

(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2018-141908

(P2018-141908A)

(43) 公開日 平成30年9月13日(2018.9.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 7/34 (2006.01)	G O 2 B 7/34	2 H O 1 1
G 0 3 B 13/36 (2006.01)	G O 3 B 13/36	2 H 1 5 1
H O 4 N 5/232 (2006.01)	H O 4 N 5/232 H	5 C 1 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-36948 (P2017-36948)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成29年2月28日 (2017. 2. 28)		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	一宮 敬
			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 BA21 BB02
			2H151 AA06 BA02 CB22 CB25 CD10
			CD23 CD25 DA31
			最終頁に続く

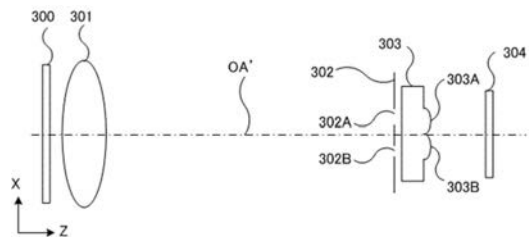
(54) 【発明の名称】 焦点検出装置、フォーカス制御装置、撮像装置、焦点検出方法および焦点検出プログラム

(57) 【要約】

【課題】 対の被写体像が相関方向に直交する方向にずれることによる焦点検出精度の低下を抑える。

【解決手段】 焦点検出装置は、光束を分割する焦点検出光学系303により形成された対の被写体像を、互いに直交する第1の方向および第2の方向に二次元配列された複数の光電変換部を有する焦点検出素子304により光電変換して撮影光学系100の焦点状態を検出する。信号生成手段210は、焦点検出素子からの出力を用いて対の位相差像信号を生成する。算出手段210は、対の位相差像信号の第1の方向での位相差を算出し、該位相差から焦点状態を取得する。信号生成手段は、対の被写体像の第2の方向での形状および位置のうち少なくとも一方のずれに関する対の位相差像信号の補正を行う。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮影光学系からの光束を分割する焦点検出光学系により形成された対の被写体像を、互いに直交する第 1 の方向および第 2 の方向に二次元配列された複数の光電変換部を有する焦点検出素子により光電変換して前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出装置であって、

前記焦点検出素子からの出力を用いて対の位相差像信号を生成する信号生成手段と、

前記対の位相差像信号の前記第 1 の方向での位相差を算出し、該位相差から前記焦点状態を取得する算出手段とを有し、

前記信号生成手段は、前記対の被写体像の前記第 2 の方向での形状および位置のうち少なくとも一方のずれに関する前記対の位相差像信号の補正を行うことを特徴とする焦点検出装置。

【請求項 2】

前記ずれは、前記焦点検出光学系の収差および前記焦点検出光学系と前記焦点検出素子との相対位置ずれのうち少なくとも一方により生ずることを特徴とする請求項 1 に記載の焦点検出装置。

【請求項 3】

前記信号生成手段は、前記対の被写体像の前記第 2 の方向での形状のずれに応じた前記対の位相差像信号の形状差を低減する前記補正を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の焦点検出装置。

【請求項 4】

前記対の被写体像が前記第 2 の方向において互いに反対側への第 1 の歪みおよび第 2 の歪みを有することで前記形状のずれが生じており、

前記信号生成手段は、前記対の位相差像信号のそれぞれが、前記第 1 および第 2 の歪みの間の歪みを有する被写体像に対応する位相差像信号となるように前記補正を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の焦点検出装置。

【請求項 5】

前記信号生成手段は、前記対の被写体像の前記第 2 の方向での位置のずれに応じた前記対の位相差像信号の前記第 1 の方向での位相差誤差を低減する前記補正を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の焦点検出装置。

【請求項 6】

前記信号生成手段は、前記収差および前記相対位置ずれのうち少なくとも一方に関する補正情報を取得し、該補正情報を前記複数の光電変換部のそれぞれから得られる信号に適用することで前記補正を行うことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の焦点検出装置。

【請求項 7】

前記信号生成手段は、前記補正情報としての重み付け係数を前記複数の光電変換部のそれぞれから得られる信号に乗じて重み付け加算を行うことで前記補正を行うことを特徴とする請求項 6 に記載の焦点検出装置。

【請求項 8】

前記信号生成手段は、被写体を照らす光源の種類を判定し、該光源の種類に応じた前記補正情報を用いることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の焦点検出装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の焦点検出装置と、

前記位相差に基づいて前記撮影光学系のフォーカスレンズの駆動を制御する制御手段とを有することを特徴とするフォーカス制御装置。

【請求項 10】

被写体像を撮像するための撮像素子と、

請求項 9 に記載のフォーカス制御装置とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 11】

撮影光学系からの光束を分割する焦点検出光学系により形成された対の被写体像を、互いに直交する第 1 の方向および第 2 の方向に二次元配列された複数の光電変換部を有する焦点検出素子により光電変換して前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出方法であって、

前記焦点検出素子からの出力を用いて対の位相差像信号を生成する信号生成ステップと

、
前記対の位相差像信号の前記第 1 の方向での位相差を算出し、該位相差から前記焦点状態を取得する算出ステップとを有し、

前記信号生成ステップにおいて、前記対の被写体像の前記第 2 の方向での形状および位置のうち少なくとも一方のずれに関する前記対の位相差像信号の補正を行うことを特徴とする焦点検出方法。

10

【請求項 1 2】

撮影光学系からの光束を分割する焦点検出光学系により形成された対の被写体像を、互いに直交する第 1 の方向および第 2 の方向に二次元配列された複数の光電変換部を有する焦点検出素子により光電変換して前記撮影光学系の焦点状態を検出するコンピュータに、

前記焦点検出素子からの出力を用いて対の位相差像信号を生成する信号生成処理と、

前記対の位相差像信号の前記第 1 の方向での位相差を算出し、該位相差から前記焦点状態を取得する算出処理とを実行させ、

前記信号生成処理において、前記コンピュータに、前記対の被写体像の前記第 2 の方向での形状および位置のうち少なくとも一方のずれに関する前記対の位相差像信号の補正を行わせることを特徴とする焦点検出プログラム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一眼レフカメラ等の撮像装置において二次元配列された光電変換画素を有する焦点検出素子を用いる焦点検出技術に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像装置には、位相差検出方式で撮影光学系の焦点状態（デフォーカス量）を検出するものがある。この位相差検出方式では、撮影光学系を通った光束を分割し、これら分割光束により形成された対の被写体像を焦点検出素子により光電変換することで生成された対の位相差像信号のずれ量である位相差を演算し、該位相差からデフォーカス量を算出する。また、撮像装置には、焦点検出素子として、二次元配列された複数の光電変換部（画素）を含むものを用いるものもある。このような位相差検出方式の焦点検出を行う撮像装置には、焦点検出素子上に被写体像を結像させるための位相差検出専用の二次結像光学系が設けられている。

30

【0003】

ただし、撮影光学系や二次結像光学系の収差によって焦点検出素子上に結像した被写体像が焦点検出素子の画素配列方向において歪むと、一对の位相差像信号が被写体像のうち互いに異なる領域を光電変換して生成された信号となる。この結果、一对の位相差像信号の位相差を精度良く検出することが困難である。

40

【0004】

この問題を解消するために、特許文献 1 には、焦点検出素子の画素内に、二次結像光学系の収差に合わせた遮光層を設けることによって、該収差による影響を補正することが可能な撮像装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 11-191867 号公報

50

【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、撮影光学系や二次結像光学系の組立誤差や部品寸法公差等によって、対の被写体像が撮影光学系の焦点状態に相関を持って変位する方向である相関方向に対して直交する方向に相対的にずれる。この結果、特許文献1にて開示されているように焦点検出素子が遮光層を有していても、一对の位相差像信号が被写体像のうち互いに異なる領域を光電変換して生成された信号となり、それらの位相差を精度良く検出することができなくなる。

【0007】

本発明は、対の被写体像が相関方向に直交する方向において相対的にずれること等により焦点検出精度の低下を抑えることができるようにした焦点検出装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としての焦点検出装置は、撮影光学系からの光束を分割する焦点検出光学系により形成された対の被写体像を、互いに直交する第1の方向および第2の方向に二次元配列された複数の光電変換部を有する焦点検出素子により光電変換して撮影光学系の焦点状態を検出する。該装置は、焦点検出素子からの出力を用いて対の位相差像信号を生成する信号生成手段と、対の位相差像信号の第1の方向での位相差を算出し、該位相差から焦点状態を取得する算出手段とを有する。信号生成手段は、対の被写体像の第2の方向での形状および位置のうち少なくとも一方のずれに関する対の位相差像信号の補正を行うことを特徴とする。

【0009】

なお、上記焦点検出装置と、位相差に基づいてフォーカスレンズの駆動を制御する制御手段とを有するフォーカス制御装置も、本発明の他の一側面を構成する。また、被写体像を撮像するための撮像素子と、上記フォーカス制御装置とを有する撮像装置も、本発明の他の一側面を構成する。

【0010】

さらに、本発明の他の一側面としての焦点検出方法は、撮影光学系からの光束を分割する焦点検出光学系により形成された対の被写体像を、互いに直交する第1の方向および第2の方向に二次元配列された複数の光電変換部を有する焦点検出素子により光電変換して撮影光学系の焦点状態を検出する方法である。該方法は、焦点検出素子からの出力を用いて対の位相差像信号を生成する信号生成ステップと、対の位相差像信号の第1の方向での位相差を算出し、該位相差から焦点状態を取得する算出ステップとを有する。信号生成ステップにおいて、対の被写体像の第2の方向での形状および位置のうち少なくとも一方のずれに関する対の位相差像信号の補正を行うことを特徴とする。

【0011】

なお、コンピュータに、上記焦点検出方法に従う処理を実行させるコンピュータプログラムである焦点検出プログラムも、本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、位相差を取得する第1の方向に直交する第2の方向での対の被写体像のずれに起因する焦点検出精度の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施例である撮像装置の構成を示すブロック図。

【図2】実施例における焦点検出光学ユニットの構成を示す断面図。

【図3】実施例における焦点検出光学ユニットの視野マスク300のXY平面図

【図4】実施例における焦点検出素子上のA像およびB像を示す図。

【図5】光学歪みを示す図。

10

20

30

40

50

【図 6】実施例における歪み補正を説明する図。

【図 7】実施例における補正係数の設定処理を示すフローチャート。

【図 8】実施例において焦点検出素子上に結像した斜め線チャート像を示す図。

【図 9】焦点検出素子上の 2 つの画素ライン上における斜め線チャート像の位置と位相差像信号との関係を示す図。

【図 10】上記 2 つの画素ライン上における横線チャート像の位置と位相差像信号との関係を示す図。

【図 11】実施例における焦点検出素子上の A 像の重心移動量の分布を示す図。

【図 12】実施例におけるフォーカス制御処理を示すフローチャート。

【図 13】実施例における他の歪み補正を説明する図。

10

【発明を実施するための形態】

【0014】

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。

【0015】

図 1 には、本発明の実施例 1 である焦点検出装置を備えた撮像装置 200 の構成を示している。撮像装置 200 には、撮影レンズ（交換レンズ）100 が不図示のマウント部に設けられたレンズ装着機構を介して取り外し可能に取り付けられる。マウント部には、電気接点ユニット 104 が設けられている。撮影レンズ 100 内には、フォーカスレンズ 101 と不図示の変倍レンズや絞等により構成される撮影光学系が設けられている。

【0016】

20

不図示の被写体からの光束は、撮影光学系を通して撮像装置 200 内のメインミラー 201 に導かれる。メインミラー 201 は、図示のように撮影光路内に光軸に対して斜めに配置されて被写体からの光束を上方のファインダ光学系に導く第 1 の位置と、撮影光路外に退避する第 2 の位置とに移動が可能である。

【0017】

メインミラー 201 の中央部はハーフミラー部になっており、メインミラー 201 が第 1 の位置に配置されているときには、被写体からの光束の一部が該ハーフミラー部を透過する。そして、この透過した光束は、メインミラー 201 の背面側に設けられたサブミラー 202 で反射されて焦点検出光学ユニット 207 に導かれる。焦点検出光学ユニット 207 の詳細な構成については後述する。一方、メインミラー 201 で反射された光束は、撮像素子 209 と光学的に共役な位置に配置されたピント板 203 上に結像する。ピント板 203 にて拡散されてこれを透過した光（被写体像）は、ペンタダハプリズム 204 によって正立像に変換される。正立像は、接眼レンズ 205 によって拡大されてユーザにより観察される。拡散光の一部は測光ユニット 214 に導かれる。測光ユニット 214 からの測光信号を用いて、被写体の輝度や被写体を照らす照明光の種類を検出することができる。

30

【0018】

また、メインミラー 201 が第 2 の位置に退避すると、サブミラー 202 もメインミラー 201 に対して折り畳まれて撮影光路外に退避する。撮影レンズ 100 からの光束は、機械シャッターであるフォーカルプレーンシャッター 208 を通過し、撮像素子 209 に至る。フォーカルプレーンシャッター 208 は、撮像素子 209 に入射する光量を制限する。撮像素子 209 は、撮影レンズ 100 により形成された被写体像を光電変換して電気信号を出力する CCD センサや CMOS センサ等の光電変換素子により構成されている。

40

【0019】

カメラ CPU 210 は、撮像装置 200 および撮影レンズ 100 の各種動作を制御したり各種演算を行ったりするコントローラである。カメラ CPU 210 は、電気接点ユニット 104 を介して撮影レンズ 100 内のレンズ CPU 103 と通信を行う。

【0020】

また、カメラ CPU 210 は、焦点検出光学ユニット 207 からの出力信号を用いて生成した対の位相差像信号に対して相関演算を行って該対の位相差像信号の位相差を算出し

50

、該位相差を用いて撮影光学系の焦点状態を示すデフォーカス量を算出（取得）する。そして、該デフォーカス量を含むフォーカス駆動命令をレンズCPU103に送信する。レンズCPU103は、フォーカス駆動命令に応じてレンズ駆動機構102を制御することでフォーカスレンズ101を撮影光学系の光軸OAの方向に駆動する。レンズ駆動機構102は、ステッピングモータを駆動源として有する。このようにして、位相差検出方式による焦点検出とフォーカスレンズ駆動を含む位相差AFが行われる。カメラCPU210は、信号生成手段および算出手段を有する焦点検出装置に相当し、さらに制御手段を有するフォーカス制御装置に相当する。

【0021】

また、カメラCPU210には、撮像装置200を制御するために必要なパラメータや、撮像装置200の個体識別を行うためのカメラ識別情報や、後述する補正係数等が記憶されたEEPROM（記憶手段）211が接続されている。

【0022】

さらに、カメラCPU210は、撮像素子209からの出力信号（撮像信号）に対して各種処理を行うことで画像データを生成する。表示装置212は、液晶表示素子等により構成され、カメラCPU210が生成した画像データを表示したりユーザが設定する項目を表示したりする。

【0023】

また、カメラCPU210には、ユーザによる操作を検出する操作検出部213が接続されている。操作検出部213は、不図示のリリースボタンやAF開始ボタン等の操作部材に対するユーザ操作を検出する。

【0024】

図2には焦点検出光学ユニット207のYZ断面を示している。また、図3には視野マスク300のXY面を示している。Z軸は焦点検出光学ユニット207の光軸OA'と同じ方向に延び、X軸は視野マスク300の開口300Aの長手方向に延び、Y軸は該長手方向に直交する方向に延びている。

【0025】

焦点検出光学ユニット207は、光軸OA'に沿って、視野マスク300、フィールドレンズ301、多孔絞り302、再結像レンズユニット303および焦点検出素子304をこの順で含む。視野マスク300、フィールドレンズ301、多孔絞り302および再結像レンズユニット303により焦点検出光学系が構成される。

【0026】

視野マスク300は、図3に示すように、撮影光学系を通過した光束を制限するための矩形の開口300Aを中央部に有する。図3中の501は後の説明で用いられる被写体像を示す。視野マスク300は、撮影光学系の予定結像面の近傍に配置される。多孔絞り302は薄板により構成され、2つ（対）の絞り開口302A、302Bを有する。フィールドレンズ301は、多孔絞り302の絞り開口形状を撮影光学系の瞳面近傍に結像させる。これにより、撮影光学系を通過した光束が分割される。

【0027】

再結像レンズユニット303は、撮影光学系によって形成された予定結像面上の被写体像を焦点検出素子304上に再結像させるレンズユニットであり、2つ（対）の再結像レンズ303Aおよび再結像レンズ303Bを有する。焦点検出素子304上には、絞り開口302Aおよび再結像レンズ303Aを通過した光束により被写体像が形成されるとともに、絞り開口302Bおよび再結像レンズ303Bを通過した光束により被写体像が形成される。

【0028】

焦点検出素子304は、CCDセンサやCMOSセンサ等の光電変換素子により構成され、XY面内にて二次元配列された複数の光電変換部（以下、画素という）を有する。カメラCPU210は、焦点検出素子304において指定した読み出し領域内の画素群の電荷を位相差像信号として読み出すことができる。

10

20

30

40

50

【0029】

図4には、撮影光学系が合焦状態にあるときの焦点検出素子304上の被写体像と画素との位置関係を示している。二次元配列された複数の画素400上には、再結像レンズ303Aが被写体像402Aを形成し、再結像レンズ303Bが被写体像402Bを形成している。これら対の被写体像402A、402Bが分かれて形成されるX方向が、対の被写体像が撮影光学系の焦点状態に相関を持って変位する相関方向、すなわち対の位相差像信号の位相差が変化する方向であり、以下の説明ではVe1方向（第1の方向）という。Ve1方向に直交する方向（Y方向）を、Ve2方向（第2の方向）という。また、401A、401Bは、被写体像402A、402Bの像外形を表している。像外形は視野マスク300の矩形開口300Aの形状に依存する。

10

【0030】

403はVe1方向における被写体像402A、402B間の相対距離である。撮影光学系の焦点状態が変化すると、Ve1方向に相対距離403が変化する。401Aと401Bの相対距離も相対距離403と同じであり、像外形401A、401B内の被写体像402A、402Bは、理想的には合焦状態において完全に重なり合う。被写体像401AをA像とし、被写体像401BをB像とすると、これら2像のベクトルのVe1方向での位相差からデフォーカス量を算出することができる。

【0031】

ただし、実際には、合焦状態であっても再結像レンズ303A、303Bが有する光学収差の影響によって、A像とB像がVe1方向に直交するVe2方向に変位する。図3および図5を用いて、光学収差による光学像の歪み（以下、光学歪みという）について説明する。

20

【0032】

図3に示した被写体501は、視野マスク300内の右端付近の被写体像であり、ここではVe2方向に延びる直線とする。図5は、被写体像501を再結像レンズ303A、303Bによって焦点検出素子304上に結像させた位置を示す。A像の像外形（以下、A像枠という）401A内には、それぞれVe1方向に延びる画素ライン1A～10Aが含まれている。また、B像の像外形（以下、B像枠という）401B内には、それぞれVe1方向に延びる画素ライン1B～10Bが含まれている。光学歪みがない場合は、A像（破線）502は画素ライン1Aと画素ライン2Aとの間の位置に直線となるように結像し、B像（破線）503は画素ライン1Bと画素ライン2Bとの間の位置に直線となるように結像する。

30

【0033】

一方、光学歪みがある場合は、A像（実線）504およびB像（実線）505は直線ではなく曲線となり、しかも光学歪みによってA像504とB像505とがVe2方向における互いに反対側に歪んで形状のずれが生ずる。これにより、A像504とB像505に対応する対の位相差像信号に形状差が生じてこれらは重なり合わないため、位相差の相関演算の結果に誤差が生じる。このため、位相差から算出されるデフォーカス量にも誤差が生じる。したがって、A像504とB像505のVe2方向での形状のずれによる対の位相差像信号の形状差を補正する必要がある。

40

【0034】

図6(a)、(b)を用いて、この光学歪みによるA像504とB像505のVe2方向での形状のずれに関する対の位相差像信号の補正（以下、歪補正という）について説明する。図6(a)は、図5で説明したように光学歪みによってA像504とB像505とが重なり合わないことを示している。歪補正では、これらA像504とB像505が重なり合う、つまりは1本の線601となるように位相差像信号を補正する。ここでは、A像504とB像505がこれらの間の1本の線601になるように、つまりは対の位相差像信号がA像504とB像505が有する互いに反対側への第1の歪みと第2の歪みの間の歪を有する被写体像に対応する位相差像信号となるように歪み補正を行う。

【0035】

50

図6 (b) は、図5に示した画素ライン1 Aと画素ライン2 Aの一部を拡大して示している。歪み補正では、画素ライン1 A, 2 Aの画素のうちV e 2方向にて互いに隣接する2画素のそれぞれに適用する補正情報として、重み付け係数としての補正係数を用意する。そして、これら隣接する2画素のそれぞれに互いに異なる補正係数を乗じ、その乗算の結果を加算することで、V e 2方向に位相差像信号の重心6 0 2を移動させる。図6 (b) において、画素ライン1 Aの画素A 1 1と画素ライン2 Aの画素A 2 1はV e 2方向にて互いに隣接した2画素であり、それらの信号値に乘じる補正係数をK 1 1, K 2 1とする。このとき、歪み補正後の位相差像信号の重心6 0 2の位置A 1は、以下の(1)式による重み付け加算により算出される。

$$A\ 1 = K\ 1\ 1 \times (A\ 1\ 1) + K\ 2\ 1 \times (A\ 2\ 1) \quad (1)$$

補正係数K 1 1, K 2 1は、本実施例においてはK 1 1 < K 2 1となり、補正後の重心6 0 2の位置A 1が図6 (a)に示した線6 0 1に重なるように決定する。補正係数K 1 1, K 2 1は重心位置6 0 2の位置に応じて適宜調整することが好ましい。A像5 0 4とB像5 0 5が一致すればよく、目標は必ずしも線6 0 1でなくてもよい。また、本実施例では重心6 0 2の位置が画素ライン2 A上にある場合はK 1 1 < K 2 1となるが、画素ライン1 A上であればK 1 1 > K 2 1となる。画素ライン1 A, 2 Aの他の画素およびB像についても同様の計算を行う。画素ごとの補正係数は、再結像レンズ3 0 3 A, 3 0 3 Bの光学設計値から予め計算してE E P R O M 2 1 1に記憶しておく。以下の説明において、この光学設計値から得られた補正係数を光学補正係数という。

【0 0 3 6】

このように光学歪みを有するA像5 0 4とB像5 0 5に対応する対の位相差像信号に対してA像5 0 4とB像5 0 5の間の線6 0 1に対応する位相差像信号になるように歪み補正(形状差補正)を行うことで、歪み補正前後での位相差像信号の変形量が小さくなる。この結果、補正誤差を低減することができる。また、位相差像信号の変形量は互いに等しく、かつ変形方向が互いに逆の関係になるので、対の位相差像信号のうちいずれか一方に対する補正係数を記憶しておき、歪み補正において符号を互いに反対にした光学補正係数を対の位相差像信号に用いればよい。これにより、光学補正係数の記憶に必要な記憶容量の増大を抑えることができる。

【0 0 3 7】

なお、図6 (a)に示した例では、A像5 0 4とB像5 0 5に対応する対の位相差像信号が曲線としての線6 0 1に対応する位相差像信号になるように歪み補正を行う場合について説明した。しかし、A像5 0 4とB像5 0 5に対応する対の位相差像信号が、A像5 0 4とB像5 0 5の近傍の直線に対応する位相差像信号になるように歪み補正を行ってもよい。

【0 0 3 8】

また、歪み補正における位相差像信号の重心の位置の計算方法も(1)式を用いた方法でなくてもよい。ここでは、V e 2方向において互いに隣接する4画素ラインを用いる方法について説明する。図1 3は、画素ライン1 A~4 Aの一部を拡大して示している。ここでは、画素ライン1 A~4 Aの画素のうちV e 2方向にて互いに隣接する4画素に重み付け係数としての補正係数を乗じ、その乗算結果を加算することで、V e 2方向に位相差像信号の重心6 0 3を移動させる。図1 3において、画素ライン1 A~4 Aの画素A 1 1, A 2 1, A 3 1, A 4 1はV e 2方向にて互いに隣接した4画素であり、これらの信号値に対する補正係数をK 1 1, K 2 1, K 3 1, K 4 1とする。このとき、歪み補正後の位相差像信号の重心6 0 3の位置A 1は、以下の(2)式による重み付け加算により算出される。

【0 0 3 9】

$$A\ 1 = K\ 1\ 1 \times (A\ 1\ 1) + (A\ 2\ 1) + (A\ 3\ 1) + K\ 4\ 1 \times (A\ 4\ 1) \quad (2)$$

本実施例では、例えば補正係数K 2 1, K 3 1は1とし、補正係数K 1 1, K 4 1をK 1 1 < K 4 1とした上で、補正後の重心6 0 3の位置A 1が図6 (a)に示した線6 0 1に重なるように決定する。ただし、補正係数の決め方はこの限りではなく、発生する歪み

量に基づいて適宜調整することが好ましい。画素ライン 1 A ~ 4 A の他の画素および B 像についても同様の計算を行う。画素ごとの補正係数は、再結像レンズ 3 0 3 A, 3 0 3 B の光学設計値から光学補正係数として予め計算して E E P R O M 2 1 1 に記憶しておく。この際、4 画素に対して 2 つの光学補正係数（例えば K 1 1, K 4 1）を記憶すればよい

【0040】

このように V e 2 方向にて互いに隣接する 2 以上の画素ラインの画素の信号値を重み付け加算することで、光学歪みにより V e 2 方向にずれた A 像 5 0 4 と B 像 5 0 5 に対応する対の位相差像信号に対する歪み補正を行う。そして、補正後の位相差像信号を用いた相関演算によって位相差を算出し、該位相差からデフォーカス量を算出することにより、光学歪みによる誤差が低減された位相差およびデフォーカス量を算出することができる。

【0041】

なお、上記 2 以上の画素ラインは、必ずしも V e 2 方向において互いに隣接している必要はない。

【0042】

また、上述したいわゆるライン相関演算ではなく面相関演算を用いて位相差を算出する方法もある。面相関演算を用いる場合は、図 5 に示した A 像枠 4 0 1 A および B 像枠 4 0 3 B 内の画素の信号値をリサンプリングすることで位相差像信号の重心を移動させる。そして、リサンプリング後の A 像枠 4 0 1 A および B 像枠 4 0 3 B 内の全体の V e 1 方向での位相差を演算することができる。この場合は、A 像枠 4 0 1 A および B 像枠 4 0 3 B 内の全画素に対する光学補正係数を E E P R O M 2 1 1 に記憶しておく。以下では、(1) 式を用いた歪み補正およびライン相関演算を行う場合について説明する。

【0043】

ただし、光学設計値に基づく歪み補正だけでは、焦点検出光学ユニット 2 0 7 の組立誤差や部品寸法公差（つまりは焦点検出光学ユニット 2 0 7 と焦点検出素子 3 0 4 との相対位置ずれ）により発生する A 像と B 像の結像位置のずれに対応することができない。すなわち、詳しくは後述するが、A 像と B 像の V e 2 方向での結像位置のずれによって、対の位相差像信号に V e 1 方向での位相差誤差が生ずる場合があり、これを補正する必要がある。しかも、焦点検出光学ユニット 2 0 7 の組立誤差等は、焦点検出光学ユニット 2 0 7 の個体ごとに異なる。

【0044】

このため、本実施例では、この A 像と B 像の結像位置のずれに関する対の位相差像信号の補正を行って対の位相差像信号の位相差誤差を低減するため、焦点検出光学ユニット 2 0 7 の個体ごとに位置補正係数を設定する。この位置補正係数も、光学補正係数と同様に、V e 2 方向にて互いに隣接する 2 画素のそれぞれに適用される補正情報である。この位置補正係数の設定方法について、図 7 ~ 図 1 0 を用いて説明する。

【0045】

図 7 のフローチャートは、本実施例における位置補正係数の設定処理を示す。この処理は、焦点検出光学ユニット 2 0 7 が工場で組み立てられた後の検査工程において実際に撮像装置に搭載された状態で行われる。この際、撮像装置には検査用撮影レンズが用いられる。なお、撮像装置に搭載される前に検査用撮像装置を用いて焦点検出光学ユニット 2 0 7 単体の調整を行うようにしてもよい。また、検査工程は P C 等の検査装置が行ってもよいし撮像装置が行ってもよい。

【0046】

ステップ 7 0 1 では、後に説明する各種チャートの照明光として A 光源（第 1 の光源）を設定する。A 光源は、白熱灯や太陽下に近い波長の光を発する光源である。

【0047】

次にステップ 7 0 2 では、検査用撮像装置により斜め線チャートに対して位相差 A F を行う。検査用撮像装置のカメラ C P U (2 1 0) は、焦点検出素子 3 0 4 で得られた対の位相差像信号から位相差を算出する。このとき、上述したように光学設計値から得られた

光学補正係数が予め検査用撮像装置内の E E P R O M に記憶されている。カメラ C P U は、この光学補正係数と (1) 式を用いて対の位相差像信号の歪み補正を行った後に、補正後の対の位相差像信号の位相差 (以下、斜め線位相差という) を算出する。

【 0 0 4 8 】

図 8 は、斜め線チャートの像 (チャート像) が焦点検出素子 3 0 4 上に結像した状態を示している。A 像枠 4 0 1 A および B 像枠 4 0 3 B 内の 9 位置 a ~ i に斜めのチャート像が結像している。斜め線チャートにおいて、黒色部分の反射率がそれ以外の部分の反射率より高いものとする。

【 0 0 4 9 】

図 9 は、ある個体としての焦点検出光学ユニット 2 0 7 の画素ライン 1 A , 2 A および画素ライン 1 B , 2 B 上のチャート像 (A 像および B 像) の位置とこれら画素ラインから得られる対の位相差像信号との関係を示している。

【 0 0 5 0 】

図 9 の左側に示す画素ライン 1 A , 2 A および画素ライン 1 B , 2 B 上にはそれぞれ、黒色で示した実際のチャート像である A 像および B 像が結像している。破線は、歪み補正後の位相差像信号に対応する仮想チャート像としての A 像および B 像の位置を示している。また、図 9 の右側において、破線は歪み補正後の A 像に対して画素ライン 1 A , 2 A のそれぞれから得られる信号を加算した位相差像信号と、歪み補正後の B 像に対して画素ライン 1 B , 2 B のそれぞれから得られる信号を加算した位相差像信号を示す。図 9 の右側において、画素ライン 1 A , 2 A 上の実際の A 像の位置は、歪み補正後の A 像の位置から - V e 2 方向に移動している。また、画素ライン 1 B , 2 B 上において、実際の B 像の位置は歪み補正後の B 像の位置から + V e 2 方向に移動している。

【 0 0 5 1 】

この結果、図 9 の右側に示すように、A 像に対応する位相差像信号および B 像に対応する位相差像信号 (の重心) がそれぞれ、破線で示す位置から実線で示す位置まで V e 1 方向にて矢印で示す側に移動量 C だけ移動する。このため、これら実線で示す対の位相差像信号から算出される斜め線位相差は誤差を含むものとなる。そして、位相差像信号の移動量 C は結像位置によって異なるため、カメラ C P U は、図 8 にて説明した 9 位置 a ~ i で得られた対の位相差像信号のそれぞれから斜め線位相差を算出する。

【 0 0 5 2 】

次にステップ 7 0 3 では、検査用撮像装置により横線チャートに対して位相差 A F を行う。ここでもカメラ C P U は、光学補正係数と (1) 式を用いて対の位相差像信号の歪み補正を行った後に、補正後の対の位相差像信号の位相差 (以下、横線位相差という) を算出する。また、カメラ C P U は、ステップ 7 0 2 と同じ 9 位置 a ~ i での横線位相差を算出する。

【 0 0 5 3 】

図 1 0 は、図 9 と同じ焦点検出光学ユニット 2 0 7 の画素ライン 1 A , 2 A および画素ライン 1 B , 2 B 上のチャート像 (A 像および B 像) の位置とこれら画素ラインから得られる対の位相差像信号との関係を示している。

【 0 0 5 4 】

図 1 0 の左側に示す画素ライン 1 A , 2 A および画素ライン 1 B , 2 B 上にはそれぞれ、黒色で示した実際のチャート像である A 像および B 像が結像している。破線は、歪み補正後の位相差像信号に対応する仮想チャート像としての A 像および B 像の位置を示している。また、図 1 0 の右側において、破線は歪み補正後の A 像に対して画素ライン 1 A , 2 A のそれぞれから得られる信号を加算した位相差像信号と、歪み補正後の B 像に対して画素ライン 1 B , 2 B のそれぞれから得られる信号を加算した位相差像信号を示す。図 1 0 の左側において、図 9 と同様に、画素ライン 1 A , 2 A 上の実際の A 像の位置は、歪み補正後の A 像の位置から - V e 2 方向に移動している。また、画素ライン 1 B , 2 B 上において、実際の B 像の位置は歪み補正後の B 像の位置から + V e 2 方向に移動している。

【 0 0 5 5 】

ただし、図10の右側に示すように、A像に対応する位相差像信号およびB像に対応する位相差像信号（の重心）はV e 1方向に移動していない。したがって、横線チャートの場合は斜め線チャートの場合と異なり、V e 2方向にA像およびB像の結像位置が移動しても位相差（すなわち横線位相差）は変化しない。

【0056】

次にステップ704では、カメラCPUは、ステップ702で得られた斜め線位相差とステップ703で得られた横線位相差との差分から図9に示した位相差像信号の重心の移動量Cを算出する。そして、この重心移動量Cから、A光源下での位置補正係数である第1の位置補正係数を算出する。例えば、重心移動量Cが0.5画素であれば、光学補正係数で補正された位相差像信号の重心の位置からA像に対応する位相差像信号の重心を0.25画素分、B像に対応する位相差像信号の重心を-0.25画素分だけ移動させる第1の位置補正係数を算出する。

10

【0057】

図11は、上記9位置a~iでのA像の重心移動量を黒点で示している。カメラCPUは、位置a~cでの重心移動量を近似した2次近似式を用いて他の位置での重心移動量を補間演算することで画素ライン1A, 2Aの画素ごとの重心移動量を算出し、これを第1の位置補正係数に変換してE E R O M 2 1 1に記憶する。また、位置d~fでの重心移動量を近似した2次近似式を用いて他の位置での重心移動量を補間演算することで画素ライン3A, 4Aの画素ごとの重心移動量を算出し、これを第1の位置補正係数に変換してE E R O M 2 1 1に記憶する。さらに、位置g~iでの重心移動量を近似した2次近似式を用いて他の位置での重心移動量を補間演算することで画素ライン5A, 6Aの画素ごとの重心移動量を算出し、これを第1の位置補正係数に変換してE E R O M 2 1 1に記憶する。

20

【0058】

また、カメラCPUは、位置a~cと位置d~fでの重心移動量の間接値を画素ライン3A, 4Aにおける重心移動量とし、これを第1の位置補正係数に変換してE E R O M 2 1 1に記憶する。また、位置d~fと位置g~iでの重心移動量の間接値を画素ライン7A, 8Aにおける重心移動量とし、これを第1の位置補正係数に変換してE E R O M 2 1 1に記憶する。

【0059】

次にステップ705では、カメラCPUは、各種チャートの照明光として蛍光灯（第2の光源）を設定する。そして、ステップ706~ステップ707において、カメラCPUは、蛍光灯下でステップ702~703と同じ処理を行う。

30

【0060】

ステップ708では、カメラCPUは、蛍光灯下においてステップ702で得られた斜め線位相差とステップ703で得られた横線位相差との差分から位相差像信号の重心移動量を算出する。さらにカメラCPUは、ステップS704と同様に、上記9位置a~iでの重心移動量から画素ライン1A~10Aの重心移動量を補間演算により算出し、これを蛍光灯下での位置補正係数である第2の位置補正係数に変換してE E P R O M 2 1 1に記憶する。

40

【0061】

このように本実施例では、光学補正係数だけでは補正できない組立誤差や部品寸法公差による結像位置の変動を補正するため、第1および第2の位置補正係数を焦点検出光学ユニット207の個体ごとに算出して記憶する。また、被写体を照明している光源による変動分を補正するため、A光源用の位置補正係数を第1の位置補正係数とし、光源とは異なる蛍光灯用の位置補正係数を第2の位置補正係数として焦点検出光学ユニット207の個体ごとに算出して記憶する。つまり、E E P R O M 2 1 1には、焦点検出光学ユニット207の個体によらない光学補正係数と、個体ごとの第1および第2の位置補正係数が記憶される。

【0062】

50

図12のフローチャートは、本実施例におけるカメラCPU210が行う撮影レンズ100を合焦状態とするフォーカス制御処理を示している。コンピュータとしてのカメラCPU210は、コンピュータプログラムであるフォーカス制御プログラム（焦点検出プログラムを含む）に従って本処理を実行する。

【0063】

ステップ1201では、カメラCPU210は、操作検出部213のユーザ操作による合焦動作の開始指示の有無を確認する。カメラCPU210は、合焦動作の開始指示があった場合にステップ1202に進む。

【0064】

ステップ1202では、カメラCPU210は、操作検出部213のユーザ操作による撮像範囲（画角）内での焦点検出エリアの選択に応じて、画素ライン1A～10Aおよび画素ライン1B～10Aのうち焦点検出を行う画素ラインを選択する。具体的には、選択された焦点検出エリアに含まれる互いにVe2方向にて隣接した2つの画素ラインを選択する。互いに隣接する2つの画素ラインを選択するのは、後に（1）式を用いた歪み補正を行うためである。

【0065】

次にステップ1203では、カメラCPU210は、測光ユニット214の測定結果に基づいて照明光（つまりは光源）の種類を検出する。そして、ステップ1204では、カメラCPU210は、ステップ1203で検出した光源が蛍光灯か否かを判定する。光源が蛍光灯である場合は、カメラCPU210はステップ1205に進む。一方、光源が蛍光灯ではない場合は、カメラCPU210はステップ1206に進む。

【0066】

ステップ1205では、カメラCPU210は、ステップ1202で選択した2つの画素ラインからの信号を用いて対の位相差像信号を生成する。また、その選択した画素ラインに対応した光学補正係数と蛍光灯用の第2の位置補正係数とをEEPROM211から読み出す（取得する）。そして、カメラCPU210は、対の位相差像信号を光学補正係数および第2の位置補正係数と（1）式とを用いて補正する。これにより、位相差像信号をVe2方向において補正することができる。言い換えれば、カメラCPU210は、Ve2方向でのA像およびB像の差に応じたVe1方向での位相差誤差が補正された対の位相差像信号を生成することができる。

【0067】

例えば画素ライン1Aの画素A11と画素ライン2Aの画素A21の信号値に対する光学補正係数をK11、K21とし、第2の補正係数をKF11、KF21とする。このとき、補正された位相差像信号の重心の位置A1は、

$$A1 = (K11 \times KF11) \times A11 + (K21 \times KF21) \times A21$$

となる。

【0068】

ステップ1206では、カメラCPU210は、ステップ1202で選択した2つの画素ラインからの信号を用いて対の位相差像信号を生成する。また、その選択した画素ラインに対応した光学補正係数とA光源用の第1の位置補正係数とをEEPROM211から読み出す（取得する）。そして、カメラCPU210は、対の位相差像信号を光学補正係数および第1の位置補正係数と（1）式とを用いて補正する。これにより、位相差像信号をVe2方向において補正することができる。言い換えれば、カメラCPU210は、Ve2方向でのA像およびB像の差に応じたVe1方向での位相差誤差が補正された対の位相差像信号を生成することができる。

【0069】

例えば画素ライン1Aの画素A11と画素ライン2Aの画素A21の信号値に対する光学補正係数をK11、K21とし、第1の補正係数をKA11、KA21とする。このとき、補正された位相差像信号の重心の位置A1は、

$$A1 = (K11 \times KA11) \times A11 + (K21 \times KA21) \times A21$$

となる。なお、第1および第2の補正係数を光学補正係数に乗算するのではなく、加算してもよい。

【0070】

A光源は前述したように白熱灯や太陽下に近い波長の光を発する光源であるため、第1の位置補正係数は蛍光灯以外の光源下での位相差像信号の補正に使用することができる。ステップS1205およびS1206は、信号生成処理を行う信号生成ステップに相当する。

【0071】

次にステップ1207では、カメラCPU210は、ステップ1205またはステップ1206で補正した対の位相差像信号の位相差を算出し、さらに該位相差からデフォーカス量を算出する。このステップS1207は、算出処理を行う算出ステップに相当する。

【0072】

次にステップ1208では、カメラCPU210は、ステップ1207で算出したデフォーカス量が合焦判定値def1以下か否か、すなわち撮影レンズ100が合焦状態か否かを判定する。合焦判定値def1は、例えば $1/4F\delta$ 以下の値とする。Fは撮影レンズ100の絞り値であり、 δ は定数（例えば $20\mu\text{m}$ ）である。例えば、F2.0の撮影レンズ100の開放絞り状態では、 $\text{def1} = 10\mu\text{m}$ である。デフォーカス量がdef1以下である場合は、撮影レンズ100は合焦状態であるので、カメラCPU210は本処理を終了する。一方、デフォーカス量がdef1より大きい場合は、カメラCPU210は、ステップ1209へ移行する。

【0073】

ステップ1209では、カメラCPU210は、レンズCPU103と通信を行い、ステップS1207で算出したデフォーカス量に基づいてレンズ駆動機構102を制御してフォーカスレンズ101を駆動する。これにより、フォーカスレンズ101が合焦位置に駆動される。フォーカスレンズ101の駆動が完了すると、カメラCPU210はステップS1201に戻り、ステップ1208で合焦状態と判定されるまで上記処理を繰り返す。

【0074】

本実施例によれば、焦点検出光学ユニット207の光学収差や組立誤差、部品寸法公差等によって対のA像とB像がそれらの相関方向（V_{e1}方向）に直交するV_{e2}方向に変動することによる焦点検出精度の低下を抑制することができる。これにより、より高精度な焦点検出を行うことが可能なフォーカス制御装置およびこれを備えた撮像装置を実現することができる。

【0075】

なお、上記実施例では、光学補正係数および位置補正係数の両方を用いて対の位相差像信号を補正する場合について説明したが、光学補正係数および位置補正係数のうち少なくとも一方を用いて対の位相差像信号を補正すればよい。

（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。

【0076】

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】

【0077】

100 撮影レンズ
207 焦点検出光学ユニット
210 カメラCPU

10

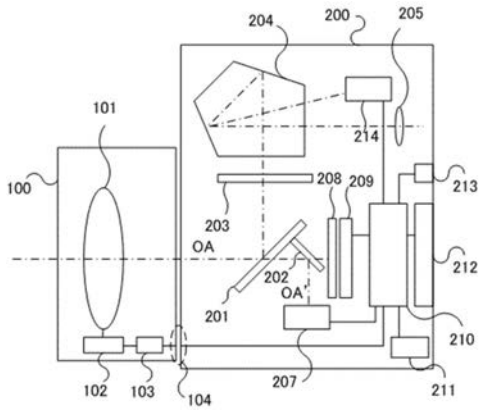
20

30

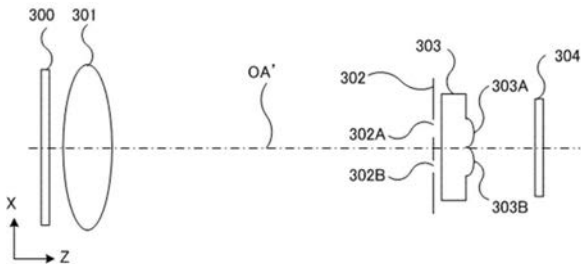
40

50

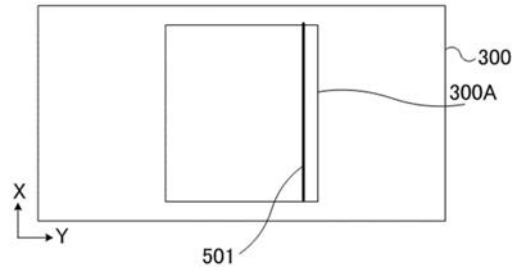
【図 1】



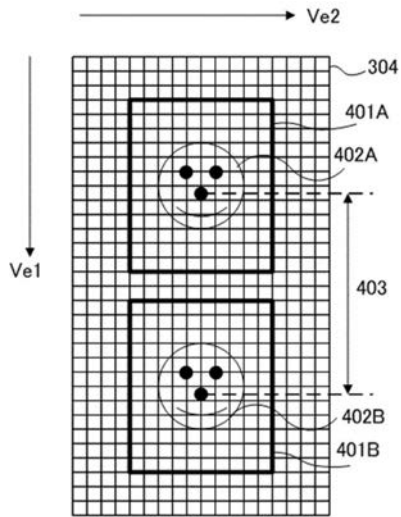
【図 2】



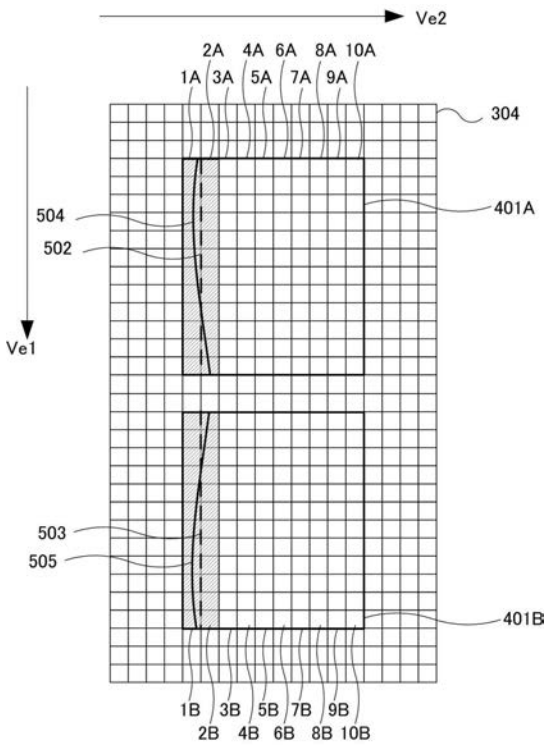
【図 3】



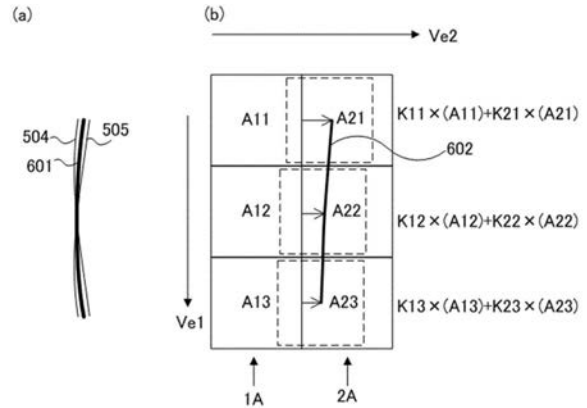
【図 4】



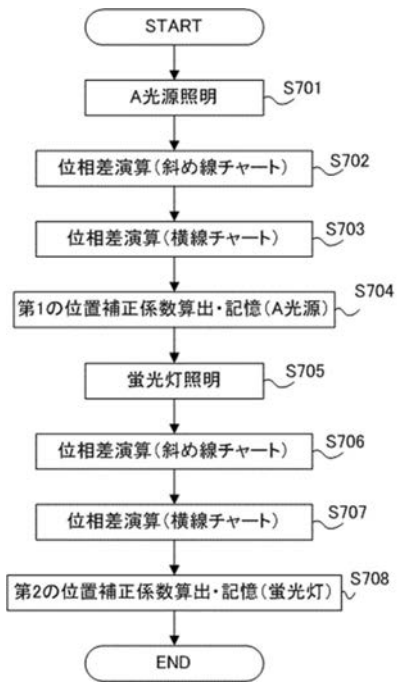
【図 5】



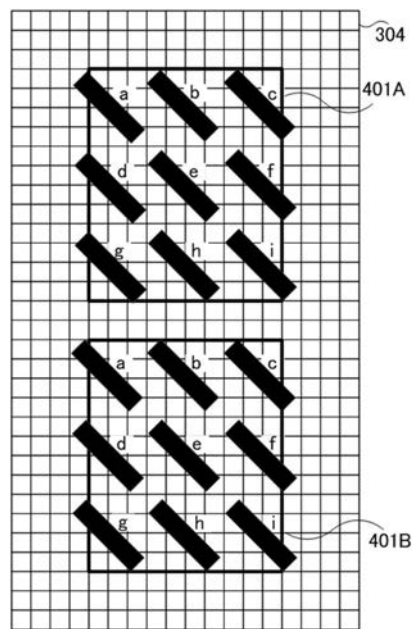
【図 6】



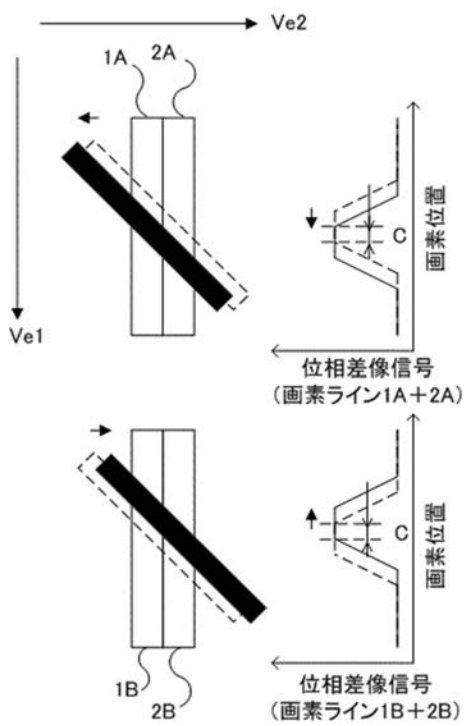
【図 7】



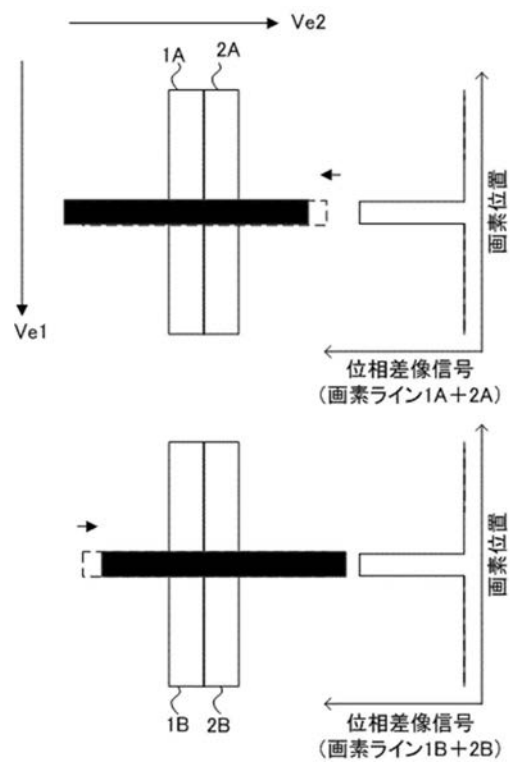
【図 8】



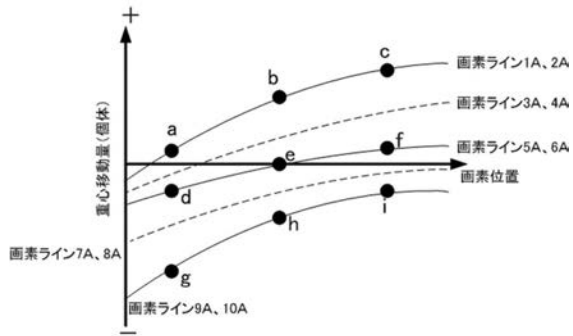
【図 9】



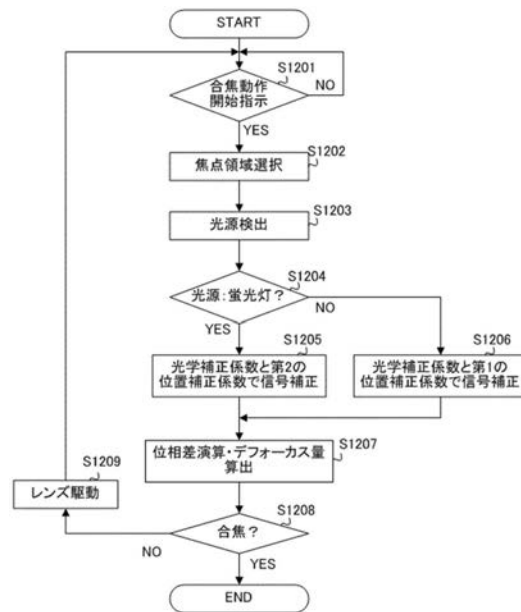
【図 10】



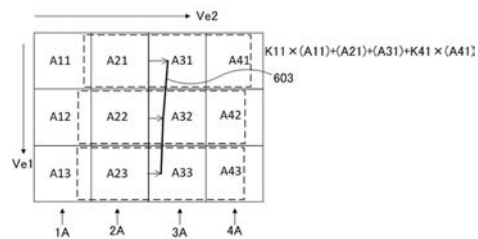
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C122 DA04 FB04 FD01 FD07 FH06 HB01