

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4770560号
(P4770560)

(45) 発行日 平成23年9月14日(2011.9.14)

(24) 登録日 平成23年7月1日(2011.7.1)

(51) Int. Cl.			F I		
HO4N	5/369	(2011.01)	HO4N	5/335	690
GO2B	7/28	(2006.01)	GO2B	7/11	N
GO2B	7/34	(2006.01)	GO2B	7/11	C
GO3B	13/36	(2006.01)	GO3B	3/00	A
HO4N	5/232	(2006.01)	HO4N	5/232	H

請求項の数 10 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-108955 (P2006-108955)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成18年4月11日(2006.4.11)	(74) 代理人	100084412 弁理士 永井 冬紀
(65) 公開番号	特開2007-282108 (P2007-282108A)	(72) 発明者	日下 洋介 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(43) 公開日	平成19年10月25日(2007.10.25)		
審査請求日	平成21年2月26日(2009.2.26)	審査官	若林 治男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、カメラおよび画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像用画素が二次元状に配列されるとともに、該配列の一部に焦点検出用画素を備えた撮像素子と、

前記焦点検出用画素の出力を前記焦点検出用画素の位置における画像の出力に換算するための換算係数を、前記撮像素子上に像を形成する撮影光学系の絞り値に応じて設定する係数設定手段と、

前記係数設定手段により設定された前記換算係数と前記焦点検出用画素の出力とに基づいて、前記焦点検出用画素の位置における画像の出力を推定する推定手段とを備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項2】

請求項1に記載の撮像装置において、

前記撮像素子は、異なる分光感度特性を有する複数種類の撮像用画素を規則的に配列した画素ユニットを二次元状に複数配列するとともに、該配列中に前記画素ユニットのすべての分光感度を包含する感度を有する焦点検出用画素を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項3】

請求項2に記載の撮像装置において、

前記画素ユニットは、赤色、緑色および青色に感度を有する3種類の画素をベイヤー配列としたものであることを特徴とする撮像装置。

10

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の撮像装置において、

前記撮像素子上の青色と緑色に感度を有する前記撮像用画素が直線状に配列された行または列に相当する位置に前記焦点検出用画素を配列したことを特徴とする撮像装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置において、

前記撮像用画素と前記焦点検出用画素は、マイクロレンズと光電変換部を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の撮像装置において、

前記焦点検出用画素は、前記撮影光学系の射出瞳の一对の領域を通過する一对の光束によって形成される一对の像を検出することを特徴とする撮像装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置において、

前記係数設定手段は、前記撮影光学系の絞り値に対する換算係数のテーブルを予め記憶しており、前記テーブルを参照して前記撮影光学系の絞り値に対応する換算係数を設定することを特徴とする撮像装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の撮像装置において、

前記撮像素子は、前記撮影光学系の予定結像面に設定した複数の焦点検出領域のそれぞれに対応する前記焦点検出用画素を有し、

前記係数設定手段は、前記焦点検出領域ごとに前記撮影光学系の絞り値に対する換算係数のテーブルを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置を備えることを特徴とするカメラ。

【請求項 10】

撮像用画素が二次元状に配列されるとともに、該配列の一部に焦点検出用画素を備えた撮像素子の画像処理方法であって、

前記焦点検出用画素の出力を前記焦点検出用画素の位置における画像の出力に換算するための換算係数を、撮影光学系の絞り値に応じて設定する係数設定処理と、

前記係数設定処理で設定された前記換算係数と前記焦点検出用画素の出力とに基づいて、前記焦点検出用画素の位置における画像の出力を推定する画像出力推定処理とを行うことを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像素素と焦点検出画素とを有する撮像素子を用いた撮像装置、その撮像装置を備えたカメラ、および撮像素素と焦点検出画素とを有する撮像素子の画像処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

同一基板上に撮像素素と焦点検出画素を混在させて配置した撮像素子を備え、撮像素子上に形成される像を撮像するとともにその像の焦点調節状態を検出するようにした撮像装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

この出願の発明に関連する先行技術文献としては次のものがある。

【特許文献 1】特開 2000 - 305010 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

しかしながら、上述した従来の撮像装置では、焦点検出画素周辺の撮像画素の出力を単純平均するか、もしくは焦点検出画素出力と焦点検出画素周辺の撮像画素出力とを単純平均して焦点検出画素位置における画像出力、すなわち仮想の撮像画素出力を求めているので、撮影光学系の絞りを変えて撮像した場合には、単純平均により求めた仮想撮像画素出力が本来その位置にあるべき撮像画素の出力からかけ離れてしまい、偽色や偽パターンが発生したり、パターンが消失することがあり、画像品質が低下するという問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

(1) 請求項1の発明は、撮像用画素が二次元状に配列されるとともに、この配列の一部に焦点検出用画素を有する撮像素子を備え、焦点検出用画素の出力を焦点検出用画素の位置における画像の出力に換算するための換算係数を、撮像素子上に像を形成する撮影光学系の絞り値に応じて設定するとともに、設定された換算係数と焦点検出用画素の出力とに基づいて、焦点検出用画素の位置における画像の出力を推定する。

10

(2) 請求項2の撮像装置の撮像素子は、異なる分光感度特性を有する複数種類の撮像用画素を規則的に配列した画素ユニットを二次元状に複数配列するとともに、この配列中に画素ユニットのすべての分光感度を包含する感度を有する焦点検出用画素を備えたものである。

(3) 請求項3の撮像装置の画素ユニットは、赤色、緑色および青色に感度を有する3種類の画素をベイヤー配列としたものである。

(4) 請求項4の撮像装置は、撮像素子上の青色と緑色に感度を有する撮像用画素が直線状に配列された行または列に相当する位置に焦点検出用画素を配列したものである。

20

(5) 請求項5の撮像装置の撮像用画素と焦点検出用画素は、マイクロレンズと光電変換部を有する。

(6) 請求項6の撮像装置の焦点検出用画素は、撮影光学系の射出瞳の一对の領域を通過する一对の光束によって形成される一对の像を検出する。

(7) 請求項7の撮像装置は、撮影光学系の絞り値に対する換算係数のテーブルを予め記憶しており、そのテーブルを参照して撮影光学系の絞り値に対応する換算係数を設定する。

(8) 請求項8の撮像装置は、撮像素子が撮影光学系の予定結像面に設定した複数の焦点検出領域のそれぞれに対応する焦点検出用画素を有し、焦点検出領域ごとに撮影光学系の絞り値に対する換算係数のテーブルを有する。

30

(9) 請求項9のカメラは、請求項1～8のいずれか1項に記載の撮像装置を備える。

(10) 請求項10の発明は、撮像用画素が二次元状に配列されるとともに、この配列の一部に焦点検出用画素を備えた撮像素子の画像処理方法であって、焦点検出用画素の出力を焦点検出用画素の位置における画像の出力に換算するための換算係数を、撮影光学系の絞り値に応じて設定する係数設定処理と、係数設定処理で設定された換算係数と焦点検出用画素の出力とに基づいて、焦点検出用画素の位置における画像の出力を推定する画像出力推定処理とを行う。

【発明の効果】

【0006】

40

本発明によれば、撮影光学系の絞りを変えて撮像した場合でも、焦点検出用画素の位置に本来あるべき撮像画素の出力を正確に推定することができ、偽色や偽パターンの発生、あるいはパターンの消失を抑制することができ、画像品質の低下を防ぐことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本願発明を撮像装置としてのデジタルスチルカメラに適用した一実施の形態を説明する。図1は一実施の形態のデジタルスチルカメラの構成を示す図である。一実施の形態のデジタルスチルカメラ201は交換レンズ202とカメラボディ203とから構成され、交換レンズ202はカメラボディ203のマウント部204に装着される。

【0008】

50

交換レンズ 202 はレンズ 205 ~ 207、絞り 208、レンズ駆動制御装置 209などを備えている。なお、レンズ 206 はズーム用、レンズ 207 はフォーカシング用である。レンズ駆動制御装置 209 は CPU とその周辺部品を備え、フォーカシング用レンズ 207 と絞り 208 の駆動制御、ズーム用レンズ 206、フォーカシング用レンズ 207 および絞り 208 の位置検出、カメラボディ 203 の制御装置との通信によるレンズ情報の送信とカメラ情報の受信などを行う。

【0009】

一方、カメラボディ 203 は撮像素子 211、カメラ駆動制御装置 212、メモリカード 213、LCD ドライバー 214、LCD 215、接眼レンズ 216などを備えている。撮像素子 211 は交換レンズ 202 の予定結像面（予定焦点面）に配置され、交換レンズ 202 により結像された被写体像を撮像して画像信号を出力する。撮像素子 211 には撮像用画素（以下、単に撮像画素という）が二次元状に配置されており、その内の焦点検出位置に対応した部分には撮像画素に代えて焦点検出用画素（以下、単に焦点検出画素という）列が組み込まれている。

10

【0010】

カメラ駆動制御装置 212 は CPU とその周辺部品を備え、撮像素子 211 の駆動制御、撮像画像の処理、交換レンズ 202 の焦点検出および焦点調節、絞り 208 の制御、LCD 215 の表示制御、レンズ駆動制御装置 209 との通信、カメラ全体のシーケンス制御などを行う。なお、カメラ駆動制御装置 212 は、マウント部 204 に設けられた電気接点 217 を介してレンズ駆動制御装置 209 と通信を行う。

20

【0011】

メモリカード 213 は撮像画像を記憶する画像ストレージである。LCD 215 は液晶ビューファインダー（EVF：電子ビューファインダー）の表示器として用いられ、撮影者は接眼レンズ 216 を介して LCD 215 に表示された撮像画像を視認することができる。

【0012】

交換レンズ 202 を通過して撮像素子 211 上に結像された被写体像は撮像素子 211 により光電変換され、画像出力がカメラ駆動制御装置 212 へ送られる。カメラ駆動制御装置 212 は、焦点検出画素の出力に基づいて焦点検出位置におけるデフォーカス量を演算し、このデフォーカス量をレンズ駆動制御装置 209 へ送る。また、カメラ駆動制御装置 212 は、撮像画素の出力に基づいて生成した画像信号を LCD ドライバー 214 へ送って LCD 215 に表示するとともに、メモリカード 213 に記憶する。

30

【0013】

レンズ駆動制御装置 209 は、ズーム用レンズ 206、フォーカシングレンズ 207 および絞り 208 の位置を検出し、検出位置に基づいてレンズ情報を演算するか、あるいは予め用意されたルックアップテーブルから検出位置に応じたレンズ情報を選択し、カメラ駆動制御装置 212 へ送る。また、レンズ駆動制御装置 209 は、カメラ駆動制御装置 212 から受信したデフォーカス量に基づいてレンズ駆動量を演算し、レンズ駆動量に基づいてフォーカシング用レンズ 207 を駆動制御する。

40

【0014】

図 2 は、交換レンズ 202 の予定結像面に設定した撮像画面 G 上の焦点検出領域を示す。撮像画面 G 上に G1 ~ G5 の焦点検出領域を設定し、撮像素子 211 の焦点検出画素を撮像画面 G 上の各焦点検出領域 G1 ~ G5 の長手方向に直線状に配列する。つまり、撮像素子 211 上の焦点検出画素列は、撮影画面 G 上に結像された被写体像の内の焦点検出領域 G1 ~ G5 の像をサンプリングする。撮影者は撮影構図に応じて焦点検出領域 G1 ~ G5 の中から任意の焦点検出領域を手動で選択する。

【0015】

図 3 は撮像素子 211 に設置する色フィルターの配列を示す。撮像素子 211 の基板上に二次元状に配列する撮像画素には、図 3 に示すベイヤー配列の色フィルターを設置する。なお、図 3 には 4 画素分（2 × 2）の撮像画素に対する色フィルターの配列を示すが、

50

この4画素分の色フィルター配列を有する撮像素子ユニットを撮像素子211上に二次元状に展開する。ベイヤー配列ではG(緑)フィルターを有する2個の画素が対角位置に配置され、B(青)フィルターとR(赤)フィルターを有する一対の画素が上記Gフィルター画素と直交する対角位置に配置される。したがって、ベイヤー配列においては緑画素の密度が赤画素と青画素の密度より高くなる。

【0016】

図4に示すグラフは各色フィルターの分光感度、光電変換を行うフォトダイオードの分光感度、赤外カットフィルター(不図示)の分光特性を総合した場合の緑画素、赤画素、青画素の分光特性を示す。緑画素、赤画素、青画素は色分解を行うため、それぞれの感度は異なる光波長領域となっており(異なる分光感度を有する)、緑画素の分光特性は図5

10

【0017】

なお、焦点検出画素には光量をかせぐために色フィルターは配置されておらず、その分光特性は光電変換を行うフォトダイオードの分光感度、赤外カットフィルター(不図示)の分光特性を総合した図6に示す分光特性となる。つまり、図4に示す緑画素、赤画素および青画素の分光特性を加算したような分光特性となり、その感度の光波長領域は緑画素、赤画素および青画素のすべての画素感度の光波長領域を包含している。

【0018】

図7は撮像素子211の詳細な構成を示す正面図である。なお、図7は撮像素子211上のひとつの焦点検出領域の周囲を拡大した図である。撮像素子211は撮像素子310と焦点検出用の焦点検出画素311から構成される。

20

【0019】

図8に示すように、撮像素子310はマイクロレンズ10、光電変換部11、不図示の色フィルターから構成される。また、図9に示すように、焦点検出画素311はマイクロレンズ10、一対の光電変換部12, 13から構成される。撮像素子310の光電変換部11は、マイクロレンズ10によって明るい交換レンズの射出瞳(たとえばF1.0)を通過する光束をすべて受光するような形状に設計される。一方、焦点検出画素311の一対の光電変換部12, 13は、マイクロレンズ10によって交換レンズの特定の射出瞳(たとえばF2.8)を通過する光束をすべて受光するような形状に設計される。

【0020】

30

図7に示すように、二次元状に配置された撮像素子310にはRGBのベイヤー配列の色フィルターが備えられる。焦点検出画素311は、図2に示す焦点検出領域G1~G5の撮像素子310のBフィルターとGフィルターが配置されるべき行(列)に、直線状に隙間なしに密に配置される。焦点検出画素311を撮像素子310のBフィルターとGフィルターが配置されるべき行(列)に配置することによって、後述する画素補間により焦点検出画素311の位置の画素信号を算出する場合に、多少誤差が生じても人間の眼には目立たなくすることができる。この理由は、人間の目は青より赤に敏感であることと、緑画素の密度が青画素と赤画素より高いので、緑画素の1画素の欠陥に対する画像劣化への寄与が小さいためである。

【0021】

40

なお、色フィルターの配列は図3に示すベイヤー配列に限定されず、例えば図10に示す補色フィルターG(緑)、黄(Ye)、マゼンダ(Mg)、シアン(Cy)を配列した撮像素子ユニットを二次元状に展開してもよい。この補色フィルターの撮像素子ユニットを二次元状に展開した撮像素子では、出力誤差が比較的目立たない青成分を含むシアンとマゼンダが配置されるべき画素位置に焦点検出画素311を配置する。

【0022】

図11は撮像素子310の断面図である。撮像素子310において、撮像用の光電変換部11の前方にマイクロレンズ10が配置され、マイクロレンズ10により光電変換部11が前方に投影される。光電変換部11は半導体回路基板29上に形成され、不図示の色フィルターはマイクロレンズ10と光電変換部11の間に配置される。

50

【 0 0 2 3 】

図 1 2 は焦点検出画素 3 1 1 の断面図である。焦点検出画素 3 1 1 において、焦点検出用の光電変換部 1 2、1 3 の前方にマイクロレンズ 1 0 が配置され、マイクロレンズ 1 0 により光電変換部 1 2、1 3 が前方に投影される。光電変換部 1 2、1 3 は半導体回路基板 2 9 上に形成される。

【 0 0 2 4 】

次に、図 1 3 により瞳分割方式による焦点検出方法を説明する。図 1 3 において、交換レンズ 2 0 2 の光軸 9 1 上に配置される焦点検出画素 3 1 1 のマイクロレンズ 5 0 と、そのマイクロレンズ 5 0 の後方に配置される一对の光電変換部 5 2、5 3、および交換レンズ 2 0 2 の光軸 9 1 外に配置される焦点検出画素 3 1 1 のマイクロレンズ 6 0 と、そのマイクロレンズ 6 0 の後方に配置される一对の光電変換部 6 2、6 3 を例にあげて説明する。交換レンズ 2 0 2 の予定結像面に配置したマイクロレンズ 5 0、6 0 の前方の距離 d_4 の位置に、交換レンズ 2 0 2 の射出瞳 9 0 を設定する。ここで、距離 d_4 は、マイクロレンズ 5 0、6 0 の曲率、屈折率、マイクロレンズ 5 0、6 0 と光電変換部 5 2、5 3、6 2、6 3 との間の距離などに応じて決まる値であって、この明細書では測距瞳距離と呼ぶ。

10

【 0 0 2 5 】

マイクロレンズ 5 0、6 0 は交換レンズ 2 0 2 の予定結像面に配置されており、光軸 9 1 上のマイクロレンズ 5 0 によって一对の光電変換部 5 2、5 3 の形状がマイクロレンズ 5 0 から投影距離 d_4 だけ離間した射出瞳 9 0 上に投影され、その投影形状は測距瞳 9 2、9 3 を形成する。一方、光軸 9 1 外のマイクロレンズ 6 0 によって一对の光電変換部 6 2、6 3 の形状が投影距離 d_4 だけ離間した射出瞳 9 0 上に投影され、その投影形状は測距瞳 9 2、9 3 を形成する。すなわち、投影距離 d_4 にある射出瞳 9 0 上で各焦点検出画素の光電変換部の投影形状（測距瞳 9 2、9 3）が一致するように、各画素の投影方向が決定される。

20

【 0 0 2 6 】

光電変換部 5 2 は、測距瞳 9 2 を通過しマイクロレンズ 5 0 へ向う焦点検出光束 7 2 によってマイクロレンズ 5 0 上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。光電変換部 5 3 は、測距瞳 9 3 を通過しマイクロレンズ 5 0 へ向う焦点検出光束 7 3 によってマイクロレンズ 5 0 上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。光電変換部 6 2 は、測距瞳 9 2 を通過しマイクロレンズ 6 0 へ向う焦点検出光束 8 2 によってマイクロレンズ 6 0 上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。光電変換部 6 3 は、測距瞳 9 3 を通過しマイクロレンズ 6 0 へ向う焦点検出光束 8 3 によってマイクロレンズ 6 0 上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。なお、焦点検出画素 3 1 1 の配列方向は一对の瞳距離の分割方向と一致させる。

30

【 0 0 2 7 】

このような焦点検出画素を直線状に多数配列し、各画素の一对の光電変換部の出力を測距瞳 9 2 および測距瞳 9 3 に対応した出力グループにまとめることによって、一对の測距瞳 9 2 と 9 3 を各々通過する焦点検出光束が焦点検出画素列上に形成する一对の像の強度分布に関する情報を得ることができる。さらに、この情報に対して後述する像ズレ検出演算処理（相関処理、位相差検出処理）を施すことによって、いわゆる瞳分割方式で一对の像の像ズレ量を検出することができる。そして、この像ズレ量に所定の変換係数を乗ずることによって、予定結像面に対する現在の結像面（予定結像面上のマイクロレンズアレイの位置に対応した焦点検出位置における結像面）の偏差（デフォーカス量）を算出することができる。

40

【 0 0 2 8 】

なお、図 1 3 では、光軸 9 1 上にある第一焦点検出画素（マイクロレンズ 5 0 と一对の光電変換部 5 2、5 3）と隣接する第一焦点検出画素（マイクロレンズ 6 0 と一对の光電変換部 6 2、6 3）を模式的に例示したが、その他の焦点検出画素においても同様に、一对の光電変換部がそれぞれ一对の測距瞳から各マイクロレンズに到来する光束を受光す

50

る。

【 0 0 2 9 】

図 1 4 は射出瞳面における投影関係を示す正面図である。焦点検出画素 3 1 1 から一対の光電変換部 1 2 , 1 3 をマイクロレンズ 1 0 により射出瞳面 9 0 に投影した測距瞳 9 2 , 9 3 の外接円は、結像面から見た場合に所定の開口 F 値（この明細書では測距瞳 F 値という。ここでは F 2 . 8 ）となる。撮像画素 3 1 0 の光電変換部 1 1 をマイクロレンズ 1 0 により射出瞳面 9 0 に投影すると領域 9 4 となり、測距瞳 9 2 , 9 3 を包含した広い領域となっている。

【 0 0 3 0 】

最も明るい絞り開口（ F 1 ）に対応した領域は 9 5、暗い絞り開口（ F 5 . 6 ）に対応した領域は 9 6 である。領域 9 4 は領域 9 5、9 6 よりも広い領域となっているので、撮像画素 3 1 0 の受光する光束は絞り開口により制限され、撮像画素 3 1 0 の出力は絞り開口値に応じて変化する。測距瞳 9 2、9 3 は領域 9 5 より狭く、領域 9 6 より広がっている。したがって、絞り開口値が F 2 . 8 より明るい場合は、絞り開口値が変化しても焦点検出画素 3 1 1 の出力は変化せず、絞り開口値が F 2 . 8 より暗い場合は焦点検出画素 3 1 1 の出力は絞り開口値に応じて変化する。

10

【 0 0 3 1 】

撮像画素出力 / 焦点検出画素出力を出力比係数（絞り開口値 F 2 . 8 の時に 1 になるとして規格化）としてグラフ化すると、図 1 5 に示すように、開口値が F 2 . 8 より暗い場合には開口値に因らず一定値 1 であり、開口値が F 2 . 8 より明るい場合には、開口値が

20

【 0 0 3 2 】

図 1 6 は、一実施の形態のデジタルスチルカメラ（撮像装置）の動作を示すフローチャートである。カメラ駆動制御装置 2 1 2 はカメラの電源が投入されるとこの動作を繰り返し実行する。ステップ 1 0 0 でカメラの電源がオンされると動作を開始し、ステップ 1 1 0 で撮像画素 3 1 0 のデータを間引き読み出しし、電子ビューファインダー（LCD 2 1 5）に表示させる。撮像画素 3 1 0 のデータを間引き読み出しする際には、焦点検出画素 3 1 1 がなるべく含まれないような設定で間引き読み出しをすることによって、表示品質を向上させることができる。逆に、焦点検出画素 3 1 1 を含むように間引き読み出しを行い、電子ビューファインダー（LCD 2 1 5）上に焦点検出画素出力を補正せずに表示させることによって、焦点検出位置をユーザーに識別可能に表示することもできる。

30

【 0 0 3 3 】

ステップ 1 2 0 では焦点検出画素列からデータを読み出す。なお、焦点検出領域は不図示の選択手段を用いて撮影者により選択されている。続くステップ 1 2 0 で焦点検出画素列に対応した一対の像データに基づいて像ズレ検出演算処理を行い、像ズレ量を演算してデフォーカス量を算出する。

【 0 0 3 4 】

ここで、図 1 7 により像ズレ検出演算処理（相関アルゴリズム）について説明する。今、焦点検出画素列に対応する一対のデータをそれぞれ e_i , f_i （ただし $i = 1 \sim m$ ）とすると、まず（1）式に示す差分型相関アルゴリズムによって相関量 $C(L)$ を求める。

40

$$C(L) = |e_{(i+L)} - f_i| \cdots (1)$$

（1）式において、 L は整数であり、一対のデータの検出ピッチを単位とした相対的シフト量である。また、 L のとる範囲は $L_{min} \sim L_{max}$ （図では $-5 \sim +5$ ）である。さらに、

$i = p \sim q$ の範囲の総和演算を表し、 p, q は $1 \leq p < q \leq m$ の条件を満足するように定める。さらにまた、 p と q の値によって焦点検出領域の大きさを設定する。

【 0 0 3 5 】

（1）式の演算結果は、図 1 7 (a) に示すように、一対のデータの相関が高いシフト量 $L = k_j$ （図 1 7 (a) では $k_j = 2$ ）において相関量 $C(L)$ が最小になる。次に、（2）式～（5）式による 3 点内挿の手法を用いて連続的な相関量に対する最小値 $C(L)_{min} = C(x)$ を与えるシフト量 x を求める。

50

$$x = k_j + D / SLOP \quad \dots (2),$$

$$C(x) = C(k_j) - |D| \quad \dots (3),$$

$$D = \{C(k_{j-1}) - C(k_{j+1})\} / 2 \quad \dots (4),$$

$$SLOP = MAX \{C(k_{j+1}) - C(k_j), C(k_{j-1}) - C(k_j)\} \quad \dots (5)$$

【0036】

また、(2)式で求めたシフト量 x より、被写体像面の予定結像面に対するデフォーカス量 DEF を(6)式で求めることができる。

$$DEF = KX \cdot PY \cdot x \quad \dots (6)$$

(6)式において、 PY は検出ピッチであり、 KX は一对の測距瞳の重心の開き角の大きさによって決まる変換係数である。

10

【0037】

算出されたデフォーカス量 DEF の信頼性があるかどうかは、次のようにして判定する。図17(b)に示すように、一对のデータの相関度が低い場合は、内挿された相関量の最小値 $C(X)$ の値が大きくなる。したがって、 $C(X)$ が所定値以上の場合は信頼性が低いと判定する。あるいは、 $C(X)$ をデータのコントラストで規格化するために、コントラストに比例した値となる $SLOP$ で $C(X)$ を徐した値が所定値以上の場合は信頼性が低いと判定する。あるいはまた、コントラストに比例した値となる $SLOP$ が所定値以下の場合には、被写体が低コントラストであり、算出されたデフォーカス量 DEF の信頼性が低いと判定する。

20

【0038】

図17(c)に示すように、一对のデータの相関度が低く、シフト範囲 $L_{min} \sim L_{max}$ の間で相関量 $C(L)$ の落ち込みがない場合は、最小値 $C(X)$ を求めることができず、このような場合は焦点検出不能と判定する。

【0039】

図16に戻って動作説明を続ける。ステップ140において合焦近傍か否か、すなわち算出されたデフォーカス量の絶対値が所定値以内か否かを判別し、合焦近傍でないときはステップ150へ進む。ステップ150ではデフォーカス量を交換レンズ202のレンズ駆動制御装置209へ送信し、交換レンズ202のフォーカシング用レンズ207を合焦位置に駆動させ、ステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。なお、焦点検出不能な場合もこのステップ150に分岐し、交換レンズ202のレンズ駆動制御装置209にスキャン駆動命令を送信し、交換レンズ202のフォーカシング用レンズ207を無限～至近間でスキャン駆動させ、ステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。

30

【0040】

一方、ステップ140で合焦近傍にあると判別されたときはステップ160へ進み、リリースボタン(不図示)の操作によりシャッターリリースがなされたか否かを確認する。シャッターリリースがなされていないときはステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。シャッターリリースがなされたときはステップ170へ進み、交換レンズ202のレンズ駆動制御装置209へ絞り調整命令を送信し、交換レンズ202の絞り値を制御 F 値(ユーザーまたは自動により設定された F 値)にする。絞り制御が終了した時点で、撮像素子211に撮像動作を行わせ、撮像素子211の撮像素子310および全ての焦点検出画素311から画像データを読み出す。

40

【0041】

ステップ180において焦点検出画素列の各画素位置の画素データを焦点検出画素311のデータおよび周囲の撮像素子310のデータに基づいて補間する。この補間処理については詳細を後述する。ステップ190で撮像素子310のデータおよび焦点検出画素311の補間データからなる画像データをメモリーカード213に保存し、ふたたびステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。

【0042】

図18は補間処理を示すフローチャートである。説明を解りやすくするために、図19

50

に示すように、撮像素子310の緑画素の出力を G_n 、赤画素の出力を R_n 、青画素の出力を B_n 、焦点検出画素311の出力を A_{Fn} ($n = 1, 2, \dots$)と定義する。なお、以下の説明では特定画素に注目して補間処理の流れを説明するが、すべての焦点検出画素311に対して同様な処理が施される。ここでは、青画素に配置された焦点検出画素 X (出力 A_{F3})の位置における画像データ(焦点検出画素 X の位置の仮想撮像素子出力)と、緑画素に配置された焦点検出画素 Y (出力 A_{F2})の位置における画像データ(焦点検出画素 Y の位置の仮想撮像素子出力)とを補間する例を説明する。

【0043】

ステップ200で補間処理を開始し、ステップ210で焦点検出画素列の周辺の画像特性に関する情報を算出する。焦点検出画素列の上側および下側の各色の平均値を示すパラメータ(G_{au} 、 G_{ad} 、 R_{au} 、 R_{ad} 、 B_{au} 、 B_{ad})および上側および下側の各色のバラツキ度合いを示すパラメータ(G_{nu} 、 G_{nd} 、 R_{nu} 、 R_{nd} 、 B_{nu} 、 B_{nd})および焦点検出画素周辺の色構成比(K_g 、 K_r 、 K_b)を算出する。

$$G_{au} = (G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5) / 5,$$

$$G_{ad} = (G_6 + G_7 + G_8 + G_9 + G_{10}) / 5,$$

$$R_{au} = (R_1 + R_2) / 2,$$

$$R_{ad} = (R_3 + R_4) / 2,$$

$$B_{au} = (B_1 + B_2 + B_3) / 3,$$

$$B_{ad} = (B_4 + B_5 + B_6) / 3,$$

$$G_{nu} = (|G_3 - G_1| + |G_1 - G_4| + |G_4 - G_2| + |G_2 - G_5|) / (4 * G_{au}),$$

$$G_{nd} = (|G_6 - G_9| + |G_9 - G_7| + |G_7 - G_{10}| + |G_{10} - G_8|) / (4 * G_{ad}),$$

$$R_{nu} = |R_1 - R_2| / R_{au},$$

$$R_{nd} = |R_3 - R_4| / R_{ad},$$

$$B_{nu} = (|B_1 - B_2| + |B_2 - B_3|) / (2 * B_{au}),$$

$$B_{nd} = (|B_4 - B_5| + |B_5 - B_6|) / (2 * B_{ad}),$$

$$K_g = (G_{au} + G_{ad}) / (G_{au} + G_{ad} + R_{au} + R_{ad} + B_{au} + B_{ad}),$$

$$K_r = (R_{au} + R_{ad}) / (G_{au} + G_{ad} + R_{au} + R_{ad} + B_{au} + B_{ad}),$$

$$K_b = (B_{au} + B_{ad}) / (G_{au} + G_{ad} + R_{au} + R_{ad} + B_{au} + B_{ad})$$

・・・(7)

【0044】

なお、色構成比 K_g 、 K_r 、 K_b は、焦点検出画素の周囲の撮像素子の出力に基づいて、焦点検出画素の位置に本来配置されるべき撮像素子の色の撮像素子出力と、すべての色の撮像素子出力との出力構成比である。

【0045】

ステップ220において、焦点検出画素311の周辺の撮像素子310のデータを統計処理して各焦点検出画素311の位置の画像データ S_1 、ここでは焦点検出画素 X と Y の画像データ $S_1(X)$ と $S_1(Y)$ を算出する。

$$S_1(X) = (B_2 + B_5) / 2,$$

$$S_1(Y) = (G_3 + G_4 + G_6 + G_7) / 4 \quad \dots (8)$$

焦点検出画素 X (出力 A_{F3})と周辺の青画素、緑画素との位置関係は、配置密度の低い青画素のほうが配置密度の高い緑画素より焦点検出画素 X から離れているため、焦点検出画素 X (出力 A_{F3})と周辺の青画素との間に細線パターン等が存在して画像パターンが大きく変化することがあり、(8)式で求めた $S_1(X)$ が誤差を生じやすい。

【0046】

これを防止するために、青画素周辺の緑画素の出力と焦点検出画素 X (出力 A_{F3})に近い緑画素の出力に応じて、青画素出力を焦点検出画素 X (出力 A_{F3})に近い緑画素の位置における青画素出力に補正してから平均をとってもよい。

$$S_1(X) = B_2 * G_4 / (G_1 + G_2) + B_5 * G_7 / (G_9 + G_{10}) \quad \dots (9)$$

(9)式では配置密度の低い青画素出力を配置密度の高い緑画素出力の変化分に応じて焦点検出画素X(出力AF3)に近い位置での青画素出力に換算してから平均しているため、誤差が減少する。

【0047】

統計処理して焦点検出画素X、Yの位置の画像データS1を算出する手法としては、(9)式で示した単純平均だけでなく、焦点検出画素X、Yに対して垂直な方向の周辺の複数箇所にある画素出力を線形補間、2次以上の多次式で補間して求めたり、メジアン処理で求めてもよい。

【0048】

ステップ230において、焦点検出画素311の周辺の撮像素子310のデータの色構成比に応じて焦点検出画素311の出力を補正し、焦点検出画素311の位置の画像データS2、ここでは焦点検出画素XとYの画像データS2(X)(焦点検出画素Xの位置の仮想撮像素子出力)とS2(Y)(焦点検出画素Yの位置の仮想撮像素子出力)を算出する。

$$S2(X) = AF3 * Kb * Ks * Kc,$$

$$S2(Y) = AF2 * Kg * Ks * Kc \dots (10)$$

(10)式において、係数Ksは図15に示した出力比係数であり、撮像時の制御F値(絞りF値)に応じた出力比係数が選択される。具体的には、図15に示すグラフに対応して、F値データと出力比係数データがペアになったルックアップテーブルをカメラ駆動制御装置212に予め記憶させておいて使用する。出力比係数のグラフが焦点検出領域の位置(光軸からの距離)や交換レンズ202の射出瞳距離(撮像素子から射出瞳までの距離)に応じて変化する場合は、焦点検出領域の位置や射出瞳距離に応じて複数のルックアップテーブルを用意しておき、焦点検出位置や交換レンズ202の射出瞳距離(レンズ情報に含まれる)に応じて切り替えて使用する。

【0049】

(10)式において係数Kcは焦点検出画素311と撮像素子310の分光特性の違いに起因する受光量の違いを調整する調整係数であり、予め測定された値がカメラ駆動制御装置212に記憶されている。例えば可視光領域にフラットな発光特性を有する面光源をF2.8より暗い絞り開口を有する撮影光学系を用いて撮像素子211で撮像した場合の、緑画素、赤画素、青画素および焦点検出画素の各出力をSg、Sr、SbおよびSaとした場合に、調整係数Kcは次式で求められる。

$$Kc = (Sg + Sr + Sb) / Sa \dots (11)$$

【0050】

ステップ240において、次のような条件判定を行って焦点検出画素311の周辺の画像が一樣か否かを判別する。焦点検出画素Xの場合は、次式を満足した場合に一樣と判別する。

$$Bnu < T1 \text{ かつ } Bnd < T1 \dots (12)$$

(12)式において、T1は所定のしきい値である。また、焦点検出画素Yの場合は、次式を満足した場合に一樣と判別する。

$$Gnu < T2 \text{ かつ } Gnd < T2 \dots (13)$$

(13)式において、T2は所定のしきい値である。一樣でないと判別された場合にはステップ290へ進み、焦点検出画素311の位置の画像データSをステップ220の統計処理で求めたデータS1とする。これは画像が一樣でない場合には、色構成比のデータS2を算出する処理がめんどみになるから、単純な平均処理を行う統計処理のデータS1を採用する。統計処理で求めたデータS1に誤差があったとしても、画像が一樣でなく周囲の画像の変動が大きいため目立たない。

【0051】

一方、一樣であると判別された場合にはステップ250に進み、焦点検出画素列の上下周囲の情報を比較することによって、焦点検出画素列に対して垂直な方向に画素出力が変化するエッジパターンがあるか否かを判別する。焦点検出画素Xの場合は、次式を満足し

10

20

30

40

50

た場合に焦点検出画素列に対して垂直な方向に画素出力が変化するエッジパターンがあると判別する。

$$|Bau - Bad| > T3 \quad \dots (14)$$

(14)式において、 $T3$ は所定のしきい値である。一方、焦点検出画素 Y の場合は、次式を満足した場合に焦点検出画素列に対して垂直な方向に画素出力が変化するエッジパターンがあると判別する。

$$|Gau - Gad| > T4 \quad \dots (15)$$

(15)式において、 $T4$ は所定のしきい値である。

【0052】

焦点検出画素列に対して垂直な方向に撮像画素出力が変化するエッジパターンがあると判別された場合はステップ260へ進み、エッジの度合い Kbe 、 Kge に応じて統計処理データ $S1$ と色構成比データ $S2$ とに重み付けを行い、加重加算により焦点検出画素311の位置の画像データ S を求め、その後ステップ300から図16に示すプログラムへリターンして補間処理を終了する。

【0053】

エッジの度合い Kbe 、 Kge は、エッジの傾きの急峻さと段差の大きさを示すものであり、次のようにして求める。焦点検出画素 X の場合には、

$$Kbe = |Bnu - Bnd| / (T5 - T3),$$

$$IF \quad Kbe > 1 \quad THEN \quad Kbe = 1,$$

$$S = (1 - Kbe) * S1(X) + Kbe * S2(X) \quad \dots (16)$$

(16)式において、 $T5$ は所定のしきい値($> T3$)である。エッジ度合い Kbe が高い($= 1$)の場合は、 $S = S2(X)$ となる。一方、焦点検出画素 Y の場合には、

$$Kge = |Gnu - Gnd| / (T6 - T4),$$

$$IF \quad Kge > 1 \quad THEN \quad Kge = 1,$$

$$S = (1 - Kge) * S1(Y) + Kge * S2(Y) \quad \dots (17)$$

(17)式において、 $T6$ は所定のしきい値($> T4$)である。エッジ度合い Kbe が高い($= 1$)の場合は、 $S = S2(Y)$ となる。

【0054】

(16)式、(17)式に示すエッジ度合いが低から高へ遷移する領域では、統計処理で求めたデータ $S1$ と色構成比に基づいて求めたデータ $S2$ とから、エッジの度合い Kbe 、 Kge により重み付けを行って加重加算により焦点検出画素311の位置の画像データ S を求めているので、エッジ判定の合否に応じて画像データ S が急変することがなく、安定した画像データが得られる。所定のしきい値 $T3 \sim T6$ の値は、撮像素子211の取り付けられる不図示のオプチカルローパスフィルターの特性などに応じて最適な画像品質が得られるように定められる。例えばオプチカルローパスフィルターのフィルター効果が大きい場合には、エッジパターンもボケるため、所定のしきい値 $T3 \sim T6$ を緩め(小さめ)に設定する。

【0055】

焦点検出画素列に対して垂直な方向に撮像画素出力が変化するエッジパターンがないと判定された場合にはステップ270へ進み、焦点検出画素出力と上下周囲の情報を比較することによって、焦点検出画素列上またはその近傍に細線パターンが重畳しているか否かを判別する。ここで、細線パターンとは、画素出力平均値から上方に画素出力がスパイク状に突きだしたピークパターンと、画素出力平均値から下方に画素出力がスパイク状に突きだしたボトムパターンをいう。焦点検出画素 X の場合は、次式を満足した場合に細線パターンありと判別する。

$$|S1(X) - S2(X)| > T7 \quad \dots (18)$$

(18)式において、 $T7$ は所定のしきい値である。(18)式の代わりに次式を用いて判定してもよい。

$$|(Bau + Bad) / 2 - S2(X)| > T7 \quad \dots (19)$$

(19)式において、 $T7$ は所定のしきい値である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

一方、焦点検出画素 Y の場合には、次式を満足した場合に細線パターンありと判別する。

$$| S 1 (Y) - S 2 (Y) | > T 8 \quad \dots (2 0)$$

(2 0) 式において、T 8 は所定のしきい値である。(2 0) 式の代わりに (2 1) 式を用いて判定してもよい。

$$| (G a u + G a d) / 2 - S 2 (X) | > T 8 \quad \dots (2 1)$$

(2 1) 式において、T 8 は所定のしきい値である。

【 0 0 5 7 】

細線がないと判断された場合はステップ 2 9 0 へ進み、焦点検出画素 3 1 1 の位置の画像データ S をステップ 2 2 0 の統計処理で求めたデータ S 1 とする。これは、焦点検出画素 3 1 1 の周辺の画像が一様でかつ焦点検出画素列に画像のパターンが重畳していない場合は、統計処理で求めたデータの誤差が少ないためである。

10

【 0 0 5 8 】

細線があると判断された場合はステップ 2 8 0 へ進み、ピークあるいはボトムの度合い K b p、K g p に応じて統計処理データ S 1 と色構成比データ S 2 とに重み付けを行い、加重加算により焦点検出画素 3 1 1 の位置の画像データ S を求め、その後ステップ 3 0 0 から図 1 6 に示すプログラムへリターンして補間処理を終了する。

【 0 0 5 9 】

ピークあるいはボトムの度合い K b p、K g p はピークまたはボトムのレベルと急峻度

20

であり、次のようにして求める。焦点検出画素 X の場合は、

$$K b p = | S 1 (X) - S 2 (X) | / (T 9 - T 7) ,$$

あるいは、

$$K b p = | (B a u + B a d) / 2 - S 2 (X) | / (T 9 - T 7) ,$$

$$I F \quad K b p > 1 \quad T H E N \quad K b p = 1 ,$$

$$S = (1 - K b p) * S 1 (X) + K b p * S 2 (X) \quad \dots (2 2)$$

(2 2) 式において、T 9 は所定のしきい値 (> T 7) である。したがって、ピークあるいはボトムの度合い K b p が高い (= 1) の場合は、S = S 2 (X) となる。

【 0 0 6 0 】

一方、焦点検出画素 Y の場合は、

30

$$K g p = | S 1 (Y) - S 2 (Y) | / (T 1 0 - T 8) ,$$

あるいは、

$$K g p = | (G a u + G a d) / 2 - S 2 (X) | / (T 1 0 - T 8) ,$$

$$I F \quad K g p > 1 \quad T H E N \quad K g p = 1 ,$$

$$S = (1 - K g p) * S 1 (Y) + K g p * S 2 (Y) \quad \dots (2 3)$$

(2 3) 式において、T 1 0 は所定のしきい値 (> T 8) である。したがって、ピークあるいはボトムの度合い K b p が高い (= 1) の場合は、S = S 2 (Y) となる。

【 0 0 6 1 】

(2 2) 式、(2 3) 式のようにピークあるいはボトムの度合いが低から高へ遷移する領域では、統計処理で求めたデータ S 1 と色構成比に基づいてデータ S 2 とから、ピークまたはボトムの度合い K b p、K g p により重み付けを行って加重加算により焦点検出画素 3 1 1 の位置の画像データ S を求めているので、細線判定の可否に応じて画像データ S が急変することがなく、安定した画像データが得られる。

40

【 0 0 6 2 】

所定のしきい値 T 7 ~ T 1 0 の値は、撮像素子 2 1 1 の取り付けられる不図示のオブチカルローパスフィルターの特性などに応じて最適な画像品質が得られるように定められる。例えばオブチカルローパスフィルターのフィルター効果が大きい場合には、細線パターンもボケるため、所定のしきい値 T 7 ~ T 1 0 を緩め (小さめ) に設定する。

【 0 0 6 3 】

ステップ 2 9 0 では焦点検出画素位置の画像データ S を焦点検出画素 3 1 1 の周辺の撮

50

像画素 3 1 0 のみの統計処理で求めたデータ S 1 とし、ステップ 3 0 0 へ進む。ステップ 3 0 0 では補間処理を終了し図 1 6 に示すプログラムへリターンする。

【 0 0 6 4 】

《一実施の形態の変形例》

図 7 に示す撮像素子 2 1 1 では焦点検出画素 3 1 1 を隙間なく配列した例を示したが、図 2 0、図 2 1 に示す撮像素子 2 1 1 A、2 1 1 B のように焦点検出画素 3 1 1 を 1 画素おきに配列してもよい。図 2 0 は青画素の位置に焦点検出画素 3 1 1 を一列に配列した撮像素子 2 1 1 A の部分拡大図を示し、図 2 1 は緑画素の位置に焦点検出画素 3 1 1 を一列に配列した撮像素子 2 1 1 B の部分拡大図を示す。焦点検出画素 3 1 1 の配列ピッチ（配列間隔）を大きくすることによって、焦点検出精度が多少低下するが、撮像素子 2 1 1 A、2 1 1 B 中の焦点検出画素 3 1 1 の密度が低くなるので、上述した補間処理後の画像品質を向上させることができる。

10

【 0 0 6 5 】

図 2 0 に示す撮像素子 2 1 1 A の場合、図 2 2 に示すように青画素位置に配置された焦点検出画素 A F 1 ~ A F 5 の周囲に緑画素が増えるので、緑画素の出力 G 1 1、G 1 2 を用いれば焦点検出画素位置の画像データを求める際の精度がさらに向上し、補間処理後の画像品質をさらに向上させることができる。また、焦点検出画素 3 1 1 の間に撮像素子 3 1 0 が配置されるので、焦点検出画素 3 1 1 の配列方向に存在する撮像素子 3 1 0 の出力と、焦点検出画素列の周囲に存在する撮像素子 3 1 0 の出力とを比較することによって、焦点検出画素列上にエッジパターンや細線パターンが重畳しているか否かの判定をより正確に行うことができる。

20

【 0 0 6 6 】

例えば図 2 2 において、出力 A F 3 を有する焦点検出画素 3 1 1 の位置の統計処理データ S 1 (X) を求める際に、(9) 式の代わりに次式を用いることができる。

$$S 1 (X) = (B 2 * (G 1 1 + G 1 2) / (G 1 + G 2) + B 5 * (G 1 1 + G 1 2) / (G 9 + G 1 0)) / 2 \cdots (2 4)$$

図 2 1 に示す撮像素子 2 1 1 B の場合は、焦点検出画素 3 1 1 が配置される緑画素はベイヤー配列の中での配置密度が高いため、補正による誤差が画像品質に与える影響を少なくすることができる。

【 0 0 6 7 】

30

図 2 3 に示す撮像素子 2 1 1 C は、焦点検出画素 3 1 1 を 2 画素おきに配列している。焦点検出画素 3 1 1 の配列ピッチ（配列間隔）を大きくすることによって、焦点検出精度が多少低下するが、焦点検出画素 3 1 1 の密度がさらに低くなるので、補正後の画像品質をさらに向上させることができる。また、焦点検出画素 3 1 1 の間に緑画素と青画素が配置されるので、焦点検出画素 3 1 1 の配列方向に存在する緑画素出力 / 青画素出力と、焦点検出画素列の周囲に存在する緑画素出力 / 青画素出力とを比較することによって、焦点検出画素列上に緑または青のエッジパターンや細線パターンが重畳しているか否かの判定をより正確に行うことができる。

【 0 0 6 8 】

図 7 に示す撮像素子 2 1 1 において、焦点検出画素 3 1 1 はひとつの画素内に一对の光電変換部 1 2、1 3 を備えている。これに対し図 2 4 に示す撮像素子 2 1 1 D では焦点検出画素 3 1 3、3 1 4 がひとつの画素内にひとつの光電変換部を備えている。図 2 4 に示す焦点検出画素 3 1 3 と焦点検出画素 3 1 4 が対になっており、この一对の焦点検出画素 3 1 3、3 1 4 が図 7 に示す焦点検出画素 3 1 1 に相当する。

40

【 0 0 6 9 】

図 2 5 にこれらの焦点検出画素 3 1 3、3 1 4 の詳細な構成を示す。図 2 5 (a) に示すように、焦点検出画素 3 1 3 はマイクロレンズ 1 0 と単一の光電変換部 1 6 を備えている。また、図 2 5 (b) に示すように、焦点検出画素 3 1 4 はマイクロレンズ 1 0 と単一の光電変換部 1 7 を備えている。一对の焦点検出画素 3 1 3、3 1 4 の一对の光電変換部 1 6、1 7 は、図 1 3 に示すように、マイクロレンズ 1 0 により交換レンズ 2 0 2 の射出瞳 9

50

0に投影され、一対の測距瞳92, 93を形成する。したがって、一対の焦点検出画素313, 314から焦点検出に用いる一対の像の出力を得ることができる。図24に示す撮像素子211Dのように、焦点検出画素313, 314内に単一の光電変換部16, 17を備えることによって、撮像素子211Dの読み出し回路構成の複雑化を防止することができる。

【0070】

図7に示す撮像素子211では焦点検出画素311に色フィルターを設置しない例を示したが、撮像素子310と同色の色フィルターの内のひとつの色フィルター（例えば緑フィルター）を備えるようにした場合でも、本発明を適用することができる。このようにすれば、緑画素の位置に配置された焦点検出画素311の画像データの補間は、(10)式の代わりに次式を用いることができ、緑画素の位置に配置された焦点検出画素311の画像データの補間精度を向上させることができる。

$$S2(Y) = AF2 * Ks * Kc \dots (25)$$

また、青画素の位置に配置された焦点検出画素311の画像データの補間は、(10)式の代わりに次式を用いることができる。

$$S2(X) = AF3 * ((Ba_u + Ba_d) / (Ga_u + Ga_d)) * Ks * Kc \dots (26)$$

【0071】

図7に示す撮像素子211では焦点検出画素311に色フィルターを設置しない例を示したが、撮像素子310のベイヤー配列と同色の色フィルターを設置するようにした場合でも、本発明を適用することができる。この構成の場合には、焦点検出画素311の出力は同色の色フィルターの焦点検出画素311ごとに像ズレ検出が行われることになる。このようにすればさらに画像補間精度が向上し、高品質な補正画像を得ることができる。緑画素の位置に配置された焦点検出画素311の画像データは(25)式で求められ、青画素の位置に配置された焦点検出画素311の画像データは次式で求められる。

$$S2(X) = AF3 * Ks * Kc \dots (27)$$

【0072】

図16に示す動作では補正した画像データをメモリーカード213に保存する例を示したが、補正した画像データを電子ビューファインダーやボディの背面に設けられた背面モニター画面（不図示）に表示するようにしてもよい。

【0073】

上述した(7)式では焦点検出画素列の周辺の画像特性に関する情報を算出しているが、算出に用いる画素領域の大きさはこれに限定されず、適宜変更することが可能である。例えばオブチカルローパスフィルターの効きが強い場合には画像のボケも大きくなるので、(7)式の算出に用いる画素領域の大きさを拡大する。

【0074】

上述した(8)式では、焦点検出画素311の対角近傍4箇所の緑画素出力を平均して緑画素位置の画像データを求める例を示したが、焦点検出画素311の配列方向に画素出力が変化するエッジパターンが焦点検出画素311に重畳した場合は誤差が大きくなってしまう。そこで、次の(28)式を満足した場合には、焦点検出画素311の配列方向に画素出力が変化するエッジパターンが焦点検出画素311に重畳したと判定し、(29)式を用いて緑画素位置の画像データを焦点検出画素311の上下2箇所の緑画素出力を平均して求めるようにしてもよい。

$$|(G3 + G6) - (G6 + G7)| > T11 \dots (28)$$

(28)式において、T11は所定のしきい値である。

$$S1(Y) = (G1 + G9) / 2 \dots (29)$$

【0075】

なお、上述した撮像素子211、211A、211B、211C、211Dは、CCDイメージセンサーやCMOSイメージセンサーで形成することができる。また、上述した一実施の形態ではカメラボディ203に交換レンズ202を装着するデジタルスチルカ

10

20

30

40

50

メラ201を撮像装置の一例として説明したが、本願発明は上述した一実施の形態のデジタルスチルカメラ201に限定されず、レンズ一体型のデジタルスチルカメラやビデオカメラにも適用することができる。さらに、本願発明は携帯電話などに内蔵される小型カメラモジュールや監視カメラなどにも適用することができる。

【0076】

このように、一実施の形態によれば、撮像用画素が二次元状に配列されるとともに、この配列の一部に焦点検出用画素を有する撮像素子を備え、焦点検出用画素の出力を焦点検出用画素の位置における画像の出力に換算するための換算係数を、撮像素子上に像を形成する撮影光学系の絞り値に応じて設定するとともに、設定された換算係数と焦点検出用画素の出力とに基づいて、焦点検出用画素の位置における画像の出力を推定するようにしたので、撮影光学系の絞りを変えて撮像した場合でも、焦点検出用画素の位置に本来あるべき撮像画素の出力を正確に推定することができ、偽色や偽パターンの発生、あるいはパターンの消失を抑制することができ、画像品質の低下を防ぐことができる。

10

【0077】

また、一実施の形態によれば、撮影光学系の絞り値に対する換算係数のテーブルを予め記憶しておき、そのテーブルを参照して撮影光学系の絞り値に対応する換算係数を設定するようにしたので、焦点検出用画素の位置における画像の出力を短時間に、正確に推定することができる。

【0078】

さらに、一実施の形態によれば、撮像素子が撮影光学系の予定結像面に設定した複数の焦点検出領域のそれぞれに対応する焦点検出用画素を有し、焦点検出領域ごとに撮影光学系の絞り値に対する換算係数のテーブルを備えるようにしたので、撮影画面周辺部の焦点検出領域に対応する焦点検出用画素においても、撮影光学系の絞りによるケラレの影響を抑制することができ、本来、焦点検出用画素の位置にあるべき撮像画素の出力を正確に推定することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】一実施の形態のデジタルスチルカメラの構成を示す図

【図2】交換レンズの予定結像面に設定した撮像画面上の焦点検出領域を示す図

【図3】色フィルターのベイヤー配列を示す図

30

【図4】各色フィルターの分光特性を示す図

【図5】緑画素の分光特性を示す図

【図6】焦点検出画素の分光特性を示す図

【図7】撮像素子の詳細な構成を示す図

【図8】撮像画素の構成を示す図

【図9】焦点検出画素の構成を示す図

【図10】色フィルターの補色フィルター配列を示す図

【図11】撮像画素の断面図

【図12】焦点検出画素の断面図

【図13】瞳分割方式による焦点検出方法を説明する図

40

【図14】射出瞳面における投影関係を示す正面図

【図15】絞りF値に対する撮像画素と焦点検出画素の出力比係数を示す図

【図16】一実施の形態のデジタルスチルカメラの動作を示すフローチャート

【図17】像ズレ検出演算処理（相関アルゴリズム）を説明するための図

【図18】補間処理を示すフローチャート

【図19】補間処理を説明するための撮像素子の部分拡大図

【図20】撮像素子の変形例を示す図

【図21】撮像素子の他の変形例を示す図

【図22】変形例の撮像素子の補間処理を説明するための図

【図23】撮像素子の他の変形例を示す図

50

【図24】撮像素子の他の変形例を示す図

【図25】焦点検出画素の変形例を示す図

【符号の説明】

【0080】

202 交換レンズ

211、211A、211B、211C、211D 撮像素子

212 カメラ駆動制御装置

310 撮像用画素

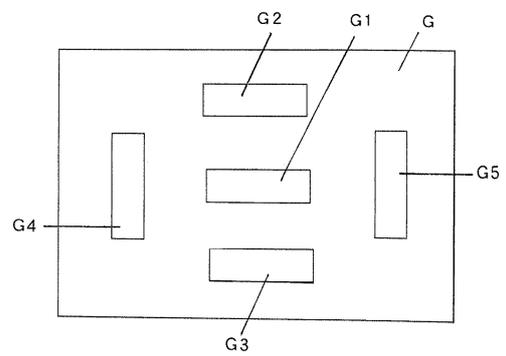
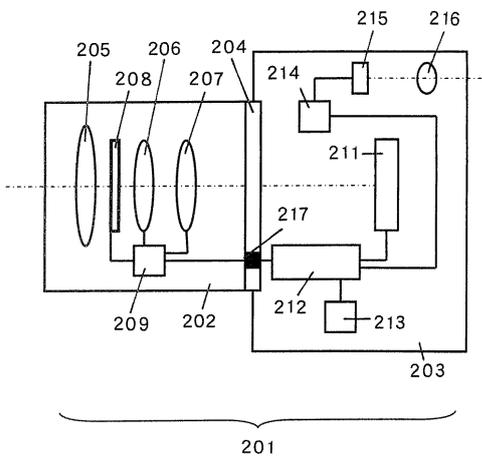
311、313、314 焦点検出用画素

【図1】

【図2】

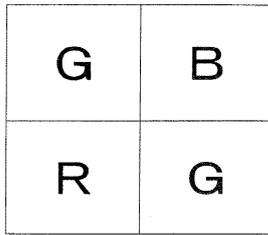
【図1】

【図2】



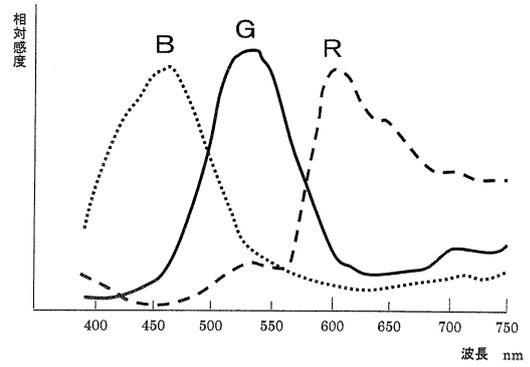
【図3】

【図3】



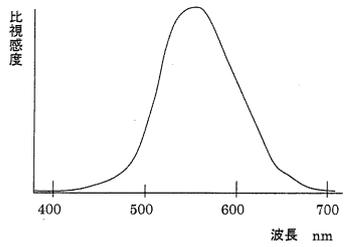
【図4】

【図4】



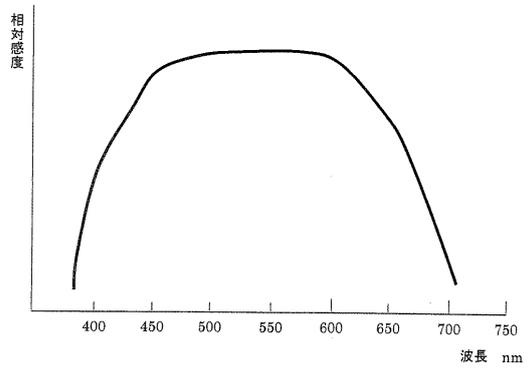
【図5】

【図5】



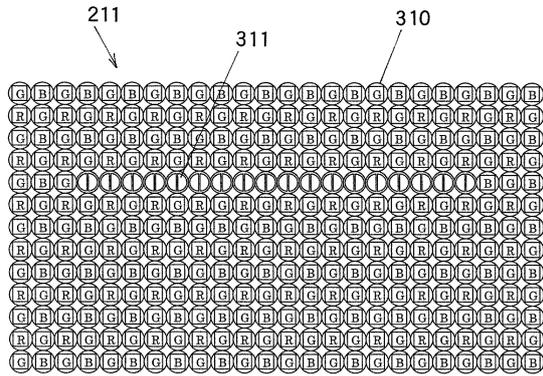
【図6】

【図6】



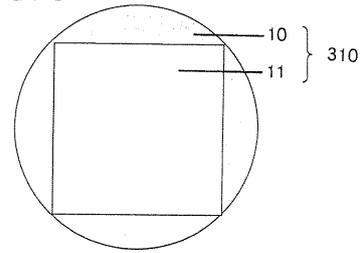
【 図 7 】

【 図 7 】



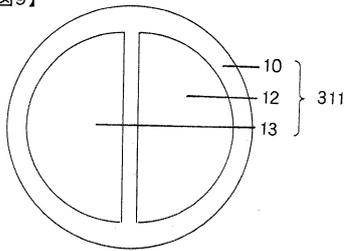
【 図 8 】

【 図 8 】



【 図 9 】

【 図 9 】

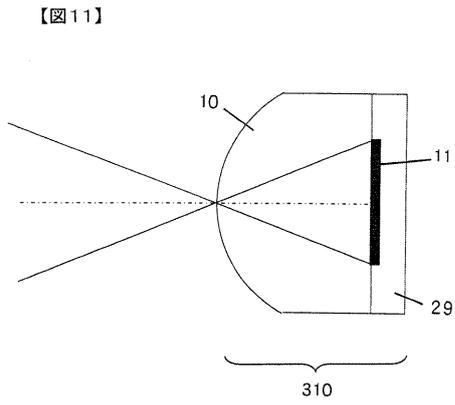


【 図 1 0 】

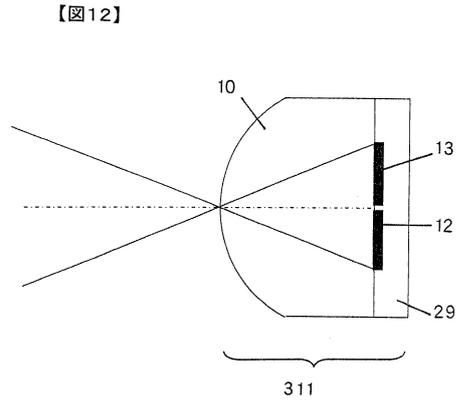
【 図 10 】

C y	M g
Y e	G

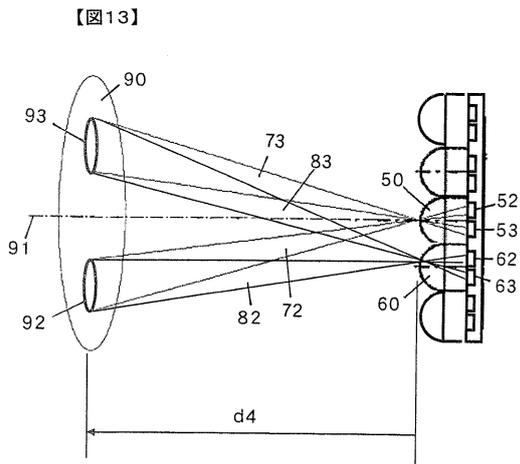
【図11】



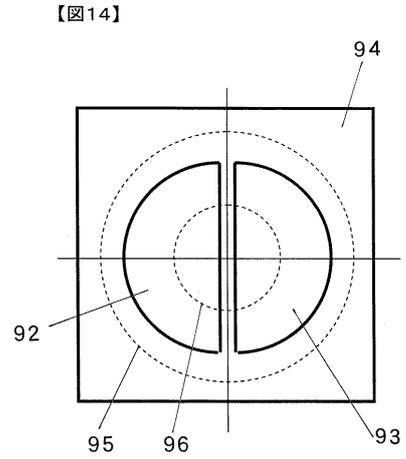
【図12】



【図13】

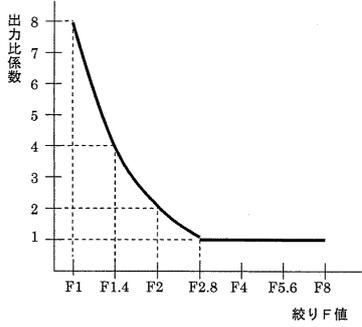


【図14】



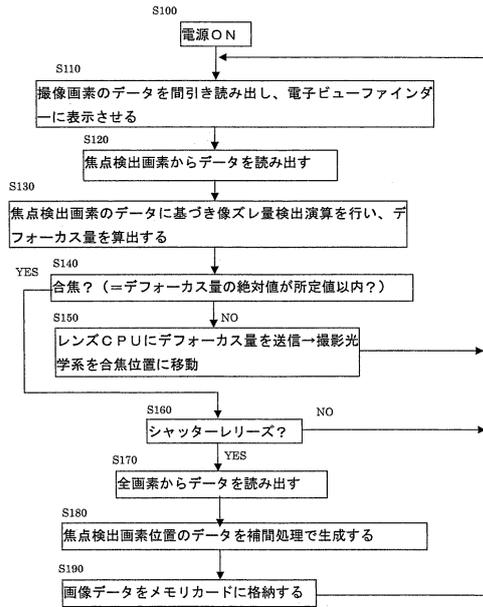
【図15】

【図15】



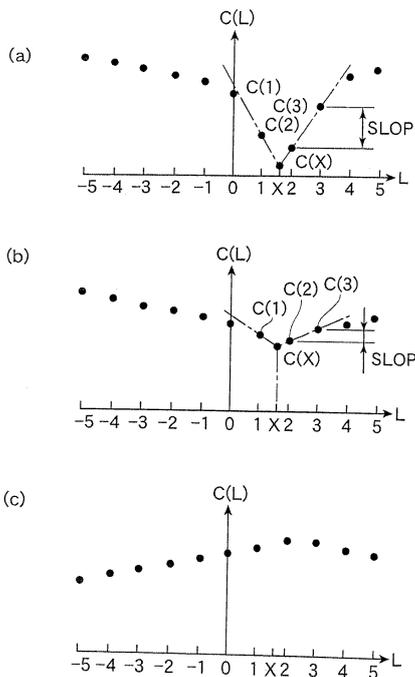
【図16】

【図16】



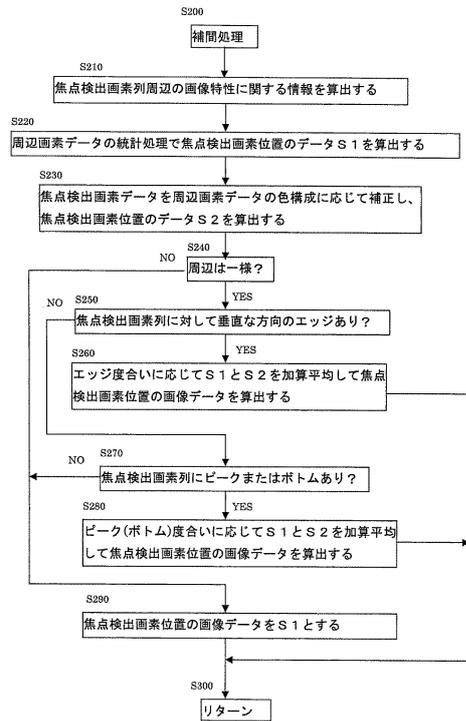
【図17】

【図17】



【図18】

【図18】



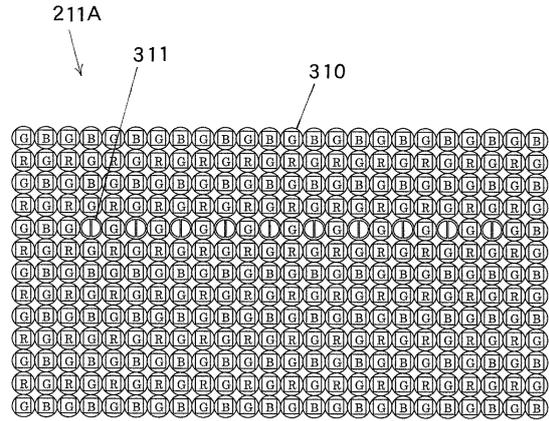
【図19】

【図19】

B 1	G 1	B 2	G 2	B 3
G 3	R 1	G 4	R 2	G 5
AF 1	AF 2	AF 3	AF 4	AF 5
G 6	R 3	G 7	R 4	G 8
B 4	G 9	B 5	G 10	B 6

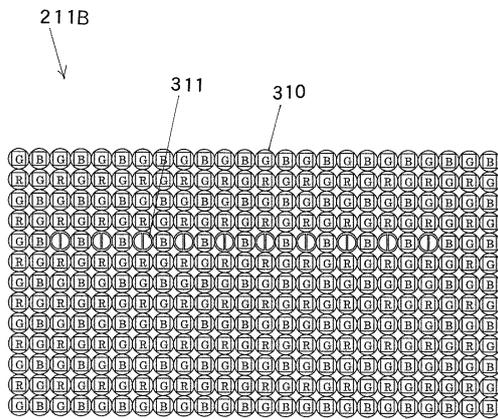
【図20】

【図20】



【図21】

【図21】



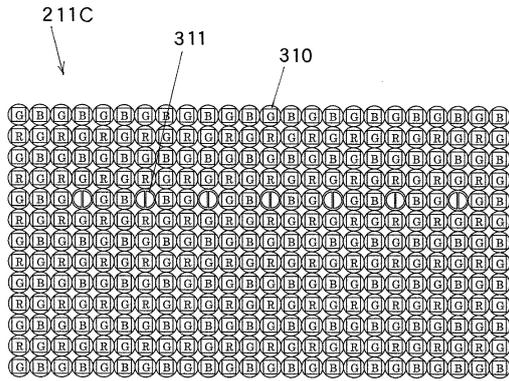
【図22】

【図22】

B 1	G 1	B 2	G 2	B 3
G 3	R 1	G 4	R 2	G 5
AF 1	G 11	AF 3	G 12	AF 5
G 6	R 3	G 7	R 4	G 8
B 4	G 9	B 5	G 10	B 6

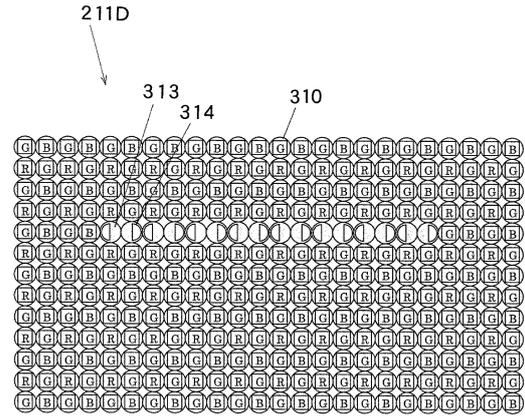
【 図 2 3 】

【図23】



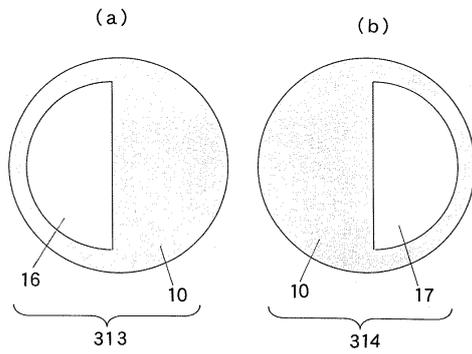
【 図 2 4 】

【図24】



【 図 2 5 】

【図25】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 4 N 9/07 (2006.01) H 0 4 N 9/07 A
H 0 4 N 101/00 (2006.01) H 0 4 N 101:00

(56) 参考文献 特開 2 0 0 0 - 3 0 5 0 1 0 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 5 0 8 6 0 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 8 3 4 0 7 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 3 4 6 1 7 (J P , A)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 4 N 5 / 3 6 9
G 0 2 B 7 / 2 8
G 0 2 B 7 / 3 4
G 0 3 B 1 3 / 3 6
H 0 4 N 5 / 2 3 2
H 0 4 N 9 / 0 7