

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/189644

発行日 平成30年3月15日(2018.3.15)

(43) 国際公開日 平成28年12月1日(2016.12.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 17/08 (2006.01)	G02B 17/08 A	2H040
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	2H059
G02B 23/26 (2006.01)	G02B 23/26 C	2H087
G03B 15/00 (2006.01)	G03B 15/00 W	4C161
G03B 37/00 (2006.01)	G03B 37/00 A	5C122
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 31 頁) 最終頁に続く		

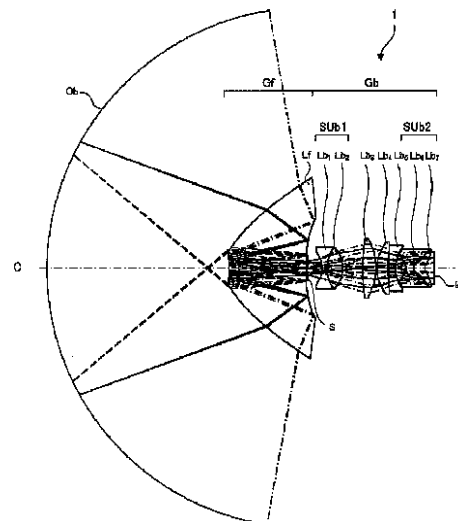
出願番号 特願2017-520114 (P2017-520114)	(71) 出願人 000000376
(21) 国際出願番号 PCT/JP2015/064999	オリンパス株式会社
(22) 国際出願日 平成27年5月26日 (2015.5.26)	東京都八王子市石川町2951番地
(81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US	(74) 代理人 100139103 弁理士 小山 卓志 (74) 代理人 100139114 弁理士 田中 貞嗣 (72) 発明者 研野 孝吉 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
	Fターム(参考) 2H040 BA02 BA15 CA23 CA25 2H059 BA03 CA00 CA06 2H087 KA01 KA10 KA12 LA01 RA05 RA08 RA12 RA13 RA32 TA01 TA04 TA06
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系、撮像装置、内視鏡システム、及び測距離システム

(57) 【要約】

小型で観察画角が広く、物体面を複数の基線方向から観察する視差のある像を結像することが可能な光学系、撮像装置、内視鏡システム、及び測距離システムを提供する。

光学系(1)は、像面(I m)の中心を通る単一の回転対称軸(C)上に配置された回転対称な前群(G f)と、回転対称な後群(G b)と、開口(S)と、を備え、前群(G f)は、2つの内部反射面と2つの透過面を有し、少なくとも一つの物体面(O b)から前群(G f)に入射する光束は、第1透過面(11)に入射し、第1反射面(12)で反射し、第2反射面(13)で反射し、第2透過面(14)から射出する光路を形成し、後群(G b)と開口(S)を通過し、回転対称軸(C)を含む断面内で中間結像すること無く、像面(I m)の回転対称軸(C)から離れた位置に結像することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

像面の中心を通る単一の回転対称軸上に配置された回転対称な前群と、
 回転対称な後群と、
 開口と、
 を備え、
 前記前群は、2つの内部反射面と2つの透過面を有し、
 少なくとも一つの物体面から前記前群に入射する光束は、第1透過面に入射し、第1反射面で反射し、第2反射面で反射し、第2透過面から射出する光路を形成し、
 前記後群と前記開口を通過し、
 前記回転対称軸を含む断面内で中間結像すること無く、前記像面の前記回転対称軸から離れた位置に結像すること
 を特徴とする光学系。

10

【請求項 2】

前記前群の前記第1反射面は、物体側に凸面を向けた負のパワーを有する
 請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記前群では、前記回転対称軸に対して、
 前記第1透過面が前記第2反射面より外側に配置され、
 前記第1反射面が前記第2透過面より外側に配置されている
 請求項 2 に記載の光学系。

20

【請求項 4】

観察画角の中心から前記第1透過面に入射し、前記開口の中心を通る中心主光線の前記前群における光路は、前記回転対称軸と交差しない
 請求項 2 又は 3 に記載の光学系。

【請求項 5】

前記第1透過面の前記回転対称軸に対して垂直な方向において、前記物体面から前記前群に入射し前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_1 、

前記第2反射面の前記回転対称軸に対して垂直な方向において、前記物体面から前記前群に入射し前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_2 、
 とすると、
 以下の条件式 (1) を満足する
 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 つに記載の光学系。

30

$$0.05 < D_2 / D_1 < 1 \quad (1)$$

【請求項 6】

前記第1透過面の前記回転対称軸に対して垂直な方向において、前記物体面から前記前群に入射し、前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_1 、

前記第1透過面の前記回転対称軸に対して平行な方向において、前記物体面から前記前群に入射し、前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_3 、
 とすると、以下の条件式 (2) を満足する
 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の光学系。

40

$$0.2 < D_1 / D_3 < 5 \quad (2)$$

【請求項 7】

前記前群の前記第1透過面は、物体側に凸面を向けた正のパワーを有する
 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の光学系。

【請求項 8】

前記前群の少なくとも1面は、回転対称自由曲面で構成されている
 請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 つに記載の光学系。

50

【請求項 9】

前記後群の少なくとも 1 面は、回転対称自由曲面で構成されている
請求項 8 に記載の光学系。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の光学系と、
前記光学系を介して形成された画像の画素ごとの光量を電気信号に変換する撮像素子と、
を備える撮像装置。

【請求項 11】

前記撮像装置を操作する操作部と、
前記操作部からの信号に基づいて前記撮像装置を制御する制御部と、
前記撮像素子からの電気信号を処理し画像を取得する画像処理部と、
前記取得した画像を記録する記録部と、
を備えることを特徴とする請求項 10 に記載の撮像装置。

10

【請求項 12】

請求項 10 又は 11 に記載の撮像装置と、
前記画像を表示する表示部と、
を備えること特徴とする内視鏡システム。

【請求項 13】

請求項 10 又は 11 に記載の撮像装置と、
前記撮像装置が取得した対象物の撮影画像に画像処理を施した後、演算処理し、前記対象物との距離を求める距離演算装置と、
を備えることを特徴とする測距離システム。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、複数の基線方向の視差画像を同時に得られる光学系、撮像装置、内視鏡システム、及び測距離システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、複数の基線方向の視差画像を同時に得られる光学系が開示されている（特許文献 1 参照）。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特許 4 6 1 1 1 1 1 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

特許文献 1 に記載された技術は、前群のプリズム体内で一回結像するものであり、一回結像された像を再度リレーして結像するため、後群に負担がかかり物像間距離を長くしたり、構成枚数を多くしないと収差補正ができず、光路長が長くなり、大型になる場合があった。

40

【0005】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、小型で観察画角が広く、物体面を複数の基線方向から観察する視差のある像を結像することが可能な光学系、撮像装置、内視鏡システム、及び測距離システムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明の一実施形態である光学系は、

50

像面の中心を通る単一の回転対称軸上に配置された回転対称な前群と、
回転対称な後群と、
開口と、
を備え、
前記前群は、２つの内部反射面と２つの透過面を有し、
少なくとも一つの物体面から前記前群に入射する光束は、第１透過面に入射し、第１反射面で反射し、第２反射面で反射し、第２透過面から射出する光路を形成し、
前記後群と前記開口を通過し、
前記回転対称軸を含む断面内で中間結像すること無く、前記像面の前記回転対称軸から離れた位置に結像することを特徴とする。

10

【０００７】

本発明の一実施形態である撮像装置は、
前記光学系と、
前記光学系を介して形成された画像の画素ごとの光量を電気信号に変換する撮像素子と、
を備える
ことを特徴とする。

【０００８】

本発明の一実施形態である内視鏡システムは、
前記撮像装置と、
前記画像を表示する表示部と、
を備える
ことを特徴とする。

20

【０００９】

本発明の一実施形態である測距離システムは、
前記撮像装置と、
前記撮像装置が取得した対象物の撮影画像に画像処理を施した後、演算処理し、前記対象物との距離を求める距離演算装置と、
を備える
ことを特徴とする。

30

【発明の効果】**【００１０】**

本発明の一実施形態である光学系、撮像装置、及び内視鏡システムによれば、小型で高解像な観察画角の広い立体像を得ることが可能となる。また、小型で高解像な測距離システムを得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【００１１】**

【図１】本発明に係る一実施形態の光学系の回転対称軸に沿ってとった断面図である。

【図２】本発明に係る一実施形態の光学系の開口付近を拡大して回転対称軸に沿ってとった断面図である。

40

【図３】本発明に係る一実施形態の光学系の回転対称軸に沿ってとった前群の断面図である。

【図４】本発明に係る一実施形態の光学系の座標系及び拡張回転自由曲面を説明する一例の断面図である。

【図５】本発明に係る一実施形態の光学系の座標系及び拡張回転自由曲面を説明する一例の断面図である。

【図６】実施例１の光学系の回転対称軸を含む断面図を示す。

【図７】実施例１の光学系の横収差図を示す。

【図８】実施例２の光学系の回転対称軸を含む断面図を示す。

50

【図 9】実施例 2 の光学系の横収差図を示す。

【図 10】実施例 3 の光学系の回転対称軸を含む断面図を示す。

【図 11】実施例 3 の光学系の横収差図を示す。

【図 12】実施例 4 の光学系の回転対称軸を含む断面図を示す。

【図 13】実施例 4 の光学系の横収差図を示す。

【図 14】本実施形態の光学系を用いた撮像装置の主要部の内部回路を示すブロック図である。

【図 15】本実施形態の光学系を硬性内視鏡先端の撮影光学系として用いた内視鏡システムを示す図である。

【図 16】本実施形態の光学系を軟性内視鏡先端の撮影光学系として用いた内視鏡システムを示す図である。

【図 17】本実施形態の光学系を自動車の測距離システムとして用いた例を示す図である。

【図 18】本実施形態の光学系を用いた測距離システムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本実施形態の光学系 1 について説明する。

【0013】

図 1 は、本発明に係る一実施形態の光学系 1 の回転対称軸 C に沿ってとった断面図である。図 2 は、本発明に係る一実施形態の光学系の開口付近を拡大して回転対称軸に沿ってとった断面図である。図 3 は、本発明に係る一実施形態の光学系 1 の回転対称軸 C に沿ってとった前群 G f の断面図である。

【0014】

本実施形態の光学系 1 は、像面 I m の中心を通る単一の回転対称軸 C 上に配置された回転対称な前群 G f と、回転対称な複数のレンズ L b 1 ~ L b 7 を有する後群 G b と、開口 S と、を備え、前群 G f は、2 つの内部反射面と 2 つの透過面を有し、少なくとも一つの物体面 O b から前群 G f に入射する光束は、透明体 L f の第 1 透過面 1 1 に入射し、第 1 反射面 1 2 で反射し、第 2 反射面 1 3 で反射し、第 2 透過面 1 4 から射出する光路を形成し、後群 G b と開口 S を通過し、回転対称軸 C を含む断面内で中間結像すること無く、像面 I m の回転対称軸 C から離れた位置に結像する。中心主光線 L c は、観察画角の中心から第 1 透過面 1 1 に入射し、開口 S の中心を通る光線とする。

【0015】

一般に、光学系 1 は、光学部品の全てを回転対称な光学素子で構成することにより、組み立て調整が容易になる。しかし、視差のある像を結像することができなくなるために、立体視をすることができなかった。

【0016】

本実施形態の光学系 1 における開口 S は、前群 G f の透明体 L f の二つの反射面によって物体側に円環状の入射瞳を形成することにより、複数の基線方向の視差を形成する。そして、回転対称な後群 G b が前群 G f から射出した複数の基線方向の視差を有する光束を像面 I m に結像する。すなわち、図 1 に示した光学系 1 は、回転対称軸 C を含む光束が重なる部分の物体を立体視することが可能である。

【0017】

前群 G f は、第 1 反射面 1 2 と第 2 の反射面 1 3 からなる偶数回反射の透明体 L f で構成することにより、左右が反転する鏡像になることを防ぎ、立体観察する場合に好ましい。さらに、第 1 透過面 1 1 と第 2 透過面 1 4 で構成し、屈折率が 1 より大きい透明体 L f で構成することにより、反射面 1 2 , 1 3 を内部反射面とすることにより、交差することなく 2 回反射する所謂 Z 字状の光路を形成し、それぞれの反射面 1 2 , 1 3 への光線入射角を小さくすることが可能となり、反射面 1 2 , 1 3 に斜めに光線が入射することにより発生する偏心収差の発生を少なくすることができる。

【0018】

10

20

30

40

50

前群 G f は、回転体対称軸 C を含むサジタル面では倍率の小さいアフォーカル系として働き、物体側からの広い観察画角を狭い画角の光束に縮小して後群 G b に導き結像させる働きを有する。

【 0 0 1 9 】

さらに、前群 G f を中間結像しない構成にして前群 G f から射出される光束をほぼ平行光束とすることにより、後群 G b はこの画角の狭くなった平行光束を結像すれば良いだけになるので、後群 G b の負担が少なくなり全長を短く構成することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

また、本実施形態の光学系 1 では、前群 G f の第 1 反射面 1 2 は、物体側に凸面を向けた負のパワーを有することが好ましい。

10

【 0 0 2 1 】

入射瞳の実像を前群 G f に投影しない光学系 1 では、観察画角を広く取ろうとすると、前群 G f の有効径が大きくなってしまいう問題がある。そこで、第 1 反射面 1 2 に回転対称軸を含むサジタル面では物体側に凸面を向けた強い負のパワーを持たせ、画角の広い光束を狭い画角の光束にして第 1 反射面 1 2 以降の光学面の有効径を小さくすることが重要である。加えて、第 1 透過面 1 1 を透過するときに屈折率 1 以上の媒質に入射させることによって画角を狭くする効果があり、第 2 反射面 1 3 と第 2 透過面 1 4 の有効径を小さく抑えて比較的小型の前群 G f でありながら広い観察画角を取ることが可能となる。

【 0 0 2 2 】

また、本実施形態の光学系 1 は、前群 G f では、回転対称軸 C に対して、第 1 透過面 1 1 が第 2 反射面 1 3 より外側に配置され、第 1 反射面 1 2 が第 2 透過面 1 4 より外側に配置されていることが好ましい。

20

【 0 0 2 3 】

回転対称軸 C に対して、第 1 透過面 1 1 を第 2 反射面 1 3 の外側に配置することにより、第 2 反射面 1 3 を回転対称軸 C の近傍に配置することが可能となり、第 2 反射面 1 3 への光束の入射角を小さくして、第 2 反射面 1 3 で発生する偏心収差を小さくすることが可能となる。

【 0 0 2 4 】

さらに、前群 G f の第 1 反射面 1 2 を第 2 透過面 1 4 の外側に配置することにより、前群 G f を射出する回転対称軸 C を挟んで上下二つの光束のお互いになす角度を小さくして後群 G b に射出させることが可能となり、後群 G b に入射する光の画角が狭くなり後群 G b の収差補正の負担が著しく小さくなる。

30

【 0 0 2 5 】

また、本実施形態の光学系 1 は、観察画角の中心から第 1 透過面 1 1 に入射し、開口 S の中心を通る中心主光線 L c の前群 G f における光路は、回転対称軸 C と交差しないことが好ましい。

【 0 0 2 6 】

第 1 透過面 1 1 における中心主光線 L c が透過する位置と、第 2 反射面 1 3 における中心主光線 L c が反射する位置との回転対称軸 C に直交する方向での距離が短くなり、第 1 反射面 1 2 の入射角を小さくすることができ、偏心収差の発生を少なくできる。

40

【 0 0 2 7 】

また、本実施形態の光学系 1 は、第 1 透過面 1 1 の回転対称軸 C に対して垂直な方向において、物体面 O b から前群 G f に入射し像面 I m に結像する光路が形成される有効領域の幅を D 1、第 2 反射面 1 3 の回転対称軸 C に対して垂直な方向において、物体面 O b から前群 G f に入射し像面 I m に結像する光路が形成される有効領域の幅を D 2、とすると、以下の条件式 (1) を満足することが好ましい。

$$0.05 < D2 / D1 < 1 \quad (1)$$

【 0 0 2 8 】

条件式 (1) は、第 1 透過面 1 1 を大きくし、第 2 反射面 1 3 を小さくする条件であり、像面湾曲の補正と有効径を小さくしつつ、広い観察画角を取るために必要となる条件で

50

ある。条件式(1)の上限を上回ると、第2反射面13で大きくなってしまい、相対的に第1透過面11が小さくなり、光線の角度が広く取れず、広角の光学系1を構成することができない。条件式(1)の下限を上回ると、第2反射面13が小さくなりすぎ必要な像高が得られる解像力の良い像を結像できない。

【0029】

また、本実施形態の光学系1は、第1透過面11の回転対称軸Cに対して垂直な方向において、物体面Obから前群Gfに入射し、像面Imに結像する光路が形成される有効領域の幅をD1、第1透過面11の回転対称軸Cに対して平行な方向において、物体面Obから前群Gfに入射し、像面Imに結像する光路が形成される有効領域の幅をD3、とすると、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.2 < D1/D3 < 5 \quad (2)$$

【0030】

条件式(2)は、第1透過面11の傾きに関するものであり、条件式(2)の上限を上回ると、第1透過面11の傾きが回転対称軸Cに対して小さくなり、外側の画角を広く取ることが難しくなる。条件式(2)の下限を下回ると、今度は第1透過面11の傾きが大きくなり、視差情報を有する画角が広くとれなくなる。

【0031】

また、本実施形態の光学系1は、前群Gfの第1透過面11は、物体側に凸面を向けた正のパワーを有することが好ましい。

【0032】

第1反射面12は、第2反射面13と第2透過面14の有効径を小さくするため及び観察画角を広く取るために、物体側に凸面を向けた反射面で構成するが、像面湾曲は反射後の光線が進行方向で像側に凸面を向けた方向に強く発生する。

【0033】

これを補正するためには、第1透過面11を物体側に凸面を向けた正のパワーを与えることが好ましい。これにより第1反射面12とは逆の像側に凸面を向けた像面湾曲を発生させ、打ち消し合うことが可能となる。さらに第1透過面11を凸面で構成することにより像歪の発生も小さくすることが可能となる。

【0034】

また、本実施形態の光学系1は、前群Gfの少なくとも1面は、回転対称自由曲面で構成されていることが好ましい。

【0035】

少なくとも1面を回転対称自由曲面で構成することにより、像歪の補正の自由度が大きくなり、像歪の低減に効果がある。特に、第1透過面11を回転対称自由曲面で構成することが望ましい。

【0036】

また、本実施形態の光学系1は、後群Gbの少なくとも1面は、回転対称自由曲面で構成されていることが好ましい。

【0037】

第1透過面11で発生する回転対称軸Cの近傍ほど大きく発生する色収差を補正するために、後群Gbに回転対称自由曲面の面を配置することが色収差補正上好ましい。

【0038】

以下に、本発明の光学系1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。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、物体面から前群Gfと後群Gbを経て像面Imに至る順光線追跡の結果に基づくものである。

【0039】

座標系は、順光線追跡において、実施例1～4では、例えば図1に示すように、絞り面Sと回転対称軸Cが交差する位置を偏心光学系の偏心光学面の原点Oとし、回転対称軸(中心軸)Cの光の進行方向に沿う方向をZ軸正方向とし、図1の紙面に対応するZ軸と像面Imの中心を含む平面をY-Z平面とする。原点Oを通りY-Z平面に直交する方向を

10

20

30

40

50

X 軸正方向とし、X 軸、Z 軸と右手直交座標系を構成し、原点 O から像面 I m の中心に近づく方向に向かう軸を Y 軸とする。

【 0 0 4 0 】

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 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。

10

【 0 0 4 1 】

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 2 】

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 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、入射瞳 2 を回転対称軸 (中心軸) 1 に投影した位置からの偏心量で表わす。

20

【 0 0 4 3 】

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。

【 0 0 4 4 】

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

ただし、Z を光の進行方向を正とした光軸 (軸上主光線) とし、Y を光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。

30

【 0 0 4 5 】

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 4 6 】

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。

【 0 0 4 7 】

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

次いで、この曲線 (c) 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。

40

【 0 0 4 8 】

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 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。

【 0 0 4 9 】

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 5 0 】

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 5 1 】

50

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

【0052】

実施例 1 を用いて、座標系についてさらに説明する。

【0053】

図 4 及び図 5 は、本発明に係る一実施形態の光学系の座標系及び拡張回転自由曲面を説明する一例の断面図である。

【0054】

本実施形態の光学系 1 は、唯一の回転対称軸 C に対して全ての面が回転対称なので、回転対称軸 C を含む断面では上下二つの光路が存在するが、図 4 に示すように、慣用に従い下側から入射する光線に付いて面の配置と光路に付いて説明する。

【0055】

本実施形態では下側光線の観察画角は -40° から $+80^\circ$ であり、設計の便宜上中心である $+20^\circ$ を画角中心として、観察画角中心の光束の中から開口中心を通る光線を中心主光線 L_c とし、この中心主光線 L_c を基準として設計している。

【0056】

物体面 O_b の面間隔は 20 mm で、面番号 1 から 4 面の面間隔は全て 0 なので、物体面 O_b から 20 mm の距離に仮想面の第 5 面がある。拡張回転自由曲面である第 1 面から第 3 面は物体面 O_b から 20 mm 像側の仮想面である第 5 面のある位置からの偏心で第 1 ~ 3 面の原点が与えられる。

【0057】

第 1 面は第 5 面から偏心 (1) で与えられる Y 軸方向に -4.500 mm 下がり、 Z 軸方向に -3.154 mm 左の場所に原点 O があり、角度は $+50.481^\circ$ 傾いて配置される。

【0058】

面の形状は曲率半径 22.601 mm で、非球面の円錐定数に相当する C_1 項は $8.2015E+0$ 、3 乗項である C_4 項は、 $2.0201E-3$ である。第 1 面は最後に Z 軸を回転対称軸 C として回転して得られる回転対称面である。

【0059】

拡張回転自由曲面は中心主光線 L_c 上に各面の原点を有し、偏心 Y は中心主光線 L_c の Y 軸方向の高さに相当する。これは設計上の問題であり、中心主光線 L_c と原点を一致させる必要は無く任意に定めることが可能である。

【0060】

第 2 面、第 3 面も同様に拡張回転自由曲面である。第 4 面は、第 5 面と同一場所に配置された通常の非球面である。第 6 面は絞りで、第 4 面及び第 5 面と同一位置に配置され、第 6 面の面間隔で第 7 面の位置が決定され、以降第 15 面までは通常の球面レンズ系と同じである。後群の像側の第 16 面 ~ 第 18 面の 3 面も拡張回転自由曲面であり、 Z 軸に沿って面間隔と Y 偏心、傾き角 α で示す。最後に第 18 面の面間隔で中心主光線 L_c が当たる拡張回転自由曲面と像面 I_m との間隔が与えられる。実施例 1 は、後群も拡張回転自由曲面で構成することにより、特に倍率の色収差の補正がよくなされている。

【0061】

一般に倍率の色収差は回転対称軸 C から離れ、像高が高くなると大きく発生し、アップベ数の異なる接合レンズで補正される。本実施例のように第 1 透過面 11 に入射する画角 -40° の光束が後群 G_b の回転対称軸 C の近い所を通過する光学系 1 においては回転対称軸 C に近い像高の低い部分で倍率の色を補正する手段として回転対称自由曲面を用いている。

【0062】

図 6 は、実施例 1 の光学系 1 の回転対称軸 C を含む断面図を示す。ただし、図 6 では断面内の中心軸 C に対して片側に入射する光路のみを図示しており、中心軸 C に対して対称な光路も同時に存在するが、図示は省いてある。図 7 は、実施例 1 の光学系 1 の横収差図

10

20

30

40

50

を示す。

【0063】

実施例1の光学系1は、像面Imの中心を通る単一の回転対称軸C上に配置された回転対称な前群Gfと、回転対称な後群Gbと、開口Sと、を備え、前群Gfは、2つの内部反射面と2つの透過面を有し、少なくとも一つの物体面から前群Gfに入射する光束は、第1透過面11に入射し、第1反射面12で反射し、第2反射面13で反射し、第2透過面14から射出する光路を形成し、後群Gbと開口Sを通過し、回転対称軸Cを含む断面内で中間結像すること無く、像面Imの回転対称軸Cから離れた位置に結像する。

【0064】

実施例1の前群Gfは、前群透明体Lfを有する。前群透明体Lfでは、回転対称軸に対して、第1透過面11が第2反射面13より外側に配置され、第1反射面12が第2透過面14より外側に配置されている。

【0065】

前群透明体Lfにおいて、第1透過面11、第1反射面12、及び第2反射面13は、拡張回転自由曲面からなり、第2透過面14は非球面からなる。光路上、第1透過面11は物体側に凸面を向けた正のパワーを有し、第1反射面12は物体側に凸面を向けた負のパワーを有し、第2反射面13は像側に凸面を向けた負のパワーを有し、第2透過面14は像側に凸面を向けた正のパワーを有する。

【0066】

実施例1の後群Gbは、両凹負レンズLb1と両凸正レンズLb2の接合レンズSub1と、両凸正レンズLb3と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズLb4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLb5と、両面が拡張回転自由曲面からなる第1後群透明体Lb6と両面が拡張回転自由曲面からなる第2後群透明体Lb7とを接合した接合透明体Sub2と、からなる。

【0067】

観察画角の中心から第1透過面11に入射し、開口Sの中心を通る中心主光線Lcの光路は、前群Gfで回転対称軸Cと交差せず、開口Sの中心で回転対称軸Cと交差し、後群Gbで回転対称軸Cと交差しない。

【0068】

実施例1の光学系1では、後群Gbの拡張回転自由曲面の接合透明体Sub2で倍率の色を補正しているものである。実施例1の光学系1では、反射面を使用した前群Gfで発生する物体側に凸の像面湾曲が後群で発生する像面湾曲と打ち消し合うようにすることにより、後群を簡単な構成にすることが可能となる。

【0069】

図8は、実施例2の光学系1の回転対称軸Cを含む断面図を示す。ただし、図8では断面内の中心軸Cに対して片側に入射する光路のみを図示しており、中心軸Cに対して対称な光路も同時に存在するが、図示は省いてある。図9は、実施例2の光学系1の横収差図を示す。

【0070】

実施例2の光学系1は、像面Imの中心を通る単一の回転対称軸C上に配置された回転対称な前群Gfと、回転対称な後群Gbと、開口Sと、を備え、前群Gfは、2つの内部反射面と2つの透過面を有し、少なくとも一つの物体面から前群Gfに入射する光束は、第1透過面11に入射し、第1反射面12で反射し、第2反射面13で反射し、第2透過面14から射出する光路を形成し、後群Gbと開口Sを通過し、回転対称軸Cを含む断面内で中間結像すること無く、像面Imの回転対称軸Cから離れた位置に結像する。

【0071】

実施例2の前群Gfは、前群透明体Lfを有する。前群透明体Lfでは、回転対称軸に対して、第1透過面11が第2反射面13より外側に配置され、第1反射面12が第2透過面14より外側に配置されている。

【0072】

10

20

30

40

50

前群透明体 L_f において、第 1 透過面 11、第 1 反射面 12、及び第 2 反射面 13 は、拡張回転自由曲面からなる。光路上、第 1 透過面 11 は物体側に凸面を向けた正のパワーを有し、第 1 反射面 12 は物体側に凸面を向けた負のパワーを有し、第 2 反射面 13 は像側に凸を向けた負のパワーを有し、第 2 透過面 14 は像側に凸面を向けた正のパワーを有する。

【0073】

実施例 2 の後群 G_b は、両凹負レンズ L_{b1} と両凸正レンズ L_{b2} の接合レンズ S_{ub1} と、両凸正レンズ L_{b3} と、両面が非球面からなる第 1 後群透明体 L_{b4} と両面が非球面からなる第 2 後群透明体 L_{b7} とを接合した接合透明体 S_{ub2} と、からなる。

【0074】

観察画角の中心から第 1 透過面 11 に入射し、開口 S の中心を通る中心主光線 L_c の光路は、前群 G_f で回転対称軸 C と交差せず、開口 S の中心で回転対称軸 C と交差し、後群 G_b で回転対称軸 C と交差しない。

【0075】

実施例 2 の光学系 1 では、後群 G_b の回転対称な非球面で倍率の色を補正しているものである。

【0076】

図 10 は、実施例 3 の光学系 1 の回転対称軸 C を含む断面図を示す。ただし、図 10 では断面内の中心軸 C に対して片側に入射する光路のみを図示しており、中心軸 C に対して対称な光路も同時に存在するが、図示は省いてある。図 11 は、実施例 3 の光学系 1 の横収差図を示す。

【0077】

実施例 3 の光学系 1 は、像面 I_m の中心を通る単一の回転対称軸 C 上に配置された回転対称な前群 G_f と、回転対称な後群 G_b と、開口 S と、を備え、前群 G_f は、2 つの内部反射面と 2 つの透過面を有し、少なくとも一つの物体面から前群 G_f に入射する光束は、第 1 透過面 11 に入射し、第 1 反射面 12 で反射し、第 2 反射面 13 で反射し、第 2 透過面 14 から射出する光路を形成し、後群 G_b と開口 S を通過し、回転対称軸 C を含む断面内で中間結像すること無く、像面 I_m の回転対称軸 C から離れた位置に結像する。

【0078】

実施例 3 の前群 G_f は、前群透明体 L_f を有する。前群透明体 L_f では、回転対称軸に対して、第 1 透過面 11 が第 2 反射面 13 より外側に配置され、第 1 反射面 12 が第 2 透過面 14 より外側に配置されている。

【0079】

前群透明体 L_f において、第 1 透過面 11、第 1 反射面 12、及び第 2 反射面 13 は、拡張回転自由曲面からなる。光路上、第 1 透過面 11 は物体側に凹面を向けた負のパワーを有し、第 1 反射面 12 は物体側に凸面を向けた負のパワーを有し、第 2 反射面 13 は物体側に凸面を向けた正のパワーを有し、第 2 透過面 14 は像側に凸面を向けた正のパワーを有する。

【0080】

実施例 3 の後群 G_b は、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{b1} と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{b2} の接合レンズ S_{ub1} と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{b3} と、からなる。

【0081】

観察画角の中心から第 1 透過面 11 に入射し、開口 S の中心を通る中心主光線 L_c の光路は、前群 G_f で回転対称軸 C と交差せず、開口 S の中心で回転対称軸 C と交差し、後群 G_b で回転対称軸 C と交差しない。

【0082】

実施例 3 の光学系 1 では、後群 G_b をさらに簡素化したものである。

【0083】

図 12 は、実施例 4 の光学系 1 の回転対称軸 C を含む断面図を示す。ただし、図 12 で

10

20

30

40

50

は断面内の中心軸 C に対して片側に入射する光路のみを図示しており、中心軸 C に対して対称な光路も同時に存在するが、図示は省いてある。図 13 は、実施例 4 の光学系 1 の横収差図を示す。

【0084】

実施例 4 の光学系 1 は、像面 I m の中心を通る単一の回転対称軸 C 上に配置された回転対称な前群 G f と、回転対称な後群 G b と、開口 S と、を備え、前群 G f は、2 つの内部反射面と 2 つの透過面を有し、少なくとも一つの物体面から前群 G f に入射する光束は、第 1 透過面 11 に入射し、第 1 反射面 12 で反射し、第 2 反射面 13 で反射し、第 2 透過面 14 から射出する光路を形成し、後群 G b と開口 S を通過し、回転対称軸 C を含む断面内で中間結像すること無く、像面 I m の回転対称軸 C から離れた位置に結像する。

10

【0085】

実施例 4 の前群 G f は、前群透明体 L f を有する。前群透明体 L f では、回転対称軸に対して、第 1 透過面 11 が第 2 反射面 13 より外側に配置され、第 1 反射面 12 が第 2 透過面 14 より外側に配置されている。

【0086】

前群透明体 L f において、第 1 透過面 11、第 1 反射面 12、及び第 2 反射面 13 は、拡張回転自由曲面、第 2 透過面 14 は、非球面からなる。光路上、第 1 透過面 11 は物体側に凸面を向けた正のパワーを有し、第 1 反射面 12 は物体側に凸面を向けた負のパワーを有し、第 2 反射面 13 は像側に凸を向けた負のパワーを有し、第 2 透過面 14 は像側に凸面を向けた正のパワーを有する。

20

【0087】

実施例 4 の後群 G b は、両凹負レンズ L b 1 と両凸正レンズ L b 2 の接合レンズ S U b 1 と、両凸正レンズ L b 3 と、両面が非球面からなる第 1 後群透明体 L b 4 と両面が非球面からなる第 2 後群透明体 L b 5 とを接合した接合透明体 S U b 2 と、からなる。

【0088】

観察画角の中心から第 1 透過面 11 に入射し、開口 S の中心を通る中心主光線 L c の光路は、前群 G f で回転対称軸 C と交差せず、開口 S の中心で回転対称軸 C と交差し、後群 G b で回転対称軸 C と交差しない。

【0089】

実施例 4 の光学系 1 では、後群 G b の回転対称な非球面で倍率の色を補正しているものである。実施例 4 の光学系 1 は、観察画角を $\pm 45^\circ$ とし、全画角で立体視が可能な例である。また、中心主光線 L c は、画角 0 の光線となっている。

30

【0090】

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それぞれ示す。

【0091】

実施例 1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アップ数
物体面	20.000	20.000			
1	ERFS[1]	0.000	偏心(1)	2.0033	28.3
2	ERFS[2]	0.000	偏心(2)	2.0033	28.3
3	ERFS[3]	0.000	偏心(3)	2.0033	28.3
4	非球面[1]	0.000			
5	∞	0.000			
6	絞り面	1.138			
7	-2.065	0.400		1.7987	28.2
8	2.649	1.200		1.7203	49.3
9	-2.455	1.577			
10	16.739	1.003		1.8830	40.7
11	-4.613	0.100			

40

50

12	3.166	0.830	1.8830	40.7
13	8.271	0.121		
14	219.799	0.500	1.7279	24.2
15	2.829	0.572		
16	ERFS[4]	1.505 偏 心 (4)	1.4875	70.4
17	ERFS[5]	0.505 偏 心 (5)	1.9229	18.9
18	ERFS[6]	0.400 偏 心 (6)		
像 面	∞			

ERFS[1]

10

RDY 22.601

C 1 8.2015e+000 C 4 2.0201e-003

ERFS[2]

RDY 5.797

C 1 -2.6533e+000 C 4 4.6187e-003

ERFS[3]

RDY -9.029

20

ERFS[4]

RDY -6.111

ERFS[5]

RDY -5.401

ERFS[6]

RDY -6.150

非 球 面 [1]

30

曲 率 半 径 -3.828

k -3.6188e+000

偏 心 [1]

X	0.000	Y	-4.500	Z	-3.154
α	50.481	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [2]

X	0.000	Y	-2.170	Z	0.038
α	10.907	β	0.000	γ	0.000

40

偏 心 [3]

X	0.000	Y	-0.634	Z	-6.062
α	-4.044	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [4]

X	0.000	Y	0.605	Z	0.000
α	26.929	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [5]

50

X 0.000 Y 0.806 Z 0.000
 α -41.928 β 0.000 γ 0.000

偏 心 [6]

X 0.000 Y 0.753 Z 0.000
 α -21.960 β 0.000 γ 0.000

仕 様

観 察 画 角 1 2 0 ° (- 4 0 ° ~ + 8 0 °)

絞 り 径 ϕ 1 . 0 0 m m

像 の 大 き さ ϕ 0 . 8 0 0 ~ ϕ 2 . 4 9 6 m m

10

【 0 0 9 2 】

実 施 例 2

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	20.000	20.000			
1	ERFS[1]	0.000	偏 心 (1)	2.0033	28.3
2	ERFS[2]	0.000	偏 心 (2)	2.0033	28.3
3	ERFS[3]	0.000	偏 心 (3)	2.0033	28.3
4	-2.859	0.000			
5	∞	-1.000			
6	絞 り 面	0.100			
7	-1.510	0.400		1.8821	27.4
8	2.693	1.389		1.7978	44.4
9	-2.190	0.100			
10	3.784	4.351		1.7094	50.1
11	-3.047	0.866			
12	非 球 面 [1]	0.400		1.4875	70.4
13	非 球 面 [2]	1.200		1.9000	27.1
14	非 球 面 [3]	0.200			
像 面	∞				

20

30

ERFS[1]

RDY 19.487

ERFS[2]

RDY 4.153

ERFS[3]

RDY -20.866

40

非 球 面 [1]

曲 率 半 径 -0.204

k -1.9502e+000

非 球 面 [2]

曲 率 半 径 0.305

k -2.3016e+000

非 球 面 [3]

曲 率 半 径 3.381

50

k 0.0000e+000

偏 心 [1]

X	0.000	Y	-3.500	Z	-4.235
α	44.624	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [2]

X	0.000	Y	-1.400	Z	-0.954
α	11.732	β	0.000	γ	0.000

10

偏 心 [3]

X	0.000	Y	-0.555	Z	-6.147
α	-1.528	β	0.000	γ	0.000

仕 様

観 察 画 角 1 2 0 ° (- 4 0 ° ~ + 8 0 °)

絞 り 径 ϕ 0 . 9 0 0 m m像 の 大 き さ ϕ 0 . 7 9 7 ~ ϕ 2 . 4 9 6 m m

【 0 0 9 3 】

実 施 例 3

20

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	20.000	20.00			
1	ERFS[1]	0.000	偏 心 (1)	2.0033	28.3
2	ERFS[2]	0.000	偏 心 (2)	2.0033	28.3
3	ERFS[3]	0.000	偏 心 (3)	2.0033	28.3
4	-4.267	0.000			
5	∞	0.000			
6	絞 り 面	0.100			
7	-1.641	0.400		1.8106	21.3
8	-98.538	1.383		1.8830	40.7
9	-2.282	2.906			
10	3.149	3.504		1.8830	40.7
11	2.255	0.489			
像 面	∞				

30

ERFS[1]

RDY -19.710

ERFS[2]

RDY 7.950

40

ERFS[3]

RDY 103.054

偏 心 [1]

X	0.000	Y	-3.500	Z	-3.787
α	35.758	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [2]

X	0.000	Y	-1.438	Z	0.090
---	-------	---	--------	---	-------

50

α 10.409 β 0.000 γ 0.000

偏心 [3]

X 0.000 Y -0.767 Z -5.238
 α 0.577 β 0.000 γ 0.000

仕様

観察画角 120° (- 40° ~ + 80°)
 絞り径 ϕ 0.800 mm
 像の大きさ ϕ 0.799 ~ ϕ 2.494 mm

10

【 0094 】

実施例 4

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	20.000	20.000			
1	ERFS[1]	0.000	偏心 (1)	2.0033	28.3
2	ERFS[2]	0.000	偏心 (2)	2.0033	28.3
3	ERFS[3]	0.000	偏心 (3)	2.0033	28.3
4	非球面 [1]	0.000	偏心 (4)		
5	∞	-1.000			
6	絞り面	0.100			
7	-1.462	0.400		1.7325	28.2
8	2.230	0.925		1.7380	48.0
9	-2.015	2.547			
10	5.067	0.955		1.6653	31.3
11	-3.181	0.638			
12	非球面 [2]	0.400		1.4875	70.4
13	非球面 [3]	1.200		1.9229	18.9
14	非球面 [4]	0.353			

像面 ∞

20

30

ERFS[1]

RDY 24.174

ERFS[2]

RDY 4.918

C 1 -8.5134e+000 C 4 -6.5400e-003

ERFS[3]

RDY -74.534

40

非球面 [1]

曲率半径 -2.486
 k 0.0000e+000

非球面 [2]

曲率半径 -0.164
 k -2.3066e+000

非球面 [3]

曲率半径 0.184

50

k -1.9461e+000

非球面[4]

曲率半径 2.413

k 0.0000e+000

偏 心 [1]

X 0.000 Y -3.750 Z -6.482
α 42.493 β 0.000 γ 0.000

10

偏 心 [2]

X 0.000 Y -1.439 Z -1.004
α 8.362 β 0.000 γ 0.000

偏 心 [3]

X 0.000 Y -0.648 Z -8.349
α -0.556 β 0.000 γ 0.000

偏 心 [4]

X 0.000 Y 0.000 Z -1.000
α 0.000 β 0.000 γ 0.000

20

仕様

観 察 画 角 90° (- 45° ~ + 45°)

絞 り 径 φ 1 . 0 0 0 m m

像 の 大 き さ φ 0 . 7 9 3 ~ φ 2 . 5 0 1 m m

【 0 0 9 5 】

以下の表は、各実施例の要素と条件式 (1) 及び (2) に対応する値を示す。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
D1	5.157	4.267	4.251
D2	0.972	1.086	1.557
D3	5.531	4.216	2.959
条件式 (1) D2/D1	0.188	0.255	0.366
条件式 (2) D1/D3	0.933	1.012	1.734

30

【 0 0 9 6 】

各実施例の光学系 1 は、物点距離が 20 mm で設計されているが、像面位置を移動させることによって、無限遠又は任意の距離に容易に変更することが可能である。

【 0 0 9 7 】

また、回転対称軸 C 上の物点から射出する光束は輪帯状の入射瞳に円錐状に入射し、光学系 1 を通過して像面 I m 上に円として結像する。このため収差図の第 2 像高の X 方向サジタル面 (回転対称軸と直交する断面) は円弧方向となり収差が著しく大きくなる。

40

【 0 0 9 8 】

図 1 4 は、本実施形態の光学系 1 を用いた撮像装置 2 の主要部の内部回路を示すブロック図である。

【 0 0 9 9 】

図 1 4 に示されるように、撮像装置 2 は、操作部 2 1 と、この操作部 2 1 に接続された制御部 2 2 と、この制御部 2 2 の制御信号出力ポートにバス 2 3 及び 2 4 を介して接続された撮像駆動回路 2 5 並びに一時記憶メモリ 2 6、画像処理部 2 7、記憶部 2 8 を備えている。

50

【 0 1 0 0 】

上記の一時記憶メモリ 2 6、画像処理部 2 7、記憶部 2 8 は、バス 3 1 を介して相互にデータの入力、出力が可能とされている。また、撮像駆動回路 2 5 には、C C D 等の撮像素子 3 2 と C D S / A D C 部 3 3 が接続されている。

【 0 1 0 1 】

操作部 2 1 は、各種の入力ボタンやスイッチを備え、これらを介して操作者から入力されるイベント情報を制御部 2 2 に通知する。制御部 2 2 は、例えば C P U などからなる中央演算処理装置であって、不図示のプログラムメモリを内蔵し、プログラムメモリに格納されているプログラムに従って、撮像装置 2 を制御する。

【 0 1 0 2 】

撮像素子 3 2 は、撮像駆動回路 2 5 により駆動制御され、光学系 1 を介して形成された物体像の画素ごとの光量を電気信号に変換し、C D S / A D C 部 3 3 に出力する。

【 0 1 0 3 】

C D S / A D C 部 3 3 は、撮像素子 3 2 から入力される電気信号を増幅し、かつ、アナログ / デジタル変換を行って、この増幅とデジタル変換を行っただけの映像生データ（バイヤーデータ、以下 R A W データという。）を一時記憶メモリ 2 6 に出力する回路である。

【 0 1 0 4 】

一時記憶メモリ 2 6 は、例えば S D R A M 等からなるバッファであり、C D S / A D C 部 3 3 から出力される R A W データを一時的に記憶するメモリ装置である。

【 0 1 0 5 】

画像処理部 2 7 は、一時記憶メモリ 2 6 に記憶された R A W データ又は記憶部 2 8 に記憶されている R A W データを読み出して、制御部 2 2 にて指定された画質パラメータに基づいて歪曲収差補正を含む各種画像処理を電氣的に行う回路である。

【 0 1 0 6 】

記憶部 2 8 は、例えばフラッシュメモリ等からなるカード型又はスティック型の記憶媒体を着脱自在に装着して、これらのフラッシュメモリに、一時記憶メモリ 2 6 から転送される R A W データや画像処理部 2 7 で画像処理された画像データを記録して保持する。

【 0 1 0 7 】

このように構成された撮像装置 2 は、本実施形態の光学系 1 を採用することで、小型で動画撮像に適したものとすることが可能となる。

【 0 1 0 8 】

図 1 5 は、本実施形態の光学系 1 を硬性内視鏡先端の撮影光学系として用いた内視鏡システム 4 を示す図である。

【 0 1 0 9 】

図 1 5 (a) は、硬性内視鏡 4 1 の長尺部 4 1 a の先端に本実施形態にかかる光学系 1 を取り付けて画像を立体的に撮像観察する内視鏡システム 4 である。図 1 5 (b) にその先端の概略の構成を示す。硬性内視鏡 4 の先端には、本実施形態にかかる光学系 1 を設置し、光学系 1 の像面に撮像素子 3 2 を設置する。撮像素子 3 2 に形成された画像は、画素ごとの光量が電気信号に変換され、図 1 4 に示した撮像装置 2 の各電子部品を介して図示しない表示部に表示される。すなわち、内視鏡システム 4 は、硬性内視鏡 4 1 に内蔵された光学系 1 を用いた図 1 4 に示したような撮像装置 2 と図示しない表示部を含む。表示部は、液晶表示モニター等にて構成され、撮影した R A W データ、画像データや操作メニューなどを表示してもよい。なお、撮像装置 2 の主要電子部品は、硬性内視鏡 4 1 の先端に内蔵される必要はなく、図 1 5 (a) に示した操作部 2 1 又は別体のケース内等に設けてもよい。

【 0 1 1 0 】

図 1 6 は、本実施形態の光学系 1 を軟性内視鏡先端の撮影光学系として用いた内視鏡システム 4 を示す図である。

【 0 1 1 1 】

図 1 6 に示す例は、軟性電子内視鏡 4 2 の長尺部 4 2 a の先端に本実施形態にかかる光学系 1 を取り付けて、図 1 4 に示した撮像素子 3 2 に形成された画像を、表示部 2 9 に画像処理を施して歪みを補正して立体的に表示するようにした内視鏡システム 4 である。すなわち、内視鏡システム 4 は、軟性内視鏡 4 2 に内蔵された光学系 1 を用いた図 1 4 に示した撮像装置 2 と表示部 2 9 を含む。表示部 2 9 は、液晶表示モニター等にて構成され、撮影した RAW データ、画像データや操作メニューなどを表示してもよい。なお、撮像装置 2 の主要電子部品は、軟性電子内視鏡 4 2 の先端に内蔵される必要はなく、図 1 6 に示したように、操作部 2 1 又は別体のケース 4 2 b 内等に設けてもよい。

【 0 1 1 2 】

このように、内視鏡システム 4 は、光学系 1 を用いた撮像装置 2 及び表示部 2 9 を含むことにより、画像を立体的に撮像観察することが可能となる。なお、内視鏡システム 4 は、カプセル内部に収納した光学系 1 を経て撮像素子 3 2 に形成された画像信号を無線でカプセル外部に送信し、カプセル外部の表示部に送信された画像を表示させるようなカプセル内視鏡で構成してもよい。

【 0 1 1 3 】

図 1 7 は、本実施形態の光学系 1 を自動車の測距離システム 5 として用いた例を示す図である。図 1 8 は、本実施形態の光学系 1 を用いた測距離システム 5 のブロック図である。

【 0 1 1 4 】

図 1 7 (a) は、自動車 5 0 の前方に本実施形態にかかる撮像装置 2 の光学系 1 を取り付けて、自動車前方を撮像し、図 1 4 に示したように各電子部品を介して画像処理を施して歪みを補正した後、図 1 8 に示した距離演算装置によって演算処理し、前方の車両等の対象物との距離を求める。また、図示しない車内の表示装置に各光学系 1 を経て撮像された画像を表示してもよい。さらに、測距離システム 5 は、速度情報検出部 6 0 から車両の速度又は加速度等を求め、対象物との距離と速度又は加速度等の関係から前方の対象物に衝突するおそれがあると判断した場合に自動で制動する自動制動装置 6 1 に適用してもよい。また、前方の対象物に衝突するおそれがあると判断した場合に警報を鳴らす警報装置 6 2 に適用してもよい。

【 0 1 1 5 】

図 1 7 (b) は、自動車 5 0 の各コーナやヘッド部のボールの頂部に本実施形態にかかる光学系 1 を複数取り付けた例である。この場合も、測距離システム 5 は、図 1 4 に示したように各電子部品を介して画像処理を施して歪みを補正した後、図 1 8 に示した距離演算装置によって演算処理し、対象物との距離を求めることができる。また、図示しない車内の表示装置に各光学系 1 を経て撮像された画像を表示してもよい。さらに、測距離システム 5 は、速度情報検出部 6 1 から車両の速度又は加速度等を求め、対象物との距離と速度又は加速度等の関係から前方の対象物に衝突するおそれがあると判断した場合に自動で制動する自動制動装置 6 0 に適用してもよい。また、対象物に衝突するおそれがあると判断した場合に警報を鳴らす警報装置 6 2 に適用してもよい。

【 0 1 1 6 】

なお、本実施形態の光学系 1 を含む撮像装置 2 を用いた測距離システム 5 は、高解像な像を取得することができるので、特に小さな対象物であっても距離を測定することが可能である。

【 0 1 1 7 】

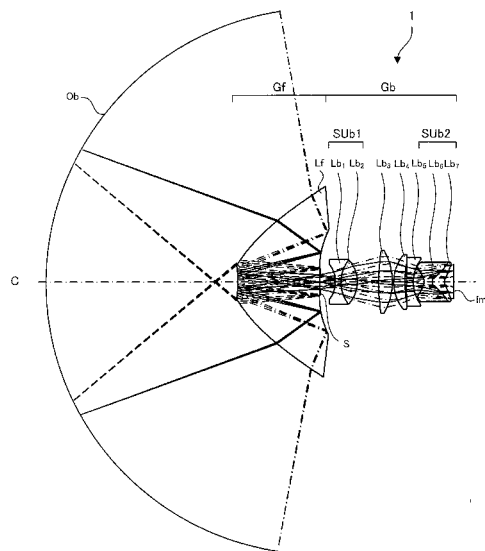
なお、この実施形態によって本発明は限定されるものではない。すなわち、実施形態の説明に当たって、例示のために特定の詳細な内容が多く含まれるが、当業者であれば、これらの詳細な内容に色々なバリエーションや変更を加えても、本発明の範囲を超えないことは理解できよう。従って、本発明の例示的な実施形態は、権利請求された発明に対して、一般性を失わせることなく、また、何ら限定をすることもなく、述べられたものである。

【 符号の説明 】

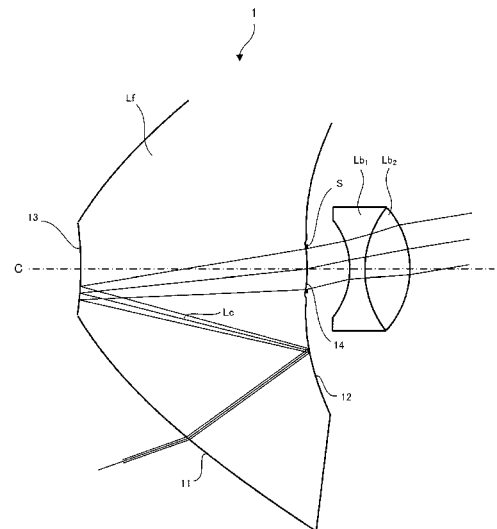
【 0 1 1 8 】

1 ... 光学系
 G f ... 前レンズ群
 G b ... 後レンズ群
 S ... 絞り
 I m ... 像面

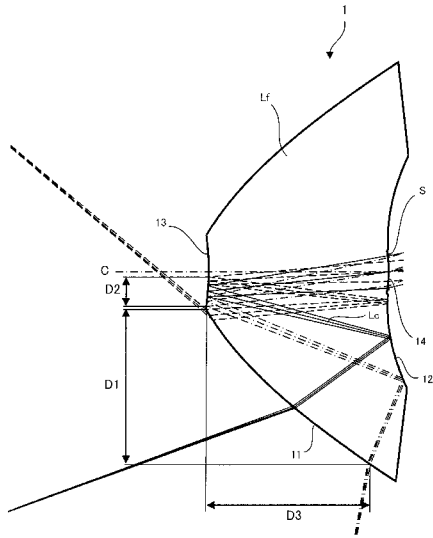
【 図 1 】



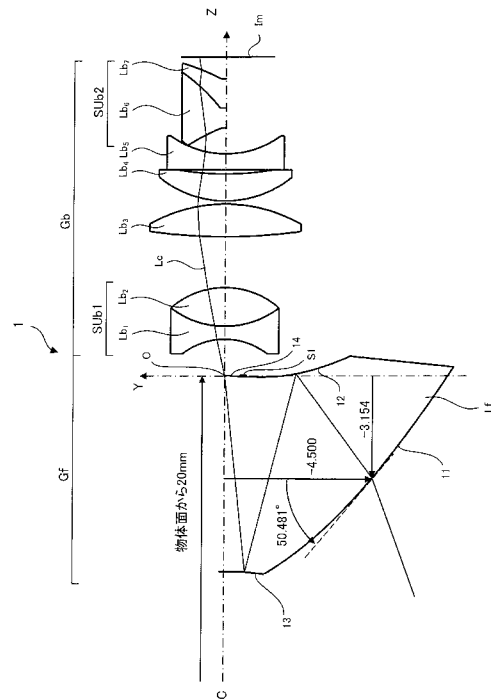
【 図 2 】



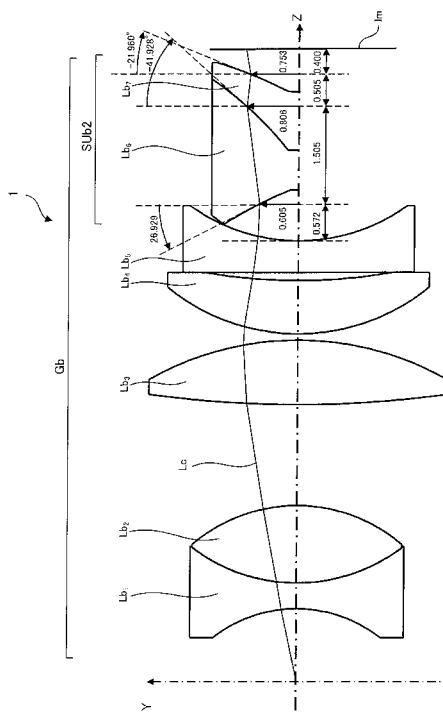
【 図 3 】



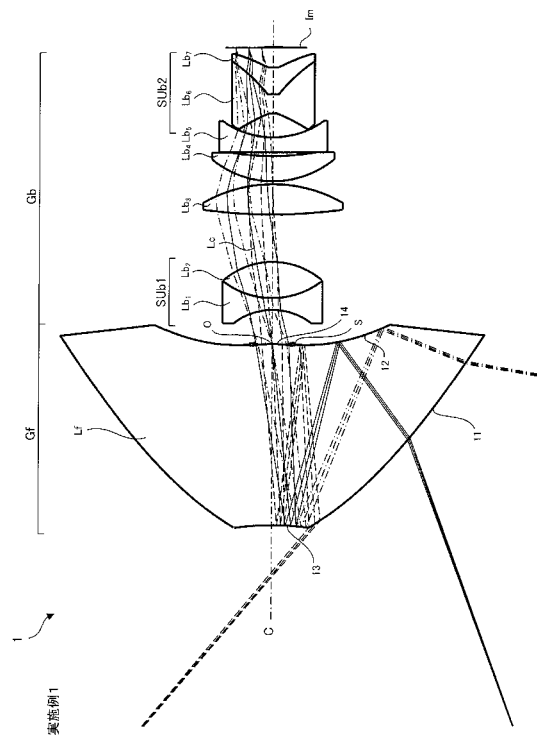
【 図 4 】



【 図 5 】

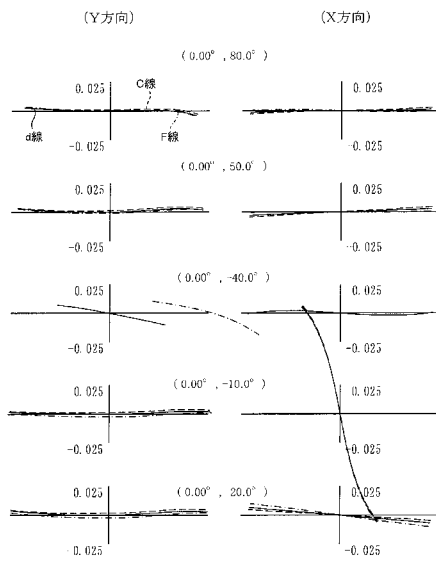


【 図 6 】



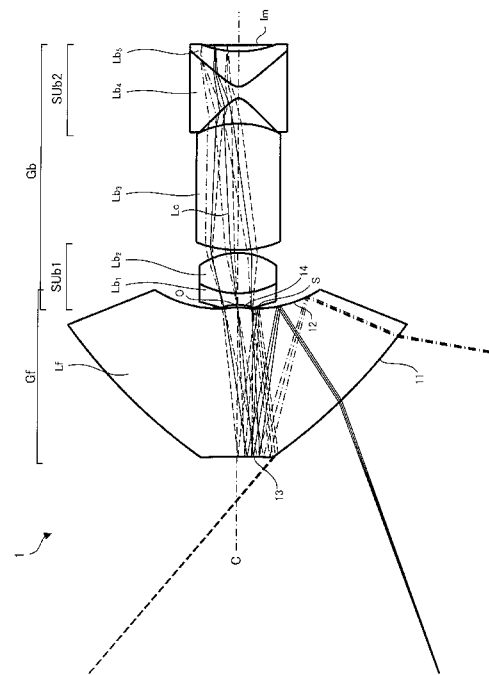
【図 7】

実施例1



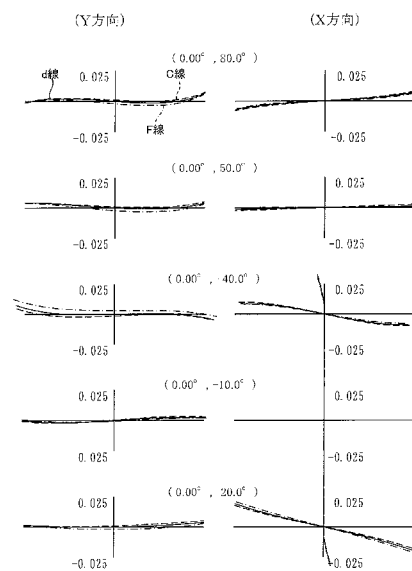
【図 8】

実施例2



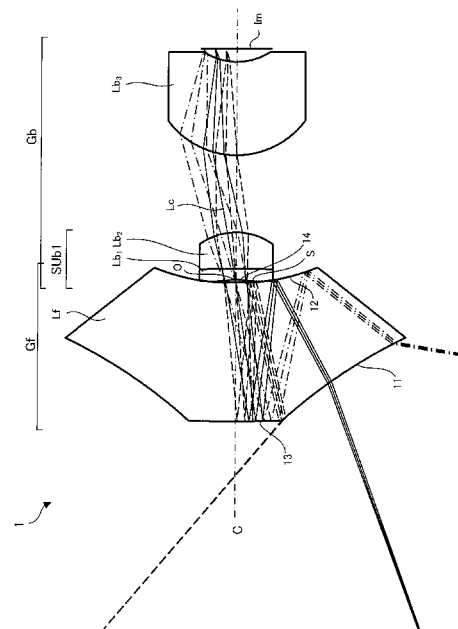
【図 9】

実施例2



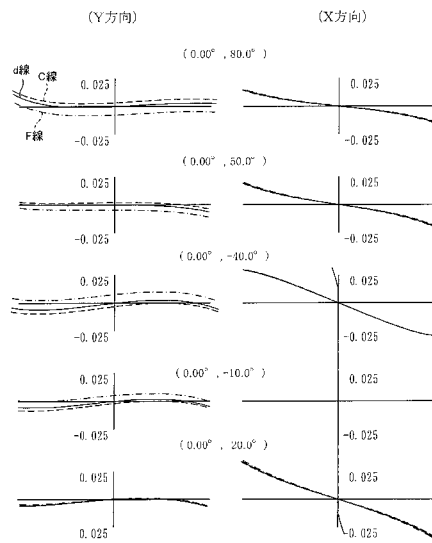
【図 10】

実施例3

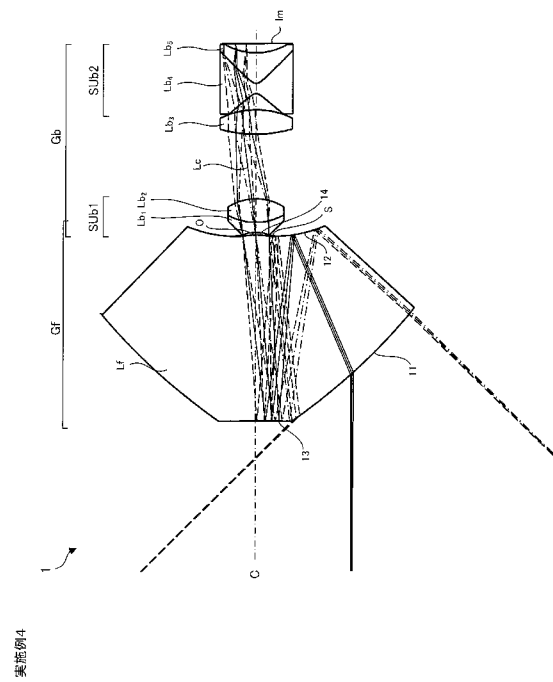


【図 1 1】

実施例3



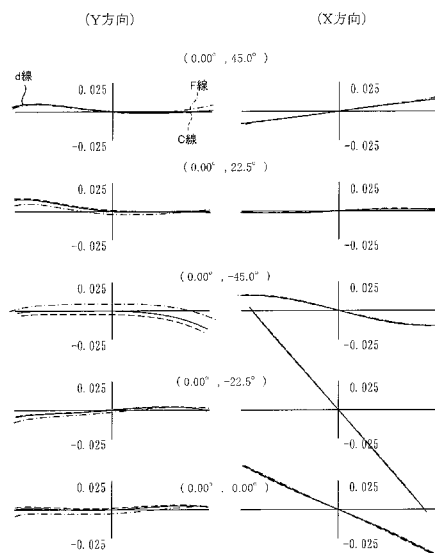
【図 1 2】



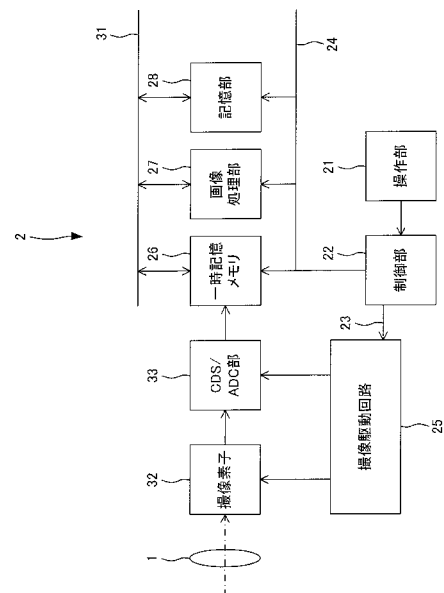
実施例4

【図 1 3】

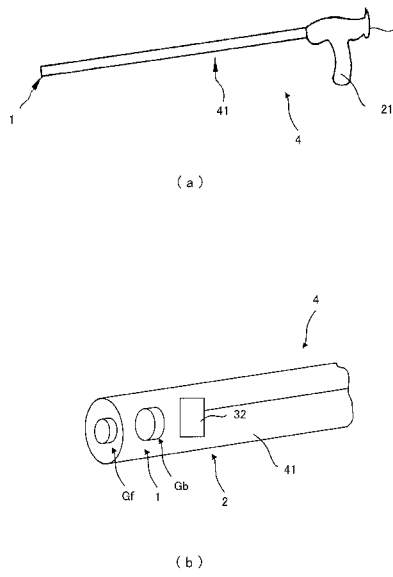
実施例4



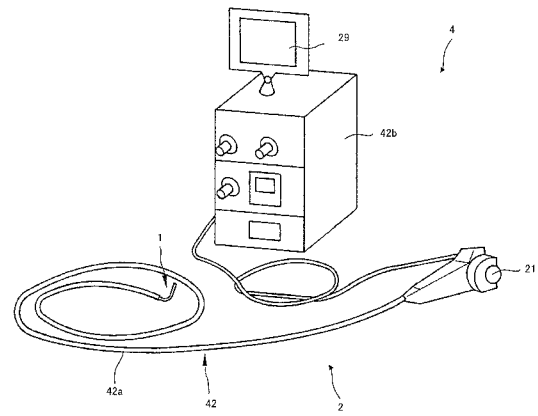
【図 1 4】



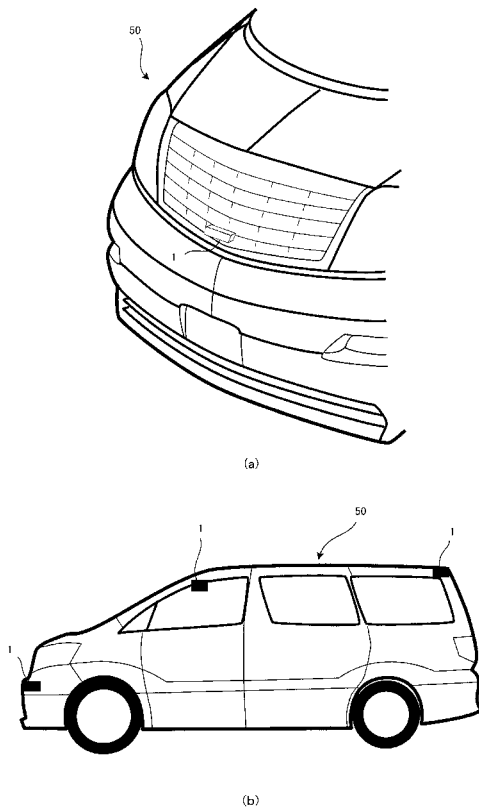
【図 15】



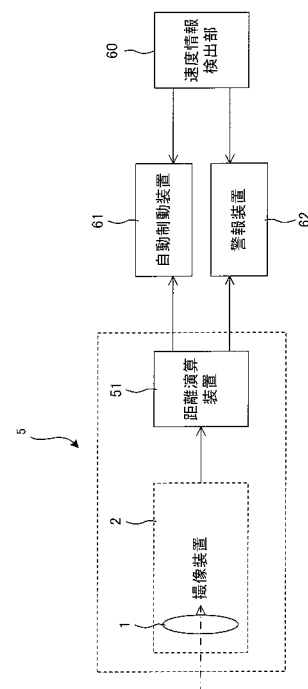
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【手続補正書】

【提出日】平成29年10月24日(2017.10.24)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

像面の中心を通る単一の回転対称軸上に配置された回転対称な前群と、
回転対称な後群と、
開口と、
を備え、
前記前群は、2つの内部反射面と2つの透過面を有し、
少なくとも一つの物体面から前記前群に入射する光束は、第1透過面に入射し、第1反射面で反射し、第2反射面で反射し、第2透過面から射出する光路を形成し、
前記後群と前記開口を通過し、
前記回転対称軸を含む断面内で中間結像すること無く、前記像面の前記回転対称軸から離れた位置に結像することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記前群の前記第1反射面は、物体側に凸面を向けた負のパワーを有する
請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記前群では、前記回転対称軸に対して、
前記第1透過面が前記第2反射面より外側に配置され、
前記第1反射面が前記第2透過面より外側に配置されている
請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

観察画角の中心から前記第1透過面に入射し、前記開口の中心を通る中心主光線の前記前群における光路は、前記回転対称軸と交差しない
請求項 2 又は 3 に記載の光学系。

【請求項 5】

前記第1透過面の前記回転対称軸に対して垂直な方向において、前記物体面から前記前群に入射し前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_1 、
前記第2反射面の前記回転対称軸に対して垂直な方向において、前記物体面から前記前群に入射し前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_2 、
とすると、
以下の条件式(1)を満足する
請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 つに記載の光学系。

$$0.05 < D_2 / D_1 < 1 \quad (1)$$

【請求項 6】

前記第1透過面の前記回転対称軸に対して垂直な方向において、前記物体面から前記前群に入射し、前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_1 、
前記第1透過面の前記回転対称軸に対して平行な方向において、前記物体面から前記前群に入射し、前記像面に結像する光路が形成される有効領域の幅を D_3 、
とすると、以下の条件式(2)を満足する
請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の光学系。

$$0.2 < D_1 / D_3 < 5 \quad (2)$$

【請求項 7】

前記前群の前記第 1 透過面は、物体側に凸面を向けた正のパワーを有する
請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の光学系。

【請求項 8】

前記前群の少なくとも 1 面は、回転対称自由曲面で構成されている
請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 つに記載の光学系。

【請求項 9】

前記後群の少なくとも 1 面は、回転対称自由曲面で構成されている
請求項 8 に記載の光学系。

【請求項 10】

前記後群が、両面が拡張回転自由曲面からなる透明体を有する
請求項 9 に記載の光学系。

【請求項 11】

前記後群が、両面が拡張回転自由曲面からなる 2 つの透明体を接合して構成した接合透
明体を有する
請求項 9 に記載の光学系。

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の光学系と、
前記光学系を介して形成された画像の画素ごとの光量を電気信号に変換する撮像素子と、
を備える撮像装置。

【請求項 13】

前記撮像装置を操作する操作部と、
前記操作部からの信号に基づいて前記撮像装置を制御する制御部と、
前記撮像素子からの電気信号を処理し画像を取得する画像処理部と、
前記取得した画像を記録する記録部と、
を備えることを特徴とする請求項 12 に記載の撮像装置。

【請求項 14】

請求項 12 又は 13 に記載の撮像装置と、
前記画像を表示する表示部と、
を備えることを特徴とする内視鏡システム。

【請求項 15】

請求項 12 又は 13 に記載の撮像装置と、
前記撮像装置が取得した対象物の撮影画像に画像処理を施した後、演算処理し、前記対
象物との距離を求める距離演算装置と、
を備えることを特徴とする測距離システム。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/064999

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B17/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B17/08

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2009-15252 A (Olympus Corp.), 22 January 2009 (22.01.2009), entire text; all drawings; particularly, claims 1 to 3, 6 to 8, 12, 20; example 2 & US 2010/0110565 A1 & US 8289630 B2 & WO 2009/008530 A1 & EP 2166397 A1 & CN 101688969 A & CN 101688969 B & JP 5074114 B2	1-6, 8-12 13 7
X Y A	JP 2010-20066 A (Olympus Corp.), 28 January 2010 (28.01.2010), entire text; all drawings; particularly, claims 1, 7 to 9, 11, 13, 17; examples 1 to 3 (Family: none)	1-4, 6-12 13 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 July 2015 (14.07.15)Date of mailing of the international search report
28 July 2015 (28.07.15)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/064999

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-15253 A (Olympus Corp.),	1-4, 7-12
Y	22 January 2009 (22.01.2009),	13
A	entire text; all drawings; particularly, claims 1, 6, 8, 10, 12, 17; examples 1 to 3; paragraphs [0103], [0106], [0108] to [0107]; fig. 16 to 17 & US 2010/0110564 A1 & US 8254038 B2 & WO 2009/008536 A1 & EP 2172798 A1 & CN 101688970 A & CN 101688970 B & JP 5025354 B2	5-6
Y	JP 2006-276816 A (Olympus Corp.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings; particularly, claims 1 to 4; paragraphs [0018], [0020] to [0026] (Family: none)	13

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 6 4 9 9 9	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B17/08 (2006.01) i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B17/08			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X Y A	JP 2009-15252 A (オリンパス株式会社) 2009.01.22, 全文、全図、 特に、請求項 1-3, 6-8, 12, 20、実施例 2 & US 2010/0110565 A1 & US8289630 B2 & WO 2009/008530 A1 & EP 2166397 A1 & CN 101688969 A & CN 101688969 B & JP 5074114 B2	1-6, 8-12 13 7	
X Y A	JP 2010-20066 A (オリンパス株式会社) 2010.01.28, 全文、全図、 特に、請求項 1, 7-9, 11, 13, 17、実施例 1-実施例 3 (ファミリーなし)	1-4, 6-12 13 5	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 14.07.2015		国際調査報告の発送日 28.07.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号		特許庁審査官 (権限のある職員) 森内 正明 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	2 V 9 2 2 2

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 6 4 9 9 9
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2009-15253 A (オリンパス株式会社) 2009.01.22, 全文、全図、 特に、請求項 1, 6, 8, 10, 12, 17、実施例 1-実施例 3、段落[0103]、 [0106]、[0108]-[0107]、図 16-図 17 & US 2010/0110564 A1 & US 8254038 B2 & WO 2009/008536 A1 & EP 2172798 A1 & CN 101688970 A & CN 101688970 B & JP 5025354 B2	1-4, 7-12 13 5-6
Y	JP 2006-276816 A (オリンパス株式会社) 2006.10.12, 全文、全図、 特に、請求項 1-4、段落[0018]、[0020]-[0026] (ファミリーなし)	13

フロンツページノ続キ

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード (参考)		
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	7 3 1	
H 0 4 N	5/225	(2006.01)	H 0 4 N	5/225	4 0 0	
H 0 4 N	5/232	(2006.01)	H 0 4 N	5/225	5 0 0	
			H 0 4 N	5/232	2 9 0	

F ターム(参考) 4C161 BB06 CC06 DD01 DD04 FF40 LL02 PP11
 5C122 DA03 DA04 DA26 EA42 EA54 FA02 FA04 FB03 FB11 FB15
 FC01 FC02 FH09 FH11 FH14 HB06

(注) この公表は、国際事務局 (W I P O) により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願 (日本語実用新案登録出願) の国際公開の効果は、特許法第 1 8 4 条の 1 0 第 1 項 (実用新案法第 4 8 条の 1 3 第 2 項) により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	光学系统，成像装置，内窥镜系统和距离测量系统		
公开(公告)号	JPWO2016189644A1	公开(公告)日	2018-03-15
申请号	JP2017520114	申请日	2015-05-26
[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	G02B17/08 G02B13/18 G02B23/26 G03B15/00 G03B37/00 A61B1/00 H04N5/225 H04N5/232		
CPC分类号	A61B1/00096 A61B1/00174 A61B1/0019 G02B17/0808 G02B17/0856 G02B23/243 G02B23/26		
FI分类号	G02B17/08.A G02B13/18 G02B23/26.C G03B15/00.W G03B37/00.A A61B1/00.731 H04N5/225.400 H04N5/225.500 H04N5/232.290		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/BA15 2H040/CA23 2H040/CA25 2H059/BA03 2H059/CA00 2H059/CA06 2H087/KA01 2H087/KA10 2H087/KA12 2H087/LA01 2H087/RA05 2H087/RA08 2H087/RA12 2H087/RA13 2H087/RA32 2H087/TA01 2H087/TA04 2H087/TA06 4C161/BB06 4C161/CC06 4C161/DD01 4C161/DD04 4C161/FF40 4C161/LL02 4C161/PP11 5C122/DA03 5C122/DA04 5C122/DA26 5C122/EA42 5C122/EA54 5C122/FA02 5C122/FA04 5C122/FB03 5C122/FB11 5C122/FB15 5C122/FC01 5C122/FC02 5C122/FH09 5C122/FH11 5C122/FH14 5C122/HB06		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

(EN) 提供一种光学系统，成像装置，内窥镜系统和测距系统，它们尺寸小，观察视角宽，并且可以形成具有视差的图像，以便从多个基线方向观察物平面。光学系统(1)具有旋转对称的前组(Gf)和旋转对称的后组(Gb)，其布置在穿过像平面(Im)的中心的单个旋转对称轴(C)上，光圈(S)和前组(Gf)具有两个内反射面和两个透射面，光束从至少一个物体表面(Ob)入射到前组(Gf)上，它形成进入第一透射表面(11)，被第一反射表面(12)反射，被第二反射表面(13)反射并从第二透射表面(14)发射的光路。它穿过(Gb)和孔径(S)，并且在远离像平面(Im)的旋转对称轴(C)的位置处形成图像，而在包括旋转对称轴(C)的截面中没有中间成像。它的特点是

