

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-104465
(P2023-104465A)

(43)公開日 令和5年7月28日(2023.7.28)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	13/04 (2006.01)	F I	G 0 2 B	13/04
G 0 2 B	13/00 (2006.01)		G 0 2 B	13/00
G 0 3 B	19/07 (2021.01)		G 0 2 B	13/04
G 0 3 B	35/08 (2021.01)		G 0 3 B	19/07
G 0 3 B	37/00 (2021.01)		G 0 3 B	35/08

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全23頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2022-5462(P2022-5462)
(22)出願日 令和4年1月18日(2022.1.18)

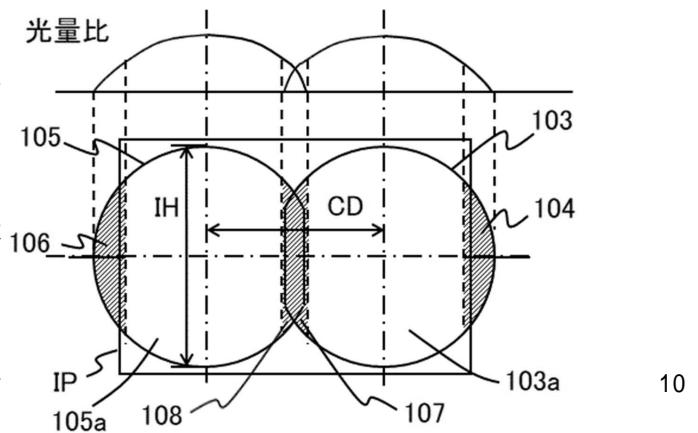
(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74)代理人 100110412
弁理士 藤元 亮輔
(74)代理人 100104628
弁理士 水本 敦也
(74)代理人 100121614
弁理士 平山 優也
(72)発明者 横山 貴嘉
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内
F ターム (参考) 2H054 BB02 BB05
2H059 AA09 BA02 BA03
2H087 KA01 KA02 LA03 PA09
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステレオ光学系および撮像装置

(57)【要約】

【課題】並列配置された2つ光学系が1つの撮像素子上に形成するイメージサークルをできるだけ大きくする。
【解決手段】ステレオ光学系は、並列配置された2つの光学系101、102により1つの撮像素子IP上にイメージサークル103、105を形成する。各光学系は、イメージサークルのうち並列配置方向での外側の第1の領域104、106に他方の光学系が写り込む画角を有し、イメージサークルのうち内側の第2の領域107、108の光量を低下させるための視野絞りRCを有する。2つの光学系の光軸間距離とイメージサークル径を、撮像素子上においてイメージサークルの中心間距離がイメージサークル径よりも短くなっている第3の領域103a、105a同士が近接または隣接し、かつ第1の領域が撮像素子上から外れるように設定する。

【選択図】図17



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

並列配置された 2 つの光学系を有し、1 つの撮像素子上に前記 2 つの光学系のイメージサークルを形成するステレオ光学系であって、

前記 2 つの光学系はそれぞれ、

前記イメージサークルのうち前記 2 つの光学系の並列配置方向での外側の第 1 の領域に他方の光学系が写り込む画角を有し、

前記イメージサークルのうち前記並列配置方向での内側の第 2 の領域の光量を低下させるための視野絞りを有し、

前記 2 つの光学系の光軸間距離とイメージサークル径が、前記撮像素子上において前記 2 つの光学系のイメージサークルの中心間距離が前記イメージサークル径よりも短くなつて該 2 つの光学系のイメージサークルのうち前記第 1 の領域と前記第 2 の領域の間の第 3 の領域同士が近接または隣接し、かつ前記第 1 の領域の少なくとも一部が前記撮像素子上から外れるように設定されていることを特徴とするステレオ光学系。 10

【請求項 2】

前記光軸間距離を D_{out} 、前記イメージサークル径を IH とするとき、

0.75 D_{out} / IH 0.99

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のステレオ光学系。

【請求項 3】

前記 2 つの光学系のそれぞれの半画角を とするとき、 20

160.0° 2 220.0°

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のステレオ光学系。

【請求項 4】

前記 2 つの光学系はそれぞれ、物体側レンズ群と、像側レンズ群とを有し、

前記物体側レンズと前記像側レンズ群との間での光路の折り曲げによって前記 2 つの光学系における前記物体側レンズ群の光軸間距離よりも前記像側レンズ群の光軸間距離が短くなつており、

前記 2 つの光学系の光軸間距離は、前記像側レンズ群の光軸間距離であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に従うステレオ光学系。 30

【請求項 5】

前記物体側レンズ群の光軸間距離を D_{in} 、前記像側レンズ群の光軸間距離を D_{out} とするとき、

• 0.5 D_{out} / D_{in} 0.50

なる条件を満足することを特徴とする請求項 4 に記載のステレオ光学系。

【請求項 6】

前記 2 つの光学系のそれぞれの F ナンバーを F_{no} とするとき、

1.40 F_{no} 6.50

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のステレオ光学系。 40

【請求項 7】

前記 2 つの光学系のそれぞれにおいて、該光学系の光軸から前記視野絞りにおいて前記光量を低下させるための遮光部までの距離を RCa 、前記視野絞りにおける前記遮光部が設けられていない部分の最大開口径を RCb とするとき、

0.25 RCa / RCb 0.48

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のステレオ光学系。

【請求項 8】

前記 2 つの光学系のそれぞれにおいて、前記視野絞りから像面までの光軸上の距離を d_{RC} 、前記光学系のうち屈折力を有する最も像側のレンズの像側の面から前記像面までの光軸上の距離を sk とするとき、 50

0 . 2 0 d R C / s k < 1 . 0 0

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のステレオ光学系。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のステレオ光学系と、
前記撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステレオ撮像に用いられる光学系および撮像装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

ヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置を通してユーザが両眼で立体観察可能な左右の視差画像を撮像により取得する際には、並列配置された左右 2 つの光学系を有するステレオ撮像用の光学系が用いられる。特許文献 1 には、それぞれ魚眼レンズである左右 2 つの光学系を通して左右の視差画像を撮像可能とするステレオ光学系が開示されている。このステレオ光学系では、左右の光学系のイメージサークルを 1 つの撮像素子内に收められるように、左右の光学系のうち物体側部分の光軸間隔よりも像側部分の光軸間隔を狭くするように各光学系の光路を折り曲げている。このステレオ光学系を 1 つの撮像素子を有する通常のレンズ交換型撮像装置に装着することで、ステレオ撮像が可能となる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2020 - 008629 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 のステレオ光学系のように左右の光学系のイメージサークルを 1 つの撮像素子内に收めるためには、1 つの光学系に対して 1 つの撮像素子を用意する場合に比べて、各光学系のイメージサークルのサイズを小さくする必要がある。この結果、撮像により取得される画像の画素数が少なくなり、高画質化に限界がある。

30

【0005】

また、左右の光学系のそれぞれが魚眼レンズであると、一方の光学系で発生した迷光が他方の光学系のイメージサークルに映り込んで画質を低下させるおそれがある。

【0006】

本発明は、並列配置された 2 つ光学系のそれぞれが 1 つの撮像素子上に形成するイメージサークルをできるだけ大きくして、撮像により得られる画像の画質を向上させることができるようにしたステレオ光学系を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面としてのステレオ光学系は、並列配置された 2 つの光学系を有し、1 つの撮像素子上に該 2 つの光学系のイメージサークルを形成する。2 つの光学系はそれぞれ、イメージサークルのうち 2 つの光学系の並列配置方向での外側の第 1 の領域に他方の光学系が写り込む画角を有し、イメージサークルのうち並列配置方向での内側の第 2 の領域の光量を低下させるための視野絞りを有する。2 つの光学系の光軸間距離とイメージサークル径が、撮像素子上において 2 つの光学系のイメージサークルの中心間距離がイメージサークル径よりも短くなつて 2 つの光学系のイメージサークルのうち第 1 の領域と第 2 の領域の間の第 3 の領域同士が近接または隣接し、かつ第 1 の領域の少なくとも一部が撮像素子上から外れるように設定されていることを特徴とする。なお、上記ステレオ光学系と撮像素子を備えた撮像装置も、本発明の他の一側面を構成する。

40

50

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、並列配置された2つ光学系のそれぞれが1つの撮像素子上に形成するイメージサークル（第3の領域）をできるだけ大きくして、撮像により得られる画像の画質を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1のステレオ光学系における一方の光学系の断面図。

【図2】実施例1（数値例1）の縦収差図。

【図3】数値例1の周辺光量比を示す図。

10

【図4】実施例1における視野絞りを説明する図。

【図5】実施例2のステレオ光学系における一方の光学系の断面図。

【図6】実施例2（数値例2）の縦収差図。

【図7】数値例2の周辺光量比を示す図。

【図8】実施例3のステレオ光学系における一方の光学系の断面図。

【図9】実施例3（数値例3）の縦収差図。

【図10】数値例3の周辺光量比を示す図。

【図11】一方の光学系のイメージサークルのうち他方の光学系からの迷光が写り込む領域を示す図。

【図12】イメージサークルのうち観賞に適さない領域を示す図。

20

【図13】視野絞りを示す図

【図14】撮像素子上のイメージサークルを示す図。

【図15】撮像素子上のイメージサークルを示す別の図。

【図16】撮像素子上のイメージサークルを示すさらに別の図。

【図17】撮像素子上のイメージサークルを示す他の図。

【図18】各実施例のステレオ光学系を備えた撮像装置の外観図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。まず、具体的な実施例1～3の説明に先だって、各実施例に共通する事項について説明する。

30

【0011】

各実施例のステレオ光学系は、デジタルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラおよび監視用カメラ等の撮像素子を備えた各種撮像装置に着脱可能に装着される交換レンズに設けられる。なお、各実施例のステレオ光学系を撮像装置に一体に設けてもよい。

【0012】

各実施例のステレオ光学系は、図11に示すように、Z方向に並列配置された2つの光学系（右眼光学系および左眼光学系）101、102を有する。同図において、左側が物体側（前側）で、右側が像側（後側）である。X方向は各光学系の光軸（一点鎖線で示す）が伸びる光軸方向を示している。図11の右側部分には、物体側から見た像面IPを示している。像面IPには、図中に矩形枠で示す1つの撮像素子（撮像面）が配置される。撮像素子は、Z方向に長辺が伸び、Y方向に短辺が伸びる矩形形状を有する。撮像素子上には、2つの光学系101、102のイメージサークル103、105が形成される。なお、各実施例では、各光学系の光軸上の光量1の位置（中心）から光量0となる周辺縁までの領域をイメージサークルとして定義する。

【0013】

2つの光学系101、102はそれぞれ、イメージサークル103、105のうちZ方向（並列配置方向）での外側の第1の領域104、106に他方（隣）の光学系が写り込む画角を有する。具体的には、180°以上の画角を有する。これにより、撮像素子の出力から生成される撮像画像として、これをヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置を通して観察する観察者の視野を覆う撮像領域の画像を得ることが可能となり、観察者に

40

50

高い臨場感を与えることができる。

【0014】

また、2つの光学系101、102はそれぞれ、視野絞りRCを有する。視野絞りRCは、イメージサークル103、105のうちZ方向での内側の第2の領域107、108の光量を低下させるために設けられている。視野絞りRCは、これを設けない場合に比べて第2の領域の光量を低下させればよく、必ずしも第2の領域の光量を0としなくてもよい。イメージサークル103、105のうち第1の領域104、106と第2の領域107、108との間の領域は、撮像（画像観賞）に適した第3の領域103a、105aである。

【0015】

そして各実施例では、2つの光学系101、102の像側部分での光軸間距離Doutとイメージサークル径（直径）IHが以下の条件を満足するように設定されている。第1に、図16または図17に示すように、撮像素子上において2つの光学系101、102のイメージサークル103、105の中心間距離CDがイメージサークル径IHよりも短くなつて第3の領域103a、105a同士が近接または隣接するように設定されている。第2に、第1の領域104、106の少なくとも一部が撮像素子上から外れるように設定されている。

【0016】

光学系101、102はそれぞれ、物体側から像側に順に配置された第1レンズ群（物体側レンズ群）L1と、第2レンズ群L2と、第3レンズ群L3とを有する。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間には反射部材PR1が配置され、第2レンズ群L2と第3レンズ群L2cの間には反射部材PR2が配置されている。反射部材PR1は光学系101の光路をZ方向に折り曲げ、反射部材PR2は光路をX方向に折り曲げる。これにより、2つの光学系101、102の第1レンズ群L1の光軸間距離（基線長）Dinよりも第3レンズ群L3の光軸間距離Doutが短くなつてある。基線長は、人の左右の眼の間隔（60～65cm）程度に設定されている。これにより、立体視を可能とする視差を互いに有する2つの撮像画像を1つの撮像素子の出力から得ることができる。反射部材PR1、PR2としては、プリズムやミラー等を用いることができる。SPは開口絞りである。

【0017】

なお、図示はしないが、第3レンズ群L3と像面IPとの間には、光学フィルタ（ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等）やフェースプレート等の光学ブロックを配置することができる。

【0018】

図11は、光学系101のイメージサークル103における第1の領域104に隣の光学系102から到達する光線を示している。これらの光線が第1の領域104に到達することで、第1の領域104に光学系102が写り込む。実線は光学系102の最も物体側のレンズの前面からの光線を示し、破線は該レンズの側面からの光線を示している。同様に、光学系101から光学系102のイメージサークル105における第1の領域106に光線が到達することで、第1の領域106に光学系101が写り込む。

【0019】

このような状態において各光学系を通して撮像を行うと、得られる画像内に隣の光学系が写り込んだ領域が存在し、その領域では本来観賞されるはずの画像を観賞することができない。

【0020】

また、図12に示すように、右眼光学系101のイメージサークル103内の右端近傍には左眼光学系102が写り込んだ第1の領域104が存在する一方、左眼光学系102のイメージサークル105内の右端近傍の第2の領域108には右眼光学系101は写り込まない。同様に左眼光学系102のイメージサークル105内の左端近傍には右眼光学系101が写り込んだ第1の領域106が存在する一方、右眼光学系101のイメージサ

10

20

30

40

50

ークル 103 内の左端近傍の第 2 の領域 107 には左眼光学系 102 は写り込まない。

【0021】

このため、右眼光学系 101 を通した撮像により得られる右眼画像における右端近傍と左端近傍の領域の画像と左眼光学系 102 を通した撮像により得られる左眼画像における右端近傍と左端近傍の領域の画像がそれぞれ互いに異なるものとなる。このような互いに異なる画像の領域は、両眼での観賞には適さない。したがって、各光学系のイメージサークルのうち隣の光学系が写り込む第 1 の領域 (104、106) と画像観賞に適さない第 2 の領域 (107、108) はそもそも撮像が不要な領域である。

【0022】

各実施例のステレオ光学系は、各光学系のイメージサークルのうち撮像が不要な第 1 および第 2 の領域 (以下、まとめて不要イメージサークル領域という) を撮像対象から削減した上で、観賞に適した第 3 の領域 (以下、観賞イメージサークル領域という) を撮像素子上で拡大する。これにより、撮像画像のうち観賞イメージサークル領域に対応する画像領域 (以下、観賞画像領域という) の画素数を増加させて高画質化することができる。

10

【0023】

図 14 は、不要イメージサークル領域を削除しない場合のイメージサークル 103、105 を示している。図の上部には、イメージサークル 103、105 の光量の分布を示している。この場合、不要イメージサークル領域 104、106、107、108 が撮像素子上に存在するため、観賞イメージサークル領域 103a、105a の面積が小さくなる。この結果、撮像画像中における観賞画像領域の画素数が少なくなり、画質が低下する。

20

【0024】

一方、図 15 は、第 2 の領域 107、108 を重ね合わせ、かつ第 1 の領域 104、106 が撮像素子上から外れるようにイメージサークル 103、105 の配置 (つまりは光学系 101、102 の光軸間距離) とサイズ (径) を設定した場合を示している。図の上部には、イメージサークル 103、105 の光量の分布を示している。この場合、観賞イメージサークル領域 103a、105a の面積が大きくなり、撮像画像中の観賞画像領域の画素数を多くして画質が向上させることができる。

20

【0025】

さらに各実施例では、図 15 のようなイメージサークル 103、105 の配置とサイズを設定しつつ、光学系 101、102 と撮像素子との間に、撮像素子上のイメージサークル 103、105 から第 2 の領域 107、108 をカットする視野絞り RC を設けている。図 13 (A) は、視野絞りを設けない場合に光学系を通過して像面に到達する有効光線を示している。図中に実線で示す光線は、観賞イメージサークル領域の端の像高に到達する光線である。この像高から破線で示す不要光線が到達する像高までが第 2 の領域である。

30

【0026】

図 13 (B) は、視野絞り RC を設けた場合に光学系を通過して像面に到達する有効光線を示している。図 13 (A) 中に示した不要光線が視野絞り RC により遮られることで、第 2 の領域の光量が低下する。以下では、視野絞り RC により第 2 の領域の光量を低下させることを、イメージサークルのうち第 2 の領域をカットするともいう。

40

【0027】

図 16 は、図 15 に示した配置とサイズを有し、さらに視野絞り RC により第 2 の領域 107、108 がカットされたイメージサークル 103、105 を示している。図の上部には、イメージサークル 103、105 の光量の分布を示している。第 2 の領域 107、108 の一部が D カットされたイメージサークル 103、105 の D カット端同士が互いに隣接している。これにより、イメージサークル 103、105 が重なり合う領域を少なく (無くする) ことができる。

【0028】

さらに、図 17 に示すように、イメージサークル 103、105 のサイズをそれぞれの観賞イメージサークル領域 103a、105a に他方のイメージサークルが重ならない範

50

囲で拡大してもよい。この場合も、イメージサークル 103、105 のそれぞれの D カット端が、他方のイメージサークルの第 2 の領域と重なりつつ互いに近接している。この結果、観賞イメージサークル領域 103a、105a の内側の端同士が互いに近接（望ましくは隣接）する。

【0029】

このようなイメージサークル 103、105 の配置とサイズの設定により、撮像画像における観賞画像領域の面積がより大きくなり、観賞画像領域の画質をより向上させることができる。

【0030】

各実施例のステレオ光学系は、2つの光学系 101、103 により形成される 2つの光学像を1つの撮像素子で撮像できるようにする光学系である。そして、2つの光学系 101、103 の観賞イメージサークル領域 103a、105a をできるだけ近づけつつ各イメージサークルのサイズを大きくしている。このため、それぞれの光学系のイメージサークルに他方の光学系からの光線が入り込んで各光学系を通した撮像により得られる画像の画質を低下させないように視野絞り RC を設けている。

【0031】

また、各光学系の画角が大きいため、太陽等の光源からの迷光が各光学系に入射する撮像シーンが多くなり易い。このような迷光の光路は有効光線の光路とは異なることが多い。このため、迷光の制限を光学系内に配置された視野絞りで行っても、迷光の低減効果が小さい。このため、各実施例では、撮像素子の直前（光学系と撮像素子の間）の位置に視野絞り RC を設けることで、迷光を効果的に遮断することができる。

【0032】

なお、互いに異なる像高の光線は、開口絞り SP より後側のレンズで少なくとも一部同士が重なる。例えば、図 11 に実線で示す光線と破線で示す光線は、開口絞り SP より後側のレンズの全てで一部が互いに重なっており、光学系の最も像側のレンズよりも像側で完全に分離されている。このため、視野絞り RC で第 2 の領域の光量を低下させる場合に、観賞イメージサークル領域の光量低下をできるだけ少なくするためには、上記光線が分離される光学系と撮像素子の間に視野絞り RC を配置することが好ましい。

【0033】

各実施例のステレオ光学系は、2つの光学系 101、102 の像側部分（すなわち第 3 レンズ群 L3）の光軸間距離を Dout、各光学系のイメージサークル径を IH とするとき、以下の式（1）の条件を満足している。

$$0.75 \leq D_{out} / IH \leq 0.99 \quad (1)$$

Dout / IH が式（1）の下限を下回ると、観賞イメージサークル領域の光量が低下しすぎるため、好ましくない。低下した光量を画像処理で補正すると、ノイズが増加して画質を低下させる。また、Dout / IH が式（1）の上限を上回ると、観賞イメージサークル領域を撮像素子上で十分に拡大することができず、高画質の画像を得ることができないため、好ましくない。

【0034】

式（1）の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$0.77 \leq D_{out} / IH \leq 0.97 \quad (1a)$$

式（1）の数値範囲を以下のようにするとさらに好ましい。

$$0.79 \leq D_{out} / IH \leq 0.94 \quad (1b)$$

式（1）の条件を満足することにより、並列配置された 2 つ光学系 101、103 のそれぞれが 1 つの撮像素子上に形成する観賞イメージサークル領域のサイズをできるだけ大きくして、撮像により得られる画像の画質を向上させることができる。

【0035】

各実施例のステレオ光学系は、以下の式（2）～（6）の条件のうち少なくとも 1 つを満足することが望ましい。

【0036】

10

20

30

40

50

各光学系の半画角を θ とするとき、式(2)の条件を満足することが望ましい。

$$160.0^\circ \leq \theta \leq 220.0^\circ \quad (2)$$

2が式(2)の下限を下回ると、画像表示装置において表示できる画角が小さくなり、臨場感のある画像観賞を提供することができないため、好ましくない。2が式(2)の上限を上回ると、表示できる画角が広すぎて単位画角あたりの画素数が少なくなり、画質が低下するため、好ましくない。

【0037】

式(2)の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$170.0^\circ \leq \theta \leq 215.0^\circ \quad (2a)$$

式(2)の数値範囲を以下のようにするとさらに好ましい。

$$175.0^\circ \leq \theta \leq 210.0^\circ \quad (2b)$$

各実施例のステレオ光学系は、2つの光学系101、103の物体側レンズ群である第1レンズ群L1の光軸間距離をDin、像側レンズ群である第3レンズ群第3レンズ群L3の光軸間距離をDoutとするとき、以下の式(3)の条件を満足することが好ましい。

$$0.05 \leq Dout / Din \leq 0.50 \quad (3)$$

Dout / Dinが式(3)の下限を下回ると、基線長が人の目幅よりも極端に広くなるため、左眼画像と右眼画像に大きすぎる視差がついて観察者に疲労を感じさせるおそれがあるため、好ましくない。Dout / Dinが式(3)の上限値を上回ると、左眼画像と右眼画像に十分な視差がつかないため、観賞者に立体感を提供できないため、好ましくない。

【0038】

式(3)の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$0.10 \leq Dout / Din \leq 0.45 \quad (3a)$$

式(3)の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$0.15 \leq Dout / Din \leq 0.40 \quad (3b)$$

各実施例のステレオ光学系は、各光学系のFナンバーをFnoとするとき、以下の式(4)の条件を満足することが好ましい。

$$2.40 \leq Fno \leq 6.50 \quad (4)$$

Fnoが式(4)の下限を下回ると、反射部材PR1、PR2および開口絞りSPが大型化するため、好ましくない。Fnoが式(4)の上限を上回ると、撮像時にノイズが増加して画質が低下するため、好ましくない。

式(4)の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$2.55 \leq Fno \leq 5.90 \quad (4a)$$

式(4)の数値範囲を以下のようにするとさらに好ましい。

$$2.70 \leq Fno \leq 4.50 \quad (4b)$$

図4は、各光学系に設けられた視野絞りRCを模式的に示している。視野絞りRCは、各光学系の光軸からRCAの距離の位置よりも外側の遮光部(ハッティング部)で第2の領域の光量を低下させるために光線を遮る。視野絞りRCにおける遮光部が設けられていない部分の最大開口径はRCb(>RCA)である。このとき、RCAとRCbは、以下の式(5)に示す条件を満足する。

$$0.25 \leq RCA / RCb \leq 0.48 \quad (5)$$

RCA / RCbが式(5)の下限を下回ると、観賞イメージサークル領域の光量が低くなりすぎるため、好ましくない。RCA / RCbが式(5)の上限を上回ると、不要イメージサークル領域の光量を十分に低減することができず、観賞イメージサークル領域を拡大することができずに高画質化ができないため、好ましくない。

【0039】

式(5)の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$0.28 \leq RCA / RCb \leq 0.47 \quad (5a)$$

式(5)の数値範囲を以下のようにするとさらに好ましい。

【0040】

10

20

30

40

50

$$0.30 \text{ R C a / R C b } 0.46 \quad (5b)$$

なお、視野絞り R C の形状は、図 4 に示したように光軸から R C a の位置を通る直線形状であってもよいし、R C a の位置を通る曲線形状であってもよい。

【0041】

各実施例のステレオ光学系は、視野絞り R C から像面 I P までの光軸上の距離を d_{RC} 、各光学系における屈折力を有する最も像側のレンズ（最終レンズ）の像側の面から像面 I P までの光軸上の距離を s_k とするとき、以下の式（6）の条件を満足することが好ましい。

$$0.20 \text{ } d_{RC} / s_k < 1.00 \quad (6)$$

各実施例では、前述したように観賞イメージサークル領域の光量低下を最小限にしつつ、不要イメージサークル領域の光量を低減させるために、光学系の最終レンズから像面 I P との間に視野絞り R C を配置している。式（6）の下限値を超えると、観賞に適した領域の光量が大きく低下するため、好ましくない。 d_{RC} / s_k が式（6）の上限を上回ると、撮像素子の物体側に配置されるローパスフィルタや赤外カットフィルタ等の光学部材との干渉が発生するため、好ましくない。

【0042】

式（6）の数値範囲を以下のようにするとより好ましい。

$$0.35 \text{ } d_{RC} / s_k \text{ } 0.95 \quad (6a)$$

式（6）の数値範囲を以下のようにするとさらに好ましい。

$$0.50 \text{ } d_{RC} / s_k \text{ } 0.90 \quad (6b)$$

以下、実施例 1～3 のステレオ光学系について、それぞれに対応する数値例とともに説明する。

【実施例 1】

【0043】

実施例 1（数値例 1）のステレオ光学系は、図 1 に示す像高 10.00 mm、焦点距離 5.59 mm および半画角 102.50° の光学系を 2 つ有し、水平 36 mm × 垂直 24 mm の撮像素子を備えた撮像装置に用いられる。2 つの光学系の第 3 レンズ群 L 3 の光軸はそれぞれ、撮像素子の中心から Z 方向における +9 mm の位置および -9 mm の位置にある。第 3 レンズ群 L 3 間の光軸間距離 D_{out} は 18.0 mm である。また、2 つの光学系の基線長（ D_{in} ）は、63.6 mm である。

【0044】

各光学系の第 1 レンズ群 L 1 は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸の負メニスカスレンズ、物体側に凸の負メニスカスレンズおよび物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズの接合レンズにより構成されている。物体側から 2 番目の負メニスカスレンズの像側の面を非球面とすることで、像面湾曲と非点収差を補正している。

【0045】

各光学系の第 2 レンズ群 L 2 は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズおよび開口絞り S P により構成されている。

【0046】

各光学系の第 3 レンズ群 L 3 は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズ、両凸レンズおよび像側に凸の正メニスカスレンズと像側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズにより構成されている。

【0047】

図 3 中の実線は、数値例 1 の光学系において視野絞り R C を設けない方向（Y 方向）での光軸上の光量に対する像高ごとの周辺光量比を示している。図 3 中の破線は、数値例 1 の光学系において視野絞り R C により低下された Z 方向の周辺光量比を示している。数値例 1 の光学系は、像高が 10.00 mm の光学系であるが、画像観賞のためにはある程度の光量が必要になるため、像高 10.00 mm における光量比を 18.7% に設定している。このため、10.00 mm 以上の像高でも光量を有し、光量比が 0% となる像高は 1

10

20

30

40

50

0.18 mm である。

【0048】

このように、設定された像高 10.00 mm を超えて光量を有する領域が隣の光学系を通した撮像により生成された画像が観賞される領域と重ならないように視野絞り RC により制限する像高を設定する必要がある。

【0049】

本数値例において観賞イメージサークル領域の Z 方向での最も高い像高は 8.20 mm (Y 方向では 10.18 mm) であり、破線で示すように Z 方向の像高 8.20 mm から光量が低下するように視野絞り RC を設けている。具体的には、図 4 において、本来の有効径 RC b 15.45 mm のうち Z 方向における RC a 6.60 mm 以上の領域を減光するように視野絞り RC を設けることで、図 3 に破線で示すように像高 8.20 mm から光量比を低下させて像高 9.70 mm で光量比を 0 % にしている。

【0050】

前述したように 2 つの光学系の第 3 レンズ群 L3 間の光軸間距離は 18.0 mm で、観賞イメージサークル領域は像高 8.20 mm まで、周辺光量比が 0 % となる像高は 9.70 mm である。このため、2 つの光学系のそれぞれの観賞イメージサークル領域が隣の光学系の観賞イメージサークル領域と重ならない設定となっている。

【0051】

また、Z 方向において撮像素子の中心から端までが 9.0 mm であるのに対して、隣の光学系が写り込む第 1 の領域は像高 8.20 mm からの領域であり、観賞イメージサークル領域は撮像素子内に収まる。このように、撮像素子の中心側では 2 つの光学系のそれぞれの観賞イメージサークル領域が確保され、周辺側では隣の光学系が写り込む第 1 の領域のみが撮像素子外となるように、第 3 レンズ群 L3 の光軸間距離、イメージサークル径および視野絞り RC を設定することが重要である。

【0052】

図 2 は、数値例 1 の光学系の縦収差 (球面収差、非点収差、歪曲および色収差) を示している。球面収差図において、Fno は F ナンバーを示し、実線は d 線 (波長 587.6 nm) に対する球面収差を、破線は g 線 (波長 435.8 nm) に対する球面収差をそれぞれ示している。非点収差図において、実線 S はサジタル像面を、破線 M はメリディオナル像面を示している。歪曲図では d 線に対する歪曲を示している。色収差図は g 線における倍率色収差を示している。 は半画角 (°) である。これら縦収差図の説明は、後述する他の数値例でも同じである。

【0053】

また、実施例 3 の後に、数値例 1 の諸数値を示している。数値例において、面番号 i は物体側から数えたときの面の順番を示す。r は物体側から i 番目の面の曲率半径 (mm) 、d は i 番目と (i + 1) 番目の面間のレンズ厚または空気間隔 (mm) 、nd は第 i 面と第 (i + 1) 面間の光学材料の d 線における屈折率である。 d は第 i 面と第 (i + 1) 面間の光学材料の d 線を基準としたアッペ数である。アッペ数 d は、フラウンホーファ線の d 線 (587.6 nm) 、F 線 (486.1 nm) 、C 線 (656.3 nm) における屈折率を Nd 、Nf 、Nc とするとき、

$$d = (N_d - 1) / (N_f - N_c)$$

で表される。

【0054】

Bf はバックフォーカス (mm) を表す。バックフォーカスは、光学系の最終面 (最も像側のレンズ面) から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表記したものであり、式 (6) 中の sk に相当する。レンズ全長 (mm) は、光学系の最前面 (最も物体側のレンズ面) から最終面までの光軸上の距離にバックフォーカスを加えた長さである。

【0055】

面番号に付された「*」は、その面が非球面形状を有する面であることを意味する。非球面形状は、X を光軸方向での面頂点からの変位量、H を光軸に直交する方向における光

10

20

30

40

50

軸からの高さ、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4, A6, A8, A10を非球面係数とするとき、以下の式で表される。円錐定数と非球面係数の「e - M」は $\times 10^{-M}$ を意味する。

【0056】

【数1】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10}$$

10

【0057】

また、数値例1における前述した条件式(1)~(6)に対応する値を表1にまとめて示す。

【実施例2】

【0058】

実施例2(数値例2)のステレオ光学系は、図5に示す像高9.70mm、焦点距離5.74mmおよび半画角96.82°の光学系を2つ有し、水平36mm×垂直24mmの撮像素子を備えた撮像装置に用いられる。2つの光学系の第3レンズ群L3の光軸はそれぞれ、撮像素子の中心からZ方向における+9.25mmの位置および-9.25mmの位置にある。第3レンズ群L3間の光軸間距離Doutは18.5mmである。また、2つの光学系の基線長(Din)は、60.75mmである。

【0059】

各光学系の第1レンズ群L1は、物体側から像側へ配置された、物体側に凸の負メニスカスレンズ、物体に凸の負メニスカスレンズ、物体側に凸の負メニスカスレンズおよび物体側に凸の正メニスカスレンズにより構成されている。物体側から3番目の負メニスカスレンズの物体側の面を非球面とすることで、像面湾曲と非点収差を補正している。各光学系の第2および第3レンズ群L2, L3の構成は実施例1と同じである。

【0060】

図7中の実線は、数値例2の光学系において視野絞りRCを設けないY方向での光軸上の光量に対する像高ごとの周辺光量比を示している。図7中の破線は、数値例2の光学系において視野絞りRCにより低下されたZ方向の周辺光量比を示している。本数値例における第2の領域は像高8.18mm以上の領域であるが、Z方向の像高7.59mmから光量が低下されるように視野絞りRCを設定している。この設定では観賞イメージサークル領域の光量を低下させることになるが、光量が0となる像高が小さくなる。このため、2つの光学系の観賞イメージサークル領域間の間隔を広げることが可能となり、イメージサークルをさらに拡大することが可能となる。すなわち、撮像画像のより高画質化を実現できる。

【0061】

なお、視野絞りRCによる観賞イメージサークル領域の光量低下は撮像画像の観賞に支障のない範囲で行うことが望ましいが、光量低下分を撮像画像に対する画像処理により補つてもよい。

【0062】

本数値例では、図4に示す有効径RCb15.83mmのうちZ方向におけるRCa6.60mm以上の領域を減光するように視野絞りRCを設けることで、図7に破線で示すように像高7.59mmから光量比を低下させて像高9.72mmで光量比を0%にしている。

【0063】

前述したように2つの光学系の第3レンズ群L3間の光軸間距離は18.5mmで、観賞イメージサークル領域は像高8.18mmまで、周辺光量比が0%となる像高は9.72mmである。このため、2つの光学系のそれぞれの観賞イメージサークル領域が隣の光

20

30

40

50

学系の観賞イメージサークル領域と重ならない設定となっている。

【0064】

また、Z方向において撮像素子の中心から端までが8.75mmであるのに対して、隣の光学系が写り込む第1の領域は像高8.18mmからの領域であり、観賞イメージサークル領域は撮像素子内に収まる。

【0065】

図6は、数値例2の光学系の縦収差を示している。また、数値例2における前述した条件式(1)~(6)に対応する値を表1にまとめて示す。

【実施例3】

【0066】

実施例3(数値例3)のステレオ光学系は、図8に示す像高7.00mm、焦点距離3.85mmおよび半画角104.18°の光学系を2つ有し、水平22.5mm×垂直15mmの撮像素子を備えた撮像装置に用いられる。2つの光学系の第3レンズ群L3の光軸はそれぞれ、撮像素子の中心からZ方向における+5.70mmの位置および-5.70mmの位置にある。第3レンズ群L3間の光軸間距離Doutは11.4mmである。また、2つの光学系の基線長(Din)は、55.0mmである。

【0067】

各光学系の第1、第2および第3レンズ群L1、L2およびL3の構成は実施例1と同じである。

【0068】

図10中の実線は、数値例3の光学系において視野絞りRCを設けないY方向での光軸上の光量に対する像高ごとの周辺光量比を示しており、光量比が0%となる像高は7.06mmである。図10中の破線は、数値例3の光学系において視野絞りRCにより低下されたZ方向の周辺光量比を示している。本数値例における第2の領域は像高5.40mm以上の領域であるが、Z方向の像高4.00mmから光量が低下されるように視野絞りRCを設定している。

【0069】

なお、本実施例でも、視野絞りRCによる観賞イメージサークル領域の光量低下は撮像画像の観賞に支障のない範囲で行うことが望ましいが、光量低下分を撮像画像に対する画像処理により補ってもよい。

【0070】

本数値例では、図4に示す有効径RCb10.86mmのうちZ方向におけるRCa3.71mm以上の領域を減光するように視野絞りRCを設けることで、図10に破線で示すように像高4.00mmから光量比を低下させて像高5.95mmで光量比を0%にしている。

【0071】

前述したように2つの光学系の第3レンズ群L3間の光軸間距離は11.4mmで、観賞イメージサークル領域は像高5.40mmまで、周辺光量比が0%となる像高は5.95mmである。このため、2つの光学系のそれぞれの観賞イメージサークル領域が隣の光学系の観賞イメージサークル領域と重ならない設定となっている。

【0072】

また、Z方向において撮像素子の中心から端までが5.55mmであるのに対して、隣の光学系が写り込む第1の領域は像高5.40mmからの領域であり、観賞イメージサークル領域は撮像素子内に収まる。

【0073】

図9は、数値例3の光学系の縦収差を示している。また、数値例3における前述した条件式(1)~(6)に対応する値を表1にまとめて示す。

【0074】

以上説明した各実施例によれば、並列配置された2つ光学系のそれぞれが1つの撮像素子上に形成するイメージサークルをできるだけ大きくして、撮像により得られる画像の画

10

20

30

40

50

質を向上させることができる。

【0075】

なお、上記各実施例では光学系の射影方式が等角射影方式である場合について説明した。しかし、等立体角射影方式や立体射影方式等、他の射影方式の光学系を用いてもよい。

【0076】

また、上記各実施例で挙げた撮像素子のサイズは例に過ぎず、他のサイズの撮像素子を用いてもよい。

[数値例1]

単位 mm

面データ

10

面番号	r	d	n d	d	有効径
1	40.212	2.00	1.91082	35.3	48.01
2	12.305	9.23			24.54
3	23.956	1.09	1.85400	40.4	22.96
4*	12.069	3.85			19.19
5	32.411	1.09	1.90043	37.4	18.31
6	9.048	4.18	1.85478	24.8	15.10
7	14.719	7.49			13.66
8		13.00	1.51633	64.1	10.15
9		2.00			6.56
10	14.807	0.80	2.00100	29.1	7.15
11	9.141	4.00	1.62004	36.3	7.01
12	-32.731	1.00			7.11
13(絞り)		2.00			7.01
14		13.00	1.51633	64.1	6.85
15		1.97			9.52
16	50.909	0.97	2.00100	29.1	11.20
17	19.691	3.01	1.49700	81.5	11.56
18	-30.051	0.00			12.38
19	12.552	6.53	1.43875	94.7	14.12
20	-16.148	0.30			13.99
21	-17.940	3.21	1.59522	67.7	13.70
22	-11.478	0.86	2.00100	29.1	13.69
23	-80.041	2.05			14.50
24		11.46			15.45

像面

非球面データ

第4面

K = -9.46957e-002 A 4 = -2.00280e-005 A 6 = 1.39815e-007 A 8 = -2.65
465e-009

40

各種データ

焦点距離 5.59

F ナンバー 4.10

半画角 (°) 102.50

像高 10.00

レンズ全長 95.08

BF 11.46

入射瞳位置 12.15

射出瞳位置 -24.35

前側主点位置 16.86

50

後側主点位置 5.87

Rca 6.60

Rcb 15.45

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-20.15				
2	3	-29.73				
3	5	-14.25				
4	6	20.51				
5	8	0.00				10
6	10	-25.68				
7	11	11.96				
8	14	0.00				
9	16	-32.59				
10	17	24.43				
11	19	17.30				
12	21	45.17				
13	22	-13.47				

[数値例 2]

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	32.477	1.94	1.95375	32.3	45.69	
2	13.390	10.10			26.47	
3	36.545	1.05	1.83481	42.7	24.20	
4	20.546	3.00			21.22	
5*	61.673	1.05	1.85400	40.4	19.54	
6	9.845	2.09			15.42	
7	11.893	3.50	1.85478	24.8	15.29	
8	14.071	6.90			13.43	30
9		13.25	1.51633	64.1	10.71	
10		1.00			9.22	
11	18.144	0.75	1.91082	35.3	9.78	
12	10.520	4.25	1.59270	35.3	9.65	
13	-33.345	1.00			9.89	
14(絞り)		1.00			9.84	
15		13.00	1.51633	64.1	9.80	
16		1.72			10.39	
17	44.257	0.94	1.95375	32.3	11.88	
18	18.233	3.15	1.49700	81.5	12.20	40
19	-35.627	0.00			12.97	
20	14.043	6.91	1.43875	94.7	14.50	
21	-17.502	0.30			14.46	
22	-37.189	4.08	1.49700	81.5	13.93	
23	-10.631	0.83	2.00100	29.1	13.56	
24	-54.546	4.27			14.36	
25		11.46			15.83	

像面

非球面データ

第5面

50

K = 0.00000e+000 A 4 = 9.42786e-006 A 6 = -1.81797e-007 A 8 = 2.60
 380e-009
 A 10 = -9.79910e-012

各種データ

焦点距離 5.74
 F ナンバー 2.91
 半画角 (°) 96.82
 像高 9.70
 レンズ全長 97.55
 BF 11.46
 入射瞳位置 13.53
 射出瞳位置 -28.20
 前側主点位置 18.44
 後側主点位置 5.72
 RCa 6.60
 RCb 15.83

10

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-25.14
2	3	-57.96
3	5	-13.85
4	7	51.64
5	9	0.00
6	11	-28.84
7	12	14.00
8	15	0.00
9	17	-33.10
10	18	24.75
11	20	19.03
12	22	28.50
13	23	-13.32

20

[数値例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	26.681	1.40	2.00100	29.1	42.54
2	12.236	11.23			24.42
3	54.814	0.76	1.85400	40.4	20.83
4*	9.538	4.71			15.28
5	91.244	0.76	1.88300	40.8	14.48
6	8.241	5.63	1.85478	24.8	12.87
7	36.217	7.12			11.59
8		14.41	1.51633	64.1	8.15
9		1.90			5.60
10	28.260	0.78	1.91082	35.3	5.99
11	11.944	2.80	1.59270	35.3	5.98
12	-26.153	0.70			6.20
13(絞り)		1.21			6.22
14		14.41	1.95375	32.3	6.24
15		1.51			6.37

30

40

50

16	16.501	0.68	1.90043	37.4	7.29
17	12.163	2.20	1.43875	94.7	7.35
18	-58.748	1.76			7.80
19	21.262	3.26	1.43875	94.7	8.68
20	-14.448	0.30			8.95
21	-50.926	3.13	1.49700	81.5	8.87
22	-10.135	0.60	1.95375	32.3	8.85
23	-59.880	6.03			9.16
24		11.46		10.86	

像面

10

非球面データ

第4面

K = 7.88130e-002 A 4=-3.19820e-005 A 6= 6.69832e-007 A 8=-4.82627e-009

焦点距離 3.85

F ナンバー 4.10

半画角 (°) 104.18

像高 7.00

レンズ全長 98.74

BF 11.46

20

入射瞳位置 12.17

射出瞳位置 -29.90

前側主点位置 15.66

後側主点位置 7.61

Rca 3.71

Rcb 10.86

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-23.73
2	3	-13.63
3	5	-10.30
4	6	11.42
5	8	0.00
6	10	-23.24
7	11	14.22
8	14	0.00
9	16	-55.50
10	17	23.19
11	19	20.17
12	21	24.83
13	22	-12.87

30

40

【 0 0 7 7 】

50

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3
条件式1	D_{out}/IH	0.88	0.92	0.81
条件式2	2ω	205.0	193.6	208.4
条件式3	D_{out}/D_{in}	0.28	0.30	0.21
条件式4	F_{no}	4.10	2.91	4.10
条件式5	RCa/RCb	0.43	0.42	0.34
条件式6	dRC/sk	0.85	0.73	0.66

10

20

30

40

50

【0078】

図18は、上記各実施例のステレオ光学系を撮像光学系として用いた撮像装置としてのデジタルスチルカメラを示している。20はカメラ本体、21は実施例1～3のいずれかのステレオ光学系によって構成された撮像光学系である。22はカメラ本体20に内蔵され、撮像光学系21により形成された光学像（被写体像）を撮像するCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子である。23は撮像素子22からの撮像信号を処理することで生成された画像データを記録する記録部であり、24は画像データを表示する背面ディスプレイである。

【0079】

このカメラにおいて各実施例のステレオ光学系を用いることで、立体視が可能な高画質の撮像画像を得ることができる。

【0080】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【符号の説明】

【0081】

101 右眼光学系

102 左眼光学系

103、105 イメージサークル

103a、105a 第3の領域

104、106 第1の領域

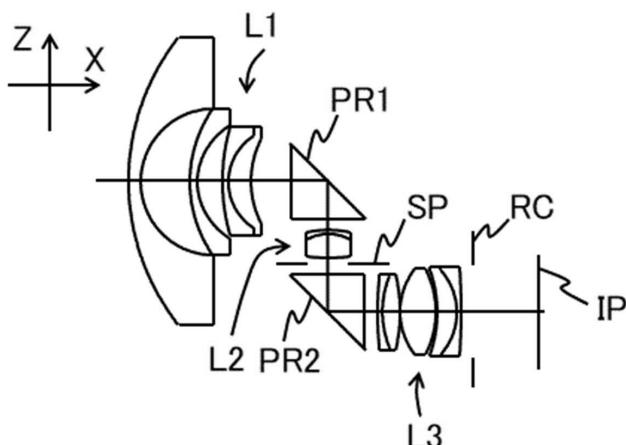
107、108 第2の領域

RC 視野絞り

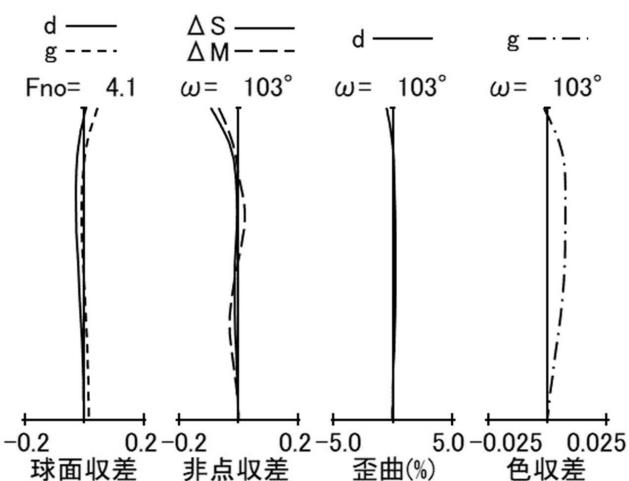
IP 像面（撮像素子）

【図面】

【図1】



【図2】



10

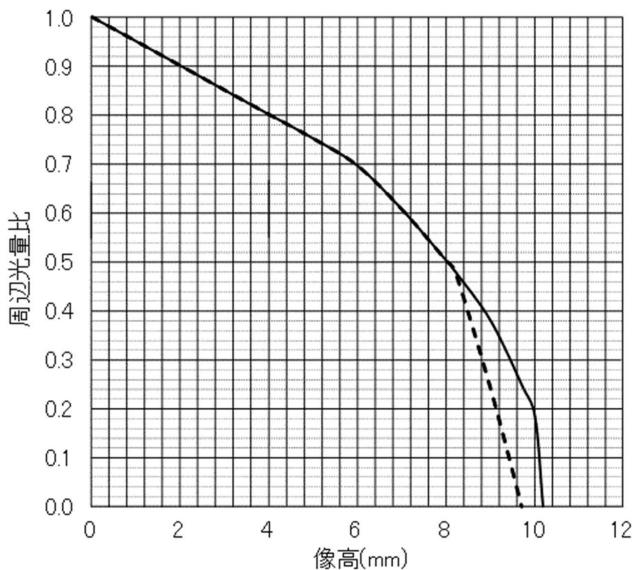
20

30

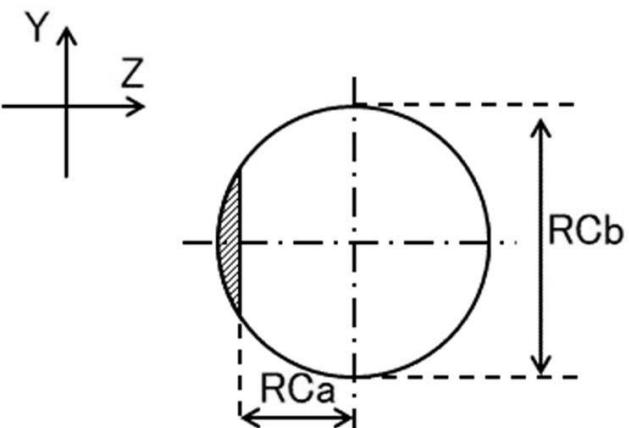
40

50

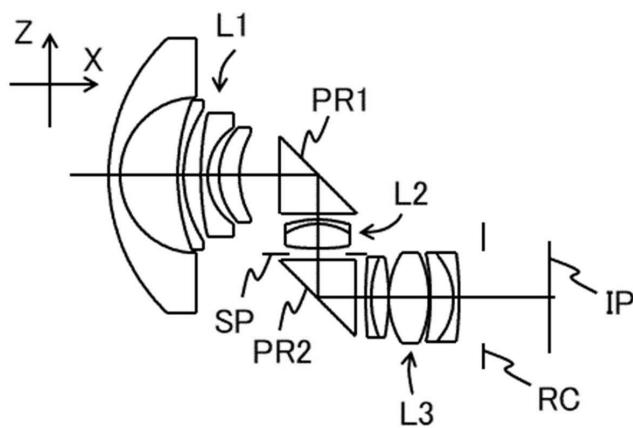
【図3】



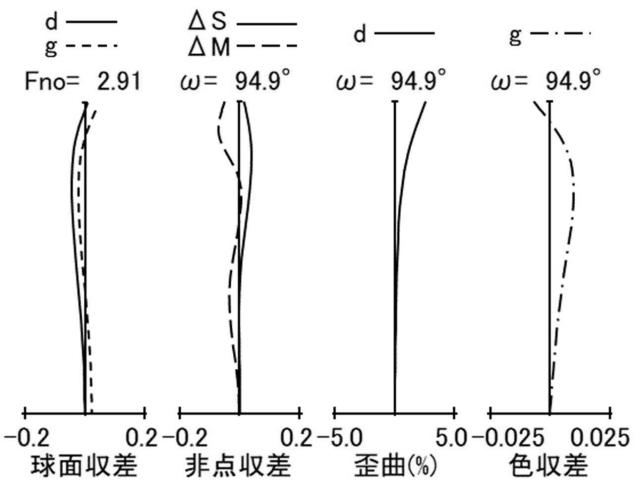
【図4】



【図 5】



【図 6】



10

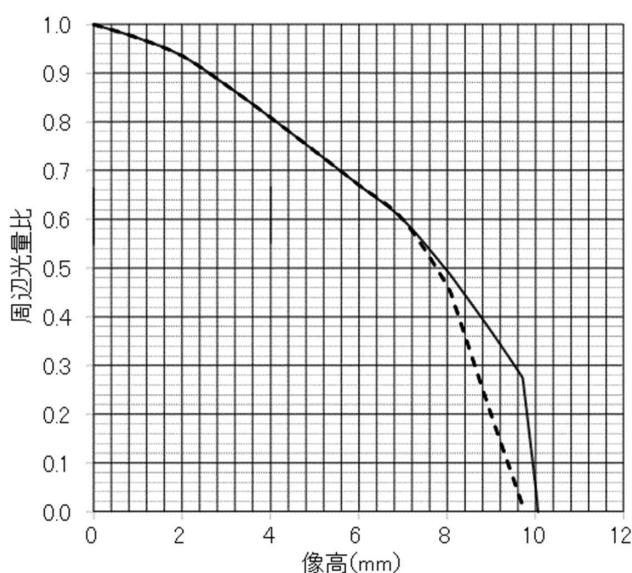
20

30

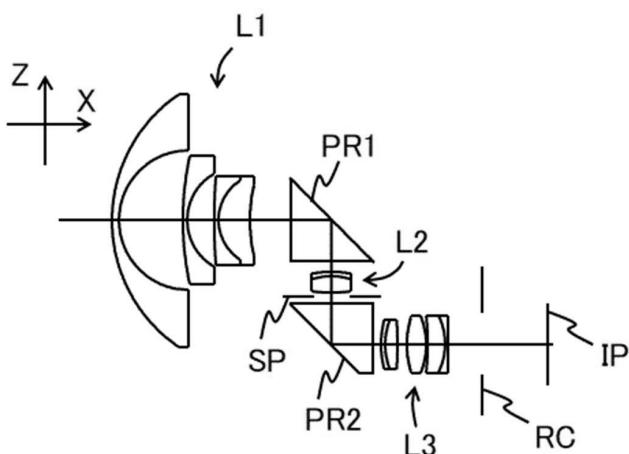
40

50

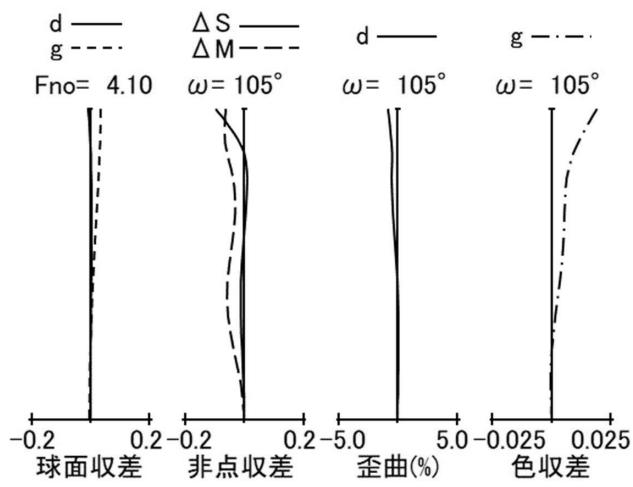
【図 7】



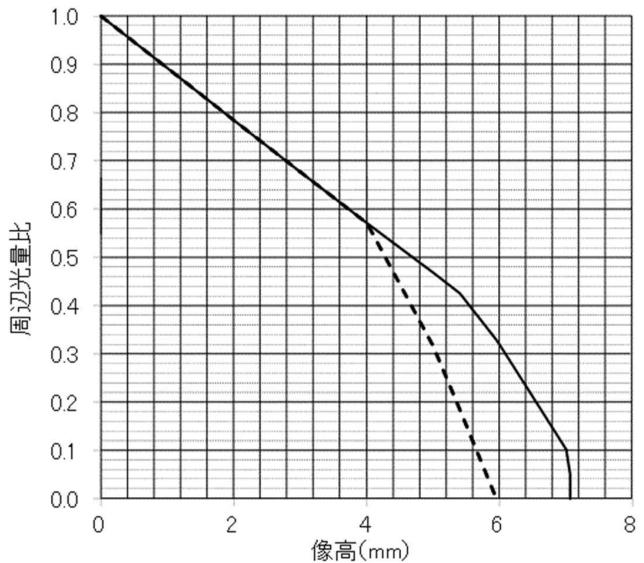
【図 8】



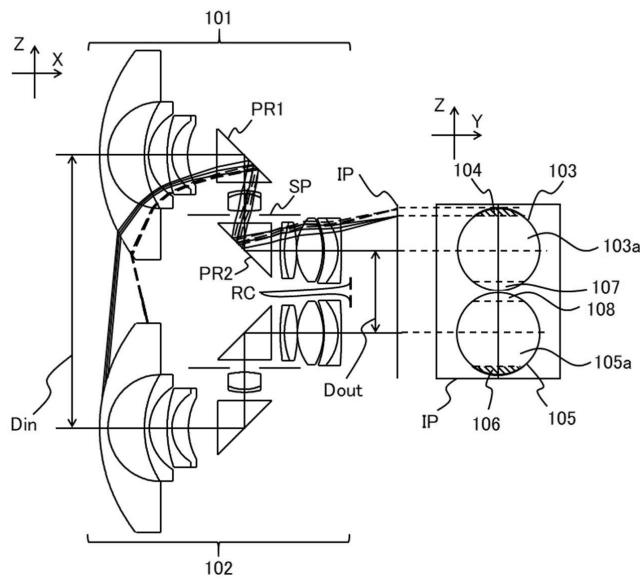
【図9】



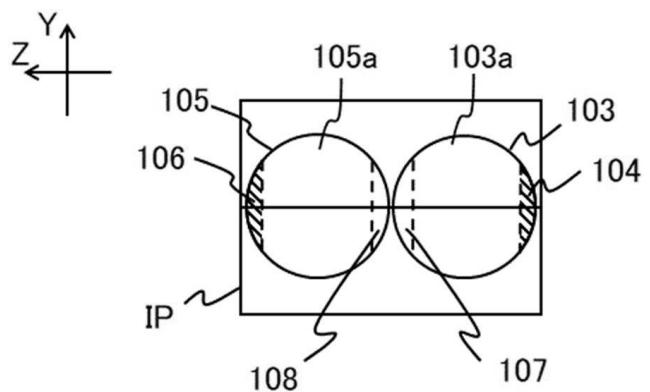
【図10】



【図11】



【図12】



10

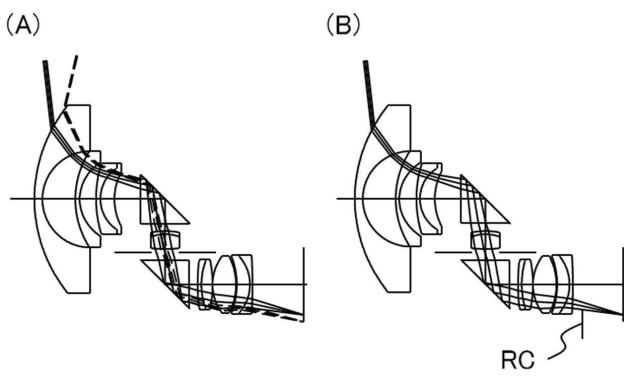
20

30

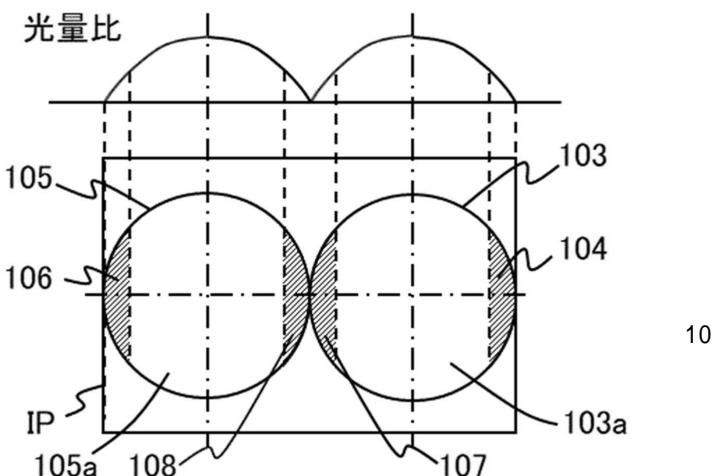
40

50

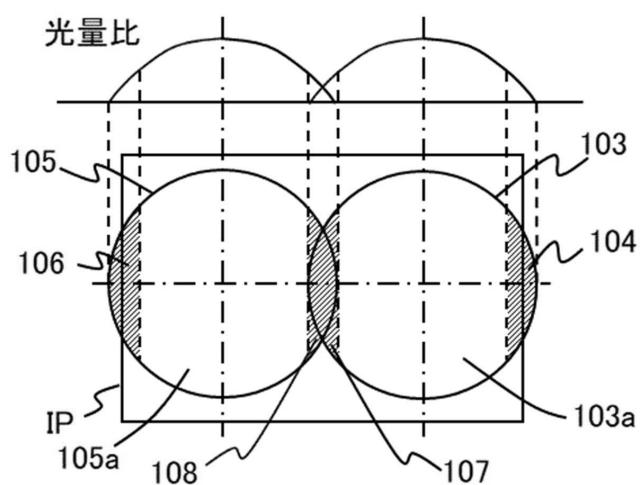
【図13】



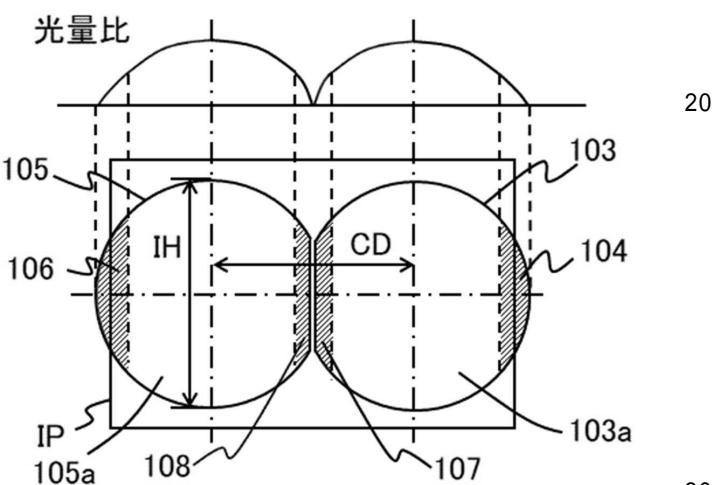
【図14】



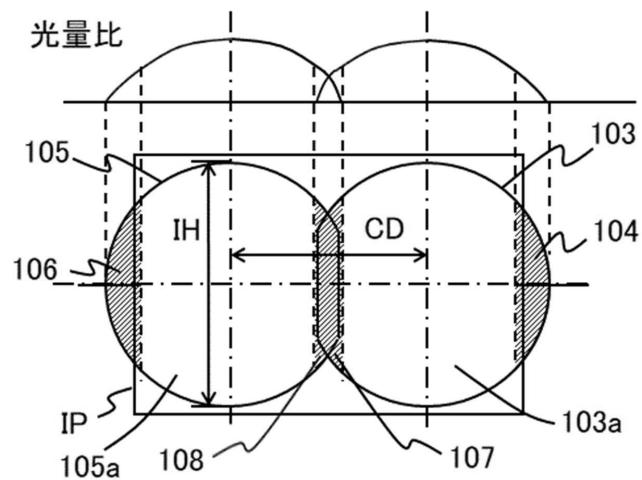
【図15】



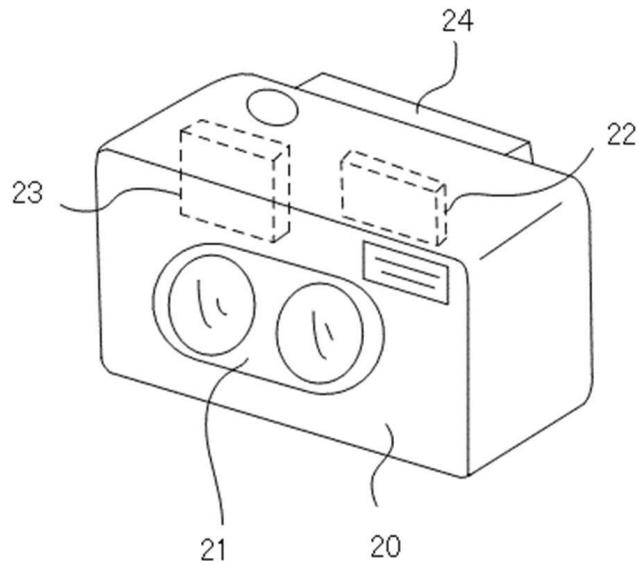
【図16】



【図17】



【図18】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)
G 0 3 B 15/00 (2021.01) G 0 3 B 37/00
G 0 3 B 15/00 W

F ターム(参考) PA10 PA16 PA20 PB13 QA02 QA07 QA17 QA22 QA26 QA37
QA41 QA45 RA04 RA05 RA12 RA32 RA41 RA44 TA01 TA04