

(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2015-114286

(P2015-114286A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**G 0 1 C 19/00 (2013.01)** G 0 1 C 19/00 Z 2 F 1 0 5

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-258443 (P2013-258443)	(71) 出願人	000000033
(22) 出願日	平成25年12月13日 (2013.12.13)		
		(74) 代理人	旭化成株式会社 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地
		(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也
		(74) 代理人	100103850 弁理士 田中 秀▲てつ▼
		(72) 発明者	山下 昌哉 神奈川県厚木市岡田3050番地 旭化成株式会社内
		(72) 発明者	加藤 静一 神奈川県厚木市岡田3050番地 旭化成株式会社内
		Fターム(参考)	2F105 AA01 BB07 BB20

(54) 【発明の名称】 角速度センサの校正装置及びその校正方法

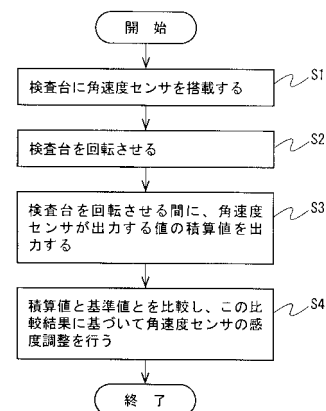
(57) 【要約】

【課題】 正確な角速度で回転するターンテーブルを用いることなく角速度センサの校正を行い、且つ角速度センサの多軸分の校正に要する所要時間の短縮を図る。

【解決手段】

検査台3に角速度センサ4を搭載した後(ステップS1)、角速度センサ4を基準とするXYZ座標において、X軸、Y軸、及びZ軸のうち少なくとも2軸の成分を有するベクトルの方向に延びる軸を回転軸として、検査台3を第1の角度だけ回転させる(ステップS2)。検査台3が第1の角度だけ回転する間の角速度センサ4の出力を検出軸毎に積算し(ステップS3)、積算した検出軸毎の積算値と基準値とを比較し、この比較結果に基づいて角速度センサ4の感度調整を行う(ステップS4)。

【選択図】 図6



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

角速度センサを搭載可能な検査台と、

前記検査台に搭載された角速度センサの検出軸を軸とする X Y Z 座標系における 3 つの軸のうち、少なくとも 2 つの軸の成分を有するベクトルの方向に延びる軸を回転軸として前記検査台を回転運動させる回転装置と、

前記検査台が所定の角度だけ前記回転運動を行なう間に前記角速度センサが出力する値の前記検出軸毎の積算値を出力する積算部と、

前記検出軸毎の積算値と予め設定された基準値とを比較し、当該比較結果に基づいて前記角速度センサの感度調整を行う感度調整部と、

を備えた角速度センサの校正装置。

10

**【請求項 2】**

前記回転装置は、前記回転軸周りに前記検査台を一方向に第 1 の角度だけ回転させた後に、逆方向に第 2 の角度だけ回転させ、

前記感度調整部は、前記検査台が前記第 1 の角度だけ回転したときの前記積算部から出力される積算値と前記検査台が前記第 2 の角度だけ回転したときの前記積算部から出力される積算値と前記基準値とに基づいて、前記角速度センサの感度調整を行なう請求項 1 に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 3】**

前記第 1 の角度は、

20

絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下である請求項 2 に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 4】**

前記第 1 の角度は、

絶対値が 180 度である請求項 3 に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 5】**

前記第 2 の角度は、

絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下である請求項 2 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 6】**

30

前記第 2 の角度は、

絶対値が 180 度である請求項 5 に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 7】**

前記ベクトルは、

前記 X Y Z 座標系における X 軸の成分、Y 軸の成分、及び Z 軸の成分を有し、

これら軸成分の絶対値がそれぞれ等しい請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 8】**

前記ベクトルは、

前記 X Y Z 座標系における Z 軸の成分を除く、X 軸の成分と Y 軸の成分とを有し、

40

前記 X 軸の成分及び前記 Y 軸の成分の絶対値がそれぞれ等しい請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの校正装置。

**【請求項 9】**

角速度センサの検出軸を軸とする X Y Z 座標系における 3 つの軸のうち、少なくとも 2 つの軸の成分を有するベクトルの方向に延びる軸と検査台を回転運動させる回転装置の回転軸とが一致するように、前記検査台に前記角速度センサを搭載する搭載ステップと、

前記回転軸周りに前記検査台を所定の角度だけ回転運動させる回転ステップと、

前記検査台が前記回転運動を行なう間に、前記角速度センサが出力する値の前記検出軸毎の積算値を出力する積算ステップと、

前記検出軸毎の積算値と予め設定された基準値とを比較し、当該比較結果に基づいて前

50

記角速度センサの感度調整を行う調整ステップと、  
を有する角速度センサの校正方法。

【請求項 10】

前記回転ステップは、

前記検査台を前記回転軸周りに一方向に第 1 の角度だけ回転させた後に、逆方向に第 2 の角度だけ回転させるステップであり、

前記積算ステップは、前記検査台が前記第 1 の角度だけ回転運動する間に前記角速度センサから出力される値の検出軸毎の積算値と、前記検査台が前記第 2 の角度だけ回転運動する間に前記角速度センサから出力される値の検出軸毎の積算値とを出力するステップである請求項 9 に記載の角速度センサの校正方法。

10

【請求項 11】

前記第 1 の角度は、

絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下である請求項 10 に記載の角速度センサの校正方法。

【請求項 12】

前記第 1 の角度は、

絶対値が 180 度である請求項 11 に記載の角速度センサの校正方法。

【請求項 13】

前記第 2 の角度は、

絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下である請求項 10 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの校正方法。

20

【請求項 14】

前記第 2 の角度は、

絶対値が 180 度である請求項 13 に記載の角速度センサの校正方法。

【請求項 15】

前記ベクトルは、

前記 X Y Z 座標系における、X 軸の成分、Y 軸の成分、及び Z 軸の成分を有し、これら軸成分の絶対値がそれぞれ等しい請求項 9 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの校正方法。

【請求項 16】

前記ベクトルは、

前記 X Y Z 座標系における、Z 軸の成分を除く、X 軸の成分及び Y 軸の成分を有し、前記 X 軸の成分及び前記 Y 軸の成分の絶対値がそれぞれ等しい請求項 9 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの校正方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角速度センサの校正装置及びその校正方法に関し、より詳細には、正確な角速度で回転するターンテーブルを用いることなく、出荷前の角速度センサの多軸分の校正（感度調整）に要する所要時間の短縮を図る角速度センサの校正装置及びその校正方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来から、自動車産業や機械産業などでは、運動する物体の加速度や角速度を正確に検出できるセンサの需要が高まっている。一般に、三次元空間内において自由運動をする物体には、任意の向きの加速度と任意の回転方向の角速度とが作用する。このため、この物体の運動を正確に把握するためには、X Y Z 三次元直交座標系における各座標軸方向の加速度と各座標軸まわりの角速度とをそれぞれ独立して検出する必要がある。

【0003】

図 1 は、従来のコリオリ力を利用した一次元角速度センサの基本原理を説明するための

50

斜視図であって、特許文献 1 に記載されている一軸の角速度センサによる角速度の検出原理を説明するための図である。

角柱状の振動子 10 に対して X, Y, Z 軸を定義した X Y Z 三次元直交座標系において、振動子 10 が Z 軸を回転軸として角速度  $\omega$  で回転運動を行っている場合、この振動子 10 を X 軸方向に往復運動させるような振動 U を与えると、Y 軸方向にコリオリ力 F が発生する。つまり、振動子 10 を X 軸に沿って振動させた状態で、この振動子 10 を、Z 軸を中心軸として回転させると、Y 軸方向にコリオリ力 F が生じることになる。この現象は、フーコーの振り子として古くから知られている力学現象であり、発生するコリオリ力 F は、 $F = 2 m \cdot v \cdot \omega$  で表される。ここで、m は振動子 10 の質量、v は振動子 10 の振動についての瞬時の速度、 $\omega$  は振動子 10 の瞬時の角速度を示している。

10

#### 【0004】

一軸の角速度センサは、上述した現象を利用して角速度  $\omega$  を検出するものである。つまり、角柱状の振動子 10 の第 1 の側面には第 1 の圧電素子 11 が取り付けられ、第 1 の側面と直交する第 2 の側面には第 2 の圧電素子 12 がそれぞれ取り付けられる。圧電素子 11、12 としては、 piezoelectric セラミックからなる板状の素子が用いられている。そして、振動子 10 に対して振動 U を与えるために圧電素子 11 が利用され、発生したコリオリ力 F を検出するために圧電素子 12 が利用される。つまり、圧電素子 11 に交流電圧を与えると、この圧電素子 11 は伸縮運動を繰り返して X 軸方向に振動する。この振動 U が振動子 10 に伝達され、振動子 10 が X 軸方向に振動することになる。このように、振動子 10 に振動 U を与えた状態で、振動子 10 自身が Z 軸を中心軸として角速度  $\omega$  で回転すると、上述した現象により、Y 軸方向にコリオリ力 F が発生する。このコリオリ力 F は、圧電素子 12 の厚み方向に作用するため、圧電素子 12 の両面にはコリオリ力 F に比例した電圧 V が発生する。そこで、この電圧 V を測定することにより、角速度  $\omega$  を検出することが可能になる。

20

#### 【0005】

この種の角速度センサは、出荷前に特定の温度に維持しながら回転させることにより、その信号特性を角速度検査装置により検査するようにしている。例えば、特許文献 2 に記載の装置は、角速度センサ検査用テーブル装置に関するものである。角速度センサの信号は、周囲の温度によって変動する場合があります。車載品や高精度品については、出荷前にその温度特性を全品検査する必要がある。そのため、従来、角速度センサの温度特性を検査する場合、恒温槽内に回転プレートを設置して、この回転プレート上に角速度センサを搭載し、この恒温槽内を特定の温度に維持しながら、角速度センサを回転させて信号特性を検査している。

30

#### 【0006】

つまり、正確な角速度で回転するターンテーブル上に角速度センサを搭載し、このターンテーブルを一定角速度で回転させて角速度センサからの出力を測定して校正していた。

しかしながら、この従来の検査装置では、安定した一定角速度が得られるまでに時間を要するため、角速度センサの検査サイクルタイム（例えば、1 個あたり 5 秒～15 秒）を実現するためには、試験基板を大型化し、膨大な数の角速度センサを予めセットして同時に検査する必要がある。この結果、試験基板の設計・製作に多大な費用がかかり、また、膨大な数のソケットにおける角速度センサとのコンタクト性能を常に最適に維持・管理しなければならないという問題があった。また、検査装置の全体も大型化し、恒温槽への試験基板の出し入れ作業に時間を要するという問題があった。

40

#### 【0007】

また、角速度センサの信号処理に関しては、例えば、特許文献 3 には、ジャイロセンサが出力する角速度信号の誤差（センサ取り付けピッチ角、車両ピッチ角、センサの感度誤差などに起因する角速度誤差）を補正する角速度補正装置及びその補正方法が開示されている。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

50

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 3 0 9 9 4 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 1 - 2 5 7 2 0 3 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 9 - 1 3 9 2 2 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

ところで、角速度センサには通常、製造ばらつきに起因する出力バラツキがある。そのため、出荷前に角速度センサを校正している。

例えば、角速度センサを 1 秒間に  $N^{\circ}$  の速さで回転させる場面を考える。角速度センサを 1 秒間に  $N^{\circ}$  の速さで回転させる時の角速度センサの理想的な出力が であるとする、角速度センサに製造バラツキがあるので、ある角速度センサは、例えば、 $0.8$  を出力し、ある角速度センサは、例えば、 $1.25$  を出力してしまう。

10

【 0 0 1 0 】

このような角速度センサの出力バラツキをなくすために、出荷前に、角速度センサを校正する。具体的には、 $0.8$  の出力を出してしまう角速度センサについては、出力を  $5/4$  倍に校正（感度調整）し、 $1.25$  の出力を出してしまう角速度センサについては、出力を  $4/5$  倍にするように校正（感度調整）をしている。このような校正は、極めて手間がかかるものである。

【 0 0 1 1 】

20

そして、このような技術を用いて、多軸角速度センサにおいて、多軸分（X 軸と Y 軸の 2 軸、または X 軸と Y 軸と Z 軸の 3 軸）の校正を行おうとすると、ターンテーブルを回転させて角速度が一定になるまで待ち、角速度が一定になったら 1 軸分の校正を行う、という一連の作業が各軸分必要になるため、各軸分の校正を終えるまでの所要時間が長くなるという問題がある。

【 0 0 1 2 】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、正確な角速度で回転するターンテーブルを用いることなく、角速度センサの各軸の校正を終えるまでの所要時間の短縮を図ることの可能な角速度センサの校正装置及びその校正方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明の一態様は、角速度センサ（例えば図 4 に示す、角速度センサ 4）を搭載可能な検査台（例えば図 4 に示す、検査台 3）と、前記検査台に搭載された角速度センサの検出軸を軸とする X Y Z 座標系における 3 つの軸のうち、少なくとも 2 つの軸の成分を有するベクトルの方向に延びる軸を回転軸として前記検査台を回転運動させる回転装置（例えば図 4 に示す、回転装置 2）と、前記検査台が所定の角度だけ前記回転運動を行なう間に前記角速度センサが出力する値の前記検出軸毎の積算値を出力する積算部（例えば図 4 に示す、積算部 6）と、前記検出軸毎の積算値と予め設定された基準値とを比較し、当該比較結果に基づいて前記角速度センサの感度調整を行う感度調整部（例えば図 4 に示す、感度調整部 7）と、を備えた角速度センサの校正装置、である。

40

【 0 0 1 4 】

前記回転装置は、前記回転軸周りに前記検査台を一方向に第 1 の角度だけ回転させた後に、逆方向に第 2 の角度だけ回転させ、前記感度調整部は、前記検査台が前記第 1 の角度だけ回転したときの前記積算部から出力される積算値と前記検査台が前記第 2 の角度だけ回転したときの前記積算部から出力される積算値と前記基準値とに基づいて、前記角速度センサの感度調整を行なうものであってよい。

【 0 0 1 5 】

前記第 1 の角度は、絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下であってよい。

前記第 1 の角度は、絶対値が 180 度であってよい。

50

前記第 2 の角度は、絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下であってよい。

前記第 2 の角度は、絶対値が 180 度であってよい。

前記ベクトルは、前記 X Y Z 座標系における X 軸の成分、Y 軸の成分、及び Z 軸の成分を有し、これら軸成分の絶対値がそれぞれ等しくてよい。

【0016】

前記ベクトルは、前記 X Y Z 座標系における Z 軸の成分を除く、X 軸の成分と Y 軸の成分とを有し、前記 X 軸の成分及び前記 Y 軸の成分の絶対値がそれぞれ等しくてよい。

本発明の他の態様は、角速度センサの検出軸を軸とする X Y Z 座標系における 3 つの軸のうち、少なくとも 2 つの軸の成分を有するベクトルの方向に延びる軸と検査台を回転運動させる回転装置の回転軸とが一致するように、前記検査台に前記角速度センサを搭載する搭載ステップと、前記回転軸周りに前記検査台を所定の角度だけ回転運動させる回転ステップと、前記検査台が前記回転運動を行なう間に、前記角速度センサが出力する値の前記検出軸毎の積算値を出力する積算ステップと、前記検出軸毎の積算値と予め設定された基準値とを比較し、当該比較結果に基づいて前記角速度センサの感度調整を行う調整ステップと、を有する角速度センサの校正方法、である。

【0017】

前記回転ステップは、前記検査台を前記回転軸周りに一方向に第 1 の角度だけ回転させた後に、逆方向に第 2 の角度だけ回転させるステップであり、前記積算ステップは、前記検査台が前記第 1 の角度だけ回転運動する間に前記角速度センサから出力される値の検出軸毎の積算値と、前記検査台が前記第 2 の角度だけ回転運動する間に前記角速度センサから出力される値の検出軸毎の積算値とを出力するステップであってよい。

【0018】

前記第 1 の角度は、絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下であってよい。

前記第 1 の角度は、絶対値が 180 度であってよい。

前記第 2 の角度は、絶対値が 0 度よりも大きく 180 度以下であってよい。

前記第 2 の角度は、絶対値が 180 度であってよい。

前記ベクトルは、前記 X Y Z 座標系における、X 軸の成分、Y 軸の成分、及び Z 軸の成分を有し、これら軸成分の絶対値がそれぞれ等しくてよい。

【0019】

前記ベクトルは、前記 X Y Z 座標系における、Z 軸の成分を除く、X 軸の成分及び Y 軸の成分を有し、前記 X 軸の成分及び前記 Y 軸の成分の絶対値がそれぞれ等しくてよい。

【発明の効果】

【0020】

本発明の一態様によれば、正確な角速度で回転するターンテーブルを用いることなく、角速度センサの多軸分の校正に要する所要時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】従来のコリオリ力を利用した一次元角速度センサの基本原理を説明するための斜視図である。

【図 2】角速度センサの校正装置の一例の概略構成を示す斜視図である。

【図 3】角速度センサの校正装置の他の例の概略構成を示す斜視図である。

【図 4】角速度センサの校正装置を説明するための構成図である。

【図 5】本発明に係る角速度センサの校正方法を説明するための図である。

【図 6】本発明に係る角速度センサの校正方法を説明するためのフローチャートの一例である。

【図 7】実施形態 1 における動作説明に供する説明図である。

【図 8】オフセットの除去の動作説明に供する説明図である。

【図 9】実施形態 2 における動作説明に供する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

10

20

30

40

50

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

まず、本発明の実施形態の説明に先立って、出荷前の角速度センサの校正（感度調整）を、従来の回転するターンテーブルを用いた角速度設定回転駆動方式によらずに行う、角速度設定回転駆動方式を用いた校正方法について以下に説明する。なお、「角速度設定回転駆動方式」とは、回転軸に対して設定された一定角速度での円運動をする回転駆動方式であり、「角速度設定回転駆動方式」とは、回転軸に対して設定された角度分だけ円運動をする回転駆動方式を意味している。

#### 【0023】

まず、角速度設定回転駆動方式による角速度センサの校正装置の機器構成を説明する。

図2は、角速度設定回転駆動方式による角速度センサの校正装置を説明するための図であって、角速度センサの校正装置の概略構成を示す斜視図である。

以下、図2を伴って、図中の回転装置2および検査台3の構造、また各部の位置関係、回転動作を説明する。

#### 【0024】

図2に示すように、角速度センサの校正装置は、支持部1によって回転自在に支持される回転装置2と、回転装置2に支持される検査台3と、を備える。

校正対象の角速度センサ4は検査台3に搭載され、検査台3と一体に回転するように固定される。角速度センサ4にはケーブル5が接続され、角速度センサ4で検出した角速度情報はケーブル5を介して外部に伝送されるとともに、後述の校正用信号はケーブル5を介して角速度センサ4に伝送される。

#### 【0025】

ケーブル5の代わりに、スリップリングや無線伝送装置を用いて角速度情報を伝送してもよい。なお、図2において、角速度センサ4に記された黒丸は、角速度センサ4のピン端子のうち、1番目のピン（以後、1ピンともいう。）の位置を示す。

回転装置2は円柱状に形成され、回転装置2の長手方向の一端が支持部1によって回転自在に支持され、回転装置2の他端に検査台3が固定されている。検査台3は、板状を有し、検査台3の一方の面に校正対象の角速度センサ4を搭載するようになっており、回転装置2の回転軸が延びる方向と検査台3の角速度センサ4を搭載する側の面の法線方向とが傾きを持って回転装置2に固定される。なお、検査台3は、角速度センサ4を搭載する際には、角速度センサ4を搭載する側の面の法線方向と鉛直方向とが一致するように回転装置2により保持されている。

#### 【0026】

支持部1は回転装置2の駆動制御を行い、支持部1が回転装置2の長手方向の中心軸を回転軸として回転装置2を回転駆動することによって、検査台3が回転装置2の回転軸を軸として、右ねじの方向Aおよび右ねじとは逆の方向Bに回転し、その結果、検査台3に搭載された角速度センサ4が回転装置2の回転軸を軸として回転するようになっている。

角速度センサ4は、直交する3軸方向の角速度を検出する角速度センサである。

#### 【0027】

校正対象の角速度センサ4が検出可能な3軸方向をX軸、Y軸、Z軸とし、このX軸、Y軸、Z軸で定義されるXYZ3次元直交座標系を、角速度センサ4を基準とするXYZ座標系と定義する。

図2に示すように、回転装置2および検査台3は、検査台3に搭載された状態での、角速度センサ4を基準とするXYZ座標系において、そのX軸、Y軸及びZ軸の3軸の成分を有するベクトルPと平行な軸を回転軸として検査台3が回転するように配置される。

#### 【0028】

つまり、回転装置2は、その回転軸がベクトルPと平行な軸となるように鉛直方向に対して傾きを持って支持部1により支持される。

なお、図2では、検査台3の角速度センサ4を搭載した面に対して垂直な方向をZ軸とし、Z軸と直交する、検査台3の角速度センサ4を搭載した面と平行な軸をX軸およびY軸としているが、これに限るものではなく、回転装置2を回転させたときに、角速度セン

10

20

30

40

50

サ 4 から 3 軸成分を得ることができれば、角速度センサ 4 を基準とする X Y Z 座標はどのように設定してもよい。

【 0 0 2 9 】

支持部 1 が回転装置 2 を回転駆動することによって、検査台 3、つまり角速度センサ 4 が、角速度センサ 4 を基準とする X Y Z 直交座標系における X 軸、Y 軸、及び Z 軸の 3 軸の成分を有するベクトル P と平行な軸を回転軸として回転する。

なお、支持部 1 は、回転装置 2 を駆動する場合には、予め設定した時間（例えば 1 秒間）に、所定の角度だけ回転させる。すなわち、検査台 3 を所定の角度だけ回転させる。

【 0 0 3 0 】

図 2 に示すような構成とすることにより、回転装置 2 は、X 軸、Y 軸、及び Z 軸の 3 軸の成分を有するベクトル P を回転軸として、検査台 3 を回転させることができる。そして、ベクトル P は、検査台 3 に搭載された角速度センサ 4 を基準とする X Y Z 直交座標系における 3 軸の成分を有するベクトルである。そのため、回転装置 2 を駆動することによって、角速度センサ 4 は 3 軸の成分を検出し出力することになる。つまり、1 軸（ベクトル P に平行な軸）周りの回転で角速度センサ 4 の 3 軸の成分をまとめて出力させることができ、すなわち 3 軸の感度調整を行なうことができることになる。

【 0 0 3 1 】

なお、図 2 では、角速度センサ 4 の 3 軸の成分をまとめて出力させる場合について説明したが、これに限るものではなく、2 軸の成分をまとめて出力させることも可能である。

図 3 は、2 軸の成分をまとめて出力させる場合の、角速度センサの校正装置の一例を示す斜視図である。

2 軸の成分をまとめて出力させる場合には、図 3 に示すように、2 つの回転軸を備えた、既存の角速度センサの校正装置を用いることができる。また、2 つの回転軸を備えた既存の加速度センサの校正装置を同様に用いることができる。

【 0 0 3 2 】

すなわち、図 3 に示す角速度センサの校正装置は、支持部 1 により回転自在に支持される回転装置 2 と、回転装置 2 に支持される検査台 3 と、を備えており、回転装置 2 は第 1 部材 2 a と、第 1 部材 2 a の外周に設けられる第 2 部材 2 b とを備える。第 1 部材 2 a は、円柱状に形成され、一端が支持部 1 に回転自在に支持され、鉛直方向を z 軸としこの z 軸と直交する x 軸および y 軸を有する x y z 直交座標系において、x 軸を回転軸として回転する。第 2 部材 2 b は円柱状に形成され、一端が第 1 部材 2 a の外周に回転自在に支持され、鉛直方向を z 軸とする x y z 直交座標系における z 軸と平行な軸を回転軸として回転する。そして、第 2 部材 2 b の他端に、第 2 部材 2 b の回転軸が検査台 3 に対して垂直となるように、すなわち検査台 3 が水平となるように固定される。

【 0 0 3 3 】

角速度センサ 4 は、検査台 3 に搭載され、角速度センサ 4 と一体に回転するように固定されるが、このとき、角速度センサ 4 は、この角速度センサ 4 を基準とする X Y Z 直交座標系の Z 軸が鉛直方向と一致し、且つ、X 軸および Y 軸が、鉛直方向を z 軸とする x y z 直交座標系の x 軸および y 軸と一致しないように配置される。

なお、角速度センサ 4 は、水平面に載置したときの角速度センサ 4 の鉛直方向の検出軸が Z 軸、Z 軸と直交する水平方向を X 軸および Y 軸として直交する 3 次元座標系が角速度センサ 4 に設定されている。そのため、図 3 では、検査台 3 の角速度センサ 4 を搭載した面に対して垂直な方向が角速度センサ 4 の基準の X Y Z 直交座標系における Z 軸となり、Z 軸と直交する、検査台 3 の角速度センサ 4 を搭載した面と平行な軸が X 軸および Y 軸となっている。

【 0 0 3 4 】

このような構成において、支持部 1 は、回転装置 2 を、予め設定された時間（例えば 1 秒間）に所定の角度だけ回転駆動し、例えば、第 1 部材 2 a のみを回転させることによって、X 軸成分と Y 軸成分とをまとめて出力させることができる。つまり、第 1 部材 2 a の回転軸は X 軸であって、X Y Z 直交座標系における X 軸は、角速度センサ 4 を基準とする



x y z 直交座標系の x 軸とは異なる。そのため、第 1 部材 2 a を x 軸周りに回転させたとき、角速度センサ 4 から X 軸成分と Y 軸成分とがまとめて出力されることになる。

【0035】

次に、第 2 部材 2 b のみを回転させる。X Y Z 直交座標系における Z 軸は、角速度センサ 4 を基準とする x y z 直交座標系の z 軸と同じベクトルであるから、第 2 部材 2 b を z 軸周りに回転させたとき、角速度センサ 4 から Z 軸成分を出力させることができる。したがって、2 つの軸周りにそれぞれ検査台 3 を回転させることによって、3 軸の成分を出力させることができる。このため、この 3 軸成分に基づいて角速度センサ 4 の感度の調整を行なうことができることになる。

【0036】

次に、本発明の角速度センサの校正装置について説明する。

図 4 は、本発明に係る角速度センサの校正装置の一例を示す構成図である。

本発明に係る角速度センサの校正装置は、図 4 に示すように、図 2 に示す角速度センサの校正装置においてさらに、積算部 6 と感度調整部 7 とを備えている。積算部 6 および感度調整部 7 は、例えば、パーソナルコンピュータなどの演算処理装置により実現される。

【0037】

図 4 に示すように、支持部 1 により回転装置 2 を回転駆動することによって、回転装置 2 に固定された検査台 3 が回転装置 2 の回転軸を軸として回転し、その結果、検査台 3 に搭載された角速度センサ 4 が回転装置 2 の回転軸を軸として回転する。つまりベクトル P に平行な回転軸周りに回転する。

このとき、支持部 1 が、回転装置 2 を予め設定した時間（例えば 1 秒間）に所定の角度（例えば第 1 の角度）だけ回転させることによって、検査台 3 は、回転装置 2 の回転軸周りに第 1 の角度だけ回転する。

【0038】

検査台 3 の回転に伴い角速度センサ 4 も回転するため、角速度センサ 4 から、角速度検出情報が出力される。このとき、角速度センサ 4 は、この角速度センサ 4 を基準とする X Y Z 直交座標系の 3 軸の成分を有するベクトル P に平行な軸周りに回転するため、角速度センサ 4 は、3 軸の成分を検出し、その大きさに応じた角速度情報を出力する。角速度センサ 4 で検出された 3 軸の角速度情報は、ケーブル 5 を介して積算部 6 に入力される。

【0039】

積算部 6 は、回転装置 2 が検査台 3 を第 1 の角度だけ回転させる間に角速度センサ 4 から出力される値を積算し積算結果を出力する。このとき、積算部 6 は、角速度センサ 4 から出力される、X、Y、Z の 3 軸の成分について検出軸毎に積算し、X 軸成分の積算値、Y 軸成分の積算値、Z 軸成分の積算値を出力する。

感度調整部 7 は、積算部 6 から出力される、検査台 3 が第 1 の角度だけ回転したときの角速度センサ 4 の出力の積算値と予め設定した基準値とを比較し、この比較結果に基づいて角速度センサ 4 の感度調整を行なう。つまり、感度調整部 7 は、各軸成分の積算値毎に、それぞれ対応する基準値と比較し、比較結果に応じて検出軸毎に感度調整を行なう。なお、基準値は、予め設定された値であって、例えば校正装置の図示しない記憶部に予め格納しておいてもよく、或いは、校正を行なう際にユーザが、予め設定された基準値を入力するようにしてもよい。

【0040】

例えば、感度調整部 7 では、積算値と基準値との比較結果に基づき感度調整用の校正用信号を検出軸毎に生成し、生成した校正用信号を、ケーブル 5 を介して角速度センサ 4 に送信する。角速度センサ 4 は、通知された校正用信号に応じて感度調整を行ない、以後、調整後の感度に応じた角速度情報を出力する。また、積算部 6 を介して感度調整部 7 に入力された、検査台 3 が第 1 の角度だけ回転したときの角速度センサ 4 の角速度情報或いはその積算値などは、例えば角速度センサ 4 のオフセット調整を行なう処理部など、後段の処理部に対して出力される。

【0041】

10

20

30

40

50

次に、本発明に係る角速度センサの校正方法を説明する。

図 5 は、本発明に係る角速度センサの校正方法を説明するための図であって、図 2 に示した角度設定回転駆動方式による角速度センサの校正装置を駆動することにより、角速度センサ 4 から出力される矩形波を積分処理することによって、本発明の校正方法に用いる三角波を生成したものである。なお、図 5 は、角速度センサ 4 から出力される 3 軸成分のうち、1 軸分の成分についての信号処理状況を示したものであり、実際には、図示した信号処理を、角速度センサ 4 から出力される 3 軸成分それぞれについて実行する。

#### 【0042】

図 5 において、(a) は角速度センサ 4 から出力される 1 軸分の矩形波であって、横軸は時間  $t$ 、縦軸は角速度  $[dps]$  である。(b) は角速度センサ 4 から出力された 1 軸分の矩形波を積算部 6 により積分して得られた三角波であって、横軸は時間  $t$ 、縦軸は角度  $[deg]$  である。

図 5 (a) に示すように、 $V$  を角速度センサ 4 の出力 (角速度情報)、 $S$  を感度、 $dc$  を角速度定数とすると、これら間には、次式 (1) に示す関係がある。

$$V = S \cdot dc \quad \dots\dots (1)$$

式 (1) から、感度  $S$  は次式 (2) で表すことができる。

$$S = V / dc \quad \dots\dots (2)$$

#### 【0043】

これに対して、本発明は、角速度センサ 4 の出力を積算していることから次式 (3) の関係が成り立ち、その結果、感度  $S$  は次式 (4) で表すことができる。

$$V dt = S \cdot dc \cdot dt \quad \dots\dots (3)$$

$$S = V dt / dc \cdot dt$$

$$= V dt / 0 \quad (V \cdot t / 0) \quad \dots\dots (4)$$

なお、(4) 式中の  $0$  は角度変化 (angle variation) を示している。

#### 【0044】

積算部 6 は、角速度センサ 4 が出力する値の積算値として、三角波の頂点に相当する値を出力する。

そして、感度調整部 7 は、積算部 6 が出力する積算値と基準値とを比較する。ここで、基準値は、検査台 3 を XYZ 座標の各回転軸周りに回転させる角度に対応した値である。この値は、角速度センサ 4 の設計時の出力代表値 (Typ 値)、つまり理想的な角速度センサ 4 を回転させたときに角速度センサ 4 が出力する値と同じである。感度調整部 7 は、X 軸、Y 軸、及び Z 軸のそれぞれの軸周りに理想的な角速度センサ 4 を所定の角度だけ回転させたときの基準値と、各軸周りに角速度センサ 4 を回転させたときの角速度センサ 4 が出力する値を積算部 6 が積算した積算値と比較し、角速度センサ 4 の感度調整をする。

#### 【0045】

感度調整部 7 は、X 軸の成分の積算値が X 軸回転に対応する基準値より大きいときは、角速度センサ 4 の感度が大きいため、感度が小さくなるように調整する。感度調整部 7 は、X 軸の成分の積算値が X 軸回転に対応する基準値より小さいときは、角速度センサ 4 の感度が小さいため、感度が大きくなるように調整する。Y 軸及び Z 軸についても、同様である。

#### 【0046】

なお、図 3 を用いて説明したように、角速度センサ 4 が出力する 3 軸成分のうち 2 軸成分のみをまとめて出力する場合には、まず、X 軸周りに回転する第 1 部材 2 a のみを回転させる。これにより、角速度センサ 4 の X 軸および Y 軸成分をまとめて取得し、2 軸についてのみ積算処理を行なう。次に、Z 軸周りに回転する第 2 部材 2 b のみを回転させる。これにより、角速度センサ 4 の Z 軸成分を取得し、Z 軸についてのみ積算処理を行なう。そして、3 軸の積算値と対応する基準値とを比較し、比較結果に基づいて感度調整用の校正用信号を生成する。

#### 【0047】

10

20

30

40

50

上記角速度センサの校正装置が行う角速度センサの校正方法をまとめると図 6 に示すフローチャートに示す処理手順となる。

すなわち、本発明に係る角速度センサの校正方法は、搭載ステップ（ステップ S 1）、回転ステップ（ステップ S 2）、積算ステップ（ステップ S 3）、および感度調整ステップ（ステップ S 4）を有する。

【0048】

まず、ステップ S 1 では、検査台 3 に角速度センサ 4 を搭載する。この処理は、ユーザが手動で行なうようにしてもよく、また、図示しない搭載機構によって、角速度センサ 4 を自動的に搭載し、校正終了後は自動的に角速度センサ 4 を検査台 3 から取り除くようにしてもよい。

10

続いて、ステップ S 2 では、XYZ 直交座標系の X 軸、Y 軸、及び Z 軸のうちの少なくとも 2 軸の成分を有するベクトル P を回転軸として、検査台 3 を所定の角度だけ回転させる。

【0049】

検査台 3 を回転させると、ステップ S 3 に移行し、検査台 3 を回転させる間に角速度センサ 4 が出力する角速度情報の積算値を検出軸毎に演算し、検査台 3 が所定の角度だけ回転する間に角速度センサ 4 が出力した値の積算値を出力する。

そして、ステップ S 4 では、検査台 3 が第 1 の角度だけ回転する間の角速度センサ 4 の出力の積算値と基準値とを比較し、この比較結果に基づいて、角速度センサの感度調整を行う。

20

【0050】

以下、本発明の回転装置の動作および回転ステップ（ステップ S 2）について、詳細に説明する。なお、理解を容易にするために、角速度センサの 1 ピンの位置及び角速度センサ 4 の姿勢だけを図示して説明する。

【0051】

< 実施形態 1 >

図 7 は、本発明に係る角速度センサの校正装置及び校正方法の実施形態 1 を説明するための説明図である。

実施形態 1 における角速度センサの校正装置は、角速度センサ 4 の 2 軸の出力をまとめて得るようにしたものである。

30

実施形態 1 は、図 3 に示す、2 つの回転軸を備えた角速度センサの校正装置において、図 7 (a) に示すように、回転軸となるベクトル P が、角速度センサ 4 を基準とする XYZ 直交座標系における X 軸の成分及び Y 軸の成分を有し、Z 軸の成分を有さない形態である。

【0052】

前述のように、回転装置 2 として角速度センサを校正するための既存の校正装置の回転装置と同じ構造のものを使用している。また、2 つの回転軸を備えた既存の加速度センサの校正装置を同様に使用することもできる。

また、積算部 6 や感度調整部 7 の信号処理を簡易にするために、X 軸の成分と Y 軸の成分の絶対値は等しい。つまり、回転軸となるベクトル P と平行な角速度ベクトル の大きさは、X 軸の成分と Y 軸の成分の  $\sqrt{2}$  (2 の平方根) 倍の大きさである。

40

【0053】

まず、支持部 1 は、回転装置 2 を回転駆動し、第 1 部材 2 a のみを回転させて図 7 (b) に示すように、上記ベクトル P を回転軸として、検査台 3 を +180 度回転させる。このとき、角速度センサ 4 から右ねじの方向へ回したときの X 軸の成分と Y 軸の成分とが出力される。つまり、検査台 3 を、約 127 度回転させた場合の出力相当の X 軸成分および Y 軸成分が出力されることになる。

【0054】

この時点で、角速度センサ 4 の 2 軸分の出力が得られるため、2 軸分の校正を行うことができる。つまり、角速度センサ 4 が 2 軸の角速度センサであれば、このステップだけで

50

校正を行うことができることになる。

本実施形態では、3軸の角速度センサ4であるため、続いて、支持部1は、回転装置2を回転駆動し、上記ベクトルPを回転軸として、検査台3を-180度回転させる。このとき、角速度センサ4から右ねじとは逆の方向のX軸の成分とY軸の成分が出力される。

【0055】

次に、回転装置2は、Z軸を回転軸として、検査台3を+180度回転させる。このとき、角速度センサ4から右ねじの方向に回したときのZ軸の成分が出力される。最後に、回転装置は、Z軸を回転軸として、-180度回転させる。このとき、角速度センサ4から右ねじと逆の方向に回したときのZ軸の成分が出力される。

【0056】

このような回転動作により角速度センサから出力されたX軸の成分、Y軸の成分、Z軸の成分の各値は、積算部6によりそれぞれ積算され、各積算値が出力される。そして、感度調整部7が各軸成分の積算値と基準値とを比較し、角速度センサ4の感度を所望の感度に調整する。このとき、ベクトルPを回転軸として検査台3を+180度回転させたときまたは-180度回転させたときの角速度センサ4から出力される値の積算値、また、Z軸を回転軸として検査台3を+180度回転させたとき、または-180度回転させたときの角速度センサ4から出力される値の積算値をもとに、感度調整を行なってもよいし、ベクトルPを回転軸として検査台3を+180度回転させたときおよび-180度回転させたときそれぞれの角速度センサ4から出力される値の積算値と、Z軸を回転軸として検査台3を+180度および-180度回転させたときそれぞれの角速度センサ4から出力される値の積算値をもとに、感度調整を行なってもよい。

【0057】

このような構成及び動作により、実施形態1の角速度センサの校正装置及び校正方法では、正確な角速度で回転するターンテーブルを用いることなく、出荷前の角速度センサに対する各軸分の校正を終えるまでの時間を短くすることができる。つまり、角速度センサの出力値を積算し、この積算した値に基づいて校正を行なっているため、角速度センサの角速度を考慮する必要はない。したがって、正確な角速度で回転するターンテーブルを必要とはしない。また、ターンテーブルが安定した回転状態となるまで待機する必要はなく、さらに、上述のように2軸周りに回転させることで、角速度センサ4の3軸分の出力を得ることができるため、角速度センサ4の3軸分の出力を得るまでの所要時間を短縮することができる。結果的に、3軸分の校正に要する所要時間の短縮を図ることができる。

【0058】

なお、実施形態1では、+180度の回転動作と-180度の回転動作を行っているが、絶対値は180度に限らず、0度より大きければよい。実施形態1では、180度であり、角速度センサ4の出力値が大きい。つまり、出力値のSNRが高くなり、基準値との比較誤差が小さくなるため、精度の良い感度調整を行うことができる。

さらに、実施形態1の角速度センサの校正装置及び校正方法は、上記ベクトルPを回転軸として、第1の角度（本例では、+180度）だけ検査台3を回転させ、さらに、上記ベクトルPを回転軸として、検査台3を第1の角度と符号が異なる第2の角度（本例では、-180度）だけ回転させているため、角速度センサ4の出力オフセットをキャンセルでき、ケーブルも絡まないという効果も奏する。

【0059】

つまり、角速度センサ4の出力にオフセットを含む場合、例えば、第1の角度だけ検査台3を回転させた後、第1の角度と符号が異なる第2の角度だけ回転させると、角速度センサ4の出力は例えば図8(a)に示すような、オフセットを含む正値の矩形波と負値を含む矩形波となる。図8(a)において、横軸は時間、縦軸は角速度〔dps〕である。

図8(a)に示すようにオフセットを含む矩形波からオフセットを除去し、このオフセットを除去した矩形波を積分処理すると、図8(b)に示すような、正値の三角波と負値の三角波となる。図8(b)において、横軸は時間、縦軸は角速度センサ4の出力の積分値  $Vdt$  である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 0 】

ここで、検査台 3 を正の角度である第 1 の角度プラス  $\theta_1$  だけ回転させ、その後、負の角度である第 2 の角度  $-\theta_2$  だけ回転させる場合、積算部 6 では、第 1 の角度だけ回転する間に角速度センサから出力される値の積算値を求めた後、第 2 の角度だけ回転する間に角速度センサから出力される値の積算値を求め、これら積算値の絶対値の和を、この回転に伴う積算値として出力する。また、支持部 1 は、検査台 3 を第 1 の角度プラス  $\theta_1$  だけ回転させる時間と、第 2 の角度  $-\theta_2$  だけ回転させる時間とが略等しくなるように回転駆動する。また、基準値は、第 1 の角度と第 2 の角度の和  $\theta_1 + \theta_2$  の角度に相当する値に設定する。

## 【 0 0 6 1 】

このように検査台 3 を駆動した場合、検査台 3 を正の角度である  $+\theta_1$  だけ回転させるのにかかる時間を  $T_1$ 、検査台 3 を負の角度である  $-\theta_2$  だけ回転させるのにかかる時間を  $T_2$  としたとき、検査台 3 を正の角度である  $+\theta_1$  だけ回転させる間にオフセット成分を持つ角速度センサから出力される値を積算した値は、 $a + (b \times T_1)$  になる。検査台 3 を負の角度である  $-\theta_2$  だけ回転させる間にオフセット成分を持つ角速度センサ 4 から出力される値を積算した値は  $-a + (b \times T_2)$  になる。

## 【 0 0 6 2 】

したがって、 $+\theta_1$  だけ回転する間に角速度センサ 4 から出力される値を積算した値と、 $-\theta_2$  だけ回転する間に角速度センサ 4 から出力される値を積算した値との差分は、 $(a + (b \times T_1)) - (-a + (b \times T_2)) = 2a$  になり、オフセット成分を消去することができる。なお、 $a$  と  $-a$  とは同じ値であっても良いし、違う値であってもよい。

## 【 0 0 6 3 】

## &lt; 第 2 実施形態 &gt;

図 9 は、本発明に係る角速度センサの校正装置及び校正方法の実施形態 2 を説明するための説明図である。

実施形態 2 における角速度センサの校正装置は、角速度センサ 4 の 3 軸の出力をまとめて得るようにしたものである。

実施形態 2 は、図 2 に示す、角速度センサの校正装置において、図 9 ( a ) に示すように、回転軸となるベクトル  $P$  が、 $X$  軸の成分、 $Y$  軸の成分、及び  $Z$  軸の成分を有する形態である。また、積算部 6 や感度調整部 7 の信号処理を簡易にするために、 $X$  軸の成分、 $Y$  軸の成分、及び  $Z$  軸の成分の絶対値が等しくなるように回転軸を設定している。つまり、回転軸となるベクトル  $P$  と平行な角速度ベクトル  $\omega$  の大きさは、 $X$  軸の成分、 $Y$  軸の成分、及び  $Z$  軸の成分の  $\sqrt{3}$  (  $3$  の平方根 ) 倍の大きさである。

## 【 0 0 6 4 】

図 9 ( b ) に示すように、まず、支持部 1 は、回転装置 2 を回転駆動し、ベクトル  $P$  を回転軸として、検査台 3 を  $+180$  度回転させる。このとき、角速度センサ 4 から右ねじの方向へ回したときの  $X$  軸の成分、 $Y$  軸の成分、及び  $Z$  軸の成分が出力される。つまり、検査台 3 を約  $104$  度回転させた場合の出力相当の  $X$  軸成分、 $Y$  軸成分および  $Z$  軸成分が出力されることになる。

## 【 0 0 6 5 】

この時点で、角速度センサ 4 の 3 軸分の出力が得られるため、この出力を用いることによって 3 軸分の校正を行うことができる。

本実施形態では、さらに、支持部 1 により回転装置 2 を回転駆動し、ベクトル  $P$  を回転軸として、検査台 3 を  $-180$  度回転させる。このとき、角速度センサ 4 から右ねじとは逆の方向の  $X$  軸の成分、 $Y$  軸の成分、及び  $Z$  軸の成分が出力される。

## 【 0 0 6 6 】

このような回転動作により角速度センサ 4 から出力された  $X$  軸の成分、 $Y$  軸の成分、 $Z$  軸の成分の各値は、積算部 6 によりそれぞれ積算され、各積算値が出力される。そして、感度調整部 7 が各軸成分の積算値と基準値とを比較し、角速度センサ 4 の感度を所望の感度に調整する。

10

20

30

40

50

このような構成及び動作により、実施形態 2 の角速度センサ 4 の校正装置及び校正方法においても、出荷前の角速度センサを正確な角速度で回転するターンテーブルを用いることなく校正することができ、角速度センサの各軸分の校正を終えるまでの時間を短くすることができる。

【0067】

なお、実施形態 2 では、+ 180 度の回転動作と - 180 度の回転動作を行っているが、絶対値が 180 度に限らず、0 度より大きければよい。実施形態 2 では、180 度であり、角速度センサの出力値が大きい。つまり、出力値の S N R が高くなり、基準値との比較誤差が小さくなるため、精度の良い感度調整を行うことができる。

さらに、実施形態 2 の角速度センサの校正装置及び校正方法は、ベクトル P を回転軸として、第 1 の角度（本例では、+ 180 度）だけ検査台 3 を回転させ、さらに、ベクトル P を回転軸として、検査台 3 を第 1 の角度と符号が異なる第 2 の角度（本例では、- 180 度）だけ回転させている。そのため、この場合も、上記実施形態 1 と同様の手順で、積算部 6 が第 1 の角度だけ回転させときの積算値と第 2 の角度だけ回転させたときの積算値との差分を演算しこれを積算値としてその基準値と比較することによって、角速度センサ 4 の出力オフセットをキャンセルでき、ケーブルが絡まないという効果も奏する。

【0068】

なお、本発明の範囲は、図示され記載された例示的な実施形態に限定されるものではなく、本発明が目的とするものと均等な効果をもたらすすべての実施形態をも含む。さらに、本発明の範囲は、すべての開示されたそれぞれの特徴のうち特定の特徴のあらゆる所望する組み合わせによって画されうる。

【符号の説明】

【0069】

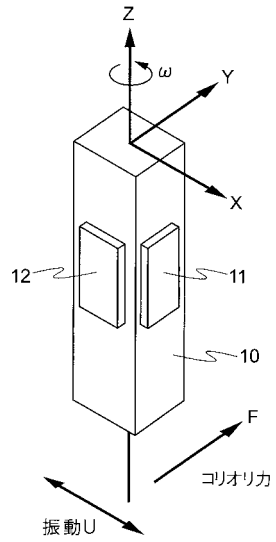
- 1 支持部
- 2 回転装置
  - 2 a 第 1 部材
  - 2 b 第 2 部材
- 3 検査台
- 4 角速度センサ
- 5 ケーブル
- 6 積算部
- 7 感度調整部

10

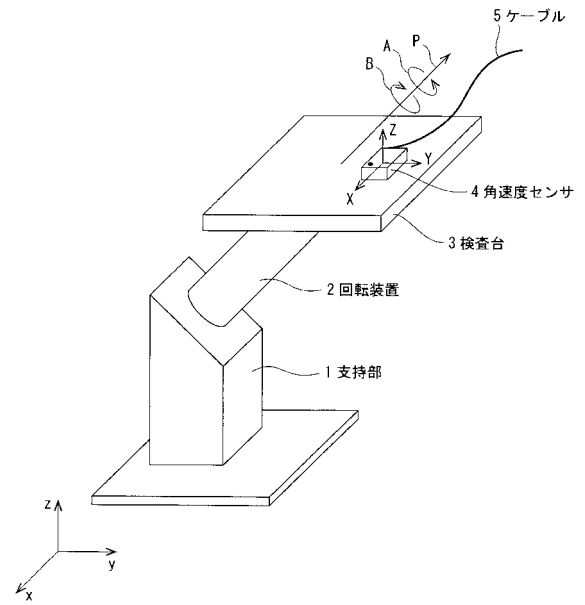
20

30

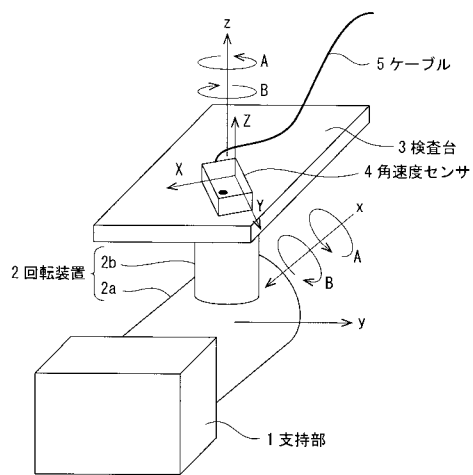
【図 1】



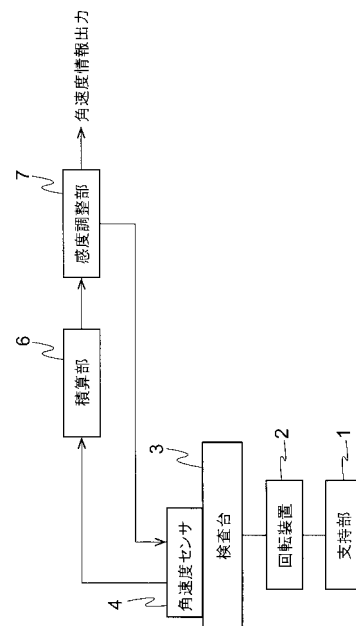
【図 2】



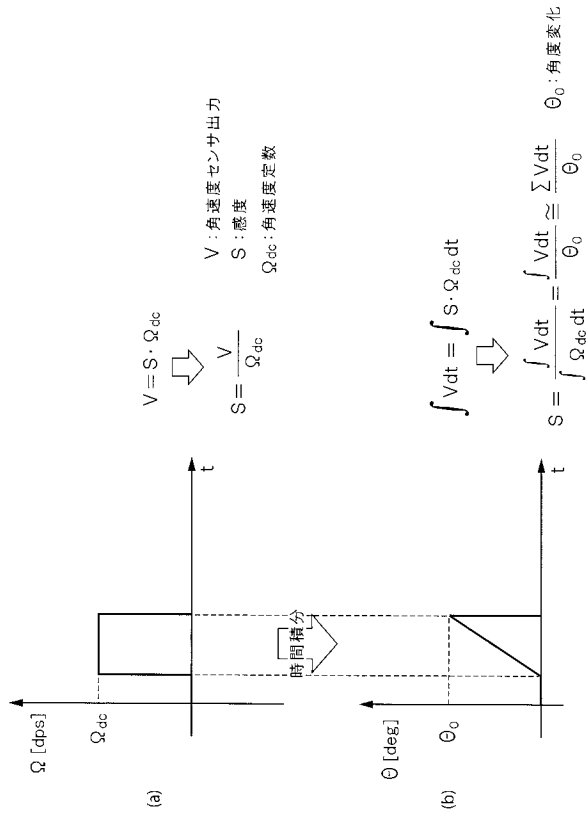
【図 3】



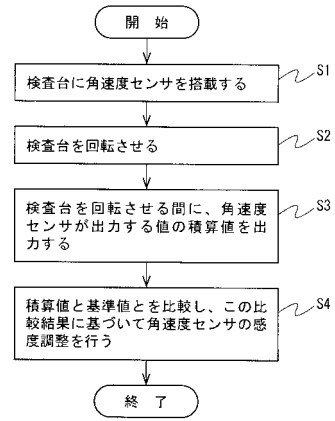
【図 4】



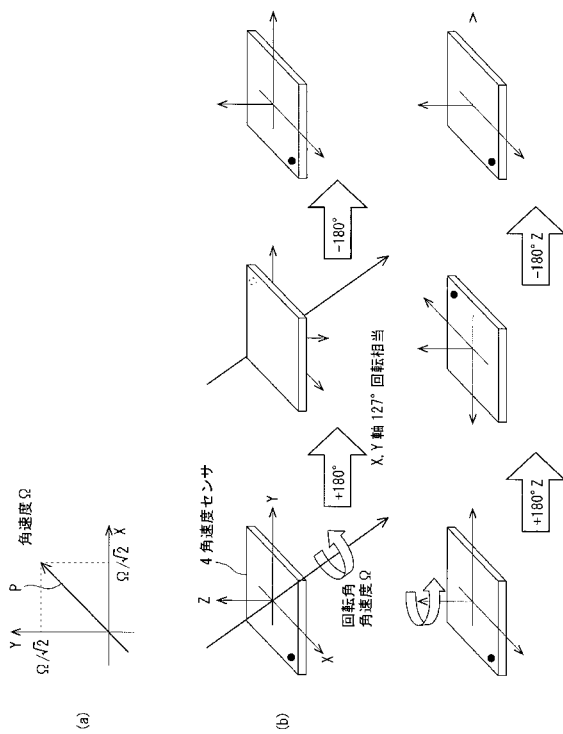
【図5】



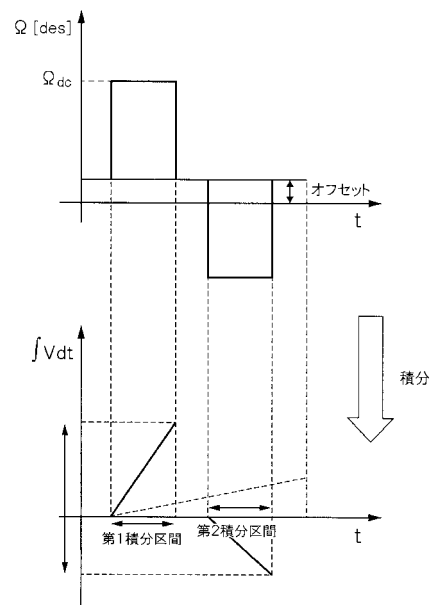
【図6】



【図7】



【図8】





【図 9】

