

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-174390

(P2014-174390A)

(43) 公開日 平成26年9月22日(2014.9.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 13/00 (2006.01)	G O 2 B 13/00	2 H 0 4 0
G O 2 B 17/08 (2006.01)	G O 2 B 17/08 A	2 H 0 5 9
G O 2 B 23/24 (2006.01)	G O 2 B 23/24 B	2 H 0 8 7
G O 3 B 35/08 (2006.01)	G O 3 B 35/08	4 C 1 6 1
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 O O Y	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 29 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-48039 (P2013-48039)
(22) 出願日 平成25年3月11日 (2013.3.11)

(71) 出願人 304050923
オリンパスメディカルシステムズ株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(74) 代理人 100139103
弁理士 小山 卓志
(74) 代理人 100097777
弁理士 荏澤 弘
(74) 代理人 100157118
弁理士 南 義明
(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

最終頁に続く

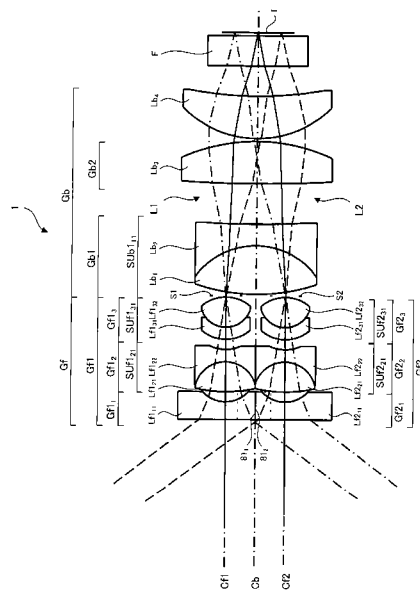
(54) 【発明の名称】 結像光学系、立体撮像装置、及び内視鏡

(57) 【要約】

【課題】 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な結像光学系、立体撮像装置、及び内視鏡を提供する。

【解決手段】 結像光学系は、物体側から像面側へ順に、第1前群中心軸C f 1を中心とする第1前群G f 1及び第1前群中心軸C f 1に並列する第2群中心軸C f 2を中心とする第2前群G f 2を有する前群G f と、単一の後中心軸C bを有する後群G bと、を備え、前群G f の第1前群G f 1及び第2前群G b 1は、少なくとも、負の前1群G f 1₁、G f 2₁と、接合レンズの前2群G f 1₂、G f 2₂と、接合レンズの前3群G f 1₃、G f 2₃と、開口S 1、S 2と、からなるアフォーカル系でそれぞれ構成され、第1前群G f 1を通過した第1光束L 1及び第2前群G f 2を通過した第2光束L 2は、後群G bを射出後、それぞれ像面Iで交差すると同時に結像することを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像面側へ順に、
 第 1 前群中心軸を中心とする第 1 前群及び前記第 1 前群中心軸に並列する第 2 群中心軸
 を中心とする第 2 前群を有する前群と、
 単一の後中心軸を有する後群と、
 を備え、

前記前群の前記第 1 前群及び前記第 2 前群は、少なくとも、
 負の前 1 群と、
 接合レンズの前 2 群と、
 接合レンズの前 3 群と、
 開口と、

10

からなるアフォーカル系でそれぞれ構成され、

前記第 1 前群を通過した第 1 光束及び前記第 2 前群を通過した第 2 光束は、前記後群を
 射出後、それぞれ前記像面で交差すると同時に結像する
 ことを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記第 1 光束と前記第 2 光束をそれぞれ分離する分離部を備える
 請求項 1 に記載の結像光学系。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の結像光学系と、
 前記像面に配置され、複数の画素を有する撮像素子と、
 を備える
 ことを特徴とする立体撮像装置。

【請求項 4】

前記分離部は、前記撮像素子の前記後群側に配置され、前記第 1 光束と前記第 2 光束を
 それぞれ前記画素ごとに分離する画素分離部を有する
 請求項 3 に記載の立体撮像装置。

【請求項 5】

前記前群と前記後群の間に、少なくとも前記第 1 前群中心軸及び前記第 2 前群中心軸を
 含む視差方向を前記後群の後中心軸周りに回転させる視差方向回転部を備える
 請求項 4 に記載の立体撮像装置。

30

【請求項 6】

以下の条件式 (1) を満足する
 請求項 3 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の立体撮像装置。

$$-0.1 < LAT / f < 0.1 \quad (1)$$

ただし、

LAT は、前記前群の 1 次倍率色収差係数の合計、
 f は、光学系全系の焦点距離、

である。

40

【請求項 7】

以下の条件式 (2) を満足する
 請求項 3 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の立体撮像装置。

$$-0.01 < AX / f < 0.02 \quad (2)$$

ただし、

AX は、前記前群の 1 次軸上色収差係数の合計、
 f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【請求項 8】

前記後群は、

50

少なくとも１つの接合レンズからなる後１群と、
少なくとも１つの正レンズからなる後２群と、
を有する
請求項３乃至７のいずれか１つに記載の立体撮像装置。

【請求項９】

前記後群は、
少なくとも１つの正レンズからなる後１群と、
反射光学系からなる後２群と、
を有する

請求項３乃至８のいずれか１つに記載の立体撮像装置。

10

【請求項１０】

前記分離部は、前記第１光束と前記第２光束を所定時間ごとに通過させる時分割部を有する

請求項３乃至９のいずれか１つに記載の立体撮像装置。

【請求項１１】

前記分離部は、
前記第１光束に第１偏光成分を与える第１偏光部と、
前記第２光束に前記第１偏光成分とは異なる第２偏光成分を与える第２偏光部と、
前記第１偏光部を通過して前記第１偏光成分が与えられた前記第１光束のみを通過させる第１偏光成分通過部と、
前記第２偏光部を通過して前記第２偏光成分が与えられた前記第２光束のみを通過させる第２偏光成分通過部と、
を有し、

20

前記第１偏光成分通過部を通過した前記第１光束と前記第２偏光成分通過部を通過した前記第２光束をそれぞれ前記画素ごとに分離して前記撮像素子に入射させる

請求項３乃至１０のいずれか１つに記載の立体撮像装置。

【請求項１２】

請求項３乃至１１のいずれか１つに記載の立体撮像装置を備えることを特徴とする内視鏡。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、結像光学系、立体撮像装置、及び内視鏡に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、立体視用に視差の異なる２つの画像を略同一の平面上に結像させて撮像する方法が開示されている（特許文献１乃至４参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

40

【特許文献１】特開平８－１２２６６５号公報

【特許文献２】特許４２４８７７１号公報

【特許文献３】特許４０９３５０３号公報

【特許文献４】特開２００１－１４７３８２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乃至３に記載された技術は、物体側が２光軸で、像側が１光軸の光学系で構成されている。また、特許文献４に記載された技術は、物体から像まで２光軸で構成されている。これらの技術は、どちらも近年の高解像化に対応することができていないもので

50

ある。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、小型で高解像な観察画角の広い立体像を得ることが可能な結像光学系、立体撮像装置、及び内視鏡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】

【 0 0 0 6 】

本発明の一実施形態である結像光学系は、
 物体側から像面側へ順に、
 第 1 前群中心軸を中心とする第 1 前群及び前記第 1 前群中心軸に並列する第 2 群中心軸
 を中心とする第 2 前群を有する前群と、 10
 単一の後中心軸を有する後群と、
 を備え、
 前記前群の前記第 1 前群及び前記第 2 前群は、少なくとも、
 負の前 1 群と、
 接合レンズの前 2 群と、
 接合レンズの前 3 群と、
 開口と、
 からなるアフォーカル系でそれぞれ構成され、
 前記第 1 前群を通過した第 1 光束及び前記第 2 前群を通過した第 2 光束は、前記後群を 20
 射出後、それぞれ前記像面で交差すると同時に結像する
 ことを特徴とする

【 0 0 0 7 】

本発明の一実施形態である結像光学系は、
 前記第 1 光束と前記第 2 光束をそれぞれ分離する分離部を備える。

【 0 0 0 8 】

本発明の一実施形態である立体撮像装置は、
 前記結像光学系と、
 前記像面に配置され、複数の画素を有する撮像素子と、 30
 を備える
 ことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明の一実施形態である立体撮像装置では、
 前記分離部は、前記撮像素子の前記後群側に配置され、前記第 1 光束と前記第 2 光束を
 それぞれ前記画素ごとに分離する画素分離部を有する。

【 0 0 1 0 】

本発明の一実施形態である立体撮像装置は、
 前記前群と前記後群の間に、少なくとも前記第 1 前群中心軸及び前記第 2 前群中心軸を
 含む視差方向を前記後群の後中心軸周りに回転させる視差方向回転部を備える。

【 0 0 1 1 】

本発明の一実施形態である立体撮像装置は、
 以下の条件式 (1) を満足する。 40

$$-0.1 < LAT / f < 0.1 \quad (1)$$

ただし、

LAT は、前記前群の 1 次倍率色収差係数の合計、

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 1 2 】

本発明の一実施形態である立体撮像装置は、
 以下の条件式 (2) を満足する。 50

$$-0.01 < AX/f < 0.02$$

(2)

ただし、

AX は、前記前群の 1 次軸上色収差係数の合計、

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【0013】

本発明の一実施形態である立体撮像装置では、

前記後群は、

少なくとも 1 つの接合レンズからなる後 1 群と、

少なくとも 1 つの正レンズからなる後 2 群と、

を有する。

10

【0014】

本発明の一実施形態である立体撮像装置では、

前記後群は、

少なくとも 1 つの正レンズからなる後 1 群と、

反射光学系からなる後 2 群と、

を有する。

【0015】

本発明の一実施形態である立体撮像装置では、

前記分離部は、前記第 1 光束と前記第 2 光束を所定時間ごとに通過させる時分割部を有する。

20

【0016】

本発明の一実施形態である立体撮像装置では、

前記分離部は、

前記第 1 光束に第 1 偏光成分を与える第 1 偏光部と、

前記第 2 光束に前記第 1 偏光成分とは異なる第 2 偏光成分を与える第 2 偏光部と、

前記第 1 偏光部を通過して前記第 1 偏光成分が与えられた前記第 1 光束のみを通過させる第 1 偏光成分通過部と、

前記第 2 偏光部を通過して前記第 2 偏光成分が与えられた前記第 2 光束のみを通過させる第 2 偏光成分通過部と、

30

を有し、

前記第 1 偏光成分通過部を通過した前記第 1 光束と前記第 2 偏光成分通過部を通過した前記第 2 光束をそれぞれ前記画素ごとに分離して前記撮像素子に入射させる。

【0017】

本発明の一実施形態である内視鏡は、

前記立体撮像装置を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明の一実施形態である結像光学系、立体撮像装置、及び内視鏡によれば、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。

40

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】本発明に係る一実施形態の光学系 1 の中心軸 C 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 1 の像面 I 付近の模式図である。

【図 3】本発明に係る一実施形態の光学系 1 に用いる画素分離部 2 の一例の模式図である。

【図 4】本発明に係る一実施形態の光学系 1 に用いる視差方向回転部の一例の模式図である。

【図 5】視差方向回転部の一例を用いた本発明に係る一実施形態の光学系 1 を示す図である。

50

【図 6】本発明に係る一実施形態の光学系 1 の焦点距離 f を説明する図である。

【図 7】本発明に係る一実施形態の光学系 1 の時分割部 5 を説明する図である。

【図 8】本発明に係る一実施形態の光学系 1 の偏光部 6 及び偏光成分通過部 7 を説明する図である。

【図 9】実施例 1 の光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。

【図 10】実施例 1 の光学系 1 の横収差図である。

【図 11】実施例 1 の光学系 1 の横収差図である。

【図 12】実施例 2 の光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。

【図 13】実施例 2 の光学系 1 の横収差図である。

【図 14】実施例 2 の光学系 1 の横収差図である。

【図 15】実施例 3 の光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。

【図 16】実施例 3 の光学系 1 の横収差図である。

【図 17】実施例 3 の光学系 1 の横収差図である。

【図 18】実施例 4 の光学系 1 の第 1 前群中心軸 $C f 1$ 及び第 2 前群中心軸 $C f 2$ を含む断面図である。

【図 19】実施例 4 の光学系 1 の後群中心軸 $C b$ を含み第 1 前群中心軸 $C f 1$ 及び第 2 前群中心軸 $C f 2$ を含む平面に対して直交する断面図である。

【図 20】実施例 4 の光学系 1 の視差方向回転部の一例を物体側から見た図である。

【図 21】実施例 4 の光学系 1 の横収差図である。

【図 22】実施例 4 の光学系 1 の横収差図である。

【図 23】本実施形態の光学系を自動車の撮像光学系として用いた例を示す図である。

【図 24】本実施形態の光学系を内視鏡先端の撮像光学系として用いた例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本実施形態の光学系 1 について説明する。

【0021】

図 1 は、本発明に係る一実施形態の光学系 1 の中心軸 C に沿ってとった断面図である。

【0022】

本実施形態の光学系 1 は、物体側から像面側へ順に、第 1 前群中心軸 $C f 1$ を中心とする第 1 前群 $G f 1$ 及び第 1 前群中心軸 $C f 1$ に並列する第 2 群中心軸 $C f 2$ を中心とする第 2 前群 $G f 2$ を有する前群 $G f$ と、単一の後中心軸 $C b$ を有する後群 $G b$ と、を備え、前群 $G f$ の第 1 前群 $G f 1$ 及び第 2 前群 $G f 2$ は、少なくとも、負の前 1 群 $G f 1_1$ 、 $G f 2_1$ と、接合レンズの前 2 群 $G f 1_2$ 、 $G f 2_2$ と、接合レンズの前 3 群 $G f 1_3$ 、 $G f 2_3$ と、開口 $S 1$ 、 $S 2$ と、からなるアフォーカル系で構成され、第 1 前群 $G f 1$ を通過した第 1 光束 $L 1$ 及び第 2 前群 $G f 2$ を通過した第 2 光束 $L 2$ は、後群 $G b$ を射出後、それぞれ像面 I で交差すると同時に結像することが好ましい。

【0023】

立体撮像系は、以下の 4 つのパターンが存在する。

1. 完全に独立した 2 つの中心軸からなる光学系。
2. 物体側から 1 つの中心軸の前群と 2 つの中心軸の後群からなる光学系。
3. 物体側から 2 つの中心軸の前群と 1 つの中心軸の後群からなる光学系。
4. 全体は 1 つの中心軸で瞳分割により視差を得る光学系。

【0024】

1. の光学系は、2 つの中心軸のそれぞれに撮像素子が必要となり、装置として大型になってしまう。2. と 4. の光学系は、画角を広く取ろうとすると、強い負のレンズを物体側に配置する必要があり、これにより基線長を長く取れず、適切な立体感のある映像を撮像できない場合がある。3. の光学系は、小型の立体撮像装置に良く採用されるタイプであるが、全長が長くなる場合がある。

【0025】

10

20

30

40

50

近年、小型で高画素数の撮像素子が実用化されるようになったため、像高が小さくても高解像な撮像が可能になった。そこで本実施形態では、物体側から2つの中心軸の前群と1つの中心軸の後群からなる光学系であって、小型の撮像素子を用いることを想定し、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な光学系を提供するものである。

【0026】

本実施形態のように光学系1の途中で偏心した偏心光学系の場合、光学系1の前群Gfと後群Gbで発生する収差を、それぞれ打ち消すようにして小さくすることは困難である。なぜならば、絞りを挟んで物体側の前群と像側の後群とで主光線の光線高が正と負になるため、特に軸外収差の発生をキャンセルすることが困難となるからである。

【0027】

したがって、偏心光学系では、前群と後群のそれぞれの群で十分補正しておくことが大変重要になる。特に焦点距離が短くてFナンバーの小さい明るい光学系で問題となる色収差を前群で十分に補正しておくことが重要となる。

【0028】

そのために、本実施形態では、前群Gfを、負の前1群Gf₁₁、Gf₂₁、接合レンズの前2群Gf₁₂、Gf₂₂、及び接合レンズの前3群Gf₁₃、Gf₂₃で構成し、軸上の色収差と倍率の色収差を十分に補正しておくことが大変好ましい。さらに、偏心した光学系1において、広画角で高解像な撮像をする場合には、特に色収差を前群で十分に補正するために、2つの群に接合レンズを用いることが好ましい。

【0029】

図2は、本発明に係る一実施形態の光学系1の像面I付近の模式図である。

【0030】

図2に示した本実施形態の光学系1は、物体側から順に、図示しない前群と、後群Gbと、からなる。なお、図2において、左側を前側、右側を後側とする。

【0031】

光束は、図示しない2つ中心軸を持つ前群から光軸Lc₁、Lc₂が並行になって後群Gbに入射する。そして、並行な2つの光軸Lc₁、Lc₂は後群Gbを通過した後、後群Gbより後側の位置で交差する。これは入射する光束L₁、L₂の焦点位置f₀が後群Gbの後側焦点位置だからである。そして、前群を射出する軸上光束L₁₀、L₂₀のそれぞれが平行光だと、左右の映像は後群Gbの後側の焦点位置f₀に重なって結像される。

【0032】

後群Gbより後側の焦点位置f₀で結像させる配置により、結像面Iの大きさを小さくすることが可能となり、近年の小型高精細撮像素子との相性がよくなる。さらに、後群Gbから結像面Iまでの距離を短くすることが可能となり、光学系1及び光学系1を用いた装置全体の長さを短くすることが可能となる。

【0033】

したがって、本実施形態の光学系1によれば、角度選択制のある撮像素子を用いて第1光束L₁の像と第2光束L₂の像を画素ごとに分離したり、第1光束L₁と第2光束L₂を時分割で分離して撮像することにより、高解像な立体映像を撮像することが可能となる。

【0034】

図3は、本発明に係る一実施形態の光学系1に用いる画素分離部の一例の模式図である。

【0035】

本実施形態の立体撮像装置は、光学系1と、像面Iに配置され、複数の画素2a、2bを有する撮像素子2と、撮像素子2の後群Gb側に配置され、第1光束L₁の像と第2光束L₂の像を画素2a、2bごとに分離する分離部としてのレンチキュラーレンズ3と、を備えることが好ましい。なお、レンチキュラーレンズ3は、画素分離部を構成する。

【0036】

10

20

30

40

50

図 3 に示す一例では、画素分離部としてレンチキュラーレンズ 3 を用いている。レンチキュラーレンズ 3 は、撮像素子 2 の図示しない後群 G b 側、すなわち撮像素子 2 へ第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 が入射する側に設置される。

【 0 0 3 7 】

図示しない後群 G b を射出した第 1 光束 L 1 は、レンチキュラーレンズ 3 によって第 1 画素 2 a に入射する。また、図示しない後群 G b を射出した第 2 光束 L 2 は、レンチキュラーレンズ 3 によって第 1 画素 2 a とは異なる第 2 画素 2 b に入射する。

【 0 0 3 8 】

撮像素子 2 の第 1 画素 2 a に入射した第 1 光束 L 1 及び第 2 画素 2 b に入射した第 2 光束 L 2 は、図示しない画像処理装置等によって画像処理される。したがって、本実施形態の立体撮像装置は、小型の光学系 1 及び撮像素子 2 によって左右に視差のある映像を撮像することができ、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。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、本発明に係る一実施形態の光学系 1 に用いる視差方向回転部の一例の模式図である。図 5 は、視差方向回転部の一例を用いた本発明に係る一実施形態の光学系 1 を示す。

【 0 0 4 0 】

本実施形態の一例の立体撮像装置は、前群 G f と後群 G b の間に、少なくとも第 1 前群中心軸 C f 1 及び第 2 前群中心軸 C f 2 を含む視差方向 X を後群 G b の後中心軸 C b 周りに回転させ Y 方向とする視差方向回転部として視差方向回転光学素子であるプリズム 4 を備えることが好ましい。

【 0 0 4 1 】

図 4 に示すように、本実施形態では、視差方向回転部としてプリズム 4 を用いている。図 5 に示すように、プリズム 4 は、前群 G f と後群 G b の間に設置される。本実施形態のプリズム 4 は、第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 に対応した 2 つ角柱状の第 1 プリズム 4 a 及び第 2 プリズム 4 b からなる。なお、プリズム 4 は、1 つの部材で形成してもよく、2 つ以上の部材から形成してもよい。

【 0 0 4 2 】

図示しない第 1 前群 G f 1 及び第 2 前群 G f 2 を射出した視差方向 X の第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 は、第 1 プリズム 4 a 及び第 2 プリズム 4 b によってそれぞれ偏心され Y 方向となりプリズム 4 を射出する。

【 0 0 4 3 】

例えば、左右の観察光軸に相当する第 1 前中心軸 C f 1 と第 2 前中心軸 C f 2 は、通常左右眼球に相当する左右方向に取る。また、図 3 に示した角度選択制のある撮像素子 2 も左右方向の異なる角度から入射する光束を選択的に撮像することにより、1 つの撮像素子 2 で左右の視差のある映像 2 枚を撮像する事が可能となる。

【 0 0 4 4 】

しかしながら、表示信号のフォーマットは走査線ごとにインターレース走査する習慣に従い、上下方向に並ぶ走査線ごとに左右映像を振り分けることが多い。そのため、少なくとも 2 つの中心軸を有する並列配置された前群 G f の左右視差方向 X を、前群 G f と後群 G b の間に配置されたプリズム 4 で上下の Y 方向に回転させる。すると、後群 G b から射出される光束は上下の Y 方向から同一位置の像面 I に結像することになる。

【 0 0 4 5 】

像面 I 上では、上下の Y 方向に、図 3 に示したように、角度選択制のある撮像素子 2 を配置することにより走査線ごとに左右の映像を振り分けることが可能となり、画像処理の親和性を向上させることが可能となる。なお、角度選択制のある撮像素子 2 を構成するための画素分離部としては、パララックスバリヤやレンチキュラーレンズを用いることが可能である。

【 0 0 4 6 】

さらに好ましくは、撮像素子 2 に入射する光線角度が大きくなる場合に発生するシェー

10

20

30

40

50

ディングは電子的に補正することも可能である。

【0047】

図6は、本発明に係る一実施形態の光学系1の焦点距離 f を説明する図である。

【0048】

本実施形態の立体撮像装置は、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$-0.1 < LAT / f < 0.1 \quad (1)$$

ただし、

LAT は、前記前群の1次倍率色収差係数の合計、

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

10

【0049】

本実施形態では、図6に示すように、光学系1の全系の焦点距離を f とする。光学系1が偏心光学系の場合には、偏心を取り除いて、無限遠から並行光束を光学系1に入射させ、光学系1に入射した軸上マージナル光線 $L1'$ が、光学系1を通過後に射出され、仮想的に屈曲する位置 A から像面 I までの距離をこの光学系1の焦点距離 f とする。

【0050】

条件式(1)の下限を下回ると、前群 Gf で発生する倍率色収差が負に大きくなりすぎ、本実施形態のように偏心系の場合には後群 Gb で発生する倍率色収差を正にして打ち消すことができないので、画像周辺での解像力が落ちてしまう。

【0051】

20

条件式(1)の上限を上回ると、前群 Gf で発生する倍率色収差が正に大きくなりすぎ、下限の場合と同様の理由で、画像周辺での解像力が落ちてしまう。

【0052】

なお、本実施形態の光学系1は、以下の条件式(1')を満足することがさらに好ましい。

$$-0.05 < LAT / f < 0.03 \quad (1')$$

【0053】

条件式(1')を満足することで、画像周辺での解像力がさらに良くなる。

【0054】

本実施形態の立体撮像装置は、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$-0.05 < AX / f < 0.02 \quad (2)$$

30

ただし、

AX は、前記前群の1次軸上色収差係数の合計、

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【0055】

条件式(1)の下限を下回ると、前群 Gf で発生する軸上色収差が負に大きくなりすぎ、本実施形態のように偏心系の場合には、後群 Gb で発生する軸上色収差を正にして打ち消すことができないので、画像周辺での解像力が落ちてしまう。

【0056】

40

条件式(1)の上限を上回ると、前群 Gf で発生する倍率色収差が正に大きくなりすぎ、下限の場合と同様の理由で、画像周辺での解像力が落ちてしまう。

【0057】

なお、本実施形態の光学系1は、以下の条件式(1')を満足することがさらに好ましい。

$$-0.01 < AX / f < 0.005 \quad (2')$$

【0058】

条件式(2')を満足することで、画像周辺での解像力がさらに良くなる。

【0059】

また、本実施形態の立体撮像装置では、後群 Gb は、少なくとも1つの接合レンズ SU

50

$b_{1_{11}}$ からなる後1群 G_{b1} と、少なくとも1つの正レンズ L_{b3} からなる後2群 G_{b2} と、を有することが好ましい。

【0060】

本実施形態の光学系1では、前群 G_f と同様に、後群 G_b も各種収差が補正されている必要があり、収差補正を行う接合レンズ $S_{U_{b1_{11}}}$ と、高い像面解像力を得るためにFナンバーの小さい明るい後群 G_b として構成するための正レンズ L_{b3} を有することが好ましい。

【0061】

また、本実施形態の立体撮像装置では、後群 G_b は、少なくとも1つの正レンズ L_{b1} からなる後1群 G_{b1} と、反射光学系からなる後2群 G_{b2} と、を有することが好ましい。

10

【0062】

本実施形態の光学系1では、前群 G_f と同様に、後群 G_b も各種収差が補正されている必要があり、原理的に色収差の発生しない反射光学系 L_{b2} と、反射光学系 L_{b2} で正に大きく発生する像面湾曲を打ち消すように、負に発生させる少なくとも1つの正レンズ L_{b1} を有することが好ましい。また、Fナンバーの小さい明るい光学系1では、像側の開口数 NA が大きくなるため、画面周辺で高精細な撮像を行うためには反射光学系 L_{b2} との組み合わせを有することが好ましい。

【0063】

図7は、本発明に係る一実施形態の光学系1の時分割部5を説明する図である。

20

【0064】

本実施形態の立体撮像装置では、図1に示した第1光束 L_1 と第2光束 L_2 が通過する光路を時間ごとに通過させる分離部としての時分割部5を有することが好ましい。

【0065】

時分割部5は、光路を開閉させるシャッター等により構成される。第1光束 L_1 と第2光束 L_2 は、時分割部5によって、所定の時間に応じて交互に切り替えられて通過される。

【0066】

一例として、図7(a)に示すように、遮光機能を有する円形の基体5aに円形の孔5bを形成した時分割部5を、中心軸5cを中心に回転させればよい。そして、時分割部5の回転に伴い、第1光束 L_1 と第2光束 L_2 が交互に孔5bを通過するように設置すればよい。

30

【0067】

また、他の例として、図7(b)に示すように、扇形の基体5aを有する時分割部5を、中心軸5cを中心に所定角度だけ回転させればよい。そして、時分割部5の回転に伴い、第1光束 L_1 と第2光束 L_2 が交互に通過するように設置すればよい。

【0068】

なお、時分割部5が回転体の場合、時分割部5の回転軸は、光学系1の中心軸 C と同じでよい。しかしながら、これに限らず、例えば、時分割部5は、光学系1の中心軸 C に対して平行な軸に対して回転してもよいし、光学系1の中心軸 C に対して直交する軸に対して扉のように回転してもよい。また、回転体に限らず、平行移動により開閉されてもよい。

40

【0069】

時分割部5を有することにより、第1光束 L_1 と第2光束 L_2 は、同時に撮像素子2に入射せず、交互に入射することになるため、第1光束 L_1 と第2光束 L_2 のそれぞれに対して撮像素子2の全画素を使用することが可能となる。したがって、より高解像な立体映像を撮像することが可能となる。

【0070】

図8は、本発明に係る一実施形態の光学系1の偏光部6及び偏光成分通過部7を説明する図である。

50

【 0 0 7 1 】

本実施形態の立体撮像装置では、分離部として、第 1 光束 L 1 に第 1 偏光成分を与える第 1 偏光部 6 a と、第 2 光束 L 2 に第 1 偏光成分とは異なる第 2 偏光成分を与える第 2 偏光部 6 b と、第 1 偏光成分が与えられた第 1 光束 L 1 のみを通過させる第 1 偏光成分通過部 7 a と、第 2 偏光成分が与えられた第 2 光束 L 2 のみを通過させる第 2 偏光成分通過部 7 b と、を有し、第 1 光束 L 1 と第 2 光束 L 2 をそれぞれ画素ごとに分離して撮像素子 2 に入射させる。なお、第 1 偏光部 6 a と第 2 偏光部 6 b は、偏光部 6 を構成し、第 1 偏光成分通過部 7 a と第 2 偏光成分通過部 7 b は、偏光成分通過部 7 を構成する。

【 0 0 7 2 】

例えば、図 8 に示すように、第 1 光束 L 1 の通る第 1 光路に第 1 偏光部 6 a を構成する水平偏光板を配置し、第 2 光束 L 2 の通る第 2 光路に第 2 偏光部 6 b を構成する垂直偏光板を配置し、水平偏光板と垂直偏光板以外の部分を遮光部 6 c とする。そして、撮像素子 2 の後群 G f 側に配置された偏光成分通過部 7 に水平偏光板 7 a と垂直偏光板 7 b を一走査線ごとに交互に配置し、水平偏光された第 1 光束 L 1 と垂直偏光された第 2 光束 L 2 をそれぞれ分離して画素ごとに撮像素子 2 に入射させる。

10

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態の立体撮像装置は、以下の条件式 (3) を満足することが好ましい。

$$- 0.01 < SA / f < 0.01 \quad (3)$$

ただし、

SA は、前記前群の 3 次球面収差係数の合計、

20

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 7 4 】

条件式 (3) は、収差係数の球面収差を規定するもので、前群 G f の正のパワーを有する前 3 群 G f 3 の空気界面で発生する負の球面収差を、前 3 群 G f 3 の接合面で発生する正の球面収差で打ち消すことにより、前群 G f の全系の球面収差係数を小さくし、像のコントラストの低下を抑えることが可能となる。

【 0 0 7 5 】

条件式 (3) の下限を下回ると、前群 G f で発生する球面収差が負に大きくなりすぎ、本実施形態のように偏心系の場合には後群 G b で発生する球面収差を正にして打ち消すことができないので、像のコントラストが低下する。

30

【 0 0 7 6 】

条件式 (1) の上限を上回ると、前群 G f で発生する球面収差が正に大きくなりすぎ、下限の場合と同様の理由で像のコントラストが低下する。

【 0 0 7 7 】

なお、本実施形態の光学系 1 は、以下の条件式 (3 ') を満足することがさらに好ましい。

$$- 0.001 < SA / f < 0.001 \quad (3')$$

【 0 0 7 8 】

条件式 (3 ') を満足することで、像のコントラストがさらに良くなる。

40

【 0 0 7 9 】

また、本実施形態の立体撮像装置は、以下の条件式 (4) を満足することが好ましい。

$$- 1 < PTZ / f < 1 \quad (4)$$

ただし、

PTZ は、前記前群の 3 次のペッツパール和の合計、

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 8 0 】

条件式 (4) は、ペッツパール和を規定するもので、前群 G f の前 3 群 G f 3 の空気界面で発生する負のペッツパール和を、前 3 群 g f 3 の接合面で発生する正のペッツパール

50

和で打ち消すことにより、前群 G f の全系のペッツバル和を小さくし、像面湾曲を抑えることが可能となる。

【 0 0 8 1 】

条件式 (4) の下限を下回ると、前群 G f で発生するペッツバル和が負に大きくなりすぎ、本実施形態のように偏心系の場合には後群 G b で発生するペッツバル和を正にして打ち消すことができないので、像面湾曲大きく発生して像面周辺の解像力が著しく低下する。

【 0 0 8 2 】

条件式 (4) の上限を上回ると、前群 G f で発生するペッツバル和が正に大きくなりすぎ、下限の場合と同様の理由で、像面湾曲大きく発生して像面周辺の解像力が著しく低下する。

10

【 0 0 8 3 】

なお、本実施形態の光学系 1 は、以下の条件式 (4 ') を満足することがさらに好ましい。

$$- 0.5 < P T Z / f < 0.5 \quad (4 ')$$

【 0 0 8 4 】

条件式 (4 ') を満足することで、像面湾曲を低減し、像面周辺の解像力を向上させる。

【 0 0 8 5 】

また、本実施形態の立体撮像装置は、以下の条件式 (5) 及び (6) を満足することが好ましい。

20

$$1.8 < n + \quad (5)$$

$$1.8 < n - \quad (6)$$

ただし、

$n +$ は、前群 G f の接合レンズである前 2 群 G f 2 の正のレンズの屈折率、

$n -$ は、前群 G f の接合レンズである前 2 群 G f 2 の負のレンズの屈折率、である。

【 0 0 8 6 】

条件式 (5) 及び (6) は、光学系 1 を小型するための条件であって、条件式 (5) 及び (6) を満足することにより、全長の短い広画角立体撮像光学系を構成することが可能となる。

30

【 0 0 8 7 】

条件式 (5) 及び (6) の下限を下回ると、収差を良好に補正することが困難となり、光学系の全長を長くしなければならなくなる。

【 0 0 8 8 】

また、本実施形態の立体撮像装置は、以下の条件式 (7) 及び (8) を満足することが好ましい。

$$A + < 2.0 \quad (7)$$

$$3.5 < A - \quad (8)$$

40

ただし、

$A +$ は、前群 G f の接合レンズである前 2 群 G f 2 の正のレンズのアップ数、

$A -$ は、前群 G f の接合レンズである前 2 群 G f 2 の負のレンズのアップ数、である。

【 0 0 8 9 】

条件式 (7) 及び (8) は、前 1 群 G f 1 で発生する倍率色収差を前群 G f 内で良好に補正するための条件であって、条件式 (7) 及び (8) を満足することにより、前 1 群 G f 1 で発生する倍率色収差を前 2 群 G f 2 で良好に補正することが可能となる。

【 0 0 9 0 】

条件式 (7) の下限を下回るか、条件式 (8) の上限を上回ると、倍率色収差を良好に

50

補正することが困難となり、像周辺の解像力が低下する。

【0091】

また、図1に示すように、第1前1群Gf1₁の平凹負レンズLf1₁₁は、第2前群Gf2側を一部切り欠いた第1切り欠き部81₁が形成され、第2前1群Gf2₁の平凹負レンズLf2₁₁は、第1前群Gf1側を一部切り欠いた第2切り欠き部81₂が形成されてもよい。

【0092】

第1切り欠き部81₁と第2切り欠き部81₂は、当接されることが好ましい。第1切り欠き部81₁と第2切り欠き部81₂が当接されることによって、第1前群Gf1の第1光軸と第2前群Gf2の第2光軸との距離を縮めることができ、光学系1を小型化することが可能となる。

10

【0093】

なお、切り欠き部は、他の第1前群Gf1と第2前群Gf2の対応するレンズに形成し、それぞれ当接させてもよい。

【0094】

また、第1切り欠き部81₁と第2切り欠き部81₂との間に図示しない遮光部材を設置してもよい。遮光部材を設置することにより、基線長を短くしても、第1前群Gf1と第2前群Gf2の間でそれぞれのフレア光が入射してしまうおそれを低減させることが可能となる。

【0095】

さらに、後群Gbの少なくとも1つのレンズは、後中心軸Cb方向に移動可能にしてもよい。このように、後群Gbの少なくとも1つのレンズを後中心軸Cb方向に移動可能とすることで、高画素の撮像素子に対してフォーカシング機能で対応することが可能となる。

20

【0096】

以下に、本実施形態にかかる光学系1の実施例1～4を説明する。なお、実施例1～4の数値データは、後述する。

【0097】

図9は、実施例1の光学系1の中心軸Cに沿った断面図である。図10及び図11は、実施例1の光学系1の横収差図である。

30

【0098】

横収差図において、中央に示された角度は、(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、X軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、実施例1～4の横収差図に関して同様である。

【0099】

実施例1の光学系1は、図9に示すように、物体側から像側へ順に、第1中心軸Cf1を光軸とする第1前群Gf1、及び、第1中心軸Cf1と並列に配置された第2中心軸Cf2を光軸とする第2前群Gf2を有する前群Gfと、単一の後中心軸Cbを有する後群Gbと、を備える。

40

【0100】

第1前群Gf1及び第2前群Gf2を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0101】

第1前群Gf1は、物体側に平面を向けた平凹負レンズLf1₁₁を有する第1前1群Gf1₁と、両凸正レンズLf1₂₁と両凹負レンズLf1₂₂の接合レンズSuf1₂₁を有する第1前2群Gf1₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf1₃₁と両凸正レンズLf1₃₂の接合レンズSuf1₃₁を有する第1前3群Gf1₃と、第1絞りS1と、を備えることが好ましい。

【0102】

50

第2前群G f 2は、物体側に平面を向けた平凹負レンズL f 2₁₁を有する第2前1群G f 2₁と、両凸正レンズL f 2₂₁と両凹負レンズL f 2₂₂の接合レンズS U f 2₂₁を有する第2前2群G f 2₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 2₃₁と両凸正レンズL f 2₃₂の接合レンズS U f 2₃₁を有する第2前3群G f 2₃と、第2絞りS 2と、を備えることが好ましい。

【0103】

後群G bは、両凸正レンズL b₁と両凹負レンズL b₂の接合レンズS U b 1₁を有する後1群G b 1と、両凸正レンズL b₃を有する後2群G b 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL b₄を有する後3群G b 3と、を備える。

【0104】

10

また、像面Iの手前には、フィルタを配置する。

【0105】

図示しない第1物体面から第1前群G f 1に入射した第1光束L 1は、第1前1群G f 1₁の平凹負レンズL f 1₁₁、第1前2群G f 1₂の接合レンズS U f 1₂₁、第1前3群G f 1₃の接合レンズS U f 1₃₁、及び、第1絞りS 1、を通過して、第1前群G f 1を射出し、その後、後群G bに入射する。

【0106】

図示しない第2物体面から第2前群G f 2に入射した第2光束L 2は、第2前1群G f 2₁の平凹負レンズL f 2₁₁、第2前2群G f 2₂の接合レンズS U f 2₂₁、第2前3群G f 2₃の接合レンズS U f 2₃₁、及び、第2絞りS 2、を通過して、第2前群G f 2を射出し、その後、後群G bに入射する。

20

【0107】

後群G bに入射した第1光束L 1及び第2光束L 2は、それぞれ後1群G b 1の接合レンズS U b 1₁、後2群G b 2の両凸正レンズL b₃、後3群G b 3の正メニスカスレンズL b₄、及び、フィルタFを通過して像面に入射する。

【0108】

図12は、実施例2の光学系1の中心軸Cに沿った断面図である。図13及び図14は、実施例2の光学系1の横収差図である。

【0109】

実施例2の光学系1は、図12に示すように、物体側から像側へ順に、第1中心軸C f 1を光軸とする第1前群G f 1、及び、第1中心軸C f 1と並列に配置された第2中心軸C f 2を光軸とする第2前群G f 2を有する前群G f と、単一の後中心軸C bを有する後群G bと、を備える。

30

【0110】

第1前群G f 1及び第2前群G f 2を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0111】

第1前群G f 1は、物体側に平面を向けた平凹負レンズL f 1₁₁を有する第1前1群G f 1₁と、両凸正レンズL f 1₂₁と両凹負レンズL f 1₂₂の接合レンズS U f 1₂₁を有する第1前2群G f 1₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 1₃₁と両凸正レンズL f 1₃₂の接合レンズS U f 1₃₁を有する第1前3群G f 1₃と、第1絞りS 1と、を備えることが好ましい。

40

【0112】

第2前群G f 2は、物体側に平面を向けた平凹負レンズL f 2₁₁を有する第2前1群G f 2₁と、両凸正レンズL f 2₂₁と両凹負レンズL f 2₂₂の接合レンズS U f 2₂₁を有する第2前2群G f 2₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 2₃₁と両凸正レンズL f 2₃₂の接合レンズS U f 2₃₁を有する第2前3群G f 2₃と、第2絞りS 2と、を備えることが好ましい。

【0113】

後群G bは、両凸正レンズL b₁と両凹負レンズL b₂の接合レンズS U b 1₁を有する

50

後 1 群 $G b_1$ と、両凸正レンズ $L b_3$ を有する後 2 群 $G b_2$ と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L b_4$ を有する後 3 群 $G b_3$ と、を備える。

【0114】

また、像面 I の手前には、フィルタを配置する。

【0115】

図示しない第 1 物体面から第 1 前群 $G f_1$ に入射した第 1 光束 L_1 は、第 1 前 1 群 $G f_{1_1}$ の平凹負レンズ $L f_{1_{11}}$ 、第 1 前 2 群 $G f_{1_2}$ の接合レンズ $S U f_{1_{21}}$ 、第 1 前 3 群 $G f_{1_3}$ の接合レンズ $S U f_{1_{31}}$ 、及び、第 1 絞り S_1 、を通過して、第 1 前群 $G f_1$ を射出し、その後、後群 $G b$ に入射する。

【0116】

図示しない第 2 物体面から第 2 前群 $G f_2$ に入射した第 2 光束 L_2 は、第 2 前 1 群 $G f_{2_1}$ の平凹負レンズ $L f_{2_{11}}$ 、第 2 前 2 群 $G f_{2_2}$ の接合レンズ $S U f_{2_{21}}$ 、第 2 前 3 群 $G f_{2_3}$ の接合レンズ $S U f_{2_{31}}$ 、及び、第 2 絞り S_2 、を通過して、第 2 前群 $G f_2$ を射出し、その後、後群 $G b$ に入射する。

【0117】

後群 $G b$ に入射した第 1 光束 L_1 及び第 2 光束 L_2 は、それぞれ後 1 群 $G b_1$ の接合レンズ $S U b_{1_1}$ 、後 2 群 $G b_2$ の両凸正レンズ $L b_3$ 、後 3 群 $G b_3$ の正メニスカスレンズ $L b_4$ 、及び、フィルタ F を通過して像面に入射する。

【0118】

図 15 は、実施例 3 の光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。図 16 及び 17 は、実施例 3 の光学系 1 の横収差図である。

【0119】

実施例 3 の光学系 1 は、図 15 に示すように、物体側から像側へ順に、第 1 中心軸 $C f_1$ を光軸とする第 1 前群 $G f_1$ 、及び、第 1 中心軸 $C f_1$ と並列に配置された第 2 中心軸 $C f_2$ を光軸とする第 2 前群 $G f_2$ を有する前群 $G f$ と、単一の中心軸 $C b$ を有する後群 $G b$ と、を備える。

【0120】

第 1 前群 $G f_1$ 及び第 2 前群 $G f_2$ を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0121】

第 1 前群 $G f_1$ は、物体側に平面を向けた平凹負レンズ $L f_{1_{11}}$ を有する第 1 前 1 群 $G f_{1_1}$ と、両凹負レンズ $L f_{1_{21}}$ と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L f_{1_{22}}$ の接合レンズ $S U f_{1_{21}}$ を有する第 1 前 2 群 $G f_{1_2}$ と、両凹負レンズ $L f_{1_{31}}$ と両凸正レンズ $L f_{1_{32}}$ の接合レンズ $S U f_{1_{31}}$ を有する第 1 前 3 群 $G f_{1_3}$ と、第 1 絞り S_1 と、を備えることが好ましい。

【0122】

第 2 前群 $G f_2$ は、物体側に平面を向けた平凹負レンズ $L f_{2_{11}}$ を有する第 2 前 1 群 $G f_{2_1}$ と、両凹負レンズ $L f_{2_{21}}$ と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L f_{2_{22}}$ の接合レンズ $S U f_{2_{21}}$ を有する第 2 前 2 群 $G f_{2_2}$ と、両凹負レンズ $L f_{2_{31}}$ と両凸正レンズ $L f_{2_{32}}$ の接合レンズ $S U f_{2_{31}}$ を有する第 2 前 3 群 $G f_{2_3}$ と、第 2 絞り S_2 と、を備えることが好ましい。

【0123】

後群 $G b$ は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L b_1$ を有する後 1 群 $G b_1$ と、反射光学素子としての透明媒体 $L b_2$ を有する後 2 群 $G b_2$ と、を備える。

【0124】

後 2 群 $G b_2$ の透明媒体 $L b_2$ は、前群 $G f$ の像面側に配置される第 1 透過面 $L C_1$ と、第 1 透過面 $L C_1$ の像面側に配置される第 1 反射面 $L R_1$ と、第 1 反射面 $L R_1$ の物体側に配置される第 2 反射面 $L R_2$ と、第 2 反射面 $L R_2$ の像面側に配置される第 2 透過面 $L C_2$ と、を有する。

【0125】

10

20

30

40

50

また、像面 I の手前には、フィルタを配置する。

【0126】

図示しない第1物体面から第1前群Gf1に入射した第1光束L1は、第1前1群Gf1₁の平凹負レンズLf1₁₁、第1前2群Gf1₂の接合レンズSuf1₂₁、第1前3群Gf1₃の接合レンズSuf1₃₁、及び、第1絞りS1を通過して、第1前群Gf1を射出し、その後、後群Gbに入射する。

【0127】

図示しない第2物体面から第2前群Gf2に入射した第2光束L2は、第2前1群Gf2₁の平凹負レンズLf2₁₁、第2前2群Gf2₂の接合レンズSuf2₂₁、第2前3群Gf2₃の接合レンズSuf2₃₁S2、及び、第2絞りを通して、第2前群Gf2を射出し、その後、後群Gbに入射する。

10

【0128】

後群Gbに入射した第1光束L1及び第2光束L2は、それぞれ後1群Gb1の正メニスカスレンズLb₁、後2群Gb2の透明媒体Lb₂、及び、フィルタFを通過して像面に入射する。

【0129】

透明媒体Lb₂において、第1光束L1及び第2光束L2は、第1透過面LC1を物体側から像側へ透過して透明媒体Lb₂に入射し、第1反射面LR1で物体側に反射され、第2反射面LR2で像側に反射され、第2透過面LC2を物体側から像側へ透過して透明媒体Lb₂を射出する。

20

【0130】

図18は、実施例4の光学系1の第1前群中心軸Cf1及び第2前群中心軸Cf2を含む断面図である。図19は、実施例4の光学系1の後群中心軸Cbを含み第1前群中心軸Cf1及び第2前群中心軸Cf2を含む平面に対して直交する断面図である。図20は、実施例4の光学系1の視差方向回転部の一例を物体側から見た図である。

図21及び図22は、実施例4の光学系1の横収差図である。

【0131】

実施例4の光学系1は、図18に示すように、物体側から像側へ順に、第1中心軸Cf1を光軸とする第1前群Gf1、及び、第1中心軸Cf1と並列に配置された第2中心軸Cf2を光軸とする第2前群Gf2を有する前群Gfと、単一の光軸を有する後群Gbと、を備える。

30

【0132】

第1前群Gf1及び第2前群Gf2を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0133】

第1前群Gf1は、物体側に平面を向けた平凹負レンズLf1₁₁を有する第1前1群Gf1₁と、両凹負レンズLf1₂₁と両凸正レンズLf1₂₂の接合レンズSuf1₂₁を有する第1前2群Gf1₂と、両凹負レンズLf1₃₁と両凸正レンズLf1₃₂の接合レンズSuf1₃₁を有する第1前3群Gf1₃と、第1プリズム4aと、第1絞りS1と、を備えることが好ましい。

40

【0134】

第2前群Gf2は、物体側に平面を向けた平凹負レンズLf2₁₁を有する第2前1群Gf2₁と、両凹負レンズLf2₂₁と両凸正レンズLf2₂₂の接合レンズSuf2₂₁を有する第2前2群Gf2₂と、両凹負レンズLf2₃₁と両凸正レンズLf2₃₂の接合レンズSuf2₃₁を有する第2前3群Gf2₃と、第2プリズム4bと、第2絞りS2と、を備えることが好ましい。

【0135】

後群Gbは、両凸正レンズLb₁と、両凹負レンズLb₂と両凸正レンズLb₃の接合レンズSufb₁₁を有する後1群Gb1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズLb₃を有する後2群Gb2と、を備える。

50

【0136】

また、像面 I の手前には、フィルタを配置する。

【0137】

図 20 に示すように、第 1 プリズム 4 a は、物体側から見て、第 1 前中心軸 C f 1 を中心に時計回りに 60° 回転して配置され、第 2 プリズム 4 b は、物体側から見て、第 2 前中心軸 C f 2 を中心に時計回りに 60° 回転して配置されている。

【0138】

図示しない第 1 物体面から第 1 前群 G f 1 に入射した第 1 光束 L 1 は、第 1 前 1 群 G f 1₁ の平凹負レンズ L f 1₁₁、第 1 前 2 群 G f 1₂ の接合レンズ S U f 1₂₁、第 1 前 3 群 G f 1₃ の接合レンズ S U f 1₃₁、第 1 プリズム 4 a、及び、第 1 絞り S 1、を通過して、
第 1 前群 G f 1 を射出し、その後、後群 G b に入射する。

10

【0139】

図示しない第 2 物体面から第 2 前群 G f 2 に入射した第 2 光束 L 2 は、第 2 前 1 群 G f 2₁ の平凹負レンズ L f 2₁₁、第 2 前 2 群 G f 2₂ の接合レンズ S U f 2₂₁、第 2 前 3 群 G f 2₃ の接合レンズ S U f 2₃₁、第 2 プリズム 4 b、及び、第 2 絞り S 2、を通過して、
第 2 前群 G f 2 を射出し、その後、後群 G b に入射する。

【0140】

第 1 プリズム 4 a では、図 4 に示すように、第 1 光束 L 1 は、第 1 透過面 4 a₁ から入射し、第 1 反射面 4 a₂ で反射し、第 2 反射面 4 a₃ で反射し、第 2 透過面 4 a₄ から射出する。

20

【0141】

第 2 プリズム 4 b では、同様に、第 2 光束 L 2 は、第 1 透過面 4 b₁ から入射し、第 1 反射面 4 b₂ で反射し、第 2 反射面 4 b₃ で反射し、第 2 透過面 4 b₄ から射出する。

【0142】

すなわち、実施例 4 では、図 20 に示すように、第 1 プリズム 4 a に入射する前の前群 G f の第 1 前群中心軸 C f 1 を通る主光線は、射出時に第 1 絞り中心 C S 1 を通る。同様に、第 2 プリズム 4 b に入射する前の前群 G f の第 2 前群中心軸 C f 2 を通る主光線は、射出時に第 2 絞り中心 C S 2 を通る。

【0143】

後群 G b に入射した第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 は、それぞれ後 1 群 G b 1 の両凸正レンズ L b₁ と接合レンズ S U b 1₁、後 2 群 G b 2 の正メニスカスレンズ L b₄ 及び、フィルタ F を通過して像面に入射する。

30

【0144】

以下に、上記実施例 1 ~ 実施例 4 の構成パラメータを示す。

【0145】

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。

【0146】

偏心面については、その面が定義される座標系の原点 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、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 ($^\circ$)) 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

【0147】

屈折率、アッペ数については、d 線 (波長 587.56 nm) に対するものを表記して

50

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。曲率半径に記載する“∞”は、無限大であることを示している。

【0148】

非球面データには、面データ中、非球面形状としたレンズ面に関するデータが示されている。非球面形状は、zを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると下記の式にて表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot (y / r)^2\}^{1/2}] + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} \dots$$

【0149】

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、A4、A6、A8はそれぞれ4次、6次、8次の非球面係数である。なお、記号“e”は、それに続く数値が10を底にもつ、べき指数であることを示している。例えば「1.0e-5」は「 1.0×10^{-5} 」であることを意味している。

【0150】

実施例1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	16.000			
1	∞	0.600		1.8830	40.7
2	1.059	0.334			
3	4.643	1.000		1.9229	18.9
4	-1.040	0.400		1.8830	40.7
5	1.290	0.334			
6	1.258	0.400		1.9229	18.9
7	0.861	1.000		1.4875	70.2
8	-1.251	0.050			
9	絞り面	0.050			
10	∞	0.000	偏心(1)		
11	6.435	1.600		1.7205	34.7
12	-2.545	0.700		1.8467	23.8
13	28.871	1.342			
14	43.542	1.400		1.6779	55.3
15	-6.146	0.100			
16	3.578	1.400		1.8830	40.7
17	12.495	1.000			
18	∞	1.000		1.5163	64.1
19	∞	0.100			
像面	∞				

偏心[1]					40
X	1.00	Y	0.00	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

仕様

画角	120°
焦点距離	1.138
絞り径	φ0.900mm
像の大きさ	φ2.000
有効Fno	3.803

【0151】

10

20

30

40

50

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	∞	16.000				
1	∞	0.600		1.8830	40.7	
2	1.008	0.303				
3	3.819	0.800		1.9229	18.9	
4	-1.167	0.400		1.8830	40.7	
5	1.465	0.332				
6	1.241	0.400		1.9155	20.9	10
7	0.845	0.800		1.4875	70.4	
8	-1.259	0.050				
9	絞り面	0.050				
10	∞	0.000	偏心 (1)			
11	5.419	1.400		1.7205	34.7	
12	-2.888	0.700		1.8467	23.8	
13	20.617	1.566				
14	20.224	1.200		1.6779	55.3	
15	-6.979	0.100				
16	3.500	1.200		1.8830	40.7	20
17	7.515	1.000				
18	∞	1.000		1.5163	64.1	
19	∞	0.100				
像面	∞					

偏心 [1]

X 1.00 Y 0.00 Z 0.00

仕様

画角	90 °	30
焦点距離	1.403	
絞り径	$\phi 1.000\text{mm}$	
像の大きさ	$\phi 2.000$	
有効Fno	3.647	

【 0 1 5 2 】

実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数	
物体面	∞	16.000				
1	∞	0.600		1.8830	40.7	40
2	1.132	0.387				
3	-8.550	0.600		1.8830	40.7	
4	1.153	1.200		1.9229	18.9	
5	13.784	2.300				
6	-17.734	0.500		1.8467	23.8	
7	3.237	1.000		1.7620	40.1	
8	-3.113	0.100				
9	絞り面	-0.200				
10	∞	0.000	偏心 (1)			
11	6.818	2.000		1.6935	50.8	50

12	90.629	1.000		
13	-8.194	2.113	1.8830	40.7
14	非球面[1]	-1.913	1.8830	40.7
15	非球面[2]	2.013	1.8830	40.7
16	-4.631	0.200		
17	∞	1.000	1.5163	64.1
18	∞	0.100		
像面	∞			

非球面[1]

10

曲率半径 -6.448
k -1.6091e-001
a -2.9685e-006

非球面[2]

曲率半径 -3.472
k 1.6234e+000
a 8.4820e-004

偏心[1]

20

X 3.000 Y 0.000 Z 0.000

仕様

画角 120 °
焦点距離 1.090
絞り径 ϕ 1.500
像の大きさ(直視) ϕ 2.000
有効Fno 4.317

【 0 1 5 3 】

実施例 4

30

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	16.000			
1	∞	0.600		1.8830	40.7
2	2.098	1.189			
3	-8.437	0.600		1.8830	40.7
4	7.098	1.400		1.9229	18.9
5	-7.838	2.738			
6	-6.992	0.600		1.9229	18.9
7	3.368	1.000		1.8467	23.8
8	-3.846	0.100			
9	プリズム偏心	0.000	偏心(1)		
10	∞	1.000		1.8830	40.7
11	反射面	2.000		1.8830	40.7
12	反射面	1.000		1.8830	40.7
13	∞	0.000			
14	絞り面	0.000			
15	∞	2.000(9面からの面間隔)			
16	∞	0.000	偏心(2)		
17	5.757	1.000		1.9229	18.9

40

50

18	-41.868	0.400		
19	-5.374	0.600	1.9229	18.9
20	4.912	1.600	1.6935	50.8
21	-4.491	1.873		
22	3.666	1.200	1.8830	40.7
23	12.993	1.000		
24	∞	1.000	1.5163	64.1
25	∞	0.100		
像 面	∞			

10

偏心[1]

前群軸 C f 1 , C f 2 周りにそれぞれ 60 ° 回転して菱形プリズムを配置

偏心[2]

X	1.73	Y	0.00	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

仕様

画角	120 °
焦点距離	1.144
絞り径	ϕ 1.100
像の大きさ	ϕ 2.000
有効Fno	3.746

20

【 0 1 5 4 】

上記実施例 1 ~ 4 について、条件式 (1) 及び (2) の値を下記に示しておく。

【 0 1 5 5 】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1) L A T / f	-0.0402	-0.0211	-0.0231	-0.0110
(2) A X / f	-0.0009	-0.0029	-0.0024	-0.0054
(3) S A / f	-0.0006	-0.0003	-0.0003	0.0006
(4) P T Z / f	0.1986	0.1300	0.3574	0.1508
(5) n +	1.9229	1.9229	1.9229	1.9229
(6) n -	1.8830	1.8830	1.8830	1.8830
(7) A +	18.9	18.9	18.9	18.9
(8) A -	40.7	40.7	40.7	40.7

30

【 0 1 5 6 】

以下に、本実施形態の光学系 1 の適用例を説明する。

【 0 1 5 7 】

図 2 3 は、本実施形態の光学系を自動車の撮像光学系として用いた例を示す図である。

【 0 1 5 8 】

図 2 3 (a) は、自動車 1 3 0 の前方に撮像光学系として本実施形態にかかる光学系 1 を取り付けて、車内の表示装置に各光学系 1 を経て撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して同時に表示するようにした例を示す図であり、図 2 3 (b) は、自動車 1 3 0 の各コーナやヘッド部のポールの頂部に立体撮像装置として本実施形態にかかる光学系 1 を複数取り付けて、車内の表示装置に各光学系 1 を経て撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して同時に立体的に表示するようにした例を示す図である。

40

【 0 1 5 9 】

図 2 4 は、本実施形態の光学系を内視鏡先端の撮像光学系として用いた例を示す図である。

【 0 1 6 0 】

50

図 2 4 は、内視鏡先端の撮像光学系として本実施形態にかかる光学系 1 を用いた例を示すための図である。図 2 4 (a) は、硬性内視鏡 1 1 0 の先端に本実施形態にかかる光学系 1 を取り付けて 3 6 0 ° 全方位の画像を立体的に撮像観察する例である。図 2 4 (b) にその先端の概略の構成を示す。また、図 2 4 (c) は、軟性電子内視鏡 1 1 3 の先端に本実施形態にかかる光学系 1 を同様に取り付けて、撮影された画像を、表示装置 1 1 4 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例である。

【 0 1 6 1 】

図 2 4 に示すように、内視鏡に光学系 1 又は立体撮像装置を用いることにより、全方位の画像を立体的に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立体的に撮像観察することができる。

10

【 0 1 6 2 】

以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態のみに限られるものではなく、それぞれの実施形態の構成を適宜組み合わせる構成した実施形態も本発明の範疇となるものである。

【 符号の説明 】

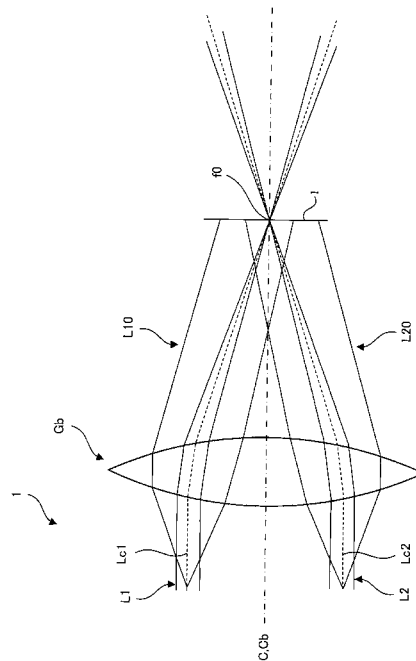
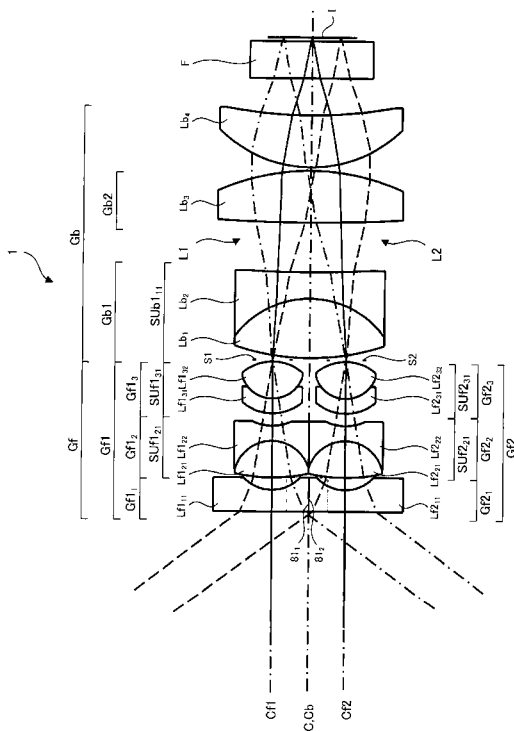
【 0 1 6 3 】

- 1 ... 光学系
- G f ... 前群
- G b ... 後群
- S 1 ... 第 1 絞り
- S 2 ... 第 2 絞り
- I ... 像面

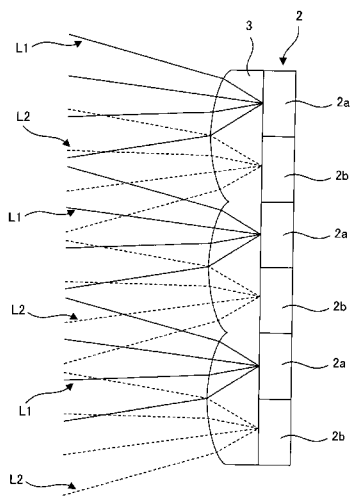
20

【 図 1 】

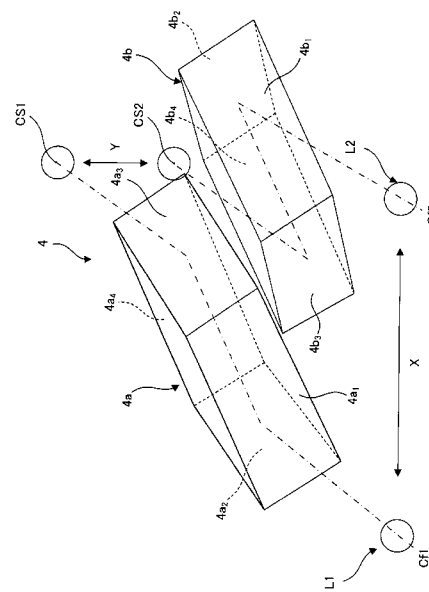
【 図 2 】



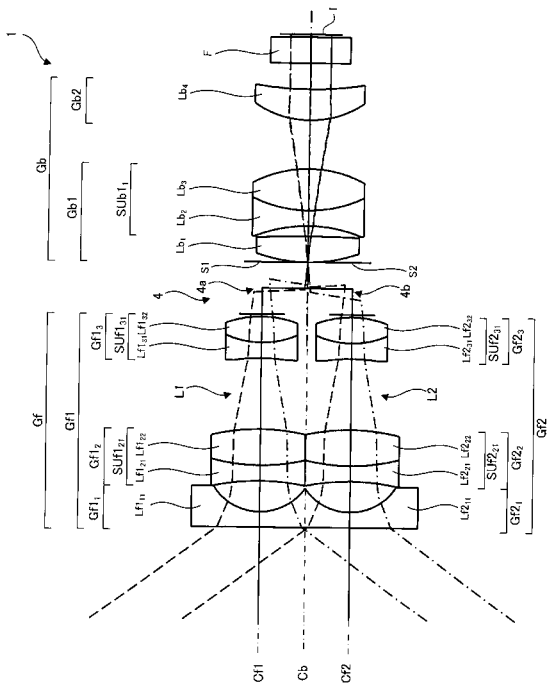
【図 3】



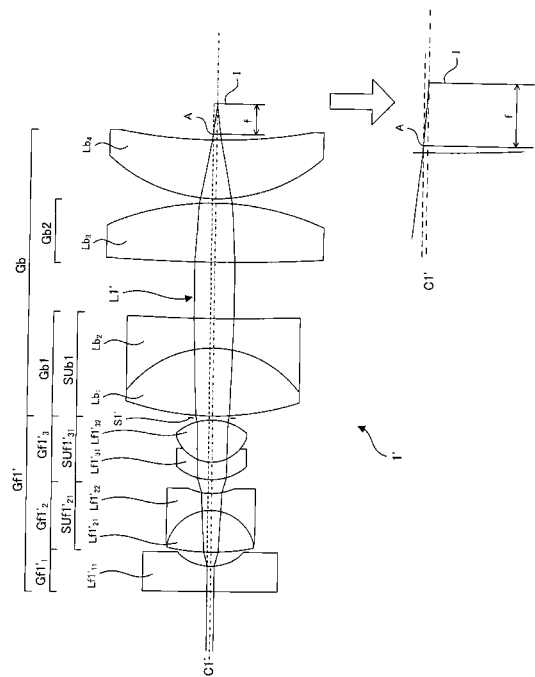
【図 4】



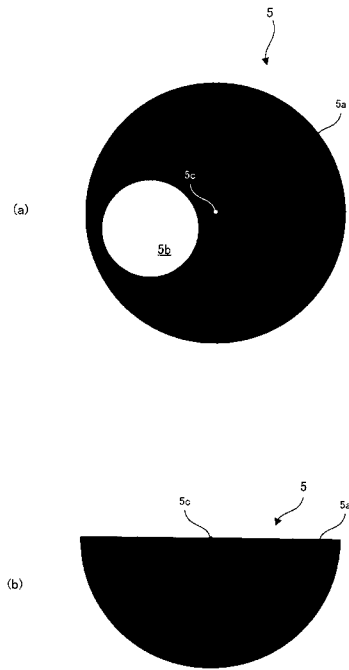
【図 5】



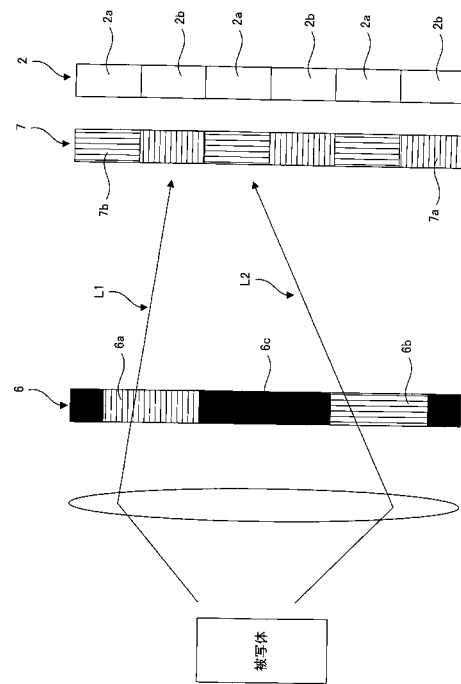
【図 6】



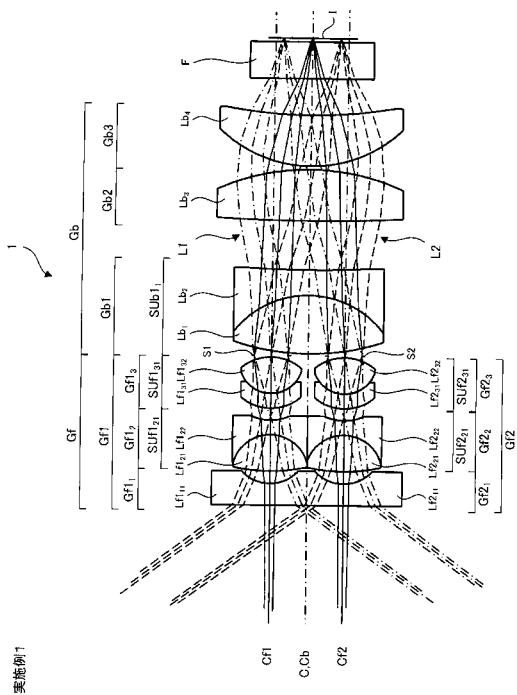
【図 7】



【図 8】



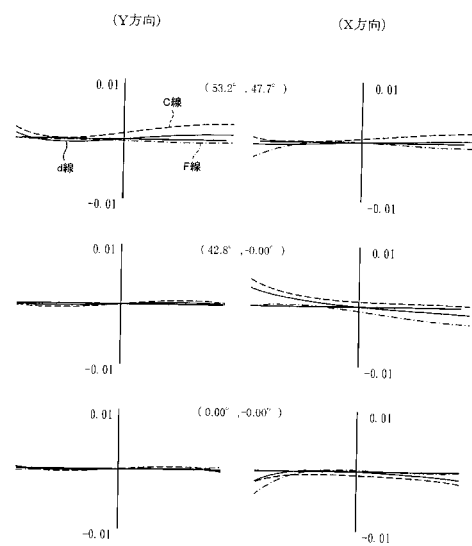
【図 9】



実施例1

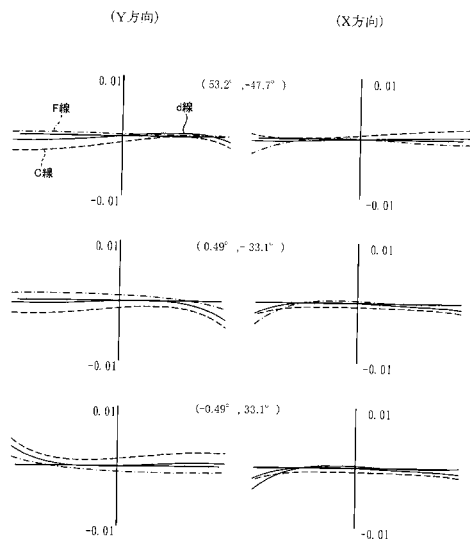
【図 10】

実施例1

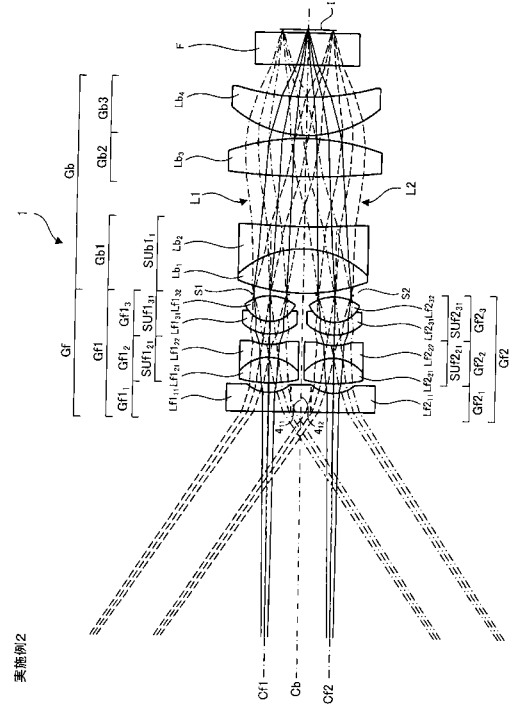


【図 1 1】

実施例1

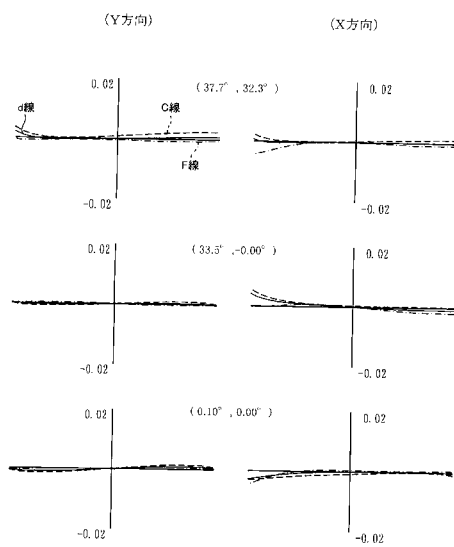


【図 1 2】



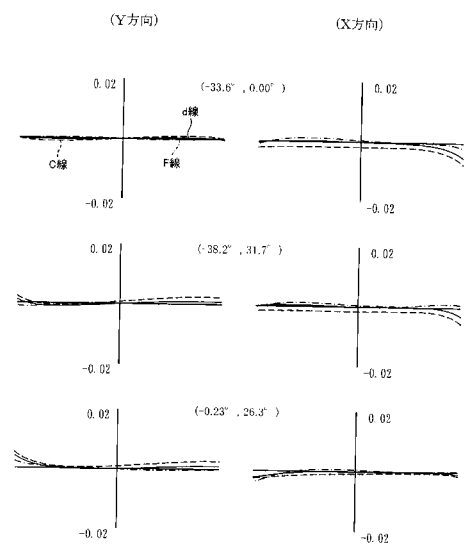
【図 1 3】

実施例2

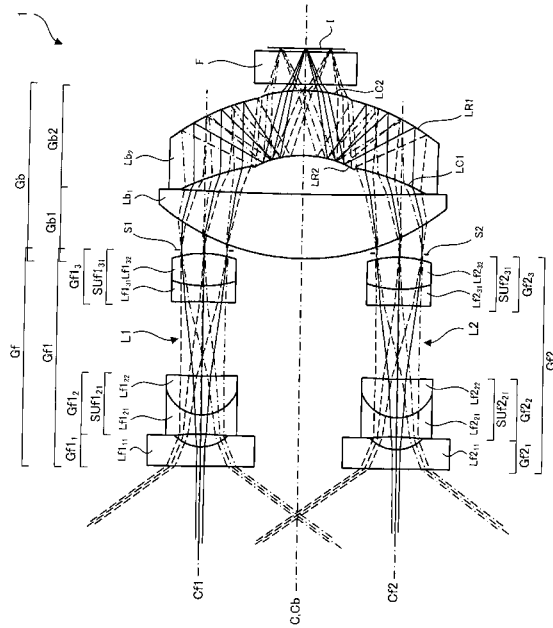


【図 1 4】

実施例2



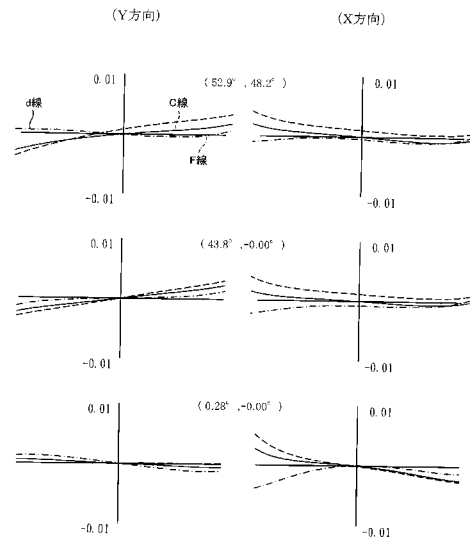
【図 15】



実施例3

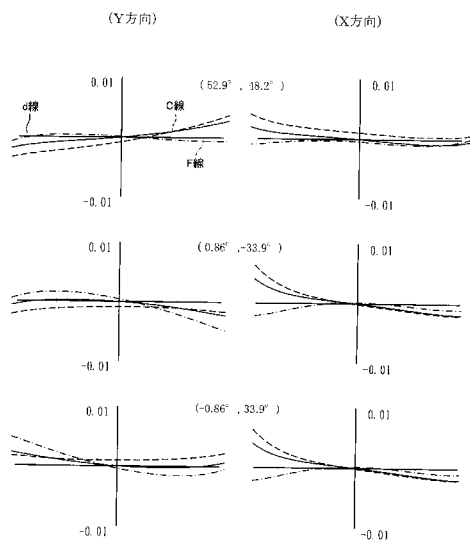
【図 16】

実施例3

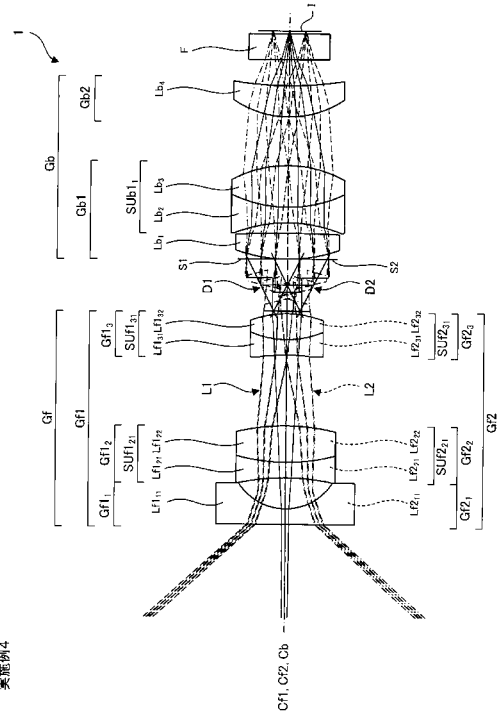


【図 17】

実施例3

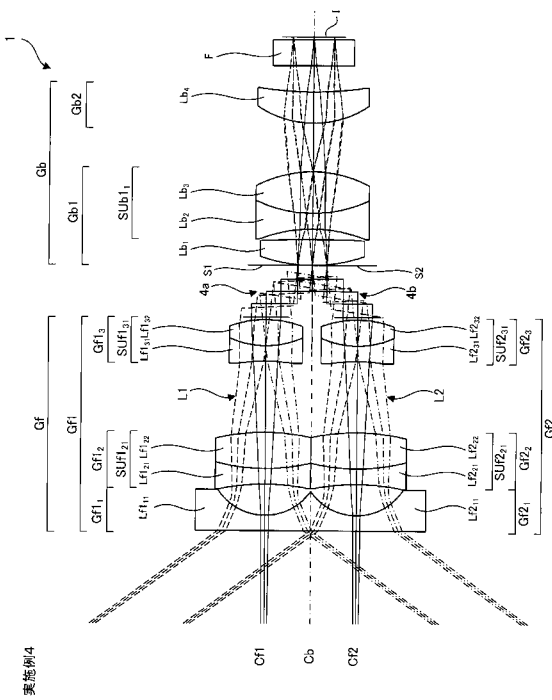


【図 18】

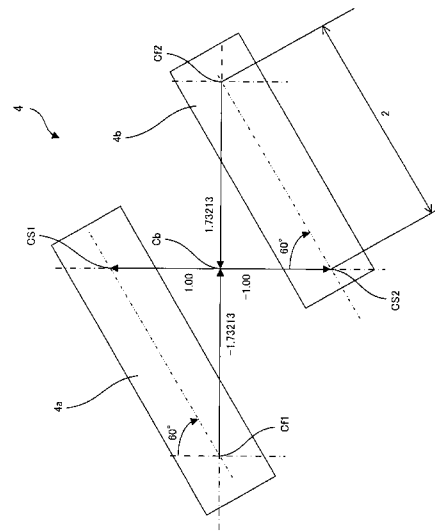


実施例4

【図 19】

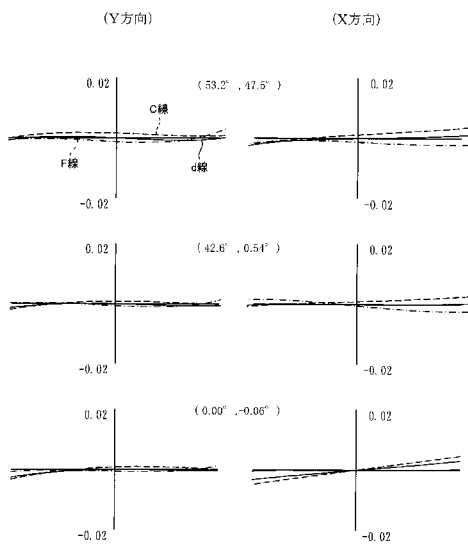


【図 20】



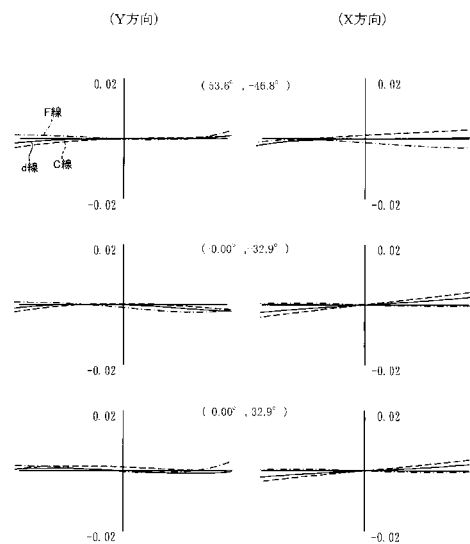
【図 21】

実施例4

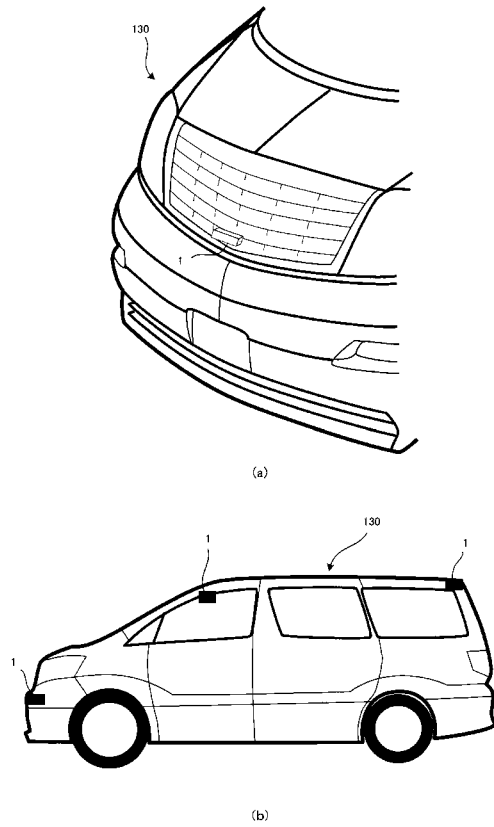


【図 22】

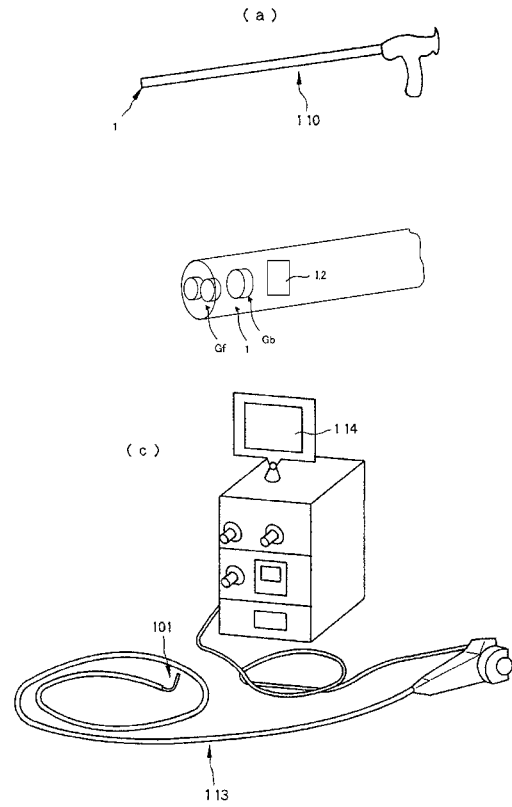
実施例4



【図 23】



【図 24】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
A 6 1 B 1/04 (2006.01) A 6 1 B 1/04 3 7 2

(72)発明者 浪井 泰志

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリジナルメディカルシステムズ株式会社内

F ターム(参考) 2H040 BA04 BA15 BA23 GA02

2H059 AA09

2H087 KA01 KA10 LA01 PA06 PA16 PB09 QA01 QA06 QA18 QA21

QA26 QA32 QA41 QA46 RA07 RA26 RA32 RA41 RA42 RA43

RA44 TA01 TA04 TA06

4C161 BB06 CC06 DD01 FF40

专利名称(译)	成像光学系统，立体成像装置和内窥镜		
公开(公告)号	JP2014174390A	公开(公告)日	2014-09-22
申请号	JP2013048039	申请日	2013-03-11
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	研野孝吉 浪井泰志		
发明人	研野 孝吉 浪井 泰志		
IPC分类号	G02B13/00 G02B17/08 G02B23/24 G03B35/08 A61B1/00 A61B1/04		
FI分类号	G02B13/00 G02B17/08.A G02B23/24.B G03B35/08 A61B1/00.300.Y A61B1/04.372 A61B1/00.522 A61B1/00.731 A61B1/05		
F-TERM分类号	2H040/BA04 2H040/BA15 2H040/BA23 2H040/GA02 2H059/AA09 2H087/KA01 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA06 2H087/PA16 2H087/PB09 2H087/QA01 2H087/QA06 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA26 2H087/QA32 2H087/QA41 2H087/QA46 2H087/RA07 2H087/RA26 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/RA42 2H087/RA43 2H087/RA44 2H087/TA01 2H087/TA04 2H087/TA06 4C161/BB06 4C161/CC06 4C161/DD01 4C161/FF40		
代理人(译)	南义明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种紧凑的成像光学系统，该成像光学系统能够获取高分辨率和宽观察视角的立体图像，并提供一种立体图像捕获装置和具有该立体图像捕获装置的内窥镜。成像光学系统从物体侧到像侧依次包括前组Gf，其包括以第一前组中心轴Cf1为中心的第一前组Gf1和以第二前组中心轴为中心的第二前组Gf2 Cf2平行于第一前组中心轴线Cf1，后组Gb具有单个后组中心轴线Cb。前组Gf中的第一前组Gf1和第二前组Gf2是无焦点系统，每个至少包括负第一组Gf1，Gf2，第二前组Gf1，Gf2（即胶合透镜），第三前组Gf1。作为胶合透镜的Gf2和孔径光阑S1，S2。穿过第一前组Gf1的第一光束L1和穿过第二前组Gf2的第二光束L2彼此相交，并在离开后组Gb之后形成图像。

