

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6362556号
(P6362556)

(45) 発行日 平成30年7月25日(2018.7.25)

(24) 登録日 平成30年7月6日(2018.7.6)

(51) Int.Cl. F I
G03B 5/00 (2006.01) G03B 5/00 F
HO4N 5/232 (2006.01) HO4N 5/232 480
 G03B 5/00 J
 G03B 5/00 K

請求項の数 24 (全 28 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-36324 (P2015-36324) (22) 出願日 平成27年2月26日(2015.2.26) (65) 公開番号 特開2016-157067 (P2016-157067A) (43) 公開日 平成28年9月1日(2016.9.1) 審査請求日 平成29年8月29日(2017.8.29)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 (74) 代理人 100110412 弁理士 藤元 亮輔 (74) 代理人 100104628 弁理士 水本 敦也 (74) 代理人 100121614 弁理士 平山 倫也 (72) 発明者 若松 伸茂 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 高橋 雅明</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御装置、撮像装置、制御方法、プログラム、および、記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像装置の振動状態を検出する第1の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第1角度を算出する第1角度算出手段と、

前記加速度または前記撮像装置の振動状態を検出する第2の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて前記振動状態を解析する解析手段と、

前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出する第2角度算出手段と

、
 前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行う補正手段と、を有する撮像装置の制御装置であって、

前記第2角度算出手段は、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第1角度の重みを可変して前記第2角度を算出することを特徴とする撮像装置の制御装置。

【請求項2】

前記第2角度算出手段は、前記解析手段にて解析された振動状態に応じて前記角速度と前記第1角度との相対的な重みを変更して、前記第2角度を算出することを特徴とする請求項1に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項3】

前記第1角度算出手段は、前記第1角度として、第1あおり角度を算出し、

10

20

前記第 2 角度算出手段は、前記第 1 あおり角度である第 1 角度に基づいて、前記第 2 角度としての第 2 あおり角度を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 4】

前記第 1 角度算出手段は、前記第 1 角度として、第 1 水平角度を算出し、

前記第 2 角度算出手段は、前記第 1 水平角度である第 1 角度に基づいて、前記第 2 角度としての第 2 水平角度を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 5】

前記第 2 角度算出手段は、カルマンゲインを変更可能なカルマンフィルタを用いて、前記第 2 角度を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

10

【請求項 6】

前記補正手段は、前記第 2 角度に基づいて画像の傾き補正量を設定する設定手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 7】

前記補正手段は、前記傾き補正量に基づいて画像切り出しを行うことにより前記傾き補正を行う画像処理手段を有することを特徴とする請求項 6 に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 8】

前記補正手段は、前記第 2 角度に基づいて撮像素子、レンズ、または、該レンズと該撮像素子とが一体化した筐体の少なくとも一つを駆動する駆動手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

20

【請求項 9】

前記第 2 の検出手段により検出された前記角速度から低周波成分を除去して第 3 角度を算出する第 3 角度算出手段と、

前記第 2 角度および前記第 3 角度に基づいて補正角度を算出する補正角度算出手段と、を更に有し、

前記補正手段は、前記補正角度に基づいて前記傾き補正を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 10】

30

前記補正角度算出手段は、

前記第 2 角度から前記第 3 角度を減算した信号に基づいてゲインを変更するゲイン変更手段を有し、

前記第 2 角度、前記第 3 角度、および、前記ゲインに基づいて、前記補正角度を算出することを特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 11】

前記補正角度算出手段は、

前記第 2 角度に基づいてゲインを変更するゲイン変更手段を有し、

前記第 2 角度、前記第 3 角度、および、前記ゲインに基づいて、前記補正角度を算出することを特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置の制御装置。

40

【請求項 12】

前記ゲイン変更手段は、更に前記第 1 角度に基づいて前記ゲインを変更することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 13】

前記第 3 角度算出手段は、前記第 2 角度に基づいて前記第 3 角度の範囲を制限する制限手段を有することを特徴とする請求項 9 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

【請求項 14】

前記補正角度に基づいて画像の傾き補正量を設定する設定手段を更に有することを特徴とする請求項 9 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御装置。

50

【請求項 15】

前記第2の検出手段により検出された前記角速度から低周波成分を除去して第3角度を算出する第3角度算出手段と、

前記第2角度および前記第3角度に基づいて補正角度を算出する補正角度算出手段と、
を更に有し、

前記補正手段は、前記補正角度に基づいて前記傾き補正を行い、

前記補正角度算出手段は、

前記第2角度としての前記第2あおり角度に基づいてゲインを変更するゲイン変更手段を有し、

前記第2あおり角度、前記第3角度、および、前記ゲインに基づいて、前記補正角度としての水平補正角度を算出することを特徴とする請求項3に記載の撮像装置の制御装置。

10

【請求項 16】

前記第2の検出手段により検出された前記角速度から低周波成分を除去して第3角度を算出する第3角度算出手段と、

前記第2角度および前記第3角度に基づいて補正角度を算出する補正角度算出手段と、
を更に有し、

前記補正手段は、前記補正角度に基づいて前記傾き補正を行い、

前記補正角度算出手段は、

前記第2角度としての前記第2水平角度に基づいてゲインを変更するゲイン変更手段を有し、

前記第2水平角度、前記第3角度、および、前記ゲインに基づいて、前記補正角度としてのあおり補正角度を算出することを特徴とする請求項4に記載の撮像装置の制御装置。

20

【請求項 17】

請求項1乃至16のいずれか一項に記載の撮像装置の制御装置と、

光学系を介して形成された光学像を光電変換して像信号を出力する撮像手段と、

前記加速度を検出する第1の検出手段と、

前記角速度を検出する第2の検出手段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 18】

撮像装置の振動状態を検出する第1の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第1角度を算出するステップと、

前記加速度または前記撮像装置の振動状態を検出する第2の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて振動状態を解析するステップと、

前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出するステップと、

前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行うステップと、を有する撮像装置の制御方法であって、

前記第2角度を算出するステップでは、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第1角度の重みを可変して前記第2角度を算出することを特徴とする撮像装置の制御方法。

30

40

【請求項 19】

撮像装置の振動状態を検出する第1の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第1角度を算出するステップと、

前記加速度または前記撮像装置の振動状態を検出する第2の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて振動状態を解析するステップと、

前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出するステップと、

前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行うステップと、を有する撮像装置の制御方法をコンピュータに実行させるように構成されおり、

50

前記第 2 角度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第 1 角度の重みを可変して前記第 2 角度を算出することを特徴とする撮像装置の制御プログラム。

【請求項 2 0】

撮像装置の振動状態を検出する第 1 の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第 1 角度を算出する第 1 角度算出手段と、

前記加速度または、前記撮像装置の振動状態を検出する第 2 の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて振動状態を解析する解析手段と、

前記角速度、前記第 1 角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第 2 角度を算出する第 2 角度算出手段と

10

、前記第 2 角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行う補正手段と、を有する撮像装置の制御装置であって、

前記第 2 角度算出手段は、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第 1 角度の重みを可変して前記第 2 角度を算出し、且つ、

前記第 2 角度算出手段は、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が所定量以上である場合、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量よりも小さい場合に比べて、前記角速度の重みを大きくし、且つ、

前記第 2 の角速度算出手段は、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量以上である場合、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量よりも小さい場合に比べて、前記第 1 角度の重みを小さくすることを特徴とする撮像装置の制御装置

20

【請求項 2 1】

請求項 2 0 に記載の撮像装置の制御装置と、

光学系を介して形成された光学像を光電変換して像信号を出力する撮像手段と、

前記加速度を検出する第 1 の検出手段と、

前記角速度を検出する第 2 の検出手段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2 2】

撮像装置の振動状態を検出する第 1 の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第 1 角度を算出するステップと、

30

前記加速度または、前記撮像装置の振動状態を検出する第 2 の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて前記振動状態を解析するステップと、

前記角速度、前記第 1 角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第 2 角度を算出するステップと、

前記第 2 角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行うステップと、を有する撮像装置の制御方法であって、

前記第 2 角度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第 1 角度の重みを可変して前記第 2 角度を算出し、且つ、

前記第 2 角速度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が所定量以上であることを示す場合、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量よりも小さい場合に比べて、前記角速度の重みを大きくし、且つ、

40

前記第 2 角速度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量以上である場合、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量よりも小さい場合に比べて、前記第 1 角度の重みを小さくすることを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項 2 3】

撮像装置の振動状態を検出する第 1 の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第 1 角度を算出するステップと、

前記加速度または、前記撮像装置の振動状態を検出する第 2 の検出手段により検出され

50

た角速度の少なくとも一つに基づいて前記振動状態を解析するステップと、

前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出するステップと、

前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行うステップと、を有する撮像装置の制御方法をコンピュータに実行させるように構成されており、

前記第2角度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第1角度の重みを可変して前記第2角度を算出し、且つ、

前記第2角速度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が所定量以上である場合、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量よりも小さい場合に比べて、前記角速度の重みを大きくし、且つ、

前記第2角速度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量以上である場合、前記解析手段にて解析された振動状態の振動が前記所定量よりも小さい場合に比べて、前記第1角度の重みを小さくすることを特徴とする撮像装置の制御プログラム。

【請求項24】

請求項19または23に記載の撮像装置の制御プログラムを記憶していることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高精度な傾き補正が可能な撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、加速度計などを用いて撮像装置の傾斜角度を高精度に検出し、撮像装置の傾きを自動的に補正することにより、撮影に不慣れなユーザでも撮像装置の重力方向と垂直な水平画像を簡単に撮影可能な撮像装置が提案されている。特許文献1には、撮像装置の傾きを検出して傾き補正を行うことにより、撮像素子の重力方向と垂直な水平面に対する光軸周りの傾きを補正する撮像装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平7-95466号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1のように傾き補正を行う傾き補正装置では、手振れが小さく加速度計からの出力信号において重力加速度の影響が支配的である場合、高精度な傾き補正が可能である。しかし、手振れが大きい場合、振れにより生じる加速度が重力加速度に加算されて加速度計から出力される。このため、振れによる加速度が重力加速度に加算された状態で加速度計の出力信号を用いて傾き補正を行うと、補正すべき傾きとは異なる傾きに補正が実行され、ユーザが意図しない画像が得られることになる。

【0005】

そこで本発明は、振動が大きい場合でも高精度に傾き補正が可能な制御装置、撮像装置、制御方法、プログラム、および、記憶媒体を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面としての撮像装置の制御装置は、撮像装置の振動状態を検出する第1の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度で

10

20

30

40

50

ある第1角度を算出する第1角度算出手段と、前記加速度または前記撮像装置の振動状態を検出する第2の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて前記振動状態を解析する解析手段と、前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出する第2角度算出手段と、前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行う補正手段とを有する撮像装置の制御装置であって、前記第2角度算出手段は、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第1角度の重みを可変して前記第2角度を算出する。

【0007】

本発明の他の側面としての撮像装置は、前記撮像装置の制御装置と、光学系を介して形成された光学像を光電変換して像信号を出力する撮像手段と、前記加速度を検出する第1の検出手段と、前記角速度を検出する第2の検出手段と、を有する。

10

【0008】

本発明の他の側面としての撮像装置の制御方法は、撮像装置の振動状態を検出する第1の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第1角度を算出するステップと、前記加速度または前記撮像装置の振動状態を検出する第2の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて振動状態を解析するステップと、前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出するステップと、前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行うステップとを有する撮像装置の制御方法であって、前記第2角度を算出するステップでは、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第1角度の重みを可変して前記第2角度を算出する。

20

【0009】

本発明の他の側面としての撮像装置の制御プログラムは、撮像装置の振動状態を検出する第1の検出手段により検出された加速度に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第1角度を算出するステップと、前記加速度または前記撮像装置の振動状態を検出する第2の検出手段により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて振動状態を解析するステップと、前記角速度、前記第1角度、および、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、重力方向に垂直な方向を基準とした角度である第2角度を算出するステップと、前記第2角度に基づいて前記撮像装置の水平成分の傾き補正またはあおり成分の傾き補正を行うステップと、を有する撮像装置の制御方法をコンピュータに実行させるように構成されおり、前記第2角度を算出するステップは、前記解析手段にて解析された振動状態に基づいて、前記角速度で補正される前記第1角度の重みを可変して前記第2角度を算出する。

30

【0010】

本発明の他の側面としての記憶媒体は、前記プログラムを記憶している。

【0011】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

40

【0012】

本発明によれば、振動が大きい場合でも高精度に傾き補正が可能な制御装置、撮像装置、制御方法、プログラム、および、記憶媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】各実施例における撮像装置の振れ方向の説明図である。

【図2】実施例1における撮像装置のブロック図である。

【図3】実施例1における画像切り出し処理の説明図である。

【図4】実施例1における撮像装置の角度波形の説明図である。

【図5】実施例1における制御部（傾き補正装置）のブロック図である。

50

【図6】実施例1における撮像装置による傾き補正処理を示すフローチャートである。

【図7】実施例1における撮像装置のブロック図である。

【図8】実施例2における撮像装置のブロック図である。

【図9】実施例2における撮像装置の角度波形の説明図である。

【図10】実施例2における撮像装置の角度波形の説明図である。

【図11】実施例2における撮像装置の可動範囲制限制御の説明図である。

【図12】実施例2における撮像装置の角速度波形の説明図である。

【図13】実施例2における撮像装置の角度波形の説明図である。

【図14】実施例2における撮像装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0014】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【実施例1】

【0015】

まず、本発明の実施例1における撮像装置101（カメラ）の振れ方向について説明する。図1は、撮像装置101の振れ方向の説明図である。本実施例の撮像装置101（傾き補正装置）は、傾き補正機能を有し、光軸102に対して、矢印103p、103y、103rとしてそれぞれ示されるピッチ方向（ピッチ角度）、ヨー方向（ヨー角度）、ロール方向（ロール角度）の補正が可能である。撮像装置101には、角速度検出手段（角速度計214）および加速度検出手段（加速度計213）が搭載されている。角速度計214は、矢印103p、103y、103r（ピッチ軸回り、ヨー軸回り、ロール軸回り）のそれぞれの角速度を検出する。加速度計213は、矢印104x、104y、104zとしてそれぞれ示されるx軸、y軸、z軸方向の加速度を検出する。

20

【0016】

次に、図2を参照して、撮像装置101の構成について説明する。図2は、撮像装置101のブロック図である。図2において、ズームユニット201は、変倍を行うズームレンズ、および、ズーム位置を検出するズーム位置検出手段を含む。絞り・シャッターユニット202は、絞り・シャッターを駆動する。フォーカスユニット203は、ピント調整を行うレンズを含む。ズームユニット201、絞り・シャッターユニット202、および、フォーカスユニット203は、光学系（撮影光学系）を構成する。撮像部204（撮像手段）は、CCDやCMOSなどの撮像素子を備え、光学系を構成する各レンズ群を通して入射する光を受け、その光量に応じた電荷の情報をアナログ画像データとして信号処理部205に出力する。すなわち撮像部204は、光学系を介して形成された光学像（被写体像）を光電変換して像信号（画像データ）を出力する。

30

【0017】

信号処理部205は、撮像部204から出力された電気信号（アナログ画像データ）をデジタル画像データに変換する。画像処理部206（画像処理手段）は、信号処理部205から出力されたデジタル画像データに対して、歪曲補正、ホワイトバランス調整、色補間処理など、用途に応じた加工を行う。

【0018】

40

表示部209は、例えば小型の液晶表示装置（LCD）であり、画像処理部206から出力されたデジタル画像データを表示する。フォーマット変換部207は、画像処理部206から出力されたデジタル画像データを、JPEG形式などの記録用フォーマットに変換し、画像記録部208に出力する。画像記録部208は、フォーマット変換部207により変換されたデジタル画像データを、不揮発性メモリなどの記録媒体に記録する。

【0019】

加速度計213（3軸加速計）は、図1中の矢印104x、104y、104zとして示されるx軸、y軸、z軸のそれぞれの加速度を検出して出力する。角速度計214（3軸角速度計）は、図1中の矢印103p、103y、103rとして示されるピッチ軸回り、ヨー軸回り、ロール軸回りのそれぞれの角速度を検出して出力する。電源部210は、

50

用途に応じて、撮像装置 101 の各部に電源を供給する。外部入出力端子部 211 は、外部装置との間で通信信号や映像信号（画像データ）を入出力する。操作部 212 は、撮像装置 101 を操作するための部位である。制御部 215（制御装置）は、撮像装置 101 のシステム全体を制御する。制御部 215 は、角度算出部 216（第 1 角度算出手段）、水平角度算出部 217（第 2 角度算出手段）、あおり角度算出部 218（第 2 角度算出手段）、および、画像切り出し設定部 219（設定手段）を有する。

【0020】

次に、図 3 を参照して、フレームごとに補正量に合わせて画像の一部を切り出して補正を行う電子式像振れ補正制御について説明する。図 3 は、本実施例における画像切り出し処理の説明図であり、制御部 215（画像切り出し設定部 219）および画像処理部 206 による電子式像振れ補正制御で補正された画像を示している。本実施例において、画像切り出し設定部 219 は、撮像装置 101 のロール方向における角度算出結果に基づいて、切り出し後画像が重力方向に対して垂直な水平方向を保つように回転補正を行うための補正量（傾き補正量）を算出する。

10

【0021】

図 3 において、301 は、画像処理部 206 に入力される撮影画像である。302 は、傾き補正量に基づいて回転処理を行って得られた回転画像である。303 は、電子式像振れ補正により、回転画像 302 に基づいて撮影画像 301 と同じアスペクトの内接部分を切り出して得られた出力画像である。制御部 215 は、このような出力画像 303 の切り出し処理を動画のフレームごとに行うことにより、電子像振れ補正による水平方向の傾き補正を行うことができる。また制御部 215 は、あおり方向の回転補正を行う際に、あおり角度算出結果とズーム位置情報に基づく焦点距離情報とに基づいて、あおり角度を補正するための画像シフト量を算出し、画像シフト量に合わせて画像切り出し処理を行う。制御部 215 は、このような切り出し処理を動画のフレームごとに行うことにより、電子像振れ補正によるあおり方向の傾き補正を行うことができる。

20

【0022】

次に、制御部 215 による傾き補正制御について説明する。操作部 212 を介して傾き補正機能をオンにする指示がなされた場合、制御部 215 は、傾き補正処理の開始を指示する。この傾き補正処理は、操作部 212 を介して傾き機能をオフにする指示がなされるまで継続する。制御部 215 は、加速度計 213 の出力信号、および、角速度計 214 の出力信号に基づいて、撮像装置 101 の傾き角度を算出する。そして画像処理部 206 は、制御部 215（画像切り出し設定部 219）により設定された補正量（傾き補正量）に基づいて画像切り出しを行い、傾き補正を行う。

30

【0023】

加速度計 213 の出力信号は、制御部 215 の角度算出部 216 に入力される。角度算出部 216 は、加速度計 213 の出力信号に基づいて、撮像装置 101 の傾き角度を算出する。加速度計 213 において、加速度センサは、その測定軸の X 軸が撮像素子の水平方向に、測定軸の Y 軸が撮像素子の垂直方向に、撮像装置 101 の光軸方向が Z 軸にそれぞれ向くように配置されている。角度算出部 216 は、各軸の加速度の出力信号の関係に基づいて、矢印 103p、103y、103r でそれぞれ示されるピッチ方向、ヨー方向、ロール方向における撮像装置 101 の傾き角度（ピッチ角度、ヨー角度、ロール角度としての絶対角度）を算出する。

40

【0024】

画像処理部 206 は、角度算出部 216 により算出された撮像装置 101 の絶対角度に基づいて傾き補正を行うことが可能である。ただし、傾き角度を正確に算出することができるのは、撮像装置 101 が静止している状態で外部からの加速度の影響を受けない場合、すなわち加速度計 213 により検出される加速度に関して重力加速度が支配的である場合に限られる。例えば、撮影者が撮像装置 101 を手持ちで歩行しながらの撮影、撮影者の体の一部に撮像装置 101 を固定装着しての撮影、または、車やバイクなどの乗り物に撮像装置 101 を取り付けての撮影などでは、重力加速度以外の加速度（振動加速度）の

50

影響が大きい。揺れが大きい条件で撮影する場合、振動加速度の影響を無視することができないため、傾き角度の誤算出により逆に像ブレが悪化してしまうことがある。

【 0 0 2 5 】

一方、角速度計 2 1 4 を用いて傾き角度を検出する方法が考えられる。しかし、角速度計 2 1 4 として主に用いられるジャイロセンサは、低周波ノイズや温度変化による出力オフセット変動が大きい。このため、角速度計 2 1 4 の出力信号をそのまま積分処理して、角度算出を行うことは困難である。また、角速度計 2 1 4 を振れ補正装置に用いる場合、H P F により低周波ノイズをカットして、高周波成分の角度ブレを補正する振れ補正を行うが、低周波成分はカットされているため、傾き補正を行うことはできない。

【 0 0 2 6 】

図 4 は、撮像装置 1 0 1 の角度波形（角度信号）の説明図であり、実際の撮像装置 1 0 1 のロール角度と、加速度計 2 1 3 の出力信号に基づいて角度算出部 2 1 6 により算出されたロール角度との、ある振動条件下での時系列データを示している。図 4 において、波形 4 0 1（破線）は角度算出部 2 1 6 により算出されたロール角度を示し、波形 4 0 2（実線）は実際の撮像装置 1 0 1 のロール角度を示している。期間 4 0 3 は、撮像装置 1 0 1 の振動が小さい状態であり、手振れが生じないように撮影者が撮像装置 1 0 1 をしっかり構えているような状態である。期間 4 0 4 は、撮影者が歩行ながら撮影を行っているなど、撮像装置 1 0 1 の振動が大きい状態である。

【 0 0 2 7 】

期間 4 0 3 において、波形 4 0 1 と波形 4 0 2 との差分は小さくなく（両波形は類似しており）、角度算出部 2 1 6 は撮像装置 1 0 1 の絶対角度を比較的正確に算出することができる。一方、期間 4 0 4 において、波形 4 0 1 と波形 4 0 2 との差分は大きく（両波形は大きく異なり）、角度算出部 2 1 6 は撮像装置 1 0 1 の絶対角度を正確に算出することは難しい。すなわち、振動が比較的小さい状態（期間 4 0 3）においては、加速度計 2 1 3 からの出力信号は重力加速度が支配的であるため、正確な角度の算出が可能である。一方、振動が大きな状態（期間 4 0 4）においては、加速度計 2 1 3 からの出力信号は重力加速度に加えて振動加速度を含むため、角度を誤算出する可能性が高い。そこで本実施例において、制御部 2 1 5 は、加速度計 2 1 3 により検出された振動ノイズを含む加速度に基づいて算出された角度、および、角速度計 2 1 4 により検出された低周波ノイズを含む角速度に基づいて、傾き補正用の絶対角度を算出する。

【 0 0 2 8 】

次に、図 5 を参照して、加速度計 2 1 3 により検出された角度、および、角速度計 2 1 4 により検出された角速度に基づいて、カルマンフィルタを用いた撮像装置 1 0 1 の振動条件に応じた絶対角度の算出方法について説明する。図 5 は、制御部 2 1 5（傾き補正装置）のブロック図であり、水平角度算出部 2 1 7 の内部を詳細に示している。図 5 に示されるように、水平角度算出部 2 1 7 は、振動状態解析部 5 0 1、カルマンゲイン変更部 5 0 2、および、カルマンフィルタ 5 0 3 を有する。

【 0 0 2 9 】

角度算出部 2 1 6 は、加速度計 2 1 3 により検出された加速度（加速度情報）に基づいて、ロール角度を算出する。角度算出部 2 1 6 により算出されたロール角度、および、角速度計 2 1 4 により検出されたロール角速度は、カルマンフィルタ 5 0 3 に入力される。

【 0 0 3 0 】

次に、カルマンフィルタ 5 0 3 を用いた絶対角度算出方法について説明する。ここで、状態変数を $x = [\text{angle} \quad \text{Gyro bias}]^T$ （angle：絶対角度、Gyro bias：角速度計 2 1 4 のオフセットバイアス成分）、カルマンフィルタ 5 0 3 による算出のサンプリング周期を dt とする。また、出力 y を角度算出部 2 1 6 から出力される絶対角度（ロール角度）、入力 u を角速度計 2 1 4 から出力される角速度（ロール角速度）とする。このとき、以下の式（1）、（2）のような状態方程式で表すことができる。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

【数 1】

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= Ax_k + Bu_k + Gw_k \\ y_k &= Cx_k + v_k \end{aligned} \quad \dots \quad (1)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -dt \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} dt \\ 0 \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$C = [1 \quad 0], \quad D = [0]$$

10

20

【 0 0 3 2 】

【数 2】

$$\begin{aligned} E[w(t)] &= 0, & E[w(t)w^T(\tau)] &= Q\delta(t-\tau) \\ E[v(t)] &= 0, & E[v(t)v^T(\tau)] &= R\delta(t-\tau) \end{aligned} \quad \dots \quad (2)$$

【 0 0 3 3 】

式(1)、(2)において、 w_k はシステム雑音(角速度計 2 1 4 のノイズ)、 v_k は観測雑音(加速度計 2 1 3 を用いた角度算出の際のノイズであり、主に振動加速度によるノイズ)である。

30

【 0 0 3 4 】

また、式(1)、(2)より、以下の式(3)~(7)で表されるように、カルマンゲイン g_k および状態推定値 \hat{x}_k が求められる。

【 0 0 3 5 】

(事前予測ステップ)

【 0 0 3 6 】

【数 3】

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1} \quad \dots \quad (3)$$

40

【 0 0 3 7 】

【数 4】

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + BQB^T \quad \dots \quad (4)$$

【 0 0 3 8 】

(フィルタリングステップ)

【 0 0 3 9 】

【数5】

$$g_k = \frac{P_k^- C^T}{C P_k^- C^T + R} \quad \dots \quad (5)$$

【0040】

10

【数6】

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + g_k (y_k - C \hat{x}_k^-) \quad \dots \quad (6)$$

【0041】

【数7】

$$P_k = (I - g_k C) P_k^- \quad \dots \quad (7)$$

20

【0042】

ここで、システム雑音の分散 $Q = \omega^2$ と観測雑音の分散 $R = \nu^2$ は、以下のように設定される。システム雑音の分散 Q の設定値は、入力端に加わるシステム雑音である角速度計 214 のセンサノイズから設定する。観測雑音の分散 R は、出力信号である角度算出部 216 の出力である角度に含まれるノイズ（加速度計 213 への振動加速度の影響によるノイズ）から設定する。

【0043】

Q 、 R の大きさに応じて、カルマンゲイン g_k は変化する。分散 Q は、角速度計 214 の出力ノイズによるため、ある条件に応じて変化するとはなく一定値として設定される。一方、分散 R は、加速度計 213 が受ける振動加速度ノイズの影響を受けるため、撮像装置 101 の振動条件に応じて変化する。撮像装置 101 をしっかり構えて撮影する場合や、三脚に固定しての撮影条件においては、ほとんど振動加速度は発生しないため、分散 R は小さく設定されることが好ましい。一方、撮像装置 101 を撮影者が手持ちで歩行しながらの撮影、体の一部に撮像装置 101 を固定装着しての撮影、車やバイクなどの乗り物に撮像装置 101 を取り付けての撮影などにおいては、振動加速度が大きいため、分散 R は大きく設定されることが好ましい。しかし、振動による加速度の大きさがそれぞれ異なることから、カルマンゲイン g_k を一定値にして振動条件によらず絶対角度を算出することは困難である。

30

【0044】

40

そこで、振動条件に合わせたカルマンゲイン g_k を設定することができれば、簡単な構成で撮像装置 101 の振動条件に応じた最適な絶対角度の算出が可能となる。このため、加速度計 213 の出力と角速度計 214 の出力とを振動状態解析部 501 に入力し、各センサ情報から撮像装置の振動状態を検出する。カルマンゲイン変更部 502 は、検出された振動状態に応じて、振動状態ごとにカルマンゲイン g_k を変更し、変更したカルマンゲイン g_k をカルマンフィルタ 503 に反映させる。これにより、簡単な構成で振動状態に合わせた最適な絶対角度算出を行うことができる。

【0045】

次に、振動状態解析部 501 による振動状態解析について説明する。まず、加速度計 213 の出力信号を用いた振動状態解析方法について説明する。角度算出部 216 の出力信

50

号に加わる振動ノイズは、加速度計 2 1 3 から重力加速度に加えて出力される振動加速度の大きさに応じて決定される。そこで、加速度計 2 1 3 の出力信号から撮像装置 1 0 1 が受ける重力以外の加速度の大きさを検出することにより、振動状態を算出する。

【 0 0 4 6 】

ここで、加速度計 2 1 3 の出力信号から重力以外の加速度の影響を判定する方法の一例について説明する。撮像装置 1 0 1 が静止している状態で外部装置からの加速度の影響を受けない状態にある場合、加速度計 2 1 3 により検出される加速度は、重力加速度 1 G (= 9 . 8 m / s ²) のみである。加速度計 2 1 3 は、X 軸、Y 軸、Z 軸のそれぞれが直交した関係を有し、それぞれの軸において加速度を検出可能な 3 軸加速度センサである。ここで、重力加速度以外の加速度を受けない状態であれば、3 軸で検出した加速度を合成したときの加速度は重力加速度になる。

10

【 0 0 4 7 】

合成加速度を a 、X 軸の加速度を x 、Y 軸の加速度を y 、Z 軸の加速度を z とすると、重力加速度以外の加速度を受けない状態であれば、以下の式 (8) のように表わされる。

【 0 0 4 8 】

$$\begin{aligned} \text{合成加速度} &= (x^2 + y^2 + z^2) \\ &= \text{重力加速度} \quad \dots (8) \end{aligned}$$

一方、重力加速度以外に加速度の影響を受けている場合、合成加速度は重力加速度となる。このため、重力加速度以外に撮像装置 1 0 1 に加わる加速度成分を振れ加速度 a_r とすると、振れ加速度 a_r は、合成加速度から重力加速度を減算した成分により抽出可能である (振れ加速度 $a_r = \text{合成加速度} - \text{重力加速度}$)。ここで、振れ加速度 a_r の絶対値がある時間範囲内で、所定閾値を超えた回数を所定閾値と比較し、所定閾値以下であれば揺れ小さい状態、所定閾値より大きければ揺れ大きい状態と判定する方法により、振動状態を検出することができる。また、他の方法として、振れ加速度 a_r の信号の絶対値から移動平均や L P F などによって生成した信号を所定閾値と比較し、所定閾値以下であれば揺れ小さい状態、所定閾値より大きければ揺れ大きい状態と判定する方法により、振動状態を検出することもできる。

20

【 0 0 4 9 】

次に、角速度計 2 1 4 の出力信号を用いた振動状態解析方法について説明する。水平角度算出部 2 1 7 における振動状態解析部 5 0 1 による振動状態検出の際に、角速度計 2 1 4 から出力されたロール角速度が入力される。ここで、ロール角速度には、角速度計ノイズである低周波成分ノイズが含まれる。このため、H P F を通した後、絶対値変換を行う。そして、所定時間内で絶対値変換後のロール角速度が所定閾値を超えた回数を所定閾値と比較し、所定閾値以下であれば揺れ小さい状態、所定閾値より大きければ揺れ大きい状態と判定する方法により、振動状態を検出することができる。また、他の方法として、絶対値変換後のロール角速度の信号から移動平均や L P F などによって生成した信号を所定閾値と比較し、所定閾値以下であれば揺れ小さい状態、所定閾値より大きければ揺れ大きい状態と判定する方法により、振動状態を検出することもできる。

30

【 0 0 5 0 】

前述のように角度算出部 2 1 6 により算出されたロール角度に対しては、角速度計 2 1 4 から出力されたロール角速度を用いて振動状態を検出する。また、あおり角度算出部 2 1 8 によるあおり方向検出において、あおり方向がピッチ方向の場合、角速度計 2 1 4 からピッチ角速度を用いて振動状態を検出し、あおり方向がヨー方向の場合、角速度計 2 1 4 からヨー角速度を用いて振動状態を検出する。または、ピッチ角速度とヨー角速度とロール角速度との加算値を用いて振動状態を検出してもよい。

40

【 0 0 5 1 】

前述の方法により、振動状態解析部 5 0 1 は、加速度計 2 1 3 の出力信号または角速度計 2 1 4 の出力信号のいずれを用いても振動状態を検出することは可能である。ここで、加速度計 2 1 3 の出力信号を用いた振動状態と、角速度計 2 1 4 の出力信号を用いた振動

50

状態との両方の状態を用いることで、より正確な振動状態を検出することができる。すなわち、加速度計 2 1 3 と角速度計 2 1 4 のいずれか一方の出力信号を用いて振動が大きいと判定された場合、揺れ大きい状態と判定し、両方の振動が小さいと判定された場合、揺れ小さい状態と判定することができる。

【 0 0 5 2 】

振動状態解析部 5 0 1 により検出された振動状態は、カルマンゲイン変更部 5 0 2 に入力され、予め振動状態に合わせてパラメータ化されたカルマンゲインが選択される。選択されたカルマンゲインは、カルマンフィルタ 5 0 3 に入力され、カルマンフィルタ 5 0 3 内のカルマンゲインが設定され、振動状態に合わせた絶対角度が算出されて、画像切り出し設定部 2 1 9 へ送られる。このように、水平角度算出部 2 1 7 はロール絶対角度を算出
10
することができる。また、あおり角度算出部 2 1 8 に関しても、角度算出部 2 1 6 から出力されるピッチ角度またはヨー角度、および、角速度計 2 1 4 の出力信号のピッチ角速度、ヨー角速度から、図 5 を参照して説明した方法と同様に算出を行うことが可能である。

【 0 0 5 3 】

次に、図 6 を参照して、本実施例における撮像装置 1 0 1 の傾き補正処理について説明する。図 6 は、撮像装置 1 0 1 の傾き補正処理を示すフローチャートである。図 6 のフローは、撮像装置 1 0 1 の電源がオンで操作部 2 1 2 を介して傾き補正機能オンの指示がなされた場合に開始し、所定のサンプリング周期で繰り返される。また図 6 の各ステップは、主に制御部 2 1 5 により実行される。

【 0 0 5 4 】

まずステップ S 6 0 1 において、制御部 2 1 5 は、角速度計 2 1 4 からの出力信号（角速度計 2 1 4 により検出された角速度）を取り込む。そしてステップ S 6 0 2 において、制御部 2 1 5 は、加速度計 2 1 3 からの出力信号（加速度計 2 1 3 により検出された加速度）を取り込む。続いてステップ S 6 0 3 において、角度算出部 2 1 6 は、加速度計 2 1 3 の 3 軸加速度出力値からロール角度、ピッチ角度、および、ヨー角度を算出する。
20

【 0 0 5 5 】

続いてステップ S 6 0 4 において、水平角度算出部 2 1 7 は、角度算出部 2 1 6 により算出されたロール角度を第 1 水平角度として設定する。そしてステップ S 6 0 5 において、あおり角度算出部 2 1 8 は、角度算出部 2 1 6 により算出されたロール角度に基づいて、ピッチ角度とヨー角度のいずれか一方を第 1 あおり角度とするかを判定する。あおり角度算出部 2 1 8 は、その判定の結果、ピッチ角度またはヨー角度のいずれか一方を第 1 あおり角度として設定する。例えば、ロール角度が所定角度範囲内（例えば、撮像装置 1 0 1 の正位置 0 度を基準として ± 45 度以内の角度、 135 度 ~ 180 度の範囲の角度、または、 -135 度 ~ -180 度の範囲の角度）であれば、ピッチ角度を第 1 あおり角度として設定する。一方、ロール角度が所定角度範囲外であれば、ヨー角度を第 1 あおり角度として設定する。
30

【 0 0 5 6 】

続いてステップ S 6 0 6 において、振動状態解析部 5 0 1 は、振動解析を行い、撮像装置 1 0 1 の振動が大きい状態であるか小さい状態かを判定する。そしてステップ S 6 0 7 において、あおり角度算出部 2 1 8 は、ステップ S 6 0 5 にて算出された第 1 あおり角度が所定範囲（例えば、撮像装置 1 0 1 の正位置を基準として、 ± 30 度）内であるか否かを判定する。第 1 あおり角度が所定範囲内である場合、ステップ S 6 0 8 へ進む。一方、第 1 あおり角度が所定範囲外である場合、ステップ S 6 1 3 へ進む。
40

【 0 0 5 7 】

ステップ S 6 0 8 において、制御部 2 1 5 は、カウンタ A をインクリメントする。そしてステップ S 6 0 9 において、制御部 2 1 5 は、カウンタ A が閾値 B（所定の閾値）よりも大きいか否かを判定する。カウンタ A が閾値 B よりも大きい場合、ステップ S 6 1 0 へ進む。そしてステップ S 6 1 0 において、制御部 2 1 5 はカウンタ A に閾値 B を設定し、ステップ S 6 1 1 へ進む。一方、ステップ S 6 0 9 にてカウンタ A が閾値 B 以下である場合、ステップ S 6 1 1 へ進み、カウンタ A が閾値 B より大きな値にならないように処理さ
50

れる。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 6 1 1 において、ステップ S 6 0 6 にて判定された振動状態に基づいて、制御部 2 1 5 (振動状態解析部 5 0 1) は、振動が小さい状態であるか否かを判定する。例えば制御部 2 1 5 は、振動が所定量よりも小さい場合には振動が小さい状態であると判定し、振動が所定量以上である場合には振動が大きい状態であると判定する。振動が小さい状態である場合、ステップ S 6 1 2 へ進む。ステップ S 6 1 2 において、カルマンゲイン変更部 5 0 2 は、カルマンゲインとして G_a を設定し、ステップ S 6 1 7 へ進む。ここで、カルマンゲイン G_a は、観測雑音の分散 R が小さくなるように設定されている。これは、振動が小さい状態である場合、加速度計 2 1 3 の出力の振動ノイズが小さく、加速度計 2 1 3 の出力から正確な水平角度を算出することができているためである。

10

【 0 0 5 9 】

一方、ステップ S 6 1 1 にて振動が小さい状態ではないと判定された場合、ステップ S 6 1 6 へ進む。ステップ S 6 1 6 において、カルマンゲイン変更部 5 0 2 は、カルマンゲインとして G_b を設定し、ステップ S 6 1 7 へ進む。カルマンゲイン G_b は、振動が大きい状態のカルマンゲインとして設定される。カルマンゲイン G_b は、観測雑音の分散 R が大きくなるように設定されている。振動が大きい状態である場合、加速度計 2 1 3 の出力の振動ノイズが大きく、正確な水平角度を算出することは難しい。そこで角速度計 2 1 4 の出力で補正する重みを大きくすることにより、カルマンフィルタ 5 0 3 を用いて信頼の高い角度 (絶対角度) を算出することができる。このように振動状態に合わせたカルマンゲインを設定することにより、カルマンフィルタ 5 0 3 から算出される絶対角度は、信頼の高い角度となる。

20

【 0 0 6 0 】

一方、ステップ S 6 0 7 にて第 1 あおり角度が所定範囲外である場合、ステップ S 6 1 3 において、制御部 2 1 5 はカウンタ A をデクリメントし、ステップ S 6 1 4 へ進む。ステップ S 6 1 4 において、制御部 2 1 5 は、カウンタ A が 0 よりも小さいか否かを判定する。カウンタ A が 0 よりも小さい場合、ステップ S 6 1 5 において、制御部 2 1 5 はカウンタ A を 0 に設定し、ステップ S 6 1 6 へ進む。一方、ステップ S 6 1 4 にてカウンタ A が 0 以上である場合、ステップ S 6 1 6 へ進み、カウンタ A が 0 よりも小さい値にならないように処理される。そしてステップ S 6 1 6 において、カルマンゲイン変更部 5 0 2 は、カルマンゲインとして G_b を設定し、ステップ S 6 1 7 へ進む。ここで、カルマンゲイン G_b は、観測雑音の分散 R が大きくなるように設定されている。あおり傾き角度が大きい場合、水平傾き角度を算出する際の誤差が大きくなり、正確な水平傾き補正を行うことが難しくなるため、このような処理を行う。

30

【 0 0 6 1 】

続いてステップ S 6 1 7 において、制御部 2 1 5 (角度算出部 2 1 6 、 水平角度算出部 2 1 7) は、ステップ S 6 0 4 にて算出された第 1 水平角度にカウンタ A を乗算し、閾値 B で除算する。これにより、 A / B の値は、0 から 1 の間において設定され、第 1 あおり角度が所定範囲内である場合、 A / B の値は 1 となり、第 1 水平角度の値がそのまま第 1 水平角度算出目標値に設定される。また、第 1 あおり角度が所定範囲外に所定時間設定されている場合、 A / B の値は 0 になり、第 1 水平角度算出目標値は 0 に設定される。また、あおり角度の切り替わり期間は、ステップ S 6 0 7 ~ S 6 1 7 におけるカウンタ A の算出処理により、 A / B の値は 0 から 1 の間で設定されており、切り替わりをなめらかにすることができるようにしている。このため、あおり角度が所定値で切り替わった瞬間から、所定時間かけて第 1 水平角度差出目標値を第 1 水平角度または 0 につなげることが可能である。ステップ S 6 0 7 ~ S 6 1 7 において、あおり傾き角度が大きく、正確な水平傾き補正を行うことが難しい場合、角速度計 2 1 4 の出力の重みを大きくして角度を算出することにより、大きな傾き角度の出力誤差を低減することができる。

40

【 0 0 6 2 】

続いてステップ S 6 1 8 において、制御部 2 1 5 (水平角度算出部 2 1 7) は、カルマ

50

ンフィルタ503を用いて第2水平角度を算出する。第2水平角度は、ステップS617にて角度算出部216により算出された第1水平角度算出目標値、角速度計214からの出力信号でありステップS601にて取り込まれた角速度、および、設定されたカルマンゲインに基づいて算出される。

【0063】

続いてステップS619において、制御部215（水平角度算出部217）は、第1水平角度が所定範囲（例えば ± 30 度）内であるか否かを判定する。第1水平角度が所定範囲内である場合、ステップS620へ進む。一方、第1水平角度が所定範囲外である場合、ステップS625へ進む。

【0064】

ステップS620において、制御部215は、カウンタCをインクリメントし、ステップS621に進む。続いてステップS621において、制御部215は、カウンタCが閾値D（所定の閾値）よりも大きいかなんかを判定する。カウンタCが閾値Dよりも大きい場合、ステップS622において、制御部215はカウンタCに閾値Dを設定し、ステップS623へ進む。一方、ステップS621にてカウンタCが閾値D以下である場合、ステップS623へ進み、カウンタCが閾値Dよりも大きな値にならないように処理される。

【0065】

ステップS623において、ステップS606にて判定された振動状態の結果に基づいて、ステップS606にて判定された振動状態に基づいて、制御部215（振動状態解析部501）は、振動が小さい状態であるか否かを判定する。振動が小さい状態である場合、ステップS624へ進む。ステップS624において、カルマンゲイン変更部502は、カルマンゲインとしてG_aを設定し、ステップS629へ進む。一方、ステップS623にて振動が小さい状態ではないと判定された場合、ステップS628において、カルマンゲイン変更部502は、カルマンゲインとしてG_bを設定し、ステップS629へ進む。振動状態に応じたカルマンゲインの変更による効果は、ステップS612、S616にて説明した効果と同様であり、振動状態に合わせた適切な絶対角度算出を行うことができる。

【0066】

一方、ステップS619にて第1水平角度が所定範囲外である場合、ステップS625において、制御部215はカウンタCをデクリメントし、ステップS626へ進む。ステップS626において、制御部215は、カウンタCが0よりも小さいかなんかを判定する。カウンタCが0よりも小さい場合、ステップS627において、制御部215はカウンタCを0に設定し、ステップS628へ進む。一方、ステップS626にてカウンタCが0以上である場合、ステップS628へ進み、カウンタCが0よりも小さい値にならないように処理される。そしてステップS628において、カルマンゲイン変更部502は、カルマンゲインとしてG_bを設定し、ステップS629へ進む。これにより、ステップS616にて説明した効果と同様に、正確なあおり角度を算出することが難しい場合において、あおり角度の誤算出による制御性の劣化を低減することができる。

【0067】

ステップS629において、制御部215（角度算出部216、あおり角度算出部218）は、ステップS605にて算出された第1あおり角度にカウンタCを乗算し、閾値Dで除算する。これにより、C/Dの値は、0から1の間において設定され、第1水平角度が所定範囲内である場合、C/Dの値は1となり、第1あおり角度の値がそのまま第1あおり角度算出目標値に設定される。また、第1水平角度が所定範囲外に所定時間設定されている場合、C/Dの値は0になり、第1あおり角度算出目標値は0に設定される。また、水平角度の切り替わり期間は、ステップS619～S627におけるカウンタCの算出処理により、C/Dの値は0から1の間で設定されており、切り替わりをなめらかにすることができるようにしている。このため、水平角度が所定値で切り替わった瞬間から、所定時間かけて第1あおり角度差出目標値を第1あおり角度または0につなげることが可能である。ステップS619～S629において、正確なあおり傾き補正を行うことが

10

20

30

40

50

難しい水平角度の場合、角速度計 2 1 4 の出力の重みを大きくして角度を算出することにより、大きな傾き角度の出力誤差を低減することができる。

【 0 0 6 8 】

続いてステップ S 6 3 0 において、制御部 2 1 5 (あおり角度算出部 2 1 8) は、カルマンフィルタ 5 0 3 を用いて第 2 あおり角度を算出する。第 2 あおり角度は、ステップ S 6 2 9 にて角度算出部 2 1 6 により算出された第 1 あおり角度算出目標値、角速度計 2 1 4 からの出力信号でありステップ S 6 0 1 にて取り込まれた角速度、および、設定されたカルマンゲインに基づいて算出される。

【 0 0 6 9 】

続いてステップ 6 3 1 において、画像切り出し設定部 2 1 9 は、ステップ S 6 1 8 にて算出された第 2 水平角度、および、ステップ S 6 3 0 にて算出された第 2 あおり角度に基づいて、角度を補正するための画像切り出し領域を設定する。そして画像処理部 2 0 6 は、画像切り出し設定部 2 1 9 により設定された画像切り出し領域に従って画像を切り出し、角度補正を行う。これにより、図 6 に示される傾き補正ルーチンは終了する。角度補正処理は、所定のサンプリング周期で行われ、算出された第 1 水平角度および第 2 あおり角度に基づいて行われる。

【 0 0 7 0 】

以上のとおり、撮像装置 1 0 1 の角度に応じて、動画のフレームごとに撮影画像に回転処理を行って切り出し処理を行う。これにより、振動状態に左右されず、広い周波数帯域で撮像素子の重力方向と垂直な平面に対する傾き補正を高精度に行うことができる。また、動画撮影のみでなく静止画撮影の際においても、静止画撮影中の撮像装置の絶対角度を算出し、求められた絶対角度に基づいて撮影画像の回転処理を行うことにより、傾き補正を行うことが可能である。

【 0 0 7 1 】

また、算出された絶対角度に基づいて、光学レンズや撮像素子をシフトさせて光学式に補正する方法を用いて傾き補正を行うこともできる。また、撮像素子を光軸を中心とした回転動作をさせることにより補正してもよく、光学レンズと撮像素子が一体化された鏡筒を、絶対角度に基づいて回転させることにより補正してもよい。いずれの方法を用いても、振動状態に左右されず、広い周波数帯域で撮像素子の重力方向と垂直な平面に対する傾きを高精度に補正することができる。ただし、光学式に補正を行う場合、あおり方向の補正のみで水平方向の補正を行うことはできない。また、撮像素子を光軸を中心とした回転動作により補正する場合、水平方向の補正のみであおり方向の補正は行うことはできない。

【 0 0 7 2 】

次に、図 7 を参照して、本実施例におけるメカ駆動による傾き補正処理について説明する。図 7 は、撮像装置 1 0 1 a のブロック図であり、レンズ (光学シフトレンズ) をシフト駆動する機構と、撮像素子を回転駆動する機構とを有する構成を示している。

【 0 0 7 3 】

水平角度算出部 2 1 7 およびあおり角度算出部 2 1 8 は、加速度計 2 1 3 および角速度計 2 1 4 の出力信号に基づいて、水平補正角度およびあおり補正角度を算出する。このときの処理は、図 2 を参照して説明した方法と同様である。図 7 に示されるように、あおり角度算出部 2 1 8 の出力信号は、補正レンズ駆動部 7 0 1 (駆動手段) に入力される。補正レンズ駆動部 7 0 1 は、ズームユニット 2 0 1 から得られたズーム位置情報により算出される焦点距離と、レンズ敏感度とに基づいて、あおり角度算出部 2 1 8 からの出力信号を増幅し、シフトレンズ目標値として設定する。これは、レンズの光学情報の変化によりシフトレンズの振れ補正ストロークに対する撮像装置 1 0 1 a の像面での振れ補正敏感度の変化を補正するためである。補正レンズ駆動部 7 0 1 は、シフトレンズ目標値に応じて、シフトレンズ部 7 0 3 (補正レンズ) をシフト駆動する (光軸 1 0 2 と直交する方向に移動させる) ことにより、あおり角度補正を行う。

【 0 0 7 4 】

水平角度算出部 2 1 7 からの出力信号は、撮像素子回転駆動部 7 0 2 に入力される。撮像素子回転駆動部 7 0 2 (駆動手段)は、水平角度算出部 2 1 7 から得られた回転目標値に応じて、撮像素子回転部 7 0 4 を駆動することにより、水平角度補正を行う。以上の方法により、メカ駆動による傾き補正を行うことができる。なお本実施例において、駆動手段は、シフトレンズ部 7 0 3 と撮像部 2 0 4 (撮像素子)とが一体化した筐体を駆動するように構成してもよい。

【実施例 2】

【0075】

次に、本発明の実施例 2 における撮像装置について説明する。実施例 1 では、振動状態に応じた絶対角度算出により傾き補正を行う方法を説明した。しかし実際には、傾き補正可能な範囲(可動範囲)は限られていることが多い。例えば、画像切り出しによる電子像振れ補正を行う場合、予め決められた画像を切り出す割合に応じて傾き補正可能な範囲は限定される。また、メカ機構を用いた角度補正においても、メカ機構の最大駆動可能量に応じて補正可能範囲は限定される。

10

【0076】

このため、実施例 1 にて算出された絶対角度を用いて傾き補正を行った場合、可動範囲を超えると、最大補正角度に張りついてしまうため、高周波成分の振れ補正も効かなくなり、像揺れによる画像の乱れが目立つことがある。そこで本実施例では、限られた可動範囲の中で、傾き補正と振れ補正(高周波の角度補正)とを適切に行うことができる方法について説明する。

20

【0077】

図 8 は、本実施例における撮像装置 1 0 1 b (傾き補正装置)のブロック図であり、図 5 を参照して説明した実施例 1 の撮像装置 1 0 1 と同一部分には同一符号を付している。本実施例の撮像装置 1 0 1 b は、角速度計 2 1 4 の出力信号から低周波成分をカットして積分により角度を算出した低周波除去角度と、カルマンフィルタ 5 0 3 を用いて算出された絶対角度とを合成して、傾き補正の可動範囲内で傾き補正と振れ補正とを行う。この点で、本実施例の撮像装置 1 0 1 b は、カルマンフィルタ 5 0 3 を用いて算出した角度を画像切り出し設定部 2 1 9 に入力し、撮影画像に回転の切り出し処理を行って傾き補正を行う実施例 1 の撮像装置 1 0 1 とは異なる。

30

【0078】

角速度計 2 1 4 の出力信号は、HPF 8 0 1 (ハイパスフィルタ)に入力される。そして、この信号は HPF 8 0 1 においてその DC 成分がカットされた後、可動範囲制限部 8 1 0 に入力され、設定された可動範囲内に低周波除去角度が収まるように HPF 付角速度が信号処理される。可動範囲制限部 8 1 0 による処理については後述する。可動範囲制限部 8 1 0 の出力信号である角速度は、積分器 8 0 2 にて積分処理され、低周波除去振れ補正角度が算出される。カルマンフィルタ 5 0 3 から出力された絶対角度、および、積分器 8 0 2 の出力信号は、減算器 8 0 4 に入力される。減算器 8 0 4 は、カルマンフィルタ 5 0 3 からの絶対角度から低周波除去振れ補正角度を減算する。

【0079】

図 9 は、撮像装置 1 0 1 b の角度波形の説明図である。図 9 において、9 0 1 はカルマンフィルタ 5 0 3 から出力された絶対角度、9 0 2 は積分器 8 0 2 から出力された低周波除去振れ補正角度、9 0 3 は減算器 8 0 4 の出力をそれぞれ示している。

40

【0080】

減算器 8 0 4 の出力は ± 45 度変換部 8 0 3 に入力される。 ± 45 度変換部 8 0 3 は、減算器 8 0 4 からの入力信号を、 ± 180 度の角度値から ± 45 度の角度値に変換する。ここでは、撮像素子が重力方向に対して垂直な方向に位置しているときの撮像装置 1 0 1 b の傾きを 0 度(正位置)とする。そして、減算後の角度が $+45$ より大きく、 $+135$ 以下の場合、 ± 45 度変換部 8 0 3 は、撮像装置 1 0 1 b の角度から 90 度を減算する。また、絶対角度が $+135$ 度より大きく、 $+180$ 度以下の場合、 ± 45 度変換部 8 0 3 は、撮像装置 1 0 1 b の角度から 180 度を減算する。また、絶対角度が -45 度以下

50

で - 135 度より大きい場合、 ± 45 度変換部 803 は、撮像装置 101b の角度に 90 度を加算する。また、絶対角度が - 135 度以下で - 180 度より大きい場合、 ± 45 度変換部 803 は、撮像装置 101b の角度に 180 度を加算する。このような処理により、撮像装置 101b の角度が 0 度、90 度、- 90 度、180 度を中心とした ± 45 度範囲の角度に変換される。

【0081】

これは、傾き補正を行う基準姿勢を決定するための処理である。基準姿勢は、撮像装置 101b が横位置（正位置）で構えられているか、縦位置に構えられているかにより異なる。撮像装置 101b が横位置で構えられている場合、撮像素子の左右方向軸が重力方向と垂直となっている姿勢を基準姿勢、そのときの角度を基準角度（0 度）とし、基準角度に対して水平を保つように傾き補正を行う。撮像装置 101b が縦位置で構えられている場合、撮像素子の上下方向が重力方向と垂直になっている姿勢を基準姿勢とするため、撮像装置 101b の正位置から ± 90 度回転させた位置をそれぞれ基準角度（0 度）として傾き補正を行う。

10

【0082】

± 45 度変換部 803 の出力信号は、可変ゲイン 808 に入力される。可変ゲイン 808 のゲインは、0 から 1 の間で設定されており、可変ゲイン 808 の出力信号および積分器 802 の出力信号は、加算器 809 に入力され、ゲイン乗算後の信号（出力 903 をゲイン乗算した信号）と低周波除去振れ補正角度 902 とが加算される。

20

【0083】

ここで、可変ゲイン 808 のゲインが 1 の場合、加算器 809 の出力は、カルマンフィルタ 503 の出力である絶対角度を ± 45 度変換した値と同じ値になる。また、可変ゲイン 808 のゲインが 0 の場合、加算器 809 の出力は、積分器 802 の出力である低周波除去振れ補正角度 902 と同じ値になる。可変ゲイン 808 のゲインが 1 から 0 の間の場合、そのゲインの大きさに応じて、絶対角度と低周波除去振れ補正角度との合成比率が変更される。加算器 809 の出力である補正角度は、画像切り出し設定部 219 に入力され、補正角度に基づいた画像切り出しにより傾き補正が行われる。

【0084】

次に、可変ゲイン 808 のゲインの設定方法について説明する。 ± 45 度変換部 803 の出力は、絶対値変換部 805 にも入力され、絶対値に変換される。絶対値変換部 805 の出力は、ゲインテーブル 806 に入力される。ここでゲインテーブル 806 は、例えば、絶対値変換後角度が所定の第 1 角度閾値以内である場合、ゲインを 1 に設定する。またゲインテーブル 806 は、絶対値変換後角度が所定の第 2 角度閾値以上である場合、ゲインを 0 に設定する。またゲインテーブル 806 は、絶対値変換後角度が所定の第 1 角度閾値と所定の第 2 角度閾値との間である場合、ゲインが 1 から 0 の間を線形補間するようなテーブルである。ここでは、2 ポイントでテーブルを作成し、その間は線形補間するようにしているが、2 ポイント以上のテーブルを作成することもできる。

30

【0085】

図 9 において、減算器 804 の出力 903 が第 1 角度閾値に設定された範囲 904 内にある場合、ゲインは 1 に設定される。一方、出力 903 が範囲 904 外にある場合、ゲインは 1 から値が小さくなり、所定の第 2 角度閾値以上でゲインが 0 に設定される。

40

【0086】

また、ゲインテーブル 806 には、振動状態解析部 501 の出力も入力されており、ゲインテーブル 806 は振動状態に応じて変更される。例えば、ゲインテーブル 806 の所定の第 1 角度閾値の大きさを、「振動状態小時」>「振動状態中時」>「振動状態大時」のように変化させる。これにより、振動が小さい場合には揺れによる像揺れが目立たないため、傾き補正を可動範囲内においてできるだけ大きな範囲を利用することにより、傾き補正の補正効果を優先する。一方、振動が大きい場合、低周波の傾き補正を可動範囲内において大きな範囲を利用すると、高周波の傾き補正で可動範囲を超え、振れ補正不能による像揺れが発生する可能性がある。このため、傾き補正を制限することにより、振れ補正

50

の効果を得られる。

【0087】

ゲインテーブル806から出力されるゲインは、Gain変更部807に入力される。Gain変更部807には、角度算出部216から出力されるあおり角度も同時に入力される。ここで、あおり角度が所定範囲内にある場合（例えば-30度～+30度）、Gain変更部807は、角度算出部216により算出された水平角度が信頼の高い信号であると判定し、ゲインテーブル806の出力であるゲインをそのまま可変ゲイン808へ出力する。一方、あおり角度が所定範囲外である場合、Gain変更部807は、角度算出部216により算出された水平角度が信頼性の低い信号であると判定し、ゲインテーブル806の出力であるゲインを所定時間かけて徐々に0になるように設定する。また、あおり角度が所定範囲内に遷移すると、Gain変更部807は、所定時間かけて徐々にゲインテーブル806の出力であるゲイン値に設定し直す。このように、あおり角度が所定範囲外である場合、水平角度の誤算出による傾き補正の誤算出を回避するため、積分器802の出力である低周波除去振れ補正角度信号で角度補正を行う。その結果、傾き補正の誤作動による制御不具合を低減しつつ、振れ補正を行うことが可能となる。

10

【0088】

図10は、撮像装置101bの角度波形の説明図であり、加算器809の出力である補正角度の波形の一例を示している。1001は加算器809の出力、1002は傾き補正の可動範囲をそれぞれ示している。

20

【0089】

加算器809の出力1001は、できるだけ可動範囲1002内に位置するように算出され、図9の範囲904内の場合には可変ゲインが1に設定されるため、加算器809の出力1001と絶対角度901とは互いに一致する。一方、図9の範囲904外の場合、可変ゲインが1より小さい値に設定される。このため、可変ゲインの大きさに応じて、図9の絶対角度901と低周波除去振れ補正角度902との合成比率が変更され、最終的に可動範囲1002内に位置するように算出された補正角度（出力1001）を求めることができる。

【0090】

本実施例の方法によれば、限られた可動範囲の中で、傾き補正の補正角度を算出することができる。このため、撮像装置101bの絶対角度が可動範囲を超えた場合でも、手ブレによる高周波成分の振れ補正制御の性能を損なうことなく、撮像装置101bの絶対角度が可動範囲を超えた場合においても可動範囲に近い角度では効果的に傾き補正を行うことができる。

30

【0091】

次に、可動範囲制限部810について説明する。可動範囲制限部810は、HPF801の出力を入力し、HPF付角速度が所定可動範囲内に収まるように信号処理を行い、処理後の信号を積分器802へ出力する。可動範囲制限部810には、HPF801の出力に加えて、積分器802の出力である低周波除去振れ補正角度と、±45度変換部803の出力も入力される。

【0092】

±45度変換部803の出力である絶対角度901が、範囲1002を超えたとき、積分器802の出力である低周波除去振れ補正角度で角度補正を行うが、低周波除去振れ補正角度も範囲1002内で制御する必要がある。このため、低周波除去振れ補正角度が範囲1002内に収まるように、可動範囲制限部810はHPF801からの出力を制限する。

40

【0093】

図11は、撮像装置101bの可動範囲制限制御の説明図であり、可動範囲制限部810および積分器802で処理される信号の時系列データを示している。図11(a)中の1101は、HPF801の出力であるHPF付角速度である。図11(b)中の1103は、HPF付角速度1101を積分して角度算出した信号である。可動範囲に制限がな

50

い場合、補正角度は信号 1 1 0 3 のようになる。

【 0 0 9 4 】

しかし、可動範囲には限りがあり、ここで防振可動範囲が図 1 1 (b) 中の角度 A 2 と角度 B 2 との間に制限される場合、信号 1 1 0 3 の可動範囲 (角度 A 2 、 B 2) を超えている期間においては、振れ補正ができない状態となる。そこで、積分器 8 0 2 の出力の角度 (の制御周期の前回サンプリング値) を用いて、可動範囲を超えそうな場合、H P F 付角速度 1 1 0 1 を減算させる信号処理を行い、減算処理後の角速度を積分する。これにより、防振可動範囲が図 1 1 (b) 中の角度 A 2 と B 2 との間で補正角度を算出することが可能となる。

【 0 0 9 5 】

角速度減算量は、図 1 1 (c) 、 (d) に示されるテーブルより算出される。図 1 1 (c) において、横軸は目標角度、縦軸はゲイン である。補正角度が A 1 以下の場合、ゲイン は 1 となる。一方、補正角度が A 2 以上の場合、ゲイン は 0 となる。また、補正角度が A 1 と A 2 の間の場合、ゲイン は A 1 - A 2 間を線形補間した値となる。図 1 1 (d) についても同様の方法でゲイン を求める。図 1 1 (d) において、横軸は補正角度、縦軸はゲイン である。目標角度が B 1 以上の場合、ゲイン は 1 となる。一方、補正角度が B 2 以下の場合、ゲイン は 0 となる。また、補正角度が B 1 と B 2 の間にある場合、ゲイン は B 1 - B 2 間を線形補間した値となる。このように求めたゲイン およびゲイン より、角速度制限ゲインを算出する。

【 0 0 9 6 】

可動範囲制限部 8 1 0 から出力される可動範囲制限角速度は、以下の式 (9) 、 (1 0) より算出され、角速度の符号によって乗算されるゲインは異なる。

【 0 0 9 7 】

角速度がプラス方向：可動範囲制限角速度 = 角速度 × ... (9)

角速度がマイナス方向：可動範囲制限角速度 = 角速度 × ... (1 0)

H P F 8 0 1 の出力である H P F 付角速度 1 1 0 1 の符号がプラスの場合、角速度にゲイン を乗算する。一方、角速度の符号がマイナスの場合、角速度にゲイン を乗算する。

【 0 0 9 8 】

図 1 1 (a) 中の 1 1 0 2 は、可動範囲制限部 8 1 0 から出力される、可動範囲制限角速度である。図 1 1 (b) 中の 1 1 0 4 は、可動範囲制限角速度 1 1 0 2 を積分して角度算出した信号であり、可動範囲 (角度 A 2 と B 2) の間で補正角度が算出されている。前述の方法により、制限された可動範囲内に収まるように振れ補正制御を行うことが可能である。

【 0 0 9 9 】

可動範囲制限部 8 1 0 には、積分器 8 0 2 の出力値だけでなく、± 4 5 度変換部 8 0 3 の出力も入力されている。ここで、± 4 5 度変換部 8 0 3 の出力が、プラスの可動範囲 (例えば + 5 度) 以上かつ所定の閾値 P (例えば + 2 0 度) 以下にある場合、低周波除去振れ補正角度がプラス側に遷移し難いように制限することが好ましい。このため、図 1 1 (b) 中の閾値である角度 B 1 、 B 2 を通常より大きい値に変更する。また、± 4 5 度変換部 8 0 3 の出力が、マイナスの可動範囲 (例えば - 5 度) 以下かつ所定の閾値 M (例えば - 2 0 度) 以上にある場合、低周波除去振れ補正角度がマイナス側に遷移し難いように制限することが好ましい。このため、閾値である角度 A 1 、 A 2 を通常より小さい値に変更する。また、± 4 5 度変換部 8 0 3 の出力が、可動範囲 (± 5 度) 以内、閾値 P よりも大きい、または、閾値 M より小さい場合、閾値である角度 A 1 、 A 2 、 B 1 、 B 2 は通常の閾値に設定する。

【 0 1 0 0 】

次に、図 1 2 および図 1 3 を参照して、絶対角度に基づく低周波除去振れ補正角度の可動範囲制限処理の効果について説明する。図 1 2 は、撮像装置 1 0 1 b の角速度波形の説明図である。図 1 2 において、1 2 0 1 は、撮像装置 1 0 1 b の角速度である。1 2 0 2

10

20

30

40

50

は、HPF 801の出力であるHPF付角速度である。1203は、可動範囲制限部810の出力である可動範囲制限角速度である。期間1204において、撮像装置101bの角度が大きく変化している。図13は、撮像装置101bの角度波形の説明図である。図13において、1301は撮像装置101bの角度である。1302は、HPF 801の出力であるHPF付角速度1202をそのまま積分処理した場合の信号である。1303は、可動範囲制限角速度1203を積分処理した信号である。

【0101】

期間1204における撮像装置101bの角度変化動作の影響により、期間1204の前後において撮像装置101bの角度は大きく異なる。積分器802の出力である補正角度は、比較的高周波成分の角度を補正する振れ補正制御用信号であるため、できるだけ中心付近で制御されることが好ましい。しかし、可動範囲制限を行わない場合の信号1302は、期間1304において、撮像装置101bの角度1301とは符号が逆向きの角度として出力されている。これは、HPF 801の影響である。大きな揺れが生じた場合、大きな振幅の低周波成分も減衰され、その影響で大きな角度変化終了時には、実際の角度方向とは逆方向の信号（揺り戻し）が生じる。その後、この信号は、ゆっくりとゼロに収束していくが、この信号に基づいて補正を行った場合、実際の撮像装置101bの振れとは逆方向の信号に基づいて補正量を算出するため、高精度な補正が難しい。このように、振れ補正角度が期間1304のように中心付近でなく、角度1301（絶対角度）と逆符号の向きで算出されると、信号1302（振れ補正角度）と傾き補正角度とを合成した場合、期間1304における角度変化が合成角度に現れる可能性がある。この場合、補正が正しく行わないばかりか、揺り戻しにより、逆に像揺れが発生する。

【0102】

可動範囲制限部810は、大きな角度変化があつて ± 45 度変換部803の出力が所定範囲にある場合、角度閾値（角度A1、A2、B1、B2）を変更する。絶対角度と低周波除去振れ補正角度との差分が所定範囲でプラス側に位置する場合、角度閾値（角度B1、B2）を大きく設定し、低周波除去振れ補正角度がマイナス側に遷移しにくくする。また、絶対角度と低周波除去振れ補正角度との差分が所定範囲でマイナス側に位置する場合、角度閾値（角度A1、B1）を小さく設定し、低周波除去振れ補正角度がプラス側に遷移しにくくする。これにより、可動範囲制限を用いた補正角度は、信号1303のように中心付近でもしくは絶対角度の符号の方向で求められることが可能になる。このため、絶対角度と低周波除去振れ補正角度の信号を合成した場合、傾き角度が可動範囲を超えても、補正角度が可動範囲近傍でできるだけ傾き補正効果ができるように補正することにより、傾き補正と振れ補正とを適切に行うことができる。

【0103】

本実施例では、角度A1、A2、B1、B2（閾値）を変更するための可動範囲制限部810への入力信号として、カルマンフィルタ503の出力（絶対角度）から積分器802の出力（低周波除去振れ補正角度）を減算した後、 ± 45 度変換した信号を用いる。ただし本実施例は、これに限定されるものではなく、カルマンフィルタ503からの信号をそのまま用いることができ、または、カルマンフィルタ503からの信号をLPFなどで高周波成分をカットした信号を用いてもよい。

【0104】

以上のように、本実施例の撮像装置101bは、絶対角度の大きさに基づいて、可動範囲を制限した低周波除去振れ補正角度を算出し、絶対角度と低周波除去振れ補正角度を合成し、傾き補正を行う。これにより、絶対角度が可動範囲を超える条件でも、高周波の手ブレ成分を補正しつつ、傾き補正は可動範囲近くでできるだけ補正効果ができるように補正できる。このため、傾き補正と振れ補正とを適切に行うことが可能となる。

【0105】

図8に示される撮像装置101bの制御ブロックでは、カルマンフィルタ503からの出力である絶対角度から積分器802の出力である低周波除去振れ補正角度を減算した信号に基づいて可変ゲインを設定する。そして、絶対角度、低周波除去振れ補正角度、およ

び、可変ゲインに基づいて補正角度を算出する。ただし、本実施例はこれに限定されるものではなく、カルマンフィルタ503からの出力である絶対角度に基づいて可変ゲインを設定し、補正角度を算出してもよい。

【0106】

図14を参照して、絶対角度に基づいて可変ゲインを設定し、絶対角度、低周波除去振れ補正角度、および、可変ゲインに基づいて補正角度を算出する方法について説明する。図14は、本実施例における撮像装置101cのブロック図であり、図8を参照して説明した撮像装置101bと同一部分には同一符号を付している。

【0107】

図14の制御ブロックにおいて、可変ゲインの算出はカルマンフィルタ503の出力である絶対角度と積分器802の出力である低周波除去振れ補正角度との差分値から算出するのではなく、カルマンフィルタ503出力の絶対角度から算出される。カルマンフィルタ503の出力の絶対角度は、LPF1401に入力されて信号の高周波成分をカットした後、±45度変換部803に入力される。そして、図8に示される±45度変換部803、絶対値変換部805、ゲインテーブル806、Gain変更部807を用いた方法と同様に、可変ゲインが算出される。

【0108】

また、カルマンフィルタ503の出力は、±45度変換部1402にも入力され、±45度変換部803と同様に、±180度から±45度の信号に変換される。±45度変換部1402の出力は、可変ゲイン1403に入力され、Gain変更部807により算出された可変ゲインを乗算する。また、積分器802の出力である低周波除去振れ補正角度は、可変ゲイン1404に入力され、1からGain変更部807で算出された可変ゲインを減算した値で乗算される。可変ゲイン1403および可変ゲイン1404は、加算器1405に入力され、可変ゲインにより設定された合成比率に基づいて絶対角度と低周波除去振れ補正角度とを合成することにより、補正角度を算出する。そして、画像切り出し設定部219は、補正角度に基づいた画像切り出しにより傾き補正を行う。

【0109】

撮像装置101cにおいても、図8を参照して説明した撮像装置101bと同等の補正角度を算出することができ、限られた可動範囲の中で、傾き補正の補正角度を算出することが可能である。このため、撮像装置101cの絶対角度が可動範囲を超えた場合でも、手ブレによる高周波成分の振れ補正制御の性能を損なうことない。また、撮像装置101cの絶対角度が可動範囲を超えた場合でも、可動範囲に近い角度では効果的に傾き補正を行うことができる。

【0110】

以上のとおり、各実施例において、制御装置(制御部215)は、第1角度算出手段(角度算出部216)、解析手段(振動状態解析部501)、第2角度算出手段(水平角度算出部217、あおり角度算出部218)、および、補正手段を有する。第1角度算出手段は、加速度検出手段(加速度計213)により検出された加速度に基づいて第1角度(第1水平角度、第1あおり角度)を算出する。解析手段は、加速度または角速度検出手段(角速度計214)により検出された角速度の少なくとも一つに基づいて振動状態を解析する。第2角度算出手段は、角速度、第1角度、および、振動状態に基づいて、第2角度(第2水平角度、第2あおり角度)を算出する。補正手段(画像切り出し設定部219、画像処理部206、補正レンズ駆動部701、撮像素子回転駆動部702)は、第2角度に基づいて傾き補正を行う。

【0111】

好ましくは、第2角度算出手段は、振動状態に応じて角速度と第1角度との相対的な重みを変更して、第2角度を算出する。更に好ましくは、第2角度算出手段は、振動状態が、振動が所定量以上であることを示す場合、角速度の重みを大きくする(S611、S616、S623、S628)。また第2角度算出手段は、振動状態が、振動が所定量よりも小さいことを示す場合、第1角度の重みを大きくする(S611、S612、S623

10

20

30

40

50

、5624)。

【0112】

好ましくは、第1角度算出手段は、第1角度として、あおり角度(第1あおり角度)を算出する。そして第2角度算出手段は、あおり角度に基づいて、第2角度としての水平角度(第2水平角度)を算出する。また好ましくは、第1角度算出手段は、第1角度として、水平角度(第1水平角度)を算出する。そして第2角度算出手段は、水平角度に基づいて、第2角度としてのあおり角度(第2あおり角度)を算出する。

【0113】

好ましくは、第2角度算出手段は、カルマンゲインを変更可能なカルマンフィルタ503を用いて、第2角度を算出する。また好ましくは、補正手段は、第2角度に基づいて画像の傾き補正量(被写体像のズレ量、回転補正量)を設定する設定手段(画像切り出し設定部219)を有する。より好ましくは、補正手段は、傾き補正量に基づいて画像切り出しを行うことにより傾き補正を行う画像処理手段(画像処理部206)を有する。好ましくは、補正手段は、第2角度に基づいて撮像手段(撮像部204)、レンズ(シフトレンズ部703)、または、レンズと撮像素子とが一体化した筐体の少なくとも一つを駆動する駆動手段(補正レンズ駆動部701、撮像素子回転駆動部702)を有する。

【0114】

好ましくは、制御装置は、第3角度算出手段(HPF801、可動範囲制限部810、積分器802)、および、補正角度算出手段(ゲインテーブル806、Gain変更部807、可変ゲイン808、加算器809、1405)を有する。第3角度算出手段は、角速度検出手段により検出された角速度から低周波成分を除去して第3角度を算出する。補正角度算出手段は、第2角度および第3角度に基づいて補正角度を算出する。補正手段は、補正角度に基づいて傾き補正を行う。より好ましくは、補正角度算出手段は、第2角度から前記第3角度を減算した信号に基づいて、または、第2角度に基づいて、ゲインを変更するゲイン変更手段(Gain変更部807)を有する。そして補正角度算出手段は、第2角度、第3角度、および、ゲインに基づいて、補正角度を算出する。より好ましくは、ゲイン変更手段は、更に第1角度(第1あおり角度または第1水平角度)に基づいてゲインを変更する。また好ましくは、第3角度算出手段は、第2角度に基づいて第3角度の範囲を制限する制限手段(可動範囲制限部810)を有する。また好ましくは、制御装置は、補正角度に基づいて画像の傾き補正量を設定する設定手段(画像切り出し設定部219)を更に有する。

【0115】

好ましくは、補正角度算出手段は、第2角度としてのあおり角度に基づいてゲインを変更するゲイン変更手段を有し、あおり角度、第3角度、および、ゲインに基づいて、補正角度としての水平補正角度を算出する。また好ましくは、補正角度算出手段は、第2角度としての水平角度に基づいてゲインを変更するゲイン変更手段を有し、水平角度、第3角度、および、ゲインに基づいて、補正角度としてのあおり補正角度を算出する。

【0116】

(その他の実施例)

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【0117】

各実施例の撮像装置によれば、振動が大きな条件においても、広い周波数帯域で撮像装置の絶対角度を算出し、得られた絶対角度に基づいて傾き補正を行うことができる。このため各実施例の撮像装置によれば、撮像装置の振動状態に左右されず、広い周波数帯域で撮像素子の重力方向と垂直な平面に対する傾きを高精度に補正することができる。従って、各実施例によれば、振動が大きい場合でも高精度に傾き補正が可能な制御装置、撮像装置、制御方法、プログラム、および、記憶媒体を提供することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 8 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 0 1 1 9 】

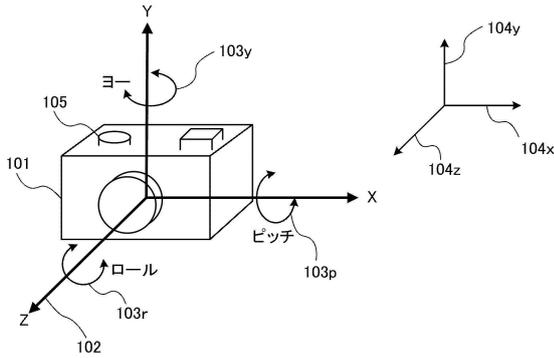
例えば、各実施例は、デジタル一眼レフやデジタルコンパクトカメラ、デジタルビデオカメラの傾き補正装置に限らず、監視カメラ、Webカメラ、携帯電話などの撮像装置にも適用可能である。

【符号の説明】

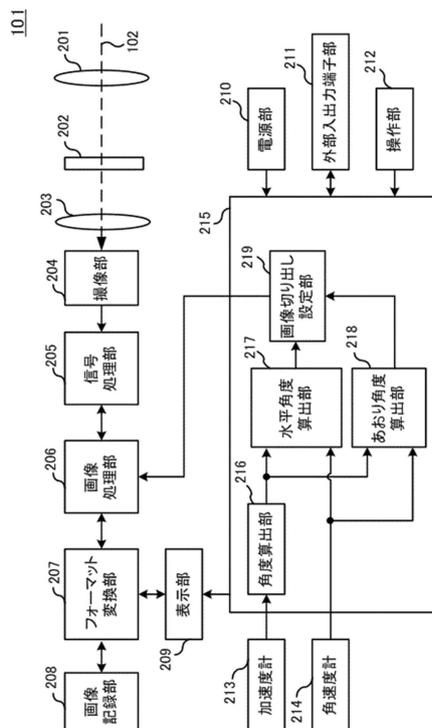
【 0 1 2 0 】

- 206 画像処理部（補正手段）
- 215 制御部（制御装置）
- 216 角度算出部（第1角度算出手段）
- 217 水平角度算出部（第2角度算出手段）
- 218 あおり角度算出部（第2角度算出手段）
- 219 画像切り出し設定部（補正手段）
- 501 振動状態解析部（解析手段）

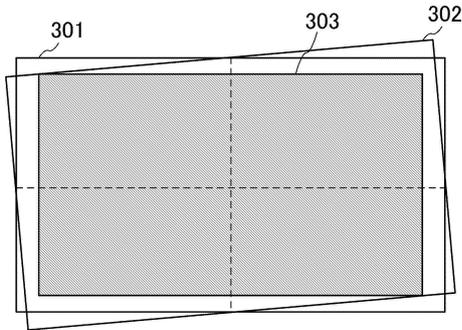
【 図 1 】



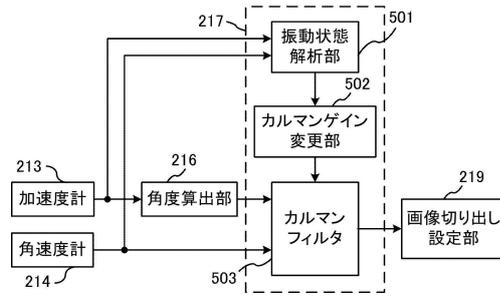
【 図 2 】



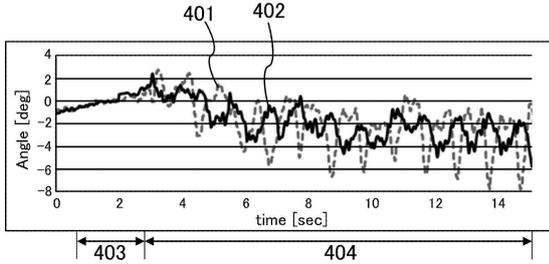
【図3】



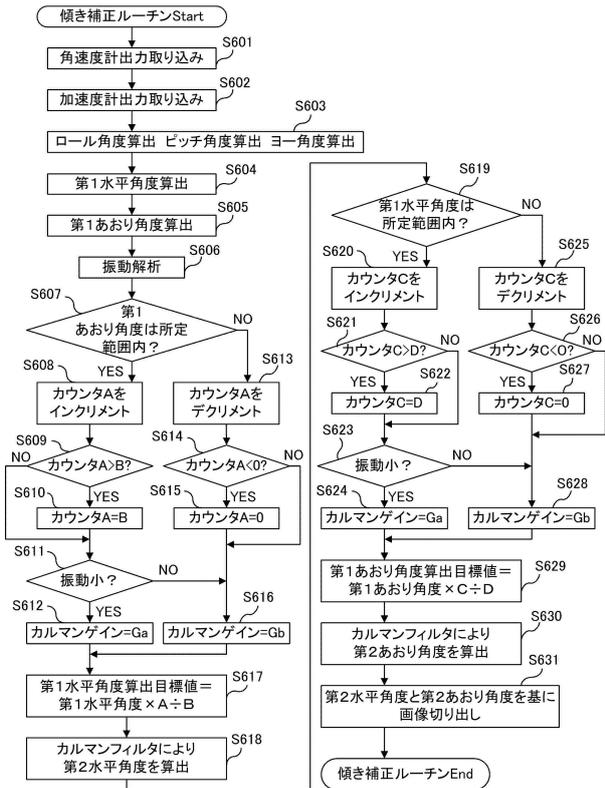
【図5】



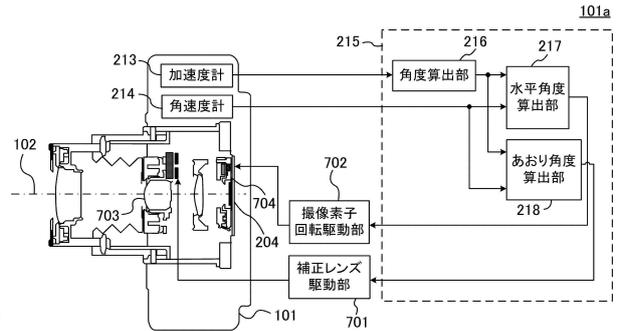
【図4】



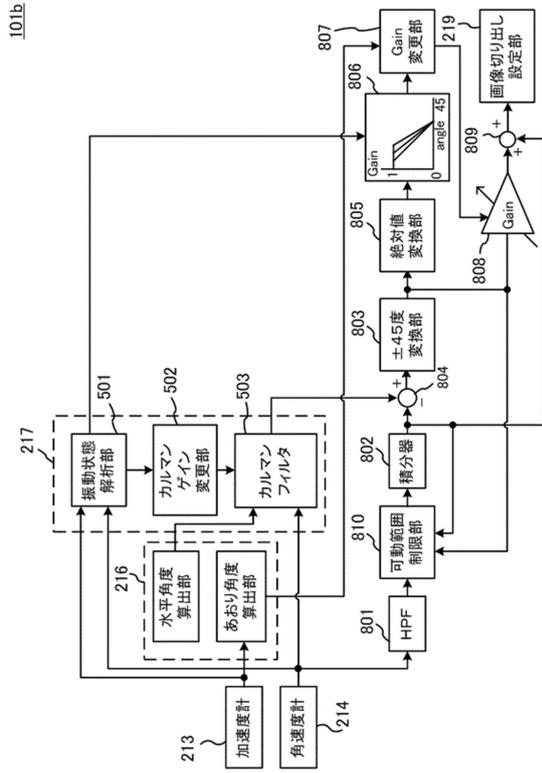
【図6】



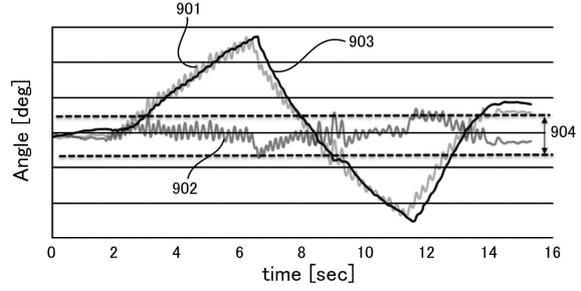
【図7】



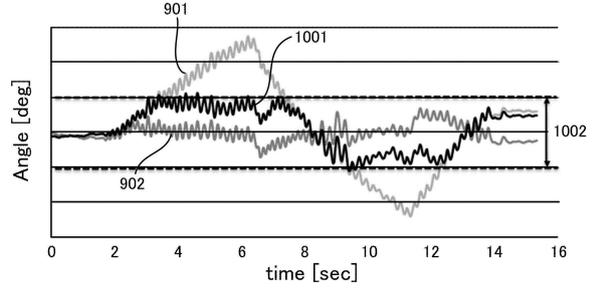
【 図 8 】



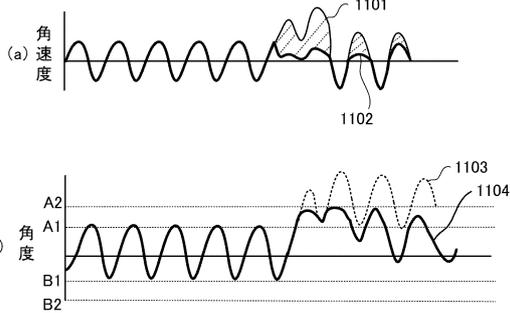
【 図 9 】



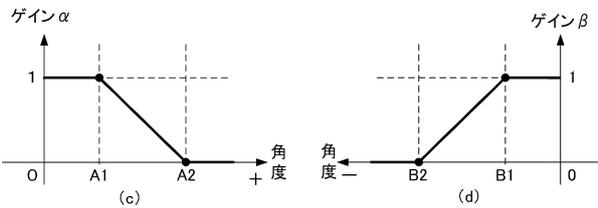
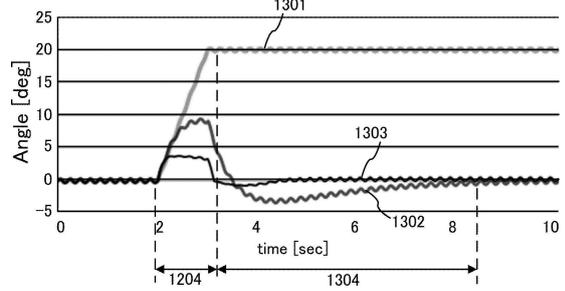
【 図 10 】



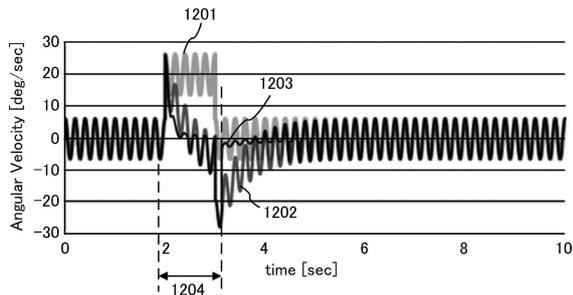
【 図 11 】



【 図 13 】

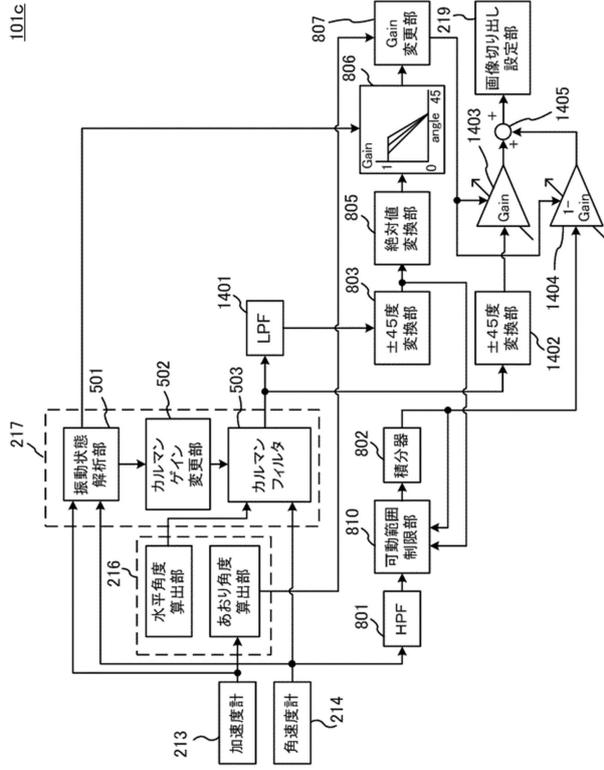


【 図 12 】



【 図 1 4 】

101c



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-056057(JP,A)
特開2013-003169(JP,A)
特開2014-160226(JP,A)
特開2013-130836(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03B 5/00
H04N 5/232