

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6108773号
(P6108773)

(45) 発行日 平成29年4月5日 (2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日 (2017.3.17)

(51) Int.Cl.

F I

HO 4 N 5/232 (2006.01)

GO 6 T 3/00 (2006.01)

HO 4 N 5/232 Z

GO 6 T 3/00

請求項の数 13 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2012-244454 (P2012-244454)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年11月6日 (2012.11.6)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-93714 (P2014-93714A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年5月19日 (2014.5.19)	(74) 代理人	100125254
審査請求日	平成27年11月6日 (2015.11.6)		弁理士 別役 重尚
		(72) 発明者	寺澤 見
			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	榎 一
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、その制御方法、および制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置であって、

前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出手段と、

前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出手段と、

前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量に応じて変更し第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更手段と、

前記歪曲収差補正量に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正手段と、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正手段と

、

を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

さらに、前記画像からその特徴を抽出して特徴評価値を得る特徴抽出手段を備え、

前記ブレ歪み補正手段は、前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量および前記特徴評価値に応じて変更して前記第2のブレ歪み補正量を得ることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

10

20

【請求項 3】

前記ブレ歪み補正量変更手段は、現時点の第 1 のブレ歪み補正量と、当該現時点の前後における第 1 のブレ歪み補正量又は第 2 のブレ歪み補正量を保持しており、

前記ブレ歪み補正量変更手段は、前記歪曲収差補正量が大きくなるにつれて現時点における第 1 のブレ歪み補正量が前後における前記第 1 のブレ歪み補正量又は前記第 2 のブレ歪み補正量よりも大きくなるように重みづけ加算を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記ブレ歪み補正量算出手段は、ハイパスフィルタを備えており、

前記ブレ歪み補正量算出手段は、前記歪曲収差補正量が大きくなるにつれて前記ハイパスフィルタのカットオフ周波数が低くなるように通過域を調整することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記特徴抽出手段は、画像の勾配および高周波成分の少なくとも 1 つを検出して前記特徴評価値を得ることを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置であって、

前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出手段と、

前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第 1 のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出手段と、

前記第 1 のブレ歪み補正量を、所定の適用率で変更して第 2 のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更手段と、

前記第 2 のブレ歪み補正量に応じて、歪曲収差補正に係る補間フィルタの周波数特性を変更する周波数特性変更手段と、

前記歪曲収差補正量および前記周波数特性変更手段で変更された周波数特性に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正手段と、

前記第 2 のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正手段と、
を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

前記周波数特性変更手段は、前記補間フィルタの周波数特性が前記第 2 のブレ歪み補正量が大きくなるにつれて緩やかになるように変更することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記ブレ歪み補正手段は、前記第 2 のブレ歪み補正量に基づいて前記光学系に備えられた光学部材又は撮像素子を移動制御することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記歪曲補正手段には前記歪曲収差補正量と前記第 2 のブレ歪み補正量とが加算された補正量が前記歪曲収差補正量の代わりに与えられることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置の制御方法であって、

前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出ステップと、

前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出ステップと、

前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量に応じて変更し第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更ステップと、

前記歪曲収差補正量に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正ステップと、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正ステップと、

を有することを特徴とする制御方法。

【請求項11】

光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置の制御方法であって、

前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出ステップと、

前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出ステップと、

前記第1のブレ歪み補正量を、所定の適用率で変更して第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更ステップと、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて、歪曲収差補正に係る補間フィルタの周波数特性を変更する周波数特性変更ステップと、

前記歪曲収差補正量および前記周波数特性変更ステップで変更された周波数特性に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正ステップと、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正ステップと、

を有することを特徴とする制御方法。

【請求項12】

光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置で用いられる制御プログラムであって、

前記画像処理装置が備えるコンピュータに、

前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出ステップと、

前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出ステップと、

前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量に応じて変更し第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更ステップと、

前記歪曲収差補正量に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正ステップと、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正ステップと、

を実行させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項13】

光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置で用いられる制御プログラムであって、

前記画像処理装置が備えるコンピュータに、

前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出ステップと、

前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出ステップと、

前記第1のブレ歪み補正量を、所定の適用率で変更して第2のブレ歪み補正量を得るブ

10

20

30

40

50

レ歪み補正量変更ステップと、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて、歪曲収差補正に係る補間フィルタの周波数特性を変更する周波数特性変更ステップと、

前記歪曲収差補正量および前記周波数特性変更ステップで変更された周波数特性に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正ステップと、

前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正ステップと、

を実行させることを特徴とする制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、画像処理装置、その制御方法、および制御プログラムに関し、特に、光学系の特性によって生じる画像の歪みを補正するとともに、手ブレなどによって生じる画像ブレを補正する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルビデオカメラ又はデジタルカメラなどの撮像装置（以下単にカメラと呼ぶ）においては、超多画素の撮像センサを用いることによってより高画質の画像が得られるようになっている。一方、画素の微細化による小型化に対応する小型の光学レンズの設計は難しく、このため、光学レンズなどの光学系で生じる歪曲収差に起因する画質劣化が顕在化している。

20

【0003】

また、撮影の際には、カメラに手ブレなどの振動が加わることが多く、カメラが小型化すると、このような振動が大きくなる傾向にある。この結果、光学レンズのズーム位置に拘わらず常に手ブレ補正量を大きくする必要がある。

【0004】

上述のような問題に対して、手ブレ補正量を考慮して歪曲収差を補正する技術が知られている。

【0005】

例えば、カメラのブレ量を角度センサ又は加速度センサで検出するか又は画像フレーム間のマッチング演算によって動きベクトルを検出して当該動きベクトルに応じてカメラのブレ量を検出する手法がある。そして、このようにして検出されたブレ量についてその逆ベクトルをとって着目画素の座標移動量、つまり、ブレ補正量とする（特許文献1参照）。

30

【0006】

そして、特許文献1においては、光学系の歪曲収差特性に基づいて得られた歪曲収差補正量とブレ補正量とを加算し、手ブレ補正と歪曲収差補正とを同時に行うようにしている。

【0007】

さらに、歪曲収差補正を行う前にブレ補正を行って、幾何変形に起因して手ブレ方向に生じる歪みを防止するようにしたものがある（特許文献2参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2006-186884号公報

【特許文献2】特開2006-211334号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところが、特許文献1に記載のように、角度センサ又は加速度センサを用いてカメラの

50

ブレ量を検出すると、センサ自体の誤差および積分演算による誤差などが不可避免的に生じる結果、精度よくブレ補正量を求めることが難しい。また、動きベクトルを検出してカメラのブレ量を得ようとする、被写体の動きを分離する際の精度、そして、ノイズの影響による誤差があり、同様に精度よくブレ補正量を求めることが難しい。

【0010】

また、特許文献2では、ブレ補正量の誤差および歪曲収差補正によって生じる画素間隔の変化を考慮しておらず、ブレ補正および歪曲収差補正の際にそれぞれ求められた補正量に基づいて補正を行っている、画像に部分的にブレが残留してしまう。その結果、画質が劣化してしまうことになる。

【0011】

本発明の目的は、ブレ補正および歪曲収差補正を精度よく行って画質が劣化することのない画像処理装置、その制御方法、および制御プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の目的を達成するため、本発明による画像処理装置は、光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置であって、前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出手段と、前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出手段と、前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量に応じて変更し第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更手段と、前記歪曲収差補正量に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正手段と、前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正手段とを有することを特徴とする。

【0013】

本発明による制御方法は、光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置の制御方法であって、前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出ステップと、前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出ステップと、前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量に応じて変更し第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更ステップと、前記歪曲収差補正量に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正ステップと、前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正ステップとを有することを特徴とする。

【0014】

本発明による制御プログラムは、光学系を備える撮像装置で撮像された画像について、前記光学系に起因する歪曲収差と撮像の際に前記撮像装置に生じたブレによる前記画像のブレ歪みとを補正処理する画像処理装置で用いられる制御プログラムであって、前記画像処理装置が備えるコンピュータに、前記歪曲収差を補正するための補正量を算出して、歪曲収差補正量を得る歪曲収差補正量算出ステップと、前記ブレ歪みを補正するための補正量を算出して、第1のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量算出ステップと、前記第1のブレ歪み補正量を、前記歪曲収差補正量に応じて変更し第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更ステップと、前記歪曲収差補正量に応じて前記画像の歪曲収差を補正する歪曲補正ステップと、前記第2のブレ歪み補正量に応じて前記画像のブレ歪みを補正するブレ歪み補正ステップとを実行させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、ブレ補正および歪曲収差補正を精度よく行って画質を良好に維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図 1】図 1 は本発明の第 1 の実施形態による画像処理装置が備えられた撮像装置についてその構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示す T G で生成される水平同期信号および垂直同期信号の一例を示す図である。

【図 3】図 1 に示す画素座標生成部の一例についてその構成を示すブロック図である。

【図 4】図 3 に示す H カウンタおよび V カウンタが出力する水平カウンタ値および垂直カウンタ値を説明するための図である。

【図 5】光学系に起因して生じる歪曲収差を説明するための図であり、(a) は歪曲収差補正量と像高との関係の一例を示す図、(b) は歪曲収差補正の際のマイコンの演算処理を示す図、(c) は歪曲収差補正の際の歪曲補正量算出部の演算処理を示す図である。

10

【図 6】図 1 に示す歪曲補正量算出部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 7】図 1 に示す手ブレ補正量算出部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 8】図 1 に示す適用率制御部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 9】図 8 に示すゲイン発生器から出力されるゲイン調整値の一例を示す図である。

【図 10】位相ずれの補正を説明するための図であり、(a) は着目画素が本来あるべき位相を示す図、(b) は仮想画素の生成を示す図、(c) は歪曲収差の補正を示す図である。

【図 11】図 1 に示す歪曲補正部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 12】図 11 に示す補間制御回路およびで行われる処理を説明するための図であり、(a) ~ (c) は補間係数を示す図である。

20

【図 13】図 11 に示すバッファメモリから読み出される参照画素の一例を示す図である。

【図 14】図 11 に示す水平補間回路の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 15】図 11 に示す垂直補間回路の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 16】本発明の第 2 の実施形態によるカメラで用いられる適用率制御部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 17】本発明の第 2 の実施形態によるカメラで用いられる手ブレ補正量算出部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 18】図 17 に示すカットオフ算出器のカットオフ周波数特性の一例を示す図である

30

【図 19】本発明の第 3 の実施形態による画像処理装置を備える撮像装置の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 20】図 12 で説明した補間関数によって得られる周波数特性を説明するための図であり、(a) ~ (c) はそれぞれ図 12 (a) ~ 12 (c) に対応する図である。

【図 21】図 19 に示す補正特性制御部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 22】図 21 に示す第 1 ~ 第 6 の係数関数器の入出力特性を説明するための図であり、(a) は第 1 および第 4 の係数関数器の入出力特性を示す図、(b) は第 2 および第 5 の係数関数器の入出力特性を示す図、(c) は第 3 および第 6 の係数関数の入出力特性を示す図である。

40

【図 23】図 19 に示す歪曲補正部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 24】本発明の第 4 の実施形態による画像処理装置が用いられた撮像装置の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 25】図 24 に示す特徴抽出部において勾配検出を行う場合の構成の一例を示すブロック図である。

【図 26】図 24 に示す特徴抽出部において高周波成分の検出を行う場合の構成の一例を示すブロック図である。

【図 27】図 24 に示す適用率制御部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図 28】図 27 に示すゲイン発生器で生成されたゲイン調整値を説明するための図であ

50

り、(a)は特徴評価値が第1の値である場合のゲイン調整値 g の生成を示す図、(b)は特徴評価値が第2の値である場合のゲイン調整値の生成を示す図、(c)は特徴評価値が第3の値である場合のゲイン調整値 g の生成を示す図である。

【図29】本発明の第5の実施形態によるカメラで用いられる手ブレ補正量算出部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【図30】図29に示すカットオフ算出器のカットオフ周波数特性を説明するための図であり、(a)は特徴評価値が第1の値である場合のカットオフ周波数特性を示す図、(b)は特徴評価値が第2の値である場合のカットオフ周波数特性を示す図、(c)は特徴評価値が第3の値である場合のカットオフ周波数特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0017】

以下、本発明の実施の形態による画像処理装置の一例について図面を参照して説明する。

【0018】

[第1の実施形態]

図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置が備えられた撮像装置についてその構成を示すブロック図である。

【0019】

図示の撮像装置（以下単にカメラと呼ぶ）はレンズユニット1を有しており、レンズユニット1は、例えば、ズームレンズ、フォーカスレンズ、およびシフトレンズを備えている。レンズユニット（光学部材：以下単にレンズと呼ぶ）1を介して撮像素子2に光学像が結像する。

20

【0020】

撮像素子2は光学像に応じた電気信号（アナログ映像信号）を出力する。そして、アナログ映像信号はアナログフロントエンド（以下AFEという）3においてデジタル映像信号（カメラ信号）に変換される。

【0021】

デジタル映像信号はカメラ信号処理部4に入力される。カメラ信号処理部4はデジタル映像信号に対して色分離、ホワイトバランス、輪郭補償、ガンマ処理、および色変換マトリクスなどのカメラ信号処理を行って、メモリ5に輝度色差信号（以下YCC信号と呼ぶ）YCrCbを格納する。

30

【0022】

メモリ5に格納されたYCC信号YCrCbはメモリ制御部13によって読み出され、歪曲補正部6に入力される。

【0023】

歪曲補正部6は、YCC信号YCrCbに対して、後述する座標補正信号 S_x および S_y を画素毎に順次適用し、レンズユニット1で生じる歪曲収差を補正する。そして、歪曲補正部6は歪曲収差補正が行われたYCC信号 $Y'Cr'b'$ を出力する。

【0024】

ここで、歪曲収差補正信号 D_x および D_y の生成に関与するマイコン7、タイミングジェネレータ（以下TGという）15、画素座標生成部16、光学補正データベース17、および歪曲補正量算出部18について説明する。

40

【0025】

ビデオカメラなどのカメラの光学系における光学パラメータは撮影の際の様々な要因により常に制御され変動している。これら要因には、例えば、ズーミング操作、被写体の移動、撮影対象の変更、周囲の明るさの環境変化、および撮影者の意図する撮影効果などがある。そして、光学パラメータは、例えば、焦点距離およびフォーカス位置に代表される。なお、以下の説明では、光学パラメータとは焦点距離およびフォーカス位置をいうものとする。

【0026】

50

マイコン7は焦点距離およびフォーカス位置を制御するための駆動パルス位置CLを出力して、レンズユニット1のアクチュエータ14を駆動する。TG15は、マイコン7の制御下で、撮像素子2の駆動仕様に応じて水平同期信号HDおよび垂直同期信号VDを出力する。また、AFE3は駆動波形信号を生成して撮像素子2に入力する。

【0027】

図2は、図1に示すTG15で生成される水平同期信号HDおよび垂直同期信号VDの一例を示す図である。

【0028】

水平同期信号HDは撮像素子2が出力するアナログ映像信号の1ライン期間を示しており、垂直同期信号VDは、アナログ映像信号の1フレーム期間を示している。水平同期信号HDおよび垂直同期信号VDは、マイコン7から出力される光軸中心位置情報CxおよびCyとともに画素座標生成部16に入力される。

10

【0029】

図3は、図1に示す画素座標生成部16の一例についてその構成を示すブロック図である。

【0030】

画素座標生成部16は、水平同期(H)カウンタ161、垂直同期(V)カウンタ162、および極座標変換回路163を備えている。Hカウンタ161は水平同期信号HDの立ち下りでリセットされる。Vカウンタ162は垂直同期信号VDの立ち下がりでリセットされる。そして、Hカウンタ161およびVカウンタ162はそれぞれ水平カウンタ値Xtおよび垂直カウンタ値Ytを出力する。

20

【0031】

図4は、図3に示すHカウンタ161およびVカウンタ162が出力する水平カウンタ値Xtおよび垂直カウンタ値Ytを説明するための図である。

【0032】

図4に示すように、水平カウンタ値Xtは撮像素子2の走査方向に沿った水平軸を規定し、垂直カウンタ値Ytは走査方向に直交する垂直軸を規定する。つまり、水平カウンタ値Xtおよび垂直カウンタ値Ytによって二次元の直交座標系が規定される。なお、光軸中心位置情報CxおよびCyはレンズユニット1の光軸中心位置cがこの直交座標系においていずれの位置にあるかを示している。

30

【0033】

ここで、撮像素子2における着目画素tに係る水平カウンタ値Xtおよび垂直カウンタ値Ytから、光軸中心位置cを原点とする極座標系における極座標(Rt, θt)は、次の式(1)および(2)で示される。

【0034】

【数1】

$$R_t = \sqrt{(X_t - C_x)^2 + (Y_t - C_y)^2} \quad (1)$$

$$\theta_t = \text{atan}\left(\frac{Y_t - C_y}{X_t - C_x}\right) \quad (2)$$

40

【0035】

そして、極座標変換回路163は上記の式(1)および(2)を用いて極座標(Rt, θt)を出力する。

【0036】

なお、平方根演算は、二分法又は開平法などの周知の手法を有限語長精度で表現することによってハードウェアにおいても行うことができる。また、atan演算は高次関数近似又はXY比を所定の値域に区間分割した区分低次関数近似によってハードウェアにおいても行うことができる。

50

【0037】

ところで、光学系に起因して生じる歪曲収差は、像高に応じて変動することが知られている。

【0038】

図5は、光学系に起因して生じる歪曲収差を説明するための図である。そして、図5（a）は歪曲収差補正量と像高との関係の一例を示す図であり、図5（b）は歪曲収差補正の際のマイコン7の演算処理を示す図である。また、図5（c）は歪曲収差補正の際の歪曲補正量算出部の演算処理を示す図である。

【0039】

図5（a）に示すように、歪曲収差補正量は光軸中心からの距離である像高に対する関数で表される。レンズユニット1に駆動パルス位置CLを出力する際、マイコン7は光学補正データベース17にアクセスして、歪曲補正量算出部18に補正量プロットデータセットCmを出力する。

10

【0040】

この光学補正データベース17は、光学パラメータに対する歪曲補正特性情報を記憶するためのフラッシュメモリなどの記憶装置である。光学補正データベース17に記憶された歪曲補正特性情報は、例えば、所定の像高における歪曲収差補正量を直接示すプロットデータである。

【0041】

なお、歪曲補正特性情報として、補正量特性を近似した関数の係数項を光学補正データベース17に記憶するようにしてもよい。また、光学補正データベース17の容量については、カメラが許容するメモリ容量および光学系の特性変化量の傾向に応じて情報量を予め決定しておけばよいが、メモリ容量は有限であるため、光学補正データベース17には歪曲補正特性情報が離散的に保存される。

20

【0042】

このため、光学補正データベース17に歪曲補正特性情報が存在しない光学パラメータおよび像高については補間によって歪曲補正特性情報を生成することになる。

【0043】

さらに、光学パラメータの制御単位時間はアナログ映像信号の更新を示す垂直同期信号VDの1周期（1フレーム期間）であるので、マイコン7が光学補正処理で用いる処理時間は当然に有限である。従って、マイコン7は、1フレーム期間中にデータ処理可能な有限個の補正量プロットデータを、現在の光学パラメータの近傍で複数セット取得することになる。

30

【0044】

例えば、マイコン7は、光学補正データベース17に格納された光学補正特性情報のうち現在の光学パラメータ近傍の2つ光学パラメータOaおよびObを選択する。光学補正データベース17には、光学パラメータOaに対応する光学補正プロットデータcfa1～cfa4と光学パラメータObに対応する光学補正プロットデータcfb1～cfb4が格納されている。

【0045】

マイコン7は、像高に対応する2個の補正量プロットデータの補間処理を、現在の光学パラメータと光学パラメータOaおよびObとの乖離度に応じて重み付けして行って、4個の補正プロットデータcm1～cm4を算出する（図5（b）参照）。そして、マイコン7は補正プロットデータcm1～cm4を補正量プロットデータセットCmとして出力する。

40

【0046】

図6は、図1に示す歪曲補正量算出部18の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0047】

歪曲補正量算出部18は、関数係数算出回路181、補正值算出回路182、XYベク

50

トル係数算出回路 183、および乗算器 184 および 185 を備えている。現在の着目画素の極座標 (R_t , θ_t) および補正プロットデータセット $C_{m1} \sim C_{m4}$ が関数係数算出回路 181 に入力される。

【0048】

ここでは、図 4 に示す着目画素 t の極座標 (R_t , θ_t) が歪曲補正量算出部 18 に入力された場合について説明する。

【0049】

関数係数算出回路 181 は、現在の着目画素の極座標値 R_t が属するプロット区間を求め (図 5 (c) において黒線区間)、プロット区間に対応する近似関数の係数 a 、 b 、および c を出力する。

10

【0050】

上記の処理におけるプロット区間は、式 (3) で示す 2 次関数で近似される。

【0051】

【数 2】

$$Z_t = aR_t^2 + bR_t + c \quad (3)$$

【0052】

なお、式 (3) に示す 2 次関数の代わりに、1 次関数 (折れ線近似) 又は 3 次以上の高次の関数を用いるようにしてもよい。

20

【0053】

補正值算出回路 182 は、式 (3) を用いて現在の着目画素 t の極座標値 R_t から補正量 Z_t を算出する。補正量 Z_t は、極座標系において θ_t 方向にみた場合の補正量を示しているが、後述するように、歪曲補正部 6 では水平および垂直に従属的に補間処理を行うことになる。

【0054】

このため、歪曲補正量算出部 18 は補正量 Z_t を水平垂直方向 (XY 方向と呼ぶ) にベクトル分解することになる。

【0055】

XY ベクトル係数算出回路 183 は、着目画素 t の極座標 (R_t , θ_t) から、補正量 Z_t を XY 方向にベクトル分解するためのベクトル係数 V_x および V_y を、次の式 (4) および (5) を用いて求める。

30

【0056】

【数 3】

$$V_x = \cos \theta \quad (4)$$

$$V_y = \sin \theta \quad (5)$$

【0057】

なお、 $\cos \theta$ および $\sin \theta$ に係る演算は、高次関数近似又は極座標値 θ を所定の値域に区間分割した区分低次関数近似によって、ハードウェアにおいても行うことができる。

40

【0058】

ベクトル係数 V_x およびそれぞれ乗算器 185 および 184 に与えられる。そして、乗算器 185 および 184 はそれぞれベクトル係数 V_x および V_y に補正量 Z_t を乗算して、 XY 方向の補正量 D_x および D_y を出力する (式 (6) および (7))。

【0059】

【数 4】

$$D_x = Zt \times V_x \quad (6)$$

$$D_y = Zt \times V_y \quad (7)$$

【0060】

上述のようにして求められたXY方向の歪曲補正量 D_x および D_y は、YCC信号YCrCbに共通であり、水平および垂直方向の位相ズレ成分として分離された位相ズレ量である。

【0061】

なお、図示の例では、光学補正データベース17には、光学補正量を直接示すプロットデータを記憶するようにしたが、前述のように、補正特性を近似した関数の係数項を記憶するようにしてもよい。この場合には、補正量プロットデータは近似関数の次数に置き換わる。

【0062】

続いて、手ブレ補正信号 G_y および G_p の生成に関与するマイコン7、ジャイロセンサ（以下単にジャイロと呼ぶ）8および9、手ブレ補正量算出部10、適用率制御部11、およびシフトレンズについて説明する。

【0063】

図1に示すジャイロ8および9は、たとえば、角速度センサであり、カメラ筐体（図示せず）の内部にYAW（横）方向およびPITCH（縦）方向における手ブレが検出できるように配置される。

【0064】

ジャイロ8および9には水晶振動子（図示せず）などで生成されたクロックが入力され、ジャイロ8および9はクロック周波数でサンプリングされた角速度をそれぞれ電圧値 V_y および V_p として出力する。

【0065】

図7は、図1に示す手ブレ補正量算出部10の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0066】

手ブレ補正量算出部10は、A/D変換器101、減算器102、ハイパスフィルタ（HPF）103、積分器104、および角度画素変換器105を有している。なお、ジャイロ出力 V_y および V_p に対する処理は同様であるので、ここでは、ジャイロ出力 V_y の処理について説明する。

【0067】

ジャイロ8から出力されたジャイロ出力 V_y はA/D変換器101でデジタル値に変換されて、減算器102に入力される。ここでは、オフセット誤差除去のため、マイコン7から減算器102にオフセット値ofsが与えられる。そして、減算器102はデジタル値からオフセット値ofsを減算してオフセット誤差除去信号 V_y' を出力する。

【0068】

HPF103には、マイコン7からカットオフ周波数制御値fcが与えられる。HPF103はカットオフ周波数制御値fcに応じてその通過域を調整し、オフセット誤差除去信号 V_y' から不要な低周波成分を除去してハイパス信号 H_y を出力する。

【0069】

積分器104はハイパス信号 H_y を逐次積分してジャイロ出力である角速度を角度に変換して、角度信号 A_y を出力する。角度画素変換器105にはマイコン7から現在の焦点距離FLと撮像素子2のセルピッチpとが与えられる。角度画素変換器105は、次の式（8）に応じて手ブレの単位を角度から画素に変換した後、その符号を反転して手ブレ補正信号（第1のブレ歪み補正量） P_y （ P_p ）を出力する。

【0070】

10

20

30

40

50

【数 5】

$$P_y = -\frac{FL \cdot \tan(A_y)}{p} \quad (8)$$

【0071】

図8は、図1に示す適用率制御部11の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0072】

適用率制御部11は、ゲイン発生器110、ゲイン調整器111、および遅延素子112を有している。なお、手ブレ補正信号 P_y および歪曲収差補正信号 D_x と手ブレ補正信号 P_p および歪曲収差補正信号 D_y に係る処理は同様であるので、ここでは、手ブレ補正信号 P_y および歪曲収差補正信号 D_x に係る処理について説明する。

【0073】

ゲイン発生器110には、マイコン7からゲイン調整値 f_g および歪曲収差補正信号 D_x が与えられる。そして、ゲイン発生器110はゲイン調整値 f_g および歪曲収差補正信号 D_x に応じてゲイン調整値 g を出力する。

【0074】

図9は、図8に示すゲイン発生器110から出力されるゲイン調整値 g の一例を示す図である。図9に示すように、ゲイン調整値 g は、歪曲収差補正信号 D_x に応じて変化する。

【0075】

手ブレ補正信号 P_y はゲイン調整器111に入力される。ゲイン調整器111の出力は遅延素子112に与えられ、遅延素子112はジャイロ8および9に供給される1クロック分ゲイン調整器111の出力を遅延して遅延信号 P_y' をゲイン調整器111に与える。

【0076】

ゲイン調整器111は、ゲイン調整値 g に応じて、式(9)で示すように手ブレ補正信号 P_y と遅延信号 P_y' とを混合して、手ブレ補正信号 G_y (G_p)を出力する。

【0077】

【数 6】

$$G_y = (1-g) \cdot P_y + g \cdot P_y' \quad (9)$$

【0078】

式(9)から容易に理解できるように、ゲイン調整値 g が大きい程、現時点算出された手ブレ補正信号 P_y および P_p の適用率が低下し、手ブレ補正が時間方向に緩やかに適用される。従って、手ブレ補正の効果は相対的に低下することになる。一方、ゲイン調整値 g が小さい程、手ブレ補正が時間方向に急峻に適用される。よって、手ブレ補正の効果は相対的に向上することになる。

【0079】

歪曲収差補正信号 D_x が正に大きい程、歪みは所謂樽型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて外側に引き伸ばされる、このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちやすくなる。一方、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程、歪みは所謂糸巻き型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて内側に押し縮められる。このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちにくくなる。

【0080】

ゲイン発生器110は上記の特性に合わせて、歪曲収差補正信号 D_x が正に大きい程ゲイン調整値 g を小さくし、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程ゲイン調整値 g を大きくする。

10

20

30

40

50

【0081】

このように、ゲイン調整値 g を制御すると、歪曲収差補正によって画像が引き伸ばされる領域では手ブレ補正の効果が相対的に向上し、手ブレ補正の残留成分を抑圧することができる。

【0082】

シフトレンズを用いて手ブレ補正を行う場合には、手ブレ補正信号 G_y および G_p はシフトレンズ駆動用アクチュエータ 12 に供給される。これによって、結像位置が所定の位置となるようにシフトレンズが駆動され（移動制御されて）、手ブレ補正が行われる。一方、メモリ 5 を用いて電子防振を行う際には、補正特性制御部 19 に手ブレ補正信号 G_y および G_p が供給される。

10

【0083】

ここで、歪曲収差補正に関与する補正特性制御部 19 および歪曲補正部 6 について説明する。

【0084】

歪曲収差補正を行う場合、歪曲補正值（量）は着目画素の位置における歪み量を、水平および垂直方向の位相ズレ成分として分離した位相ズレ量である。

【0085】

図 10 は位相ずれの補正を説明するための図である。そして、図 10 (a) は着目画素が本来あるべき位相を示す図であり、図 10 (b) は仮想画素の生成を示す図である。また、図 10 (c) は歪曲収差の補正を示す図である。なお、以下の説明では、説明の便宜上、補間演算を着目画素の近傍 4 画素で行う場合について説明する。

20

【0086】

図 10 (a) において、黒画素は着目画素 S が本来あるべき位相を示しており、グレー画素は着目画素 S が倍率色収差および歪曲収差の影響で、位相ズレして撮像された位置を示す仮想画素 S' を示す。

【0087】

歪曲収差を補正する際、水平方向に H_p および垂直方向に V_p 位相がずれた仮想画素 S' を求めて、着目画素 S の位置に再配置すればよい。図 10 (b) に示すように、仮想画素 S' はその近傍に存在する実際に撮像した画素 s_1 、 s_2 、 s_3 、および s_4 を用いて、画素 s_1 、 s_2 、 s_3 、および s_4 と仮想画素 S' との画素間距離 c_1 、 c_2 、 c_3 、および c_4 で重み付け補間演算することによって生成することができる。図 10 (c) に示すように、生成された仮想画素 S' は着目画素 S の位置に置き換えられ、これによって、歪曲収差が補正される。

30

【0088】

図 11 は、図 1 に示す歪曲補正部 6 の構成についてその一例を示すブロック図である。なお、図示の例では、図 10 で説明した処理について、着目画素の近傍 64 画素の補間演算を行う例が示されている。

【0089】

歪曲補正部 6 は、補間制御回路 601 および 602、バッファメモリ 603、および補間回路 604～612 を有している。歪曲補正部 6 は YCC 信号に関して独立に構成されるが、いずれも同様の回路構成であるので、図 11 ではその 1 つの回路について説明をする。

40

【0090】

座標補正信号 S_x および S_y はそれぞれ補間制御回路 601 および 602 に入力され、補間制御回路 601 および 602 はそれぞれ座標補正信号 S_x および S_y に応じて整数の位相ズレ成分 H_p および V_p として出力する。

【0091】

図 12 は、図 11 に示す補間制御回路 601 および 602 で行われる処理を説明するための図である。そして、図 12 (a)～図 12 (c) は補間係数を示す図である。

【0092】

50

補間制御回路601および602はそれぞれ座標補正信号 S_x および S_y の小数の位相ズレ成分を、 $\sin c$ 関数に窓関数を重畳した有限な補間関数によって定まる補間係数 $c_{h0} \sim c_{h7}$ および $c_{v0} \sim c_{v7}$ として出力する（図12（a）参照）。

【0093】

バッファメモリ603は、メモリ5から読み出されたYCC信号を水平および垂直方向に複数画素に亘って記憶している。

【0094】

図13は図11に示すバッファメモリ603から読み出される参照画素の一例を示す図である。

【0095】

図13において、バッファメモリ603では着目画素 S から H_p および V_p だけずれたアドレスを中心として、仮想画素 S' 近傍の参照画素 $s_{00} \sim s_{77}$ が同時に読み出される。

【0096】

なお、図13において、左右の画素位置0～7、上下の画素位置0～7を組み合わせたものが、仮想画素 S' 近傍の64画素を示す画素番号（ s_{00} など）である。

【0097】

バッファメモリ603から出力された参照画素 $s_{00} \sim s_{77}$ は、ライン毎に設けられた水平補間回路604～611に入力される。さらに、水平補間回路604～611には各参照画素に対応した補間係数 $c_{h0} \sim c_{h7}$ が入力される。そして、水平補間回路604～611はそれぞれ水平方向に補間処理した参照画素 $s_{0'} \sim s_{7'}$ を出力する。

【0098】

水平補間回路604～611から出力された参照画素 $s_{0'} \sim s_{7'}$ は、垂直補間回路612に入力される。さらに、垂直補間回路612には各参照画素に対応した補間係数 $c_{v0} \sim c_{v7}$ が入力される。そして、垂直補間回路612は垂直方向に補間処理した仮想画素 S' を出力する。なお、水平補間回路604～611の各々は同一の構成である。

【0099】

図14は、図11に示す水平補間回路604～611の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0100】

水平補間回路604～611の構成は同一であるので、ここでは水平補間回路604に注目して説明する。

【0101】

水平補間回路604は乗算器6041～6048と総和回路6049とを有している。参照画素 $s_{00} \sim s_{07}$ はそれぞれ乗算器6041～6048に入力される。乗算器6041～6048はそれぞれ参照画素 $s_{00} \sim s_{07}$ と補間係数 $c_{h0} \sim c_{h7}$ とを乗算して、第1～第8の水平乗算値を出力する。総和回路6049は第1～第8の水平乗算値の総和を求めて、水平方向の補間処理を施した参照画素 $s_{0'}$ を出力する。

【0102】

図15は、図11に示す垂直補間回路612の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0103】

垂直補間回路612は乗算器6121～6128と総和回路6129とを有している。乗算器6121～6128にはそれぞれ参照画素 $s_{0'} \sim s_{7'}$ が入力される。乗算器6121～6128はそれぞれ参照画素 $s_{0'} \sim s_{7'}$ と補間係数 $c_{v0} \sim c_{v7}$ とを乗算して第1～第8の垂直乗算値を出力する。総和回路6129は第1～第8の垂直乗算値の総和を求めて、垂直方向の補間処理を施した仮想画素 S' を出力する。

【0104】

このようにして水平および垂直方向の補間処理を行った結果、仮想画素 S' は次の式（10）で表される。

10

20

30

40

50

【0105】

【数7】

$$S' = \sum_{j=0}^7 s v_j \cdot \left(\sum_{k=0}^7 s h_k \cdot s_{jk} \right) \quad (10)$$

【0106】

補正特性制御部19は、手ブレ補正信号G_yおよびG_pと歪曲収差補正信号D_xおよびD_yを加算して、それぞれ式(11)および式(12)で示す座標補正信号S_xおよびS_yを求める。

10

【0107】

【数8】

$$S_x = G_y + D_x \quad (11)$$

$$S_y = G_p + D_y \quad (12)$$

【0108】

そして、補正特性制御部19は座標補正信号S_xおよびS_yの整数部S_{x i}およびS_{y i}を、メモリ制御部13に対してメモリ5の読み出し開始アドレスとして指示する。また、補正特性制御部19はその小数部S_{x d}、S_{y d}を歪曲補正部6に補間位相として指示する。

20

【0109】

このようにして、歪曲補正量D_xおよびD_yの変化に応じて手ブレ補正信号G_yおよびG_pを制御するようにしたので、歪曲補正による画質変化に応じた手ブレ補正を行うことができる。

【0110】

[第2の実施形態]

続いて、本発明の第2の実施形態による画像処理装置を備える撮像装置について説明する。なお、第2の実施形態による撮像装置(カメラ)の構成は図1に示すカメラと同様である。

30

【0111】

第2の実施形態においては、適用率制御部11および手ブレ補正量算出部10における制御および処理が第1の実施形態と異なるので、ここでは、適用率制御部11および手ブレ補正量算出部10についてのみ説明する。

【0112】

図16は、本発明の第2の実施形態によるカメラで用いられる適用率制御部11の構成についてその一例を示すブロック図である。なお、手ブレ補正信号P_yおよびP_pに係る処理は同であるので、ここでは手ブレ補正信号P_yの処理について説明する。

【0113】

40

適用率制御部11はゲイン調整器111および遅延素子112を有している。マイコン7からゲイン調整値f_gがゲイン発生器110に入力される。さらに、手ブレ補正信号P_yがゲイン調整器111に入力される。

【0114】

ゲイン調整器111の出力は遅延素子112に与えられ、遅延素子112はジャイロ8および9に供給される1クロック分ゲイン調整器111の出力を遅延して遅延信号P_y'をゲイン調整器111に与える。

【0115】

ゲイン調整器111は、ゲイン調整値f_gに応じて、式(13)で示すように手ブレ補正信号P_yと遅延信号P_y'とを混合して、手ブレ補正信号G_y(G_p)を出力する。

50

【0116】

【数9】

$$G_y = (1 - f_g) \cdot P_y + f_g \cdot P_y' \quad (13)$$

【0117】

図17は、本発明の第2の実施形態によるカメラで用いられる手ブレ補正量算出部10の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0118】

図示の手ブレ補正量算出部10は、A/D変換器101、減算器102、HPF103、積分器104、および角度画素変換器105に加えて、カットオフ算出器106を有している。

10

【0119】

なお、ジャイロ出力 V_y および歪曲収差補正信号 D_x とジャイロ出力 V_p および歪曲収差補正信号 D_y に係る処理は同一であるので、ここでは、ジャイロ出力 V_y および歪曲収差補正信号 D_x に係る処理について説明する。

【0120】

図7で説明したように、減算器102からオフセット誤差除去信号 V_y' がHPF103に与えられる。

【0121】

20

図18は、図17に示すカットオフ算出器106のカットオフ周波数特性の一例を示す図である。

【0122】

カットオフ算出器106には、マイコン7からカットオフ周波数制御値 f_c が与えられるとともに、歪曲収差補正信号 D_x が入力される。カットオフ算出器106は、図18に示す特性で、カットオフ周波数制御値 f_c および歪曲収差補正信号 D_x に応じてカットオフ周波数 f_c' を出力する。

【0123】

HPF103は、カットオフ算出器106から供給されるカットオフ周波数制御値 f_c' に応じて、不要な低周波成分を除去したハイパス信号 H_y を出力する。その後、図7で説明したようにして、積分器104および角度画素変換器105によって、式(8)で説明した手ブレ補正信号 P_y (P_p)が出力される。

30

【0124】

ここでは、カットオフ周波数制御値 f_c' が高い程、手ブレの周波数帯域が高周波寄りに狭くなる。このため、大きな手ブレ成分が分布する低周波がカットされて、手ブレ補正の効果は相対的に低下する。

【0125】

一方、カットオフ周波数制御値 f_c' が低い場合には、低周波を含む広い手ブレ周波数帯域を検波することができる。よって、手ブレ補正の効果は相対的に向上することになる。

40

【0126】

前述したように、歪曲収差補正信号 D_x が正に大きいほど歪みは樽型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて外側に引き伸ばされる。このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちやすくなる。

【0127】

一方、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程歪みは糸巻き型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて内側に押し縮められる。このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちにくくなる。

【0128】

カットオフ算出器106は、この特性に応じて歪曲収差補正信号 D_x が正に大きい程カ

50

ットオフ周波数制御値 f_c' を低くする。一方、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程、カットオフ算出器 106 はカットオフ周波数制御値 f_c' を高くする。

【0129】

このように、カットオフ周波数制御値 f_c' を制御すると、歪曲収差補正によって画像が引き伸ばされる領域では、手ブレ補正の効果が相対的に向上して、手ブレ補正の残留成分を抑圧することができる。

【0130】

なお、第1の実施形態で説明した適用率制御部11による制御と第2の実施形態の手ブレ補正量算出部10の処理とを併用するようにしてもよい。

【0131】

歪曲収差補正量 D_x および D_y に応じた制御を手ブレ補正量算出部10で行う際には、HPF103のカットオフ周波数 f_c を下げすぎると、パン又はチルトのようなカメラワークに対する積分演算が行われてしまい、積分器がオーバーフローすることがある。

【0132】

このため、例えば、カットオフ周波数 f_c の下限にリミットを設定して、リミット以降については適用率制御部11のゲイン調整値 g を制御するようにする。また、カットオフ周波数 f_c を下げる特性よりもゲイン調整値 g を下げる特性を急にするように制御するようにしてもよい。

【0133】

このように、本発明の第2の実施形態では、カメラワークに対する手ブレ補正制御を損なうことなく、歪曲収差補正によって画像が引き伸ばされる領域では、手ブレ補正の効果を相対的に向上させて、手ブレ補正の残留成分を抑圧することができる。

【0134】

[第3の実施形態]

次に、本発明の第3の実施形態による画像処理装置を備える撮像装置（カメラ）の一例について説明する。

【0135】

図19は、本発明の第3の実施形態による画像処理装置を備える撮像装置の構成についてその一例を示すブロック図である。なお、図19において、図1に示す構成要素と同一の構成要素については同一の参照番号を付す。

【0136】

前述の第1の実施形態においては、適用率制御部11を歪曲補正量に応じて制御したが、第3の実施形態では、適用率制御部11で求められる手ブレ補正量に応じて補正特性制御部19を制御する。

【0137】

その他の処理については第1の実施形態と同様であるので、ここでは、適用率制御部11、補正特性制御部19、および歪曲補正部6について説明する。

【0138】

なお、適用率制御部11については、図16の構成同様であるので、ここでは説明を省略する。

【0139】

後述する歪曲補正部6は、B i - C u b i c 補間のように sinc 関数に窓関数を重畳した有限な補間関数によって定まる補間係数 C_j を、原画素（参照画素） P_j に乗算して補間画素位置 Q を得る（式（14）参照）。

【0140】

【数10】

$$Q = \sum_{j=0}^{n-1} C_j \cdot P_j \quad (14)$$

10

20

30

40

50

【0141】

つまり、歪曲補正部6は、補間画素位置Qの近傍n個（nは2以上の整数）の画素を参照して、補間関数で決まる補間係数 C_j を参照画素 P_j に乗ずるフィルタ処理を施すことになる。

【0142】

前述したように、図12には8点補間の補間関数の時間特性が示されており、時間0で示される補間位相に対して、前後の画素に対応する補間係数 $c_0 \sim c_7$ を補間関数に従って得ている。

【0143】

図20は、図12で説明した補間関数によって得られる周波数特性を説明するための図である。そして、図20(a)～図20(c)はそれぞれ図12(a)～12(c)に対応する図である。

10

【0144】

いま、図12(a)に示すように窓関数を広くすると、図20(a)に示すように、カットオフ周波数であるナイキスト周波数近傍の周波数応答特性は急峻となる。そして、図12(b)～図12(c)に示すように窓関数を狭くすると、図20(b)～図20(c)に示すように、ナイキスト周波数近傍の周波数応答特性は徐々に緩やかとなって、通過帯域の応答も低下することになる。

【0145】

図21は、図19に示す補正特性制御部19の構成についてその一例を示すブロック図である。

20

【0146】

補正特性制御部19は、第1～第6の係数関数器191～196を有している。手ブレ補正信号 G_y は係数関数器191～193に入力され、係数関数器191、192、および193（周波数特性変更手段）はそれぞれ補間関数の周波数特性を変更するための抑圧係数 I_{tHa} 、 I_{tHb} 、および I_{tHc} を出力する。

【0147】

抑圧係数 I_{tHa} 、 I_{tHb} 、および I_{tHc} は、対応する補間係数 c_{hj} が式(15)～式(18)で示すように定まっており、図12に示すように、外側の補間係数が順次ゼロになるように設定される。

30

【0148】

【数11】

$$ch'_j = ch_j \quad (j = 3, 4) \quad (15)$$

$$ch'_j = ch_j \cdot I_{tHa} \quad (j = 2, 5) \quad (16)$$

$$ch'_j = ch_j \cdot I_{tHb} \quad (j = 1, 6) \quad (17)$$

$$ch'_j = ch_j \cdot I_{tHc} \quad (j = 0, 7) \quad (18)$$

40

【0149】

補正量 G_p は係数関数器194～196に入力され、係数関数器194、195、および196は、それぞれ補間関数の周波数特性を変更するための抑圧係数 I_{tVa} 、 I_{tVb} 、および I_{tVc} を出力する。

【0150】

抑圧係数 I_{tVa} 、 I_{tVb} 、および I_{tVc} は、対応する補間係数 c_{vj} が次の式(19)～式(22)で示すように定まっており、図12に示すように、外側の補間係数が順次ゼロになるように設定される。

【0151】

【数 1 2】

$$cv'_j = cv_j \quad (j = 3, 4) \quad (19)$$

$$cv'_j = cv_j \cdot ItVa \quad (j = 2, 5) \quad (20)$$

$$cv'_j = cv_j \cdot ItVb \quad (j = 1, 6) \quad (21)$$

$$cv'_j = cv_j \cdot ItVc \quad (j = 0, 7) \quad (22)$$

10

【0 1 5 2】

図 2 2 は、図 2 1 に示す係数関数器 1 9 1 ～ 1 9 6 の入出力特性を説明するための図である。そして、図 2 2 (a) は係数関数器 1 9 1 および 1 9 4 の入出力特性を示す図であり、図 2 2 (b) は係数関数器 1 9 2 および 1 9 5 の入出力特性を示す図である。また、図 2 2 (c) は係数関数器 1 9 3 および 1 9 6 の入出力特性を示す図である。

【0 1 5 3】

図 2 2 (a) において、係数関数器 1 9 1 および 1 9 4 は、それぞれ外部から設定される閾値 th_a および傾き $grad_a$ に応じて、抑圧係数 $ItHa$ および $ItVa$ を決定する。

【0 1 5 4】

図 2 2 (b) において、係数関数器 1 9 2 および 1 9 5 は、それぞれ外部から設定される閾値 th_b および傾き $grad_b$ に応じて、抑圧係数 $ItHb$ および $ItVb$ を決定する。

20

【0 1 5 5】

図 2 2 (c) において、係数関数器 1 9 3 および 1 9 6 は、それぞれ外部から設定される閾値 th_c および傾き $grad_c$ に応じて抑圧係数 $ItHc$ および $ItVc$ を決定する。

【0 1 5 6】

図 1 2 に示すような遷移を滑らかに実現するためには、式 (2 3) を満たし、かつかつ各関数の x 切片が式 (2 4) を満たす必要がある。

30

【0 1 5 7】

【数 1 3】

$$th_c \leq th_b \leq th_a \quad (23)$$

$$itc_c \leq itc_b \leq itc_a \quad (24)$$

【0 1 5 8】

図 2 3 は、図 1 9 に示す歪曲補正部の構成についてその一例を示すブロック図である。

【0 1 5 9】

図 2 3 に示す歪曲補正部 6 において、第 1 および第 2 の実施形態で説明した歪曲補正部 6 と異なる点は、補間係数 $ch0 \sim ch7$ および $cv0 \sim cv7$ に抑圧係数 $ItHa$ 、 $ItHb$ 、 $ItHc$ 、 $ItVa$ 、 $ItVb$ 、および $ItVc$ が乗算されることである。

40

【0 1 6 0】

補間制御回路 6 0 1 および 6 0 2 はそれぞれ図 2 0 (a) ～ 図 2 0 (c) で説明した小数の水平および垂直位相ズレ成分を補間係数 $ch0 \sim ch7$ および $cv0 \sim cv7$ として出力する。この際、補間係数 $ch0 \sim ch7$ にはそれぞれ抑圧係数 $ItHa$ 、 $ItHb$ 、および $ItHc$ が乗算され、 $cv0 \sim cv7$ にはそれぞれ抑圧係数 $ItVa$ 、 $ItVb$ 、および $ItVc$ が乗算される。

【0 1 6 1】

50

バッファメモリ603は、メモリ5から読み出されたYCC信号を水平および垂直方向に複数画素に亘って保持する。そして、前述の図13で説明したように、着目画素位置SからHpおよびVpだけずれたアドレスを中心に仮想画素S'の近傍の参照画素s00～s77がバッファメモリ603から同時に読み出される。

【0162】

バッファメモリ603から出力された参照画素s00～s77は、ライン毎に設けられた水平補間回路604～611に入力される。また、水平補間回路604～611には各参照画素に対応した補間係数ch0～ch7が入力される。そして、水平補間回路604～611はそれぞれ水平方向に補間処理した参照画素s0'～s7'を出力する。

【0163】

水平補間回路604～611から出力された参照画素s0'～s7'は垂直補間回路612に入力される。さらに、垂直補間回路612には各参照画素に対応した補間係数cv0～cv7が入力され、垂直補間回路612は垂直方向に補間処理した仮想画素S'を出力する。

【0164】

なお、水平補間回路604～611の各々構成は、前述の図14に示すとおりである。また、垂直補間回路612の構成は、前述の図15に示すとおりである。

【0165】

このようにして水平および垂直方向の補間処理を行った結果、仮想画素S'は前述の式(10)で表される。

【0166】

上述の説明から容易に理解できるように、手ブレ補正量が大きい程手ブレ補正量算出誤差は大きくなるので、歪曲収差補正量が大きい画像領域では手ブレ補正の誤差成分が変動する。

【0167】

従って、抑圧係数ItHa、ItHb、ItHc、ItVa、ItVb、およびItVcは、手ブレ補正量が大きくなるにつれて、前述のように抑制係数ItHa、ItHb、およびItHcと抑制係数ItVa、ItVb、およびItVcの順で抑圧係数がゼロになるように制御する。

【0168】

抑圧係数をItHa、ItHb、ItHcおよびItVa、ItVb、ItVcの順に小さくすると、補間フィルタの周波数特性が緩やかになって、画像の高周波成分が減衰する。このため、手ブレ補正量算出誤差が目立ちにくくなる。

【0169】

その結果、手ブレ補正量の変動によって手ブレ補正量算出誤差に起因する手ブレ補正の安定度が変化してしまうことを防止することができる。

【0170】

上述の説明では、抑圧係数ItHa、ItHb、ItHc、ItVa、ItVb、およびItVcの制御によって、歪曲収差補正による補正画像の周波数特性を制御したが、例えば、LPFの通過帯域又は輪郭補償フィルタの補償ゲインによって制御するようにしてもよい。

【0171】

[第4の実施形態]

続いて、本発明の第4の実施形態による画像処理装置が用いられた撮像装置（カメラ）の一例について説明する。

【0172】

図24は、本発明の第4の実施形態による画像処理装置が用いられた撮像装置の構成についてその一例を示すブロック図である。なお、図24において、図1に示す構成要素と同一の構成要素については同一の参照番号を付す。

【0173】

10

20

30

40

50

前述の第１の実施形態においては、適用率制御部１１を歪曲補正量に応じて制御したが、第４の実施形態では、さらに画像の特徴量を抽出する特徴抽出部２０によって適用率制御部１１を制御する。

【０１７４】

その他の処理については第１の実施形態と同様であるので、ここでは、適用率制御部１１および特徴抽出部２０について説明する。

【０１７５】

なお、適用率制御部１１については、図１６の構成と同様であるので、ここでは説明を省略する。

【０１７６】

図示の特徴抽出部２０は、輝度信号Ｙから勾配の検出を行う機能および高周波成分の検出を行う機能の少なくとも一つを有している。そして、特徴抽出部２０は特徴評価値Ｉｄを出力する。

【０１７７】

ここで、特徴抽出部２０が輝度信号Ｙから勾配の検出を行う場合について説明する。

【０１７８】

図２５は、図２４に示す特徴抽出部２０において勾配検出を行う場合の構成の一例を示すブロック図である。

【０１７９】

特徴抽出部２０は勾配検出回路１５１および平均値回路１５２を有している。勾配検出回路１５１は、例えば、ソーベルフイルタであり、輝度信号Ｙの近傍画素から着目画素位置における勾配量（１次微分値）Ｙｇを出力する。

【０１８０】

勾配量Ｙｇは平均値回路１５２に入力され、平均値回路１５２は勾配量Ｙｇを着目画素近傍で平均して画素単位で生じる変動を緩和し、特徴評価値Ｉｄとして出力する。

【０１８１】

図２６は、図２４に示す特徴抽出部２０において高周波成分の検出を行う場合の構成の一例を示すブロック図である。

【０１８２】

特徴抽出部２０は、高周波成分検出回路１５３および平均値回路１５２を有している。高周波成分検出回路１５３は、例えば、ＢＰＦ（バンドパスフィルタ）であり、輝度信号Ｙの近傍画素から着目画素位置における高周波成分（２次微分値）Ｙｈを出力する。

【０１８３】

高周波成分Ｙｈは平均値回路１５２に入力され、平均値回路１５２は高周波成分Ｙｈを着目画素近傍で平均して画素単位で生じる変動を緩和し、特徴評価値Ｉｄとして出力する。

【０１８４】

図２７は、図２４に示す適用率制御部１１の構成についてその一例を示すブロック図である。

【０１８５】

適用率制御部１１は、ゲイン発生器１１０、ゲイン調整器１１１、および遅延素子１１２を有している。なお、手ブレ補正信号Ｐｙおよび歪曲収差補正信号Ｄｘと手ブレ補正信号Ｐｐおよび歪曲収差補正信号Ｄｙとに関する処理は同様であるので、ここでは、手ブレ補正信号Ｐｙおよび歪曲収差補正信号Ｄｘに関する処理について説明する。

【０１８６】

ゲイン発生器１１０には、マイコン７からゲイン調整値ｆｇが与えられるとともに、歪曲収差補正信号Ｄｘが与えられる。さらに、ゲイン発生器１１０には特徴評価値Ｉｄが入力される。

【０１８７】

図２８は、図２７に示すゲイン発生器１１０で生成されたゲイン調整値ｇを説明するた

10

20

30

40

50

めの図である。そして、図 28 (a) は特徴評価値 I_d が第 1 の値 I_{d0} である場合のゲイン調整値 g の生成を示す図であり、図 28 (b) は特徴評価値 I_d が第 2 の値 I_{d1} である場合のゲイン調整値 g の生成を示す図である。また、図 28 (c) は特徴評価値 I_d が第 3 の値 I_{d2} である場合のゲイン調整値 g の生成を示す図である。

【0188】

ここで、第 1 の値 I_{d0} 、第 2 の値 I_{d1} 、および第 3 の値 I_{d2} には、式 (25) で示す関係がある。

【0189】

【数 14】

$$Id_0 \leq Id_1 \leq Id_2 \quad (25)$$

10

【0190】

式 (25) および図 28 においては、特徴評価値 I_d が大きくなるにつれて被写体にはステップエッジおよびテクスチャが多く含まれることを意味している。

【0191】

手ブレ補正による残留成分は被写体がステップエッジおよびテクスチャを多く含む場合に顕著に観察されるが、少ない場合には残留成分は目立たない。

【0192】

従って、特徴評価値 I_d が小さい場合には、ゲイン発生器 110 はゲイン調整値 g を大きくする。一方、特徴評価値 I_d が大きい場合には、ゲイン発生器 110 はゲイン調整値 g を小さくする。

20

【0193】

手ブレ補正信号 P_y はゲイン調整器 111 に入力される。ゲイン調整器 111 の出力は遅延素子 112 に与えられ、遅延素子 112 はジャイロ 8 および 9 に供給される 1 クロック分ゲイン調整器 111 の出力を遅延して遅延信号 P_y' をゲイン調整器 111 に与える。

【0194】

ゲイン調整器 111 は、ゲイン調整値 g に応じて、前述の式 (9) によって手ブレ補正信号 P_y と遅延信号 P_y' とを混合して、手ブレ補正信号 G_y (G_p) を出力する。

30

【0195】

前述のように、ゲイン調整値 g が大きい程、現時点で算出された手ブレ補正量信号 G_y および G_p の適用率が低下し、手ブレ補正が時間方向に緩やかに適用される。従って、手ブレ補正の効果は相対的に低下する。一方、ゲイン調整値 g が小さい程、手ブレ補正が時間方向に急峻に適用される。よって、手ブレ補正の効果は相対的に向上する。

【0196】

歪曲収差補正信号 D_x が正に大きい程歪みは樽型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて外側に引き伸ばされる、このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちやすくなる。一方、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程歪みは糸巻き型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて内側に押し縮められる。このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちにくくなる。

40

【0197】

ゲイン発生器 110 は上記の特性に合わせて、歪曲収差補正信号 D_x が正に大きい程ゲイン調整値 g を小さくし、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程ゲイン調整値 g を大きくする。

【0198】

このように、歪曲補正量 D_x および D_y の変化と被写体のステップエッジおよびテクスチャの量とに合わせて手ブレ補正信号 G_y および G_p を制御すると、歪曲補正による画質変化に応じた手ブレ補正を行うことができる。

【0199】

50

〔第５の実施形態〕

続いて、本発明の第５の実施形態による画像処理装置が用いられた撮像装置（カメラ）の一例について説明する。

【０２００】

なお、第５の実施形態によるカメラの構成は図２４に示すカメラの構成と同様であるが、第５の実施形態では手ブレ補正量算出部１０の処理が第４の実施形態とは異なる。従って、ここでは、手ブレ補正量算出部１０について説明する。

【０２０１】

図２９は、本発明の第５の実施形態によるカメラで用いられる手ブレ補正量算出部１０の構成についてその一例を示すブロック図である。

10

【０２０２】

図示の手ブレ補正量算出部１０は、Ａ／Ｄ変換器１０１、減算器１０２、ＨＰＦ１０３、積分器１０４、および角度画素変換器１０５に加えて、カットオフ算出器１０６を有している。

【０２０３】

なお、ジャイロ出力 V_y および歪曲収差補正信号 D_x とジャイロ出力 V_p および歪曲収差補正信号 D_y に係る処理は同一であるので、ここでは、ジャイロ出力 V_y および歪曲収差補正信号 D_x に係る処理について説明する。

【０２０４】

また、図２９に示す手ブレ補正量算出部１０は、カットオフ算出器１０６が図１７に示す手ブレ補正量算出部１０と異なるだけであるので、ここではカットオフ算出器１０６について説明する。

20

【０２０５】

カットオフ算出器１０６には、マイコン７からカットオフ周波数制御値 f_c が与えられるとともに、前述の歪曲収差補正信号 D_x および特徴評価値 I_d が与えられる。

【０２０６】

図３０は、図２９に示すカットオフ算出器１０６のカットオフ周波数特性を説明するための図である。そして、図３０（ａ）は特徴評価値 I_d が第１の値 I_{d0} である場合のカットオフ周波数特性を示す図であり、図３０（ｂ）は特徴評価値 I_d が第２の値 I_{d1} である場合のカットオフ周波数特性を示す図である。また、図３０（ｃ）は特徴評価値 I_d が第３の値 I_{d2} である場合のカットオフ周波数特性を示す図である。

30

【０２０７】

ここで、第１の値 I_{d0} 、第２の値 I_{d1} 、および第３の値 I_{d2} には、前述の式（２５）で示す関係がある。

【０２０８】

手ブレ補正による残留成分は被写体がステップエッジおよびテクスチャを多く含む場合に顕著に観察されるが、少ない場合には残留成分は目立たない。

【０２０９】

従って、特徴評価値 I_d が小さい場合には、カットオフ算出器１０６はカットオフ周波数制御値 f_c' を高くする。一方、特徴評価値 I_d が大きい場合には、カットオフ算出器１０６はカットオフ周波数制御値 f_c' を低くする。そして、カットオフ算出器１０６はカットオフ周波数制御値 f_c および歪曲収差補正信号 D_x に応じてカットオフ周波数 f_c' を出力する。

40

【０２１０】

図７で説明したように、減算器１０２からオフセット誤差除去信号 V_y' がＨＰＦ１０３に与えられる。

【０２１１】

ＨＰＦ１０３は、カットオフ算出器１０６から供給されるカットオフ周波数制御値 f_c' に応じて、不要な低周波成分を除去したハイパス信号 H_y を出力する。その後、図７で説明したようにして、積分器１０４および角度画素変換器１０５によって、式（８）で説

50

明した手ブレ補正信号 P_y (P_p) が出力される。

【0212】

ここでは、カットオフ周波数制御値 f_c' が高い程、手ブレの周波数帯域が高周波寄りに狭くなる。このため、大きな手ブレ成分が分布する低周波がカットされて、手ブレ補正の効果は相対的に低下する。

【0213】

一方、カットオフ周波数制御値 f_c' が低い場合には、低周波を含む広い手ブレ周波数帯域を検波することができる。よって、手ブレ補正の効果は相対的に向上することになる。

【0214】

前述したように、歪曲収差補正信号 D_x が正に大きいほど歪みは樽型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて外側に引き伸ばされる。このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちやすくなる。

【0215】

一方、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程歪みは糸巻き型であり、補正の結果得られる画像は光軸中心からみて内側に押し縮められる。このため、手ブレ補正の残留成分が目立ちにくくなる。

【0216】

カットオフ算出器 106 は、この特性に応じて歪曲収差補正信号 D_x が正に大きい程カットオフ周波数制御値 f_c' を低くする。一方、歪曲収差補正量 D_x が負に大きい程、カットオフ算出器 106 はカットオフ周波数制御値 f_c' を高くする。

【0217】

このようにして、歪曲補正量 D_x および D_y の変化と被写体のステップエッジおよびテクスチャの量に応じて手ブレ補正信号 G_y および G_p を制御すれば、歪曲補正による画質変化に応じて手ブレ補正を行うことができる。

【0218】

なお、上述の第4の実施形態で説明した適用率制御部 11 に係る制御と第2の実施形態で説明した手ブレ補正量算出部 10 に係る制御とを併用するようにしてもよい。

【0219】

歪曲収差補正量 D_x および D_y に応じた制御を手ブレ補正量算出部 10で行う際には、HPF 103 のカットオフ周波数 f_c を下げすぎると、パンおよびチルトのようなカメラワークに応じた積分演算が行われてしまう。この結果、積分器 104 がオーバーフローしてしまうことがある。

【0220】

よって、カットオフ周波数 f_c の下限にリミットを設定して、リミット以降については適用率制御部 11 のゲイン調整値 g を制御するようにすればよい。または、カットオフ周波数 f_c を下げる特性よりもゲイン調整値 g を下げる特性が急峻となるように制御すればよい。さらには、上記の制御を特徴評価値 I_d に応じて行うようにしてもよい。

【0221】

このようにして、本発明の第5の実施形態では、カメラワークに応じた手ブレ補正制御を損なうことなく、歪曲収差補正によって画像が引き伸ばされる領域では、手ブレ補正の効果を相対的に向上させて、手ブレ補正の残留成分を抑圧することができる。

【0222】

以上のように、本発明の実施の形態によれば、手ブレなどのブレ補正と光学系に対する歪曲収差補正を関連づけて制御するようにしたので、補正効果と画質のバランスを良好に維持することができる。

【0223】

上述の説明から明らかなように、図1に示す例においては、マイコン7、画素座標生成部 16、および歪曲補正量算出部 18 が歪曲収差補正量算出手段として機能する。また、マイコン7、ジャイロ8および9、および手ブレ補正量算出部 10 がブレ歪み補正量算出

10

20

30

40

50

手段として機能する。さらに、マイコン7、歪曲補正部6、適用率制御部11、および補正特性制御部19が第2のブレ歪み補正量を得るブレ歪み補正量変更手段、歪曲補正手段、およびブレ歪み補正手段として機能する。

【0224】

図1に示す例では、メモリ5、歪曲補正部6、マイコン7、手ブレ補正量算出部10、適用率制御部11、メモリ制御部13、TG15、画素座標生成部16、光学補正データベース17、歪曲補正量算出部18、および補正特性制御部19などが画像処理装置を構成する。

【0225】

以上、本発明について実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の様々な形態も本発明に含まれる。

10

【0226】

例えば、上記の実施の形態の機能を制御方法として、この制御方法を画像処理装置に実行させるようにすればよい。また、上述の実施の形態の機能を有するプログラムを制御プログラムとして、当該制御プログラムを画像処理装置が備えるコンピュータに実行させるようにしてもよい。なお、制御プログラムは、例えば、コンピュータに読み取り可能な記録媒体に記録される。

【0227】

上記の制御方法および制御プログラムの各々は、少なくとも歪曲収差補正量算出ステップ、ブレ歪み補正量算出ステップ、ブレ歪み補正量変更ステップ、歪曲補正特性制御ステップ、歪曲補正ステップ、およびブレ歪み補正ステップを有している。

20

【0228】

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。つまり、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種の記録媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPUなど）がプログラムを読み出して実行する処理である。

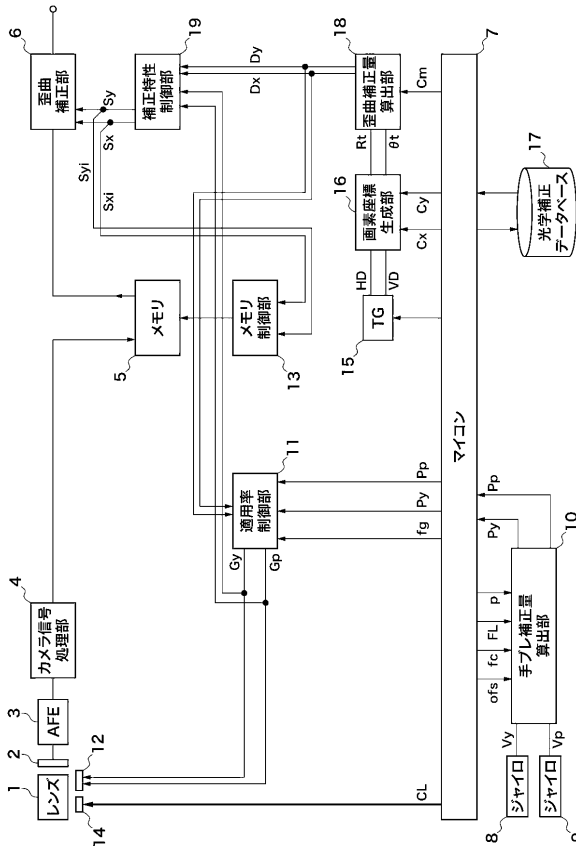
【符号の説明】

【0229】

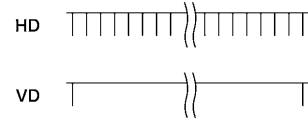
- 1 レンズユニット
- 2 撮像素子
- 4 カメラ信号処理部
- 6 歪曲補正部
- 7 マイコン
- 8, 9 ジャイロ
- 10 手ブレ補正量算出部
- 11 適用率制御部
- 18 歪曲補正量算出部
- 19 補正特性制御部

30

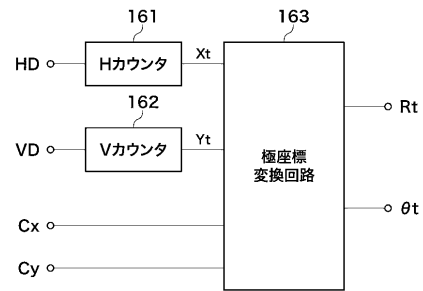
【図 1】



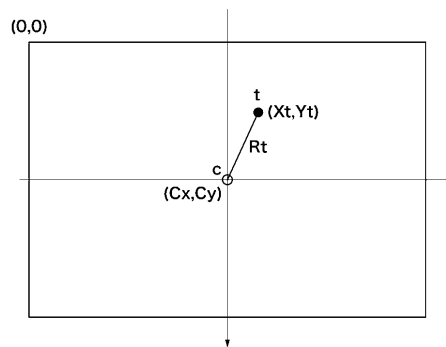
【図 2】



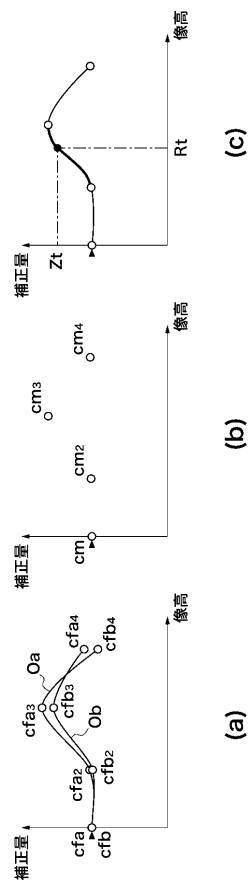
【図 3】



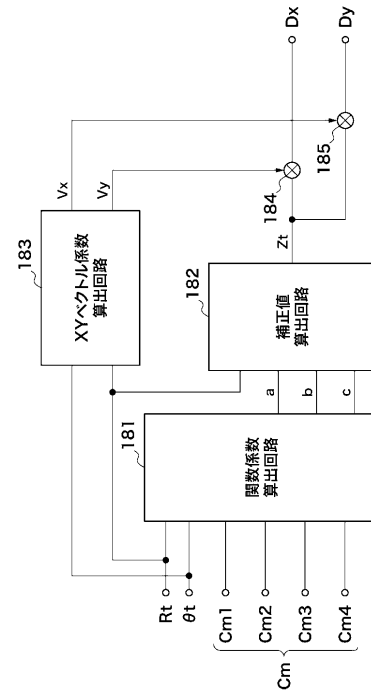
【図 4】



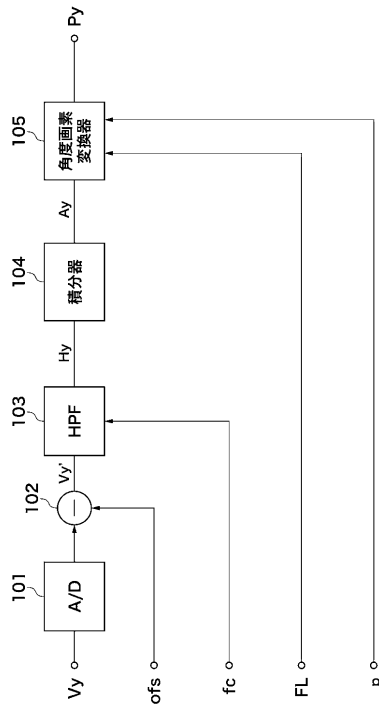
【図 5】



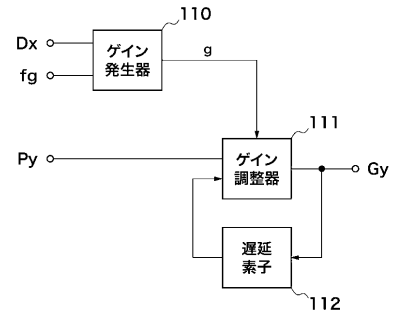
【図 6】



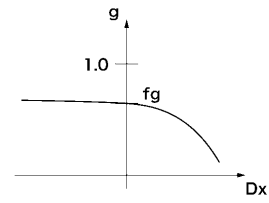
【図 7】



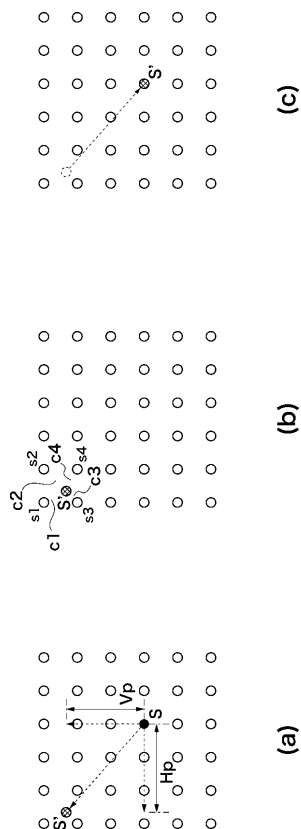
【図 8】



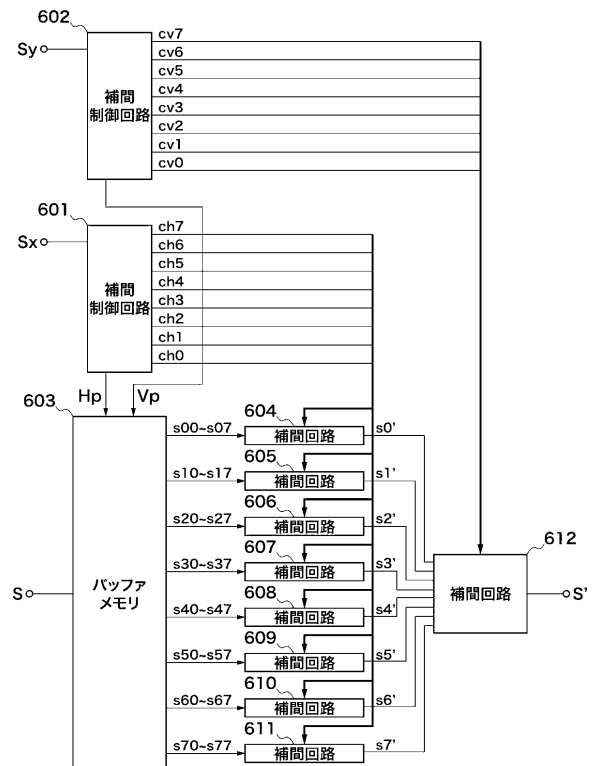
【図 9】



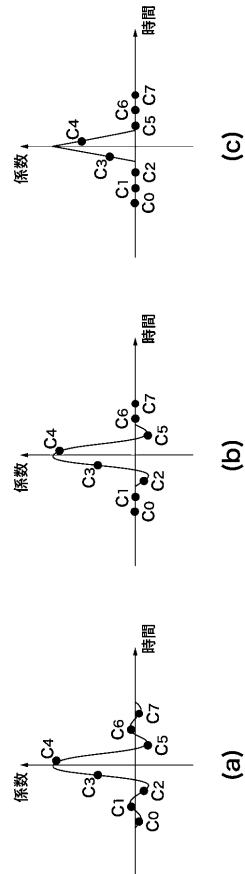
【図 10】



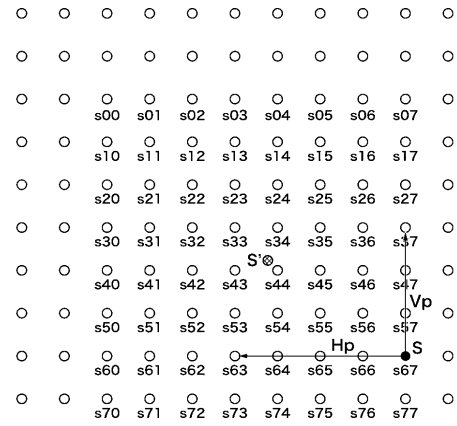
【図 11】



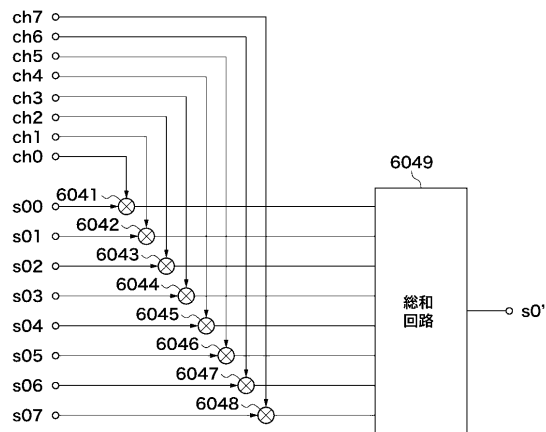
【図 1 2】



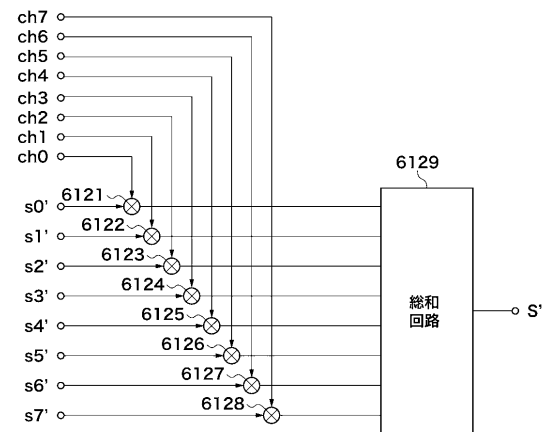
【図 1 3】



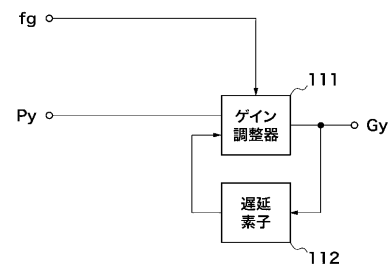
【図 1 4】



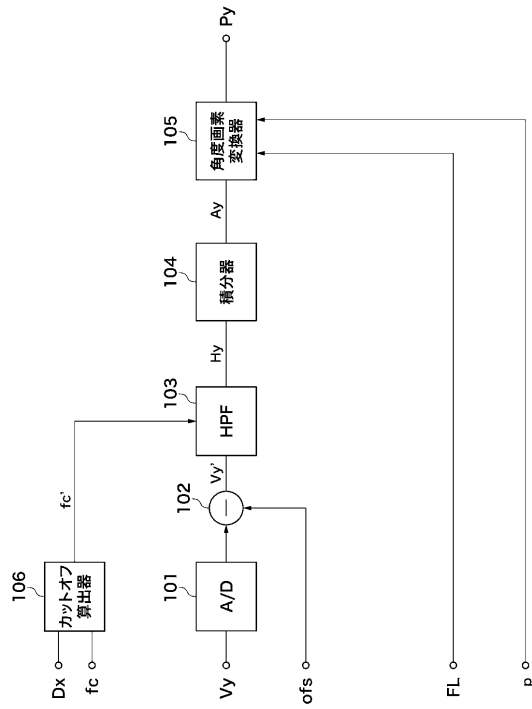
【図 1 5】



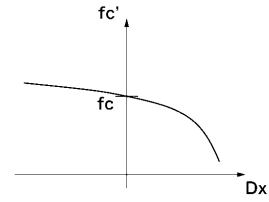
【図 1 6】



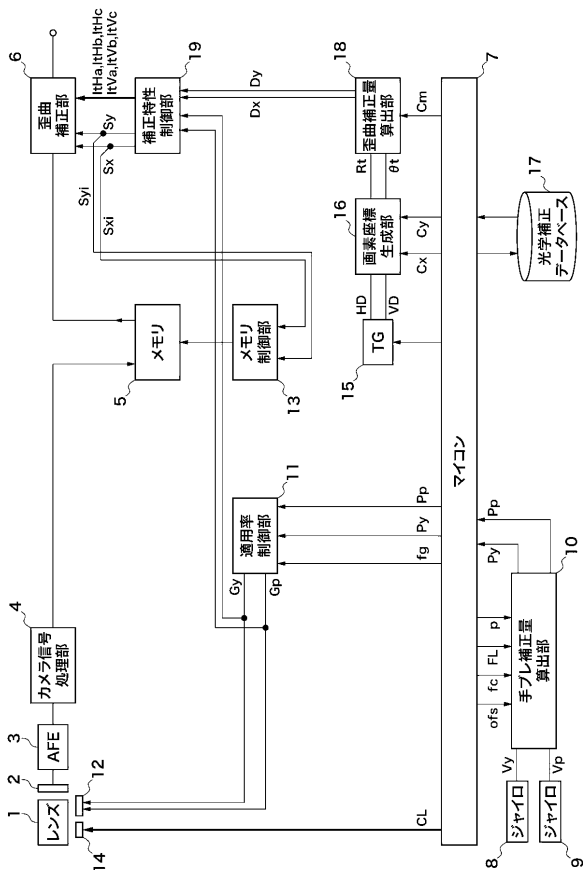
【図 17】



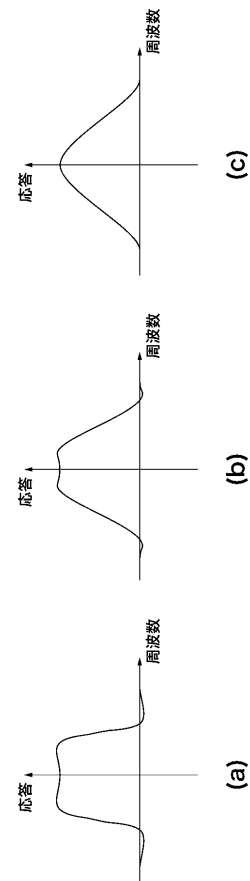
【図 18】



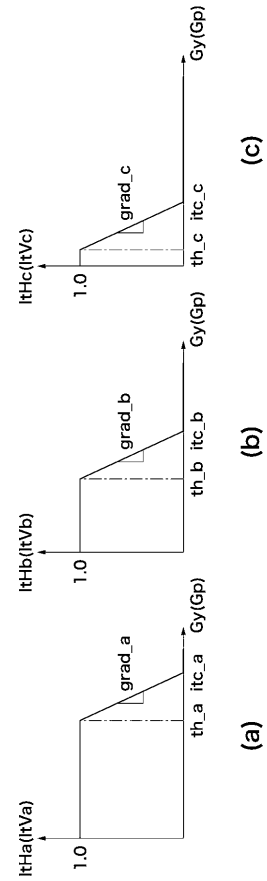
【図 19】



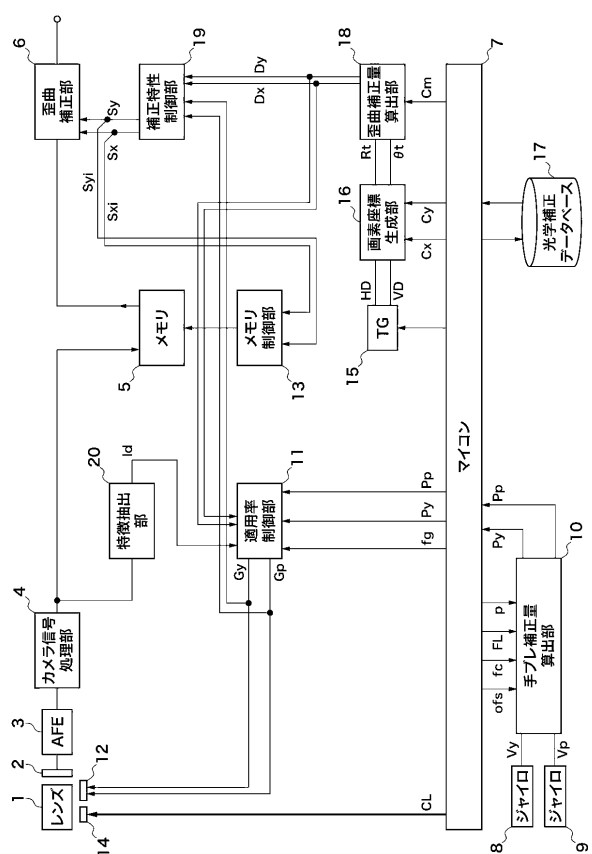
【図 20】



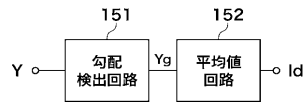
【図 2 2】



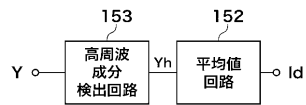
【図 2 4】



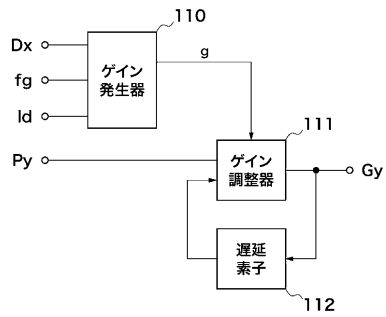
【图 28】



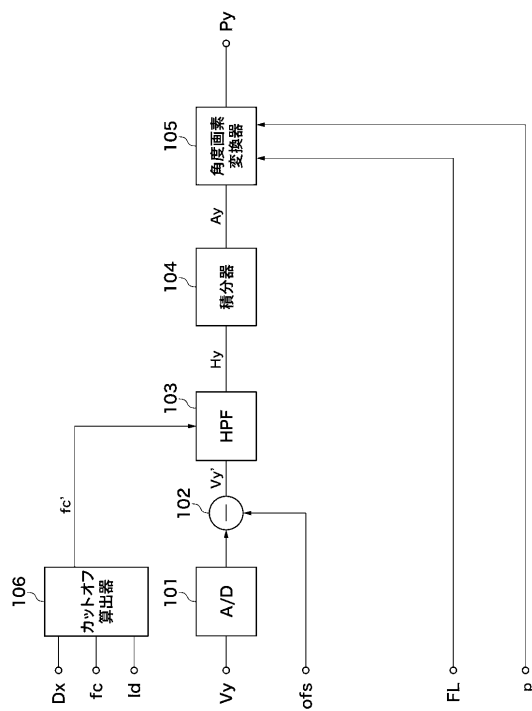
【图 2 6】



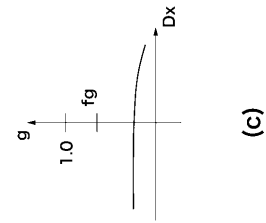
【图 2 7】



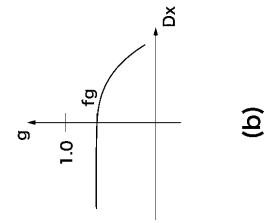
【図 29】



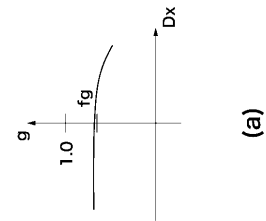
【図 30】



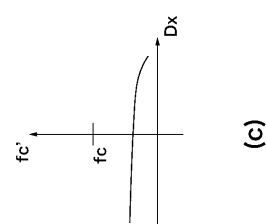
(c)



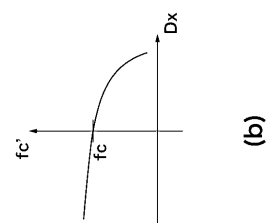
(b)



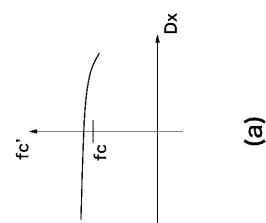
(a)



(c)



(b)



(a)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-130383 (JP, A)
特開2012-103741 (JP, A)
特開2012-147499 (JP, A)
特開2005-303933 (JP, A)
特開2011-065097 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 5/222~257
G06T 3/00