

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

撮像光学系を含む装置の振れを検出する振れ検出手段と、
前記振れ検出手段の出力する振れ検出信号を取得して像振れ補正量を算出する演算手段と、

前記演算手段が算出した像振れ補正量に従って像振れを補正する像振れ補正手段と、を
備え、

前記演算手段は、前記撮像光学系の撮影倍率を算出し、該撮影倍率の大きさに従って、
補正用のフィルタの周波数帯域を変更する前の第 1 の補正量と、周波数帯域を変更した後
の第 2 の補正量を演算して前記像振れ補正量を算出することを特徴とする像振れ補正装置
。

10

【請求項 2】

前記振れ検出手段は、前記撮像光学系の光軸に対して直交する軸回りの角度振れを検出
し、

前記演算手段は、前記角度振れの検出信号を取得し、前記撮影倍率が閾値より大きい場
合、前記第 1 の補正量を算出し、前記撮影倍率が前記閾値以下の場合、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 に記載の像振れ補正装置。

【請求項 3】

前記振れ検出手段は、前記撮像光学系の光軸に対して垂直な方向の平行振れを検出し、

前記演算手段は、前記平行振れの検出信号を取得し、前記撮影倍率を閾値と比較して前
記フィルタの周波数特性を変更し、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 または 2 に記載の像振れ補正装置。

20

【請求項 4】

前記振れ検出手段は、撮影画像を取得して動きベクトルを検出し、

前記演算手段は、検出された前記動きベクトルを取得し、前記撮影倍率の大きさに応じ
て前記フィルタの周波数特性を変更することを特徴とする請求項 1 に記載の像振れ補正装
置。

【請求項 5】

前記演算手段は、前記撮影倍率が閾値より大きい場合、前記フィルタの低周波帯域を狭
くし、前記撮影倍率が前記閾値以下である場合、前記フィルタの低周波帯域を広げること
で周波数特性を変更することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の像振
れ補正装置。

30

【請求項 6】

前記演算手段は、前記撮影倍率が閾値より大きい場合、ハイパスフィルタを含む前記補
正用のフィルタを使用し、前記撮影倍率が前記閾値以下である場合、前記ハイパスフィル
タを含まない前記補正用のフィルタを使用することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいづ
れか 1 項に記載の像振れ補正装置。

【請求項 7】

前記演算手段は、前記撮影倍率が閾値より大きい場合、前記フィルタのカットオフ周波
数を大きく設定し、前記撮影倍率が前記閾値以下である場合、前記フィルタのカットオフ
周波数を小さく設定することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の像振
れ補正装置。

40

【請求項 8】

前記演算手段は、

前記振れ検出信号を取得して第 1 の像振れ補正量を演算する第 1 演算部と、

前記振れ検出信号を取得して第 2 の像振れ補正量を演算する第 2 演算部と、

前記第 1 の像振れ補正量と第 2 の像振れ補正量を切り替える切り替え部を備え、

前記第 2 演算部は、前記第 1 の補正量または第 2 の補正量を選択して前記第 2 の像振れ
補正量を算出することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の像振れ補正
装置。

50

【請求項 9】

前記第 2 演算部は、前記振れ検出信号からオフセットを減算した信号を積分し、前記撮影倍率に従って前記第 1 の補正量または第 2 の補正量を切り替えることを特徴とする請求項 8 に記載の像振れ補正装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の像振れ補正装置を備えることを特徴とするレンズ鏡筒。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の像振れ補正装置を備えることを特徴とする光学機器。

10

【請求項 12】

請求項 10 に記載のレンズ鏡筒を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 13】

撮像光学系を含む装置の振れを検出する振れ検出手段と、
前記振れ検出手段の出力する振れ検出信号を取得して像振れ補正量を算出する演算手段と、

前記演算手段が算出した像振れ補正量に従って像振れを補正する像振れ補正手段と、を備える像振れ補正装置にて実行される制御方法であって、

前記演算手段により、前記撮像光学系の撮影倍率を算出し、該撮影倍率の大きさに従って、補正用のフィルタの周波数帯域を変更する前の第 1 の補正量を演算して前記像振れ補正量を算出するステップと、前記フィルタの周波数帯域を変更した後の第 2 の補正量を演算して前記像振れ補正量を算出するステップを有することを特徴とする像振れ補正装置の制御方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、手振れ等による像振れを補正する像振れ補正装置及び撮像装置に関し、特にマクロ撮影時の像振れを円滑に補正する技術に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

像振れ補正装置を搭載したカメラでは、像振れの無い撮影を可能にするために、手振れ等によるカメラの角度振れを検出し、検出値に応じて像振れ補正用レンズ（以下、補正レンズという）を駆動する。その際、カメラ振動を正確に検出して振れによる光軸変化を補正することが要件となる。角速度等の検出結果を得る振動検出部（角速度計等）と、演算処理結果に基づいて補正部材（補正レンズ等）を駆動させる駆動制御部により、画像振れが抑制される。

【0003】

ところで、至近距離での撮影（撮影倍率の高い撮影条件）の場合、角速度計のみでは検出できない振れがある。これは、カメラの光軸に対して平行な方向または垂直な方向に加わる、いわゆる平行振れであり、その影響による像劣化も無視できない。例えば、マクロ撮影にて被写体に 20 cm 程度まで接近して撮影する条件や、カメラから 1 m 程度離れた被写体に対して撮像光学系の焦点距離が非常に大きい（例えば 400 mm）条件下では、積極的に平行振れを検出して補正を行う必要がある。

40

【0004】

特許文献 1 では、加速度計により平行振れを検出し、加速度計の二階積分から平行振れを求め、別に設けた角速度計の出力と併せて振れ補正部を駆動する技術が開示されている。この場合、加速度計の出力は外乱ノイズや温度変化等の環境の変化の影響を受け易く、二階積分により不安定要因はさらに拡大されるので、平行振れの高精度な補正が難しい。また、特許文献 2 では、平行振れをカメラから離れた場所に回転中心がある時の角度振れ

50

とみなして求める技術が開示されている。角速度計と加速度計の各出力から角度振れの回転半径を用いた補正值と角度を求め、振れ補正が行われる。外乱の影響を受けにくい周波数帯域に限定して回転中心を求めることで、加速度計の不安定要因による補正への影響を軽減できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平7-225405号公報

【特許文献2】特開2010-25962号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般的に、像振れ補正に使用するフィルタのカットオフ周波数を低く設定し、周波数帯域を広くすれば、撮影者の体の揺れ等に対する低周波成分の振れ補正が可能になり、性能が向上する。しかしながら、フィルタの低周波側の周波数帯域を拡大すると、別の問題が生じ得る。つまり、補正部材の可動範囲は有限であるため、補正部材の位置が可動範囲の限界に到達してしまう結果、逆に性能を劣化させる可能性がある。

【0007】

また、特許文献2に開示された、回転半径を用いる平行振れ補正では、低周波帯域での補正を正確に行うことが難しいという問題がある。回転半径については、所定の周波数帯域での回転半径を特定して算出され、抽出する周波数は主に1Hzから10Hzの間で設定される。よって、1Hz以下の振れに対して、回転半径を正確に求められない場合も起こり得る。また、演算で求めた回転半径よりも、1Hz以下の振れにおける実際の回転半径が小さい場合、1Hz以下の低周波帯域での補正においては実際の平行振れと異なる余計な振れ補正が行われる可能性もある。上記条件の場合、フィルタの低周波側の周波数帯域を拡大することに伴う過補正によって、像振れ補正性能が低下することが懸念される。

20

本発明は、像振れ補正装置において像振れ補正の精度を高めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明に係る装置は、撮像光学系を含む装置の振れを検出する振れ検出手段と、前記振れ検出手段の出力する振れ検出信号を取得して像振れ補正量を算出する演算手段と、前記演算手段が算出した像振れ補正量に従って像振れを補正する像振れ補正手段と、を備える。前記演算手段は、前記撮像光学系の撮影倍率を算出し、該撮影倍率の大きさに従って、補正用のフィルタの周波数帯域を変更する前の第1の補正量と、周波数帯域を変更した後の第2の補正量を演算して前記像振れ補正量を算出する。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、像振れ補正装置において像振れ補正の精度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

40

【図1】本発明に係る像振れ補正装置を搭載したカメラの上面図である。

【図2】本発明に係る像振れ補正装置を搭載したカメラの側面図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る像振れ補正装置のブロック図である。

【図4】本発明における振れの回転中心の説明図である。

【図5】本発明の第1実施形態に係る像振れ補正装置を説明するためのブロック図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係る振れ補正量算出を説明する波形図である。

【図7】本発明の第1実施形態に係るフィルタゲイン特性の説明図である。

【図8】本発明の第1実施形態に係る像振れ補正装置の動作を説明するフローチャートである。

50

【図 9】本発明の第 2 実施形態に係る像振れ補正装置のブロック図である。

【図 10】本発明の第 3 実施形態に係る像振れ補正装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の各実施形態について、添付図面を参照して説明する。本発明は、デジタル一眼レフカメラに装着される交換レンズやレンズ鏡筒のような光学機器、デジタルビデオカメラ、監視カメラ、Webカメラ等の撮影装置、携帯電話やタブレット端末等の撮影装置を具備する電子機器に適用できる。

【0012】

[第 1 実施形態]

10

図 1 及び図 2 は本発明の第 1 実施形態に係る像振れ補正装置を具備した撮像装置を示す平面図及び側面図である。撮像装置に搭載される像振れ補正装置は、光軸 102 に対して矢印 103p、103y で示す振れ（以下、角度振れという）、及び矢印 104p、104y で示す振れ（以下、平行振れという）に対して像振れ補正を行う。

撮像装置 101 はリリースボタンによる操作スイッチ（リリース SW）105 を備え、カメラ CPU（中央演算処理装置）106 は制御プログラムを実行して像振れ補正等の各種処理を行う。撮像素子 107 は撮像光学系により結像する被写体光を光電変換する。

角速度検出手段（以下、角速度計という）108p、108y は各々、矢印 108pa、108ya 回りの角度振れを検出する。角度振れは、撮像光学系の光軸に対して直交する軸回りの振れであり、光軸に直交する第 1 の軸回り方向をピッチ方向 p とし、光軸および第 1 の軸に直交する第 2 の軸回り方向をヨー方向 y とする。また、加速度検出手段（以下、加速度計という）109p、109y は各々、矢印 109pa、109ya で示す平行振れを検出する。この平行振れは、撮像光学系の光軸に対して垂直な方向の振れであり、矢印 109pa が縦方向、矢印 109ya が横方向をそれぞれ表す。

20

【0013】

レンズ駆動部 110 は、補正レンズ 111 を図 1、図 2 の矢印 110y、110p の方向へ自在に駆動して、角度振れと平行振れの両方を加味した像振れ補正を行う。角速度計 108p、108y、及び加速度計 109p、109y の各出力は、カメラ CPU 106 に入力される。カメラ CPU 106 はそれらの出力に基づいてレンズ駆動部 110 を制御することで像振れ補正を行う。

30

本実施形態は、像振れ補正手段として、算出された補正量に基づいて補正レンズ 111 を、光軸に垂直な面内で移動させる、いわゆる光学防振を採用している。しかし、補正量に基づいた補正方法は光学防振に限らない。例えば、撮像素子を光軸に垂直な面内で移動させることで像振れ補正を行う形態や、撮像素子が出力する各撮影フレームの画像切り出し位置を変更することで振れの影響を軽減させる電子防振の形態でもよい。あるいは、それらの組み合わせで補正を行うことによっても本発明の目的を達成できる。

【0014】

図 3 は、本発明の第 1 実施形態に係る像振れ補正装置を示すブロック図である。カメラ CPU 106 内の構成要素については機能ブロックとして示す。図 3 では、カメラの鉛直方向に生じる振れ（ピッチ方向：図 2 の矢印 103p、104p 方向）に関する構成のみを示す。同様の構成はカメラの水平方向に生じる振れ（ヨー方向：図 1 の矢印 103y、104y 方向）にも設けられている。これらは基本的には同じ構成であるので、以下では、ピッチ方向に関する構成のみを図示して説明する。

40

【0015】

まず、角度振れ検出信号に基づいて第 1 の像振れ補正量を演算する第 1 演算部（301、303、315 参照）を説明する。

角速度計 108p は角度振れ検出信号として角速度信号をカメラ CPU 106 に出力する。角速度信号は HPF 積分フィルタ 301 に入力され、HPF（ハイパスフィルタ）で DC（直流）成分をカットされた後に積分され、角度信号に変換される。

補正用の角度算出フィルタは、下式（1）の左辺に示すように積分器（式（1）の左辺

50

「 $1/s$ 」)とHPF(式(1)の左辺「 $Ts/(Ts+1)$ 」)を組み合わせたフィルタである。これは、下式(1)の右辺に示すように、時定数Tのローパスフィルタ(LPF)に時定数Tを乗算した式と同じになる。

【数1】

$$\frac{1}{s} \times \frac{Ts}{Ts+1} = \frac{T}{Ts+1} \quad \dots (1)$$

式(1)の左辺にてTはHPFの時定数を表し、式(1)の右辺にてTはLPFの時定数を表す。したがって、角度算出フィルタにはHPFが含まれており、角度算出フィルタの前段に別のHPFを接続すると、角速度計108pの出力から角度算出までのフィルタについては、2次のHPFが構成されることになる。

10

【0016】

HPF積分フィルタ301の出力は敏感度調整部303に入力される。敏感度調整部303には、ズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302が入力される。位置情報302は、レンズ鏡筒に設けた不図示の位置検出部により既知の検出方法で取得される。敏感度調整部303は、ズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302から求める焦点距離と撮影倍率に基づいて、HPF積分フィルタ301の出力を増幅し、補正量(以下、振れ補正量1という)を算出する。振れ補正量1は信号切り替え部315に入力される。ここで、撮影倍率とは、レンズを通して写した被写体像の大きさ(撮像面上の像の大きさ)と、被写体の実際の大きさとの比率をいう。

20

【0017】

次に、角度振れ検出信号に基づいて第2の像振れ補正量を演算する第2演算部(304ないし309、315参照)を説明する。

角速度計108pの出力は、基準値減算部304にも入力される。基準値減算部304は、角速度計108pのオフセット成分を算出し、算出したオフセット成分を角速度から減算して積分フィルタ305に出力する。基準値減算部304は、角速度計108pの出力のオフセット基準値を算出する。このオフセット基準値は、角速度計108pの出力に検出ノイズとして付加される角速度オフセット成分である。例えば、HPF通過後の角速度や、角速度を微分した角加速度の振幅が所定の閾値より小さいときの角速度計108pの出力値を取得しておく。それをカットオフ周波数が非常に小さく設定されたLPFによって滑らかにつなげていく方法等でDC成分である角速度オフセットが算出される。算出されたオフセット基準値は、角速度計108pの電源がOFFとなるまで保持される。

30

【0018】

積分フィルタ305の出力は、信号切り替え部308とHPF306に入力される。HPF306は低周波数成分をカットし、信号切り替え部308へ出力する。信号切り替え部308は、撮影倍率算出部307から撮影倍率を取得する。撮影倍率算出部307は、ズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302を取得して撮影倍率を算出する。信号切り替え部308は撮影倍率を閾値と比較し、撮影倍率の大きさに応じて、積分フィルタ305の出力、またはHPF306の出力を選択し、敏感度調整部309に出力する。撮影倍率が閾値を超える場合に選択されるHPF306の出力は、補正用の角度算出フィルタの周波数帯域を変更する前の第1の補正量に相当する。また、撮影倍率が閾値以下の場合に選択される積分フィルタ305の出力は、周波数帯域を変更した後の第2の補正量に相当する。

40

角度算出フィルタにHPF306が含まれる場合、上述したように角速度計108pの出力から角度算出までのフィルタが2次のHPFの構成となる。このため、手振れの低波帯域(～1Hz)では大きく位相も進んでしまい、像振れ効果が低下することになる。

【0019】

また、パンニングやチルティング動作等において、2次のHPFを含んだフィルタ特性の影響を受けることになる。パンニング等の大きな揺れが生じた場合、大きな振幅の低周波数成分が減衰され、その影響で、例えばパンニング終了時にはパンニング方向とは逆方

50

向の信号が生じる（いわゆる揺り戻し現象）。この信号はその後、ゆっくりとゼロに収束していくが、この信号に基づいて像振れ補正を行った場合、実際の撮像装置の振れとは異なる信号によって補正量が演算される。よって、手振れ補正の精度が低下する可能性がある。

従って、HPF306を含まないフィルタ構成にした方が、像振れ補正上は好ましいが、この場合、低周波帯域でのゲインが大きくなる。これにより、限られた像振れ補正部材の可動範囲において補正範囲が不足する場合、適切な像振れ補正が難しくなる場合がある。また、撮影倍率が小さいときに比べて、撮影倍率が大きいときには、像振れ補正量が大きくなる。このため、撮影倍率が大きいときに補正範囲が不足する可能性がある。そこで、信号切り替え部308は、撮影倍率を予め設定された所定の閾値と比較する。撮影倍率が閾値以下である場合、積分フィルタ305の出力を用いて振れ補正量を演算することで像振れ補正効果が向上する。また、撮影倍率が閾値よりも大きい場合には、HPF306の出力を用いて振れ補正量を演算することで補正部材が可動範囲を超えることなく適切な像振れ補正が行われる。

【0020】

以下に平行振れ補正処理と、撮影倍率が大きい場合に像振れ補正量が大きくなる理由について説明する。

敏感度調整部309は、角度振れおよび平行振れを考慮した像振れ補正量への変換処理を行う。角速度計108pの出力はHPF位相調整フィルタ（以下、HPF位相調整部という）310に入力される。HPF位相調整部310は、角速度計108pの出力に重畳されるDC成分をカットすると共に、その信号の位相調整を行う。ここでのカットオフ周波数は後述するHPF積分フィルタ311のHPFのカットオフ周波数と合わせており、周波数特性が一致するように調整してある。HPF位相調整部310の出力については、角速度計BPF（バンドパスフィルタ）部312で所定帯域の周波数成分のみが抽出される。

【0021】

加速度計109aは平行振れの検出信号を出力する。加速度計109pの出力はHPF積分フィルタ311に入力され、該フィルタを構成するHPFがDC成分をカットした後、積分フィルタが速度信号に変換する。この時のHPFのカットオフ周波数は上述したように、HPF位相調整部310のHPFの周波数特性に合わせて設定してある。HPF積分フィルタ311の出力については、加速度計BPF部313で所定帯域の周波数成分のみが抽出される。

角速度計BPF部312及び加速度計BPF部313の各出力は、比較部314に入力され、敏感度調整部309に対して設定する補正量（補正係数）が算出される。比較部314における補正量算出処理については後述する。

敏感度調整部309は、ズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302と信号切り替え部308の出力を取得する。敏感度調整部309は、ズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302により求まる焦点距離および撮影倍率と、比較部314からの補正係数に基づいて信号切り替え部308の出力を増幅する。敏感度調整部309は補正量（以下、振れ補正量2という）を演算し、信号切り替え部315に出力する。

【0022】

次に、比較部314から出力される補正係数の算出処理、および敏感度調整部309での振れ補正量算出処理について説明する。

図4はカメラに加わる角度振れ103pと平行振れ104pを示した図である。撮像装置101の撮影レンズ内にて、撮像光学系の主点位置における平行振れ104pの大きさをYとし、角度振れ103pの大きさをとする。回転中心O（401p）を定めた場合の回転半径L（402p）との関係は、下式で表される。

[数2式]

$$Y = L \times \dots \dots \dots (2)$$

$$V = L \times \dots \dots \dots (3)$$

10

20

30

40

50

$$A = L \times a \quad \dots \dots \dots (4)$$

は角速度、 a は角加速度、 V は速度、 A は加速度である。回転半径 L (402p) は、回転中心 401p から加速度計 109p までの距離である。

式(2)では、加速度計 109p の出力を二階積分した変位 Y と、角速度計 108p の出力を一階積分した角度 から、回転半径 L の値が算出される。式(3)では、加速度計 109p の出力を一階積分した速度 V と、角速度計 108p の出力より求めた角速度 から、回転半径 L の値が算出される。式(4)では、加速度計 109p の出力より求めた加速度 A と、角速度計 108p の出力を一階微分した角加速度 a から、回転半径 L の値が算出される。いずれの方法でも回転半径 L を求めることができる。

【0023】

撮像光学系の主点位置における平行振れ Y と、撮像光学系の振れ角度、及び撮像光学系の焦点距離 f と撮影倍率 より、撮像面に生ずる振れ は、下式(5)で求められる。

[数3式]

$$= (1 +) \times f \times + \times Y \quad \dots \dots \dots (5)$$

式(5)の右辺第1項の f 、 は、撮像光学系のズームレンズおよびフォーカスレンズの位置と、それらより得られる撮影倍率や焦点距離から求まる。また振れ角度 は角速度計 108p の積分結果より求まる。よって、図3を用いて説明したように角度振れ補正を行うことができる。また、式(5)の右辺第2項に関しては、加速度計 109p の二階積分値である Y と、ズームおよびフォーカス位置により得られる撮影倍率 から求まるので、それらの情報に応じて平行振れ補正を行うことができる。

【0024】

しかし、本実施形態においては、式(5)を下式(6)の様に書き直した振れ に対し像振れ補正を行う。

[数4式]

$$= (1 +) \times f \times + \times L \times = ((1 +) \times f + \times L) \times \quad \dots \dots \dots (6)$$

即ち、平行振れに関しては、加速度計 109p より直接求まる平行振れ変位 Y を用いることなく、回転半径 L と の積を用いる。上式(2)、式(3)、または式(4)で求まる回転半径 L と、角速度計 108p の出力の積分結果()と、焦点距離 f および撮影倍率 から、振れ を算出して像振れ補正が行われる。

【0025】

図5は、図3に示す比較部 314 における補正量(補正係数)算出処理を表したブロック図である。

比較部 314 の回転半径算出部 501 は、角速度計 BPF 部 312 及び加速度計 BPF 部 313 の各出力を取得し、下式(7)を用いて回転半径 L を算出する。

[数5式]

$$L = V / \quad \dots \dots \dots (7)$$

回転半径 L は、所定の時間(サンプリング時間)間隔でサンプリングした波形の振幅等から算出してもよい。更に、回転半径 L の更新タイミングについては、算出された瞬間毎に行ってもよいし、時系列的な平均化処理や LPF で高周波成分をカットする処理を行ってもよい。

【0026】

算出後の回転半径 L は、リミット処理部 502 で設定されている上限値を用いて演算処理される。リミット処理部 502 は、回転半径算出部 501 の出力値が上限値以上である場合、出力値を上限値に固定し、出力値が上限値未満である場合、出力値をそのまま出力する。リミット処理部 502 の出力値は補正信号整流部 503 にて処理される。補正信号整流部 503 は、リミット処理部 502 の出力値をそれぞれ整流し、補正信号にステップ的な急激な変化が起こらないように信号処理を行う。例えば、LPF で高周波成分をカットすることで信号の整流が行われる。LPF のカットオフ周波数は、例えば 0.5 Hz 以下の低い周波数に設定される。または、所定期間の移動平均を演算する演算部等が設けら

10

20

30

40

50

れる。補正信号整流部 503 の出力は、平行振れの像振れ補正に使用される最終的な回転半径を示す信号として敏感度調整部 309 へ出力される。

【0027】

敏感度調整部 309 が出力する像振れ補正信号は信号切り替え部 315 (図 3 参照) に入力される。信号切り替え部 315 には、敏感度調整部 303 の出力と、リリース SW (スイッチ) 105 の出力が同時に入力され、リリース SW 105 の状態に応じて、敏感度調整部 303 の出力、または敏感度調整部 309 の出力を選択して駆動部 112 に出力する。敏感度調整部 309 からの像振れ補正信号は、信号切り替え部 308 で撮影倍率が所定の閾値以下の場合、HPF 処理なしの補正值を示す。HPF 処理なしの場合、算出された補正值は角速度計 108p の出力ノイズ成分の影響によるオフセットを含んでいる。以下では、HPF 処理を行わない構成の場合、オフセットを含んだ補正值を、どのように像振れ補正に用いるのかを説明する。

10

【0028】

図 6 は、撮像中および撮像中以外の期間での振れ補正処理を説明する波形図である。波形 601 は敏感度調整部 309 が算出した振れ補正量 2 の時間的变化を示す。波形 602 は敏感度調整部 303 が算出した振れ補正量 1 の時間的变化を示す。振れ補正量 2 については HPF を設けていないため、波形 601 に示すように電源投入時点でのゼロ付近から時間経過につれて次第に離れていく。例えば、期間 604 にて角速度計のオフセット温度ドリフトが生じている場合、時間経過につれて、温度ドリフト影響でゼロ中心から離れた振れ補正量 2 が算出されることになる。

20

【0029】

図 7 は、角度算出フィルタの周波数 - ゲイン特性を示す。グラフ線 701 は積分フィルタのみ (上記式 (1) の $1/s$ に相当) の特性を示す。グラフ線 702 は角度算出に用いる積分および HPF のフィルタ特性を示す。グラフ線 702 では低周波帯域で平坦な特性となり、角度出力には角速度のオフセット分のゲイン特性が残ることになる。よって、図 6 の期間 604 における、角速度計の温度ドリフト影響によって角速度オフセットが大きくなるにつれて、振れ補正量 2 はゼロ中心から離れていく。

波形 602 に示す振れ補正量 1 は、積分フィルタ (積分および HPF) に HPF 306 を加味して算出されるため、グラフ線 702 の特性に HPF 306 の特性が加わった、グラフ線 703 に示す特性となる。グラフ線 703 では、低周波領域でゲインが下がっていることから分かるように、角速度計 108p の出力に含まれるオフセット成分を除去することができ、ゼロ中心で角度が算出されることになる。但し、HPF 306 を使用するため、揺り戻し現象により、パンニングやチルティング等の大きな振れの直後における像振れ補正効果が弱まってしまう。

30

【0030】

よって、振れ補正量 1 よりも振れ補正量 2 を用いて像振れ補正を行う方が、適切な補正効果が得られる。しかし、振れ補正量 2 の場合、図 7 にグラフ線 702 で示すフィルタ特性となっているため、低周波領域でゲインが減衰せずに平坦なゲイン特性となる。つまり角速度のオフセット成分を含みながら振れ補正量 2 が演算される。よって、常に波形 601 の信号に基づいて像振れ補正を行っていると、角速度オフセットの温度ドリフトにより、振れ補正量 2 のオフセットも大きくなってしまう。時間経過につれて補正部材の可動範囲が不足した場合、可動端で制御不能になる可能性がある。

40

【0031】

そこで本実施形態では、撮像中であるか否かを検出し、撮像期間中には図 6 の波形 603 に示す信号を用いて像振れ補正を行う。また、撮像期間以外の期間、例えば、撮像前の準備期間における EVF 表示中や AF (自動焦点調節) / AE (自動露出) 動作中等では、図 6 の波形 602 に示す信号を用いて像振れ補正が行われる。これにより、撮像期間中には、低周波領域まで拡大したフィルタ特性によって像振れ補正効果が向上する。また、撮像期間以外においても、ある程度の像振れ補正効果を確保できる。よって AF / AE 動作の精度が向上し、撮影者のフレーミング動作のし易さ等が向上する。

50

【 0 0 3 2 】

図 6 にて撮像期間は、撮像開始時刻 6 0 5 から撮像終了時刻 6 0 6 までの期間である。撮像期間中に波形 6 0 2 で示す信号に従って像振れ補正を行ってしまうと、パンニング直後等の場合、H P F 3 0 6 の影響により揺り戻し現象が発生することがある。この場合、実際の手振れとは異なる像振れ補正が行われると、像振れ補正効果が低下する。本実施形態では、撮像開始時刻 6 0 5 のタイミングで、波形 6 0 1 と波形 6 0 2 の差分をオフセットとして算出する処理が行われる。波形 6 0 1 からオフセットを減算した波形 6 0 3 で示す信号を撮像期間中に使用する。撮像終了時刻 6 0 6 で撮像処理が終了すると、波形 6 0 3 に対して一定速度で波形 6 0 2 に戻す信号が加算される。加算処理は波形 6 0 3 が波形 6 0 2 と一致するまで行われる。

10

【 0 0 3 3 】

以上の処理により、撮像中には、H P F 3 0 6 を使用しないフィルタ構成で演算された補正量に従って像振れ補正が実行される。よって、パンニングやチルティング直後の揺り戻し現象がなく、フィルタ特性を低周波領域まで拡大することで像振れ補正効果が向上する。

また、平行振れ補正に係わる上記補正係数（式（6）および（7）参照）については、振れ補正量 2 だけに使用している。これは、補正部材の可動範囲が限られており、常に平行振れ補正を行っていると、振れ補正用の可動範囲を超えてしまうことに依る。像振れ補正効果を高めたいのは、静止画撮影中である。これに加えて、撮影前の状態において A F 動作中のようにフォーカス動作が確定していない状態も頻繁に起こり得る。そこで、A F 動作中等での撮影倍率の誤演算を防止するために、撮像期間のみに適切な像振れ補正効果が得られるようにする。すなわち、撮像期間中に使用する振れ補正量 2 のみにおいて、平行振れ補正に係わる補正係数（L）が角度にかかっている。

20

【 0 0 3 4 】

補正部材の可動範囲は限られており、撮影倍率が大きい場合、式（6）に示すように、振れが大きくなるので、振れ補正量も大きくなる。H P F 3 0 6 を用いないフィルタ構成の場合、低周波帯域での補正ゲインが大きくなるので低周波追従性が大きくなる。そのため、撮像中のみの制御でも振れ補正量がすぐに可動範囲を超える可能性がある。また、回転半径 L を用いる平行振れ補正処理では、低周波帯域での像振れ補正を正確に行うことが難しい。回転半径 L は、ある周波数帯域を特定して算出されたものであり、例えば、設定周波数は主に、1 H z から 1 0 H z の間である。よって、1 H z 以下の振れにおいては回転半径 L が正確に算出されていない場合も起こり得る。設定した回転半径よりも、1 H z 以下の振れに係る回転半径が小さい場合、1 H z 以下の低周波帯域において実際の平行振れとは異なる像振れ補正が行われる可能性がある。

30

【 0 0 3 5 】

そこで、本実施形態では、撮影倍率が閾値より大きい場合、可動範囲内で像振れ補正を行い、かつ低周波帯域での誤制御を防止するため、H P F 3 0 6 を含むフィルタ特性での像振れ補正制御に切り替える。信号切り替え部 3 0 8 は、積分フィルタ 3 0 5 の出力または積分フィルタおよび H P F 3 0 6 を通した出力を、撮影倍率の大きさに応じて選択して敏感度調整部 3 0 9 に出力する。

40

【 0 0 3 6 】

次に図 8 のフローチャートを参照して、本実施形態の像振れ補正処理について説明する。本処理はカメラの主電源オンで開始し、一定のサンプリング周期でカメラ C P U 1 0 6 が実行する。

S 8 0 1 で像振れ補正サブルーチンが開始すると、まず S 8 0 2 では、角速度計 1 0 8 と加速度計 1 0 9 の各出力を取り込む処理が行われる。次の S 8 0 3 は、像振れ補正が可能な状態であるか否かの判定処理である。像振れ補正が可能な状態である場合、S 8 0 4 へ進み、また像振れ補正が不可能でない状態の場合、S 8 1 7 へ処理を進める。S 8 0 3 の判定処理では、電源投入時点から角速度計 1 0 8 p や加速度計 1 0 9 p の出力が安定するまでの間、像振れ補正が可能な状態でない判定される。ある時間が経過し、角速度計 1

50

08や加速度計109の出力が安定した場合、像振れ補正が可能な状態であると判定される。これにより、電源投入直後に出力値が不安定な状態で像振れ補正を行うことによる性能低下を防止できる。

【0037】

S804では、角速度計108pの出力（角速度）からHPF積分フィルタ301が角度（以下、角度1と記す）を演算する。S805では、敏感度調整部303がズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302から求まる焦点距離や撮影倍率に基づいて角度1を増幅し、振れ補正量1を演算する。S806では、基準値減算部304および積分フィルタ305により角度（以下、角度2と記す）が算出される。S807でHPF306により、角度2にHPF処理を施したHPF付角度2が算出される。

10

【0038】

次にS808で、角速度計108と加速度計109の各出力に基づいて、比較部314は回転半径Lを演算する。S809で撮影倍率算出部307は、ズームレンズおよびフォーカスレンズの位置情報302を取得し、撮影倍率を算出する。

S810で信号切り替え部308は、撮影倍率が所定の閾値Threshよりも大きいかなかを判定する。撮影倍率が閾値Threshよりも大きい場合、S811に処理を進める。S811で信号切り替え部308が、HPF306の出力であるHPF付角度2を選択し、敏感度調整部309は式(6)から振れ補正量2を演算する。S810で、撮影倍率が閾値Thresh以下の場合、S812に処理を進める。S812で信号切り替え部308は、積分フィルタ305の出力である角度2を選択し、敏感度調整部309は式(6)から振れ補正量2を演算する。

20

【0039】

S813では、リリースSW105の信号に基づいて撮像中か否かが判定される。判定の結果、撮像中の場合、S814に進み、信号切り替え部315は振れ補正量2を選択し、駆動部112に出力する。この場合、図6の波形603に示す信号を用いて像振れ補正が行われる。また、S813で、撮像中でないと判定された場合には、S815に進み、信号切り替え部315は振れ補正量1を選択し、駆動部112に出力する。図6の波形602に示す信号を用いて像振れ補正が行われる。

次にS816で駆動部112は、像振れ補正目標値に基づいて補正レンズを駆動する。S817では、S803で像振れ補正が可能でないとときに駆動部112が補正レンズの駆動を停止させる。

30

以上で像振れ補正サブルーチンを終了し、次のサンプリング周期が到来するまで待ち処理となる。

【0040】

本実施形態では、撮影倍率の大きさに応じて、HPF306を含むフィルタ構成とするか、またはHPF306を含まないフィルタ構成とするかを選択して像振れ補正を行う。これにより、補正部材の限られた可動範囲内で角度振れと平行振れに対する高精度な像振れ補正を実現できる。

【0041】

[第2実施形態]

40

次に本発明の第2実施形態を説明する。第2実施形態において第1実施形態と同様の構成要素については既に使用した符号を用いることでそれらの詳細な説明を省略し、主に相違点を説明する。このような説明の省略については後述の実施形態でも同じである。

図9は第2実施形態に係る撮像装置101の撮像部の構成と、カメラCPU106で実行される像振れ補正処理の機能ブロックを示す。

図3と図9の構成上の相違点は以下の通りである。

- ・図9では、図2のHPF306と、信号切り替え部308が削除されていること。
- ・図3では敏感度調整部309へ信号切り替え部308の出力が入力されていたが、図9では撮影倍率算出部307の出力がフィルタテーブル901に入力されること。およびフィルタテーブル901の出力は積分フィルタ305に基準値減算部304の出力とともに

50

入力され、積分フィルタ 305 の出力が敏感度調整部 309 へ送られること。

【0042】

第1実施形態では、HPF 306 を設け、撮影倍率の大きさに応じてHPF付角度2またはHPF処理なしの角度2が選択されて、振れ補正量が演算される。第2実施形態ではHPFを設けず、撮影倍率の大きさに応じて積分フィルタ305のカットオフ周波数 f_c を設定するフィルタテーブル901を設ける。フィルタテーブル901からのカットオフ周波数 f_c を積分フィルタ305に設定することで、角度を算出して像振れ補正量を演算する処理が行われる。

【0043】

フィルタテーブル901は、撮影倍率が大きくなるにつれてカットオフ周波数 f_c を段階的または連続的に大きくする設定を行う。これにより、撮影倍率が大きくなったとき、補正部材が可動範囲をすぐに超えてしまい、補正不能により適切な補正効果が得られなくなることを防止できる。さらには、第1実施形態のように、所定の撮影倍率を境として、HPFの使用の有無を決定するのではなく、本実施形態の場合、撮影倍率の大きさに合わせて徐々に変更される周波数帯域が設定される。よって、撮影倍率に応じて適切な像振れ補正を行うことが可能となる。また、HPF 306 や信号切り替え部 308 を設ける必要がないので、処理回路や処理プログラムの大規模化を回避しつつ、精度のよい像振れ補正を行える。

【0044】

図9ではHPF 306 を設けず、積分フィルタ305のみで補正用のフィルタを構成している。これに限らず、第1実施形態のようにHPF 306 を設けたフィルタ構成としてもよい。この場合も角度算出および像振れ補正量の演算処理において、撮影倍率の大きさに合わせて徐々に周波数帯域を変更し、撮影倍率に応じて適切な像振れ補正を行うことが可能である。

本実施形態によれば、撮影倍率の大きさに応じて補正用フィルタのカットオフ周波数を変更して像振れ補正を行うことで、補正部材の限られた可動範囲内で角度振れと平行振れに対する高精度な像振れ補正を実現できる。

【0045】

[第3実施形態]

次に本発明の第3実施形態を説明する。

図10は第3実施形態に係る撮像装置101の撮像部の構成と、カメラCPU106が実行する像振れ補正処理の機能ブロックを示す。本実施形態においては、第1実施形態や第2実施形態と異なり、加速度計109の代わりに、撮像素子107の出力する画像信号から動きベクトルを算出して像振れ補正を行う。

【0046】

撮像素子107は被写体からの反射光を電気信号に光電変換することで画像信号を出力する。撮像素子107の出力する画像信号は、撮影画像取り込み部1001に入力され、設定したフレームレート毎にデジタル信号に変換される。デジタル信号に変換された画像情報は、動きベクトル検出部1002に入力される。ここで、予め記憶されている1フレーム前の画像と、現在の画像、つまり時間的に連続する2つの画像を比較することで、画像同士の相対的なズレ情報から動きベクトルが算出される。抽出する画像情報としては、画像全体の情報でもよいし、画像の一部でもよい。また、画像をいくつかのエリアに分割して、分割されたエリアにてそれぞれの画像情報を比較して動きベクトルを算出し、その中から最適な動きベクトルを選択する処理を行ってもよい。本実施形態の適用上、動きベクトルの算出処理については限定されない。

【0047】

動きベクトル検出部1002が出力する動きベクトルは、像面角速度変換部1003に送られ、フレームレート当りの振れピクセル量（即ち振れピクセル速度）とセルピッチから、下式(8)より角速度 相当の値に変換される。

10

20

30

40

50

[数 6 式]

$$= (\quad \times \quad) / ((1 + \quad) \times f) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (8)$$

振れピクセル速度 は、角度振れ量だけでなく平行振れ量等の他の振れ要因も含んでいるが、ここでは動きベクトル検出部 1002 で検出される画像のずれを、角度振れ量のみによりと見做して像振れ補正を行うことにする。

【 0048 】

像面角速度変換部 1003 からの振れ角速度はゲイン（係数を K_p と記す）部 1004 に入力される。ゲインテーブル 1006 により設定されるゲイン係数 K_p が振れ角速度に乗算された後、積分フィルタ 1005 はフィルタテーブル 1007 により設定されたカットオフ周波数 f_c に従ってフィルタリング処理された信号を演算する。ゲインテーブル 1006 とフィルタテーブル 1007 には、撮影倍率算出部 307 からの撮影倍率がそれぞれ入力される。ゲインテーブル 1006 は、撮影倍率の値が大きくなるにつれてゲイン係数 K_p を大きくすることで、平行振れ補正効果を高める。なお、ゲイン係数 K_p の値は 1 より小さい値に設定されており、撮影倍率の値が小さいときは過補正を防止するために、より小さな値に設定される。また、フィルタテーブル 1007 は、撮影倍率の値が大きくなるにつれて積分フィルタ 1005 のカットオフ周波数 f_c を大きくする。即ち撮影倍率 1006 が大きいときには低周波帯域での像振れ補正効果が弱まることになる。しかし、ゲインテーブル 1006 によりゲイン係数 K_p を大きく設定していることにより、特に 1 乃至 10 Hz の範囲での像振れ補正効果が大幅に向上する。

なお、第 1 実施形態の場合と同様に、HPF 306 を用いたフィルタ構成にして、HPF 306 のカットオフ周波数 f_c をフィルタテーブル 1007 で設定して、角度算出および像振れ補正量の演算を行ってもよい。この場合、撮影倍率の大きさに合わせて徐々に周波数帯域が変更されるので、撮影倍率に応じて適切な像振れ補正を行える。

【 0049 】

本実施形態によれば、撮像素子 107 の出力する撮影画像信号から動きベクトルを算出して像振れ補正を行う。撮影倍率の大きさに応じて補正用フィルタのカットオフ周波数を変更することにより、補正部材の限られた可動範囲内で角度振れと平行振れに対する高精度な像振れ補正を実現できる。

【 符号の説明 】

【 0050 】

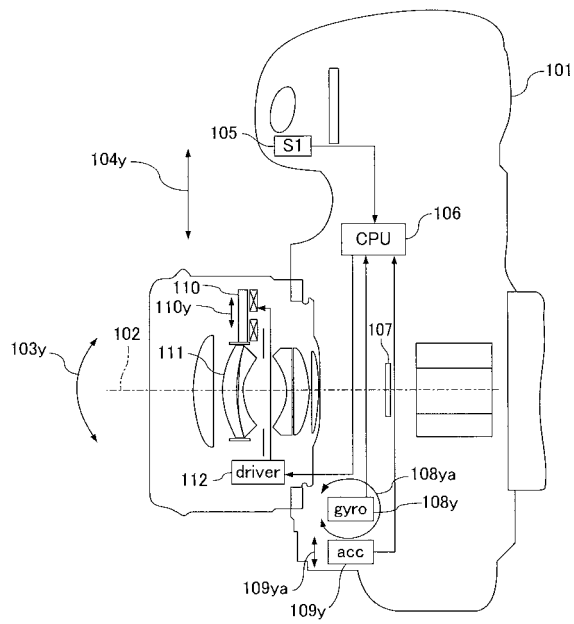
- 101 撮像装置
- 106 CPU
- 107 撮像素子
- 108 y , 108 p 角速度計
- 109 y , 109 p 加速度計
- 110 レンズ駆動部
- 111 振れ補正部

10

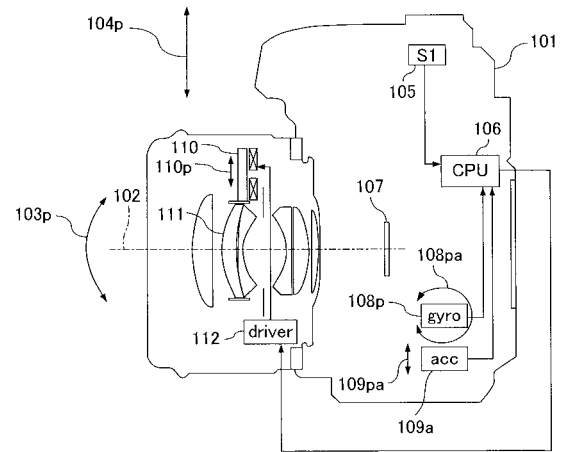
20

30

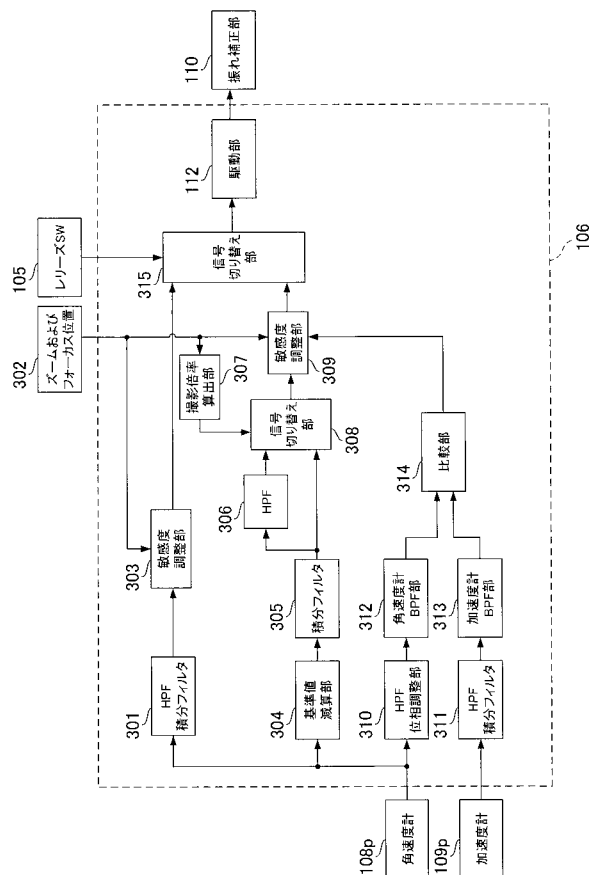
【図 1】



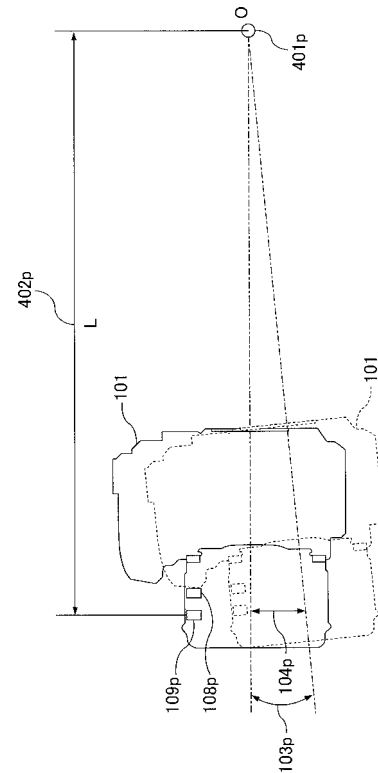
【図 2】



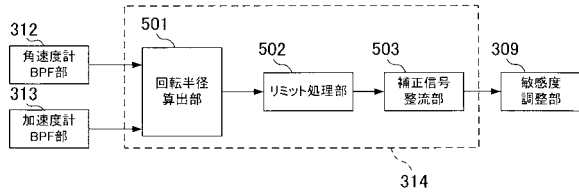
【図 3】



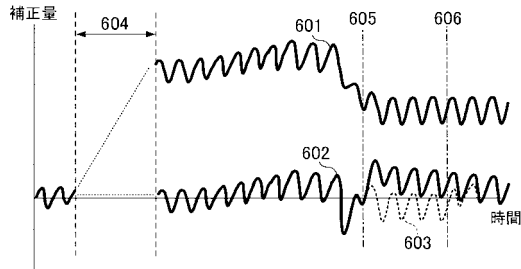
【図 4】



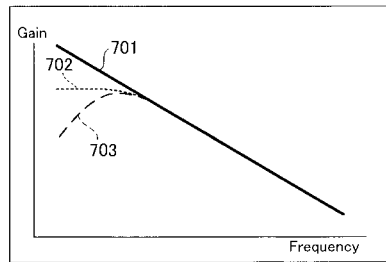
【 図 5 】



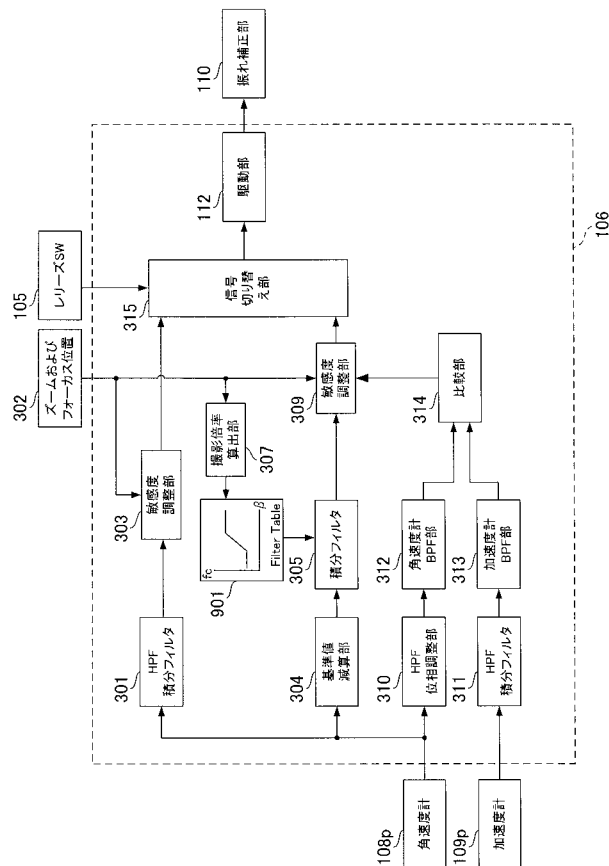
【 図 6 】



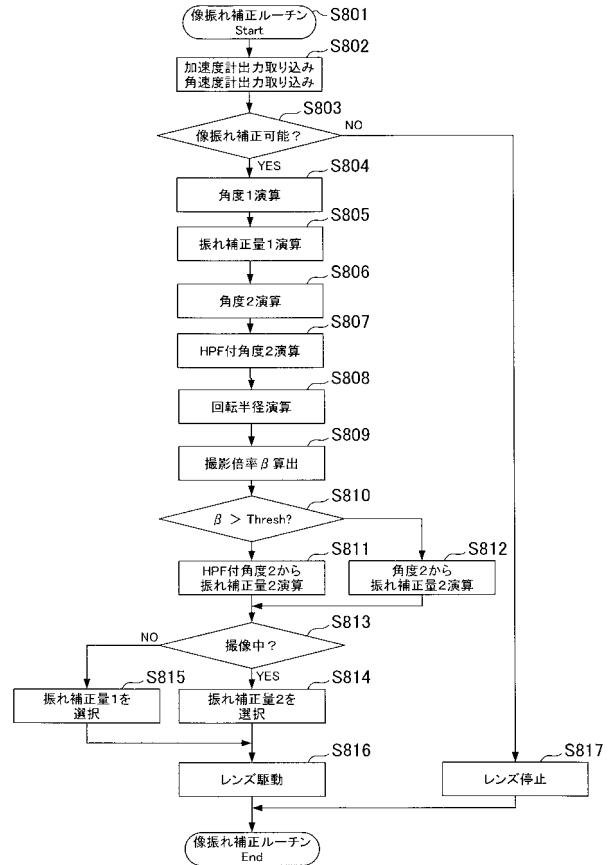
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 1 0 】

