

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-85450
(P2014-85450A)

(43) 公開日 平成26年5月12日(2014.5.12)

(51) Int.Cl.	F 1			テーマコード (参考)
GO3B 5/00 (2006.01)	GO3B	5/00	F	2K005
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N	5/232	Z	5C122

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2012-233302 (P2012-233302)
(22) 出願日 平成24年10月22日 (2012.10.22)

(71) 出願人 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 100076428
弁理士 大塚 康徳
(74) 代理人 100112508
弁理士 高柳 司郎
(74) 代理人 100115071
弁理士 大塚 康弘
(74) 代理人 100116894
弁理士 木村 秀二
(74) 代理人 100130409
弁理士 下山 治
(74) 代理人 100134175
弁理士 永川 行光

最終頁に続く

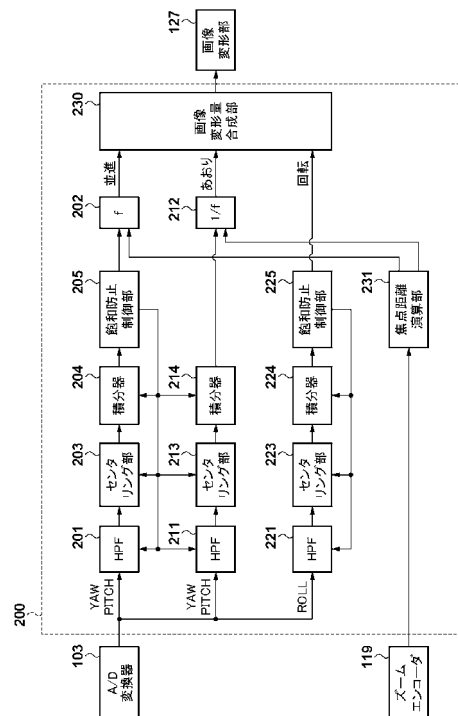
(54) 【発明の名称】 撮像装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】簡単な構成で、映像の品質劣化を最小限に抑え、かつ良好な像振れ補正効果が得られるようにした撮像装置を提供する。

【解決手段】撮像装置の振れを検出する振れ検出部と、振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、並進成分を補正するための補正量を、振れ検出部の出力に基づいて演算する並進補正量演算部と、振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、あおり成分を補正するための補正量を、振れ検出部の出力に基づいて演算するあおり補正量演算部と、並進補正量演算部の出力と、あおり補正量演算部の出力に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正部と、並進補正量演算部の出力を用いて演算された信号もしくはあおり補正量演算部の出力を用いて演算された信号に基づいて、並進補正量演算部の演算に用いる特性と、あおり補正量演算部の演算に用いる特性とを変更し、並進補正量演算部の演算結果と、あおり補正量演算部の演算結果とを制限する制御部とを備える。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

撮像装置の振れを検出する振れ検出手段と、

前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、並進成分を補正するための補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算手段と、

前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、あおり成分を補正するための補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算手段と、

前記並進補正量演算手段の出力と、前記あおり補正量演算手段の出力に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段と、

前記並進補正量演算手段の出力を用いて演算された信号もしくは前記あおり補正量演算手段の出力を用いて演算された信号に基づいて、前記並進補正量演算手段の演算に用いる特性と、前記あおり補正量演算手段の演算に用いる特性とを変更し、前記並進補正量演算手段の演算結果と、前記あおり補正量演算手段の演算結果とを制限する制御手段と、を備えることを特徴とする撮像装置。

10

【請求項 2】

前記像振れ補正手段は、前記振れによって撮像画像に発生する像振れを、光学的に補正する光学補正手段と、

前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、少なくとも並進とあおりを電子的に補正可能な電子補正手段とを有し、

前記並進補正量演算手段の演算結果を、前記光学補正手段によって補正する補正量と、前記電子補正手段によって補正する補正量とに所定の割合で振り分ける振り分け手段をさらに有し、

20

前記制御手段は、前記並進補正量演算手段の出力を用いて演算された信号に基づいて、前記並進補正量演算手段の演算に用いる特性と、前記あおり補正量演算手段の演算に用いる特性とを変更し、前記並進補正量演算手段の演算結果と、前記あおり補正量演算手段の演算結果とを制限することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段は、高域通過フィルタを有し、

前記制御手段は、前記高域通過フィルタのカットオフ周波数を変更することによって、前記並進補正量演算手段の演算結果と、前記あおり補正量演算手段の演算結果とを制限することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

30

【請求項 4】

前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段は、積分手段を有し、

前記制御手段は、前記積分手段の時定数を変更することによって、前記並進補正量演算手段の演算結果と、前記あおり補正量演算手段の演算結果とを制限することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記並進補正量演算手段の演算に用いる特性と、前記あおり補正量演算手段の演算に用いる特性とを変更する際には、互いにほぼ一致する特性を用いることにより、前記並進補正量演算手段の演算結果を制限する特性と、前記あおり補正量演算手段の演算結果を制限する特性とが互いにほぼ一致するように制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

40

【請求項 6】

撮像装置の振れを検出する振れ検出工程と、

前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、並進成分を補正するための補正量を、前記振れ検出工程の出力に基づいて演算する並進補正量演算工程と、

前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、あおり成分を補正するための補正量を、前記振れ検出工程の出力に基づいて演算するあおり補正量演算工程と、

前記並進補正量演算工程の出力と、前記あおり補正量演算工程の出力に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正工程と、

50

前記並進補正量演算工程の出力を用いて演算された信号もしくは前記あおり補正量演算工程の出力を用いて演算された信号に基づいて、前記並進補正量演算工程の演算に用いる特性と、前記あおり補正量演算工程の演算に用いる特性とを変更し、前記並進補正量演算工程の演算結果と、前記あおり補正量演算工程の演算結果とを制限する制御工程と、を備えることを特徴とする撮像装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置において、画像を変形する方式を用いて、撮像装置の振れに起因する撮像画像のブレを補正する技術に関する。

10

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置に生じた振れを補正する技術の進歩に伴い、撮影者が静止した状態での手振れによって発生する撮像画像のブレを補正するだけでなく、撮影者が歩行しながら撮影を行うときに発生する撮像画像のブレを補正する像振れ補正機能が普及してきている。撮影者が歩行しながら撮影を行う際には、撮像画像の水平垂直方向のブレだけでなく、撮像画像に対して以下に示すようなブレが生じる。例えば、撮像装置が光軸回りに回転することによって、撮像画像が回転するブレや、撮像装置が被写体に対して傾くことによって撮像画像が台形状に歪むブレ等である。

20

【0003】

このような歩行しながらの撮影において、撮像画像に発生する種々のブレを補正する方法として、撮像画像の画像変形量を算出し、その画像変形量を打ち消すように画像を変形する方法が知られている（特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-146260号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来例では、撮像装置に加えられる振れによって撮像画像に生じる変形量を、並進（水平・垂直）、あおり（水平・垂直）、拡大縮小、回転、せん断の各変形成分に分解し、各々についてフィルタリング処理等を行い、射影変換行列（ホモグラフィ行列）を算出している。しかしながら、この方法には以下のような問題点があった。

30

【0006】

即ち、上記従来例では、上記各変形成分毎に補正量の演算を行っているため、非常に演算量が多く処理が複雑であった。更に、上記各変形成分の補正を全て行うと、最終的に出力することができる画像範囲が小さくなってしまいうため、画質の劣化につながっていた。

【0007】

例えば、図21に撮像装置が光軸回りに回転したときの、画像変形による像振れ補正の例を示す。図21の外側の実線部は撮像画像であり、光軸回りの回転の補正を行うためには、撮像画像を画像中心Oを中心に回転する。回転した結果は図21の点線部の画像となる。このとき、出力画像を撮像画像と同じ範囲とすると、画像の4隅に画がない状態になってしまうため、出力画像範囲は図21の斜線部で示す領域となる。図21では光軸回りの回転の補正を例にとって説明したが、他の各変形成分についても、各変形成分毎に出力することができない画像領域（以下、余剰画素と定義する）を確保する必要がある。そのため、画像範囲が小さくなり、像振れ補正を行った後の映像の品質を保つことが難しかった。

40

【0008】

本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単な構成で、映像の

50

品質劣化を最小限に抑え、かつ良好な像振れ補正効果が得られるようにした撮像装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係わる撮像装置は、撮像装置の振れを検出する振れ検出手段と、前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、並進成分を補正するための補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算手段と、前記振れによって撮像画像に発生する像振れのうち、あおり成分を補正するための補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算手段と、前記並進補正量演算手段の出力と、前記あおり補正量演算手段の出力に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段と、前記並進補正量演算手段の出力を用いて演算された信号もしくは前記あおり補正量演算手段の出力を用いて演算された信号に基づいて、前記並進補正量演算手段の演算に用いる特性と、前記あおり補正量演算手段の演算に用いる特性とを変更し、前記並進補正量演算手段の演算結果と、前記あおり補正量演算手段の演算結果とを制限する制御手段と、を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、簡単な構成で、映像の品質劣化を最小限に抑え、かつ良好な像振れ補正効果が得られるようにした撮像装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

20

【0011】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る撮像装置の一例としてのビデオカメラの構成例を示すブロック図。

【図2】ピンホールカメラモデルを説明する図。

【図3】第1の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図4】第2の実施形態に係る撮像装置の一例としてのビデオカメラの構成例を示すブロック図。

【図5】第2の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図6】第3の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図7】第4の実施形態に係る撮像装置の一例としてのビデオカメラの構成例を示すブロック図。

30

【図8】第4の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図9】第5の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図10】第5の実施形態に係る画像変形量演算部のその他の構成例を示すブロック図。

【図11】第6の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図12】第6の実施形態に係る画像変形量演算部のその他の構成例を示すブロック図。

【図13】第7の実施形態に係る撮像装置の一例としてのビデオカメラの構成例を示す図

。

【図14】第7の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図15】第8の実施形態に係る撮像装置の一例としてのビデオカメラの構成例を示す図

40

。

【図16】第8の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図17】第8の実施形態に係る画像変形量演算部のその他の構成例を示すブロック図。

【図18】第9の実施形態に係る画像変形量演算部の構成例を示すブロック図。

【図19】本発明の実施形態における「振れ」の定義を説明するための図。

【図20】本発明の実施形態における「ブレ」の定義を説明するための図。

【図21】従来課題を説明するための図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

50

【 0 0 1 3 】

最初に、本発明の実施形態において使用する言葉の定義について説明する。本発明の実施形態の説明においては、撮像装置に加えられる振動を「振れ」とし、撮像装置に加えられる振れによって発生する撮像画像の変形を「ブレ」とする。本発明の実施形態において「振れ」は、図19(a)及び(b)に示すように、YAW、PITCH、ROLL方向の3種類の「角度振れ」と、水平、垂直、光軸方向の3種類の「平行振れ」(シフト振れ)の総称を意味する。また、「ブレ」は、図20(a)乃至図20(f)に示すように、並進(水平・垂直)、回転、あおり(水平・垂直)、拡大縮小、せん断の各変形成分の総称を意味する。

【 0 0 1 4 】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る撮像装置の一例として、ビデオカメラの構成を示すブロック図である。以下、図1の撮像装置100の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。

【 0 0 1 5 】

角速度センサ102は、撮像装置100に加わる振れを角速度信号として検出し、その角速度信号をA/D変換器103に供給する。A/D変換器103は、角速度センサ102からの角速度信号をデジタル化して、角速度データとしてμCOM101内部の画像変形量演算部200に供給する。

【 0 0 1 6 】

撮像光学系120は、ズームング、フォーカシング等の動作を行い、被写体像を撮像素子123に結像する。ズームエンコーダ119は、撮像光学系120の中の変倍光学系121の位置(ズーム位置)を検出し、μCOM101内部の画像変形量演算部200に出力する。

【 0 0 1 7 】

画像変形量演算部200は、上記角速度データ及びズームエンコーダ119の出力を用いて、撮像画像のブレを補正するための画像変形量を算出し、画像変形部127に算出した画像変形量を設定する。画像変形量演算部200の処理の詳細は後述する。

【 0 0 1 8 】

撮像素子123は、撮像光学系120によって結像された被写体像を撮像画像信号としての電気信号に変換し、信号処理部124に供給する。信号処理部124は、撮像素子123により得られた信号から、例えばNTSCフォーマットに準拠したビデオ信号(映像信号)を生成して画像メモリ125に供給する。

【 0 0 1 9 】

画像変形部127は、画像変形量演算部200で算出された画像変形量に基づいて、画像メモリ125に格納された画像を変形することによって撮像画像のブレを補正し、記録制御部128及び表示制御部130に出力する。表示制御部130は、画像変形部127から供給された映像信号を出力して表示デバイス131に画像を表示させる。表示制御部130は表示デバイス131を駆動し、表示デバイス131は液晶表示素子(LCD)等により画像を表示する。

【 0 0 2 0 】

また、記録制御部128は、記録開始や終了の指示に用いる操作部(不図示)によって映像信号の記録が指示された場合、画像変形部127から供給された映像信号を記録媒体129に出力し、記録させる。記録媒体129は、半導体メモリ等の情報記録媒体やハードディスク等の磁気記録媒体である。

【 0 0 2 1 】

画像変形部127は、例えば射影変換等の幾何変換を用いて画像変形を行う。具体的には、変形前の画像(画像メモリ125に記憶された画像)中の画素座標を(X_0 , Y_0) (ただし、撮像光学系120の光軸に対応した撮像画像の中心を原点とする)とし、変形後の画像(画像変形部127の出力画像)中の画素座標を(X_1 , Y_1)として、同次座

10

20

30

40

50

標で表現すると、(式1)のように記述することができる。

【0022】

【数1】

$$\begin{bmatrix} X1 \\ Y1 \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} h1 & h2 & h3 \\ h4 & h5 & h6 \\ h7 & h8 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X0 \\ Y0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式1)}$$

【0023】

(式1)の左辺と右辺は同値関係(左辺または右辺に任意の倍率をかけても意味が変わらない)を示し、通常の数値では(式2)(式3)となる。

【0024】

【数2】

$$X1 = \frac{h1X0 + h2Y0 + h3}{h7X0 + h8Y0 + 1} \quad \dots \text{(式2)}$$

$$Y1 = \frac{h4X0 + h5Y0 + h6}{h7X0 + h8Y0 + 1} \quad \dots \text{(式3)}$$

【0025】

また(式1)において、3×3の行列は一般的に射影変換行列と呼ばれ、行列の要素h1～h8は、画像変形量演算部200が設定する。なお、以下の説明では、画像変形部127の画像変形は、射影変換を用いることとして説明を行うが、例えばアフィン変換等、如何なる変形方法を用いても良い。

【0026】

次に、画像変形量演算部200によって行われる処理の詳細について説明する。画像変形量演算部200では、角速度センサ102の出力から算出される撮像装置の振れ角度と、ズームエンコーダ119から算出される撮像光学系120の焦点距離とを用いて、画像変形部127の画像変形量を算出する。具体的には、(式1)の射影変換行列を算出する。

【0027】

ここで、振れ角度と撮像光学系120の焦点距離を用いた射影変換行列の算出方法について、以下に説明する。

【0028】

図2(a)は、撮像装置による被写体の撮像面への投影を、ピンホールカメラモデルで図示したものである。図2(a)において、XYZ空間座標の原点(0, 0, 0)は、ピンホールカメラモデルにおけるピンホール位置である。撮像面は、ピンホール位置よりも後ろ側に配置すると、撮像面に投影される画像が倒立してしまうため、像が倒立せずに扱いやすいように、図2(a)では仮想的にピンホール位置よりも前に撮像面Iを配置している。

【0029】

XYZ空間座標の原点(0, 0, 0)と撮像面IとのZ軸方向の距離は、焦点距離fとなる。撮像面I上の座標は、uv平面座標として定義し、uv平面座標の原点(0, 0)は、XYZ空間座標における(0, 0, f)と一致しているものとする。uv平面座標上の座標P(u, v)は、XYZ空間座標上の被写体A(X, Y, Z)が、撮像面Iに投影されたときの座標である。このとき、座標Pは(式4)で表すことができる。

【0030】

10

20

30

40

50

【数 3】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \frac{X}{Z} \\ f \frac{Y}{Z} \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 4)}$$

【0031】

(式 4) は、同次座標を用いると、(式 5) で表すことができる。

【0032】

【数 4】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 5)}$$

【0033】

(式 5) の 3×4 の行列の 4 列目の要素は、本実施形態の説明においては 0 のままとするので、(式 5) は (式 6) としても同じである。

【0034】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 6)}$$

【0035】

図 2 (b) は、図 2 (a) のピンホールカメラモデルを、R 回転したときのものである。図 2 (b) においては、図 2 (a) の XYZ 空間座標を R 回転した座標を X' Y' Z' 空間座標としている。X' Y' Z' 空間座標の原点 (0, 0, 0) は、XYZ 空間座標と一致しているものとする。つまり図 2 (b) は、撮像装置に回転振れ R が生じ、平行振れは生じていない状態を、ピンホールカメラモデルで単純化して表現しているものである。

【0036】

図 2 (b) のピンホールカメラモデルにおいて、撮像面 I' は、図 2 (a) と同様、原点 (0, 0, 0) からの距離が焦点距離 f の位置に配置されている。撮像面 I' 上の座標は、u' v' 平面座標として定義し、u' v' 平面座標の原点 (0, 0) は、X' Y' Z' 空間座標における (0, 0, f) と一致しているものとする。u' v' 平面座標上の座標 P' (u', v') は、X' Y' Z' 空間座標上の被写体 A' (X', Y', Z') が、撮像面 I' に投影されたときの座標である。なお、図 2 (a) の被写体 A と図 2 (b) の被写体 A' の世界座標系での位置は、同じ位置である (すなわち、被写体が移動していない) ものとする。このとき座標 P' は、同次座標を用いると、(式 6) と同様に (式 7) で表すことができる。

【0037】

10

20

30

40

【数 6】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 7)}$$

【0038】

また、被写体 A と被写体 A' の世界座標系での位置は同じであるため、両者の座標の関係は、(式 8) で表すことができる。

10

【0039】

【数 7】

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 8)}$$

【0040】

更に、(式 6)、(式 7) を変形して(式 8) に代入すると、(式 9) を導出することができる。

20

【0041】

【数 8】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 9)}$$

【0042】

30

(式 9) は、ピンホールカメラが R 回転する前後での、撮像面上での被写体像の位置の対応関係を示したものである。即ち、撮像装置に R 回転の振れが加わったとき、撮像面上での画素がどこからどこへ移動するかを示す式となる。よって、ブレの補正を行うためには、撮像装置に振れが加わったときの画素移動量を元に戻す変換を行えばよい。すなわち(式 10) に従って、撮像装置に R 回転の振れが加わったことにより、移動してしまった画素位置を元に戻す変換を行えばよい。

【0043】

【数 9】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R^{-1} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 10)}$$

40

【0044】

よって、図 1 の撮像装置 100 に加わる振れを R、撮像光学系 120 の焦点距離 f とし、ブレの補正を行うための射影変換行列を H とすると、H は(式 11) となる。

【0045】

【数 1 0】

$$H = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R^{-1} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots \text{(式 1 1)}$$

【0 0 4 6】

なお、撮像装置に加わった Y A W 方向の角度振れ量を y 、P I T C H 方向の角度振れ量を p 、R O L L 方向の角度振れ量を r とすると、R は (式 1 2) で表すことができる。 10

【0 0 4 7】

【数 1 1】

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta_y & 0 & -\sin\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_p & -\sin\theta_p \\ 0 & \sin\theta_p & \cos\theta_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_r & -\sin\theta_r & 0 \\ \sin\theta_r & \cos\theta_r & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 1 2)}$$

【0 0 4 8】

(式 1 1) の H は、(式 1 3) を用いることにより、並進 t 、拡大縮小 s (定数)、回転 r (行列)、せん断 k (行列)、 v あおりの各変形成分に分解することができる。 20

【0 0 4 9】

【数 1 2】

$$H = \begin{bmatrix} sr & \vec{t} \\ \vec{0}' & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k & \vec{0} \\ \vec{0}' & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I & \vec{0} \\ \vec{v}' & 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 1 3)}$$

$$r = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}, \quad \vec{t} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix}, \quad k = \begin{bmatrix} \alpha & \tan\phi \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \vec{v} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix}, \quad I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \vec{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad 30$$

【0 0 5 0】

ここで、

 t_x ... 水平並進量 t_y ... 垂直並進量

... 回転角

 v_x ... 水平あおり量 v_y ... 垂直あおり量

... せん断の非等方倍率

... せん断の方向角 40

である。

【0 0 5 1】

(式 1 1)、(式 1 2)、(式 1 3) より、各変形成分に対する方程式を解くと、(式 1 4) ~ (式 2 1) となる。

【0 0 5 2】

【数 1 3】

$$t_x = f(\tan \theta_y \cos \theta_r / \cos \theta_p + \tan \theta_p \sin \theta_r) \quad \cdots \text{(式 1 4)}$$

$$t_y = f(-\tan \theta_y \sin \theta_r / \cos \theta_p + \tan \theta_p \cos \theta_r) \quad \cdots \text{(式 1 5)}$$

$$\theta = -\theta_r \quad \cdots \text{(式 1 6)}$$

$$v_x = -\tan \theta_y / f \quad \cdots \text{(式 1 7)}$$

10

$$v_y = -\tan \theta_p / (f \cos \theta_y) \quad \cdots \text{(式 1 8)}$$

$$s = (\cos \theta_y \cos \theta_p)^{3/2} \quad \cdots \text{(式 1 9)}$$

$$\alpha = (\cos \theta_p / \cos \theta_y)^{1/2} \quad \cdots \text{(式 2 0)}$$

$$\tan \phi = \sin \theta_y \sin \theta_p / (\cos \theta_y \cos \theta_p)^{1/2} \quad \cdots \text{(式 2 1)}$$

20

【0 0 5 3】

本実施形態においては、画像変形量演算部 2 0 0 の処理は、以下に説明するように、演算を簡略化する。

【0 0 5 4】

撮像装置に加わる角度振れは、パンニング等のユーザーが意図的に撮像装置を操作する動きを除いては、それほど大きくはならない。よって、撮像装置に加わる振れ角度が のとき、 $\cos = 1$ 、 $\sin \tan = 0$ 、 $\sin \sin = 0$ と近似すると、(式 1 4) ~ (式 2 1) は(式 2 2) ~ (式 2 9) で表す式で近似することができる。

【0 0 5 5】

30

【数 1 4】

$$t_x = f \tan \theta_y \quad \cdots \text{(式 2 2)}$$

$$t_y = f \tan \theta_p \quad \cdots \text{(式 2 3)}$$

$$\theta = -\theta_r \quad \cdots \text{(式 2 4)}$$

$$v_x = -\tan \theta_y / f \quad \cdots \text{(式 2 5)}$$

40

$$v_y = -\tan \theta_p / f \quad \cdots \text{(式 2 6)}$$

$$s = 1 \quad \cdots \text{(式 2 7)}$$

$$\alpha = 1 \quad \cdots \text{(式 2 8)}$$

$$\tan \phi = 0 \quad \cdots \text{(式 2 9)}$$

【0 0 5 6】

このとき、(式 2 7) より拡大縮小は 1 倍となり、(式 2 8) (式 2 9) より、せん断の非等方倍率は 1 倍、方向角は 0 度となる。すなわち、撮像装置に加わる角度振れによっ

50

て撮像画像に生じる変形成分としては、拡大縮小、せん断は他の変形成分と比較して、小さいことが分かる。

【0057】

よって、本実施形態における画像変形量演算部200の処理では、拡大縮小、せん断の各変形成分の補正は行わず、並進、回転、あおりの補正のみを行うものとして説明する。

【0058】

以下、図3のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部200の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、YAW方向の角度振れによって、(式22)(式25)から水平方向の並進、水平方向のあおりが生じ、PITCH方向の角度振れによって、(式23)(式26)から垂直方向の並進、垂直方向のあおりが生じ、両者の処理は同じとなる。そのため、いずれか一方の制御に関してのみ説明を行う。

10

【0059】

図3のブロック図において、符号201から205までのブロックは、並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)を補正するための補正量を算出するためのブロックである。符号211から215までのブロックは、あおりブレ(振れのあおり成分による像振れ)を補正するための補正量を算出するためのブロックである。符号221から225までのブロックは回転ブレ(振れの回転成分による像振れ)を補正するための補正量を算出するためのブロックである。

【0060】

まず、並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)の補正量を算出するための符号201から205までのブロックについて説明を行う。

20

【0061】

HPF201(高域通過フィルタ)には、前述したA/D変換器103からの出力のうち、YAW方向またはPITCH方向の角速度データが供給される。HPF201は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、角速度データに含まれる低周波数成分を遮断して高周波数帯域の信号を出力する。なおHPF201は、本実施形態において必須の構成ではなく、A/D変換器103からの出力を焦点距離乗算部202に直接供給してもよい。

【0062】

焦点距離演算部231は、前述したズームエンコーダ119の出力から、撮像光学系120の焦点距離を算出し、焦点距離乗算部202及び焦点距離除算部212の演算に用いる焦点距離を設定する。焦点距離乗算部202は、HPF201の出力に、焦点距離演算部231によって算出された焦点距離 f を乗算して、センタリング部203に供給する。

30

【0063】

センタリング部203は、撮像装置100のYAW方向またはPITCH方向に対して、パンニングや補正しきれない大きな角度振れが生じたとき、補正量をゼロに戻すような入力値(以下、センタリング量とする)を、焦点距離乗算部202の出力に対して加算する処理を行う。なおセンタリング部203は、本実施形態において必須の構成ではなく、焦点距離乗算部202からの出力を積分器204に直接供給してもよい。

40

【0064】

積分器204は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、センタリング部203からの出力を積分し、飽和防止制御部205に供給する。

【0065】

飽和防止制御部205は、積分器204からの出力が所定値(以下、リミッタ値とする)以上とならないように、積分器204からの出力をリミットする制御を行う。また、飽和防止制御部205は、積分器204からの出力がリミッタ値に近づいたときに、HPF201のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器204の時定数を短くしたり、センタリング部203のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。飽和防止制御部205(並進補正量演算部)の出力は、最終的な並進補正量となり、画像変形量合成部23

50

0 に供給される。

【0066】

次に、あおりブレ（振れのあおり成分による像振れ）の補正量を算出するための符号211から215までのブロックについて説明を行う。符号211から215までのブロックは、焦点距離乗算部202と焦点距離除算部212の処理を除いては、符号201から205までのブロックと処理が同じであるため、焦点距離除算部212についてのみ説明を行い、他のブロックについての説明は省略する。

【0067】

焦点距離除算部212は、HPF211の出力を、焦点距離演算部231によって算出された焦点距離 f で除算して、センタリング部213に供給する。焦点距離 f で除算するのは、（式25）（式26）のあおりの算出式による。飽和防止制御部215の出力は、最終的なあおり補正量となり、画像変形量合成部230に供給される。

10

【0068】

次に、回転ブレ（振れの回転成分による像振れ）の補正量を算出するための符号221から225までのブロックについて説明を行う。

【0069】

HPF221には、前述したA/D変換器103からの出力のうち、ROLL方向の角速度データが供給される。HPF221は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、角速度データに含まれる低周波数成分を遮断して高周波数帯域の信号を出力する。なおHPF221は、本実施形態において必須の構成ではなく、A/D変換器103からの出力をセンタリング部223に直接供給してもよい。

20

【0070】

センタリング部223は、撮像装置100のROLL方向に対して、補正しきれない大きな角度振れが生じたとき、センタリング部203、213と同様、センタリング量をHPF221の出力に対して加算する処理を行う。なおセンタリング部223は、本実施形態において必須の構成ではなく、HPF221またはA/D変換器103からの出力を積分器224に直接供給してもよい。

【0071】

積分器224は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、センタリング部223からの出力を積分し、飽和防止制御部225に供給する。

30

【0072】

飽和防止制御部225は、積分器224からの出力が所定のリミッタ値以上とならないように、積分器224からの出力をリミットする制御を行う。また、飽和防止制御部225は、積分器224からの出力がリミッタに近づいたときに、HPF221のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器224の時定数を短くしたり、センタリング部223のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。飽和防止制御部205の出力は、最終的な回転補正量となり、画像変形量合成部230に供給される。

【0073】

画像変形量合成部230は、飽和防止制御部205、215、225から出力された、並進補正量、あおり補正量、回転補正量を合成する演算を行う。具体的には（式13）に従って、（式1）の射影変換行列を算出する。このとき、拡大縮小、せん断の変形量は、（式27）（式28）（式29）に示した値とする。画像変形量合成部230は、算出した射影変換行列の各要素の値を、画像変形部127へと出力する。画像変形部127では、画像変形量合成部230からの出力に基づいて、画像変形によるブレの補正が行われる。

40

【0074】

以上説明してきたように、本発明の第1の実施形態においては、並進、あおり、回転の各変形成分毎に、飽和防止制御部205、215、225を設け、撮像装置100に過剰な振れが生じたときに、リミッタ値内に各変形成分の補正量を抑制するための制御を行うこととした。これによって、各変形に必要な余剰画素を最小限に抑えることが可能となり

50

、画像変形部 127 が出力することのできる画素数をできるだけ大きく保ち、画質の劣化を最小限に抑えることができる。

【0075】

なお、本実施形態においては、並進、あおり、回転の各変形成分の補正量の算出に、角速度センサ 102 の出力を用いたが、これは種々の変形が可能である。例えば、加速度センサを用いてもよいし、特許文献 1 に開示されているように、画像から動きベクトルを検出し、動きベクトルから、各変形成分を推定する方法を用いてもよい。

【0076】

(第 2 の実施形態)

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係る撮像装置の一例として、ビデオカメラの構成を示すブロック図である。なお、図 4 において、図 1 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 4 は、図 1 の構成に対し、撮像画像のブレを光学的に補正する補正光学系 122 (光学補正部) と、補正光学系 122 を制御するためのブロックが追加された構成となっている。

10

【0077】

A/D 変換器 103 の出力は、画像変形量演算部 200 に供給されるとともに、図 4 の構成においては、HPF 104 に対しても供給される。HPF 104 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、A/D 変換器 103 からの角速度データに含まれる低周波数成分を遮断して高周波数帯域の信号を出力する。撮像装置 100 に対して、パンニング等の大きな角度振れが生じると、HPF 104 のカットオフ周波数は、角度振れが小さいときよりも高い値に設定される。

20

【0078】

敏感度演算部 105 は、ズームエンコーダ 119 の出力に応じて、各ズーム位置において最適な補正光学系 122 の駆動量を算出するための係数を算出し、HPF 104 の出力に乘算して積分器 106 へと供給する。積分器 106 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、敏感度演算部 105 からの出力を積分し、飽和防止制御部 107 に供給する。撮像装置 100 に対して、パンニング等の大きな角度振れが生じると、積分器 106 の時定数は、角度振れが小さいときよりも短い値に設定される。

【0079】

飽和防止制御部 107 は、積分器 106 の出力が所定のリミッタ値より大きくなったときに、リミッタ値内に抑制するように積分器 106 の出力をリミットし、リミットした出力を減算器 108 に供給する。

30

【0080】

減算器 108 は、補正光学系 122 の位置を検出する位置検出部 117 の出力を A/D 変換器 118 にて A/D 変換し、デジタル化したデータを飽和防止制御部 107 の出力から減算し、その結果である偏差データを制御フィルタ 109 に供給する。ここで、端子 A 113, 115 と端子 B 114, 116 は、各々が電氣的に接続されていることを示している。

【0081】

制御フィルタ 109 は、入力データを所定のゲインで増幅する増幅器、及び位相補償フィルタで構成されている。減算器 108 から供給された偏差データは、制御フィルタ 109 において増幅器及び位相補償フィルタによる信号処理が行われた後、パルス幅変調部 110 に出力される。

40

【0082】

パルス幅変調部 110 は、制御フィルタ 109 を通過して供給されたデータを、パルス波のデューティ比を変化させる波形 (即ち PWM 波形) に変調して、モータ駆動部 111 に供給する。モータ 112 は、補正光学系 122 の駆動用のボイス・コイル型モータであり、モータ駆動部 111 に駆動されることにより、補正光学系 122 が光軸と垂直な方向に移動される。ここで、端子 A 113 と端子 A 115 は、各々が電氣的に接続されていることを示している。

50

【 0 0 8 3 】

位置検出部 1 1 7 は、磁石とそれに対向する位置に備えられたホール・センサとからなり、補正光学系 1 2 2 の光軸と垂直な方向への移動量を検出し、その検出結果を A / D 変換器 1 1 8 を介して、上述した減算器 1 0 8 に供給する。これによって、飽和防止制御部 1 0 7 の出力に対して、補正光学系 1 2 2 の光軸と垂直な方向への移動量を追従させる、フィードバック制御系を構成している。A / D 変換器 1 1 8 の出力は、減算器 1 0 8 の他に画像変形量演算部にも供給される。

【 0 0 8 4 】

補正光学系 1 2 2 (光学的な像振れ補正手段) は、例えば像振れ補正レンズとそれを保持する保持部材からなる像振れ補正ユニットであり、光軸と垂直な方向に移動されることにより光軸を偏向することで像振れを補正可能である。補正光学系 1 2 2 の移動が行われた結果、撮像装置 1 0 0 の振れによって生じる撮像面上の被写体の並進方向のブレが補正された像が、撮像素子 1 2 3 に結像される。

【 0 0 8 5 】

以下、図 5 のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部 2 0 0 の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図 5 において、図 2 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 5 の画像変形量演算部 2 0 0 の構成は、図 2 に対し、並進補正量換算部 2 4 0 と減算器 2 4 1 が追加されたものとなっている。

【 0 0 8 6 】

並進補正量換算部 2 4 0 は、A / D 変換器 1 1 8 の出力を用いることによって、補正光学系 1 2 2 によって補正された、撮像面上での並進補正量を演算する。補正光学系 1 2 2 による像振れ補正は、撮像面上でのブレの各変形成分のうち、並進方向のブレを光学的に補正することができる。従って、図 2 を用いて説明したように角速度センサからの出力データを全て用いて並進補正量を演算すると、過補正となってしまう。そこで図 5 の構成においては、並進補正量換算部 2 4 0 によって補正光学系 1 2 2 の並進補正量を算出し、減算器 2 4 1 で、積分器 2 0 4 の出力から補正光学系 1 2 2 の並進補正量を減算する。これによって、補正光学系 1 2 2 で補正しきれなかった並進補正量のみを画像変形部 1 2 7 で補正する (電子補正) 構成としている。

【 0 0 8 7 】

以上のように、本発明の第 2 の実施形態においては、第 1 の実施形態の構成に加えて、補正光学系 1 2 2 によって、並進ブレ (振れの並進成分による像振れ) の補正を、光学的にも行う構成とした。これによって、並進方向の変形に必要な余剰画素を、更に小さく抑えることが可能となり、画像変形部 1 2 7 が出力することのできる画素数をできるだけ大きく保ち、画質の劣化を最小限に抑えることができる。

【 0 0 8 8 】

なお、第 2 の実施形態においては、光学的な像振れ補正手段として、補正光学系 1 2 2 を例にとって説明したが、これに限定されるものではない。例えば、撮像素子 1 2 3 を駆動する方法や、プリズムを用いる方法等、種々の像振れ補正手段を用いることができる。

【 0 0 8 9 】

(第 3 の実施形態)

本発明の第 1 の実施形態である図 1 の撮像装置 1 0 0 における、画像変形量演算部 2 0 0 が実行する処理の第 2 の方法について、以下に図面を用いて詳細な説明を行う。

【 0 0 9 0 】

ここで、撮像装置に加わる角度振れによって生じる画像変形成分である並進とあおりの相関関係について説明する。(式 2 2) と (式 2 5) より、水平並進と水平あおりは、ともに角度 y の関数である。また、(式 2 3) と (式 2 6) より、垂直並進と垂直あおりは、ともに角度 p の関数である。このように、並進とあおりは互いに相関があることが分かる。したがって、画像の変形量の演算においては、並進補正量とあおり補正量の相関を保つように制御することによって、より精度の高い像振れ補正を行うことができる。図 3 の画像変形量演算部 2 0 0 では、並進補正量、あおり補正量の演算をそれぞれ独立して

10

20

30

40

50

行っており、相関関係については考慮されていなかった。そこで本実施形態においては、画像変形量演算部 200 の処理は、以下に説明するように演算を行う。(式 22)(式 23)(式 25)(式 26)において、焦点距離 f を 1 とすると、(式 30)(式 31)で表すことができる。

【0091】

【数 15】

$$|t_x| = |v_x| \quad \dots \text{(式 30)}$$

$$|t_y| = |v_y| \quad \dots \text{(式 31)}$$

10

【0092】

このとき、(式 30)、(式 31)に示すように、並進とあおりは大きさが同じであることが分かる。すなわち、並進補正量とあおり補正量は同様の特性で各種演算処理を施すように制御すれば、角度振れによって生じる並進の画像の変形量とあおりの画像変形量の相関を保つことが可能となる。なお、(式 30)、(式 31)では焦点距離 f を 1 としたが、各種演算処理を施した後に焦点距離 f を乗算あるいは除算すれば、最終的な並進補正量およびあおり補正量を求めることができる。

【0093】

以下、図 6 のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部 200 の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図 6 において、図 3 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 6 の画像変形量演算部 200 の構成は、図 3 に対し、あおりの演算に用いる飽和防止制御部 215 が削除され、HPF 211、積分器 214、センタリング部 213 は飽和防止制御部 205 によって制御される構成となっている。また、焦点距離乗算部 202 および焦点距離除算部 212 の演算位置が異なっている。

20

【0094】

飽和防止制御部 205 は、積分器 204 からの出力がリミッタ値に近づいたときに、HPF 201 のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器 204 の時定数を短くしたり、センタリング部 203 のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。このようにして、飽和防止制御部 205 は並進補正量がリミッタ値に近づかないように、補正量を減衰させる制御を行うが、あおりの演算に対しても同様の特性で減衰させるように制御する点だが、本実施形態におけるもっとも特徴とする点である。すなわち、飽和防止制御部 205 は、積分器 204 からの出力がリミッタ値に近づいたとき等に、HPF 201 のカットオフ周波数を変更する場合は、HPF 211 のカットオフ周波数を HPF 201 のカットオフ周波数と同じ値に変更する。あるいは、積分器 204 の時定数を変更する場合は、積分器 214 の時定数を積分器 204 の時定数と同じ値に変更する。あるいは、センタリング部 203 のセンタリング量を変更する場合は、センタリング部 213 のセンタリング量をセンタリング部 203 のセンタリング量と同じ値に変更する。

30

【0095】

焦点距離乗算部 202 は、飽和防止制御部 205 の出力に、焦点距離演算部 231 によって算出された焦点距離 f を乗算して得られる最終的な並進補正量を、画像変形量合成部 230 に供給する。

40

【0096】

焦点距離除算部 212 は、積分器 214 の出力を焦点距離演算部 231 によって算出された焦点距離 f で除算して得られる最終的なあおり補正量を、画像変形量合成部 230 に供給する。

【0097】

以上説明したように、本発明の第 3 の実施形態においては、第 1 の実施形態の構成に加えて、並進補正量に応じてあおり補正量の演算に用いる減衰特性を変更する構成とした。

50

これによって、並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、より簡単な構成で、良好な像振れ補正性能を実現することができる。なお、第3の実施形態においては、並進補正量に応じて並進補正量の減衰特性とあおり補正量の減衰特性の両方を変更する構成としたが、あおり補正量に応じて並進補正量の減衰特性とあおり補正量の減衰特性の両方を変更してもよい。

【0098】

なお、第3の実施形態においては、補正量を減衰させる手段としてHPF、積分器、オフセットを減算することによるセンタリングを例に説明したが、これらに限られるものではなく、並進とあおりの演算における減衰の特性を同じにすることができれば、その他のフィルタリング処理等を用いてもよい。

10

【0099】

なお、第3の実施形態においては、並進、あおり、回転の各変形成分の補正量の算出に、角速度センサ102の出力を用いたが、これは種々の変形が可能である。例えば、加速度センサを用いてもよいし、特許文献1に開示されているように、画像から動きベクトルを検出し、動きベクトルから、各変形成分を推定する方法を用いてもよい。

【0100】

(第4の実施形態)

図7は、本発明の第4の実施形態に係る撮像装置の一例として、ビデオカメラの構成を示すブロック図である。なお、図7において、図1および図4と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図7は、図1の構成に対し、撮像画像のブレを光学的に補正する補正光学系122と、補正光学系122を制御するためのブロックが追加された構成となっている。また、補正光学系122は、画像変形量演算部200の出力に応じて駆動するようになっている。

20

【0101】

以下、図8のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部200の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図8において、図6と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図8の画像変形量演算部200は、図6の構成に対し、並進補正量の演算において並進補正量振り分け部250および敏感度演算部251が追加された構成となっている。

【0102】

並進補正量振り分け部250は、飽和防止制御部205からの出力である並進における補正量を、画像変形部127で補正する補正量と、補正光学系122で補正する補正量に分割し、それぞれ焦点距離乗算部202および敏感度演算部251に供給する。例えば、飽和防止制御部205の出力を t 、画像変形部127で補正する割合を A とすると、焦点距離乗算部202に供給される補正量 t_e および、敏感度演算部251に供給される補正量 t_o は、

$$t_e = A \times t$$

$$t_o = (1 - A) \times t \text{ となる (ただし、 } 0 < A < 1 \text{)。}$$

【0103】

敏感度演算部251は、焦点距離演算部231の出力に応じて、各ズーム位置において最適な補正光学系122の駆動量を算出するための係数を算出し、並進補正量振り分け部251の出力に乗算して減算器108へと供給する。減算器108は、補正光学系122の位置を検出する位置検出部117の出力をA/D変換器118にてA/D変換し、デジタル化したデータを飽和防止制御部251の出力から減算し、その結果である偏差データを制御フィルタ109に供給する。敏感度演算部251の出力が、すなわち補正光学系122の駆動目標位置となる。

40

【0104】

焦点距離乗算部202は、並進補正量振り分け部250の出力に、焦点距離演算部231によって算出された焦点距離 f を乗算して得られる最終的な並進補正量を、画像変形量合成部230に供給する。

50

【 0 1 0 5 】

このようにして、画像の変形成分のうち、並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）の補正を、画像変形と補正光学系の両方を用いて行うことができる。

【 0 1 0 6 】

以上のように、本発明の第 4 の実施形態においては、第 3 の実施形態の構成に加えて、補正光学系 1 2 2 によって、並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）の補正を、光学的にも行う構成とした。これによって、並進方向の変形に必要な余剰画素を、更に小さく抑えることが可能となり、画像変形部 1 2 7 が出力することのできる画素数をできるだけ大きく保ち、画質の劣化を最小限に抑えることができる。また、並進補正量に応じてあおり補正量の演算に用いる減衰特性を変更する構成とすることにより、並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、より簡単な構成で、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

10

【 0 1 0 7 】

なお、第 4 の実施形態においては、光学的な像振れ補正手段として、補正光学系 1 2 2 を例にとって説明したが、これに限定されるものではない。例えば、撮像素子 1 2 3 を駆動する方法や、プリズムを用いる方法等、種々の像振れ補正手段を用いることができる。

（第 5 の実施形態）

本発明の第 1 の実施形態である図 1 の撮像装置 1 0 0 における、画像変形量演算部 2 0 0 が実行する処理の第 3 の方法について、以下に図面を用いて詳細な説明を行う。

【 0 1 0 8 】

ここで、撮像装置に加わる角度振れによって生じる画像変形成分である並進とあおりの相関関係について説明する。（式 2 2）と（式 2 5）、（式 2 3）と（式 2 6）より、並進とあおりの関係式は、（式 3 2）（式 3 3）で表すことができる。

20

【 0 1 0 9 】

【 数 1 6 】

$$|v_x| = |t_x| / f^2 \quad \dots \text{ (式 3 2)}$$

$$|v_y| = |t_y| / f^2 \quad \dots \text{ (式 3 3)}$$

30

【 0 1 1 0 】

（式 3 2）、（式 3 3）より、あおり補正量の大きさは、並進補正量を f^2 で除算することによって算出することができる。すなわち、あおり補正量は、並進補正量を算出し、その結果を f^2 で除算することにより算出することも可能である。

【 0 1 1 1 】

以下、図 9 のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部 2 0 0 の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図 9 において、図 3 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 9 の画像変形量演算部 2 0 0 の構成は、図 3 に対し、あおりの演算に用いる H P F 2 1 1、焦点距離除算部 2 1 2、センタリング部 2 1 3、積分器 2 1 4、飽和防止制御部 2 1 5 が削除され、二乗焦点距離除算部 2 6 0 が追加された構成となっている。

40

【 0 1 1 2 】

二乗焦点距離除算部 2 6 0 は、飽和防止制御部 2 0 5 の出力である並進補正量を f^2 で除算することによってあおり補正量を算出し、画像変形量合成部 2 3 0 に供給する。これによって、本発明の第 3 の実施形態に示した構成よりもさらに簡単な構成で、並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

【 0 1 1 3 】

なお、図 9 のブロック図では、並進補正量を演算した結果を f^2 で除算することによって、あおり補正量を算出したが、あおり補正量を演算した結果に f^2 を乗算する方法を用

50

いても同じ効果を得ることができる。また図9のブロック図は、図3の構成をベースにした画像変形量演算部200の構成であったが、図6の構成をベースにした図10に示すブロック図のような構成にすることもできる。

【0114】

以下、図10のブロック図について説明する。図10において、図6と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図10の画像変形量演算部200の構成は、図6に対し、あおりの演算に用いるHPF211、センタリング部213、積分器214が削除され、焦点距離除算部212への入力、積分器214の出力から、飽和防止制御部205の出力へと変更されている点異なる。

【0115】

焦点距離除算部212は、飽和防止制御部205（事前演算部）の出力である、焦点距離 f を乗算する前の並進補正量を、焦点距離 f で除算することによってあおり補正量を算出し、画像変形量合成部230に供給する。これによって、図9に示した構成と同様に、簡単な構成で並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

【0116】

以上説明したように、本発明の第5の実施形態においては、第1の実施形態の構成あるいは第3の実施形態の構成に加えて、並進補正量に基づいてあおり補正量の演算を行う構成、あるいはあおり補正量に基づいて並進補正量の演算を行う構成とした。これによって、第3の実施形態の構成よりも更に簡単な構成で、並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

【0117】

なお、第5の実施形態においては、並進、あおり、回転の各変形成分の補正量の算出に、角速度センサ102の出力を用いたが、これは種々の変形が可能である。例えば、加速度センサを用いてもよいし、特許文献1に開示されているように、画像から動きベクトルを検出し、動きベクトルから、各変形成分を推定する方法を用いてもよい。

【0118】

（第6の実施形態）

本発明の第2の実施形態である図4の撮像装置100における、画像変形量演算部200が実行する処理の第2の方法について、以下に図面を用いて詳細な説明を行う。図4の撮像装置100は、前述したように、装置に加わる角度振れによって生じる画像の変形成分のうち、並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）の補正を、画像変形部127と補正光学系122の両方を用いて行う構成である。

【0119】

図11は、図4の撮像装置100における、画像変形量演算部200の構成の一例を示すブロック図である。図11において、図5と同様の構成には同じ符号を付し、説明は省略する。図11は、図5の構成に対し、HPF211、焦点距離除算部212、センタリング部213、積分器214、飽和防止制御部215を削除し、加算器270、二乗焦点距離除算部271を追加した構成となっている。

【0120】

加算器270は、並進補正量換算部240の出力、すなわち補正光学系122によって補正された撮像面上での並進補正量（並進光学補正量演算）と、飽和防止制御部205の出力（並進電子補正量演算）、すなわち画像変形部127における並進補正量とを加算し、二乗焦点距離除算部271に供給する。二乗焦点距離除算部271は、加算器270の出力である、光学的な並進補正量と電子的な並進補正量とを加算した値を f^2 で除算することによってあおり補正量を算出し、画像変形量合成部230に供給する。二乗焦点距離除算部271の演算によって、あおり補正量を算出することができる理由は、（式32）、（式33）で説明した通りである。

【0121】

なお、図11のブロック図においては、補正光学系122で補正しきれなかった並進補

10

20

30

40

50

正量を画像変形部 127 で補正する構成としているが、画像変形部 127 による並進補正は必須ではない。例えば、画像変形量演算部 200 の構成は図 12 に示すようなものであってもよい。図 12 は、図 11 の構成に対し、HPF 201、焦点距離乗算部 202、センタリング部 203、積分器 204、飽和防止制御部 205、加算器 270 を削除し、二乗焦点距離除算部 271 の入力を並進補正量換算部 240 からの出力に変更した構成となっている。つまり図 12 の構成では、並進方向のブレの補正は補正光学系 122 のみによって行い、光学的な並進補正量を(式 32)、(式 33)に従って、 f^2 で除算することによってあおり補正量を算出している。

【0122】

以上のように、本発明の第 6 の実施形態においては、補正光学系 122 によって並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)の補正を光学的にも行う構成とし、あおり補正量を、光学的な並進補正量と電子的な並進補正量とを加算した値に基づいて算出する構成とした。また、電子的な並進補正を行わない場合には、あおり補正量を光学的な並進補正量に基づいて算出する構成とした。これによって、並進方向の変形に必要な余剰画素を小さくあるいはゼロに抑えることが可能となり、画像変形部 127 が出力することのできる画素数をできるだけ大きく保ち、画質の劣化を最小限に抑えることができる。また、並進補正量に基づいてあおり補正量を演算する構成とすることにより、並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、より簡単な構成で、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

10

【0123】

なお、第 6 の実施形態においては、光学的な像振れ補正手段として、補正光学系 122 を例にとって説明したが、これに限定されるものではない。例えば、撮像素子 123 を駆動する方法や、プリズムを用いる方法等、種々の像振れ補正手段を用いることができる。

20

(第 7 の実施形態)

図 13 は、本発明の第 7 の実施形態に係る撮像装置の一例として、ビデオカメラの構成を示すブロック図である。なお、図 13 において、図 1、図 4、図 7 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 13 は、図 4 の構成に対し、動きベクトル検出部 126 が追加された構成になっている。

【0124】

図 13 の撮像装置 100 において、信号処理部 124 は、ビデオ信号(映像信号)を画像メモリ 125 及び動きベクトル検出部 126 に供給する。動きベクトル検出部 126 は、信号処理部 124 で生成された現在の映像信号に含まれる輝度信号と、画像メモリ 125 に格納された 1 フィールド前の映像信号に含まれる輝度信号とに基づいて、画像の動きベクトルを検出する。動きベクトル検出部 126 によって検出された動きベクトルデータは、画像変形量演算部 200 に供給される。

30

【0125】

以下、図 14 のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部 200 の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図 14 において、図 11 と同様の構成には同じ符号を付し、説明は省略する。

【0126】

図 14 において、並進補正量の演算は動きベクトル検出部 126 の出力に基づいて行う。動きベクトル検出部 126 の出力は、現在の画像と 1 フィールド前の画像から算出した、1 フィールド間の水平方向及び垂直方向の並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)量となる。なお、以下の説明において、水平方向の並進補正量及びあおり補正量の演算は、同様の処理を行うので、いずれか一方の制御に関してのみ説明を行う。

40

【0127】

HPF 301 には、動きベクトル検出部 126 の出力、すなわち 1 フィールド間の並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)量が供給される。HPF 301 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、上記並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)量に含まれる低周波数成分を遮断して高周波数帯域の信号を出力する。なお HPF 3

50

01は、本実施形態において必須の構成ではなく、動きベクトル検出部126からの出力をセンタリング部303に直接供給してもよい。

【0128】

センタリング部303は、パンニング等により補正しきれない大きな像振れが生じたとき、補正量をゼロに戻すようなセンタリング量を、HPF301の出力に対して加算する処理を行う。なおセンタリング部303は、本実施形態において必須の構成ではなく、HPF301からの出力を積分器304に直接供給してもよい。

【0129】

積分器304は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、センタリング部303からの出力を積分し、飽和防止制御部305に供給する。積分器304によって、1フィールド間の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）量が積算され、並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）を補正するために必要な補正量が演算されることとなる。

10

【0130】

飽和防止制御部305は、積分器304からの出力がリミッタ値上とならないように、積分器304からの出力をリミットする制御を行う。また、飽和防止制御部305は、積分器304からの出力がリミッタ値に近づいたときに、HPF301のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器304の時定数を短くしたり、センタリング部303のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。飽和防止制御部305の出力は、最終的な並進補正量となり、画像変形量合成部230に供給される。

20

【0131】

加算器306は、並進補正量換算部240の出力、すなわち補正光学系122によって補正された撮像面上での並進補正量と、飽和防止制御部305の出力、すなわち画像変形部127における並進補正量とを加算し、二乗焦点距離除算部307に供給する。二乗焦点距離除算部307は、加算器306の出力である、光学的な並進補正量と電子的な並進補正量とを加算した値を f^2 で除算することによってあおり補正量を算出し、あおり補正量制限部308に供給する。

【0132】

ここで、二乗焦点距離除算部307の演算によって、並進補正量からあおり補正量を算出することができる理由は、(式32)、(式33)によるものであった。(式32)、(式33)は、角度振れのみから算出した式であり、平行振れは考慮されていない。一方、動きベクトル検出部126によって検出された動きベクトルデータは、以下の成分が加算されたものである。すなわち、撮像装置に角度振れが加わったことによって生じる撮像画像の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）が、補正光学系122によって補正された後のブレ残り成分と、撮像装置に平行振れが加わったことによって生じる撮像画像の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分である。撮像画像のあおりは、撮像装置に角度振れが加わったときに発生し、平行振れによつては発生しないため、二乗焦点距離除算部307の演算結果を、そのまま最終的なあおり補正量として補正すると、平行振れの影響が大きいときは正しいあおり補正量とならない危険性がある。

30

【0133】

そこで、あおり補正量制限部308は、撮像装置100に生じた角度振れによって発生するあおり量以上の補正は行わないように、二乗焦点距離除算部307の出力を制限する制御を行う。以下、あおり補正量制限部308の制御について説明する。

40

【0134】

あおり補正量制限部308には、A/D変換器103からの出力のうち、YAW方向またはPITCH方向の角速度データが供給され、あおり補正量制限部308は、角速度データを1フィールドの間積分し、1フィールド間の振れ角度を算出する。1フィールド間の振れ角度を θ とすると、1フィールド間のあおり量（ $\theta \cdot f$ とする）は、焦点距離演算部231によって演算された撮像光学系120の焦点距離 f を用いて、(式25)(式26)から(式34)で表すことができる。

50

【 0 1 3 5 】

【 数 1 7 】

$$v_f = |\tan \theta_f / f| \quad \cdots \text{(式 3 4)}$$

【 0 1 3 6 】

あおり補正量制限部 3 0 8 は (式 3 4) の演算を行う。また、1 フィールド前のあおり補正量制限部 3 0 8 の出力を $v_{out}(n-1)$ 、現在のフィールドの二乗焦点距離除算部 3 0 7 の出力を $v_{in}(n)$ 、両者の差分を $v(n)$ とすると、あおり補正量制限部 3 0 8 は (式 3 5) の演算を行う。

10

【 0 1 3 7 】

【 数 1 8 】

$$\Delta v(n) = v_{in}(n) - v_{out}(n-1) \quad \cdots \text{(式 3 5)}$$

【 0 1 3 8 】

そして、あおり補正量制限部 3 0 8 は (式 3 4) と (式 3 5) の演算結果に応じて、あおり補正量制限部 3 0 8 の出力 $v_{out}(n)$ を (式 3 6)、(式 3 7)、(式 3 8) のように決定する。

【 0 1 3 9 】

20

$v(n) > v_f$ のとき、

【 0 1 4 0 】

【 数 1 9 】

$$v_{out}(n) = v_{out}(n-1) + v_f \quad \cdots \text{(式 3 6)}$$

【 0 1 4 1 】

のとき、

$v(n) < -v_f$ のとき

【 0 1 4 2 】

30

【 数 2 0 】

$$v_{out}(n) = v_{out}(n-1) - v_f \quad \cdots \text{(式 3 7)}$$

【 0 1 4 3 】

上記以外 のとき、

【 0 1 4 4 】

【 数 2 1 】

$$v_{out}(n) = v_{in}(n) \quad \cdots \text{(式 3 8)}$$

40

【 0 1 4 5 】

このように、あおり補正量制限部 3 0 8 において、角速度センサ 1 0 2 の出力から算出した角度振れに基づいて、あおり補正量に制限をかけることによって、平行振れの影響が大きいときのあおりの誤補正を防ぐことができる。あおり補正量制限部 3 0 8 の出力は、最終的なあおり補正量となり、画像変形量合成部 2 3 0 に供給される。

【 0 1 4 6 】

以上のように、本発明の第 7 の実施形態においては、第 6 の実施形態の構成において、角速度センサ 1 0 2 の出力のみを用いて補正していた並進ブレ (振れの並進成分による像振れ) の補正を、動きベクトル検出部 1 2 6 の出力も併用して用いる構成とした。これに

50

よって、補正光学系 1 2 2 による像振れ補正で補正しきれない並進成分を、動きベクトル検出部 1 2 6 によって検出し、その検出結果に基づいて上記並進成分を画像変形部 1 2 7 によって補正することにより、より精度の高い像振れ補正性能を実現することができる。また、並進補正量に基づいてあおり補正量を演算する構成とすることにより、並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、より簡単な構成で、良好な像振れ補正性能を実現することができる。このとき、角速度センサ 1 0 2 の出力に基づいて、あおり補正量に制限をかけることによって、平行振れの影響が大きいときのあおりの誤補正を防止することが可能となる。

【 0 1 4 7 】

なお、第 7 の実施形態においては、光学的な像振れ補正手段として、補正光学系 1 2 2 を例にとって説明したが、これに限定されるものではない。例えば、撮像素子 1 2 3 を駆動する方法や、プリズムを用いる方法等、種々の像振れ補正手段を用いることができる。

(第 8 の実施形態)

図 1 5 は、本発明の第 8 の実施形態に係る撮像装置の一例として、ビデオカメラの構成を示すブロック図である。なお、図 1 5 において、図 1、図 1 3 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 1 5 は、図 1 の構成に対し、動きベクトル検出部 1 2 6 が追加され、角速度センサ 1 0 2 と併用して振れの検出を行い画像変形部を制御する構成になっている。

【 0 1 4 8 】

図 1 5 において、角速度センサ 1 0 2 は、回転方向の振れを検出するセンサであるが、撮像装置に加わる平行振れは検出することができなかった。一方、動きベクトル検出部 1 2 6 によって検出される動きベクトルデータは、以下の成分が加算されたものである。すなわち、角度振れによって生じる画像変形成分の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）と、平行振れによって生じる画像変形成分の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）とが含まれた並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）として検出される。従って、動きベクトル検出部 1 2 6 を用いることで、平行振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）を加味した並進補正量を演算することができるので、より精度の高い像振れ補正を行うことができる。

【 0 1 4 9 】

ここで、あおり補正量の演算について説明する。前述したように、あおり補正量は並進補正量から算出することができた。並進補正量からあおり補正量を算出することができる理由は、(式 3 2)、(式 3 3) によるものである。しかしながら、(式 3 2)、(式 3 3) は、角度振れのみから算出した式であり、平行振れは考慮されていない。撮像画像に生じるあおりは、撮像装置に角度振れが加わったときに発生し、平行振れによっても発生しないため、平行振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）が含まれた並進補正量からあおり補正量を演算すると、あおり補正量に誤差が生じ、正しい補正ができない危険性がある。そこで、本実施形態における画像変形量演算部 2 0 0 では、角度振れと平行振れを分離して演算し、あおり補正量は角度振れのみから算出する構成としている。

【 0 1 5 0 】

以下、図 1 6 のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部 2 0 0 の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図 1 6 において、図 1 1 と同様の構成には同じ符号を付し、説明は省略する。なお、以下の説明において、水平方向と垂直方向の演算は、同様の処理を行うので、いずれか一方の制御に関してのみ説明を行う。

【 0 1 5 1 】

図 1 6 において、符号 3 0 1 から 3 0 5 および 3 1 5、3 1 6 は、平行振れによる並進補正量の演算を行うためのブロックである。動きベクトル検出部 1 2 6 を用いて平行振れによって生じる並進成分を算出するのだが、前述したように、動きベクトル検出部 1 2 6 は角度振れによって生じる画像変形成分の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）と、

10

20

30

40

50

平行振れによって生じる画像変形成分の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）とが含まれた並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）として検出されるので、動きベクトル検出部 1 2 6 単独では両者を区別することはできない。そこで、動きベクトル検出部 1 2 6 の出力と角速度センサ 1 0 2 の出力を併用することにより、平行振れによって生じる並進成分を算出する。

【 0 1 5 2 】

動きベクトル検出部 1 2 6 からの出力は、動きベクトル減算部 3 1 6 に供給され、動きベクトル換算部 3 1 7 の出力が減算される。動きベクトル換算部 3 1 7 は、焦点距離演算部 2 3 1 の出力と A / D 変換器 1 0 3 の出力である角速度データを用いて、（式 2 2 ）、（式 2 3 ）から 1 フィールド間の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）に相当する量へと変換して出力する。すなわち動きベクトル減算部 3 1 6 は、動きベクトル検出部 1 2 6 で検出された並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）量から、角度振れによって検出された並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）を減算し、平行振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）のみを H P F 3 0 1 に供給している。

10

【 0 1 5 3 】

H P F 3 0 1 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、上記並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）量に含まれる低周波数成分を遮断して高周波数帯域の信号を出力する。なお H P F 3 0 1 は、本実施形態において必須の構成ではなく、動きベクトル減算部 3 1 6 からの出力をセンタリング部 3 0 3 に直接供給してもよい。

20

【 0 1 5 4 】

センタリング部 3 0 3 は、パンニング等により補正しきれない大きなブレが生じたとき、補正量をゼロに戻すようなセンタリング量を、H P F 3 0 1 の出力に対して加算する処理を行う。なおセンタリング部 3 0 3 は、本実施形態において必須の構成ではなく、H P F 3 0 1 からの出力を積分器 3 0 4 に直接供給してもよい。

【 0 1 5 5 】

積分器 3 0 4 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、センタリング部 3 0 3 からの出力を積分し、飽和防止制御部 3 0 5 に供給する。積分器 3 0 4 によって、1 フィールド間の平行振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）量が積算され、並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）を補正するために必要な補正量が演算されることとなる。

30

【 0 1 5 6 】

飽和防止制御部 3 0 5 は、積分器 3 0 4 からの出力がリミッタ値以上とならないように、積分器 3 0 4 からの出力をリミットする制御を行う。また、飽和防止制御部 3 0 5 は、積分器 3 0 4 からの出力がリミッタ値に近づいたときに、H P F 3 0 1 のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器 3 0 4 の時定数を短くしたり、センタリング部 3 0 3 のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。飽和防止制御部 3 0 5 の出力は、平行振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）の補正量となり、画像変形量合成部 2 3 0 に供給される。

【 0 1 5 7 】

次に、角度振れによって生じる画像変形成分を算出するための符号 3 1 1 から 3 1 5 のブロックについて説明する。H P F 3 1 1 には、A / D 変換器 1 0 3 からの出力のうち、Y A W 方向または P I T C H 方向または R O L L 方向の角速度データが供給される。H P F 3 1 1 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、角速度データに含まれる低周波数成分を遮断して高周波数帯域の信号を出力する。なお H P F 3 1 1 は、本実施形態において必須の構成ではなく、A / D 変換器 1 0 3 からの出力をセンタリング部 3 1 2 に直接供給してもよい。

40

【 0 1 5 8 】

センタリング部 3 1 2 は、撮像装置 1 0 0 の Y A W 方向または P I T C H 方向または R O L L 方向に対して、パンニングや補正しきれない大きな角度振れが生じたとき、補正量をゼロに戻すような入力値（以下、センタリング量とする）を、H P F 3 1 1 の出力に対

50

して加算する処理を行う。なおセンタリング部 3 1 2 は、本実施形態において必須の構成ではなく、HPF 部 3 1 1 からの出力を積分器 3 1 3 に直接供給してもよい。

【0159】

積分器 3 1 3 は、任意の周波数帯域でその特性を変更し得る機能を有しており、センタリング部 3 1 2 からの出力を積分し角度データとして、飽和防止制御部 3 1 4 に供給する。飽和防止制御部 3 1 4 は、積分器 3 1 3 からの出力がリミッタ値以上とならないように、積分器 3 1 3 からの出力をリミットする制御を行う。また、飽和防止制御部 3 1 4 は、積分器 3 1 3 からの出力がリミッタ値に近づいたときに、HPF 3 1 1 のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器 3 1 3 の時定数を短くしたり、センタリング部 3 1 2 のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。飽和防止制御部 3 1 4 の出力は、像振れ補正の対象となる角度データとなり、画像変形量演算部 3 1 5 に供給される。

10

【0160】

画像変形量演算部 3 1 5 は、焦点距離演算部 2 3 1 の出力と、飽和防止制御部 3 1 4 の出力、すなわち撮像装置に加わる角度振れのうち、像振れ補正の対象となる角度データが供給されている。画像変形量演算部 3 1 5 は、角度データから角度振れによって生じる画像変形量を算出する。ここで、角度データから画像変形量を算出するには、(式 1 1)、(式 1 2)に従って、(式 1)の射影変換行列を算出すればよい。画像変形量演算部 3 1 5 は、算出した射影変換行列の各要素の値を、画像変形量合成部 2 3 0 へと出力する。

【0161】

画像変形量合成部 2 3 0 は、平行振れから算出した並進補正量を、角度振れから算出した射影変換行列に加算して出力する。ここで、画像変形量算出部 3 1 5 で算出した(式 1)の射影変換行列のうち、水平並進 t_x および垂直並進 t_y は、(式 1 3)から、

20

【0162】

【数 2 2】

$$t_x = h3 \quad \dots \text{(式 3 9)}$$

$$t_y = h6 \quad \dots \text{(式 4 0)}$$

【0163】

であることが分かる。従って、射影変換行列に平行振れから算出した並進補正量を加算するには、加算後の射影変換行列を H_{sb} 、平行振れから算出した並進補正量を t_{shx} 、 t_{shy} とすると、(式 4 1)のように算出できる。

30

【0164】

【数 2 3】

$$H_{sb} = \begin{bmatrix} h1 & h2 & h3+t_{shx} \\ h4 & h5 & h6+t_{shy} \\ h7 & h8 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 4 1)}$$

40

【0165】

画像変形部 1 2 7 では、画像変形量合成部 2 3 0 からの出力に基づいて、画像変形による像振れ補正が行われる。

【0166】

以上のように、本発明の第 8 の実施形態においては、第 1 の実施形態の構成において、角速度センサ 1 0 2 の出力のみを用いて検出していた画像変形成分を、動きベクトル検出部 1 2 6 の出力も併用して演算する構成とした。これによって、角速度センサ 1 0 2 では検出することができなかった平行振れによる並進ブレ(振れの並進成分による像振れ)を動きベクトル検出部 1 2 6 によって検出し、その検出結果に基づいて上記並進成分を画像

50

変形部 127 によって補正することができる。このとき、動きベクトル検出部 126 によって検出される並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）量から、角速度センサ 102 によって算出される並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）補正量を減算することによって平行振れによる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）補正量を求め、角度振れから算出した射影変換行列に合成して補正することにより、より精度の高い像振れ補正性能を実現することが可能となる。また、あおり補正量は、角速度センサ 102 によって得られる角度振れに基づいて演算する構成とすることにより、角度振れによって生じる並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、より簡単な構成で、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

【0167】

なお、図 16 のブロック図では、角度振れによる画像変形量の算出において、角度データ（積分器の出力）に応じて、HFP のカットオフ周波数や積分器の時定数、あるいはセンタリング部のセンタリング量を制御する構成であったが、画像変形量の各変形成分に応じて制御する方法を用いても同じ効果を得ることができる。

【0168】

以下、図 17 のブロック図について説明する。図 17 において、図 16 と同様の構成には、同じ符号を付し、説明は省略する。図 17 の画像変形量演算部 200 の構成は、図 16 に対し、飽和防止制御部 314 には画像変形量演算部 315 の出力が供給されており、飽和防止制御部 314 は、画像変形量に応じて HFP 311、センタリング部 312、積分器 313 を制御する構成となっている点が異なる。

【0169】

画像変形量演算部 315 は、焦点距離演算部 231 の出力と、積分器 313 の出力、すなわち撮像装置に加わる角度データが供給されている。画像変形量演算部 315 は、角度データから角度振れによって生じる画像変形量を算出し、飽和防止制御部 314 へと出力する。

【0170】

飽和防止制御部 314 は、画像変形量演算部 315 から出力される画像変形成分のうち、（式 13）の水平並進がリミッタ値に近づいたときに、YAW 方向の角度データの演算に用いる HFP 311 のカットオフ周波数を高域側に変更したり、積分器 313 の時定数を短くしたり、センタリング部 312 のセンタリング量を大きくする等の制御を行う。同様に、垂直並進に対しては PITCH 方向、回転角に対しては ROLL 方向を対応付けることにより、図 16 に示した構成と同様の効果を得ることができる。また、水平並進の代わりに水平あおり、垂直並進の代わりに垂直あおりを用いても同様の効果を得ることができる。

【0171】

（第 9 の実施形態）

本発明の第 7 の実施形態である図 13 の撮像装置 100 における、画像変形量演算部 200 が実行する処理の第 2 の方法について、以下に図面を用いて詳細な説明を行う。図 13 の撮像装置 100 は、前述したように、装置に加わる角度振れおよび平行振れの検出を、角速度センサ 102 と動きベクトル検出部 126 の両方を用いて行う構成である。また、図 13 は、図 15 の構成に対し、撮像画像のブレを光学的に補正する補正光学系 122 と、補正光学系 122 を制御するためのブロックが追加された構成となっている。

【0172】

以下、図 18 のブロック図を用いて、本実施形態における、画像変形量演算部 200 の各構成部とその一例の動作について具体的に説明する。なお、図 18 において、図 17 と同様の構成には同じ符号を付し、説明は省略する。図 18 は、図 17 の構成に対し、並進補正量換算部 240、動きベクトル加算部 318 を追加した構成となっている。

【0173】

図 18 において、前述したように、符号 301 から 305 および 315、316 は、平行振れによる並進補正量の演算を行うためのブロックである。撮像画像のブレを光学的に

10

20

30

40

50

補正する撮像装置の場合、動きベクトル検出部 1 2 6 で検出される並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）量は、以下の成分が加算されたものである。すなわち、撮像装置に角度振れが加わったことによって生じる撮像画像の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）が、補正光学系 1 2 2 によって補正された後のブレ残り成分と、撮像装置に平行振れが加わったことによって生じる撮像画像の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分である。従って、動きベクトル検出部 1 2 6 の出力から、撮像装置に平行振れが加わったことによって生じる撮像画像の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分を抽出するため、以下のような演算を行う。

【 0 1 7 4 】

動きベクトル加算部 3 1 8 は、動きベクトル検出部 1 2 6 の出力と、並進補正量換算部 2 4 0 の出力、すなわち補正光学系 1 2 2 によって補正された撮像面上での並進補正量を加算して出力する。これによって、撮像装置に振れが加わったことによって生じる撮像画像の並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分（補正光学系 1 2 2 によって補正されなかった場合の撮像画像に相当する並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分）を求めることができる。ここでの振れとは、角度振れと平行振れの両方が含まれている。

10

【 0 1 7 5 】

次に、動きベクトル減算部 3 1 6 は、動きベクトル加算部 3 1 8 の出力から、動きベクトル換算部 3 1 7 の出力、すなわち 1 フィールド間の角度振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）に相当する量を減算して出力する。このようにして、動きベクトル検出部 1 2 6 の出力から、平行振れによって生じる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）のみ抽出して H P F 3 0 1 に供給する。符号 3 0 1 から 3 0 5 は、図 1 7 と同様であるので説明は省略する。また、角度振れによって生じる画像変形成分を算出するための符号 3 1 1 から 3 1 5 のブロックについても、図 1 7 と同様であるので説明は省略する。

20

【 0 1 7 6 】

画像変形量合成部 2 3 0 は、画像変形量演算部 3 1 5 の出力および並進補正量換算部 2 4 0 の出力が供給されており、角度振れから算出した射影変換行列に平行振れから算出した並進補正量を加算して出力する。また、画像変形量演算部 3 1 5 から出力される射影変換行列には、補正光学系 1 0 2 によって補正された並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分も含まれているので、上記並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分である並進補正量換算部 2 4 0 の出力を減算する必要がある。これらの並進成分の演算は、前述したように、（式 3 9）、（式 4 0）から、（式 1）の射影変換行列の要素のうち、 h_3 と h_6 に加減算すればよい。すなわち、最終的な画像変形量である射影変換行列 H_{stb} は、平行振れから算出した並進補正量を t_{shx} 、 t_{shy} 、補正光学系 1 0 2 で補正された並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）成分を t_{oisx} 、 t_{oisy} とすると、（式 4 2）のように算出できる。

30

【 0 1 7 7 】

【 数 2 4 】

$$H_{stb} = \begin{bmatrix} h1 & h2 & h3+t_{shx} & -t_{oisx} \\ h4 & h5 & h6+t_{shy} & -t_{oisy} \\ h7 & h8 & & 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{ (式 4 2)}$$

40

【 0 1 7 8 】

画像変形部 1 2 7 では、画像変形量合成部 2 3 0 からの出力に基づいて、画像変形による像振れ補正が行われる。

【 0 1 7 9 】

以上のように、本発明の第 9 の実施形態においては、第 8 の実施形態の構成に加えて、補正光学系 1 2 2 によって、並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）の補正を、光学的

50

にも行う構成とした。これによって、並進方向の変形に必要な余剰画素を、更に小さく抑えることが可能となり、画像変形部127が出力することのできる画素数をできるだけ大きく保ち、画質の劣化を最小限に抑えることができる。

【0180】

また、角速度センサ102の出力に加えて、動きベクトル検出部126の出力も併用して補正量の演算を行うことにより、平行振れによる並進ブレ（振れの並進成分による像振れ）を検出し、その検出結果に基づいて上記並進成分を画像変形部127によって補正することができ、より精度の高い像振れ補正性能を実現することが可能となる。

【0181】

また、あおり補正量は、角速度センサ102によって得られる角度振れに基づいて演算する構成とすることにより、角度振れによって生じる並進、あおりの補正量の相関を保つことが可能となり、より簡単な構成で、良好な像振れ補正性能を実現することができる。

【0182】

なお、第9の実施形態においては、光学的な像振れ補正手段として、補正光学系122を例にとって説明したが、これに限定されるものではない。例えば、撮像素子123を駆動する方法や、プリズムを用いる方法等、種々の像振れ補正手段を用いることができる。

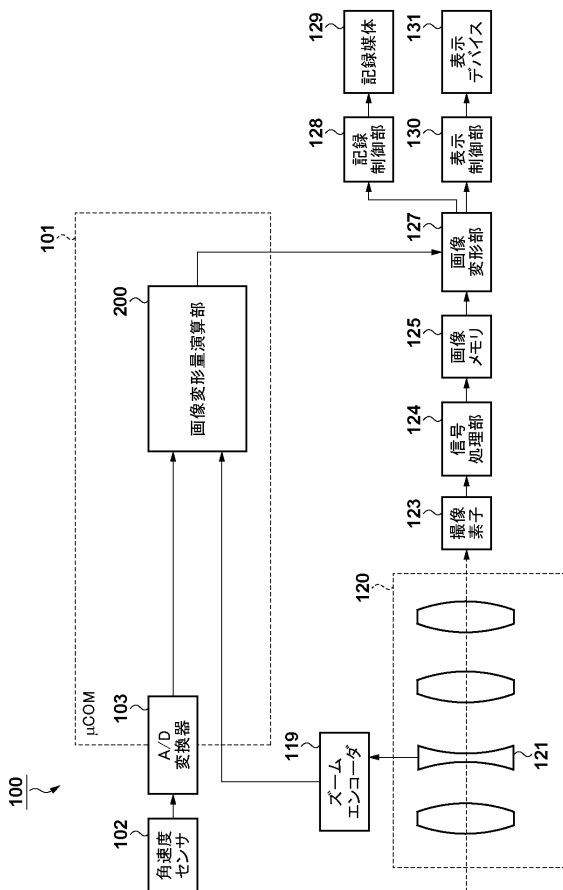
【0183】

以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて詳述してきたが、本発明はこれら特定の実施形態に限られるものではなく、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。上述の実施形態の一部を適宜組み合わせてもよい。

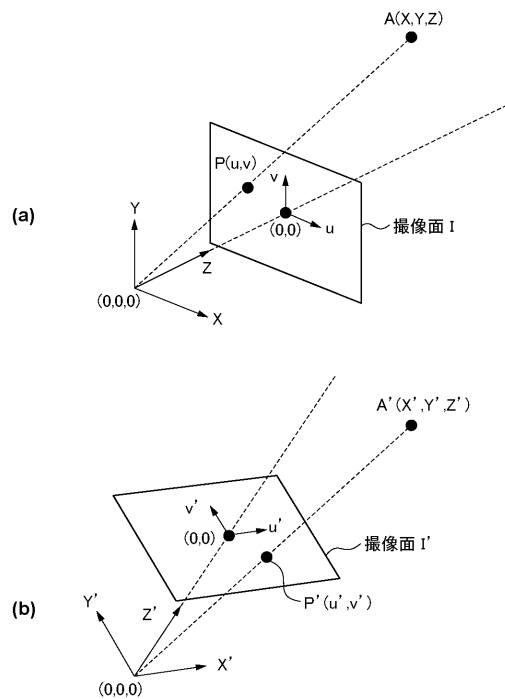
10

20

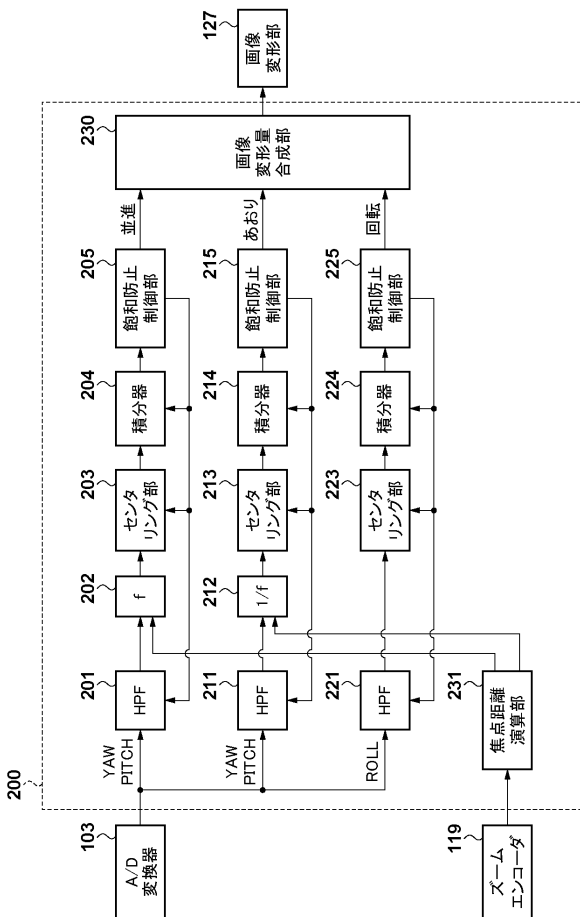
【図1】



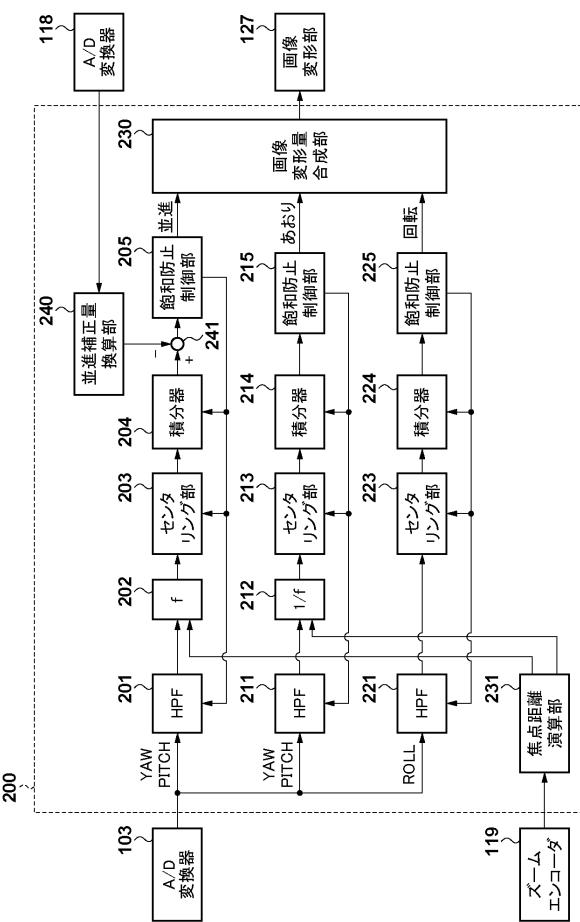
【図2】



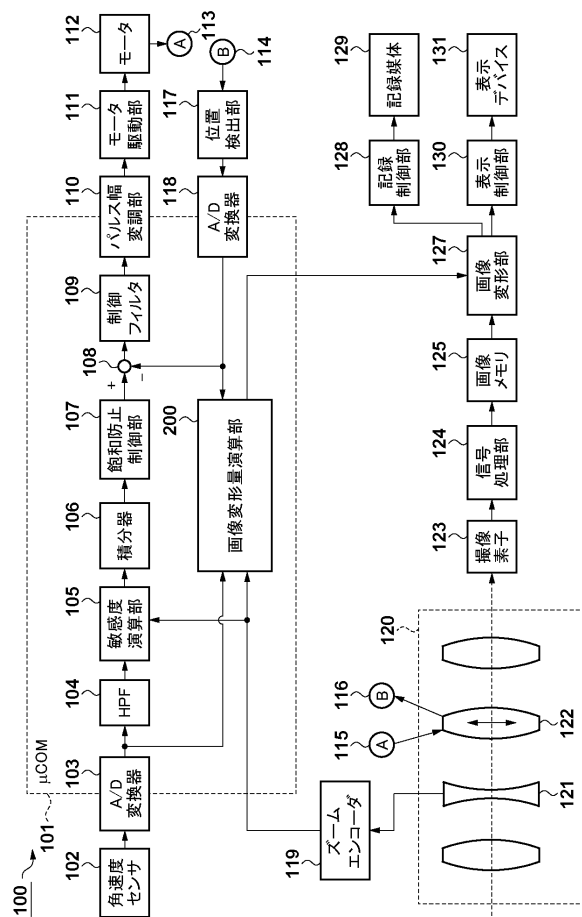
【図 3】



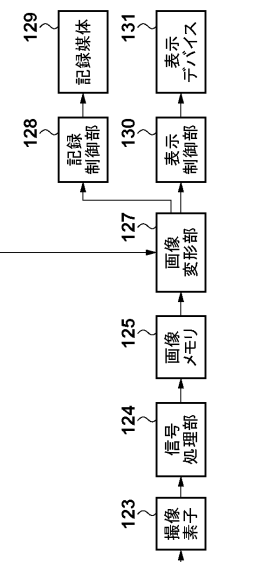
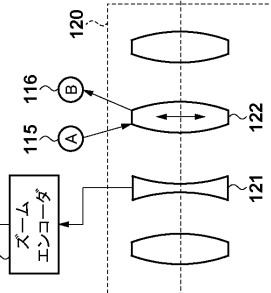
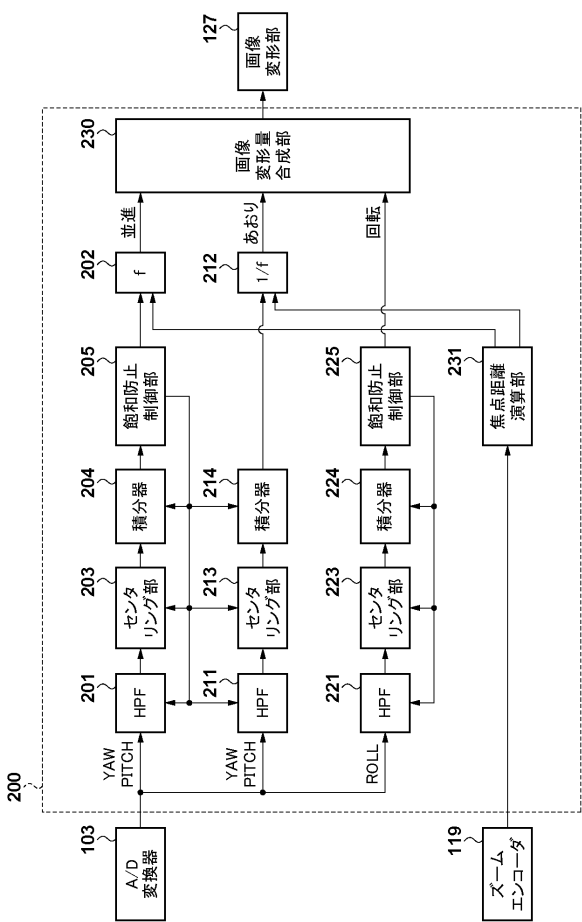
【図 5】



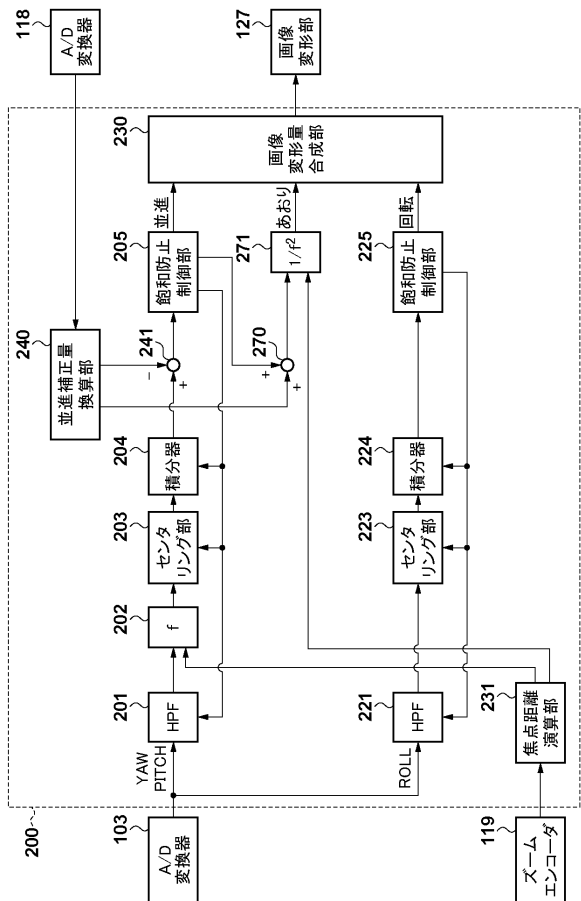
【図 4】



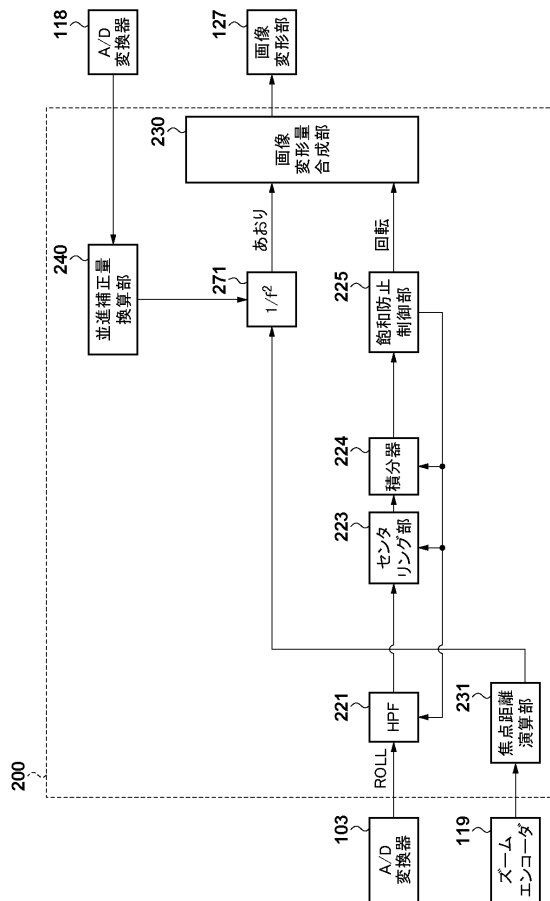
【図 6】



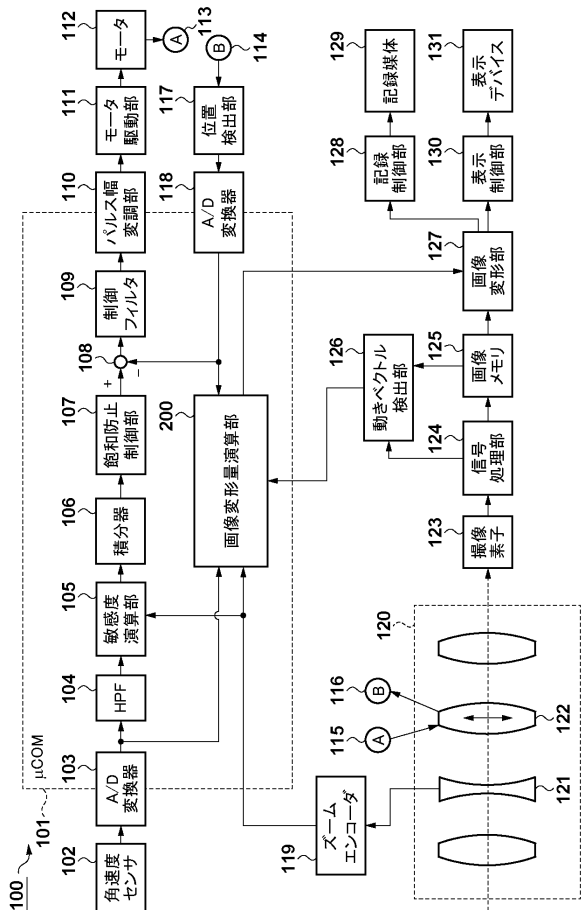
【図 1 1】



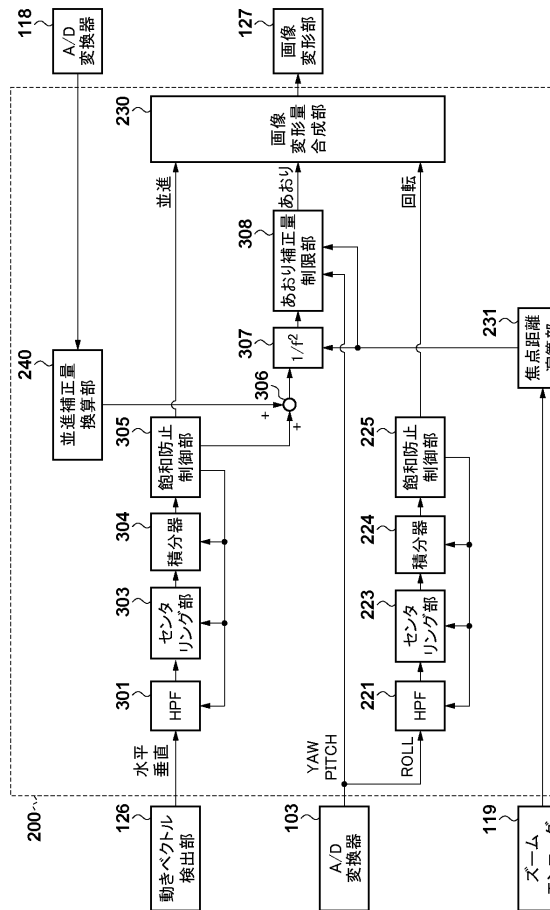
【図 1 2】



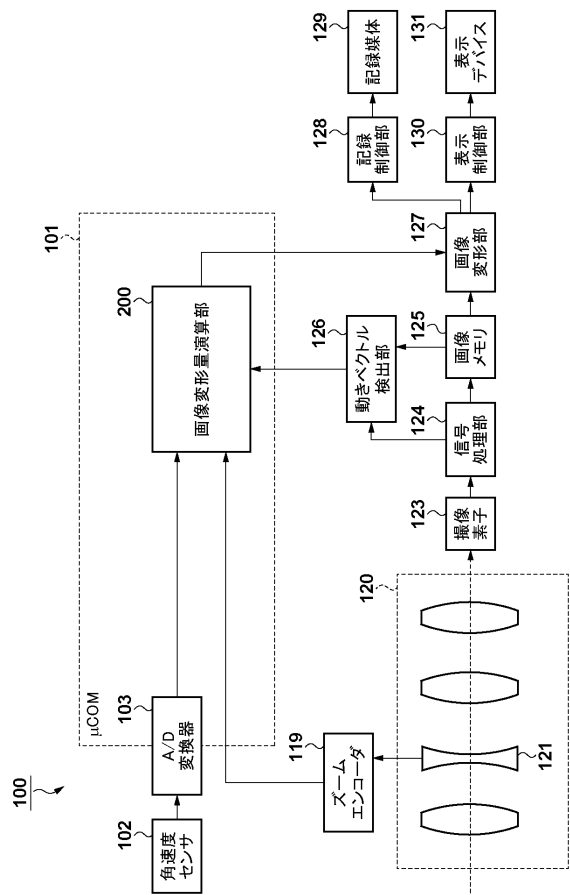
【図 1 3】



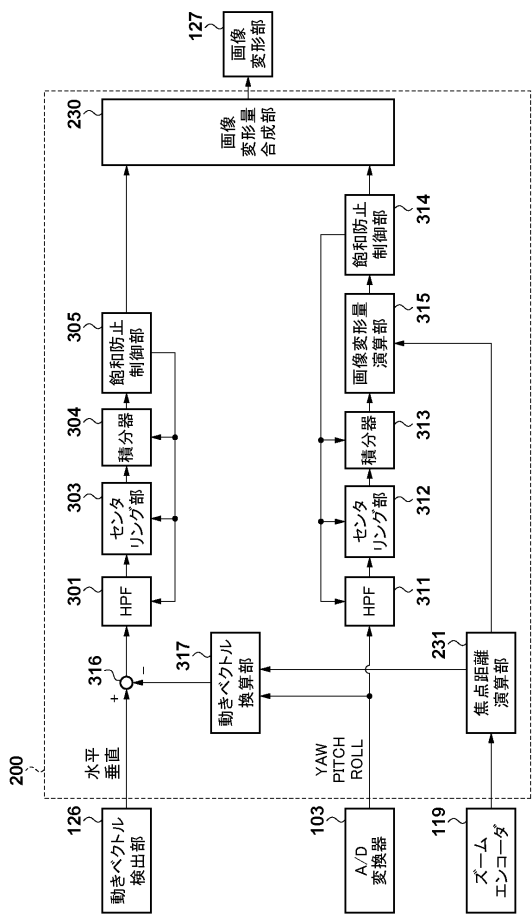
【図 1 4】



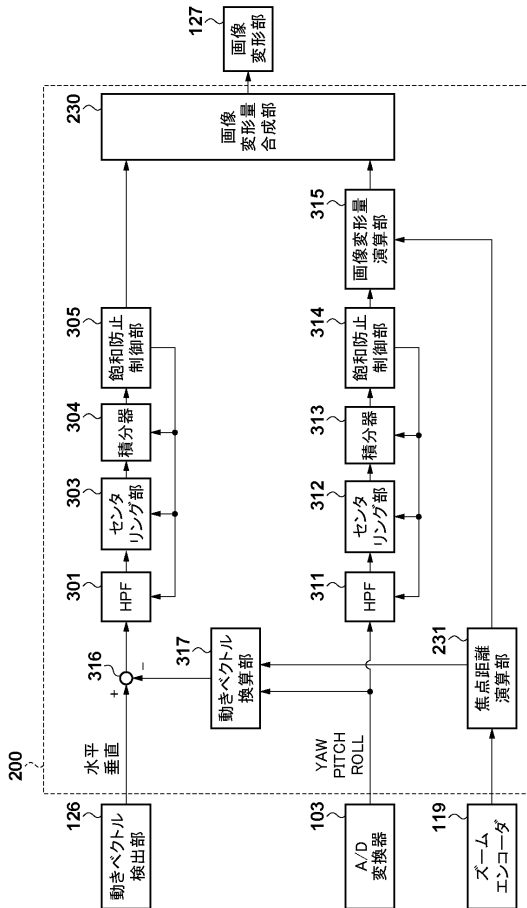
【図 15】



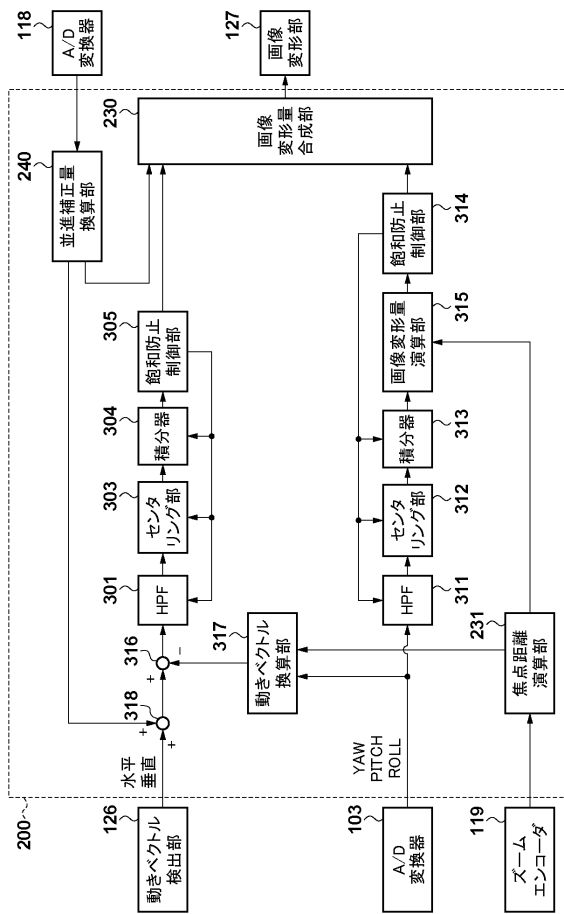
【図 17】



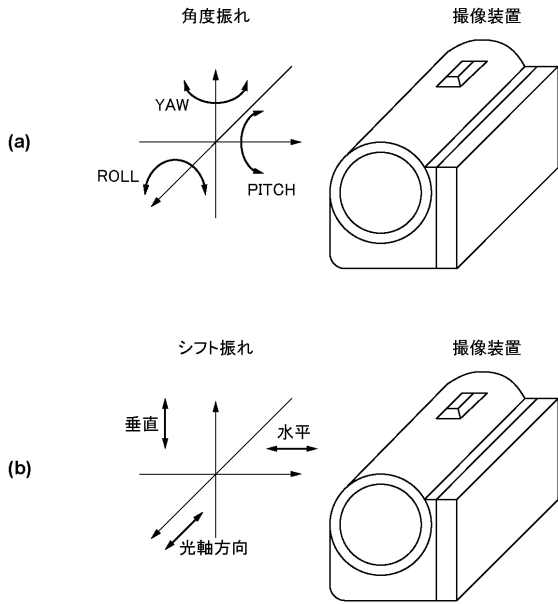
【図 16】



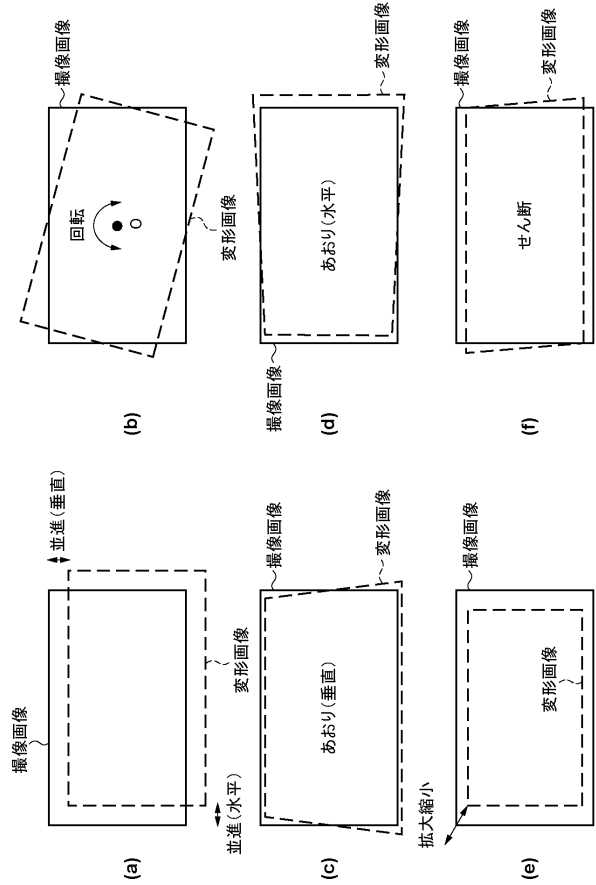
【図 18】



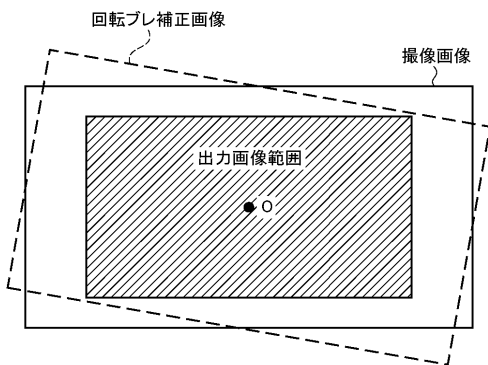
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 渡邊 猛

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

(72)発明者 宮迫 賢一

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

Fターム(参考) 2K005 AA20 BA03 BA22 BA43 CA02 CA14 CA23 CA24 CA25 CA27
CA40 CA53
5C122 DA03 EA41 FB01 FH23 HA77 HA78 HA88

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成28年3月17日(2016.3.17)

【公開番号】特開2014-85450(P2014-85450A)
 【公開日】平成26年5月12日(2014.5.12)
 【年通号数】公開・登録公報2014-024
 【出願番号】特願2012-233302(P2012-233302)
 【国際特許分類】

G 0 3 B 5/00 (2006.01)

H 0 4 N 5/232 (2006.01)

【F I】

G 0 3 B 5/00 F

H 0 4 N 5/232 Z

【手続補正書】

【提出日】平成28年1月29日(2016.1.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第1の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算手段と、

撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第2の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算手段と、

前記第1の補正量及び第2の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御手段と、

撮像装置がパンニング状態と判定された場合、前記並進成分および前記あおり成分の補正量を減らすように前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段を制御する補正量制御手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記あおり補正量演算手段は、前記第1の補正量を用いて前記第2の補正量を算出することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

撮像画像に発生する像振れの回転成分を補正するための第3の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算する回転補正量演算手段をさらに備え、前記補正量制御手段は、前記パンニング状態と判定された場合、前記並進成分および前記あおり成分及び前記回転成分の補正量を減らすように前記並進補正量演算手段、前記あおり補正量演算手段および前記回転補正量演算手段を制御することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段は、それぞれ高域通過フィルタを有し、前記補正量制御手段は、前記パンニング状態と判定された場合、前記高域通過フィルタのカットオフ周波数を大きくすることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

。

【請求項5】

前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段は、それぞれ積分手段を有し、

前記補正量制御手段は、前記パンニング状態と判定された場合、前記積分手段の時定数を短くすることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記補正量制御手段は、前記並進補正量演算手段の特性と、前記あおり補正量演算手段の特性がほぼ同じになるように制御することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記補正量制御手段は、撮像装置のパンニング状態と判定された場合、互いに相互関係を保ちながら前記並進成分及びあおり成分の補正量を減らすように前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

撮像画像に発生する像振れの回転成分を補正するための第 3 の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算する回転補正量演算手段をさらに備え、前記補正量制御手段は、前記パンニング状態と判定された場合、互いに相関関係を保ちながら前記並進成分および前記あおり成分及び前記回転成分の補正量を減らすように前記並進補正量演算手段、前記あおり補正量演算手段および前記回転補正量演算手段を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

画像を撮像する撮像手段と、
請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、
を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 10】

撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第 1 の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算工程と、
撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第 2 の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算工程と、
前記第 1 の補正量及び第 2 の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御工程と、
撮像装置がパンニング状態と判定された場合、前記並進成分および前記あおり成分の補正量を減らすように前記並進補正量演算工程及び前記あおり補正量演算工程を制御する補正量制御工程と、
を有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【請求項 11】

撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第 1 の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算手段と、
撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第 2 の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算手段と、
前記第 1 の補正量及び第 2 の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御手段と、
前記第 1 の補正量と前記第 2 の補正量の少なくとも一方に基づいて、前記並進成分及びあおり成分の補正量を変更するように制御する制御手段と、
を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】

撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第 1 の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算手段と、
撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第 2 の補正量を、前記第 1 の補正量に基づいて演算する並進補正量演算手段と、
前記第 1 の補正量及び第 2 の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 3】

撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第 1 の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算工程と、

撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第 2 の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算工程と、

前記第 1 の補正量及び第 2 の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御工程と、

前記第 1 の補正量と前記第 2 の補正量の少なくとも一方に基づいて、前記並進成分及びあおり成分の補正量を変更するように制御する制御工程と、

を有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【請求項 1 4】

撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第 1 の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算工程と、

撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第 2 の補正量を、前記第 1 の補正量に基づいて演算する並進補正量演算工程と、

前記第 1 の補正量及び第 2 の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御工程と、

を有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の名称】撮像装置、画像処理装置及びその制御方法

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 9】

本発明に係わる画像処理装置は、撮像画像に発生する像振れの並進成分を補正するための第 1 の補正量を、振れ検出手段の出力に基づいて演算する並進補正量演算手段と、撮像画像に発生する像振れのあおり成分を補正するための第 2 の補正量を、前記振れ検出手段の出力に基づいて演算するあおり補正量演算手段と、前記第 1 の補正量及び第 2 の補正量に基づいて、撮像画像の像振れを補正する像振れ補正手段を制御する振れ補正制御手段と、撮像装置がパンニング状態と判定された場合、前記並進成分および前記あおり成分の補正量を減らすように前記並進補正量演算手段及び前記あおり補正量演算手段を制御する補正量制御手段と、を備えることを特徴とする。