

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4674906号  
(P4674906)

(45) 発行日 平成23年4月20日(2011.4.20)

(24) 登録日 平成23年2月4日(2011.2.4)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>G O 2 B</b>	<b>13/06</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 2 B 13/06
<b>G O 2 B</b>	<b>13/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 2 B 13/18
<b>A 6 1 B</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 1/00 3 O O Y
			A 6 1 B 1/00 3 2 O B

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-183291 (P2006-183291)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成18年7月3日(2006.7.3)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2008-15014 (P2008-15014A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成20年1月24日(2008.1.24)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成21年5月28日(2009.5.28)		弁理士 荏澤 弘
		(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
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中心軸の周りで回転対称な凹面状の物体面を中心軸に直交する平面の像面に結像させる結像系であって、中心軸の周りで回転対称で、前記物体面に沿った第1透過面と中心軸の周りで回転対称な第2透過面とを有する屈折率が1より大きな透明媒体からなる屈折素子を備え、物体面からの光束は、前記屈折素子を経て像面に結像する光学系において、

前記第2透過面は、像面側に凹面を向けており、中心軸から外れた位置で、中心軸を含む断面内で負のパワーを有し、中心軸と前記第2透過面が交差する近傍において、前記第2透過面の法線が中心軸と角度をなしていることを特徴とする光学系。

【請求項2】

前記第2透過面が中心軸の周りで回転対称なトーリック面からなることを特徴とする請求項1記載の光学系。

【請求項3】

中心軸と前記第1透過面が交差する近傍において、前記第1透過面の法線が中心軸と角度をなしていることを特徴とする請求項1記載の光学系。

【請求項4】

前記屈折素子より像面側に、中心軸の周りで回転対称で正パワーを有する後群を備え、物体面からの光束は、前記屈折素子と前記後群とを順に経て像面に結像することを特徴とする1から3の何れか1項記載の光学系。

【請求項5】

前記屈折素子と前記後群の間あるいは前記後群の中に中心軸に同軸に配置された開口を備えていることを特徴とする請求項4記載の光学系。

【請求項6】

像面に結像される物体像の中心軸近傍部分を用いないことを特徴とする請求項1から5の何れか1項記載の光学系。

【請求項7】

前記前記屈折素子で発生する非点収差を補正する非球面を、前記開口を挟んで反対側に配置することを特徴とする請求項5又は6記載の光学系。

【請求項8】

請求項1から7の何れか1項記載の光学系を有することを特徴とする内視鏡。 10

【請求項9】

請求項1から7の何れか1項記載の光学系を有し、前記屈折素子をドーム形状の透明カバーに用いたことを特徴とするカプセル内視鏡。

【請求項10】

像面に配置された画像を物体面に投影する光学系として用いられることを特徴とする請求項1から7の何れか1項記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系に関し、特に画角の大きい部分の物体の像を平面の輪帯状の像面に結像させる対物光学系又は撮像光学系に関するものである。 20

【背景技術】

【0002】

従来、画角の広い周辺部を撮像する手段としては魚眼レンズ等の広角な光学系を用いていた。しかし、広画角の撮像を行うためには光学系の構成枚数が増えて、小型の光学機器、特に内視鏡やカプセル内視鏡に適用することはむずかしかった。

【0003】

従来、特許文献1では、カプセル内視鏡の先端の半球状の透明カバーの内面を円錐面とすることで、観察範囲を広角にすることが提案されているが、その原理は明らかでない。また、特許文献2では、カプセル内視鏡の先端の透明カバー前面を円錐面とするものが提案されている。しかし、この透明カバーを利用して広画角化するものではない。 30

【特許文献1】特開2001-174713号公報

【特許文献2】米国特許第5,604,531号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【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、簡単な構成で撮影画角の広い映像を撮像できる小型で収差が良好に補正されて解像力の良い光学系を提供することである。

【課題を解決するための手段】 40

【0005】

上記目的を達成する本発明の光学系は、中心軸の周りで回転対称な凹面状の物体面を中心軸に直交する平面の像面に結像させる結像系であって、中心軸の周りで回転対称で、前記物体面に沿った第1透過面と中心軸の周りで回転対称な第2透過面とを有する屈折率が1より大きな透明媒体からなる屈折素子を備え、物体面からの光束は、前記屈折素子を経て像面に結像する光学系において、

前記第2透過面は、像面側に凹面を向けており、中心軸から外れた位置で、中心軸を含む断面内で負のパワーを有することを特徴とするものである。

【0006】

この場合に、中心軸と前記第2透過面が交差する近傍において、前記第2透過面の法線 50

が中心軸と角度をなしていることが望ましい。

【0007】

また、前記第2透過面が中心軸の周りで回転対称なトーリック面からなることが望ましい。

【0008】

また、中心軸と前記第1透過面が交差する近傍において、前記第1透過面の法線が中心軸と角度をなしているものであってもよい。

【0009】

また、前記第2透過面が中心軸の周りで回転対称な球面からなってもよい。

【0010】

また、前記屈折素子より像面側に、中心軸の周りで回転対称で正パワーを有する後群を備え、物体面からの光束は、前記屈折素子と前記後群とを順に経て像面に結像するものであることが望ましい。

【0011】

また、前記屈折素子と前記後群の間あるいは前記後群の中に中心軸に同軸に配置された開口を備えていることが望ましい。

【0012】

また、像面に結像される物体像の中心軸近傍部分を用いないことが望ましい。

【0013】

また、前記前記屈折素子で発生する非点収差を補正する非球面を、前記開口を挟んで反対側に配置してもよい。

【0014】

本発明は、以上の光学系を有する内視鏡、以上の光学系を有し、前記屈折素子をドーム形状の透明カバーに用いたカプセル内視鏡を含むものである。

【0015】

さらに、像面に配置された画像を物体面に投影する光学系として用いられる光学系も本発明に含まれる。

【発明の効果】

【0016】

以上の本発明によると、簡単な構成で撮影画角の広い映像を撮像したり、投影することができる小型で収差が良好に補正されて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】

【0017】

以下、本発明の光学系を実施例に基づいて説明する。

【0018】

図1は、実施例1の光学系の中心軸（回転対称軸）1に沿ってとった断面図である。なお、以下の説明は、カプセル内視鏡のドーム形状の透明カバー（屈折素子）3の半球状の外面（第1透過面）31に密着する曲面物体面4の像を像面5に結像する結像光学系として説明するが、光路を逆にとって平面の像面5を透明カバー3の半球状の外面31の曲面物体面4に投影する投影光学系として用いることもできる。

【0019】

まず、本発明の光学系を図1の実施例1に基づいて説明する。図1の光学系では、例えばカプセル内視鏡のカプセルのドーム状の透明カバー（中心軸1の周りで回転対称で屈折率が1より大きな透明媒体からなる屈折素子）3の内側の面（第2透過面）32を、本発明に従って、像面5側に凹面を向けており、中心軸1から外れた位置で、中心軸1を含む断面内で負のパワーを有する面で構成している。具体的には、内側の面（第2透過面）32は、中心軸1を含む断面（図1の面）において、中心軸1から離れた位置に中心を持つ円弧からなる曲線を配置し、この曲線を中心軸1を回転対称軸として回転させて得られる面で構成している。

【0020】

10

20

30

40

50

そして、透明カバー 3 より像面 5 側に配置される結像光学系 7 は中心軸 1 の周りで回転対称な通常の光学系で構成する。結像光学系 7 の透明カバー 3 側あるいはその内部に開口絞り 6 が中心軸 1 と同軸に配置される。

【 0 0 2 1 】

このような構成であるので、メリジオナル断面（中心軸 1 を含む断面）では、透明カバー 3 の内側の第 2 透過面 3 2 は負の屈折力（パワー）を持つため、その第 2 透過面 3 2 で光束が屈曲され、通常のドーム形状では得られない広画角な映像を結像光学系 7 にリレーし、中心軸 1 に垂直な平面状の像面 5 に結像することが可能となる。サジタル断面（メリジオナル断面に直交しかつ主光線 2 を含む断面）における第 2 透過面 3 2 は中心軸 1 と同心の面となるので屈折力を持たないため、第 2 透過面 3 2 では屈曲されずに結像光学系 7 に入射し、中心軸 1 の周りの 360° 円周方向の光束を方位角を変えないで像面 5 に結像する。

10

【 0 0 2 2 】

さらに、中心軸 1 上の物点も像面 5 の中心軸から離れた位置に結像されるため観察することが可能である。像面 5 の画面中心は、第 2 透過面 3 2 の中心の尖った部分 3 3 から来る光束が結像することになるので、像面 5 に結像された画像を表示する際には、この部分の画像は表示しない方が好ましい。

【 0 0 2 3 】

さらに好ましくは、第 2 透過面 3 2 は、中心軸 1 上の尖がり部 3 3（この尖がり部 3 3 が生じるのは、中心軸 1 から離れた位置に中心を持つ円弧を中心軸 1 を回転対称軸として回転させて得られる面であるからである。）が型加工上問題となる場合には、図 2（a）に示すように、内面の中心部分 3 4 を滑らかな曲線で補完するようにしてもよい。この場合、像面 5 に結像された画像を表示する際に、中心部の表示しない領域を大きくすることが必要である。さらに、中心の表示しない領域を画像処理することにより、あたかも滑らかに連続した映像として表示するようにすることは容易なことである。

20

【 0 0 2 4 】

さらに好ましくは、第 2 透過面 3 2 の周辺部の中心軸 1 に向けて径が狭まって部分は省いて、図 2（b）に示すように、最大径部分に円筒面 3 5 を接続するようにすることにより、このような凹状の第 2 透過面 3 2 を型加工する上で好ましいものとなる。

【 0 0 2 5 】

さらに好ましくは、メリジオナル断面における第 1 透過面 3 1（曲面物体面 4）の曲率半径を  $R_1$ 、第 2 透過面 3 2 の曲率半径を  $R_2$ 、第 1 透過面 3 1 と第 2 透過面 3 2 の間の最小肉厚を  $d$  とするとき、

$$1.1 < R_1 / (R_2 + d) \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【 0 0 2 6 】

上記条件式（1）の下限の 1.1 を越えると、ドーム状の屈折素子 3 による画角の広画角化効果が小さくなってしまう。

【 0 0 2 7 】

後記の実施例 1～4 の  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $d$ 、 $R_1 / (R_2 + d)$  の値は次のようになる。

40

【 0 0 2 8 】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
$R_1$	5.50	5.50	20.00	5.50
$R_2$	2.60	2.60	2.50	2.60
$d$	1.00	1.00	1.50	1.00
$R_1 / (R_2 + d)$	1.53	1.53	5.00	1.53

【 0 0 2 9 】

ところで、第 2 透過面 3 2 は、メリジオナル断面のパワーが負でサジタル断面のパワーが 0 となるので、非点収差が発生する。この面で発生する非点収差を補正するような非球面を絞り 6 を挟んで像面 5 側に配置し、その非点収差を補正するようにすることが好まし

50

い。さらに好ましく、この非球面は像面 5 近傍に配置することにより、非点収差の補正能力は向上する。

【 0 0 3 0 】

さらに好ましくは、非点収差を補正する面は、サジタル面とメリジオナル面でパワーが異なる回転対称自由曲面で構成し、像面付近に配置することが好ましい。なお、回転対称自由曲面については後記する。

【 0 0 3 1 】

ところで、以上の説明から明らかなように、ドーム状の屈折素子 3 を内視鏡の先端部分に取り付けることにより、広画角にすることが可能となる。

【 0 0 3 2 】

さらに、実施例 1 のように、屈折素子 3 の第 1 透過面 3 1 に丸みを持たせることが可能となり、内視鏡挿入がよりスムーズに行うことが可能となる。

【 0 0 3 3 】

また、本発明の図 1 のような光学系をカプセル内視鏡に用い、ドーム状の屈折素子 3 を透明カバーに用いることにより、小型なカプセルでありながら、観察画角の広いカプセル内視鏡を実現できる。

【 0 0 3 4 】

ところで、中心軸 1 近傍の像は二重像になるので、像面 5 に結像された画像を表示する際には、中心軸 1 近傍の画像は表示しない方が好ましい。

【 0 0 3 5 】

また、本発明の上記のような光学系による凹面状の物体面 4 の像は、像面 5 に輪帯状に結像されており、像面 5 に結像された映像を表示する際に中心軸 1 近傍の映像は表示しないことで、見やすい映像となる。

【 0 0 3 6 】

さらに好ましく、凹面状の物体面 4 の中心軸 1 近傍の映像は、像面 5 に結像される輪帯状の映像の内周の円付近に結像される（物体面 4 の外周の映像は輪帯状の映像の外周に結像される。）。この内周の映像を画像処理により中心の点の映像として歪ませて表示するようにすることが好ましい。

【 0 0 3 7 】

以下に、本発明の光学系の実施例 1 ~ 4 をより詳しく説明する。これら光学系の構成パラメータは後記する。これら実施例の構成パラメータは、例えば図 1 に示すように、物体面 4 から透明カバー 3 と結像光学系 7 を経て像面 5 に至る順光線追跡の結果に基づくものである。

【 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、絞り面 6 中心を原点として、回転対称軸（中心軸）1 の像面 5 へ向かう方向を Z 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 の面の紙面の表から裏に向かう方向を X 軸正方向とし、X 軸、Z 軸と右手直交座標系を構成する軸を Y 軸正方向とする。

【 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の原点の中心からの偏心量（X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向をそれぞれ X, Y, Z）と、光学系の原点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  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (°)）とが与えられている。その場合、 $\alpha$  と  $\beta$  の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 $\gamma$  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  $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\psi$  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  $\theta$  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  $\phi$  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  $\psi$  回転させるものである。

【 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

10

20

30

40

50

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。

【0041】

なお、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、絞り面中心からの偏心量で表わす。

【0042】

なお、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。

【0043】

まず、Y-Z座標面上で原点を通る下記の曲線（b）が定められる。

【0044】

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

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（°）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。

【0045】

その曲線F（Y）をY正方向に距離R（負のときはZ負方向）だけ平行移動し、その後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。

【0046】

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。

【0047】

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。

【0048】

ここで、RYはY-Z断面での球面頂の曲率半径、C<sub>1</sub>は円錐定数、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>...はそれぞれ1次、2次、3次、4次...の非球面係数である。

【0049】

実施例1の光学系の中心軸（回転対称軸）1に沿ってとった断面図を図1に示す。

【0050】

この実施例の光学系は、中心軸1の周りで回転対称な屈折率が1より大きな透明媒体からなる屈折素子（透明カバー）3と、中心軸1の周りで回転対称な結像光学系7と、屈折素子3と結像光学系7の間に中心軸1に同軸に配置された絞り6とからなっており、屈折素子3の第1透過面31は中心軸1上に中心を有する凸の球面、第2透過面32は、中心軸1を含む断面において、中心軸1から離れた位置に中心を持つ円弧からなる曲線を中心軸1を回転対称軸として回転させて得られる凹状のトーリック面（拡張回転自由曲面）からなり、中心軸1と第2透過面32が交差する近傍において、第2透過面32の法線が中心軸1と角度をなすような形状になっていて、像面5方向への尖がり部33を有している。そして、この光学系の物体面4は、半球状の第1透過面31に一致している。

【0051】

結像光学系7は、平凸正レンズL1と、凸平正レンズL2とからなり、絞り6は平凸正レンズL1の直前に配置されている。そして、この光学系の像面5は平行平板8の裏面に一致している。

【0052】

このような構成であるので、中心画角（中心軸1から測った画角）45°で範囲-9°~85°の画角の広い物体面4の画像が、中心軸1の周りで回転対称な屈折素子3と絞り6と結像光学系7を経て、中心軸1に垂直な平面状の像面5に結像される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 3 】

この実施例 1 の仕様は、

画角 (半画角)	9 4 °
画角範囲	- 9 ° ~ 8 5 ° (中心画角 4 5 °)
入射瞳径	0 . 2 7 m m
像の大きさ	0 . 1 4 ~ 1 . 6 9 m m

である。

## 【 0 0 5 4 】

図 3 に、この実施例の光学系の横収差を示す。この横収差図において、中央に示された角度は、中心軸 1 から測った画角を示し、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。以下、同じ。

10

## 【 0 0 5 5 】

実施例 2 の光学系の中心軸 (回転対称軸) 1 に沿ってとった断面図を図 4 に示す。

## 【 0 0 5 6 】

この実施例の光学系は、結像光学系 7 を 3 群で構成し、絞り 6 を結像光学系 7 内に配置した例であり、中心軸 1 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きな透明媒体からなる屈折素子 (透明カバー) 3 と、中心軸 1 の周りで回転対称な結像光学系 7 と、結像光学系 7 中に中心軸 1 に同軸に配置された絞り 6 とからなっており、屈折素子 3 の第 1 透過面 3 1 は中心軸 1 上に中心を有する凸の球面、第 2 透過面 3 2 は、中心軸 1 を含む断面において、中心軸 1 から離れた位置に中心を持つ円弧からなる曲線を中心軸 1 を回転対称軸として回転させて得られる凹状のトーリック面 (拡張回転自由曲面) からなり、中心軸 1 と第 2 透過面 3 2 が交差する近傍において、第 2 透過面 3 2 の法線が中心軸 1 と角度をなすような形状になっていて、像面 5 方向への尖がり部 3 3 を有している。そして、この光学系の物体面 4 は、半球状の第 1 透過面 3 1 に一致している。

20

## 【 0 0 5 7 】

結像光学系 7 は、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズ L 1 と、平凸正レンズ L 2 と、凸平正レンズ L 3 とからなり、絞り 6 はメニスカスレンズ L 1 と平凸正レンズ L 2 の間に配置されている。そして、この光学系の像面 5 は平行平板 8 の裏面に一致している。

## 【 0 0 5 8 】

このような構成であるので、中心画角 (中心軸 1 から測った画角) 4 5 ° で範囲 - 5 ° ~ 8 5 ° の画角の広い物体面 4 の画像が、中心軸 1 の周りで回転対称な屈折素子 3 と絞り 6 と結像光学系 7 を経て、中心軸 1 に垂直な平面状の像面 5 に結像される。

30

## 【 0 0 5 9 】

この実施例 2 の仕様は、

画角 (半画角)	9 0 °
画角範囲	- 5 ° ~ 8 5 ° (中心画角 4 5 °)
入射瞳径	0 . 2 1 m m
像の大きさ	0 . 1 0 ~ 1 . 5 4 m m

である。

## 【 0 0 6 0 】

図 5 に、この実施例の光学系の横収差を示す。

40

## 【 0 0 6 1 】

実施例 3 の光学系の中心軸 (回転対称軸) 1 に沿ってとった断面図を図 6 に示す。

## 【 0 0 6 2 】

この実施例の光学系は、屈折素子 (透明カバー) 3 の第 1 透過面 3 1 を、中心軸 1 を含む断面において、中心軸 1 から離れた位置に中心を持つ円弧からなる曲線を中心軸 1 を回転対称軸として回転させて得られる尖がり形状の拡張回転自由曲面から形成し、第 2 透過面 3 2 を中心軸 1 上に中心を有する凹の球面で構成した例であり、中心軸 1 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きな透明媒体からなる屈折素子 (透明カバー) 3 と、中心軸 1 の周りで回転対称な結像光学系 7 と、屈折素子 3 と結像光学系 7 の間に中心軸 1 に同軸に配

50

置された絞り 6 とからなっており、屈折素子 3 の第 1 透過面 3 1 は、中心軸 1 を含む断面において、中心軸 1 から離れた位置に中心を持つ円弧からなる曲線を中心軸 1 を回転対称軸として回転させて得られる尖がり形状の拡張回転自由曲面からなり、第 2 透過面 3 2 は、中心軸 1 上に中心を有する凹の球面からなり、第 1 透過面 3 1 は、中心軸 1 と第 1 透過面 3 1 が交差する近傍において、第 1 透過面 3 1 の法線が中心軸 1 と角度をなすような形状になっていて、像面 5 と反対側に尖がり部 3 6 を有している。そして、この光学系の物体面 4 は、尖がり形状の第 1 透過面 3 1 に一致している。

【 0 0 6 3 】

結像光学系 7 は、平凸正レンズ L 1 と、凸平正レンズ L 2 とからなり、絞り 6 は平凸正レンズ L 1 の直前に配置されている。そして、この光学系の像面 5 は平行平板 8 の裏面に一致している。

10

【 0 0 6 4 】

このような構成であるので、中心画角（中心軸 1 から測った画角） $45^\circ$  で範囲  $0^\circ \sim 89.5^\circ$  の画角の広い物体面 4 の画像が、中心軸 1 の周りで回転対称な屈折素子 3 と絞り 6 と結像光学系 7 を経て、中心軸 1 に垂直な平面状の像面 5 に結像される。

【 0 0 6 5 】

なお、この実施例において、第 1 透過面 3 1 の中心軸 1 上の尖がり部 3 6（この尖がり部 3 6 が生じるのは、中心軸 1 から離れた位置に中心を持つ円弧を中心軸 1 を回転対称軸として回転させて得られる面であるからである。）を、図 7 に示すような滑らかな曲線（曲面）37 で補完するようにしてもよい。

20

【 0 0 6 6 】

この実施例 3 の仕様は、

画角（半画角）	$90^\circ$
画角範囲	$0^\circ \sim 89.5^\circ$ （中心画角 $45^\circ$ ）
入射瞳孔径	$0.21 \text{ mm}$
像の大きさ	$0.00 \sim 1.48 \text{ mm}$

である。

【 0 0 6 7 】

図 8 に、この実施例の光学系の横収差を示す。

【 0 0 6 8 】

実施例 4 の光学系の中心軸（回転対称軸）1 に沿ってとった断面図を図 9 に示す。

30

【 0 0 6 9 】

この実施例の光学系は、実施例 1 と同様の構成において、特に屈折素子 3 で発生した非点収差等を補正するために、結像光学系 7 の最終面に中心軸 1 の周りで回転対称な拡張回転自由曲面を導入した例であり、中心軸 1 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きな透明媒体からなる屈折素子（透明カバー）3 と、中心軸 1 の周りで回転対称な結像光学系 7 と、屈折素子 3 と結像光学系 7 の間に中心軸 1 に同軸に配置された絞り 6 とからなっており、屈折素子 3 の第 1 透過面 3 1 は中心軸 1 上に中心を有する凸の球面、第 2 透過面 3 2 は、中心軸 1 を含む断面において、中心軸 1 から離れた位置に中心を持つ円弧からなる曲線を中心軸 1 を回転対称軸として回転させて得られる凹状のトーリック面（拡張回転自由曲面）からなり、中心軸 1 と第 2 透過面 3 2 が交差する近傍において、第 2 透過面 3 2 の法線が中心軸 1 と角度をなすような形状になっていて、像面 5 方向への尖がり部 3 3 を有している。そして、この光学系の物体面 4 は、半球状の第 1 透過面 3 1 に一致している。

40

【 0 0 7 0 】

結像光学系 7 は、平凸正レンズ L 1 と、凸平正レンズ L 2 とからなり、凸平正レンズ L 2 の像面 5 側の面 9 は拡張回転自由曲面からなる。絞り 6 は平凸正レンズ L 1 の直前に配置されている。そして、この光学系の像面 5 は平行平板 8 の裏面に一致している。

【 0 0 7 1 】

このような構成であるので、中心画角（中心軸 1 から測った画角） $45^\circ$  で範囲  $-9^\circ \sim 85^\circ$  の画角の広い物体面 4 の画像が、中心軸 1 の周りで回転対称な屈折素子 3 と絞り

50

6 と結像光学系 7 を経て、中心軸 1 に垂直な平面状の像面 5 に結像される。

【 0 0 7 2 】

この実施例 4 の仕様は、

画角 (半画角)	9 4 °
画角範囲	- 9 ° ~ 8 5 ° (中心画角 4 5 °)
入射瞳径	0 . 2 7 mm
像の大きさ	0 . 1 7 ~ 1 . 6 7 mm

である。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 に、この実施例の光学系の横収差を示す。

10

【 0 0 7 4 】

以下に、上記実施例 1 ~ 4 の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の “ E R F S ” は拡張回転自由曲面を示す。

【 0 0 7 5 】

実施例 1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	5.50		偏心(1)		
1	5.50		偏心(1)	1.5163	64.1
2	E R F S [1]		偏心(2)		
3	(絞リ)	0.03			
4		0.90		1.7880	47.3
5	-1.00	0.10			
6	1.70	0.62		1.7880	47.3
7		0.33			
8		0.40		1.5163	64.1

像 面

E R F S [1]			
R Y	2.60		
	45.00		
R	-3.18		
偏心(1)			
X	0.00	Y 0.00	Z -5.50
	0.00	0.00	0.00
偏心(2)			
X	0.00	Y 0.00	Z -3.18
	0.00	0.00	0.00

30

【 0 0 7 6 】

実施例 2

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	5.50		偏心(1)		
1	5.50		偏心(1)	1.5163	64.1
2	E R F S [1]		偏心(2)		
3	1.80	0.50	偏心(3)	1.6259	35.7
4	0.40	0.40			
5	(絞リ)	0.03			
6		0.90		1.7880	47.3
7	-1.00	0.10			
8	1.70	0.70		1.7880	47.3

40

50

9		0.50				
10		0.40		1.5163	64.1	
像 面						
	E R F S [1]					
R Y	3.00					
	45.00					
R	-3.18					
	偏心(1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-5.50	
	0.00		0.00		0.00	10
	偏心(2)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-3.18	
	0.00		0.00		0.00	
	偏心(3)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.90	
	0.00		0.00		0.00	
	【 0 0 7 7 】					

実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
物体面	E R F S [1]		偏心(1)			20
1	E R F S [1]		偏心(1)	1.5163	64.1	
2	2.50		偏心(2)			
3	( 絞リ )	0.03				
4		0.90		1.7880	47.3	
5	-1.00	0.10				
6	1.70	0.62		1.7880	47.3	
7		0.23				
8		0.40		1.5163	64.1	

像 面						30
	E R F S [1]					
R Y	20.00					
	45.00					
R	-3.89					
	偏心(1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-3.89	
	0.00		0.00		0.00	
	偏心(2)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-4.50	
	0.00		0.00		0.00	40
	【 0 0 7 8 】					

実施例 4

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
物体面	5.50		偏心(1)			
1	5.50		偏心(1)	1.5163	64.1	
2	E R F S [1]		偏心(2)			
3	( 絞リ )	0.00				
4		0.90		1.7880	47.3	
5	-1.00	0.10				50

6	1.70			1.7880	47.3	
7	E R F S [2]			偏心(3)		
8		0.40	偏心(4)	1.5163	64.1	
像 面						
	E R F S [1]					
R Y	2.60					
	45.00					
R	-3.18					
	E R F S [2]					
R Y	-6.48					10
	-5.06					
R	0.54					
C 4	$-2.2094 \times 10^{-1}$					
	偏心(1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-5.50	
	0.00		0.00		0.00	
	偏心(2)					
X	0.00	Y	0.00	Z	-3.18	
	0.00		0.00		0.00	
	偏心(3)					20
X	0.00	Y	0.00	Z	1.62	
	0.00		0.00		0.00	
	偏心(4)					
X	0.00	Y	0.00	Z	1.85	
	0.00		0.00		0.00	

【 0 0 7 9 】

また、以上の実施例 1、2、4 では、屈折素子 3 の第 2 透過面 3 2 に円弧からなる曲線を中心軸 1 の周りで回転させて得られる面を用いていたが、高次項を有する円弧状の曲線を中心軸 1 の周りで回転させて得られる拡張回転自由曲面を用いてもよく、さらには任意の曲面に置き換えることも容易である。

30

【 0 0 8 0 】

また、本発明の屈折素子 3 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、その屈折素子 3 を中心軸 1 を含む断面で切断して 2 分の 1、3 分の 1、3 分の 2 等により、中心軸 1 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。

【 0 0 8 1 】

なお、以上の数値実施例の数値を係数倍することによって任意の像高を得る光学系とすることは可能である。また、屈折素子 3 の半球状の曲面物体面 4 の半径を任意に変えた場合は、像面 5 を中心軸 1 方向にずらしてフォーカスすることも、結像光学系 7 の一部又は全部を移動してフォーカスすることも可能である。

40

【 0 0 8 2 】

以下に、本発明の光学系の適用例として、広画角撮影光学系 4 1 の使用例を説明する。図 1 1 は、内視鏡先端の撮影光学系として本発明による広画角撮影光学系 4 1 を用いた例を示すための図であり、図 1 1 ( a ) は、硬性内視鏡 5 1 の先端 4 1 に本発明による広画角撮影光学系 4 1 を取り付けて 360°全方位の広画角画像を撮像観察する例である。図 1 1 ( b ) にその先端の概略の構成を示す。また、図 1 1 ( c ) は、軟性電子内視鏡 5 2 の先端に本発明による広画角撮影光学系 4 1 を同様に取り付けて、表示装置 5 3 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。

【 0 0 8 3 】

図 1 2 は、カプセル内視鏡 5 4 の撮影光学系として本発明による広画角撮影光学系 4 1

50

を用いた例を示すための図であり、カプセル内視鏡 5 4 の先端の半球状の透明カバー（屈折素子）3 に密接する腸壁等の 360° 全方位の広画角画像をこの広画角撮影光学系 4 1 で撮像観察するものである。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】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2】実施例1の透明カバーの半球状の内面（第2透過面）の変形例を示す断面図である。

【図3】実施例1の光学系の横収差図である。

【図4】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。

10

【図5】実施例2の光学系の横収差図である。

【図6】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7】実施例3の透明カバーの外表面（第1透過面）の変形例を示す断面図である。

【図8】実施例3の光学系の横収差図である。

【図9】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10】実施例4の光学系の横収差図である。

【図11】内視鏡先端の撮影光学系として本発明による広画角撮影光学系を用いた例を示すための図である。

【図12】カプセル内視鏡の撮影光学系として本発明による広画角撮影光学系を用いた例を示すための図である。

20

【符号の説明】

【0085】

1 ... 中心軸（回転対称軸）

2 ... 主光線

3 ... 透明カバー（屈折素子）

4 ... 曲面物体面

5 ... 像面

6 ... 開口絞り

7 ... 結像光学系

8 ... 平行平板

30

9 ... 結像光学系の最も像面側の面

3 1 ... 外面（第1透過面）

3 2 ... 内側の面（第2透過面）

3 3 ... 尖がり部

3 4 ... 内面の中心部分

3 5 ... 円筒面

3 6 ... 尖がり部

3 7 ... 滑らかな曲線（曲面）

4 1 ... 広画角撮影光学系（硬性内視鏡の先端）

5 1 ... 硬性内視鏡

40

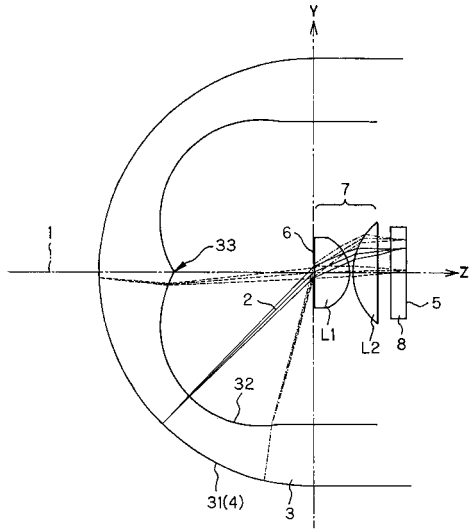
5 2 ... 軟性電子内視鏡

5 3 ... 表示装置

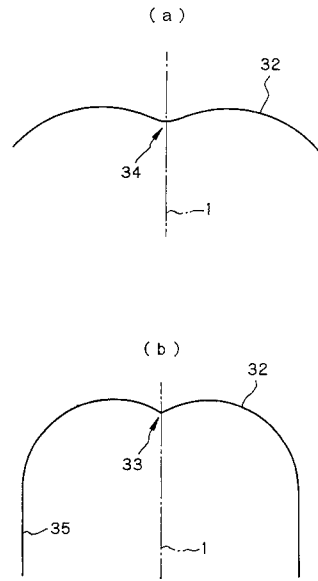
5 4 ... カプセル内視鏡

L 1、L 2、L 3 ... レンズ

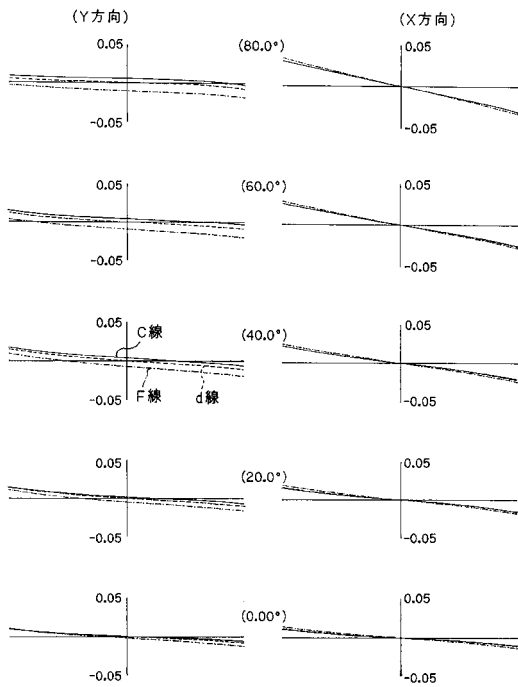
【図1】



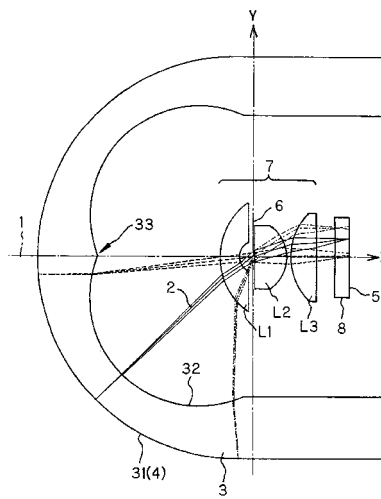
【図2】



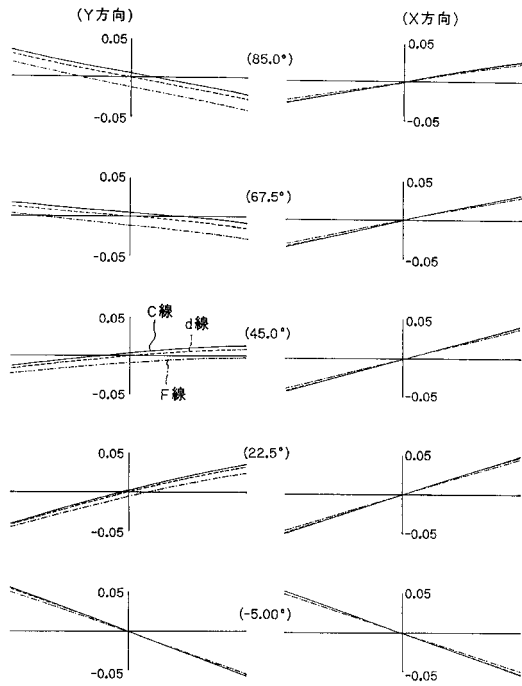
【図3】



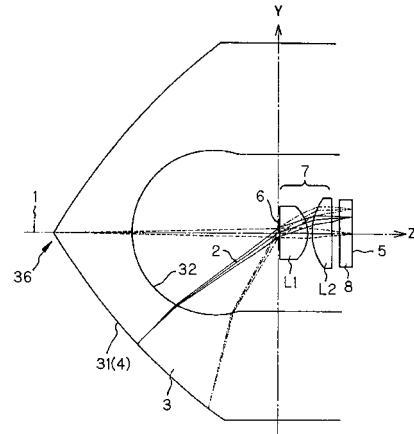
【図4】



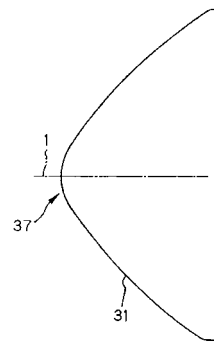
【図5】



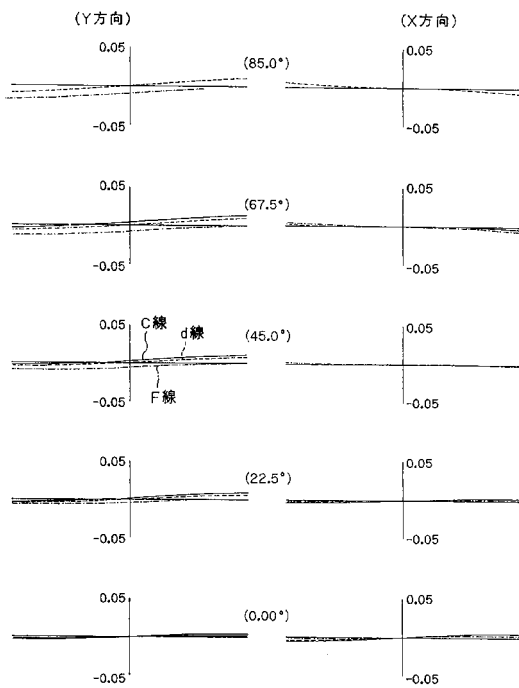
【図6】



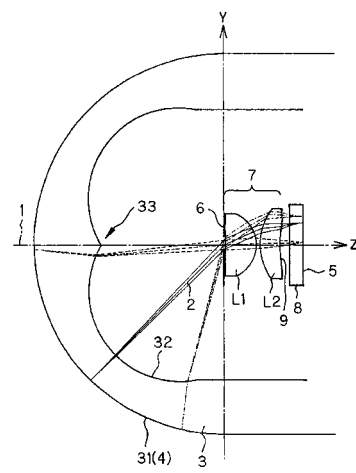
【図7】



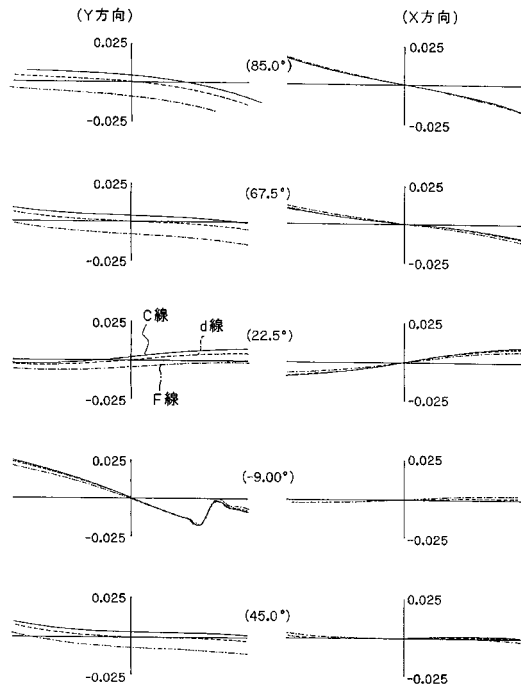
【図8】



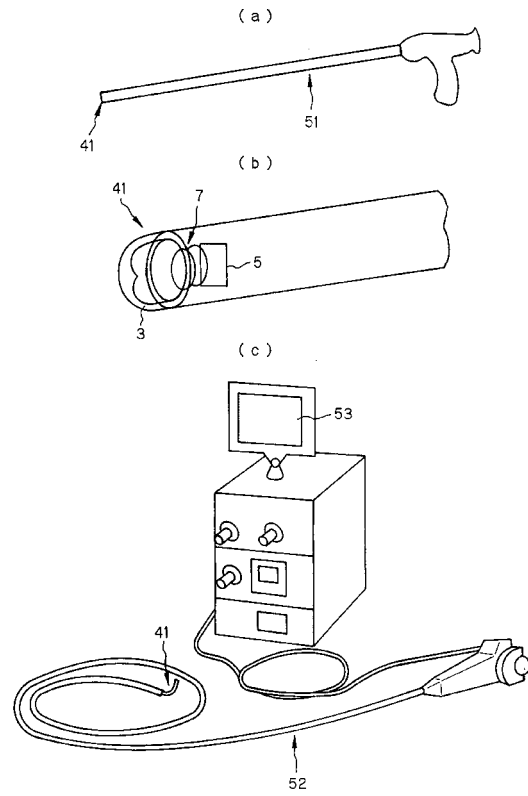
【図9】



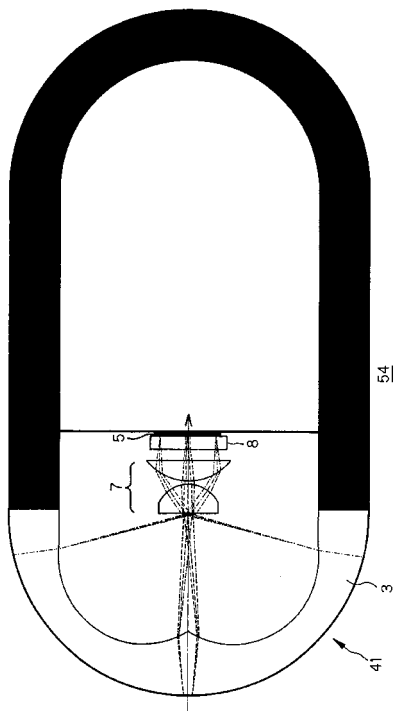
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(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 オリパス株式会社内

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開2001-174713(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08

专利名称(译)	光学系		
公开(公告)号	<a href="#">JP4674906B2</a>	公开(公告)日	2011-04-20
申请号	JP2006183291	申请日	2006-07-03
[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 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/041 A61B1/00096 A61B1/00177 G02B13/06 G02B23/243		
FI分类号	G02B13/06 G02B13/18 A61B1/00.300.Y A61B1/00.320.B A61B1/00.C A61B1/00.610 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H087/KA10 2H087/KA11 2H087/LA01 2H087/PA03 2H087/PA17 2H087/PB03 2H087/QA02 2H087/QA05 2H087/QA17 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA33 2H087/QA41 2H087/QA46 2H087/RA08 2H087/RA12 2H087/RA31 2H087/RA42 4C061/AA00 4C061/BB02 4C061/CC00 4C061/DD00 4C061/FF40 4C061/HH60 4C061/JJ06 4C061/NN10 4C161/AA00 4C161/BB02 4C161/CC00 4C161/DD00 4C161/DD07 4C161/FF17 4C161/FF40 4C161/HH60 4C161/JJ06 4C161/NN10		
代理人(译)	青木健二 米泽明		
其他公开文献	JP2008015014A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种配置简单的光学系统，通过该系统可以成像具有宽的拍摄视场角的视频，该视频是紧凑的，通过该系统可以令人满意地校正像差，并且具有高分辨率。解决方案：光学系统是成像系统，其将围绕中心轴1旋转对称的凹面物体4成像到垂直于中心轴的平面的成像面5上。光学系统具有由折射率 $\geq 1$ 的透明介质形成的折射元件3，其具有围绕中心轴1旋转对称并沿物体面4延伸的第一透射面31和旋转对称的第二透射面32来自物体面4的光通量经由折射元件3在成像面5上形成图像。第二透射面32具有指向图像面5侧的凹面。光学系统在包括中心轴1的横截面内具有负功率，处于偏离中心轴1的位置

