

(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2010-117260

(P2010-117260A)

(43) 公開日 平成22年5月27日(2010.5.27)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)	
GO1C	19/00	(2006.01)	GO1C	19/00	Z 2F069
GO1C	19/56	(2006.01)	GO1C	19/56	2F105
GO1P	9/04	(2006.01)	GO1P	9/04	5B087
GO1C	15/00	(2006.01)	GO1C	15/00	1O1
GO6F	3/033	(2006.01)	GO6F	3/033	31OY

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-291213 (P2008-291213)
 (22) 出願日 平成20年11月13日 (2008.11.13)

(71) 出願人 000003104
 エプソントヨコム株式会社
 東京都日野市日野4 2 1-8
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (74) 代理人 100113066
 弁理士 永田 美佐
 (72) 発明者 宇田川 裕文
 東京都日野市日野4 2 1-8 エプソント
 ヨコム株式会社内
 (72) 発明者 小林 祥宏
 東京都日野市日野4 2 1-8 エプソント
 ヨコム株式会社内

最終頁に続く

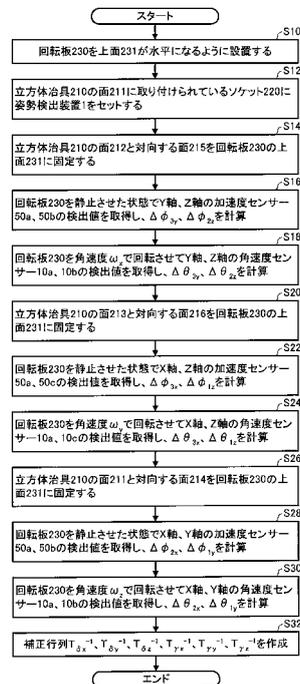
(54) 【発明の名称】 姿勢検出装置の補正パラメーター作成方法、姿勢検出装置の補正パラメーター作成用装置及び姿勢検出装置

(57) 【要約】

【課題】 センサーの取付角誤差に起因する検出値の誤差を補正するための補正パラメーターをより低コストで作成可能な姿勢検出装置の補正パラメーター作成方法、補正パラメーター作成用装置及び補正機能付きの姿勢検出装置を提供すること。

【解決手段】 回転板230を上面231が水平になるように設置し(S10)、立方体治具210の面211に取り付けられているソケット220に姿勢検出装置1をセットする(S12)。立方体治具210の面212と対向する面215を回転板230の上面231に固定する(S14)。回転板230を静止させた状態でY軸、Z軸の加速度センサー50a、50bの検出値を取得し、 $\Delta\phi_{y1}$ 、 $\Delta\phi_{z1}$ を計算(S16)。回転板230を角速度 ω で回転させてY軸、Z軸の角速度センサー10a、10bの検出値を取得し、 $\Delta\theta_{y1}$ 、 $\Delta\theta_{z1}$ を計算(S18)。立方体治具210の面213と対向する面216を回転板230の上面231に固定する(S20)。回転板230を静止させた状態でX軸、Z軸の加速度センサー50a、50cの検出値を取得し、 $\Delta\phi_{x1}$ 、 $\Delta\phi_{z1}$ を計算(S22)。回転板230を角速度 ω で回転させてX軸、Z軸の角速度センサー10a、10cの検出値を取得し、 $\Delta\theta_{x1}$ 、 $\Delta\theta_{z1}$ を計算(S24)。立方体治具210の面211と対向する面214を回転板230の上面231に固定する(S26)。回転板230を静止させた状態でX軸、Y軸の加速度センサー50a、50bの検出値を取得し、 $\Delta\phi_{x2}$ 、 $\Delta\phi_{y2}$ を計算(S28)。回転板230を角速度 ω で回転させてX軸、Y軸の角速度センサー10a、10bの検出値を取得し、 $\Delta\theta_{x2}$ 、 $\Delta\theta_{y2}$ を計算(S30)。補正行列 $T_{\phi_{x1}^{-1}}$ 、 $T_{\phi_{y1}^{-1}}$ 、 $T_{\phi_{z1}^{-1}}$ 、 $T_{\theta_{x1}^{-1}}$ 、 $T_{\theta_{y1}^{-1}}$ 、 $T_{\theta_{z1}^{-1}}$ を作成(S32)。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検出軸が互いに直交する第 1 の軸、第 2 の軸及び第 3 の軸とそれぞれ略平行になるように取り付けられ角速度又は加速度を検出する第 1 のセンサー、第 2 のセンサー及び第 3 のセンサーを含み、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの検出信号に基づいて物体の姿勢を検出する姿勢検出装置の検出値を、前記第 1 の軸、前記第 2 の軸及び前記第 3 の軸を座標軸とする直交座標系における検出値に補正する補正式の補正パラメーターを作成する方法であって、

上面が水平になるように回転板を設置するステップと、

互いに直交する第 1 の面、第 2 の面、第 3 の面を有する直方体形状の治具の前記第 1 の面に、前記第 1 の軸が前記第 2 の面に垂直になり、前記第 2 の軸が前記第 3 の面に垂直になり、前記第 3 の軸が前記第 1 の面に垂直になるように、前記姿勢検出装置を固定するステップと、

前記治具の前記第 2 の面と対向する面を前記回転板の前記上面に固定し、前記回転板を静止又は所定の角速度で回転させて前記姿勢検出装置の検出値を取得する第 1 検出値取得ステップと、

前記治具の前記第 3 の面と対向する面を前記回転板の前記上面に固定し、前記回転板を静止又は所定の角速度で回転させて前記姿勢検出装置の検出値を取得する第 2 検出値取得ステップと、

前記治具の前記第 1 の面と対向する面を前記回転板の前記上面に固定し、前記回転板を静止又は所定の角速度で回転させて前記姿勢検出装置の検出値を取得する第 3 検出値取得ステップと、

取得した検出値に基づいて、前記補正パラメーターを作成する補正パラメーター作成ステップと、を含むことを特徴とする姿勢検出装置の補正パラメーター作成方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記補正式は、

前記補正パラメーターとして前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出値を前記直交座標系における各検出値に補正するための第 1 の補正行列、第 2 の補正行列及び第 3 の補正行列を含み、前記第 1 の補正行列、前記第 2 の補正行列及び前記第 3 の補正行列の各々と、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出値が A / D 変換されたデジタル値をそれぞれ要素として含む行列の各々と、の積により得られる 3 つの行列の和として与えられることを特徴とする姿勢検出装置の補正パラメーター作成方法。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記第 1 の補正行列、前記第 2 の補正行列及び前記第 3 の補正行列は、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出軸をそれぞれ前記第 1 の軸、前記第 2 の軸及び前記第 3 の軸に変換する回転行列の逆行列であることを特徴とする姿勢検出装置の補正パラメーター作成方法。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 において、

前記補正パラメーター作成ステップは、

前記第 1 検出値取得ステップにおいて取得した前記検出値に基づいて、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの前記第 1 の軸回りの各取付角誤差を算出するステップと、

前記第 2 検出値取得ステップにおいて取得した前記検出値に基づいて、前記第 1 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの前記第 2 の軸回りの各取付角誤差を算出するステップと、

前記第 3 検出値取得ステップにおいて取得した前記検出値に基づいて、前記第 1 のセンサー及び前記第 2 のセンサーの前記第 3 の軸回りの各取付角誤差を算出するステップと、

前記第 1 のセンサーの前記第 2 の軸回りの前記取付角誤差及び前記第 3 の軸回りの前記

10

20

30

40

50

取付角誤差に基づいて、前記第 1 の補正行列を作成するステップと、

前記第 2 のセンサーの前記第 1 の軸回りの前記取付角誤差及び前記第 3 の軸回りの前記取付角誤差に基づいて、前記第 2 の補正行列を作成するステップと、

前記第 3 のセンサーの前記第 1 の軸回りの前記取付角誤差及び前記第 2 の軸回りの前記取付角誤差に基づいて、前記第 3 の補正行列を作成するステップと、を含むことを特徴とする姿勢検出装置の補正パラメータ作成方法。

【請求項 5】

検出軸が互いに直交する第 1 の軸、第 2 の軸及び第 3 の軸とそれぞれ略平行になるように取り付けられ角速度又は加速度を検出する第 1 のセンサー、第 2 のセンサー及び第 3 のセンサーを含み、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの検出信号に基づいて物体の姿勢を検出する姿勢検出装置の検出値を、前記第 1 の軸、前記第 2 の軸及び前記第 3 の軸を座標軸とする直交座標系における検出値に補正する補正式の補正パラメータを作成するために使用される補正パラメータ作成用装置であって、

互いに直交する第 1 の面、第 2 の面、第 3 の面を有し、前記第 1 の面に、前記第 1 の軸が前記第 2 の面に垂直になり、前記第 2 の軸が前記第 3 の面に垂直になり、前記第 3 の軸が前記第 1 の面に垂直になるように前記姿勢検出装置を固定可能な直方体形状の治具と、

上面に、前記治具の前記第 1 の面、前記第 2 の面、前記第 2 の面とそれぞれ対向する面のいずれかを固定可能な回転板と、

前記回転板を所定の角速度で回転させる回転制御部と、を含むことを特徴とする姿勢検出装置の補正パラメータ作成用装置。

【請求項 6】

検出軸が互いに直交する第 1 の軸、第 2 の軸及び第 3 の軸とそれぞれ略平行になるように取り付けられ角速度又は加速度を検出する第 1 のセンサー、第 2 のセンサー及び第 3 のセンサーと、

前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出値を前記第 1 の軸、前記第 2 の軸及び前記第 3 の軸を座標軸とする直交座標系における検出値に補正する補正式の補正パラメータが記憶された記憶部と、

前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出信号をデジタル信号に変換する処理を行う A / D 変換処理部と、

前記デジタル信号の各々と前記補正パラメータに基づいて前記補正式を計算する処理を行う補正計算処理部と、を含み、

前記補正式は、

前記補正パラメータとして前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出値を前記直交座標系における各検出値に補正するための第 1 の補正行列、第 2 の補正行列及び第 3 の補正行列を含み、前記第 1 の補正行列、前記第 2 の補正行列及び前記第 3 の補正行列の各々と、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出値が A / D 変換されたデジタル値をそれぞれ要素として含む行列の各々と、の積により得られる 3 つの行列の和として与えられることを特徴とする姿勢検出装置。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記第 1 の補正行列、前記第 2 の補正行列及び前記第 3 の補正行列は、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各検出軸をそれぞれ前記第 1 の軸、前記第 2 の軸及び前記第 3 の軸に変換する回転行列の逆行列であることを特徴とする姿勢検出装置。

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 において、

所定の周期で、前記第 1 のセンサー、前記第 2 のセンサー及び前記第 3 のセンサーの各前記検出信号のいずれか 1 つを順次選択する処理を行う信号選択処理部を含み、

前記 A / D 変換処理部は、

前記信号選択処理部が選択した検出値を順次 A / D 変換処理する A / D 変換回路を含むことを特徴とする姿勢検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3軸の角速度又は加速度を検出するセンサーを含む姿勢検出装置の検出値を所定の直交座標系における検出値に補正するための補正パラメータ作成方法、補正パラメータ作成用装置及び補正機能付き姿勢検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、角速度センサーや加速度センサーにより物体の姿勢を検出する姿勢検出装置が様々な用途に使用されている。例えば、特許文献1には、ユーザーの頭の姿勢を検出することにより、目前にあるディスプレイに表示された映像が頭の動きに連動して変化し、仮想空間を体験できるヘッドマウントディスプレイが記載されている。ユーザーの頭の姿勢角にあった映像がヘッドマウントディスプレイに映し出される。この姿勢角を検出するために角速度センサーや加速度センサーを備えた姿勢検出装置がヘッドマウントディスプレイの所定の位置に取り付けられる。姿勢検出装置を取り付ける場合、センサーの検出軸が頭の姿勢角を表すための直交座標系の3軸とそれぞれ平行になるように取り付けられていなければ、この取付角の誤差に起因して姿勢検出装置の検出値が誤差を含むことになる。そのため、姿勢検出装置を取り付ける位置や角度が厳密に規定される。

【特許文献1】特開平9-106322号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、姿勢検出装置の内部にセンサーが取り付けられる際に取付角にわずかなずれがあると、姿勢検出装置を取り付ける位置や角度が厳密に規定されていたとしても高精度の検出結果を得ることができない。センサーの取付角誤差が無いようにするのはコスト面から現実的ではないため、あらかじめ取付角誤差を算出して姿勢検出装置の検出値を取付角誤差に応じた補正パラメータで補正することが行われる。式(1)及び式(2)は、それぞれ補正パラメータを用いた角速度センサー用の補正式及び加速度センサー用の補正式を表している。

【0004】

【数1】

$$f_G(x) = f_G(p) + J_{f_G}(p)(x-p) + o(|x|) \cdots (1)$$

【0005】

【数2】

$$f_A(x) = f_A(p) + J_{f_A}(p)(x-p) + o(|x|) \cdots (2)$$

式(1)において、関数行列式(ヤコビアン) J_{f_G} は角速度センサー用の補正パラメータであり、 $f_G(x)$ 及び $f_G(p)$ はそれぞれ角速度センサーの今回及び前回の補正值(理想値)である。同様に、式(2)において、関数行列式(ヤコビアン) J_{f_A} は加速度センサー用の補正パラメータであり、 $f_A(x)$ 及び $f_A(p)$ はそれぞれ加速度センサーの今回及び前回の補正值(理想値)である。また、式(1)、式(2)において、 x 及び p はそれぞれ角速度センサー又は角速度センサーの今回及び前回の検出値であり、 o はランダウの記号である。

【0006】

センサーの取付角誤差は姿勢検出装置毎に異なるため、出荷テスト時等に各姿勢検出装置に対して式(1)、式(2)の補正パラメータ(J_{f_G} 、 J_{f_A})が作成される。図13(A)~図13(C)及び図14(A)~図14(C)は、補正パラメータ(J_f

10

20

30

40

50

G、J_{fA})を作成する従来方法を示している。従来方法では、まず、テーブル510に取り付けられたソケット520に姿勢検出装置をセットし、図13(A)~図13(C)に示す順に、回転腕530をX軸回り、Y軸回り、Z軸回りに所定の角速度で回転させて姿勢検出装置の各検出値を取得し、各検出値と各理想値を式(1)に代入して得られる連立方程式を解いて角速度センサー用の補正パラメータを作成する。さらに、図14(A)~図14(C)に示す順に、回転腕530を操作してX軸、Y軸、Z軸の正方向が鉛直上向きになる状態(鉛直下向きに重力加速度が加わる状態)で静止させて姿勢検出装置の各検出値を取得し、各検出値と各理想値を式(2)に代入して得られる連立方程式を解いて加速度センサー用の補正パラメータを作成する。

【0007】

図13(A)~図13(C)及び図14(A)~図14(C)に示す回転腕530の操作において、X軸、Y軸、Z軸に対してテーブル510を所定の角度に正確に固定しなければ、角速度センサーおよび加速度センサーの取付角誤差が正確に反映された検出値を取得することができない。しかし、X軸、Y軸、Z軸に対してテーブル510を所定の角度に正確に固定するためには、テーブル510及び回転腕530を含む補正パラメータ作成用装置500が大がかりな装置になる傾向がある。また、X軸、Y軸、Z軸に対してテーブル510を所定の角度に正確に固定するために相当の時間がかかる。角速度センサーと加速度センサーをともに含む姿勢検出装置に対する補正パラメータを作成するためには、図13(A)~図13(C)に示す回転腕530の操作と図14(A)~図14(C)に示す回転腕530の操作を別々に行う必要があるためさらに時間がかかる。そのため、従来方法では、補正パラメータの作成にかかるコストが大きいという問題がある。

【0008】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、センサーの取付角誤差に起因する検出値の誤差を補正するための補正パラメータをより低コストで作成することができる姿勢検出装置の補正パラメータ作成方法、より低コストで実現可能な補正パラメータ作成用装置及び補正機能付きの姿勢検出装置を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1)本発明は、検出軸が互いに直交する第1の軸、第2の軸及び第3の軸とそれぞれ略平行になるように取り付けられ角速度又は加速度を検出する第1のセンサー、第2のセンサー及び第3のセンサーを含み、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの検出信号に基づいて物体の姿勢を検出する姿勢検出装置の検出値を、前記第1の軸、前記第2の軸及び前記第3の軸を座標軸とする直交座標系における検出値に補正する補正式の補正パラメータを作成する方法であって、上面が水平になるように回転板を設置するステップと、互いに直交する第1の面、第2の面、第3の面を有する直方体形状の治具の前記第1の面に、前記第1の軸が前記第2の面に垂直になり、前記第2の軸が前記第3の面に垂直になり、前記第3の軸が前記第1の面に垂直になるように、前記姿勢検出装置を固定するステップと、前記治具の前記第2の面と対向する面を前記回転板の前記上面に固定し、前記回転板を静止又は所定の角速度で回転させて前記姿勢検出装置の検出値を取得する第1検出値取得ステップと、前記治具の前記第3の面と対向する面を前記回転板の前記上面に固定し、前記回転板を静止又は所定の角速度で回転させて前記姿勢検出装置の検出値を取得する第2検出値取得ステップと、前記治具の前記第1の面と対向する面を前記回転板の前記上面に固定し、前記回転板を静止又は所定の角速度で回転させて前記姿勢検出装置の検出値を取得する第3検出値取得ステップと、取得した検出値に基づいて、前記補正パラメータを作成する補正パラメータ作成ステップと、を含むことを特徴とする。

【0010】

X軸、Y軸、Z軸を座標軸とする直交座標系を考えた場合、第1の軸、第2の軸、第3の軸とX軸、Y軸、Z軸の対応関係は特に限定されない。

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、直方体形状の治具を用いるので、第1の軸、第2の軸、第3の軸が治具のそれぞれ第1の面、第2の面、第3の面と垂直になるように第1の面に姿勢検出装置を固定することが容易である。そして、上面が水平になるように回転板を設置すれば、治具の第2の面、第3の面、第1の面と対向する面をそれぞれ回転板の上面に固定するだけで、簡単に、第1の軸、第2の軸、第3の軸をそれぞれ鉛直方向と平行にすることができる。さらに、第1の軸、第2の軸、第3の軸をそれぞれ鉛直方向と平行にした状態において、回転板を静止又は回転させることにより、加速度センサー又は角速度センサーの検出値を簡単に短時間で取得することができる。

【 0 0 1 2 】

すなわち、最初に一度だけ、上面が水平になるように回転板を設置すれば回転板の回転方向が固定されるので、第1の軸、第2の軸、第3の軸に関する検出値を取得するためのセッティング時間を大幅に短縮することができる。従って、本発明によれば、センサーの取付角誤差に起因する検出値の誤差を補正するための補正パラメータをより低コストで作成することができる。

【 0 0 1 3 】

(2) 本発明の姿勢検出装置の補正パラメータ作成方法において、前記補正式は、前記補正パラメータとして前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出値を前記直交座標系における各検出値に補正するための第1の補正行列、第2の補正行列及び第3の補正行列を含み、前記第1の補正行列、前記第2の補正行列及び前記第3の補正行列の各々と、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出値がA/D変換されたデジタル値をそれぞれ要素として含む行列の各々と、の積により得られる3つの行列の和として与えられるようにしてもよい。

【 0 0 1 4 】

(3) 本発明の姿勢検出装置の補正パラメータ作成方法において、前記第1の補正行列、前記第2の補正行列及び前記第3の補正行列は、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出軸をそれぞれ前記第1の軸、前記第2の軸及び前記第3の軸に変換する回転行列の逆行列であるようにしてもよい。

【 0 0 1 5 】

(4) 本発明の姿勢検出装置の補正パラメータ作成方法において、前記補正パラメータ作成ステップは、前記第1検出値取得ステップにおいて取得した前記検出値に基づいて、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの前記第1の軸回りの各取付角誤差を算出するステップと、前記第2検出値取得ステップにおいて取得した前記検出値に基づいて、前記第1のセンサー及び前記第3のセンサーの前記第2の軸回りの各取付角誤差を算出するステップと、前記第3検出値取得ステップにおいて取得した前記検出値に基づいて、前記第1のセンサー及び前記第2のセンサーの前記第3の軸回りの各取付角誤差を算出するステップと、前記第1のセンサーの前記第2の軸回りの前記取付角誤差及び前記第3の軸回りの前記取付角誤差に基づいて、前記第1の補正行列を作成するステップと、前記第2のセンサーの前記第1の軸回りの前記取付角誤差及び前記第3の軸回りの前記取付角誤差に基づいて、前記第2の補正行列を作成するステップと、前記第3のセンサーの前記第1の軸回りの前記取付角誤差及び前記第2の軸回りの前記取付角誤差に基づいて、前記第3の補正行列を作成するステップと、を含むようにしてもよい。

【 0 0 1 6 】

(5) 本発明は、検出軸が互いに直交する第1の軸、第2の軸及び第3の軸とそれぞれ略平行になるように取り付けられ角速度又は加速度を検出する第1のセンサー、第2のセンサー及び第3のセンサーを含み、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの検出信号に基づいて物体の姿勢を検出する姿勢検出装置の検出値を、前記第1の軸、前記第2の軸及び前記第3の軸を座標軸とする直交座標系における検出値に補正する補正式の補正パラメータを作成するために使用される補正パラメータ作成装置であって、互いに直交する第1の面、第2の面、第3の面を有し、前記第1の面に、前

10

20

30

40

50

記第1の軸が前記第2の面に垂直になり、前記第2の軸が前記第3の面に垂直になり、前記第3の軸が前記第1の面に垂直になるように前記姿勢検出装置を固定可能な直方体形状の治具と、上面に、前記治具の前記第1の面、前記第2の面、前記第2の面とそれぞれ対向する面のいずれかを固定可能な回転板と、前記回転板を所定の角速度で回転させる回転制御部と、を含むことを特徴とする。

【0017】

本発明によれば、直方体形状の治具と回転板を用いることにより、回転腕を必要としないので、よりコンパクトかつ低コストの補正パラメータ作成用装置を提供することができる。本発明に係る補正パラメータ作成用装置を用いることにより、上記の通り、姿勢検出装置に取り付けられた各センサーの検出値の補正パラメータを簡単に短時間で取得

10

【0018】

(6)本発明は、検出軸が互いに直交する第1の軸、第2の軸及び第3の軸とそれぞれ略平行になるように取り付けられ角速度又は加速度を検出する第1のセンサー、第2のセンサー及び第3のセンサーと、

前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出値を前記第1の軸、前記第2の軸及び前記第3の軸を座標軸とする直交座標系における検出値に補正する補正式の補正パラメータが記憶された記憶部と、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出信号をデジタル信号に変換する処理を行うA/D変換処理部と、前記デジタル信号の各々と前記補正パラメータに基づいて前記補正式を計算する処理を行う補正計算処理部と、を含み、前記補正式は、前記補正パラメータとして前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出値を前記直交座標系における各検出値に補正するための第1の補正行列、第2の補正行列及び第3の補正行列を含み、前記第1の補正行列、前記第2の補正行列及び前記第3の補正行列の各々と、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出値がA/D変換されたデジタル値をそれぞれ要素として含む行列の各々と、の積により得られる3つの行列の和として与えられることを特徴とする。

20

【0019】

従来は補正式(1)、補正式(2)における関数行列式(ヤコビアン)はセンサーの取付角誤差を直接的に反映する補正パラメータではなく、また、補正式(1)、補正式(2)では前回の検出値を元に関数行列式(ヤコビアン)を用いて今回の検出値を類推するため、検出値に何らかの写像を施すと補正值が得られるようになっていない。そのため、補正式(1)、補正式(2)では補正精度を上げるのに限界がある。

30

【0020】

本発明によれば、補正計算処理部が計算する補正式に含まれる3つの補正行列に各センサーの取付角誤差を直接的に反映させることができる。また、本発明によれば、補正計算処理部が計算する補正式は今回の検出値に対する補正值の計算において前回の検出値を必要としないので、今回の検出値が得られれば直ちに補正值を計算することができる。従って、本発明によれば、補正精度がより高く、かつ、補正計算処理がより速い姿勢検出装置を実現することができる。

40

【0021】

(7)本発明の姿勢検出装置において、前記第1の補正行列、前記第2の補正行列及び前記第3の補正行列は、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各検出軸をそれぞれ前記第1の軸、前記第2の軸及び前記第3の軸に変換する回転行列の逆行列であるようにしてもよい。

【0022】

(8)本発明の姿勢検出装置は、所定の周期で、前記第1のセンサー、前記第2のセンサー及び前記第3のセンサーの各前記検出信号のいずれか1つを順次選択する処理を行う信号選択処理部を含み、前記A/D変換処理部は、前記信号選択処理部が選択した検出値を順次A/D変換処理するA/D変換回路を含むようにしてもよい。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0024】

なお、以下の説明において、本発明における第1の軸、第2の軸、第3の軸はそれぞれX軸、Y軸、Z軸に対応するものとするが、本発明における第1の軸、第2の軸、第3の軸とX軸、Y軸、Z軸の対応関係はこれに限らず、任意の対応関係とすることができる。

【0025】

1. 姿勢検出装置

1-1. 姿勢検出装置の構成

図1は、本実施形態の補正パラメータ作成方法の対象となる姿勢検出装置の構成の一例を示す図である。

【0026】

図1に示すように、本実施形態における姿勢検出装置1は、X軸、Y軸、Z軸回りの角速度を検出する角速度センサーモジュール2と、X軸、Y軸、Z軸方向の加速度を検出する加速度センサーモジュール3を含んで構成されている。

【0027】

角速度センサーモジュール2は、それぞれX軸、Y軸、Z軸回りの角速度を検出するX軸角速度センサー10a、Y軸角速度センサー10b、Z軸角速度センサー10cを含む。

【0028】

X軸角速度センサー10aは、振動子11a、振動子11aを振動させる駆動回路20a、角速度検出信号38aを生成する検出回路30aを含み、振動子11aの駆動電極12a、13aと駆動回路20a、振動子11aの検出電極14a、15aと検出回路30aがそれぞれ接続されている。

【0029】

同様に、Y軸角速度センサー10bは、振動子11b、振動子11bを振動させる駆動回路20b、角速度検出信号38bを生成する検出回路30bを含み、振動子11bの駆動電極12b、13bと駆動回路20b、振動子11bの検出電極14b、15bと検出回路30bがそれぞれ接続されている。

【0030】

同様に、Z軸角速度センサー10cは、振動子11c、振動子11cを振動させる駆動回路20c、角速度検出信号38cを生成する検出回路30cを含み、振動子11cの駆動電極12c、13cと駆動回路20c、振動子11cの検出電極14c、15cと検出回路30cがそれぞれ接続されている。

【0031】

加速度センサーモジュール3は、それぞれX軸、Y軸、Z軸方向の加速度を検出するX軸加速度センサー50a、Y軸加速度センサー50b、Z軸加速度センサー50cを含む。

【0032】

X軸加速度センサー50aは、振動子51a、振動子51aを振動させる駆動回路60a、加速度検出信号78aを生成する検出回路70aを含み、振動子51aの駆動電極52a、53aと駆動回路60a、振動子51aの検出電極54a、55aと検出回路70aがそれぞれ接続されている。

【0033】

同様に、Y軸加速度センサー50bは、振動子51b、振動子51bを振動させる駆動回路60b、加速度検出信号78bを生成する検出回路70bを含み、振動子51bの駆動電極52b、53bと駆動回路60b、振動子51bの検出電極54b、55bと検出

10

20

30

40

50

回路 70 b がそれぞれ接続されている。

【0034】

同様に、Z 軸加速度センサー 50 c は、振動子 51 c、振動子 51 c を振動させる駆動回路 60 c、加速度検出信号 78 c を生成する検出回路 70 c を含み、振動子 51 c の駆動電極 52 c、53 c と駆動回路 60 c、振動子 51 c の検出電極 54 c、55 c と検出回路 70 c がそれぞれ接続されている。

【0035】

なお、角速度センサー 10 a、10 b、10 c は、それぞれ本発明における第 1 のセンサー、第 2 のセンサー及び第 3 のセンサーとして機能する。同様に、加速度センサー 50 a、50 b、50 c は、それぞれ本発明における第 1 のセンサー、第 2 のセンサー及び第 3 のセンサーとして機能する。

10

【0036】

図 2 は、本実施形態における姿勢検出装置の斜視図である。

【0037】

図 2 に示すように、姿勢検出装置 1 において、角速度センサーモジュール 2 及び加速度センサーモジュール 3 は、それぞれ立方体（広義には直方体。以下、同じ。）の形状に形成されており、直方体形状のパッケージ 4 の中に収納されている。

【0038】

X 軸、Y 軸、Z 軸は姿勢検出装置 1 を基準にして決定される。例えば、姿勢検出装置 1 を構成するパッケージ 4 が直方体形状である場合は、パッケージ 4 の直交する 3 つの面 5 a、5 b、5 c と垂直な軸をそれぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸とすることができる。また、X 軸、Y 軸、Z 軸の正方向は任意に決定することができ、本実施形態では、図 2 に示す矢印の先に向かう方向を各軸の正方向とする。

20

【0039】

1 - 2 . 角速度センサーモジュール

図 2 に示すように、角速度センサーモジュール 2 において、角速度センサー 10 a、10 b、10 c は、検出軸がそれぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸とほぼ平行になるように絶縁基板 80 の上に取り付けられ、それぞれ振動子 11 a、11 b、11 c がパッケージ 82 a、82 b、82 c 内に収容されている。パッケージ 82 a、82 b、82 c の周囲は樹脂モールド材で覆われている。

30

【0040】

パッケージ 82 a、82 b、82 c は、それぞれパッケージ本体 84 a と蓋体 86 a、パッケージ本体 84 b と蓋体 86 b、パッケージ本体 84 c と蓋体 86 c から構成されている。パッケージ本体 84 a、84 b、84 c は、複数のセラミックシートを積層、焼結して直方体の箱状に形成されている。蓋体 86 a、86 b、86 c は、ガラス板や金属板、セラミックシート等で形成されており、金属口ウ材、低融点ガラスなどの接合材を介して、振動子 11 a、11 b、11 c がそれぞれ収容されたパッケージ本体 84 a、84 b、84 c の上面開口部を真空封止している。振動子 11 a、11 b、11 c は、絶縁基板 80 に形成された配線パターン（図示せず）によってそれぞれ駆動回路 20 a、20 b、20 c や検出回路 30 a、30 b、30 c と接続されている。

40

【0041】

駆動回路 20 a と検出回路 30 a、駆動回路 20 b と検出回路 30 b、駆動回路 20 c と検出回路 30 c は、3 つのチップに IC 化してそれぞれパッケージ 82 a、82 b、82 c 内にそれぞれ収容されていてもよい。また、駆動回路 20 a、20 b、20 c、検出回路 30 a、30 b、30 c を 1 チップに IC 化して絶縁基板 80 上に配置するようにしてもよい。

【0042】

なお、図 2 では図示を省略しているが、検出回路 30 a、30 b、30 c からの各検出信号 38 a、38 b、38 c は外部出力端子（図示せず）を介して姿勢検出装置 1 の外部に出力されるようになっている。

50

【 0 0 4 3 】

図 3 は、角速度センサーに含まれる振動子の一例を示す平面図である。角速度センサー 1 0 a、1 0 b、1 0 c にそれぞれ含まれる振動子 1 1 a、1 1 b、1 1 c はすべて同一の構造であるため、図 3 では振動子 1 1 a の構造のみが図示されている。なお、図 3 における X 軸、Y 軸、Z 軸は水晶の軸を示し、図 2 における X 軸、Y 軸、Z 軸とは無関係である。

【 0 0 4 4 】

振動子 1 1 a は、水晶などの圧電材料の薄板から形成され、駆動用基部 4 4 a から駆動振動腕 4 1 a (広義には、駆動用振動片) が水晶の Y 軸方向に延出している。駆動振動腕 4 1 a の側面及び上面にはそれぞれ駆動電極 1 2 a 及び 1 3 a が形成されている。図 1 に示したように、駆動電極 1 2 a、1 3 a は駆動回路 2 0 a に接続される。

10

【 0 0 4 5 】

駆動用基部 4 4 a は、水晶の X 軸方向に延びる連結腕 4 5 a を介して検出用基部 4 7 a に接続されている。検出振動腕 4 2 a (広義には、検出振動片) は、検出用基部 4 7 a から水晶の Y 軸方向に延出されている。検出振動腕 4 2 a の上面には検出電極 1 4 a 及び 1 5 a が形成されており、検出振動腕 4 2 a の側面には電極 1 6 a が形成されている。図 1 に示したように、検出電極 1 4 a、1 5 a は駆動回路 2 0 a に接続される。また、電極 1 6 a は接地される。

【 0 0 4 6 】

駆動振動腕 4 1 a の駆動電極 1 2 a と駆動電極 1 3 a との間に交番電圧 / 交番電流からなる駆動信号が与えられると、図 4 に示すように、駆動振動腕 4 1 a は圧電効果によって矢印 B のように屈曲振動する。

20

【 0 0 4 7 】

ここで、図 5 に示すように振動子 1 1 a が水晶の Z 軸を回転軸とした回転運動をすると、駆動振動腕 4 1 a は、矢印 B の屈曲振動の方向と水晶の Z 軸の両方に垂直な方向にコリオリの力を得る。その結果、連結腕 4 5 a は矢印 C で示すような振動をする。そして、検出振動腕 4 2 a は、連結腕 4 5 a の振動 (矢印 C) に連動して、連結腕 4 5 a と矢印 D のような屈曲振動をする。

【 0 0 4 8 】

そして、これらの屈曲振動に基づいて発生する逆圧電効果によって、検出振動腕 4 2 a の検出電極 1 4 a、1 5 a と電極 1 6 a との間には、それぞれ逆方向の交番電圧 / 交番電流が発生する。以上のようにして、振動子 1 1 a は、水晶の Z 軸を検出軸としてコリオリの力に基づく角速度成分を検出し、検出電極 1 4 a、1 5 a を介して検出信号を出力する。

30

【 0 0 4 9 】

なお、図 3 の構成では、振動子 1 1 a のバランスを良くするために、検出用基部 4 7 a を中央に配置し、検出用基部 4 7 a から + Y 軸と - Y 軸の両方向に検出振動腕 4 2 a を延出させている。さらに、検出用基部 4 7 a から + X 軸と - X 軸の両方向に連結腕 4 5 a を延出させ、連結腕 4 5 a のそれぞれから、+ Y 軸と - Y 軸の両方向に駆動振動腕 4 1 a を延出させている。

40

【 0 0 5 0 】

また、駆動振動腕 4 1 a の先端を幅広の幅広部 4 3 a にし、さらに、錘を付けることでコリオリの力を大きくしている。また、錘効果によって、所望の共振周波数を、短い振動腕で得ることができる。同様の理由で、検出振動腕 4 2 a の先端を幅広の幅広部 4 6 a にし、さらに、錘を付けている。

【 0 0 5 1 】

なお、振動子 1 1 a は、上述の構成に限らず、コリオリの力に基づく角速度成分を含む検出信号を出力する振動子であれば良い。例えば、駆動振動腕と検出振動腕とを兼ねる構成であっても良く、また、駆動振動腕や検出振動腕に圧電膜を形成した構成であっても良い。

50

【 0 0 5 2 】

図 6 は、角速度センサーに含まれる駆動回路及び検出回路の構成の一例を示す図である。駆動回路 2 0 a、2 0 b、2 0 c はすべて同じ構成であり、検出回路 3 0 a、3 0 b、3 0 c はすべて同じ構成であるので、図 3 では駆動回路 2 0 a 及び検出回路 3 0 a の構成のみを図示している。

【 0 0 5 3 】

図 6 に示すように、駆動回路 2 0 a は、電流電圧変換器 (I / V 変換器) 2 1 a、A C 増幅器 2 2 a、自動利得制御回路 (A G C) 2 3 a、コンパレータ 2 4 a を含んで構成されている。

【 0 0 5 4 】

振動子 1 1 a が振動すると、圧電効果に基づく交流電流がフィードバック信号として駆動電極 1 3 a から出力され、電流電圧変換器 (I / V 変換器) 2 1 a に入力される。電流電圧変換器 (I / V 変換器) 2 1 a は、入力された交流電流を振動子 1 1 a の振動周波数と同一の周波数の交流電圧信号に変換して出力する。

【 0 0 5 5 】

電流電圧変換器 (I / V 変換器) 2 1 a から出力された交流電圧信号は、A C 増幅器 2 2 a に入力される。A C 増幅器 a は、入力された交流電圧信号を増幅して出力する。

【 0 0 5 6 】

A C 増幅器 2 2 a から出力された交流電圧信号は自動利得制御回路 (A G C) 2 3 a に入力される。自動利得制御回路 (A G C) 2 3 a は、入力された交流電圧信号の振幅を一定値に保持するように利得を制御し、利得制御後の交流電圧信号を振動子 1 1 a の駆動電極 1 2 a に出力する。この駆動電極 1 2 a に入力される交流電圧信号により振動子 1 1 a が振動する。

【 0 0 5 7 】

A C 増幅器 2 2 a が増幅した交流電圧信号はコンパレータ 2 4 a に入力され、交流電圧信号の振幅中心を基準電圧として、交流電圧信号と基準電圧信号との比較結果に応じて出力レベルを切り替える方形波電圧信号を、検出回路 3 0 a の同期検波回路 3 5 a に出力する。

【 0 0 5 8 】

図 6 に示すように、検出回路 3 0 a は、チャージアンプ 3 1 a、3 2 a、差動増幅器 3 3 a、A C 増幅器 3 4 a、同期検波回路 3 5 a、D C 増幅器 3 6 a 及び積分回路 (L P F) 3 7 a を含んで構成されている。

【 0 0 5 9 】

チャージアンプ 3 1 a、3 2 a には、振動子 1 1 a により検出された互いに逆位相の検出信号 (交流電流) が検出電極 1 2 a、1 3 a を介して入力される。そして、チャージアンプ 3 1 a、3 2 a は、入力された検出信号 (交流電流) を基準電圧を中心とする交流電圧信号に変換する。

【 0 0 6 0 】

差動増幅器 3 3 a はチャージアンプ 3 1 a の出力信号とチャージアンプ 3 2 a の出力信号を差動増幅する。差動増幅器 3 3 a の出力信号は、さらに A C 増幅器 3 4 a で増幅される。

【 0 0 6 1 】

同期検波回路 3 5 a は、コンパレータ 2 4 a が出力する方形波電圧信号を基に、A C 増幅器 3 4 a の出力信号を同期検波することにより角速度成分を抽出する。同期検波回路 3 5 a は、例えば、方形波電圧信号の電圧レベルが基準電圧よりも高い時は A C 増幅器 3 4 a の出力信号をそのまま出力し、方形波電圧信号の電圧レベルが基準電圧よりも低い時は A C 増幅器 3 4 a の出力信号を基準電圧に対して反転して出力するスイッチ回路として構成することができる。

【 0 0 6 2 】

同期検波回路 3 5 a で抽出された角速度成分信号は、D C 増幅器 3 6 a で増幅されて積

10

20

30

40

50

分回路 (L P F) 3 7 a に入力される。

【 0 0 6 3 】

積分回路 (L P F) 3 7 a は、 D C 増幅器 3 5 a の出力信号から高周波成分を減衰させて直流成分を抽出することにより角速度検出信号 3 8 a を生成して外部に出力する。

【 0 0 6 4 】

1 - 3 . 加速度センサーモジュール

図 2 に示すように、加速度センサーモジュール 3 は、ベース 9 0、ウエイト 1 0 0、3 つの加速度センサー 5 0 a、5 0 b、5 0 c を有する。なお、図 2 では、図 1 に示した駆動回路 6 0 a、6 0 b、6 0 c 及び検出回路 7 0 a、7 0 b、7 0 c の図示を省略しているがパッケージ 4 の中の適当な位置に配置され、検出回路 7 0 a、7 0 b、7 0 c からの各検出信号 7 8 a、7 8 b、7 8 c は外部出力端子 (図示せず) を介して姿勢検出装置 1 の外部に出力されるようになっている。

10

【 0 0 6 5 】

ベース 9 0 は、立方形を作るように 3 つの正方形の壁部を互いに直交させて形成され、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸方向に互いに直交する 3 つの取付面 9 1、9 2、9 3 を有する。ウエイト 1 0 0 は、所定の質量を有する立方体からなり、互いに直交する 3 つの接合面 1 0 1、1 0 2、1 0 3 を有する。ベース 9 0 及びウエイト 1 0 0 は、例えばアルミニウム合金などの適当な材料を用いて形成される。

【 0 0 6 6 】

本実施形態では、加速度センサー 5 0 a、5 0 b、5 0 c は、それぞれ、水晶などの圧電材料の薄板から形成された双音叉型の振動子 5 1 a、5 1 b、5 1 c を含んで構成されている。

20

【 0 0 6 7 】

振動子 5 1 a、5 1 b、5 1 c は、検出軸がそれぞれ X 軸、 Y 軸、 Z 軸とほぼ平行になるように、一方の基端部 5 6 a、5 6 b、5 6 c がそれぞれベース 9 0 の素子取付面 9 1、9 2、9 3 に取り付けられ、ベース 9 0 の各壁部に垂直に支持されている。振動子 5 1 a、5 1 b、5 1 c の他方の基端部 5 7 a、5 7 b、5 7 c は、それぞれ素子取付面 9 1、9 2、9 3 に対応するウエイト 1 0 0 の素子接合面 1 0 1 ~ 1 0 3 に接合されている。これにより、ウエイト 1 0 0 が、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸方向から振動子 5 1 a、5 1 b、5 1 c によって浮遊した状態に支持される。

30

【 0 0 6 8 】

振動子 5 1 a の 2 つの駆動振動腕 5 8 a には、その上下主面及び両側面に駆動電極 5 2 a、5 3 a が設けられており (図示省略)、駆動回路 6 0 a により駆動電極 5 2 a、5 3 a 間に所定の交流電圧が印加されると、2 つの駆動振動腕 5 8 a は互いに逆向きに即ち近接または離反する向きに所定の周波数で屈曲振動する。

【 0 0 6 9 】

振動子 5 1 a を所定の周波数で振動させた状態で、加速度センサーモジュール 3 に外力が作用してウエイト 1 0 0 に X 軸方向の加速度が加わると、その大きさ及び向きに対応して、振動子 5 1 a には長手方向 (すなわち、 X 軸方向) に圧縮または引張する力が作用する。振動子 5 1 a の周波数は、圧縮する力が作用すると減少し、引張する力が作用すると増加するように変化する。従って、検出回路 7 0 a により振動子 5 1 a における周波数の変化量を検出し、周波数の変化量から X 軸方向に作用する荷重を算出することにより、ウエイト 1 0 0 に作用した X 軸方向の加速度の大きさ及び向きを計算することができる。

40

【 0 0 7 0 】

振動子 5 1 b、5 1 c の構造も振動子 5 1 a の構造と同一であり、同様にして Y 軸及び Z 軸方向の加速度の大きさ及び向きを計算することができる。

【 0 0 7 1 】

なお、駆動回路 6 0 a、6 0 b、6 0 c は図 6 に示した駆動回路 2 0 a と同様の構成であり、また、検出回路 7 0 a、7 0 b、7 0 c は周波数の変化量を検出する既知の回路と同様の構成にすることができるので、その説明を省略する。

50

【 0 0 7 2 】

2 . 補正パラメータ作成方法

2 - 1 . センサー取付角誤差

角速度センサー 1 0 a、1 0 b、1 0 c は、理想的には、検出軸がそれぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸と厳密に平行になるように取り付けられる。同様に、加速度センサー 5 0 a、5 0 b、5 0 c は、理想的には、検出軸がそれぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸と厳密に平行になるように取り付けられる。しかし、角速度センサー 1 0 a、1 0 b、1 0 c 及び加速度センサー 5 0 a、5 0 b、5 0 c をそのように厳密に取り付けるのはコスト面から難しい。そのため、X 軸角速度センサー 1 0 a は、実際には、図 7 (A) に示すように、検出軸が Y 軸回りに微小角 θ_{2x} 、Z 軸回りに微小角 θ_{3x} 回った X' 軸と平行になるように取り付けられている。同様に、Y 軸角速度センサー 1 0 b は、実際には、図 7 (B) に示すように、検出軸が Z 軸回りに微小角 θ_{3y} 、X 軸回りに微小角 θ_{1y} 回った Y' 軸と平行になるように取り付けられており、Z 軸角速度センサー 1 0 c は、実際には、図 7 (C) に示すように、検出軸が X 軸回りに微小角 θ_{1z} 、Y 軸回りに微小角 θ_{2z} 回った Z' 軸と平行になるように取り付けられている。すなわち、X 軸角速度センサー 1 0 a の Y 軸回りの取付角誤差及び Z 軸回りの取付角誤差はそれぞれ θ_{2x} 、 θ_{3x} であり、Y 軸角速度センサー 1 0 b の Z 軸回りの取付角誤差及び X 軸回りの取付角誤差はそれぞれ θ_{3y} 、 θ_{1y} であり、Z 軸角速度センサー 1 0 c の X 軸回りの取付角誤差及び Y 軸回りの取付角誤差はそれぞれ θ_{3z} 、 θ_{1z} である。

10

【 0 0 7 3 】

加速度センサー 5 0 a、5 0 b、5 0 c についても同様に取付角誤差が存在する。そのため、角速度センサー 1 0 a、1 0 b、1 0 c、加速度センサー 5 0 a、5 0 b、5 0 c の各検出値は理想値とずれている。

20

【 0 0 7 4 】

2 - 2 . 数学的考察

従来の補正式 (1)、補正式 (2) における関数行列式 (ヤコビアン) はセンサーの取付角誤差を直接的に反映する補正パラメータではなく、また、補正式 (1)、補正式 (2) では前回の検出値を元に関数行列式 (ヤコビアン) を用いて今回の検出値を類推するため、検出値に何らかの写像を施すと補正值が得られるようになっていない。そのため、補正式 (1)、補正式 (2) では補正精度を上げるのに限界がある。そこで、以下では、より精度の高い補正について数学的に考察する。

30

【 0 0 7 5 】

3 次元ユークリッド空間において、X 軸、Y 軸、Z 軸の回りにそれぞれ角度 θ の回転を施す回転行列 T_1 、 T_2 、 T_3 は式 (3) によって与えられる。

【 0 0 7 6 】

【 数 3 】

$$T_1(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}, T_2(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix}, T_3(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dots (3)$$

40

そして、3 次元ユークリッド空間における任意の回転は回転行列 T_1 、 T_2 、 T_3 の積の組み合わせにより表すことができる。例えば、Z 軸の回りに角度 θ_3 だけ回転させ、Y 軸の回りに角度 θ_2 だけ回転させ、X 軸の回りに角度 θ_1 だけ回転させることにより、X Y Z 座標系を X' Y' Z' 座標系に変換する行列 T は式 (4) によって与えられる。以下では、 T を「変換行列」ということにする。

【 0 0 7 7 】

【 数 4 】

$$T_s = T_1(\theta_1)T_2(\theta_2)T_3(\theta_3) \dots (4)$$

3 つの角速度センサー 1 0 a、1 0 b、1 0 c を、検出軸がそれぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸

50

と平行になるように取り付けるとき、取付角誤差のために実際には検出軸がそれぞれ X' 軸、Y' 軸、Z' 軸と平行になるように取り付けられていると仮定する。この場合、角速度センサー 10a、10b、10c の各検出値 G_x' 、 G_y' 、 G_z' と理想値 G_x 、 G_y 、 G_z の間には変換行列 T による関係式 (5) が成立する。

【0078】

【数5】

$$\begin{pmatrix} G_x' \\ G_y' \\ G_z' \end{pmatrix} = T_\delta \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \\ G_z \end{pmatrix} = T_1(\theta_1)T_2(\theta_2)T_3(\theta_3) \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \\ G_z \end{pmatrix} \dots(5)$$

10

従って、次の式 (6) により、角速度センサー 10a、10b、10c の各検出値 G_x' 、 G_y' 、 G_z' から理想値 G_x 、 G_y 、 G_z を計算することができる。

【0079】

【数6】

$$\begin{pmatrix} G_x \\ G_y \\ G_z \end{pmatrix} = T_\delta^{-1} \begin{pmatrix} G_x' \\ G_y' \\ G_z' \end{pmatrix} = T_3^{-1}(\theta_3)T_2^{-1}(\theta_2)T_1^{-1}(\theta_1) \begin{pmatrix} G_x' \\ G_y' \\ G_z' \end{pmatrix} \dots(6)$$

すなわち、何らかの方法で T^{-1} を得ることができれば、式 (6) を用いて角速度センサー 10a、10b、10c の各検出値を理想値に補正することができる。以下では、 T^{-1} を「補正行列」ということにする。

20

【0080】

角速度センサー 10a、10b、10c の取付角を光学観測できる場合は、直接 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を導出して式 (3) を用いて回転行列 T_1 、 T_2 、 T_3 を計算し、その逆行列 T_1^{-1} 、 T_2^{-1} 、 T_3^{-1} を用いて補正行列 T^{-1} を得ることができる。

【0081】

一方、光学観測ができない場合は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸を中心に角速度センサー 10a、10b、10c を回転させる等、X 軸、Y 軸、Z 軸に関する取付角誤差が検出値に反映されるような 3 通りの入力条件を選択し、その入力条件に対する角速度センサー 10a、10b、10c の検出値 G_x' 、 G_y' 、 G_z' 及び理想値 G_x 、 G_y 、 G_z をそれぞれ式 (6) に代入することにより得られる 3 つの連立方程式を解けば θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を導出することができる。しかし、この連立方程式は非常に複雑であるため θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を簡単に導出することができない。

30

【0082】

一方、仮に θ_i が非常に小さい値であれば、次の式 (7) が成り立つ。

【0083】

【数7】

$$\sin \Delta\theta \cong \theta, \cos \Delta\theta \cong \theta, 1 \pm \Delta\theta^2 \cong 1 \dots(7)$$

従って、取付角誤差 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 が非常に小さい値であれば、変換行列 T は次の式 (8) のように表される。

40

【0084】

【数8】

$$T_\delta \cong T_1(\Delta\theta_1)T_2(\Delta\theta_2)T_3(\Delta\theta_3) \cong \begin{pmatrix} 1 & \Delta\theta_3 & -\Delta\theta_2 \\ -\Delta\theta_3 & 1 & \Delta\theta_1 \\ \Delta\theta_2 & -\Delta\theta_1 & 1 \end{pmatrix} \dots(8)$$

従って、次の式 (9) に示すように、変換行列 T は 3 つの基底となる行列 J_1 、 J_2 、 J_3 の線形和で表すことができる。

【0085】

50

【数 9】

$$T_{\delta} = I + \sum_{i=1}^3 J_i \Delta \theta_i \dots (9)$$

$$J_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}, J_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, J_3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

前記のように、X軸角速度センサー10aは、Y軸回りに微小角 θ_{2x} 、Z軸回りに微小角 θ_{3x} 回ったX'軸が検出軸になるように取り付けられている。X軸回りの取付角誤差 $\theta_{1x} = 0$ であるので、式(9)より、変換行列 T_x は次の式(10)のように表される。

10

【0086】

【数10】

$$T_{\delta x} = I + J_2 \Delta \theta_{2x} + J_3 \Delta \theta_{3x} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta \theta_{3x} & -\Delta \theta_{2x} \\ -\Delta \theta_{3x} & 1 & 0 \\ \Delta \theta_{2x} & 0 & 1 \end{pmatrix} \dots (10)$$

同様に、Y軸角速度センサー10bは、X軸回りに微小角 θ_{1y} 、Z軸回りに微小角 θ_{3y} 回ったY'軸が検出軸になるように取り付けられている。Y軸回りの取付角誤差 $\theta_{2y} = 0$ であるので、式(9)より、変換行列 T_y は次の式(11)のように表される。

20

【0087】

【数11】

$$T_{\delta y} = I + J_1 \Delta \theta_{1y} + J_3 \Delta \theta_{3y} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta \theta_{3y} & 0 \\ -\Delta \theta_{3y} & 1 & \Delta \theta_{1y} \\ 0 & -\Delta \theta_{1y} & 1 \end{pmatrix} \dots (11)$$

同様に、Z軸角速度センサー10cは、X軸回りに微小角 θ_{1z} 、Y軸回りに微小角 θ_{2z} 回ったZ'軸が検出軸になるように取り付けられている。Z軸回りの取付角誤差 $\theta_{3z} = 0$ であるので、式(9)より、変換行列 T_z は次の式(12)のように表される。

30

【0088】

【数12】

$$T_{\delta z} = I + J_1 \Delta \theta_{1z} + J_2 \Delta \theta_{2z} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\Delta \theta_{2z} \\ 0 & 1 & \Delta \theta_{1z} \\ \Delta \theta_{2z} & -\Delta \theta_{1z} & 1 \end{pmatrix} \dots (12)$$

式(10)、(11)、(12)によれば、何らかの方法で θ_{2x} 、 θ_{3x} 、 θ_{1y} 、 θ_{3y} 、 θ_{1z} 、 θ_{2z} を得ることができれば、変換行列 T_x 、 T_y 、 T_z を計算することができる。そして、変換行列 T_x 、 T_y 、 T_z の逆行列を計算すれば、補正行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} を作成することができる。そうすると、次の式(13)より、X軸角速度センサー10a、Y軸角速度センサー10b、Z軸角速度センサー10cの各検出値 G_x' 、 G_y' 、 G_z' をそれぞれ理想値 G_x 、 G_y 、 G_z に補正することができる。

40

【0089】

【数 1 3】

$$\begin{pmatrix} G_x \\ G_y \\ G_z \end{pmatrix} = T_{\delta x}^{-1} \begin{pmatrix} G_x' \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + T_{\delta y}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ G_y' \\ 0 \end{pmatrix} + T_{\delta z}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ G_z' \end{pmatrix} \dots(13)$$

補正式(13)における補正行列 $T_{\delta x}^{-1}$ 、 $T_{\delta y}^{-1}$ 、 $T_{\delta z}^{-1}$ は、角速度センサー 10 a、10 b、10 c の各取付角誤差 θ_{2x} 、 θ_{3x} 、 θ_{1y} 、 θ_{3y} 、 θ_{1z} 、 θ_{2z} を直接的に反映している。また、補正式(13)によれば、前回の検出値を必要とせず、今回の検出値 G_x' 、 G_y' 、 G_z' が得られれば直ちに補正值(理想値) G_x 、 G_y 、 G_z を計算することができる。従って、補正式(13)によれば、補正精度の向上及び補正計算処理の高速化を実現することができる。

10

【0090】

なお、補正行列 $T_{\delta x}^{-1}$ 、 $T_{\delta y}^{-1}$ 、 $T_{\delta z}^{-1}$ は、それぞれ本発明における第1の補正行列、第2の補正行列及び第3の補正行列に相当する。

【0091】

次に、 θ_{2x} 、 θ_{3x} 、 θ_{1y} 、 θ_{3y} 、 θ_{1z} 、 θ_{2z} を得るための方法について説明する。

【0092】

X軸角速度センサー 10 a を X 軸回りに角度 θ_{xx} 、Y 軸回りに角度 θ_{xy} 、Z 軸回りに角度 θ_{xz} だけ移動させたときに、X' 軸回りに角度 $\theta_{xx'}$ 、Y' 軸回りに角度 $\theta_{xy'}$ 、Z' 軸回りに角度 $\theta_{xz'}$ だけ移動することを示す検出値が得られる関係にあるとすると、式(10)より次の式(14)が成立する。

20

【0093】

【数 1 4】

$$T_{\delta x} \begin{pmatrix} \Delta\theta_{xx} \\ \Delta\theta_{xy} \\ \Delta\theta_{xz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_{xx} + \Delta\theta_{3x}\Delta\theta_{xy} - \Delta\theta_{2x}\Delta\theta_{xz} \\ \Delta\theta_{xy} - \Delta\theta_{3x}\Delta\theta_{xx} \\ \Delta\theta_{xz} + \Delta\theta_{2x}\Delta\theta_{xx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_{xx'} \\ \Delta\theta_{xy'} \\ \Delta\theta_{xz'} \end{pmatrix} \dots(14)$$

30

同様に、Y軸角速度センサー 10 b を X 軸回りに角度 θ_{yx} 、Y 軸回りに角度 θ_{yy} 、Z 軸回りに角度 θ_{yz} だけ移動させたときに、X' 軸回りに角度 $\theta_{yx'}$ 、Y' 軸回りに角度 $\theta_{yy'}$ 、Z' 軸回りに角度 $\theta_{yz'}$ だけ移動することを示す検出値が得られる関係にあるとすると、式(11)より次の式(15)が成立する。

【0094】

【数 1 5】

$$T_{\delta y} \begin{pmatrix} \Delta\theta_{yx} \\ \Delta\theta_{yy} \\ \Delta\theta_{yz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_{yx} + \Delta\theta_{3y}\Delta\theta_{yy} \\ \Delta\theta_{yy} - \Delta\theta_{3y}\Delta\theta_{yx} + \Delta\theta_{1y}\Delta\theta_{yz} \\ \Delta\theta_{yz} - \Delta\theta_{1y}\Delta\theta_{yy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_{yx'} \\ \Delta\theta_{yy'} \\ \Delta\theta_{yz'} \end{pmatrix} \dots(15)$$

40

同様に、Z軸角速度センサー 10 c を X 軸回りに角度 θ_{zx} 、Y 軸回りに角度 θ_{zy} 、Z 軸回りに角度 θ_{zz} だけ移動させたときに、X' 軸回りに角度 $\theta_{zx'}$ 、Y' 軸回りに角度 $\theta_{zy'}$ 、Z' 軸回りに角度 $\theta_{zz'}$ だけ移動することを示す検出値が得られる関係にあるとすると、式(12)より次の式(16)が成立する。

【0095】

【数 16】

$$T_{\alpha} \begin{pmatrix} \Delta\theta_{zx} \\ \Delta\theta_{zy} \\ \Delta\theta_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_{zx} - \Delta\theta_{2z}\Delta\theta_{zz} \\ \Delta\theta_{zy} + \Delta\theta_{1z}\Delta\theta_{zz} \\ \Delta\theta_{zz} + \Delta\theta_{2z}\Delta\theta_{zx} - \Delta\theta_{1z}\Delta\theta_{zy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_{zx'} \\ \Delta\theta_{zy'} \\ \Delta\theta_{zz'} \end{pmatrix} \dots(16)$$

まず、姿勢検出装置 1 を Y 軸及び Z 軸回りには回転させずに X 軸回りにのみ角度 θ_x だけ回転させた場合、式 (15) において $\theta_{yx} = \theta_x$ 、 $\theta_{yy} = 0$ 、 $\theta_{yz} = 0$ なので、 $\theta_{yx'} = \theta_x$ 、 $\theta_{yz'} = 0$ とともに以下の関係式 (17) を得ることができる。

【0096】

【数 17】

$$\Delta\theta_{yy'} = -\Delta\theta_{3y}\Delta\theta_x \dots(17)$$

Y 軸角速度センサー 10b の検出値 (Y' 軸回りの角速度) に所定時間を掛けることにより $\theta_{yy'}$ を得ることができるので、式 (17) に $\theta_{yy'}$ と θ_x を代入することにより、 θ_{3y} を得ることができる。

【0097】

同様に、式 (16) において $\theta_{zx} = \theta_x$ 、 $\theta_{zy} = 0$ 、 $\theta_{zz} = 0$ なので、 $\theta_{zx'} = \theta_x$ 、 $\theta_{zy'} = 0$ とともに以下の関係式 (18) を得ることができる。

【0098】

【数 18】

$$\Delta\theta_{zz'} = \Delta\theta_{2z}\Delta\theta_x \dots(18)$$

Z 軸角速度センサー 10c の検出値 (Z' 軸回りの角速度) に所定時間を掛けることにより $\theta_{zz'}$ を得ることができるので、式 (18) に $\theta_{zz'}$ と θ_x を代入することにより、 θ_{2z} を得ることができる。

【0099】

次に、姿勢検出装置 1 を X 軸及び Z 軸回りには回転させずに Y 軸回りにのみ角度 θ_y だけ回転させた場合、式 (14) において $\theta_{xx} = 0$ 、 $\theta_{xy} = \theta_y$ 、 $\theta_{xz} = 0$ なので、 $\theta_{xy'} = \theta_y$ 、 $\theta_{xz'} = 0$ とともに以下の関係式 (19) を得ることができる。

【0100】

【数 19】

$$\Delta\theta_{xx'} = \Delta\theta_{3x}\Delta\theta_y \dots(19)$$

X 軸角速度センサー 10a の検出値 (X' 軸回りの角速度) に所定時間を掛けることにより $\theta_{xx'}$ を得ることができるので、式 (19) に $\theta_{xx'}$ と θ_y を代入することにより、 θ_{3x} を得ることができる。

【0101】

同様に、式 (16) において $\theta_{zx} = 0$ 、 $\theta_{zy} = \theta_y$ 、 $\theta_{zz} = 0$ なので、 $\theta_{zx'} = 0$ 、 $\theta_{zy'} = \theta_y$ とともに以下の関係式 (20) を得ることができる。

【0102】

【数 20】

$$\Delta\theta_{zz'} = -\Delta\theta_{1z}\Delta\theta_y \dots(20)$$

Z 軸角速度センサー 10c の検出値 (Z' 軸回りの角速度) に所定時間を掛けることにより $\theta_{zz'}$ を得ることができるので、式 (20) に $\theta_{zz'}$ と θ_y を代入するこ

10

20

30

40

50

とにより、 θ_{1z} を得ることができる。

【0103】

最後に、姿勢検出装置1をX軸及びY軸回りには回転させずにZ軸回りにのみ角度 θ_z だけ回転させた場合、式(14)において $\theta_{xx} = 0$ 、 $\theta_{xy} = 0$ 、 $\theta_{xz} = \theta_z$ なので、 $\theta_{xy'} = 0$ 、 $\theta_{xz'} = \theta_z$ とともに以下の関係式(21)を得ることができる。

$$\Delta\theta_{xx'} = -\Delta\theta_{2x}\Delta\theta_z \dots(21)$$

10

X軸角速度センサー10aの検出値(X'軸回りの角速度)に所定時間を掛けることにより $\theta_{xx'}$ を得ることができるので、式(21)に $\theta_{xx'}$ と θ_z を代入することにより、 θ_{2x} を得ることができる。

【0105】

同様に、式(15)において $\theta_{yx} = 0$ 、 $\theta_{yy} = 0$ 、 $\theta_{yz} = \theta_z$ なので、 $\theta_{yx'} = 0$ 、 $\theta_{yz'} = \theta_z$ とともに以下の関係式(22)を得ることができる。

【0106】

【数22】

$$\Delta\theta_{yy'} = \Delta\theta_{1y}\Delta\theta_z \dots(22)$$

20

Y軸角速度センサー10bの検出値(Y'軸回りの角速度)に所定時間を掛けることにより $\theta_{yy'}$ を得ることができるので、式(22)に $\theta_{yy'}$ と θ_z を代入することにより、 θ_{1y} を得ることができる。

【0107】

以上のようにして得られた θ_{2x} 、 θ_{3x} 、 θ_{1y} 、 θ_{3y} 、 θ_{1z} 、 θ_{2z} から計算される逆行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} を式(13)に代入すれば、角速度センサー10a、10b、10cの各検出値 $G_{x'}$ 、 $G_{y'}$ 、 $G_{z'}$ をそれぞれ理想値 G_x 、 G_y 、 G_z に補正することができる。

【0108】

30

なお、実際には、式(13)の補正計算はCPU又は専用回路によりデジタル値で行われる。そのため、角速度センサー10a、10b、10cの検出値 $G_{x'}$ 、 $G_{y'}$ 、 $G_{z'}$ のA/D変換値にA/D変換のサンプル周期 t を掛けて得られるX'軸、Y'軸、Z'軸回りの微小回転角 $\theta_{x'}$ 、 $\theta_{y'}$ 、 $\theta_{z'}$ が、次の式(23)により、X軸、Y軸、Z軸回りの微小回転角 θ_x 、 θ_y 、 θ_z に補正される。

【0109】

【数23】

$$\begin{pmatrix} \Delta\theta_x \\ \Delta\theta_y \\ \Delta\theta_z \end{pmatrix} = T_{\delta x}^{-1} \begin{pmatrix} \Delta\theta_{x'} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + T_{\delta y}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta\theta_{y'} \\ 0 \end{pmatrix} + T_{\delta z}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta\theta_{z'} \end{pmatrix} \dots(23)$$

40

X軸加速度センサー50a、Y軸加速度センサー50b、Z軸加速度センサー50cの各検出値の補正においても、同様の理論が成り立つ。

【0110】

X軸加速度センサー50aは、Y軸回りに微小角 θ_{2x} 、Z軸回りに微小角 θ_{3x} 回ったX'軸が検出軸になるように取り付けられており(θ_{2x} 、 θ_{3x} が取付角誤差になる)、変換行列 T_x は次の式(24)のように表される。

【0111】

【数 2 4】

$$T_{yx} = I + J_2 \Delta\phi_{2x} + J_3 \Delta\phi_{3x} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi_{3x} & -\Delta\phi_{2x} \\ -\Delta\phi_{3x} & 1 & 0 \\ \Delta\phi_{2x} & 0 & 1 \end{pmatrix} \dots (24)$$

同様に、Y 軸加速度センサー 5 0 b は、X 軸回りに微小角 ϕ_{1y} 、Z 軸回りに微小角 ϕ_{3y} 回った Y' 軸が検出軸になるように取り付けられており (ϕ_{1y} 、 ϕ_{3y} が取付角誤差になる)、変換行列 T_y は次の式 (25) のように表される。

【0 1 1 2】

【数 2 5】

$$T_{yy} = I + J_1 \Delta\phi_{1y} + J_3 \Delta\phi_{3y} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi_{3y} & 0 \\ -\Delta\phi_{3y} & 1 & \Delta\phi_{1y} \\ 0 & -\Delta\phi_{1y} & 1 \end{pmatrix} \dots (25)$$

同様に、Z 軸加速度センサー 5 0 c は、X 軸回りに微小角 ϕ_{1z} 、Y 軸回りに微小角 ϕ_{2z} 回った Z' 軸が検出軸になるように取り付けられており (ϕ_{1z} 、 ϕ_{2z} が取付角誤差になる)、変換行列 T_z は次の式 (26) のように表される。

【0 1 1 3】

【数 2 6】

$$T_{yz} = I + J_1 \Delta\phi_{1x} + J_2 \Delta\phi_{2x} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\Delta\phi_{2z} \\ 0 & 1 & \Delta\phi_{1z} \\ \Delta\phi_{2z} & -\Delta\phi_{1z} & 1 \end{pmatrix} \dots (26)$$

式 (24) ~ 式 (26) は角速度センサー 1 0 a、1 0 b、1 0 c における式 (10) ~ 式 (12) と対応している。

【0 1 1 4】

X 軸加速度センサー 5 0 a を X 軸方向に速度 v_{xx} 、Y 軸方向に速度 v_{xy} 、Z 軸方向に速度 v_{xz} で移動させたときに、X' 軸方向に速度 $v_{xx'}$ 、Y' 軸方向に速度 $v_{xy'}$ 、Z' 軸方向に速度 $v_{xz'}$ で移動することを示す検出値が得られる関係にあるとすると、次の式 (27) が成立する。

【0 1 1 5】

【数 2 7】

$$T_{yx} \begin{pmatrix} \Delta v_{xx} \\ \Delta v_{xy} \\ \Delta v_{xz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta v_{xx} + \Delta\phi_{3x} \Delta v_{xy} - \Delta\phi_{2x} \Delta v_{xz} \\ \Delta v_{xy} - \Delta\phi_{3x} \Delta v_{xx} \\ \Delta v_{xz} + \Delta\phi_{2x} \Delta v_{xx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta v_{xx'} \\ \Delta v_{xy'} \\ \Delta v_{xz'} \end{pmatrix} \dots (27)$$

Y 軸加速度センサー 5 0 b を X 軸方向に速度 v_{yx} 、Y 軸方向に速度 v_{yy} 、Z 軸方向に速度 v_{yz} で移動させたときに、X' 軸方向に速度 $v_{yx'}$ 、Y' 軸方向に速度 $v_{yy'}$ 、Z' 軸方向に速度 $v_{yz'}$ で移動することを示す検出値が得られる関係にあるとすると、次の式 (28) が成立する。

【0 1 1 6】

10

20

30

40

【数 2 8】

$$T_{yy} \begin{pmatrix} \Delta v_{yx} \\ \Delta v_{yy} \\ \Delta v_{yz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta v_{yx} + \Delta\phi_{3y} \Delta v_{yy} \\ \Delta v_{yy} - \Delta\phi_{3y} \Delta v_{yx} + \Delta\phi_{1y} \Delta v_{yz} \\ \Delta v_{yz} - \Delta\phi_{1y} \Delta v_{yy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta v_{yx'} \\ \Delta v_{yy'} \\ \Delta v_{yz'} \end{pmatrix} \cdots (28)$$

Z 軸加速度センサー 50c を X 軸方向に速度 v_{zx} 、Y 軸方向に速度 v_{zy} 、Z 軸方向に速度 v_{zz} で移動させたときに、X' 軸方向に速度 $v_{zx'}$ 、Y' 軸方向に速度 $v_{zy'}$ 、Z' 軸方向に速度 $v_{zz'}$ で移動することを示す検出値が得られる関係にあるとすると、次の式 (29) が成立する。

10

【0117】

【数 2 9】

$$T_{yz} \begin{pmatrix} \Delta v_{zx} \\ \Delta v_{zy} \\ \Delta v_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta v_{zx} - \Delta\phi_{2z} \Delta v_{zz} \\ \Delta v_{zy} + \Delta\phi_{1z} \Delta v_{zz} \\ \Delta v_{zz} + \Delta\phi_{2z} \Delta v_{zx} - \Delta\phi_{1z} \Delta v_{zy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta v_{zx'} \\ \Delta v_{zy'} \\ \Delta v_{zz'} \end{pmatrix} \cdots (29)$$

式 (27) ~ 式 (29) は角速度センサー 10a、10b、10c における式 (14) ~ 式 (16) と対応している。そして、角速度センサー 10a、10b、10c における式 (17) ~ 式 (22) の導出と同様の方法により以下の (30) ~ 式 (35) が得られる。

20

【0118】

【数 3 0】

$$\Delta v_{yy'} = -\Delta\phi_{3y} \Delta v_x \cdots (30)$$

【0119】

【数 3 1】

$$\Delta v_{zz'} = \Delta\phi_{2z} \Delta v_x \cdots (31)$$

【0120】

【数 3 2】

$$\Delta v_{xx'} = \Delta\phi_{3x} \Delta v_y \cdots (32)$$

30

【0121】

【数 3 3】

$$\Delta v_{zz'} = -\Delta\phi_{1z} \Delta v_y \cdots (33)$$

【0122】

【数 3 4】

$$\Delta v_{xx'} = -\Delta\phi_{2x} \Delta v_z \cdots (34)$$

40

【0123】

【数 3 5】

$$\Delta v_{yy'} = \Delta\phi_{1y} \Delta v_z \cdots (35)$$

そして、 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} を次の式 (36) に代入すれば、加速度センサー 50a、50b、50c の各検出値 $A_{x'}$ 、 $A_{y'}$ 、 $A_{z'}$ をそれぞれ理想値 A_x 、 A_y 、 A_z に補正することができる。なお、式 (36) は角速度センサー 10a、10b、10c における式 (13) と対応している。

50

【 0 1 2 4 】

【 数 3 6 】

$$\begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} = T_{yx}^{-1} \begin{pmatrix} A_{x'} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + T_{yy}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ A_{y'} \\ 0 \end{pmatrix} + T_{yz}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ A_{z'} \end{pmatrix} \dots (36)$$

なお、実際には、式(36)の補正計算はCPU又は専用回路によりデジタル値で行われる。そのため、加速度センサー50a、50b、50cの検出値 $A_{x'}$ 、 $A_{y'}$ 、 $A_{z'}$ のA/D変換値にA/D変換のサンプル周期 t を掛けて得られる X' 軸、 Y' 軸、 Z' 軸方向の微小速度 $v_{x'}$ 、 $v_{y'}$ 、 $v_{z'}$ が、次の式(37)により、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸方向の微小速度 v_x 、 v_y 、 v_z に補正される。

10

【 0 1 2 5 】

【 数 3 7 】

$$\begin{pmatrix} \Delta v_x \\ \Delta v_y \\ \Delta v_z \end{pmatrix} = T_{yx}^{-1} \begin{pmatrix} \Delta v_{x'} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + T_{yy}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta v_{y'} \\ 0 \end{pmatrix} + T_{yz}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta v_{z'} \end{pmatrix} \dots (37)$$

2 - 3 . 補正パラメーター作成用装置

20

図8は、本実施形態の補正パラメーター作成用装置の構成を示す図である。

【 0 1 2 6 】

補正パラメーター作成用装置200は、姿勢検出装置1に含まれる各センサーの取付角誤差に起因する誤差を含む検出値を理想値に補正するための補正パラメーター(補正行列)を作成するために使用される。

【 0 1 2 7 】

補正パラメーター作成用装置200は、立方体治具210、ソケット220、回転板230、回転モーター240、支持台250、ケーブル260等により構成される。

【 0 1 2 8 】

立方体治具210は、金属等の材料により立法体形状(直方体形状でもよい)に成型され、3つの面211、212、213が互いに直交するように厳密に面取りがされており、面211にはソケット220が固着されている。立方体治具210の3つの面211、212、213は、それぞれ本発明における治具の第1の面、第2の面及び第3の面に相当する。

30

【 0 1 2 9 】

ソケット220は、ソケット本体222と開閉可能な蓋体224で構成されており、ソケット本体220は姿勢検出装置1を所定の向きに隙間無く収容できるようになっている。

【 0 1 3 0 】

立方体治具210は、姿勢検出装置1をソケット220にセットすることにより、 X 軸、 Y 軸及び Z 軸がそれぞれ面212、213及び211と垂直になるように、姿勢検出装置1を固定可能になっている。また、立方体治具210の面211、212、213とそれぞれ対向する3つの面214、215、216にはそれぞれ固定金具(図示せず)が設けられている。

40

【 0 1 3 1 】

回転板230は、上面231の凹凸が無視できるほど小さく、上面231には固定金具(図示せず)が設けられており、立方体治具210のいずれかの固定金具を回転板230の固定金具に接合することにより、立法体治具210の面214、215、216のいずれかを上面231に固定可能になっている。

【 0 1 3 2 】

50

また、回転板 230 は傾きを調整することができるようになっており、データ補正装置 200 が設置された状態で回転板 230 の上面 231 が水平になるように厳密に調整される。

【0133】

回転モーター 240 は、支持台 250 に取り付けられており、鉛直方向を軸として時計回り又は半時計回りに所定範囲の角速度で回転できるようになっている。

【0134】

ケーブル 260 は回転モーター 240 の制御回路（図示せず）に接続されている。ケーブル 260 にはパーソナルコンピュータ等の制御装置（図示せず）が接続され、GPIB（General Purpose Interface Bus）等のインターフェースにより回転モーター 250 の回転速度が調整できるようになっている。

10

【0135】

なお、回転モーター 240 は、本発明における回転制御部として機能する。

【0136】

本実施形態によれば、立方体治具 210 と回転板 230 を用いることにより、図 13（A）等にした回転腕 530 を必要としないので、よりコンパクトかつ低コストの補正パラメーター作成用装置 200 を提供することができる。本実施形態に係る補正パラメーター作成用装置 200 を用いることにより、後述するように、補正行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} 、 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} を簡単に短時間で取得することができる。

20

【0137】

2-4. 補正パラメーター作成手順

次に、図 8 に示した補正パラメーター作成用装置 200 を用いて、補正パラメーター（補正行列）を作成する手順の一例について説明する。

【0138】

図 9 は、本実施形態における補正パラメーター作成手順の一例を示すフローチャート図である。

【0139】

まず、回転板 230 を上面 231 が水平になるように設置する（ステップ S10）。

【0140】

次に、立方体治具 210 の面 211 に取り付けられているソケット 220 に姿勢検出装置 1 をセットする（ステップ S12）。

30

【0141】

次に、立方体治具 210 の面 212 と対向する面 215 を回転板 230 の上面 231 に固定する（ステップ S14）。これにより、補正パラメーター作成用装置 200 は図 10（A）のようにセッティングされ、X 軸の正方向が鉛直上向きになるように、立方体治具 210 が回転板 230 に固定される。

【0142】

次に、回転板 230 を静止させた状態で Y 軸加速度センサー 50b、Z 軸加速度センサー 50c の各検出値を取得し、式（30）、式（31）より v_{3y} 、 v_{2z} を計算する（ステップ S16）。具体的には、加速度センサー 50b、50c の各検出値 $A_{y'}$ 、 $A_{z'}$ をサンプリングして A/D 変換した値にサンプル周期 t を掛けて得られる微小速度 $v_{y'}$ 、 $v_{z'}$ を計算する。ここで、 $v_{y'}$ 及び $v_{z'}$ は、それぞれ式（30）における $v_{yy'}$ 及び式（31）における $v_{zz'}$ に相当する。また、加速度センサー 50b、50c には X 軸の負方向に重力加速度 g が加わるため、式（30）、式（31）における $v_x = -g \times t$ である。従って、式（30）、式（31）より v_{3y} 、 v_{2z} を計算することができる。

40

【0143】

次に、回転板 230 を角速度 ω_x で回転させて Y 軸角速度センサー 10b、Z 軸角速度センサー 10c の各検出値を取得し、式（17）、式（18）より v_{3y} 、 v_{2z} を

50

計算する（ステップ S 1 8）。具体的には、角速度センサー 1 0 b、1 0 c の各検出値 G_y' 、 G_z' をサンプリングして A / D 変換した値にサンプル周期 t を掛けて得られる微小回転角 θ_y 、 θ_z を計算する。ここで、 θ_y 及び θ_z は、それぞれ式（17）における θ_y 及び式（18）における θ_z に相当する。また、角速度センサー 1 0 b、1 0 c は X 軸回りに角速度 ω_x で回転するため、式（17）、式（28）における $\theta_x = \omega_x \times t$ である。従って、式（17）、式（18）より θ_y 、 θ_z を計算することができる。

【0144】

次に、立方体治具 2 1 0 の面 2 1 3 と対向する面 2 1 6 を回転板 2 3 0 の上面 2 3 1 に固定する（ステップ S 2 0）。これにより、補正パラメータ作成用装置 2 0 0 は図 1 0（B）のようにセッティングされ、Y 軸の正方向が鉛直上向きになるように、立方体治具 2 1 0 が回転板 2 3 0 に固定される。

10

【0145】

次に、回転板 2 3 0 を静止させた状態で X 軸加速度センサー 5 0 a、Z 軸加速度センサー 5 0 c の各検出値を取得し、式（32）、式（33）より a_x 、 a_z を計算する（ステップ S 2 2）。ステップ S 2 2 における具体的な処理は、ステップ S 1 6 と同様であるため説明を省略する。

【0146】

次に、回転板 2 3 0 を角速度 ω_y で回転させて X 軸角速度センサー 1 0 a、Z 軸角速度センサー 1 0 c の各検出値を取得し、式（19）、式（20）より θ_x 、 θ_z を計算する（ステップ S 2 4）。ステップ S 2 4 における具体的な処理は、ステップ S 1 8 と同様であるため説明を省略する。

20

【0147】

次に、立方体治具 2 1 0 の面 2 1 1 と対向する面 2 1 4 を回転板 2 3 0 の上面 2 3 1 に固定する（ステップ S 2 6）。これにより、補正パラメータ作成用装置 2 0 0 は図 1 0（C）のようにセッティングされ、Z 軸の正方向が鉛直上向きになるように、立方体治具 2 1 0 が回転板 2 3 0 に固定される。

【0148】

次に、回転板 2 3 0 を静止させた状態で X 軸加速度センサー 5 0 a、Y 軸加速度センサー 5 0 b の各検出値を取得し、式（34）、式（35）より a_x 、 a_y を計算する（ステップ S 2 8）。ステップ S 2 8 における具体的な処理は、ステップ S 1 6 と同様であるため説明を省略する。

30

【0149】

次に、回転板 2 3 0 を角速度 ω_z で回転させて X 軸角速度センサー 1 0 a、Y 軸角速度センサー 1 0 b の各検出値を取得し、式（21）、式（22）より θ_x 、 θ_y を計算する（ステップ S 3 0）。ステップ S 3 0 における具体的な処理は、ステップ S 1 8 と同様であるため説明を省略する。

【0150】

最後に、補正行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} 、 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} を作成する（ステップ S 3 2）。具体的には、ステップ S 2 4、S 3 0 でそれぞれ計算した θ_x 、 θ_z を式（10）に代入して得られる変換行列 T_x の逆行列を計算することにより補正行列 T_x^{-1} を作成することができる。同様に、ステップ S 1 8、S 3 0 でそれぞれ計算した θ_y 、 θ_y を式（11）に代入して得られる変換行列 T_y の逆行列を計算することにより補正行列 T_y^{-1} を作成することができる。同様に、ステップ S 1 8、S 2 4 でそれぞれ計算した θ_z 、 θ_z を式（12）に代入して得られる変換行列 T_z の逆行列を計算することにより補正行列 T_z^{-1} を作成することができる。同様に、ステップ S 2 2、S 2 8 でそれぞれ計算した a_x 、 a_x を式（24）に代入して得られる変換行列 T_x の逆行列を計算することにより補正行列 T_x^{-1} を作成することができる。同様に、ステップ S 1 6、S 2 8 でそれぞれ計算した a_y 、 a_y を式（25）に代入して得られる変換行列 T_y の逆行列

40

50

を計算することにより補正行列 T_y^{-1} を作成することができる。同様に、ステップ S 16、S 22 でそれぞれ計算した ${}_2z$ 、 ${}_1z$ を式 (26) に代入して得られる変換行列 T_z の逆行列を計算することにより補正行列 T_z^{-1} を作成することができる。

【0151】

なお、以上の処理は、補正パラメータ作成用装置 200 のケーブル 260 に接続されたパーソナルコンピュータ等により行われる。そして、本実施形態を用いて作成した補正パラメータは、例えば、姿勢検出装置 1 の後段に接続されるユーザー側のマイコンに実装される補正計算処理用のタスクにおいて使用される。

【0152】

本実施形態によれば、立方体治具 210 を用いることにより、X 軸、Y 軸、Z 軸が立方体治具 210 のそれぞれ面 212、面 213、面 211 と垂直になるように、面 211 に姿勢検出装置 1 を容易に固定することができる。そして、上面 231 が水平になるように回転板 230 を設置すれば、立方体治具 210 の面 215、216、214 をそれぞれ回転板 230 の上面 231 に固定するだけで、簡単に、X 軸、Y 軸、Z 軸をそれぞれ鉛直方向と平行にすることができる。さらに、X 軸、Y 軸、Z 軸をそれぞれ鉛直方向と平行にした状態において、回転板 230 を静止させることにより加速度センサー 50a、50b、50c の各検出値を、回転板 230 を回転させることにより角速度センサー 10a、10b、10c の各検出値を、それぞれ簡単に短時間で取得することができる。

【0153】

すなわち、最初に一度だけ、上面 231 が水平になるように回転板 230 を設置すれば回転板 230 の回転方向が固定されるので、X 軸、Y 軸、Z 軸に関する検出値を取得するためのセッティング時間を大幅に短縮することができる。従って、本実施形態によれば、補正行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} 、 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} をより低コストで作成することができる。

【0154】

なお、本実施形態では、例えば、X 軸角速度センサー 10a の補正行列 T_x^{-1} は、Y 軸及び Z 軸回りの回転時の X 軸角速度センサー 10a の検出値に基づいて作成される。そのため、各検出軸に対する取付角誤差と他軸感度誤差の両方が考慮された補正パラメータが作成される。

【0155】

本実施形態を用いて作成した補正パラメータは、移動体やロボットの姿勢検出、姿勢制御を行う装置、バーチャルリアリティー等に使用されるヘッドマウントディスプレイ、頭の姿勢角度を検出するトラッカー、3D ゲームパッド等を使用するゲーム機、デジタルカメラ、携帯電話機、携帯型情報端末、カーナビゲーションシステム等の種々の電子機器に組み込まれる姿勢検出装置の検出値の補正に使用することができる。

【0156】

3. 補正機能付き姿勢検出装置

図 11 は、本実施形態の姿勢検出装置の構成を示す図である。

【0157】

補正機能付き姿勢検出装置 300 は、角速度センサーモジュール 2、加速度センサーモジュール 3、アンチエイリアスフィルター 310a、310b、310c、350a、350b、350c、A/D 変換回路 320a、320b、320c、360a、360b、360c、補正計算処理部 370、記憶部 380 を含んで構成されている。

【0158】

角速度センサーモジュール 2 及び加速度センサーモジュール 3 は図 1 及び図 2 と同じ構成であるため、その説明を省略する。

【0159】

アンチエイリアスフィルター 310a、310b、310c、350a、350b、350c は、それぞれ A/D 変換回路 320a、320b、320c、360a、360b、

10

20

30

40

50

360cの前段に配置され、角速度検出信号38a、38b、38c及び加速度検出信号78a、78b、78cに対して、それぞれA/D変換回路320a、320b、320c、360a、360b、360cのサンプリングによりDC付近の周波数帯域に折り返すノイズをあらかじめ無視できる程度にまで減衰させる。

【0160】

なお、アンチエイリアスフィルタ310a、310b、310c、360a、360b、360cは、例えば、スイッチトキャパシタフィルタ(Switched Capacitor Filter (SCF))として構成することができる。

【0161】

A/D変換回路320a、320b、320c、360a、360b、360cは、角速度検出信号38a、38b、38c及び加速度検出信号78a、78b、78cがアンチエイリアスフィルタ310a、310b、310c、350a、350b、350cによってそれぞれフィルタ処理された信号をそれぞれ所定ビット数の角速度検出信号322a、322b、322c及び加速度検出信号362a、362b、362cに変換する。A/D変換回路320a、320b、320c、360a、360b、360cは、本発明におけるA/D変換処理部として機能し、フラッシュ型(並列比較型)、パイプライン型、逐次比較型、デルタシグマ方式等の既知の様々なタイプのA/D変換回路により構成することができる。

10

【0162】

記憶部380には、角速度センサーの補正パラメータ382と加速度センサーの補正用パラメータ384が記憶されている。具体的には、補正パラメータ382は補正行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} であり、補正パラメータ384は補正行列 T_x^{-1} 、 T_y^{-1} 、 T_z^{-1} である。

20

【0163】

補正計算処理部370は、角速度検出信号322a、322b、322cと補正パラメータ382に基づいて補正式(23)を計算することにより、角速度センサー10a、10b、10cの取付角誤差に起因する角速度検出信号38a、38b、38cの誤差が補正された角速度検出信号302a、302b、302cを生成する。具体的には、補正計算処理部370は、角速度検出信号322a、322b、322cのデジタル値にA/D変換のサンプル周期 t を掛けた値を補正式(23)の微小回転角 $\theta_{x'}^{\cdot}$ 、 $\theta_{y'}^{\cdot}$ 、 $\theta_{z'}^{\cdot}$ にそれぞれ代入して微小回転角 θ_x 、 θ_y 、 θ_z を計算し、さらに微小回転角 θ_x 、 θ_y 、 θ_z を t で割ったデジタル値に対応する角速度検出信号302a、302b、302cを生成する。

30

【0164】

同様に、補正計算処理部370は、加速度検出信号362a、362b、362cと補正パラメータ384に基づいて補正式(37)を計算することにより、加速度センサー50a、50b、50cの取付角誤差に起因する加速度検出信号78a、78b、78cの誤差が補正された角速度検出信号304a、304b、304cを生成する。具体的には、補正計算処理部370は、加速度検出信号362a、362b、362cのデジタル値にA/D変換のサンプル周期 t を掛けた値を補正式(37)の微小速度 $v_{x'}$ 、 $v_{y'}$ 、 $v_{z'}$ にそれぞれ代入して微小速度 v_x 、 v_y 、 v_z を計算し、さらに微小速度 v_x 、 v_y 、 v_z を t で割ったデジタル値に対応する加速度検出信号304a、304b、304cを生成する。

40

【0165】

補正計算処理部370は補正計算処理を行う専用回路として実現することもできるし、CPU(Central Processing Unit)が記憶部380等に記憶されたプログラムを実行することにより補正計算処理部370の機能を実現することもできる。

【0166】

図12は、本実施形態の姿勢検出装置の他の構成を示す図である。

【0167】

50

図 1 2 において、角速度センサーモジュール 2、加速度センサーモジュール 3、アンチエリアスフィルター 3 1 0 a、3 1 0 b、3 1 0 c、3 5 0 a、3 5 0 b、3 5 0 c、記憶部 3 8 0 の構成は図 1 1 と同様であるため、その説明を省略する。

【 0 1 6 8 】

マルチプレクサ 3 9 0 は、角速度検出信号 3 8 a、3 8 b、3 8 c 及び加速度検出信号 7 8 a、7 8 b、7 8 c がアンチエリアスフィルター 3 1 0 a、3 1 0 b、3 1 0 c、3 5 0 a、3 5 0 b、3 5 0 c によってそれぞれフィルター処理された信号を所定周期で時分割に順次選択する。

【 0 1 6 9 】

A / D 変換回路 3 2 0 は、マルチプレクサ 3 9 0 により選択された信号を所定ビット数の検出信号 3 2 2 に変換する。A / D 変換回路 3 2 0 及びマルチプレクサ 3 9 0 は、それぞれ本発明における A / D 変換処理部及び信号選択処理部として機能する。

【 0 1 7 0 】

補正計算処理部 3 7 0 は、所定周期毎に検出信号 3 2 2 をサンプリングし、検出信号 3 2 2 が角速度検出信号 3 8 a、3 8 b、3 8 c に対応する場合は、検出信号 3 2 2 と補正パラメーター 3 8 2 に基づいて補正式 (2 3) を計算することにより補正された角速度検出信号をそれぞれ生成し、検出信号 3 2 2 として時分割に出力する。

【 0 1 7 1 】

同様に、補正計算処理部 3 7 0 は、検出信号 3 2 2 が加速度検出信号 7 8 a、7 8 b、7 8 c に対応する場合は、検出信号 3 2 2 と補正パラメーター 3 8 4 に基づいて補正式 (3 7) を計算することにより補正された加速度検出信号をそれぞれ生成し、検出信号 3 2 2 として時分割に出力する。

【 0 1 7 2 】

なお、図 1 1 又、図 1 2 に示した姿勢検出装置 3 0 0 において、補正計算処理部 3 7 0 をバイパスして A / D 変換回路 3 2 0 a 等の出力を外部に出力可能なバイパスモードを設ければ、バイパスモードに設定した状態で本実施形態の補正パラメーター作成方法を用いて補正パラメーター 3 8 2、3 8 4 を作成することができる。すなわち、姿勢検出装置 3 0 0 も本実施形態の補正パラメーター作成方法の適用対象になり得る。

【 0 1 7 3 】

本実施形態によれば、補正計算処理部 3 7 0 は、前記の通り、補正精度の向上及び補正計算処理の高速化を実現可能な補正式 (2 3) 及び補正式 (3 7) に従い補正值を計算するので、補正精度がより高く、かつ、補正計算処理がより速い姿勢検出装置を実現することができる。

【 0 1 7 4 】

また、本実施形態によれば、姿勢検出装置 3 0 0 の後段に接続されるユーザー側のマイコンに補正計算処理を実装する必要がなくなるため、タスクカプセル化の見地からユーザーに受け入れられやすい。

【 0 1 7 5 】

また、本実施形態の姿勢検出装置 3 0 0 はセンサー検出信号をデジタル化して出力するので、姿勢検出装置 3 0 0 とユーザー側のマイコンの間に A / D 変換回路を接続する必要がなくなる。

【 0 1 7 6 】

本実施形態の姿勢検出装置 3 0 0 は、移動体やロボットの姿勢検出、姿勢制御を行う装置、バーチャルリアリティー等に使用されるヘッドマウントディスプレイ、頭の姿勢角度を検出するトラッカー、3 D ゲームパッド等を使用するゲーム機、デジタルカメラ、携帯電話機、携帯型情報端末、カーナビゲーションシステム等の種々の電子機器に組み込むことができる。

【 0 1 7 7 】

なお、本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

10

20

30

40

50

【0178】

例えば、図1に示した姿勢検出装置は、3つの角速度センサー10a、10b、10cと3つの加速度センサー50a、50b、50cを含んでいるが、本発明の補正パラメータ作成方法が適用される姿勢検出装置はこれに限られない。すなわち、本発明の補正パラメータ作成方法が適用される姿勢検出装置は直交する3軸の角速度又は加速度を検出可能な構成であればよく、例えば、角速度センサー10a、10b、10cのみを含む姿勢検出装置、加速度センサー50a、50b、50cのみを含む姿勢検出装置、角速度センサー10a、10bと加速度センサー50cのみを含む姿勢検出装置、角速度センサー10aと加速度センサー50b、50cのみを含む姿勢検出装置等も適用対象に含まれる。

10

【0179】

また、例えば、図8に示した補正パラメータ作成用装置200は、面211にソケット220が1つだけ取り付けられているが、面211に複数のソケット220を取り付けるようにしてもよい。そして、複数のソケット220の各々に姿勢検出装置1をセットすることにより、各姿勢検出装置1の検出値を同時に取得することができる。

【0180】

また、例えば、図9の手順では、X軸、Y軸、Z軸の順に姿勢検出装置1の検出値を取得するようになっていたが、任意の軸の順に姿勢検出装置1の検出値を取得することができる。

【0181】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0182】

【図1】本実施形態の補正パラメータ作成方法の対象となる姿勢検出装置の構成の一例を示す図。

30

【図2】本実施形態における姿勢検出装置の斜視図。

【図3】角速度センサーに含まれる振動子の一例を示す平面図。

【図4】角速度センサーに含まれる振動子の動作について説明するための図。

【図5】角速度センサーに含まれる振動子の動作について説明するための図。

【図6】角速度センサーに含まれる駆動回路及び検出回路の構成の一例を示す図。

【図7】センサーの取付角誤差について説明するための図。

【図8】本実施形態の補正パラメータ作成用装置の構成を示す図。

【図9】本実施形態における補正パラメータ作成手順の一例を示すフローチャート図。

【図10】本実施形態における補正パラメータ作成手順について説明するための図。

【図11】本実施形態の姿勢検出装置の構成を示す図。

40

【図12】本実施形態の姿勢検出装置の他の構成を示す図。

【図13】従来の補正パラメータ作成方法について説明するための図。

【図14】従来の補正パラメータ作成方法について説明するための図。

【符号の説明】

【0183】

1 姿勢検出装置、2 角速度センサーモジュール、3 加速度センサーモジュール、4 パッケージ、5a, 5b, 5c パッケージの面、10a, 10b, 10c 角速度センサー、11a, 11b, 11c 振動子、12a, 12b, 12c 駆動電極、13a, 13b, 13c 駆動電極、14a, 14b, 14c 検出電極、15a, 15b, 15c 検出電極、20a, 20b, 20c 駆動回路、21a 電流電圧変換器 (I/V

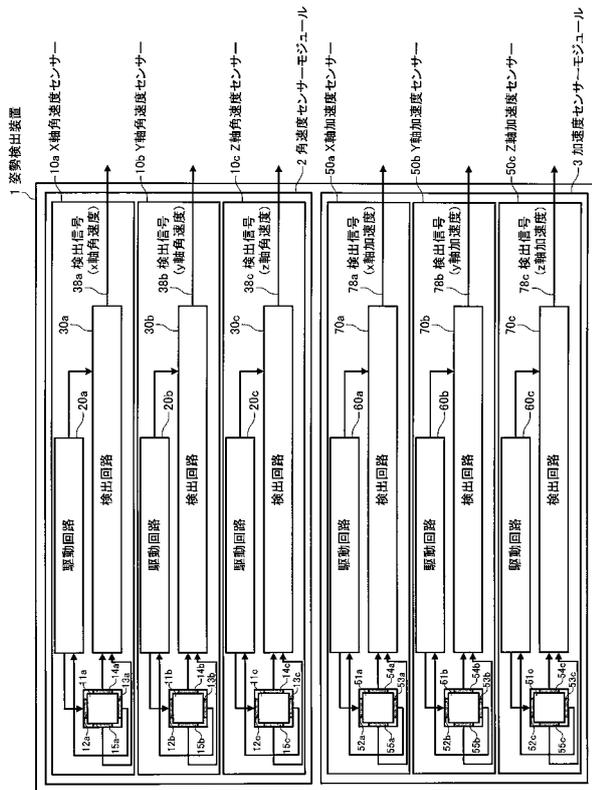
50

変換器)、22a AC増幅器、23a 自動利得制御回路(AGC) 24a コンパ
 レータ、30a, 30b, 30c 検出回路、31a, 32a チャージアンプ、33a
 差動増幅器、34a AC増幅器、35a 同期検波回路、36a DC増幅器、37
 a 積分回路(LPF)、38a, 38b, 38c 検出信号、41a 駆動振動腕、4
 2a 検出振動腕、43a 幅広部、44a 駆動用基部、45a 連結腕、46a 幅
 広部、47a 検出用基部、50a, 50b, 50c 加速度センサー、51a, 51b
 , 51c 振動子、52a, 52b, 52c 駆動電極、53a, 53b, 53c 駆動
 電極、54a, 54b, 54c 検出電極、55a, 55b, 55c 検出電極、56a
 , 56b, 56c 基端部、57a, 57b, 57c 基端部、58a, 58b, 58c
 駆動振動腕、60a, 60b, 60c 駆動回路、70a, 70b, 70c 検出回路
 、78a, 78b, 78c 検出信号、80 絶縁基板、82a, 82b, 82c パッ
 ケージ、84a, 84b, 84c パッケージ本体、86a, 86b, 86c 蓋体、9
 0 ベース、91, 92, 93 素子取付面、100 ウェイト、101, 102, 10
 3 素子接合面、200 補正パラメーター作成用装置、210 立方体治具、211,
 212, 213, 214, 215, 216 立方体治具の面、220 ソケット、222
 ソケット本体、224 蓋体、230 回転板、231 回転板の上面、240 回転
 モーター、250 支持台、260 ケーブル、300 姿勢検出装置、302, 302
 a, 302b, 302c 検出信号、304a, 304b, 304c 検出信号、310
 a, 310b, 310c アンチエリアスフィルター、310a, 310b, 310c
 A/D変換回路、320 A/D変換回路、322a, 322b, 322c 検出信号、
 350a, 350b, 350c アンチエリアスフィルター、360a, 360b, 36
 0c A/D変換回路、362a, 362b, 362c 検出信号、370 補正計算処
 理部、380 記憶部、382 補正パラメーター、384 補正パラメーター、390
 マルチプレクサ、500 補正パラメーター作成用装置、510 テーブル、520
 ソケット、530 回転腕

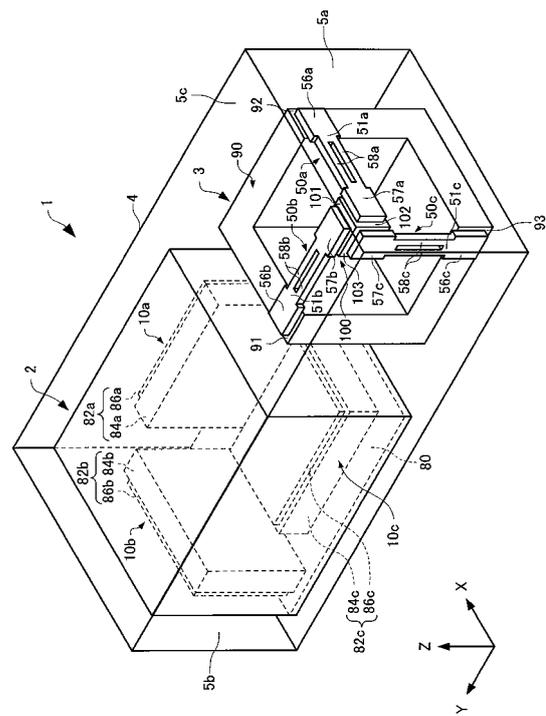
10

20

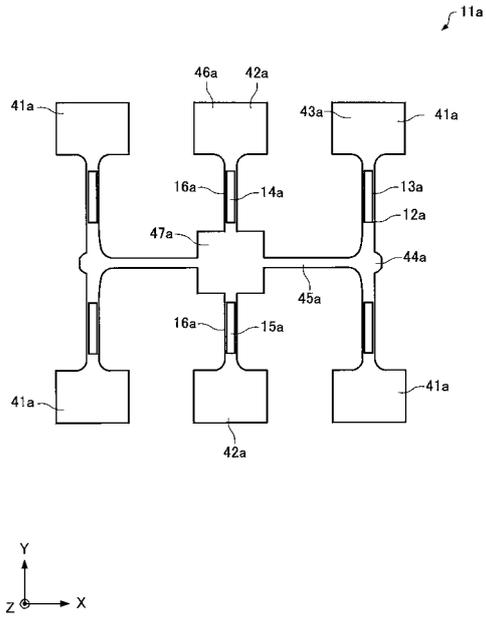
【図1】



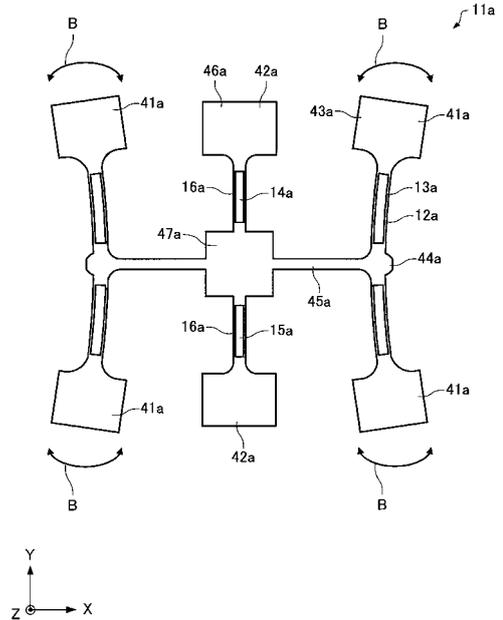
【図2】



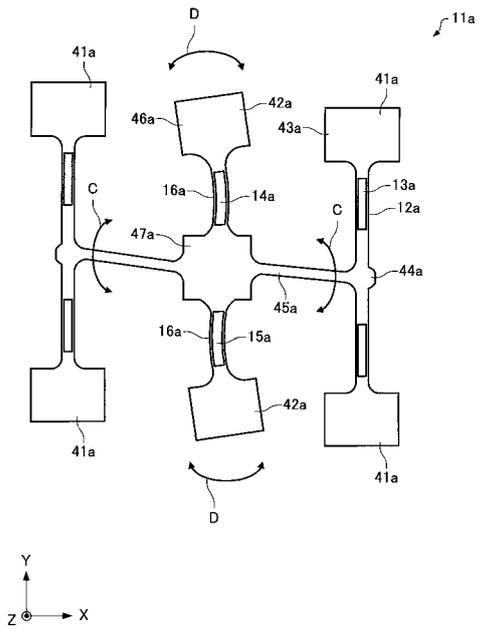
【 図 3 】



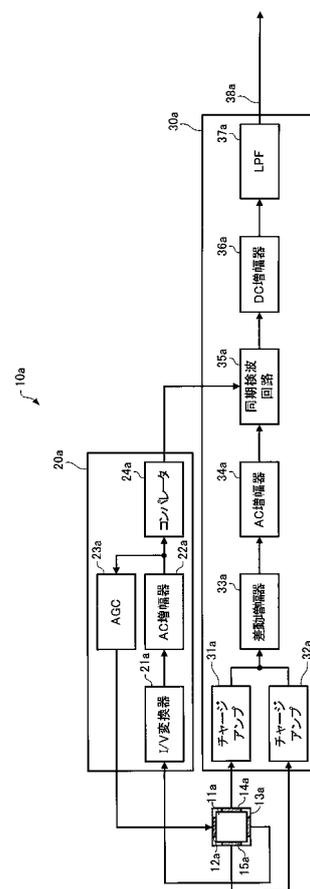
【 図 4 】



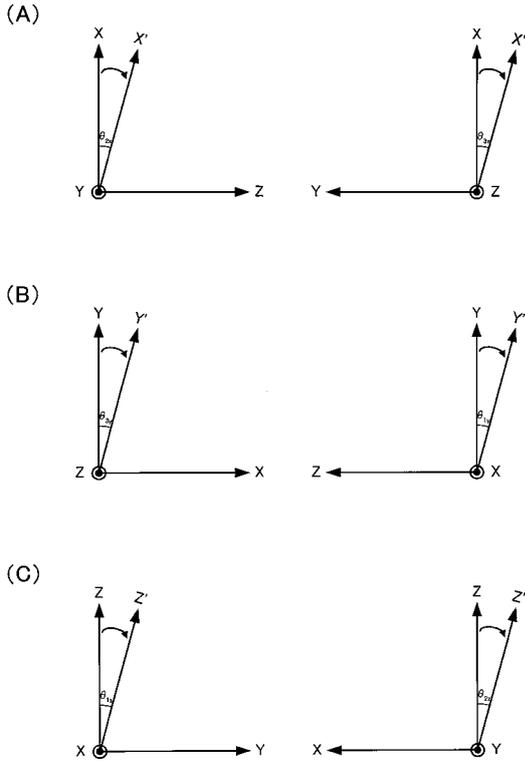
【 図 5 】



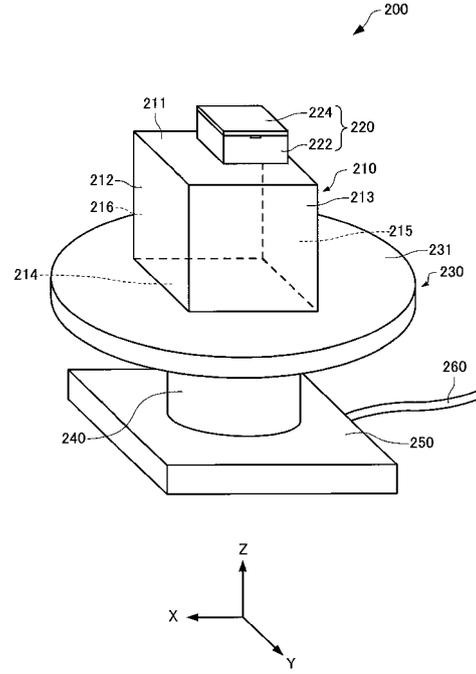
【 図 6 】



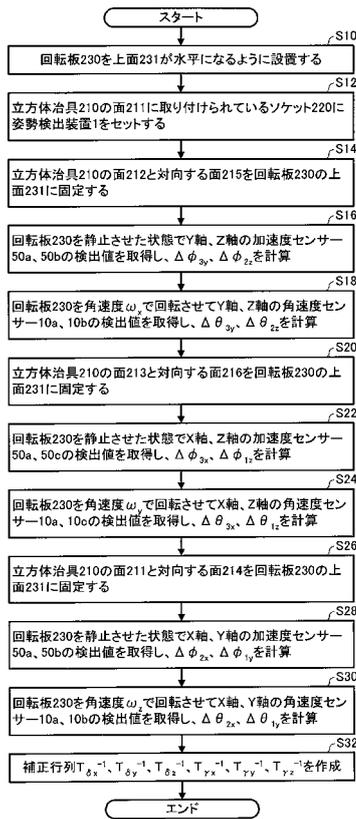
【図7】



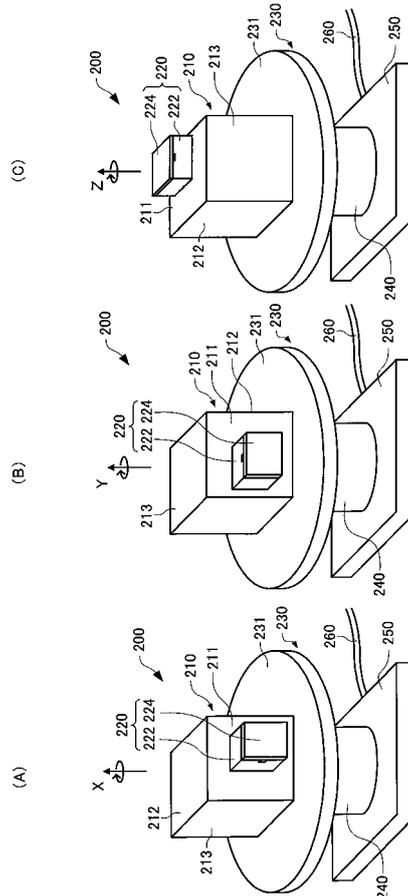
【図8】



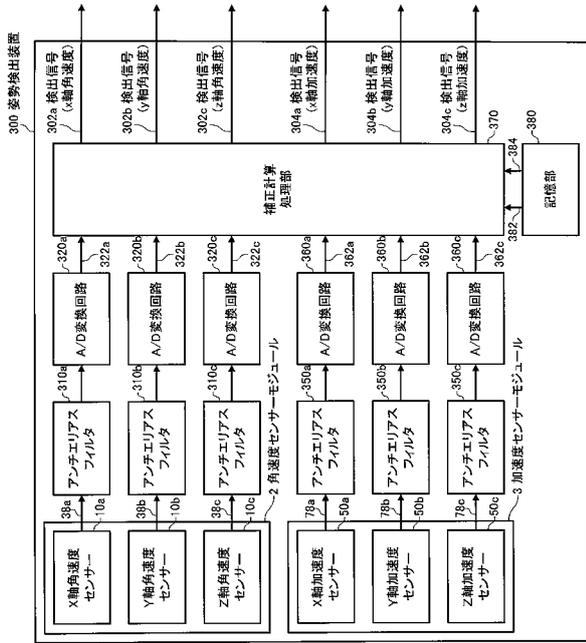
【図9】



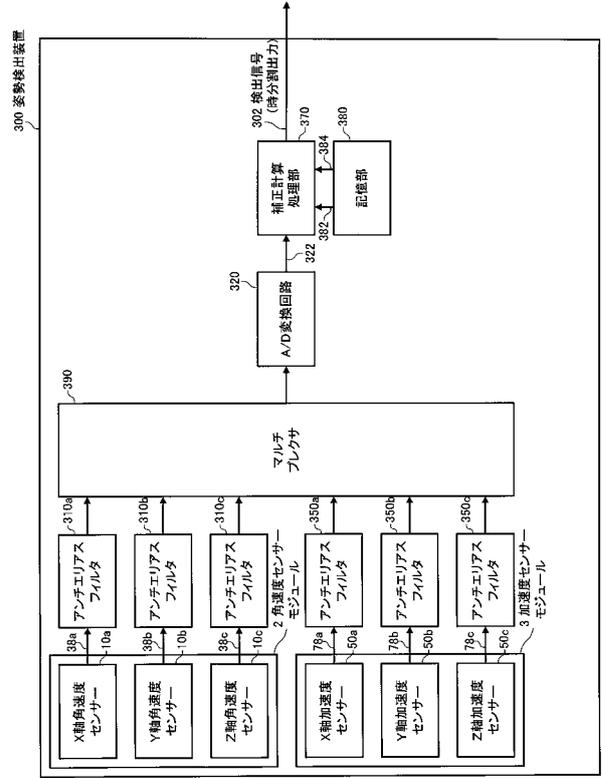
【図10】



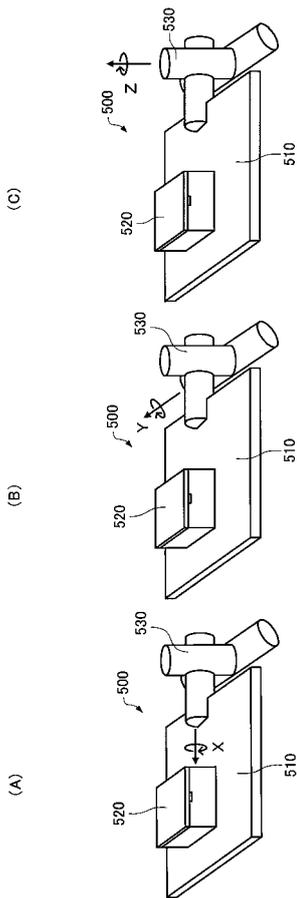
【図 1 1】



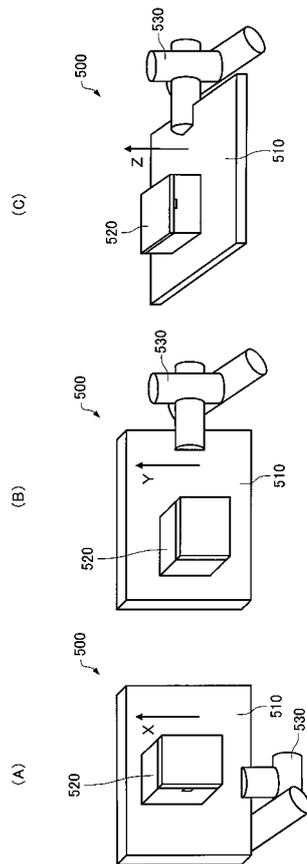
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
G 0 1 P 15/18 (2006.01)			G 0 1 P 15/00		K	
G 0 1 B 21/22 (2006.01)			G 0 1 B 21/22			
G 0 6 F 3/038 (2006.01)			G 0 6 F 3/038	3 1 0 Y		

Fターム(参考) 2F069 AA74 AA93 BB21 BB22 BB40 EE20 EE23 GG41 MM04 NN00
NN02 NN08
2F105 AA02 AA06 AA08 BB07 BB14 CC04 CD02 CD06 CD11 CD13
5B087 AA09 BC04 BC13