

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6525800号
(P6525800)

(45) 発行日 令和1年6月5日 (2019. 6. 5)

(24) 登録日 令和1年5月17日 (2019. 5. 17)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 B 5 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1)

G O 3 B 5 / 0 0 J

H O 4 N 5 / 2 2 5 (2 0 0 6 . 0 1)

H O 4 N 5 / 2 2 5 9 0 0

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-155113 (P2015-155113)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年8月5日 (2015. 8. 5)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-32908 (P2017-32908A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年2月9日 (2017. 2. 9)	(74) 代理人	100114775
審査請求日	平成30年7月4日 (2018. 7. 4)		弁理士 高岡 亮一
		(74) 代理人	100121511
			弁理士 小田 直
		(72) 発明者	竹内 謙司
			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	井 亀 諭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 像振れ補正装置およびその制御方法、撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

像振れ補正手段により画像の像振れを補正する像振れ補正装置であって、
撮像装置の振れを示す検出信号を取得する第1の取得手段と、
画像信号から検出される動きベクトルを取得する第2の取得手段と、
前記検出信号から像振れ補正の補正値を算出する算出手段と、
前記検出信号を用いて、前記像振れ補正の補正値に対する補償値を算出するフィルタ手
段と、
前記検出信号および前記動きベクトルにより前記フィルタ手段の伝達特性を調整する調
整手段と、
前記補正値および補償値にしたがって前記像振れ補正手段を制御する制御手段と、を備
え、
前記算出手段は、前記像振れ補正手段の目標位置と位置情報から前記補正値を算出し、
前記制御手段は、前記補正値に対してフィードフォワード入力としての前記補償値を加
算した値にしたがって前記像振れ補正手段を制御する、
ことを特徴とする像振れ補正装置。

【請求項 2】

前記調整手段は、前記フィルタ手段のフィルタ係数値を変更することにより前記伝達特
性の調整を行う、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の像振れ補正装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の像振れ補正装置を備える撮像装置であって、
被写体を撮像する撮像手段と、
前記撮像装置の振れに基づき前記検出信号を出力する検出手段と、
を備え、
前記画像信号は、前記撮像手段により取得される、
ことを特徴とする撮像装置。

【請求項 4】

前記検出手段は、角速度センサおよび加速度センサを含む、
ことを特徴とする請求項 3 に記載の撮像装置。

10

【請求項 5】

前記角速度センサは、前記撮像装置の振れの角速度を検出する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記加速度センサは、前記撮像装置の振れの加速度を検出する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記調整手段は、前記撮像手段による露光が開始する前まで調整を行い、露光中には前記露光が開始する前の前記フィルタ手段のフィルタ係数値を保持する、
ことを特徴とする請求項 3 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 8】

前記撮像装置の振れの角速度から、前記像振れ補正手段の移動速度を減算して速度を演算する演算手段をさらに備え、
前記調整手段は、前記演算手段の演算した速度が第 1 の閾値以上であって、かつ第 2 の閾値よりも小さい場合に調整を行う、
ことを特徴とする請求項 3 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 9】

前記調整手段は、撮像光学系の焦点距離の変更が行われている場合、または前記演算手段の演算した速度が前記第 2 の閾値以上である場合、前記フィルタ手段の伝達特性をあらかじめ設定された特性に調整する、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の撮像装置。

30

【請求項 10】

設定された振れ条件下で前記フィルタ手段を適応させたときのフィルタ係数値を記憶する記憶手段をさらに備え、
前記調整手段は、前記記憶手段から取得した前記フィルタ係数値により前記フィルタ手段の伝達特性をあらかじめ設定された特性に調整する、
ことを特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置。

【請求項 11】

前記撮像装置の電源が遮断される際に前記フィルタ手段に設定されているフィルタ係数値を記憶する記憶手段をさらに備え、
前記調整手段は、前記撮像装置に電源が再び供給された際、前記記憶手段から取得した前記フィルタ係数値により前記フィルタの伝達特性を調整する、
ことを特徴とする請求項 3 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

40

【請求項 12】

像振れ補正手段により画像の像振れを補正する像振れ補正装置により実行される制御方法であって、
撮像装置の振れを示す検出信号を取得する第 1 の取得工程と、
画像信号から検出される動きベクトルを取得する第 2 の取得工程と、
前記検出信号から像振れ補正の補正値を算出する算出工程と、
前記検出信号を用いて、前記像振れ補正の補正値に対する補償値をフィルタ手段により

50

算出するフィルタ工程と、

前記検出信号および前記動きベクトルにより前記フィルタ手段の伝達特性を調整する調整工程と、

前記補正值および補償値にしたがって前記像振れ補正手段を制御する制御工程と、を備え、

前記算出工程では、前記像振れ補正手段の目標位置と位置情報から前記補正值を算出し、

前記制御工程では、前記補正值に対してフィードフォワード入力としての前記補償値を加算した値にしたがって前記像振れ補正手段を制御する、

ことを特徴とする像振れ補正装置の制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、装置に加わる振れの検出情報と、画像信号から算出される動きベクトルを用いた像振れ補正制御に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像装置において、手振れ等の振れによる画像への影響は、小型化や光学系の高倍率化に伴って顕著となるため、像振れ補正機能を備えた撮像装置が提案されている。像振れ補正機能は、撮像装置の振れに起因する画像の像振れを補正する機能である。像振れ補正精度を向上させるための技術として、振れを検出する振れ検出センサに加えて、複数の画像間のずれから検出される動きベクトルの検出処理を併用する方法がある。特許文献1に開示された装置では、動きベクトル情報を用いて振れ検出センサの出力ゲインを変更することで、振れ検出センサによる実際の振れ量との検出ずれを補正し、像振れ補正効果を高めることができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-203861号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら特許文献1の技術では、振れ検出センサの出力ゲインを変更するのみであり、実際の振れ量に対する振れ検出センサの出力ゲインずれ（感度ずれ）を補正しているにすぎない。振れ検出センサの出力ゲインずれの他に、像振れ補正精度を低下させる要因は、下記のとおりである。

- ・振れ検出センサの出力の、実際の振れに対する位相のずれ。
- ・振れ検出センサの出力から算出された目標信号に基づいて駆動される、像振れ補正装置の機械的特性ばらつき（周波数応答ばらつき等）。
- ・撮影環境での温度変動等に伴う機構部の特性ばらつき。

40

【0005】

したがって、振れ検出センサの出力ゲインを変更するのみで像振れ補正精度を向上させることは困難である。本発明の目的は、像振れ補正装置による補正の精度を向上させることである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一実施形態の像振れ補正装置は、像振れ補正手段により画像の像振れを補正する像振れ補正装置であって、振れの検出信号、および画像信号から検出される動きベクトルを取得する取得手段と、前記振れの検出信号から像振れ補正の補正值を算出する算出手段と、前記振れの検出信号を用いて、前記像振れ補正の補正值に対する補償値を算出する

50

フィルタ手段と、前記振れの検出信号および前記動きベクトルにより前記フィルタ手段の伝達特性を調整する調整手段と、前記補正值および補償値にしたがって前記像振れ補正手段を制御する制御手段を備える。

【発明の効果】

【0007】

本発明の像振れ補正装置によれば、像振れ補正の精度を向上させることができる

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施形態に係る撮像装置の機能構成例を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る構成を示すブロック図である。

10

【図3】像振れ補正機能と適応デジタルフィルタ部の動作を説明するフローチャートである。

【図4】カメラ電源状態とフィルタ係数の保存動作を説明するフローチャートである。

【図5】本発明の動きベクトルを用いた適応動作原理を説明するためのブロック図である。

。

【図6】本発明の第2実施形態に係る構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付図面を参照して本発明の各実施形態を詳細に説明する。

【第1実施形態】

20

図1は、本発明の第1実施形態に係る撮像装置の概略構成を示すブロック図である。本実施形態においては、像振れ補正装置を搭載した撮像装置としてデジタルカメラを例に説明する。なお、本実施形態の撮像装置は動画撮影機能を備えていてもよい。

【0010】

図1のズームレンズ101は撮像光学系を構成する。ズーム駆動部102は制御部119の制御信号に従ってズームレンズ101の駆動を制御して撮像光学系の光軸方向に駆動することで焦点距離を変更する。像振れ補正レンズ（以下、単に補正レンズという）103は、手振れ等による画像の像振れを補正する補正部材である。補正レンズ103は撮像光学系の光軸に対して直交する方向に移動可能であり、像振れ補正レンズ駆動部104により駆動制御される。絞り・シャッターユニット105は、絞り機能を有するメカニカルシャッターである。絞り・シャッター駆動部106は制御部119の制御信号に従って、絞り・シャッターユニット105を駆動する。フォーカスレンズ107は撮像光学系を構成し、撮像光学系の光軸方向に進退可能な焦点調節用レンズである。フォーカス駆動部108は、制御部119の制御信号に従ってフォーカスレンズ107を駆動する。

30

【0011】

撮像部109はCCD（電荷結合素子）イメージセンサや、CMOS（相補型金属酸化膜半導体）イメージセンサ等の撮像素子を有する。撮像素子は、撮像光学系により結像される被写体の光学像を電気信号に光電変換する。撮像信号処理部110は、撮像部109から出力された電気信号に対して、A（アナログ）/D（デジタル）変換、相関二重サンプリング、ガンマ補正、ホワイトバランス補正、色補間等の処理を行い、映像信号に変換する。映像信号処理部111は、撮像信号処理部110から出力された映像信号を、用途に応じて加工する。具体的には、映像信号処理部111は、表示用の映像信号の生成や、記録用の符号化、データファイル化等の処理を行う。

40

【0012】

表示部112は、映像信号処理部111が出力する表示用の映像信号に基づいて、必要に応じて画像表示を行う。電源部115は、撮像装置全体に、用途に応じて電源を供給する。外部入出力端子部116は、外部装置との間で通信信号および映像信号を入出力する。操作部117は、撮像装置にユーザが指示を与えるためのボタンやスイッチ等を有する。操作部117は、押し込み量に応じて第1スイッチ（SW1）および第2スイッチ（SW2）が順にオンするように構成されたリリースボタンを含む。リリースボタンが半押し

50

操作された場合に第 1 スイッチ S W 1 がオンし、リリースボタンが最後まで押し込まれたときに第 2 スイッチ S W 2 がオンする。記憶部 1 1 8 は、映像信号や各種情報の信号を記憶する。

【 0 0 1 3 】

制御部 1 1 9 は、例えば C P U (中央演算処理装置)、R O M (リード・オンリ・メモリ)、R A M (ランダム・アクセス・メモリ) を有する。R O M に記憶された制御プログラムは R A M に展開されて、C P U が実行することによって撮像装置の各部が制御される。また、制御部 1 1 9 は、映像信号の輝度情報と、予め定められたプログラム線図とに基づいて、適切な露光量を得るための絞り値およびシャッタ速度を決定する A E (自動露出) 処理を行う。

10

【 0 0 1 4 】

次に撮像装置の動作を説明する。

ユーザ操作により、リリーススイッチの第 1 スイッチ S W 1 がオンすると、制御部 1 1 9 は、映像信号処理部 1 1 1 が表示部 1 1 2 に出力する表示用の映像信号に基づいて A F (自動焦点調節) 評価値を算出する。A F 評価値は自動焦点調節に使用され、A F 評価値に基づいて制御部 1 1 9 がフォーカス駆動部 1 0 8 を制御する。またリリーススイッチの第 2 スイッチ S W 2 がオンすると、制御部 1 1 9 は、決定した絞り値およびシャッタ速度で撮影動作を行う。撮像部 1 0 9 から読み出された電気信号を処理して得られた映像信号は記憶部 1 1 8 に記憶される。

【 0 0 1 5 】

20

操作部 1 1 7 は、像振れ補正モードのオン / オフを選択可能な像振れ補正スイッチを有する。ユーザが像振れ補正スイッチを操作して像振れ補正モードがオンになると、制御部 1 1 9 は、像振れ補正レンズ駆動部 1 0 4 に像振れ補正動作を指示する。この指示を受けた像振れ補正レンズ駆動部 1 0 4 は、像振れ補正動作のオフ指示がなされるまで像振れ補正動作を行う。操作部 1 1 7 は、静止画撮影モードと動画撮影モードとのうちの一方を選択可能な撮影モード選択スイッチを有する。ユーザが撮影モード選択スイッチを操作すると、撮影モードの選択結果に従って制御部 1 1 9 は、像振れ補正レンズ駆動部 1 0 4 の動作条件を変更する。

【 0 0 1 6 】

また、操作部 1 1 7 は、再生モードを選択するための再生モード選択スイッチを有する。ユーザが再生モード選択スイッチを操作すると、再生モードの選択に従って制御部 1 1 9 は像振れ補正動作を停止させる。また、操作部 1 1 7 は、ズーム倍率変更の指示を行う倍率変更スイッチを含む。ユーザが倍率変更スイッチを操作してズーム倍率変更が指示されると、制御部 1 1 9 はズーム駆動部 1 0 2 に指示してズームレンズ 1 0 1 を駆動させ、指示されたズーム位置にズームレンズ 1 0 1 が移動する。

30

【 0 0 1 7 】

図 2 は動きベクトルを用いた適応デジタルフィルタ部と像振れ補正制御に係る部分を簡略化して示したブロック図である。

角速度センサ 2 0 1 は、カメラの振れを検出して角速度検出信号を出力する。A / D 変換器 2 0 2 は角速度検出信号をデジタル信号に変換して目標位置算出部 2 0 5 に出力する。目標位置算出部 2 0 5 の出力は加減算部 2 1 0 に送られ、加減算部 2 1 0 の演算結果は制御フィルタ 2 0 7 を介して像振れ補正レンズ駆動部 1 0 4 に出力される。

40

【 0 0 1 8 】

位置検出センサ 2 0 9 は補正レンズ 1 0 3 の位置を検出し、位置情報を示す位置検出信号を A / D 変換器 2 0 8 に出力する。A / D 変換器 2 0 8 は位置検出信号をデジタル信号に変換して加減算部 2 1 0 および微分器 2 1 3 に出力する。微分器 2 1 3 の演算結果は加減算部 2 1 2 に出力され、加減算部 2 1 2 の演算結果は適応デジタルフィルタ 2 0 4 と適応アルゴリズム部 2 1 1 にそれぞれ出力される。

【 0 0 1 9 】

撮像部 1 0 9 により取得された画像データは、撮像信号処理部 1 1 0 が処理する。動き

50

ベクトル検出部 206 は、処理後の信号から動きベクトルを検出する。動きベクトル処理部 203 は、検出された動きベクトルを取得し、処理結果のデータを、適応アルゴリズム部 211 および切り替え部 216 に出力する。図 3 を参照して、補正レンズ 103 による像振れ補正動作について詳細に説明する。

【0020】

図 3 のフローチャートは像振れ補正処理を例示しており、所定のサンプリング周期で繰り返し実行される。処理が開始すると、S101 から S107 に示す第 1 の処理と、S108 から S119 に示す第 2 の処理が並行処理で実行される。まず第 1 の処理から説明する。

【0021】

S101 にて角速度センサ 201 は、手振れ等による撮像装置全体の振れを検出し、検出された振れ情報（角速度）を電気信号として出力する。A/D 変換器 202 は角速度センサ 201 の出力を取得してアナログ信号からデジタル信号に変換する。次に S102 で位置検出センサ 209 は、補正レンズ 103 の位置を検出して位置検出信号を出力する。A/D 変換器 208 は位置検出信号を取得してアナログ信号からデジタル信号に変換する。S103 で微分器 213 は、補正レンズ 103 の位置検出信号から移動速度情報を算出する。つまり、前回のサンプリング時点で取得された補正レンズ 103 の位置検出信号と、現在の補正レンズ 103 の位置検出信号との差分を演算することで、補正レンズ 103 の移動速度情報が算出される。そして S107 で加減算部 212 は、S101 にて取得された撮像装置全体の振れ角速度から、S103 にて取得された補正レンズ 103 の移動速度を減算する。これにより、撮像装置の振れ補正残り角速度が取得される。振れ補正残り角速度とは、撮像装置の振れによる撮像部 109 への撮影光軸ずれを、補正レンズ 103 の移動により補正した後に残存する補正值の速度変化に対応する角速度である。

【0022】

第 1 の処理と並行して実行される第 2 の処理では、動きベクトルを取得する処理と、振れ補正残りを補償するための補償値の演算処理が実行される。動きベクトルの取得処理では、後述のように複数の画像に関する画素位置の差から動きベクトルが検出される。よって、この処理は複数の画像データを取得可能なサンプリング時間に依存して実行される処理である。動きベクトルのサンプリングについては、角速度センサ 201 の検出信号を取得するタイミングとは異なるタイミングで実行されてもよい。その場合、これらの処理のサンプリングのずれに対して、サンプリングの遅い方の処理による出力情報を、サンプリングの早い方の処理の期間中に一定値としてホールドすることで対処できる。

【0023】

S108 にて撮像部 109 は光信号を電気信号に変換し、画像情報を取得する。次に撮像信号処理部 110 は画像情報に関するアナログ信号からデジタル信号への変換と、所定の画像処理を行う。S109 で動きベクトルが検出される。動きベクトル検出部 206 は、あらかじめ記憶されている 1 フレーム前の画像情報（S114）と、現在のフレームの画像情報を比較する。これらの画像のずれから動きベクトルが算出される。動きベクトルの検出方法としては、公知の相関法やブロックマッチング法等がある。一例として動きベクトル検出部 206 ではブロックマッチング法を採用するものとする。ブロックマッチング法では、入力画像信号を複数の適当な大きさのブロック（例えば 8 × 8 画素）に分割する処理が行われ、分割されたブロックごとに前回のフレームの一定範囲の画素との差が演算される。そして算出された差の絶対値の和が最小値となる、前回のフレームのブロックを検索する処理が実行される。検索されたブロックの相対的なずれは、当該ブロックの動きベクトルとして検出される。ただし、この動きベクトル算出方法は一例であり、本発明にて適用し得る動きベクトル算出方法は、これに限定されるものではない。

【0024】

S110 で動きベクトル処理部 203 は、S109 で算出された動きベクトルを取得し、角速度相当の情報に変換する。次の S116 にて制御部 119 は、ズーム動作中であるか否かを判定する。現時点でズーム動作中である場合、S110 による動きベクトルが正

10

20

30

40

50

しく取得できていない可能性がある。よって、S 1 1 9 に処理を進める。また現時点でズーム動作中でない場合にはS 1 1 7 に移行する。

【 0 0 2 5 】

S 1 1 9 で制御部 1 1 9 は適応デジタルフィルタ 2 0 4 を初期化する。適応デジタルフィルタ 2 0 4 の係数値は、ゼロまたはあらかじめ設定された値に初期化されるので、適応デジタルフィルタ 2 0 4 の適応値の誤動作を防止できる。例えば、S 1 1 9 にて適応デジタルフィルタ 2 0 4 の係数の初期値をゼロにした場合、適応アルゴリズムにより動きベクトルがゼロに向かうように収束するが、係数値が所定値に収束するまでの時間が長くなる。そこで、所定の振れ条件下でデジタルフィルタを適応させた時の係数値をあらかじめメモリに保存しておき、この保存された値を用いて係数が初期化される。あるいは、ユーザが前回にカメラ電源をOFF操作した時点でメモリに保持された係数値を初期値として用いて初期化が行われる。図 4 を参照して具体的に説明する。

10

【 0 0 2 6 】

図 4 は、カメラ電源のON / OFF 状態と、適応デジタルフィルタ係数の保存動作シーケンスを説明するフローチャートである。カメラの電源がON状態になると、S 1 2 0 にて以下の調整値または保存値を用いてフィルタ係数の初期化処理が実行される。

- ・あらかじめ所定の振れ条件下で適応させた適応デジタルフィルタ係数値であって、メモリに記憶されている調整値。

- ・前回のカメラ電源の遮断時に、メモリに保存しておいた適応デジタルフィルタ係数の保存値。

20

所定の振れ条件とは、例えば手振れの主な周波数 (1 ~ 1 0 H z) での振れをカメラに加えた状況に相当する条件であり、適応デジタルフィルタ 2 0 4 をそのときの振れ補正残り量等に適応させた上で係数値がメモリに記憶される。前記調整値または保存値を用いてフィルタ係数が設定される。

【 0 0 2 7 】

次にS 1 2 1 では、図 3 の処理にしたがって適応デジタルフィルタ係数が更新される。S 1 2 2 で制御部 1 1 9 は、ユーザがカメラ電源のOFF操作を行ったか否かを判定し、OFF操作が行われた場合、S 1 2 3 に処理を進める。カメラ電源のOFF操作が行われない場合には、S 1 2 1 に処理を戻す。S 1 2 3 にて制御部 1 1 9 は、適応デジタルフィルタ 2 0 4 の係数値をメモリ領域に保存する。このメモリ領域はカメラ電源が遮断されてもデータが消去されない領域である。

30

【 0 0 2 8 】

このように、適応デジタルフィルタ係数の初期値に関して、所定の振れ条件下での調整値、あるいは、前回のカメラ電源の遮断時の保存値が設定される。よって、振れの条件が大きく変化しない環境下において、適応デジタルフィルタ係数の適正值までの収束時間を短縮でき、振れ補正性能を向上させることができる。

【 0 0 2 9 】

図 3 のフローチャートに戻り、S 1 1 7 以降を説明する。S 1 1 7、S 1 1 8 は、振れ補正残り角速度の絶対値を所定の閾値とそれぞれ比較し、閾値以上であるか否かを判定する判定処理である。振れ補正残り角速度は、動きベクトルあるいは振れセンサによる検出情報に基づいて算出される。振れセンサとは、角速度センサ 2 0 1 または後述の加速度センサ 2 1 4 (図 6) である。以下では所定の閾値を所定値 1 および所定値 2 とし、所定値 2 は所定値 1 よりも大きいものとする。S 1 1 7 で制御部 1 1 9 は、振れ補正残り角速度の絶対値が所定値 2 以上であるか否かを判定する。振れ補正残り角速度の絶対値が所定値 2 以上である場合、例えばパンニング動作中等のように撮像装置が大きく振られる状況が想定される。このような場合、S 1 1 9 に処理を進め、適応デジタルフィルタの誤動作の防止を目的として適応デジタルフィルタ係数が初期化される。振れ補正残り角速度の絶対値が所定値 2 より小さい場合にはS 1 1 8 に移行する。

40

【 0 0 3 0 】

S 1 1 8 で制御部 1 1 9 は、振れ補正残り角速度の絶対値が所定値 1 以上であるか否か

50

を判定する。振れ補正残り角速度の絶対値が所定値 1 よりも小さい場合には、微小な振れが想定され、センサノイズの影響で適応値が収束しない可能性がある。このため、S 1 1 5 に処理を進め、制御部 1 1 9 は適応デジタルフィルタ係数の調整を停止し、フィルタ係数値を保持する。また S 1 1 8 にて振れ補正残り角速度の絶対値が所定値 1 以上である場合には S 1 1 1 に進む。

【0031】

S 1 1 1 で制御部 1 1 9 は、リリースボタンの押下により第 2 スイッチ S W 2 がオンであるか（つまり、露光が開始されているか）否かを判定する。第 2 スイッチ S W 2 がオンの場合には S 1 1 5 に進み、第 2 スイッチ S W 2 がオフの場合には S 1 1 2 に移行する。S 1 1 2 にて、図 2 の切り替え部 2 1 6 の接続動作（オン）によって適応アルゴリズム部 2 1 1 は適応デジタルフィルタ 2 0 4 の伝達特性を変更する。つまり、適応アルゴリズム部 2 1 1 は、S 1 1 0 で取得した動きベクトル、および S 1 0 7 で取得した振れ補正残り角速度の情報を用いて、適応デジタルフィルタ 2 0 4 のフィルタ係数値を調整する。調整後にフィルタ係数値が変更されて適応デジタルフィルタ 2 0 4 に反映される。適応アルゴリズムによる適応デジタルフィルタ係数の調整に関しては後述する。

【0032】

S 1 1 1 で第 2 スイッチ S W 2 がオンの場合には、図 2 の切り替え部 2 1 6 が切断されてオフ状態となり、適応アルゴリズム部 2 1 1 による適応デジタルフィルタ係数値の調整が停止する。適応デジタルフィルタ 2 0 4 の係数値は露光直前の値に保持される（S 1 1 5）。S 1 1 2、S 1 1 5、S 1 1 9 の処理後に S 1 1 3 に進む。

【0033】

S 1 1 3 にて、適応アルゴリズム部 2 1 1 によって調整されたフィルタ係数値が反映された適応デジタルフィルタ 2 0 4 は、加減算部 2 1 2 から出力された振れ補正残り角速度を取得してフィルタ処理を実行する。フィルタ処理によって振れ補正残り補償値が算出される。そして S 1 0 4 では、角速度センサ 2 0 1 の角速度検出信号に基づいて、目標位置算出部 2 0 5 が補正レンズ 1 0 3 の目標位置を演算する。目標位置は、手振れ等の振れに起因する像振れをキャンセルさせるための補正レンズ 1 0 3 の位置である。

【0034】

S 1 0 5 で補正レンズ 1 0 3 の位置制御が行われる。加減算部 2 1 0 は、補正レンズ 1 0 3 の目標位置と、A / D 変換器 2 0 8 の出力する補正レンズ 1 0 3 の検出位置と、振れ補正残り補償値を加減算し、演算結果を制御フィルタ 2 0 7 に出力する。制御フィルタ 2 0 7 は加減算部 2 1 0 の出力に応じて、補正レンズ 1 0 3 の位置が目標位置に追従するようにフィードバック制御量を演算する。像振れ補正レンズ駆動部 1 0 4 は制御フィルタ 2 0 7 の出力にしたがって、補正レンズ 1 0 3 の駆動制御を行う。補正レンズ 1 0 3 は、撮影光軸と直交する方向に移動し、像振れ補正動作が行われる（S 1 0 6）。

【0035】

次に図 5 を参照して、本実施形態における動きベクトルを用いた適応動作の原理を説明する。図 5 はフィードバック制御系の要部を示すブロック線図である。

外部センサである角速度センサ 2 0 1 は、手振れ等の振れ外乱 4 0 1 (a) を観測する。観測された振れ外乱（角速度）は、目標位置算出部 2 0 5（点線枠参照）内の目標位置算出フィルタ 4 0 6 が処理して帯域制限を行う。目標位置算出部 2 0 5 内の積分器 4 0 7 は、帯域制限された信号を積分し、角度信号に変換する。これにより、制御対象 4 0 2 (P) の目標位置が取得され、加減算部 2 1 0 への正入力として出力される。

【0036】

角速度センサ 2 0 1 の検出値には、定常的なオフセット誤差や温度変動に対するドリフト誤差、低域揺れ等の低域ノイズが含まれることが知られている。低域ノイズによる像振れ補正誤差への影響を除去するために、目標位置算出フィルタ 4 0 6 には、例えばハイパスフィルタが用いられる。そのため、積分器 4 0 7 により算出された像振れ補正の目標位置に従って振れ補正を行った場合、低域振れに対する振れ補正残りが生じる可能性がある。そこで本実施形態では、振れ補正残りを補償するための補償値を、補正レンズ 1 0 3 の

10

20

30

40

50

目標位置に加算する処理が行われる。振れ補正残りを低減することにより、像振れ補正性能を向上させることができる。

【 0 0 3 7 】

振れ補正残りの検出処理において、微分器 2 1 3 は補正レンズ 1 0 3 の検出位置を微分し、レンズ速度を加減算部 2 1 2 への負入力として出力する。加減算部 2 1 2 は、角速度センサ 2 0 1 により検出される角速度を正入力として取得し、補正レンズ 1 0 3 の速度を減算する。加減算部 2 1 2 の演算結果は、振れ補正残り角速度として使用可能である。しかし、この振れ補正残り角速度は、角速度センサ 2 0 1 により検出した情報を用いて算出されることから、角速度センサ 2 0 1 の伝達特性、感度バラつき、観測ノイズ等の情報を含んでいる。したがって、これは、振れ外乱 4 0 1 (a) と等価な情報ではない。また加減算部 2 1 2 の演算結果には、補正レンズ 1 0 3 の位置の微分情報も含まれているので、レンズ位置の観測ノイズ等の影響も受けてしまう。そこで、画像情報から直接的に振れ補正残り角速度を観測できる動きベクトルを使用する方法が考えられる。この場合、動きベクトルの検出には複数枚の画像情報が必要である。撮像装置においてはスルー画表示中であれば画像情報を取得できるが、露光中の変化量を取得することができない。動きベクトル検出部 2 0 6 の構成を図 5 の点線枠内に示す。

【 0 0 3 8 】

動きベクトル検出部 2 0 6 内には、振れ伝達特性 4 0 3 (G) と微分器 4 0 4 と減算器 4 0 5 を示す。動きベクトル検出部 2 0 6 の検出情報 (動きベクトル情報) は、2 つの信号の差信号とみなすことができる。第 1 の信号は、振れ外乱 4 0 1 の情報から角速度センサ 2 0 1 および動きベクトル検出回路等による振れの伝達特性 4 0 3 (G) を通した信号であり、第 2 の信号は、補正レンズ 1 0 3 の位置検出信号を微分器 4 0 4 で微分した信号である。減算器 4 0 5 は、第 1 の信号から第 2 の信号を減算し、差信号を適応アルゴリズム部 2 1 1 に出力する。

【 0 0 3 9 】

適応アルゴリズム部 2 1 1 は、加減算部 2 1 2 の出力として得られる振れ補正残り角速度信号を観測し、適応デジタルフィルタ 2 0 4 (F) の適応制御を実行する。つまり、動きベクトルがゼロに近づくように適応させることで、振れ補正残り角速度信号により、振れ補正残り補償値を算出することができる。具体的には、適応アルゴリズムにしたがって、適応デジタルフィルタのフィルタ係数値を変更する処理が行われる。この時、加減算部 2 1 2 による振れ補正残り角速度信号と、動きベクトル情報が適応アルゴリズム部 2 1 1 に入力される。適応デジタルフィルタ 2 0 4 および適応アルゴリズム部 2 1 1 はデジタルフィルタにより構成される。前記したように動きベクトル情報は露光時以外でのみ取得可能である。このため、図 2 の切り替え部 2 1 6 の動作により、露光時以外では適応デジタルフィルタ 2 0 4 の係数値を適応アルゴリズム部 2 1 1 が更新する。適応デジタルフィルタ 2 0 4 の出力は加減算部 2 1 0 へ正入力として送られる。一方、露光時にはフィルタ係数の更新が停止される。振れの特性が急変することは通常の撮影においてないため、このように露光開始の直前までの振れの特性にフィルタを適応させる処理が実行される。露光中には露光直前の適応値 (係数値) を用いて像振れ補正を行うことができる。ここで、適応デジタルフィルタの具体例として、FIR (Finite Impulse Response) フィルタによるデジタルフィルタ演算の内容を説明する。

【 0 0 4 0 】

FIR フィルタを用いる場合、下記の関係式が成立する。フィルタの次数を n とし、サンプリング時点を k で表す。 k は整数値をとる。フィルタ出力を $y(k)$ と表記し、フィルタ係数を $R_i(k)$ と表記し、振れ外乱を $a(k), \dots, a(k-n+1)$ と表記する。 i は 0、または 1 から $n-1$ までの値とする。

$$y(k) = R_0(k) \cdot a(k) + R_1(k) \cdot a(k-1) + \dots + R_{n-1}(k) \cdot a(k-n+1) \quad (\text{数式 1})$$

適応アルゴリズム部 2 1 1 は、動きベクトル情報 $e(k)$ を用いて、下記数式 2 に示すようにフィルタ係数を更新する。

$$R_0(k+1) = R_0(k) + M \cdot e(k) \cdot a(k)$$

10

20

30

40

50

...

$$R_{n-1}(k+1)=R_{n-1}(k)+M \cdot e(k) \cdot a(k-n+1) \quad (\text{数式 2})$$

ここで、Mは適応ゲインであり、フィルタ係数が収束する値に設定されるものとする。

【0041】

本実施形態では、角速度センサ201を用いて振れ外乱を観測し、適応デジタルフィルタ204からの補償値(数式1)をフィードフォワード入力として加減算部210にて補正值に加算する。つまり、加減算部210は目標位置算出部205の出力から、補正レンズ103の位置検出信号を減算した演算結果に対し、フィードフォワード入力を加算する。これにより、角速度センサ201の検出位相ずれ、ゲイン(感度)ずれ、補正レンズ103の目標位置への追従ずれ、および、目標位置算出部205のフィルタ設定等に起因する振れ補正残りを減少させることができる。

10

【0042】

本実施形態によれば、動きベクトルから得られる像振れ補正残り情報と振れの検出信号に基づいて、適応デジタルフィルタのフィルタ係数を調整し、適応デジタルフィルタを利用して振れ補正残りに対する補償値を生成する。この補償値を加えた目標位置にしたがって像振れ補正装置を駆動することで、像振れ補正精度を向上させることができる。

【0043】

[第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態を説明する。本実施形態では第1実施形態との相違点を中心に説明し、第1実施形態の場合と同様の構成要素については既に使用した符号を用いることによって、それらの詳細な説明を省略する。本実施形態では、目標位置算出部205による補正レンズ103の目標位置算出、および、適応アルゴリズム部211に入力する信号に関し、角速度センサ201および加速度センサ214を用いる処理を説明する。図6に示すように、各センサを用いて振れ外乱を検出することができる。

20

【0044】

図6は、適応アルゴリズム部211に入力する振れ外乱として、加速度センサ214の出力を積分器217により積分した速度情報を用いる場合の構成例を示す。図2との相違点は以下のとおりである。

- ・撮像装置に加わる振れの加速度を検出する加速度センサ214が追加されていること。
- ・加速度センサ214の出力する加速度検出信号をアナログ信号からデジタル信号に変換するA/D変換器215が設けられていること。
- ・A/D変換器215の出力信号を積分して速度信号を出力する積分器217が設けられていること。

30

【0045】

A/D変換器215は変換後の信号を切り替え部216および積分器217にそれぞれ出力する。積分器217の積分演算結果は加減算部212への正入力として出力される。

【0046】

本実施形態では、第1実施形態で説明した数式1および数式2に用いた振れ外乱aが、加速度センサ214の出力の積分値に置き換わる以外、第1実施形態と同様であるため、詳細な説明を省略する。

40

本実施形態によれば、角速度検出信号および加速度検出信号を用いた処理により、像振れ補正精度をさらに向上させることができる。

【符号の説明】

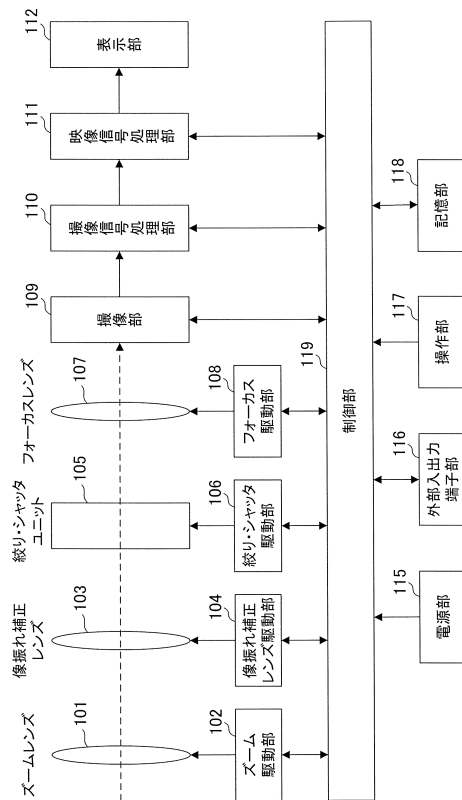
【0047】

- 103 像振れ補正レンズ
- 104 像振れ補正レンズ駆動部
- 109 撮像部
- 201 角速度センサ
- 204 適応デジタルフィルタ
- 206 動きベクトル検出部

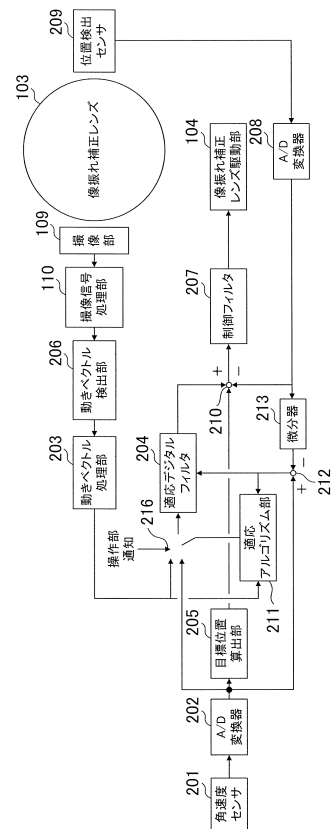
50

- 2 0 7 制御フィルタ
- 2 1 1 適応アルゴリズム部
- 2 1 4 加速度センサ

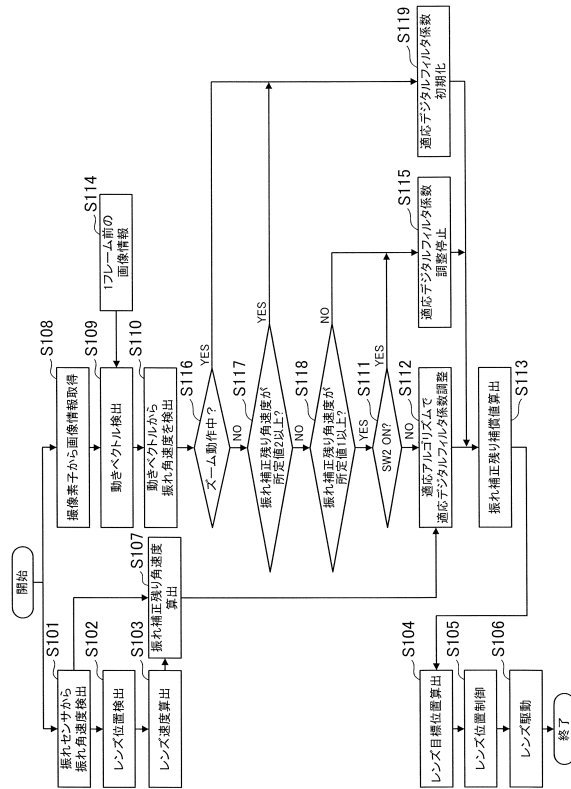
【 図 1 】



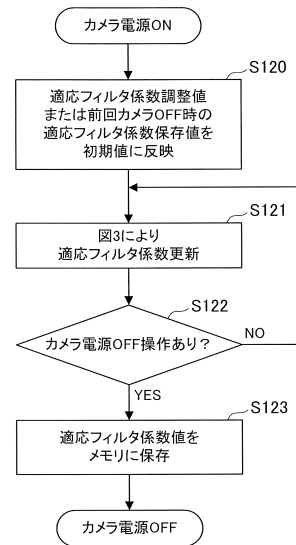
【 図 2 】



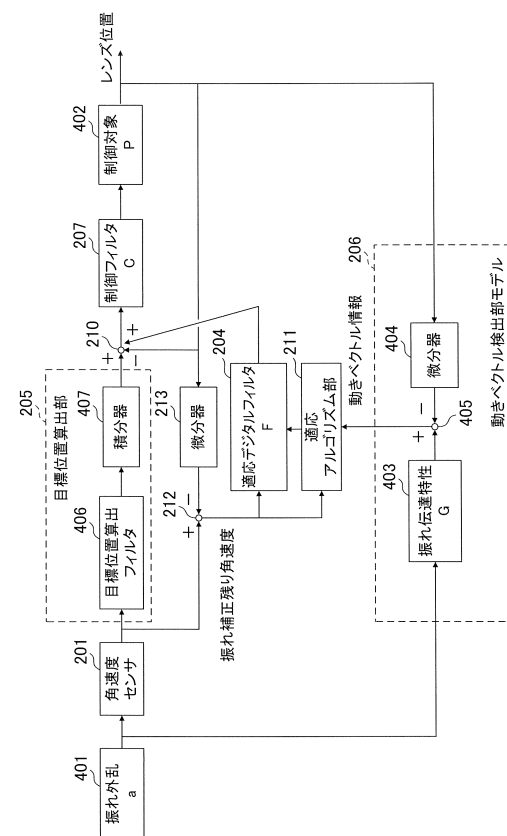
【 図 3 】



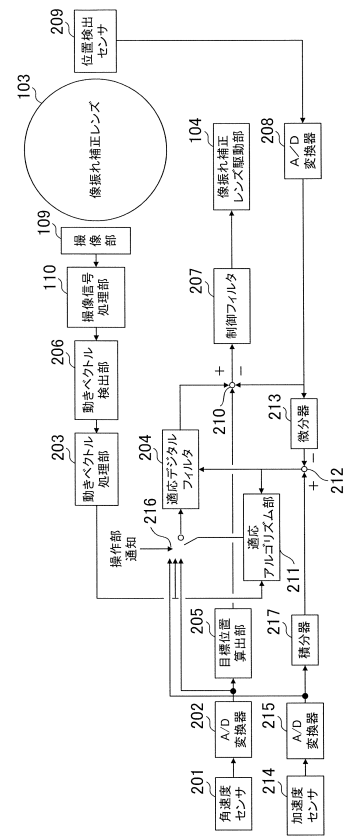
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-037778(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0033091(US,A1)
特開2016-206656(JP,A)
米国特許出願公開第2016/0316146(US,A1)
特開2005-151542(JP,A)
特開2012-088466(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0093493(US,A1)
特開2015-057670(JP,A)
米国特許第09232138(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03B 5/00
H04N 5/225