

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5914055号
(P5914055)

(45) 発行日 平成28年5月11日(2016.5.11)

(24) 登録日 平成28年4月8日(2016.4.8)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 7/34 (2006.01)

G O 2 B 7/34

G O 2 B 7/28 (2006.01)

G O 2 B 7/28 N

H O 4 N 5/232 (2006.01)

H O 4 N 5/232 H

H O 4 N 5/369 (2011.01)

H O 4 N 5/335 6 9 0

G O 3 B 13/36 (2006.01)

G O 3 B 13/36

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2012-49718 (P2012-49718)
 (22) 出願日 平成24年3月6日(2012.3.6)
 (65) 公開番号 特開2013-186201 (P2013-186201A)
 (43) 公開日 平成25年9月19日(2013.9.19)
 審査請求日 平成27年2月19日(2015.2.19)

(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 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮影光学系により形成された被写体像を光電変換する複数の画素を有し、前記複数の画素のそれぞれが、1個のマイクロレンズと複数の光電変換部とを備える撮像素子と、

前記複数の光電変換部の出力に基づいて検出された像ずれ量からデフォーカス量を算出し、当該デフォーカス量に基づいて、前記撮影光学系のレンズの移動量に対応する情報を算出し、前記撮影光学系のレンズの移動を制御する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、前記マイクロレンズを通過する入射光束が前記光電変換部の表面より深い位置に収束することに依存する補正值により前記像ずれ量を補正することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記補正值は、前記撮影光学系の F ナンバーの変化に対して一定であることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記像ずれ量を補正するための前記補正值を用いた前記像ずれ量の補正に代えて、デフォーカス量の補正值を用いた前記デフォーカス量の補正を行い、当該デフォーカス量の補正值は、前記撮影光学系の F ナンバーに応じて異なることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記デフォーカス量に基づいて前記撮影光学系のレンズの移動を制御

することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記撮像素子により形成された画像から、焦点調節の対象となる主被写体を抽出する抽出手段をさらに備え、前記制御手段は前記主被写体に対して算出された前記像ずれ量に補正を施すことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記撮像素子により形成された画像を複数の領域に分割する分割手段をさらに備え、前記制御手段は分割された前記複数の領域毎に算出された前記像ずれ量に対して補正を施すことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記複数の光電変換部により得られる 2 像の焦点検出用信号列を用いて、位相差方式により前記像ずれ量を検出する焦点検出手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記撮像素子は、前記マイクロレンズを通過する入射光束が前記光電変換部の表面より深い位置に収束することにより、被写体に照度分布があった場合、前記 1 個のマイクロレンズに対応した複数の光電変換部での光電変換量が異なることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像面に撮像用画素と焦点検出用画素を配置した撮像素子を用いて位相差方式の焦点検出を行う撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

撮影光学系と撮像素子を有した撮像装置において、位相差式の焦点検出手段を用いて高速・高精度な焦点検出を行なう技術が提案されている。位相差式焦点検出技術においては、撮影光学系の射出光束を瞳分割手段により少なくとも 2 つの領域に分割し、各領域の光束を光電変換して 1 対 2 像の焦点検出用信号列を得る。そして、その 2 つの信号列の相対的像ずれ量から、予定焦点面の焦点ずれ量、いわゆるデフォーカス量を検出する。

【0003】

ここで、撮影光学系が光学的に合焦状態にある場合、2 つの信号列の相対的像ずれ量は理想的にはゼロになるはずである。しかしながら、焦点検出手段の空間配置上のオフセット（光軸方向の配置ずれ）や、撮影光学系の光学収差、焦点検出用光電変換素子固有の問題により、合焦状態であっても 2 像の像ずれ量がゼロとならない場合がある。すると、検出された像ずれ量をそのままデフォーカス量に変換したのでは、焦点検出誤差を生ずる。したがって、このような誤差を解決するための技術も提案されている。

【0004】

例えば、特許文献 1 では、次のような技術が提案されている。すなわち、撮影光学系の予定焦点面に対して、光軸方向に所定量離間した位置に焦点検出手段を配することで、焦点検出像の空間周波数を下げ、光電変換素子のサンプリング時に発生する誤差を低下させる。この場合、合焦状態であっても 2 つの信号列には所定量の像ずれが生じる。そこで、算出された 2 像の像ずれ量から所定の初期ずれ量を減じたのち、デフォーカス量を算出することで、正しい焦点検出結果を得ている。

【0005】

また、特許文献 2 や特許文献 3 には、撮影光学系の球面収差等に起因する焦点検出誤差を補正する技術が開示されている。これら 2 つの先行技術文献における位相差式焦点検出方法では、撮影光学系の射出光束の一部のみを焦点検出に用いている。すると、結像性能がベストになる焦点位置と、焦点検出信号に基づいて算出した合焦位置がずれる。そこでこれら先行技術では、そのずれ量を補正するための方法が開示されている。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭58-87512号公報

【特許文献2】特開昭62-189415号公報

【特許文献3】特開平11-218764号公報

【特許文献4】特開2001-305415号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

一方で、撮像手段として2次元CMOSセンサ等を用い、各画素に位相差式焦点検出機能を持たせる技術も提案されている（特許文献4）。この技術においては、撮像用の画素と焦点検出用の画素が兼用されている。すなわち、撮像用画素と焦点検出用画素は同一平面上に配置されているため、撮像用画素が合焦状態にある時は、焦点検出用画素も合焦状態にある。したがって、合焦時には位相差検出のための2像には相対的な像ずれは原理上は発生しない。しかしながら、この技術においては微細寸法のマイクロレンズと光電変換部で瞳分割を行なうため、画素内における光束の散乱や、光電変換部間の電氣的クロストークが発生する場合がある。すると、合焦状態であっても2像の像ずれ量がゼロにならず、所定の像ずれ誤差を生ずる場合がある。この像ずれ誤差の原因は、個々の画素特性に起因するため、上記先行技術文献に開示された方法では解決することが困難である。

【0008】

たとえば特許文献1における2像の像ずれ補正は、予定結像面と焦点検出手段の空間的な配置ずれを補正するものであるため、例えば撮影光学系のFナンバーが変化しても、デフォーカス量換算での補正量は不変である。

【0009】

また、特許文献2もしくは3における誤差は、撮影光学系の光学収差に起因する。そして通常は、撮影光学系のFナンバーの増加とともに光学収差は低下するため、デフォーカス量換算での誤差量はFナンバーの増加に応じて低下する。

【0010】

本発明は上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、撮像面に撮像用画素と焦点検出用画素を配置した撮像素子を用いて位相差方式の焦点検出を行う場合の焦点検出誤差を高精度に補正できるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係わる撮像装置は、撮影光学系により形成された被写体像を光電変換する複数の画素を有し、前記複数の画素のそれぞれが、1個のマイクロレンズと複数の光電変換部とを備える撮像素子と、前記複数の光電変換部の出力に基づいて検出された像ずれ量からデフォーカス量を算出し、当該デフォーカス量に基づいて、前記撮影光学系のレンズの移動量に対応する情報を算出し、前記撮影光学系のレンズの移動を制御する制御手段と、を備え、前記制御手段は、前記マイクロレンズを通過する入射光束が前記光電変換部の表面より深い位置に収束することに依存する補正值により前記像ずれ量を補正することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、撮像面に撮像用画素と焦点検出用画素を配置した撮像素子を用いて位相差方式の焦点検出を行う場合の焦点検出誤差を高精度に補正することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1の実施形態に係わる撮像装置の構成を示す図。

【図2】第1の実施形態における撮像素子の画素配列図。

10

20

30

40

50

【図 3】第 1 の実施形態における撮像素子の回路図。

【図 4】撮影光学系と撮像素子の投影関係説明図。

【図 5】合焦時の物体と像の関係を説明する図。

【図 6】画素群の信号波形説明図。

【図 7】画素内の光束の挙動を説明する図。

【図 8】画素に入射する光束の入射角度の影響を説明する図。

【図 9】画素群の信号強度変化を説明する図。

【図 10】光電変換部間の電氣的クロストークを説明するための概念図。

【図 11】電氣的クロストークによる画素群の信号強度変化を説明する図。

【図 12】焦点検出誤差の F ナンバー依存性を説明する図。

【図 13】第 1 の実施形態における撮像装置のメイン制御フロー図。

【図 14】第 1 の実施形態における焦点検出サブルーチンフロー図。

【図 15】第 2 の実施形態における焦点検出サブルーチンフロー図。

【図 16】第 3 の実施形態における焦点検出サブルーチンフロー図。

【図 17】第 3 の実施形態におけるデフォーカスマップ説明図。

【図 18】本発明の実施例 4 における撮像素子の画素配列図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0015】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係わる撮像装置の構成を示す図である。本実施形態における撮像装置は、撮像素子を有したカメラ本体と撮影光学系が一体となった電子カメラであり、動画及び静止画が記録可能である。図 1 において、101 は撮影光学系（結像光学系）の先端に配置された第 1 レンズ群で、光軸方向に移動可能に保持される。102 は絞りで、その開口径を調節することで、撮影光学系の F ナンバーを調節可能で、撮影時の光量調節を行なうほか、静止画撮影時には露光秒時調節用シャッターとしても機能する。103 は第 2 レンズ群である。そして絞り 102 及び第 2 レンズ群 103 は一体となって光軸方向に駆動され、第 1 レンズ群 101 の移動動作との連動により、変倍作用（ズーム機能）をなす。

【0016】

105 は第 3 レンズ群で、光軸方向の移動により、焦点調節を行なう。106 は光学的ローパスフィルタで、撮影画像の偽色やモアレを軽減するための光学素子である。107 は C-MOS センサとその周辺回路で構成された撮像素子である。撮像素子 107 には、横方向に M 画素、縦方向に N 画素の受光ピクセルが正方配置され、ベイヤー配列の原色カラーモザイクフィルタがオンチップで形成された、2 次元単板カラーセンサが用いられる。

【0017】

111 はズームアクチュエータで、不図示のカム筒を手動もしくはアクチュエータで回転することにより、第 1 レンズ群 101 ないし第 3 レンズ群 105 を光軸方向に駆動し、変倍操作を行なう。112 は絞りアクチュエータで、絞り 102 の開口径を制御して撮影光量を調節すると共に、静止画撮影時の露光時間制御を行なう。114 はフォーカスアクチュエータで、第 3 レンズ群 105 を光軸方向に駆動して焦点調節を行なう。

【0018】

115 は無線式通信部で、インターネット等のネットワークを通じてサーバーコンピュータと通信するためのアンテナや信号処理回路で構成される。116 はカメラの姿勢検出部で、カメラの撮影姿勢、すなわち横位置撮影か縦位置撮影かを判別するための電子水準器が用いられる。

【0019】

121 は CPU で、カメラ本体の種々の制御を司るために、演算部、ROM、RAM、

10

20

30

40

50

A / Dコンバータ、D / Aコンバータ、通信インターフェイス回路等を有する。そしてROMに記憶された所定のプログラムに基づいて、カメラが有する各種回路を駆動し、焦点調節（AF）、撮影、画像処理、記録等の一連の動作を実行する。

【0020】

122は通信制御回路で、通信部115を介して、カメラから撮影画像をサーバーコンピュータに送信したり、サーバーコンピュータから画像や各種情報を受信する。123は姿勢検知回路で、姿勢検知部116の出力信号から、カメラの姿勢を判別する。124は撮像素子駆動回路で、撮像素子107の撮像動作を制御するとともに、取得した画像信号をA / D変換してCPU121に送信する。125は画像処理回路で、撮像素子107が取得した画像のカラー補間、変換、画像圧縮等の処理を行なう。

10

【0021】

126はフォーカス駆動回路で、焦点検出結果に基づいてフォーカスアクチュエータ114を駆動制御し、第3レンズ群105を光軸方向に駆動して焦点調節を行なう。128は絞り駆動回路で、絞りアクチュエータ112を駆動制御して絞り102の開口を制御する。129はズーム駆動回路で、撮影者のズーム操作に応じてズームアクチュエータ111を駆動する。

【0022】

131はLCD等の表示器で、カメラの撮影モードに関する情報、撮影時のプレビュー画像と撮影後の確認用画像、焦点検出時の合焦状態表示画像、カメラの姿勢情報等を表示する。132は操作スイッチ群で、電源スイッチ、撮影開始スイッチ、ズーム操作スイッチ、撮影モード選択スイッチ等で構成される。133は着脱可能なフラッシュメモリで、動画及び静止画を含む撮影済み画像や、後述するデフォーカスマップを記録する。

20

【0023】

図2は、第1の実施形態における撮像素子の画素配列を示したもので、2次元C-MOSエリアセンサの縦（Y方向）6行と横（X方向）8列の範囲を、撮影光学系側から観察した状態を示している。カラーフィルタはベイヤー配列が適用され、奇数行の画素には、左から順に緑（Green）と赤（Red）のカラーフィルタが交互に設けられる。また、偶数行の画素には、左から順に青（Blue）と緑（Green）のカラーフィルタが交互に設けられる。円211iは、1画素に1個設けられたオンチップマイクロレンズを表わす。オンチップマイクロレンズの内側に配置された複数の矩形はそれぞれ光電変換部である。

30

【0024】

本実施形態では、すべての画素の光電変換部はX方向に2分割され、分割された各々の領域の光電変換信号は独立して読み出しできる構成となっている。そして、独立して読み出しされた信号は、後述する方法で位相差式焦点検出に用いられるほか、視差情報を有した複数画像から構成される3D（3-Dimensional）画像を生成することもできる。一方で、分割された光電変換部の出力を加算した情報は、通常の撮影画像として用いられる。

【0025】

ここで、位相差式焦点検出を行なう場合の画素信号について説明する。後述するように、本実施形態においては、図2のマイクロレンズ211iと、分割された光電変換部211a及び211bで、撮影光学系の射出光束を瞳分割する。そして、同一行上に配置された所定範囲内の複数の画素211において、光電変換部211aの出力をつなぎ合わせて編成したものをAF用A像（焦点検出用信号列）、同じく光電変換部211bの出力をつなぎ合わせて編成したものをAF用B像（焦点検出用信号列）とする。このように生成したAF用A像とB像の相対的な像ずれ量を相関演算により検出することで、位相差方式により所定領域の焦点ずれ量、すなわちデフォーカス量（焦点検出値）を検出することができる。

40

【0026】

上記の撮像素子は、本願出願人による特開平09-046596号報等に関連された技術を用いて製造することができるため、詳細構造に関する説明は省略する。

50

【0027】

図3は本実施形態の撮像素子における読み出し回路の構成を示したものである。151は水平走査回路、153は垂直走査回路である。そして各画素の境界部には、水平走査ライン152a及び152bと、垂直走査ライン154a及び154bが配線され、各光電変換部はこれらの走査ラインを介して信号が外部に読み出される。

【0028】

なお、本実施形態の撮像素子は以下の2種類の読み出しモードを有する。第1の読み出しモードは全画素読み出しモードと称するもので、高精細静止画を撮像するためのモードである。この場合は、全画素の信号が読み出される。第2の読み出しモードは間引き読み出しモードと称するもので、動画記録、もしくはプレビュー画像の表示のみを行なうためのモードである。この場合に必要な画素数は全画素よりも少ないため、画素群はX方向及びY方向ともに所定比率に間引いた画素のみ読み出す。

10

【0029】

図4は本実施形態の撮像装置において、撮影光学系の射出瞳面と、像高ゼロすなわち像面中央近傍に配置された撮像素子の光電変換部の共役関係を説明する図である。撮像素子内の光電変換部と撮影光学系の射出瞳面は、オンチップマイクロレンズによって共役関係となるように設計される。そして撮影光学系の射出瞳は、一般的に光量調節用の虹彩絞りが置かれる面とほぼ一致する。一方、本実施形態の撮影光学系は変倍機能を有したズームレンズであるが、光学タイプによっては変倍操作を行なうと、射出瞳の像面からの距離や大きさが変化する。図4における撮影光学系は、焦点距離が広角端と望遠端の中間、すなわちMiddleの状態を示している。これを標準的な射出瞳距離Zepと仮定して、オンチップマイクロレンズの形状や、像高(X、Y座標)に応じた偏心パラメータの最適設計がなされる。

20

【0030】

図4(a)において、101は第1レンズ群、101bは第1レンズ群を保持する鏡筒部材、105は第3レンズ群、105bは第3レンズ群を保持する鏡筒部材である。102は絞りで、102aは絞り開放時の開口径を規定する開口板、102bは絞り込み時の開口径を調節するための絞り羽根である。なお、撮影光学系を通過する光束の制限部材として作用する101b、102a、102b、及び105bは、像面から観察した場合の光学的な虚像を示している。また、絞り102の近傍における合成開口をレンズの射出瞳と定義し、前述したように像面からの距離をZepとしている。

30

【0031】

211は被写体像を光電変換するための画素で、最下層より、211a及び211bの光電変換部、211eないし211gの配線層、カラーフィルタ211h、及びオンチップマイクロレンズ211iの各部材で構成される。そして2つの光電変換部はオンチップマイクロレンズ211iによって撮影光学系の射出瞳面に投影される。また別の言い方をすれば、撮影光学系の射出瞳が、オンチップマイクロレンズ211iを介して、光電変換部の表面に投影されることになる。

【0032】

図4(b)は、撮影光学系の射出瞳面上における、光電変換部の投影像を示したもので、光電変換部211a及び211bに対する投影像は各々EP1a及びEP1bとなる。ここで、絞り102が開放(例えばF2.8)の場合、撮影光学系を通過する光束の最外部をL(F2.8)で示すが、上記投影像EP1a及びEP1bは絞り開口でけられることが無い。一方、絞り102が小絞り(例えばF5.6)の場合、撮影光学系を通過する光束の最外部をL(F5.6)で示すが、上記投影像EP1a及びEP1bの外側は絞り開口でけられる。ただし、像面中央では各投影像EP1a及びEP1bのけられ状態は光軸に対して対称となり、各光電変換部211a及び211bが受光する光量は等しい。

40

【0033】

図4(c)は図4(b)のA-A断面における受光特性で、横軸は撮影光学系の射出瞳面における水平座標、縦軸は光電変換部の受光効率を表わす。図4(a)において、画素

50

内に配置された光電変換部はオンチップマイクロレンズにより、撮影光学系の射出瞳と共役関係にあると説明した。これは、射出瞳面上における撮影光学系の射出瞳 TL と光電変換部の投影像 EP の共通領域を通過する光束のみが、光電変換部に到達することを意味する。したがって、上記投影像は撮影光学系の射出瞳面上に配置された画素固有の開口絞りに相当し、図 4 (c) の縦軸は各開口絞りの透過率分布になる。そしてこの透過率分布は光電変換部の光束受光効率と見なすことができる。この光束受光効率の分布特性を便宜上「瞳強度分布」と称することにする。

【 0 0 3 4 】

ここで、オンチップマイクロレンズによる投影性能が幾何光学的に無収差であれば、瞳強度分布はゼロもしくは 1 のいずれか一方の値のみを有するステップ関数となる。しかしながら、各画素の寸法は数 μm 程度と微小なため、射出瞳面上に投影された光電変換部の像は光の回折により鮮鋭度が低下する。また、通常オンチップマイクロレンズは球面レンズであるため、球面収差によっても投影像の鮮鋭度は低下する。そこで、各画素の瞳強度分布もボケを生じ、図 4 (c) のごとく両端の肩の部分が多くなり、かつ裾を引いた形状となる。

【 0 0 3 5 】

次に、瞳強度分布と焦点検出特性の関係について説明する。X 軸方向における 1 対の瞳強度分布において、撮影光学系の射出瞳範囲で切り出された部分の各々の重心の離間量が、位相差式焦点検出システムにおける基線長に相当する。ここでは基線長を、撮影光学系の瞳面上での重心離間量 (単位 mm) を瞳距離 (単位 mm) で除した角度 (単位はラジアン) で定義する。そして、焦点検出時の 1 対 2 像の像ずれ量を u (単位は mm)、その時のデフォーカス量を d_z (単位は mm) とすると、これらの関係は以下の式 (1) で表わされる。

【 0 0 3 6 】

$$x \cdot d_z = u \quad \dots (1)$$

$$d_z = u \times (1 / \theta) = u \times K_1 \quad \dots (2)$$

ここで、 K_1 は基線角度 θ の逆数で定義された係数である。

【 0 0 3 7 】

は撮影光学系の F ナンバー毎に異なる値をとり、図 4 では $F 2.8$ と $F 5.6$ の基線角度を ($F 2.8$) 及び ($F 5.6$) で示した。式 (1) によると、基線角度 θ が大きいほど、単位デフォーカス量に対する焦点検出像の像ずれ量が大きく、焦点検出精度が高くなる。その反面、大デフォーカス時には 1 対の像の像ずれ量も大きくなるため、焦点検出エリアが狭いと焦点検出可能な最大デフォーカス量は小さくなる。

【 0 0 3 8 】

また、瞳強度分布の X 方向の広がりが大きいと、光電変換部の受光量は増し、画像信号として用いる場合はノイズが少なく、焦点検出信号として用いる場合は低輝度検出限界が向上する。その反面、大デフォーカス時の像のボケも増加し、焦点検出信号のコントラストが低下して焦点検出可能な最大デフォーカス量は小さくなる。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、合焦時の物体と像の関係を説明する図である。TL は簡略化された撮影光学系、102 は絞り、EP 1 a 及び EP 1 b は各画素 211 の光電変換部の投影像である。211 - 1 ~ 211 - 13 は、撮像素子 107 の撮像領域中央部に配置された画素群である。PO は物体面で、図示のごとく輝度分布を有する被写体が置かれている。被写体は X 軸方向にステップ状の輝度変化を有し、Y 軸方向には輝度変化が無い、黒地に 1 本の白線が描かれた縦縞パターンを例とする。PI は像面、すなわち撮像素子 107 を構成する画素群 211 の入射面で、厳密には各マイクロレンズの入射瞳面に相当する。

【 0 0 4 0 】

図 5 においては、物体面 PO と像面 PI が共役となるよう、すなわち物体面におかれた被写体が像面上で合焦となるよう、撮影光学系のフォーカスレンズ群が位置調節されているものとする。このとき、撮影光学系 TL が無収差レンズであれば、被写体の照度分布は

10

20

30

40

50

物体の輝度分布と相似、すなわちステップ状となる。しかしながら、撮影光学系 T L には球面収差や色収差等の各種光学収差があり、像の高周波成分が失われる。また光の回折による点像の広がりも生ずる。よって、現実の被写体の照度分布はエッジ部になまりを生ずるため、ここでは図示のごとく台形状にモデル化して表記する。

【 0 0 4 1 】

図 6 は、図 5 の状態下での、画素群 2 1 1 - 1 ~ 2 1 1 - 1 3 の出力信号波形を示す図である。各画素が受光する光量は、図 5 における像の照度分布を、各画素の入射面全域に渡って積分したものに比例する。そして、図 4 (b) で示したように、撮影光学系の射出瞳と、光電変換部の投影像との偏心がなければ、1 対 2 像の信号波形は同じになる。図 6 において、横軸は像面上の X 座標、縦軸は各画素の信号強度である。そして、第 1 の光電変換部 2 1 1 - n a (n は着目領域での画素番号) の強度、すなわち A 像信号を y で、第 2 の光電変換部 2 1 1 - n b (同じく n は着目領域での画素番号) の強度、すなわち B 像信号を x で示す。

10

【 0 0 4 2 】

そして図 5 に示したように、像面上において台形状の照度分布がある場合、理想的には図 6 のような信号列が出力される。この場合、A 像信号と B 像信号の強度は一致しているため、2 像の像ずれ量もゼロであり、算出されるデフォーカス量もゼロとなる。

【 0 0 4 3 】

次に、本発明が解決すべき課題について詳しく説明する。図 5 の画素 2 1 1 - 5 に着目すると、この画素はマイクロレンズの入射面において、像の照度分布が直線的に変化している。その様子を、図 7 (a) 及び図 7 (b) にて説明する。

20

【 0 0 4 4 】

図 7 (a) は、画素 2 1 1 - 5 近傍における像面の照度分布で、横軸は像面上の X 座標、縦軸は像の照度である。P は各画素の X 方向の大きさ、すなわちマイクロレンズの直径寸法を表している。そして画素 2 1 1 - 5 のマイクロレンズ入射面においては、図のごとく P の範囲で右上がりの直線的な照度分布が生じている。

【 0 0 4 5 】

図 7 (b) は、画素 2 1 1 - 5 の内部における光線の挙動を説明するための断面図である。2 1 1 - 5 i はマイクロレンズ、2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b は一対の光電変換部である。マイクロレンズに入射する 5 本の線は光束を表す。ここで、撮影光学系の射出瞳は所定の大きさを有するため、マイクロレンズ 2 1 1 - 5 i に入射する光束の入射角度も所定範囲の広がりを有するが、図 7 においては、射出瞳の中央領域を通過した光束のみに着目する。すなわち、入射光束はマイクロレンズの光軸に対して平行である。そして、この光束のうち、X 方向において等間隔で規定した 5 か所の代表位置における 5 本の光束の挙動を図 7 (b) に示す。これら 5 本の光束の強度は図 7 (a) に示した照度分布に応じて異なっているため、図 7 (b) では各光束の強度をその太さで表現している。

30

【 0 0 4 6 】

ここで、各画素が備えるマイクロレンズ 2 1 1 - 5 i の役割は、撮影光学系の射出瞳と光電変換部を共役関係にすることであるが、ここでの「共役関係」の理想状態を以下のように定義する。まず、光電変換部はその最上層部、すなわち表面で光を完全に吸収し、光電子に変換する。また、一対の光電変換部 2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b の離間量はゼロ、すなわち境界部には不感帯が存在せず、かつ両者間の電荷洩れも無い。一方、マイクロレンズ 2 1 1 - 5 i の曲率は、撮影光学系の射出瞳と、光電変換部の最上面が理想的な共役となるように設計される。

40

【 0 0 4 7 】

以上の理想状態が満足されていれば、上記の 5 本の光束は図 7 (b) のごとく、光電変換部 2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b の境界表面上に集束する。ここで、幾何光学的には全光束が一点に集光しても、波動光学的には回折によって所定の大きさのスポット、すなわち同心円状のエアリーディスクが形成される。そして、これが光電変換部の表面で光電変換されるため、光電変換部 2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b が受光する光量は等しくなり、

50

光電変換後の出力信号も等しくなる。

【 0 0 4 8 】

しかしながら、現実の撮像素子においては、上記理想条件は必ずしも実現されず、光電変換部 2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b の受光光量は等しくならない。その理由を、図 7 (c) ~ 図 7 (e) を用いて説明する。

【 0 0 4 9 】

先に、光電変換部はその表面で光を完全に吸収し、光電子に変換すると記したが、現実の素子では光電変換は表面から深さ数 μm の領域にわたって行なわれる。従って、マイクロレンズの焦点位置は光電変換部の表面よりも所定量深い場所に設定されることが多い。この場合、図 7 (c) に示すように、マイクロレンズの光学パワーは理想状態より小さく設定され、入射光束は光電変換部の表面より深い位置に集束する。すると、光束の強度は図面において右側ほど強いため、光電変換部 2 1 1 - 5 b の受光量よりも光電変換部 2 1 1 - 5 a の受光量の方が大きくなる。したがって、光電変換出力、すなわち信号強度も 2 1 1 - 5 a の方が大となる。

【 0 0 5 0 】

図 7 (d) は、マイクロレンズの外縁部に入射した光束が、一对の光電変換部出力にアンバランスを引き起こす現象を説明する図である。マイクロレンズ外縁部は不連続面であるため、この部分に入射した光束は散乱や回折を生ずる。すなわち、マイクロレンズの外縁部は拡散光を発する二次光源とみなすことができる。そして、図 7 (a) で示した照度分布により、マイクロレンズの左端は輝度の小さな二次光源、右端は輝度の大きな二次光源となる。すると、光電変換部 2 1 1 - 5 b は強度の小さな光源に近く、光電変換部 2 1 1 - 5 a は強度の大きな光源に近いことになる。その結果、二次光源による受光量は、光電変換部 2 1 1 - 5 b よりも光電変換部 2 1 1 - 5 a の方が大きくなる。

【 0 0 5 1 】

図 7 (e) は、マイクロレンズの有効部の外側に入射した光束の影響を説明する図で、画素 2 1 1 - 5 をそのマイクロレンズの上方から見た平面図である。破線で示した 2 個の矩形は、マイクロレンズの奥に存在する光電変換部の表面である。単位画素の平面形状は正方形であるが、マイクロレンズの平面形状は一般的にこの正方形に内接する円であるため、画素の 4 隅には光学パワーを有しない平坦部が存在する。そしてその平坦部に入射した光束は、大半がその下の配線層で吸収されるが、一部は配線層や画素内の不連続面で複数回反射し、光電変換部に到達する。すなわち、この平坦部も一種の二次光源とみなすことができる。そして、図 7 (a) で示した照度分布により、図 7 (e) の左側 2 か所の平坦部は輝度の小さな二次光源、右側 2 か所の平坦部は輝度の大きな二次光源となる。すると、図 7 (d) と同様の理由により、これらの二次光源による受光量は、光電変換部 2 1 1 - 5 b よりも光電変換部 2 1 1 - 5 a の方が大きくなる。

【 0 0 5 2 】

図 7 では、前述したように光軸と平行な入射光束、すなわち撮影光学系の射出瞳の中央部を通過した光束について説明した。図 8 は、射出瞳の周辺部を通過する光束の挙動を説明する図である。

【 0 0 5 3 】

射出瞳の周辺部を通過した光束は、マイクロレンズの光軸に対して所定の角度をなして入射する。図 8 は、入射角度がゼロ及び \pm の 3 状態における光束の挙動を示したものである。図 8 (a) (b) (c) によると、光電変換部 2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b の受光量は、光束の入射角度と、マイクロレンズ入射部における光束の強度分布に依存することがわかる。そして、光束の入射角度による受光量変化は、プラス角度とマイナス角度の寄与分が打ち消す。すなわち、図 8 (a) と (c) に示した入射角度 \pm の寄与分は打ち消される。これは、ここで説明した光電変換部 2 1 1 - 5 a 及び 2 1 1 - 5 b の受光量差は、被写体の照度分布に起因するものであり、撮影光学系の射出瞳の大きさ、すなわち F ナンバーには無関係であることがわかる。

【 0 0 5 4 】

以上のごとく、照度分布が所定の傾斜を有する領域においては、一对の光電変換部において、照度の高い側に位置する光電変換部の方が、他方よりも出力が高くなる。その様子を図9に示す。

【0055】

図9において、画素211-4及び211-5は、照度分布の傾きが正の領域に位置するため、光電変換部211-5bよりも光電変換部211-5aの出力が大きくなる。また、画素211-9及び211-10は、照度分布の傾きが負の領域に位置するため、光電変換部211-5aよりも光電変換部211-5bの出力が大きくなる。

【0056】

このような信号強度の不一致は、1対2像の相対的な像ずれを引き起こす。すなわち図9を見ればわかるように、 \times で示したB像信号列に対して、 \bigcirc で示したA像信号列はX軸の負方向にずれていることになる。したがって、このような2像に対して焦点検出演算を行なうと、撮影画像としては合焦状態にあるにも関わらず、算出されたデフォーカス量はゼロとはならない。

【0057】

図7～図9は、予定結像面上に所定の光量分布があり、これが画素内の光学的作用によって2像の出力に不一致が生ずる現象を説明するものであった。他方で、隣接する光電変換部間での電氣的干渉、いわゆる電氣的クロストークによっても同様の不一致現象が生ずる。これを図10及び図11にて説明する。

【0058】

図10は、光電変換部間の電氣的クロストークを説明するための概念図である。図10において、隣接する3個の画素211-4～211-6は、合計6個の光電変換部211-4a～211-6bを備える。そして、各光電変換部間においては、蓄積された電荷量と、光電変換部間の電荷洩れに対する障壁能力に応じてクロストークが発生する。具体的には、光電変換部間の距離が小さいほど、クロストークは大きくなる。また、蓄積電荷が多いほどクロストークも大きい。ただし、隣接する2個の光電変換部の蓄積電荷量が等しいと、一方から他方へのクロストークと、その反対方向のクロストークの量はほぼ等しいため、正味の信号強度変化は小さくなる。

【0059】

上記クロストークの概念を、図10においては光電変換部の下側の矢印で示す。ここで、合焦時には、同一画素における第1の光電変換部211-na (n は着目領域での画素番号、以下同じ)と第2の光電変換部211-nbの蓄積電荷は等しい。そこで、両者間で授受されるクロストーク量(太い矢印)は等しくなり、差し引き後のクロストークは見かけ上ゼロとなる。一方で、被写体像の照度分布に傾斜があると、隣接画素間で隣り合う光電変換部211-naと211-($n+1$)bの間でのクロストーク量(細い矢印)は、一方向の洩れ込みが大きく、反対方向の洩れ込みは小さい。したがって、この時のクロストークは出力信号の変化を顕在化させる。

【0060】

クロストークが無いときの理想的な信号波形を図6に示したが、図10で説明したクロストークが発生すると、信号波形は図11のようになる。ここで、画素211-3～211-6の領域に生じている照度分布の傾斜は正である。そこで、画素211-3～211-5に着目すると、各々が具備するA像信号用の光電変換部211-naの蓄積電荷量は、その右側に隣接するB像用光電変換部211-($n+1$)bの蓄積電荷量より小さい。よってこれら3画素のA像信号強度はクロストークにより所定量増加する。一方で、画素211-4～211-6に着目すると、各々が具備するB像信号用の光電変換部211-nbの蓄積電荷量は、その左側に隣接するA像用光電変換部211-($n-1$)aの蓄積電荷量より大きい。よってこれら3画素のB像信号強度はクロストークにより所定量減少する。

【0061】

また、画素211-8～211-11においては、照度分布の傾斜が負であるため、上

10

20

30

40

50

記の画素 2 1 1 - 3 ~ 2 1 1 - 6 で生じたものとは反対の符号のクロストークが発生する。

【 0 0 6 2 】

以上のごとく、照度分布に傾斜のある画素領域では、クロストークにより信号強度の増減が生じる。すると図 9 と同様に、1 対 2 像の相対的な像ずれを引き起こす。すなわち、 \times で示した B 像信号列に対して、 \bigcirc で示した A 像信号列は X 軸の負方向にずれていることになる。したがって、このような 2 像に対して焦点検出演算を行なうと、撮影画像としては合焦状態にあるにも関わらず、算出されたデフォーカス量はゼロとはならない。

【 0 0 6 3 】

すなわち、撮像素子を用いて位相差式焦点検出を行なうシステムでは、合焦状態では焦点検出用の 1 対 2 像の像ずれ量は原理上はゼロになるはずである。しかしながら、図 7 ~ 図 1 1 で説明した現象により、所定の像ずれ量を生じてしまう場合がある。そしてこの像ずれ現象は、像の照度分布と画素内構造の相互作用で発生するため、撮影光学系の特性による変化は小さいことが、本願出願人の研究によりわかっている。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 は、上記現象による 2 像の相対的な像ずれ量、及びその結果生ずる焦点検出誤差の F ナンバー依存性を概念的に示した図である。

【 0 0 6 5 】

位相差式焦点検出システムにおける像ずれ量 u とデフォーカス量 d_z は、図 4 及び式 (1)、(2) で説明したように、

$$\times d_z = u \quad \dots (1)$$

$$d_z = u \times (1 / \quad) = u \times K_1 \quad \dots (2)$$

の関係がある。ここで、 \quad は 2 分割された 1 対の瞳の基線角度、 K_1 は基線角度 \quad の逆数で定義された係数であり、F ナンバーが大きいほど、基線角度 \quad は小さい。一方で、図 7 ~ 図 1 1 で説明した現象による像ずれ量 u は、上述したように F ナンバー依存性が小さいため、図 1 2 では一定の値としている。すると、デフォーカス量に変換 (換算) した焦点検出誤差は、F ナンバーの増加とともに急増する。このような特性は、撮像素子の個体差 (製造誤差) によっても若干変化するため、数個の撮像素子を用いて諸特性を測定し、その平均値を補正用パラメータとしてカメラ内に記憶しておけばよい。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 及び図 1 4 は、本実施形態のカメラの焦点調節及び撮影工程を説明するためのフローチャートである。先に説明した図 1 ~ 図 1 2 の各図を参照しながら、図 1 3 以降の制御フローを説明する。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 は本実施形態のカメラのメインフローである。撮影者がカメラの電源スイッチをオン操作すると、ステップ S 1 0 2 において CPU 1 2 1 はカメラ内の各アクチュエータや撮像素子の動作確認を行ない、メモリ内容や実行プログラムの初期化を行なうと共に、撮影準備動作を実行する。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 1 0 3 ではレンズ状態の検出を行なう。具体的には、撮影光学系のズーム状態、フォーカスレンズ状態、及び絞り状態を検出し、射出瞳の大きさや射出瞳距離、基線角度 \quad 等の情報を ROM から読み出す。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 1 0 4 では撮影条件の設定受け付けを行なう。具体的には、露光調節モード、焦点調節モード、画像モード (2 D か 3 D か)、画質 (記録画素数や圧縮率) 等を自動で設定したり、撮影者による手動設定操作を受け付ける。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 1 0 5 では撮像素子の撮像動作を開始し、画素信号を読み出す。ステップ S 1 0 6 では読み出した画素信号から表示用縮小画像を創生し、カメラ背面に設けられた表示器 1 3 1 に表示する。すると撮影者はこのプレビュー画像を目視して構図決定やズーム

10

20

30

40

50

操作等を行なう。

【0071】

ステップS111では後述する焦点検出サブルーチンを実行する。ステップS131では、ステップS111で算出したデフォーカス量に基づき合焦状態にあるか否かを判断する。そしてデフォーカス量が所定値以下の場合は合焦と判断し、ステップS132に移行して合焦表示を行なう。一方デフォーカス量が所定値以上の場合はステップS133に移行する。ステップS133においては、ステップS111の焦点検出サブルーチンで算出されたデフォーカス量に、撮影光学系固有のフォーカス駆動係数を乗じてフォーカスレンズ駆動量を算出する。そしてステップS134でフォーカスレンズを駆動する。

【0072】

ステップS135では、撮影スイッチがオン操作されたか否かを判別し、オン操作されていないならばステップS151にジャンプし、オン操作されている場合はステップS141にて撮像を行なう。

【0073】

ステップS151では、電源スイッチの状態を判別し、NOの場合、すなわちオン状態が維持されている場合はステップS102に戻り、ステップS102～ステップS151を繰り返し実行する。ステップS151にて電源スイッチがオフと判断されたら、ステップS161に移行し、メインフローの実行を終了する。

【0074】

図14は焦点検出サブルーチンのフロー図である。メインフローのステップS111から当サブルーチンのステップS111にジャンプすると、ステップS112において、レビュー画像から被写体パターンを認識し、顔画像の判別や、撮影画面全体のコントラスト分析等を行なう。ステップS113では、ステップS112での認識結果から、焦点を合わせるべき主被写体を決定する。たとえば主被写体として人物の顔を認識する場合は、本願出願人による特開2006-345254号公報等の技術を用いればよい。

【0075】

ステップS114では、決定された主被写体領域に存在する焦点検出画素を抽出し、相関演算用の1対2像を創生する。ステップS115では、創生した焦点検出信号に対して、ピネッティングにより生じた光量アンバランスを軽減する、いわゆるシェーディング補正を施す。ステップS116では、シェーディング補正が施された2像の像ずれ量 u を算出するための相関演算を行なう。この相関演算は、本願出願人による特開2001-305415号公報等に関示された技術を用いればよい。

【0076】

ステップS117では、本発明の課題である2像の誤差を補正するための補正値をメモリから読み出す。本実施形態においては、図12で説明した誤差量のうち、像ずれ量を補正対象としている。すなわち、ステップS116で算出された2像の像ずれ量を u_1 、像ずれ量補正値を u_0 、補正後の像ずれ量を u_2 とすると、補正式は以下の式(3)となる。

【0077】

$$u_2 = u_1 + u_0 \quad \dots (3)$$

ここで、像ずれ補正値 u_0 は、撮影光学系のFナンバーや、撮影光学系の射出瞳距離、焦点検出領域の座標(像高)等に対する依存性が少ない場合は定数として扱うことができる。すると補正式が簡単になるため、補正のための演算時間の増加が抑えられる。また、補正値を格納するためのメモリ容量も少なく済むため、コストの増加も回避できる。ステップS118では、読み出した補正値 u_0 を上記式(3)に代入し、像ずれ補正を行なう。

【0078】

ステップS119では、補正された像ずれ量 u_2 を、前述の式(2)の u に代入し、デフォーカス量 d_z を算出する。そしてステップS120にてメインルーチンにリターンする。

【 0 0 7 9 】

なお、上記実施形態では、像ずれ補正值 u_0 は一定値としているが、撮像素子の構造によっては、撮影光学系の F ナンバーやその他の条件に応じて変化する場合もある。ただしその場合も、所定の傾向をもって変化するため、補正量 u_0 を以下のような多項式で定義し、計算してもよい。

【 0 0 8 0 】

$$u_0 = U_0 + U_1 \times F + U_2 \times F^2 \quad \dots (4)$$

ここで、 U_0 、 U_1 、 U_2 はメモリに記憶された定数、 F は焦点検出時の撮影光学系の F ナンバーである。

【 0 0 8 1 】

また、他の方法として、補正值 u_0 を、撮影光学系の F ナンバーや、焦点検出領域の座標（像高）の組み合わせで参照するルックアップテーブルとして記憶してもよい。

【 0 0 8 2 】

（第 2 の実施形態）

第 1 の実施形態は、位相差演算の対象となる 1 対 2 像の像ずれ量に対して所定量の誤差補正を施す実施形態であった。以下に示す第 2 の実施形態は、像ずれ量をデフォーカス量に変換（換算）したのち、デフォーカス量に補正を施す実施形態を示す。

【 0 0 8 3 】

第 1 の実施形態に対して第 2 の実施形態の異なる点は、焦点検出サブルーチンにおける誤差補正ステップの箇所のみであり、撮像装置の構成や、撮像装置の動作制御用メインフローは第 1 の実施形態と実質的に同一であるため、異なる部分のみについて説明する。

【 0 0 8 4 】

図 15 は、第 2 の実施形態における焦点検出サブルーチンのフロー図である。メインフローのステップ S 1 1 1 から当サブルーチンのステップ S 2 1 1 にジャンプすると、ステップ S 2 1 2 において、プレビュー画像から被写体パターンを認識し、顔画像の判別や、撮影画面全体のコントラスト分析等を行なう。ステップ S 2 1 3 では、ステップ S 2 1 2 での認識結果から、焦点を合わせるべき主被写体を決定する。ステップ S 2 1 4 では、決定された主被写体領域に存在する焦点検出画素を抽出し、相関演算用の 1 対 2 像を創生する。ステップ S 2 1 5 では、創生した焦点検出信号に対してシェーディング補正を施す。ステップ S 2 1 6 では、シェーディング補正が施された 2 像の像ずれ量 u を算出するための相関演算を行なう。なお、ここまでのフローは第 1 の実施形態のステップ S 1 1 1 ~ S 1 1 6 と同一である。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 2 1 7 では、算出された像ずれ量を、前述の式 (2) に代入し、デフォーカス量 $D E F$ に変換する。ステップ S 2 1 8 では、本発明の課題である 2 像の誤差を補正するための補正值をメモリから読み出す。第 2 の実施形態においては、図 12 で説明した誤差量のうち、デフォーカス量を補正対象としている。すなわち、ステップ S 2 1 7 で算出されたデフォーカス量を $d z 1$ 、デフォーカス補正值を $d z 0$ 、補正後のデフォーカス量を $d z 2$ とすると、補正式は以下の式 (5) となる。

【 0 0 8 6 】

$$d z 2 = d z 1 + d z 0 \quad \dots (5)$$

そこでステップ S 2 1 9 においては、上記式 (5) を用いてデフォーカス量の補正を行ない、補正後のデフォーカス量 $d z 2$ を算出する。そしてステップ S 2 2 0 にてメインルーチンにリターンする。

【 0 0 8 7 】

次に補正值 $d z 0$ の算出方法について説明する。図 12 に示したように、撮影光学系の F ナンバーの増加に応じて、補正值 $d z 0$ の絶対値も増加する。そこで補正值 $d z 0$ は以下のような多項式で定義するのが好ましい。

【 0 0 8 8 】

$$d z 0 = D_0 + D_1 \times F + D_2 \times F^2 \quad \dots (6)$$

ここで、D 0、D 1、D 2 はメモリに記憶された定数、F は焦点検出時の撮影光学系の F ナンバーである。

【 0 0 8 9 】

また、他の方法として、補正值 $d \geq 0$ を、撮影光学系の F ナンバーや、焦点検出領域の座標（像高）の組み合わせで参照するルックアップテーブルとして記憶してもよい。

【 0 0 9 0 】

（第 3 の実施形態）

第 1 及び第 2 の実施形態は、焦点調節対象である主被写体の焦点調節結果に補正を加える実施形態を示した。以下に示す第 3 の実施形態は、撮影画像の全領域における焦点状態情報、いわゆるデフォーカスマップを作成する場合の実施形態を示す。

10

【 0 0 9 1 】

第 1 の実施形態に対して第 3 の実施形態の異なる部分は焦点検出サブルーチンのみであり、撮像装置の構成や、撮像装置の動作制御用メインフローは第 1 の実施形態と実質的に同一であるため、異なる部分のみについて説明する。

【 0 0 9 2 】

図 1 6 は第 3 の実施形態における焦点検出サブルーチンのフロー図である。メインフローのステップ S 1 1 1 から当サブルーチンのステップ S 3 1 1 にジャンプすると、ステップ S 3 1 2 において、プレビュー画像から被写体パターンを認識し、顔画像の判別や、撮影画面全体のコントラスト分析等を行なう。ステップ S 3 1 3 では、ステップ S 3 1 2 での認識結果から、焦点を合わせるべき主被写体を決定する。ステップ S 3 1 4 では、ステ

20

【 0 0 9 3 】

続いてステップ S 3 1 5 ~ ステップ S 3 2 1 では、分割された各領域に対して順番に（領域毎に）、焦点検出と誤差補正を行なう。まずステップ S 3 1 5 では、最初の領域における焦点検出用の 1 対 2 像の信号列を創生する。ステップ S 3 1 6 では、創生した焦点検出信号に対してシェーディング補正を施す。ステップ S 3 1 7 では、シェーディング補正が施された 2 像の像ずれ量 u を算出するための相関演算を行なう。

【 0 0 9 4 】

ステップ S 3 1 8 では、本発明の課題である 2 像の誤差を補正するための補正值をメモリから読み出す。本実施形態における補正值は、第 1 の実施形態と同様のものを用いるため、詳しい説明は省略する。ステップ S 3 1 9 では、読み出した補正值を用いて像ずれ補正を行なう。

30

【 0 0 9 5 】

ステップ S 3 2 0 では、補正された像ずれ量を前述の式（ 2 ）に代入し、デフォーカス量を算出する。ステップ S 3 2 1 では、分割された全ての領域において、デフォーカス量の算出が完了したか否かの判断を行なう。そして、算出が完了していなければステップ S 3 1 5 に戻り、次の領域について同様の計算を行なう。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 3 2 1 で全領域のデフォーカス量算出が完了したと判断されたら、ステップ S 3 2 2 に移行する。ステップ S 3 2 2 では、ステップ S 3 1 4 にて分割された各被写体領域に、各々のデフォーカス量計算結果を割り当て、いわゆるデフォーカスマップを作成する。ステップ S 3 2 3 では、ステップ S 3 1 3 で決定した主被写体領域におけるデフォーカス量を出力し、ステップ S 3 2 4 でメインルーチンにリターンする。なお、ステップ S 3 2 3 で出力された主被写体のデフォーカス量は、図 1 3 のステップ S 1 3 1 における合焦判定用に使われる。

40

【 0 0 9 7 】

図 1 7 は、第 3 の実施形態で作成されたデフォーカスマップの概念を説明する図である。図 1 7（ a ）は撮像素子で取得した被写体像を示している。このような被写体像に対して、図 1 6 のステップ S 3 1 2 及び S 3 1 3 の演算を行ない、人物の顔が主被写体である

50

と判定する。すると、図 13 のメインフローによる焦点調節制御が実行され、顔に対して合焦制御がなされる。

【0098】

図 17 (b) は第 3 の実施形態の焦点検出サブルーチンにより作成されたデフォーカスマップである。前述の焦点調節動作により、人物の顔に焦点が合っている。すると、顔と略同一距離にある人物の胴体も含めて、人物全体のデフォーカス量は略ゼロとなっている。この領域を DEF0 で示す。また、人物から後ろに遠ざかるにつれて、後ピン方向のデフォーカス量も大きくなる。図 17 (b) では、被写体像を 4 つの領域に統合し、各領域のデフォーカス量の大きさは、 $DEF0 < DEF1 < DEF2 < DEF3$ の関係になっている。

10

【0099】

デフォーカスマップは、被写体認識の際の補助情報、画像のボケの解消や強調、3D 画像生成時の視差情報として利用可能である。よって、デフォーカスマップの分解能は、使用目的に応じて適切な値を設定すればよい。

【0100】

以上のごとく、第 3 の実施形態によれば、デフォーカスマップ作成時に、各領域のデフォーカス誤差を低減することができるため、精度のよいデフォーカス分布情報を得ることができる。

【0101】

(第 4 の実施形態)

20

上記の実施形態で用いた撮像素子は、すべての画素の光電変換部が 2 分割されているが、画素構造や画素配列が異なる撮像素子でも構わない。

【0102】

図 18 は第 4 の実施形態の撮像素子の画素配列を示す。210 は光電変換部が非分割、すなわち瞳分割機能を有しない画素である。211 は光電変換部が 2 分割された画素で、その構造は第 1 の実施形態で説明したものと実質的に同一であり、画素 210 の間に所定のピッチで離散的に配置される。そして焦点検出時には画素 211 の出力を利用し、画像創生時にはすべての画素の出力を利用する。

【0103】

なお、第 1 乃至第 4 の実施形態における画素の光電変換部は X 方向に分割されていたが、Y 方向、もしくは X と Y の中間の斜め方向に分割したものでも構わない。また、光電変換部の分割数も 1 方向に 2 分割した形態に限定されるものではなく、X 方向及び Y 方向の各々について複数に分割された撮像素子に適用することも可能である。

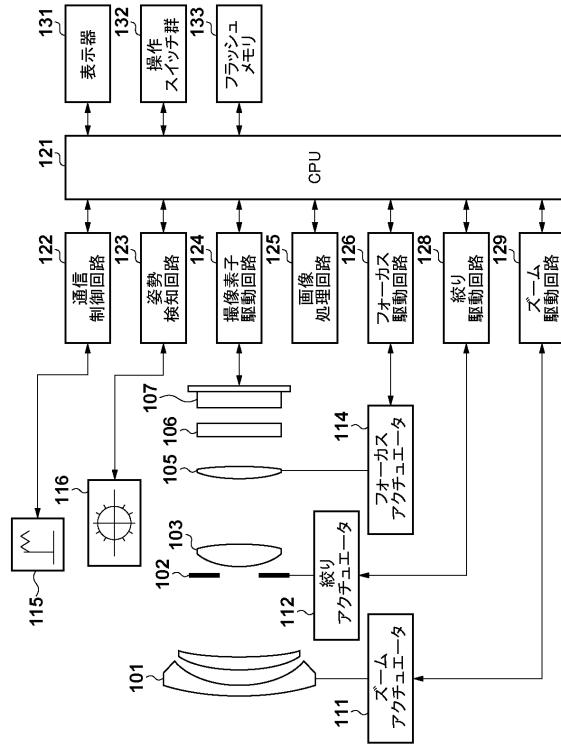
30

【0104】

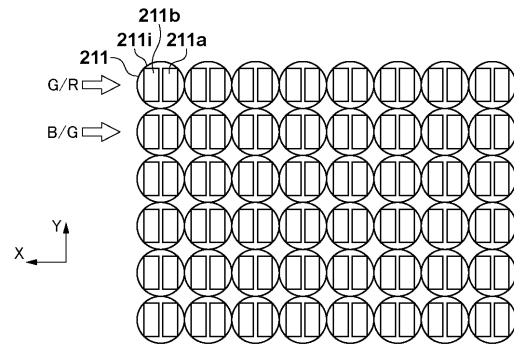
(変形例)

第 1 の実施形態の撮像装置は、撮影光学系と、撮像素子を含むカメラ本体が一体となった実施形態を示したが、撮影光学系がカメラ本体に対して着脱可能な構成でも構わない。

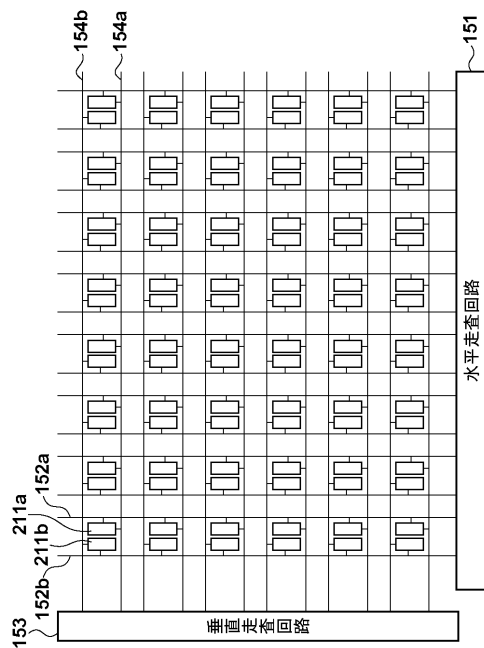
【図 1】



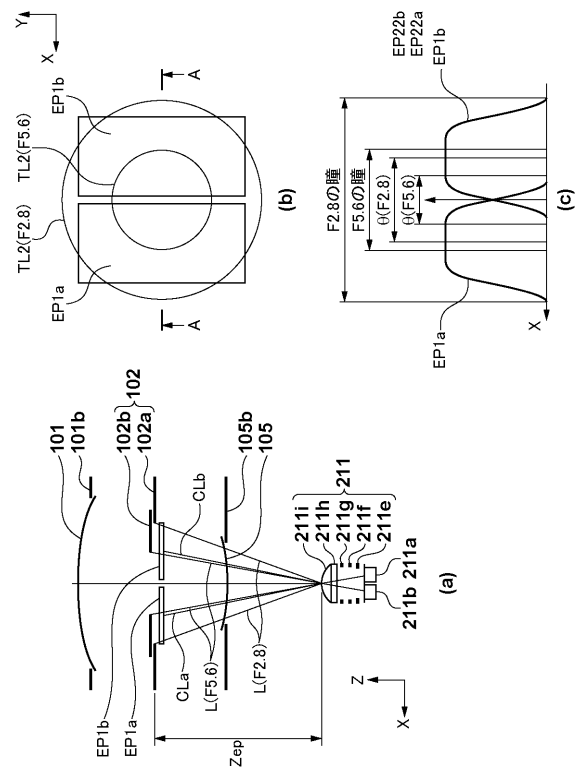
【図 2】



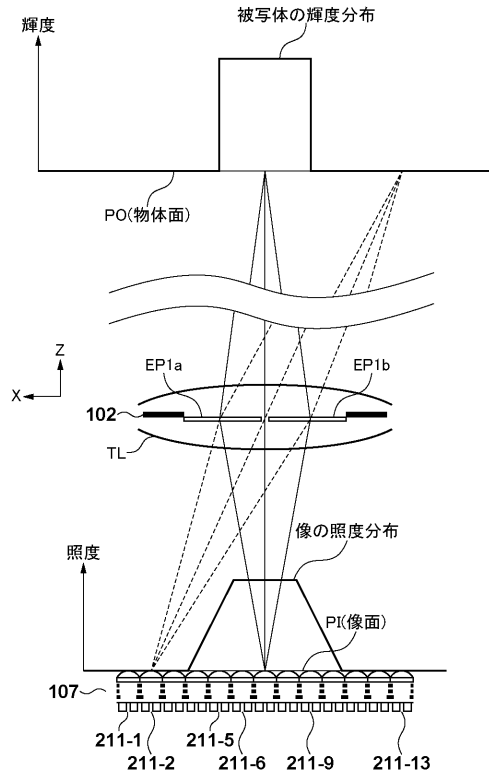
【図 3】



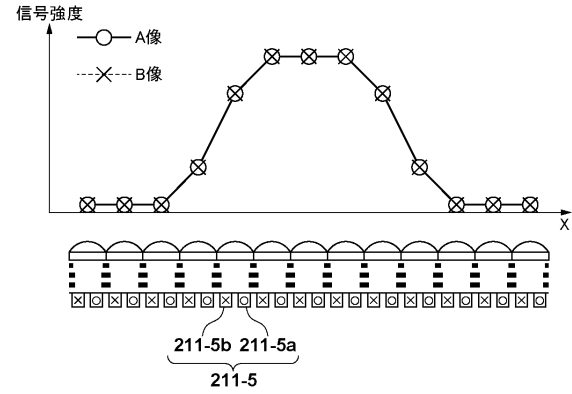
【図 4】



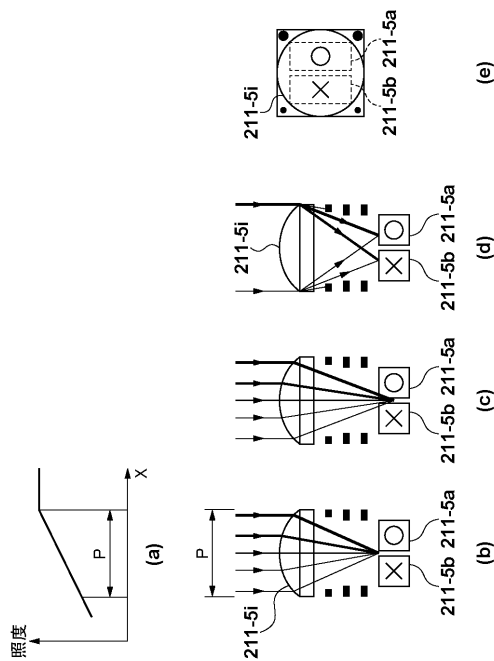
【図 5】



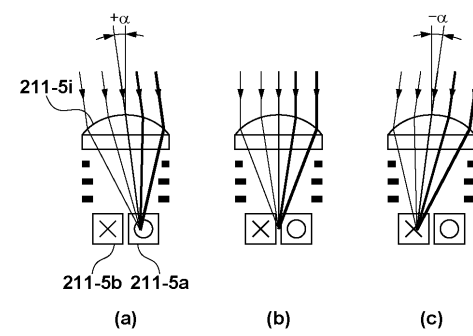
【図 6】



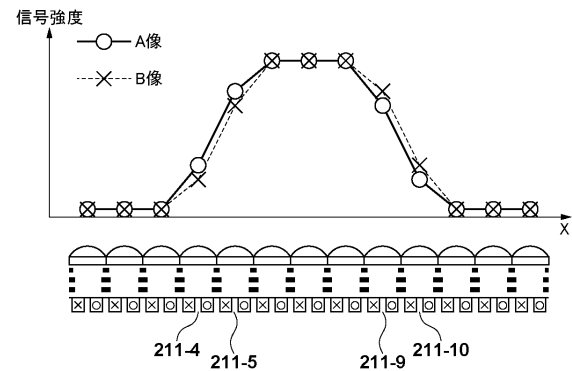
【図 7】



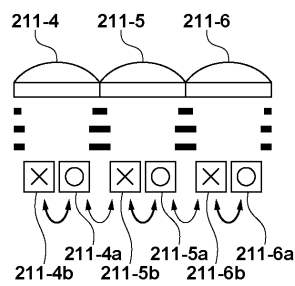
【図 8】



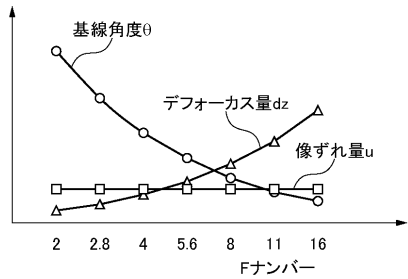
【図 9】



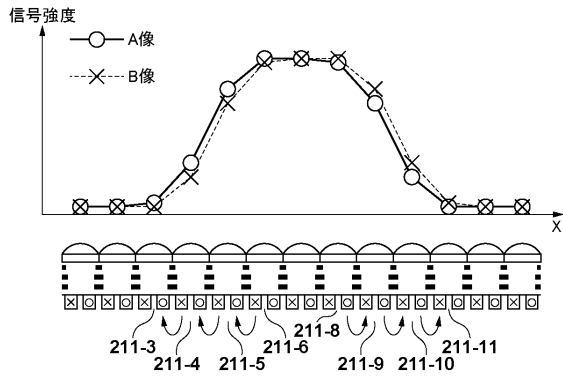
【図 1 0】



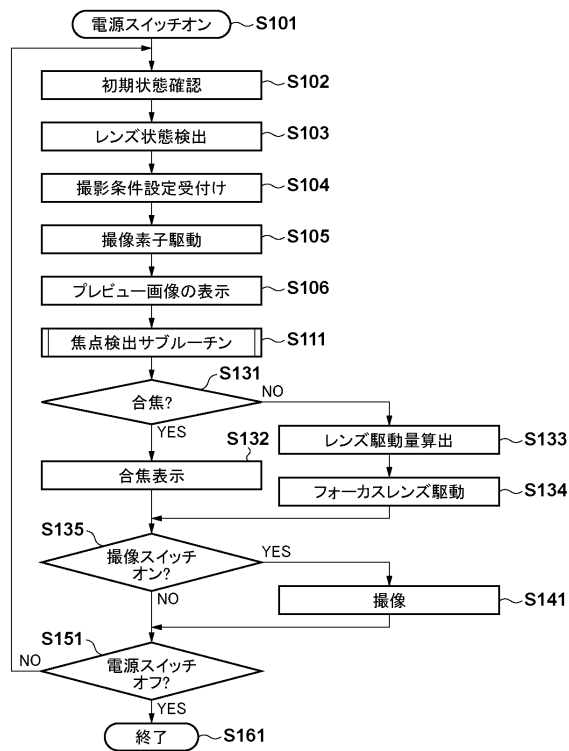
【図 1 2】



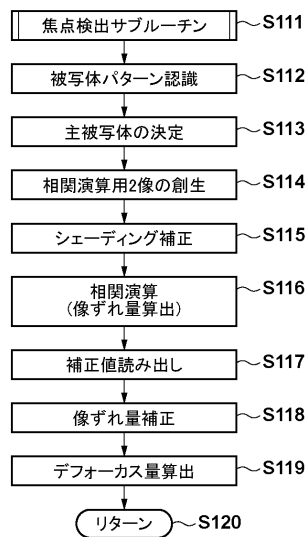
【図 1 1】



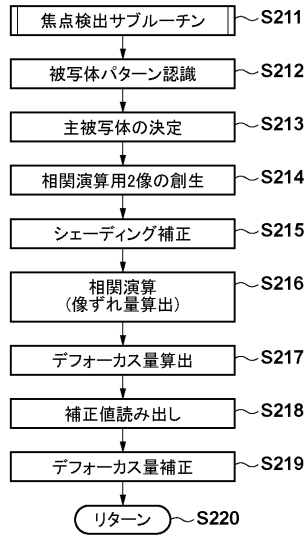
【図 1 3】



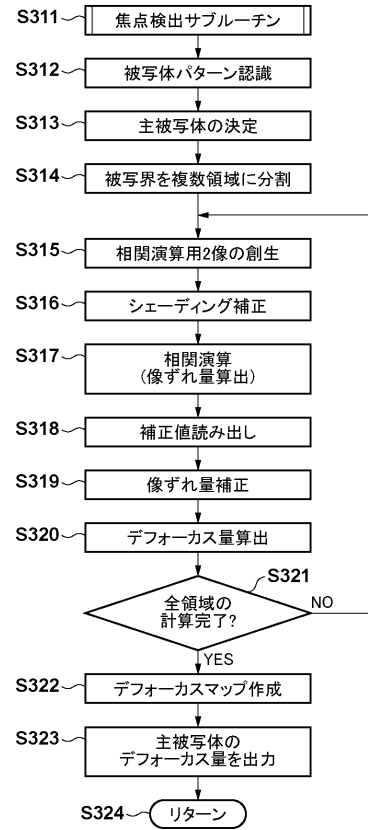
【図 1 4】



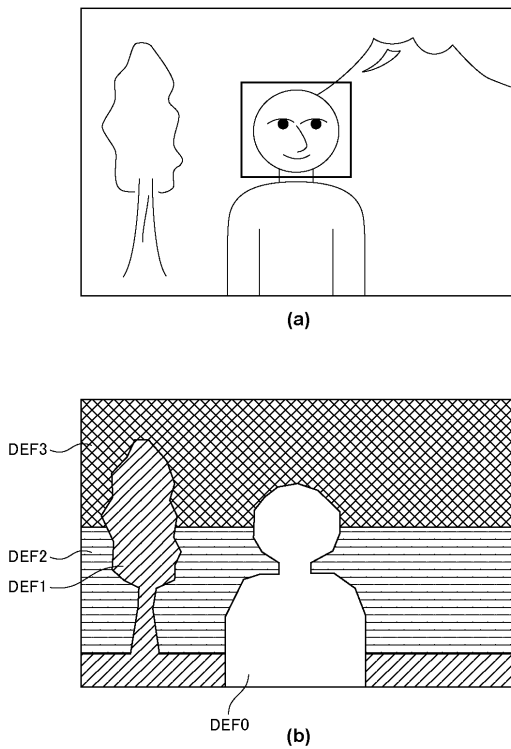
【図 15】



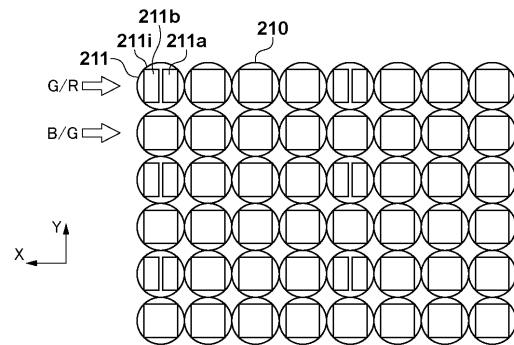
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 大貫 一朗
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 西尾 彰宏
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 福田 浩一
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 玉木 嘉人
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 吉村 勇希
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 荒井 良子

- (56)参考文献 特開2009-075407(JP,A)
特開2007-189312(JP,A)
特開2010-057067(JP,A)
特開2010-049209(JP,A)
特開2011-130256(JP,A)
特開2010-109923(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	7 / 3 4
G 0 2 B	7 / 2 8
G 0 3 B	1 3 / 3 6
H 0 4 N	5 / 2 3 2
H 0 4 N	5 / 3 6 9