

(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2015-212772

(P2015-212772A)

(43) 公開日 平成27年11月26日(2015.11.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 7/34 (2006.01)	G02B 7/34	2H011
G03B 13/36 (2006.01)	G03B 13/36	2H151
H04N 5/232 (2006.01)	H04N 5/232 H	5C024
H04N 5/3745 (2011.01)	H04N 5/335 745	5C122

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-95420 (P2014-95420)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成26年5月2日 (2014.5.2)		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	100085006
			弁理士 世良 和信
		(74) 代理人	100100549
			弁理士 川口 嘉之
		(74) 代理人	100106622
			弁理士 和久田 純一
		(74) 代理人	100131532
			弁理士 坂井 浩一郎
		(74) 代理人	100125357
			弁理士 中村 剛
		(74) 代理人	100131392
			弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

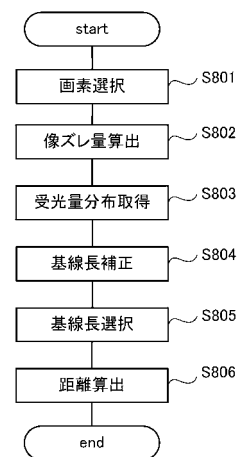
(54) 【発明の名称】 測距装置、撮像装置、測距方法、および測距パラメータ算出方法

(57) 【要約】

【課題】作製誤差により基線長が設計値から変化した場合であっても精度の良い距離検出を可能とする。

【解決手段】測距装置は、結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に対応する第一の信号からなる第一の像と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に対応する第二の信号からなる第二の像と、の像ズレ量を算出する第一の算出手段と、前記測距画素の位置に応じた受光量分布に基づく換算係数を用いて、前記像ズレ量からデフォーカス量を算出する第二の算出手段と、を備える。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に対応する第一の信号からなる第一の像と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に対応する前記第二の信号からなる第二の像と、の像ズレ量を算出する第一の算出手段と、

測距画素の位置に応じた受光量分布に基づく換算係数を用いて、前記像ズレ量からデフォーカス量を算出する第二の算出手段と、
を備える、測距装置。

【請求項 2】

前記受光量分布に基づいて、前記換算係数を算出する第三の算出手段を更に備え、
前記第二の算出手段は、前記第三の算出手段によって算出された前記換算係数を用いて、前記像ズレ量から前記デフォーカス量を算出する、
請求項 1 に記載の測距装置。

10

【請求項 3】

前記第三の算出手段は、
均一輝度の被写体を撮影して得られる前記第一の信号または前記第二の信号から前記受光量分布を取得し、
当該受光量分布を、均一輝度の被写体を撮影した場合の前記第一の信号または前記第二の信号の受光量分布の設計値と比較することによって前記換算係数を算出する、
請求項 2 に記載の測距装置。

20

【請求項 4】

前記第三の算出手段は、
前記第一の信号と前記第二の信号の比を前記受光量分布として取得し、
当該受光量分布を、均一輝度の被写体を撮影した場合の前記第一の信号および前記第二の信号の受光量分布の設計値の比と比較することによって前記換算係数を算出する、
請求項 2 に記載の測距装置。

【請求項 5】

前記第三の算出手段は、前記受光量分布と受光量分布の設計値との差分を用いて、前記換算係数を算出する、
請求項 2 から 4 のいずれか 1 項記載の測距装置。

30

【請求項 6】

前記第三の算出手段は、前記受光量分布と受光量分布の設計値との比を用いて、前記換算係数を算出する、
請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の測距装置。

【請求項 7】

前記第三の算出手段は、前記受光量分布の画素位置に対する微分値と受光量分布の設計値の画素位置に対する微分値とを用いて、前記換算係数を算出する、
請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の測距装置。

【請求項 8】

前記第三の算出手段は、前記結像光学系の F 値、射出瞳距離、口径食の値のうちの少なくとも一つを含むレンズ情報も用いて、前記換算係数を算出する、
請求項 2 から 7 のいずれか 1 項に記載の測距装置。

40

【請求項 9】

結像光学系と、
前記結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に対応する第一の信号と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に対応する第二の信号を取得し出力する測距画素を含む撮像素子と、
請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の測距装置と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 10】

50

測距装置における測距方法であって、

結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に対応する第一の信号からなる第一の像と、結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に対応する第二の信号からなる第二の像と、の像ズレ量を算出する第一の算出ステップと、

測距画素の位置に応じた受光量分布に基づく換算係数を用いて、前記像ズレ量からデフォーカス量を算出する第二の算出ステップと、

を含む、測距方法。

【請求項 11】

測距装置において用いられる測距パラメータ算出方法であって、

結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に基づく第一の信号と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に基づく第二の信号を取得するステップと、

前記第一の信号と前記第二の信号の少なくとも一方に基づいて、測距画素の位置に応じた受光量分布を算出するステップと、

前記受光量分布に基づいて、像ズレ量をデフォーカス量に変換するための換算係数を算出するステップと、

を含む、測距パラメータ算出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は測距技術に関し、特にデジタルスチルカメラやデジタルビデオなどに用いられる測距技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラの A F (A u t o F o c u s) 用途において、視差のついた視差像を取得し、位相差方式による距離検出を行う手法が知られている。撮像素子の一部または全部の画素に測距機能を有する画素（以下、「測距画素」ともいう。）を配置し、異なる瞳領域を通過した光束により生成される光像（以下、それぞれ「A 像」、「B 像」という）を取得する。この A 像と B 像の相対的な位置ズレ量である像ズレ量（視差ともいう）が算出され、レンズ瞳上での A 像と B 像を形成する光束の重心間隔である基線長をもとにした換算係数を用いて距離が算出される。

【0003】

このとき、周辺画角では光量や基線長が変化することが知られている。周辺画角では画素へ入射する主光線の傾きが大きくなり、受光効率が低下し、光量が少なくなるという課題がある。このため、受光効率を向上させるために P D (P h o t o D i o d e) 上のマイクロレンズの位置を画素位置に応じてシフトさせる技術が存在する。特許文献 1 には、作製誤差によりマイクロレンズのシフト量が設計値から変化した際に、P D の出力を補正する手法が開示されている。

【0004】

また、周辺画角ではレンズ枠等のケラレにより発生する口径食（「ビネッティング」ともいう）の影響により、A 像や B 像を形成する光束の重心位置が変化し、基線長が変化する。基線長の変化は測距時の換算係数の変化であるので、測距誤差の要因となる。このような周辺画角での基線長変化に対し、特許文献 2 には光学系の設計情報に基づき各光束の重心位置変化量を補正する手法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 189312 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 268403 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

しかしながら、レンズや撮像素子の作製時の誤差により、PDの感度特性は設計した特性からずれが生じる。このような各画素におけるPDの感度特性の変化は受光する光束の重心位置を変化させるため、基線長に変化が生じる。つまり、マイクロレンズシフト量の設計値からのずれは各画素における基線長の設計値からの変化を引き起こし、これに伴い測距換算係数が設計値から変化することで測距誤差が生じる。

【 0 0 0 7 】

特許文献1ではマイクロレンズシフト量の作製誤差に伴う受光量の変化に対しPDからの出力を補正する手法が開示されている。しかし、変化した基線長を補正していないので像ズレ量から距離を算出する際に生じる測距誤差を低減することはできない。

10

【 0 0 0 8 】

特許文献2では画角に応じた基線長の補正手法が開示されている。しかし、光学系の設計値に基づく補正手法であり、作製時の誤差、特にマイクロレンズシフトの作製誤差に伴い発生する基線長を補正することはできない。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、作製誤差により基線長が設計値から変化した場合であっても精度良く距離検出が可能な測距技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の第一の態様は、

20

結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に対応する第一の信号からなる第一の像と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に対応する第二の信号からなる第二の像と、の像ズレ量を算出する第一の算出手段と、

前記測距画素の位置に応じた受光量分布に基づく換算係数を用いて、前記像ズレ量からデフォーカス量を算出する第二の算出手段と、
を備える、測距装置である。

【 0 0 1 1 】

本発明の第二の態様は、測距装置における測距方法であって、

結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に対応する第一の信号からなる第一の像と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に対応する第二の信号からなる第二の像と、の像ズレ量を算出する第一の算出ステップと、

30

測距画素の位置に応じた受光量分布に基づく換算係数を用いて、前記像ズレ量からデフォーカス量を算出する第二の算出ステップと、
を含む、測距方法である。

【 0 0 1 2 】

本発明の第三の態様は、測距装置において用いられる測距パラメータ算出方法であって、

結像光学系の第一の瞳領域を通過した光束に基づく第一の信号と、前記結像光学系の第二の瞳領域を通過した光束に基づく第二の信号を取得するステップと、

前記第一の信号と前記第二の信号の少なくとも一方に基づいて、測距画素の位置に応じた受光量分布を算出するステップと、

40

前記受光量分布に基づいて、像ズレ量をデフォーカス量に変換するための換算係数を算出するステップと、

を含む、測距パラメータ算出方法である。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によると、作製時の誤差により基線長が設計値から変化した場合であっても高精度な測距が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

50

- 【図 1】距離検出装置を備える撮像装置の構成を示す図。
【図 2】中心領域の画素の受光感度を示す図。
【図 3】周辺領域の画素の受光感度を示す図。
【図 4】マイクロレンズシフト誤差に基づく基線長の変化を説明する図。
【図 5】均一照明下での受光量分布を示す図。
【図 6】基線長変化に対する補正を行う測距演算処理のフローチャート。
【図 7】マイクロレンズアレイが全体に平行移動した場合を説明する図。
【図 8】マイクロレンズアレイが全体に中心方向に移動した場合を説明する図。
【発明を実施するための形態】
【0015】

10

以下、図を用いて本発明の実施形態における基線長の補正方法、ならびに基線長の補正方法を備えた測距装置について説明する。全ての図において同一の機能を有するものは同一の数字を付け、その繰り返しの説明は省略する。また、本発明の距離検出装置を備えた撮像装置は、以下に示す実施例に限定されるものではない。例えば、デジタルビデオカメラや、ライブビューカメラ等の撮像装置や、デジタル距離計測器等に適用することができる。

【0016】

(第1の実施形態)

<測距装置、測距手法>

図1は、本実施形態にかかる距離検出装置を備えた撮像装置100を示す模式図である。撮像装置100は、結像光学系101と、距離検出装置(測距装置)102と、撮像素子103を備えて構成されている。距離検出装置102は、演算処理部104とメモリ105を有している。以下では、結像光学系101の光軸108はz軸と平行とする。さらに、x軸とy軸は互いに垂直であり、かつ光軸108と垂直な軸とする。

20

【0017】

撮像素子103は、図1(b)に示すように、xy平面上に配列された多数の測距画素(以降、単に「画素」とも呼ぶ)から構成されている。撮像素子103中心部の画素113は、図1(c)に示す断面図のようにマイクロレンズ111、カラーフィルタ112、光電変換部110A、110Bから構成されている。撮像素子103は、画素毎にカラーフィルタ112によって検出波長帯域に応じた分光特性が与えられる。撮像素子103内の画素は、図示しない公知の配色パターン(例えばベイヤー配列)によってxy平面上に配置されている。基板119は、検出する波長帯域で吸収を有する材料、例えばSiである。基板119内部の少なくとも一部の領域には、イオン打ち込みなどで、光電変換部が形成される。各画素は、図示しない配線を備えている。

30

【0018】

光電変換部110Aおよび光電変換部110Bには、それぞれ射出瞳140の異なる領域である第1の瞳領域141Aを通過した光束142Aおよび第2の瞳領域141Bを通過した光束142Bが入射する。したがって、光電変換部110Aおよび光電変換部110Bは、それぞれ第1の信号および第2の信号を得る。以下では、第1の瞳領域141Aを通過した光束142Aが作る像をA像、光電変換部110Aを含む画素をA画素、光電変換部110Aから取得される信号を第1の信号と呼ぶ。同様に、第2の瞳領域141Bを通過した光束142Bが作る像をB像、光電変換部110Bを含む画素をB画素、光電変換部110Bから取得される信号を第2の信号と呼ぶ。各光電変換部で取得された信号は、演算処理部104に伝送され測距演算処理が行われる。

40

【0019】

演算処理部104が行う測距演算処理の概要について説明する。像ズレ量算出処理(第1算出処理)において、演算処理部104は、第1の信号の像であるA像と第2の信号の像であるB像の間の相対的位置ズレ量である像ズレ量を算出する。像ズレ量は公知の手法を用いる算出できる。例えば(式1)を用いて、A像とB像の像信号データA(i)、B(i)から相関値S(k)を算出する。

50

$$S(j) = \sum_{i=p}^q |A(i+j) - B(i)| \quad \dots (式1)$$

(式1)において、 $S(j)$ は像シフト量 j における2つの像の間の相関度を示す相関値、 i は画素番号、 j は2つの像の相対的な像シフト量である。 p 及び q は、相関値 $S(j)$ の算出に用いる対象画素範囲を示している。相関値 $S(j)$ の極小値を与える像シフト量 j を求めることで像ズレ量を算出することができる。なお、像ズレ量の算出方法は、上記の方法に限定されるものではなく、他の公知の手法を用いてもよい。

【0020】

距離算出処理(第2算出処理)において、演算処理部104は、像ズレ量から距離情報であるデフォーカス量を算出する。被写体106の像は、結像光学系101を介して撮像素子103に結像される。図1(a)では射出瞳140を通過した光束が結像面107で焦点を結び、焦点がデフォーカスした状態を示している。尚、デフォーカスとは結像面107と、撮像面(受光面)とが一致せず、光軸108方向にズレた状態のことをいう。デフォーカス量は、撮像素子103の撮像面と結像面107との間の距離を示す。本実施形態にかかる距離検出装置は、このデフォーカス量に基づいて被写体106の距離を検出する。画素113の各光電変換部で取得した、第1の信号に依拠するA像と、第2の信号に依拠するB像との相対的位置ズレ量を示す像ズレ量 r と、デフォーカス量 L とは、(式2)の関係を有している。

$$\Delta L = \frac{rL}{W - r} \quad \dots (式2)$$

(式2)において、 W は基線長、 L は撮像素子(撮像面)103から、射出瞳140までの距離である。基線長 W は後述する画素の入射角に対する感度分布を射出瞳140面上に投影した瞳感度分布の重心間隔に相当する。

【0021】

ここで、基線長 $W \gg$ 像ズレ量 r が成り立つとき、(式2)の分母を W で近似できるため、換算係数を用いて、デフォーカス量 L は(式3)のように書くことができる。

$$\Delta L \cong \alpha \cdot r \quad \dots (式3)$$

【0022】

像ズレ量をデフォーカス量に変換する係数を以下「換算係数」と呼ぶ。換算係数は、例えば、前述の比例係数あるいは基線長 W のことを言う。基線長 W の補正あるいは算出は、換算係数の補正あるいは算出と同義である。

【0023】

なお、デフォーカス量の算出方法は、上記の方法に限定されるものではなく、他の公知の手法を用いてもよい。

【0024】

<マイクロレンズシフト、マイクロレンズシフトによる基線長の変化>

撮像素子103の中心領域に配置された画素113は図1(c)に示す画素113の中心線114に対して光電変換部110A、110Bが対称に配置され、マイクロレンズ111の中心115も中心線114に一致するように配置されている。撮像素子103の周辺領域に配置された画素123の断面図を図1(d)に示す。中心線124に対して光電変換部120A、120Bは対称に配置されているのに対し、マイクロレンズ121の中心125は中心線124に対して中心領域方向(-x方向)にマイクロレンズシフト量126だけシフトして配置されている。このようなマイクロレンズシフトにより、撮像素子103の周辺領域で受光することになる周辺画角で主光線が光軸108から傾いていても、光電変換部120A、120Bへ効率的に光を導くことができ、受光効率を向上できる。

【 0 0 2 5 】

図 2 (a) は中心領域の画素 1 1 3 の感度を示す模式図であり、横軸は光線が光軸 1 0 8 となす入射角度、縦軸は感度を示している。実線 3 1 0 A は第 1 の瞳領域 1 4 1 A からの光束 1 4 2 A を主として受光する光電変換部 1 1 0 A の感度、実線 3 1 0 B は第 2 の瞳領域 1 4 1 B からの光束 1 4 2 B を主として受光する光電変換部 1 1 0 B の感度をそれぞれ示している。図 2 (b) は、図 2 (a) に示した画素感度を、画素 1 1 3 から射出瞳 1 4 0 上に射影して得られる瞳感度分布情報を示す。図 2 (b) で、瞳形状 3 2 0 は画素 1 1 3 から結像光学系 1 0 1 を通して見た射出瞳 1 4 0 の形状であり、色が濃い領域ほど高い感度を有している。第 1 の重心位置である光電変換部 1 1 0 A の瞳感度分布の重心位置 3 2 1 A と、第 2 の重心位置である光電変換部 1 1 0 B の瞳感度分布の重心位置 3 2 1 B との間隔である重心間隔 3 2 2 が基線長 W となる。

10

【 0 0 2 6 】

同様に、図 3 (a) は周辺領域の画素 1 2 3 の感度を示す模式図である。画素 1 1 3 と光電変換部の組成や構成が同じであっても、マイクロレンズシフトの効果により図 2 (a) と比較して入射角の分布がシフトしている。図 3 (b) は、図 3 (a) に示した画素感度を、画素 1 2 3 から射出瞳 1 3 0 上に射影して得られる瞳感度分布情報を示す。周辺画角であるため瞳形状 4 2 0 は正円ではなく、レンズ枠などのケラレによる口径食を反映した形状となる。瞳感度分布情報はマイクロレンズシフトによる画素の感度分布のシフトの影響と、口径食による瞳形状の変化の影響を反映した形状となる。従って、各光電変換部の瞳感度分布の重心位置 4 2 1 A、4 2 1 B 間の長さである重心間隔 4 2 2 は中心領域の画素 1 1 3 の重心間隔 3 2 2 とは異なり、基線長 W の値も画素位置 (像高) によって異なる値となる。そのため、精度の高い測距を行うためには (式 2) を用いた距離算出処理において、画素位置に応じた基線長の値を用いる必要がある。

20

【 0 0 2 7 】

画角によって基線長が異なる際には、測距演算処理が上記で説明した内容から一部変更される。像ズレ量算出処理は上記で説明した処理と同一であり、距離算出対象の画素位置における像ズレ量が算出される。次に、画素位置に応じた基線長を選択するための基線長選択処理 (第 3 算出処理) が実施される。メモリ 1 0 5 には、結像光学系 1 0 1 の情報 (F 値、射出瞳距離、口径食の値) に応じた基線長がテーブル形式であらかじめ格納されている。演算処理部 1 0 4 は、距離算出対象画素に対応する基線長の値をテーブルから選択する。距離算出処理では、演算処理部 1 0 4 は、選択した基線長の値を用いて (式 2) による測距演算処理を行う。

30

【 0 0 2 8 】

< マイクロレンズシフト量の設計値からのずれによる基線長の変化、測距誤差 >

図 1 (b) に示す画素 1 3 3 は、撮像素子 1 0 3 の周辺領域である画素 1 2 3 の直近にあり画素感度をはじめとする設計値は画素 1 2 3 と同一だが、作製誤差によりマイクロレンズシフト量が設計値からずれていると想定する。画素 1 3 3 の断面図を図 1 (e) に示す。光電変換部 1 3 0 A、1 3 0 B の対称線である中心線 1 3 4 に対するマイクロレンズ 1 3 1 の中心 1 3 5 のマイクロレンズシフト量の設計値は、シフト量 1 3 6 である。実際は作製誤差によりマイクロレンズシフト誤差 1 3 7 だけ中心領域方向 (- x 方向) に設計値より余分にシフトしている。画素 1 3 3 の光電変換部 1 3 0 A の感度の模式図を図 4 (a) の実線 6 1 0 A に、光電変換部 1 3 0 B の感度の模式図を図 4 (b) の実線 6 1 0 B に示す。ともに設計値である破線 6 1 1 A、破線 6 1 1 B と比較しマイクロレンズシフト誤差 1 3 7 に相当する量、入射角に対する感度分布がシフトしている。図 4 (c) は、図 4 (a)、(b) に示した画素感度を画素 1 3 3 から射出瞳 1 3 0 上に射影して得られる瞳感度分布情報を示す。画素 1 3 3 と画素 1 2 3 は同じ像高とみなせるので口径食の影響は等しく、瞳形状 6 2 0 は瞳形状 4 2 0 と同様な形状となる。しかしながら、画素感度分布がマイクロレンズシフト誤差 1 3 7 の影響によりシフトしているため、各光電変換部の瞳感度分布の重心位置は実線で示した 6 2 1 A、6 2 1 B となり、破線で示した設計値の重心位置 6 2 3 A、6 2 3 B よりシフトしている。実線で示した重心間隔 6 2 2 は破線で

40

50

示した設計値の重心間隔 6 2 4 とは異なる値となり、マイクロレンズシフト誤差 1 3 7 によって基線長 W の値が変化し測距誤差が生じる。基線長 W の変化量はマイクロレンズシフト誤差の方向およびその値、これにもとづく画素感度分布のシフト方向およびその大きさ、口径食を反映した瞳形状、それらの重ね合わせである瞳面上に斜影した瞳感度分布の重心位置の変化量によって決まる。本例では - x 方向にマイクロレンズシフト誤差 1 3 7 が生じ、画素感度分布が負の角度側にシフトし、瞳形状 6 2 0 の射出瞳上に斜影した結果、重心間隔 6 2 2 は設計値の重心間隔 6 2 4 より大きい値となる。つまり基線長 W は設計値より大きな値となり、(式 2) を用いて像ズレ量からデフォーカス量へ換算する測距演算を行う際に、実際の距離より小さい距離値を算出することとなる。

【0029】

本実施形態にかかる距離検出装置においては、マイクロレンズシフト誤差により変化した基線長の値を補正し、補正した基線長を用いて測距演算を行う。これにより測距誤差を低減する効果が得られる。基線長の補正処理については、以下で詳細に説明する。

【0030】

< 受光量分布に基づく基線長補正 >

作製誤差により生じる基線長の変化を補正するための基線長補正方法を説明する。

均一輝度の照明を照射した時の撮像装置 1 0 0 における受光量分布の設計値を図 5 (a) に示す。横軸は画素位置、つまり像高であり、縦軸は各画素から出力される信号強度を示す。撮像素子 1 0 3 の各画素の A 画素に相当する光電変換部から出力される信号強度の設計値が実線で示した受光量分布 7 0 1 A、B 画素に相当する光電変換部から出力される信号強度の設計値が破線で示した受光量分布 7 0 1 B である。均一輝度の被写体を撮影したときの受光量分布は、シェーディングならびに A 画素および B 画素が持つ入射角に対する画素感度を反映し、画素位置に応じた (画素位置によって変化する) 分布を有する。

【0031】

画素 1 3 3 においてマイクロレンズシフト量に誤差を持つ本実施形態にかかる撮像装置 1 0 0 に対し均一輝度の照明を照射した際の受光量分布を図 5 (b) に示す。実線は A 画素の受光量分布 7 1 1 A であり、点線が B 画素の受光量分布 7 1 1 B である。受光量分布 7 1 1 A、7 1 1 B は、マイクロレンズシフト誤差 1 3 7 を有する画素 1 3 3 に対応する画素位置 7 3 3 において受光量分布のずれ 7 2 1 A および 7 2 1 B を持つ。受光量分布のずれ 7 2 1 A および 7 2 1 B はマイクロレンズシフト誤差 1 3 7 に起因して生じるため、画素位置 7 3 3 における実際の受光量の値と設計値とを比較することにより、基線長の補正值を取得できる。この基線長補正処理について説明する。

【0032】

マイクロレンズシフト誤差の大きさならびにその方向によって、撮像素子上の画素の位置に応じた受光量が変化し受光量分布が変化する。同時にマイクロレンズシフト誤差の大きさならびにその方向によって、画素感度の入射角特性がシフトし射出瞳上に斜影した際の瞳感度分布の重心位置がシフトし基線長 W の値が設計値より変化する。このように、撮像素子上の画素の位置に応じた受光量分布の値の変化量と、基線長 W の値の変化量には対応がある。そこで、受光量分布の変化に対応する基線長変化量を補正した補正済み基線長の値を、画素位置に応じた補正值テーブルとしてメモリ 1 0 5 にあらかじめ格納しておく。撮像装置 1 0 0 は、均一照明下で取得した受光量分布の設計値からの変化量を算出する。そして、算出した受光量分布の変化量から補正值テーブルをもとに対応する補正済み基線長の値を決定し、対応する画素の基線長の値を補正済み基線長の値へ補正する。

【0033】

作製誤差に起因した基線長変化に対する補正を行う測距演算処理のフローチャートの一例を図 6 に示す。ステップ S 6 0 1 の画素選択処理では、演算処理部 1 0 4 は、距離算出を行う画素の撮像素子上の位置を選択する。ステップ S 6 0 2 の像ズレ量算出処理では第 1 の信号の像である A 像と第 2 の信号の像である B 像の間の相対的な位置ズレ量である像ズレ量の算出を行う。ステップ S 6 0 2 の処理について既に説明したので、繰り返しは省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

ステップ S 6 0 3 の受光量分布取得処理では、演算処理部 1 0 4 は、前述のように画素位置に対する受光量分布を取得する。ステップ S 6 0 4 の基線長補正処理では、演算処理部 1 0 4 は、上述した処理により受光量分布の変化から基線長の補正值を算出する。ステップ S 6 0 5 の基線長選択処理において、演算処理部 1 0 4 は、ステップ S 6 0 4 に決定された補正済み基線長の値を選択する。ステップ S 6 0 6 の距離算出処理において、演算処理部 1 0 4 は、ステップ S 6 0 5 にて選択した補正済み基線長を含む基線長の値を用いて距離算出を行う。なお、ステップ S 6 0 2 の像ズレ量算出処理が本発明の第 1 算出処理に相当する。ステップ S 6 0 3 ~ S 6 0 4 の受光量分布取得処理および基線長補正処理が第 3 算出処理に相当する。ステップ S 6 0 5 ~ S 6 0 6 の基線長選択処理および距離算出処理が第 2 算出処理に相当する。

10

【 0 0 3 5 】

このようにして、補正済み基線長の値を距離算出処理における（式 2）の基線長 W の値として用いて距離算出することにより、マイクロレンズシフト誤差に起因した基線長の変化による測距誤差を低減することができる。

【 0 0 3 6 】

上記の説明では、各画素位置について、レンズ情報（結像光学系 1 0 1 の F 値、射出瞳距離、口径食の値）に応じた基線長をテーブル形式でメモリ 1 0 5 に格納しておき、受光量分布の変化量を基にメモリ 1 0 5 に格納された基線長を補正している。しかしながら、レンズ情報に応じた基線長をあらかじめ用意しておかず、各画素位置について基準となる基線長のみを格納し、受光量分布の変化量およびレンズ情報から基線長を補正することも好適である。この手法はメモリへの負荷を低減できことから好適である。また、実際の撮影現場でレンズを交換した際にも、交換後のレンズデータをもとに基線長補正值が得られ、撮影条件に応じた基線長補正処理が行える点でも好適である。

20

【 0 0 3 7 】

< 受光量分布から基線長変化量の算出方法の詳細 >

受光量分布を取得すると基線長の補正量が算出できることを説明する。

各画素における受光量は、該画素における図 2（a）に示したような横軸を入射角度、縦軸を受光感度とした入射角感度特性を該画素への入射角範囲で積分したものである。入射角範囲は画素位置によって決まる結像光学系の口径食によって定まる。該画素位置の口径食の値から算出した入射角範囲において、測定した受光量分布の変化量と一致するような入射角感度特性のシフト量を算出できる。具体的には口径食により決まる入射角範囲である積分範囲の幅を一定に保ったまま積分範囲の中心を変化させ、測定した受光量の変化量と一致する積分範囲シフト量を算出する。算出した積分範囲シフト量と等しく入射角感度特性をシフトし、該画素のシフト後入射角感度特性を射出瞳に斜影し、その重心位置を求める。このようにして求めた A 画素と B 画素の重心の間隔が補正済み基線長の値である。入射角感度特性を射出瞳に斜影する際に用いるのは射出瞳位置、射出瞳径または F 値、の少なくともいずれかである。この計算をカメラ本体内の演算部で行うことは撮影者が任意の撮影機会に補正を行える点で好適である。また、対応量をデータテーブルとして保持しておくのは演算部への負荷を低減する観点から好適である。

30

40

【 0 0 3 8 】

受光量分布の設計値からの変化量を取得する際に、取得した受光量分布の値と設計値の受光量分布の値との差分から変化量を取得することができる。この方法は計算負荷を低減する観点で好適である。両者の差分のうち 0 以外の値が受光量分布の変化量であり、前記基線長変化量の算出方法に記載の手法にて補正済み基線長との対応が得られる。

【 0 0 3 9 】

受光量分布の設計値からの変化量を取得する際に、取得した受光量分布の値と設計値の受光量分布の値との比から変化量を取得することもできる。この方法は高精度に変化量を算出できる観点で好適である。両者の比のうち 1 以外の値が受光量分布の変化量であり、前記基線長変化量の算出方法に記載の手法にて補正済み基線長との対応が得られる。

50

【 0 0 4 0 】

受光量分布の設計値からの変化量を取得する際に、取得した受光量分布の微分値と設計値の受光量分布の微分値との比較から変化量を取得することもできる。この方法は高精度に変化量を算出できる観点で好適である。微分値を用いることにより図 5 (b) に記載の 7 2 1 A や 7 2 1 B のような局所的な変化量を算出しやすくなる。微分値について上記のように差分または比による比較を行うことで、補正済み基線長との対応が得られる。

【 0 0 4 1 】

なお、上述の方法により基線長の補正処理 (図 6 のステップ S 8 0 1 ~ S 8 0 4) のみを行い、測距処理を行わないことも可能である。すなわち、上記の方法によって、製品組み立て後の測距装置の校正処理 (測距パラメータ算出処理) が実現できる。この校正処理は、製品組み立て後に判明した作製誤差に対し、製品を再度組み立て直すことなく測距機能を校正できる点で好適である。

【 0 0 4 2 】

< 基線長 W が変化する他の要因 >

作製誤差により基線長が変化する要因はマイクロレンズシフト誤差だけではない。作製時に撮像素子内の P D の光電変換部である p n 接合領域が設計からずれた領域に形成された場合にもマイクロレンズとの相対位置が変化し、受光量分布が変化する。また、撮像素子内のマイクロレンズと P D の間に導波路を備えた構造の場合、導波路の位置が作製誤差によりずれた場合にも受光量分布が変化する。これらの場合にも、本発明の手法にて基線長 W の補正を行うことが可能であり、測距誤差を低減する効果がある。

【 0 0 4 3 】

< 受光量分布を取得する他の手段 >

受光量分布の取得方法は、一様照度の被写体を撮影する以外に、実写 (任意の被写体撮影) によって取得する方法であってもよい。すなわち、実写における A 像と B 像の信号から画素位置に応じた受光量分布を取得することも好適である。この場合は、設計値である受光量分布 7 0 1 A を設計値である受光量分布 7 0 1 B で除した値に対し、実写による A 像信号を実写による B 像信号で除した値を比較する。ただし、実写による A 像信号を B 像信号で除した値には被写体の像ズレ量に起因したピークが重畳されるため、N 次多項式 (N : 2 以上の整数) によるフィッティング (近似) を行ったものを用いる。設計値である 7 0 1 A / 7 0 1 B の値と、多項式近似後の実写による A 像信号と B 像信号の比を、設計値の A 像信号と B 像信号の比と比較することで、受光量分布の変化量を算出する。なお、上記の処理において、B 像信号を A 像信号で除した値を比較しても構わない。比較は、上述の差分や比、微分値による方法を用いて行えばよい。

【 0 0 4 4 】

(第 2 の実施形態)

本実施形態では、撮像素子全面にわたってマイクロレンズアレイの位置が設計値から撮像面内で平行移動して生じる作製誤差への基線長補正方法について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 7 (a) は撮像素子 1 0 3 を光軸 1 0 8 と平行な z 軸に対し垂直な方向から見た断面図である。撮像素子の各画素は、画素 9 0 1 の内部に A 画素を構成する光電変換部 9 1 1 A と、B 画素を構成する光電変換部 9 1 1 B から構成される。各画素の位置に応じたマイクロレンズシフト量を伴ったマイクロレンズアレイ 9 2 1 が光電変換部の上部に配置されている。マイクロレンズアレイは作製誤差により撮像面の面内方向である + x 軸方向と平行なシフト方向 9 3 1 へマイクロレンズシフト誤差を持つ。このときの均一照明に対する画素位置に応じた受光量分布を、A 画素について図 7 (b) に、B 画素について図 7 (c) に示す。A 画素では、マイクロレンズシフト誤差の影響により各画素の受光効率が変化し、取得される受光量分布 9 4 2 A は破線で示した設計値 9 4 1 A に対して画素位置 + x 方向へシフトする。逆に B 画素では、マイクロレンズシフト誤差の影響により各画素の受光効率が変化し、取得される受光量分布 9 4 2 B は破線で示した設計値 9 4 1 B に対して画素位置 - x 方向へシフトする。このように取得された画素に対する受光量分布の変化に

対して、第 1 の実施形態に記載の基線長補正処理ならびに距離算出処理を行うことで、作製誤差に起因した基線長変化に伴う測距誤差を低減する効果が得られる。

【0046】

マイクロレンズシフト誤差の方向がシフト方向 931 の逆方向であった場合には、受光量分布の設計値からのシフト方向が逆になる。

【0047】

(第 3 の実施形態)

本実施形態では撮像素子全面にわたってマイクロレンズアレイの位置が設計値より撮像面内において撮像素子の中心方向へ移動して生じる作製誤差への基線長補正方法について説明する。

【0048】

図 8 (a) は第 2 の実施形態と同様に撮像素子 103 を光軸 108 と平行な z 軸に対し垂直な方向から見た断面図である。撮像素子の各画素も同様に、画素 1001 の内部に A 画素を構成する光電変換部 1011A と、B 画素を構成する光電変換部 1011B から構成される。各画素の位置に応じたマイクロレンズシフト量を伴ったマイクロレンズアレイ 1021 が光電変換部の上部に配置されている。マイクロレンズアレイは作製誤差により撮像面の面内方向において、撮像素子の中心方向であるシフト方向 1031 へマイクロレンズシフト誤差を持つ。つまり、画素の位置が +x の時には -x の方向へ、画素の位置が -x の時には +x の方向へマイクロレンズシフトの値が設計値よりシフトしている。このときの均一照明に対する画素位置に応じた受光量分布を、A 画素について図 8 (b) に、B 画素について図 8 (c) に示す。A 画素において、マイクロレンズシフト誤差の影響により画素位置が +x の領域では受光効率が向上し、画素位置が -x の領域では受光効率が低下する。従って、破線で示した設計値 1041A に対して取得される受光量分布 1042A は図 8 (b) のように変化する。一方、B 画素においては、マイクロレンズシフト誤差の影響により画素位置が +x の領域では受光効率が低下し、画素位置が -x の領域では受光効率が向上する。従って、破線で示した設計値 1041B に対して取得される受光量分布 1042B は図 8 (c) のように変化する。このように取得された受光量分布の変化に対して、実施形態に記載の基線長補正処理ならびに距離算出処理を行うことで、作製誤差に起因した基線長変化に伴う測距誤差を低減する効果が得られる。

【0049】

マイクロレンズシフト誤差の方向がシフト方向 1031 の逆方向であった場合には、受光量分布の設計値からの増減が逆方向になる。

【0050】

また、作製誤差によりマイクロレンズアレイの位置が撮像素子の高さ方向 (z 軸方向) にシフトした場合にも本実施例と同様な受光量分布の変化が生じる。-z 方向であるシフト方向 1032 へマイクロレンズアレイの位置が設計値よりシフトした場合、各画素における受光効率の変化はシフト方向 1031 へマイクロレンズシフト誤差が生じた時と同じ傾向に増減する。シフト方向 1032 の逆の場合には、増減の傾向も逆になる。

【0051】

< 実装例 >

上述した本発明の距離計測技術は、例えば、デジタルカメラやデジタルカムコーダなどの撮像装置、あるいは撮像装置で得られた画像データに対し画像処理を施す画像処理装置やコンピュータなどに好ましく適用できる。また、このような撮像装置或いは画像処理装置を内蔵する各種の電子機器 (携帯電話、スマートフォン、スレート型端末、パーソナルコンピュータを含む) にも本発明を適用することができる。

【0052】

得られた距離情報は、例えば、画像の領域分割、立体画像や奥行き画像の生成、ボケ効果のエミュレーションなどの各種画像処理に利用することができる。

【0053】

なお、上記装置への具体的な実装は、ソフトウェア (プログラム) による実装とハード

10

20

30

40

50

ウェアによる実装のいずれも可能である。例えば、撮像装置や画像処理装置に内蔵されたコンピュータ（マイコン、FPGA等）のメモリにプログラムを格納し、当該プログラムをコンピュータに実行させることで、本発明の目的を達成するための各種処理を実現してもよい。また、本発明の全部又は一部の処理を論理回路により実現するASIC等の専用プロセッサを設けることも好ましい。

【0054】

この目的のために、上記プログラムは、例えば、ネットワークを通じて、又は、上記記憶装置となり得る様々なタイプの記録媒体（つまり、非一時的にデータを保持するコンピュータ読取可能な記録媒体）から、上記コンピュータに提供される。したがって、上記コンピュータ（CPU、MPU等のデバイスを含む）、上記方法、上記プログラム（プログラムコード、プログラムプロダクトを含む）、上記プログラムを非一時的に保持するコンピュータ読取可能な記録媒体は、いずれも本発明の範疇に含まれる。

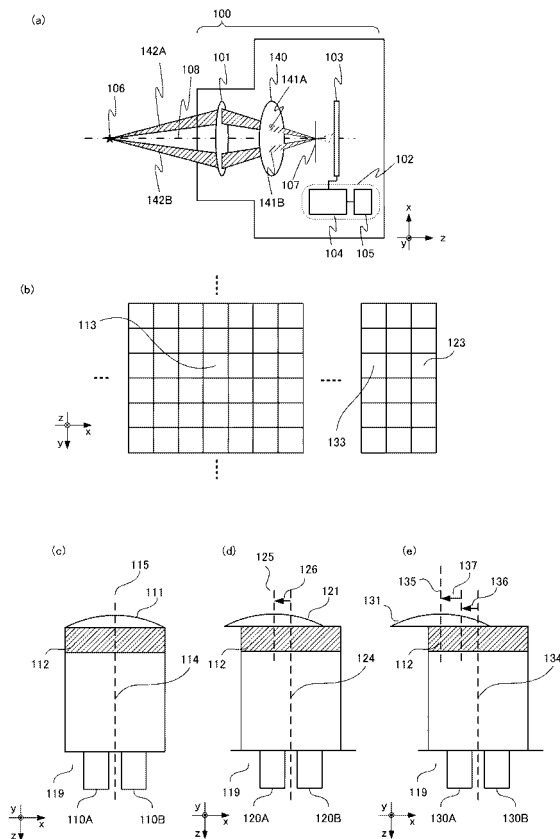
10

【符号の説明】

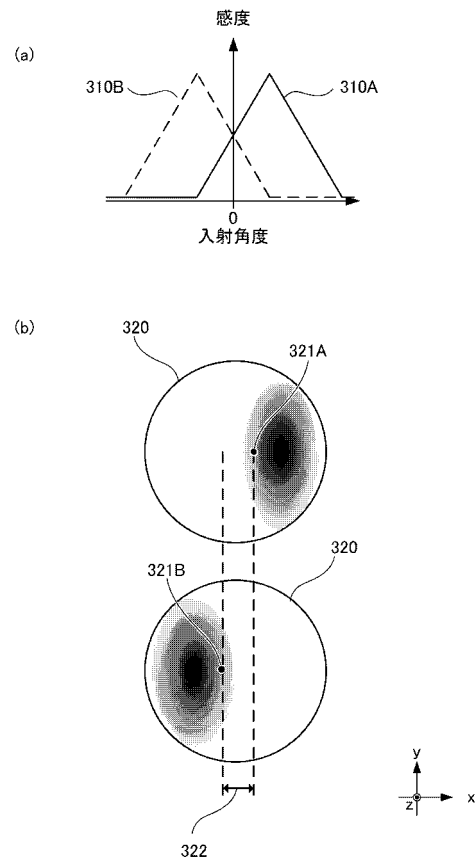
【0055】

- 102 距離検出装置
- 104 演算処理部

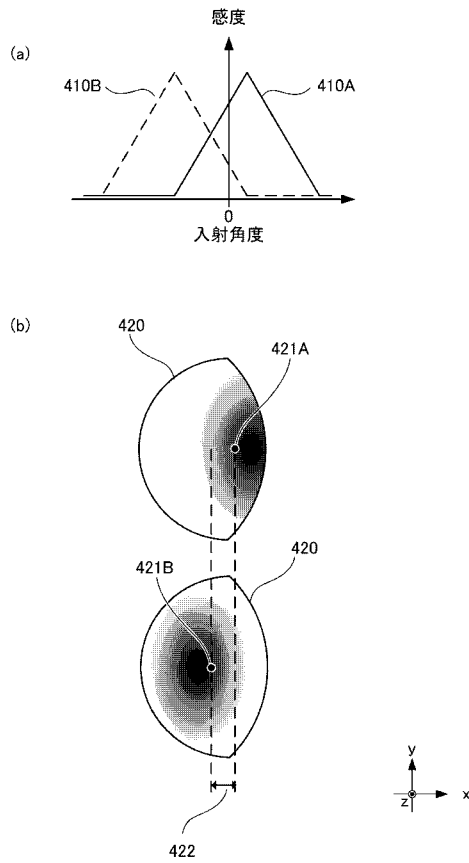
【図1】



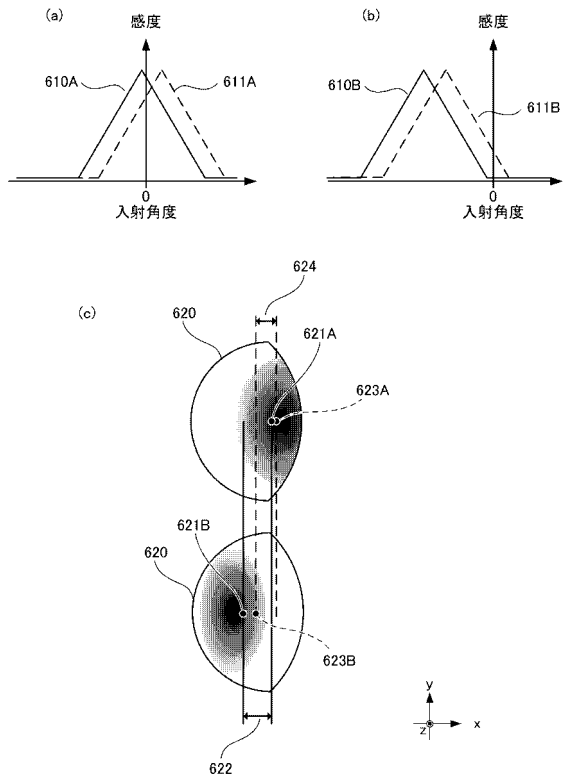
【図2】



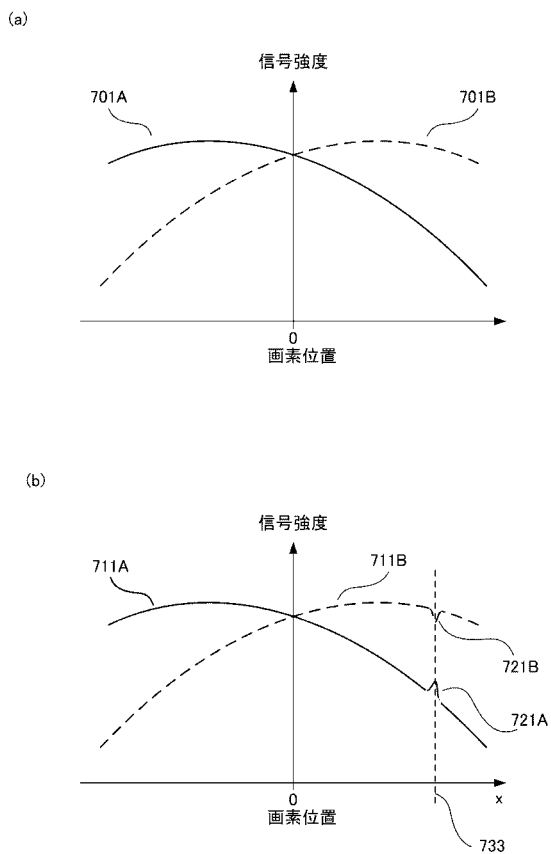
【図 3】



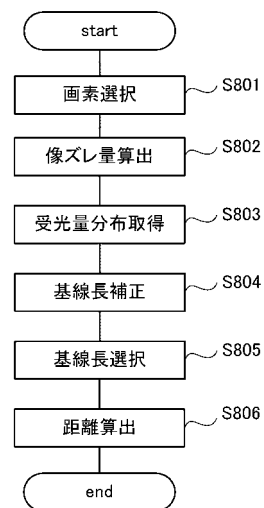
【図 4】



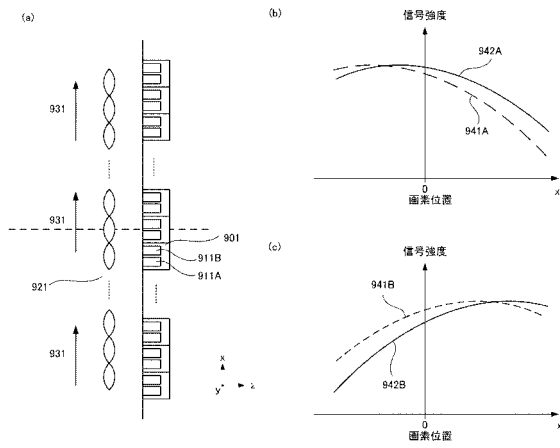
【図 5】



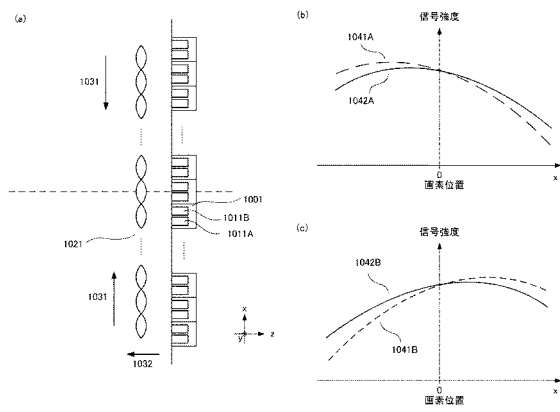
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 大井川 誠

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) 2H011 BA23 BB04

2H151 BA06 CB21 CD09 CD30

5C024 EX12

5C122 DA03 DA04 DA13 FC06 FD07 FH06 HA88