

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6173549号
(P6173549)

(45) 発行日 平成29年8月2日 (2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日 (2017.7.14)

(51) Int.Cl.	F I
GO 2 B 7/34 (2006.01)	GO 2 B 7/34
GO 3 B 13/36 (2006.01)	GO 3 B 13/36
GO 1 C 3/06 (2006.01)	GO 1 C 3/06 1 2 O P
HO 4 N 5/232 (2006.01)	HO 4 N 5/232 1 2 O

請求項の数 16 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2016-197732 (P2016-197732)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年10月6日 (2016.10.6)		キヤノン株式会社
(62) 分割の表示	特願2013-210114 (P2013-210114) の分割		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
原出願日	平成25年10月7日 (2013.10.7)	(74) 代理人	100085006 弁理士 世良 和信
(65) 公開番号	特開2017-21052 (P2017-21052A)	(74) 代理人	100100549 弁理士 川口 嘉之
(43) 公開日	平成29年1月26日 (2017.1.26)	(74) 代理人	100131532 弁理士 坂井 浩一郎
審査請求日	平成28年11月1日 (2016.11.1)	(74) 代理人	100125357 弁理士 中村 剛
早期審査対象出願		(74) 代理人	100131392 弁理士 丹羽 武司
		(74) 代理人	100155871 弁理士 森廣 亮太
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像データ処理装置、距離算出装置、撮像装置および画像データ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結像光学系の第1の瞳領域を通過する第1の光束に基づく第1の画像データと、前記結像光学系の前記第1の瞳領域と異なり且つ第1の方向に偏心している第2の瞳領域を通過する第2の光束に基づく第2の画像データと、を取得する画像データ取得手段と、

前記第1の方向に沿った前記第1の画像データと前記第2の画像データの少なくとも一部の比である画像データ比を算出する画像データ比算出手段と、

前記画像データ比に基づいて前記第1の方向における補正関数を算出する補正関数算出手段と、

前記補正関数に基づき、前記第1の画像データと前記第2の画像データの少なくとも一方を補正する補正手段と、

を備える、画像データ処理装置。

【請求項 2】

前記画像データ比算出手段は、前記第1の画像データに含まれる第1の部分画像データと前記第2の画像データに含まれる第2の部分画像データとの比を算出し、前記画像データ比を算出する、

請求項1に記載の画像データ処理装置。

【請求項 3】

前記補正関数算出手段は、前記画像データ比に対して微分フィルタを作用させた微分画像データ比の絶対値が所定の第1の閾値以下である位置の前記画像データ比に含まれるデ

10

20

ータのみを用いて、前記補正関数を算出する、
請求項 1 または 2 に記載の画像データ処理装置。

【請求項 4】

前記補正関数は N 次関数 (N は自然数) である、
請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の画像データ処理装置。

【請求項 5】

前記補正関数と前記画像データ比との相関を示す相関度を算出し、
前記相関度が、第 2 の閾値以上か否かを判別し、
前記補正関数と前記画像データ比との相関度が前記第 2 の閾値よりも低いと判別された場合には、次数 N の値をより大きくして前記補正関数算出手段による前記補正関数の算出を再度行う、
請求項 4 に記載の画像データ処理装置。

10

【請求項 6】

前記補正関数と前記画像データ比との前記相関度が前記第 2 の閾値よりも低いと判別された場合には、前記相関度の値に応じて前記補正関数の算出を再実行する際の次数 N を設定する、
請求項 5 に記載の画像データ処理装置。

【請求項 7】

撮影条件と対応付けて予め定められた既定の補正関数を記憶する補正関数格納手段と、
前記第 1 の画像データと前記第 2 の画像データを取得した際の撮影条件を取得する撮影条件取得手段と、
を更に備え、

20

前記補正手段は、前記撮影条件取得手段によって取得した撮影条件に対応する前記既定の補正関数が前記補正関数格納手段に記憶されている場合には、当該記憶されている補正関数を用いて補正を行い、そうでない場合には、前記補正関数算出手段によって算出された補正関数を用いて補正を行う、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の画像データ処理装置。

【請求項 8】

前記第 1 の瞳領域の面積のほうが前記第 2 の瞳領域の面積よりも広く、
前記第 1 の瞳領域が前記第 2 の瞳領域を含んでいる、
請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の画像データ処理装置。

30

【請求項 9】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の画像データ処理装置と、
前記補正手段により補正された画像データを用いて、前記第 1 の画像データと、前記第 2 の画像データと、の相対的な位置ズレ量である像ズレ量を算出する距離算出手段と、
を備える距離算出装置。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の画像データ処理装置と、
前記補正手段により補正された画像データを用いて、前記第 2 の画像データと、前記第 1 の画像データと前記第 2 の画像データとの差分データである第 3 の画像データと、の相対的な位置ズレ量である像ズレ量を算出する距離算出手段と、
を備える距離算出装置。

40

【請求項 11】

前記距離算出手段は、前記像ズレ量に基づき、デフォーカス量又は被写体までの距離を算出する、

請求項 9 または 10 に記載の距離算出装置。

【請求項 12】

結像光学系と、

前記結像光学系の第 1 の瞳領域を通過する第 1 の光束に基づく第 1 の画像データと前記結像光学系の第 2 の瞳領域を通過する第 2 の光束に基づく第 2 の画像データを取得する撮

50

像素子と、

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の画像データ処理装置、または、請求項 9 から 11 のいずれか 1 項に記載の距離算出装置と、
を備える撮像装置。

【請求項 13】

前記撮像素子は、前記第 1 の光束を光電変換して前記第 1 の画像データを生成する第 1 の光電変換部と前記第 2 の光束を光電変換して前記第 2 の画像データを生成する第 2 の光電変換部とを備える測距画素と、前記第 1 および第 2 の光束を光電変換して撮影画像データを生成する第 3 の光電変換部を備える撮影画素とを含む、

請求項 12 に記載の撮像装置。

10

【請求項 14】

前記撮像素子は、前記第 1 の光束を光電変換して前記第 1 の画像データを生成する第 1 の光電変換部を備える第 1 の測距画素と、前記第 2 の光束を光電変換して前記第 2 の画像データを生成する第 2 の光電変換部を備える第 2 の測距画素と、前記第 1 および第 2 の光束を光電変換して撮影画像データを生成する第 3 の光電変換部を備える撮影画素とを含む、

請求項 12 に記載の撮像装置。

【請求項 15】

結像光学系の第 1 の瞳領域を通過する第 1 の光束に基づく第 1 の画像データと、前記結像光学系の前記第 1 の瞳領域と異なり且つ第 1 の方向に偏心している第 2 の瞳領域を通過する第 2 の光束に基づく第 2 の画像データと、を取得する画像データ取得工程と、

20

前記第 1 の方向に沿った前記第 1 の画像データと前記第 2 の画像データの少なくとも一部の比である画像データ比を算出する画像データ比算出工程と、

前記画像データ比に基づいて前記第 1 の方向における補正関数を算出する補正関数算出工程と、

前記補正関数に基づき、前記第 1 の画像データと前記第 2 の画像データの少なくとも一方を補正する補正工程と、

を含む、画像データ処理方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の画像データ処理方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像データ処理装置、距離算出装置、撮像装置および画像データ処理方法に関する。

【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、撮影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。

40

【0003】

各測距画素に含まれる光電変換部により生成された電気信号により、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「A B 像」ともいう。）に基づく画像データ（以降、A 像に基づく画像を A 画像、B 像に基づく画像を B 画像と呼ぶ。）を取得する。この A 画像と B 画像の相対的な位置ズレ量である像ズレ量（視差ともいう）を算出する。

【0004】

50

像ズレ量の算出には、テンプレートマッチングと呼ばれる領域ベースの対応点探索技術が多く用いられる。テンプレートマッチングでは、A 画像または B 画像を基準画像として設定し、基準画像とは異なる他方の画像を参照画像として設定する。基準画像上に、注目点を中心とする基準領域（基準ウィンドウともいう）を設定すると共に、参照画像上に注目点と対応する参照点に対しても参照領域（参照ウィンドウともいう）を設定する。参照点を順次移動させながら、基準領域内の画像と参照領域内の画像の相関が最も高くなる参照点を探索し、注目点と参照点の相対的な位置ズレ量を用いて像ズレ量の算出を行う。一般に、探索領域のサイズを小さくすると、局所演算に起因する像ズレ量の算出誤差が発生するため、比較的大きな領域サイズ（例えば、9 画素 × 9 画素など）が用いられている。

10

【0005】

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。

【0006】

ここで、測定の際の距離精度は、像ズレ量を正確に求めることで向上する。像ズレ量の誤差が発生する要因として、光量バランスの崩れが挙げられる。光量バランスの崩れとは、撮影レンズのレンズ枠などによる光束のケラレや測距画素感度の角度特性などにより、A 像と B 像の光量比が像高に応じて変化する現象である。

【0007】

20

特許文献 2 では、撮影レンズ及び撮像素子を組み立てた後に均一照明を与えることで、A 像と B 像の光量比が一定になる補正係数を算出し、像ズレ量算出時にこの補正係数を用いて画像データを補正する方法が提案されている。

【0008】

また、特許文献 3 では、光量バランスの崩れを、A 像と B 像の光量比を考慮した相互相関演算を行うことで補正する方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特許第 4027113 号公報

30

【特許文献 2】特開平 2 - 181108 号公報

【特許文献 3】特開 2009 - 258231 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特許文献 2 にて開示された焦点検出方法では、結像光学系及び撮像素子を組み立てた後に補正係数を計測するため、製造誤差の影響を受けることなく A 像と B 像の光量比を補正し、像ズレ量の算出誤差を低減させることができる。

【0011】

しかし、近年のデジタルカメラには光学式手ぶれ補正機能が搭載され、撮影レンズの光軸が、補正係数算出時と実際の撮影時とで異なる可能性がある。すなわち、予め取得した補正係数を用いる場合には、必ずしも A 像と B 像の光量バランスの崩れを良好に補正できるとは限らず、像ズレ量の算出精度が低下する恐れがある。また、撮影レンズと撮像素子を組み立てた後に補正係数を算出することは、調整工程が増えるために、製造コストが高くなる恐れもある。

40

【0012】

特許文献 3 にて開示された焦点検出方法では、探索領域内の画像と参照領域内の画像の相関度を算出する際に、A 像と B 像の光量比を考慮することにより光量バランスの崩れを補正し、像ズレ量の算出誤差を低減させることで測距精度を向上させている。

【0013】

50

テンプレートマッチングにおいては、隣接する注目点間にて、設定される基準領域の範囲に重複領域が存在する。特許文献3にて開示された焦点検出方法では、相関度の算出毎にA像とB像の光量バランスの崩れを補正しているために、重複領域において光量比の補正を複数回行うことになり、従来の相関度算出に比べて演算量が多くなる。演算量の増加は、処理時間の増大や演算回路の大規模化による高コスト化の恐れがある。また、基準領域内に含まれるA像とB像のみを考慮して光量バランスの崩れを補正しているため、光ショットノイズなどに代表されるノイズの影響により、精度良く光量バランスを補正できない恐れがある。

【0014】

そこで本発明は、少ない演算量にて、A像とB像の光量バランスの崩れを補正することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明に係る画像データ処理装置は、結像光学系の第1の瞳領域を通過する第1の光束に基づく第1の画像データと、前記結像光学系の前記第1の瞳領域と異なり且つ第1の方向に偏心している第2の瞳領域を通過する第2の光束に基づく第2の画像データと、を取得する画像データ取得手段と、前記第1の方向に沿った前記第1の画像データと前記第2の画像データの少なくとも一部の比である画像データ比を算出する画像データ比算出手段と、前記画像データ比に基づいて前記第1の方向における補正関数を算出する補正関数算出手段と、前記補正関数に基づき、前記第1の画像データと前記第2の画像データの少なくとも一方を補正する補正手段と、を備える。

【0016】

本発明に係る画像データ処理方法は、結像光学系の第1の瞳領域を通過する第1の光束に基づく第1の画像データと、前記結像光学系の前記第1の瞳領域と異なり且つ第1の方向に偏心している第2の瞳領域を通過する第2の光束に基づく第2の画像データと、を取得する画像データ取得工程と、前記第1の方向に沿った前記第1の画像データと前記第2の画像データの少なくとも一部の比である画像データ比を算出する画像データ比算出工程と、前記画像データ比に基づいて前記第1の方向における補正関数を算出する補正関数算出工程と、前記補正関数に基づき、前記第1の画像データと前記第2の画像データの少なくとも一方を補正する補正工程と、を含む。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、少ない演算量にて、像ズレ量を高精度に算出することができ、高精度な距離算出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施形態1に係るデジタルカメラの構成図

【図2】実施形態1における光電変換部が受光する光束を説明する図

【図3】実施形態1における距離算出手順のフローチャート

【図4】実施形態1における像ズレ量の算出方法を説明する図

【図5】実施形態1における変換係数の算出方法を説明する図

【図6】光電変換部の受光光量を説明する図

【図7】実施形態1における光量バランス補正処理のフローチャート

【図8】実施形態1における光量バランス補正処理を説明する図

【図9】実施形態1の変形例に係る光量バランス補正処理のフローチャート

【図10】実施形態1の変形例に係る光量バランス補正処理のフローチャート

【図11】実施形態1の変形例に係る光量バランス補正処理のフローチャート

【図12】実施形態1の変形例に係る撮像素子の構成図

【図13】実施形態2に係るデジタルカメラの構成図

【図14】実施形態2における光量バランス補正処理のフローチャート

10

20

30

40

50

【図 15】デジタルカメラの動作例を示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下の説明では、本発明の距離算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、本発明の距離算出装置はデジタル距離計測器などにも適用することができる。

【0020】

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避ける。

【0021】

[第1の実施形態]

以下、図を参照しながら本発明の第一の実施形態について詳細に説明する。

【0022】

<デジタルカメラの構成>

図1(A)は、本実施形態にかかるデジタルカメラ100の構成を示す図である。デジタルカメラ100は、結像光学系120、撮像素子101、距離算出部102、画像生成部(不図示)、レンズ駆動制御部(不図示)が、カメラ筐体130の内部に配置されて構成される。距離算出装置110は、結像光学系120、撮像素子101、距離算出部102から構成される。距離算出部102は論理回路を用いて構成することができる。距離算出部102の別の形態として中央演算処理装置(CPU)と演算処理プログラムを格納するメモリとから構成してもよい。

【0023】

結像光学系120は、デジタルカメラ100の撮影レンズであり、被写体の像を撮像面である撮像素子101に形成する機能を有する。結像光学系120は複数のレンズ群(不図示)、絞り(不図示)、光学式手ぶれ補正機構(不図示)から構成され、撮像素子101から所定距離離れた位置に射出瞳103を有する。光学式手ぶれ補正機構は、ジャイロ機構を備えた補正レンズから構成され、手ぶれを打ち消す方向に補正レンズを動作させることで、光軸のぶれを補正している。尚、図1(A)中の140は結像光学系120の光軸である。本実施形態ではz軸を光軸140と平行とする。さらに、x軸とy軸は互いに垂直であり、且つ光軸140と垂直とする。

【0024】

ここで、このデジタルカメラ100の動作例について説明しておく。ただし、以下は、あくまで一例であり本発明を限定するものではない。図15はデジタルカメラ100のメイン電源が入り、シャッターボタン(不図示)が所謂半押しされた後の動作フローを説明する図である。まず、ステップ1501にて結像光学系120の情報(焦点距離、絞り値など)を読み出し、メモリ部(不図示)に保存する。次に、ステップ1502、1503、1504の処理を行い、焦点調節を行う。すなわち、ステップ1502では、撮像素子101から出力される画像データに基づき、図3を用いて後述する被写体距離算出手順を用いてデフォーカス量を算出する。ステップ1503では、算出したデフォーカス量に基づき、結像光学系120が合焦状態かどうか判別する。合焦していない場合は、ステップ1504にて、レンズ駆動制御部によりデフォーカス量に基づき結像光学系120を合焦位置へ駆動したのち、ステップ1502へ戻る。ステップ1503にて合焦していると判定された場合は、ステップ1505にて、シャッターボタン(不図示)の操作によりシャッターがリリース(所謂全押し)されたか否かの判定を行う。リリースされていないと判定された場合は、ステップ1502へ戻り、上述の処理を繰り返す。ステップ1505にてシャッターがリリースされたと判定された場合には、撮像素子101から画像データを読み出し、メモリ部(不図示)に保存する。メモリ部に保存された画像データに現像処理を施すことで、観賞用画像を生成することができる。また、メモリ部に保存された画像データに、図3を用いて後述する被写体距離算出手順を適用することで、観賞用画像と対応した被写体距離画像(被写体距離分布)を生成することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

< 撮像素子の構成 >

撮像素子 1 0 1 は C M O S (相補型金属酸化膜半導体) や C C D (電荷結合素子) から構成される。結像光学系 1 2 0 を介して撮像素子 1 0 1 上に結像した被写体像は、撮像素子 1 0 1 により光電変換され、被写体像に基づく画像データを生成する。以下、本実施形態の撮像素子 1 0 1 について、図 1 (B) を用いてより詳細に説明する。

【 0 0 2 6 】

図 1 (B) は、撮像素子 1 0 1 の x y 断面図である。撮像素子 1 0 1 は、2 行 x 2 列の画素群 1 5 0 を複数配列することで構成される。画素群 1 5 0 は、対角方向に緑画素 1 5 0 G 1 及び 1 5 0 G 2、他の 2 画素に赤画素 1 5 0 R 及び青画素 1 5 0 B が配置され、構成されている。

10

【 0 0 2 7 】

< 距離計測の原理説明 >

本実施形態の画素群 1 5 0 を構成する各画素は、画素中の受光層 (図 2 中の 2 0 3) に x y 断面にて対称な断面形状を有する 2 つの光電変換部 (1 6 1 : 第 1 の光電変換部、1 6 2 ; 第 2 の光電変換部) が並置されている。撮像素子 1 0 1 内の第 1 の光電変換部及び第 2 の光電変換部が受光する光束について、図 2 を用いて説明する。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、結像光学系 1 2 0 の射出瞳 1 0 3 と、撮像素子 1 0 1 中に配置される画素の代表例として緑画素 1 5 0 G 1 についてのみ示した概略図である。図 2 に示した画素 1 5 0 G 1 は、カラーフィルタ 2 0 1、マイクロレンズ 2 0 2、受光層 2 0 3 から構成され、受光層 2 0 3 内に第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 が含まれている。マイクロレンズ 2 0 2 は、射出瞳 1 0 3 と受光層 2 0 3 が共役関係になるように配置されている。その結果、図 2 に示すように、射出瞳 1 0 3 内の第 1 の瞳領域 2 6 1 を通過した光束 2 1 0 は第 1 の光電変換部 1 6 1 に入射し、第 2 の瞳領域 2 6 2 を通過した光束 2 2 0 は第 2 の光電変換部 1 6 2 に入射する。

20

【 0 0 2 9 】

各画素に設けられる複数の第 1 の光電変換部 1 6 1 は、受光した光束を光電変換して第 1 の画像データを生成する。また同様に、各画素に設けられる複数の第 2 の光電変換部 1 6 2 は、受光した光束を光電変換して第 2 の画像データを生成する。第 1 の画像データから第 1 の瞳領域を主に通過した光束が撮像素子 1 0 1 上に形成する像 (A 像) の強度分布を得ることができ、第 2 の画像データから第 2 の瞳領域を主に通過した光束が撮像素子 1 0 1 上に形成する像 (B 像) の強度分布を得ることができる。従って、第 1 の画像データと第 2 画像データの相対的な位置ズレ量は、A 像と B 像の像ズレ量となる。この像ズレ量を後述の手法により算出し、変換係数を介して像ズレ量を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することができる。

30

【 0 0 3 0 】

< 距離算出手順の説明 >

以下、本実施形態の距離算出部 1 0 2 が行う距離算出手順について、図 3 を参照しながら詳細に説明する。

40

【 0 0 3 1 】

ステップ S 1 では、撮像素子 1 0 1 によって第 1 の画像データ及び第 2 の画像データを取得し、距離算出部 1 0 2 に伝送する (画像取得処理) 。

【 0 0 3 2 】

ステップ S 2 では、第 1 の画像データと第 2 の画像データに基づき、光量バランスの崩れを補正する光量バランス補正処理を行う。ステップ S 2 における光量バランス補正処理については、図 7 を用いて後述する。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 3 では、第 1 の画像データと第 2 の画像データに基づき、像ズレ量の算出を行う。像ズレ量の算出方法について、図 4 を用いて説明する。図 4 は像ズレ量の算出方法

50

を説明する図であり、第1の画像データ401、第2の画像データ402、撮影被写体400を示している。第1の画像データに対して、注目点410を設定し、注目点410を中心に基準領域420を設定する。一方、第2の画像データに対して、注目点410と対応する位置に参照点411を設定し、参照点411を中心に参照領域421を設定する。参照点411を所定の像ズレ量探索範囲内で順次移動させながら、基準領域420内の第1の画像データと参照領域421内の第2の画像データの相関値を算出し、最も相関の高い参照点411を注目点410の対応点とする。像ズレ量探索範囲は、距離算出を行いたい最大距離と最小距離から決めればよい。例えば最大距離は無限遠と設定し、最小距離は結像光学系120の最小撮影距離と設定し、最大距離と最小距離からそれぞれ求まる最大像ズレ量と最小像ズレ量の範囲を像ズレ量探索範囲とすればよい。注目点410と対応点間の相対的な位置シフト量が像ズレ量となる。注目点410を順次移動させながら対応点の探索を行うことで、第1の画像データ内の各データ位置（各画素位置）における像ズレ量を算出することができる。相関値の算出方法は公知の手法を用いることができ、例えば、基準領域内の各画素データと参照領域内の各画素データの差の2乗和を評価値とするSSDと呼ばれる手法を用いることができる。

10

【0034】

ステップS4では、変換係数を介して像ズレ量を像側デフォーカス量に変換している（デフォーカス量算出処理）。変換係数の算出方法について図5を用いて説明する。図5（A）は、画素における受光感度の入射角度依存性を示している。横軸は画素へ入射する光の入射角度（xz面に射影した光線とz軸とが成す角度）、縦軸は受光感度を示している。実線501は、第1の光電変換部161の受光感度を示し、破線502は、第2の光電変換部162の受光感度を示している。この受光感度を、射出瞳103に投影し、射出瞳103上の受光感度分布として表現したのが図5（B）である。色が濃くなるほど受光感度が高いことを示している。図5（B）には、第1の光電変換部の受光感度分布の重心位置511と、第2の光電変換部の受光感度分布の重心位置512が示されている。重心位置511と重心位置512間の距離513は基線長と呼ばれ、像ズレ量を像側デフォーカス量に変換するための変換係数として用いられる。像ズレ量を r 、基線長を w 、撮像素子101から射出瞳103までの瞳距離を L としたとき像側デフォーカス量 ΔL は、数式1を用いて像ズレ量を像側デフォーカス量に変換することができる。

20

【数1】

$$\Delta L = \frac{r \cdot L}{w - r} \quad \dots \text{(数式1)}$$

30

なお、数式1以外の方法を用いて像ズレ量を像側デフォーカス量に変換してもよい。例えば、数式1にて基線長 w が像ズレ量 r に比べて十分大きいとの仮定に基づき、数式2によりゲイン値 $Gain$ を算出し、数式3に基づき像ズレ量を像側デフォーカス量に変換してもよい。

【数2】

$$Gain = L/w \quad \dots \text{(数式2)}$$

40

【数3】

$$\Delta L = Gain \cdot r \quad \dots \text{(数式3)}$$

数式3を用いることで像ズレ量から像側デフォーカス量への変換を容易に行うことができ、被写体距離の算出に係る演算量を削減することができる。また、像ズレ量から像側デフォーカス量への変換に、変換用のルックアップテーブルを用いてもよい。この場合にも

50

、被写体距離の算出に係る演算量を削減することができる。

【0035】

なお、図2において、第1の瞳領域261は x が負の領域とし、第2の瞳領域262は x が正の領域とし、完全に分離した領域であるものとして説明した。しかしながら、実際には受光層203に到達する光は、光の回折現象により一定の拡がりを持つため、図5(B)に受光感度分布を示すように第1の瞳領域261と第2の瞳領域262は重複した領域を有することになる。本実施形態においては、便宜的に第1の瞳領域261と第2の瞳領域262を明確に区分した形で説明する。

【0036】

ステップS5では、ステップS4にて算出した像側デフォーカス量を、結像光学系の結像関係に基づき被写体距離への変換を行う(被写体距離算出処理)。なお、被写体距離への変換は、他の手法によって行ってもよい。例えば、像側のデフォーカス量を物体側のデフォーカス量に変換し、結像光学系120の焦点距離に基づき算出される物体側のピント位置と物体側のデフォーカス量の和により被写体までの距離を算出してもよい。物体側のデフォーカス量は、像側のデフォーカス量と結像光学系120の縦倍率を用いて算出できる。

【0037】

本実施形態の距離算出手順では、ステップS4にて像ズレ量を像側のデフォーカス量に変換した後、ステップS5にて像側のデフォーカス量を被写体距離に変換している。しかし、前述の通り、像側のデフォーカス量と物体側のデフォーカス量または像側のデフォーカス量と被写体距離は、結像光学系120の結像関係を用いて変換可能である。従って、本実施形態のステップS4及び/またはステップS5を用いず、像ズレ量を直接物体側デフォーカス量または被写体距離へ変換しても構わない。いずれの場合においても、像ズレ量を正確に算出することで、精度良くデフォーカス量(像側及び/または物体側)や被写体距離を算出することができる。

【0038】

なお、本実施形態中では、ステップS5により像側のデフォーカス量を被写体距離に変換しているが、必ずしもステップS5を行う必要は無く、ステップS4にて距離算出手順を終了しても構わない。観賞用画像中の被写体のボケ量は像側のデフォーカス量に依存し、像側のデフォーカス量が大きい被写体ほど、よりボケた画像が撮影される。このような画像に対して画像処理によってピント位置を調整するリフォーカス処理では、被写体距離への変換を行う必要はなく、像側のデフォーカス量があれば十分である。

【0039】

< 光量バランスの崩れが発生する要因 >

次に、光量バランスの崩れが発生する要因について説明する。

【0040】

第1の光電変換部161が受光する光量1と、第2の光電変換部162が受光する光量2は、結像光学系120のヴィネティング(口径蝕)により像高に依存して変化し、一般に撮像素子101の周辺領域ほど受光光量は低下する。図6(A)は、第1の光電変換部161が受光する光束と第2の光電変換部162が受光する光束のヴィネティングを説明するための図である。第1の光電変換部161は、結像光学系120の射出瞳103上の第1の瞳領域261を通過した光束を受光し、第2の光電変換部162は、結像光学系120の射出瞳103上の第2の瞳領域262を通過した光束を受光する。

【0041】

中心像高601に位置する第1の光電変換部161と第2の光電変換部162が受光する光束621と光束622に対しては、光軸140に対して対称にヴィネティングが発生する。したがって、光量1と光量2の比は1になる(光量バランスの崩れは生じない)。

【0042】

これに対し、周辺像高602に位置する第1の光電変換部161と第2の光電変換部1

10

20

30

40

50

6 2 が受光する光束 6 3 1 と光束 6 3 2 に対しては、有効絞り 6 1 0 により光軸 1 4 0 に対して非対称にヴィネティングが発生する。したがって、光量 1 と光量 2 の比が 1 とはならない（光量バランスの崩れが生じる）。

【 0 0 4 3 】

また、光量バランスの崩れは、第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 が図 5 (A) に示すように入射角度依存性の高い感度特性を有することによっても発生する。図 6 (B) は、図 5 (A) と同様に画素の受光感度入射角度特性を示しており、中心像高 6 0 1 と周辺像高 6 0 2 が受光する光束の角度範囲を説明するための図である。

【 0 0 4 4 】

中心像高 6 0 1 においては、光束 6 2 1 と光束 6 2 2 から構成される光束の主光線は、光軸と平行であるため、第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 は角度範囲 6 0 3 の光束を受光する。角度範囲 6 0 3 内では、第 1 の光電変換部 1 6 1 の受光感度を示す実線 5 0 1 の積分値（角度範囲 6 0 3 内の積分値）と第 2 の光電変換部 1 6 2 の受光感度を示す破線 5 0 2 の積分値（角度範囲 6 0 3 内の積分値）の比は 1 となる。すなわち、光量バランスの崩れは発生しない。

【 0 0 4 5 】

これに対し、周辺像高 6 0 2 においては、光束 6 3 1 と光束 6 3 2 から構成される光束の主光線は、光軸とは平行とならず、第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 は角度範囲 6 0 4 の光束を受光する。角度範囲 6 0 4 内では、第 1 の光電変換部 1 6 1 の受光感度を示す実線 5 0 1 の積分値（角度範囲 6 0 4 内の積分値）と第 2 の光電変換部 1 6 2 の受光感度を示す破線 5 0 2 の積分値（角度範囲 6 0 4 内の積分値）の比は 1 とはならない。すなわち、光量バランスの崩れが生じる。

【 0 0 4 6 】

本実施形態のデジタルカメラ 1 0 0 においては、結像光学系 1 2 0 のヴィネティングと光電変換部の入射角度依存性との影響により、周辺像高において光量 1 と光量 2 の比が 1 とはならない光量バランスの崩れが発生する。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 3 の像ズレ量の算出処理においては、基準領域 4 2 0 と参照領域 4 2 1 間の相関（すなわち類似度）を評価しているため、光量バランスが崩れた場合には、誤った参照点 4 1 1 にて相関が高いと判定し、算出される像ズレ量に誤差が生じてしまう。

【 0 0 4 8 】

< 光量バランス補正処理についての詳細説明 >

以降、第 1 の画像データと第 2 の画像データの光量バランスの崩れを補正する処理（光量バランス補正処理）について、図 7 及び図 8 を参照しながら詳細に説明する。図 7 は本実施形態における光量バランス補正処理のフローチャートであり、図 8 は本実施形態における光量バランス補正処理を説明する図である。

【 0 0 4 9 】

ステップ S 2 - 1 では、第 1 の画像データから第 1 の部分画像データを抽出し、第 2 の画像データから第 2 の部分画像データを抽出する処理を行う。図 8 (A) に示すように、第 1 の画像データ 8 0 1 から第 1 のデータ範囲 8 2 1 に含まれる第 1 の画像データを抽出し、第 1 の部分画像データ 8 1 1 とする。同様に、第 2 の画像データ 8 0 2 から第 2 のデータ範囲 8 2 2 に含まれる第 2 の画像データを抽出し、第 2 の部分画像データ 8 1 2 とする。第 2 のデータ範囲は、第 1 の画像データ内の第 1 のデータ範囲と対応する位置（第 1 の画像データ内の第 1 のデータ範囲の位置と、第 2 の画像データ内の第 2 のデータ範囲の位置は、相対的に同じ位置）に設定する。図 8 (B) は、光量バランスの崩れが生じないときの第 1 の画像データを第 1 の参考画像データ（実線 8 0 3 ）として示し、光量バランスの崩れが生じないときの第 2 の画像データを第 2 の参考画像データ（破線 8 0 4 ）として示している。なお、横軸は x 方向の像高（画素位置）を示し、図 8 (A) 中の一部の範囲 8 3 0 についてのみ示している。図 8 (B) においては、光量バランスの崩れが無いいため、第 1 の参考画像データと第 2 の参考画像データは、x 方向に相対的に位置がシフトし

10

20

30

40

50

た画像データとなっている。一方、図 8 (C) には、図 8 (A) 中の範囲 8 3 0 に含まれる第 1 の部分画像データと第 2 の部分画像データを示す。図 8 (B) と図 8 (C) の比較から、光量バランスの崩れにより、第 1 の部分画像データのデータ値が低下していることが分かる。光量バランスの崩れを補正せずに、ステップ S 3 の像ズレ量算出処理を行うと、誤った参照点にて相関が高いと判定し、算出される像ズレ量に誤差が生じることになる。

【 0 0 5 0 】

本実施形態では、第 1 のデータ範囲 8 2 1 を第 1 の画像データ 8 0 1 の一部範囲に限定しているが、第 1 のデータ範囲 8 2 1 を第 1 の画像データ 8 0 1 の全域に設定しても構わない。望ましくは、第 1 のデータ範囲 8 2 1 を第 1 の画像データ 8 0 1 の全域にすることで、後述のステップ S 2 - 3 における補正関数の算出に用いるデータ数を多くすることができ、近似誤差を低減することができる。

10

【 0 0 5 1 】

ステップ S 2 - 2 では、第 1 の部分画像データと第 2 の部分画像データの比である画像データ比の算出をする処理（画像データ比算出処理）を行う。第 1 の部分画像データを $Pimg1(xp, yp)$ 、第 2 の部分画像データを $Pimg2(xp, yp)$ 、画像データ比を $Rimg(xp, yp)$ としたとき、画像データ比 $Rimg$ は、数式 4 に従い算出することができる。

【 数 4 】

$$Rimg(xp, yp) = \frac{Pimg1(xp, yp)}{Pimg2(xp, yp)} \quad \dots (数式 4)$$

20

なお、 xp は部分画像データ中の x 方向と対応する方向の座標値を示し、 yp は部分画像データ中の y 方向と対応する方向の座標値を示している。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 - 3 では、画像データ比 $Rimg$ を近似した補正関数 F_n の算出処理を行う。本実施形態では、最小二乗法により補正関数 F_n を算出する。すなわち、像高（ x および / または y ）を変数とする N 次多項式（ N 次関数）の係数を最小二乗近似により算出し、これらの係数を有し像高（画素位置）を変数とする N 次関数で表される補正関数 F_n を採用する。なお、補正関数 F_n の算出は最小二乗法以外にもスプライン法を用いることもできる。また、 N は 1 以上の自然数であれば任意の値で構わない。 N の値を大きくするほど補正関数算出処理の計算量が多くなるので、必要な精度と計算量とを比較して適切な N を採用すればよい。 $N = 5$ でも十分な精度の光量バランスの補正が行えるので、 N としては 5 以下の自然数を採用するようにしてもよい。なお、画像データ比 $Rimg$ は奇関数となるので、 N として奇数の自然数を採用することが計算量の観点から好ましい。

30

【 0 0 5 3 】

より具体的に $N = 1$ とした時を例に説明する。本実施形態の撮像素子 1 0 1 では、第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 が x 方向に並置されている。従って、本実施形態の距離算出装置 1 1 0 においては、A 像（第 1 の画像データを構成する被写体像）と B 像（第 2 の画像データを構成する被写体像）の相対的な位置ズレ（像ズレ）は x 方向に発生する。以上を考慮すると、光量バランスの崩れは x 方向に主として発生する。従って、本実施形態においては補正関数 F_n を x 方向の関数として数式 5 のように表わせる。

40

【 数 5 】

$$Fn(x, y) = a(y)x + b(y) \quad \dots (数式 5)$$

$Rimg$ と F_n の差分二乗和が最小となるように、 $a(y)$ と $b(y)$ を、 y 座標毎に算出すればよい。また、係数 $a(y)$ と $b(y)$ を y 座標毎に算出するのではなく、 y 座標に依存しない定数として算出しても構わない。

50

【 0 0 5 4 】

補正関数の別の形態としては、補正関数 F_n を x 方向と y 方向の関数として表しても構わない。例えば補正関数を 3 次関数で表現する場合には、数式 6 のように表し、各係数を公知の最小二乗法を用いて算出すればよい。なお、この場合も、補正関数 F_n を y 座標に依存しない形式で算出しても構わない。

【 数 6 】

$$F_n(x, y) = a_1 x^3 + a_2 x^2 y + a_3 x y^2 + a_4 y^3 + b_1 x^2 + b_2 x y + b_3 y^2 + c_1 x + c_2 y + d \quad \cdots (\text{数式 6})$$

最小二乗法の手法としては公知の手法を用いることができ、例えば QR 分解法や特異値分解を用いることができる。また、光ショットノイズ等のノイズの影響を低減するために、画像データ比 R_{img} に公知の平滑化フィルタを施してから補正関数 F_n を算出しても構わない。平滑化フィルタとしては、移動平均フィルタやガウシアンフィルタを用いることができる。

【 0 0 5 5 】

図 8 (D) はステップ $S2-2$ 及びステップ $S2-3$ を説明するための図である。図 8 (D) 中の実線 831 は、数式 4 に従い算出した範囲 830 内の画像データ比 R_{img} を示しており、破線 841 は $N=3$ としてステップ $S2-3$ にて算出した範囲 830 内の補正関数 F_n である。なお、横軸は x 方向の像高である。画像データ比はバラつきを持ったデータ列となるが、画像データ比を N 次関数で近似することで、バラつきの影響を低減した補正関数を得ることができる。

【 0 0 5 6 】

ステップ $S2-4$ では、補正関数 F_n を用いて第 1 の画像データを補正する処理を行う。第 1 の補正画像データは、補正関数 F_n を用いて第 1 の画像データを補正した画像データであり、以下では、 $C_{img1}(x, y)$ と表す。また同様に、第 1 の画像データは $I_{img1}(x, y)$ と表す。本実施形態では、第 1 の補正画像データ C_{img1} を、数式 7 に示すように、第 1 の画像データ I_{img1} と補正関数 F_n の逆数に 1 を加えた関数 $(1 + 1/F_n)$: 第 1 の画像データ補正関数) との乗算処理を行って算出している。

【 数 7 】

$$C_{img1}(x, y) = I_{img1}(x, y) \times \left\{ 1 + \frac{1}{F_n(x, y)} \right\} \quad \cdots (\text{数式 7})$$

【 0 0 5 7 】

ステップ $S2-5$ では、補正関数 F_n を用いて第 2 の画像データを補正する処理を行う。第 2 の補正画像データは、補正関数 F_n を用いて第 2 の画像データを補正した画像データであり、以下では、 $C_{img2}(x, y)$ と表す。また同様に、第 2 の画像データは $I_{img2}(x, y)$ と表す。本実施形態では、第 2 の補正画像データ C_{img2} を、数式 8 に示すように、第 2 の画像データ I_{img2} と補正関数 F_n に 1 を加えた関数 $(1 + F_n)$: 第 2 の画像データ補正関数) の乗算処理を行って算出している。

【 数 8 】

$$C_{img2}(x, y) = I_{img2}(x, y) \times \{ 1 + F_n(x, y) \} \quad \cdots (\text{数式 8})$$

【 0 0 5 8 】

図 8 (E) は、ステップ $S2-4$ 及びステップ $S2-5$ を説明するための図である。図 8 (E) 中の実線 851 は、数式 7 に従い算出した範囲 830 内の第 1 の補正画像データ C_{img1} を示しており、破線 852 は数式 8 に従い算出した範囲 830 内の第 2 の補正画像データ C_{img2} を示している。なお、横軸は x 方向の像高である。図 8 (E) と図 8 (B) の比較から、本実施形態の光量バランス補正処理を用いることで、光量バランスの崩れを補正することができる。ステップ $S3$ (図 3) では、このように光量バランスが補正された第 1 の補正画像データ C_{img1} と第 2 の補正画像データ C_{img2} を用いて

像ズレ量が算出される。

【 0 0 5 9 】

上述ステップ S 2 - 1 からステップ S 2 - 5 の光量バランス補正処理では、第 1 の画像データと第 2 の画像データから抽出した第 1 の部分画像データと第 2 の部分画像データの比（画像データ比）に基づき、補正関数を算出している。局所領域のみに着目した場合、画像データ比は、第 1 の画像データと第 2 の画像データの光量バランスの崩れの他に、被写体距離に依存した像ズレに起因した比となる。しかしながら、撮影された画像内には、複数の被写体（人物と背景など）が配置される。各被写体は異なる距離に配置されており、さらに様々な空間周波数成分を持つことに起因して本実施形態の画像データ比はバラつきを持ったデータ列となる。本実施形態の光量バランス補正処理では、画像データ比を近似した補正関数を算出することで、画像データ比に含まれる被写体距離に依存した像ズレの影響を緩和している。その結果、予め光量バランスを補正するためのデータを取得することなく、第 1 の画像データと第 2 の画像データとに基づき、光量バランスの崩れを補正している。また、局所領域ではなく、画像データ比内の広い領域に着目して画像データ比を近似した補正関数を算出してもよい。こうすることで、画像データ比に含まれる被写体距離に依存した像ズレの影響だけではなく、第 1 の画像データ及び第 2 の画像データに含まれるノイズの影響を緩和することができる。画像データ比に含まれる被写体距離に依存した像ズレの影響を緩和するためには、第 1 のデータ範囲を、前述したステップ S 3 の像ズレ量算出処理にて用いた基準領域 4 2 0 よりも広い範囲にすることが望ましい。またより望ましくは、第 1 のデータ範囲を、基準領域 4 2 0 と所定の像ズレ量探索範囲を合わせた範囲よりも広くとることが望ましい。いずれの場合においても、局所演算に起因するノイズの影響を低減することができる。

【 0 0 6 0 】

本実施形態の光量バランス補正処理は、第 1 の画像データ及び第 2 の画像データに基づき補正関数を算出しているため、予め補正用のデータを取得する必要がない。従って、光学式手ぶれ補正機構により、結像光学系 1 2 0 の光軸が所定の位置からずれた場合においても、光量バランスの崩れを補正することができる。また、デジタルカメラ 1 0 0 を組み立てた後に、光量バランスを補正するための補正係数を計測する必要が無いため、製造時の調整工程を削減することができ、より低コストにデジタルカメラ 1 0 0 を製造することができる。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 3 の像ズレ量算出処理では、注目点 4 1 0 を順次移動させながら対応点探索を行う際に、隣接する注目点の間では基準領域が重複する。本実施形態の被写体算出手順では、ステップ S 2 にて光量バランスを補正した後に、ステップ S 3 の像ズレ量算出処理を行っているため、重複する領域の光量バランス補正を複数回行うことなく、被写体距離の算出を行うことができる。その為、少ない演算量で被写体距離の算出を行うことができる。

【 0 0 6 2 】

本実施形態の被写体距離算出手順では、第 1 の補正画像データと第 2 の補正画像データに基づき、ステップ S 3（図 3）にて像ズレ量算出処理を行うことで、光量バランスの崩れに起因する像ズレ量の誤算出を低減している。

【 0 0 6 3 】

< 光量バランス補正処理の変形例 >

光量バランス補正処理の具体的な詳細は、上記で説明した方法から変更することができる。例えば、補正関数に基づく補正画像データの算出方法や、補正関数自体の算出方法を変形することができる。まず、補正関数に基づく補正画像データ算出処理の変形例を説明し、次に、補正関数算出処理の変形例を説明する。

【 0 0 6 4 】

（補正画像データ算出方法の変形例）

本実施形態の光量バランス補正処理では、ステップ S 2 - 4 にて第 1 の画像データを補

10

20

30

40

50

正し、ステップ S 2 - 5 にて第 2 の画像データを補正している。本実施形態の光量バランス補正処理の変形例として、第 1 の画像データ補正処理による第 1 の画像データの補正のみを行い、第 2 の画像データ補正処理を省略してもよい。この場合の第 1 の画像データ補正処理では、第 1 の補正画像データ $Cimg1$ を、数式 9 に示すように、第 1 の画像データ $Img1$ と補正関数 F_n の逆数との乗算処理によって算出する。

【数 9】

$$Cimg1(x,y) = \frac{Img1(x,y)}{Fn(x,y)} \quad \dots (数式 9)$$

【0065】

ステップ S 2 - 4 , S 2 - 5 の処理の代わりに、上記第 1 の画像データ補正処理（数式 9）により第 1 の補正画像データを算出する場合には、第 1 の補正画像データと第 2 の画像データ（補正なし）に基づき、ステップ S 3 にて像ズレ量算出処理を行う。上記第 1 の画像データ補正処理（数式 9）は、第 1 の画像データの光量を、第 2 の画像データに合わせることで、光量バランスの崩れを補正している。

【0066】

また、本実施形態の変形例として、第 2 の画像データ補正処理による第 2 の画像データの補正のみを行い、第 1 の画像データ補正処理を省略してもよい。この場合の第 2 の画像データ補正処理では、第 2 の補正画像データ $Cimg2$ を、数式 10 に示すように、第 2 の画像データと補正関数 F_n との乗算処理によって算出する。

【数 10】

$$Cimg2(x,y) = Img2(x,y) \times Fn(x,y) \quad \dots (数式 10)$$

【0067】

ステップ S 2 - 4 , S 2 - 5 の処理の代わりに、上記第 2 の画像データ補正処理（数式 10）により第 2 の補正画像データを算出する場合には、第 1 の画像データ（補正なし）と第 2 の補正画像データに基づき、ステップ S 3 にて像ズレ量算出処理を行う。上記第 2 の画像データ補正処理（数式 10）は、第 2 の画像データの光量を、第 1 の画像データに合わせることで、光量バランスの崩れを補正している。

【0068】

上記変形例では、第 1 の画像データと第 2 の画像データのいずれか一方のみを補正し、他方の光量に合わせることで、光量バランスの崩れを補正している。いずれか一方の画像データのみ光量バランス補正処理を行うことで、光量バランスの補正に必要な演算量をより削減することができる。

【0069】

（補正関数算出方法の変形例 1）

以下では、図 7 を用いて説明した光量バランス補正処理とは一部が異なる光量バランス補正処理の別の形態について図 9 を用いて説明する。図 9 中のステップ S 2 - 1 からステップ S 2 - 5 は、図 7 を用いた説明と重複するため、以下では、新たに追加した処理であるステップ S 2 - 7 からステップ S 2 - 9 について説明する。

【0070】

ステップ S 2 - 7 は、補正関数 F_n と画像データ比 $Rimg$ の類似度を示す相関度を算出する処理（相関度算出処理）である。相関度は、2 つのデータ間の相関の度合いを表す値であればよく、例えば補正関数 F_n と画像データ比 $Rimg$ の共分散を、それぞれの標準偏差で割った値である相関係数を用いることができる。ステップ S 2 - 3 の説明と同様に、本実施形態の距離算出装置 110 においては、x 方向に像ズレが発生することを考慮すると、相関係数は、y 座標毎に算出しても構わない。

【0071】

ステップ S 2 - 8 は、ステップ S 2 - 7 にて算出した相関度と所定の相関度判別閾値を比較し、相関度の高低を判別する処理（相関度判別処理）である。補正関数 F_n と画像デ

10

20

30

40

50

ータ比 R_{img} の相関度が相関度判別閾値（第 2 の閾値に相当）より小さいと判別された場合には、ステップ S 2 - 9 の処理へ進み、相関度判別閾値以上（第 2 の閾値以上）であると判別された場合には、ステップ S 2 - 4 の処理へと進む。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 2 - 9 は、補正関数 F_n の次数を繰り上げるための処理を行う。ステップ S 2 - 8 にて相関度が低いと判別された場合には、補正関数 F_n の近似誤差が大きいと推定される。従って、ステップ S 2 - 9 にて補正関数 F_n の次数 N をより大きい値に変更した後、ステップ S 2 - 3 の補正関数 F_n の算出処理を再度行う。例えば、 N を $N + 1$ へ繰り上げる処理を行う。ここで、 N の増加量は固定値（例えば、1 や 2 ）であってもよいが、ステップ S 2 - 7 にて算出した相関度に応じて、次数の繰り上げ幅を変えることが望ましい。相関度に応じて増加量を変えることで、補正関数 F_n の近似誤差を小さくするために必要なステップ S 2 - 3 の実行回数を少なくすることができ、演算量を低減することができる。このような手法の具体例として、以下のような方法を採用可能である。ステップ S 2 - 8 の相関度を判別する閾値の $1 / 2$ よりも相関度が小さい場合には、次数 N を 4 つ繰り上げる（例えば、次数 N が 1 である場合には、次数 N を 5 に変更して、ステップ S 2 - 3 を再実行する）。一方、相関度が、ステップ S 2 - 8 の相関度を判別する閾値の $1 / 2$ 以上であり、且つ閾値より小さい場合には、次数 N を 2 つ繰り上げる（例えば、次数 N が 1 である場合には、次数 N を 3 に変更して、ステップ S 2 - 3 を再実行する）。

【 0 0 7 3 】

上記ステップ S 2 - 7 からステップ S 2 - 9 の処理をさらに行うことで、補正関数の近似誤差が低減し、より精度良く第 1 の画像データと第 2 の画像データの光量バランスを補正することができる。その結果、本実施形態の被写体距離算出手順における被写体距離算出誤差を低減することができる。

【 0 0 7 4 】

（補正関数算出方法の変形例 2 ）

以下では、図 7 を用いて説明した光量バランス補正処理とは一部が異なる光量バランス補正処理の別の形態について図 10 を用いて説明する。図 10 中のステップ S 2 - 1 からステップ S 2 - 5 は、図 7 を用いた説明と重複するため、以下では、新たに追加した処理であるステップ S 2 - 10 について説明する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 2 - 10 では、画像データ比 R_{img} から、光ショットノイズ等のノイズの影響や被写体距離に起因する像ズレの影響が大きいエラー値を除去する処理（近似点算出用データ生成処理）を、次のように行う。まず、画像データ比 R_{img} に微分フィルタを施して、微分画像データ比を算出する。そして、微分画像データ比の絶対値が所定の近似点判別閾値以下（第 1 の閾値以下）のデータ位置と対応する画像データ比内のデータ列のみを抽出し、新たに画像データ比を生成する。

【 0 0 7 6 】

上記ステップ S 2 - 10 の処理をさらに行うことで、補正関数の近似誤差が低減し、より精度良く第 1 の画像データと第 2 の画像データの光量バランスを補正することができる。その結果、本実施形態の被写体距離算出手順における被写体距離算出誤差を低減することができる。また、図 10 に記載のステップ S 2 - 3 においては、スプライン法（スプライン補間）により補正関数を算出してもよい。すなわち、エラー値を除去した後の画像データ比を、 x 方向に複数の領域に区分し、 N 次のスプライン曲線を表す N 次多項式を補正関数 F_n としても構わない。

【 0 0 7 7 】

なお、図 7 を用いて説明した光量バランス補正処理に、図 9 に記載のステップ S 2 - 7 からステップ S 2 - 9 および図 10 に記載のステップ S 2 - 10 の処理の両方を行うようにしても構わない。その際は、図 11 に示すフローで処理を行うようにしてもよい。すなわち、ステップ S 2 - 9 の代わりに、補正関数 F_n の次数を繰り上げる他に、近似点判別閾値の変更を追加したステップ S 2 - 9' を行っても構わない。ステップ S 2 - 9' を行

った後は、ステップ S 2 - 1 0 またはステップ S 2 - 3 のいずれかの処理へと戻る。

【 0 0 7 8 】

図 1 0 及び図 1 1 を用いて説明した光量バランス補正処理においては、画像データ比に対して微分フィルタを作用させることで、エラー値を検出し、除去している。エラー値は、画像データ取得時に生じる各種ノイズ（光ショットノイズ等）や像ズレに起因して生じるため、エラー値を除去することで、より精度よく補正関数を生成できる。その結果、第 1 の画像データと第 2 の画像データの光量バランスを良好に補正することができ、精度よく被写体距離を算出することができる。

【 0 0 7 9 】

< 撮像素子 1 0 1 の別の形態 >

10

本実施形態における撮像素子 1 0 1 の別の形態として、図 1 2 (A) に示すように、2 種類の画素群 1 5 0 , 1 2 5 0 を市松格子状に配列した構成としてもよい。画素群 1 5 0 は、第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 を x 方向に配列した画素群である。画素群 1 5 0 から得られる画像データに上記の距離算出処理を適用することで、x 方向に輝度変化する被写体の距離を算出することができる。画素群 1 2 5 0 は、第 1 の光電変換部 1 6 1 と第 2 の光電変換部 1 6 2 を y 方向に配列した画素群 1 2 5 0 に配列した画素群である。画素群 1 2 5 0 から得られる画像データに上記の距離算出処理を適用することで、y 方向に輝度変化する被写体の距離を算出することができる。

【 0 0 8 0 】

また、撮像素子 1 0 1 の別の形態として、図 1 2 (B) に示すように、2 種類の測距画素群を採用してもよい。第 1 の測距画素群は、第 1 の光電変換部 (1 6 1) のみを有する画素 (緑画素 1 5 0 G 1、赤画素 1 5 0 R 1、青画素 1 5 0 B 1) から構成される画素群である。第 2 の測距画素群は、第 2 の光電変換部 1 6 2 のみを有する画素 (緑画素 1 5 0 G 2、赤画素 1 5 0 R 2、青画素 1 5 0 B 2) から構成される画素群である。図 1 2 (B) に示すように第 1 の光電変換部 1 6 1 の面積を第 2 の光電変換部 1 6 2 よりも広くとる。各画素中の複数の第 1 の光電変換部 1 6 1 にて生成される画像データと各画素中の複数の第 2 の光電変換部 1 6 2 にて生成される画像データの差分データを前述の第 1 の画像データとすることで、被写体までの距離を算出することができる。

20

【 0 0 8 1 】

第 1 の光電変換部 1 6 1 により生成された画像データと第 2 の光電変換部 1 6 2 により生成された画像データとの間に、被写体の距離に応じた相対的な位置ズレが生じればよく、いずれの形態であっても被写体までの距離を算出することができる。

30

【 0 0 8 2 】

また、撮像素子 1 0 1 の別の形態として、図 1 2 (B) に示す第 1 の測距画素群の第 1 の光電変換部 (1 6 1) は、結像光学系の第 1 の瞳領域を通過する第 1 の光束のみを受光するように構成してもよい。この場合、第 1 の光電変換部 1 6 1 にて生成される画像データが第 1 の画像データとなる。

【 0 0 8 3 】

尚、測距画素を撮像素子 1 0 1 の全面に配置する必要はなく、測距画素を撮像素子 1 0 1 の一部領域にのみ配置し、他の領域については通常の撮像素子を配置する構成にしてもよい。撮影画素は、結像光学系 1 2 0 の射出瞳全体を通過する光束 (第 1 および第 2 の光束) を受光および光電変換して撮影画像データを生成する光電変換部 (第 3 の光電変換部) を備える。この場合、観賞用画像は、撮影画素から得られる画像データ (撮影画像データ) のみから生成してもよいし、撮影画素および測距画素から得られる画像データから生成してもよい。測距画素に比べて撮影画素は光電変換部の体積が大きいために S N 比の高い像信号を取得することができる。測距画素が占める領域と撮像素子が占める領域の面積比を必要に応じて設定することで、被写体距離の算出精度と観賞用画像の画質を両立することができる。

40

【 0 0 8 4 】

[第 2 の実施形態]

50

以下、図を参照しながら本発明の第二の実施形態について詳細に説明する。

【0085】

以下の説明では、本発明の距離算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、本発明の距離算出装置はデジタル距離計測器に適用することができる。

【0086】

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避ける。

【0087】

図13において、1300は本実施形態の距離算出装置1310を備えたデジタルカメラである。デジタルカメラ1300は、結像光学系120、撮像素子101、距離算出部102、画像生成部（不図示）、レンズ駆動制御部（不図示）、補正関数格納メモリ部1301、撮影条件取得部1302が、カメラ筐体130の内部に配置され、構成される。距離算出装置1310は、結像光学系120、撮像素子101、距離算出部102、補正関数格納メモリ部1301、撮影条件取得部1302から構成される。

10

【0088】

補正関数格納メモリ部1301には、過去の撮影時に算出した補正関数が撮影時の撮影条件と対応付けて格納されている。

【0089】

結像光学系120は、デジタルカメラ1300の撮影レンズであり、被写体の像を撮像面である撮像素子101に形成する機能を有する。結像光学系120は複数のレンズ群（不図示）、絞り（不図示）、光学式手ぶれ補正機構（不図示）から構成され、撮像素子101から所定距離離れた位置に射出瞳103を有する。光学式手ぶれ補正機構は、ジャイロ機構を備えた補正レンズから構成され、手ぶれを打ち消す方向に補正レンズを動作させることで、光軸のぶれを補正している。撮影条件取得部1302は、結像光学系120の焦点距離情報、絞り値情報、光軸のぶれを補正した量（設定値からの光軸のシフト量）などの撮影条件情報を取得している。

20

【0090】

< 光量バランス補正処理についての詳細説明 >

以降、本実施形態の光量バランス補正処理について、図14を参照しながら詳細に説明する。なお、図14中のステップS2-1からステップS2-5は、図7を用いた説明と重複するため、以降の説明ではステップS2-11からステップS2-14について説明する。

30

【0091】

ステップS2-11では、撮影条件取得部1302から撮影条件情報を取得する処理を行う。

【0092】

ステップS2-12は、撮影条件情報から、既に補正関数格納メモリ部1301に格納されている補正関数 F_n を使用可能か判別する処理である。第1の画像データ及び第2の画像データを取得した時の撮影条件と、補正関数格納メモリ部1301に格納されている補正関数 F_n を生成した時の撮影条件が異なる場合には、新たに補正関数 F_n を生成する必要があるとして、ステップS2-1の処理へ進む。一方、撮影条件が、補正関数格納メモリ部1301に格納されている補正関数 F_n を生成した時の撮影条件が略同一の場合には、ステップS2-13へ進む。撮影条件情報としては、例えば、焦点距離、絞り値、光軸のシフト量を用いることができる。

40

【0093】

ステップS2-13は、補正関数格納メモリ部1301から補正関数 F_n を読み出す処理を行う。

【0094】

ステップS2-14は、ステップS2-3を経て算出した補正関数 F_n を、補正関数格

50

納メモリ部 1 3 0 1 へ撮影条件と共に格納する処理を行う。

【 0 0 9 5 】

本実施形態の距離算出装置 1 3 1 0 は、距離算出部 1 0 2 内において、図 1 4 を用いて説明した光量バランス補正処理を行っている。これによると、過去に同一の撮影条件がある場合には、その時に生成した補正関数を読み出し、再利用することで、補正関数の算出にかかる処理を低減し、より短時間での被写体距離算出を可能としている。

【 0 0 9 6 】

なお、本実施形態では、図 1 4 の光量バランス補正処理を用いたが、図 9 や図 1 0 を用いて説明した光量バランス補正処理に、上述のステップ S 2 - 1 1 からステップ S 2 - 1 4 の処理を加えた処理としても構わない。いずれの場合においても、補正関数を再利用することでより短時間での被写体距離算出を行うことができる。

【 0 0 9 7 】

上述した第 1 および第 2 の実施形態における距離算出装置の具体的な実装は、ソフトウェア（プログラム）による実装と、ハードウェアにより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、CPU、MPU、FPGA 等）のメモリにコンピュータプログラムを格納し、当該コンピュータプログラムをコンピュータに実行させて、各処理を実現させてもよい。また、本発明の全部また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。また、本発明は、クラウド環境におけるサーバーにも適用可能である。

【 0 0 9 8 】

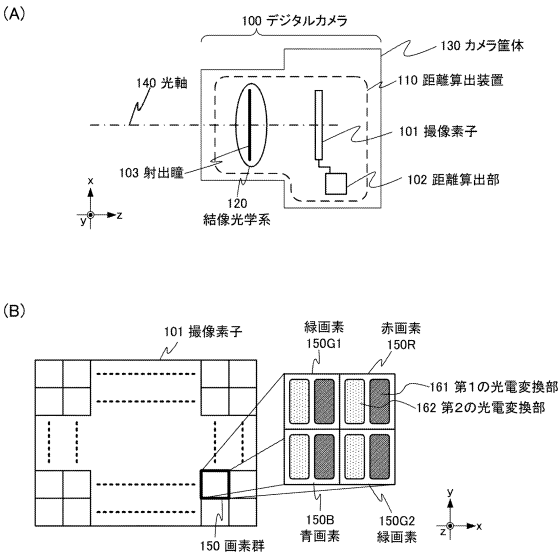
また、例えば、記憶装置に記録されたプログラムを読み込み実行することで前述した実施形態の機能を実現するシステムや装置のコンピュータによって実行されるステップからなる方法によっても、本発明を実施することができる。この目的のために、上記プログラムは、例えば、ネットワークを通じて、又は、上記記憶装置となり得る様々なタイプの記録媒体（つまり、非一時的にデータを保持するコンピュータ読取可能な記録媒体）から、上記コンピュータに提供される。よって、上記コンピュータ（CPU、MPU 等のデバイスを含む）、上記方法、上記プログラム（プログラムコード、プログラムプロダクトを含む）、上記プログラムを非一時的に保持する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。

【 符号の説明 】

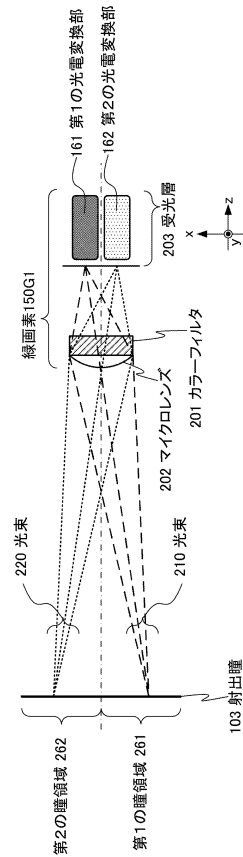
【 0 0 9 9 】

- 1 0 2 距離算出部
- 1 0 3 射出瞳
- 1 1 0 距離算出装置
- 1 2 0 結像光学系

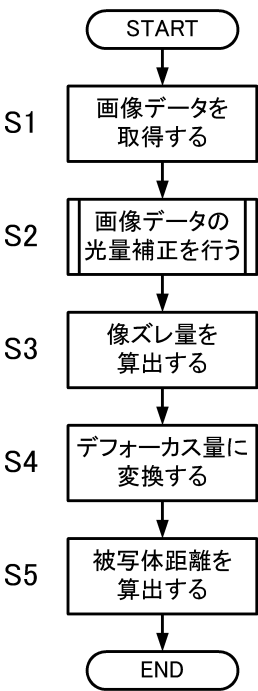
【図 1】



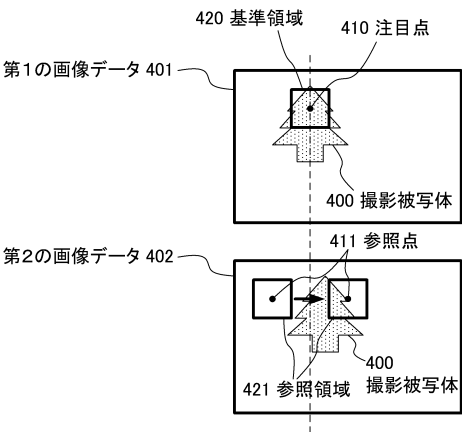
【図 2】



【図 3】

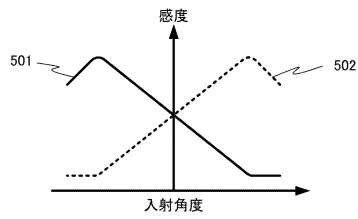


【図 4】

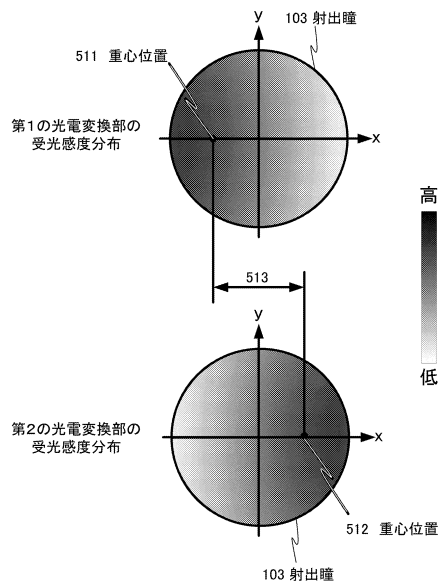


【図 5】

(A)

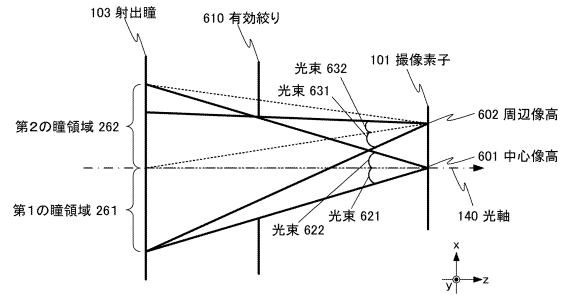


(B)

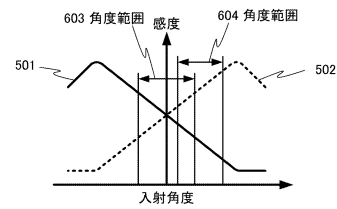


【図 6】

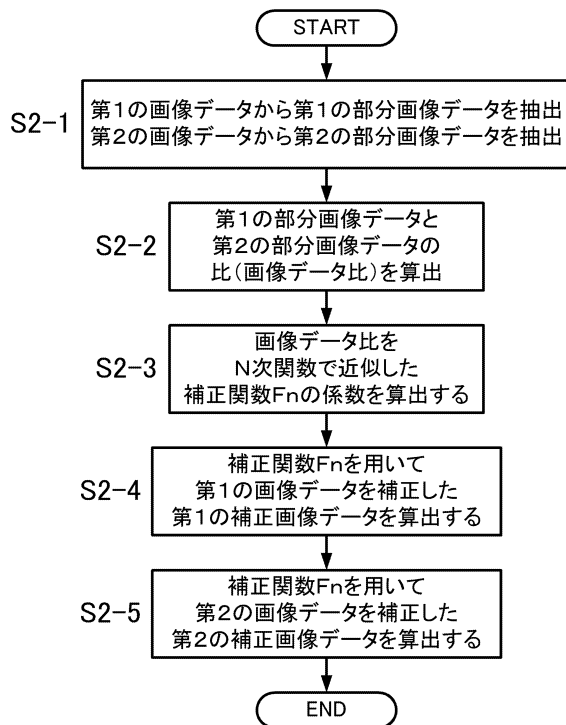
(A)



(B)

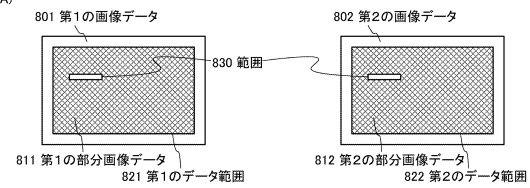


【図 7】

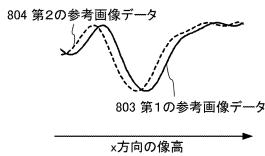


【図 8】

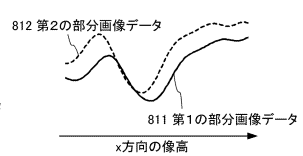
(A)



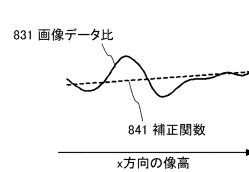
(B)



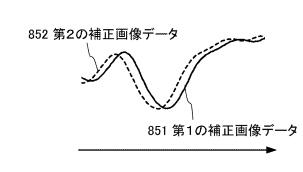
(C)



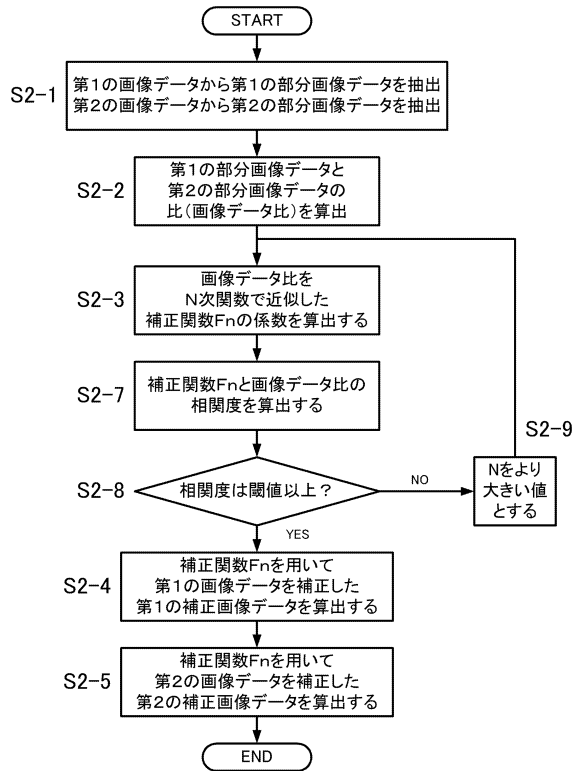
(D)



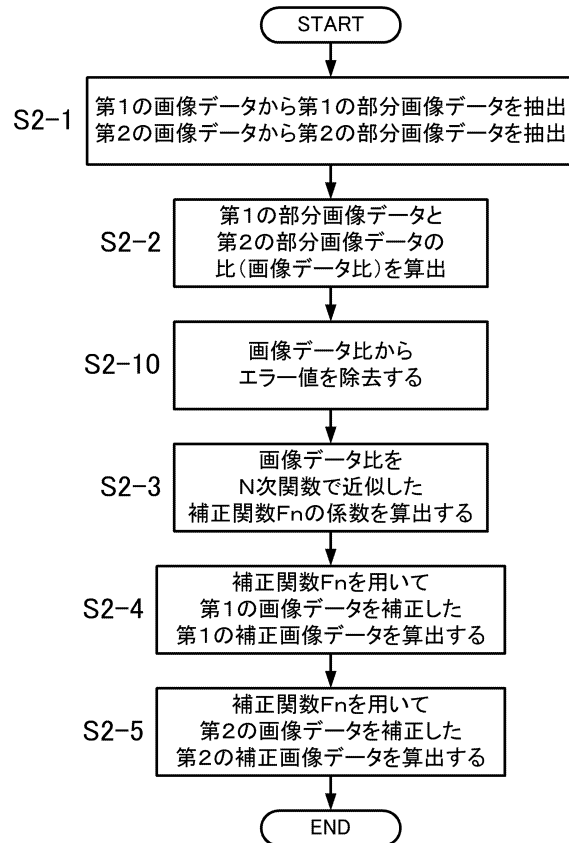
(E)



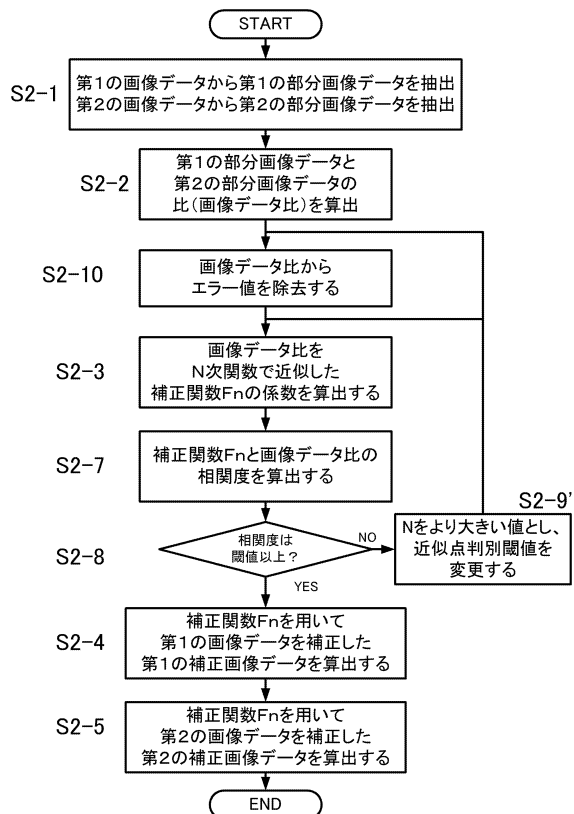
【図 9】



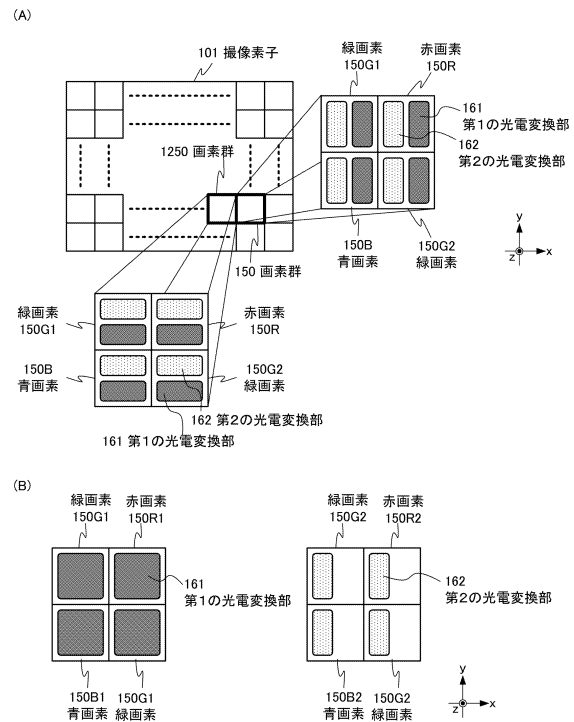
【図 10】



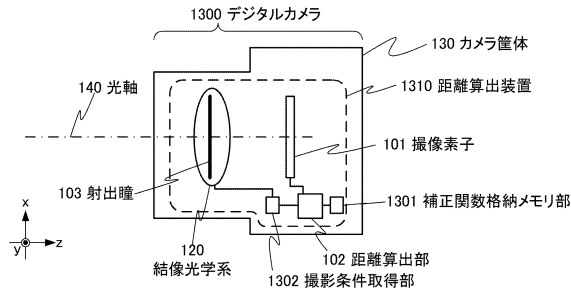
【図 11】



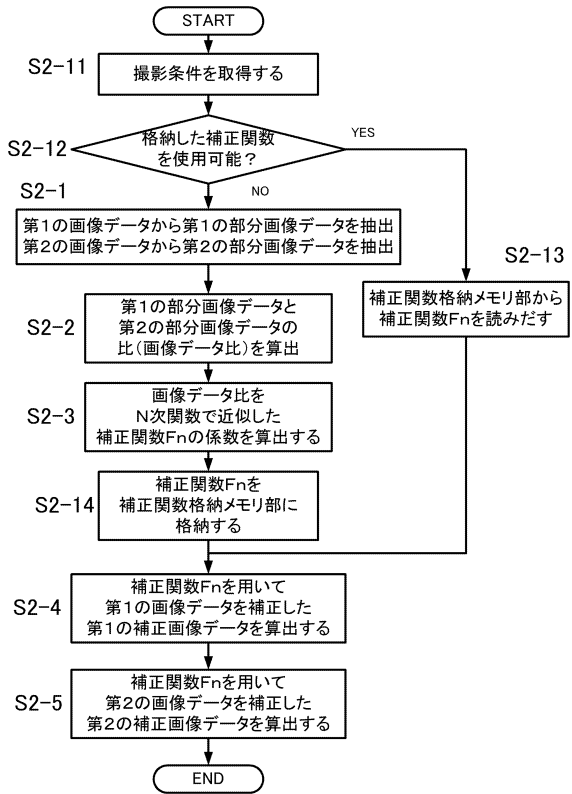
【図 12】



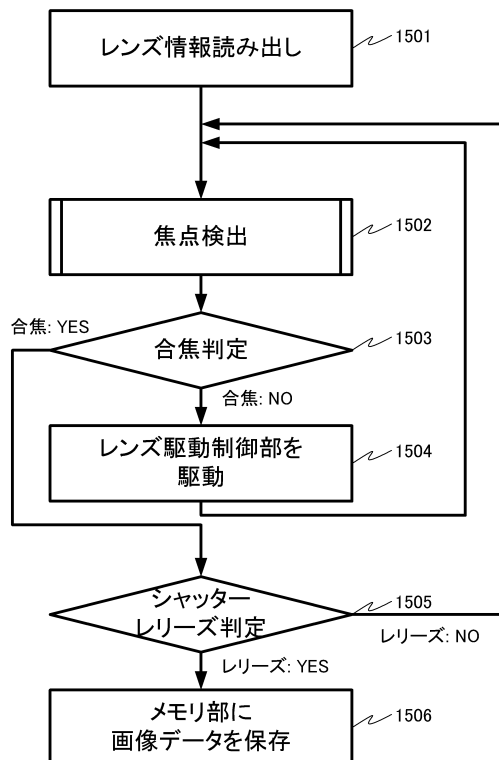
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(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

審査官 登丸 久寿

(56)参考文献 特開2010-145544(JP,A)

特開2013-190471(JP,A)

特開2007-189312(JP,A)

特開2012-008424(JP,A)

特開2011-176714(JP,A)

特開2004-191629(JP,A)

特開2013-083999(JP,A)

特開2009-258231(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 7/34

G01C 3/06

G03B 13/36

H04N 5/232