

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7404064号

(P7404064)

(45)発行日 令和5年12月25日(2023.12.25)

(24)登録日 令和5年12月15日(2023.12.15)

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 B	37/00	(2021.01)	G 0 3 B	37/00	A
G 0 2 B	13/04	(2006.01)	G 0 2 B	13/04	
G 0 2 B	13/18	(2006.01)	G 0 2 B	13/18	
G 0 2 B	17/08	(2006.01)	G 0 2 B	17/08	
G 0 3 B	19/07	(2021.01)	G 0 3 B	19/07	

請求項の数 13 (全20頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-234387(P2019-234387)

(22)出願日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(65)公開番号 特開2021-103227(P2021-103227

A)

(43)公開日 令和3年7月15日(2021.7.15)

審査請求日 令和4年12月6日(2022.12.6)

(73)特許権者 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 倫也

(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

審査官 蔵田 敦之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光学系を有する撮像装置であって、

前記複数の光学系は、前記複数の光学系のそれぞれの最も物体側のレンズの光軸の延長線が互いに交差するように配置され、

前記複数の光学系により形成される光学像を光電変換する複数の撮像素子を有し、前記複数の光学系はそれぞれ、負レンズ群と、該負レンズ群から前記光学系における最大の空気間隔をあけて該負レンズ群より像側に配置された正レンズ群と、前記最大の空気間隔の領域に複数の反射面とが配置されて構成されており、

前記複数の光学系は、互いに隣り合う2つの光学系を含み、

前記複数の撮像素子は、前記2つの光学系に対して1つ設けられた撮像素子を含むことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】

前記複数の光学系は、前記2つの光学系を一組とするときにM組の光学系からなり、

前記複数の撮像素子は、M個の撮像素子からなることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】

前記複数の光学系の数がNであり、

前記複数の光学系は、該複数の光学系の前記延長線同士がなす角度が $360^\circ / N$ となるように配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の撮像装置。

10

20

【請求項 4】

前記複数の光学系のそれぞれの前記最も物体側のレンズの光軸が同一平面上にあり、
前記複数の反射面は、前記2つの光学系における前記最も物体側のレンズ面の頂点を結ぶ直線が前記撮像素子における画素配列方向に平行となるように設けられていることを特徴する請求項1から3のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記複数の反射面の数が2つであり、
該2つの反射面をそれぞれ有する前記2つの光学系の前記延長線同士がなす角度が θ であり、
前記2つの反射面は、前記光学系の光軸を $90^\circ + \theta / 2 \pm 5^\circ$ の範囲で前記同一平面と平行な方向に折り曲げることを特徴とする請求項4に記載の撮像装置。

10

【請求項 6】

複数の光学系を有する撮像装置であって、
前記複数の光学系は、前記複数の光学系のそれぞれの最も物体側のレンズの光軸の延長線が互いに交差するように配置され、
前記複数の光学系により形成される光学像を光電変換する複数の撮像素子を有し、
前記複数の光学系のそれぞれの前記最も物体側のレンズの光軸が同一平面上にあり、
前記複数の光学系は、互いに隣り合う2つの光学系を含み、
前記2つの光学系それぞれにおいて配置された反射面の数は2つであり、
該2つの反射面は、前記2つの光学系における前記最も物体側のレンズ面の頂点を結ぶ直線が前記撮像素子における画素配列方向に平行となるように設けられ、
前記2つの光学系の前記延長線同士がなす角度が θ であり、
前記2つの反射面は、前記光学系の光軸を $90^\circ + \theta / 2 \pm 5^\circ$ の範囲で前記同一平面と平行な方向に折り曲げ、
前記複数の撮像素子は、前記2つの光学系に対して1つ設けられた撮像素子を含むことを特徴とする撮像装置。

20

【請求項 7】

前記複数の反射面の数が3つであり、
該3つの反射面をそれぞれ有する前記2つの光学系の前記延長線同士がなす角度が θ であり、
前記3つの反射面は、前記光学系の光軸を $90^\circ - \theta / 2 \pm 5^\circ$ の範囲で前記同一平面と平行な方向に折り曲げることを特徴とする請求項4に記載の撮像装置。

30

【請求項 8】

複数の光学系を有する撮像装置であって、
前記複数の光学系は、前記複数の光学系のそれぞれの最も物体側のレンズの光軸の延長線が互いに交差するように配置され、
前記複数の光学系により形成される光学像を光電変換する複数の撮像素子を有し、
前記複数の光学系のそれぞれの前記最も物体側のレンズの光軸が同一平面上にあり、
前記複数の光学系は、互いに隣り合う2つの光学系を含み、
前記2つの光学系それぞれにおいて配置された反射面の数は3つであり、
該3つの反射面は、前記2つの光学系における前記最も物体側のレンズ面の頂点を結ぶ直線が前記撮像素子における画素配列方向に平行となるように設けられ、
前記複数の反射面の数が3つであり、
前記2つの光学系の前記延長線同士がなす角度が θ であり、
前記3つの反射面は、前記光学系の光軸を $90^\circ - \theta / 2 \pm 5^\circ$ の範囲で前記同一平面と平行な方向に折り曲げ、
前記複数の撮像素子は、前記2つの光学系に対して1つ設けられた撮像素子を含むことを特徴とする撮像装置。

40

【請求項 9】

前記反射面のうち1つは、前記光学系の光軸を前記同一平面に対して直交する成分を有

50

する方向に光軸を折り曲げることを特徴とする請求項 4 から 8 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記負レンズ群の焦点距離を f_n 、前記最大の空気間隔を L とするとき、
 $-0.25 < f_n / L < -0.05$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 5、7 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 11】

前記正レンズ群の焦点距離を f_p 、前記光学系の焦点距離を f とするとき、
 $1.80 < f_p / f < 6.50$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 5、7、10 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記複数の光学系を通した前記撮像素子による撮像により生成された複数の撮像画像を繋ぎ合わせる処理を行う画像処理手段を有することを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 13】

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の撮像装置と、

前記複数の光学系を通した前記撮像素子による撮像により生成された複数の撮像画像を繋ぎ合わせる処理を行う画像処理装置とを有することを特徴とする撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の光学系を有する撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

全方位撮像やパノラマ撮像に、複数の光学系と該光学系ごとに設けられた撮像素子とを有し、これら複数の撮像撮像光学系により得られた複数の撮像画像を互いに繋ぎ合わせるステッチ処理を行う撮像装置が用いられる。特許文献 1 には、鏡面体を用いて複数の光学系のノーダルポイント（入射瞳）を近接させることにより、ステッチ処理により発生する繋ぎ目の不整合を低減する撮像装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2004 - 184862 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のような撮像装置において、高画質化および広画角化のために光学系および撮像素子の数を増やしたり各撮像素子のサイズを大きくしたりすると、隣り合う光学系や撮像素子が互いに干渉することを回避するために撮像装置が大型化したり、消費電力が増加したりするおそれがある。

【0005】

本発明は、互いに繋ぎ合わせられる複数の撮像画像を得るための複数の光学系に対して使用する撮像素子の数を削減できるようにした撮像装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面としての撮像装置は、複数の光学系を有する撮像装置であって、複数の光学系は、複数の光学系のそれぞれの最も物体側のレンズの光軸の延長線が互いに交差するように配置され、複数の光学系により形成される光学像を光電変換する複数の撮像素子

10

20

30

40

50

を有する。複数の光学系はそれぞれ、負レンズ群と、該負レンズ群から光学系における最大の空気間隔をあけて該負レンズ群より像側に配置された正レンズ群と、最大の空気間隔の領域に複数の反射面とが配置されて構成される。複数の光学系は、互いに隣り合う2つの光学系を含む。複数の撮像素子は、上記2つの光学系に対して1つ設けられた撮像素子を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、互いに繋ぎ合わせられる複数の撮像画像を得るための複数の光学系に対して使用する撮像素子の数を削減することができる。また簡略な画像処理により複数の撮像画像を繋ぎ合わせる処理を行うことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施例1（数値例1）の撮像装置の光学構成を示す図。

【図2】実施例1における撮像素子上のイメージサークルを示す図。

【図3】本発明の実施例2（数値例2）の撮像装置の光学構成を示す図。

【図4】数値例2における撮像素子上のイメージサークルを示す図。

【図5】数値例1の光学系の無限遠合焦状態を示す断面図。

【図6】数値例1の光学系の無限遠合焦状態を示す収差図。

【図7】数値例2の光学系の無限遠合焦状態を示す断面図。

【図8】数値例2の光学系の無限遠合焦状態を示す収差図。

20

【図9】数値例3の光学系の無限遠合焦状態を示す断面図。

【図10】数値例3の光学系の無限遠合焦状態を示す収差図。

【図11】光学系の断面図。

【図12】複数の光学系の配置を示す図。

【図13】互いに隣り合う2つの光学系を示す図。

【図14】互いに隣り合う2つり光学系内の反射面を示す図。

【図15】互いに隣り合う2つの光学系のイメージサークルを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

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。後述する各実施例の撮像装置は、周方向において互いに異なる向きで配置された複数の光学系と、該複数の光学系のうち互いに隣り合う2つの光学系ごとに1つずつ設けられた撮像素子とを有し、複数の光学系を通して撮像された複数の撮像画像を繋ぎ合わせる。これにより、全方位画像やパノラマ画像等の広画角画像を得る。

30

【0010】

撮像画像の繋ぎ合わせにはパターンマッチング等の画像合わせ手法を用いるが、複数の光学系のノーダルポイントが互いに異なると視差が発生して撮像画像の繋ぎ目でずれが生じる。また高画質化のために光学系の数を増やしたり撮像素子のサイズを大きくしたりすると、光学系間の干渉を避けるためにそれらの間隔を離す必要があり、この結果、ノーダルポイント間の距離が大きくなって撮像画像の繋ぎ合わせが困難となる。

40

【0011】

ただし、図11に示すように光学系50に反射面RP1を含め、光学系50の光軸（光路）を水平方向に対して直角に折り曲げることで、多数の光学系を用いてもノーダルポイント間の距離を短くすることが可能となる。以下の説明において、光学系（魚眼レンズ）の入射側の光軸が延びる方向をX方向とし、X方向に延びる光軸を反射面RP1により折り曲げる方向をY方向とし、X方向とY方向に直交する図の紙面に垂直な方向をZ方向とする。

【0012】

図12は、図11に示した光学系50を6（N）つ、同一平面（XZ面）上に周方向に互いに異なる向きで配置した撮像装置をY方向（上方）から見て示している。図12におい

50

て左下を向いた光学系を基準レンズとして、この基準レンズの光軸が延びる方向をX方向とする。

【0013】

同一平面上において周方向に6つの光学系を互いに異なる向きで配置する場合には、 360° の全画角を6つの光学系により分割した撮像を行うためには、該6つの光学系の光軸同士がなす角を $60^\circ (= 360^\circ / N)$ とするとよい。この場合、6つの光学系を互いに同じ光学系とすることができる。また、6つの光学系がY方向において互いに異なる向きで配置されると、それらを通して取得される撮像画像間に視差が生じて撮像画像の繋ぎ目に不整合が生じるため、6つの光学系の入射側（最も物体側のレンズ群）の光軸およびその延長線は同一平面上にあり、該延長線が同一平面上で交差することが好ましく、さら

10

【0014】

図12に示すような配置の6つの光学系を反射面を用いずに構成すると、撮像素子の干渉を避けるために6つの光学系を互いに離す必要が生じ、この結果、前述したように撮像画像の繋ぎ合わせが困難になるとともに撮像装置全体が大型化する。反射面を用いることで、ノーダルポイント同士を近づけることができるとともに撮像装置を小型化することができる。ただし、光学系の数を増やすと撮像素子の数も多くなり、消費電力や発熱等の問題が生じる。また高画質化のために撮像素子のサイズを大きくすると、反射面を用いても光軸を曲げた先で撮像素子同士が干渉するために、結局、光学系間の間隔を広げる必要が生じる。

20

【0015】

このため、各実施例の撮像装置では、図13に示すように複数の光学系のうち周方向にて互いに隣り合う2つの光学系60に対して1つの撮像素子を設け、該2つの光学系60がそれぞれ同一の撮像素子上に像を形成するように、これら2つの光学系のそれぞれに複数の反射面を用いている。

【0016】

この構成により、光学系の数に対して撮像素子の数を削減することができ、撮像装置の小型化が可能となる。なお、互いに隣り合う2つ光学系を一組とするときの $M (= N / 2)$ 組の光学系の全てに対して1つずつ撮像素子を設けることが望ましいが、M組の光学系のうち少なくとも1つの組の光学系に対して1つの撮像素子を設けてもよい。

30

【0017】

また以下の説明において、図14に示すように、1つの撮像素子および複数の反射面を有する2つの光学系60のそれぞれにおける最も物体側のレンズ群の光軸の延長線（以下、2つの光学系のそれぞれの入射光軸という）同士がなす角度を θ とする。このとき、各光学系に含まれる反射面が光学系60の光軸を垂直方向に折り曲げるだけであると、図15に示すように撮像素子上における2つの光学系のイメージサークルがともに、該イメージサークルの水平線と該水平線に直交する垂直線が撮像素子の長辺方向（水平方向）および短辺方向（垂直方向）の画素配列方向に対して $\theta / 2$ だけずれるように回転する。イメージサークルの水平線とは、2つの光学系のそれぞれにおける最も物体側のレンズ面の頂点を結んだ直線である。そして、撮像画像を繋ぎ合わせる際には、それぞれの撮像画像の水平線を揃える必要があるため、イメージサークルの回転を補正する必要がある。

40

【0018】

撮像画像の水平線が撮像素子の画素配列方向と平行でない（一致していない）場合に画像処理によってイメージサークルの回転を補正すると、撮像画像に対する補間処理が必要となるために画質が劣化し、補間処理のための演算時間も必要となる。補間処理を不要するためには、イメージサークルの水平線を撮像装置の画素配列方向と平行にする（一致させる）必要がある。

【0019】

このため、各実施例の撮像装置では、互いに隣り合う2つの光学系のそれぞれに設けられた複数の反射面によって、該2つ光学系の角度 θ に応じて発生するイメージサークルの

50

回転を補正するように光を反射させる（すなわち光軸を折り曲げる）。

【実施例 1】

【0020】

図 1 は、実施例 1（数値例 1）の撮像装置において X Z 面上に周方向に互いに異なる向きで配置された 6 つの光学系 10 のうち互いに隣り合う 2 つの光学系 10 を Y 方向上側から見て示している。実施例 1 では、各光学系 10 は、3 つの反射面 R P 1、R P 2、R P 3 を有する。

【0021】

反射面 R P 1 は、光学系 10 の光軸を 2 つの光学系 10 の中間位置に向けて Z 方向に 90° の角度で折り曲げる。反射面 R P 2 は、反射面 R P 1 で折り曲げられた光軸を $90^\circ - \theta / 2^\circ$ の角度で X Z 面内で（上記同一平面と平行な方向に）折り曲げる。反射面 R P 3 は、反射面 R P 2 で折り曲げられた光軸を Y 方向（上記同一平面に対して直交する成分を有する方向）に 90° の角度で折り曲げて不図示の撮像素子上に導く。この構成により、図 2 に示すように、2 つの光学系 10 が 1 つの撮像素子上に 2 つの光学像を形成する。

【0022】

撮像素子は、2 つの光学像を撮像（光電変換）して撮像信号を画像処理部（画像処理手段）101 に出力する。画像処理部 101 は、撮像装置内に設けられ、撮像信号に対して各種画像処理を行って 2 つの光学像に対応する 2 つの撮像画像を生成する。さらに画像処理部 101 は、他の 4 つの光学系により形成された光学像を撮像した 2 つの撮像素子からの撮像信号を用いて 4 つの撮像画像を生成し、全 6 つの撮像画像を繋ぎ合わせる処理を行って全方位画像を生成する。

【0023】

なお、図 2 に括弧書きで示すように、撮像装置とは別に画像処理部 101 に相当する処理を実行可能なパーソナルコンピュータ 102 を画像処理装置として用い、撮像装置と画像処理装置により撮像システムを構成してもよい。

【0024】

反射面 R P 2 で光軸を $90^\circ - \theta / 2^\circ$ の角度で折り曲げることにより、2 つの光学系 10 の入射光軸同士がなす角度 θ により発生するイメージサークルの回転を補正して、イメージサークルの水平線を撮像素子の画素配列方向（長辺方向）と一致させる。このようなイメージサークルの水平線の補正により、撮像画像の繋ぎ合わせ時に撮像画像の回転処理が不要となるため、回転処理による劣化がない撮像画像を繋ぎ合わせることができ、また回転処理の演算時間も不要となる。

【0025】

本実施例においてイメージサークルの回転を反射面の反射角で補正する際に正確に $90^\circ - \theta / 2^\circ$ で補正する必要はなく、 $90^\circ - \theta / 2^\circ \pm 5^\circ$ の範囲であればイメージサークルの回転は若干発生しても撮像画像の繋ぎ目の不整合を問題としない程度に少なく抑えることができる。また、この範囲で発生するイメージサークルの回転を画像処理で補正しても、補間処理による劣化も軽微である。

【0026】

なお、反射面の反射角を $90^\circ - \theta / 2^\circ \pm 3^\circ$ とすると、撮像画像の繋ぎ目の不整合がより目立たなくなるので、より好ましい。

【0027】

また本実施例では反射面 R P 2 のみでイメージサークルの回転を補正するが、2 つの反射面 R P 1、R P 2 で補正してもよい。この場合、反射面 R P 3 によって光軸を Y 方向に折り曲げなくても 2 つの光学系により形成される 2 つの光学像を 1 つの撮像素子上に形成することはできるが、X Z 面上でのレンズ厚が大きくなる。この結果、図示した 2 つの光学系に対して設けられた撮像素子とこれら 2 つの光学系に隣り合う不図示の光学系に対して設けられた撮像素子との干渉を避けるため、光学系を互いに離して配置する必要が生じ、撮像装置が大型化する。

【実施例 2】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

図 3 は、実施例 2（数値例 2）の撮像装置において X Z 面上に周方向に互いに異なる向きで配置された 6 つの光学系 2 0 のうち互いに隣り合う 2 つの光学系 2 0 を Y 方向上側から見て示している。

【 0 0 2 9 】

実施例 2 では、各光学系 2 0 は、2 つの反射面 R P 1、R P 2 を有する。反射面 R P 1 は、光学系 2 0 の光軸を上記 2 つの光学系 2 0 の中間位置に向けて X Y 面内で（上記同一平面と平行な方向に） $90^\circ + \theta / 2^\circ$ の角度で折り曲げる。反射面 R P 2 は、反射面 R P 1 で反射された光軸を Y 方向（上記同一平面に対して直交する成分を有する方向）に 90° の角度で折り曲げて不図示の撮像素子に導く。

10

【 0 0 3 0 】

この構成より、図 4 に示すように、2 つの光学系 2 0 が 1 つの撮像素子上に 2 つの光学像を形成する。反射面 R P 1 により光軸を $90^\circ + \theta / 2^\circ$ の角度で折り曲げることにより、2 つの光学系 2 0 の入射光軸同士がなす角度 θ により発生するイメージサークルの回転を補正し、イメージサークルの水平線を撮像素子の画素配列方向（短辺方向）と一致させる。このため、本実施例では、撮像画像の繋ぎ合わせ時に撮像画像の回転処理は必要となるが、回転処理において補間処理は不要であるため、回転処理による劣化がない撮像画像を繋ぎ合わせることができる。

【 0 0 3 1 】

本実施例においてイメージサークルの回転を反射面の反射角で補正する際に正確に $90^\circ + \theta / 2^\circ$ で補正する必要はなく、 $90^\circ + \theta / 2^\circ \pm 5^\circ$ の範囲であればイメージサークルの回転は若干発生しても撮像画像の繋ぎ目の不整合を問題としない程度に少なく抑えることができる。また、この範囲で発生するイメージサークルの回転を画像処理で補正しても、補間処理による劣化も軽微である。

20

【 0 0 3 2 】

なお、反射面の反射角を $90^\circ + \theta / 2^\circ \pm 3^\circ$ とすると、撮像画像の繋ぎ目の不整合がより目立たなくなるので、より好ましい。

【 0 0 3 3 】

以上説明したように、複数の光学系および複数の撮像素子を通して取得される撮像画像を繋ぎ合わせて広画角の画像を得る撮像装置において、撮像素子の数を削減した小型の撮像装置を実現することができる。また簡略な画像処理により複数の撮像画像を繋ぎ合わせる処理を行うことができる。

30

【 0 0 3 4 】

図 5、図 7 および図 9 はそれぞれ、数値例 1、数値例 2 および数値例 3 の光学系の構成を示している。これらの図において、左側が物体側、右側が像側である。L 1 は第 1 レンズ群、L 2 は第 2 レンズ群を示す。S P は開口絞り、I P は像面を示す。

【 0 0 3 5 】

ビデオカメラやデジタルスチルカメラ等の撮像装置においては、像面には、C C D センサや C M O S センサ等の撮像素子（光電変換素子）の撮像面が配置される。図 5、図 7 および図 8 はそれぞれ、反射面（R P 1、R P 2、R P 3）により折り曲げられた光路を展開して示している。数値例 1、数値例 2 は反射面としてミラーを用いており、数値例 3 は反射面としてプリズムを用いている。

40

【 0 0 3 6 】

図 6、図 8 および図 1 0 はそれぞれ、数値例 1、数値例 2 および数値例 3 の収差図である。F n o は F ナンバーであり、 θ は半画角である。d は d 線（波長 587.6 nm ）、g は g 線（波長 435.8 nm ）である。非点収差図において M と S はそれぞれ、d 線におけるメリディオナル像面とサジタル像面での非点収差を示している。歪曲収差は d 線のものを示している。各実施例の光学系は、等角射影方式の光学系であり、歪曲収差図は等角射影方式における理想像高からのずれを表している。倍率色収差図は、g 線についての倍率色収差を示している。

50

【 0 0 3 7 】

以下、各数値例の具体的な構成について説明する。

(数値例 1)

図 5 に示す数値例 1 の光学系 1 0 は、物体側から像側に順に、該光学系 1 0 において最大の空気間隔を挟んで配置された第 1 レンズ群 (負レンズ群) L 1 と第 2 レンズ群 (正レンズ群) L 2 とを有し、最大の空気間隔の領域に 3 つの反射面 R P 1、R P 2、R P 3 が配置されている。第 2 レンズ群 L 2 内には、開口絞り S P が配置されている。

【 0 0 3 8 】

本数値例の光学系 1 0 は、全画角が 180.0° 、F ナンバーが 4.0、イメージサークルの直径が 17.5 mm であり、2 つの光学系がフルサイズの撮像素子上に 2 つの光学像を形成する。

10

【 0 0 3 9 】

本数値例では、水平周方向の 360° の画角を 6 つの光学系により撮像するために、1 つの光学系は 60° の画角を有すればよい。しかし、6 つの光学系を通して取得された撮像画像を繋ぎ合わせるステッチ処理におけるパターンマッチングの精度を向上させるため、各光学系は 60° より広い画角を有する。

【 0 0 4 0 】

また 6 つの光学系を通して取得された 6 つの撮像画像のそれぞれの右半分の画像を切り出してこれらを繋ぎ合わせて右眼用の画像とし、同様に各光学系を通して取得された 6 つの撮像画像のそれぞれの左半分の画像を切り出してこれらを繋ぎ合わせて左眼用の画像とすることで、立体視可能な画像を提示することも可能である。このため、本数値例の光学系の画角は 180° に設定されている。

20

【 0 0 4 1 】

各実施例 (数値例) の光学系は、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f_n 、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を f_p 、光学系全系の焦点距離を f 、光学系において最大の空気間隔を L とするとき、以下の式 (1)、(2) の条件を満足している。

$$-0.25 \leq f_n / L \leq -0.05 \quad (1)$$

$$1.80 \leq f_p / f \leq 6.50 \quad (2)$$

式 (1) の条件は、撮像装置の小型化に関する条件である。 f_n / L が式 (1) の上限値を上回ると、第 1 レンズ群 L 1 の負の屈折力が大きすぎて像面湾曲や歪曲等の軸外収差が大きくなるため、好ましくない。収差補正のためにレンズの数を増加させると、隣り合う光学系とのノードルポイント間の間隔が増大して撮像画像の繋ぎ合わせが困難となるため、好ましくない。 f_n / L が式 (1) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 L 1 の負の屈折力が小さすぎて軸外光線を光軸近傍に収斂させることができず、反射面が大きくなり、その結果、反射面と第 1 レンズ群 L 1 との干渉や反射面同士が干渉するため、好ましくない。

30

【 0 0 4 2 】

式 (1) の範囲を以下のようにすると、より好ましい。

$$-0.23 \leq f_n / L \leq -0.10 \quad (1a)$$

式 (1) の範囲を以下のようにすると、さらに好ましい。

$$-0.21 \leq f_n / L \leq -0.12 \quad (1b)$$

式 (2) の条件は、隣り合う 2 つの光学系が 1 つの撮像素子上に 2 つの光学像を形成するための条件である。 f_p / f が式 (2) の上限値を上回ると、第 2 レンズ群 L 2 の正の屈折力が小さすぎて第 2 レンズ群 L 2 が大型化し、光学系同士の干渉が問題となるため、好ましくない。 f_p / f が式 (2) の下限値を下回ると、第 2 レンズ群 L 2 の正の屈折力が大きすぎるため、球面収差やコマ収差が大きくなって光学性能が低下するため、好ましくない。

40

式 (2) の範囲を以下のようにすると、より好ましい。

【 0 0 4 3 】

$$2.00 \leq f_p / f \leq 6.00 \quad (2a)$$

50

式(2)の範囲を以下のようにすると、さらに好ましい。

$$2.20 \leq f_p / f \leq 5.50 \quad (2b)$$

数値例1の光学系10における各レンズ群の構成について説明する。第1レンズ群L1は、物体側から像側に順に、物体側に凸形状の負メニスカスレンズと、物体側に凸形状の負メニスカスレンズとを有する。最も物体側の負メニスカスレンズの像側に非球面を配置することで、像面湾曲を良好に補正できる。

【0044】

第2レンズ群L2は、物体側から像側に順に、物体側に凸形状の正メニスカスレンズ、開口絞りSP、両凸レンズと像側に凸形状の負メニスカスレンズとの接合レンズ、両凸レンズ、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズ、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズおよび両凸レンズを有する。両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズは、その最も像側の面に非球面を有することで、非点収差を良好に補正できる。また、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズおよび両凸レンズとしての最終レンズを有し、該最終レンズの像側の面を非球面とすることで、像面湾曲や歪曲を良好に補正することができる。

10

【0045】

なお、前述したように反射面がプリズムの面である場合は、前述した最大の空気間隔は、プリズムを除いた屈折力を有する面間の最大の空気間隔である。

【0046】

本数値例によれば、水平周方向にて互いに隣り合う2つの光学系のそれぞれが有する3つの反射面により、イメージサークルの水平線を撮像素子の画素配列方向(長辺方向)に一致させることができる。

20

(数値例2)

図7に示す数値例2の光学系20は、物体側から像側に順に、該光学系20において最大の空気間隔を挟んで配置された第1レンズ群(負レンズ群)L1と第2レンズ群(正レンズ群)L2とを有し、最大の空気間隔の領域に2つの反射面RP1、RP2が配置されている。第2レンズ群L2内には、開口絞りSPが配置されている。

【0047】

本数値例の光学系20は、全画角が180.0°、Fナンバーが4.07、イメージサークルの直径が17.5mmであり、2つの光学系がフルサイズの撮像素子上に2つの光学像を形成する。本数値例でも、水平周方向の360°の画角を6つの光学系により撮像する。

30

【0048】

数値例2の光学系20における各レンズ群の構成について説明する。第1レンズ群L1は、物体側から像側に順に、物体側に凸形状の負メニスカスレンズと両凹レンズとを有する。最も物体側の負メニスカスレンズの像側に非球面を配置することで、像面湾曲を良好に補正できる。

【0049】

第2レンズ群L2は、物体側から像側に順に、両凸レンズ、開口絞りSP、物体側が凸面の正メニスカスレンズ、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズ、両凸レンズと像側が凸面の負メニスカスレンズとの接合レンズを有する。像側が凸面の負メニスカスレンズの像側に非球面を設けることで、球面収差を良好に補正できる。さらに第2レンズ群L2は、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズおよび両凸レンズを有する。最終レンズとしての両凸レンズの像側の面を非球面とすることで、像面湾曲や歪曲を良好に補正することができる。

40

【0050】

本数値例によれば、水平周方向にて互いに隣り合う2つの光学系のそれぞれが有する2つの反射面により、イメージサークルの水平線を撮像素子の画素配列方向(短辺方向)に一致させることができる。

【実施例3】

50

【 0 0 5 1 】

図 9 は、実施例 3 (数値例 3) の光学系 3 0 を示している。数値例 3 の光学系 3 0 は、物体側から像側に順に、該光学系 3 0 において最大の空気間隔を挟んで配置された第 1 レンズ群 (負レンズ群) L 1 と第 2 レンズ群 (正レンズ群) L 2 とを有し、最大の空気間隔の領域に 2 つの反射面 R P 1、R P 2 がプリズムの面として配置されている。第 2 レンズ群 L 2 内には、開口絞り S P が配置されている。

【 0 0 5 2 】

本数値例の光学系 3 0 は、全画角が 150.0° 、F ナンバーが 4.0、イメージサークルの直径が 17.5 mm であり、2 つの光学系がフルサイズの撮像素子上に 2 つの光学像を形成する。

10

【 0 0 5 3 】

本数値例は、水平周方向の 360° の画角を 8 つの光学系により撮像するため、各光学系 3 0 の画角は数値例 1、2 に比べて狭い。また本数値例は、水平周方向にて互いに隣り合う 2 つの光学系のそれぞれが有する 2 つの反射面により、イメージサークルの水平線を撮像素子の画素配列方向 (短辺方向) に一致させる。

【 0 0 5 4 】

本数値例では、8 つの光学系 3 0 のうち互いに隣り合う 2 つの光学系の入射光軸同士がなす角度は 45° である。このため、各光学系 3 0 の光軸をプリズムの反射面 R P 1 で 112.5° の角度で折り曲げ、反射面 R P 1 で折り曲げられた光軸を Y 方向に 90° の角度で折り曲げて 1 つの撮像素子に導く。これにより、互いに隣り合う 2 つの光学系は 1 つの撮像素子上に 2 つの光学像を形成する。

20

【 0 0 5 5 】

数値例 3 の光学系 3 0 における各レンズ群の構成について説明する。第 1 レンズ群 L 1 は、物体側から像側に順に、物体側に凸形状の第 1 負メニスカスレンズと、物体側凸面の第 2 負メニスカスレンズを有する。第 2 負メニスカスレンズの像側に非球面を配置することで、像面湾曲を良好に補正することができる。

【 0 0 5 6 】

第 2 レンズ群 L 2 は、開口絞り S P、両凸レンズ、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズ、両凸レンズと像側が凸面の負メニスカスレンズとの接合レンズ、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズおよび凸レンズを有する。最終レンズである凸レンズの像側を非球面とすることで、像面湾曲や歪曲を良好に補正することができる。

30

【 0 0 5 7 】

なお、本数値例のように反射面をプリズムの面で構成する場合は、前述した式 (1) 中の L をプリズムの前後の屈折力を有する面間の間隔とする。

【 0 0 5 8 】

上記各数値例では、水平周方向 360° の広視野画像を得る撮像装置として、6 つ又は 8 つの光学系を用いる場合について説明したが、光学系の数はこれらに限定されず、より高画質化のために光学系の数を増やしてもよいし、水平周方向 360° の広視野が必要でない場合には光学系の数を少なくしてもよい。

【 0 0 5 9 】

40

以下、数値例 1 ~ 3 の具体的な数値データを示す。各数値例において、 i は物体側から数えた順番を示し、 r_i は i 番目の光学面 (第 i 面) の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $(i + 1)$ 面との間の軸上間隔 (レンズ厚または空気間隔) を示す。 n_{di} は i 番目の光学部材の材料の d 線における屈折率である。 d_i は i 番目の光学部材の材料の d 線を基準としたアッペ数である。B F 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とす。「レンズ全長」は、ズームレンズの最前面 (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。

【 0 0 6 0 】

ある材料のアッペ数 d は、フラウンホーファ線の d 線 (587.6 nm)、F 線 (4

50

86.1 nm)、C線(656.3 nm)における屈折率をNd、NF、NCとするとき、 $d = (Nd - 1) / (NF - NC)$ で表される。

【0061】

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、光軸方向をX軸、光軸と直交する方向をH軸、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～A10を非球面係数とすると、以下の式で表される。

【0062】

【数1】

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

10

【0063】

非球面係数の「e-x」は 10^{-x} を意味する。

【0064】

また、数値例1～3と前述した式(1)、(2)の条件と関係を表1にまとめて示す。

[数値例1]

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	26.643	1.00	1.85400	40.4	29.12
2*	13.240	5.12			22.72
3	192.948	0.64	2.00069	25.5	17.03
4	7.875	7.94			12.53
5 (RP1)		11.98			
6 (RP2)		9.00			
7 (RP3)		4.99			
8	15.073	1.25	2.00069	25.5	10.06
9	71.776	0.80			9.97
10(絞り)		0.50			9.98
11	72.256	2.94	1.48749	70.2	9.99
12	-10.465	0.80	2.00100	29.1	9.93
13	-17.270	0.50			10.24
14	24.183	2.99	1.48749	70.2	10.01
15	-14.602	0.50			9.63
16	-15.404	0.80	1.95375	32.3	9.16
17	8.306	2.38	1.59270	35.3	9.04
18	-29.904	0.15			9.22
19	10.744	3.68	1.49700	81.5	9.59
20	-8.165	0.80	1.85400	40.4	9.39
21*	61.534	4.52			9.68
22	9.822	3.82	1.43875	94.7	10.65
23	-10.355	0.80	2.00100	29.1	10.42
24	28.513	5.60			10.79
25	37.843	2.84	1.58313	59.4	15.00
26*	-15.388	4.47			15.30

30

40

像面

非球面データ

50

第2面

K = 5.66334e-002 A 4=-9.14085e-006 A 6=-1.72836e-007 A 8= 1.21712e-009 A10=-3.53560e-011

第21面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.83484e-004 A 6=-1.49778e-006 A 8=-5.63221e-008 A10= 9.70871e-010

第26面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.56291e-004 A 6= 1.58376e-006 A 8=-1.30861e-008

各種データ

焦点距離 5.57 10
 Fナンバー 4.00
 半画角(°) 90.00
 像高 8.75
 レンズ全長 80.80
 BF 4.47
 入射瞳位置 9.60
 射出瞳位置 -75.03
 前側主点位置 14.78
 後側主点位置 -1.10

レンズ群データ

群 始面 終面 焦点距離 レンズ構成長 前側主点位置 後側主点位置 20
 L1 1 4 -5.82 6.76 4.58 -0.88
 L2 8 26 27.16 35.66 14.94 -48.65

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離
 1 1 -31.92
 2 3 -8.22
 3 8 18.86
 4 11 18.97
 5 12 -28.19 30
 6 14 19.16
 7 16 -5.57
 8 17 11.23
 9 19 9.98
 10 20 -8.40
 11 22 12.19
 12 23 -7.51
 13 25 19.14

[数値例2]

単位 mm 40

面データ

面番号 r d nd d 有効径
 1 32.384 1.00 1.85400 40.4 31.00
 2* 12.197 6.42 22.41
 3 -395.651 0.80 1.88300 40.8 18.64
 4 8.947 16.30 13.89
 5(RP1) 12.20
 6(RP2) 4.50
 7 326.989 0.89 1.59522 67.7 9.81
 8 -41.091 0.80 9.89 50

9(絞り)		0.50		9.98	
10	7.489	3.84	1.49700	81.5	10.18
11	83.915	3.65			9.15
12	-15.404	0.80	1.95375	32.3	6.81
13	6.516	1.67	1.80518	25.4	6.56
14	-35.537	0.15			6.54
15	9.768	4.00	1.49700	81.5	6.67
16	-5.033	0.80	1.85400	40.4	6.79
17*	-23.149	5.74			7.45
18	10.322	3.34	1.43875	94.7	9.99
19	-10.452	0.80	2.00100	29.1	9.90
20	28.882	5.13			10.45
21	326.683	3.00	1.58313	59.4	14.80
22*	-13.363	4.47			15.30

像面

非球面データ

第2面

K = -1.16416e+000 A 4= 7.37125e-005 A 6=-2.92217e-007 A 8= 6.55174e-009 A10=-4.66004e-011

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.97087e-005 A 6=-5.08814e-006 A 8=-1.43019e-007 A10= 5.92727e-010

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.55621e-005 A 6= 1.23089e-006 A 8=-4.82964e-009

各種データ

焦点距離 5.57

Fナンバー 4.07

半画角(°) 90.00

像高 8.75

レンズ全長 80.80

BF 4.47

入射瞳位置 9.72

射出瞳位置 -60.64

前側主点位置 14.82

後側主点位置 -1.10

レンズ群データ

群	始面	終面	距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
---	----	----	----	-------	--------	--------

L1	1	4	-5.82	8.22	4.71	-1.62
----	---	---	-------	------	------	-------

L2	7	22	25.19	35.11	11.09	-44.81
----	---	----	-------	-------	-------	--------

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
-----	----	------

1	1	-23.44
---	---	--------

2	3	-9.90
---	---	-------

3	7	61.38
---	---	-------

4	10	16.27
---	----	-------

5	12	-4.72
---	----	-------

6	13	6.96
---	----	------

7	15	7.34
---	----	------

8	16	-7.69
---	----	-------

9	18	12.45
---	----	-------

10

20

30

40

50

10 19 -7.59
11 21 22.09

[数值例3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	32.384	1.00	1.85400	40.4	24.14
2*	13.561	3.92			19.63
3	161.648	0.80	1.88300	40.8	16.54
4	8.087	3.89			12.39
5		12.00	1.51633	64.1	11.98
6(RP1)		12.00	1.51633	64.1	
7(RP2)		5.00	1.51633	64.1	
8		0.50			7.91
9(絞り)		0.50			8.05
10	8.746	3.19	1.49700	81.5	8.46
11	-88.652	3.96			8.07
12	-15.404	0.80	1.95375	32.3	6.82
13	7.105	1.82	1.80518	25.4	6.93
14	-24.210	0.15			7.03
15	10.033	2.73	1.49700	81.5	7.62
16	-8.482	0.80	1.85400	40.4	7.78
17*	-19.842	9.26			8.20
18	9.971	4.00	1.43875	94.7	11.17
19	-11.085	0.80	2.00100	29.1	10.97
20	22.907	4.05			11.44
21	-12686.417	2.69	1.58313	59.4	14.68
22*	-18.607	5.52			15.23

10

20

像面

非球面データ

第2面

K = -1.36080e+000 A 4= 3.93355e-005 A 6=-2.17148e-007 A 8=-2.67024e-009 A10= 6.66356e-012

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.46123e-005 A 6=-5.76222e-007 A 8=-1.33637e-008 A10=-1.91385e-010

第22面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.64361e-005 A 6= 7.49178e-007 A 8=-1.14787e-008

各種データ

焦点距離 6.69
Fナンバー 4.00
半画角(°) 75.00
像高 8.75
レンズ全長 79.37
BF 5.52
入射瞳位置 8.75
射出瞳位置 -34.36
前側主点位置 14.32
後側主点位置 -1.17
レンズ群データ

30

40

50

群	始面	終面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
L1	1	4	-6.50	5.72	3.62	-0.90
L2	9	22	17.47	34.74	3.54	-29.92

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-28.01
2	3	-9.66
3	5	0.00
4	6	0.00
5	7	0.00
6	10	16.19
7	12	-5.01
8	13	7.00
9	15	9.72
10	16	-17.93
11	18	12.70
12	19	-7.38
13	21	31.95

10

【0065】

【表1】

20

		数値例1	数値例2	数値例3
条件式(1)	f_n/L	-0.17	-0.18	-0.19
条件式(2)	f_p/f	4.88	4.52	2.61

【0066】

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。

30

【符号の説明】

【0067】

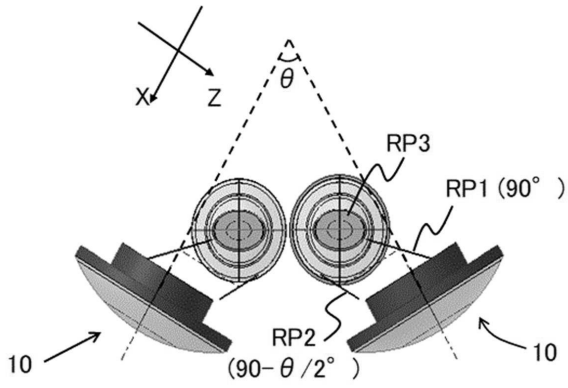
- L 1 第1レンズ群
- L 2 第2レンズ群
- R R 1 ~ R R 3 反射面

40

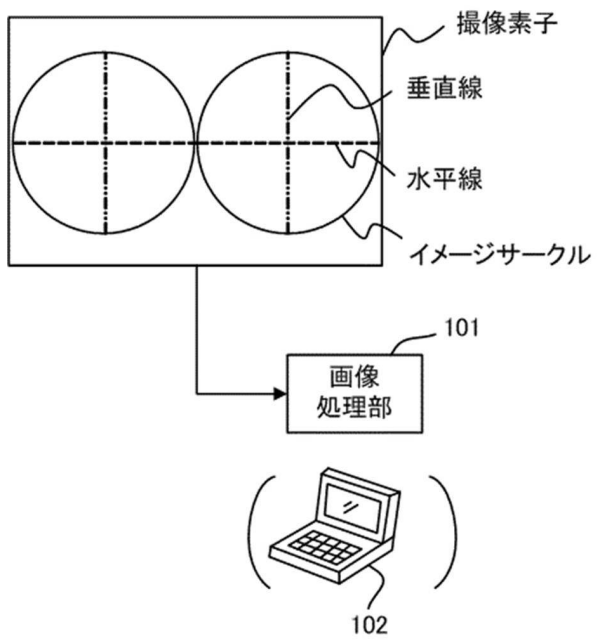
50

【図面】

【図 1】



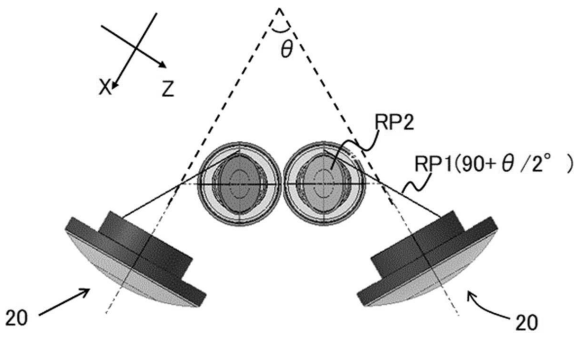
【図 2】



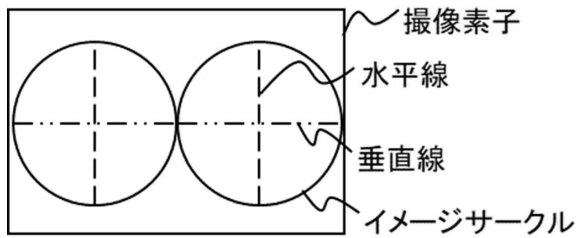
10

20

【図 3】



【図 4】

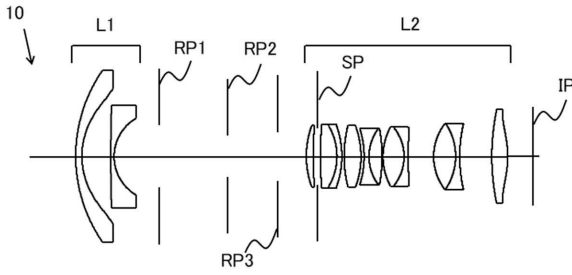


30

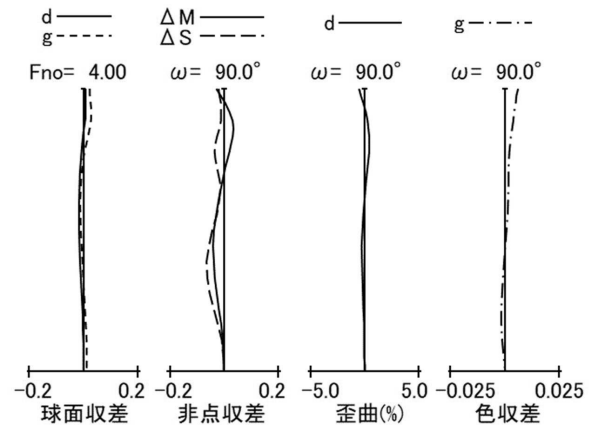
40

50

【图 5】

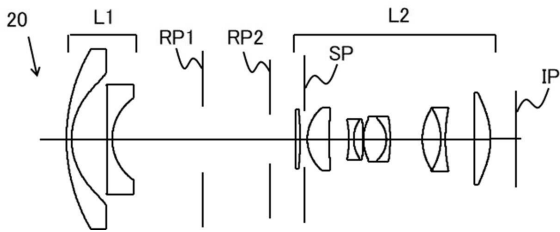


【图 6】

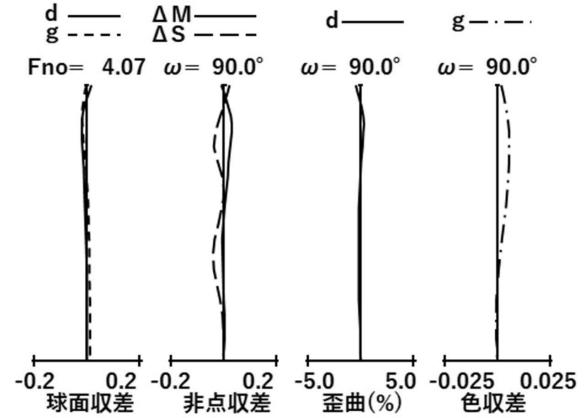


10

【图 7】



【图 8】



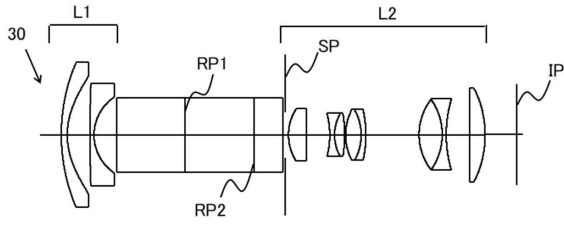
20

30

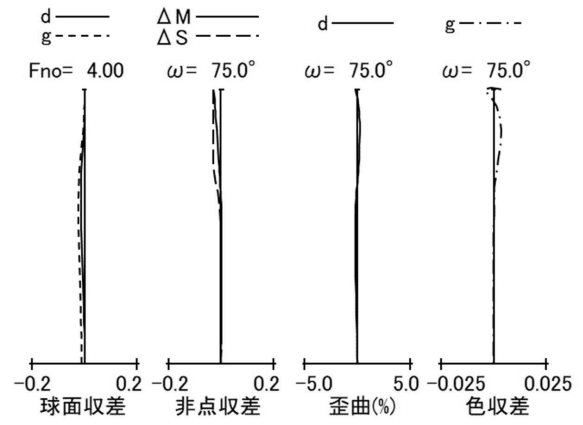
40

50

【図 9】

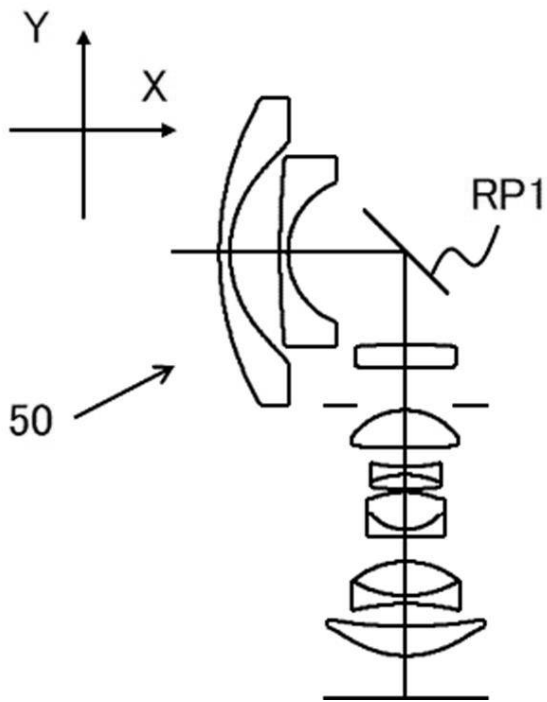


【図 10】

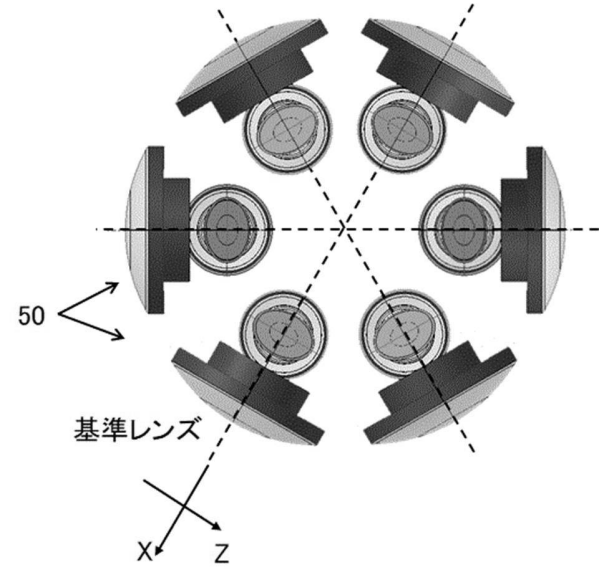


10

【図 11】



【図 12】



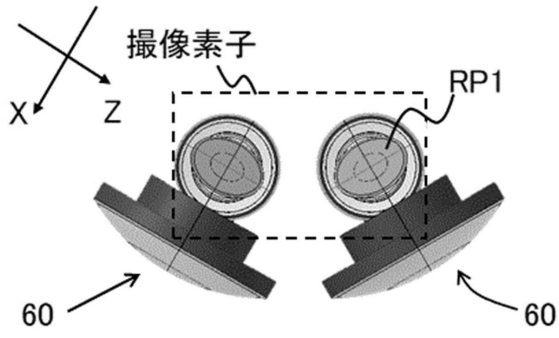
20

30

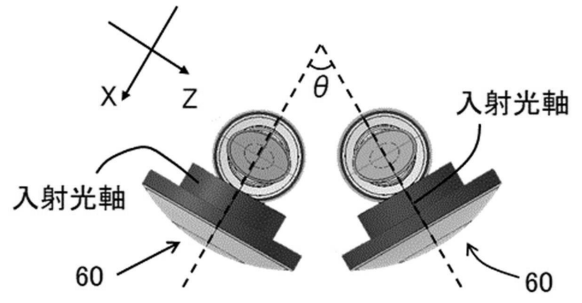
40

50

【図 1 3】

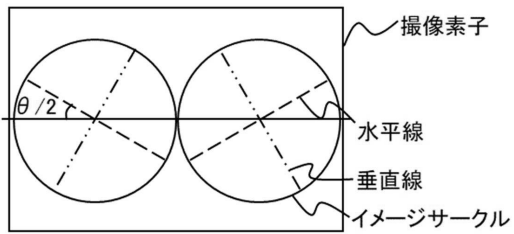


【図 1 4】



10

【図 1 5】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 B	15/00	(2021.01)	G 0 3 B	15/00	H
H 0 4 N	23/54	(2023.01)	G 0 3 B	15/00	W
H 0 4 N	23/55	(2023.01)	H 0 4 N	23/54	
			H 0 4 N	23/55	

(56)参考文献

特開 2 0 0 5 - 1 0 7 4 0 4 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 2 3 0 4 4 4 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 1 0 6 3 2 7 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 1 3 6 4 8 6 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 0 9 7 2 6 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 7 / 2 1 7 9 2 5 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 3 B 3 7 / 0 0 - 3 7 / 0 6
G 0 2 B 1 3 / 0 0 - 1 3 / 2 6
G 0 3 B 1 5 / 0 0
G 0 3 B 1 9 / 0 0 - 1 9 / 1 6
H 0 4 N 2 3 / 5 4 - 2 3 / 5 5