 5 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。
【図 16】実施例 5 の側視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 17】実施例 5 の直視光路における光学系全体の横収差図を示す図である。
【図 18】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 19】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 20】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。

10

- 【図 21】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 22】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 23】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。

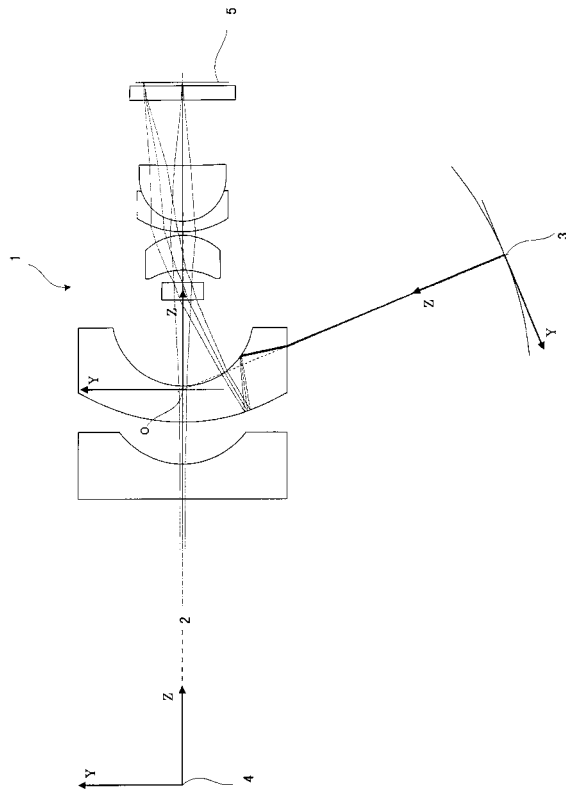
【符号の説明】

20

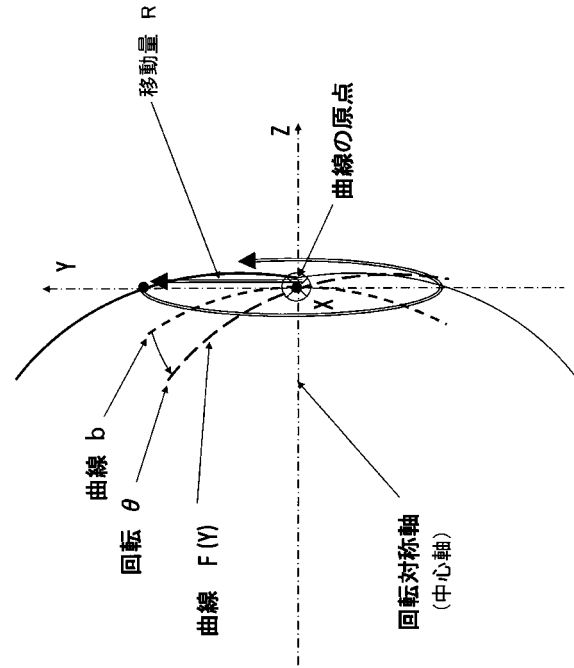
【 0 1 3 6 】

- 1 ... 光学系中心軸
- 2 ... 中心軸
- 3 ... 側視物体面
- 4 ... 直視物体面
- 5 ... 像面

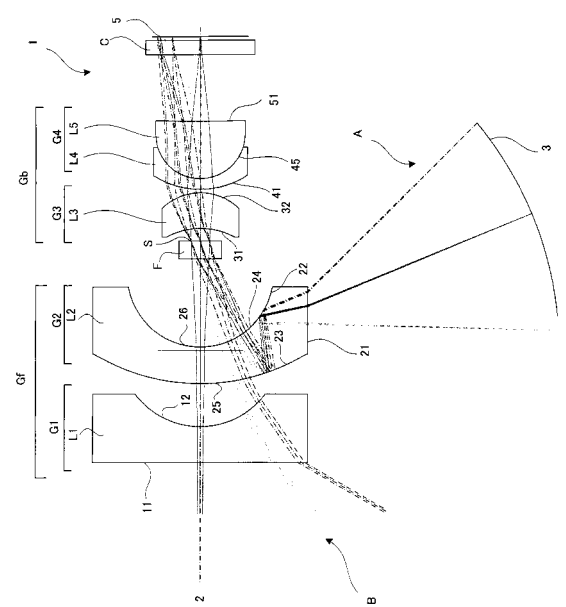
【図 1】



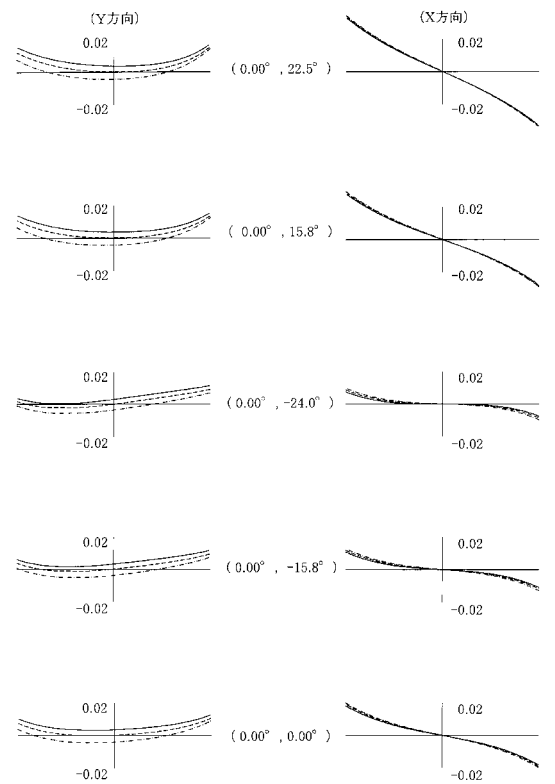
【図 2】



【図 3】

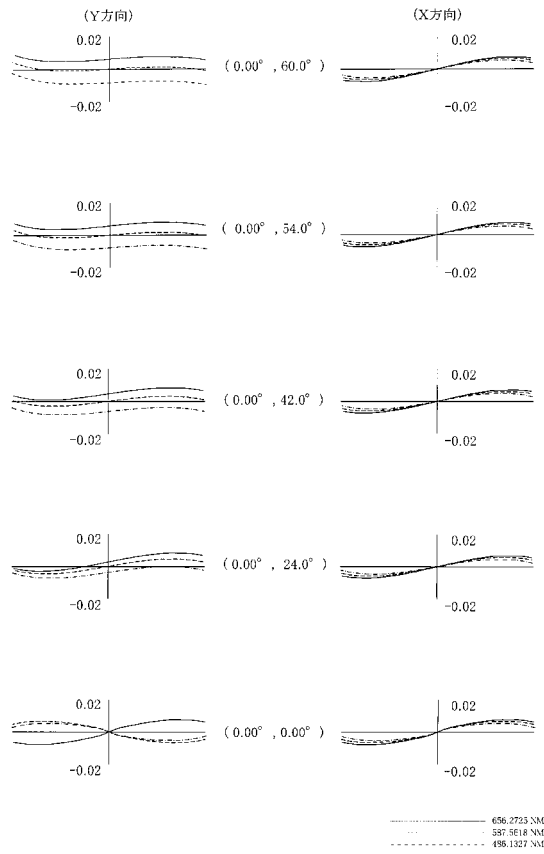


【図 4】

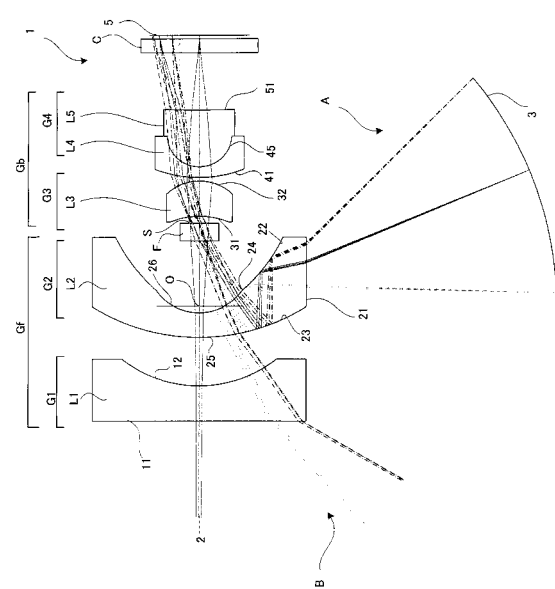


..... 636.2725 nm
 632.5618 nm
 636.1327 nm

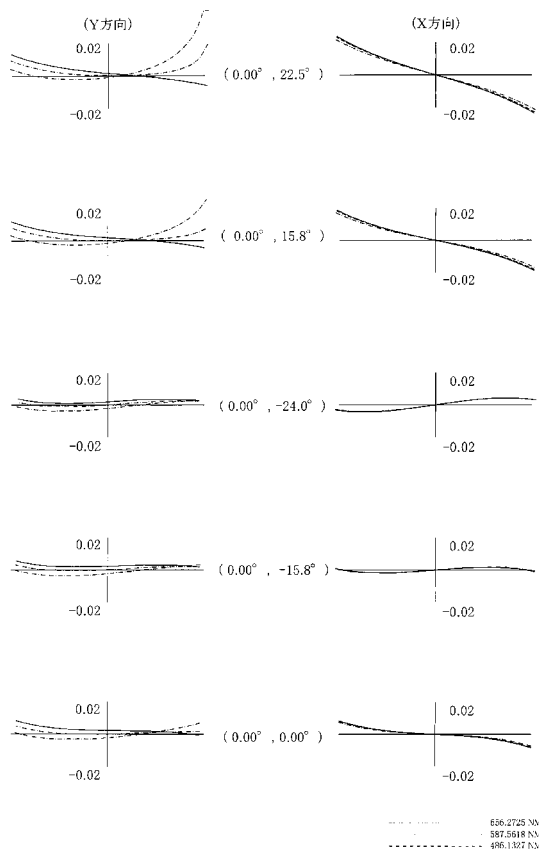
【図 5】



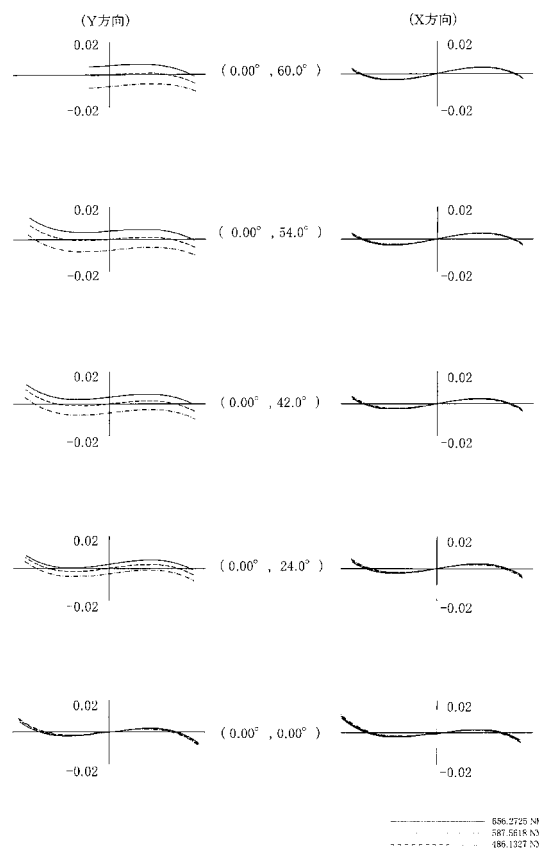
【図 6】



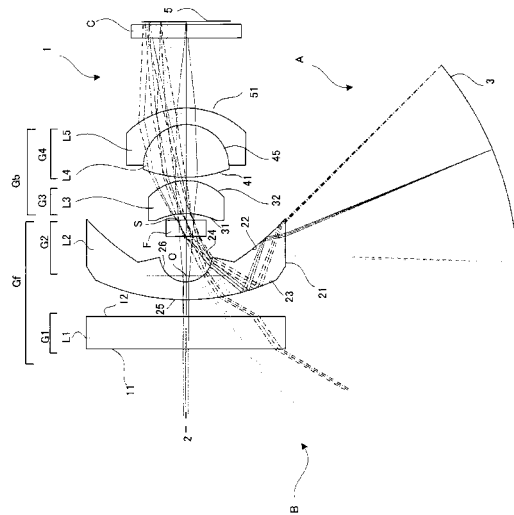
【図 7】



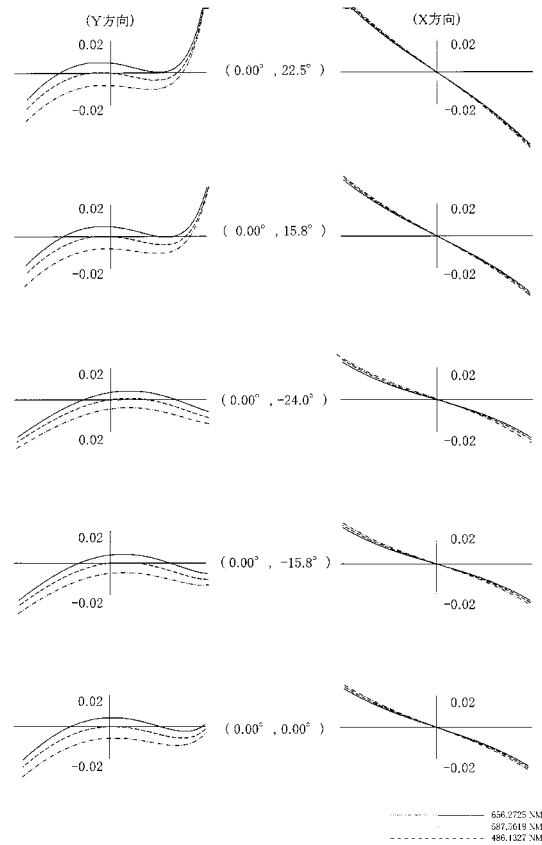
【図 8】



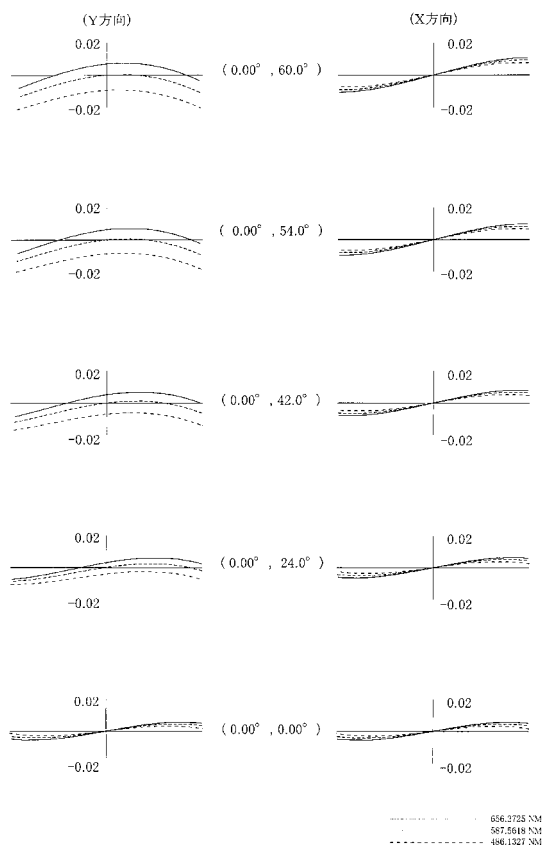
【図 9】



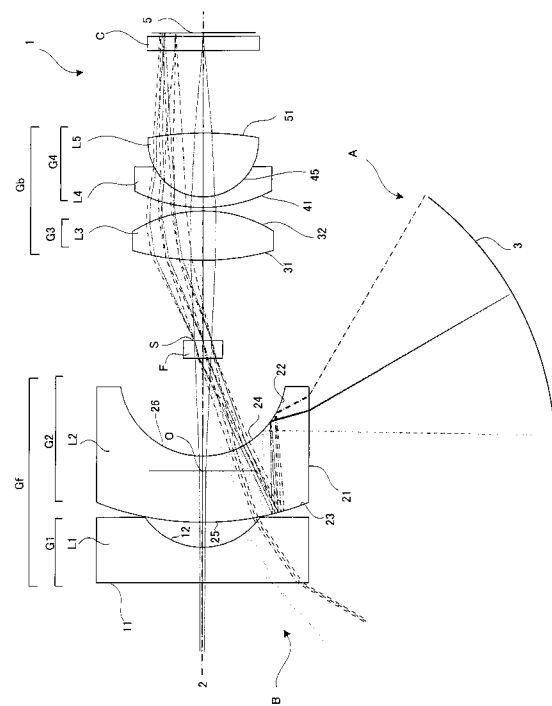
【図 10】



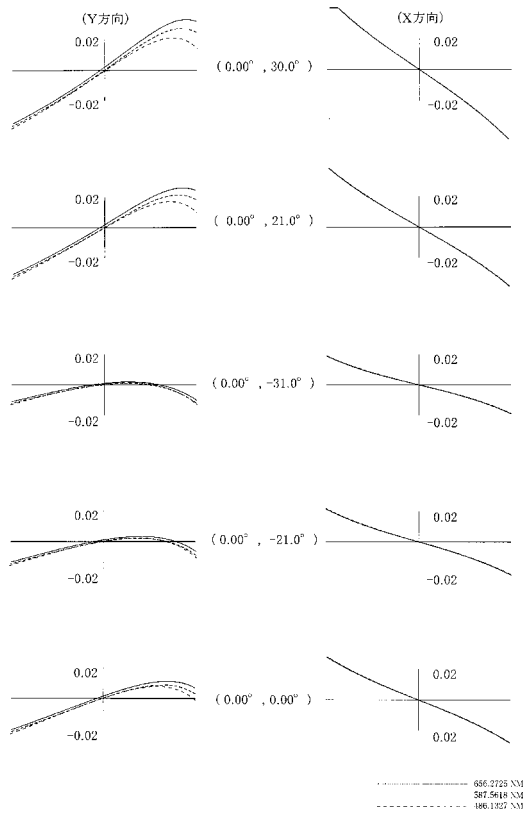
【図 11】



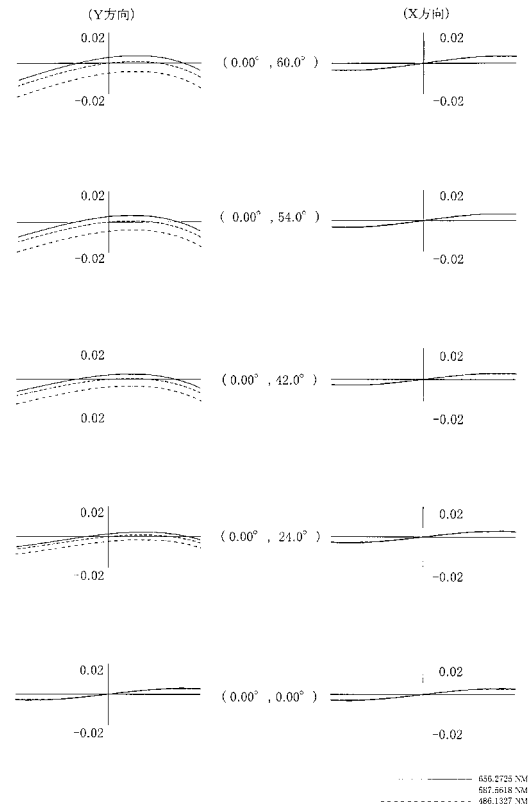
【図 12】



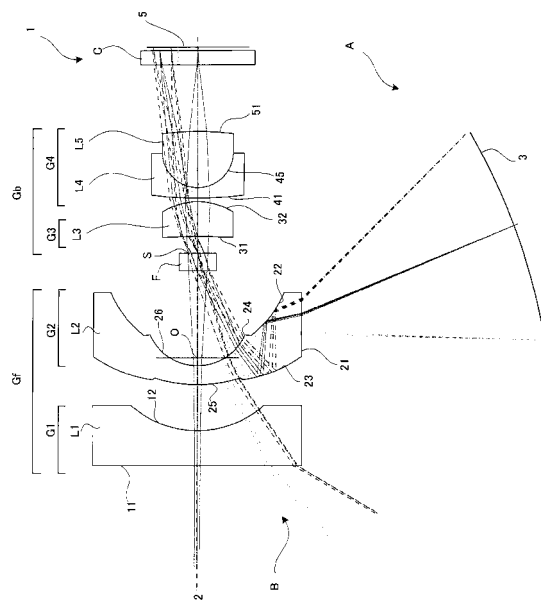
【図 13】



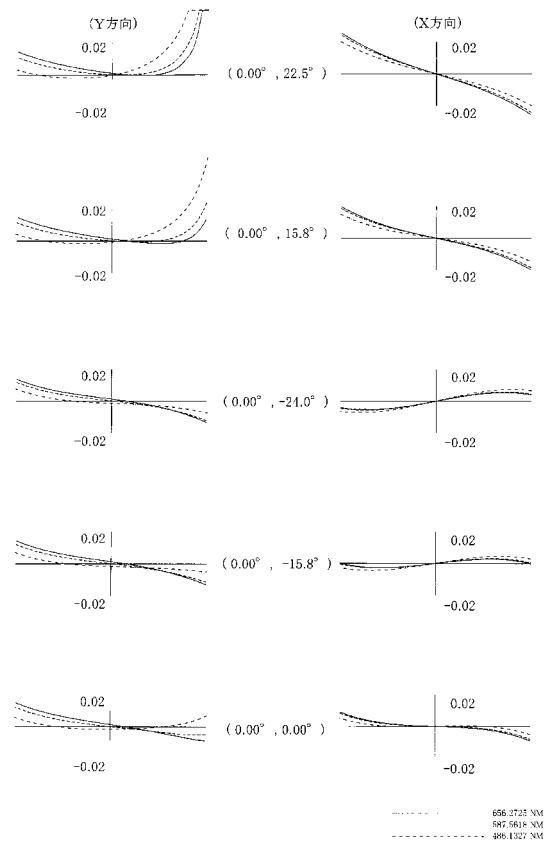
【図 14】



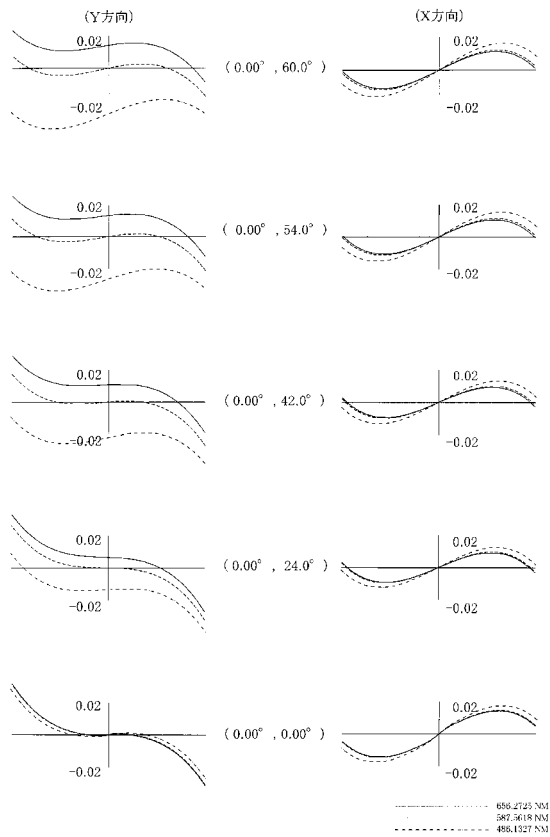
【図 15】



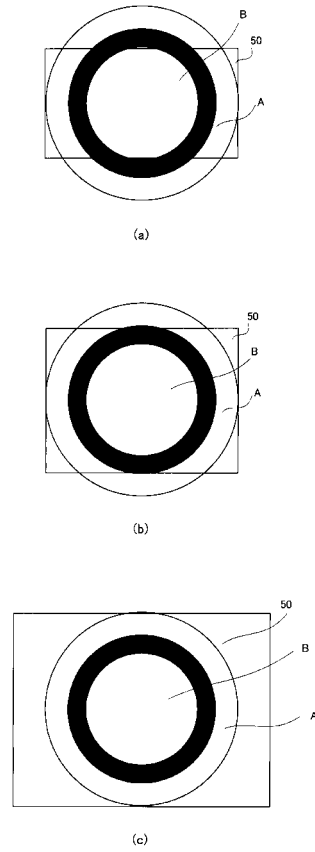
【図 16】



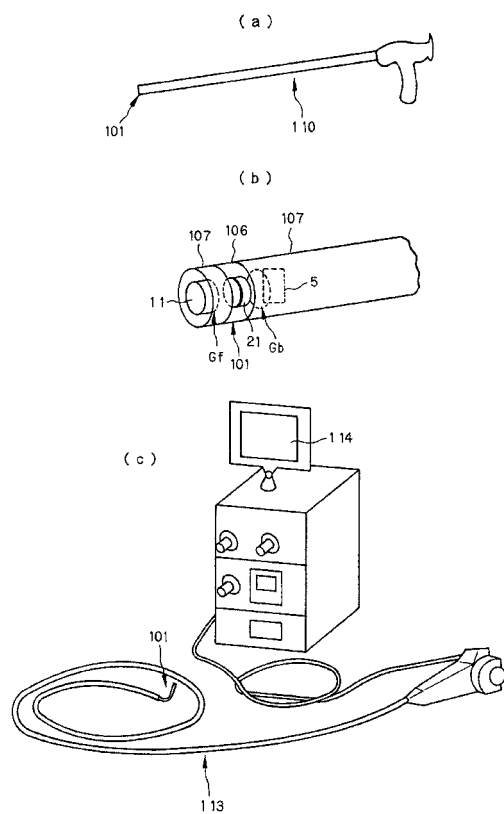
【図 17】



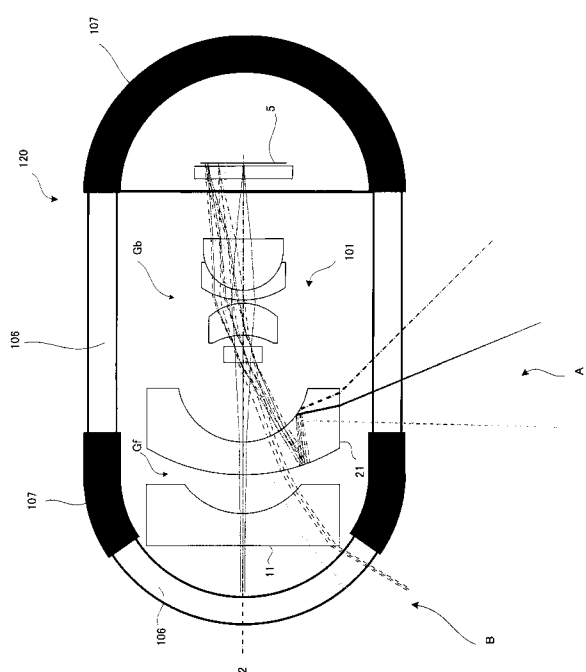
【図 18】



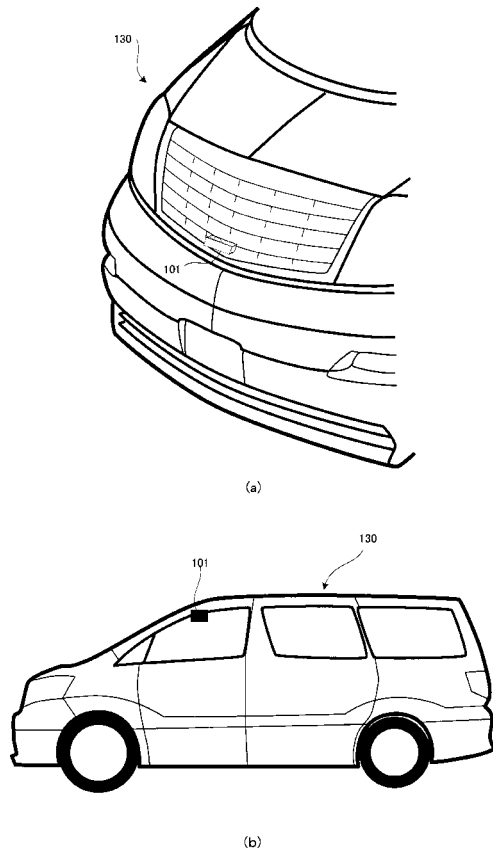
【図 19】



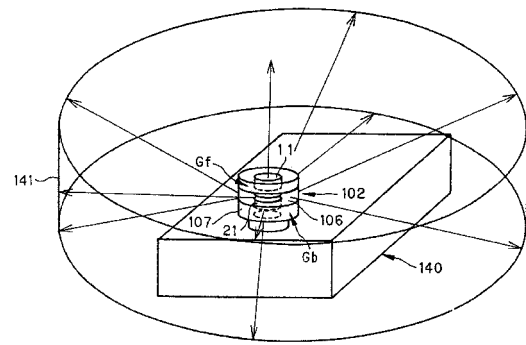
【図 20】



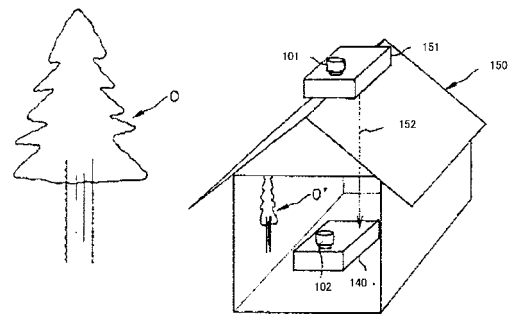
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

(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番2号 オリnbas株式会社内

審査官 原田 英信

(56)参考文献 特開2006-113096(JP,A)

特開2006-154364(JP,A)

特開2006-126322(JP,A)

特開2006-058412(JP,A)

特開2006-209041(JP,A)

国際公開第2005/110186(WO,A1)

特表2002-523801(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04

专利名称(译)	光学系统和使用它的内窥镜		
公开(公告)号	JP5030675B2	公开(公告)日	2012-09-19
申请号	JP2007155157	申请日	2007-06-12
[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		
当前申请(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	G02B13/06 G02B13/18 G02B17/08 G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/041		
FI分类号	G02B13/06 G02B13/18 G02B17/08.Z G02B23/26.C A61B1/00.300.Y A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/BA15 2H040/CA23 2H040/CA25 2H040/DA12 2H040/GA02 2H087/KA10 2H087/LA07 2H087/PA03 2H087/PA04 2H087/PA18 2H087/PB04 2H087/PB05 2H087/QA01 2H087/QA02 2H087/QA06 2H087/QA07 2H087/QA17 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA32 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA06 2H087/RA12 2H087/RA32 2H087/RA42 2H087/TA01 2H087/TA04 4C061/FF40 4C061/WW10 4C161/DD07 4C161/FF40 4C161/WW10		
代理人(译)	青木健二 米泽 明		
审查员(译)	荣信原田		
其他公开文献	JP2008309859A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

的低成本的光学系统都在同一时间一个微件，可以以简单的结构的成像装置上的旋转对称被成像的物体点的轴线与所述全向大致正交的图像的中心轴方向和提供了一种使用该内窥镜的内窥镜。在正常的光线追踪的顺序，光束入射到前组Gf是侧视光路A中，通过第一反射面22经由第1透射面21进入透明介质L2，相反于像面5被反映在侧，被反映在由所述第二反射面23具有大致Z形的光路从透明介质L2通过第2透射面24上的像面侧出去，直视光路B的像面5侧在通过第三透射面23进入透明介质L2，第四具有通过透明介质L2到外部在像面5侧，光束穿过开口S中心的中心主光线的发射表面24出射的光路Lc，进入第一透射表面21的中心主光线Lc从垂直于中心轴2的线朝向像面侧倾斜。 The 11

【 図 2 】

