

(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2016-142947
(P2016-142947A)

(43) 公開日 平成28年8月8日(2016.8.8)

| | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| GO3B 19/07 (2006.01) | GO3B 19/07 | 2H054 |
| GO3B 17/17 (2006.01) | GO3B 17/17 | 2H087 |
| GO2B 13/18 (2006.01) | GO2B 13/18 | 2H101 |
| GO2B 15/00 (2006.01) | GO2B 15/00 | 5C122 |
| GO3B 15/00 (2006.01) | GO3B 15/00 B | |
| 審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 47 頁) 最終頁に続く | | |

(21) 出願番号 特願2015-19321 (P2015-19321)
(22) 出願日 平成27年2月3日 (2015.2.3)

(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 倫也
(72) 発明者 井上 智暁
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 AA01 BB05 BB07

最終頁に続く

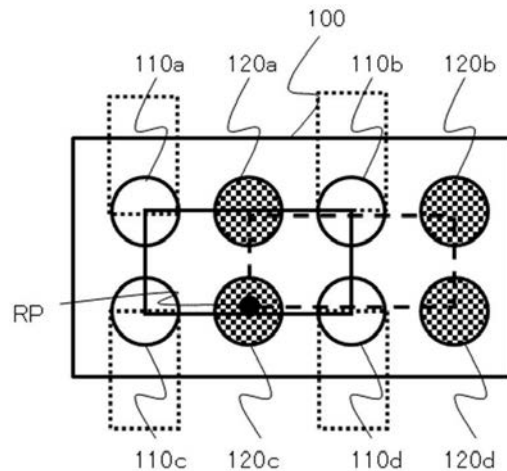
(54) 【発明の名称】 複眼撮像装置

(57) 【要約】

【課題】複眼撮像装置の薄型化と正面視における小型化を図る。

【解決手段】複眼撮像装置1は、互いに異なる焦点距離を有する複数の結像光学系と、複数の結像光学系により形成された複数の物体像をそれぞれ撮像する複数の撮像領域を含む撮像手段10とを有する。複数の結像光学系は、反射によって光路が折り曲げられた複数の第1の結像光学系110a~110dと、光路が折り曲げられていない複数の第2の結像光学系120a~120dとを含む。複数の第2の結像光学系のうち光学系全長が最も長い第2の結像光学系の光学系全長をLとし、複数の第1の結像光学系のそれぞれの焦点距離を f_i とするとき、複数の第1の結像光学系は、 $1.4 L / f_i$ なる条件を満足する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに異なる焦点距離を有する複数の結像光学系と、
 前記複数の結像光学系により形成された複数の物体像をそれぞれ撮像する複数の撮像領域を含む撮像手段とを有する複眼撮像装置であって、
 前記複数の結像光学系は、反射によって光路が折り曲げられた複数の第 1 の結像光学系と、光路が折り曲げられていない複数の第 2 の結像光学系とを含み、
 前記複数の結像光学系の物体側からの光軸方向視において、
 前記複数の第 2 の結像光学系のうち少なくとも 1 つの第 2 の結像光学系の光軸が、前記複数の第 1 の結像光学系の光軸の位置を結ぶ線により囲まれた第 1 の領域内に配置され、
 前記各第 1 の結像光学系における前記光路の折り曲げ方向が、前記第 1 の領域の外側に向かう方向であって、かつ互いに同じ方向または反対方向であることを特徴とする複眼撮像装置。

10

【請求項 2】

互いに異なる焦点距離を有する複数の結像光学系と、
 前記複数の結像光学系により形成された複数の物体像をそれぞれ撮像する複数の撮像領域を含む撮像手段とを有する複眼撮像装置であって、
 前記複数の結像光学系は、反射によって光路が折り曲げられた複数の第 1 の結像光学系と、光路が折り曲げられていない複数の第 2 の結像光学系とを含み、
 前記複数の第 2 の結像光学系のうち光学系全長が最も長い第 2 の結像光学系の光学系全長を L とし、前記複数の第 1 の結像光学系のそれぞれの焦点距離を f_i とするとき、前記複数の第 1 の結像光学系は、

$$1.4 \quad L / f_i$$

 なる条件を満足することを特徴とする複眼撮像装置。

20

【請求項 3】

前記複数の結像光学系の物体側からの光軸方向視において、
 前記複数の第 2 の結像光学系のうち少なくとも 1 つの第 2 の結像光学系の光軸が、前記複数の第 1 の結像光学系の光軸の位置を結ぶ線により囲まれた第 1 の領域内に配置され、
 前記各第 1 の結像光学系における前記光路の折り曲げ方向が、前記第 1 の領域の外側に向かう方向であって、かつ互いに同じ方向または反対方向であることを特徴とする請求項 2 に記載の複眼撮像装置。

30

【請求項 4】

前記光軸方向視において、前記各第 1 の結像光学系における前記光路の折り曲げ方向が、該第 1 の結像光学系に隣り合う前記第 2 の結像光学系の側とは異なる方向であることを特徴とする請求項 1 または 3 に記載の複眼撮像装置。

【請求項 5】

前記光軸方向視において、前記複数の第 2 の結像光学系の光軸が全て前記第 1 の領域内に配置されていることを特徴とする請求項 1, 3 および 4 のいずれか一項に記載の複眼撮像装置。

【請求項 6】

前記第 1 の領域内に光軸が配置された前記少なくとも 1 つの第 2 の結像光学系のうち 1 つを特定の第 2 の結像光学系というとき、
 前記光軸方向視において、前記第 1 の領域と前記複数の第 2 の結像光学系のそれぞれの光軸の位置を結ぶ線によって囲まれた第 2 の領域とが重なる領域内に前記特定の第 2 の結像光学系の光軸が配置されていることを特徴とする請求項 1, 3, 4 および 5 のうちいずれか一項に記載の複眼撮像装置。

40

【請求項 7】

前記複数の第 2 の結像光学系は、前記第 1 の結像光学系の画角よりも広い画角を有する複数の広角光学系と、前記第 1 の結像光学系の画角と前記広角光学系の画角との間の中間画角を有する複数の中間画角光学系とを有し、

50

前記第 1 の領域内に光軸が配置された前記少なくとも 1 つの第 2 の結像光学系の 1 つである前記広角光学系を特定の第 2 の結像光学系というとき、

前記光軸方向視において、前記第 1 の領域と、前記複数の広角光学系のそれぞれの光軸の位置を結ぶ線によって囲まれた第 2 の領域と、前記複数の中間画角光学系のそれぞれの光軸の位置を結ぶ線によって囲まれた第 3 の領域とが重なる領域内に、前記特定の第 2 の結像光学系の光軸が配置されていることを特徴とする請求項 1, 3, 4 および 5 のうちいずれか一項に記載の複眼撮像装置。

【請求項 8】

前記特定の第 2 の結像光学系を通した撮像により得られた画像またはその一部を基準画像として、前記複数の結像光学系のそれぞれを通した撮像により得られた画像を合成する画像合成手段を有することを特徴とする請求項 6 または 7 のいずれか一項に記載の複眼撮像装置。

10

【請求項 9】

前記複数の結像光学系のうち互いに異なる画角を有する 2 つの結像光学系を通した撮像により得られる 2 つの画像に基づいて、該 2 つの結像光学系の画角の間の画角に対応する画像を生成する画像生成手段を有することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の複眼撮像装置。

【請求項 10】

前記複数の結像光学系を通した撮像により得られる互いに視差を有する複数の画像から被写体までの距離を算出する距離算出手段を有することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の複眼撮像装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、互いに焦点距離（画角）が異なる複数の結像光学系を有する複眼撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

上記のような複眼撮像装置として、特許文献 1 には、短い焦点距離の結像光学系（短焦点レンズ）と長い焦点距離の結像光学系（長焦点レンズ）とを備え、これらのレンズを通して被写体の同じ部分を含むように撮像する複眼撮像装置が開示されている。この複眼撮像装置では、短焦点レンズにより形成された被写体像を撮像して得られたワイド画像の一部に、長焦点レンズにより形成された被写体像を撮像して得られたズームアップ画像を嵌め込む。これにより、広い画角を有しつつも、ズームアップ画像部分が高い解像度を有する合成画像を得ることができる。

30

【0003】

また、このような複眼撮像装置において複数の結像光学系により光学的に得られる画角の間の画角に対応する画像をデジタルズーム等の画像処理技術によって生成することで、疑似的な連続ズーム機能を得る方法が知られている。ただし、特許文献 1 にて開示された複眼撮像装置で用いられている長焦点レンズは光路が直線的に延びるストレート光学系である。このため、撮像倍率を上げるために長焦点レンズの焦点距離を長くするほど撮像装置の厚みが増加する。

40

【0004】

このような問題を解決するために、結像光学系の光軸を反射部材を用いて折り曲げる屈曲光学系を用いた撮像装置が知られている。特許文献 2 には、長焦点距離の結像光学系と短焦点距離の結像光学系とを有する複眼撮像装置の厚みを低減して薄型化するために、長焦点距離の結像光学系を屈曲光学系とする構成が開示されている。また、特許文献 3 には、複数（2 から 4）の結像光学系の全てを屈曲光学系とした複眼撮像装置が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-303694号公報

【特許文献2】特開2011-55246号公報

【特許文献3】特開2011-257770号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述した合成画像として様々な画角の画像を生成したり、疑似的な連続ズーム機能による撮像倍率を広い範囲で可変としたりする等のために、複眼撮像装置に特許文献2, 3の装置よりも多数（例えば、8や16）の結像光学系を設ける場合がある。このような複眼撮像装置において、単純に全ての結像光学系または短焦点距離以外の結像光学系を屈曲光学系とすると、隣り合う結像光学系同士の干渉を避けるために、これら結像光学系の入射面間の間隔を広げる必要が生ずる。この結果、複眼撮像装置の正面視（結像光学系の物体側からの光軸方向視）のサイズが増大したり、結像光学系間での視差が大きくなりすぎて撮像に使用する結像光学系の変更により画像内での被写体の位置が大きくなりすぎたりする。

10

【0007】

本発明は、互いに焦点距離が異なる複数の結像光学系を含む多数の結像光学系を有しつつ、薄型化だけでなく正面視における小型化も図れ、さらには結像光学系間での視差を適切な範囲に収められるようにした複眼撮像装置を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としての複眼撮像装置は、互いに異なる焦点距離を有する複数の結像光学系と、複数の結像光学系により形成された複数の物体像をそれぞれ撮像する複数の撮像領域を含む撮像手段とを有する。複数の結像光学系は、反射によって光路が折り曲げられた複数の第1の結像光学系と、光路が折り曲げられていない複数の第2の結像光学系とを含む。複数の結像光学系の物体側からの光軸方向視において、複数の第2の結像光学系のうち少なくとも1つの第2の結像光学系の光軸が、複数の第1の結像光学系の光軸の位置を結ぶ線により囲まれた第1の領域内に配置され、各第1の結像光学系における光路の折り曲げ方向が、第1の領域の外側に向かう方向であって、かつ互いに同じ方向または反対方向であることを特徴とする。

30

【0009】

また、本発明の他の一側面としての複眼撮像装置は、互いに異なる焦点距離を有する複数の結像光学系と、複数の結像光学系により形成された複数の物体像をそれぞれ撮像する複数の撮像領域を含む撮像手段とを有する。複数の結像光学系は、反射によって光路が折り曲げられた複数の第1の結像光学系と、光路が折り曲げられていない複数の第2の結像光学系とを含む。複数の第2の結像光学系のうち光学系全長が最も長い第2の結像光学系の光学系全長をLとし、複数の第1の結像光学系のそれぞれの焦点距離を f_i とするとき、複数の第1の結像光学系は、

40

$$1.4 \leq L / f_i$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、互いに焦点距離が異なる複数の結像光学系を含む多数の結像光学系を有する複眼撮像装置において、薄型化および光軸方向視（正面視）における小型化を図れるとともに、結像光学系間での視差を適切な範囲に収めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施例1である複眼カメラの構成を示すブロック図。

50

- 【図 2】実施例 1 の複眼カメラを光軸方向から見た図。
【図 3】実施例 1 の複眼カメラによる撮像により得られた画像を示す図。
【図 4】実施例 1 の複眼カメラのワイド光学系およびテレ光学系の断面図。
【図 5】図 4 に示したワイド光学系およびテレ光学系の収差図。
【図 6】実施例 1 の複眼カメラで行われる画像合成処理を示すフローチャート。
【図 7】実施例 1 の複眼カメラでの広画角側画像合成に用いる画像を示す図。
【図 8】実施例 1 の複眼カメラで用いられる対応領域抽出手法を説明する図。
【図 9】実施例 1 の複眼カメラでの望遠側画像合成に用いる画像を示す図。
【図 10】実施例 1 の複眼カメラで行われる中間画角画像生成処理を示すフローチャート

10

- 。【図 11】実施例 1 の複眼カメラにおける距離情報算出処理を示すフローチャート。
【図 12】本発明の実施例 2 である複眼カメラを光軸方向から見た図。
【図 13】実施例 2 の複眼カメラのワイド光学系、ワイドミドル光学系、テレミドル光学系およびテレ光学系の断面図。
【図 14】図 13 に示したワイド光学系、ワイドミドル光学系、テレミドル光学系およびテレ光学系の収差図。
【図 15】本発明の実施例 3 の複眼カメラのワイド光学系、ワイドミドル光学系、テレミドル光学系およびテレ光学系の断面図。
【図 16】図 15 に示した複眼カメラのワイド光学系、ワイドミドル光学系、テレミドル光学系およびテレ光学系の収差図。
【図 17】本発明の実施例 4 である複眼カメラのワイド光学系およびテレ光学系の断面図

20

- 。【図 18】図 17 に示したワイド光学系およびテレ光学系の収差図。
【図 19】異なる視点からの撮像を説明する図。
【図 20】画像内の被写体位置ずれを説明する図。
【発明を実施するための形態】

【0012】

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。

【0013】

具体的な実施例の説明に先立って、本発明の実施例において共通する事項について説明する。実施例の複眼撮像装置（以下、複眼カメラという）は、焦点距離（画角）が離散的に異なる複数の単焦点結像光学系を用いて連続的なズーム効果を実現する。具体的には、複数の結像光学系のそれぞれを通した撮像により得られた複数の撮像画像間の中間画角の画像を、その中間画角に近い画角の撮像画像の一部をトリミングして拡大するデジタルズーム処理により補間することで、擬似的な連続ズーム効果を得る。単焦点結像光学系のみを用いて連続ズーム効果を得ることができるので、ズーム駆動機構を必要せず、薄型の複眼カメラを構成することができる。実施例では、このデジタルズーム処理を、中間画角画像生成処理ともいう。

30

【0014】

また、実施例の複眼カメラでは、デジタルズーム処理により得られた中間画角の画像の一部に、その中間画角よりも狭い画角（長い焦点距離）の結像光学系を通して得られた撮像画像を嵌め込む異画角画像合成処理も行う。これにより、嵌め込んだ画像部分の解像度が高く、他の画像部分の解像度は低いものの広い画角を有する中間画角画像を得ることができる。

40

【0015】

これら中間画角画像生成処理や異画角画像合成処理では、得たい画角の画像の合成に用いる画像をその画角に近い画角を有する結像光学系を通して取得する。このため、1つの画角の結像光学系を通して得られた画像から単純にデジタルズームのみによって画角を変化させる場合に比べて高いズーム比を得つつも高画質の画像を生成することができる。

【0016】

50

さらに、実施例の複眼カメラでは、焦点距離が長い結像光学系（以下、テレ光学系ともいう）内に光路を折り曲げるための反射部材を配置することで、テレ光学系を屈曲光学系としている。これにより、複眼カメラの厚みの低減、すなわち薄型化を図っている。

【0017】

ただし、実施例の複眼カメラは、4より多い複数（実施例1では8、実施例2では16）の結像光学系を有する。この場合に、単純に全ての結像光学系を屈曲光学系とすると、隣り合う結像光学系同士の干渉を避けるために、これら結像光学系の入射面間の間隔を広げる必要がある。また、実施例では、3種類以上の焦点距離の結像光学系を多数有する場合がある（実施例2では4種類の焦点距離の結像光学系を16有する）。この場合に単純に最も焦点距離が短い結像光学系以外の結像光学系を全て屈曲光学系としても、同様に結像光学系の入射面間の間隔を広げる必要が生ずる可能性が高い。この結果、複眼カメラの正面視（結像光学系の物体側からの光軸方向視）のサイズが増大する。

10

【0018】

さらに、結像光学系の入射面間の間隔が広がると、結像光学系間での視差が大きくなりすぎて、撮像に使用する結像光学系の変更により画像内での被写体の位置が大きくなり、中間画角画像生成処理や異画角画像合成処理を良好に行えなくなる。このことについて、図19および図20を用いて説明する。

【0019】

図19には、被写体Aと、被写体Bと、これら被写体A、Bを撮像する撮像ユニットC1、C2、C3とを示している。各撮像ユニットは、結像光学系とこの結像光学系により形成された被写体像を撮像する撮像素子と含む。被写体Aは各撮像ユニットから被写体距離 L_a だけ離れており、被写体Bは各撮像ユニットから被写体距離 $L_b (> L_a)$ だけ離れている。撮像ユニットC1、C2、C3はそれらの結像光学系の光軸に直交する方向に互いにある距離（基線長）だけ離間して配置されている。このため、これら撮像ユニットC1、C2、C3により得られる画像間には視差がある。

20

【0020】

図20(a)、(b)、(c)にはそれぞれ、撮像ユニットC1、C2、C3による撮像により得られる画像を示している。これらの図から分かるように、基線長と被写体距離とに応じた幾何学的な関係により、画像内での被写体A、Bの位置がそれぞれ異なる量ずつずれる。つまり、視点に応じて画像上の被写体の位置が移動する。

30

【0021】

このため、実施例の複眼カメラでは、画角と視点異なる結像光学系を用いて画像内での被写体位置のずれを低減しつつ画角の変更を行えるように、以下の構成を有する。

【0022】

実施例の複眼カメラは、互いに異なる画角を有する複数の結像光学系として、第1の画角を有する複数の第1の結像光学系と、第1の画角よりも広い第2の画角を有する複数の第2の結像光学系とを含む。言い換えれば、複数の第1の結像光学系は第1の焦点距離を有し、複数の第2の結像光学系は第1の焦点距離よりも短い第2の焦点距離を有する。そして、物体側からの光軸方向視（以下、正面視ともいう）において、複数の第1の結像光学系のそれぞれの光軸の位置を結ぶ線によって囲まれた第1の領域内に複数の第2の結像光学系のうち少なくとも1つの第2の結像光学系の光軸が配置されている。この構成によれば、第1の領域内に光軸が配置された第2の結像光学系を通して得られた画像を基準として、複数の第1の結像光学系を通して得られた画像のそれぞれの視点位置を精度良く変更することができる。このため、画角の変更に伴う画像上での被写体の位置ずれ（被写体位置ずれ）を容易に低減することができる。

40

【0023】

また、実施例では、上記複数の第1の結像光学系を、反射部材による反射により光路が折り曲げられた屈曲光学系としている。一方、上記複数の第2の結像光学系を、光路が折り曲げられておらず直線状に延びるストレート光学系としている。そして、各第1の結像光学系（屈曲光学系）における光路の折り曲げ方向を、第1の領域の外側に向かう方向で

50

あって、かつ互いに同じ方向きまたは反対方向としている。さらに言えば、各第 1 の結像光学系における光路の折り曲げ方向を、該第 1 の結像光学系に隣り合う第 2 の結像光学系の側とは異なる方向としている。これにより、多数（例えば、4 より多い数）の結像光学系を有しつつ、薄型化だけでなく正面視における小型化も図れ、さらには結像光学系間での視差を適切な範囲に収めることができる。

【0024】

また、この効果をより確実に得るために、実施例では、複数の第 1 の結像光学系を以下の条件を満足する光学系としている。すなわち、複数の第 2 の結像光学系（ストレート光学系）のうち光学系全長が最も長い第 2 の結像光学系の光学系全長を L とし、複数の第 1 の結像光学系（屈折光学系）のそれぞれの焦点距離を f_i とする。このとき、複数の第 1

10

$$1.4 \quad L / f_i \quad (1)$$

なる条件を満足する。

【0025】

式(1)の条件は、カメラ全体としての高倍率化を実現する際に、屈曲光学系とすることで結像性能とカメラの薄型化とを両立するために効果的な結像光学系を選定するための条件である。式(1)の条件を満足する結像光学系がストレート光学系として構成された場合、長い焦点距離を有する結像光学系の光学系全長（レンズ全長）が長くなるため、複眼カメラの厚みが増大する。ここで、光学系全長は、最も物体側のレンズ面から最終レンズ面までの距離に、最終レンズ面から近軸像面までの距離を空気換算した値（バックフォーカス）を加えた値と定義する。

20

【0026】

長い焦点距離を有する結像光学系を構成するレンズの屈折力を強くすれば、光学系全長を短縮することは可能であるが、色収差、コマ収差および像面彎曲などの諸収差の補正が困難となり、結像性能が低下する。また、式(1)の条件を満足しない結像光学系を反射部材を含む屈曲光学系とすると、結像光学系自体が大型化してしまい複眼カメラの厚みの低減効果を得ることが難しい。特に短い焦点距離を有する結像光学系では、最も物体側のレンズの径や反射部材の近傍に配置されたレンズの径が増大するため、屈曲光学系として構成した場合に複眼カメラの厚みを増加させる。

30

【0027】

なお、式(1)の数値範囲を次のように設定するとさらに良い。

$$1.2 \quad L / f_i \quad (1a)$$

$$1.0 \quad L / f_i \quad (1b)$$

$$0.8 \quad L / f_i \quad (1c)$$

以上の構成を有する実施例の複眼カメラでは、互いに焦点距離が異なる複数の結像光学系を含む多数の結像光学系を有しつつ、カメラ全体としての高倍率化と、各結像光学系の良い結像性能と、カメラの薄型化とを実現することができる。

【0028】

以下、具体的な実施例 1 ~ 4 について説明する。

40

【実施例 1】

【0029】

図 1 には、本実施例の複眼カメラ 1 の全体構成を示している。複眼カメラ 1 は、結像光学部 100 と、撮像ユニット（撮像手段）10 と、A/D 変換器 11 と、画像処理部 12 と、情報入力部 16 と、撮像制御部 17 と、画像記録媒体 18 と、システムコントローラ 19 と、表示部（表示手段）20 とを有する。さらに、複眼カメラ 1 は、距離情報算出部（距離算出手段）21 も有する。

【0030】

複眼カメラ 1 は、結像光学部 100 が一体に設けられた結像光学系一体型のカメラであってもよいし、結像光学部 100 がカメラ本体に対して着脱（交換）が可能な結像光学系交換型のカメラであってもよい。本実施例の複眼カメラ 1 は、結像光学系一体型のカメラ

50

とする。また、図1の結像光学部100には、後述する結像光学系を光軸に直交する方向から見た構成を簡略化して図示している。

【0031】

図2には、本実施例における結像光学部100を正面視(物体側からの光軸方向視)にて示している。結像光学部100は、複数(本実施例では8)の結像光学系110a, 110b, 110c, 110d, 120a, 120b, 120c, 120dを有する。これら複数の結像光学系110a~110d, 120a~120dは、それぞれの光軸に直交する2次元方向に互いに離間して配置されている。また、これら結像光学系110a~110d, 120a~120dの光軸は物体側に互いに平行に延びている。

【0032】

第1の結像光学系110a~110dは、第1の焦点距離に対応する第1の画角 θ_1 を有する。以下の説明では、これら第1の結像光学系110a~110dをまとめて第1の結像光学系群ともいう。第1の画角 θ_1 は、本実施例の複眼カメラにおいて最も狭い画角である望遠端画角に相当する。また、第2の結像光学系120a~120dは、第1の焦点距離よりも短い第2の焦点距離に対応した、第1の画角 θ_1 よりも広い第2の画角 θ_2 を有する。以下の説明では、これら第2の結像光学系120a~120dをまとめて第2の結像光学系群ともいう。第2の画角 θ_2 は、本実施例の複眼カメラにおいて最も広い画角である広角端画角に相当する。

【0033】

本実施例では、垂直方向に並んだ2つの第1の結像光学系110a~110dと垂直方向に並んだ2つの第2の結像光学系120a~120dとが水平方向に(図2中の左から右に)交互に配置されている。これにより、結像光学系群が水平4眼×垂直2眼のマトリックス状に配置された複眼を構成している。

【0034】

さらに、第1の結像光学系110a~110dはそれぞれ、図2中に点線で示される方向に光路が折り曲げられた屈曲光学系として構成されている。このように望遠端画角を有する第1の結像光学系110a~110dを屈曲光学系とすることで、複眼カメラ1の厚みを低減することができる。

【0035】

しかも、第1の結像光学系110a~110dを水平4眼×垂直2眼の結像光学系群の外周部に配置し、それらの光路の折り曲げ方向をこれらに隣り合う第2の結像光学系120a~120dの側とは異なる方向としている。これにより、第1の結像光学系110a~110dの光路を折り曲げるための空間を確保しつつ、全ての結像光学系110a~110d, 120a~120dを高密度に配置することが可能となる。この結果、複眼カメラ1の水平方向のサイズ(横幅)を小さくすることができるだけでなく、異なる画角での撮像における被写体位置ずれや被写体の変形を低減することができる。被写体位置ずれや被写体の変形を低減することにより、後述する画像合成処理を容易に行うことが可能となる。

【0036】

撮像ユニット10は、8つの結像光学系110a~110d, 120a~120dのそれぞれに対応する(すなわち、結像光学系ごとに設けられた)撮像領域を構成する8つの撮像素子10a~10hを有する。各撮像素子は、対応する結像光学系により形成された光学像としての被写体像(物体像)を光電変換してアナログ撮像信号を出力する。アナログ撮像信号は、A/D変換器11によってデジタル撮像信号に変換され、該デジタル撮像信号は画像処理部12に入力される。

【0037】

画像処理部12は、デジタル撮像信号に対して画素補間処理や色変換処理等の各種画像処理を行って画像を生成する。これにより、8つの結像光学系110a~110d, 120a~120dのそれぞれを通じた撮像により8つの画像を生成することができる。画像処理部12は、生成した画像に対するデジタルズーム処理等も行う。画像処理部12にて

10

20

30

40

50

処理された画像は、システムコントローラ 19 に送られる。

【0038】

画像処理部 12 には、画像合成部（画像合成手段）13 と、中間画角画像生成部（画像生成手段）14 と、プレビュー画像生成部 15 とが設けられている。

【0039】

画像合成部 13 は、第 1 の結像光学系 110 a ~ 110 d のそれぞれを通した撮像により得られた 4 つの画像を互いの画素をずらして合成し、図 3 に示す第 1 の合成画像（画素ずらし合成画像）110 を生成する。また、画像合成部 13 は、第 2 の結像光学系 120 a ~ 120 d のそれぞれを通した撮像により得られた 4 つの画像を互いの画素をずらして合成し、図 3 に示す第 1 の合成画像 110 よりも広い撮像画角の第 2 の合成画像（画素ずらし合成画像）120 を生成する。以下の説明において、「結像光学系を通した撮像により得られた」を、単に「結像光学系を通して得られた」という。

10

【0040】

ここで、図 2 には、第 1 の結像光学系 110 a ~ 110 d の光軸の位置を垂直方向と水平方向に延びる実線（直線）で結んでおり、この実線で囲まれた領域を第 1 の領域とする。また、第 2 の結像光学系 120 a ~ 120 d の光軸の位置を垂直方向と水平方向に延びる破線（直線）で結んでおり、この破線で囲まれた領域を第 2 の領域とする。なお、図 2 では、実線と破線が見やすいように、破線を第 2 の結像光学系 120 a ~ 120 d の光軸の位置から若干ずらして示している。

【0041】

この図から分かるように、本実施例では、第 1 の領域内に複数の第 2 の結像光学系 120 a ~ 120 d のうち 1 つの第 2 の結像光学系（特定の第 2 の結像光学系）120 c の光軸が配置されている。以下、この第 2 の結像光学系 120 c からの視点を基準視点 RP とし、第 2 の結像光学系 120 c を基準光学系ともいう。このような配置関係を持つことで、第 1 の結像光学系 110 a ~ 110 d を通して得られた 4 つの画像を合成して第 1 の合成画像を生成する際に、基準視点 RP となる基準光学系 120 c を通して得られた画像を合成の基準（基準画像）として使用することができる。

20

【0042】

画像合成部 13 は、この基準画像を用いた後述するブロックマッチング法等の対応点探索手法を用いて、同一画角を有する結像光学系を通して得られた画像同士または互いに異なる画角を有する結像光学系を通して得られた画像同士を合成する。これにより、全ての撮像画角に対応する合成画像を仮想的に基準視点 RP からの撮像により得られた画像として生成することができる。この結果、第 2 の結像光学系群を通した第 2 の合成画像 120 の撮像状態から第 1 の結像光学系群を通した第 1 の合成画像 110 への撮像状態へと撮像画角の変更（ズームング）を行った際の合成画像 110, 120 間での被写体位置ずれを低減することができる。

30

【0043】

中間画角画像生成部 14 は、第 1 および第 2 の結像光学系群が離散的に有する異なる画角の間の画角（中間画角）を補間するための中間画角画像を生成する。中間画角画像の生成方法としては、複数画像を用いた高解像度化処理を行う超解像処理を用いることができる。超解像処理には、ML (Maximum-Likelihood) 法、MAP (Maximum A Posterior) 法、POCS (Projection Onto Convex Set) 法、IBP (Iterative Back Projection) 法、LR (Lucy-Richardson) 法等を用いることができる。さらに本実施例では、デジタルズームによって得られる画像の一部領域に望遠レンズに相当する第 1 の結像光学系群を通して得られる望遠画像を合成する（嵌め込む）。これにより、該一部領域の解像度が高く、かつその他の領域の解像度は低い中間画角の画像を得ることができる異画角画像合成処理を行う。

40

【0044】

プレビュー画像生成部 15 は、基準光学系 120 c を通して得られた基準画像からプレビュー画像を生成する。ユーザから画角の変更が指示された場合、基準視点 RP となる基

50

準光学系 120c を通して得られた画像をトリミングして表示部 20 に拡大表示することで、常に同一視点からの画像をプレビュー画像として表示することができる。

【0045】

情報入力部 16 は、ユーザが所望の撮像条件（絞り値や露出時間等）を選択して入力する情報を検知してシステムコントローラ 19 にそのデータを供給する。撮像制御部 17 は、システムコントローラからの情報に基づいて、各結像光学系に含まれるフォーカスレンズ（図示せず）を光軸方向に移動させ、また各結像光学系の絞り値を制御し、さらに撮像ユニット 10 での露出時間を制御することで必要な画像を取得する。

【0046】

画像記録媒体 18 は、複数の静止画や動画を格納したり、画像ファイルを構成する場合にはファイルヘッダを格納したりする。

【0047】

表示部 20 は、前述したようにプレビュー画像を表示したり、撮像により得られた画像や、メニュー画面や、現在選択されている画角（焦点距離）の情報等を表示したりする。表示部 20 は、液晶パネル等の表示素子を含む。

【0048】

距離情報算出部 21 は、基準画像選択部 22 と、対応点抽出部 23 と、視差量算出部 24 とを含む。

【0049】

基準画像選択部 22 は、複数の結像光学系を通して得られた互いに視差を有する複数の画像（視差画像）の中から被写体距離算出用の基準画像を選択する。

【0050】

対応点抽出部 23 は、被写体距離算出用の基準画像と他の視差画像（参照画像）との間において互いに対応する対応画素（対応点）を抽出する。

【0051】

視差量算出部 24 は、対応点抽出部 23 で抽出された全ての対応画素の視差量をそれぞれ算出する。距離情報算出部 21 は、その算出された視差量から画像内の被写体までの距離（被写体距離情報）を算出する。

【0052】

次に、本実施例における詳細な結像光学系の構成について図 4 を用いて説明する。図 4（A）、（B）はそれぞれ、第 2 の結像光学系（広角光学系：以下、ワイド光学系ともいう）120a と第 1 の結像光学系（望遠光学系：以下、テレ光学系ともいう）110a の光軸に沿った断面を示している。他の第 1 の結像光学系 110b ~ 110d および第 2 の結像光学系 210b ~ 210d はそれぞれ、第 1 の結像光学系 110a と第 2 の結像光学系 120a と同じ構成を有する。

【0053】

図 4（A）、（B）において、左側が被写体側（物体側）であり、前側ともいう。また、右側が像側であり、後側ともいう。F はフォーカス群、R は像側群（後群）、M は光路を折り曲げるための反射部材である。また、SP は開口絞り、IP は像面である。像面 IP は、CCD センサや CMOS センサなどの撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。銀塩フィルムを使用する際には、フィルム面に相当する。これらは他の実施例の結像光学系の断面図においても同じである。

【0054】

図 5（A）、（B）は、ワイドおよびテレ光学系の収差図である。収差図において、d-line および g-line はそれぞれ、d 線および g 線の球面収差と歪曲を示している。また、M および S はメリディオナル像面およびサジタル像面での非点収差を示している。倍率色収差は g 線によって示している。は半画角、Fno は F ナンバーである。これらは他の実施例における収差図についても同じである。

【0055】

ワイド光学系およびテレ光学系は、無限遠被写体から近距離被写体へのフォーカシング

10

20

30

40

50

に際してフォーカス群 F は物体側に移動し、像側群 R は不動（固定）である前玉フォーカス式の光学系である。以下の説明において、各レンズ群を構成するレンズは物体側から像側の順で配置されているものとする。

【 0 0 5 6 】

図 4 (A) に示すワイド光学系において、フォーカス群 F は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、両凸形状でアッベ数が 6 8 . 3 の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、歪曲収差および色収差を効果的に補正している。像側群 R は、両凸形状の正レンズと、正レンズと、負レンズとにより構成されている。

【 0 0 5 7 】

図 4 (B) に示すテレ光学系において、フォーカス群 F は、正レンズと、両凸形状でアッベ数が 6 8 . 3 の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群 R は、負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとにより構成されている。テレ光学系には、光路中の絞り S P と像側群 R との間に光路を 9 0 ° 折り曲げるための反射部材 M が配置されている。

【 0 0 5 8 】

ここで、本実施例の複眼カメラ 1 において光路が折り曲げられずに直線的に延びるストレート光学系であって最もレンズ全長が長い第 2 の結像光学系のレンズ全長 L は 1 7 . 9 mm である。また、屈曲光学系である第 1 の結像光学系の焦点距離 f は 2 3 mm である。

$$L / f = 1 7 . 9 / 2 3 = 0 . 7 7 8 \quad 1 . 4$$

であり、式 (1) の条件を満足している。

【 0 0 5 9 】

式 (1) の条件を満足する第 1 の結像光学系の光路上に光路を 9 0 ° 折り曲げるための反射部材 M を配置することで、複眼カメラ 1 の厚みを低減することができる。光路を折り曲げない場合の第 1 の結像光学系のレンズ全長は 2 0 . 9 mm であり、第 2 の結像光学系のレンズ全長よりも長い。このため、第 1 の結像光学系を光路を折り曲げないストレート光学系として構成すると、複眼カメラ 1 の厚みが増大することは明らかである。なお、第 1 の結像光学系を構成する各レンズの屈折力を強くすればレンズ全長を短縮することはできるが、色収差、コマ収差および像面彎曲等の諸収差の補正が困難となり、結像性能が劣化する。

【 0 0 6 0 】

また、本実施例では、第 1 の結像光学系内に配置された反射部材 M の像側（後側）に屈折力の強い負レンズを配置することで、反射部材 M のサイズを小型化している。これにより、反射部材 M のサイズによって複眼カメラ 1 の厚みが増大することを回避している。さらに、第 1 および第 2 の結像光学系のフォーカス群が第 1 の結像光学系内の反射部材 M よりも物体側に配置されている。

【 0 0 6 1 】

ここで、全ての結像光学系のうち任意の結像光学系 i , h がそれぞれ有するフォーカス群の焦点距離を $f_{F i}$, $f_{F h}$ とするとき、これら $f_{F i}$, $f_{F h}$ は、

$$0 . 8 < f_{F h}^2 / f_{F i}^2 < 1 . 2 \quad (2)$$

なる条件を満足する。

【 0 0 6 2 】

式 (2) の条件は、前玉フォーカスタイプの任意の結像光学系のフォーカス群に関し、異なる焦点距離の光学系においてフォーカシング移動量を同一とするために満足すべき条件である。式 (2) の上限を超えると、結像光学系 h でピントが合うようにフォーカス群を移動させた量と同じ量だけ結像光学系 i にてフォーカス群を移動させたときに、結像光学系 i ではピントずれ量が焦点深度範囲を物体側に超えてしまい、ピンぼけとなってしまう。また、式 (2) の下限を下回ると、結像光学系 h でピントが合うようにフォーカス群

10

20

30

40

50

を移動させた量と同じ量だけ結像光学系 i にてフォーカス群を移動させたときに、結像光学系 i ではピントずれ量が焦点深度範囲を像側に超えてしまい、ピンぼけになってしまう。つまり、式(2)の条件を満足することで、各結像光学系の焦点深度内でピントずれ量が収まり、同一のフォーカス群の移動量で同時に互いに異なる画角の合焦画像の取得が可能となる。

【0063】

本実施例では、第1の結像光学系のフォーカス群の焦点距離 f_{Fi} は 9.30 mm で、第2の結像光学系のフォーカス群の焦点距離 f_{Fh} は -9.30 mm である。 f_{Fh}^2 / f_{Fi}^2 の値は1となるので、式(2)の条件を満足している。

【0064】

上記のようなフォーカス群の配置と式(2)の条件を満足することにより、互いに異なる焦点距離を有する結像光学系のフォーカス群の移動量を同じとすることができる。このため、本実施例のように屈曲光学系を有する複眼カメラにおいて、互いに異なる画角の合焦画像の同時取得とフォーカシング駆動機構の簡素化とを両立させることができる。

【0065】

次に、主としてシステムコントローラ19および画像合成部13がコンピュータプログラムとしての第1の画像処理プログラムに従って実行する撮像画角切り替えのための画像合成処理を、図6のフローチャートを用いて説明する。

【0066】

まず、ステップS100では、システムコントローラ19は、情報入力部16によりユーザからの撮像条件および撮像の準備を指示する信号(撮像準備信号)が入力されると、撮像制御部17に対して撮像条件の情報および撮像準備信号を転送する。撮像制御部17は、入力された撮像条件に基づいて、第1および第2の結像光学系群の絞り値や撮像ユニット10での露光時間(シャッタースピード)等を設定する。なお、このステップでは、ユーザが第1の結像光学系群の画角と第2の結像光学系群の画角間のいずれかの画角を入力するものとする。

【0067】

次に、ステップS101では、システムコントローラ19は、情報入力部16によりユーザからの撮像の開始を指示する信号(撮像開始信号)が入力されると、撮像制御部17に、撮像ユニット10(撮像素子10a~10h)の露光を開始させる。撮像素子10a~10hからそれぞれ出力されるアナログ撮像信号は、A/D変換器11によりデジタル撮像信号に変換された後、画像処理部12に送られる。画像処理部12は、該デジタル撮像信号から撮像素子10a~10h上にそれぞれ形成された被写体像に対応する画像を生成する。この際、画像処理部12において、それぞれの画像の輝度レベルやホワイトバランスを互いに一致させる処理を行うことが好ましい。この処理により、後段で行う画像合成処理における輝度むらや色むらといった弊害を低減することができる。

【0068】

次に、ステップS102では、システムコントローラ19は、ユーザが入力した画角が基準光学系120cを含む第2の結像光学系群の画角(基準画角)と同一か否かを判定する。基準画角としては、複眼カメラ1が有する複数の結像光学系群の画角のうち最も広い画角であることが好ましい。図3から分かるように、狭い画角の画像110には広い画角の画像120の周辺領域の情報が存在しない。このため、狭い画角の結像光学系群によって得られる画像を基準として広い画角の結像光学系群を通して得られる複数の画像の位置合わせを行うことは困難だからである。ユーザ入力画角が基準画角と同じである場合はS103に移行し、そうでない場合はS104に移行する。

【0069】

ステップS103では、画像合成部13は、基準光学系120cを通して得られる基準画像に対して他の第2の結像光学系120a, 120b, 120dを通して得られた画像を合成する。

【0070】

10

20

30

40

50

ここで、基準光学系 120c と同一画角を有する第 2 の結像光学系 120a, 120b, 120d を通して得られる画像の合成方法について説明する。図 7 (a), (b) にはそれぞれ、被写体 A, B を、複眼カメラ 1 を用いて撮像した場合に第 2 の結像光学系 120c, 120d を通して得られる画像を示している。第 2 の結像光学系 120c, 120d から得られる画像上では、第 2 の結像光学系 120c, 120d 間の光軸間の距離である基線長と被写体 A, B までの距離である被写体距離とに応じた幾何学的な関係により被写体 A, B の位置がそれぞれ異なる量ずれる。また、両視差画像の視点が異なることに起因して、同一の被写体においても画像上に写る部分とそうでない部分とが生じる。例えば、第 2 の結像光学系 120c を通して得られる画像 (図 7 (a)) では、被写体 A の面 A3 と被写体 B の面 B3 が写っているが、第 2 の結像光学系 120d を通して得られる画像 (図 7 (b)) にはこれらの面が写っていない。逆に、第 2 の結像光学系 120d を通して得られる画像 (図 7 (b)) には、第 2 の結像光学系 120c を通して得られる画像 (図 7 (a)) には写っていない被写体 B の面 B4 が写っている。このように、視点の違いによって一方の画像には写っている被写体領域が他方の画像には写っていないことを、オクルージョンと称する。

10

【0071】

本実施例における画像合成処理では、基準光学系 120c を通して得られる画像 (図 7 (a)) を基準画像とする。そして、基準光学系 120c ではない第 2 の結像光学系を通して得られる画像のうち基準画像に写っている被写体領域に対応する被写体領域 (対応点) を抽出して、これを基準画像上の被写体領域に合成する。

20

【0072】

対応点の抽出手法について、図 8 を用いて説明する。図 8 の左側には図 7 (a) に示した基準画像 501 を、右側には該基準画像 501 に合成される図 7 (b) に示した画像としての参照画像 502 を示している。ここでは、画像上の水平方向および垂直方向での位置を示す画像座標 (X, Y) を用いる。画像座標 (X, Y) は、図 8 に示す各画像の左上を原点として定義する。また、基準画像 501 における画像座標 (X, Y) の輝度を $F_1(X, Y)$ とし、参照画像 502 における画像座標 (X, Y) の輝度を $F_2(X, Y)$ とする。

【0073】

基準画像 501 における任意の座標 (X, Y) の画素 (ハッチングして示す) に対応する参照画像 502 中の画素 (ハッチングして示す) は、参照画像 502 のうち基準画像 501 中の輝度 $F_1(X, Y)$ と最も類似した輝度を有する画素を探すことで求められる。ただし、任意の画素の輝度と最も類似する輝度を有する画素を単純に探すことは難しいため、画像座標 (X, Y) の近傍の画素も用いたブロックマッチング法にて輝度が類似した画素を探索する。

30

【0074】

例えば、ブロックサイズが 3 である場合のブロックマッチング処理について説明する。基準画像 501 中の任意の座標 (X, Y) の画素と、その前後 (X - 1, Y), (X + 1, Y) の 2 つの画素の計 3 つの画素の輝度値はそれぞれ、 $F_1(X, Y)$, $F_1(X - 1, Y)$, $F_1(X + 1, Y)$ となる。

40

【0075】

これに対し、座標 (X, Y), (X - 1, Y), (X + 1, Y) から X 方向に k だけ離れた参照画像 502 中の画素の輝度値はそれぞれ、 $F_2(X + k, Y)$, $F_2(X + k - 1, Y)$, $F_2(X + k + 1, Y)$ となる。

【0076】

このとき、基準画像 501 中の座標 (X, Y) の画素との類似度 E を以下の式 (3) で定義する。

【0077】

50

【数 1】

$$E = [F1(X, Y) - F2(X + k, Y)] + [F1(X - 1, Y) - F2(X + k - 1, Y)] \\ + [F1(X + 1, Y) - F2(X + k + 1, Y)] = \sum_{j=-1}^1 [F1(X + j, Y) - F2(X + k + j, Y)] \quad (3)$$

【0078】

この式(3)において逐次kの値を変えて類似度Eの値を計算し、最も小さい類似度Eを与える(X+k, Y)が、参照画像502のうち基準画像501中の座標(X, Y)に対応する画素(対応点)である。ここでは、水方向に視差を有する画像間での対応点抽出方法について説明したが、同様にして垂直方向や斜め方向に視差を有する場合の対応点を抽出することもできる。

10

【0079】

このようにして得られた対応点としての被写体領域を画素単位で基準画像に合成することで、基準画像内のノイズレベルを低減させることができ、出力される合成画像の画質を向上させることができる。

【0080】

図7(a)に示した被写体Aの面A3と被写体Bの面B3は、図7(b)においてはオクルージョン領域として対応する被写体領域が存在しないため、第2の結像光学系120dを通して得られる画像からは合成されない。また、図7(b)にのみ写っている被写体Bの面B4も基準画像上には写っていないため、合成には使用されない。このように、オクルージョン領域は合成することができないが、その他の大部分については、基準視点R Pとは異なる視点からの撮像により得られた画像を基準画像に合成することができるため、合成画像全体としてのノイズレベルを低減することができる。

20

【0081】

なお、そのままではブロックマッチング法では対応できないほど視差が大きく基準画像と参照画像間で被写体領域の形状が大きく異なる場合には、参照画像に対してアフィン変換等の幾何変換を行った後に、ブロックマッチング法を用いて合成処理を行ってもよい。以上説明した画像合成方法と同様にして、他の第2の結像光学系120a, 120bを通して得られた画像も基準画像に合成することができる。

30

【0082】

一方、ステップS104およびステップS105において、システムコントローラ19は、ユーザ入力画角が基準画角と異なる場合の画像合成処理である異画角画像合成処理を行う。

【0083】

ここで、異画角画像合成処理について、図9を用いて説明する。図9(a), (b)にはそれぞれ、被写体A, Bを、複眼カメラ1を用いて撮像した場合に第1の結像光学系110c, 110dを通して得られる画像を示している。また、図9(c)には、同様の被写体A, Bを複眼カメラ1を用いて撮像した場合の基準光学系120cを通して得られる基準画像を示している。

40

【0084】

第1の結像光学系110c, 110dを通して得られる画像は、基準光学系120cを通して得られる基準画像よりも画角が狭い。このため、画像上での被写体A, Bのサイズが異なり、そのままではこれらの画像を合成することができない。このため、まずステップS104において、画像合成部13は、基準光学系120cを通して得られる基準画像をユーザ入力画角(ここでは、第1の結像光学系群の画角)に合わせるために、基準画像の一部のトリミングと拡大処理を行う。図9(d)には、図9(c)に示した基準画像の一部(中心領域)をトリミングし、そのトリミングした部分が第1の結像光学系110c, 110dの画角に対応する画角の画像となるように拡大処理した画像を示している。トリミングおよび拡大処理によって画像の解像度は劣化するが、第1の結像光学系110c

50

、110dを通して得られる画像上での被写体と同等のサイズの被写体が写った新たな基準画像（以下、拡大基準画像という）を得ることができる。

【0085】

そして、ステップS105では、画像合成部13は、ステップS104で得られた拡大基準画像を用いて、第1の結像光学系110a～110dを通して得られた画像を合成する。ここでの画像合成方法は、ステップS103にて説明した画像合成方法と同様に、図9(d)に示す拡大基準画像に対して、第1の結像光学系110a～110dを通して得られた画像中の被写体領域を画素単位で合成することも可能である。また、上述したように拡大処理によって図9(d)に示す基準画像の解像度が劣化している。このため、拡大基準画像を用いて第1の結像光学系110a～110dを通して得られた画像における相互に対応する被写体領域を決定し、これらの位置を合わせるようにして、拡大基準画像以外の画像同士を合成する（拡大基準画像は合成しない）ようにしてもよい。

10

【0086】

ここで、本実施例では、基準光学系120cが図2に示した第1の結像光学系群の光軸が含まれる第1の領域内に配置されている。しかも、これらの結像光学系は、それぞれの光軸が平行になるように2次的に配置されている。これにより、図9に示すように、基準視点RPに配置された基準光学系120cを通して得られる画像に写っている被写体領域のすべてが、第1の結像光学系群を通して得られる複数の画像のうちいずれかに写る。すなわち、基準画像中の被写体領域についてはオクルージョンが生じない。

【0087】

例えば、図9(d)に示す拡大基準画像に写っている面A1～A3および面B1～B3は、図9(a)示す画像においては面A1, A3, B1, B3が写っており、図9(b)に示す画像には面A2, B2が写っている。このため、拡大基準画像に写っている全ての被写体領域は、図9(a), (b)の画像のいずれかから得られる。また、拡大基準画像は、トリミングおよび拡大処理後の画像ではあるが、基準視点RPからの被写体位置情報が明確に判定できるため、ブロックマッチング法による位置合わせ精度も向上させることができる。さらに、距離情報を用いた視点補間処理等を行う必要がないため、演算処理の負荷を大幅に低減することができる。また、上記のように異なる画角の画像の合成においても、常に基準視点RPとしての基準光学系120cを通して得られる画像を基準として合成が行われるため、撮像画角を切り替えた際の被写体位置ずれを少なくすることができる。

20

【0088】

ステップS103およびステップS105からステップS106に移行すると、システムコントローラ19は、合成された画像を記録媒体18に保存して、画像合成処理を終了する。

【0089】

次に、主としてシステムコントローラ19、画像合成部13および中間画角画像生成部14によって行われる連続ズーム効果を得るための中間画角画像生成処理を、図10のフローチャートを用いて説明する。この中間画角画像生成処理は、コンピュータプログラムとしての第2の画像処理プログラムに従って実行される。

40

【0090】

まず、ステップS200では、システムコントローラ19は、情報入力部16からユーザにより指定された撮像条件や画角が入力されると、撮像制御部17に対してこれら撮像条件や画角の情報を転送する。ここでは、ユーザによって第1の結像光学系群の画角と第2の結像光学系群の画角との間の中間画角が入力されたものとする。

【0091】

次に、ステップS201では、撮像制御部17は、ユーザにより入力された画角に応じて撮像を行う結像光学系を選択する。ここでは、中間画角が入力されたので、第1の結像光学系群と第2の結像光学系群の全てを撮像に用いる結像光学系として選択する。

【0092】

50

次に、ステップ S 2 0 2 では、撮像制御部 1 7 は、撮像ユニット 1 0 のうち選択した結像光学系に対応する撮像素子の露光を開始する。そして、画像処理部 1 2 は、該撮像素子から A / D 変換器 1 1 を介して入力されたデジタル撮像信号から画像を生成する。これにより、第 1 の結像光学系群を通して得られる同一画角の画像群と、第 2 の結像光学系群を通して得られる同一画角の画像群とが生成される。

【 0 0 9 3 】

この際、画像処理部 1 2 において、それぞれの画像の輝度レベルやホワイトバランスを互いに一致させる処理を行うことが好ましい。この処理により、後段で行う画像合成処理における輝度むらや色むらといった弊害を低減することができる。

【 0 0 9 4 】

次に、ステップ S 2 0 3 では、画像合成部 1 3 は、第 1 の結像光学系群を通して得られた画像群に対して画像合成処理を行って第 1 の合成画像を生成し、また第 2 の結像光学系群を通して得られた画像群に対して画像合成処理を行って第 2 の合成画像を生成する。画像合成処理は、図 6 のステップ S 1 0 3 およびステップ S 1 0 4 , S 1 0 5 で行った処理である。この時点で、互いに画角が異なる第 1 および第 2 の合成画像はいずれも、基準視点 R P から撮像された画像に相当する同一視点画像となる。

【 0 0 9 5 】

次に、ステップ S 2 0 4 では、中間画角画像生成部 1 4 は、第 2 の結像光学系群を通して得られた広角合成画像である第 2 の合成画像からユーザ入力画角に応じた領域をトリミングし、該領域を拡大処理する。さらに、中間画角画像生成部 1 4 は、第 1 の結像光学系群を通して得られた望遠合成画像である第 1 の合成画像を、ユーザ入力画角に応じて縮小処理する。

【 0 0 9 6 】

次に、ステップ S 2 0 5 では、中間画角画像生成部 1 4 は、上述した異画角画像合成処理によって、第 2 の合成画像からトリミングおよび拡大処理により得られた拡大画像と第 1 の合成画像の縮小処理により得られた縮小画像とを合成して中間画角画像を生成する。そして、本処理を終了する。

【 0 0 9 7 】

このような中間画角画像生成処理によれば、基準視点 R P からの撮像により得られた画像に相当する中間画角画像が生成される。このため、連続ズームによって中間画角が選択された場合でも被写体位置ずれが少ない中間画角画像を生成することができる。

【 0 0 9 8 】

さらに、プレビュー画像生成部 1 5 は、基準視点 R P となる基準光学系 1 2 0 c を通して得られた基準画像からプレビュー画像を生成して表示部 2 0 に表示する。このため、ユーザが画角変更（ズーム）を指示した場合も、基準画像をトリミングして拡大表示することで、常に同一視点からの画像としてのプレビュー画像を生成および表示することができる。これにより、プレビュー画像から画角変更時の最終画角画像までが全て同一の基準視点 R P からの撮像により得られる画像として生成されるため、ユーザは被写体位置ずれによる違和感の少ない画像を見ることができる。

【 0 0 9 9 】

次に、主としてシステムコントローラ 1 9 および距離情報算出部 2 1 によって行われる被写体距離情報記録処理を、図 1 1 のフローチャートを用いて説明する。この被写体距離情報記録処理は、コンピュータプログラムとしての第 3 の画像処理プログラムに従って実行される。ここでは、まず、最も広い被写体空間を撮像する第 2 の結像光学系群（第 2 の結像光学系 1 2 0 c , 1 2 0 d ）によって得られる視差画像を用いた被写体距離情報記録処理について説明する。

【 0 1 0 0 】

まず、ステップ S 3 0 0 では、システムコントローラ 1 9 は、情報入力部 1 6 からユーザにより入力された撮像準備信号を受ける。これに応じて、撮像ユニット 1 0 のうち第 2 の結像光学系 1 2 0 c , 1 2 0 d に対応する撮像素子からの撮像信号を A / D 変換器 1 1

10

20

30

40

50

を介して画像処理部 1 2 に転送する。画像処理部 1 2 は、該撮像信号から、第 2 の結像光学系 1 2 0 c , 1 2 0 d を通して得られる 2 つの視差画像を生成する。

【 0 1 0 1 】

次に、ステップ S 3 0 1 では、基準画像選択部 2 2 は、生成された 2 つの視差画像のうち一方を視差量算出（つまりは被写体距離算出）のための基準画像として選択する。本実施例では、第 2 の結像光学系 1 2 0 c によって得られる画像を基準画像として選択する。

【 0 1 0 2 】

次に、ステップ S 3 0 2 では、対応点抽出部 2 3 は、第 2 の結像光学系 1 2 0 d を通して得られる画像を参照画像として、上記基準画像と参照画像との対応画素（対応点）を検出する。対応画素とは、例えば、被写体 A を撮像して得られた 2 つの視差画像において、該被写体 A の同一点が写っている画素同士である。対応画素の検出方法は、先の画像合成処理で説明した対応点抽出方法を用いることができる。

10

【 0 1 0 3 】

次に、ステップ S 3 0 3 では、視差量算出部 2 4 は、抽出された対応点間での視差量を算出する。具体的には、視差量を、基準画像と参照画像の対応画素間での画素位置の差分として算出する。

【 0 1 0 4 】

次に、ステップ S 3 0 4 では、距離情報算出部 2 1 は、ステップ S 3 0 3 で算出された視差量と、既知の情報である第 2 の結像光学系 1 2 0 c , 1 2 0 d の焦点距離および基線長とから、被写体距離を算出する。なお、ここでは、第 2 の結像光学系 1 2 0 c , 1 2 0 d を用いた場合の被写体距離の算出について説明しているが、同様の原理によって、他の結像光学系の対（例えば、第 2 の結像光学系 1 2 0 a , 1 2 0 b の対）を用いても被写体距離を算出することが可能である。また、画角が異なる視差画像に対して上記手法を用いる場合は、広い画角の視差画像から、狭い画角の視差画像に対応する部分を切り出して、その切り出した部分から対応画素を抽出することが望ましい。

20

【 0 1 0 5 】

本実施例によれば、異なる焦点距離を持つ複数の結像光学系を有する複眼カメラにおいて、カメラ全体としての高倍率化を実現した際の良好な結像性能とカメラの厚みの低減とを両立することができる。また、ズーム機構を設けることなく連続ズーム効果を得ることができる。さらに、ズームに伴う画像上での被写体位置ずれを低減することができる。

30

【 0 1 0 6 】

また、本実施例によれば、様々な撮像モードを実現することができる。例えば、ハイダイナミックレンジモードでは、複眼を構成するそれぞれの結像光学系およびこれに対応する撮像素子の露出条件を変えながら複数回の撮像を行う。そして、複数回の撮像によって得られた複数の画像を合成することによって、ダイナミックレンジの広い画像を取得することができる。また、ぼけ付加モードでは、算出した被写体距離の情報に基づいて背景にぼけを付加することにより、主たる被写体を強調する画像を得ることができる。また、背景除去モードでは、上記のように算出した被写体距離に基づいて主たる被写体以外の背景を除去した画像を得ることができる。さらに、立体撮像モードでは、水平方向に配列された複眼を構成するそれぞれの結像光学系および対応する撮像素子によって左右の視差画像を取得する。そして、狭い画角の画像とそれに対応する他方の広い画角の画像の一部とを用いて立体画像として画像を保存することもできる。

40

【 実施例 2 】

【 0 1 0 7 】

次に、本発明の実施例 2 である複眼カメラについて説明する。図 1 2 には、本実施例の複眼カメラの結像光学部 2 0 0 を正面視にて示している。結像光学部 2 0 0 には、第 1 の結像光学系 2 1 0 a , 2 1 0 b , 2 1 0 c , 2 1 0 d と、第 2 の結像光学系 2 2 0 a , 2 2 0 b , 2 2 0 c , 2 2 0 d とが設けられている。さらに、結像光学部 2 0 0 には、第 3 の結像光学系 2 3 0 a , 2 3 0 b , 2 3 0 c , 2 3 0 d と、第 4 の結像光学系 2 4 0 a ,

50

240b, 240c, 240dとが設けられている。これら複数の結像光学系210a~210d, 220a~220d, 230a~230d, 240a~240dは、それぞれの光軸に直交する2次元方向に互いに離間して配置されている。また、これら結像光学系210a~210d, 220a~220d, 230a~230d, 240a~240dの光軸は物体側に互いに平行に延びている。

【0108】

第1の結像光学系(以下、まとめて第1の結像光学系群ともいう)210a~210dは、第1の焦点距離に対応する第1の画角 θ_1 を有する。第1の画角 θ_1 は、本実施例の複眼カメラにおいて最も狭い画角である望遠端画角に相当する。また、第2の結像光学系(以下、まとめて第2の結像光学系群ともいう)220a~220dは、第1の焦点距離より短い第2の焦点距離に対応した、第1の画角 θ_1 よりも広い第2の画角 θ_2 を有する。第2の画角は、本実施例の複眼カメラにおいて最も広い画角である広角端画角に相当する。第3の結像光学系(以下、まとめて第3の結像光学系群ともいう)230a~230dは、第1の焦点距離よりも短く第2の焦点距離よりも長い第3の焦点距離に対応した、第1の画角より広く第2の画角より狭い中間画角としての第3の画角 θ_3 を有する。第4の結像光学系(以下、まとめて第4の結像光学系群ともいう)240a~240dは、第1の焦点距離よりも短く第3の焦点距離よりも長い第4の焦点距離に対応した、第1の画角より広く第3の画角より狭い中間画角としての第4の画角 θ_4 を有する。なお、第1の画角より広い中間画角を有する第3および第4の結像光学系(中間画角光学系)230a~230d, 240a~240dは、広角光学系としての第2の結像光学系220a~220dとは別の第2の結像光学系といえることができる。

10

20

【0109】

本実施例では、上記第1~第4の結像光学系群が水平4眼×垂直4眼のマトリックス状に配置されて複眼を構成している。具体的には、垂直方向における第1列には、第1の結像光学系210a、第3の結像光学系230a、第4の結像光学系240bおよび第1の結像光学系210bがこの順で水平方向に(図12中の左から右に、以下同じ)配置されている。また、第2列には、第4の結像光学系240a、第2の結像光学系220a、第2の結像光学系220bおよび第3の結像光学系230bがこの順で水平方向に配置されている。また、第3列には、第3の結像光学系230c、第2の結像光学系220c、第2の結像光学系220dおよび第4の結像光学系240dがこの順で水平方向に配置されている。また、第4列には、第1の結像光学系210c、第4の結像光学系240c、第3の結像光学系230dおよび第1の結像光学系210dがこの順で水平方向に配置されている。

30

【0110】

さらに、第1の結像光学系210a~210dは、図12の点線で示される方向に光路が折り曲げられた屈曲光学系として構成されている。このように望遠端画角を有する第1の結像光学系210a~210dを屈曲光学系とすることで、複眼カメラの厚みを低減することができる。

【0111】

しかも、第1の結像光学系210a~210dを水平4眼×垂直4眼の結像光学系群の外周部に配置し、それらの光路の折り曲げ方向をこれらに隣り合う他の結像光学系(第2~第4の結像光学系)が配置された側とは異なる方向としている。これにより、第1の結像光学系210a~210dの光路を折り曲げるための空間を確保しつつ、全ての結像光学系210a~210d, 220a~220d, 230a~230d, 240a~240dを高密度に配置することが可能となる。この結果、複眼カメラの水平方向のサイズ(横幅)を小さくすることができるだけでなく、異なる画角で撮像する際の被写体位置ずれや被写体の変形を低減することができる。被写体位置ずれや被写体の変形を低減することにより、画像合成処理を容易に行うことが可能となる。

40

【0112】

なお、図示はしないが、本実施例の複眼カメラの撮像ユニットは、上述した16の結像

50

光学系 210a ~ 210d, 220a ~ 220d, 230a ~ 230d, 240a ~ 240d のそれぞれに対応する撮像領域を構成する 16 の撮像素子を有する。また、カメラ本体の構成と各種処理については実施例 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。

【0113】

図 12 には、第 1 の結像光学系 210a ~ 210d の光軸の位置を垂直方向と水平方向に延びる実線（直線）で結んでおり、この実線で囲まれた領域を第 1 の領域とする。また、第 2 の結像光学系 220a ~ 220d の光軸の位置を垂直方向と水平方向に延びる破線（直線）で結んでおり、この破線で囲まれた領域を第 2 の領域とする。さらに、第 3 の結像光学系 230a ~ 230d の光軸の位置を斜め方向に延びる一点鎖線（直線）で結んでおり、この一点鎖線で囲まれた領域を第 3 の領域とする。また、第 4 の結像光学系 240a ~ 240d の光軸の位置を斜め方向に延びる二点鎖線（直線）で結んでおり、この二点鎖線で囲まれた領域を第 4 の領域とする。なお、第 4 の領域は、第 3 の結像光学系 230a ~ 230d と同じく中間画角光学系である第 4 の結像光学系 240a ~ 240d の光軸の位置を結ぶ線により囲まれた領域として、第 3 の領域ともいうこともできる。また、図 12 では、実線、破線、一点鎖線および二点鎖線のそれぞれが見やすいように、実線を第 1 の結像光学系群の光軸の位置から若干ずらして示している。

10

【0114】

第 1 ~ 第 4 の結像光学系群は、第 1 ~ 第 4 の領域の全てが重なる領域（結像光学部 200 の中央にて第 2 の結像光学系 220a ~ 220d の光軸が位置する領域）が存在するように配置されている。本実施例では、第 1 ~ 第 4 の領域の全てが重なる領域に光軸が配置された最も広画角である第 2 の結像光学系群の 1 つである第 2 の結像光学系（特定の第 2 の結像光学系）220c を基準光学系とし、その配置位置を基準視点 RP とする。本実施例の複眼カメラの他の構成は、実施例 1 と同じであり、その説明は省略する。

20

【0115】

本実施例でも、実施例 1 と同様にして、基準視点 RP となる基準光学系 220c を通して得られる画像を基準画像として画像合成処理および中間画角画像生成処理を行う（これら処理の流れの説明は省略する）。これにより、第 2 の結像光学群の画角から第 1、第 3 および第 4 の結像光学系群の画角へと撮像画角の切り替えを行った場合に、それぞれの結像光学系群を通して得られる合成画像上での被写体位置ずれを少なくすることができる。また、第 1 ~ 第 4 の領域が全て重なる領域内に基準視点 RP となる基準光学系 220c の光軸を配置しているため、基準光学系 220c を通して得られる基準画像に写っている被写体領域は、他の結像光学系を通して得られる画像のいずれかに必ず含まれている。このため、基準画像を用いた画像合成におけるオクルージョンの影響をなくすることができる。

30

【0116】

次に、本実施例における詳細な結像光学系の構成について図 13 を用いて説明する。図 13 (A), (B) には、本実施例における第 2 の結像光学系（広角光学系：以下、ワイド光学系ともいう）220a と第 3 の結像光学系（中間画角光学系のうちワイドミドル光学系）230a の光軸に沿った断面を示している。また、図 13 (C), (D) には、第 4 の結像光学系（中間画角光学系のうちテレミドル光学系）240a と第 1 の結像光学系（望遠光学系：以下、テレ光学系ともいう）210a の光軸に沿った断面を示している。他の第 1 ~ 第 4 の結像光学系 210b ~ 210d, 220b ~ 220d, 230b ~ 230d, 240b ~ 240d はそれぞれ、第 1 ~ 第 4 の結像光学系 210a, 220a, 230a, 240a と同じ構成を有する。

40

【0117】

図 14 (A), (B), (C), (D) はそれぞれ、ワイド、ワイドミドル、テレミドルおよびテレ光学系の収差図である。

【0118】

ワイド、ワイドミドル、テレミドルおよびテレ光学系は、無限遠被写体から近距離被写体へのフォーカシングに際してフォーカス群 F は物体側に移動し、像側群 R は不動（固定

50

)である前玉フォーカス式の光学系である。以下の説明において、各レンズ群を構成するレンズは物体側から像側の順で配置されているものとする。

【0119】

図13(A)に示すワイド光学系において、フォーカス群Fは、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、歪曲収差および色収差を効果的に補正している。像側群Rは、両凸形状の正レンズと、正レンズと、負レンズとにより構成されている。

【0120】

図13(B)に示すワイドミドル光学系において、フォーカス群Fは、両凹形状の負レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群Rは、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとにより構成されている。

10

【0121】

図13(C)に示すテレミドル光学系において、フォーカス群Fは、正レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群Rは、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとにより構成されている。

20

【0122】

図13(D)に示すテレ光学系において、フォーカス群Fは、負レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群Rは、負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズとにより構成されている。テレ光学系には、光路中の絞りSPと像側群Rとの間に、光路を90°折り曲げるための反射部材Mが配置されている。

【0123】

ここで、本実施例の複眼カメラにおいて光路が折り曲げられずに直線的に延びるストレート光学系であって最もレンズ全長が長い第4の結像光学系のレンズ全長Lは17.9m

30

mである。また、屈曲光学系である第1の結像光学系の焦点距離fは27.5mmである。

この場合、 $L/f = 17.9 / 27.5 = 0.651 \quad 1.4$

であり、式(1)の条件を満足している。

【0124】

式(1)の条件を満足する第1の結像光学系の光路上に光路を90°折り曲げるための反射部材Mを配置することで、複眼カメラの厚みを低減することができる。光路を折り曲げない場合の第1の結像光学系のレンズ全長は26.2mmであり、第4の結像光学系のレンズ全長よりも長い。このため、第1の結像光学系を光路を折り曲げないストレート光学系として構成すると、複眼カメラの厚みが増大することは明らかである。なお、第1の結像光学系を構成する各レンズの屈折力を強くすればレンズ全長を短縮することはできるが、色収差、コマ収差および像面彎曲等の諸収差の補正が困難となり、結像性能が劣化する。

40

【0125】

また、本実施例では、第1の結像光学系内に配置された反射部材Mの像側(後側)に屈折力の強い負レンズを配置することで、反射部材Mのサイズを小型化している。これにより、反射部材Mのサイズによって複眼カメラの厚みが増大することを回避している。

【0126】

本実施例によれば、実施例1と同様に、異なる焦点距離を持つ複数の結像光学系を有する複眼カメラにおいて、カメラ全体としての高倍率化を実現した際の良好な結像性能とカ

50

メラの厚みの低減とを両立することができる。また、ズーム機構を設けることなく連続ズーム効果を得ることができる。さらに、ズーミングに伴う画像上での被写体位置ずれを低減することができる。

【0127】

さらに、本実施例では、実施例1に比べて互いに画角が異なる結像光学系の数が多いため、より高いズーム比を容易に得ることができる。

【実施例3】

【0128】

次に、本発明の実施例3である複眼カメラについて説明する。本実施例の複眼カメラにおける結像光学部での結像光学系の配置については実施例2と同じであり、同じ結像光学系（ただし、光学構成は異なる）については実施例2と同符号を付す。また、カメラ本体の構成と各種処理については実施例1と同じであるため、それらの説明を省略する。

10

【0129】

図15(A), (B)には、本実施例における第2の結像光学系（広角光学系：以下、ワイド光学系ともいう）220aと第3の結像光学系（中間画角光学系のうちワイドミドル光学系）230aの光軸に沿った断面を示している。また、図15(C), (D)には、第4の結像光学系（中間画角光学系のうちテレミドル光学系）240aと第1の結像光学系（望遠光学系：以下、テレ光学系ともいう）210aの光軸に沿った断面を示している。他の第1～第4の結像光学系210b～210d, 220b～220d, 230b～230d, 240b～240dはそれぞれ、第1～第4の結像光学系210a, 220a

20

, 230a, 240aと同じ構成を有する。

【0130】

図16(A), (B), (C), (D)はそれぞれ、ワイド、ワイドミドル、テレミドルおよびテレ光学系の収差図である。

【0131】

ワイド、ワイドミドル、テレミドルおよびテレ光学系は、無限遠被写体から近距離被写体へのフォーカシングに際してフォーカス群Fは物体側に移動し、像側群Rは不動（固定）である前玉フォーカス式の光学系である。以下の説明において、各レンズ群を構成するレンズは物体側から像側の順で配置されているものとする。

【0132】

図15(A)に示すワイド光学系において、フォーカス群Fは、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、歪曲収差および色収差を効果的に補正している。像側群Rは、両凸形状の正レンズと、正レンズと、負レンズとにより構成されている。

30

【0133】

図15(B)に示すワイドミドル光学系において、フォーカス群Fは、両凹形状の負レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群Rは、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとにより構成されている。

40

【0134】

図15(C)に示すテレミドル光学系において、フォーカス群Fは、正レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群Rは、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとにより構成されている。

【0135】

図15(D)に示すテレ光学系において、フォーカス群Fは、負レンズと、両凸形状でアッペ数が68.3の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学

50

系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群 R は、負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズとにより構成されている。テレ光学系には、光路中の絞り S P と像側群 R との間に、光路を 90° 折り曲げるための反射部材 M が配置されている。

【0136】

ここで、本実施例の複眼カメラにおいて光路が折り曲げられずに直線的に延びるストレート光学系であって最もレンズ全長が長い第 4 の結像光学系のレンズ全長 L は 17.9 mm である。また、屈曲光学系である第 1 の結像光学系の焦点距離 f は 32.0 mm である。この場合、

$$L / f = 17.9 / 32.0 = 0.560 \quad 1.4$$

であり、式 (1) の条件を満足している。

【0137】

式 (1) の条件を満足する第 1 の結像光学系の光路上に光路を 90° 折り曲げるための反射部材 M を配置することで、複眼カメラの厚みを低減することができる。光路を折り曲げない場合の第 1 の結像光学系のレンズ全長は 28.6 mm であり、第 4 の結像光学系のレンズ全長よりも長い。このため、第 1 の結像光学系を光路を折り曲げないストレート光学系として構成すると、複眼カメラの厚みが増大することは明らかである。なお、第 1 の結像光学系を構成する各レンズの屈折力を強くすればレンズ全長を短縮することはできるが、色収差、コマ収差および像面彎曲等の諸収差の補正が困難となり、結像性能が劣化する。

【0138】

また、本実施例では、第 1 の結像光学系内に配置された反射部材 M の像側 (後側) に屈折力の強い負レンズを配置することで、反射部材 M のサイズを小型化している。これにより、反射部材 M のサイズによって複眼カメラの厚みが増大することを回避している。

【0139】

本実施例によれば、実施例 1 と同様に、異なる焦点距離を持つ複数の結像光学系を有する複眼カメラにおいて、カメラ全体としての高倍率化を実現した際の良好な結像性能とカメラの厚みの低減とを両立することができる。また、ズーム機構を設けることなく連続ズーム効果を得ることができる。さらに、ズームに伴う画像上での被写体位置ずれを低減することができる。

【0140】

さらに、本実施例では、実施例 1 に比べて互いに画角が異なる結像光学系の数が多いため、より高いズーム比を容易に得ることができる。

【実施例 4】

【0141】

次に、本発明の実施例 4 である複眼カメラについて説明する。本実施例の複眼カメラにおける結像光学部での結像光学系の配置については実施例 1 と同じであり、同じ結像光学系 (ただし、光学構成は異なる) については実施例 1 と同符号を付す。また、カメラ本体の構成と各種処理については実施例 1 と同じであるため、それらの説明を省略する。

【0142】

図 17 (A), (B) はそれぞれ、第 2 の結像光学系 (広角光学系: 以下、ワイド光学系という) 120a と第 1 の結像光学系 (望遠光学系: 以下、テレ光学系という) 110a の光軸に沿った断面を示している。他の第 1 の結像光学系 110b ~ 110d および第 2 の結像光学系 210b ~ 210d はそれぞれ、第 1 の結像光学系 110a と第 2 の結像光学系 120a と同じ構成を有する。図 18 (A), (B) は、ワイドおよびテレ光学系の収差図である。

【0143】

ワイド光学系およびテレ光学系は、無限遠被写体から近距離被写体へのフォーカシングに際してフォーカス群 F は物体側に移動し、像側群 R は不動 (固定) である前玉フォーカス式の光学系である。以下の説明において、各レンズ群を構成するレンズは物体側から像

10

20

30

40

50

側の順で配置されているものとする。

【 0 1 4 4 】

図 1 7 (A) に示すワイド光学系において、フォーカス群 F は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと、両凸形状でアッペ数が 6 8 . 3 の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、歪曲収差および色収差を効果的に補正している。像側群 R は、両凸形状の正レンズと、正レンズと、負レンズとにより構成されている。

【 0 1 4 5 】

図 1 7 (B) に示すテレ光学系において、フォーカス群 F は、負レンズと、両凸形状でアッペ数が 6 8 . 3 の正レンズと、負レンズとにより構成されている。これにより、光学系の小型化を図るとともに、色収差を効果的に補正している。像側群 R は、負レンズと、正レンズと、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとにより構成されている。テレ光学系には、光路中の絞り S P と像側群 R との間に光路を 9 0 ° 折り曲げるための反射部材 M が配置されている。

10

【 0 1 4 6 】

ここで、本実施例の複眼カメラにおいて光路が折り曲げられずに直線的に延びるストレート光学系であって最もレンズ全長が長い第 2 の結像光学系のレンズ全長 L は 1 7 . 9 m m である。また、屈曲光学系である第 1 の結像光学系の焦点距離 f は 1 3 m m である。この場合、

$$L / f = 17 . 9 / 13 = 1 . 377 \quad 1 . 4$$

20

であり、式 (1) の条件を満足している。

【 0 1 4 7 】

式 (1) の条件を満足する第 1 の結像光学系の光路上に光路を 9 0 ° 折り曲げるための反射部材 M を配置することで、複眼カメラの厚みを低減することができる。光路を折り曲げない場合の第 1 の結像光学系のレンズ全長は 1 9 . 8 m m であり、第 2 の結像光学系のレンズ全長よりも長い。このため、第 1 の結像光学系を光路を折り曲げないストレート光学系として構成すると、複眼カメラの厚みが増大することは明らかである。なお、第 1 の結像光学系を構成する各レンズの屈折力を強くすればレンズ全長を短縮することはできるが、色収差、コマ収差および像面彎曲等の諸収差の補正が困難となり、結像性能が劣化する。

30

【 0 1 4 8 】

また、本実施例では、第 1 の結像光学系内に配置された反射部材 M の像側 (後側) に屈折力の強い負レンズを配置することで、反射部材 M のサイズを小型化している。これにより、反射部材 M のサイズによって複眼カメラ 1 の厚みが増大することを回避している。さらに、第 1 および第 2 の結像光学系のフォーカス群が第 1 の結像光学系内の反射部材 M よりも物体側に配置されている。

【 0 1 4 9 】

ここで、第 1 の結像光学系のフォーカス群の焦点距離 f_{F_i} は 9 . 3 0 m m であり、第 2 の結像光学系のフォーカス群の焦点距離 f_{F_h} は - 9 . 3 0 m m である。 $f_{F_h}^2 / f_{F_i}^2$ の値は 1 となるので、式 (2) の条件を満足している。

40

【 0 1 5 0 】

上記のようなフォーカス群の配置と式 (2) の条件を満足することにより、互いに異なる焦点距離を有する結像光学系のフォーカス群の移動量を同じとすることができる。このため、本実施例のように屈曲光学系を有する複眼カメラにおいて、互いに異なる画角の合焦画像の同時取得とフォーカシング駆動機構の簡素化とを両立させることができる。

【 0 1 5 1 】

なお、上記各実施例では、最も広画角の第 2 の結像光学系を複数設けた場合について説明したが、第 2 の結像光学系は少なくとも 1 つ設けられ、これが基準光学系とされればよい。

【 0 1 5 2 】

50

以下、実施例 1 ~ 4 に対応する数値例 1 ~ 4 の具体的数値を示す。各数値例において、 i は物体側から数えた面の順番を示す。 r_i は i 番目の光学面（第 i 面）の曲率半径である。 d_i は第 i 面と第 $(i + 1)$ 面との軸上間隔である。 n_{di} 、 d_i はそれぞれ、 d 線に対する i 番目の光学部材の材料の屈折率とアッペ数である。 f は焦点距離であり、 F_n は F ナンバーである。 θ は半画角である。間隔 d が 0 とは、前後の面が接合されていることを示す。

【0153】

各実施例では反射部材 M として反射ミラーを用いており、そのミラー面により光路を 90 度折り曲げている。ただし、各数値例では便宜上、光路を展開した状態で示している。数値例上のミラー面を 45 度傾けて反射させることで、各実施例での光学断面図に示した構成と同様の構成となる。

10

【0154】

また、面番号に「*」を付した面は非球面であり、その非球面の形状は、 R を曲率半径とし、非球面係数 K 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 、 A_7 、 A_8 、 A_9 、 A_{10} 、 A_{11} 、 A_{12} を用いて次式で与えられるものとする。

【0155】

$$X = (H^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(H/R)^2\}^{1/2}]$$

$$+ A_3 \cdot H^3 + A_4 \cdot H^4 + A_5 \cdot H^5 + A_6 \cdot H^6 + A_7 \cdot H^7$$

$$+ A_8 \cdot H^8 + A_9 \cdot H^9 + A_{10} \cdot H^{10} + A_{11} \cdot H^{11} + A_{12} \cdot H^{12}$$

なお、各非球面係数における「 $E \pm XX$ 」は「 $\times 10 \pm XX$ 」を意味している。また、焦点距離、 F ナンバーおよび画角はそれぞれ、無限遠物体に焦点を合わせたときの値を表している。 BF は最終レンズ面から像面までの距離を空気換算した値である。

20

(数値例 1)

ワイド光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | 40.382 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.88 |
| 2* | 2.411 | 2.67 | | | 4.00 |
| 3* | 6.203 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 3.87 |
| 4* | -11.433 | 0.50 | | | 3.49 |
| 5* | -62.116 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 3.14 |
| 6* | 15.255 | 0.10 | | | 3.13 |
| 7(絞リ) | | 0.10 | | | 3.14 |
| 8* | 6.018 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.20 |
| 9* | -12.756 | 3.48 | | | 3.11 |
| 10* | 9.928 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 4.65 |
| 11* | -11.658 | 0.50 | | | 4.57 |
| 12* | -28.136 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 4.44 |
| 13* | 8.934 | | | | 5.01 |

30

40

像面

非球面データ

第1面

$$K = -8.61567e+001 \quad A_4 = -9.22230e-004 \quad A_6 = 4.19663e-005$$

第2面

$$K = -9.30223e-001 \quad A_4 = 7.19408e-003 \quad A_6 = 6.36185e-004$$

第3面

$$K = 3.54414e+000 \quad A_4 = 2.81499e-003 \quad A_6 = 2.34019e-004$$

50

第4面

K = -3.53906e+000 A 4= 1.43935e-003 A 6= 1.07092e-004

第5面

K = 3.15676e+000 A 4= 1.79932e-003 A 6=-9.65503e-004

第6面

K = 4.96423e+001 A 4= 1.09416e-003 A 6=-7.97966e-004

第8面

K = -3.06847e+000 A 4=-1.51330e-004 A 6= 3.84651e-004

第9面

K = 9.75797e+000 A 4=-3.28928e-004 A 6= 5.50566e-004

第10面

K = -1.10481e+001 A 4= 2.90917e-004 A 6= 5.26599e-004

第11面

K = 1.72650e+001 A 4=-4.08824e-003 A 6= 9.11055e-004

第12面

K = -7.35482e+001 A 4=-1.54275e-002 A 6= 3.85072e-004

第13面

K = 7.43385e+000 A 4=-1.07701e-002 A 6= 4.92519e-004

各種データ

焦点距離 5.20
Fナンバー 2.88
半画角 36.69
像高 3.88
レンズ全長 17.91
BF 3.06

入射瞳位置 3.15
射出瞳位置 -4.86
前側主点位置 4.94
後側主点位置 -2.14

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -4.19 |
| 2 | 3 | 6.99 |
| 3 | 5 | -15.14 |
| 4 | 8 | 6.55 |
| 5 | 10 | 9.34 |
| 6 | 12 | -7.91 |

テレ光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-----|----------|------|---------|------|------|
| 1* | 885.216 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.12 |
| 2* | -184.277 | 0.65 | | | 4.98 |
| 3* | 9.703 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 4.74 |
| 4* | -6.989 | 0.10 | | | 4.45 |

10

20

30

40

50

| | | | | | |
|--------|---------|------|---------|------|------|
| 5* | -8.737 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 4.25 |
| 6* | -15.025 | 0.10 | | | 3.94 |
| 7(絞り) | | 2.00 | | | 3.72 |
| 8(ミラー) | | 2.00 | | | 5.14 |
| 9* | -32.646 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.39 |
| 10* | 3.695 | 3.80 | | | 3.29 |
| 11* | 16.114 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.70 |
| 12* | 79.301 | 2.72 | | | 6.88 |
| 13* | 16.680 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 7.23 |
| 14* | 38.339 | (可変) | | | 7.37 |

10

像面

非球面データ

第1面

K = -9.00000e+001 A 4 = -1.32156e-003 A 6 = -6.69651e-005

第2面

K = 9.00000e+001 A 4 = 6.48865e-005 A 6 = -6.70297e-005

第3面

K = -2.82672e+000 A 4 = 1.76947e-003 A 6 = 6.79069e-005

20

第4面

K = -2.58096e+000 A 4 = 5.82121e-004 A 6 = -7.48352e-006

第5面

K = 3.68342e+000 A 4 = 5.46659e-004 A 6 = 1.24159e-004

第6面

K = 1.19614e+001 A 4 = -3.47191e-004 A 6 = 2.28721e-004

30

第9面

K = -9.00000e+001 A 4 = 3.62343e-003 A 6 = -2.20092e-004

第10面

K = -9.40279e-001 A 4 = 1.02356e-002 A 6 = -2.24717e-004

第11面

K = 3.99141e+000 A 4 = 1.58063e-003 A 6 = -2.04097e-005

40

第12面

K = 9.00000e+001 A 4 = -5.32774e-004 A 6 = -1.92859e-005

第13面

K = 2.27812e+000 A 4 = -2.12327e-003 A 6 = 1.15833e-005

第14面

K = 9.00000e+001 A 4 = -2.60011e-003 A 6 = 4.60592e-005

各種データ

50

焦点距離 23.00
 Fナンバー 5.60
 半画角 9.56
 像高 3.88
 レンズ全長 20.86
 BF 2.00

入射瞳位置 3.16
 射出瞳位置 -17.26
 前側主点位置 -1.30
 後側主点位置 -21.00

10

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | 245.96 |
| 2 | 3 | 7.08 |
| 3 | 5 | -27.49 |
| 4 | 9 | -5.12 |
| 5 | 11 | 33.78 |
| 6 | 13 | 34.15 |

20

(数値例2)

ワイド光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | 40.382 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.88 |
| 2* | 2.411 | 2.67 | | | 4.00 |
| 3* | 6.203 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 3.87 |
| 4* | -11.433 | 0.50 | | | 3.49 |
| 5* | -62.116 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 3.14 |
| 6* | 15.255 | 0.10 | | | 3.13 |
| 7(絞り) | | 0.10 | | | 3.14 |
| 8* | 6.018 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.20 |
| 9* | -12.756 | 3.48 | | | 3.11 |
| 10* | 9.928 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 4.65 |
| 11* | -11.658 | 0.50 | | | 4.57 |
| 12* | -28.136 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 4.44 |
| 13* | 8.934 | | | | 5.01 |

30

40

像面

非球面データ

第1面

K = -8.61567e+001 A 4= -9.22230e-004 A 6= 4.19663e-005

第2面

K = -9.30223e-001 A 4= 7.19408e-003 A 6= 6.36185e-004

第3面

K = 3.54414e+000 A 4= 2.81499e-003 A 6= 2.34019e-004

第4面

50

$K = -3.53906e+000$ $A_4 = 1.43935e-003$ $A_6 = 1.07092e-004$
 第5面
 $K = 3.15676e+000$ $A_4 = 1.79932e-003$ $A_6 = -9.65503e-004$
 第6面
 $K = 4.96423e+001$ $A_4 = 1.09416e-003$ $A_6 = -7.97966e-004$
 第8面
 $K = -3.06847e+000$ $A_4 = -1.51330e-004$ $A_6 = 3.84651e-004$
 第9面
 $K = 9.75797e+000$ $A_4 = -3.28928e-004$ $A_6 = 5.50566e-004$
 第10面
 $K = -1.10481e+001$ $A_4 = 2.90917e-004$ $A_6 = 5.26599e-004$
 第11面
 $K = 1.72650e+001$ $A_4 = -4.08824e-003$ $A_6 = 9.11055e-004$
 第12面
 $K = -7.35482e+001$ $A_4 = -1.54275e-002$ $A_6 = 3.85072e-004$
 第13面
 $K = 7.43385e+000$ $A_4 = -1.07701e-002$ $A_6 = 4.92519e-004$

10

各種データ

焦点距離 5.20
 Fナンバー 2.88
 半画角 36.69
 像高 3.88
 レンズ全長 17.91
 BF 3.06

20

入射瞳位置 3.15
 射出瞳位置 -4.86
 前側主点位置 4.94
 後側主点位置 -2.14

30

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -4.19 |
| 2 | 3 | 6.99 |
| 3 | 5 | -15.14 |
| 4 | 8 | 6.55 |
| 5 | 10 | 9.34 |
| 6 | 12 | -7.91 |

40

ワイドミドル光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-----|---------|------|---------|------|------|
| 1* | -14.915 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 6.70 |
| 2* | 69.090 | 2.67 | | | 6.19 |
| 3* | 5.672 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 5.30 |
| 4* | -7.487 | 0.50 | | | 5.08 |
| 5* | -9.447 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 4.14 |

50

| | | | | | |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 6* | -22.100 | 0.10 | | | 3.74 |
| 7(絞リ) | | 0.10 | | | 3.67 |
| 8* | 3.929 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.60 |
| 9* | 2.484 | 3.48 | | | 3.41 |
| 10* | 6.037 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.30 |
| 11* | 21.097 | 0.50 | | | 6.25 |
| 12* | 13.374 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 6.25 |
| 13* | 6.940 | | | | 5.99 |

像面

10

非球面データ

第1面

$$K = 3.23218e+000 \quad A_4 = -3.05400e-004 \quad A_6 = 4.53521e-005$$

第2面

$$K = -9.00000e+001 \quad A_4 = 1.59130e-004 \quad A_6 = 5.15981e-005$$

第3面

$$K = -1.64767e+000 \quad A_4 = 2.27739e-003 \quad A_6 = -6.09668e-006$$

第4面

$$K = -7.51140e+000 \quad A_4 = 2.83658e-004 \quad A_6 = 7.41960e-005$$

第5面

$$K = 8.77500e+000 \quad A_4 = 1.90647e-004 \quad A_6 = 7.09546e-004$$

第6面

$$K = 7.06211e+000 \quad A_4 = -1.29880e-003 \quad A_6 = 6.54962e-004$$

第8面

$$K = -7.69118e-001 \quad A_4 = -1.53255e-003 \quad A_6 = -1.23634e-004$$

第9面

$$K = -9.82229e-001 \quad A_4 = 2.51720e-004 \quad A_6 = -1.95089e-004$$

第10面

$$K = -4.39310e+000 \quad A_4 = 2.05043e-003 \quad A_6 = -1.72957e-005$$

第11面

$$K = 3.04604e+001 \quad A_4 = 9.28199e-004 \quad A_6 = -1.81115e-004$$

第12面

$$K = 5.49088e+000 \quad A_4 = -1.18023e-003 \quad A_6 = 3.43330e-005$$

第13面

$$K = 2.34608e+000 \quad A_4 = -3.33103e-003 \quad A_6 = 1.61864e-004$$

20

30

各種データ

焦点距離 10.50

Fナンバー 2.88

半画角 20.26

像高 3.88

レンズ全長 17.91

BF 3.06

40

入射瞳位置 4.64

射出瞳位置 -5.12

前側主点位置 1.66

後側主点位置 -7.44

単レンズデータ

50

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -19.66 |
| 2 | 3 | 5.67 |
| 3 | 5 | -21.09 |
| 4 | 8 | -15.62 |
| 5 | 10 | 13.67 |
| 6 | 12 | -18.35 |

テレミドル光学系

単位 mm

10

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | 36.807 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 7.62 |
| 2* | -41.677 | 2.67 | | | 7.15 |
| 3* | 8.270 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 5.38 |
| 4* | -7.910 | 0.50 | | | 4.98 |
| 5* | -9.885 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 4.08 |
| 6* | -54.358 | 0.10 | | | 3.71 |
| 7(絞り) | | 0.10 | | | 3.66 |
| 8* | 5.124 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.45 |
| 9* | 2.412 | 3.48 | | | 3.17 |
| 10* | 10.272 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.40 |
| 11* | 16.743 | 0.50 | | | 6.42 |
| 12* | 9.281 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 6.58 |
| 13* | 10.176 | | | | 6.54 |

20

像面

非球面データ

第1面

30

K = -9.00000e+001 A 4= 3.25623e-005 A 6= 1.37046e-005

第2面

K = 6.54916e+001 A 4= 9.61894e-004 A 6= 1.97095e-005

第3面

K = -5.20341e-001 A 4= 2.82359e-003 A 6= 1.62204e-005

第4面

K = -1.07451e+001 A 4= 1.35610e-003 A 6= -1.75272e-005

第5面

K = 9.36306e+000 A 4= 3.65867e-003 A 6= 3.57432e-004

第6面

40

K = -1.69149e+001 A 4= 1.12483e-003 A 6= 6.25155e-004

第8面

K = -6.38373e-001 A 4= -3.54965e-003 A 6= 1.25622e-006

第9面

K = -9.28207e-001 A 4= -1.83232e-003 A 6= -1.58220e-004

第10面

K = 6.03894e-001 A 4= 1.13103e-003 A 6= 4.35985e-005

第11面

K = -8.36796e+000 A 4= 9.48431e-004 A 6= -5.05453e-005

第12面

50

K = -2.24043e+000 A 4 = -9.07528e-004 A 6 = 9.61281e-007

第13面

K = 6.10242e+000 A 4 = -2.60010e-003 A 6 = 1.92825e-005

各種データ

焦点距離 15.00
Fナンバー 2.88
半画角 14.48
像高 3.88
レンズ全長 17.91
BF 3.06

10

入射瞳位置 6.90
射出瞳位置 -6.27
前側主点位置 -2.20
後側主点位置 -11.94

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | 31.71 |
| 2 | 3 | 7.05 |
| 3 | 5 | -15.13 |
| 4 | 8 | -8.61 |
| 5 | 10 | 40.66 |
| 6 | 12 | 82.43 |

20

テレ光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|--------|----------|------|---------|------|------|
| 1* | -136.617 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.80 |
| 2* | 166.610 | 0.82 | | | 5.76 |
| 3* | 11.949 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 5.61 |
| 4* | -8.122 | 0.35 | | | 5.42 |
| 5* | -9.020 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 5.00 |
| 6* | -13.933 | 0.10 | | | 4.74 |
| 7(絞り) | | 2.81 | | | 4.57 |
| 8(ミラー) | | 2.50 | | | 6.06 |
| 9* | -22.559 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.96 |
| 10* | 5.319 | 3.80 | | | 3.88 |
| 11* | 15.712 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.46 |
| 12* | -77.951 | 3.30 | | | 6.53 |
| 13* | 27.213 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 6.93 |
| 14* | 37.408 | (可変) | | | 6.98 |

30

像面

非球面データ

第1面

K = 9.00000e+001 A 4 = -1.31577e-003 A 6 = -2.70364e-005

50

第2面

K = -7.12696e+001 A 4= -1.53371e-004 A 6= -4.74331e-005

第3面

K = -2.89414e+000 A 4= 1.68174e-003 A 6= -1.14849e-005

第4面

K = -1.79124e+000 A 4= 4.99910e-004 A 6= 2.67567e-005

第5面

K = 3.96323e+000 A 4= 5.06661e-004 A 6= 1.78272e-004

第6面

K = 9.11081e+000 A 4= 1.36805e-004 A 6= 1.67056e-004

第9面

K = -9.00000e+001 A 4= 1.63734e-003 A 6= -9.65418e-005

第10面

K = -3.67967e+000 A 4= 8.25410e-003 A 6= -2.83572e-004

第11面

K = 9.32341e+000 A 4= 1.83248e-003 A 6= -4.41940e-005

第12面

K = -9.00000e+001 A 4= 8.22363e-004 A 6= -1.88270e-005

第13面

K = 2.46513e+001 A 4= -1.18899e-003 A 6= 1.50333e-005

第14面

K = 7.53470e+001 A 4= -1.20633e-003 A 6= 2.52815e-005

各種データ

焦点距離 27.50
 Fナンバー 5.60
 半画角 8.02
 像高 3.88
 レンズ全長 26.19
 BF 5.00

入射瞳位置 3.53

射出瞳位置 -17.38

前側主点位置 -2.76

後側主点位置 -22.50

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離
 1 1 -120.79

10

20

30

40

50

| | | |
|---|----|--------|
| 2 | 3 | 8.38 |
| 3 | 5 | -34.26 |
| 4 | 9 | -6.61 |
| 5 | 11 | 22.23 |
| 6 | 13 | 112.86 |

(数值例3)

ワイド光学系

単位 mm

10

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | 40.382 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.88 |
| 2* | 2.411 | 2.67 | | | 4.00 |
| 3* | 6.203 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 3.87 |
| 4* | -11.433 | 0.50 | | | 3.49 |
| 5* | -62.116 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 3.14 |
| 6* | 15.255 | 0.10 | | | 3.13 |
| 7(絞り) | | 0.10 | | | 3.14 |
| 8* | 6.018 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.20 |
| 9* | -12.756 | 3.48 | | | 3.11 |
| 10* | 9.928 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 4.65 |
| 11* | -11.658 | 0.50 | | | 4.57 |
| 12* | -28.136 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 4.44 |
| 13* | 8.934 | | | | 5.01 |

20

像面

非球面データ

第1面

K = -8.61567e+001 A 4= -9.22230e-004 A 6= 4.19663e-005

30

第2面

K = -9.30223e-001 A 4= 7.19408e-003 A 6= 6.36185e-004

第3面

K = 3.54414e+000 A 4= 2.81499e-003 A 6= 2.34019e-004

第4面

K = -3.53906e+000 A 4= 1.43935e-003 A 6= 1.07092e-004

第5面

K = 3.15676e+000 A 4= 1.79932e-003 A 6= -9.65503e-004

第6面

K = 4.96423e+001 A 4= 1.09416e-003 A 6= -7.97966e-004

40

第8面

K = -3.06847e+000 A 4= -1.51330e-004 A 6= 3.84651e-004

第9面

K = 9.75797e+000 A 4= -3.28928e-004 A 6= 5.50566e-004

第10面

K = -1.10481e+001 A 4= 2.90917e-004 A 6= 5.26599e-004

第11面

K = 1.72650e+001 A 4= -4.08824e-003 A 6= 9.11055e-004

第12面

K = -7.35482e+001 A 4= -1.54275e-002 A 6= 3.85072e-004

50

第13面

K = 7.43385e+000 A 4=-1.07701e-002 A 6= 4.92519e-004

各種データ

焦点距離 5.20
 Fナンバー 2.88
 半画角 36.69
 像高 3.88
 レンズ全長 17.91
 BF 3.06

10

入射瞳位置 3.15
 射出瞳位置 -4.86
 前側主点位置 4.94
 後側主点位置 -2.14

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -4.19 |
| 2 | 3 | 6.99 |
| 3 | 5 | -15.14 |
| 4 | 8 | 6.55 |
| 5 | 10 | 9.34 |
| 6 | 12 | -7.91 |

20

ワイドミドル光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | -14.915 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 6.70 |
| 2* | 69.090 | 2.67 | | | 6.19 |
| 3* | 5.672 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 5.30 |
| 4* | -7.487 | 0.50 | | | 5.08 |
| 5* | -9.447 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 4.14 |
| 6* | -22.100 | 0.10 | | | 3.74 |
| 7(絞り) | | 0.10 | | | 3.67 |
| 8* | 3.929 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.60 |
| 9* | 2.484 | 3.48 | | | 3.41 |
| 10* | 6.037 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.30 |
| 11* | 21.097 | 0.50 | | | 6.25 |
| 12* | 13.374 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 6.25 |
| 13* | 6.940 | | | | 5.99 |

30

40

像面

非球面データ

第1面

K = 3.23218e+000 A 4=-3.05400e-004 A 6= 4.53521e-005

第2面

K = -9.00000e+001 A 4= 1.59130e-004 A 6= 5.15981e-005

50

第3面

K = -1.64767e+000 A 4= 2.27739e-003 A 6=-6.09668e-006

第4面

K = -7.51140e+000 A 4= 2.83658e-004 A 6= 7.41960e-005

第5面

K = 8.77500e+000 A 4= 1.90647e-004 A 6= 7.09546e-004

第6面

K = 7.06211e+000 A 4=-1.29880e-003 A 6= 6.54962e-004

第8面

K = -7.69118e-001 A 4=-1.53255e-003 A 6=-1.23634e-004

第9面

K = -9.82229e-001 A 4= 2.51720e-004 A 6=-1.95089e-004

第10面

K = -4.39310e+000 A 4= 2.05043e-003 A 6=-1.72957e-005

第11面

K = 3.04604e+001 A 4= 9.28199e-004 A 6=-1.81115e-004

第12面

K = 5.49088e+000 A 4=-1.18023e-003 A 6= 3.43330e-005

第13面

K = 2.34608e+000 A 4=-3.33103e-003 A 6= 1.61864e-004

10

20

各種データ

焦点距離 10.50
 Fナンバー 2.88
 半画角 20.26
 像高 3.88
 レンズ全長 17.91
 BF 3.06

入射瞳位置 4.64

射出瞳位置 -5.12

前側主点位置 1.66

後側主点位置 -7.44

30

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -19.66 |
| 2 | 3 | 5.67 |
| 3 | 5 | -21.09 |
| 4 | 8 | -15.62 |
| 5 | 10 | 13.67 |
| 6 | 12 | -18.35 |

40

テレミドル光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-----|---------|------|---------|------|------|
| 1* | 36.807 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 7.62 |
| 2* | -41.677 | 2.67 | | | 7.15 |

50

| | | | | | |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 3* | 8.270 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 5.38 |
| 4* | -7.910 | 0.50 | | | 4.98 |
| 5* | -9.885 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 4.08 |
| 6* | -54.358 | 0.10 | | | 3.71 |
| 7(絞リ) | | 0.10 | | | 3.66 |
| 8* | 5.124 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.45 |
| 9* | 2.412 | 3.48 | | | 3.17 |
| 10* | 10.272 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.40 |
| 11* | 16.743 | 0.50 | | | 6.42 |
| 12* | 9.281 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 6.58 |
| 13* | 10.176 | | | | 6.54 |

10

像面

非球面データ

第1面

K = -9.00000e+001 A 4= 3.25623e-005 A 6= 1.37046e-005

第2面

K = 6.54916e+001 A 4= 9.61894e-004 A 6= 1.97095e-005

第3面

K = -5.20341e-001 A 4= 2.82359e-003 A 6= 1.62204e-005

第4面

K = -1.07451e+001 A 4= 1.35610e-003 A 6= -1.75272e-005

第5面

K = 9.36306e+000 A 4= 3.65867e-003 A 6= 3.57432e-004

第6面

K = -1.69149e+001 A 4= 1.12483e-003 A 6= 6.25155e-004

第8面

K = -6.38373e-001 A 4= -3.54965e-003 A 6= 1.25622e-006

第9面

K = -9.28207e-001 A 4= -1.83232e-003 A 6= -1.58220e-004

第10面

K = 6.03894e-001 A 4= 1.13103e-003 A 6= 4.35985e-005

第11面

K = -8.36796e+000 A 4= 9.48431e-004 A 6= -5.05453e-005

第12面

K = -2.24043e+000 A 4= -9.07528e-004 A 6= 9.61281e-007

第13面

K = 6.10242e+000 A 4= -2.60010e-003 A 6= 1.92825e-005

20

30

各種データ

40

| | |
|-------|-------|
| 焦点距離 | 15.00 |
| Fナンバー | 2.88 |
| 半画角 | 14.48 |
| 像高 | 3.88 |
| レンズ全長 | 17.91 |
| BF | 3.06 |

| | |
|--------|-------|
| 入射瞳位置 | 6.90 |
| 射出瞳位置 | -6.27 |
| 前側主点位置 | -2.20 |

50

後側主点位置 -11.94

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | 31.71 |
| 2 | 3 | 7.05 |
| 3 | 5 | -15.13 |
| 4 | 8 | -8.61 |
| 5 | 10 | 40.66 |
| 6 | 12 | 82.43 |

10

テレ光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|--------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | -83.016 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 6.60 |
| 2* | 77.515 | 0.40 | | | 6.65 |
| 3* | 13.866 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 6.63 |
| 4* | -9.207 | 1.01 | | | 6.53 |
| 5* | -9.074 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 5.54 |
| 6* | -13.922 | 0.10 | | | 5.30 |
| 7(絞り) | | 3.47 | | | 5.14 |
| 8(ミラー) | | 4.00 | | | 7.14 |
| 9* | -15.071 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 4.39 |
| 10* | 9.484 | 3.80 | | | 4.27 |
| 11* | 19.105 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 6.51 |
| 12* | 93.087 | 3.30 | | | 6.58 |
| 13* | 22.556 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 7.15 |
| 14* | 40.505 | (可変) | | | 7.18 |

20

30

像面

非球面データ

第1面

$$K = -9.00000e+001 \quad A_4 = -1.36080e-003 \quad A_6 = -1.81288e-006$$

第2面

$$K = 9.00000e+001 \quad A_4 = -8.37079e-005 \quad A_6 = -4.20703e-005$$

第3面

$$K = -3.96761e+000 \quad A_4 = 1.58446e-003 \quad A_6 = -4.47001e-005$$

40

第4面

$$K = -7.35258e-001 \quad A_4 = 3.24889e-004 \quad A_6 = 1.97069e-005$$

第5面

$$K = 3.75533e+000 \quad A_4 = 5.11130e-004 \quad A_6 = 1.76543e-004$$

第6面

$$K = 9.73367e+000 \quad A_4 = 2.91420e-004 \quad A_6 = 1.53699e-004$$

50

第9面

K = -3.19918e+001 A 4= 3.56789e-003 A 6=-9.40553e-005

第10面

K = -8.30308e+000 A 4= 8.33940e-003 A 6=-9.52007e-005

第11面

K = 1.41230e+001 A 4= 2.24798e-003 A 6=-7.06352e-005

第12面

K = -9.00000e+001 A 4= 1.64927e-003 A 6=-8.06813e-005

第13面

K = 3.60799e+000 A 4= 3.81929e-004 A 6=-5.12132e-005

第14面

K = 8.84921e+001 A 4= 1.07239e-004 A 6=-4.31916e-005

各種データ

焦点距離 32.00
 Fナンバー 5.60
 半画角 6.90
 像高 3.88
 レンズ全長 28.58
 BF 5.00

入射瞳位置 3.89
 射出瞳位置 -19.59
 前側主点位置 -5.75
 後側主点位置 -27.00

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -64.41 |
| 2 | 3 | 9.56 |
| 3 | 5 | -34.94 |
| 4 | 9 | -8.93 |
| 5 | 11 | 40.22 |
| 6 | 13 | 58.62 |

(数値例 4)

ワイド光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|-----|--------|------|---------|------|------|
| 1* | 40.382 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.88 |
| 2* | 2.411 | 2.67 | | | 4.00 |
| 3* | 6.203 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 3.87 |

10

20

30

40

50

| | | | | | |
|-------|---------|------|---------|------|------|
| 4* | -11.433 | 0.50 | | | 3.49 |
| 5* | -62.116 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 3.14 |
| 6* | 15.255 | 0.10 | | | 3.13 |
| 7(絞り) | | 0.10 | | | 3.14 |
| 8* | 6.018 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.20 |
| 9* | -12.756 | 3.48 | | | 3.11 |
| 10* | 9.928 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 4.65 |
| 11* | -11.658 | 0.50 | | | 4.57 |
| 12* | -28.136 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 4.44 |
| 13* | 8.934 | | | | 5.01 |

10

像面

非球面データ

第1面

K = -8.61567e+001 A 4 = -9.22230e-004 A 6 = 4.19663e-005

第2面

K = -9.30223e-001 A 4 = 7.19408e-003 A 6 = 6.36185e-004

第3面

K = 3.54414e+000 A 4 = 2.81499e-003 A 6 = 2.34019e-004

第4面

K = -3.53906e+000 A 4 = 1.43935e-003 A 6 = 1.07092e-004

第5面

K = 3.15676e+000 A 4 = 1.79932e-003 A 6 = -9.65503e-004

第6面

K = 4.96423e+001 A 4 = 1.09416e-003 A 6 = -7.97966e-004

第8面

K = -3.06847e+000 A 4 = -1.51330e-004 A 6 = 3.84651e-004

第9面

K = 9.75797e+000 A 4 = -3.28928e-004 A 6 = 5.50566e-004

第10面

K = -1.10481e+001 A 4 = 2.90917e-004 A 6 = 5.26599e-004

第11面

K = 1.72650e+001 A 4 = -4.08824e-003 A 6 = 9.11055e-004

第12面

K = -7.35482e+001 A 4 = -1.54275e-002 A 6 = 3.85072e-004

第13面

K = 7.43385e+000 A 4 = -1.07701e-002 A 6 = 4.92519e-004

各種データ

焦点距離 5.20

Fナンバー 2.88

半画角 36.69

像高 3.88

レンズ全長 17.91

BF 3.06

入射瞳位置 3.15

射出瞳位置 -4.86

前側主点位置 4.94

後側主点位置 -2.14

40

50

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -4.19 |
| 2 | 3 | 6.99 |
| 3 | 5 | -15.14 |
| 4 | 8 | 6.55 |
| 5 | 10 | 9.34 |
| 6 | 12 | -7.91 |

10

テレ光学系

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | 有効径 |
|--------|---------|------|---------|------|------|
| 1* | -35.774 | 1.30 | 1.62041 | 60.3 | 5.05 |
| 2* | 37.734 | 3.51 | | | 4.66 |
| 3* | 7.617 | 1.40 | 1.59240 | 68.3 | 3.64 |
| 4* | -6.725 | 0.10 | | | 3.24 |
| 5* | -10.615 | 0.80 | 1.80518 | 25.4 | 3.06 |
| 6* | -21.488 | 0.10 | | | 2.72 |
| 7(絞り) | | 2.00 | | | 2.41 |
| 8(ミラー) | | 2.00 | | | 3.11 |
| 9* | 12.088 | 1.20 | 1.64000 | 60.1 | 3.73 |
| 10* | 3.111 | 0.46 | | | 4.03 |
| 11* | 5.480 | 1.80 | 1.59240 | 68.3 | 4.80 |
| 12* | 21.689 | 0.10 | | | 4.86 |
| 13* | 9.258 | 1.00 | 1.84666 | 23.8 | 4.95 |
| 14* | 7.403 | (可変) | | | 4.96 |

20

像面

30

非球面データ

第1面

$$K = -4.22016e+001 \quad A_4 = -6.65129e-004 \quad A_6 = -1.78770e-005$$

第2面

$$K = -1.82578e+001 \quad A_4 = 1.13022e-003 \quad A_6 = -1.17892e-006$$

第3面

$$K = 1.84236e+000 \quad A_4 = 3.02517e-003 \quad A_6 = 3.51517e-005$$

40

第4面

$$K = -6.86464e+000 \quad A_4 = 1.47445e-003 \quad A_6 = -1.36656e-004$$

第5面

$$K = 1.42942e+001 \quad A_4 = 2.21892e-003 \quad A_6 = 3.37252e-004$$

第6面

$$K = 5.94880e+001 \quad A_4 = 1.39009e-003 \quad A_6 = 6.28247e-004$$

50

第9面

$K = 6.41798e+000$ $A_4 = -8.18004e-003$ $A_6 = 3.83328e-004$

第10面

$K = -1.19651e+000$ $A_4 = -3.85366e-003$ $A_6 = 1.29776e-004$

第11面

$K = 1.90082e+000$ $A_4 = 3.75224e-003$ $A_6 = -3.67655e-004$

第12面

$K = 5.72213e+001$ $A_4 = 1.34360e-003$ $A_6 = -4.64626e-006$

10

第13面

$K = 6.43548e+000$ $A_4 = -3.74427e-004$ $A_6 = -2.32107e-004$

第14面

$K = 4.83740e+000$ $A_4 = -1.09159e-003$ $A_6 = -2.12345e-004$

各種データ

焦点距離 13.00
Fナンバー 5.60
半画角 16.60
像高 3.88
レンズ全長 19.82
BF 4.05

20

入射瞳位置 5.14
射出瞳位置 -4.70
前側主点位置 -1.19
後側主点位置 -8.95

30

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 |
|-----|----|--------|
| 1 | 1 | -29.40 |
| 2 | 3 | 6.26 |
| 3 | 5 | -26.94 |
| 4 | 9 | -6.91 |
| 5 | 11 | 11.89 |
| 6 | 13 | -57.94 |

40

(その他の実施例)

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【0156】

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】

【0157】

50

1 複眼撮像装置

1 1 0 a ~ 1 1 0 d , 2 1 0 a ~ 2 1 0 d 第 1 の 結 像 光 学 系

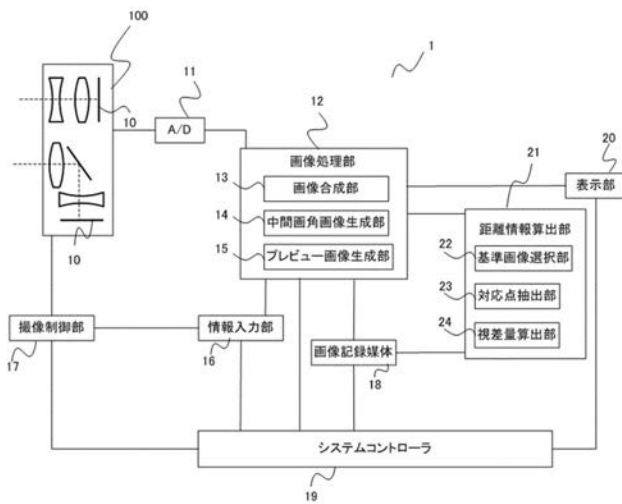
1 2 0 a ~ 1 2 0 d , 2 2 0 a ~ 2 2 0 d 第 2 の 結 像 光 学 系

2 3 0 a ~ 2 3 0 d 第 3 の 結 像 光 学 系

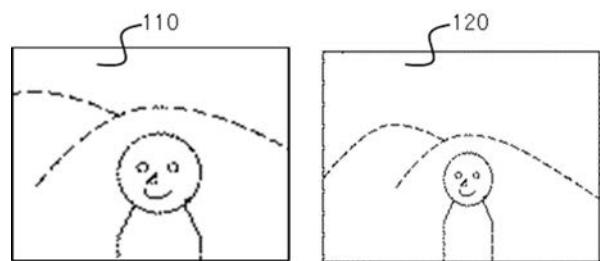
2 4 0 a ~ 2 4 0 d 第 4 の 結 像 光 学 系

1 0 撮 像 ユ ニ ッ ト

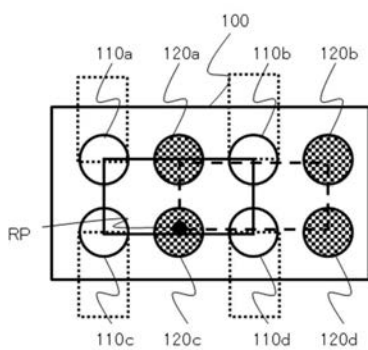
【 図 1 】



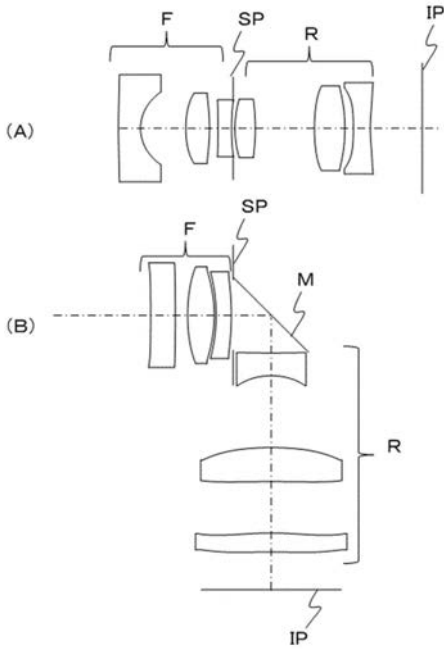
【 図 3 】



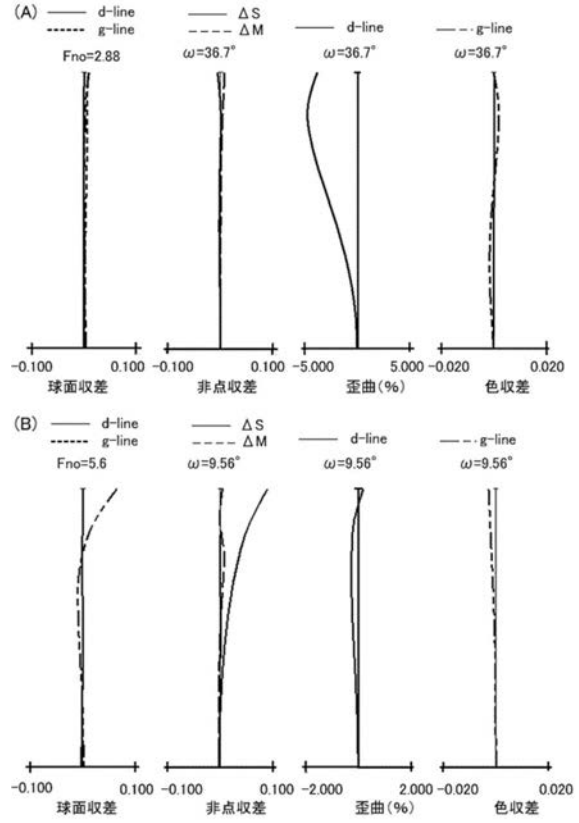
【 図 2 】



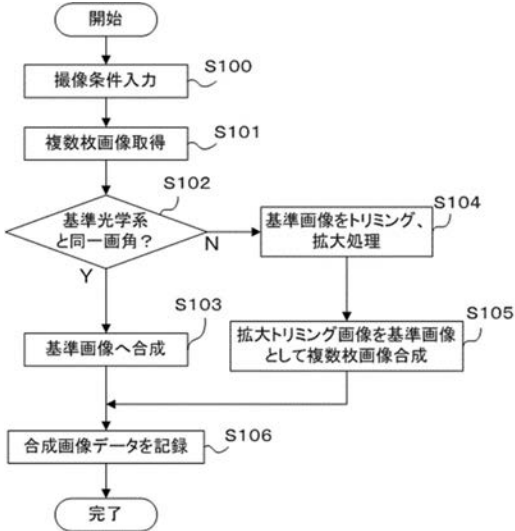
【 図 4 】



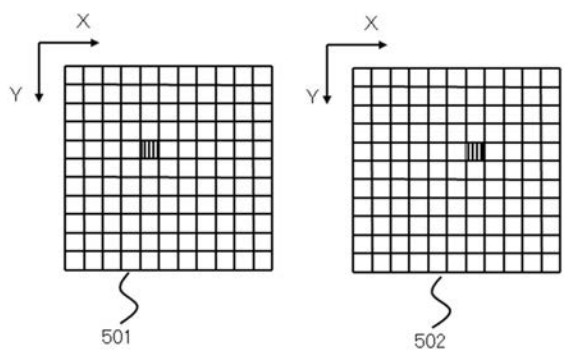
【 図 5 】



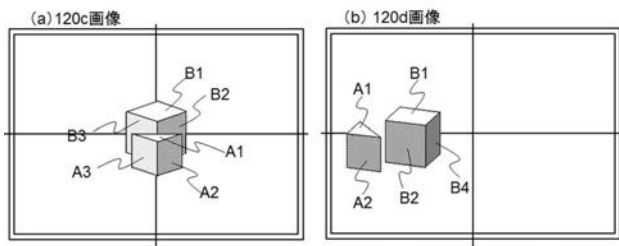
【 図 6 】



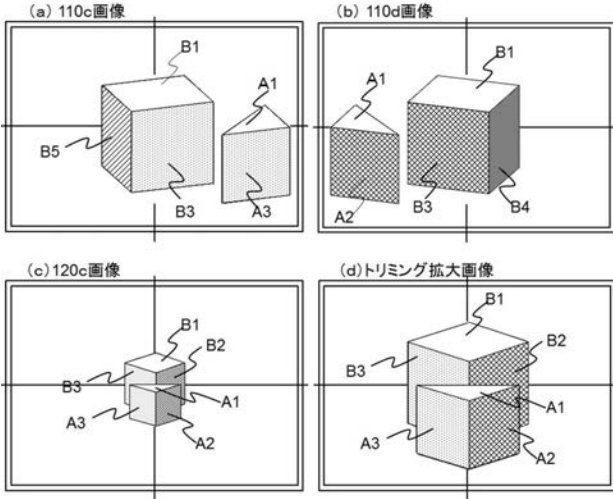
【 図 8 】



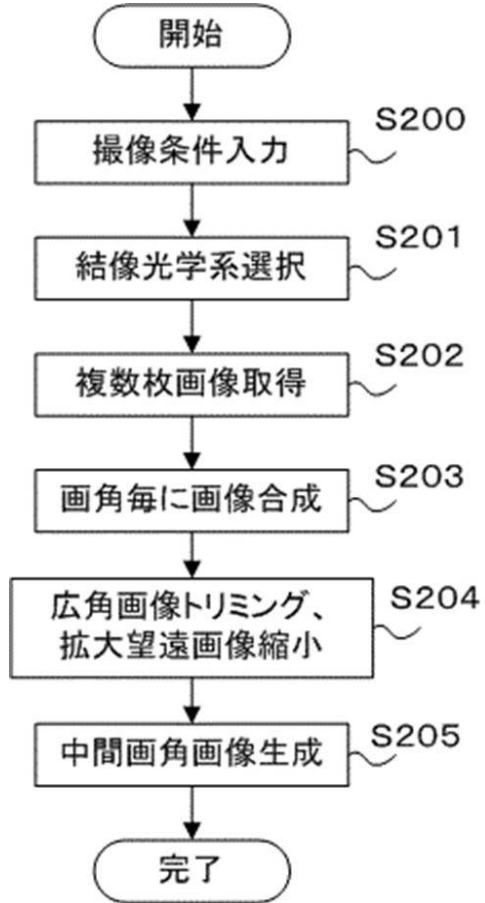
【 図 7 】



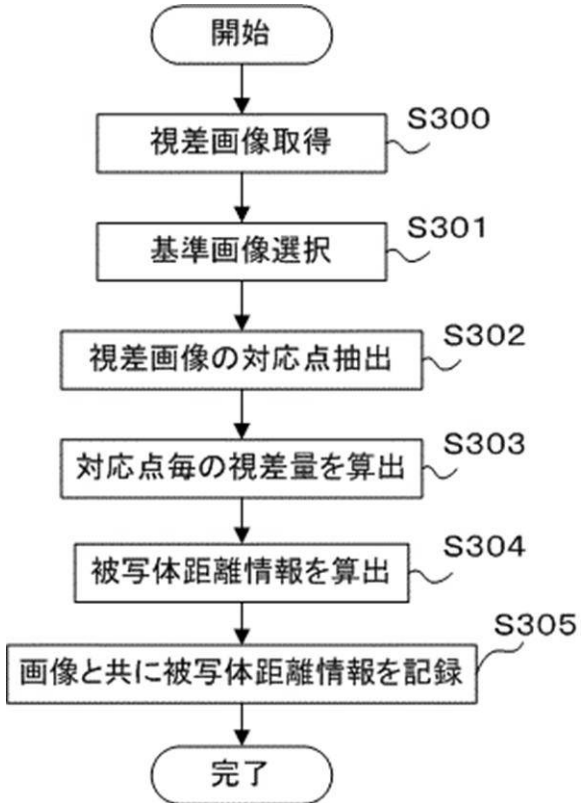
【図9】



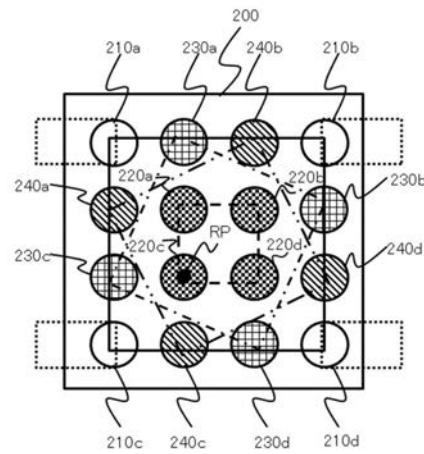
【図10】



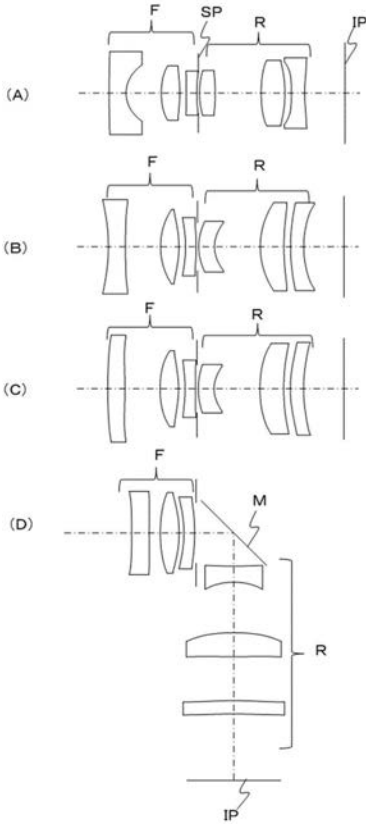
【図11】



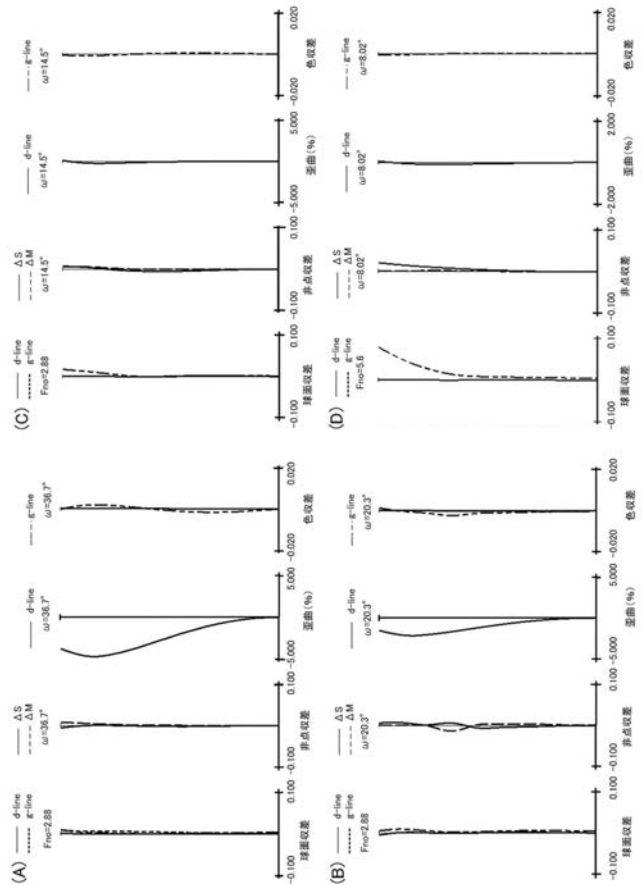
【図12】



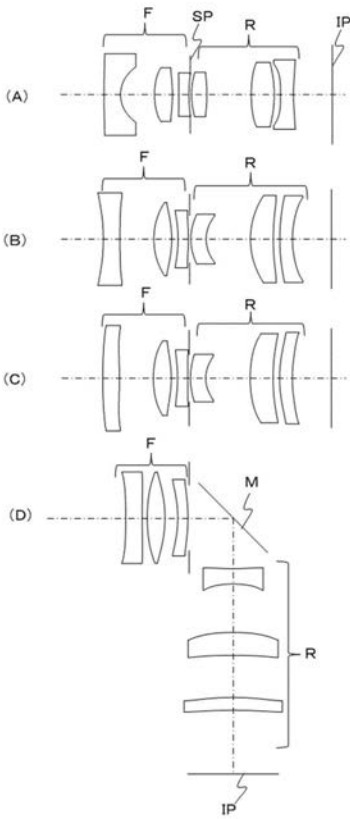
【図 13】



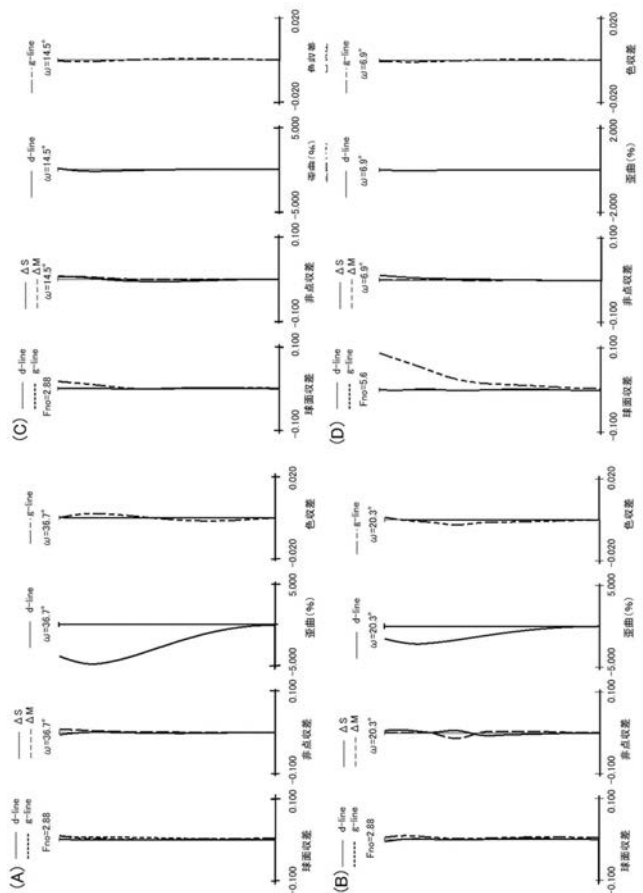
【図 14】



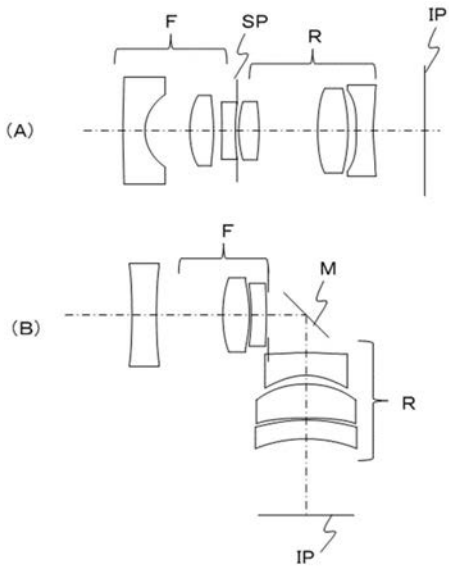
【図 15】



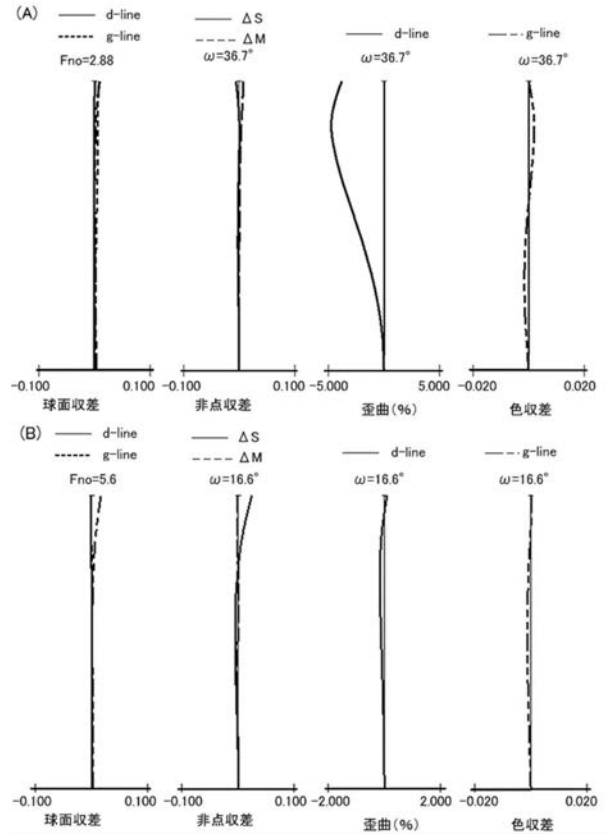
【図 16】



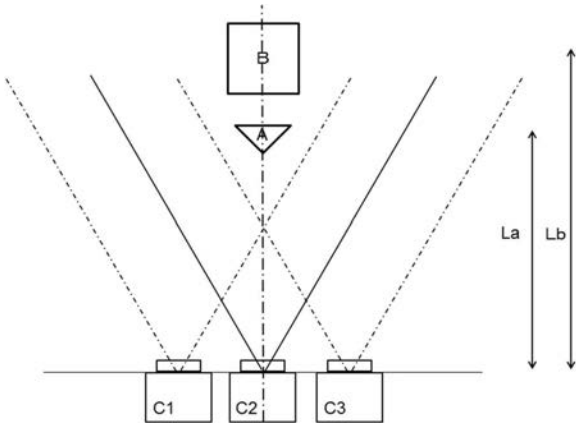
【 図 1 7 】



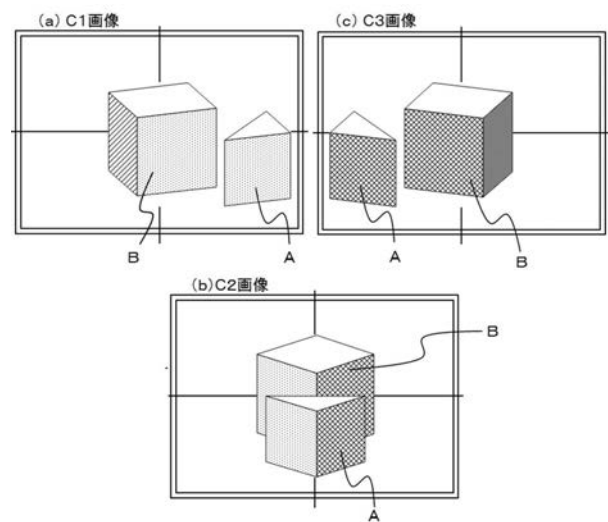
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



 フロントページの続き

| (51)Int.Cl. | F I | | | テーマコード(参考) | | |
|--------------------------------|---------|-------|--|------------|--|--|
| H 0 4 N 5/225 (2006.01) | H 0 4 N | 5/225 | | Z | | |
| H 0 4 N 5/232 (2006.01) | H 0 4 N | 5/232 | | Z | | |
| | H 0 4 N | 5/225 | | D | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fターム(参考) | 2H087 | KA02 | LA01 | LA03 | MA06 | PA06 | PA17 | PB06 | QA02 | QA03 | QA06 |
| | | QA14 | QA17 | QA19 | QA21 | QA26 | QA32 | QA37 | QA39 | QA41 | QA45 |
| | | QA46 | RA32 | SA83 | SA85 | | | | | | |
| | 2H101 | FF08 | | | | | | | | | |
| | 5C122 | EA21 | EA54 | FA02 | FA04 | FA07 | FA18 | FB02 | FB11 | FH18 | HB01 |