

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-190897

(P2019-190897A)

(43) 公開日 令和1年10月31日(2019.10.31)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
GO 1 P 15/10 (2006.01)		GO 1 P	15/10	2 F 0 7 5
GO 1 R 23/10 (2006.01)		GO 1 R	23/10	H 2 G 0 2 9
GO 1 D 3/02 (2006.01)		GO 1 D	3/02	N
GO 1 P 21/00 (2006.01)		GO 1 P	21/00	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2018-81177 (P2018-81177)
 (22) 出願日 平成30年4月20日 (2018. 4. 20)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100124682
 弁理士 黒田 泰
 (74) 代理人 100104710
 弁理士 竹腰 昇
 (74) 代理人 100090479
 弁理士 井上 一
 (74) 代理人 100166523
 弁理士 西河 宏晃
 (74) 代理人 100187539
 弁理士 藍原 由和

最終頁に続く

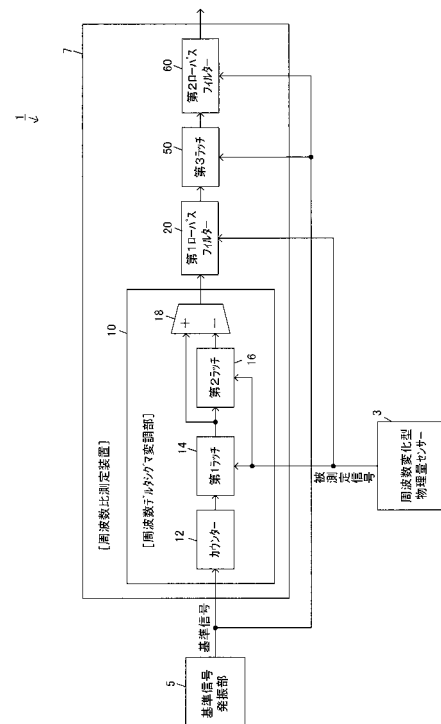
(54) 【発明の名称】 物理量センサーモジュール、傾斜計、慣性計測装置、構造物監視装置、及び移動体

(57) 【要約】

【課題】物理量センサーモジュールを大型化することなく、物理量センサーの出力信号の非線形性を補正できる技術を提供すること。

【解決手段】物理量センサーモジュール1は、物理量の変化に応じて周波数が変化する周波数変化型物理量センサー3と、基準信号を出力する基準信号発振部5と、周波数変化型物理量センサー3の出力である被測定信号に基づく動作信号を用いて、基準信号を周波数デルタシグマ変調することで周波数デルタシグマ変調信号を生成する周波数デルタシグマ変調部10と、周波数デルタシグマ変調部10の出力側に設けられ、周波数変化型物理量センサー3の出力である被測定信号に同期して動作する第1ローパスフィルター20と、第1ローパスフィルター20の出力側に設けられ、基準信号に同期して動作する第2ローパスフィルター60と、を備える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物理量の変化に応じて周波数が増加する周波数変化型物理量センサーと、
基準信号を出力する基準信号発振部と、
前記周波数変化型物理量センサーから出力された被測定信号に基づく動作信号を用いて、
前記基準信号を周波数デルタシグマ変調し、周波数デルタシグマ変調信号を生成する周波数デルタシグマ変調部と、

前記周波数デルタシグマ変調部の出力側に設けられ、前記被測定信号に同期して動作する第 1 のフィルタート、

前記第 1 のフィルタートの出力側に設けられ、前記基準信号に同期して動作する第 2 のフィルタート、

を備えている物理量センサーモジュール。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 のフィルタート及び前記第 2 のフィルタートの合成により実現されるフィルタート特性であるカットオフ周波数が、前記周波数変化型物理量センサーの構造共振周波数よりも低い、

物理量センサーモジュール。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記構造共振周波数は、前記周波数変化型物理量センサーの構造に基づいて決まる周波数である、

物理量センサーモジュール。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の何れかにおいて、

前記周波数変化型物理量センサーは、前記物理量に対する出力信号の特性として非線形性を有しており、

前記第 1 のフィルタートは、入出力特性が、前記周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号の非線形性を線形に近づけるための特性に設定された、

物理量センサーモジュール。

30

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記第 1 のフィルタートは、フィルタートップ数によって平滑化タイミングを変更可能な平滑化フィルタートであり、前記フィルタートップ数が、前記非線形性によって現れる前記周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号の振動整流誤差を低減させる平滑化タイミングに設定された、

物理量センサーモジュール。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記フィルタートップ数は、外部から設定変更可能である、

物理量センサーモジュール。

40

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 において、

前記第 1 のフィルタートは、前記平滑化タイミングの変更量の粗密が異なる複数のフィルタートップ数で前記平滑タイミングを変更可能である、

物理量センサーモジュール。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 5 の何れかにおいて、

前記物理量は加速度である、

物理量センサーモジュール。

50

【請求項 9】

請求項 8 に記載の物理量センサーモジュールと、
前記物理量センサーモジュールの出力信号に基づいて傾斜角度を算出する算出部と、
を具備した傾斜計。

【請求項 10】

移動体に取り付けられる慣性計測装置であって、
請求項 8 に記載の物理量センサーモジュールと、
角速度物理量センサーモジュールと、
前記物理量センサーモジュールの出力と前記角速度物理量センサーモジュールの出力と
に基づいて前記移動体の姿勢を算出する回路部と、
を具備した慣性計測装置。

10

【請求項 11】

構造物に取り付けられる請求項 8 に記載の物理量センサーモジュールと、
前記構造物に取り付けられ、前記物理量センサーモジュールの出力を送信する送信部と、
、
前記送信部からの送信信号を受信する受信部と、
前記受信部の受信信号に基づいて前記構造物の傾斜角度を算出する算出部と、
を具備した構造物監視装置。

【請求項 12】

請求項 8 に記載の物理量センサーモジュールと、
前記物理量センサーモジュールの出力信号に基づいて、加速、制動および操舵のうちの
少なくとも 1 つを制御する制御部と、
を具備し、
自動運転の実施或いは不実施を、前記物理量センサーモジュールの出力に基づいて切り
替える、
移動体。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、物理量センサーモジュール等に関する。

30

【背景技術】**【0002】**

加速度等の物理量を検出する物理量センサーモジュールを構成する物理量センサーには、
物理量に対する出力値の関係が線形ではない非線形性の問題がある。この非線形性を補
正するため、例えば、物理量センサーの一種であって加速度を検出する静電容量型物理量
センサーでは、出力の増幅度を切り替える非線形性補正回路を設ける構成が知られている
(例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 9 - 33563 号公報

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、非線形性補正回路を設けるといった専用の回路や専用の機構を設ける場
合には、物理量センサーモジュールの回路規模が増しコストが増大するという課題があっ
た。

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、物理量セ
ンサーモジュールを大型化することなく低コストに物理量センサーモジュールの出力の非

50

線形性を線形に近づける技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための第1の発明は、物理量の変化に応じて周波数が変化する周波数変化型物理量センサーと、基準信号を出力する基準信号発振部と、前記周波数変化型物理量センサーから出力された被測定信号に基づく動作信号を用いて、前記基準信号を周波数デルタシグマ変調し、周波数デルタシグマ変調信号を生成する周波数デルタシグマ変調部と、前記周波数デルタシグマ変調部の出力側に設けられ、前記被測定信号に同期して動作する第1のフィルタート、前記第1のフィルターの出力側に設けられ、前記基準信号に同期して動作する第2のフィルタート、を備えている物理量センサーモジュールである。

10

【0007】

第1の発明によれば、周波数デルタシグマ変調部の出力側に設けられるフィルタートを周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号に同期して動作する第1のフィルタートと、基準信号に同期して動作する第2のフィルタートとの組み合わせとすることにより、前記被測定信号の非線形性を補正することが可能となる。このため、非線形性補正回路を設けるといった専用の回路や専用の機構を設ける必要がなく、物理量センサーモジュールを大型化することなく低コストに物理量センサーから出力される被測定信号の非線形性を補正することが可能となる。

【0008】

第2の発明は、第1の発明において、前記第1のフィルタート及び前記第2のフィルターの合成により実現されるフィルタート特性であるカットオフ周波数が、前記周波数変化型物理量センサーの構造共振周波数よりも低い、物理量センサーモジュールである。

20

【0009】

第2の発明によれば、第1のフィルタート及び第2のフィルタートによって、振動整流誤差が顕著に現れる構造共振周波数由来のノイズ成分を低減できる。

【0010】

第3の発明は、第2の発明において、前記構造共振周波数は、前記周波数変化型物理量センサーの構造に基づいて決まる周波数である、物理量センサーモジュールである。

【0011】

第3の発明によれば、構造共振周波数を周波数変化型物理量センサーの構造によって決めることができる。

30

【0012】

第4の発明は、第1乃至第3の発明の何れかにおいて、前記周波数変化型物理量センサーは、前記物理量に対する出力信号の特性として非線形性を有しており、前記第1のフィルタートは、入出力特性が、前記周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号の非線形性を線形に近づけるための特性に設定された、物理量センサーモジュールである。

【0013】

第4の発明によれば、周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号を第1のフィルタートに通すことで、前記被測定信号が有する非線形性が線形に近づくように補正されて、物理量センサーモジュールの出力とされる。

40

【0014】

第5の発明は、第4の発明において、前記第1のフィルタートは、フィルタートップ数によって平滑化タイミングを変更可能な平滑化フィルタートであり、前記フィルタートップ数が、前記非線形性によって現れる前記周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号の振動整流誤差を低減させる平滑化タイミングに設定された、物理量センサーモジュールである。

【0015】

第5の発明によれば、平滑化フィルタートである第1のフィルタートの平滑化タイミングをフィルタートップ数によって変更することで、周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号の振動整流誤差が低減されるため、前記被測定信号が有する非線形性を補正す

50

ることができる。

【 0 0 1 6 】

第 6 の発明は、第 5 の発明において、前記フィルタータップ数は、外部から設定変更可能である、物理量センサーモジュールである。

【 0 0 1 7 】

第 6 の発明によれば、第 1 フィルターのフィルタータップ数を外部から設定変更可能であるので、物理量センサーモジュール毎に、周波数変化型物理量センサーの特性に応じて第 1 フィルターのフィルタータップ数を適切に設定する、或いは設定し直すことができるようになる。

【 0 0 1 8 】

第 7 の発明は、第 5 又は第 6 の発明において、前記第 1 のフィルターは、前記平滑化タイミングの変更量の粗密が異なる複数のフィルタータップ数で前記平滑タイミングを変更可能である、物理量センサーモジュールである。

【 0 0 1 9 】

第 7 の発明によれば、平滑化タイミングの変更量の粗密が異なる複数のフィルタータップ数によって、周波数変化型物理量センサーの出力である被測定信号の非線形性に対する補正の程度の調整が容易になる。

【 0 0 2 0 】

第 8 の発明は、第 1 乃至第 5 の発明の何れかにおいて、前記物理量は加速度である、物理量センサーモジュールである。

【 0 0 2 1 】

第 8 の発明によれば、加速度を検出する物理量センサーモジュールにおいて、上述の第 1 乃至第 5 の発明の効果を有することができる。

【 0 0 2 2 】

第 9 の発明は、第 8 の発明の物理量センサーモジュールと、前記物理量センサーモジュールの出力に基づいて傾斜角度を算出する算出部と、を具備した傾斜計である。

【 0 0 2 3 】

第 9 の発明によれば、従来よりも傾斜角度の算出精度を高めた傾斜計を実現できる。

【 0 0 2 4 】

第 10 の発明は、移動体に取り付けられる慣性計測装置であって、第 8 の発明の物理量センサーモジュールと、角速度物理量センサーモジュールと、前記物理量センサーモジュールの出力と前記角速度物理量センサーモジュールの出力とに基づいて前記移動体の姿勢を算出する回路部と、を具備した慣性計測装置である。

【 0 0 2 5 】

第 10 の発明によれば、従来よりも移動体の姿勢の算出精度を高めた慣性計測装置を実現できる。

【 0 0 2 6 】

第 11 の発明は、構造物に取り付けられる第 8 の発明の物理量センサーモジュールと、前記構造物に取り付けられ、前記物理量センサーモジュールの出力を送信する送信部と、前記送信部からの送信信号を受信する受信部と、前記受信部の受信信号に基づいて前記構造物の傾斜角度を算出する算出部と、を具備した構造物監視装置である。

【 0 0 2 7 】

第 11 の発明によれば、従来よりも構造物の傾斜角度の算出精度を高めた構造物監視装置を実現できる。

【 0 0 2 8 】

第 12 の発明は、第 8 の発明の物理量センサーモジュールと、前記物理量センサーモジュールの出力信号に基づいて、加速、制動および操舵のうちの少なくとも 1 つを制御する制御部と、を具備し、自動運転の実施或いは不実施を、前記物理量センサーモジュールの出力に基づいて切り替える、移動体である。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

第 12 の発明によれば、従来よりも自動運転の品質を高めた移動体を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】第 1 実施形態の物理量センサーモジュールのブロック構成図。

【図 2】振動整流誤差の説明図。

【図 3】構造共振周波数の説明図。

【図 4】第 1 実施形態の第 1 ローパスフィルターのブロック構成図。

【図 5】第 1 実施形態の第 2 ローパスフィルターのブロック構成図。

【図 6】第 1 実施形態の非線形性の説明図。

【図 7】第 1 実施形態の実験結果の一例。

10

【図 8】第 2 実施形態の物理量検出器の断面模式図。

【図 9】第 2 実施形態の物理量検出デバイスの斜視模式図。

【図 10】第 2 実施形態の物理量検出デバイスの斜視模式図。

【図 11】第 2 実施形態の物理量検出デバイスの平面図。

【図 12】第 3 実施形態の加速度物理量センサーの構成図。

【図 13】第 4 実施形態の傾斜計の断面模式図。

【図 14】第 5 実施形態の慣性計測装置の断面模式図。

【図 15】第 6 実施形態の構造物監視装置の概略構成図。

【図 16】第 7 実施形態の移動体の概略構成図。

20

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について説明する。なお、以下に説明する実施形態によって本発明が限定されるものではなく、本発明を適用可能な形態が以下の実施形態に限定されるものでもない。

【0032】

[第 1 実施形態]

<構成>

図 1 は、第 1 実施形態の物理量センサーモジュール 1 のブロック構成図である。図 1 によれば、物理量センサーモジュール 1 は、周波数変化型物理量センサー 3 と、基準信号発振部 5 と、周波数比測定装置 7 とを備える。周波数変化型物理量センサー 3 は、検出対象の物理量の変化に応じて周波数が増加する物理量センサーであり、周波数に応じた周期信号を被測定信号として出力する。周波数変化型物理量センサー 3 は、例えば、物理量である加速度を計測する水晶加速度物理量センサーであってもよいし、物理量である角速度を計測する水晶角速度物理量センサーであってもよい。基準信号発振部 5 は、予め定められた周波数に基づく基準信号を出力する。この基準信号の周波数は、被測定信号の周波数より高い。

30

【0033】

周波数比測定装置 7 は、被測定信号と基準信号とに基づいて、被測定信号と基準信号との周波数比を測定する装置である。また、周波数比測定装置 7 は、レシプロカルカウント方式によって周波数比を測定する。なお、被測定信号ではなく、被測定信号に基づく動作信号としても良い。被測定信号に基づく動作信号とは、被測定信号と相関のある信号であり、被測定信号自体も含まれる。周波数比測定装置 7 は、周波数デルタシグマ変調部 10 と、第 1 ローパスフィルター 20 と、第 3 ラッチ 50 と、第 2 ローパスフィルター 60 とを備える。

40

【0034】

周波数デルタシグマ変調部 10 は、周波数変化型物理量センサー 3 の出力である被測定信号を用いて、基準信号発振部 5 から出力された基準信号を周波数デルタシグマ変調し、周波数デルタシグマ変調信号を生成する。周波数デルタシグマ変調部 10 は、カウンター 12 と、第 1 ラッチ 14 と、第 2 ラッチ 16 と、減算器 18 と、を備える。カウンター 12 は、基準信号の立ち上がりエッジをカウントしてカウント値を示すカウントデータを出

50

力する。第 1 ラッチ 14 は、被測定信号の立ち上がりエッジに同期して、カウントデータをラッチして第 1 データを出力する。第 2 ラッチ 16 は、被測定信号の立ち上がりエッジに同期して、第 1 データをラッチして第 2 データを出力する。減算器 18 は、第 1 データから第 2 データを減算して出力データを生成する。この出力が、周波数デルタシグマ変調部 10 が生成する周波数デルタシグマ変調信号である。

【0035】

この周波数デルタシグマ変調部 10 は、1 次の周波数デルタシグマ変調器とも呼ばれ、基準信号のカウント値を、被測定信号によって 2 回ラッチしており、被測定信号の立ち上がりエッジをトリガーとして、基準信号のカウント値を順次保持する。この例では、立ち上がりエッジでラッチ動作を行う場合を想定しているが、立下りエッジ、もしくは、立ち上がりエッジ及び立下りエッジの両方でラッチ動作を行っても良い。また、減算器 18 は、保持されている 2 つのカウント値の差分を演算することで、被測定信号が 1 周期推移する間に観測される基準信号のカウント値の増分を、時間経過とともに不感期間なく出力する。被測定信号の周波数を f_x 、基準信号の周波数を f_c としたとき、周波数比は、 f_c / f_x 、となる。周波数デルタシグマ変調部 10 は、周波数比を示す周波数デルタシグマ変調信号を、デジタル信号列として出力するものである。

【0036】

第 1 ローパスフィルター 20 は、第 1 のフィルターの一例であり、周波数デルタシグマ変調部 10 の出力側に設けられ、周波数変化型物理量センサー 3 の出力である被測定信号に同期して動作し、周波数比測定装置 7 が出力する周波数デルタシグマ変調信号に含まれるノイズ成分を除去又は低減する。

【0037】

第 3 ラッチ 50 は、基準信号の立ち上がりエッジに同期して、第 1 ローパスフィルター 20 の出力をラッチして出力する。

【0038】

第 2 ローパスフィルター 60 は、第 2 のフィルターの一例であり、第 1 のフィルターの一例である第 1 ローパスフィルター 20 の出力側に設けられ、基準信号に同期して動作し、周波数比測定装置 7 が出力する周波数デルタシグマ変調信号に含まれるノイズ成分を除去又は低減する。

【0039】

< 原理 >

本実施形態の周波数比測定装置 7 は、周波数変化型物理量センサー 3 の出力である被測定信号の非線形性を補正する特徴をもつ。周波数変化型物理量センサー 3 は、例えば、水晶加速度物理量センサーを例にとると、検出軸方向へ作用する力の変化に応じて水晶振動子の発振周波数（振動周波数）が変化することを利用した物理量センサーであり、その発振周波数に対応するパルス状に変化する信号を出力する。作用した加速度と水晶振動子の発振周波数との関係は完全な線形関係にならず（非線形性）、また、その関係性には個体差がある。

【0040】

図 2 は、入出力関係に非線形性を有する系に振動成分を入力すると、出力値の直流成分にドリフトが生じる様子を説明するための模式図である。入出力関係が線形である系に正弦波状の信号を入力すると、図 2 の実曲線で示される出力値が得られる。この出力値を整流することにより得られる直流成分（実直線）にドリフトは生じない。一方、入出力関係が非線形である系に正弦波状の信号を入力すると、図 2 の点曲線で示される出力値が得られる。この出力値を整流することにより得られる直流成分（点直線）は、出力波形の歪に起因するドリフトが生じる。上記入出力関係の非線形性を有する系に振動成分を入力した際に出力に生じるドリフト成分を振動整流誤差（VRE : vibration rectification error）と呼んでいる。一般に、VRE は入力する振動成分の周波数の関数であり、入力する振動成分の周波数が一定であれば VRE の大きさは入力する振動成分の振幅の 2 乗に比例することが知られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

図 3 は、加速度を検出するよう構成された調整前の物理量センサーモジュール 1 において、振動整流誤差定数 (V R C : Vibration Rectification error Constant) を印加した加速度の印加周波数の関数としてプロットしたものである。V R E の大きさは入力する振動成分の振幅の 2 乗に比例することから、加速度を検出する物理量センサーモジュールにおける V R C の単位は $[G / G^2]$ で与えられる。8 2 0 H z 付近に見られる V R C のピークは、他の周波数領域に比べて 4 ~ 5 桁ほど大きい値となっていることを示しており、これは、物理量センサーモジュールの構造により決まる構造共振において、その構造共振周波数が 8 2 0 H z 程度であり、入力する振動成分に 8 2 0 H z 程度の周波数が含まれると物理量センサーモジュールの構造共振が起こるため、見かけ上、構造共振周波数に対応する周波数成分が増幅されて出力されることに起因する。その結果、構造共振に起因するドリフトが V R E へ最も大きく寄与することとなり、特別な対策が必要となる。

10

【 0 0 4 2 】

周波数比測定装置 7 は、非線形性を有する周波数変化型物理量センサー 3 の出力である被測定信号に対する補正を行い、特に、構造共振に起因する V R E を低減することにより、周波数変化型物理量センサー 3 に作用した加速度と、周波数比測定装置 7 の出力との、非線形性を低減することができる。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、第 1 ローパスフィルター 2 0 のブロック構成図である。図 4 によれば、第 1 ローパスフィルター 2 0 は、第 1 加算器 2 2 と、第 1 遅延素子 2 4 と、第 1 減算器 2 6 と、第 2 加算器 2 8 と、第 3 加算器 3 0 と、デシメーター 3 2 と、第 2 遅延素子 3 4 と、第 2 減算器 3 6 と、第 3 遅延素子 3 8 と、第 3 減算器 4 0 とを有する。第 1 ローパスフィルター 2 0 の各部は、被測定信号に同期して動作する。フィルタータップ数である第 1 遅延素子 2 4、第 2 遅延素子 3 4、第 3 遅延素子 3 8 それぞれの遅延数 $n_1 \sim n_3$ は、何れも、物理量センサーモジュール 1 の外部から設定変更が可能である。第 1 ローパスフィルター 2 0 の構成要素のうち、第 1 加算器 2 2、第 1 遅延素子 2 4、及び、第 1 減算器 2 6 である前段部分は、移動平均フィルターとして機能する。また、第 1 ローパスフィルター 2 0 の構成要素のうち、第 2 加算器 2 8、第 3 加算器 3 0、デシメーター 3 2、第 2 遅延素子 3 4、第 2 減算器 3 6、第 3 遅延素子 3 8、及び、第 3 減算器 4 0 である後段部分は、C I C (Cascaded Integrator Comb) フィルターとして機能する。

20

30

【 0 0 4 4 】

図 5 は、第 2 ローパスフィルター 6 0 のブロック構成図である。図 4 によれば、第 2 ローパスフィルター 6 0 は、第 4 加算器 6 2 と、第 4 遅延素子 6 4 と、第 4 減算器 6 6 とを有する。第 2 ローパスフィルター 6 0 の各部は、基準信号に同期して動作する。フィルタータップ数である第 4 遅延素子 6 4 の遅延数 n_4 は、物理量センサーモジュール 1 の外部から設定変更が可能である。また、第 2 ローパスフィルター 6 0 は、移動平均フィルターとして機能する。

【 0 0 4 5 】

このように構成される第 1 ローパスフィルター 2 0 のフィルタータップ数 $n_1 \sim n_3$ 、及び、第 2 ローパスフィルター 6 0 のフィルタータップ数 n_4 の設定によって、周波数比測定装置 7 が有する入出力特性の非線形性を実現している。具体的には、C I C フィルターにおけるデシメーション比を R としたとき、被測定信号に基づき動作する第 1 ローパスフィルター 2 0 の入力に対して出力の位相が $(n_1 - 1 + R \cdot (n_2 + n_3 - 1)) / 2$ クロック分だけ遅れる特性、及び、第 1 ローパスフィルター 2 0 の出力を、基準信号に基づき動作する第 2 ローパスフィルター 6 0 によりサンプル数 n_4 だけ取り出して平滑化することにより入出力特性の非線形性を実現している。第 1 ローパスフィルター 2 0 は多段移動平均フィルター、第 2 ローパスフィルター 6 0 は移動平均フィルターとして機能し、入力信号を平滑化処理して出力する。この第 1 ローパスフィルター 2 0、及び、第 2 ローパスフィルター 6 0 において、各遅延素子の遅延数 $n_1 \sim n_4$ を変更することで、カットオフ周波数 (遮断周波数) および平滑化タイミングを調整することができる。また、周波

40

50

数変化型物理量センサー 3 の第 1 ローパスフィルターおよび第 2 ローパスフィルター 6 0 の合成により実現されるカットオフ周波数は、周波数変化型物理量センサー 3 の構造共振周波数より低く定められているため、構造共振による出力変調の影響を低減することができる。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、第 1 ローパスフィルター 2 0、及び、第 2 ローパスフィルター 6 0 による入出力特性により、周波数比測定装置 7 が振動入力に対して非線形性（振動整流誤差）を発生する原理を説明する概略図である。周波数に係る図 6 (1) ~ (3) は、何れも、紙面方向で右方向を時間経過として、上から順に、基準信号、被測定信号、サンプリング信号、を示している。基準信号、及び、被測定信号は、立ち上がりエッジのタイミングを短い縦線で示している。被測定信号については、更に、各立ち上がりエッジのタイミングの間に、被測定信号の立ち上がりエッジのタイミングで動作する第 1 ローパスフィルター 2 0 の出力信号を表す数値を併記している。定性的説明の便宜上、基準信号、被測定信号、サンプリング信号のそれぞれの周波数（周期）を単純な比となるよう図示し、位相差のみを離れた入力値を第 1 ローパスフィルター出力値として図示したが、以下では任意の周波数比において任意の第 1 ローパスフィルター出力値を用いても同様の説明が可能であることに留意したい。

10

【 0 0 4 7 】

サンプリング信号は、第 2 ローパスフィルター 6 0 から出力される信号である。第 2 ローパスフィルター 6 0 は、基準信号の立ち上がりエッジのタイミングで、同じく基準信号に同期して動作する第 3 ラッチ 5 0 によって第 1 ローパスフィルター 2 0 の出力信号を取り込み、平滑化処理の結果を出力する。図 6 では、ある 1 回の動作タイミング t_1 に着目して、平滑化期間の開始時点及び終了時点を示し、平滑化処理の途中経過とともに、出力信号を表す数値を示している。なお、この平滑化期間の長さは、基準信号に基づくクロック周期と、第 2 ローパスフィルター 6 0 の第 4 遅延素子 6 4 の遅延数 n_4 で決まる。

20

【 0 0 4 8 】

第 1 ローパスフィルター 2 0 は、被測定信号の立ち上がりエッジのタイミングで、周波数デルタシグマ変調部 1 0 の出力信号を取り込み、平滑化処理の結果を出力する。周波数デルタシグマ変調部 1 0 の出力信号である周波数デルタシグマ変調信号は、被測定信号の周波数 f_x と基準信号の周波数 f_c との周波数比 f_c / f_x である。つまり、第 1 ローパスフィルター 2 0 は、この被測定信号と基準信号との周波数比 f_c / f_x に対する平滑化処理を行う。なお、この平滑化期間の長さや遅延量は、被測定信号に基づくクロック周期と、第 1 ローパスフィルター 2 0 の第 1 遅延素子 2 4、第 2 遅延素子 3 4 及び第 3 遅延素子 3 8 の遅延数 n_1 、 n_2 及び n_3 で決まる。

30

【 0 0 4 9 】

図 6 (1) は、周波数比測定装置 7 に入力される基準信号の周波数 f_c と被測定信号の周波数 f_x との比（レシプロカルカウント値）が一定の整数値となる例を示している。 f_c と f_x との比が一定の整数値ならば、第 1 ローパスフィルター 2 0 の平滑化処理の結果も一定であり、被測定信号の周波数 f_x に応じた値となる。説明の便宜上、図 6 (1) では、被測定信号の立ち上がりエッジのタイミングの間に含まれる基準信号の立ち上がりエッジの数である “ 4 ” を、出力信号を表す数値として示している。

40

【 0 0 5 0 】

そして、第 2 ローパスフィルター 6 0 は、基準信号の立ち上がりタイミングで、第 1 ローパスフィルター 2 0 の出力信号を取り込み、平滑化処理の結果を出力する。図 6 では、第 2 ローパスフィルター 6 0 の平滑化処理の結果として、平滑化期間に取り込んだ値を単純に積算した値を示しており、この例でのサンプリング信号は “ 6 4 ” である。

【 0 0 5 1 】

図 6 (2) は、図 6 (1) に対し、被測定信号の繰り返し区間でのレシプロカルカウント値の総和を保ったまま F M (Frequency Modulation) 変調させた上で、入力の位相と出

50

力の位相が同相になるよう第1ローパスフィルタ20の第1遅延素子24、第2遅延素子34及び第3遅延素子38の遅延数 n_1 、 n_2 及び n_3 を調整した例を示している。FM変調によって被測定信号の立ち上がりエッジのタイミングが周期的に変動し、平滑化処理の結果である第1ローパスフィルタ20の出力値も周期的に変化している。図6(2)では、レシプロカルカウンタ値も“5”や“3”に変化している。第2ローパスフィルタ60は、基準信号に基づいて“5”もしくは“3”を積算するので、タイミングに応じてレシプロカルカウンタ値が重み付けされることになる。図6(2)では入力の位相と出力の位相が同相になるよう調整されているので、レシプロカルカウンタ値が大きいほど、大きな重み付けがなされることになる。この例でのサンプリング信号は“68”である。

10

【0052】

図6(3)は、被測定信号が図6(2)のようにFM変調されている場合に、入力の位相と出力の位相が逆位相になるよう第1ローパスフィルタ20の第1遅延素子24、第2遅延素子34及び第3遅延素子38の遅延数 n_1 、 n_2 及び n_3 を調整した例を示している。

【0053】

FM変調によって被測定信号の立ち上がりエッジのタイミングが周期的に変動し、平滑化処理の結果である第1ローパスフィルタ20の出力値も周期的に変化していることは図6(2)の場合と同様であり、図6(3)でも、レシプロカルカウンタ値も“5”や“3”に変化しているが、図6(2)とは逆位相となっている。第2ローパスフィルタ60は、基準信号に基づいて“5”もしくは“3”を積算するので、タイミングに応じてレシプロカルカウンタ値が重み付けされることも同様であるが、図6(3)では入力の位相と出力の位相が逆位相になるよう調整されているので、レシプロカルカウンタ値が小さいほど、大きな重み付けがなされることになる。この例でのサンプリング信号は“60”である。

20

【0054】

一般に、被測定信号をFM(Frequency Modulation)変調させた上で、入力の位相と出力の位相を調整することで、第2ローパスフィルタの出力であるサンプリング信号の持つ直流成分のドリフト量を制御することができる。図6の例では、ドリフトが無い場合のサンプリング信号“64”に対し、第1ローパスフィルタの入出力関係を同相にすることでサンプリング信号“68”(ドリフト量は最大である“+4”)に、第1ローパスフィルタの入出力関係を逆位相にすることでサンプリング信号“60”(ドリフト量は最小である“-4”)に調整することができ、また、第1ローパスフィルタの位相関係を調整することでこれら中間値のドリフト量にも制御可能である。

30

【0055】

また、上記メカニズムより、第1ローパスフィルタの出力タイミングを調整する機構を設けることで、第2ローパスフィルタ60の出力信号が変化し得るので、カットオフ周波数を変更せずともドリフト量を制御することもできる。

【0056】

なお、図6(1)に示すような、被測定信号の周波数(周期とも言える)が変動しない場合には、第1ローパスフィルタ20の出力タイミングが遅れても、第1ローパスフィルタ20による平滑化期間の長さやその処理結果は出力タイミングによって変動しないので、第2ローパスフィルタ60の出力は変動しない。

40

【0057】

このように、第1ローパスフィルタ20の第2遅延素子34、及び、第2遅延素子34の遅延数 n_2 、 n_3 を設定変更することで、第1ローパスフィルタ20の出力タイミングを遅らせることができ、その結果、周波数比測定装置7に入力される被測定信号の周波数に対する出力信号の周波数の関係である入出力特性に非線形性を発現させ、ドリフト量を制御することができる。

【0058】

50

上記の例では被測定信号の繰り返し区間でのレシプロカルカウント値の総和を保ったまま F M (Frequency Modulation) 変調 (レシプロカルカウント値: 4, 4, 4, 4 → 5, 5, 3, 3) させた上でのドリフト量 (0 → ± 4) を議論したが、F M 変調量が 2 倍の場合 (レシプロカルカウント値: 4, 4, 4, 4 → 6, 6, 2, 2) を考えれば、ドリフト量は 0 → ± 16 となり、ドリフト量は F M 変調量の 2 乗に比例することが分かる。一方、周波数変化型物理量センサー 3 の出力において、入力する振動成分の周波数が一定であれば振動整流誤差の大きさは入力する振動成分の振幅の 2 乗に比例することから、振動整流誤差を打ち消すようにドリフト量を調整することで、物理量センサーモジュール 1 の入出力関係を線形に近づけることができる。

【0059】

< 実験結果 >

次に、物理量センサーモジュール 1 の実験結果を説明する。図 7 は、実験結果の一例である。図 7 では、横軸を時間、縦軸を加速度として、周波数変化型物理量センサー 3 を加振することで瞬間的に加速度を印加したときの周波数比測定装置 7 の出力を示している。周波数変化型物理量センサー 3 に加速度を印加すると、周波数変化型物理量センサー 3 の発振周波数が変動し、この発振周波数を表す信号が周波数比測定装置 7 から出力される。この出力が、物理量センサーモジュール 1 による加速度の検出値に相当する。

【0060】

また、図 7 には、周波数比測定装置 7 の入出力特性が異なる 2 つの場合を示している。図 7 の上側には、第 1 ローパスフィルター入出力特性の調整前の物理量センサーモジュール 1 の出力計測結果を、下側には、第 1 ローパスフィルター入出力特性の調整後の物理量センサーモジュール 1 の出力計測結果を示している。

【0061】

何れも、およそ“0.05 秒”のタイミングで加速度がインパルス状に印加されるように衝撃を加えている。周波数変化型物理量センサー 3 に加速度が印加されると、物理量センサーモジュール 1 の検出値である加速度が変動する。何れの場合も、この加速度 (検出値) の変動の仕方としては、振幅の大きな変動が生じた後、徐々に収まってゆくのは同じであるが、インパルス波形には広範囲の周波数成分が含まれるので、構造共振も励起される。加速度を印加したタイミング直後 (加振直後) の振動の中央値が異なっている。つまり、図 7 の上側に示す第 1 ローパスフィルター入出力特性の調整前の物理量センサーモジュール 1 の出力では、加振直後に振動の中央値が初期値からドリフトしている。このドリフト分 Δ (図 7 では、約 200 mG) が振動整流誤差である。時間経過に応じて振動の中央値が初期値に近づいてドリフトが緩和されていくが、グラフの右端である 0.4 秒時点では未だ初期値に戻っていないことが観察される。

【0062】

一方、図 7 の下側に示す第 1 ローパスフィルター入出力特性の調整後の物理量センサーモジュール 1 の出力では、加振直後の振動の中央値は即座に初期値に収束しており、ドリフト成分は低減されていると言える。つまり、周波数比測定装置 7 に入力される被測定信号の周波数に対する出力信号の周波数の関係である入出力特性に非線形性を発現させ、ドリフト量を制御することで、振動整流誤差が補正されるといえる。

【0063】

< 作用効果 >

第 1 実施形態によれば、第 1 ローパスフィルター 20、及び、第 2 ローパスフィルター 60 のフィルタータップ数である遅延数 $n_1 \sim n_4$ を設定変更することで、周波数比測定装置 7 の入出力特性を、周波数変化型物理量センサー 3 が持つ印加加速度と発振周波数に対して、いわば“逆 (線対称)”の非線形性を持つようにすることができる。これにより、周波数変化型物理量センサー 3 の出力である被測定信号の非線形性が、周波数比測定装置 7 の入出力特性である“逆”の非線形性によって相殺されるように補正されて、物理量センサーモジュール 1 全体として、周波数変化型物理量センサー 3 に作用した加速度と出力との関係を、線形に近づけることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

第 1 ローパスフィルター 2 0、及び、第 2 ローパスフィルター 6 0 は、周波数デルタシグマ変調部 1 0 の出力側に設けられるフィルターであって、非線形性を補正するための専用の回路や専用の機構ではない。従って、物理量センサーモジュール 1 を大型化することなしに、物理量センサーの非線形性を補正することが可能となる。

【 0 0 6 5 】

< 変形例 >

なお、第 1 実施形態では、第 1 ローパスフィルター 2 0 のフィルタータップ数である遅延数 n_2 、 n_3 を設定変更する場合を説明したが、遅延数 n_1 や、第 2 ローパスフィルター 6 0 のフィルタータップ数である遅延数 n_4 も設定変更可能である。第 1 ローパスフィルター 2 0 においては、デシメーター 3 2 によって入力信号がダウンサンプリングされているため、デシメーター 3 2 の前段の第 1 遅延素子 2 4 の遅延数 n_1 による調整は、後段の第 2 遅延素子 3 4、第 3 遅延素子 3 8 の遅延数 n_2 、 n_3 による調整に比較して、同じ遅延数であっても平滑化タイミングの遅延量（遅延時間）が小さくなる。すなわち、第 1 ローパスフィルター 2 0 は、平滑化タイミングの変更量を小さく（細かく）調整可能なフィルタータップ数でなる第 1 遅延素子 2 4 と、大きく（荒く）調整可能なフィルタータップ数でなる第 2 遅延素子 3 4 および第 3 遅延素子 3 8 とを備えており、粗密が異なる複数のフィルタータップ数で平滑タイミングを変更可能である。これにより、周波数変化型物理量センサー 3 の出力である被測定信号に対する補正の程度の調整を簡単に行うことが可能となる。

【 0 0 6 6 】

[第 2 実施形態]

次に、第 2 実施形態を説明する。以降では、第 1 実施形態との差異について主に述べることにし、第 1 実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付与して重複する説明を省略する。第 2 実施形態は、第 1 実施形態における物理量センサーモジュール 1 である物理量検出器の実施形態である。

【 0 0 6 7 】

図 8 は、第 2 実施形態における物理量検出器 1 0 0 の内部構造を模式的に示す断面図である。物理量検出器 1 0 0 は、第 1 実施形態における周波数変化型物理量センサー 3 である物理量検出デバイス 2 0 0 と、電子回路 1 4 0 と、物理量検出デバイス 2 0 0 及び電子回路 1 4 0 を収容するパッケージ 1 0 2 と、を有する。

【 0 0 6 8 】

パッケージ 1 0 2 は、パッケージベース 1 0 4 と、リッド 1 0 6 とを有する。パッケージ 1 0 2 は、凹部を有するパッケージベース 1 0 4 の上方を覆うように、板状のリッド 1 0 6 がリッド接合材 1 0 8 を介してパッケージベース 1 0 4 に接続されていることで内部空間を画成しており、この内部空間に、物理量検出デバイス 2 0 0、及び、電子回路 1 4 0 を支持・固定している。パッケージベース 1 0 4 は、例えば、セラミックス、水晶、ガラス、シリコンなどの材料を用いることができる。リッド 1 0 6 は、例えば、パッケージベース 1 0 4 と同じ材料や、鉄（Fe）とニッケル（Ni）の合金、ステンレス鋼などの金属を用いることができる。リッド接合材 1 0 8 は、例えば、シームリング、低融点ガラス、無機系接着剤を用いることができる。

【 0 0 6 9 】

パッケージベース 1 0 4 の内部には、内壁に沿って、その上面に物理量検出デバイス 2 0 0 を支持・固定するための段差部 1 1 0 が設けられている。また、段差部 1 1 0 の上面には、物理量検出デバイス 2 0 0 の固定部接続端子と電氣的に接続される内部端子 1 1 4 が設けられている。

【 0 0 7 0 】

パッケージベース 1 0 4 の外底面には、外部の部材に実装される際に用いられる外部端子 1 1 6 が設けられている。外部端子 1 1 6 は、図示しない内部配線を介して内部端子 1 1 4 と電氣的に接続されている。内部端子 1 1 4 及び外部端子 1 1 6 は、例えば、タンゲ

ステン（W）等のメタライズ層に、ニッケル（Ni）、金（Au）などの皮膜をメッキなどの方法により積層した金属膜で構成されている。

【0071】

パッケージベース104の底部には、外底面から内底面まで貫通する貫通孔120が形成されている。図8に示す例では、貫通孔120は、外側の孔径が内側の孔径よりも大きい段付きの形状をしている。この貫通孔120内には、パッケージ102の内部（キャビティ）を気密に封止するための封止部122が設けられている。封止部122は、貫通孔120に、例えば、金（Au）とゲルマニウム（Ge）の合金、ハンダ等からなる封止材を配置し、加熱溶融後、固化させることで設けられる。リッド106をパッケージベース104に接合した後、パッケージ102の内部が減圧された状態（真空度の高い状態）で貫通孔120内に封止材を配置し、加熱溶融後、固化させて封止部122を設けることによって、パッケージ102内を気密に封止することができる。パッケージ102の内部は、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスが充填されていて良い。

10

【0072】

電子回路140は、内部端子114等を経由して、物理量検出デバイス200に駆動信号を与えるとともに、印加される加速度等の物理量に応じて変化する物理量検出デバイス200から出力される供給周波数を増幅し、外部端子116から物理量検出器100の外部に出力する。また、この電子回路140に、第1実施形態における周波数比測定装置7や基準信号発振部5等が実装される。

【0073】

20

図9、図10は、物理量検出デバイス200を模式的に示す斜視図である。図10は、説明の簡明化のために、質量部210の図示を省略したものである。また、図11は、物理量検出デバイス200の平面図である。物理量検出デバイス200は、四方を支持部で支持された基部202と、基部202より延設された継手部204で連結されて検出方向の加速度によってしなる可動部206と、物理量検出素子208と、を有する。

【0074】

物理量検出素子208は、例えば、水晶原石等から所定の角度で切り出された水晶基板を、フォトリソグラフィ技術、及びエッチング技術によってパターニングすることにより形成されている双音叉型の振動素子である。勿論、当該素子の素材は水晶に限らず、タンタル酸リチウム、四ホウ酸リチウム、ニオブ酸リチウム、チタン酸ジルコン酸鉛、酸化亜鉛、窒化アルミニウム等の圧電材料を用いることができる。また、酸化亜鉛、窒化アルミニウムなどの圧電材料皮膜を備えたシリコンなどの半導体材料を用いることができる。

30

【0075】

物理量検出素子208は、継手部204を跨ぐようにした梁状に形成されており、その梁部の一端側が基部202に、他端側が可動部206に固定されている。物理量検出素子208の両端部には、信号線（図示略）が接続されて所定の電流電圧が印加されており、物理量検出素子208が所定周波数で振動するように構成されている。そして、測定方向に生じた加速度によって可動部206がしなることで物理量検出素子208の梁部に応力が作用すると、物理量検出素子208の振動周波数が変化する。この振動周波数の変化に基づいて加速度に応じた信号が生成されて、物理量検出素子208の出力信号として出力される。

40

【0076】

[第3実施形態]

次に、第3実施形態を説明する。以降では、第1及び第2実施形態との差異について主に述べることにし、第1及び第2実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付与して重複する説明を省略する。第3実施形態は、第2実施形態における物理量検出器100を用いた加速度物理量センサーの実施形態である。

【0077】

図12は、第3実施形態における加速度物理量センサー300の内部構造を模式的に示す断面図である。加速度物理量センサー300は、電子回路基板310と、電子回路基板

50

３１０を収容する収容部３２０と、を有する。

【００７８】

収容部３２０は、下部アウターケース３２２の上方に、下方に開口する上部アウターケース３２４を被せて密封することで内部空間を画成している。そして、収容部３２０は、当該内部空間にて、インナーケース３２６やパッキン３２８を介して電子回路基板３１０を支持・固定している。

【００７９】

電子回路基板３１０は、同じ仕様の３つの第２実施形態の物理量検出器１００（１００_x，１００_y，１００_z）や、各物理量検出器１００（１００_x，１００_y，１００_z）の出力信号を増幅する増幅回路等を実装している。

10

【００８０】

電子回路基板３１０に実装されている３つの物理量検出器１００_x，１００_y，１００_zは、物理量である加速度を検出する物理量センサーであり、検出方向について検出した加速度に応じた信号を出力する。また、３つの物理量検出器１００_x，１００_y，１００_zは、互いに検出方向が直交するように実装されており、加速度物理量センサー３００は、直交３軸方向の加速度を検出する、いわゆる３軸加速度物理量センサーとなっている。

【００８１】

[第４実施形態]

次に、第４実施形態を説明する。以降では、第１乃至第３実施形態との差異について主に述べることにし、第１乃至第３実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付与して重複する説明を省略する。第４実施形態は、第３実施形態の加速度物理量センサー３００を用いた傾斜計の実施形態である。

20

【００８２】

図１３は、第４実施形態における傾斜計４００の構成例を示す図であって、一部断面表示された側面図である。傾斜計４００は、設置された位置の傾斜角度に応じた信号を出力する装置である。傾斜計４００は、アンダーケース４０２とアッパーケース４０４とで画成された内部空間に、第３実施形態の加速度物理量センサー３００と、加速度物理量センサー３００の出力信号に基づいて傾斜角度を算出する算出部４１０と、算出部４１０で算出された傾斜角度に応じた信号を外部出力する外部出力端子４１２と、を有する。勿論、これ以外の要素を適宜含めることができる。例えば、内蔵バッテリーや電源回路、無線装置、等を含めることができる。

30

【００８３】

算出部４１０は、加速度物理量センサー３００の出力信号から傾斜角度を演算して、傾斜角度に応じた信号を出力する回路である。例えば、汎用ＩＣ（Integrated Circuit）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）などにより実現することができる。

【００８４】

第４実施形態の傾斜計４００によれば、第１実施形態の物理量センサーモジュール１を用いた加速度物理量センサー３００を採用しているため、傾斜の計測精度を従来の傾斜計よりも向上させることができる。

【００８５】

40

[第５実施形態]

次に、第５実施形態を説明する。以降では、第１乃至第４実施形態との差異について主に述べることにし、第１乃至第４実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付与して重複する説明を省略する。第５実施形態は、第３実施形態の加速度物理量センサー３００を用いた慣性計測装置の実施形態である。

【００８６】

図１４は、第５実施形態における慣性計測装置５００の構成例を示す図であって、一部断面表示された側面図である。慣性計測装置５００は、移動体に取り付けられる装置であって、アンダーケース５０２とアッパーケース５０４とで画成された内部空間に、第３実施形態の加速度物理量センサー３００と、角速度物理量センサー５１０と、加速度物理量

50

センサー 300 の出力信号及び角速度物理量センサー 510 の出力信号に基づいて移動体の姿勢を算出する回路部 512 と、回路部 512 で算出された姿勢に応じた信号を外部出力する外部出力端子 514 と、を有する。勿論、これ以外の要素を適宜含めることができる。例えば、内蔵バッテリーや電源回路、無線装置、等を含めることができる。

【0087】

角速度物理量センサー 510 は、基本的には、加速度物理量センサー 300 と同様の構成を有し、X 軸、Y 軸及び Z 軸の各軸回りの角速度を検出する、いわゆる 3 軸角速度物理量センサーである。

【0088】

回路部 512 は、例えば、汎用 IC (Integrated Circuit) や FPG A (Field Programmable Gate Array) により実現され、加速度物理量センサー 300 の出力信号と、角速度物理量センサー 510 の出力信号とから、慣性計測装置 500 が取り付けられている移動体の姿勢を算出し、姿勢に応じた信号を出力する。 10

【0089】

[第6実施形態]

次に、第6実施形態を説明する。以降では、第1乃至第5実施形態との差異について主に述べることで、第1乃至第5実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付与して重複する説明を省略する。第6実施形態は、第3実施形態における加速度物理量センサー 300 を用いた構造物監視装置の実施形態である。

【0090】

図15は、第6実施形態における構造物監視装置 600 の構成例を示す図である。構造物監視装置 600 は、監視対象とされる構造物 690 に取り付けられる第3実施形態の加速度物理量センサー 300 と、加速度物理量センサー 300 の検出信号を送信する送信部 620 と、通信網 650 を介して送信部 620 からの送信信号を受信する受信部 636 と、受信部 636 の受信信号に基づいて構造物 690 の傾斜角度を算出する算出部 632 と、を有する。通信網 650 は、有線・無線の何れであっても良い。 20

【0091】

加速度物理量センサーユニット 610 は、アンダーケース 612 とアッパーケース 614 とで画成される内部空間に、第3実施形態の加速度物理量センサー 300 と、小型の通信端末としての機能を実現する通信モジュール 622 及びアンテナ 644 を含む送信部 620 と、を搭載して構成されている。勿論、送信部 620 は、加速度物理量センサー 300 とは別体の通信モジュール及びアンテナとして実現するとしても良い。 30

【0092】

算出部 632 は、本実施形態では、監視コンピューター 630 に搭載された ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や FPG A (Field Programmable Gate Array) 等で実現することとする。但し、算出部 632 を CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサとして、当該プロセッサが IC メモリー 634 に記憶されたプログラムを演算処理することによりソフトウェア的に実現する構成としてもよい。監視コンピューター 630 は、キーボード 638 によりオペレーターの各種操作入力を受け付け、演算処理の結果をタッチパネル 640 に表示することができる。 40

【0093】

受信部 636 は、通信網 650 に接続する有線通信装置或いは無線通信装置によって実現される。本実施形態では、送信部 620 と無線通信する通信モジュール及びアンテナによって実現するが、監視コンピューター 630 とは別体の通信モジュール及びアンテナとして実現するとしてもよい。

【0094】

[第7実施形態]

次に、第7実施形態を説明する。以降では、第1乃至第6実施形態との差異について主に述べることで、第1乃至第6実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付与して重複する説明を省略する。第7実施形態は、第3実施形態の加速度物理量センサー 30 50

0を用いた移動体の実施形態である。

【0095】

図16は、第7実施形態における移動体700の構成例を示す図である。本実施形態では、移動体700を乗用車として例示するが、車種は適宜変更可能である。また、移動体700は、小型船舶や自動運搬装置、構内用の運搬車、フォークリフトなどでも良い。

【0096】

移動体700は、第3実施形態の加速度物理量センサー300と、加速度物理量センサー300の検出信号に基づいて、加速、制動及び操舵のうちの少なくとも1つを制御する制御部710とを有し、自動運転の実施或いは不実施を、加速度物理量センサー300の検出信号に基づいて切り替えることができる。

10

【0097】

制御部710は、車載用のコンピューターによって実現される。制御部710は、車内LAN(Local Area Network)等の通信網によって、加速度物理量センサー300、スロットルコントローラー712、ブレーキコントローラー716、ステアリングコントローラー720、などの各種物理量センサー及コントローラーと信号送受可能に接続されている。ここで、スロットルコントローラー712は、エンジン714の出力を制御する装置である。ブレーキコントローラー716は、ブレーキ718の作動を制御する装置である。ステアリングコントローラー720は、パワーステアリング722の作動を制御する装置である。なお、制御部710に接続される物理量センサーコントローラーの種類はこれに限らず適宜設定できる。

20

【0098】

そして、制御部710は、内蔵する演算装置で、加速度物理量センサー300の検出信号に基づいて演算処理を行って、自動運転の実施或いは不実施を判定し、自動運転を実施する場合には、スロットルコントローラー712、ブレーキコントローラー716、ステアリングコントローラー720の少なくとも何れか1つに制御指令信号を送信して、加速、制動及び操舵のうちの少なくとも1つを制御する。

【0099】

自動制御の内容は、適宜設定可能である。例えば、コーナリング中に、加速度物理量センサー300で検出される加速度が、スピンやコーナアウトを生じる恐れが高いとされる閾値に達した場合に、スピンやコーナアウトを防止するような制御を行うとしてもよい。また、停止中に、加速度物理量センサー300で検出される加速度が、操作を誤って急激な前進又は後進が生じた可能性が高いとされる閾値に達した場合に、スロットルを強制全閉させて急ブレーキを強制発動させるような制御を行うとしてもよい。

30

【0100】

なお、本発明の適用可能な実施形態は上述の実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能なのは勿論である。

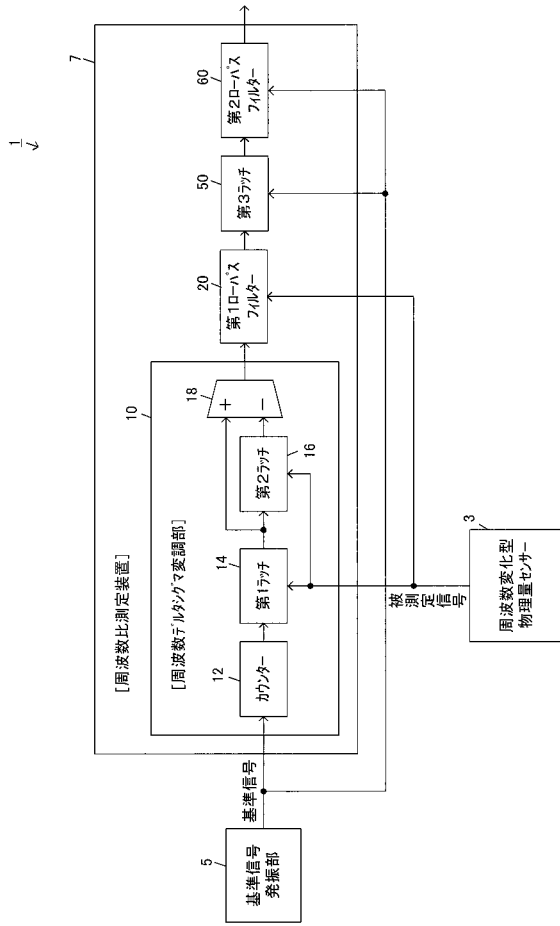
【符号の説明】

【0101】

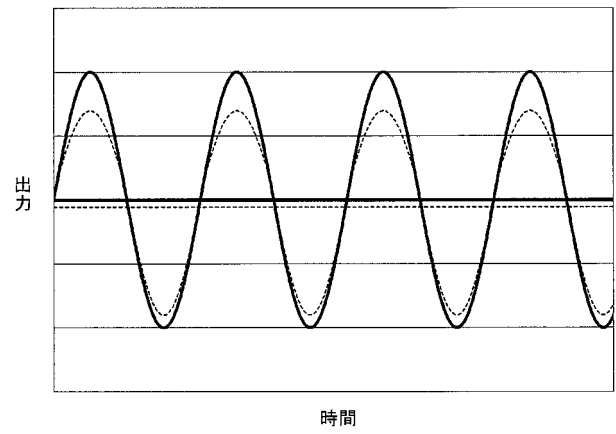
1...物理量センサーモジュール、3...周波数変化型物理量センサー、5...基準信号発振部、7...周波数比測定装置、10...周波数デルタシグマ変調部、20...第1ローパスフィルター、50...第3ラッチ、60...第2ローパスフィルター、100...物理量検出器、200...物理量検出デバイス、300...加速度物理量センサー、400...傾斜計、500...慣性航法装置、600...構造物監視装置、700...移動体

40

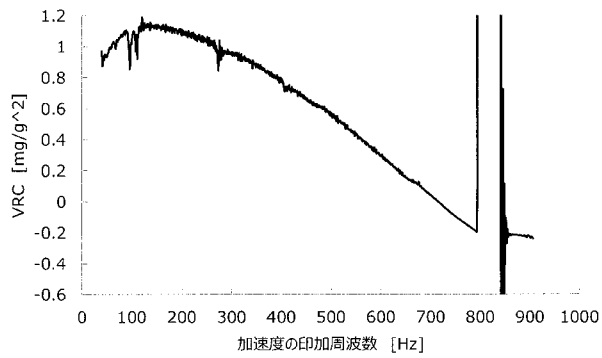
【図 1】



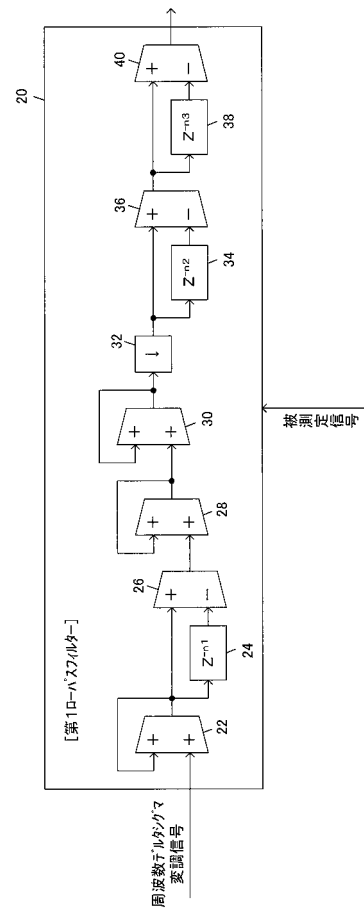
【図 2】



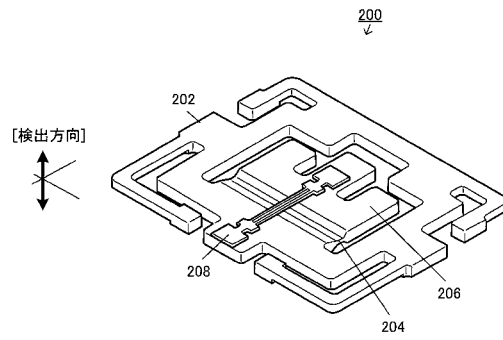
【図 3】



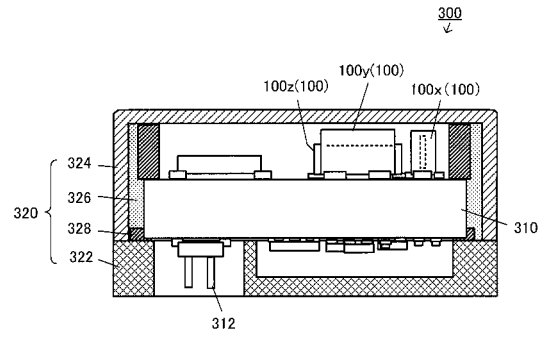
【図 4】



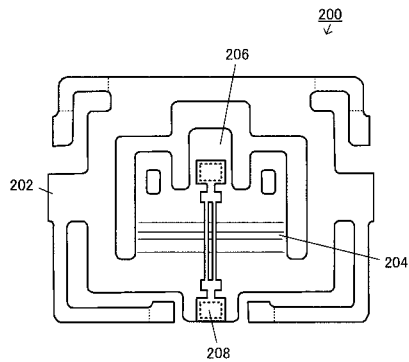
【図 10】



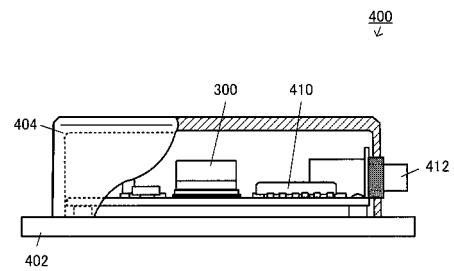
【図 12】



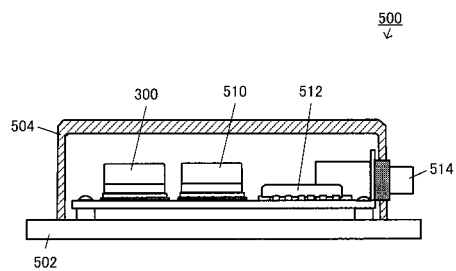
【図 11】



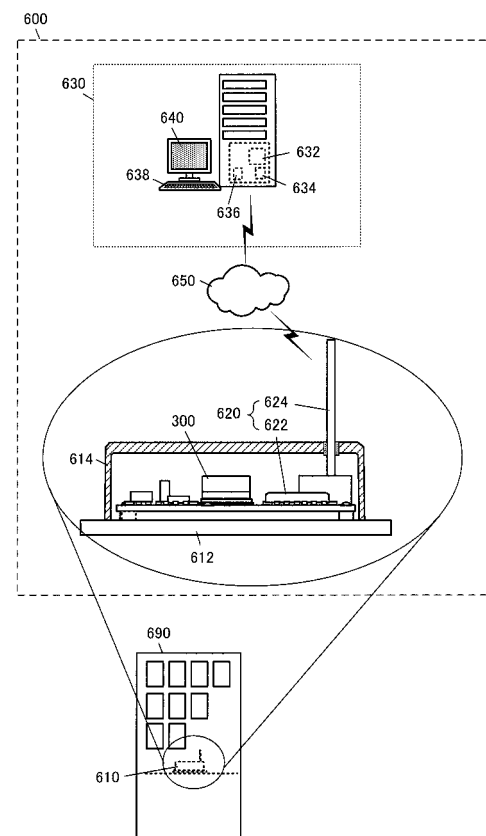
【図 13】



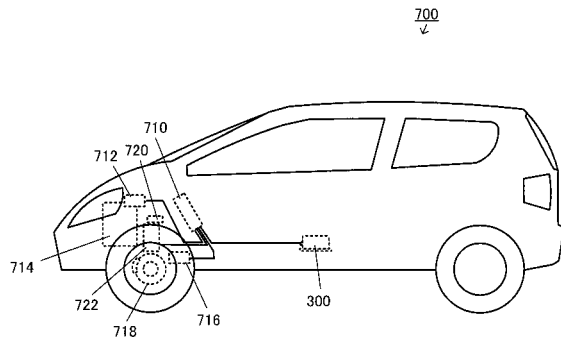
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 健太

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 轟原 正義

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2F075 AA05 BB08 EE16 EE18

2G029 AA04 AB05 AD01 AD08 AE19 AH02