

(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2015-18256  
(P2015-18256A)

(43) 公開日 平成27年1月29日(2015.1.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 7/34 (2006.01)</b>	GO2B 7/34	2H151
<b>HO4N 5/232 (2006.01)</b>	HO4N 5/232 Z	5C024
<b>HO4N 5/369 (2011.01)</b>	HO4N 5/232 H	5C065
<b>HO4N 9/07 (2006.01)</b>	HO4N 5/335 690	5C122
<b>HO4N 5/357 (2011.01)</b>	HO4N 9/07 C	

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-163910 (P2014-163910)  
 (22) 出願日 平成26年8月11日 (2014. 8. 11)  
 (62) 分割の表示 特願2014-517296 (P2014-517296)  
         の分割  
         原出願日 平成26年1月8日 (2014. 1. 8)  
 (31) 優先権主張番号 特願2013-2480 (P2013-2480)  
 (32) 優先日 平成25年1月10日 (2013. 1. 10)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 504371974  
 オリンパスイメージング株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号  
 (74) 代理人 100108855  
 弁理士 蔵田 昌俊  
 (74) 代理人 100109830  
 弁理士 福原 淑弘  
 (74) 代理人 100103034  
 弁理士 野河 信久  
 (74) 代理人 100075672  
 弁理士 峰 隆司  
 (74) 代理人 100153051  
 弁理士 河野 直樹  
 (74) 代理人 100140176  
 弁理士 砂川 克

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び光軸位置算出方法

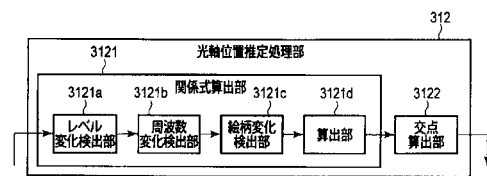
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 撮影レンズの製造ばらつき等に起因する光軸ずれが生じていたとしても位相差検出画素による画質の低下をより抑えるために、又は適切に歪補正処理や色収差補正処理やシェーディング補正処理を行うために撮影レンズの撮像面上における光軸位置を推定できる撮像装置及び光軸位置算出方法を提供する。

【解決手段】 光軸位置推定処理部312は、位相差検出画素の画素出力と撮像画素の画素出力とから撮像素子の撮像面上における撮影レンズの光軸位置を推定する。光軸位置推定処理部312は、位相差検出画素の画素出力と撮像画素の画素出力とから、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す関係式を算出する関係式算出部3121と、位相差の検出方向に並べられた対をなす位相差検出画素のそれぞれについて算出された複数の関係式の交点を撮影レンズの光軸位置として算出する交点算出部3122とを有する。

【選択図】 図3

【図3】



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

撮像素子の一部に焦点検出をするための位相差検出画素が設けられた撮像素子と、前記位相差検出画素の画素出力と前記撮像素子の画素出力とから前記撮像素子の撮像面上に被写体の像を形成するための光学系の光軸位置を推定する光軸位置推定処理部と、を具備し、前記光軸位置推定処理部は、前記位相差検出画素の画素出力と該位相差検出画素の近傍の撮像素子の画素出力とから、前記位相差検出画素の画素出力と像高との関係を算出する関係算出部と、位相差の検出方向に並べられた対をなす前記位相差検出画素のそれぞれについて算出された前記関係から光軸位置を算出する光軸位置算出部と、を有する撮像装置。

10

## 【請求項 2】

前記対をなす位相差検出画素は、開口の位置が異なっており、前記関係算出部は、前記位相差検出画素の開口の位置毎に前記関係を算出する請求項 1 に記載の撮像装置。

## 【請求項 3】

前記関係算出部は、前記位相差検出画素と該位相差検出画素の近傍の撮像素子との画素出力の比又は画素出力の差から前記関係を算出する請求項 1 に記載の撮像装置。

## 【請求項 4】

前記関係算出部は、前記位相差検出画素の画素出力と該位相差検出画素と同色で且つ前記位相差検出画素による前記位相差の検出方向とは異なる方向に位置する前記撮像素子の画素出力との変化を検出するレベル変化検出部と、前記位相差の検出方向と異なる方向に位置して前記位相差検出画素と異なる色の複数の撮像素子間の画素出力の変化を検出する周波数変化検出部と、前記レベル変化検出部が画素出力の変化を検出した位相差検出画素と撮像素子とのそれぞれの近傍に位置する撮像素子の間の画素出力の変化から絵柄の変化を検出する絵柄変化検出部と、を有する請求項 1 に記載の撮像装置。

20

30

## 【請求項 5】

前記光軸位置算出部で算出された光軸位置に従って前記撮像素子と前記位相差検出画素からの画素出力における前記光学系の光学特性を補正する光学特性補正部をさらに具備する請求項 1 に記載の撮像装置。

## 【請求項 6】

前記光学特性補正部は、前記光学系の光学特性の歪に関する補正、色収差に関する補正又はシェーディングに関する補正を行う請求項 5 に記載の撮像装置。

## 【請求項 7】

前記光軸位置算出部で算出された光軸位置の情報を記憶する記憶部をさらに具備する請求項 1 に記載の撮像装置。

40

## 【請求項 8】

撮像素子の一部に焦点検出をするための位相差検出画素が設けられた撮像素子の前記位相差検出画素の画素出力と該位相差検出画素の近傍の撮像素子の画素出力とから、前記位相差検出画素の画素出力と像高との関係を算出することと、位相差の検出方向に並べられた対をなす前記位相差検出画素のそれぞれについて算出された前記関係から光学系の光軸位置を算出することと、を具備する光軸位置算出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

50

本発明は、一部の画素を位相差方式の位相差検出用素子として利用して焦点状態を検出する撮像素子の画素出力を処理する撮像装置及びそれを用いた光軸位置算出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像素子の一部の画素を位相差検出用素子として利用して焦点状態を検出する撮像装置に関する提案が例えば日本国特許第3592147号公報においてなされている。日本国特許第3592147号公報は、撮像素子の一部の画素を位相差検出画素に設定し、撮影レンズの光軸中心に対して対称な異なる瞳領域を通過した被写体光束を複数の位相差検出画素に結像させ、この被写体光束の間の位相差を検出することによって撮影レンズの焦点状態を検出している。

10

【0003】

ここで、位相差検出画素は、撮影レンズの異なる瞳領域を通過した被写体光束の一方を受光できるように例えば一部の領域が遮光されている。このため、位相差検出画素は、そのままでは画像として使用できない欠損画素となる。したがって、日本国特開2010-062640号公報に開示された撮像装置は、位相差検出画素の画素出力を、ゲイン調整したり、周辺の画素を用いて補間したりすることにより、記録や表示に利用可能としている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】日本国特許第3592147号公報

【特許文献2】日本国特開2010-062640号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、位相差検出画素に入射する光の量は、入射する光の角度、位相差検出画素に形成された遮光膜の位置の他、像高によっても異なる。さらに、位相差検出画素に入射する光の角度は、撮影レンズ等の光学系の製造ばらつきや撮像素子の前面に配置されるマイクロレンズの製造ばらつきによっても異なる。ゲイン調整の精度を高めるためには、位相差検出画素毎の光量の低下量を正しく検出し、検出した低下量に応じてゲイン調整量を設定することが望ましい。また、撮影レンズの製造ばらつき等に起因する光軸ずれを補正して、歪補正処理や色収差補正やシェーディング補正処理を適切に行うことが望ましい。

30

【0006】

本発明は、撮影レンズの製造ばらつき等に起因する光軸ずれが生じていたとしても位相差検出画素による画質の低下をより抑えるために、又は適切に歪補正処理や色収差補正処理やシェーディング補正処理を行うために撮影レンズの撮像面上における光軸位置を推定することが可能な撮像装置及び光軸位置算出方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

40

本発明の第1の態様の撮像装置は、撮像画素の一部に焦点検出をするための位相差検出画素が設けられた撮像素子と、前記位相差検出画素の画素出力と前記撮像画素の画素出力とから前記撮像素子の撮像面上に被写体の像を形成するための光学系の光軸位置を推定する光軸位置推定処理部とを具備し、前記光軸位置推定処理部は、前記位相差検出画素の画素出力と該位相差検出画素の近傍の撮像画素の画素出力とから、前記位相差検出画素の画素出力と像高との関係を算出する関係算出部と、位相差の検出方向に並べられた対をなす前記位相差検出画素のそれぞれについて算出された前記関係から光軸位置を算出する光軸位置算出部とを有する。

【0008】

本発明の第2の態様の光軸推定方法は、撮像画素の一部に焦点検出をするための位相差

50

検出画素が設けられた撮像素子の前記位相差検出画素の画素出力と該位相差検出画素の近傍の撮像素子の画素出力とから、前記位相差検出画素の画素出力と像高との関係を算出することと、位相差の検出方向に並べられた対をなす前記位相差検出画素のそれぞれについて算出された前記関係から光学系の光軸位置を算出することとを具備する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、撮影レンズの製造ばらつき等に起因する光軸ずれが生じていたとしても位相差検出画素による画質の低下をより抑えるために、又は適切に歪補正処理や色収差補正処理やシェーディング補正処理を行うために撮影レンズの撮像面上における光軸位置を推定することが可能な撮像装置及び光軸位置算出方法を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る撮像装置の一例としてのデジタルカメラの構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、画像処理部の詳細な構成を示す図である。

【図3】図3は、光軸位置推定処理部の詳細な構成を示す図である。

【図4】図4は、撮像素子の画素配列を示した図である。

【図5A】図5Aは、撮像素素における像の結像状態を示す図である。

【図5B】図5Bは、位相差検出画素における像の結像状態を示す図である。

【図6】撮像装置による動画記録動作の処理を示すフローチャートである。

20

【図7A】図7Aは、レベル変化検出処理、周波数変化検出処理、絵柄変化検出処理について説明するための第1の図である。

【図7B】図7Bは、レベル変化検出処理、周波数変化検出処理、絵柄変化検出処理について説明するための第2の図である。

【図8A】図8Aは、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す第1の図である。

【図8B】図8Bは、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す第2の図である。

【図9】変形例2の関係式算出処理について説明するための図である。

【図10】調整時に光軸位置を推定する場合のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

30

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る撮像装置の一例としてのデジタルカメラ（以下、単にカメラと言う）の構成を示すブロック図である。ここで、図1において、矢印付き実線はデータの流れを示し、矢印付き破線は制御信号の流れを示す。

【0012】

図1に示すカメラ1は、撮影レンズ11と、絞り13と、メカシャッター15と、駆動部17と、操作部19と、撮像素子21と、撮像制御回路23と、A - AMP 25と、アナログデジタル変換器（ADC）27と、CPU（Central Processing Unit）29と、画像処理部31と、焦点検出回路33と、ビデオエンコーダ35と、表示部37と、バス39と、DRAM（Dynamic Random Access Memory）41と、ROM（Read Only Memory）43と、記録媒体45とを有する。

40

【0013】

撮影レンズ11は、被写体100からの像を撮像素子21に形成するための単一又は複数のレンズから構成された光学系である。撮影レンズ11は、単焦点レンズでもズームレンズでも良い。

【0014】

絞り13は、撮影レンズ11の光軸上に配置され、その口径が可変に構成されている。絞り13は、撮影レンズ11を通過した被写体100からの光束の量を制限する。メカシャッター15は、絞り13の後方に配置され、開閉自在に構成されている。メカシャッター15は、その開放時間を調節することにより、撮像素子21への被写体100からの被写体

50

光束の入射時間（撮像素子21の露光時間）を調節する。メカシャッタ15としては、公知のフォーカルプレーンシャッタ、レンズシャッタ等が採用され得る。駆動部17は、CPU29からの制御信号に基づいて、撮影レンズ11の焦点調節、絞り13の開口径制御、及びメカシャッタ15の開閉制御を行う。

【0015】

操作部19は、電源釦、リリース釦、再生釦、メニュー釦といった各種の操作釦及びタッチパネル等の各種の操作部材を含む。操作部19は、各種の操作部材の操作状態を検知し、検知結果を示す信号をCPU29に出力する。本実施形態の操作部19により、カメラ1の撮影モードを選択することが可能である。ユーザは、操作部19に含まれる操作部材としての撮影モードダイヤルを操作することにより、カメラ1の撮影モードを静止画撮影モードと動画撮影モードの何れかから選択することができる。静止画撮影モードは、静止画像を撮影するための撮影モードであり、動画撮影モードは、動画像を撮影するための撮影モードである。ここではダイヤルで選択する例を示しているが、例えばメニュー画面上で例えばタッチパネルを操作して撮影モードを選択できるようにしても良い。

10

【0016】

撮像素子21は、撮影レンズ11の光軸上であって、メカシャッタ15の後方で、かつ、撮影レンズ11によって被写体光束が結像される位置に配置されている。撮像素子21は、画素を構成するフォトダイオードが二次元的に配置されて構成されている。撮像素子21を構成するフォトダイオードは、受光量に応じた電荷を生成する。フォトダイオードで発生した電荷は、各フォトダイオードに接続されているキャパシタに蓄積される。このキャパシタに蓄積された電荷が画像信号として読み出される。また、画素を構成するフォトダイオードの前面には、例えばベイア配列のカラーフィルタが配置されている。ベイア配列は、水平方向にR画素とG（Gr）画素が交互に配置されたラインと、G（Gb）画素とB画素が交互に配置されたラインを有している。本実施形態における撮像素子21は、複数の異なる電荷の読み出し方式を有している。撮像素子21に蓄積された電荷は、撮像制御回路23からの制御信号に従って読み出される。本実施形態における撮像素子21は、記録や表示のための画像を取得するための撮像画素と焦点検出をするための位相差検出画素とを有する。位相差検出画素として用いる画素は、他の画素と異なり、一部の領域を遮光する。撮像素子21の詳細については後で詳しく説明する。

20

【0017】

撮像制御回路23は、CPU29からの制御信号に従って、撮像素子21の読み出し方式を設定し、設定した読み出し方式に従って撮像素子21からの画像信号の読み出しを制御する。撮像素子21からの画素データの読み出し方式は、カメラ1の動作状態に応じて設定される。例えば、撮像素子21からの画素データの読み出しにリアルタイム性が求められる場合（例えばライブビュー表示時や動画記録時）には、画素データの読み出しを高速に行えるよう、複数の同色画素からの画素データを混合して読み出すか、特定の画素の画素データを間引いて読み出す。一方、リアルタイム性よりも画質が求められる場合（例えば静止画像の記録時）には、混合読み出しや間引き読み出しをせずに全画素の画素データを読み出すことで解像力を維持する。

30

【0018】

A - AMP 25は、撮像素子21から出力された画像信号のアナログゲイン調整を行う。ADC 27は、アナログデジタル変換器であり、A - AMP 25によってアナログゲイン調整された画像信号を、デジタル形式の画像信号（画素データ）に変換する。以下、本明細書においては、複数の画素データの集まりを撮像データと記す。

40

【0019】

CPU29は、後述するROM 43に記憶されているプログラムに従って、カメラ1の全体制御を行う。

【0020】

画像処理部31は、撮像データに対して各種の画像処理を施して画像データを生成する。例えば画像処理部31は、静止画像の記録の際には、静止画記録用の画像処理を施して

50

静止画像データを生成する。同様に、画像処理部 3 1 は、動画像の記録の際には、動画記録用の画像処理を施して動画像データを生成する。さらに、画像処理部 3 1 は、ライブビュー表示時には、表示用の画像処理を施して表示用画像データを生成する。このような画像処理部 3 1 の詳しい構成については後で詳しく説明する。

【 0 0 2 1 】

焦点検出回路 3 3 は、位相差検出画素からの画素データを取得し、取得した画素データに基づき、公知の位相差方式を用いて撮影レンズ 1 1 の合焦位置に対するデフォーカス方向及びデフォーカス量を算出する。

【 0 0 2 2 】

ビデオエンコーダ 3 5 は、画像処理部 3 1 によって生成され D R A M 4 1 に一時記憶された表示用画像データを読み出し、読み出した表示用画像データを表示部 3 7 に出力する。

10

【 0 0 2 3 】

表示部 3 7 は、例えば液晶ディスプレイや有機 E L ディスプレイといった表示部であって、例えばカメラ 1 の背面等に配置される。この表示部 3 7 は、ビデオエンコーダ 3 5 から入力されてきた表示用画像データに従って画像を表示する。表示部 3 7 は、ライブビュー表示や記録済み画像の表示等に使用される。

【 0 0 2 4 】

バス 3 9 は、 A D C 2 7、 C P U 2 9、画像処理部 3 1、焦点検出回路 3 3、ビデオエンコーダ 3 5、 D R A M 4 1、 R O M 4 3、記録媒体 4 5 に接続され、これらのブロック

20

【 0 0 2 5 】

D R A M 4 1 は、電氣的に書き換え可能なメモリであり、前述した撮像データ（画素データ）、記録用画像データ、表示用画像データ、 C P U 2 9 における処理データといった各種データを一時的に記憶する。なお、一時記憶用としては、 S D R A M（ S y n c h r o n o u s D y n a m i c R a n d o m A c c e s s M e m o r y ）を用いても良い。

【 0 0 2 6 】

記憶部の一例として機能する R O M 4 3 は、マスク R O M やフラッシュメモリ等の不揮発性メモリである。 R O M 4 3 は、 C P U 2 9 で使用するプログラム、カメラ 1 の調整値等の各種データを記憶している。

30

【 0 0 2 7 】

記録媒体 4 5 は、カメラ 1 に内蔵又は装填自在に構成されており、記録用画像データを所定の形式の画像ファイルとして記録する。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、画像処理部 3 1 の詳細な構成を示す図である。図 2 では、画像処理部 3 1 以外のブロックについては図示を省略している。

【 0 0 2 9 】

画像処理部 3 1 は、ホワイトバランス（ W B ）補正処理部 3 1 1 と、光軸位置推定処理部 3 1 2 と、画素補正部 3 1 3 と、同時化処理部 3 1 4 と、輝度特性変換部 3 1 5 と、エッジ強調処理部 3 1 6 と、ノイズ低減（ N R ）処理部 3 1 7 と、色再現処理部 3 1 8 と、歪補正部 3 1 9 と、色収差補正部 3 2 0 とを有している。この他、図示を省略しているが、画像処理部 3 1 は、圧縮伸張処理部等も有している。

40

【 0 0 3 0 】

W B 補正処理部 3 1 1 は、撮像データの各色成分を所定のゲイン量で増幅することにより、画像の色バランスを補正する。

【 0 0 3 1 】

光軸位置推定処理部 3 1 2 は、撮像データにおける撮像画素の画素出力と位相差検出画素の画素出力とから、撮像素子 2 1 の撮像面上における撮影レンズ 1 1 の光軸の位置（像高の基準位置）を推定する。画素補正部 3 1 3 は、光軸位置推定処理部 3 1 2 の推定結果に従って、位相差検出画素の画素出力を補正する。光軸位置推定処理部 3 1 2 及び画素補

50

正部 3 1 3 の詳細については後で説明する。

【 0 0 3 2 】

同時化処理部 3 1 4 は、例えばベイア配列に対応して撮像素子 2 1 を介して出力される撮像データ等の、1つの画素が1つの色成分に対応している撮像データを、1つの画素が複数の色成分に対応している画像データに変換する。

【 0 0 3 3 】

輝度特性変換部 3 1 5 は、同時化処理部 3 1 4 で生成された画像データの輝度特性を、表示や記録に適するように変換する。

【 0 0 3 4 】

エッジ強調処理部 3 1 6 は、画像データからバンドパスフィルタ等を用いて抽出したエッジ信号にエッジ強調係数を乗じ、この結果をもとの画像データに加算することによって、画像データにおけるエッジ（輪郭）成分を強調する。

10

【 0 0 3 5 】

NR処理部 3 1 7 は、コアリング処理等を用いて、画像データにおけるノイズ成分を除去する。

【 0 0 3 6 】

色再現処理部 3 1 8 は、画像の色再現を適切なものとするための各種の処理を行う。この処理としては、例えばカラーマトリクス演算処理がある。このカラーマトリクス演算処理は、画像データに対して、例えばホワイトバランスモードに応じたカラーマトリクス係数を乗じる処理である。この他、色再現処理部 3 1 8 は、彩度・色相の補正を行う。

20

【 0 0 3 7 】

歪補正部 3 1 9 は、画像データにおける歪曲収差を補正する。例えば、歪補正部 3 1 9 は、歪曲収差を補正するための所定の関数に従って歪補正前の画像データの座標変換を行うことにより、画像データにおける歪曲収差を補正する。歪補正部 3 1 9 は、光軸位置推定処理部 3 1 2 において推定された光軸の位置が中心となるような座標変換関数を算出する。

【 0 0 3 8 】

歪補正部 3 1 9 とともに光学特性補正部の一例として機能する色収差補正部 3 2 0 は、画像データにおける色収差を補正する。例えば、色収差補正部 3 2 0 は、色収差を補正するための所定の関数に従って色収差補正前の R、G、B の画像データのそれぞれの位置を一致させるような座標変換を行うことにより、画像データにおける色収差を補正する。色収差補正部 3 2 0 は、光軸位置推定処理部 3 1 2 において推定された光軸の位置がそれぞれの画像データの中心となるように R、G、B の画像データの位置合わせをする。

30

【 0 0 3 9 】

図 3 は、光軸位置推定処理部 3 1 2 の詳細な構成を示す図である。光軸位置推定処理部 3 1 2 は、関係式算出部 3 1 2 1 と、交点算出部 3 1 2 2 とを有している。

【 0 0 4 0 】

関係式算出部 3 1 2 1 は、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す関係式を算出する。この関係式算出部 3 1 2 1 は、レベル変化検出部 3 1 2 1 a と、周波数変化検出部 3 1 2 1 b と、絵柄変化検出部 3 1 2 1 c と、算出部 3 1 2 1 d とを有している。

40

【 0 0 4 1 】

レベル変化検出部 3 1 2 1 a は、位相差検出画素とその近傍の撮像画素との間の画素出力の変化（画素データの値の比又は画素データの値の差）を検出する。周波数変化検出部 3 1 2 1 b は、各位相差検出画素に対して、各位相差検出画素の位相差検出の方向と異なる方向に位置する複数の撮像画素の画素出力の変化を検出する。絵柄変化検出部 3 1 2 1 c は、レベル変化を検出した位相差検出画素とその近傍の撮像画素とのそれぞれの近傍に位置する撮像画素間の画素出力の変化を検出する。算出部 3 1 2 1 d は、レベル変化検出部 3 1 2 1 a の検出結果、周波数変化検出部 3 1 2 1 b の検出結果、絵柄変化検出部 3 1 2 1 c の検出結果を用いて位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す関係式を算出する。これらのレベル変化検出部 3 1 2 1 a、周波数変化検出部 3 1 2 1 b、絵柄変化検

50

出部 3 1 2 1 c、算出部 3 1 2 1 d については後で詳しく説明する。

【 0 0 4 2 】

交点算出部 3 1 2 2 は、2 種類の位相差検出画素のそれぞれについて関係式算出部 3 1 2 1 で算出された関係式の交点を、撮影レンズ 1 1 の光軸の位置として算出する。

【 0 0 4 3 】

図 4 を用いて、撮像素子 2 1 の構成について説明する。図 4 は、撮像素子 2 1 の画素配列を示した図である。また、図 4 の右側には、一部の画素を拡大して示している。図 4 は、ベイア配列の例であるが、カラーフィルタの配列はベイア配列に限るものではなく、種々の配列が適用され得る。

【 0 0 4 4 】

前述したように、ベイア配列の撮像素子 2 1 は、水平方向に R 画素と G ( G r ) 画素が交互に配置されたラインと、G ( G b ) 画素と B 画素が交互に配置されたラインを有している。言い換えれば、ベイア配列の撮像素子 2 1 は、右側の拡大図で示す G r 画素と、R 画素、G b 画素、B 画素の 4 画素の組が水平及び垂直方向に繰り返して配置されている。

【 0 0 4 5 】

本実施形態においては、一部の撮像素子 2 1 a の位置に位相差検出画素 2 1 b を配置する。位相差検出画素は、例えば左右の何れかの領域を遮光膜によって遮光した画素である。図 4 の例では、左半面を遮光した位相差検出画素 ( 以下、右開口位相差検出画素と言う ) の行と、右半面を遮光した位相差検出画素 ( 以下、左開口位相差検出画素と言う ) の行とを垂直方向に沿って近接するように配置している。

【 0 0 4 6 】

高画素数の撮像素子の場合には個々の画素の面積が小さくなるので、近接して配置される画素にはほぼ同じ像が結像すると考えることができる。したがって、図 4 に示すようにして位相差検出画素を配置することにより、図 4 の A 行の位相差検出画素と B 行の位相差検出画素の対で位相差を検出することができる。また、C 行の位相差検出画素と D 行の位相差検出画素の対でも位相差を検出することができる。

【 0 0 4 7 】

図 4 の例では、位相差検出画素中の遮光する領域を、左右何れかの領域としている。この場合、水平位相差を検出することが可能である。これに対し、遮光する領域を上下何れかの領域としたり、斜め方向の領域としたりすることで、垂直位相差や斜め方向の位相差を検出することも可能である。また、ある程度の面積を有していれば遮光面積も画素領域の 1 / 2 でなくとも良い。さらに、図 4 では位相差検出画素を G 画素に配置しているが、G 画素以外の、R 画素、B 画素の何れかに配置するようにしても良い。

【 0 0 4 8 】

また、図 4 の例は、位相差検出画素の一部領域を遮光することによって瞳分割をする例を示しているが、位相差検出画素は、撮影レンズ 1 1 の異なる瞳領域を通過した対をなす被写体光束のうち的一方を選択的に受光できれば良い。このため、一部領域を遮光する構成とせず、例えば瞳分割用のマイクロレンズによって瞳分割をするようにしても良い。

【 0 0 4 9 】

図 4 に示したような撮像素子を用いた位相差法による焦点検出の原理について図 5 A 及び図 5 B を参照して説明する。ここで、図 5 A は、撮像素子 2 1 a における像の結像状態を示す。また、図 5 B は、位相差検出画素 2 1 b における像の結像状態を示す。

【 0 0 5 0 】

被写体が点光源であるとする、撮影レンズ 1 1 が合焦状態であるとき、被写体から出射され、撮影レンズ 1 1 の光軸中心に対して対称な異なる瞳領域を通過した対をなす被写体光束は撮像素子 2 1 上の同一の位置に結像する。一方、撮影レンズ 1 1 が非合焦状態であるとき、被写体から出射され、撮影レンズ 1 1 の異なる瞳領域を通過した対をなす被写体光束は、撮像素子 2 1 上の異なる位置に結像する。言い換えれば、これらの対をなす被写体光束によって形成される像の間には位相差が生じる。この位相差を、右開口位相差検出画素と左開口位相差検出画素とでそれぞれ検出される像の相関関係から検出することに

10

20

30

40

50

より、撮影レンズ 11 のデフォーカス量及びデフォーカス方向を検出する。

【0051】

位相差検出画素 21b は、一部の領域が遮光されているので、光量の低下が発生する。この光量の低下は、位相差検出画素 21b に形成された遮光膜の面積の他、遮光膜の位置、位相差検出画素 21b に入射する光の角度、像高によっても異なるものである。このような光量の低下を後述の画素出力補正処理によって補正する。

【0052】

以下、本実施形態の撮像装置の具体的な動作を説明する。図 6 は、撮像装置による動画記録（動画撮影）動作の処理を示すフローチャートである。動画記録動作は、例えば動画撮影モード中にリリース釦が押された場合に開始される。また、図 6 に示すフローチャートの処理は、ROM 43 に記憶されているプログラムに従って、CPU 29 が実行する。なお、図 6 は、動画記録動作を示しているが、本実施形態に係る画像処理方法は、静止画記録動作に対しても適用可能である。

10

【0053】

図 6 のフローチャートの動作が開始されると、CPU 29 は、撮像データの取り込みを開始する（ステップ S101）。ここでは、CPU 29 は、撮像制御回路 23 に現在の動作モードに応じた設定データを入力する。この設定データに従って撮像制御回路 23 は、撮像素子 21 からの画素データの読み出しを制御する。撮像制御回路 23 に読み出し方式が設定されると、撮像制御回路 23 に設定された読み出し方式に従って、撮像素子 21 から画素混合又は画素間引きされた状態の画像信号が読み出される。撮像素子 21 から読み出された画像信号は、ADC 27 においてデジタル化された後、撮像データとして DRAM 41 に一時記憶される。

20

【0054】

次に、CPU 29 は、位相差検出画素の画素出力（位相信号）を補正する（ステップ S102）。この位相信号補正処理においては、前フレームにおいて実行された関係式算出処理の結果を利用して位相差検出画素の画素出力を補正する。この補正は、後述のステップ S109 における画素出力補正処理と同様に行われる。その詳細については、後で説明する。

【0055】

次に、CPU 29 は、焦点検出処理を行う（ステップ S103）。ここでは、CPU 29 は、焦点検出回路 33 に焦点検出処理を実行させる。焦点検出処理の実行指示を受けて、焦点検出回路 33 は、DRAM 41 に一時記憶された撮像データの中から、位相差検出画素に対応した画素データを読み出し、この画素データを位相信号として用いて公知の位相差法によって撮影レンズ 11 のデフォーカス方向及びデフォーカス量を算出する。次に、CPU 29 は、焦点検出回路 33 により検出された撮影レンズ 11 のデフォーカス方向及びデフォーカス量に基づいて駆動部 17 を制御し、撮影レンズ 11 を合焦させる。

30

【0056】

次に、CPU 29 は、撮像データを画像処理部 31 に入力する。これを受けて光軸位置推定処理部 312 は、光軸位置の推定処理をする。この処理として、光軸位置推定処理部 312 のレベル変化検出部 3121a は、撮像データに対してレベル変化検出処理を実行する（ステップ S104）。図 2 に示す画像処理部 31 の場合、実際には、レベル変化検出処理に先立って、WB 補正処理部 311 による WB 補正処理が行われるが、図 6 では図示を省略している。なお、WB 補正処理は、後述の画素出力補正処理の後に行うようにしても良い。

40

【0057】

位相差検出画素は、一部の領域が遮光されているので、前述したような光量の低下が発生する。レベル変化検出処理は、位相差検出画素の画素出力とその近傍の同色の撮像画素の画素出力の変化（画素データの値の比又は差）を検出することにより、位相差検出画素における光量の低下量（レベル変化）を検出する処理である。本実施形態においては、位相差検出画素の近傍の同色の撮像画素のうち、位相差の検出方向と異なる方向の撮像画素

50

との画素データの値の比又は差を検出する。

【0058】

例えば、図7Aに示すようにして、撮像素子21の水平方向に沿って位相差検出画素が配置される場合のレベル変化検出処理について説明する。位相差検出画素21bは、図7Aのハッチングを施した領域（以下、アイランド領域と言う）に配置される。各アイランド領域には、右開口位相差検出画素と左開口位相差検出画素との対がn個配置される。以下の説明においては、右開口位相差検出画素と左開口位相差検出画素とは、図4と同様に、Gr画素に配置されているものとする。また、図7Aに示すように、撮像素子21の水平方向をx軸と定義する。各アイランド領域における位相差検出画素の水平方向の開始x座標をstart\_xと定義する。start\_xは、右開口位相差検出画素のものと左開口位相差検出画素のものがそれぞれ定義される。

10

【0059】

図7Bは、図7Aのアイランド領域内の画素の拡大図である。例えば、図7Bに示す画素のうち、右開口位相差検出画素Gr2及び左開口位相差検出画素Gr3に対してレベル変化検出処理を実行するとする。このとき、右開口位相差検出画素Gr2及び左開口位相差検出画素Gr3による位相差検出方向である水平方向と異なる方向、即ち右開口位相差検出画素Gr2及び左開口位相差検出画素Gr3に対して垂直方向の近傍の同色の撮像素素との画素データの値の比又は差を検出する。したがって、右開口位相差検出画素Gr2については、図7Bの矢印3で示す、右開口位相差検出画素Gr2と同列の近傍の撮像素素Gr1との画素出力の比を検出する。左開口位相差検出画素Gr3については、図7Bの矢印4で示す、左開口位相差検出画素Gr3と同列の近傍の撮像素素Gr1との画素データの値の比又は差を検出する。

20

【0060】

このようなレベル変化検出処理により、各位相差検出画素に形成された遮光膜の面積、遮光膜の位置、位相差検出画素に入射する光の角度、像高の影響を考慮した撮像素素に対する位相差検出画素の光量の低下量を検出することが可能である。ただし、レベル変化検出処理で検出される光量の低下量は、像（絵柄）自体の変化による光量の低下量も含んでいる可能性がある。これは、位相差検出画素の近傍の撮像素素であっても、必ずしも同じ像が結像しているとは限らないためである。したがって、レベル変化検出処理としては、位相差検出画素に対してなるべく近くの同色の撮像素素との間のレベル変化を検出することが望ましい。

30

【0061】

また、前述の例では、位相差検出画素と同列の撮像素素との間のレベル変化を検出している。これは、撮影レンズ11の光軸ずれ等の特性により生じる位相差検出画素への光の入射角度の違いに伴う、像高に対するレベル変化の傾向を見るためである。

【0062】

レベル変化検出処理の後、周波数変化検出部3121bは、周波数変化検出処理を実行する（ステップS105）。周波数変化検出処理は、位相差検出画素の近傍の空間周波数の変化の傾向を検出する処理である。ここで、本実施形態においては、位相差の検出方向と異なる方向の空間周波数の変化の傾向を検出する。

40

【0063】

周波数変化検出処理の具体的な処理としては、位相差検出画素の周囲の画素のうち、位相検出方向に沿った空間周波数が同じになる複数の画素の画素データの値の比又は差を検出する。図7Bの例の場合、位相差検出画素に対して垂直方向同列の画素は、位相差の検出方向である水平方向の空間周波数が同じになる。したがって、右開口位相差検出画素Gr2については、図7Bの矢印1で示す、位相差検出画素Gr2を挟むようにして配置される撮像素素B2と撮像素素B3との画素データの値の比又は差を検出する。また、左開口位相差検出画素Gr3については図示していないが、位相差検出画素Gr3を挟むようにして配置される撮像素素B3と撮像素素B4との画素データの値の比又は差を検出する。

50

## 【0064】

このような周波数変化検出処理により、位相差検出画素の周辺の垂直方向の空間周波数の変化を検出することが可能である。

## 【0065】

ここで、ベイア配列の場合、位相差検出画素を挟むように垂直方向に隣接して配置される2つの画素は、位相差検出画素とは異なる色の同色の撮像素素となる。しかしながら、これらの2つの画素は、必ずしも隣接している必要はなく、離れていても良い。また、位相差検出画素を挟むようにして対向するように配置されていれば、位相差検出画素からの距離が異なっても良い。勿論、位相差検出画素からの距離が等しくても良い。

## 【0066】

また、垂直位相差を検出する位相差検出画素の場合には、垂直方向ではなく、水平方向に隣接する2つの画素の画素出力の比を検出する。

## 【0067】

周波数変化検出処理の後、絵柄変化検出部3121cは、絵柄変化検出処理を実行する(ステップS106)。

## 【0068】

絵柄変化検出処理の具体的な処理としては、レベル変化検出処理に用いられた位相差検出画素と撮像素素のそれぞれの近傍の同色画素間の画素データの値の比又は差を検出する。図7Bの例の場合、右開口位相差検出画素Gr2については、図7Bの矢印2で示す、右開口位相差検出画素Gr2の近傍の撮像素素Gb3と撮像素素Gr1の近傍の撮像素素Gb1との画素データの値の比又は差を検出する。また、左開口位相差検出画素Gr3については、左開口位相差検出画素Gr3の近傍の撮像素素Gb4と撮像素素Gr1の近傍の撮像素素Gb1との画素データの値の比又は差を検出する。

## 【0069】

このような絵柄変化検出処理では、レベル変化検出処理に用いられた位相差検出画素と撮像素素の近傍の撮像素素の画素出力の変化を検出している。これらのレベル変化検出処理に用いられた位相差検出画素と撮像素素の近傍の撮像素素であれば、ほぼ同じ像が結像されていると考えることができる。この場合、近傍の撮像素素間の画素出力の変化は、ほぼ像(絵柄)の変化によるものであると考えることが可能である。実際には、レベル変化検出処理に用いられた位相差検出画素と撮像素素の近傍の撮像素素であるので、空間周波数が高い場合には、誤差が生じる可能性がある。そこで、前述の周波数変化検出処理の検出結果から、絵柄変化検出処理の信頼性を判断する。

## 【0070】

ここで、図7Bの例では、絵柄変化検出処理において画素出力の比を検出する2つの撮像素素を位相差検出画素と同色の画素としている。しかしながら、これらの2つの撮像素素は、必ずしも位相差検出画素と同色である必要はない。ただし、これらの2つの撮像素素の色は同色であることが望ましい。また、画素出力の比を検出する2つの撮像素素とそれぞれの近傍の位相差検出画素との距離は等しいことが望ましいが、多少であれば距離が異なっても良い。

## 【0071】

また、垂直位相差を検出する位相差検出画素の場合には、絵柄変化検出処理として、垂直方向ではなく、水平方向に隣接する複数の画素の画素出力の比を検出する。

## 【0072】

絵柄変化検出処理の後、算出部3121dは、レベル変化検出処理の検出の結果を補正するための重み係数Wをアイランド領域毎に算出する(ステップS107)。

## 【0073】

以下、重み係数Wの算出手法の一例について説明する。なお、この例では、右開口位相差検出画素についての重み係数Wを算出する例について説明する。一例の重み係数Wは、周波数変化検出処理の結果として得られる位相差検出画素の垂直方向同列の2つの同色の撮像素素の画素データの値の比が1に近いほど、1に近づく係数である。このような重み係数

10

20

30

40

50

Wは、例えば以下の(式1)のようにガウス関数を用いて算出することが可能である。ここで、(式1)で示す重み係数Wは、同一のアイランド領域内の右開口位相差検出画素に対しては同一の値を適用することが可能である。

【数1】

$$W = \exp\left(-\frac{(1 - \text{Dif\_B})^2}{\sigma}\right) \quad (\text{式1})$$

【0074】

ここで、(式1)の  $\sigma$  は、標準偏差であって例えば設計時に任意に設定される。例えば、 $\sigma = 0.1$ とした場合、重み係数Wは、0.1を標準偏差としたガウス関数となる。(式1)の  $\text{Dif\_B}$ は、周波数変化検出処理の結果として得られる位相差検出画素に対して垂直方向同列の2つの同色の撮像素の画素データの値の比である。例えば、撮像素B2の画素データの値をB2、撮像素B3の画素データの値をB3とすると、周波数変化検出処理の結果  $\text{Dif\_B}$ は、以下の(式2)で与えられる。

$$\text{Dif\_B} = B2/B3 \quad (\text{式2})$$

前述の例では、重み係数Wを、ガウス関数を用いて算出しているが、垂直方向同列の2つの同色の撮像素の画素データの値の比が1に近いほど1に近づく係数を算出できるような手法であれば必ずしもガウス関数を用いて算出する必要はない。

【0075】

重み係数Wを算出した後、算出部3121dは、位相差検出画素の画素出力と像高との関係式を算出する(ステップS108)。

【0076】

以下、関係式の算出手法の一例を説明する。この例では、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を1次式で近似することとする。例えば、水平座標xの位置にある位相差検出画素の撮像素に対するレベル変化量をyとすると、レベル変化量を表す1次式は、 $y = ax + b$ の形で表すことが可能である。また、このような1次式の傾きa及び切片bは、例えば最小二乗法により、以下の(式3)で示すようにして与えられる。

【数2】

$$a[0] = \frac{(n-1) \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W) \times (\text{Dif\_pRi} \times W) - \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W) \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W) \times (\text{Dif\_pRi} \times W)}{(n-1) \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W)^2 - \left\{ \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W) \right\}^2} \quad 30$$

$$b[0] = \frac{\sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W)^2 \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (\text{Dif\_pRi} \times W) - \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W) \times (W \times \text{Dif\_pRi}) \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W)}{(n-1) \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W)^2 - \left\{ \sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} (i \times W) \right\}^2} \quad 40$$

(式3)

【0077】

ここで、(式3)の  $\text{Dif\_pRi}$  ( $i = \text{start\_x}, \text{start\_x}+1, \dots, n-1$ )は、レベル変化検出処理の結果と絵柄変化検出処理の結果から得られる、水平座標xに配置された右開口位相差検出画素とその近傍の撮像素との画素データの値の比である。 $\text{Dif\_pRi}$ は、以下の(式4)で与えられる。

$$\text{Dif\_pRi} = 1 - \{(Gr1/Gr2) - \text{Dif\_G}\} \quad (\text{式 4})$$

(式 4) の Dif\_G は、絵柄変化検出処理の結果として得られるレベル変化検出処理に用いられた画素の近傍の 2 つの撮像画素間の画素データの値の比である。例えば、右開口位相差検出画素 Gr 2 の例を示すと、Dif\_G は、以下の (式 5) で与えられる。

$$\text{Dif\_G} = 1 - Gb1/Gb3 \quad (\text{式 5})$$

(式 4) において、撮像画素 Gr 1 の画素データの値を Gr 1、位相差検出画素 Gr 2 の画素データの値を Gr 2 としている。(式 4) は、レベル変化検出処理によって得られたレベル変化量から絵柄変化検出処理によって得られたレベル変化量を差し引いたものである。したがって、(式 4) で示すレベル変化量は、位相差検出画素に入射する光の角度、像高の影響を考慮した撮像画素に対する位相差検出画素の光量の低下量となる。

10

【 0 0 7 8 】

また、(式 3) の a、b の括弧内の値 0 は、これらによって示される傾き及び切片が右開口位相差検出画素に関するものであることを示す。一方、左開口位相差検出画素については、(式 3) の a、b の括弧内の値を 1 とし、さらに、(式 3) ~ (式 5) で示した各値を左開口位相差検出画素に関する値に置き換える。

【 0 0 7 9 】

なお、前述の例では、レベル変化量と水平座標 x との関係をも、1 次式で近似しているが、高次式で近似しても良い。また、近似の手法も最小二乗法に限らず、ラグランジュ補間、スプライン補間等を用いても良い。

【 0 0 8 0 】

関係式が算出された後、画素補正部 3 1 3 は、各位相差検出画素の画素出力を補正する (ステップ S 1 0 9)。例えば、レベル変化検出処理、周波数変化検出処理、及び絵柄変化検出処理で、画素出力の変化として画素データの値の比を検出した場合、(式 3) で示す y も画素データの値の比で表されるものとなる。したがって、画素出力の補正は、位相差検出画素の水平座標 x に応じた y をその位相差検出画素の画素データに乗じるゲイン調整をすれば良い。一方、レベル変化検出処理、周波数変化検出処理、及び絵柄変化検出処理で、画素出力の変化として画素データの値の差を検出した場合、(式 3) で示す y も画素データの値の差で表されるものとなる。したがって、画素出力の補正は、位相差検出画素の水平座標 x に応じた y をその位相差検出画素の画素データにオフセットさせるゲイン調整をすれば良い。

20

30

【 0 0 8 1 】

前述したように、ステップ S 1 0 2 の補正もステップ S 1 0 9 と同様の補正を行う。ただし、ステップ S 1 0 2 においては、1 フレーム前の関係式算出処理で算出された関係式を用いて補正を行う。

【 0 0 8 2 】

画素補正処理の後、交点算出部 3 1 2 2 は、右開口位相差検出画素について算出した関係式と左開口位相差検出画素について算出した関係式との交点 (cross\_x, cross\_y) を算出する (ステップ S 1 1 0)。

【 0 0 8 3 】

図 8 A 及び図 8 B は、像高と位相差検出画素の画素出力との関係を示した図である。図 8 A は、撮影レンズ 1 1 の光軸が撮像面上に設定された像高の基準位置 (例えば撮像面の中心位置) と一致している理想状態の場合の関係を示している。また、図 8 B は、撮影レンズ 1 1 の光軸が撮像面上に設定された像高の基準位置 (例えば撮像面の中心位置) からずれている場合の関係を示している。(式 3) は、1 次式で近似をしているが、実際には、位相差検出画素の画素出力は、像高に対して非線形に変化する。

40

【 0 0 8 4 】

図 8 A に示すように、理想状態では、右開口位相差検出画素の画素出力と左開口位相差検出画素との画素出力とは、像高の基準位置に対して線対称に変化する。そして、像高の基準位置において、右開口位相差検出画素の画素出力と左開口位相差検出画素との画素出力が一致する。

50

## 【 0 0 8 5 】

これに対し、撮影レンズ 1 1 の光軸にずれがある場合、図 8 B に示すように、像高に対する右開口位相差検出画素の画素出力及び左開口位相差検出画素の画素出力が理想状態の場合に対して変化する。また、右開口位相差検出画素の画素出力と左開口位相差検出画素の画素出力とが一致する像高も、基準の増高からずれる。右開口位相差検出画素の画素出力と左開口位相差検出画素の画素出力とが一致する像高は、右開口位相差検出画素について算出した関係式と左開口位相差検出画素について算出した関係式との交点 (cross\_x, cross\_y) に対応する。したがって、この交点を求めることにより、理想状態からずれた後の撮影レンズ 1 1 の撮像面上での光軸位置を推定することが可能である。

## 【 0 0 8 6 】

交点 (cross\_x, cross\_y) は、位相差検出方向に並べられた対をなす位相差検出画素、例えば位相差検出方向が水平方向である場合には右開口位相差検出画素と左開口位相差検出画素のそれぞれについて算出した関係式を用いた 2 元 1 次連立方程式を解くことによって求めることが可能である。この連立方程式の解は、以下の (式 6) で表される。

## 【 数 3 】

$$cross\_x = \frac{\begin{vmatrix} b[0] & 1 \\ b[1] & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -a[0] & 1 \\ -a[1] & 1 \end{vmatrix}}$$

$$cross\_y = \frac{\begin{vmatrix} -a[0] & b[0] \\ -a[1] & b[1] \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -a[0] & 1 \\ -a[1] & 1 \end{vmatrix}}$$

(式 6)

## 【 0 0 8 7 】

交点の座標が算出された後、画像処理部 3 1 は、撮像データに対する画像処理を行う (ステップ S 1 1 1)。ここでは、画像処理部 3 1 は、ステップ S 1 0 9 の画素出力補正処理の結果として得られた撮像データに対する画像処理 (同時化処理から色再現処理まで) を実行する。画像処理に用いる処理パラメータは記録用のものを用いる。記録用の処理パラメータは、例えば ROM 4 3 に予め記憶されているものである。

## 【 0 0 8 8 】

次に、歪補正部 3 1 9 は、画像処理により得られた画像データに対して歪補正処理を行う (ステップ S 1 1 2)。ここでは、歪補正部 3 1 9 は、ステップ S 1 1 0 で算出された交点の位置が補正後の画像データの中心となるように歪補正用の座標変換を行う。

## 【 0 0 8 9 】

次に、色収差補正部 3 2 0 は、画像処理により得られた画像データに対して色収差歪補正処理を行う (ステップ S 1 1 3)。ここで、色収差補正部 3 2 0 は、ステップ S 1 1 0 で算出された交点の位置が補正後の画像データの中心となるように R、G、B の画像データの位置合わせをする。

## 【 0 0 9 0 】

次に、CPU 2 9 は、色収差補正処理の結果として DRAM 4 1 に一時記憶された画像データを記録媒体 4 5 に記録する (ステップ S 1 1 4)。次に、CPU 2 9 は、動画記録

10

20

30

40

50

を停止させるか否かを判定する（ステップS115）。ここでは、CPU29は、操作部19のリリース釦の操作状態を判定する。即ち、リリース釦が再び押された場合に、CPU29は、動画記録を停止させると判定する。

【0091】

ステップS115において、動画記録を停止させないと判定した場合に、CPU29は、処理をステップS101に戻し、動画記録を続行する。一方、ステップS115において、動画記録を停止させると判定した場合に、CPU29は、図6の処理を終了させる。

【0092】

以上説明したように、本実施形態においては、位相差検出画素とその近傍の撮像素素との画素出力の変化を実際に検出し、この検出結果に従って算出される位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す関係式より、撮影レンズ11の撮像面上における光軸位置を推定することができる。これにより、撮影レンズ11の製造ばらつき等に起因する光軸ずれが生じていたとしても適切に歪補正処理や色収差補正を行うことが可能である。

【0093】

また、本実施形態では、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す関係式より、各位相差検出画素のゲイン調整量を算出して画素出力補正処理を行うようにしている。これにより、各位相差検出画素に形成された遮光膜の面積、遮光膜の位置、位相差検出画素に入射する光の角度、像高の影響を考慮した位相差検出画素の画素出力の補正を行うことが可能である。また、本実施形態では、歪補正処理や色収差補正の前に画素出力補正処理を行うようにしている。歪補正処理や色収差補正のような座標変換を伴う処理の前に画素出力補正処理を行うことにより、画素出力補正処理の精度を向上させることが可能である。さらに、焦点検出処理に先立って、位相差検出画素の画素出力と像高との関係を示す関係式より、各位相差検出画素の画素出力を補正するようにしている。これにより、撮影レンズ11の光軸ずれが生じていたとしても焦点検出の精度が低下することがない。

【0094】

また、本実施形態においては、単純に位相差検出画素とその近傍の撮像素素との画素出力の変化を検出するだけでなく、それぞれの画素の近傍の撮像素素間の画素出力の変化を検出し、その結果に応じてゲイン調整量を補正している。これにより、位相差検出画素と撮像素素とで異なる像が結像した場合の誤差をも補正することが可能である。

【0095】

さらに、本実施形態においては、位相差検出画素の周辺の空間周波数の変化を考慮して絵柄変化検出処理の結果を補正している。これにより、さらにゲイン調整の精度を高めることが可能である。ここで、周波数変化検出処理は、絵柄変化検出処理の信頼性を高めるためには必要ではあるが、周波数変化検出処理を省略しても良い。

【0096】

[変形例1]

以下、前述した実施形態の変形例について説明する。前述した実施形態は、交点算出部3122で算出された交点（撮像面上での実際の撮影レンズ11の光軸の位置）の使用例として、歪補正処理と色収差補正処理とを例示している。本実施形態の技術は、歪補正処理や色収差補正処理の他の各種の光学特性の補正処理に対して適用できる。例えば、本実施形態の技術は、シェーディング補正処理にも適用され得る。シェーディング補正処理とは、撮影レンズ11の特性に起因して生ずる画像の周辺部の光量落ちを補正する処理である。シェーディング補正処理においても、交点算出部3122で算出された交点を中心としてゲイン補正を行うことにより、適切な補正を行うことが可能である。

【0097】

[変形例2]

前述した例では、重み係数 $W$ をガウス関数としているが、この他に例えば閾値を用いた近似により求めることができる。また、レベル変化量を表す1次式を最小二乗法ではなく、折れ点近似によって求めることもできる。変形例2は、このような他の手法によって重み係数 $W$ とレベル変化量を表す1次式の傾き $a$ 及び切片 $b$ とを求める例である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 8 】

この変形例においては、図 9 で示すように 1 つのアイランド領域内に m 点（図では折れ点 1, 2, 3 の 3 点）の折れ点を決めた上で前述と同様のレベル変化検出処理、周波数変化検出処理、及び絵柄変化検出処理を行う。この場合、重み係数 W を以下の（式 7）のようにして、Dif\_G と Dif\_B の平均値を閾値で場合分けすることで求めることができる。なお、（式 7）は、位相差の検出方向が水平方向の例である。

## 【数 4】

$$W = \begin{cases} 3 & \left( \text{Dif\_B} + \text{Dif\_G} \right) / 2 < 0.1 \\ 2 & \left( \text{Dif\_B} + \text{Dif\_G} \right) / 2 < 0.3 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 7}) \quad 10$$

## 【 0 0 9 9 】

（式 7）の Dif\_G は、絵柄変化検出処理の結果として得られるレベル変化検出処理に用いられた画素の近傍の 2 つの撮像素素間の画素データの値の比の絶対値である。例えば、前述の右開口位相差検出画素 G r 2 が折れ点の 1 つであったとすると、Dif\_G は、以下の（式 8）で与えられる。

$$\text{Dif\_G} = \text{abs}(1 - \text{Gb1}/\text{Gb3}) \quad (\text{式 8})$$

（式 7）の Dif\_B は、周波数変化検出処理の結果として得られる位相差検出画素に対して垂直方向同列の 2 つの同色の撮像素素の画素データの値の比の絶対値である。例えば、撮像素素 B 2 の画素データの値を B 2、撮像素素 B 3 の画素データの値を B 3 とすると、Dif\_B は、以下の（式 9）で与えられる。 20

$$\text{Dif\_B} = \text{abs}(1 - \text{B2}/\text{B3}) \quad (\text{式 9})$$

また、レベル変化量を表す 1 次式  $y = ax + b$  の傾き a 及び切片 b は、以下の（式 10）で示すようにして与えられる。

## 【数 5】

$$a\_m = \begin{cases} \frac{(p\_m+1 - p\_m)}{n-1} & p\_m < p\_m+1 \\ -\frac{(p\_m - p\_m+1)}{n-1} & \text{otherwise} \end{cases} \quad 30$$

$$b\_m = (n-1) - (a\_m \times p\_m+1)$$

（式 10）

## 【 0 1 0 0 】

ここで、（式 10）に示す  $a_m$  及び  $b_m$  ( $m=1, 2$ ) は、それぞれ、折れ点 m から折れ点 m+1 までのレベル変化量を示す 1 次式の傾き及び切片であることを示している。また、 $P_m$  ( $m=1, 2$ ) は、以下の（式 11）で与えられる。 40

## 【数 6】

$$p\_m = \frac{\sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} \text{Dif\_pRi} \times W}{\sum_{i=\text{start\_x}}^{n-1} W} \quad (\text{式 11})$$

## 【 0 1 0 1 】

ここで、（式 11）の Dif\_pRi ( $i = \text{start\_x}, \text{start\_x}+1, \dots, n-1$ ) は、レベル変化検出処理の結果と絵柄変化検出処理の結果から得られる、水平座標 x に配置された位相差検出画素とその近傍の撮像素素との画素データの値の比である。Dif\_pRi は、以下の（式 12） 50

で与えられる。

【0102】

$$\text{Dif\_pRi} = 1 - \{(\text{Gr1}/\text{Gr2}) - \text{Dif\_G}\} \quad (\text{式 } 12)$$

また、前述の例では、各アイランド領域における位相差検出画素の水平方向の開始 x 座標を start\_x と定義しているが、変形例においては各折れ点の x 座標を start\_x と定義し、折れ点間に n 個の画素が配列されるものとする。

【0103】

以上の(式7)～(式12)で示したのと同様の計算を左開口位相差検出画素についても行い、右開口位相差検出画素について(式11)に示すようにして算出した関係式と左開口位相差検出画素について(式11)に示すようにして算出した関係式との交点が、交点 (cross\_x, cross\_y) となる。

10

【0104】

[変形例3]

前述した各例は、動画撮影中に光軸位置を推定しているが、カメラ1の調整時に予め光軸位置を推定しておいても良い。図10は、調整時に光軸位置を推定する場合のフローチャートである。図10の処理は、カメラ1に撮影レンズ11が装着され、調整のためにカメラ1が起動された場合に行われる。図10のステップS201～S208の処理は、図6のステップS101、S103～S108、S109と同一である。したがって、説明を省略する。ステップS208において、交点 (cross\_x, cross\_y) が算出された後、CPU29は、算出された交点 (cross\_x, cross\_y) の情報を、撮像面上での撮影レンズ11の光軸の位置情報としてROM43に記憶させる(ステップS209)。撮影レンズ11が着脱自在に構成されている場合には、撮影レンズ11内のROMに交点の情報を記録しても良い。

20

【0105】

この変形例3では、光軸の位置をカメラ1の調整時に予め推定しておくことにより、撮影時にはこの推定値を使用して歪補正処理等の処理を行うことが可能である。即ち、図6のステップS110の処理を省略できる。

【0106】

以上実施形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なのは勿論である。前述の各動作フローチャートについては、この順で動作を実施することが必須であることを意味するものではない。

30

【0107】

また、上述した実施形態による各処理は、CPU29に実行させることができるプログラムとして記憶させておくこともできる。その他、メモリカード(ROMカード、RAMカード等)、磁気ディスク(フロッピディスク、ハードディスク等)、光ディスク(CD-ROM、DVD等)、半導体メモリ等の外部記憶装置の記憶媒体に格納して配布することができる。そして、CPU29は、この外部記憶装置の記憶媒体に記憶されたプログラムを読み込み、この読み込んだプログラムによって動作が制御されることにより、上述した処理を実行することができる。

40

【0108】

さらに、上記した実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件の適当な組合せにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、上述したような課題を解決でき、上述したような効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成も発明として抽出され得る。

【符号の説明】

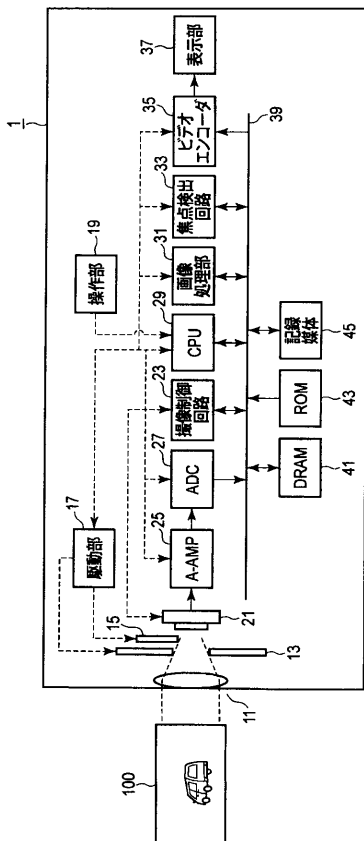
【0109】

1...デジタルカメラ(カメラ)、11...撮影レンズ、13...絞り、15...メカシャッター、17...駆動部、19...操作部、21...撮像素子、23...撮像制御回路、25...A-A M

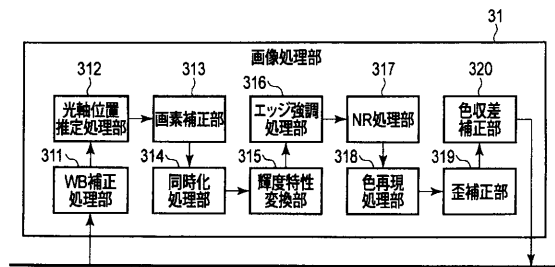
50

P、27...アナログデジタル変換器(ADC)、29...CPU、31...画像処理部、33...焦点検出回路、35...ビデオエンコーダ、37...表示部、39...バス、41...DRAM、43...ROM、45...記録媒体、311...ホワイトバランス(WB)補正処理部、312...光軸位置推定処理部、313...画素補正部、314...同時化処理部、315...輝度特性変換部、316...エッジ強調処理部、317...ノイズ低減(NR)処理部、318...色再現処理部、319...歪補正部、320...色収差補正部、3121...関係式算出部、3121a...レベル変化検出部、3121b...周波数変化検出部、3121c...絵柄変化検出部、3121d...算出部、3122...交点算出部。

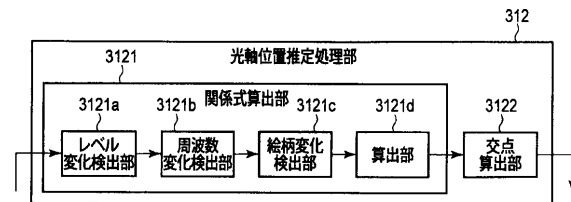
【図1】  
[図1]



【図2】  
[図2]

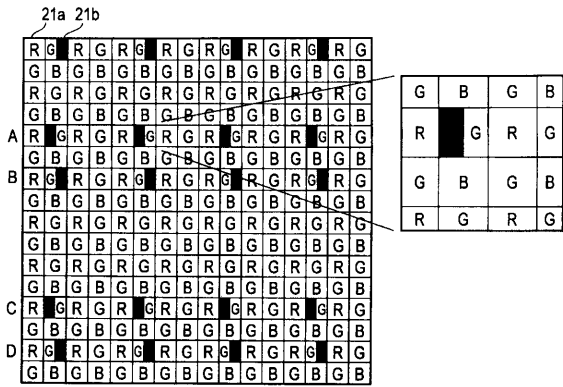


【図3】  
[図3]



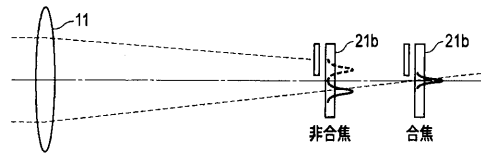
【 図 4 】

[図4]



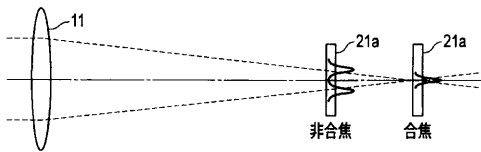
【 図 5 B 】

[図5B]



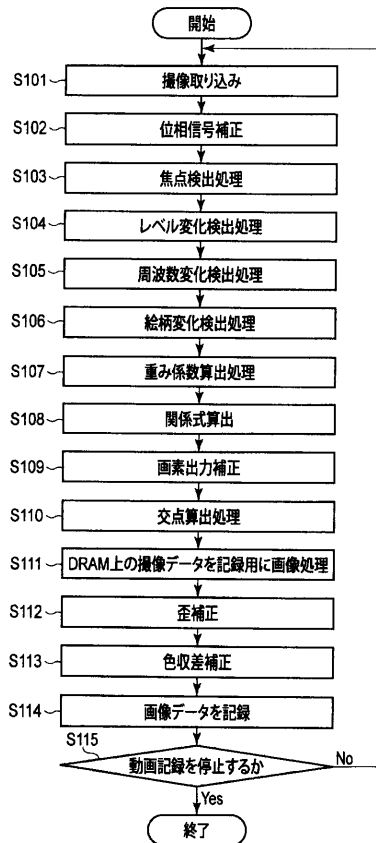
【 図 5 A 】

[図5A]



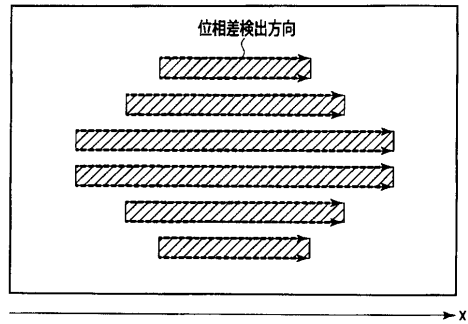
【 図 6 】

[図6]



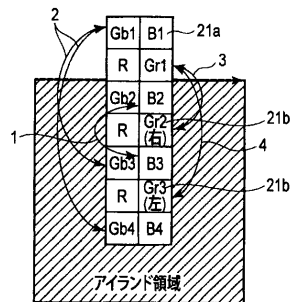
【 図 7 A 】

[図7A]



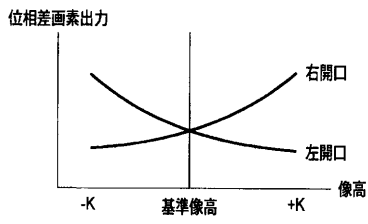
【 図 7 B 】

[図7B]



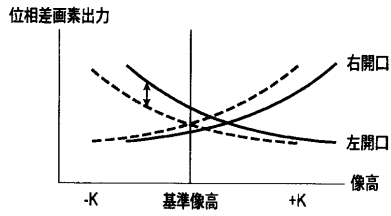
【 図 8 A 】

[図8A]



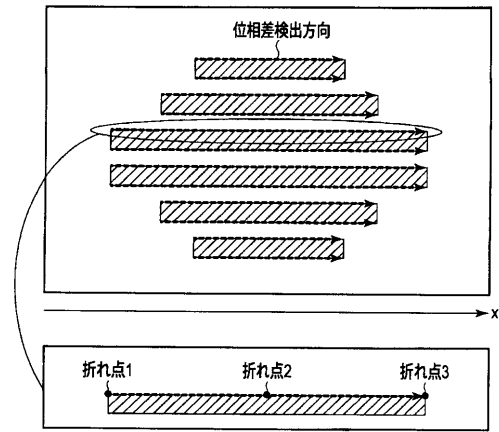
【 図 8 B 】

[図8B]



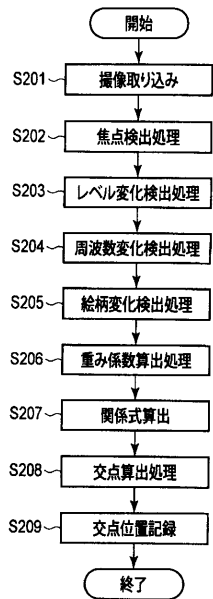
【 図 9 】

[図9]



【 図 1 0 】

[図10]



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 N 5/335 5 7 0

(74)代理人 100158805

弁理士 井関 守三

(74)代理人 100179062

弁理士 井上 正

(74)代理人 100124394

弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807

弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073

弁理士 堀内 美保子

(72)発明者 岡澤 淳郎

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリパス株式会社内

Fターム(参考) 2H151 BA06 CA16 CB09 CB22 CD12 CD30

5C024 AX01 CX27 CX35 CY17 DX01 EX12 EX43 EX52

5C065 AA01 AA03 BB02 BB06 BB11 BB48 CC01 DD01 DD17 EE06

EE10 EE11

5C122 DA03 DA04 EA30 EA31 EA32 EA33 FB05 FB16 FC06 FD01

FD07 FF05 FF10 FG13 FG14 FH03 FH06 FH11 HA82 HB01

HB06 HB10