

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6116151号
(P6116151)

(45) 発行日 平成29年4月19日(2017.4.19)

(24) 登録日 平成29年3月31日(2017.3.31)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 7/34 (2006.01)

G02B 7/34

G03B 13/36 (2006.01)

G03B 13/36

H04N 5/232 (2006.01)

H04N 5/232

H

請求項の数 20 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-169757 (P2012-169757)
 (22) 出願日 平成24年7月31日 (2012.7.31)
 (65) 公開番号 特開2014-29393 (P2014-29393A)
 (43) 公開日 平成26年2月13日 (2014.2.13)
 審査請求日 平成27年7月23日 (2015.7.23)

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 野林 和哉
 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
 (72) 発明者 池本 聖雄
 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 井龜 諭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】距離検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体の像を結像する結像光学系の第1の瞳領域を通過した光束に基づく第1の像信号と前記結像光学系の第2の瞳領域を通過した光束に基づく第2の像信号とを生成する撮像部と、前記第1の像信号と前記第2の像信号とに基づき前記被写体の距離情報を算出する演算処理部と、を備える距離検出装置であって、

前記演算処理部は、前記第1の像信号と前記第2の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出処理と、

前記暫定デフォーカス量に基づき、前記第1の像信号と前記第2の像信号に各々依拠する第1の像と第2の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量をデフォーカス量に変換する変換係数を算出する変換係数算出処理と、

前記変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出処理と、を行うことを特徴とする距離検出装置。

【請求項 2】

前記被写体までの距離を、前記結像光学系を構成する撮影レンズの焦点距離と、前記撮影レンズの主点位置と、前記デフォーカス量と、を用いて検出することを特徴とする請求項1に記載の距離検出装置。

【請求項 3】

前記暫定デフォーカス量は、前記デフォーカス量をゼロとして得られる暫定変換係数と、前記第1の瞳領域及び前記第2の瞳領域を含む射出瞳と前記撮像部の撮像面との距離と

、前記像ズレ量と、を用いて算出されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の距離検出装置。

【請求項 4】

前記変換係数は、前記撮像部を構成し前記第 1 の像信号を生成する第 1 の光電変換部を有する第 1 の画素の感度を前記第 1 の瞳領域及び前記第 2 の瞳領域を含む射出瞳に射影した感度分布の重心位置と、前記撮像部を構成し前記第 2 の像信号を生成する第 2 の光電変換部を有する第 2 の画素の感度を前記第 1 の瞳領域及び前記第 2 の瞳領域を含む射出瞳に射影した感度分布の重心位置と、の間の長さである基線長であり、前記第 1 の画素の前記感度分布は、前記暫定デフォーカス量に基づき算出した結像点を基準に前記第 1 の瞳領域及び前記第 2 の瞳領域を含む射出瞳に前記第 1 の画素の感度を射影することで算出され、前記第 2 の画素の前記感度分布は、前記結像点を基準に前記射出瞳に前記第 2 の画素の感度を射影して算出されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の距離検出装置。 10

【請求項 5】

前記基線長と、前記射出瞳と前記撮像部の撮像面との距離と、前記像ズレ量と、を用いて前記デフォーカス量を算出することを特徴とする請求項 4 に記載の距離検出装置。

【請求項 6】

前記変換係数は、前記撮像部を構成し前記第 1 の像信号を生成する第 1 の光電変換部を有する第 1 の画素の感度を前記第 1 の瞳領域及び前記第 2 の瞳領域を含む射出瞳に射影した感度分布の重心位置と、前記結像光学系を通過した光束の結像面と、前記撮像部を構成し前記第 2 の像信号を生成する第 2 の光電変換部を有する第 2 の画素の感度を前記第 1 の瞳領域及び前記第 2 の瞳領域を含む射出瞳に射影した感度分布の重心位置と、がなす重心角度であり、前記第 1 の画素の前記感度分布は、前記暫定デフォーカス量に基づき算出した結像点を基準に前記第 1 の瞳領域及び前記第 2 の瞳領域を含む射出瞳に前記第 1 の画素の感度を射影することで算出され、前記第 2 の画素の前記感度分布は、前記結像点を基準に前記射出瞳に前記第 2 の画素の感度を射影して算出されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の距離検出装置。 20

【請求項 7】

前記変換係数算出処理は、前記デフォーカス量を変数とする関数に、前記暫定デフォーカス量を代入することで変換係数を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の距離検出装置。 30

【請求項 8】

前記関数は、前記デフォーカス量を変数とする 2 次関数であることを特徴とする請求項 7 に記載の距離検出装置。

【請求項 9】

前記撮像部は、行列状に配置された複数の測距用画素を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の距離検出装置。

【請求項 10】

前記演算処理部は、前記複数の測距用画素の一部の画素領域について、前記暫定距離算出処理、前記変換係数算出処理、及び前記距離算出処理を行うことを特徴とする請求項 9 に記載の距離検出装置。 40

【請求項 11】

前記演算処理部は、前記暫定デフォーカス量に基づき前記一部の画素領域を決定する画素領域判定処理をさらに行うことを行なうことを特徴とする請求項 9 に記載の距離検出装置。

【請求項 12】

前記変換係数算出処理は、前記暫定デフォーカス量と第 1 の瞳領域に対応した第 1 の線像分布関数の重心位置と、第 2 の瞳領域に対応した第 2 の線像分布関数の重心位置とに基づいて行われることを特徴とする請求項 1 に記載の距離検出装置。

【請求項 13】

前記演算処理部は、前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号の形状の非対称性を修正した第 1 の修正像信号と第 2 の修正像信号を生成する像修正処理をさらに行なうことを特徴とす 50

る請求項 1 に記載の距離検出装置。

【請求項 1 4】

前記演算処理部は、前記暫定デフォーカス量に基づき、前記像修正処理を行うか否かの判定を行う像修正判定処理をさらに行うことを行つことを特徴とする請求項 1 3 に記載の距離検出装置。

【請求項 1 5】

前記演算処理部は、前記距離算出処理にて算出されたデフォーカス量の収束状態と変換係数算出処理を行つた回数の少なくとも一方に基づき、再度、前記変換係数算出処理及び距離算出処理を行うか否かの判定を行う繰り返し判定処理をさらに行つことを特徴とする請求項 1 に記載の距離検出装置。

10

【請求項 1 6】

前記被写体の距離情報は、前記デフォーカス量または前記被写体までの距離であることを特徴とする請求項 1 に記載の距離検出装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の距離検出装置を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 8】

前記撮像部を構成し前記第 1 の像信号を生成する第 1 の光電変換部を有する第 1 の画素と、前記撮像部を構成し前記第 2 の像信号を生成する第 2 の光電変換部を有する第 2 の画素と、を有する測距用画素と、前記被写体の画像取得用の撮像を行う光電変換部を有する画像取得用画素と、が同じ面に並置されていることを特徴とする請求項 1 7 に記載の撮像装置。

20

【請求項 1 9】

被写体の像を結像する結像光学系の第 1 の瞳領域を通過した光束に基づく第 1 の像信号と、前記結像光学系の第 2 の瞳領域を通過した光束に基づく第 2 の像信号と、を生成する撮像部によって生成された前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号とに基づき、前記被写体の距離情報を算出する演算処理装置であつて、

前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出処理と、

前記暫定デフォーカス量に基づき、前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号に各々依拠する第 1 の像と第 2 の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量をデフォーカス量に変換する変換係数を算出する変換係数算出処理と、

30

前記変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出処理と、を行うことを特徴とする演算処理装置。

【請求項 2 0】

被写体の像を結像する結像光学系の第 1 の瞳領域を通過した光束に基づく第 1 の像信号と、前記結像光学系の第 2 の瞳領域を通過した光束に基づく第 2 の像信号と、を生成する撮像部によって生成された前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号とに基づき、前記被写体の距離情報を算出するコンピュータに、

前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出工程と、

40

前記暫定デフォーカス量に基づき、前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号に各々依拠する第 1 の像と第 2 の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量を、デフォーカス量に変換する変換係数を算出する変換係数算出工程と、

前記変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出工程と、を実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、距離検出装置に関し、特にデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラな

50

どの撮像装置等に用いられる距離検出装置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において、撮像素子の一部あるい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、位相差方式で被写体までの距離を検出するようにした固体撮像素子が特許文献1に提案されている。測距画素は、複数の光電変換部を備え、カメラレンズの瞳上の異なる領域を通過した光束が、異なる光電変換部に導かれるように構成される。

【0003】

各測距画素に含まれる光電変換部で得た信号により、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」ともいい、両像をまとめて「AB像」ともいう。）を取得する。このAB像のズレ量（以下、「像ズレ量」ともいう。）を検出する。

10

【0004】

この像ズレ量を、変換係数を介してデフォーカス量に変換することで、被写体までの距離を算出できる。これによると、従来のコントラスト方式とは異なり、距離を測定するためにレンズを動かす必要が無いため、高速高精度な測距が可能となる。

【0005】

ここで、測定の際の距離精度は、像ズレ量と基線長を正確に求めることで向上する。

20

【0006】

特許文献2では、被写体の像を固体撮像素子上に形成する結像光学系の光束の分布情報と、口径情報に基づいて変換係数である基線長を算出することで距離精度を向上させる方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第4027113号公報

【特許文献2】特許2007-121896号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0008】

一般的のデジタルカメラやデジタルビデオカメラの結像光学系は、変換係数はデフォーカス量に依存し変化する。

【0009】

特許文献2に開示された距離検出装置では、デフォーカス量に関わらず一定の変換係数が用いられているため、常に良好な距離精度が保たれるという訳ではなく、特に、デフォーカス量が大きい時の距離精度の悪化が懸念される。

【0010】

そこで、本発明は、像ズレ量からデフォーカス量への変換時に生じる誤差を低減し、高精度の距離算出が可能で、いわゆる撮像面測距に好適な距離検出装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明により提供される距離検出装置は、被写体の像を結像する結像光学系の第1の瞳領域を通過した光束に基づく第1の像信号と前記結像光学系の第2の瞳領域を通過した光束に基づく第2の像信号とを生成する撮像部と、前記第1の像信号と前記第2の像信号とに基づき前記被写体の距離情報を算出する演算処理部と、を備える距離検出装置であって、

前記演算処理部は、前記第1の像信号と前記第2の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出処理と、

50

前記暫定デフォーカス量に基づき、前記第1の像信号と前記第2の像信号に各々依拠する第1の像と第2の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量を、デフォーカス量に変換する変換係数を算出する変換係数算出処理と、

前記変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出処理と、を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明では、デフォーカス量に基づいて被写体までの距離を検出する距離検出装置の演算処理部で、暫定デフォーカス量の算出、これに基づいて像ズレを正確なデフォーカス量に変換する変換係数の算出、さらに、変換係数を用いたデフォーカス量の算出を行う。 10

【0013】

本発明では、暫定デフォーカス量を用いて、変換係数を算出し、算出された変換係数を用いてデフォーカス量を得ることで、像ズレ量からデフォーカス量への変換時に生じる誤差を低減し、高精度の距離算出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の距離検出装置備えた撮像装置を示す模式図

【図2】測距用画素の感度を示す図

【図3】被写体距離算出処理のフロー チャートの一例

【図4】暫定距離算出処理工程を説明する模式図 20

【図5】変換係数算出処理工程の一例を説明する模式図

【図6】変換係数算出処理工程の一例を説明する模式図

【図7】本発明の効果を説明する説明図

【図8】数値例1の説明する模式図

【図9】被写体距離算出処理のフロー チャートの一例

【図10】本発明における撮像部(撮像素子)の一例を示す模式図

【図11】被写体距離算出処理のフロー チャートの一例

【図12】被写体距離算出処理のフロー チャートの一例

【図13】被写体距離算出処理のフロー チャートの一例

【図14】被写体距離算出処理のフロー チャートの一例 30

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明は、これまで特に着目されてこなかったデフォーカス量が変化した場合(特にデフォーカス量が大きな場合)であっても、適切な変換係数を用いることで被写体までの距離を高精度に検出し得るという発明者が得た知見に基づいてなされた。

【0016】

以下、図を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

【0017】

以下の説明では、本発明の距離検出装置を備えた撮像装置の一例として、デジタルカメラを用いて説明するが、本発明の適用はこれ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。 40

【0018】

ここで、本発明のデジタルカメラへの適用を考えると、本発明は、被写体像を撮像する撮像部とは別に距離検出を専用で行う距離検出装置(一眼レフカメラ等で用いられる)よりも、撮像部を用いて距離検出を行いういわゆる撮像面測距に好適な装置と捉えることができる。

【0019】

尚、図を参照した説明においては、図番は異なっても原則として同一部位を示す部位には、同一の符号を付すこととし、なるべく重複した説明は省略する。 50

【0020】

図1(A)は、本発明の距離検出装置を備えた撮像装置の一例として、デジタルスチルカメラを含むデジタルカメラを示す模式図である。

【0021】

図1(A)において、デジタルカメラ100は、結像光学系を構成する撮影レンズ101と、本発明の距離検出装置110を備えて構成されている。

【0022】

距離検出装置110は、撮像部を構成する撮像素子102と、演算処理部104を有する距離検出部103と、メモリ109を有している。

【0023】

被写体105の像は、撮影レンズ101を介して撮像素子102に結像されるが、図1(A)では射出瞳106を通過した光束が結像面120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。

【0024】

尚、デフォーカスとはレンズの結像面120と、撮像面(受光面)とが一致せず、レンズの結像面120が光軸130方向にズレた状態のことをいう。

【0025】

デフォーカス量は、Lで表されており、この量は撮像部102の撮像面と結像面120との間の距離を示す。本発明の距離検出装置ではこのデフォーカス量に基づいて撮像面と被写体105との間の距離が検出される。

【0026】

図1(B)は、図1(A)における撮像素子102をZ方向から見た平面図である。

【0027】

撮像素子102は、901で表される2行×2列の測距用画素(1つの画素は901G画素、901B画素、901R画素)を行列状(マトリクス状)に配置して構成されている。

【0028】

図1(C)は、図1(B)のI-I'における断面図である。

【0029】

図1(C)において、902はマイクロレンズ、903はカラーフィルタであり、901A及び901Bは、光電変換部である。

【0030】

ここで、光電変換部904A(第1の光電変換部)及び904B(第2の光電変換部)には、それぞれ射出瞳106の異なる領域(第1の瞳領域107及び第2の瞳領域108)を通過した光束が入射し、それぞれ第1の像信号及び第2の像信号を生成する。

【0031】

第1の像信号に依拠する像が「A像」、第2の像信号に依拠する像が「B像」であり、これに鑑み、光電変換部904Aを「A画素(第1の画素)」、光電変換部904Bを「B画素(第2の画素)」と呼ぶ。第1の画素と第2の画素との一組で1つの測距用画素を構成する。

【0032】

本発明において撮像素子は、CMOSセンサ(相補型金属酸化物半導体を用いたセンサ)や、CCDセンサ(電荷結合素子を用いたセンサ)等の固体撮像素子を用いることができる。

【0033】

ここで、本発明の距離検出装置を備えて構成されるデジタルカメラ(撮像装置)100では、測距画素(904A, 904B)と、撮影対象である被写体の画像取得用の撮像を司る光電変換部からなる画素(以下、「画像取得用画素」ともいう。)と、を同じ面(例えば同一平面)に並置した構成とすることができます。

【0034】

10

20

30

40

50

この場合、並置の仕方は、撮像装置に持たせる機能を考慮して適宜選択されるが、例えば、測距画素と画像取得用画素とを互い違いに配置する（市松模様状）手法や、行列状に配された画像取得用画素の一部の列を離散的に測距画素で置き換えた手法等を採用することができる。

【0035】

また、測距画素自体を画像取得用画素として用いることもできる。

【0036】

本発明において特徴的なことは、演算処理部104が第1の像信号と第2の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出処理を行うことである。

【0037】

また、暫定デフォーカス量に基づき、第1の像信号と第2の像信号に各々依拠する第1の像と第2の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量をデフォーカス量に変換する変換係数を算出する、変換係数算出処理を行うことである。

【0038】

さらに、変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出処理を行うことである。

【0039】

本発明による基本的な距離検出手法

演算処理部104における演算フローを踏まえた本発明の距離算出処理のフローチャートの一例を図3に示す。

【0040】

以下、図3のフローチャートを参照して被写体の距離情報算出について説明する。

【0041】

ステップS301では、A画素（例えば、図1（C）における光電変換部904A）、B画素（例えば、図1（C）における光電変換部904B）で異なる瞳領域を通過した光束に基づき、被写体のA像とB像に対応する像信号を取得する。

この像信号が距離検出部103内の演算処理部104に伝送される。

ステップS302の暫定距離算出工程では、暫定的なデフォーカス量（暫定デフォーカス量）の算出を行う。

まず、A像とB像の相関演算を行うことでA像とB像間の相対的な位置ズレ量である像ズレ量rの算出を行う。

相関演算は公知の手法を用いることができ、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)を用いて相関値S(k)を算出する。

【0042】

【数1】

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

【0043】

（式1）において、S(k)はシフト量kにおけるA像とB像の相関度を示す相関値、iは画素番号、kはA像とB像の相対的なシフト量である。

シフト量kを変えながらS(k)を求めると、A像とB像の相関度が高いシフト量にてS(k)は極小値を示す。

相関値S(k)の極小値を与えるシフト量kを求め、A像とB像の像信号データサンプリング間隔である画素の周期サイズを乗じることでA像とB像の像ズレ量rを算出することができる。なお、p及びqは、相関値S(k)の算出に用いる対象画素範囲を示している。ここで算出される像ズレ量rは、図4（C）におけるrに相当する。

【0044】

続いて、暫定変換係数である暫定的な基線長w1（暫定基線長w1）の算出を行う。

10

20

30

40

50

基線長は、射出瞳 106 上に投影した 2 つの A 画素、B 画素の感度の重心位置間の長さのことである。

つまり、暫定基線長 w_1 の算出に際しては、測距用の画素（測距画素）における感度が影響する。

【0045】

図 2 は、測距画素の感度を示す模式図であり、横軸は光線が光軸（図 1 (A) の 130) となす入射角度、縦軸は感度を示している。

図 2 において、実線 201 は第 1 の瞳領域 107 からの光束を主として受光する A 画素の感度、破線 202 は第 2 の瞳領域 108 からの光束を主として受光する B 画素の感度をそれぞれ示している。

10

【0046】

図 4 (A) は、図 1 (A) のデジタルカメラ 100 における、射出瞳 106 と撮像素子 102 のみを模式的に示した図である。

図 4 (A) においては、撮像素子 102 の撮像面に射出瞳 106 を通過した光束が結像していることから理解されるように、暫定基線長 w_1 の算出に際しては、デフォーカス量がゼロ（デフォーカス無）の状態の基線長を暫定基線長 w_1 とする。

本来、基線長 w はデフォーカス量依存性を有するのであるが、暫定基線長 w_1 は、デフォーカス量ゼロの状態での基線長とする。

図 2 に示した画素感度を、撮像素子 102 内の測距範囲の中心（図 4 (A) の 403) から射出瞳 106 に射影し、図 4 (B) に示す瞳感度分布情報を得る。

20

【0047】

図 4 (B) は、A 画素と B 画素それぞれの瞳感度分布であり、色が濃い領域ほど高い感度を有している。106 は射出瞳の枠を示しており、これは図 1 (A) における 106 に相当する。

瞳感度分布から瞳上での A 画素感度の重心位置 401A、及び B 画素感度の重心位置 401B を算出する。

重心位置 401A と重心位置 401B の長さが暫定基線長 w_1 となる。

【0048】

像ズレ量 r 及び暫定基線長 w_1 を得たのち、以下の（式 2）の変換式により像ズレ量 r を像側の暫定デフォーカス量 L_1 に変換する。

30

【0049】

【数 2】

$$\Delta L_1 = \frac{rL}{w_1 - r} \quad \dots \quad (\text{式 } 2)$$

【0050】

（式 2）において、 L は撮像素子（撮像面）102 から、射出瞳 106 までの距離である。

こうして得られる暫定基線長 w_1 、像ズレ量 r 、撮像素子 102 から射出瞳 106 までの距離 L 、暫定デフォーカス量 L_1 との関係は、図 4 (C) となる。

40

【0051】

尚、撮影レンズ 101 を通過した光束の結像面と、A 像と B 像間の像ズレ量がゼロとなる面（測距基準面）とは、撮影レンズ 101 の波面収差に起因して異なる位置となる。

【0052】

従って、（式 2）において、結像面と測距基準面間の位置ズレ量を補正することが好適である。

【0053】

本発明では、図 4 (C) に示すように撮像素子 102 を基準に -z 軸方向のデフォーカス量を負とし、さらに、B 像に対し A 像が -x 軸方向に像ズレしている場合の像ズレ量を

50

負とする。

【0054】

ステップS303の変換係数算出工程では、S302にて算出した暫定デフォーカス量L1を用いて、より正確な変換係数である基線長w2を算出する。

【0055】

図5(A)は、図4(A)と同様に、射出瞳106と撮像素子102を模式的に示した図である。

【0056】

S303では、S302にて算出した暫定デフォーカス量L1を用いて、焦点位置(結像点)502を算出する。さらに、焦点位置(結像点)502を起点に射出瞳106に図2に示した画素感度を射影し、A画素及びB画素に対応する瞳感度分布図5(B)を得る。

【0057】

図5(B)より重心位置501A及び501Bを算出し、基線長w2を算出する。

【0058】

ステップS304の距離算出工程では、前述の(式2)におけるw1をステップS302で算出した基線長w2と置き換えて、デフォーカス量L2を算出する。

【0059】

ここで算出したデフォーカス量L2、撮影レンズの焦点距離及び主点位置(撮影レンズの位置)を用いることで、被写体までのより正確な距離を算出することができる。

【0060】

本発明では、S301からS304までの処理を行うことで、暫定基線長w1に比べて精度の高い基線長w2を算出することが可能となり、像ズレ量からデフォーカス量への変換誤差を低減し、高精度の距離算出が可能となる。

【0061】

以上の説明では、変換係数として基線長を求める手法について説明したが、変換係数は重心角度とすることもできる。

【0062】

変換係数として重心角度を算出は、次のようにして算出できる。

【0063】

ステップS302において、図4(A)における、暫定基線長w1の代わりに重心位置401Aと、測距範囲中心403と、重心位置401Bと、が成す暫定重心角度₁を算出する。そして、ステップS303において、基線長w2の代わりに重心位置501Aと、焦点位置502と、重心位置501Bと、が成す重心角度₂を算出する。像ズレ量rを底辺とし、重心角度₁または₂を頂角とする三角形の高さを求めて像ズレ量をデフォーカス量に変換することができる。

【0064】

尚、変換係数は、基線長、重心角度に限定されるものではなく、基線長、重心角度を近似的に導きだすことが可能な関数であっても良い。例えば、デフォーカス量を変数とする2次関数で近似し、2次関数の係数をメモリ109に格納しておき、適宜係数を読み出し基線長を算出してもよい。例えば、デフォーカス量を変数とする関数に、暫定デフォーカス量を代入することで変換係数を算出することができる。

【0065】

関数近似することで、ステップS303にて暫定デフォーカス量に基づき基線長を算出する際の計算量を削減し、より高速に被写体までの距離検出が可能となる。

【0066】

次に、変換係数算出工程の別の形態について説明する。

【0067】

本発明のステップS302及びステップS303においては、重心位置の算出に撮影レンズ101のヴィネッティング(口径食)を考慮することがより望ましい。

10

20

30

40

50

【0068】

ヴィネッティング（口径食）を考慮することで、より正確な変換係数を算出することができ、高精度の距離算出が可能となる。

【0069】

上述のステップS303の説明では、A画素及びB画素の瞳感度分布を生成した後に変換係数w2を算出した。しかし、予め撮影レンズ101の射出瞳の情報（距離、F値、ヴィネッティング）と暫定デフォーカス量L1に対応する変換係数情報をメモリ109に格納しておき、適宜読み出して用いることも可能である。

【0070】

予めメモリ109に変換係数情報を格納しておくことで、計算量を削減し、より高速に被写体までの距離検出が可能となる。10

【0071】

また、変換係数算出時に用いる重心位置501A、501Bの算出に線像分布関数を用いてもよい。

【0072】

以下変換係数として基線長を用いる場合を例に、線像分布関数を用いる手法について具体的に説明する。

【0073】

図6(A)に、暫定デフォーカス量Lだけデフォーカスした状態のA画素の線像分布関数(第1の線像分布関数)503AとB画素の線像分布関数(第2の線像分布関数)503Bを示す。20

【0074】

まず、線像分布関数503Aについて、の重心位置504Aを算出する。同様に、線像分布関数503Bについて重心位置504Bを算出する。

【0075】

次に、図6(B)に示すように、線像分布関数の重心位置504A(504B)と上述のステップS303にて算出した焦点位置502を結んだ直線と射出瞳との交点を瞳上でのA画素(B画素)感度の重心位置501A(501B)とする。

【0076】

そして、重心位置501Aと501B間の長さを基線長w2とする。30

【0077】

線像分布関数を用いることで、撮影レンズ101の収差の影響、及び回折拡がりの影響を考慮した基線長を算出することができ、より高精度の距離算出が可能となる。

【0078】

変換係数として重心角度を用いる際には、重心位置504A、焦点位置502、重心位置504Bが成す角度を重心角度 θ_2 とすればよい。

【0079】

次にさらに高精度に被写体までの距離を算出するための手法について、図9に示す処理フローを用いて説明する。

【0080】

図9において、Nは、変換係数算出回数である。ステップS803の繰り返し判定工程では、変換係数算出回数Nが予め設定した値未満であり、且つステップS304にて算出されたデフォーカス量と暫定デフォーカス量の差分が、予め設定した閾値以上である場合にはステップS804へ進み、そうでない場合には、距離検出を終了する。40

【0081】

ステップS804では、ステップS304にて算出されたデフォーカス量を暫定デフォーカス量として、再度、ステップS303の及びステップS304を行う。

【0082】

本フローによると、複数回ステップS303及びS304を行うことで、算出される変換係数の精度がさらに向上し、一層高精度の距離算出が可能となる。50

【0083】

本発明により高精度の距離検出が可能となる理由

図7等を参照して、本発明の距離検出装置により、高精度の距離算出が可能となる理由について、変換係数として基線長を用いる場合を例に説明する。

【0084】

図7(A)は、図1(A)で示したデジタルカメラ100における射出瞳106と撮像素子102の関係を模式的に示した図である。

【0085】

図3に示したステップS302にて算出される暫定基線長は、図7(A)における破線601の範囲の光束が撮像素子102に入射すると仮定して、算出される。

10

【0086】

しかしながら、実際には焦点位置120はデフォーカスしているため、実線602に示す光束が撮像素子102に入射している。

【0087】

従って、光束601が持つ入射角度範囲は、光束602の入射角度範囲とは異なるために、光束601を元に算出した図4(A)における重心位置401A及び401Bは、光束602を元に算出した重心位置とは異なる値となる。

【0088】

図7(B)は、基線長のデフォーカス量依存を示している。横軸はデフォーカス量であり、縦軸は基線長である。

20

【0089】

図7(B)より、基線長はデフォーカス量に依存して変化することが理解される。

【0090】

暫定基線長w1は、デフォーカス量をゼロとして、暫定的に光束601を元に算出しているため、ステップS302にて算出される暫定デフォーカス量は誤差を含んでいるもののデフォーカス量ゼロに比べて実際のデフォーカス量に近づく。

【0091】

一方、ステップS303では、暫定デフォーカス量L1を考慮して、より実際の光束602に近い状態で基線長(w2)を算出することができるため誤差が軽減されることとなる。つまり、暫定基線長w1に対して基線長w2は、より実際の焦点位置に近い点を起点として算出されている。

30

【0092】

その為、より正確な基線長を算出することが可能となり、ステップS304にてより高精度の距離検出が可能となる。

【0093】

本発明の採用し得るその他の構成

本発明の距離検出装置における撮像部は、撮像素子で構成することができる。

【0094】

撮像素子は具体的には、CMOSセンサ(相補型金属酸化物半導体を用いたセンサ)や、CCDセンサ(電荷結合素子を用いたセンサ)等の固体撮像素子を用いることができる。

40

【0095】

本発明の距離検出装置における演算処理部は、半導体素子を集積化した集積回路を用いて構成することができ、IC、LSI、システムLSI、マイクロ処理ユニット(MPU)、中央演算装置(CPU)等で構成することができる。

【0096】

本発明は、距離検出装置の他にプログラムをも包含する。

【0097】

本発明のプログラムは、被写体の像を結像する結像光学系と、前記結像光学系の第1の瞳領域を通過した光束に基づく第1の像信号と、前記結像光学系の第2の瞳領域を通過し

50

た光束に基づく第2の像信号と、を生成する撮像部と、前記被写体までの距離を検出するためのコンピュータと、を備えた撮像装置の前記コンピュータに、所定の工程を実行させるものである。

【0098】

ここで、説明する撮像装置は、例えば、図1(A)で上述したデジタルカメラ100であり、撮像部としての撮像素子102と、演算処理部104と、メモリ109を有して構成されている。

【0099】

演算処理部104をマイクロ処理ユニットや中央演算装置等で構成する場合には、演算処理部は、コンピュータとして捉えることが可能である。

10

【0100】

本発明のプログラムは、撮像部によって生成された第1の像信号と第2の像信号とを用いて被写体までの距離を検出するためのコンピュータに所定の工程を実行させるものである。そして、本発明のプログラムは、前記コンピュータに、前記第1の像信号と前記第2の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出工程を実行せるものである。

【0101】

さらに、前記コンピュータに前記暫定デフォーカス量に基づき、前記第1の像信号と前記第2の像信号に各々依拠する第1の像と第2の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量を、前記デフォーカス量に変換する変換係数を算出する変換係数算出工程を実行せるものである。

20

【0102】

さらに、前記コンピュータに前記変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出工程を実行せるものである。

【0103】

本発明のプログラムは、所定の結像光学系と、所定の撮像部と、コンピュータと、を備えた撮像装置のコンピュータにインストールすることによって、撮像装置を高精度の距離検出が可能なものとなすことができる。

【0104】

本発明のプログラムは、記録媒体の他、インターネットを通じて頒布することも可能である。

30

【0105】

さらに本願発明は、演算処理装置として捉えることもできる。

【0106】

この演算処理装置は、被写体の像を結像する結像光学系の第1の瞳領域を通過した光束に基づく第1の像信号と、前記結像光学系の第2の瞳領域を通過した光束に基づく第2の像信号と、を生成する撮像部を備えた撮像装置に特定の距離を検出するための演算処理を施すものである。

【0107】

特定の距離の検出は、撮像部の撮像面と、前記第1の瞳領域及び第2の瞳領域を通過した前記光束の結像面と、の距離を示すデフォーカス量に基づいて前記被写体までの距離を検出することと捉えることができる。

40

【0108】

この演算処理装置は、前記第1の像信号と前記第2の像信号とに基づき暫定デフォーカス量を算出する暫定距離算出処理を行う。

【0109】

さらに前記暫定デフォーカス量に基づき、前記第1の像信号と前記第2の像信号に各々依拠する第1の像と第2の像との相対的位置ズレを示す像ズレ量を前記デフォーカス量に変換する変換係数を算出する変換係数算出処理を行う。

【0110】

50

さらに、前記変換係数を用いて前記デフォーカス量を算出する距離算出処理を行うものである。

【0111】

以下、具体的な実施例を挙げて本発明を詳細に説明する。

【実施例1】

【0112】

本発明の距離検出装置を備えたデジタルカメラについて説明する。

【0113】

本例では、発明を実施する形態で説明した図1(A)に示す本発明の距離検出装置110を有するデジタルカメラ100を構成した、数値例について示す。本例で用いた撮像素子102に配置される測距画素は、図8(A)に示す画素感度を有する。
10

【0114】

図8(A)の横軸は光線が光軸と成す角度(入射角度)であり、縦軸は画素感度を最大値=1として示した。

【0115】

図8(B)は、撮影レンズ101の焦点位置が撮像素子102上有る時の、A画素とB画素それぞれの画素感度を射出瞳106に射影した瞳感度分布である。

【0116】

本例では、撮影レンズ101のF値を2.0、撮像素子102から射出瞳106までの距離Lを20mm、撮影倍率を50倍、被写体までの距離を5mとした。
20

【0117】

また、予め設定した像側のデフォーカス量は+6mmとした。

【0118】

本例の距離検出装置110において、図3に示す処理フローを用いてデフォーカス量を算出した結果が図8(C)である。

【0119】

図8(C)の縦軸は、各工程にて算出された被写体距離を示している。

【0120】

横軸は、図3のフローチャートのS302と、S304の各工程を示している。

【0121】

S302にて算出された被写体距離は4.56[m]と測距誤差が比較的大きいが、S303にて再度変換係数を算出することで、被写体距離を4.98[m]と測距誤差を小さな値に減少させることできる。
30

【0122】

本発明の距離検出装置110を用いることで、像ズレ量から被写体距離への変換誤差を低減し、高精度に被写体までの距離を算出することができる。

【実施例2】

【0123】

本例では、図1を用いて説明したデジタルカメラ100に類似するカメラを構成した例である。
40

【0124】

本例の距離検出装置110を構成する撮像素子102を図10に示す。

【0125】

図10(A)に、2行×2列の測距用画素を901にて示し、さらに901内には、対角方向にG画素901Gが、他の2画素に、R画素とB画素が配置されている。

【0126】

そして、この2行×2列の画素901が繰り返し配置される。

【0127】

図10(B)に、図10(A)内のI-I'断面を示す。

【0128】

10

20

30

40

50

902はマイクロレンズ、903はカラーフィルタ、そして904A及び904Bは光電変換部である。

【0129】

本例の撮像素子102では、1つの画素(901R、901G、901B)内に光電変換部を2つ配置し、光電変換部と射出瞳106を光学的に共役関係になるようにマイクロレンズ902のパワーを設定している。

【0130】

このような配置とすることで、光電変換部904Aと904Bでは、それぞれ射出瞳106の異なる領域を通過した光束を受光することができる。

本例の距離検出装置110では、撮像素子102内の全画素に測距画素を配置している。

10

【0131】

全画素に図10に示す測距画素を配置することで、A画素の像信号とB画素の像信号を用いて画像生成が可能となる。

【0132】

さらに、デジタルカメラ100にて得られた画像と対応する距離分布(距離マップ)も同時に生成することができる。

20

【0133】

画像内にある被写体のボケ量はデフォーカス量(物側の焦点位置からの距離)に依存する。得られた画像に対して距離分布に基づく処理を行うことで、画像に対し任意のボケ付加処理、及び撮影後のリフォーカス処理等の画像処理を適切に行うことができる。

【0134】

本例においては、撮像素子102内に含まれる複数の画素のうち、一部の画素領域について図3に示すフローチャートに沿った被写体距離の算出を行う。

【0135】

本例においては、図3の処理を行う画素領域を撮像素子102の周辺領域に設定する。

【0136】

一般に、撮影者が撮影を行う主被写体は撮像素子102の中央領域に配置されることが多い。

【0137】

一方、撮像素子102の周辺領域には、背景が配置される。

30

【0138】

主被写体に比べて背景はデフォーカス量が大きく、撮像素子102の周辺領域では図3のS302にて算出される暫定デフォーカス量の精度が低い。

【0139】

本例の距離検出部103においては、周辺領域では図3のフローチャートに沿った距離算出を行い、中央領域では図3のステップS301とS302のみ行う。

【0140】

距離検出部103にてこのような処理を行うことで、距離分布の算出に必要な工程数の削減(すなわち、距離分布算出の高速化)と高精度な距離分布の生成を両立させることができる。

40

【0141】

本例においては、図3の処理を行う画素領域を予め設定したが、図11に示すフローチャートに沿った処理を全画素領域について行ってもよい。

【0142】

図11内のステップS1001の画素領域判定処理では、S302にて算出された暫定デフォーカス量が予め設定した暫定デフォーカス量範囲の外(範囲内にあるか否かの判断)にある場合は、ステップS303に進み、暫定デフォーカス量範囲の内にある場合には、ステップS1002にてデフォーカス量L2を暫定デフォーカス量L1で置き換える処理を行う。

【0143】

50

暫定デフォーカス量範囲は、距離検出装置 110 に求められる距離検出精度に応じて適宜設定することが望ましい。

【0144】

例えば、撮影レンズ 101 の F 値及び許容錯乱円から像側の被写界深度が $\pm F$ となることを用い、図 7 (B) から算出できる変換係数誤差による測距誤差が $\pm F$ 以下となるように暫定デフォーカス量範囲を設定することができる。

【0145】

図 11 に示すフロー チャートに沿った処理を全画素領域について行うことで、距離分布の算出に必要な工程数の削減と、高精度な距離分布の生成を両立させることができる。

【実施例 3】

10

【0146】

本例では、上述したのとは異なるフローに沿って距離の算出を行う例を示す。

【0147】

本例の距離検出装置 110 を構成する距離検出部 103 は、図 12 (a) に示すフロー チャートに沿って被写体距離の算出を行う。

【0148】

図 12 (A) のステップ S1101 では、A 像及び B 像の像修正処理を行う。

【0149】

ステップ S1101 内の処理をより詳細に示したのが、図 12 (b) である。

【0150】

20

ステップ S1102 の線像分布関数算出工程では、S302 にて算出された暫定デフォーカス量に対応した A 画素と B 画素の線像分布関数を生成する。

【0151】

ステップ S1103 の畳み込み積分工程では、S301 にて取得した A 像に対して B 画素の線像分布関数を畳み込み積分し、B 像に対しては A 画素の線像分布関数を畳み込み積分することで、像形状を修正した A 像 (修正 A 像) と B 像 (修正 B 像) を生成する。

【0152】

次に、ステップ S304 では、修正 A 像 (第 1 の修正像信号) と修正 B 像 (第 2 の修正像信号) の像ズレ量 r を、公知の相関演算 (例えば、数式 1) を用いて算出し、被写体距離の算出を行う。

30

【0153】

ステップ S301 にて取得される A 像は、被写体に A 画素の線像分布関数を畳み込み積分した形状となる。

【0154】

また B 像は、被写体に B 画素の線像分布関数を畳み込み積分した形状となる。

【0155】

一般に、ヴィネットィング等の影響により、A 画素の線像分布関数と B 画素の線像分布関数は、非対称な形状を有する。

【0156】

非対称な線像分布関数が畳み込み積分されることにより、S301 にて得られる A 像と B 像には非対称性が生じる。

40

【0157】

A 像と B 像とが光軸に対して対称とならない場合には、A 像と B 像の一一致度が低下し、相関演算による像ズレ量算出において、像ズレ量の検出精度が低下する。

【0158】

その結果、算出されるデフォーカス量の検出精度が低下することとなる。

【0159】

像ズレ量の検出精度を向上させるためには、A 像と B 像の非対称性を補正し、像の一一致度を高めることが必要となる。

【0160】

50

本例の距離検出装置 110 を構成する距離検出部 103 では、像修正工程 S1101 により、像の一一致度を向上させている。

【0161】

しかし、S302 にて算出された暫定デフォーカス量が小さい合焦近傍においては、一致度の高い A 像と B 像を得ることができる。

【0162】

そのため、S1101 と S302 の間に、像修正工程を行うか否かの判定を暫定デフォーカス量に基づき判定する像修正判定処理を導入してもよい。

【0163】

図 12 のフローチャートにて像修正判定工程をさらに備えることにより、合焦近傍における被写体距離の算出に必要な工程数を削減し、高速高精度に被写体までの距離を算出することができる。10

【0164】

本例の距離検出装置 110 を構成する距離検出部 103 では、図 12 に示すフローチャートに沿った処理を行ったが、図 13 に示す繰り返し判定工程 S803 を付加してもよい。。

【0165】

図 13 に示すように像修正工程 S1101 及び基線長算出工程 S303 を複数回行うことで、デフォーカス量の収束状態を考慮してより高精度の距離算出が可能となる。

【0166】

撮像素子 102 に測距画素が複数画素配置される場合には、図 14 に示すフローチャートに沿った処理を行ってもよい。

【0167】

画素領域判定工程 S1001 を導入することにより、一部の画素領域を決定し、距離分布の生成に必要な工程数の削減と、高精度な距離分布の生成を両立させることができる。

【符号の説明】

【0168】

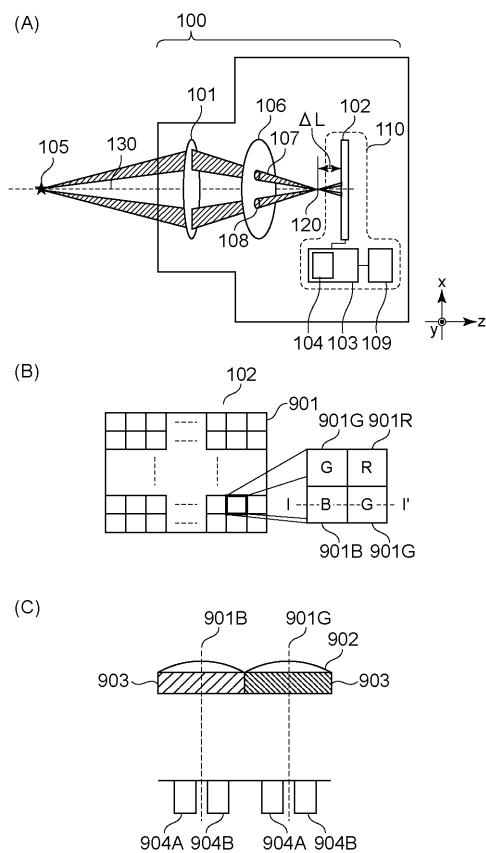
- 100 デジタルカメラ
- 110 距離検出装置
- 101 結像光学系
- 102 撮像部
- 103 距離検出部
- 104 演算処理部
- 105 被写体
- 106 射出瞳
- 107 第 1 の瞳領域
- 108 第 2 の瞳領域

10

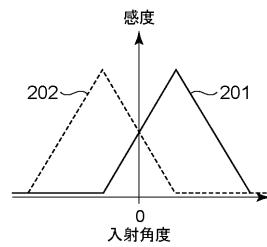
20

30

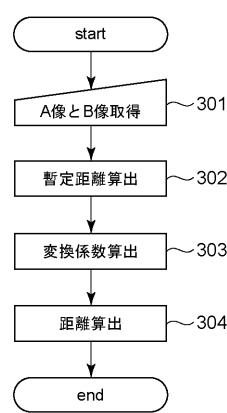
【図1】



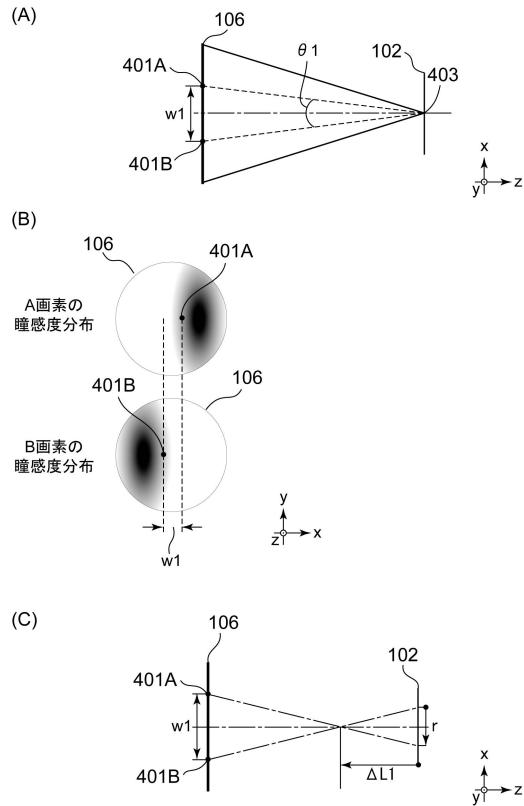
【図2】



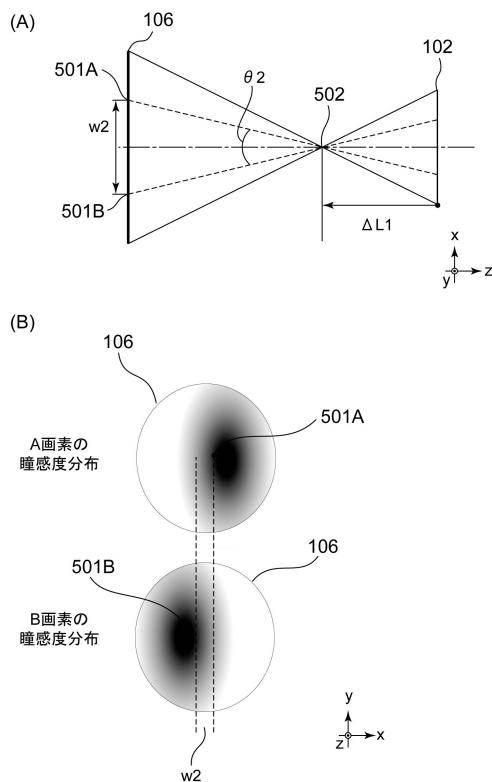
【図3】



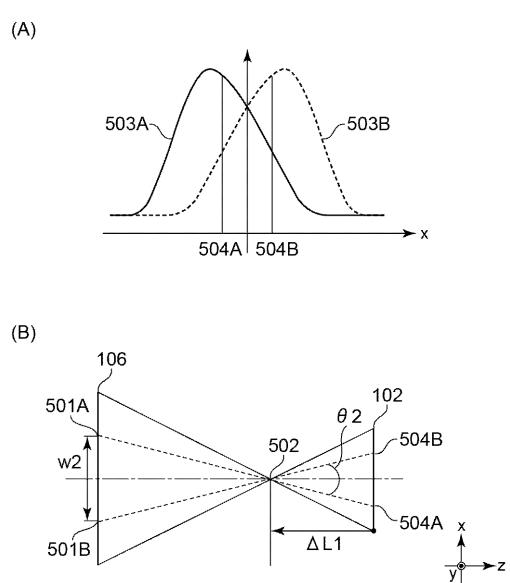
【図4】



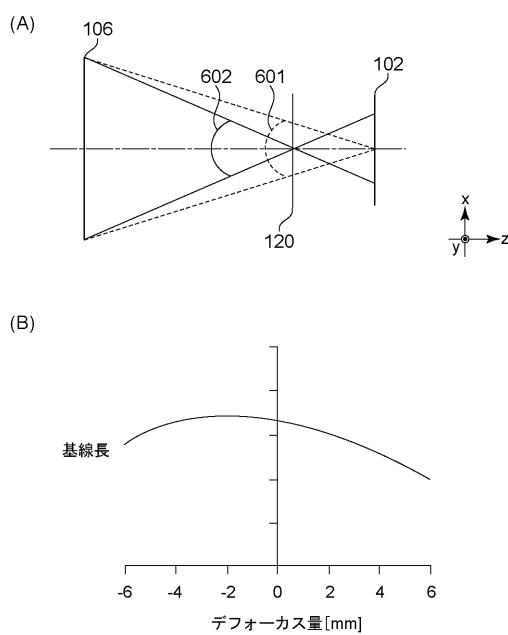
【図5】



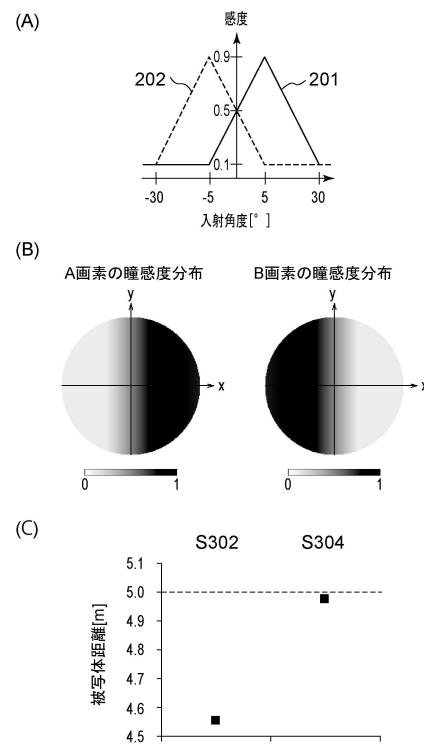
【図6】



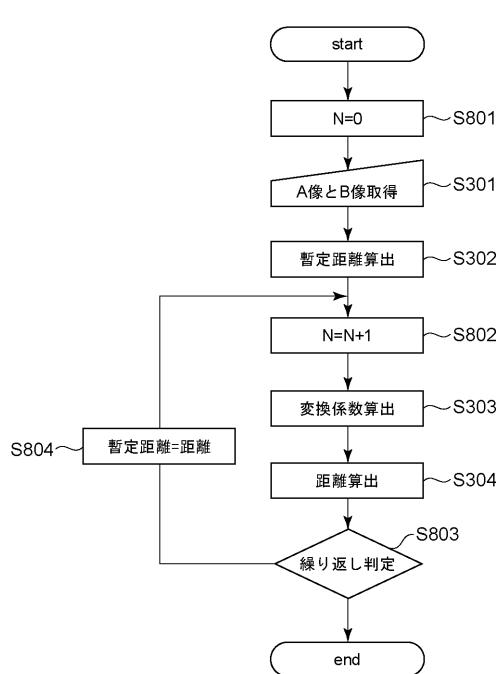
【図7】



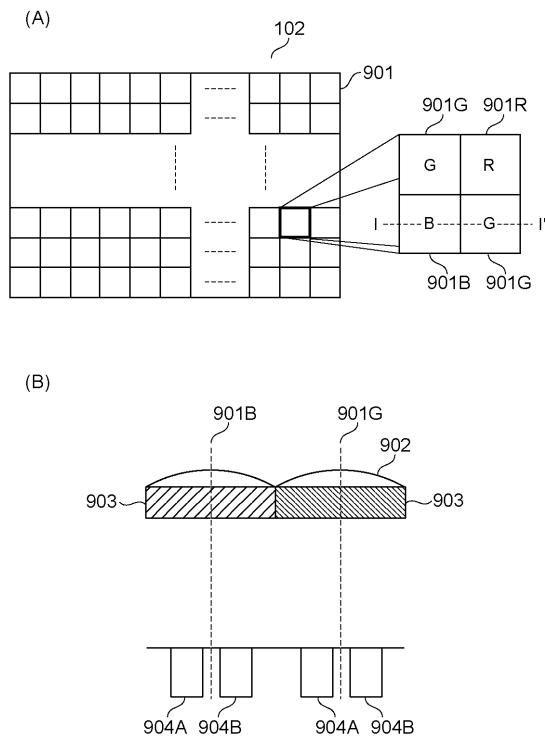
【図8】



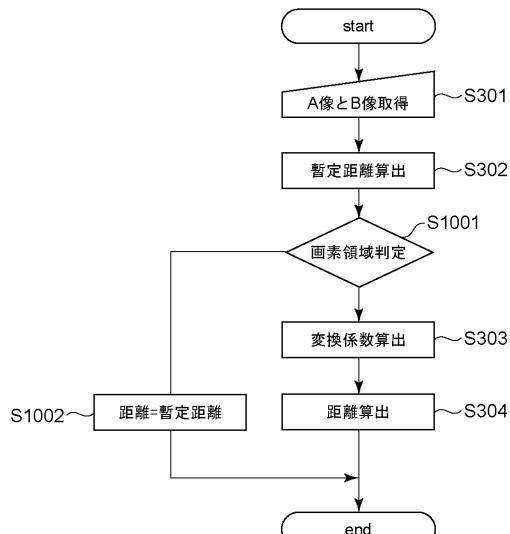
【図9】



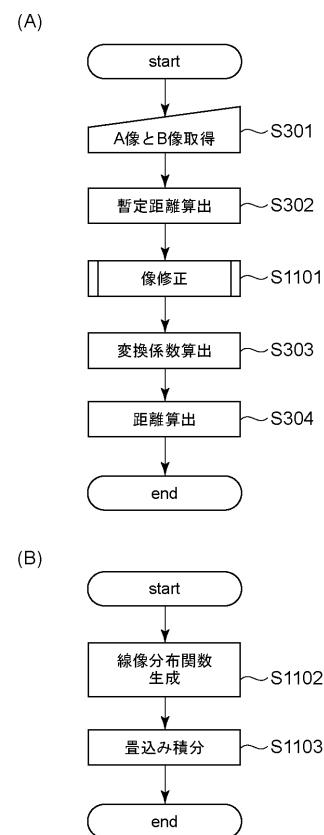
【図10】



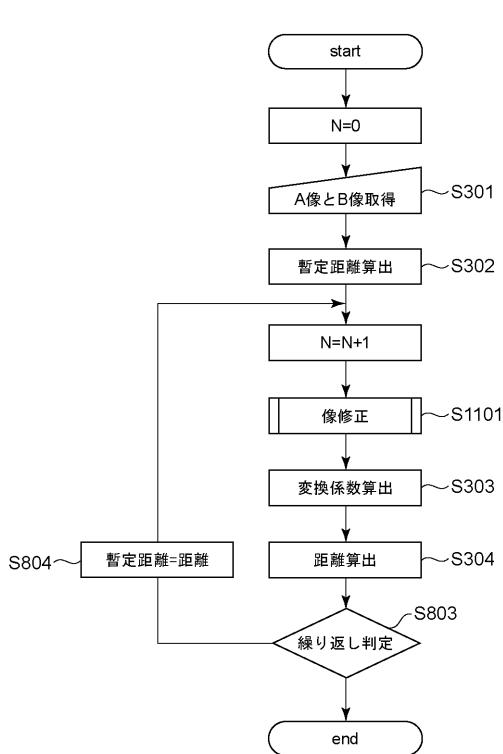
【図11】



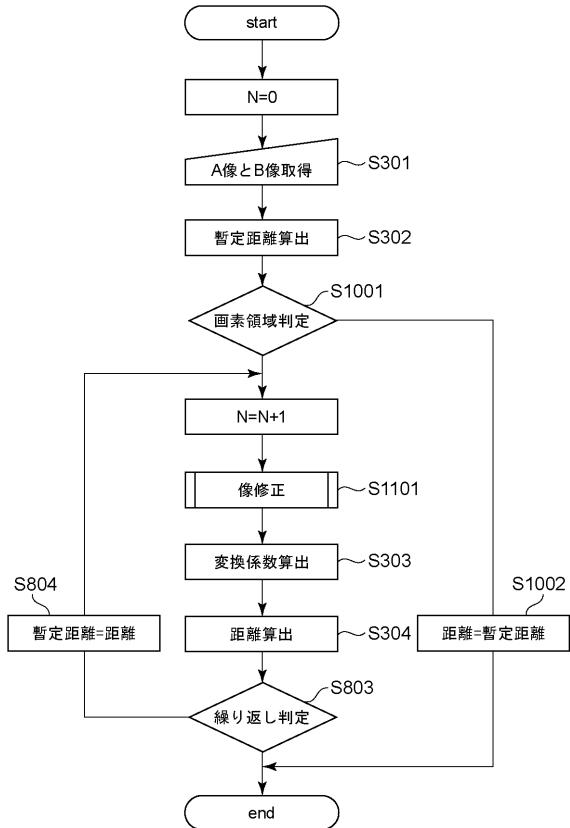
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-263352(JP,A)
特開2010-049209(JP,A)
特開2007-121896(JP,A)
特開2010-286826(JP,A)
特開2004-012493(JP,A)
特開平05-249366(JP,A)
特開2009-162847(JP,A)
特開2012-058747(JP,A)
特開2009-141791(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	7 / 28	-	7 / 40
G 03 B	13 / 36		
H 04 N	5 / 222	-	5 / 257