

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5031690号
(P5031690)

(45) 発行日 平成24年9月19日 (2012. 9. 19)

(24) 登録日 平成24年7月6日 (2012. 7. 6)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 B 5/00 (2006. 01)

G O 3 B 5/00 F

H O 4 N 5/232 (2006. 01)

H O 4 N 5/232 Z

H O 4 N 101/00 (2006. 01)

H O 4 N 101:00

請求項の数 7 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2008-183428 (P2008-183428)
 (22) 出願日 平成20年7月15日 (2008. 7. 15)
 (65) 公開番号 特開2010-25963 (P2010-25963A)
 (43) 公開日 平成22年2月4日 (2010. 2. 4)
 審査請求日 平成23年6月28日 (2011. 6. 28)

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 鷲巢 晃一
 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
 (72) 発明者 能登 悟郎
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 防振制御装置及び撮像装置並びに防振制御装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振れによる画像振れを補正する振れ補正手段と、
 振れの角速度を検出する第1振れ検出手段と、
 前記第1振れ検出手段とは異なる方式で振れを検出する第2振れ検出手段と、
前記第1振れ検出手段の出力に基づいて前記振れ補正手段を駆動する補正量を演算する
第1の演算手段と、

前記第1振れ検出手段の出力に基づく第1信号と前記第2振れ検出手段の出力に基づく
 第2信号とから補正値を演算し、該補正値によって補正された前記第1振れ検出手段の出力
に基づいて前記振れ補正手段を駆動する補正量を演算する第2の演算手段と、

前記第1の演算手段および/または前記第2の演算手段によって演算された補正量に基
づいて前記振れ補正手段を駆動する駆動制御手段と、

前記補正値に見かけ上周波数依存性を持たせるために、前記第2の演算手段の周波数特
性を前記第1の演算手段の周波数特性とは異ならせる周波数帯域変更手段とを有すること
 を特徴とする防振制御装置。

【請求項 2】

前記第1振れ検出手段は角速度計であり、
 前記第2振れ検出手段は加速度計であることを特徴とする請求項1に記載の防振制御装
 置。

【請求項 3】

10

20

前記第 1 の演算手段および前記第 2 の演算手段はそれぞれ積分手段及び高域透過手段を具備し、

前記周波数帯域変更手段による周波数帯域変更の結果生じる位相のずれをなくすために、前記積分手段あるいは前記高域透過手段の特性を異ならせていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の防振制御装置。

【請求項 4】

前記第 1 振れ検出手段の出力あるいは前記第 2 振れ検出手段の出力に基づいて前記周波数帯域変更手段の作動を制御する作動制御手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の防振制御装置。

【請求項 5】

前記作動制御手段が前記周波数帯域変更手段を非作動にする時には、前記第 1 の演算手段によって演算された補正量と、前記第 1 振れ検出手段の出力に基づく第 1 信号と前記第 2 振れ検出手段の出力に基づく第 2 信号とから補正値を演算し、該補正値によって補正された、前記第 1 の演算手段によって演算された補正量の合成出力に基づいて、前記駆動制御手段は前記振れ補正手段を駆動することを特徴とする請求項 4 に記載の防振制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の防振制御装置を具備することを特徴とする撮像装置。

【請求項 7】

振れによる画像振れを補正する振れ補正手段を有する防振制御装置の制御方法であって、

振れの角速度を検出する第 1 振れ検出ステップと、
前記第 1 振れ検出ステップとは異なる方式で振れを検出する第 2 振れ検出ステップと、
前記第 1 振れ検出ステップの出力に基づいて前記振れ補正手段を駆動する補正量を演算する第 1 の演算ステップと、

前記第 1 振れ検出ステップの出力に基づく第 1 信号と前記第 2 振れ検出ステップの出力に基づく第 2 信号とから補正値を演算し、該補正値によって補正された前記第 1 振れ検出ステップの出力に基づいて前記振れ補正手段を駆動する補正量を演算する第 2 の演算ステップと、

前記第 1 の演算ステップおよび / または前記第 2 の演算ステップによって演算された補正量に基づいて前記振れ補正手段を駆動する駆動制御ステップと、

前記補正値に見かけ上周波数依存性を持たせるために、前記第 2 の演算ステップでの周波数特性を前記第 1 の演算ステップの周波数特性とは異ならせる周波数帯域変更ステップとを有することを特徴とする防振制御装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、手振れ等の振れによる画像振れを補正（画像の劣化を防止）する防振制御装置及び撮像装置並びに防振制御装置の制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

現在のカメラは露出決定やピント合わせ等の撮影にとって重要な作業は全て自動化され、カメラ操作に未熟な人でも撮影失敗を起こす可能性は非常に少なくなっている。また、最近では、手振れ等による画像振れを防ぐ防振制御装置（振れ補正部、駆動部及び振動検出部などから成る）を備えたカメラも製品化されてきており、撮影者の撮影ミスを誘発する要因は殆ど無くなっている。

【0003】

ここで、画像振れを防ぐ防振制御装置について簡単に説明する。

【0004】

撮影時のカメラの手振れは、周波数として通常 1 Hz ないし 10 Hz の振動である。そ

10

20

30

40

50

して、シャッタのリリース時点においてこのような手振れを起こしていても画像振れの無い写真を撮影可能とする為には、手振れによるカメラの振動を検出し、その検出値に応じて画像振れ補正用のレンズ（以下、補正レンズ）を変位させなければならない。

【 0 0 0 5 】

従って、カメラに振れが生じてても画像振れが生じない写真を撮影するためには、第 1 に、カメラの振動を正確に検出し、第 2 に、手振れ等の振れによる光軸変化を補正することが必要となる。上記振動（カメラ振れ）の検出は、原理的にいえば、加速度、角加速度、角速度、角変位等を検出し、カメラ振れ補正の為にその出力を適宜演算処理する振動検出部をカメラに搭載することによって行うことができる。そして、この振動検出部からの信号に基づいて光軸を変位させる振れ補正部（詳しくは補正レンズ）を駆動部により駆動することにより、画像振れ抑制が行われる。

10

【 0 0 0 6 】

ここで、防振制御装置を具備した従来の一一眼レフカメラについて、図 4 8 及び図 4 9 を用いて説明する。尚、図 4 8 は一一眼レフカメラの平面図であり、図 4 9 はその側面図である。

【 0 0 0 7 】

図 4 8 及び図 4 9 において、4 8 0 4 はカメラ本体であり、該カメラ本体 4 8 0 4 に対し、後述する振れ補正部が具備される交換式の撮影レンズ 4 8 0 1 が装着される。後述の振れ補正部は、光軸 4 8 0 2 に対して矢印 4 8 0 3 p , 4 8 0 3 y で示すカメラ縦振れ及び横振れ（以下、角度振れ）に対して画像振れ補正を行うものである。

20

【 0 0 0 8 】

4 8 0 4 a はリリースボタン、4 8 0 4 b はモードダイヤル（メインスイッチを含む）、4 8 0 4 c はリトラクタブルストロボ、4 8 0 4 d はカメラ CPU、4 8 0 5 は撮像素子であり、これらはカメラ本体 4 8 0 4 に具備されている。

【 0 0 0 9 】

4 8 0 6 は補正レンズ 4 8 0 6 a やコイル、永久磁石等を含む振れ補正部であり、後述の駆動部によりコイルへの通電がなされ、該コイルと永久磁石との関連により補正レンズ 4 8 0 6 a が矢印 4 8 0 6 p , 4 8 0 6 y 方向に自在に移動させられる。これにより、矢印 4 8 0 3 p , 4 8 0 3 y 方向の画像振れ補正が行われる。4 8 0 7 p , 4 8 0 7 y は各々矢印 4 8 0 3 p , 4 8 0 3 y 回りの振れを検出する振動検出部であるところの角速度計（gyro）であり、矢印 4 8 0 7 p a , 4 8 0 7 y a 方向の検出感度方向を持つ。この角速度計 4 8 0 7 p , 4 8 0 7 y で検出された角速度出力はレンズ CPU 4 8 0 8 で演算され、ここで振れ補正部 4 8 0 6、詳しくは補正レンズ 4 8 0 6 a の駆動目標値に変換される。

30

【 0 0 1 0 】

カメラ本体 4 8 0 4 に設けられたリリースボタン 4 8 0 4 a の半押し（スイッチ S 1 のオン：撮影準備の為に測光、ピント合わせを指令する操作）に同期して、駆動目標値は駆動部（driver）4 8 0 9 に入力される。そして、駆動部 4 8 0 9 により振れ補正部 4 8 0 6 に具備されるコイルが駆動される。これにより、上記したように補正レンズ 4 8 0 6 a がコイルと永久磁石との関係により光軸と直交する平面内において画像振れを抑制する矢印 4 8 0 6 p , 4 8 0 6 y 方向に移動させられるようになる。つまり、矢印 4 8 0 3 p , 4 8 0 3 y 方向の画像振れ補正が開始される。

40

【 0 0 1 1 】

防振制御装置は、振れ補正部 4 8 0 6、角速度計 4 8 0 7 p , 4 8 0 7 y、レンズ CPU 4 8 0 8、及び、駆動部 4 8 0 9 などにより構成される。

【 0 0 1 2 】

図 4 8 及び図 4 9 を用いて説明した防振制御装置では、手振れ等の振動検出用に角速度計 4 8 0 7 p , 4 8 0 7 y を用いている。カメラ本体 4 8 0 4 には、矢印 4 8 0 3 p , 4 8 0 3 y 回りの角度振ればかりではなく、矢印 1 0 1 p b , 1 0 1 y b に示した様に並進振動（以下、平行振れ）も加わり、レンズの主点位置における並進運動も画像振れに影響

50

してくる。しかし、一般的な撮影条件では矢印 4 8 0 3 p , 4 8 0 3 y 回りの角度振れ (回転振れ) が支配的であり、矢印 1 0 1 p b , 1 0 1 y b に示した平行振れによる像劣化は少ない。そのため、振動検出用には角速度計 4 8 0 7 p , 4 8 0 7 y だけを設ければよかった。

【 0 0 1 3 】

ところが、至近距離での撮影 (撮影倍率の高い撮影条件) では、矢印 1 0 1 p b , 1 0 1 y b に示した平行振れによる像劣化も無視できなくなってくる。例えばマクロ撮影のように、被写体に 2 0 c m 程度まで接近して撮影する条件や、被写体は 1 m 程度に位置しているとすると。この場合でも、撮像光学系の焦点距離が非常に大きい (例えば 4 0 0 m m) 条件下では積極的に平行振れを検出して振れ補正部 4 8 0 6 を駆動する必要が出てくる。

10

【 0 0 1 4 】

特許文献 1 では、加速度を検出する加速度計を設け、この加速度計で平行振れを検出して、別に設けた角速度計の出力と共に振れ補正部を駆動する技術が開示されている。

【特許文献 1】特開平 7 - 2 2 5 4 0 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 5 】

しかしながら、上記の従来技術では、平行振れの検出に用いる加速度計の出力は外乱ノイズや温度などの環境変化でその信号が変化する虞があり、平行振れの高精度な補正が難しいものであった。

20

【 0 0 1 6 】

(発明の目的)

本発明の目的は、平行振れの高精度な画像振れ補正を行うことのできる防振制御装置及び撮像装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

上記目的を達成するために、本発明は、振れによる画像振れを補正する振れ補正手段と、振れの角速度を検出する第 1 振れ検出手段と、前記第 1 振れ検出手段とは異なる方式で振れを検出する第 2 振れ検出手段と、前記第 1 振れ検出手段の出力に基づいて前記振れ補正手段を駆動する補正量を演算する第 1 の演算手段と、前記第 1 振れ検出手段の出力に基づく第 1 信号と前記第 2 振れ検出手段の出力に基づく第 2 信号とから補正値を演算し、該補正値によって補正された前記第 1 振れ検出手段の出力に基づいて前記振れ補正手段を駆動する補正量を演算する第 2 の演算手段と、前記第 1 の演算手段および / または前記第 2 の演算手段によって演算された補正量に基づいて前記振れ補正手段を駆動する駆動制御手段と、前記補正値に見かけ上周波数依存性を持たせるために、前記第 2 の演算手段の周波数特性を前記第 1 の演算手段の周波数特性とは異ならせる周波数帯域変更手段とを有することを特徴とする防振制御装置とするものである。

30

【 0 0 1 8 】

また、上記目的を達成するために、本発明は、上記本発明の防振制御装置を具備する撮像装置とするものである。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、小型で機動性が高く、常に平行振れの高精度な補正を行うことができる防振制御装置又は撮像装置並びに防振制御装置の制御方法を提供できるものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 0 】

本発明を実施するための最良の形態は、以下の実施例 1 および 2 に示す通りである。

【実施例 1】

【 0 0 2 1 】

図 1 及び図 2 は本発明の実施例 1 に係わる防振制御装置を具備した一眼レフカメラを示

50

す平面図及び側面図であり、図 48 及び図 49 の従来例と同じ部分は同一符号を付してある。図 48 及び図 49 の従来例と異なるのは、カメラ（防振制御装置）に加わる振れを検出する振動検出部として、角速度計 4807p, 4807y に加え、加速度を検出する加速度計 (acc) 101p, 101y を設けている点である。この加速度計 101p, 101y 各々の加速度検出軸は矢印 101pa, 101ya である。

【0022】

角速度計 4807p, 4807y 及び加速度計 101p, 101y の出力はともにレンズ CPU 4808 に入力される。そして、それら出力の関連により駆動部 4809 によって振れ補正部 4806 が駆動される。

【0023】

図 3 は、本発明の実施例 1 に係る防振制御装置を示すブロック図である。図 3 では、カメラの鉛直方向に生じる振れ（ピッチ方向：図 1 及び図 2 の矢印 4806p, 101pb 方向）の構成のみを示している。しかし、同様な構成はカメラの水平方向に生じる振れ（ヨー方向：図 1 及び図 2 の矢印 4806y, 101yb 方向）にも設けられている。これらは基本的には同じ構成になっているので、以下ピッチ方向の構成のみを図示し、その説明を行う。

【0024】

図 3 を用いて、まず、角度振れの補正について説明する。

【0025】

角速度計 4807p からの角速度信号はレンズ CPU 4808 に取り込まれる。そして、その角速度信号は H P F 積分フィルタ 301 に入力され、H P F（ハイパスフィルタ或いは高域透過フィルタ）で D C 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。尚、H P F 処理や積分処理は量子化された角速度信号をレンズ CPU 4808 内で演算処理することで得られ、公知の差分方程式などで実現可能である。また、レンズ CPU 4808 に入力される前に、コンデンサや抵抗を利用してアナログ回路で実現する事も可能である。

【0026】

ここで、手振れの周波数帯域は 1 H z ~ 10 H z の間である。そのため、H P F としては例えば手振れの周波数帯域から十分離れた、例えば 0.1 H z 以下の周波数成分をカットする 1 次の H P F 特性になっている。この事を以後、“0.1 H z 折点 1 次 H P F 処理”と記す。

【0027】

図 4 及び図 5 はその説明をするための H P F 特性のボード線図であり、横軸は周波数、縦軸は利得及び位相であり、手振れの帯域を矢印 404 で示す。尚、利得は角速度計 4807p の出力に対する H P F 積分フィルタ 301 の出力比をデシベル表示で示している。

【0028】

ここで、図 4 の“1 H z 折点 1 次 H P F 処理”では、利得 401 は 1 H z 以下の周波数が減衰される特性になっているが、手振れの下限周波数である 1 H z においても利得が -6 d b 減少し、位相 402 も矢印 403 で示すように 1 H z では 45 度進んでいる。すなわち、1 H z の手振れはその検出精度が低く、十分な画像振れ補正が出来ない。

【0029】

それに対し、図 5 に示す“0.1 H z 折点 1 次 H P F 処理”では、利得 501 は手振れの下限周波数である 1 H z では僅かの減少で、且つ、位相 502 も矢印 503 で示すように 1 H z では 5 度の進みで済んでいる。そのため、1 H z の手振れに対しても精度よい画像振れ補正が出来る。積分に関しても同様であり、手振れの周波数帯域は 1 H z ~ 10 H z の間である。よって、積分処理としては例えば手振れの周波数帯域から十分離れた、例えば 0.1 H z 以上の周波数成分を 1 階積分する特性になっている。この事を以後、“0.1 H z 折点 1 階積分処理”と記す。

【0030】

図 6 及び図 7 はその説明をする積分特性のボード線図であり、横軸は周波数、縦軸は利

10

20

30

40

50

得及び位相であり、手振れの帯域を矢印 4 0 4 で示す。尚、利得は角速度計 4 8 0 7 p の出力信号に対する H P F 積分フィルタ 3 0 1 の出力比をデシベル表示で示している。

【 0 0 3 1 】

ここで、図 6 の “ 1 H z 折点 1 階積分処理 ” では、利得 6 0 1 は 1 H z 以上の周波数においては周波数に比例して利得が小さくなる 1 階積分特性が得られている。しかし、手振れの下限周波数である 1 H z においても利得が - 6 d b 減少し、位相 6 0 2 も矢印 6 0 3 で示す様に 1 H z では 4 5 度進んでいる。すなわち、1 H z の手振れはその検出精度が低く、十分な画像振れ補正が出来ない。ここで、上記 1 H z においても利得が - 6 d b 減少する、との記載の補足説明をする。0 . 0 1 H z や 0 . 1 H z など積分しない周波数では - 1 6 d b である。1 H z から積分を開始するのであれば 1 H z でも - 1 6 d b である筈なのに、実際には 1 H z で - 2 2 d b になっている。すなわち、1 H z では 6 d b 分更に利得が低くなってしまっている（利得が - 6 d b 減少している）ことを意味する。

10

【 0 0 3 2 】

それに対し、図 7 に示す “ 0 . 1 H z 折点 1 階積分処理 ” では、利得 7 0 1 は手振れの下限周波数である 1 H z では僅かの減少で、且つ、位相 7 0 2 も矢印 7 0 3 で示す様に 1 H z では 5 度の進みで済んでいる。そのため、1 H z の手振れに対しても精度よい振れ補正が出来る。この事をボード線図ではなく、実際の手振れと、角速度計 4 8 0 7 p が検出する手振れと補正残りの波形を用いて説明する。

【 0 0 3 3 】

図 8 は手振れの波形及びその処理結果を時間軸で示した図である。横軸は時間、縦軸は上段より実際の手振れ角度、角速度計 4 8 0 7 p の検出する手振れ角速度、H P F 後の手振れ角速度、H P F 後の角速度出力を積分した積分角度、実際の手振れ角度と積分角度の差である補正残りである。

20

【 0 0 3 4 】

波形 8 0 1 は、実際の手振れの下限周波数である 1 H z の振れ角度である。そして、その振れが入力されることで角速度計 4 8 0 7 p が検出する角速度を、波形 8 0 2 で示している。ここで実際の角速度計 4 8 0 7 p の出力には D C バイアス成分や長期ドリフト成分が重畳しているので、前述した様に “ 1 H z 折点 1 次 H P F 処理 ” により上記ノイズ成分を減衰させると、波形 8 0 3 となる。

【 0 0 3 5 】

30

波形 8 0 3 は波形 8 0 2 に比べて振幅が半減し、位相も 4 5 度進んでしまう。これは前述した様に手振れ下限周波数である 1 H z の波形を “ 1 H z 折点 1 次 H P F 処理 ” したことによる影響である。そして、この波形 8 0 3 を前述した様に “ 1 H z 折点 1 階積分処理 ” を行くと、波形 8 0 4 となる。ここでも同様の理由で振幅の半減と位相のずれが生じ、実際の振れ角度波形 8 0 1 と比較すると振幅が大きく減衰し、位相も 9 0 度進んでしまう。位相がこのように 9 0 度進むのは、1 次 H P F で 4 5 度進み、且つ 1 階積分時に 4 5 度進むためにそれらの合計として位相が 9 0 度進むことによる。

【 0 0 3 6 】

波形 8 0 5 は実際の振れ角度波形 8 0 1 から演算で求めた積分角度の差であり、補正残りに相当するが、その振幅は実際の振れ角度波形 8 0 1 の振幅と殆ど差が無い。即ち、この周波数の振れに関しては画像振れ補正は殆ど出来ない。

40

【 0 0 3 7 】

同様の波形を、今度は “ 0 . 1 H z 折点 1 次 H P F ” 及び “ 0 . 1 H z 折点 1 階積分処理 ” した場合を図 9 に示す。図 9 においても、横軸は時間、縦軸は上段より実際の手振れ角度、角速度計 4 8 0 7 p の検出する手振れ角速度、H P F 後の手振れ角速度、H P F 後の角速度出力を積分した積分角度、実際の手振れ角度と積分角度の差である補正残りである。

波形 9 0 1 は、実際の振れの下限周波数である 1 H z の振れ角度である。そして、その振れが入力される事で角速度計 4 8 0 7 p が検出する角速度を、波形 9 0 2 で示している。ここで、実際の角速度計 4 8 0 7 p の出力には D C バイアス成分や長期ドリフト成分が重

50

畳している、前述した様に“0.1Hz折点1次HPF処理”により上記ノイズ成分を減衰させると、波形903となる。

【0038】

波形903は波形902に比べても振幅変化は少なく、位相も5度の進みで収まっている。これは前述した様に手振れ下限周波数である1Hzの波形に対して十分低い周波数である“0.1Hz折点1次HPF”で角速度信号を処理したことによる。そして、この波形903を前述した様に“0.1Hz折点1階積分処理”を行うと、波形904となる。ここでも同様の理由で振幅の減衰は少なく、実際の振れ角度波形901と比較すると、位相も10度の進みで収まっている。このように位相が10度進むのは、1階HPFで5度進み、且つ積分時に5度進むためにそれらの合計として位相が10度進むことによる。

10

【0039】

波形905は実際の振れ角度波形901から演算で求めた積分角度の差であり、補正残りに相当する。その補正残りの振幅は実際の振れ角度波形901の振幅の約1/4に減衰している。即ち、HPF及び積分を手振れ下限周波数より十分低い周波数帯域より処理することで、画像振れ補正の効果を得ることが出来る。

【0040】

図3に戻って、HPF積分フィルタ301の出力(角度信号)は敏感度調整部303に入力される。敏感度調整部303は、フォーカスエンコーダやズームエンコーダよりレンズCPU4808に入力されるズーム、フォーカス情報302およびそれらより求まる撮影倍率に基づいてHPF積分フィルタ301の出力を増幅し、角度振れ補正目標値にする。これはレンズのフォーカスやズームなどの光学状態の変化により振れ補正部4806の振れ補正ストロークに対するカメラ像面での振れ補正敏感度が変化することを補正するためである。

20

【0041】

レンズCPU4808は、求めた角度振れ補正目標値を駆動部4809に出力し、振れ補正部4806を駆動することで画像振れ補正を行わせる。

【0042】

以上が、従来行われている角度振れ補正の概略構成である。

【0043】

これに対し、本発明の実施例1においては、角度振れ補正目標値に、後述する平行振れ補正目標値を加算して、振れ補正部4806を駆動するようにしている。

30

【0044】

図10は、振れ補正処理全体の周波数特性を示す図であり、横軸は周波数、縦軸は手振れ角度に対する振れ補正部4806の補正動作の比をデシベル表示で示した利得およびその位相を示す。尚、図6及び図7では、手振れ角速度に対するその積分値の周波数特性の為に手振れ周波数帯域404において利得は周波数に比例して減衰し、位相は90度遅れている。これに対し、図10においては、手振れ角度に対する角度振れ補正目標値(角速度計4807pで検出された振れを演算で求めた振れ角度)の周波数特性であり、角度と角度の比較になるので、手振れ周波数帯域では利得は略一定で、位相も略ゼロとなる。

【0045】

40

図10において、波形1001において低周波領域(0.1Hz近辺より低い周波数)が減衰しているのは、前述した“0.1Hz折点1次HPF”及び“0.1Hz折点1階積分処理”による。

【0046】

前述した様に図6及び図7とは比較の対象が異なるので(図6及び図7では、角度と角速度、図10では角度と角度)、図10の積分処理は0.1Hz以下を減衰させる、HPFと同様な波形となる。また、波形1001において高周波領域(100Hz近辺より高い周波数)が減衰しているのは、振れ補正部4806のメカニカルな応答特性による。

【0047】

このように手振れ補正帯域は、HPF、積分処理とメカニカルな応答により設定され、

50

矢印 4 0 4 で示す手振れ帯域の画像振れ補正を行っている。前述した様に H P F、積分処理の折点が手振れ周波数帯域に近い場合ばかりでなく、メカニカルな応答特性がよくない場合（例えば 1 0 H z 以上は応答しないような振れ補正部）にも、精度よい画像振れ補正は行えない。そのため、手振れ帯域に合わせて H P F や積分の演算処理やメカニカルな応答を高精度に設定している。

【 0 0 4 8 】

図 3 に戻って、次に、平行振れ補正の構成について説明する。

角速度計 4 8 0 7 p の出力はレンズ C P U 4 8 0 8 に取り込まれる。そして、その出力は H P F 積分フィルタ 3 1 0 に入力され、H P F（ハイパスフィルタ或いは高域透過フィルタ）で D C 成分をカットされた後に、積分されて角速度出力 は角度出力 に変換される。尚、H P F 積分フィルタ 3 1 0 における積分折点は、H P F 積分フィルタ 3 0 1 とは異なっており、その理由は後述する。

10

【 0 0 4 9 】

H P F 積分フィルタ 3 1 0 の出力は利得調整フィルタ（以下、利得調整部）3 1 1 に入力される。この利得調整部 3 1 1 の役割についても後述する。利得調整部 3 1 1 の出力は後述する出力補正部 3 0 9 により補正され、平行振れ補正目標値とされて、前述した角度振れ補正目標値に加算される。

【 0 0 5 0 】

また、上記処理と同時に、角速度計 4 8 0 7 p の出力は H P F 位相調整フィルタ（以下、H P F 位相調整部）3 0 4 に入力され、角速度計 4 8 0 7 p の出力に重畳する D C 成分をカットされると共にその信号の位相調整が行われる。この時の H P F 折点および位相調整に関する詳細は後述する。H P F 位相調整部 3 0 4 の出力は帯域透過手段である角速度計 B P F 部（バンドパスフィルタ或いは帯域透過フィルタ）3 0 6 で所定帯域の周波数成分のみ抽出される。

20

【 0 0 5 1 】

加速度計 1 0 1 p の出力は H P F 積分フィルタ 3 0 5 に入力され、加速度計 1 0 1 p に重畳する D C 成分がカットされると共に 1 階積分して速度 V に変換される。この時の H P F および積分折点に関する詳細は後述する。H P F 積分フィルタ 3 0 5 の出力は帯域透過手段である加速度計 B P F 部（バンドパスフィルタ或いは帯域透過フィルタ）3 0 7 で所定帯域の周波数成分のみ抽出される。

30

【 0 0 5 2 】

角速度計 B P F 部 3 0 6 及び加速度計 B P F 部 3 0 7 の出力は、比較部 3 0 8 で比較され、利得調整部 3 1 1 の出力を補正する補正值（補正係数）が算出される。

【 0 0 5 3 】

出力補正部 3 0 9 にはズーム、フォーカス情報 3 0 2 も入力されており、ズーム、フォーカス情報 3 0 2 より撮影倍率を演算し、求められた撮影倍率及び前述した補正值に基づいて利得調整部 3 1 1 の出力を補正して、平行振れ補正目標値にする。求められた平行振れ補正目標値は前述した角度振れ補正目標値に加算され、駆動部 4 8 0 9 に出力される。これにより、振れ補正部 4 8 0 6 が駆動部 4 8 0 9 により駆動され、角度振れと平行振れの両者の画像振れが補正されることになる。

40

【 0 0 5 4 】

以上において、先ず比較部 3 0 8 から出力される補正值について説明する。

【 0 0 5 5 】

図 1 1 はカメラに加わる角度振れ 4 8 0 3 p と平行振れ 1 0 1 p b を示した図である。撮影レンズ 4 8 0 1 内の撮像光学系の主点位置における平行振れ Y（1 0 1 p b）と角度振れ（4 8 0 3 p）と回転中心 O（1 1 0 2 p）を定めた場合の回転半径 L（1 1 0 1 p）の関係は、以下の（1）、（2）式にて表せる。

【 0 0 5 6 】

$$Y = L \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V = L \quad \dots\dots\dots (2)$$

50

尚、回転半径 L (1 1 0 1 p) は、回転中心 1 1 0 2 p から加速度計 1 0 1 p までの距離である。

【 0 0 5 7 】

ここで、(1) 式は、加速度計 1 0 1 p の出力を 2 階積分して変位 Y を求め、又角速度計 4 8 0 7 p の出力を 1 階積分して角度 θ を求めた場合の回転半径 L である。(2) 式は、加速度計 1 0 1 p の出力を 1 階積分して速度 V を求め、又角速度計 4 8 0 7 p の出力より角速度 ω を求めた場合の回転半径 L である。これら式 (1) , (2) いずれの方法でも回転半径 L を求めることができる。

【 0 0 5 8 】

撮像光学系の主点の位置における平行振れ Y と撮像光学系の振れ角度 θ 及び撮像光学系の焦点距離 f と撮影倍率 M より撮像面に生ずる振れ Y' は、以下の式 (3) で求められる。

【 0 0 5 9 】

$$Y' = (1 + M^2) f \theta + Y \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、右辺第 1 項の f , M は撮像光学系のズーム、フォーカス及びそれにより得られる撮影倍率 M や焦点距離情報 f より求め、振れ角度 θ は角速度計 4 8 0 7 p の積分結果より求まる。よって、その情報に応じて、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。

【 0 0 6 0 】

また、右辺第 2 項に関しては、加速度計 1 0 1 p の 2 階積分値 Y とズーム、フォーカス、及びそれにより得られる撮影倍率 M により求まるので、その情報に応じて、図 3 を用いて説明したように平行振れ補正を行うことが出来る。

【 0 0 6 1 】

しかし、本実施例 1 においては、式 (3) を、以下の式 (4) の様書き直した振れ Y' に対して画像振れ補正を行っている。

【 0 0 6 2 】

$$Y' = (1 + M^2) f \theta + L \omega^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

即ち、平行振れに関しては、加速度計 1 0 1 p より直接求まる平行振れ変位 Y を用いるのではない。一旦式 (1) 或いは式 (2) で求まる回転半径 L を求め、この回転半径 L と角速度計 4 8 0 7 p の出力の積分結果 (ω) とズーム、フォーカス及びそれにより得られる撮影倍率 M により補正している。尚、式 (4) の右辺第 1 項が角度振れ補正目標値、右辺第 2 項が平行振れ補正目標値である。

【 0 0 6 3 】

ここで、加速度計 1 0 1 p は撮像光学系のレンズ主点位置に配置されており、回転半径 L (1 1 0 1 p) は回転中心 1 1 0 2 p から撮像光学系のレンズ主点位置までの距離に等しい。加速度計 1 0 1 p の出力を 2 階積分すれば値 Y が求まるので、式 (3) を利用して平行振れ補正を行えば良いのに、式 (4) を用いて平行振れ補正を行う理由を以下に説明する。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 は加速度計 1 0 1 p の信号検出系を示すブロック図であり、図 1 1 のように回転中心 1 1 0 2 p を中心とした振れ角度 θ の入力時におけるレンズ主点位置の平行振れ変位 Y (1 0 1 p b) の関係を示している。

【 0 0 6 5 】

今、振れ角度 θ が入力されると、加速度計 1 0 1 p はその傾きによる重力成分の変動も検出する。そして、振れ角度 θ が大きくない範囲では重力変動により出力される重力加速度 g (回路部 1 2 0 1 の出力) は振れ角度 θ に比例する。

【 0 0 6 6 】

また、振れ角度 θ に、図 1 1 の回転半径 L (1 1 0 1 p) を乗じた結果が平行振れ変位 Y' (回路部 1 2 0 2 の出力) であり、この平行振れ変位 Y' を回路部 1 2 0 3 にて 2 階微分した平行振れ加速度 a を加速度計 1 0 1 p は出力する。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

更に、加速度計 101p の出力にはノイズも重畳している。ノイズの種類は周波数によらず一定のノイズや周波数に関係するノイズなどがあるが、ここでは周波数に依存しないノイズであり、且つ振れ角度 θ に比例するノイズとして取り扱うものとする。ここではノイズ用の回路部 1204 がノイズ加速度 a_n を出力する。

【0068】

上記の各加速度 a_1 , a_2 , a_3 の合計が加速度計 101p の出力となり、これが回路部 1205 により 2 階積分され、平行振れ変位 Y が得られる。

【0069】

今、重力加速度比例項を G 、回転半径を L 、ノイズ比例項を k 、角周波数を ω とすると、図 12 の信号検出系は、以下の式 (5) で表せる。

10

$$Y = \left\{ \left(L - \frac{G}{\omega^2} \right) \sin(\omega t + \phi) + \frac{k}{\omega^2} \sin(\omega t + \phi) \right\} \theta \quad \dots\dots\dots (5)$$

【0070】

右辺の第 1 項は加速度出力と重力加速度出力の項であり、第 2 項はノイズ項である。

【0071】

ここで、加速度出力と重力加速度出力は共に振れ角度 θ の位相と関連しており、ノイズに関しては振れ角度 θ の位相と関連していないので、式 (5) の右辺は 2 つの項に分けて示しているが、簡略化の為に各項の位相を無視すると以下の式 (6) となる。

20

$$Y = \left(L - \frac{G - k}{\omega^2} \right) \sin \omega t \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$L = \frac{G - k}{\omega^2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

【0072】

即ち、平行振れの変位は式 (7) の等式 (式 (6) の結果がゼロになる各周波数) が成り立つ各周波数を境に低周波側は重力加速度とノイズが支配的になり、高周波側でのみ正確な平行振れの変位が計測できる。

30

【0073】

今までの計測結果などより、仮に回転半径 L 等の量を当てはめた場合の式 (6) のボード線図を、図 13 に示す。図 13 において、横軸は周波数、縦軸は入力振れ角度 θ に対する加速度計 101p が検出した平行振れ変位 Y の利得であり、スケールは「倍」、即ち 1 倍の時は入力振れ角度 θ に対して正確に平行振れ Y を求められている事を示す。

【0074】

ここで、利得 1301 が 1.3 Hz で極めて小さくなっているのは、加速度計 101p が検出する平行振れ加速度が重力加速度とノイズで相殺されている為である。そして、それより低い周波数帯域では低周波になる程加速度計出力が大きくなっており、これは重力加速度やノイズが支配項になる為である。

40

【0075】

一方、矢印 1302 で示すように、この周波数より高周波側では加速度計 101p の出力の信頼性は高くなっている。

【0076】

今、手振れの帯域は矢印 404 で示す様に 1 Hz から 10 Hz であり、既に重力加速度やノイズの影響がある帯域になっているため、加速度計 101p を用いて平行振れを検出することが出来ない。

【0077】

50

そこで、矢印 1 3 0 2 で示す加速度計 1 0 1 p の信頼できる帯域を用いて平行振れを検出する事を考えると、式 (3) の代わりに式 (4) を用いる。つまり、加速度出力 1 階積分値と角速度出力の比較、或いは加速度出力 2 階積分値と角速度出力 1 階積分値の比較により回転半径 L を求め、その回転半径 L と角速度出力より平行振れ成分を求める計算式を採用している。

【 0 0 7 8 】

回転半径 L を求める時には、加速度計 1 0 1 p の出力と角速度計 4 8 0 7 p の出力を比較 (加速度出力を角速度出力で割る) してゆく訳である。しかしここで、加速度出力、角速度出力は図 1 3 の矢印 1 3 0 2 の帯域のみ抽出して比較することで、上述した重力加速度やノイズの影響を緩和している。

10

【 0 0 7 9 】

図 3 に戻り、角速度計 B P F 部 3 0 6 及び加速度計 B P F 部 3 0 7 はともに 5 H z のみ抽出する同一の帯域透過フィルタであり、その特性を図 1 4 に示す。図 1 4 において、横軸は周波数、縦軸は入力される H P F 位相調整部 3 0 4 の出力或いは H P F 積分フィルタ 3 0 5 の出力に対する角速度計 B P F 部 3 0 6 或いは加速度計 B P F 部の出力比の利得であり、デシベル表示で示している。

【 0 0 8 0 】

ここで、このフィルタ特性は、5 H z の信号は透過 (0 デシベルなので、入力信号がそのまま出力される)、0 . 5 H z の信号や 5 0 H z の信号は減衰 (- 2 0 デシベルなので、1 0 分の 1 に減衰) する特性になっている。勿論、抽出する周波数をより特定する為に高次のフィルタを用いてもよい。例えば 2 次の B P F フィルタを用いて、図 1 5 の利得 1 5 0 1 の様に、5 H z の信号は透過 (0 デシベルなので、入力信号がそのまま出力される)、0 . 5 H z の信号や 5 0 H z の信号は減衰 (- 4 0 デシベルなので、1 0 0 分の 1 に減衰) する特性にしてもよい。

20

【 0 0 8 1 】

位相は、5 H z に関しては入力に対する出力位相はゼロであり、その前後においては大きく変化してしまう。しかし、角速度計 B P F 部 3 0 6、加速度計 B P F 部 3 0 7 の互いの出力結果を比較する目的であるので、角速度計 B P F 部 3 0 6、加速度計 B P F 部 3 0 7 とともに位相の変化が同じであれば問題は生じない。

【 0 0 8 2 】

H P F 位相調整部 3 0 4 及び H P F 積分フィルタ 3 0 5 の折点に関しても、角速度出力と速度出力を比較するだけであれば、H P F 積分フィルタ 3 0 1 と折点を揃える必要はない。よって、H P F 折点はより高周波側 (例えば 1 H z) に設けて D C カット能力を大きくし、積分に関しても折点をより高周波側 (例えば 1 H z) に設けることができる。

30

【 0 0 8 3 】

一般に H P F や積分は折点が低周波になる程安定までの時間が必要になるが、上記の様に折点を高周波側に設定することで、安定時間を短縮する事ができる。但し、比較精度を向上させる為に、H P F 位相調整部 3 0 4 により生じる位相変化と H P F 積分フィルタ 3 0 5 で生じる位相変化は同一にしておくことが好ましい。

【 0 0 8 4 】

図 1 6 は H P F 積分フィルタ 3 0 5 の特性を示すボード線図であり、このフィルタ処理により加速度計 1 0 1 p の出力 (加速度計出力) は H P F で D C 成分がカットされ、積分されて速度に変換される。図 1 6 において、横軸は周波数、縦軸は加速度出力に対する H P F 積分フィルタ 3 0 5 の出力比の利得であり、デシベル表示をしている。

40

【 0 0 8 5 】

利得 1 6 0 1 は 1 H z 以下の低い周波数が減衰され、1 H z 以上の高い周波数は積分 (周波数に比例して利得が減少する) される特性になっている。ここで、次の加速度計 B P F 部 3 0 7 で抽出すべき 5 H z の周波数にのみ着目する。位相 1 6 0 2 は 5 H z において - 9 0 度 (積分後の理想位相) に対して矢印 1 6 0 3 に示す様に 2 3 度遅れが足りていない。そのため、H P F 位相調整部 3 0 4 においても同様に 5 H z で 2 3 度遅れが足りな

50

れば比較上、好都合になる。

【 0 0 8 6 】

図 1 7 は H P F 位相調整部 3 0 4 の特性を示すボード線図であり、このフィルタ処理により角速度計 4 8 0 7 p の出力（角速度計出力）は H P F で D C 成分がカットされる。図 1 7 において、横軸は周波数、縦軸は角速度計出力に対する H P F 位相調整部 3 0 4 の出力比の利得であり、デシベル表示をしている。

【 0 0 8 7 】

利得 1 7 0 1 は 1 H z 以下の低い周波数が減衰される特性になっている。ここで、次の角速度計 B P F 部 3 0 6 で抽出すべき 5 H z の周波数にのみ着目する。位相 1 7 0 2 は 5 H z において矢印 1 7 0 3 に示す様に 2 3 度進んでおり、H P F 積分フィルタ 3 0 5 で生じる位相変化と同一になっている。これは位相調整として更に H P F を追加した 2 次の H P F になっている為である。

【 0 0 8 8 】

仮に位相調整を省き、H P F 積分フィルタ 3 0 5 の H P F と同様に 1 次の H P F を用いるとする。すると、図 1 8 のように、5 H z の位相 1 8 0 2 は 5 H z において矢印 1 8 0 3 に示す様に 1 1 度の進みとなり、H P F 積分フィルタ 3 0 5 の位相ずれが 2 3 度と異なってしまう。そのため、位相調整として更に H P F を追加して、加速度出力の H P F 積分フィルタ 3 0 5 による位相ずれと角速度出力の H P F 位相調整部 3 0 4 の位相ずれを揃えている。

【 0 0 8 9 】

以上説明したように、図 1 0 で示される周波数域（これを第 2 周波数域とも記す）よりも図 1 4 及び図 1 5 に示す狭い周波数域（これを第 1 周波数域とも記す）で角速度計 4 8 0 7 p と加速度計 1 0 1 p を比較している。このため、加速度出力に重畳する重力成分やノイズなどの誤差を減衰させた状態で角速度出力と精度よく比較できる。

【 0 0 9 0 】

図 3 に戻り、比較部 3 0 8 は、角速度計 B P F 部 3 0 6 の出力 と加速度計 B P F 部 3 0 7 の出力 V とを比較して、以下の式（ 8 ）

$$L = V / \dots\dots\dots (8)$$

に示すように回転半径 L を求める。

【 0 0 9 1 】

そして、求められた回転半径 L を利用して、上記式（ 4 ）で示した計算式で画像振れ補正を行うことになる。そのために比較部 3 0 8 で求められた回転半径 L を利得調整部 3 1 1 の出力に乗じて、出力補正部 3 0 9 にて平行振れ補正目標値とする。

【 0 0 9 2 】

ここで、式（ 4 ）でわかる様に、回転半径 L と手振れの角度出力（振れ角度）と撮影倍率（ズーム、フォーカス情報 3 0 2 より求まる）で、図 1 9 のように、H P F 積分フィルタ 3 0 1 の出力に直接回転半径 L を補正值として乗じても良さそうである。しかし、そうではなく図 3 のように平行振れ補正専用 H P F 積分フィルタ 3 1 0 及び利得調整部 3 1 1 を設けている点を以下に説明する。

【 0 0 9 3 】

まず、図 3 の利得調整部 3 1 1 の役割を説明する。

【 0 0 9 4 】

式（ 8 ）により回転半径 L は求まるのであるが、厳密には抽出する周波数毎に回転半径 L は異なってくる。図 2 0 は、図 3 の角速度計 B P F 部 3 0 6 及び加速度計 B P F 部 3 0 7 の抽出周波数を 1 H z から 1 0 H z まで変化させたときの回転半径 L の変化を示している。図 2 0 において、横軸は周波数、縦軸は 5 H z の回転半径 L を基準とした時の各周波数における回転半径 L の比をデシベル表示している。

【 0 0 9 5 】

回転半径 L の変化 2 0 0 1 は周波数に比例して減少しており、これは高周波の振れはカメラと被写体の接点を中心になっており（例えば顔）、周波数が低くなる程に回転中心 L

10

20

30

40

50

が肘、腰と遠ざかってゆく事を示している。その為に回転半径 L は周波数毎に用意する必要があるがでてくる。

【 0 0 9 6 】

しかしながら、出力補正部 3 0 9 にて角速度積分出力に乘じることが出来る補正値は複数用意できない。よって、利得調整部 3 1 1 では、H P F 積分フィルタ 3 1 0 の角速度積分出力（振れ角度）側に周波数に応じた図 2 1 の特性を持たせ、一定の補正値を乗じても周波数毎に最適な平行振れ補正目標値が得られるようにしている。即ち、補正値として乗じる回転半径 L の変化（周波数依存性）を、乗じられる角速度計 4 8 0 7 p の積分出力側で利得調整部 3 1 1 により見かけ上持たせるように調整している。

【 0 0 9 7 】

10

図 2 1 は利得調整部 3 1 1 のボード線図であり、横軸は周波数、縦軸は H P F 積分フィルタ 3 1 0 の出力に対する利得調整部 3 1 1 の出力比のデシベル表示と位相である。

【 0 0 9 8 】

ここで、利得 2 1 0 1 は高周波になる程出力がほぼ比例して減衰する特性になっている。例えば一定の補正値として 5 H z 抽出時の回転半径 L を利得調整部 3 1 1 の出力に出力補正部 3 0 9 が乗じた結果は、H P F 積分フィルタ 3 1 0 に対して周波数毎に図 2 0 で示すような異なる回転半径 L を乗じた場合に近い結果を得ることができる。つまり、図 2 0 に示されるような回転半径 L の周波数依存性を見かけ上持たせることができる。

【 0 0 9 9 】

しかしながら、H P F 積分フィルタ 3 0 1 と H P F 積分フィルタ 3 1 0 の周波数特性が同じ場合には、図 2 1 の位相 2 1 0 2 を見ると、手振れ帯域 4 0 4 において大きくずれており、例えば 1 H z においては 1 8 度位相が遅れてしまう。そこで、その位相遅れを相殺する為に H P F 積分フィルタ 3 1 0 の周波数特性を H P F 積分フィルタ 3 0 1 の周波数特性とは異ならせている。

20

【 0 1 0 0 】

前述した様に、H P F 積分フィルタ 3 0 1 の折点は、H P F、積分とも 0 . 1 H z に設定して、手振れ下限周波数である 1 H z の位相ずれを小さくしている。それに対して、H P F 積分フィルタ 3 1 0 の積分折点は 0 . 5 H z に設定している。

【 0 1 0 1 】

図 2 2 は H P F 積分フィルタ 3 1 0 のボード線図であり、横軸は周波数、縦軸は角速度計出力に対する H P F 積分フィルタ 3 1 0 の出力比のデシベル表示と位相である。

30

【 0 1 0 2 】

ここで、利得 2 2 0 1 は手振れ帯域 4 0 4 では十分な積分特性（周波数に比例して出力が減衰）を得られている。しかし、位相 2 2 0 2 は、矢印 2 2 0 3 に示す様に、手振れ下限周波数で 3 4 度位相遅れが足りない（実際は位相遅れが 9 0 度にならなくてはいけないのが、位相が 5 6 度しか遅れていない）。

【 0 1 0 3 】

しかしながら、H P F 積分フィルタ 3 1 0 と利得調整部 3 1 1 の両者と透過した角速度計の信号は、利得調整部 3 1 1 の利得調整による位相遅れが H P F 積分フィルタ 3 1 0 の位相遅れ不足分を相殺する。

40

【 0 1 0 4 】

図 2 3 は H P F 積分フィルタ 3 1 0 と利得調整部 3 1 1 の両者と透過した特性のボード線図であり、横軸は周波数、縦軸は角速度計出力に対する 利得調整部 3 1 1 出力比のデシベル表示と位相である。

【 0 1 0 5 】

ここで、利得 2 3 0 1 は手振れ帯域 4 0 4 では十分な積分特性（周波数に比例して出力が減衰）プラス回転半径の周波数依存を補正する特性が得られており、位相 2 3 0 2 も矢印 2 3 0 3 に示すように手振れ下限周波数で 1 6 度の位相不足で済んでいる。

【 0 1 0 6 】

このように、一定の補正値として 5 H z 抽出時の回転半径 L を利得調整部 3 1 1 の出力

50

に出力補正部 309 が乗じた結果は、HPF 積分フィルタ 310 に対して周波数毎に図 20 で示すような異なる回転半径 L を乗じた場合に近い結果を得ることができる。

【0107】

図 3 で示したように、角速度計 BPF 部 306 と加速度計 BPF 部 307 を設けている。そして、図 10 で示される振れ補正の為の周波数域（第 2 周波数域）よりも、図 14 及び 15 に示す狭い周波数域（第 1 周波数域）で角速度計 4807p と加速度計 101p を比較している。その為に、加速度出力に重畳する重力成分やノイズなどの誤差を減衰させた状態で角速度出力と精度よく比較できる。

【0108】

また、角速度計 4807p の出力に基づいて角度振れ補正目標値と平行振れ補正目標値を演算する訳である。しかし、図 3 で示したように、角度振れ補正目標値は HPF 積分フィルタ 301 を用いて演算し、平行振れ補正目標値は HPF 積分フィルタ 310 を用いて演算している。即ち、角度振れと平行振れで夫々異なる周波数帯域となっており、又、平行振れ補正目標値の演算は利得調整部 311 を用いることで、角度振れ補正目標値の演算とは異なる周波数特性を設定している。

【0109】

ここで、角度振れの補正システムは、角速度計 4807p、HPF 積分フィルタ 301、敏感度調整部 303、駆動部 4809、振れ補正部 4806 で構成される。この中で、HPF 積分フィルタ 301、敏感度調整部 303 を第 1 防振制御手段と呼ぶ。また、平行振れの補正システムは、角速度計 4807p、HPF 積分フィルタ 310、利得調整部 311、出力補正部 309、駆動部 4809、振れ補正部 4806 で構成される。この中で、HPF 積分フィルタ 310、利得調整部 311、出力補正部 309 を第 2 防振制御手段と呼ぶ。利得調整部 311（周波数帯域変更手段）は、第 1 防振制御手段と第 2 防振制御手段の周波数特性を異ならせることによって回転半径 L（補正值）に見かけ上周波数依存性を持たせるために第 2 防振制御手段の周波数特性を変更している。このことで、角度振れの補正精度を劣化させずに、平行振れの補正精度を高めることを可能にしている。

【0110】

これにより、角度振れと平行振れの夫々を精度よく補正できるようになっている。

【0111】

尚、狭い周波数域（第 1 周波数域）における角速度出力、加速度出力を抽出する方法は上述した BPF 処理に限られない。

【0112】

図 24 は、比較したい周波数における角速度計 4807p、加速度計 101p のスペクトルを公知のフーリエ変換法により求め、その結果を比較部 308 で比較する方式を示している。

【0113】

角速度計フーリエ変換演算部 2401、加速度計フーリエ変換演算部 2402 は夫々角速度計出力、加速度計出力に対して、抽出したい周波数成分を乗じて、その結果を積分することでスペクトルを求めている。そして、加速度計 101p のスペクトルは以下の式（9）、角速度計のスペクトルは以下の式（10）で表される（後述の位相説明も考慮して、ここでは複素正弦波で表現しない）。

$$V_F = \sqrt{\left(\sum_{i=0}^{\frac{n}{f}} G(t) \sin 2\pi f t \right)^2 + \left(\sum_{i=0}^{\frac{n}{f}} G(t) \cos 2\pi f t \right)^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\omega_F = \sqrt{\left(\sum_{i=0}^{\frac{n}{f}} H(t) \sin 2\pi f t \right)^2 + \left(\sum_{i=0}^{\frac{n}{f}} H(t) \cos 2\pi f t \right)^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

10

【 0 1 1 4 】

ここで、 f は抽出したい周波数であり、例えば $f = 5 \text{ Hz}$ 、 n は整数であり、例えば $n = 1$ である。又、 $G(t)$ 、 $H(t)$ は抽出する周波数における夫々速度、角速度のサンプリングタイミング毎の出力である。この式は抽出したい周波数の整数周期分における正弦波と余弦波の定積分値の合成を示している。

【 0 1 1 5 】

式 (9)、(10) の結果を使って速度および角速度を求め、式 (8) により回転半径 L を求める事ができる。

20

【 0 1 1 6 】

図3では、加速度計 101p の積分出力 (速度) の中で抽出したい周波数成分のみを透過する BPF を用いて、その周波数成分の速度の大きさを求めている。同様に、角速度計 4807p の出力の中で抽出したい周波数成分のみを透過する BPF を用いて、その周波数成分の速度の大きさを求めている。そして、それらの比較で回転半径 L を求めている。

【 0 1 1 7 】

図24では、加速度計 101p の積分出力 (速度) の中で抽出したい周波数成分のスペクトルをフーリエ変換で求め、同様に角速度計 4807p の出力の中で周波数成分のスペクトルをフーリエ変換で求めている。そして、それらの比較で回転半径 L を求めている。

30

【 0 1 1 8 】

ここで、図24に示した HPF 位相調整部 304、HPF 積分フィルタ 305 の代わりに、図25や図26に示す様に、HPF 積分位相調整部 2501、2601 や、HPF 2 階積分フィルタ 2502、2602 を設ける。そして、角速度計 4807p の出力 を積分して角度 とし、加速度計 101p の出力 を 2 階積分して変位 Y として、以下の式 (11) より回転半径 L を求めても良い。

【 0 1 1 9 】

$$L = Y / \dots\dots\dots (11)$$

角速度出力を積分すること及び加速度出力は 2 階積分することで、高周波成分のノイズの影響を受け難くなる為に安定して回転半径 L を求める事ができる。

40

【 0 1 2 0 】

次に、式 (8) 或いは式 (11) の結果である回転半径 L を実際はどのようにして求めているか説明する。尚、ここでは式 (8) の様に角速度 と速度 V を比較して回転半径 L を求める方法について説明し、式 (11) の様に角度 と変位 Y の比較も処理としては同様になる為にその説明は省く。

【 0 1 2 1 】

まず、BPF を用いる場合、図27のように、HPF 位相調整部 304 の出力波形 2701 及び HPF 積分フィルタ 305 の出力波形 2702 を一定周期毎にサンプリングし、その結果を夫々角速度 1、速度 $V1$ とする。尚、図27において、横軸時間、縦軸は夫々 BPF 後の角速度、及び加速度を積分した速度である。

50

【 0 1 2 2 】

図 27 の矢印 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709 は夫々サンプリング周期である。この周期間の角速度の差 ω_n を、矢印 2710 (1), 2711 (2), 2712 (3), 2713 (4), 2714 (5), 2715 (6), 2716 (7) で示す。同様に、この周期間の速度の差を V_n として、矢印 2717 (V_1), 2718 (V_2), 2719 (V_3), 2720 (V_4), 2721 (V_5), 2722 (V_6), 2723 (V_7) で示す。

【 0 1 2 3 】

サンプリング周期としては抽出周波数の周期の半分を設定しており、例えば抽出周波数を 5 Hz とした場合には、0.1 秒となる。そして、周期 2703 で得られた角速度の差 ω_1 及び速度の差 V_1 より式 (8) を用いて回転半径 L_1 を求める。次のサンプルからも同様に、角速度 ω_2 、速度 V_2 より式 (8) を用いて回転半径 L_2 を求める。

10

【 0 1 2 4 】

この様にして順番に回転半径 L を求めると同時に、求めた回転半径 L を平均することで、安定した回転半径 L を求める。即ち、サンプリングの回数を n とすると、以下の式 (12) に示すようにして平均値を求めてゆく。

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \dots\dots\dots (12)$$

20

【 0 1 2 5 】

この様にして求めた回転半径 L を用いて、上記式 (4) を用いて像面上での振れ量を計算し、画像振れ補正を行う。即ち、式 (12) で求めた回転半径 L を、図 3 の出力補正部 309 に補正值として出力する。

【 0 1 2 6 】

周期毎に回転半径 L_i (例えば L_1) を用いて、その瞬間の像面振れ量を式 (4) で求めて、その瞬間での画像振れ補正を行うのではなく、各周期で求めた回転中心 L の平均値を求め、その結果より式 (4) で像面での振れ量を求めている理由を以下に説明する。

30

【 0 1 2 7 】

角速度出力、加速度出力にはもともとノイズ成分が多く含まれており、そのため、1 周期で求めた回転半径 L の信頼性は低くなる。そこで、回転半径 L を平均化することで安定した回転半径 L を得ることができる。

【 0 1 2 8 】

上記は周期毎にサンプリングした結果で回転半径 L を求める方法であるが、その方法には限定されず、例えば波形のピークを利用する方法や、波形の面積を利用する方法がある。

【 0 1 2 9 】

図 28 は波形のピークを利用する方法であり、横軸は時間、縦軸は夫々 BPF 後の角速度、及び加速度を積分した速度である。

40

【 0 1 3 0 】

矢印 2801, 2802, 2803 は夫々サンプリング周期であり、この周期間の極大値と極小値の角速度の差 ω_n を、矢印 2804 (1), 2805 (2), 2806 (3) で示す。同様に、この周期間の速度の差を V_n として、矢印 2807 (V_1), 2808 (V_2), 2809 (V_3) で示す。

【 0 1 3 1 】

サンプリング周期としては抽出周波数の周期の 1 周期分を設定しており、例えば抽出周波数を 5 Hz とした場合には、0.2 秒となる。そして、周期 2801 で得られた角速度の差 ω_1 及び速度の差 V_1 より式 (8) を用いて回転半径 L_1 を求める。次のサンプルか

50

らも同様に、角速度 2、速度 V 2 より式 (8) を用いて回転半径 L 2 を求める。

【 0 1 3 2 】

この様にして順番に回転半径 L を求めると同時に、求めた回転半径 L を式 (1 2) で平均することで、安定した回転半径 L を求める。

【 0 1 3 3 】

図 2 9 は波形の面積を利用する方法であり、横軸は時間、縦軸は夫々 B P F 後の角速度、及び加速度を積分した速度である。

【 0 1 3 4 】

図 2 9 において、2 9 0 1 は角速度出力 (H P F 位相調整部 3 0 4 の出力) を絶対値化した波形であり、2 9 0 2 は速度出力 (H P F 積分フィルタ 3 0 5 の出力) を絶対値化した波形である。矢印 2 9 0 3 はサンプリング期間であり、例えばカメラの主電源を入れてから撮影を開始するまでの期間である。或いは、カメラのリリースボタン 4 8 0 4 a を半押ししてから撮影を開始するまで、カメラの姿勢が安定してから被写体への合焦が完了するまで、或いは被写体距離が判明するまでの期間である。そして、斜線で示すこの期間内の波形 2 9 0 1 の面積 2 9 0 4 と波形 2 9 0 2 の面積 2 9 0 5 を求める。

10

【 0 1 3 5 】

面積 2 9 0 4 を S_{ω} 、面積 2 9 0 5 を S_v とすると、それらは以下の式 (1 3) , (1 4) で表すことができる。

$$S_{\omega} = \sum_{i=0}^T t | \omega_t | \quad \dots\dots\dots (1 3) \quad 20$$

$$S_v = \sum_{i=0}^T t | V_t | \quad \dots\dots\dots (1 4)$$

【 0 1 3 6 】

ここで、T はサンプリング期間 2 9 0 3 である。このため、回転半径 L は以下の式 (1 5) で求められる。これは回転半径 L の平均値を求めていることになる。

30

$$L = \frac{S_v}{S_{\omega}} = \frac{\sum_{t=0}^T | v_t |}{\sum_{t=0}^T | \omega_t |} \quad \dots\dots\dots (1 5)$$

【 0 1 3 7 】

この様にサンプリング期間中の面積を用いることで、ノイズや瞬間的な外乱に影響されない安定した回転半径 L を求める事ができる。

【 0 1 3 8 】

次に、B P F ではなく、図 2 4 で示した様にフーリエ変換でスペクトルを求め、その結果から回転半径 L を得る方式について説明する。

40

【 0 1 3 9 】

式 (9) , (1 0) を用いて加速度出力を積分した速度のスペクトル V_F 、角速度のスペクトル ω_F を求め、以下の式 (1 6) で回転半径 L_F を求める。

$$L_F = \frac{V_F}{\omega_F} \quad \dots\dots\dots (1 6)$$

【 0 1 4 0 】

50

ここで、式(9)、(10)における n を例えば f として、抽出したい周波数の1周期分に設定する。即ち、図28におけるサンプリング期間2801、2802、2803毎に各スペクトル V_F 、 F に基づいて回転半径 L_F を算出する。そして、各々の期間で求められた回転半径 L_F を平均して、図24の出力補正部309に補正值として出力する。

【0141】

別の方法として、図29に示してあるサンプリング期間2903の間のスペクトル V_F 、 F を式(9)、(10)で求め、その結果に基づいて式(16)で回転半径 L_F を求めてもよい。この場合には回転半径 L_F の平均化処理は行わないが、スペクトル V_F 、 F を求める期間が長くなる為に、結果としてスペクトル V_F 、 F は平均化され、安定した回転半径 L を得ることができる。

10

【0142】

図30は、以上説明した角度振れ補正及び平行振れ補正のタイミングチャートであり、横軸は時間、各々の縦軸は軸上が H_i 、軸底が L_o である。

【0143】

図30において、3001はカメラ4804のメインスイッチの状態(主電源の状態)を示し、 H_i がオン、 L_o がオフである。3002はリリースボタン4804aの半押しでオンするスイッチ S_1 の状態を示し、 H_i がオン(半押し)、 L_o がオフ(半押し解除)である。3003はリリースボタン4804aを更に押し込んだ時にオンするスイッチ S_2 の状態を示し、 H_i がオン(押し切り)、 L_o がオフ(半押し状態)である。

【0144】

20

3004はクイックリターンミラー、シャッタ、絞り駆動の各動作、つまり図1の撮像素子4805に被写体情報を蓄積する為に最適な撮影光路を確保する動作を示し、 H_i で動作、 L_o で動作停止である。3005は撮像素子4805に被写体情報を蓄積する露光動作の状態を示し、 H_i で動作、 L_o で蓄積リセットである。尚、実際には露光動作以外でも被写体情報を撮像素子4805に蓄積し、その画像をカメラの背面モニターなどに表示する動作もあるが、図30では含めていない。

【0145】

3006は不図示のAFセンサで撮影レンズ4801の撮像光学系を通した被写体光束の焦点状態を検出する焦点検出動作の状態を示し、 H_i で焦点状態検出、 L_o で非動作である。3007は不図示のAFセンサの信号を受けて撮影レンズ4801の撮像光学系の一部或いは全てのレンズを繰出して焦点状態を調節するAFレンズ駆動の状態を示し、 H_i で調節動作、 L_o は駆動停止中である。3008は角速度計4807p、加速度計101pの検出動作の状態を示し、 H_i で動作中、 L_o は非動作である。

30

【0146】

3009は角速度出力、加速度出力より回転半径 L を算出する回転半径検出動作の状態を示し、 H_i は算出期間、 L_o は算出中止期間である。3010は振れ補正部4806を用いて角度振れを補正する角度振れ補正動作の状態を示し、 H_i が補正期間、 L_o が非補正期間である。3011は振れ補正部4806を用いて平行振れを補正する平行振れ補正動作の状態を示し、 H_i が補正期間、 L_o が非補正期間である。

【0147】

40

以上において、時刻 t_1 に主電源がオンされた時のその後の各要素の動作を、図30のタイミングチャートを用いて説明する。

【0148】

時刻 t_2 でリリースボタン4804aが半押し(スイッチ S_1 がオン)される(3002)。それに同期して不図示のAFセンサが焦点状態の検出を始める(3006)。又、角速度計4807p、加速度計101pが動作を始める(3008)。尚、撮影者によりリリースボタン4804aが半押しされていると云う事は、カメラは被写体を狙って安定状態(カメラに大きな揺れが加わっていない状態)であるので、加速度計101p、角速度計4807pの安定した演算が行える。そこで、加速度計101p、角速度計4807pの出力に基づいて回転半径 L の演算を始める(3009)。又、角度振れ補正を始める

50

(3 0 1 0)。

【 0 1 4 9 】

時刻 t_3 で、不図示の A F センサの信号により撮像光学系の焦点状態が求まると、撮像光学系の一部或いは全部を繰出して焦点状態の調節を行う (3 0 0 7)。この時、回転半径 L を求める演算を中止する (3 0 0 9)。これは撮像光学系が駆動中はその駆動振動が加速度計 1 0 1 p に加わり、正確な振れ検出が行えない為である。

【 0 1 5 0 】

図 3 などで説明したように、加速度計 1 0 1 p の出力はある周波数 (例えば 5 Hz) のみ抽出している。そのため、上述の駆動ノイズはフィルタで減衰されて問題なくなる筈であるが、実際にはレンズ駆動の振動が大きすぎて加速度計 1 0 1 p の出力が飽和してしまう場合もある。加速度出力が飽和してしまうと、全ての周波数帯域の振動 (振れも含む) が検出できなくなり、加速度計 1 0 1 p はエラー信号しか出力しない。そのエラー信号で回転半径 L を求めると誤った平行振れ補正を行う可能性がある。

【 0 1 5 1 】

そこで、焦点調節の為のレンズ (フォーカスレンズ) 駆動中には回転半径 L の演算を中止している。勿論、加速度検出範囲を広い加速度計 (大きな加速度も検出可能な加速度計) を用いてレンズ駆動の振動では飽和が起きないようにすれば良いのである。しかし、そのように検出範囲の広い加速度計は手振れのように微小な加速度に関する精度が低い為に安定した回転半径検出が出来ない。そこで、加速度検出範囲は多少犠牲にしても手振れ検出精度の高い加速度計を用い、外乱振動入力時の加速度計信号は回転半径演算に用いないようにしている。

【 0 1 5 2 】

時刻 t_4 では、レンズが目標とする位置に到達し、その駆動を停止する (3 0 0 7)。また、それに同期して不図示の A F センサが再度焦点状態の検出を行い、所望の焦点状態になったか否かを確認する (3 0 0 6)。

【 0 1 5 3 】

時刻 t_5 では、A F が所望の焦点状態になった事が確認出来たので、焦点状態検出を終了する (3 0 0 6)。ここで、所望の焦点状態になっていない事が判明した場合には再度レンズを駆動して焦点状態の再調節を繰り返す。又、所望の焦点状態が確認できた場合には回転半径の算出動作を再開する (3 0 0 9)。これは、時刻 t_5 以降でレンズ駆動による外乱振動が加速度計に加わる虞がない為である。尚、時刻 t_5 でレンズの駆動が停止した時点で、その繰出し量から被写体距離を求める。そして、ズーム状態との関連より撮影倍率を求めて平行振れ補正目標値に生かす。

【 0 1 5 4 】

時刻 t_6 では、リリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り動作によりスイッチ S 2 がオンする (3 0 0 3)。それと同期して時刻 t_9 までの間に撮影レンズ 4 8 0 1 内の絞りやカメラ 4 8 0 4 のクイックリターンミラーのアップ、シャッタ開が動作する (3 0 0 4)。又、回転半径 L の算出を停止する (3 0 0 9)。これは、絞りの絞り込みやクイックリターンミラーのアップ、シャッタ開の動作に伴う振動により前述した様に加速度計 1 0 1 p が飽和してしまい、回転半径 L の演算精度を低下させてしまうのを防ぐ為である。

【 0 1 5 5 】

時刻 t_7 では、露光を開始する (3 0 0 5)。それと同期して平行振れ補正を開始する (3 0 1 1)。尚、平行振れ補正を行う時の回転半径 L は時刻 t_2 から t_3 迄の期間の平均値及び t_5 から t_6 迄の期間に求めた平均値の更に平均を用いている。

【 0 1 5 6 】

時刻 t_8 では、露光を終了する (3 0 0 5)。又、平行振れの補正も終了する (3 0 1 1)。この様に平行振れの補正は露光期間しか行っていない。これは、角度振れの補正に加えて平行振れの補正を行うと、振れ補正部 4 8 0 6 の補正ストロークが多く必要となり、振れ補正部 4 8 0 6 が大型化して撮影レンズ 4 8 0 1 が扱い難くなってしまう為である。その為、露光という短い時間にもみ平行振れ補正を行い、露光終了後は角度振れ補正の

10

20

30

40

50

みに戻す。

【 0 1 5 7 】

時刻 t_8 から t_9 の間には、シャッタ閉や絞りの開放、クイックリターンミラーダウン動作が行われる (3 0 0 4)。そして、時刻 t_9 迄の間は回転半径 L の算出を停止している (3 0 0 9)。これも上述した様に、絞りの開放動作やクイックリターンミラーダウン、シャッタ閉の動作に伴う振動により前述した様に加速度計が飽和してしまい、回転半径 L の演算精度を低下させてしまうのを防ぐ為である。

【 0 1 5 8 】

時刻 t_9 では、回転半径 L の算出を再開する (3 0 0 9)。時刻 t_{10} では、リリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り (スイッチ S_2 のオン) が解除され、半押し状態になる (3 0 0 3)。

10

【 0 1 5 9 】

時刻 t_{11} では、再びリリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り動作によりスイッチ S_2 がオンする (3 0 0 3)。それと同期して時刻 t_{12} までの間に、撮影レンズ 4 8 0 1 内の絞りやカメラ 4 8 0 4 のクイックリターンミラーアップ、シャッタ開が動作する (3 0 0 4)。又、回転半径 L の算出を停止する (3 0 0 9)。

【 0 1 6 0 】

時刻 t_{12} では、露光を開始する (3 0 0 5)。それと同期して平行振れ補正を開始する (3 0 1 1)。尚、平行振れ補正を行う時の回転半径 L は、時刻 t_2 から t_3 迄の期間の平均値、及び、時刻 t_5 から t_6 迄の期間に求めた平均値、及び、時刻 t_9 から t_{11} 迄の期間の平均値の、更に平均を用いている。この様に、回転半径 L はリリースボタン 4 8 0 4 a の半押し (スイッチ S_1 のオン) が継続している間はリセットされず、累積されて平均が求められる。

20

【 0 1 6 1 】

時刻 t_{13} では、露光を終了する (3 0 0 5)。又、平行振れの補正も終了する (3 0 1 1)。時刻 t_{13} から t_{14} の間にはシャッタ閉や絞りの開放、クイックリターンミラーダウン動作が行われる (3 0 0 4)。そして、時刻 t_{14} 迄の間は回転半径 L の算出を停止している (3 0 0 9)。

【 0 1 6 2 】

時刻 t_{14} では、回転半径 L の算出を再開する (3 0 0 9)。時刻 t_{15} では、リリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り (スイッチ S_2 のオン) が解除され、半押し (スイッチ S_1 のオン) 状態になる (3 0 0 3)。

30

【 0 1 6 3 】

時刻 t_{16} では、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し (スイッチ S_1 のオン) が解除される (3 0 0 2)。それと同期して回転半径 L の算出を停止する (3 0 0 9)。また、それまで累積して平均を求めてきた回転半径 L の値をリセットさせる。それはリリースボタン 4 8 0 4 a を再度半押し (スイッチ S_1 がオン) した時点ではカメラの把持の方法などが異なっている可能性もある為、今まで求めた回転半径 L がそのまま平行振れ補正に使えるか否か分からない為である。再度リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しがされた時には、新たに回転半径 L を求め直すことになる。

40

【 0 1 6 4 】

時刻 t_{16} から所定時間 (例えば 4 秒) 経過後の時刻 t_{17} では、角速度計 4 8 0 7 p、加速度計 1 0 1 p の動作を停止する (3 0 0 8)。又、角度振れ補正も停止する (3 0 1 0)。時刻 t_{15} で角速度計 4 8 0 7 p、加速度計 1 0 1 p の動作や角度振れ補正を停止しないのは、再度リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し (スイッチ S_1 のオン) 操作が行われた時に、角度振れ補正を瞬時に対処する為である。

【 0 1 6 5 】

時刻 t_{18} では、カメラの主電源をオフにする (3 0 0 1)。

【 0 1 6 6 】

上記タイミングチャートには示していないが、回転半径 L はカメラの姿勢が大きく変化

50

した時も演算を停止しており、それまでの回転半径 L の平均に加えないようにしている。カメラのパンニング操作やその他、大きなカメラの姿勢変化の操作が起きると、その時の回転半径はカメラを構えて被写体を狙っている時とは異なるので、その時に求まる回転半径 L は平行振れ補正精度を劣化させる虞がある為である。

【0167】

そこで、例えば角速度計 4807p の出力が所定時間（例えば 0.5 秒）所定以上（例えば 3 deg/s）となった場合にはそれまで求めた回転半径 L をリセットし、角速度計 4807p の出力が低くなった時点で新たに回転半径 L を求め直している。同様に、加速度計 101p の出力が所定時間（例えば 0.5 秒）所定変化以上（例えば 0.2 G）となった場合にはカメラの姿勢が大きく変化したと判定する。そして、それまで求めた回転半径 L をリセットし、加速度計 101p の出力変化が小さくなった時点で新たに回転半径 L を求め直している。

10

【0168】

尚、時刻 t_2 で回転半径 L の検出をはじめてから直ぐに時刻 t_6 でリリースボタン 4804a の押し切りが行われてしまい、回転半径 L の算出が十分に行えない場合もある。そのような時には予め与えられている回転半径 L を用いて平行振れの補正を行う。

【0169】

前述した様に手振れの回転中心は周波数毎に異なり、高周波はカメラの接眼部、低周波は撮影者の腰近傍であり、周波数毎に異なる回転半径を処理する為に図 21 で示した様な特性の利得調整部 311 を用いている。

20

【0170】

ここで、5 Hz 近傍の振れの回転中心は凡そカメラの接眼部近傍である為に、回転半径 L が不明の時には、図 31 に示す様に、初期値としてカメラの接眼部から撮像光学系の主点位置までの距離を回転半径 3101 として設定する。

【0171】

尚、ここでカメラの接眼部は矢印 3102 の位置であるが、その位置における光軸 3103 との交点を回転中心 3104 とし、回転中心 3104 と撮像光学系の主点位置 3105 迄の距離を回転半径 3101 としている。これは振れ補正部が補正する方向が光軸 3103 と直交する方向であるため、その方向の平行振れ成分のみ補正するためである。

【0172】

30

ここで、時刻 t_2 でリリースボタン 4804a の半押しから直ぐに時刻 t_6 でリリースボタン 4804a の押し切りが行われたとする。この場合は、その初期値を用いて平行振れの補正を行い、時刻 t_2 でリリースボタン 4804a の半押しから t_6 でリリースボタン 4804a の押し切り迄時間がある場合には算出した回転半径 L を用いる。

【0173】

また、算出した回転半径 L がカメラの把持状態などの影響で大きく変動する場合がある。例えばカメラを手振れが極めて少ない状態で把持した場合には、手振れが無い為に角速度計の出力は極めて小さい。この様な時に加速度計 101p を積分した速度出力に DC バイアス成分などが重畳し、所定の出力があった場合には、式 (8) で求まる回転半径 L は極めて大きな値になってしまう。このような時は算出した回転半径 L は用いず、回転半径初期値を用いて平行振れ補正を行う。即ち、角速度出力が極めて小さい場合や、求めた回転半径が所定以上（例えば撮像光学系の主点位置から撮影者の腰までの距離以上）の場合には、回転半径 L として初期値を用いて平行振れ補正を行う。

40

【0174】

図 32 は、以上の構成を説明するフローチャートであり、このフローはカメラの主電源オンでスタートする。

【0175】

尚、本発明の主要な構成を分かり易く説明する為に、カメラに設けられる多様な制御動作（例えば、バッテリーチェックや測光、測距、AF の為のレンズ駆動、ストロボ充電、そして撮影の為の操作、動作など）は省いている。また、以下のフローにおいては、カメラ

50

の角度振れ 4 8 0 3 p を角速度計 4 8 0 7 p で、平行振れ 1 0 1 p b を加速度計 1 0 1 p で、それぞれ検出する場合を例に説明を進める。しかし、カメラの角度振れ 4 8 0 3 y を角速度計 4 8 0 7 y で、平行振れ 1 0 1 y b を加速度計 1 0 1 y で、それぞれ検出する場合も同様のフローになる。更に、このフローはいかなるステップへ進んでいようと、カメラの主電源オフで終了するものとする。

【 0 1 7 6 】

図 3 2 において、ステップ # 3 2 0 1 では、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し（スイッチ S 1 のオン）を待機しており、半押しされるとステップ # 3 2 0 2 へ進み、角速度計 4 8 0 7 p、加速度計 1 0 1 p を作動させて振れ検出を始める。また、同時に不図示の A F センサを作動させて焦点状態の検出を始める。ここで、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し操作後に上記作動を行うのは、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し操作が行われるまでは撮影者はカメラを被写体に向かって構え、カメラが安定状態にある為である。

10

【 0 1 7 7 】

次のステップ # 3 2 0 3 では、角速度計 9 3 p の角度振れ補正目標値がほぼ得られたか否かを判定し、得られた場合はステップ # 3 2 0 4 へ進む。一方、得られなかった場合はステップ # 3 2 2 8 へと進む。これは、角速度計 4 8 0 7 p の積分出力（図 3 の H P F 積分フィルタ 3 0 1 の出力）が安定するのに多少の時間（例えば 0 . 5 秒）が必要な為に、それ迄は角度振れ補正を行わないようにするためである。

【 0 1 7 8 】

次のステップ # 3 2 0 4 では、振れ補正部 4 8 0 6 を駆動して角度振れのための補正動作を開始する（ここでは平行振れの補正は行わない）。そして、次のステップ # 3 2 0 5 にて、A F が完了しているか否かを判定し、完了している場合はステップ # 3 2 0 6 へ進み、未完了の場合はステップ # 3 2 2 8 へ進む。

20

【 0 1 7 9 】

まず、A F が未完了の場合を説明する。

【 0 1 8 0 】

A F が未完了であるとしてステップ # 3 2 2 8 へ進むと、ここでは今まで述べてきた様に、角速度計 4 8 0 7 p、加速度計 1 0 1 p の出力より所望の周波数成分を抽出して比較し、回転半径を求める。更に、定期的に求めた回転半径 L を累積してゆく。そして、次のステップ # 3 2 2 9 にて、焦点状態の検出を完了したか否かを判定し、焦点状態の検出を完了している場合はステップ # 3 2 3 0 へ進み、そうでない場合はステップ # 3 2 3 4 へ進む。

30

【 0 1 8 1 】

焦点状態の検出が完了していないとしてステップ # 3 2 3 4 へ進むと、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除（スイッチ S 1 がオフ）されたか否かを判定する。そして、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されていると判定した場合はステップ # 3 2 0 1 へ戻り、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しがなされるまで待機する。また、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されていない場合はステップ # 3 2 0 3 へ戻り、角度振れ補正可能であるか否かを再度判定する。

【 0 1 8 2 】

上記ステップ # 3 2 0 3 で再度角度振れ補正が可能でないと判定した場合はステップ # 3 2 2 8 へ進み、次のステップ # 3 2 2 9 にて、再び焦点状態の検出完了判定を行う。

40

【 0 1 8 3 】

また、角度振れ補正準備が整った時はステップ # 3 2 0 3 からステップ # 3 2 0 4 へ進み、角度振れ補正を開始すると共にステップ # 3 2 0 5 にて、A F 完了判定を行う。そして、この様にフローが流れる場合には A F は未完了なのでステップ # 3 2 2 8 へ進み、次のステップ # 3 2 2 9 にて、再び焦点状態の検出完了判定を行う。

【 0 1 8 4 】

上記ステップ # 3 2 2 9 にて焦点状態の検出が完了したと判定するとステップ # 3 2 3 0 へ進み、回転半径 L の検出を中止する。これは、これ以降のステップで合焦の為にレン

50

ズ駆動を行うので、その駆動ノイズが加速度計出力に重畳して不正確な回転半径 L が求まる事を防ぐ為である。

【 0 1 8 5 】

次のステップ # 3 2 3 1 では、合焦の為のレンズ駆動を行う。そして、次のステップ # 3 2 3 2 にて、レンズ駆動が完了したか否かを判定し、完了した場合はステップ # 3 2 3 3 へ進み、レンズ駆動を停止する。

【 0 1 8 6 】

また、レンズ駆動が完了していない場合はステップ # 3 2 3 2 # 3 2 3 4 # 3 2 0 3 を経てステップ # 3 2 2 8 へ戻るか、或いはステップ # 3 2 3 2 # 3 2 3 4 # 3 2 0 3 # 3 4 0 4 # 3 2 0 5 を経てステップ # 3 2 2 8 へ戻る。その後はステップ # 3 2 2 8 # 3 2 2 9 # 3 2 3 0 # 3 2 3 1 を経てステップ # 3 2 3 2 へ進み、再びレンズ駆動が完了したかを判定する。即ち、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されない限りは上記の各ステップを循環してレンズ駆動完了まで待機する。

【 0 1 8 7 】

ステップ # 3 2 3 3 でレンズ駆動を停止した後もリリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されていない場合はステップ # 3 2 0 3 に戻り、ステップ # 3 2 0 4 を経て次のステップ # 3 2 0 5 にて、AF が完了したか否かを判定する。ここで合焦状態の場合はステップ # 3 2 0 6 へ進み、そうで無い時は再びステップ # 3 2 2 8 へ戻り、焦点調節を再開する。

【 0 1 8 8 】

ステップ # 3 2 0 6 へ進むと、上記ステップ # 3 2 2 8 と同様に、定期的に求めた回転半径 L を累積してゆく訳である。しかし、フローがステップ # 3 2 2 8 を経てこのステップ # 3 2 0 6 に進んできた場合には、既に回転半径 L の検出を始めている訳であり、このステップでの動作は無い。

【 0 1 8 9 】

次のステップ # 3 2 0 7 では、カメラがパンニングされているか否かの検出を行う。検出方法としては、角速度計 4 8 0 7 p の出力が一定期間（例えば 0 . 5 秒）、所定角速度以上（例えば 3 d e g / s ）である場合はカメラがパンニングされている（一定方向に振られている）と判定する。或いは、角速度計 4 8 0 7 p の積分値（HPF 積分フィルタ 3 0 1 の出力）が一定期間（例えば 0 . 2 秒）、所定角度以上（例えば 1 . 5 d e g ）の場合はカメラがパンニングされていると判定する。そして、パンニング中であると検出した場合はステップ # 3 2 0 8 へ進み、そうでない場合はステップ # 3 2 1 1 へ進む。

【 0 1 9 0 】

ステップ # 3 2 0 8 へ進むと、回転半径 L の検出を中止すると共にこの方向（矢印 4 8 0 3 p 方向）の角度振れ補正を停止する。これは、パンニング中は振れが不安定であり、精度良い回転半径 L の検出ができない事や、振れ角が大きく、角度振れ補正を行うと補正レンズがメカ端に行き着いてしまい、メカニカルな制約により矢印 4 8 0 3 y 方向の画像振れ補正精度も低下してしまう為である。

【 0 1 9 1 】

次のステップ # 3 2 0 9 では、再びパンニング中であるか否かの検出を行い、パンニング中であれば直ちにステップ # 3 2 1 1 へ進む。また、パンニングが終了している場合はステップ # 3 2 1 0 へ進み、カメラが安定して構えられている状態であるので回転半径 L の検出を再開すると共に、角度振れ補正も再開する。そして、ステップ # 3 2 1 1 へ進む。

【 0 1 9 2 】

ステップ # 3 2 1 1 では、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し解除（スイッチ S 1 がオフ）か否かを判定し、半押し解除の場合はステップ # 3 2 3 5 へ進み、そうでない場合はステップ # 3 2 1 2 へ進む。

【 0 1 9 3 】

リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されたとしてステップ # 3 2 3 5 へ進むと、

回転半径 L の検出を中止すると共に、今迄蓄積してきた回転半径 L をリセットし、ステップ # 3 2 2 5 へ進む。これはリリースボタン 4 8 0 4 a の半押しを解除したことで、新たな被写体の撮影に移る、或いは、撮影を終了するなど撮影条件が変更されることを予測している為である。但し、再度リリースボタン 4 8 0 4 a の半押し操作が直ぐに行われた場合には（例えば半押し解除から 1 秒後に再操作）、回転半径 L のリセットを行わないようにしても良い。

【 0 1 9 4 】

ステップ # 3 2 2 5 へ進むと、所定時間（例えば 4 秒）待機する。この間は角度振れ補正は継続しており、角速度計 4 8 0 7 p、加速度計 1 0 1 p も作動している。この様にリリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されてからも暫く角度振れ補正を継続するのは、再度リリースボタン 4 8 0 4 a を半押しされた時に備えている為である。そして、所定時間経過後、ステップ # 3 2 2 6 へ進み、角度振れ補正を停止する。そして、次のステップ # 3 2 2 7 にて、角速度計 4 8 0 7 p、加速度計 1 0 1 p の作動を停止し、ステップ # 3 2 0 1 へ戻る。

【 0 1 9 5 】

上記ステップ # 3 2 1 1 でリリースボタン 4 8 0 4 a が継続して半押しされていると判定した場合にはステップ # 3 2 1 2 へ進む。そして、ここではリリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り操作（スイッチ S 2 がオン）されたか否かを判定し、押し切り操作が行われていなければステップ # 3 2 0 7 へ戻り、同様の動作を繰り返す。即ち、角度振れ補正、回転半径 L の検出、且つカメラのパンニング検出を行いながら撮影動作の開始を待機する。撮影動作のためにリリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り操作が行われたらステップ # 3 2 1 3 へ進む。

【 0 1 9 6 】

撮影動作のためにリリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り操作が行われたらステップ # 3 2 1 3 へ進み、回転検出 L の平均化を中止する。これは、この後にクイックリターンミラーや絞り、シャッタなどの振動発生動作があり、これにより加速度計 1 0 1 p に外乱が加わり、回転半径 L の検出精度が劣化する為である。ここでは又、今まで求めてきた各期間（図 2 7 の期間 2 7 0 3 , 2 7 0 4 など）の平均を求める。

【 0 1 9 7 】

次のステップ # 3 2 1 4 では、求められた回転半径 L が妥当であるか否かを判定し、妥当な場合はステップ # 3 2 1 5 へ進み、そうでない場合はステップ # 3 2 3 6 へ進む。

【 0 1 9 8 】

ここで、上記ステップ # 3 2 1 4 で検出される回転半径が妥当であるか否かの判定は、以下の 3 点である。

- 1) 検出する回転半径 L の平均化回数が足りない。
- 2) 求まった回転半径 L が所定値より大きい。
- 3) 角速度が所定以下の状態が長く継続した。

【 0 1 9 9 】

上記 1) は、例えばステップ # 3 2 0 1 でリリースボタン 4 8 0 4 a の半押し操作が行われたことが判定されてからステップ # 3 2 1 2 でリリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り操作が行われたことが判定されるまでの期間が短い。そのため、回転半径 L の計算時間が足りない場合である。このような時は正しい回転半径が L 求められていないと判定する。

【 0 2 0 0 】

また、上記 2) は、外乱などの要因で回転半径 L が予測し得る上限（例えば撮影レンズ主点位置から撮影者の腰相当までの距離）を超えた場合である。このような時は正しい回転半径 L が求められていないと判定する。

【 0 2 0 1 】

また、上記 3) は、カメラが三脚などに固定され、静止状態にある為に角速度出力（或いはそれを積分した角度出力）が所定より小さい場合である。このような時に式（ 8 ）で回転半径 L を求めると、計算誤差により極めて大きな回転半径 L が計算されてしまう為に

10

20

30

40

50

正しい回転半径 L が求められていないと判定する。

【0202】

上記ステップ # 3 2 1 4 にて回転半径が妥当でないとしてステップ # 3 2 3 6 へ進むと、上記状態になった時には、回転半径 L として、初期値として与えられている回転半径 (図 3 1 に示す様にカメラの接眼部から撮像光学系の主点位置までの距離) を用いる。

【0203】

次のステップ # 3 2 1 5 では、上記ステップ # 3 2 0 7 と同様に、カメラがパンニングされているか否かを判定する。パンニング中である場合はステップ # 3 2 1 7 へ進み、そうでない場合はステップ # 3 2 1 6 へ進む。ステップ # 3 2 1 5 でパンニング中と判定される時はステップ # 3 2 0 8 で角度振れ補正を停止しているため、角度振れの補正は行われていない。

10

【0204】

パンニング動作であるとしてステップ # 3 2 1 5 からステップ # 3 2 1 7 へ進むと、撮像素子 4 8 0 5 により蓄積動作を開始する。但し、未だシャッタが開いていないので実際の被写体光束は撮像素子 4 8 0 5 に入射していない。そして、次のステップ # 3 2 1 8 にて、クイックリターンミラーをアップし、レンズの絞りを駆動してシャッタを開く。これにより、撮像素子 4 8 0 5 に結像する被写体光束の蓄積が開始される。

【0205】

次のステップ # 3 2 1 9 では、露光に適した撮影期間まで待機する。そして、ステップ # 3 2 2 0 にて、露光終了後、平行振れ補正を停止する。尚、カメラがステップ # 3 2 1 5 でパンニング状態と判定されて後述のステップ # 3 2 1 6 がスキップされているため、ここでは平行振れ補正動作停止は機能しない (もともと平行振れ補正していないため)。続くステップ # 3 2 2 1 では、シャッタを閉じ、レンズの絞りを元に戻すと共にクイックリターンミラーをダウンさせる。

20

【0206】

このように、ステップ # 3 2 1 5 でカメラがパンニング状態と判定された場合には、角度振れ補正、平行振れ補正とも行わないで撮影する。

【0207】

一方、上記ステップ # 3 2 1 5 でカメラがパンニング中でないと判定した場合にはステップ # 3 2 1 6 へ進み、上記ステップ # 3 2 1 3 で求めた回転半径 L に基づいて平行振れの補正を開始する。そして、次のステップ # 3 2 1 7 にて、撮像素子 4 8 0 5 により蓄積動作を開始し、以下ステップ # 3 2 2 1 まで前述と同様の動作を行う。

30

【0208】

このように、ステップ # 3 2 1 5 でカメラがパンニング中でないと判定される時はステップ # 3 2 0 4 で角度振れの補正が行われているか、或いは、ステップ # 3 2 1 0 で角度振れ補正が再開されている。よって、露光中は (被写体光束蓄積中) 角度振れ補正と平行振れ補正の両方が行われる。

【0209】

次のステップ # 3 2 2 2 では、撮像素子 4 8 0 5 で得られた情報をカメラ背面の液晶モニターなどに表示すると共に記録媒体にその情報を記録する。そして、次のステップ # 3 2 2 3 にて、リリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り操作が解除されるまで待機する。押し切り操作が解除されるとステップ # 3 2 2 4 へ進み、ここではリリースボタン 4 8 0 4 a の半押し状態を判定し、半押し操作が解除されていなければステップ # 3 2 0 6 へ戻り、同様の動作を繰り返す。即ち、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しが解除されるまでは回転半径 L を検出しつつ、リリースボタン 4 8 0 4 a の押し切り操作がされるのを待機する事になる。

40

【0210】

ステップ # 3 2 2 5 以降は、前述した通りである。

【0211】

ここで、上記ステップ # 3 2 0 4 での角度振れ補正と上記ステップ # 3 2 1 6 での平行

50

振れ補正の始め方について説明する。

【 0 2 1 2 】

図 3 3 は、上記を説明する為に、角度振れ補正目標値および平行振れ補正目標値が振れ補正部 6 8 0 6 を駆動する駆動部 4 6 8 0 9 に入力されるまでを、詳細に示したブロック図である。

【 0 2 1 3 】

角度振れ補正目標値を出力する敏感度調整部 3 0 3 および平行振れ補正目標値を出力する出力補正部 3 0 9 より以前のブロックは省略して図示している。尚、実際には全て演算処理で行われる訳であるが、図示化するためにサンプルホールド（以下、S / H 部）3 3 0 2 や差動器 3 3 0 3 をアナログ系のブロックで示している。

10

【 0 2 1 4 】

敏感度調整部 3 0 3 より出力される角度振れ補正目標値は、可変ゲイン 3 3 0 1 に入力される。可変ゲイン 3 3 0 1 は、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しによるスイッチ S 1 のオン信号 3 3 0 4 の入力により、角度振れ補正目標値のゲインをゼロから 1 に例えば 0 . 5 秒かけて変更してゆく。これにより、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しにより 0 . 5 秒後には精度より角度振れ補正が行われる。この様にゲインを少しずつ変更しているのは、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しで急激に画像振れ補正を開始すると、その時の手振れの状態によりファインダ画面が大きく変動し、撮影者に違和感を与えるためである。これについては後ほど図 3 4 を用いて再度説明する。

【 0 2 1 5 】

20

また、可変ゲイン 3 3 0 1 はリリースボタン 4 8 0 4 a の半押し解除より所定時間（例えば 4 秒）後に角度振れ補正目標値のゲインを 1 から例えば 0 . 5 秒かけてゼロに変更してゆく。これも急激に画像振れ補正を停止する事による画面変動を避けるためである。

【 0 2 1 6 】

尚、リリースボタン 4 8 0 4 a の半押しから所定時間後に画像振れ補正を中止するのは、図 3 2 のステップ # 3 2 2 5 で述べた様に、再度リリースボタン 4 8 0 4 a を半押しされた時に継続して画像振れ補正が行えるように備えている為である。

【 0 2 1 7 】

出力補正部 3 0 9 より出力される平行振れ補正目標値は S / H 部 3 3 0 2 に入力されると共に差動器 3 3 0 3 に入力されており、差動器 3 3 0 3 では S / H 部 3 3 0 2 の出力と平行振れ補正目標値の差動出力を行う。即ち、S / H 部 3 3 0 2 がサンプリング中の時は差動器 3 3 0 3 に入力する 2 つの信号は等しい為に、その出力はゼロである。S / H 部 3 3 0 2 にはリリースボタン 4 8 0 4 a の押し切りによるスイッチ S 2 のオン信号 3 3 0 5 も入力されており、その信号入力により平行振れ補正目標値をホールドする。そのため、その時点で S / H 部 3 3 0 2 の出力は固定される事になり、差動器 3 3 0 3 の出力はリリースボタン 4 8 0 4 a 押し切り（スイッチ S 2 のオン信号 3 3 0 5 ）に同期してゼロから連続的に出力する。これについても後ほど図 3 4 で波形を用いて説明する。

30

【 0 2 1 8 】

また、S / H 部 3 3 0 2 には露光完了信号 3 3 0 6 も入力されており、露光完了信号 3 3 0 6 の入力では S / H 部 3 3 0 2 は平行振れ補正目標値を再度サンプリングする。そのため、露光完了に同期して差動器 3 3 0 3 の出力はゼロになる。

40

【 0 2 1 9 】

図 3 4 は以上を手振れ波形で説明する図であり、横軸は経過時間、縦軸は手振れ量或いはその補正量を像面振れに換算した量である。又、横軸におけるタイミング t 2 , t 6 , t 8 , t 9 , t 1 6 , t 1 7 は、図 3 0 で示したタイミングチャートのタイミングと同じタイミングと同じ符号で示している。

【 0 2 2 0 】

波形 3 4 0 1 は、角度振れ及び平行振れにより生じる像面での振れ量であり、ここでは説明のために余弦波で示している。波形 3 4 0 2 は、波形 3 4 0 1 の中で角度振れにより生じる像面での振れ量成分を抜き出して示している。波形 3 4 0 3 は、波形 3 4 0 1 の中

50

で平行振れにより生じる像面での振れ量成分を抜き出して示している。

【0221】

また、波形3404は、図33の可変ゲイン3301で出力される角度振れ補正目標値の像面での換算値であり、波形3402の振れを補正する目標値である。波形3404は、リリースボタン4804aの半押し（時刻t2）より所定時間（例えば0.5秒）を費やして角度振れ補正目標値を適正ゲインにしている。

【0222】

波形3402では、時刻t2にて所定の振れ量3307を生じており、このまま画像振れ補正を開始すると振れ補正部4806がゼロ位置より急激に駆動され、ファインダ画面が大きく揺れてしまう。それを避ける為に波形3404で示すように、角度振れ補正目標値ゲインを時刻t2で徐々に適正值にしている。

10

【0223】

また、時刻t16にてリリースボタン4804aの半押しが解除されると、それより4秒後の時刻t17で角度振れ補正目標値ゲインを徐々に小さくし、ゼロに収束させる。波形3402では、時刻t17にて所定の振れ量3308を生じており、突然画像振れ補正を止めると振れ補正部4806がその補正位置より急激にゼロ位置に駆動され、ファインダ画面が大きく揺れてしまう。その為に時刻t17よりゲインを徐々に小さくしてゆく事で画面の急激な変化を防止している。

【0224】

波形3405は、図33の差動器3303で出力される平行振れ補正目標値の像面での換算値であり、波形3403の振れを補正する目標値である。前述した様に差動器3303の出力はゼロより連続的に出力されるので、波形3405は時刻t6よりゼロより連続的に出力されており、波形3403の時刻t6での出力3309とは異なっている。これは時刻t6時点で出力3309のように急激に振れ補正を始めると、露光開始までに振れ補正部4806が応答できず、十分な平行振れ補正が行われない事の対策である。

20

【0225】

平行振れ補正目標値は露光完了の時刻t8でその出力がゼロになる。これは、図33で説明した様に、露光完了に伴い、S/H部3302をサンプリング状態に戻し、差動器3303の出力がゼロになる為である。そのため、振れ補正部4806は平行振れの補正を止めるが、既に露光は完了しているために画像への影響は生じず、また、ミラーアップ中である為に平行振れ補正を急に停止した事が画面で見えてしまうことは無い。

30

【0226】

画面振れによる違和感防止の為には画像振れ補正の開始、停止は連続的に行う事が好ましいが、上記の様に画面を確認できない場合に限っては急激な平行振れ補正停止により、早期に次の動作に備えるようにしている。

【0227】

時刻t9では、クイックリターンミラーのダウンが完了（シャッター閉は時刻t8で完了）する訳であるが、この時点では既に平行振れ補正停止より所定時間（例えば100ms）経過している。よって、平行振れ補正停止による画面の変動がファインダを通して見える事は無い。波形3406は振れ補正部4806の駆動量の像面での換算値であり、波形3404と波形3405の合成波形とほぼ同じである。

40

【0228】

振れ補正部4806の駆動量を見ると、時刻t2より徐々に角度振れ補正を開始し、時刻t6より角度振れ補正と共に平行振れ補正を連続的に開始する。そして、時刻t8で平行振れ補正を停止し、時刻t9でクイックリターンミラーがダウンし、時刻t16ではリリースボタン4804aの半押しが解除され、その4秒後の時刻t17より角度振れ補正の停止が始まる。

【0229】

以上のように、角度振れ補正、平行振れ補正ともその補正開始は連続的に行われるように制御されており、振れ補正部4806は常に安定して画像振れ補正を行うことができる

50

。

【 0 2 3 0 】

前述した様にステップ # 3 2 1 3 では回転半径検出の平均化を中止しており、これは、この後にクイックリターンミラーや絞り、シャッタなどの振動発生動作があり、これにより加速度計 1 0 1 p に外乱が加わり、回転半径 L の検出精度が劣化する為である。この現象について、図 3 5 を用いて説明する。

【 0 2 3 1 】

図 3 5 はクイックリターンミラーやシャッタ駆動時の加速度計 1 0 1 p の波形を示しており、横軸は経過時間、縦軸は加速度計 1 0 1 p の出力電圧である。

【 0 2 3 2 】

この加速度計 1 0 1 p は 5 V 駆動であり、基準電圧 3 5 0 2 に対して出力波形 3 5 0 1 はバイアス電圧 3 5 0 5 が重畳している。このバイアス電圧は加速度計に 1 G の重力が加わった状態であることを示している。

【 0 2 3 3 】

平行振れの検出（或いは回転半径 L の検出）の為に図 3 1 に示したような加速度計 1 0 1 p には常に 1 G の重力が加わっている。その為に、その分の加速度出力がバイアス電圧 3 5 0 5 として出力される。この加速度計 1 0 1 p の加速度出力可能電圧は 0 . 5 V から 4 . 5 V の間であり、この範囲外では出力が飽和する。

【 0 2 3 4 】

今、加速度計 1 0 1 p の出力波形 3 5 0 1 は、ミラー駆動やシャッタ駆動のタイミングで波形 3 5 0 1 a , 3 5 0 1 b , 3 5 0 1 c のように出力が飽和している区間がある。これは既に重力分のバイアス電圧が加わっているので、その分加速度検出範囲が狭くなっている事に加え、クイックリターンミラーやシャッタ、絞りの駆動による大きな振動加速度が加速度計 1 0 1 p に加わる為である。

【 0 2 3 5 】

この問題は検出範囲の広い加速度計を用いる事で解決できるが、検出レンジが広い加速度計は微小加速度の検出精度が低くなる為に高精度の平行振れ加速度を検出できなくなる。そのような精度の低い加速度計を使用するよりは、クイックリターンミラーやシャッタ駆動、絞り、レンズ駆動時は加速度検出を行わず、それ以外の区間で求めた回転半径 L を平均化して利用した方が精度よい平行振れ補正が行われる。そのために、クイックリターンミラーやシャッタ、絞り、レンズ駆動時の加速度出力の飽和が生じる（その区間の加速度出力は使わない）検出レンジが限定された加速度計でも、高精度な平行振れ検出が可能な加速度計を用いている。

【 0 2 3 6 】

図 1 1 で説明した様に、回転半径 L は回転中心 1 1 0 2 p から加速度計 1 0 1 p までの長さであり、加速度計 1 0 1 p は撮像光学系の主点位置に配置されているので、この長さは回転中心 1 1 0 2 p から撮像光学系の主点位置の長さに等しい。

【 0 2 3 7 】

平行振れは撮像光学系の主点位置の位置ずれにより発生するので、回転半径 L と角速度計 4 8 0 7 p を積分した角度出力の積により、撮像光学系の主点位置ずれを求める事ができ、平行振れ補正目標値を得ることができる。

【 0 2 3 8 】

ところで、今までの説明では省略していたが、実際には被写体の位置に合わせた焦点調節によりレンズの光軸上の位置が変化し、それに伴い、加速度計 1 0 1 p の設置位置と撮像光学系の主点位置にずれが生じる。そのため、正確に撮像光学系の主点位置のずれを求める為には、回転半径 L を撮像光学系の主点位置と加速度計 1 0 1 p の設置位置のずれに合わせて補正する必要がある。

【 0 2 3 9 】

図 3 6 及び図 3 7 は、上記を説明するカメラの振れ状態の説明図であり、図 3 6 と図 3 7 はレンズと被写体 3 6 0 1 , 3 7 0 1 の距離が異なる。

10

20

30

40

50

【0240】

図36の被写体3601の位置において、撮像光学系を合焦位置に調整した時の撮像光学系全体の主点位置A(3602)は、加速度計101pの配置と光軸方向で同位置にある。そのため、加速度計101pの出力と角速度計4807pの出力に基づいて回転半径L(1101p)を求め、その回転半径1101pと角速度計4807p出力により上記式(4)の右辺第2項でレンズ主点位置における平行振れ量3603が求まる。

【0241】

図37では被写体3701が図36の被写体3601よりもレンズから離れており、撮像光学系を合焦位置に調整した時の撮像光学系全体の主点位置B(3702)は、加速度計101pの配置と光軸方向でずれが生じてくる(ずれ量3704)。そのため、加速度計101pの出力と角速度計4807pの出力に基づいて回転半径1101pを求めても、図37のレンズ主点位置における平行振れ量3703は求まらない。

10

【0242】

そこで、加速度計101pの出力と角速度計4807pの出力に基づいて求まる回転半径1101pよりずれ量3704を差し引いた修正回転半径3705を求める。そして、その修正回転半径L3705と角速度計4807p出力により式(4)の右辺第2項によりレンズ主点位置B3702における平行振れ量3703を求めている。即ち、被写体距離により回転半径Lを補正している。

【0243】

撮像レンズの主点位置における平行振れを求めるにはその主点位置に加速度計101pを配置する必要がある。そのため、焦点調節により撮影レンズの主点位置が変化しても、それに伴って加速度計101pの取り付け位置も変化する構成にすれば、上記補正処理は不要になる。例えば、焦点調節の為に繰出すレンズ上に加速度計101pを取り付けることで、主点位置の移動と加速度計の移動を揃えることも可能であるが、そのような構造は複雑になり、レンズ全体が大型化してしまう。

20

【0244】

しかし、図37で説明した様な補正を行う事で、加速度計101pを固定したままで、変化する主点位置での平行振れ量を求める事ができる。この補正は焦点調節の為にレンズの位置をフォーカスエンコーダで検出し、その結果で撮像光学系の主点位置を求めて加速度計101pの設置位置とのずれを計算することで行える。

30

【0245】

図3で説明した出力補正部309は、利得調整した角度出力に回転半径Lおよび撮影倍率を乗じて平行振れ補正目標値を求めるが、上記説明した様な回転半径Lの補正も行っている。

【0246】

図38は出力補正部309の内部構成を示すブロック図であり、ズーム、フォーカス情報302のレンズエンコーダからのレンズズーム位置、フォーカス位置に基づいて撮影倍率演算309bは撮影倍率を求める。また、同時に、上記ズーム、フォーカス位置に基づいて撮像光学系の主点位置と加速度計設置位置のずれをずれ演算部309dで求める。

【0247】

比較部308で求めた回転半径Lの情報は出力補正部309内でずれ演算309dの出力に基づいて回転半径補正309cで補正される。これにより、加速度計101pの設置位置から回転中心までの回転半径Lではなく、その時点の撮像光学系的主点位置から回転中心までの回転半径Lに補正される。

40

【0248】

補正された回転半径Lと撮影倍率が利得調整部311の出力と乗算され、平行振れ補正目標値が求められる。この回転半径Lの補正タイミングは、図32におけるステップ#3213で行われる。ステップ#3213では、加速度計101pの設置位置から回転中心までの回転半径Lの平均値から加速度計101pの設置位置とその撮影条件での撮像光学系の主点位置間の長さを引いた、撮像光学系主点位置から回転中心までの補正回転半径L

50

を求める。そして、その値をステップ#3214で信頼性を評価し、ステップ#3216で平行振れ補正に用いる。

【0249】

図38のブロック図に示した構成の為に、撮像光学系の主点位置近傍に限定されず、加速度計101pの設置位置の自由度が高くなると共に、撮像光学系の主点位置の変動が起きた場合でも簡単な補正で対応できるようになっている。

【0250】

以上の実施例1においては、角度振れ補正と平行振れ補正の補正目標値信号を異なる周波数帯域で処理することで角度振れ、平行振れとも高精度の補正を実現している。

【0251】

そのために、上記実施例1に係る防振制御装置は、以下の構成要素より成る。つまり、振れによる画像振れを補正する振れ補正手段である振れ補正部4806と、振れの角速度を検出する第1振れ検出手段である角速度計4807p、4807yとを有する。さらに、第1振れ検出手段とは異なる方式で振れを検出する第2振れ検出手段である加速度計101pを有する。さらに、第1振れ検出手段の出力に基づく第1信号と第2振れ検出手段の出力に基づく第2信号とから回転半径L(補正值)を演算する演算手段である比較部308を有する。さらに、補正值に基づいて第1振れ検出手段の出力を補正する出力補正手段である出力補正部309を有する。さらに、第1振れ検出手段の出力に基づいて駆動部4809(振れ補正駆動手段)により振れ補正手段を駆動させる第1防振制御手段であるHPF積分フィルタ301、敏感度調整部303を有する。さらに、出力補正手段により補正された前記第1振れ検出手段の出力に基づいて振れ補正駆動手段により振れ補正手段を駆動する第2防振制御手段であるHPF積分フィルタ310、利得調整部311、出力補正部309を有する。さらに、第1防振制御手段と第2防振制御手段の周波数特性を異ならせる周波数帯域変更手段である利得調整部311を有する。そして、周波数帯域変更手段は、補正值に見かけ上周波数依存性を持たせるために第2防振制御手段の周波数特性を変更するようにしている。

【0252】

さらに、第1の防振制御手段に具備されるHPF積分フィルタ301(積分手段、高域透過手段)と、第2防振制御手段に具備されるHPF積分フィルタ310(積分手段、高域透過手段)の特性を異ならせる。具体例としては、HPF積分フィルタ301の積分折点を0.1Hzとし、HPF積分フィルタ310の折点を0.5Hz(図22参照)としている。このように周波数特性を異ならせることによって、利得調整部311の利得調整により生ずる位相ずれをなくしている。換言すれば、周波数帯域変更の結果生じる位相のずれをなくすために、積分手段あるいは高域透過手段の特性を異ならせている。

【0253】

上記第1防振制御手段は、カメラに加わる角度振れによる画像振れを補正し、第2防振制御手段は、カメラに加わる平行振れによる画像振れを補正する構成にしている。

【0254】

以上のように、小型で機動性が高い、扱い易いカメラ、或いはビデオにおいてもマクロ撮影にも安定した(平行振れの高精度な補正を実現する)防振システムを実現可能となる。

【実施例2】

【0255】

上記実施例1では、回転半径Lは図20に示したように手振れ周波数により変化し、それを吸収する為に平行振れ補正の為に角速度計の出力(積分した角度出力)を利得調整部311で周波数毎に利得を調整していた。

【0256】

しかし、全ての場合において、図20のように回転半径Lに周波数依存がある訳ではない。例えば、しゃがんだ状態でカメラを構えた時、肘を固定して(例えば肘を机に押し付ける)撮影した場合などでは、図20のように周波数が低いほど回転半径Lの利得が増え

10

20

30

40

50

る（回転半径 L が長くなる）ことはない。このような時に利得調整部 311 を用いると低い周波数の平行振れを過剰に補正することになり、その帯域では却って振れが増加してしまう虞がある。

【0257】

そこで、本発明の実施例 2 では、周波数毎の回転半径 L の変化を検出し、それに合わせて利得調整部 311 の使用可否を判定するものである。

【0258】

図 39 は、本発明の実施例 2 に係る一眼レフカメラに具備される防振制御装置の構成を示すブロック図である。尚、カメラの外観は、図 1 及び図 2 と同様である。

【0259】

本実施例 2 に係る防振制御装置は、上記実施例 1 の防振制御装置（図 3）に対して、周波数毎の回転半径 L 変化の傾向を掴む為に角速度計 4807p、加速度計 101p の BPF および周波数毎の回転半径 L の調整可否を判定する手段を追加している。また、周波数毎の回転半径 L の調整可否判定により周波数毎の回転半径 L の調整実行を制御する入力切換部を設けている。

【0260】

図 39 において、角速度計 BPF 1 部 3901 及び加速度計 BPF 1 部 3902 は、図 3 における角速度計 BPF 部 306、加速度計 BPF 部 307 と同様に、5 Hz における角速度出力、速度出力を抽出するフィルタである。そして、比較部 3905 は、それら出力に基づいて 5 Hz における回転半径 L を求める。また、角速度計 BPF 2 部 3903 及び加速度計 BPF 2 部 3904 は、1 Hz における角速度出力、速度出力を抽出するフィルタである。そして、比較部 3906 は、それら出力に基づいて 1 Hz における回転半径 L を求める。調整可否判定部 3907 は比較部 3905 及び比較部 3906 の出力を比較している。

【0261】

上記実施例 1 でも説明したように、一般的には低周波の回転半径 L に比べて高周波の回転半径 L は小さい。その為、比較部 3906 の出力である 1 Hz における回転半径 L より比較部 3905 の出力である 5 Hz における回転半径 L が小さい場合には、実施例 1 で説明した状態と判定する。

【0262】

そこで、調整可否判定部 3907 はその結果を入力切換部 3908 に出力する。入力切換部 3908 は、利得調整部 311 の出力を出力補正部 309 に出力する。これにより、実施例 1 と同様に、周波数毎に変化する回転半径 L に相当する平行振れ補正目標値を作成する。

【0263】

比較部 3906 の出力である 1 Hz における回転半径 L と比較部 3905 の出力である 5 Hz における回転半径 L が同じ、或いは、5 Hz における回転半径 L が大きい場合には、実施例 1 で説明した状態とは異なる状態と判定する。

【0264】

調整可否判定部 3907 はその結果を入力切換部 3908 に出力する。入力切換部 3908 は HPF 積分フィルタ 301 の出力を出力補正部 309 に出力する。即ち、利得調整部 311 を介さない平行振れ補正目標値を作成する。

【0265】

ここで、HPF 積分フィルタ 310 の出力を用いないのは、図 22 で説明したように、HPF 積分フィルタ 310 の出力は利得調整部 311 の特性を補正する為に通常の HPF 積分フィルタ 301 とは異なる特性になっている為である。この様な構成の為に、撮影者の撮影状況に応じて最適な平行振れ補正が行える。

【0266】

尚、実施例 1 においては撮影開始までに求めた回転半径 L の平均値を用いて平行振れ補正目標値を算出していた。しかしながら、被写体を観察する時間が長い場合等のように回

10

20

30

40

50

転半径 L の算出期間が長い場合には、観察開始時と撮影直前では手振れの状態が変化してくる可能性もある。例えばカメラの構え方が変化することにより回転半径 L そのものの大きさが変化することや、或いは上述した様に周波数と回転半径 L の関連性が被写体観察開始時と撮影直前では異なってくる現象である。このような場合も考慮すると、撮影直前までに求めた回転半径 L の平均値ではなく、所定期間毎に回転半径 L の平均値を更新する方が好ましい。

【0267】

図27では、期間を区切った角速度出力 2710 から 2716 の各々に対して速度出力 V 2717 から 2723 の出力を比較して、区間毎に角速度出力 と速度出力 V を演算して回転半径 L を求めている。図28では、やはり期間を区切った角速度出力 のピーク 2804 から 2806 の各々に対して速度出力 V のピーク 2807 から 2809 の出力を比較して区間毎に角速度出力 と速度出力 V を演算して回転半径 L を求めている。そして、求まった各回転半径 L を、図32のステップ#3213で平均化して撮影時の平行振れ補正に用いていた。

10

【0268】

本発明の実施例2においては、この平均化の演算を移動平均とし、逐次平均値を更新する構成にしている。

【0269】

図40は上記を説明する概念図であり、横軸は経過時間、縦軸は各タイミングである。

【0270】

20

リリースボタン4804aの半押し(4001)後(スイッチS1のオン)に回転半径 L の検出(4003)が始まり、求まる区間毎の回転半径 L を $L01$ から $L22$ で示す。上記実施例1では、リリースボタン4804aの押し切り(4002)がなされる(スイッチS2のオン)までの回転半径 $L01$ から $L19$ までの全ての平均で平行振れ補正に用いる回転半径 L を求めている。これに対し、本実施例2では、それを所定期間毎に更新するようにしている。

【0271】

図40で示したように、回転半径 $L10$ まで求まると、回転半径 $L01$ から回転半径 $L10$ までの平均回転半径 $L0110$ を求める。その後、回転半径が求まる毎に、回転半径の移動平均を求め、平行振れ補正の為の回転半径を更新してゆく。

30

【0272】

図40においては、回転半径 $L19$ が求まった時点で撮影が開始される事になるので、その時の移動平均値 $L1019$ を用いて平行振れ補正を行うことになる。即ち、回転半径 L の移動平均値の更新を継続し、撮影時には最新の移動平均値を用いて平行振れ補正を行う。

【0273】

また、図39で示したように、回転半径 $L1019$ は5Hzにおける回転半径 L と1Hzにおける回転半径 L の2種を求めておき、その比較結果に基づいて周波数毎の回転半径 L の調整を行うか否かも制御している。

【0274】

40

この様に回転半径を更新する事で、撮影状態に適した回転半径 L を用いた精度の良い平行振れ補正が行える。

【0275】

尚、図29で述べたように面積を求める方式においても、面積を求める期間を区分して、各期間で求めた回転半径 L を図40により移動平均で更新を継続して撮影時には最新の移動平均値を用いて平行振れ補正を行えば良い。

【0276】

上記のように、移動平均で回転半径 L を求める場合には平均化する期間が実施例1に比べて短くなる。そのため、カメラやレンズの駆動振動時に回転半径 L が求まらなると、その直後の撮影には対応できなくなる。

50

【 0 2 7 7 】

そこで、本実施例 2 においては、A F の為のレンズ駆動時には回転半径 L の演算を行うようにしている。但し、実施例 1 で説明したように、駆動振動により加速度計 1 0 1 p、1 0 1 y の出力が飽和すると正しい回転半径 L が求まらない。そこで、飽和しないレベルまで加速度計 1 0 1 p の感度を下げ、その状態で振れ加速度を検出して角速度出力と比較している。しかし、加速度感度を下げると、加速度検出力が劣化してしまう問題がでてくる。その為に駆動振動が発生するタイミングのみ、加速度計 1 0 1 p の感度を下げる構成にしている。

【 0 2 7 8 】

通常の状態では振れ加速度は精度良く検出され、駆動振動が発生する短期間のみ加速度感度を下げる事になる。駆動振動の発生期間の振れ加速度精度は下がる事になるが、その精度劣化も駆動振動前後の回転半径 L との移動平均で緩和されることになる。

【 0 2 7 9 】

図 4 1 は、図 3 9 のブロック図に、加速度計 1 0 1 p の感度を制御するブロックを加えた図である。ここで、加速度計 1 0 1 p は、M E M S など形成されたメカニカルな領域 1 0 1 p c と初段のアンプ 1 0 1 p d、処理回路 1 0 1 p e に分けて図示している。

【 0 2 8 0 】

初段アンプ 1 0 1 p d の利得は利得変更判定部 4 1 0 1 の入力で可変になっている。加速度計 1 0 1 p の出力はウィンドコンパレータ 4 1 0 3 を介して H P F 積分フィルタ 3 0 5 に入力されている。H P F 積分フィルタ 3 0 5 の出力は、利得補正部 4 1 0 4 を介して

【 0 2 8 1 】

また、ウィンドコンパレータ 4 1 0 3 の出力は、利得変更判定部 4 1 0 1 に入力されている。ウィンドコンパレータ 4 1 0 3 は、加速度計 1 0 1 p の出力が第 1 範囲レベルを超えると利得下げ信号を出力し、その結果、利得変更判定部 4 1 0 1 は初段アンプ 1 0 1 p d の利得を下げる。尚、ここで第 1 範囲は、加速度計出力の飽和レベルの約 8 割程度に設定されている。

【 0 2 8 2 】

また、ウィンドコンパレータ 4 1 0 3 は、加速度計出力が所定時間（例えば 0 . 1 秒）第 2 範囲レベル内であれば利得復帰信号を出力し、その結果、利得変更判定部 4 1 0 1 は初段アンプ 1 0 1 p d の利得を元に戻す。尚、第 2 範囲は、第 1 範囲の 1 / 3 に設定される。これは、利得変更後は初段アンプ 1 0 1 p d の利得が 1 / 3 になるので、その状態で第 1 範囲レベルと同じレベルを判定に用いる為である。

【 0 2 8 3 】

調整可否判定部 3 9 0 7 からの回転半径 L 算出未完了信号は利得復帰禁止部 4 1 0 2 に入力されており、その期間、利得復帰禁止部 4 1 0 2 は利得変更判定部 4 1 0 1 に利得復帰禁止信号を出力する。そのため、比較部 3 9 0 5、3 9 0 6 が回転半径 L を算出している期間中は初段アンプ 1 0 1 p d を元の利得に戻す事はしない。これは、回転半径 L を算出中に初段アンプ 1 0 1 p d の利得を変更する事による回転半径 L の精度劣化を避けるためである。

【 0 2 8 4 】

利得補正部 4 1 0 4 は、初段アンプ 1 0 1 p d の利得が小さい時には、その利得を元に戻す役割をしている。ここで、利得補正部 4 1 0 4 は、H P F 積分フィルタ 3 0 5 より後段に設けられている。駆動振動により加速度計 1 0 1 p の出力は高周波ノイズが重畳し、これにより加速度計 1 0 1 p の出力が飽和してしまうのであるが、H P F 積分フィルタ 3 0 5 の出力は加速度計出力を積分している為の高周波の信号は十分減衰される。その為に H P F 積分フィルタ 3 0 5 後の出力の利得を大きくしても出力の飽和は生じない。即ち、初段アンプ 1 0 1 p d の利得を小さくして加速度計 1 0 1 p の出力の飽和を回避し、加速度計 1 0 1 p 出力積分後に利得の補正を行う事で、初段アンプ 1 0 1 p d の利得変更による回転半径 L の誤差を補正している。

10

20

30

40

50

【 0 2 8 5 】

図 4 2 は上記の事を加速度計の出力波形で説明する図であり、横軸は経過時間、縦軸は加速度計出力である。

【 0 2 8 6 】

波形 4 2 0 1 及び波形 4 2 0 3 は、初段アンプ 1 0 1 p d が通常利得時の加速度計 1 0 1 p の出力（期間 4 2 0 4 , 4 2 0 6 ）である。また、波形 4 2 0 2 は、初段アンプ 1 0 1 p d の利得を 1 / 3 に下げたときの加速度計 1 0 1 p の出力（期間 4 2 0 5 ）である。

【 0 2 8 7 】

ここで、波形 4 2 0 1 は、矢印 4 2 0 9 で示す衝撃入力時点でその出力が第 1 範囲である判定レベル 4 2 0 7 範囲を超えてしまったので、ウィンドコンパレータ 4 1 0 3 が利得 10
下げ信号を出力して初段アンプ 1 0 1 p d の利得を下げて波形 4 2 0 2 とする。

【 0 2 8 8 】

次に、矢印 4 2 1 0 で波形 4 2 0 2 は第 2 範囲である判定レベル 4 2 0 8 範囲内に収まる。ここで、上述した様に初段アンプ 1 0 1 p d の利得は 1 / 3 に下がっているので、第 2 範囲である判定レベルも第 1 範囲である判定レベルの 1 / 3 に設定して同じレベルで判定するようにしている。

【 0 2 8 9 】

このように、波形 4 2 0 2 が第 2 範囲である判定レベル 4 2 0 8 内に収まってから所定の期間（確認期間 4 2 1 1 ）経過後に、初段アンプ 1 0 1 p d の利得を元に戻すようにしている。 20

【 0 2 9 0 】

但し、上述した様に上記確認期間 4 2 1 1 は単に所定期間（例えば 0 . 1 秒）計時しているだけではなく、回転半径 L 算出の区切りも考慮してある。即ち、所定期間（例えば 0 . 1 秒）計時後に後 0 . 0 4 秒で回転半径 L の算出結果が出る場合には、確認期間 4 2 1 1 は 0 . 1 4 秒となる。そして、次の回転半径 L は初段アンプ 1 0 1 p d の利得を元に戻した後に算出する。

【 0 2 9 1 】

図 4 3 は、加速度計 1 0 1 p 、初段アンプ 1 0 1 p d の利得切換え時の動作を示すフローチャートであり、このフローは、加速度計起動と同時にスタートし、加速度計停止までフローを循環する。 30

【 0 2 9 2 】

ステップ # 4 3 0 1 では、加速度計出力が第 1 範囲 4 2 0 7 外にあるか否かをウィンドコンパレータ 4 1 0 3 にて検出する。加速度計出力が第 1 範囲 4 2 0 7 外の場合はステップ # 4 3 0 2 へ進み、そうで無い時はステップ # 4 3 0 1 で第 1 範囲 4 2 0 7 外になるまで待機する。

【 0 2 9 3 】

次のステップ # 4 3 0 2 では、利得変更判定部 4 1 0 1 が初段アンプ 1 0 1 p d の利得を 1 / 3 にする。また、利得補正部 4 1 0 4 は積分後の加速度出力を 3 倍にして利得を補正する。続くステップ # 4 3 0 3 では、加速度計出力が第 2 範囲 4 2 0 8 内に戻ったか否かをウィンドコンパレータ 4 1 0 3 により検出する。加速度計出力が第 2 範囲 4 2 0 8 内に戻った場合はステップ # 4 3 0 4 へ進み、そうで無い時はステップ # 4 3 0 3 で第 2 範囲 4 2 0 8 内に戻るまで待機する。 40

【 0 2 9 4 】

次のステップ # 4 3 0 4 では、所定時間（例えば 0 . 1 秒）待機し、その後ステップ # 4 3 0 5 へ進み、現在期間における回転半径 L の算出が終了するまでステップ # 4 3 0 5 で待機する。次のステップ # 4 3 0 6 では、利得変更判定部 4 1 0 1 が初段アンプ 1 0 1 p d の利得を元に戻す。また、利得補正部 4 1 0 4 は積分後の加速度出力を 1 倍に戻す。その後、ステップ # 4 3 0 1 に戻る。

【 0 2 9 5 】

このように、加速度計 1 0 1 p の出力が飽和しそうになるとその利得を下げる事で、加 50

速度計 1 0 1 p の飽和を防ぎ、利得不足は積分後の加速度出力で補正するので補正値が飽和することは無くなる。

【 0 2 9 6 】

図 4 4 は本発明の実施例 2 に係る主要部分の動作を示すフローチャートであり、実施例 1 における図 3 2 に相当するものである。

【 0 2 9 7 】

図 4 4 において、図 3 2 のフローチャートと異なるうちの一つは、ステップ # 3 2 0 6 , # 3 2 2 8 の回転半径算出開始に代わって、ステップ # 4 4 0 1 , # 4 4 0 3 にて、回転半径検出と共に、検出された回転半径の移動平均を求めている点である。

【 0 2 9 8 】

また、ステップ # 3 2 3 0 の回転半径検出中止も省かれている。これは加速度計 1 0 1 p の初段アンプ 1 0 1 p d の利得を下げる事で、焦点調節の為にレンズ駆動振動により加速度計出力が飽和する事が無くなり、その期間も回転半径 L を求める事が出来るようになった為である。

【 0 2 9 9 】

ここで、図 4 5 は本発明の実施例 2 に係るタイミングチャートであり、実施例 1 における図 3 0 のタイミングチャートに相当するものである。図 3 0 と異なるのは、回転半径検出タイミング 3 0 0 9 に代わり、回転半径検出タイミング 4 5 0 1 が設けられている点である。

【 0 3 0 0 】

回転半径検出タイミング 4 5 0 1 は、角速度計出力、加速度計出力より回転半径を算出する動作であり、H i は算出期間、L o は算出中止期間である。この回転半径検出タイミング 4 5 0 1 と回転半径検出タイミング 3 0 0 9 の違いは、時刻 t 3 から t 5 の間においても回転半径 L を求めるようにしている点である。

【 0 3 0 1 】

図 4 4 に戻り、更に図 3 2 のフローチャートと異なるのは、ステップ # 3 2 1 3 の回転半径検出中止、及び回転半径の平均化に代わり、ステップ # 4 4 0 2 が設けられ、回転半径の検出中止と共に最終更新した回転半径を平行振れ補正に使用する設定にしている。その他のフローは図 3 2 と同様の為に説明を省く。

【 0 3 0 2 】

図 4 4 のフローでわかる様に、シャッタやクイックリターンミラー、絞り駆動のときは依然として回転半径 L の検出を停止している。この期間も回転半径 L の検出を行っても良いのである。しかし、これらの駆動による発生振動は極めて大きく、それらによる加速度計出力の飽和を避けるためには、加速度計 1 0 1 p の初段アンプ 1 0 1 p d をかなり大きく下げる必要があり、利得を大きく下げる事による加速度計出力の不安定が発生してしまう。その為、この期間に算出される回転半径精度は極めて低くなるので、上記のように回転半径 L の検出を中止しているのである。

【 0 3 0 3 】

図 3 8 で説明したように実施例 1 では、加速度計 1 0 1 p の設置位置と撮像光学系の主点位置のずれにより回転半径 L の補正を行っていた。しかしながら、最も撮影倍率が高いときの撮像光学系の主点位置と同位置に加速度計 1 0 1 p を配置する事が出来れば、それより撮影倍率が低い時は平行振れの影響も小さくなる。よって、回転半径 L の補正を行わなくてもある程度の精度で平行振れの補正が行えるため、システム全体も簡略化できる。

【 0 3 0 4 】

図 4 6 では、撮影レンズの最も撮影倍率の高い状態（被写体最至近位置 4 6 0 1 ）における撮像光学系の主点位置 A （ 4 6 0 2 ）と同じ位置に加速度計 1 0 1 p を設けている。そのため、加速度計 1 0 1 p の出力と角速度計 4 8 0 7 p の出力で回転半径 L 1 1 0 1 p を求めると、それは回転中心から撮像光学系の主点位置までの回転半径と等しく、精度の良い平行振れ補正が行える。尚、撮像光学系の主点位置 A （ 4 6 0 2 ）での振れ量 4 6 0 3 と加速度計 1 0 1 p の設置位置での振れ量 4 6 0 3 は等しい。

10

20

30

40

50

【0305】

図47では、被写体4701が撮像光学系から離れた場合である。この場合、この被写体4701に対して焦点調節を行った時の撮像光学系の主点位置B(4702)は加速度計101pの設置位置4602とはずれてくる。撮像光学系の主点位置B(4702)での振れ量4703と加速度計101pの設置位置での振れ量4603は異なる。但し、この時は撮影倍率が低くなっているため、平行振れによる像劣化の影響は小さくなっており、回転半径Lを厳密に定めなくても許容できる精度の平行振れ補正が行える。

【0306】

大事なことは、撮像光学系の撮影倍率が最も大きくなる時のレンズ主点位置に加速度計101pを配置する事であり、これが可能であるならば実施例1に比べて演算の簡略化が可能になる。

10

【0307】

以上の実施例2においては、周波数毎の回転半径Lの変化を検出し、それに合わせて利得調整部311の使用可否を判定する構成にし、補正值(回転半径L)の周波数依存性が無い時には利得調整部311を用いない事で、平行振れ補正の精度劣化を防いでいる。

【0308】

そのために、上記実施例2に係る防振制御装置は、以下の構成要素を有する。つまり、第1振れ検出手段(角速度計4807p, 4807y)の出力あるいは第2振れ検出手段(加速度計101p, 101y)の出力に基づいて利得調整部311(周波数帯域変更手段)の作動を制御する作動制御手段(調整可否判定部3907)を設けている。

20

【0309】

詳しくは、作動制御手段が周波数帯域変更手段を非作動にする時には、第1防振制御手段の出力と出力補正手段により補正された第1防振制御手段の出力の合成出力に基づいて振れ補正手段を駆動することで、画像振れ補正を行うようにしている。なお、入力切換部3908がHPPF積分フィルタ301の出力と利得調整部311の出力のいずれかを出力補正部309に振り分けている。

【0310】

上記の各実施例によれば、小型で機動性が高く、マクロ撮影にも安定した防振、つまり平行振れの高精度な画像振れ補正を行うことが可能となる。

【産業上の利用可能性】

30

【0311】

以上の実施例1及び2においては、デジタル一眼レフカメラやデジタルコンパクトカメラに具備される防振制御装置を例にして、平行振れ対策の説明を続けてきた。しかし、本発明の防振制御装置は小型で高性能なシステムにまとめることができるのでこれらに限らず、デジタルビデオカメラの静止画撮影や、監視カメラ、Webカメラ、携帯電話などの静止画撮影にも展開できる。

【図面の簡単な説明】

【0312】

【図1】本発明の実施例1に係る一眼レフカメラを示す平面図である。

【図2】本発明の実施例1に係る一眼レフカメラを示す側面図である。

40

【図3】本発明の実施例1に係る一眼レフカメラに具備される防振制御装置を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施例1に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。

【図5】本発明の実施例1に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。

【図6】本発明の実施例1に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。

【図7】本発明の実施例1に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。

【図8】本発明の実施例1に係る防振制御装置の波形を説明するための図である。

【図9】本発明の実施例1に係る防振制御装置の波形を説明するための図である。

【図10】本発明の実施例1に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。

【図11】本発明の実施例1に係るカメラの振れ状態を説明するための図である。

50

- 【図 1 2】本発明の実施例 1 に係る加速度計を示すブロック図である。
- 【図 1 3】本発明の実施例 1 に係る加速度計の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 4】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 5】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 6】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 7】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 8】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 1 9】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の他の構成例を示すブロック図である。
- 【図 2 0】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置における回転半径の周波数特性を示す図である。
- 【図 2 1】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 2 2】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 2 3】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の周波数特性を示す図である。
- 【図 2 4】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の別の構成例を示すブロック図である。
- 【図 2 5】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置のさらに別の構成例を示すブロック図である。
- 【図 2 6】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置のさらに別の構成例を示すブロック図である。
- 【図 2 7】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の波形を説明するための図である。
- 【図 2 8】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の波形を説明するための図である。
- 【図 2 9】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の波形を説明するための図である。
- 【図 3 0】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置のタイミングチャートである。
- 【図 3 1】本発明の実施例 1 に係るカメラの振れ状態を説明するための図である。
- 【図 3 2】本発明の実施例 1 に係る防振制御装置の主要部分の動作を示すフローチャートである。
- 【図 3 3】本発明の実施例 1 に係る振れ補正部を駆動する信号処理系を示すブロック図である。
- 【図 3 4】本発明の実施例 1 に係る振れ補正部の駆動を説明するための波形図である。
- 【図 3 5】本発明の実施例 1 に係る加速度計の出力波形を説明するための図である。
- 【図 3 6】本発明の実施例 1 に係るカメラの振れ状態を説明するための図である。
- 【図 3 7】本発明の実施例 1 に係るカメラの振れ状態を説明するための図である。
- 【図 3 8】本発明の実施例 1 に係る出力補正部の内部構成を示すブロック図である。
- 【図 3 9】本発明の実施例 2 に係る防振制御装置の構成を示すブロック図である。
- 【図 4 0】本発明の実施例 2 に係る防振制御装置における回転半径の移動平均を説明するためのタイミングチャートである。
- 【図 4 1】本発明の実施例 2 に係る防振制御装置の他の構成例を示すブロック図である。
- 【図 4 2】本発明の実施例 2 に係る加速度出力波形を説明するための図である。
- 【図 4 3】本発明の実施例 2 に係る加速度計制御を示すフローチャートである。
- 【図 4 4】本発明の実施例 2 に係る防振制御装置の動作を示すフローチャートである。
- 【図 4 5】本発明の実施例 2 に係る防振制御装置のタイミングチャートである。
- 【図 4 6】本発明の実施例 2 に係るカメラの振れを説明するための図である。
- 【図 4 7】本発明の実施例 2 に係るカメラの振れを説明するための図である。
- 【図 4 8】従来の防振システムを具備する一眼レフカメラを示す平面図である。
- 【図 4 9】従来の防振システムを具備する一眼レフカメラを示す側面図である。

【符号の説明】

- 【 0 3 1 3 】
- 1 0 1 p 加速度計（第 2 振れ検出手段）
- 1 0 1 y 加速度計（第 2 振れ検出手段）
- 3 0 1 H P F 積分フィルタ
- 3 1 0 H P F 積分フィルタ

10

20

30

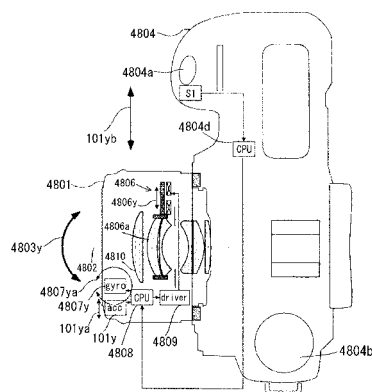
40

50

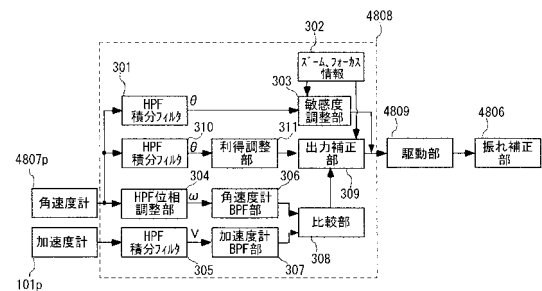
- 304 H P F 位相調整部
- 305 H P F 積分フィルタ
- 306 角速度計 B P F 手段
- 307 加速度計 B P F 手段
- 308 比較部 (演算手段)
- 309 出力補正部 (出力補正手段)
- 311 利得調整部 (周波数帯域変更手段)
- 3907 調整可否判定部
- 3908 入力切換部
- 4806 振れ補正部 (振れ補正手段)
- 4807 p 角速度計 (第 1 振れ検出手段)
- 4807 y 角速度計 (第 1 振れ検出手段)
- 4809 駆動部 (振れ補正駆動手段)

10

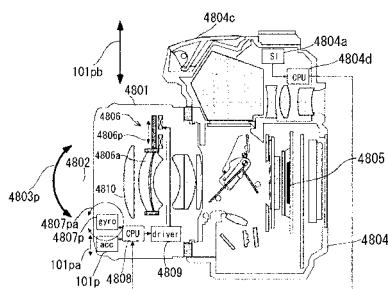
【 図 1 】



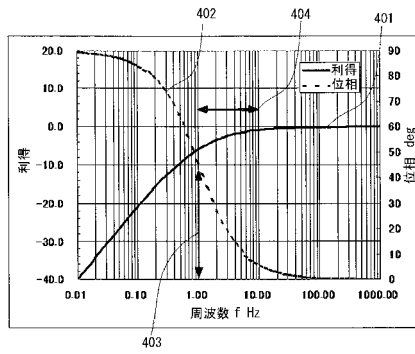
【 図 3 】



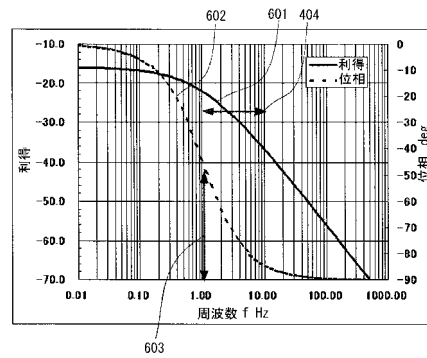
【 図 2 】



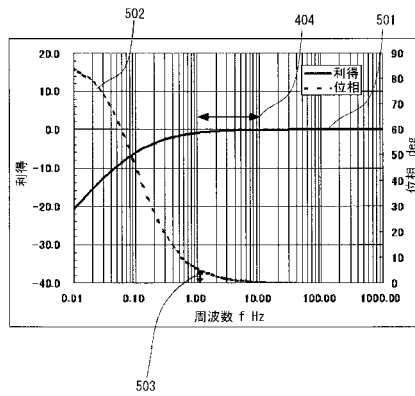
【図 4】



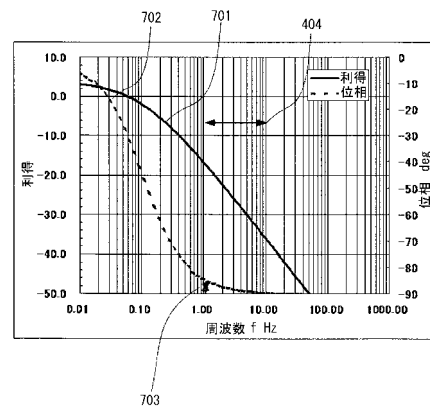
【図 6】



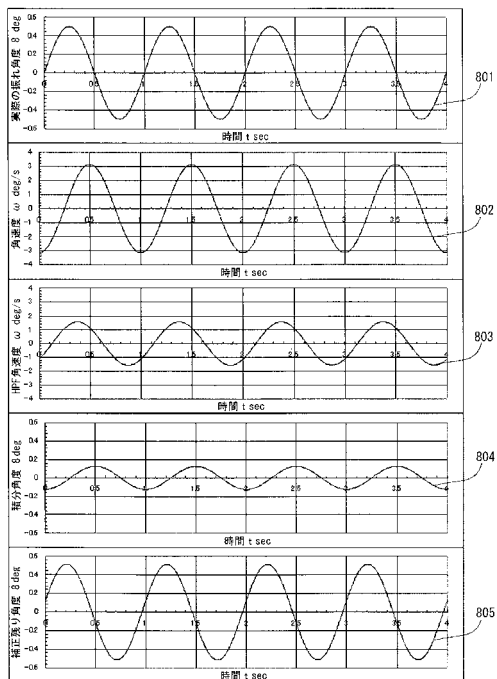
【図 5】



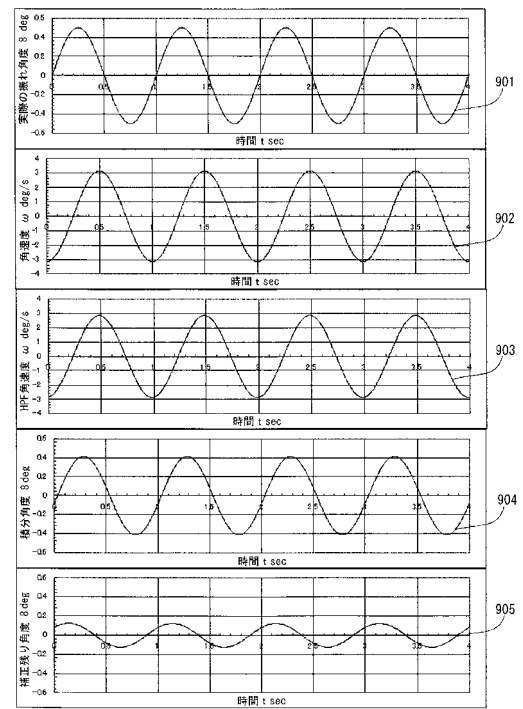
【図 7】



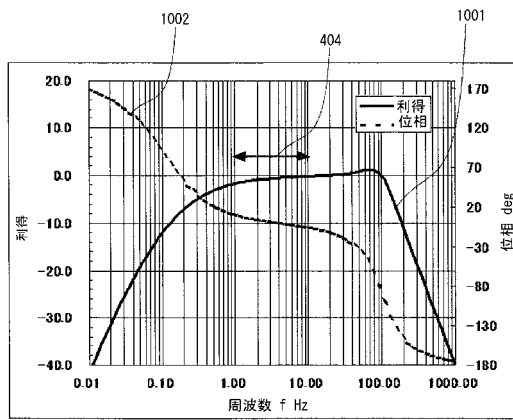
【図 8】



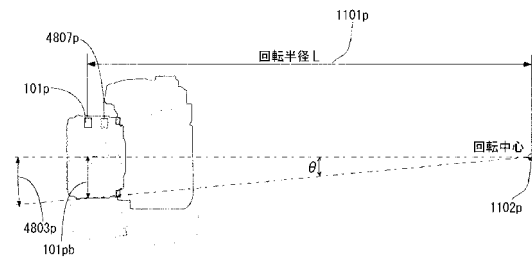
【図 9】



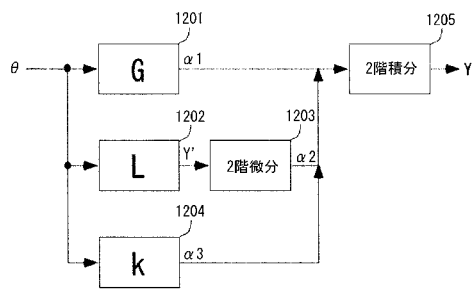
【図 10】



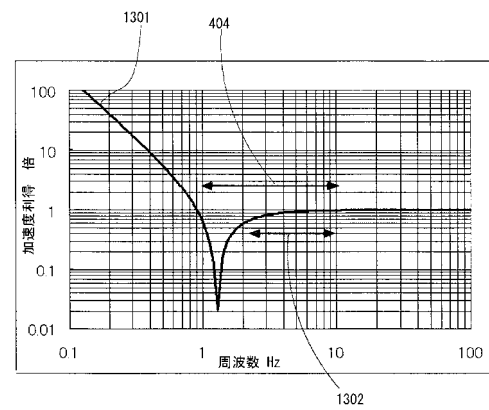
【図 11】



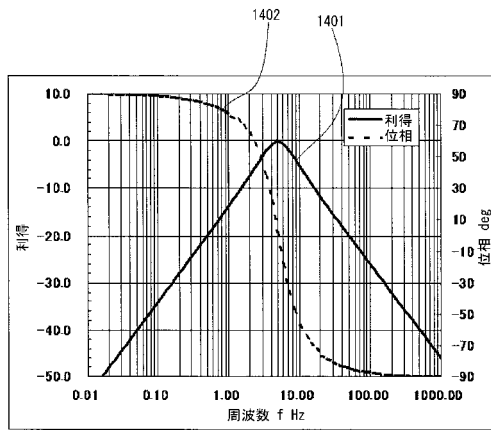
【図 12】



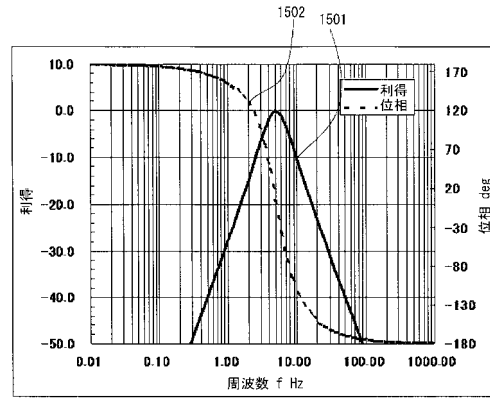
【図 13】



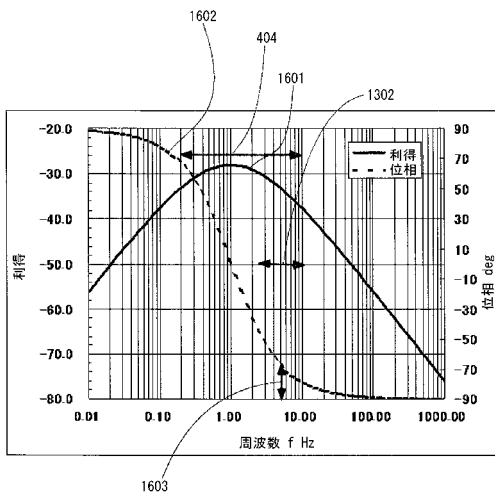
【図 14】



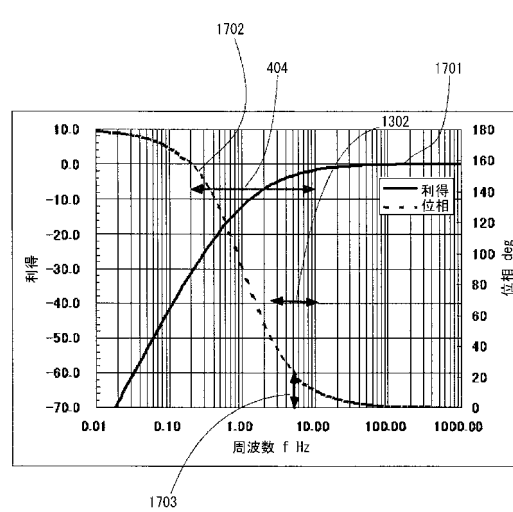
【図 15】



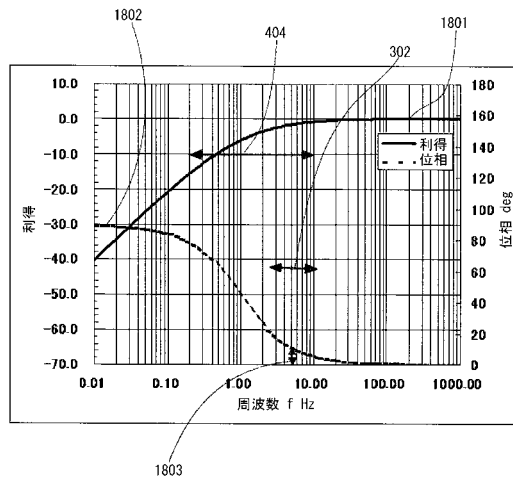
【図 16】



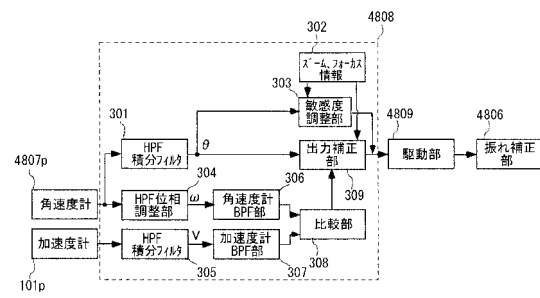
【図 17】



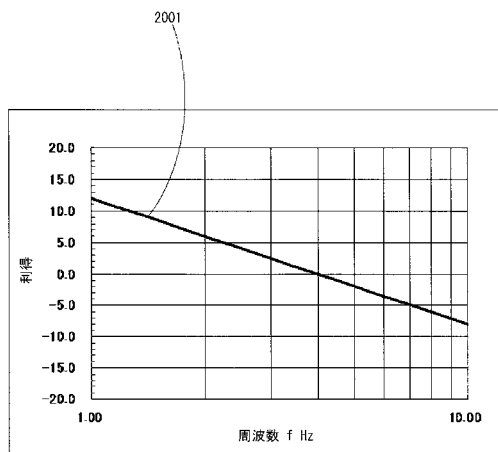
【図 18】



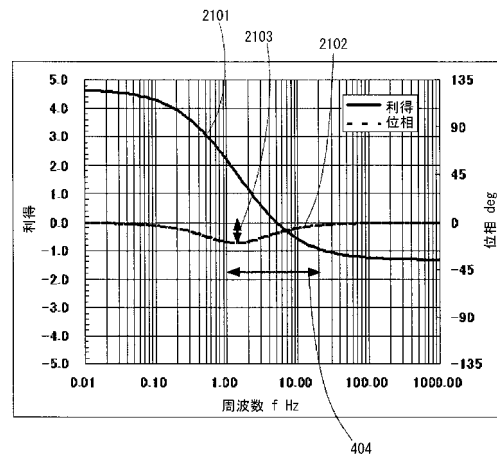
【図 19】



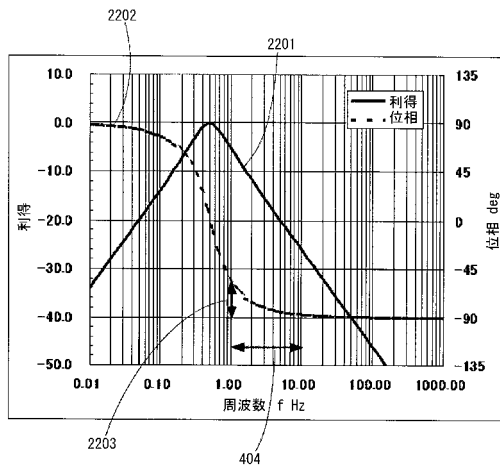
【図 20】



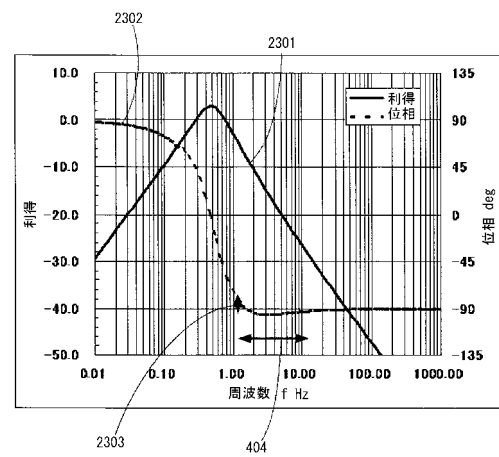
【図 21】



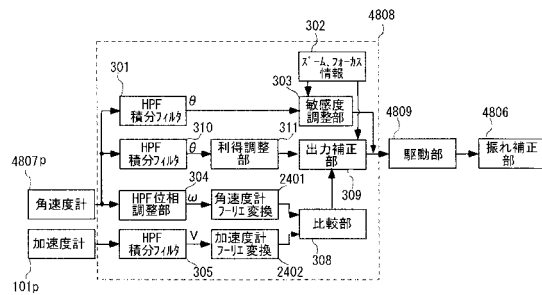
【図 22】



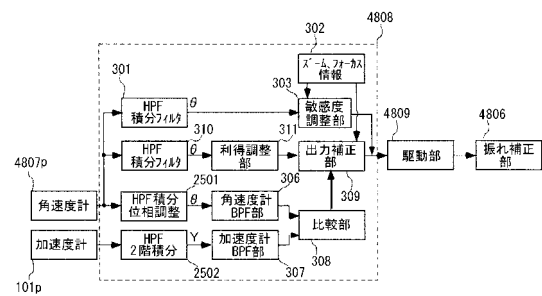
【図 23】



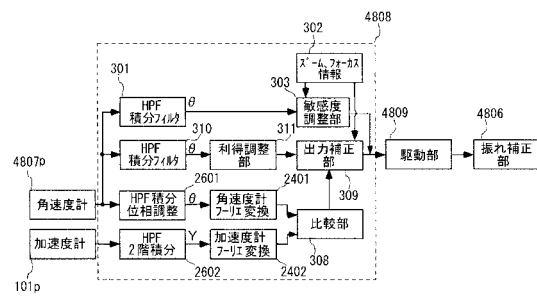
【図 24】



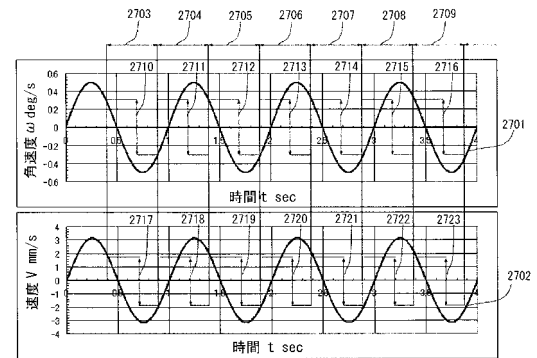
【図 25】



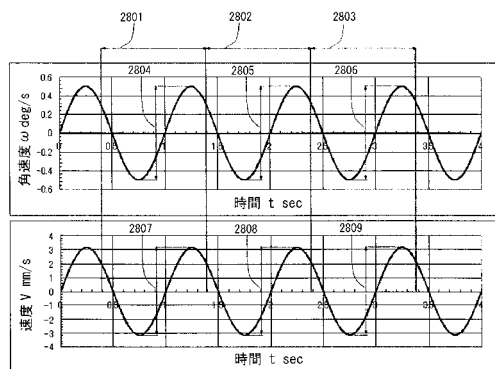
【図 26】



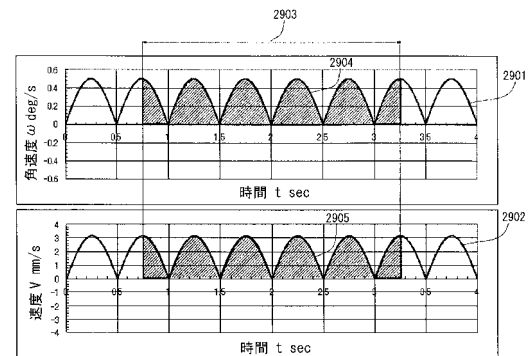
【図 27】



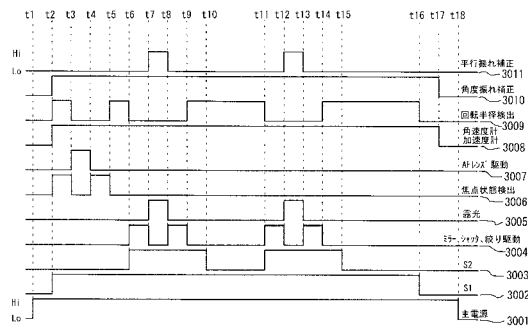
【図 28】



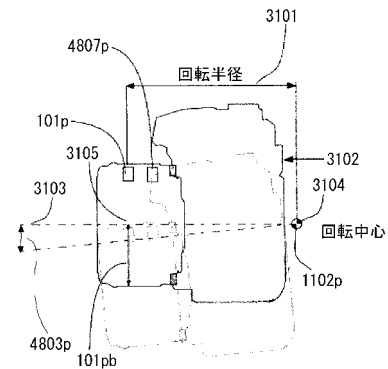
【図 29】



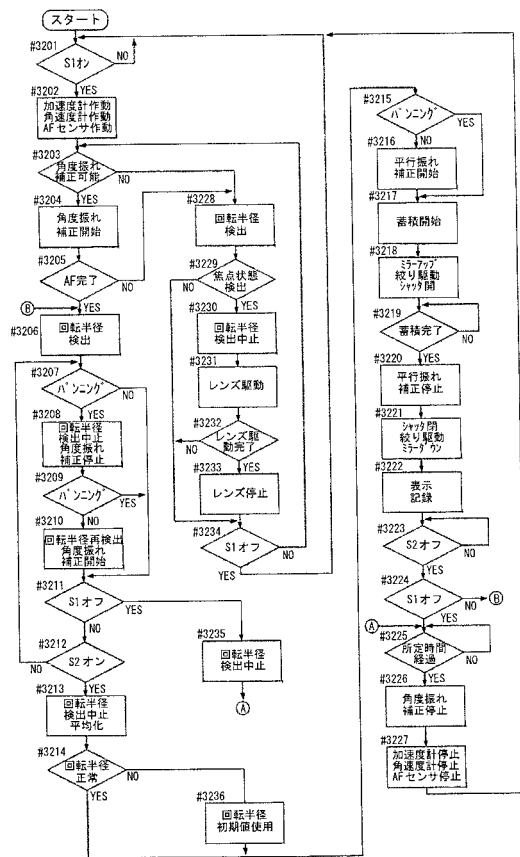
【図 30】



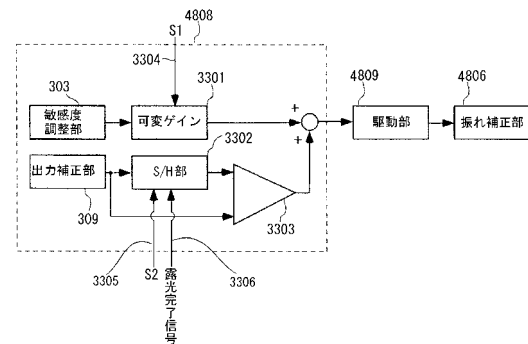
【図 31】



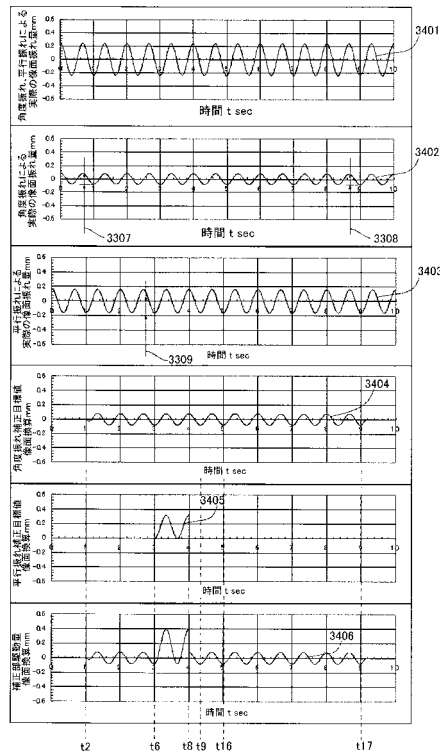
【図 32】



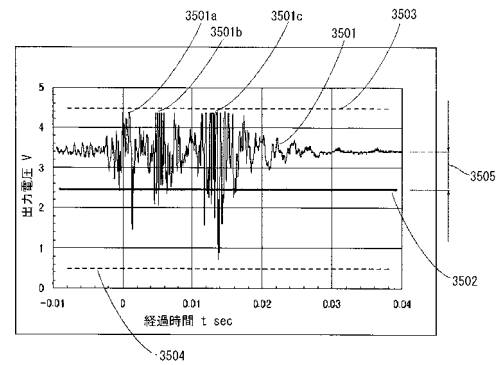
【図 33】



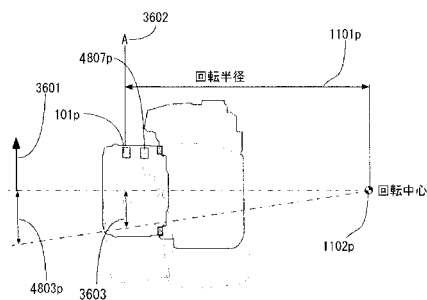
【図 34】



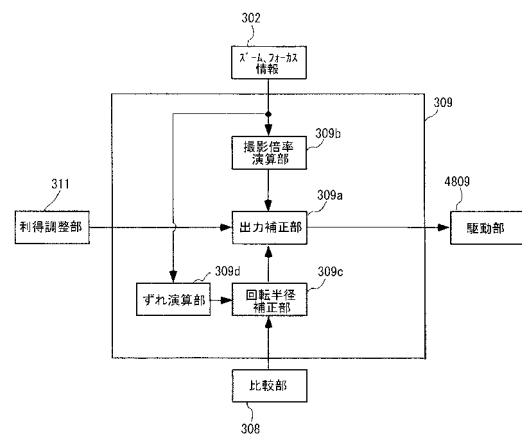
【図 35】



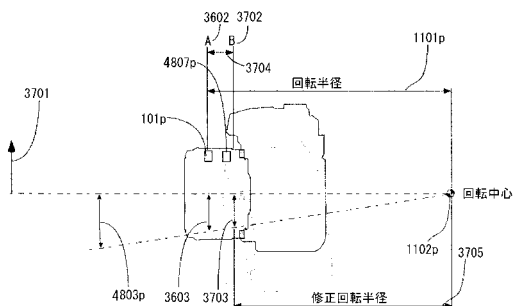
【図 36】



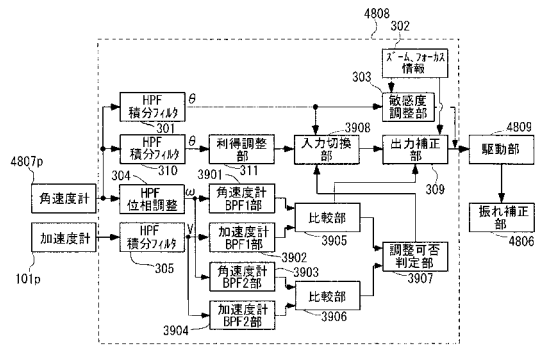
【図 38】



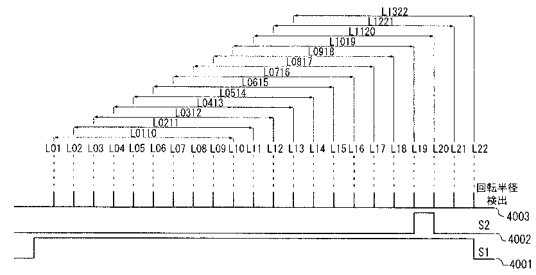
【図 37】



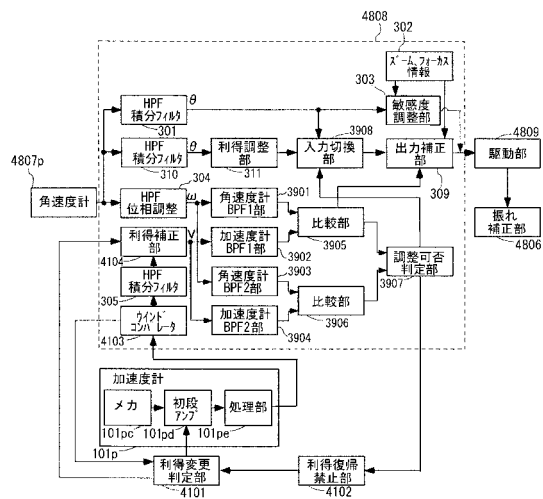
【図 39】



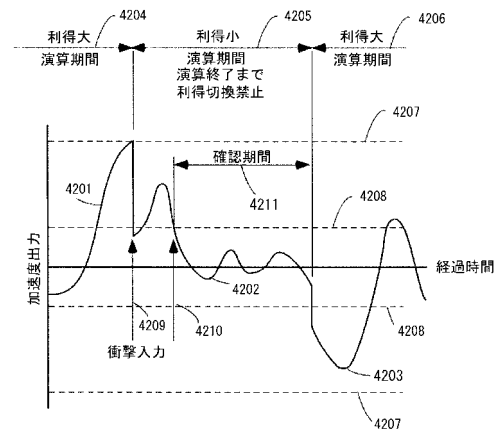
【図 40】



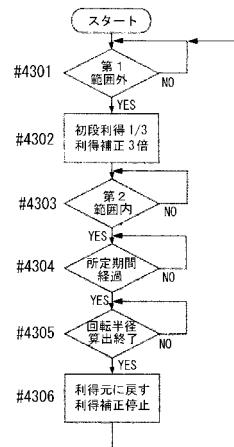
【図 41】



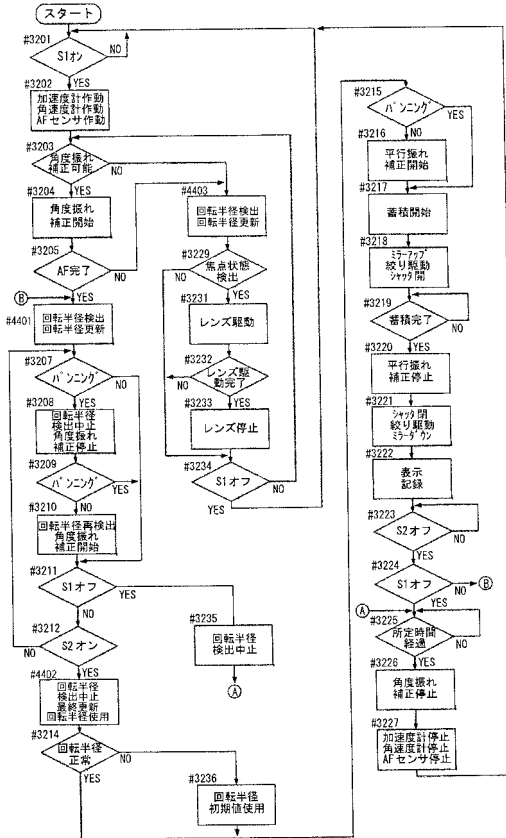
【図 42】



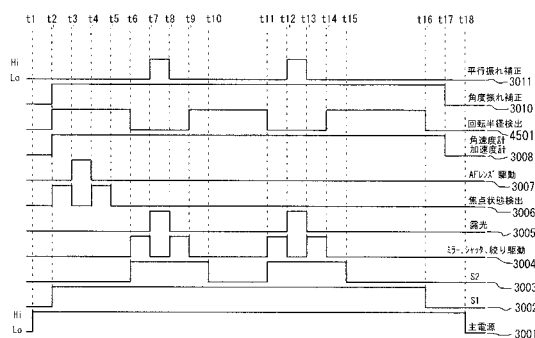
【 図 4 3 】



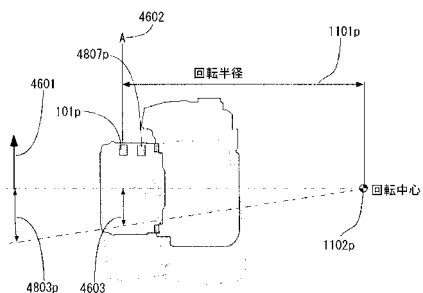
【 図 4 4 】



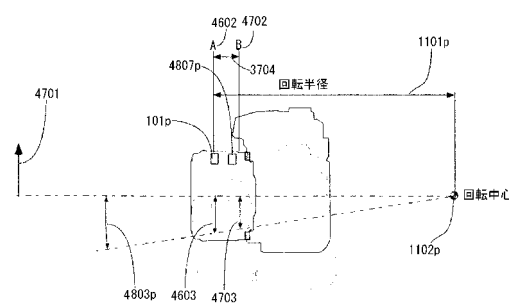
【圖 45】



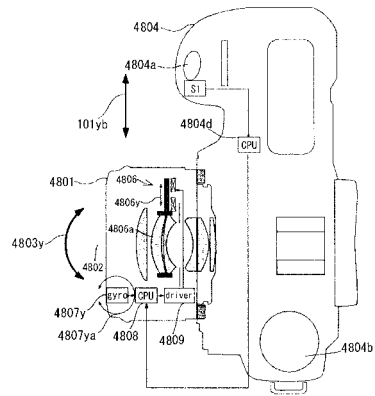
【 図 4 6 】



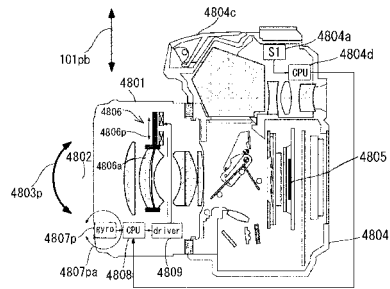
【 図 4 7 】



【図 48】



【図 49】



フロントページの続き

(72)発明者 齋藤 潤一
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

審査官 齋藤 卓司

(56)参考文献 特開2005-114845(JP,A)
特開2004-295027(JP,A)
特開2006-113264(JP,A)
特開2005-003719(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03B 5/00
H04N 5/232
H04N 101/00