

(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2006-71485

(P2006-71485A)

(43) 公開日 平成18年3月16日(2006.3.16)

(51) Int. Cl.

G01L 5/16 (2006.01)

F I

G01L 5/16

テーマコード(参考)

2F051

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-255841 (P2004-255841)
 (22) 出願日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(71) 出願人 399030060
 学校法人 関西大学
 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号
 (74) 代理人 100074332
 弁理士 藤本 昇
 (74) 代理人 100114421
 弁理士 薬丸 誠一
 (74) 代理人 100114432
 弁理士 中谷 寛昭
 (74) 代理人 100117204
 弁理士 岩田 徳哉
 (72) 発明者 倉田 純一
 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 学
 校法人関西大学 工学部内

最終頁に続く

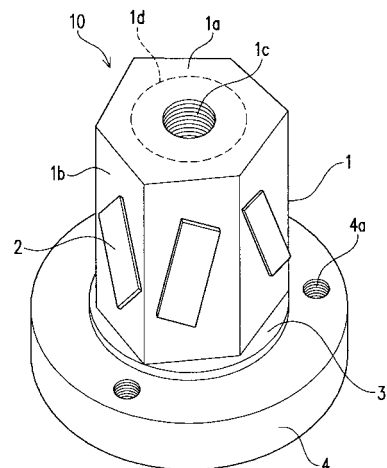
(54) 【発明の名称】 6軸センサ

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構造で実現可能で、6つの独立した情報を得ることができ、6軸成分の算出方法も容易な6軸センサを提供する。

【解決手段】 本発明は、多角柱のセンサベース1と、その各側面に貼り付けるセンサ2とを備えてなる6軸センサ10であって、前記センサベース1は対向する側面が平行ではないことを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多角柱のセンサベースと、その各側面に貼り付けるセンサとを備えてなる 6 軸センサであって、前記センサベースは対向する側面が平行ではないことを特徴とする 6 軸センサ。

【請求項 2】

前記センサベースが 6 角柱であることを特徴とする請求項 1 記載の 6 軸センサ。

【請求項 3】

前記 6 角柱は、上面の形状が二つの正三角形を重ね合わせてできる面の形状を有することを特徴とする請求項 2 記載の 6 軸センサ。

【請求項 4】

前記 6 角柱は、上面の形状が二つの正三角形の重心を重ね合わせてできる面の形状を有し、且つ対向する頂点と重心とを結ぶ線が 20.22 度で交わることを特徴とする請求項 2 記載の 6 軸センサ。

【請求項 5】

前記センサは、底面に対して 45 度の角度で貼り付けられることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の 6 軸センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、力、速度、加速度などの種々の物理量を計測する 6 軸センサに関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットの手先の 6 軸力測定や、仮想現実への情報入力又はマニピュレータ制御のための空間マウスなど、空間の直交 3 軸とそれぞれの軸まわりの成分からなる 6 軸成分の力、変位、角度、速度、加速度など種々の物理量を計測するセンサは、その需要の拡大から多くの製品が開発されている。

【0003】

例えば、従来 6 軸成分を検出する装置として、ロボットアームとロボットハンドとの間に介装する平板状の起歪体がある。この起歪体に複数組のひずみゲージを貼着することにより、起歪体に働く 6 軸成分（3 軸方向の力及び軸まわりのモーメント）を検出することができる（例えば、引用文献 1 参照）。

【0004】

また、最低 6 つの自由度があれば、空間上のあらゆる位置、姿勢を表すことができ、6 軸成分を満足することができることから、パラレルリンクの中でも広範に用いられているスチュワートプラットフォーム（図 4）を参考にして設計した 6 軸成分の検出装置がある（例えば、引用文献 2, 3 参照）。スチュワートプラットフォームとは、図 4 に示すようにベースプレート 53 及びエンドプレート 52 が伸縮自在な 6 本のリンク 51, ... により連結された構成を有し、リンク 51, ... の先端とベースプレート 53 又はエンドプレート 52 とは、球面軸受 54, ... により接続されて方向自在に動かすことができる。そして、ベースプレート 53 を固定させた場合、6 本のリンク 51, ... の長さを変えることによって、エンドプレート 52 の位置及び姿勢をさまざまに変化させることができる。

【0005】

引用文献 2 及び 3 の検出装置は、このように 6 本のリンク 51, ... が伸縮するので、エンドプレート 52 がベースプレート 53 に対し 6 自由度の位置、姿勢変化を自由自在に行うことができる。そして、このリンク 51, ... の伸縮データから、xyz 方向とそれぞれの回転角のデータに変形し、6 軸成分を計測することができる。

【0006】

つまり、エンドプレート 52 に与えられる 6 軸の成分は、リンク 51 のストローク変位と、検出装置の幾何学的な形状寸法で決まる 6×6 個の定数行列により求めることができる。しかし、6 軸成分相互の干渉を軽減するためには、リンク 51 のストロークにより定

10

20

30

40

50

数行列の修正が必要である。

【0007】

【特許文献1】特開平5-149811号公報

【特許文献2】特開平9-105706号公報

【特許文献3】特開平9-131690号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、引用文献1に記載の6軸成分の検出装置によれば、起歪体は、複数組のひずみゲージを貼着しなければならず、また、複雑な形状を有している。つまり、このよ
10
うな検出装置は高精度の加工が要求されるため高価になるという問題を有する。また、検
出装置が平板状であるために、ある場所にかかる力をひずみゲージで測定したい場合でも
、それ以外の場所に貼着されたひずみゲージにも干渉を受けて測定されるため、精度よく
測定するには、起歪体の構造が複雑になるという問題がある。

【0009】

また、引用文献2, 3に記載の検出装置は、装置底面と上面とが伸縮する6本のリンク
で繋がれているので、6つの独立した情報を得ることができる。しかし、リンク51, ...
の位置関係が変わると計算が非常に面倒になるという問題を有する。つまり、6軸成分を
算出するには、リンク51, ...の伸縮から直交3軸 x , y , z 方向の力 v_x , v_y , v_z 、
及びそれぞれの軸まわりのモーメント m_x , m_y , m_z を定数行列を介して求めなければな
20
らず、この行列はエンドプレート52, ベースプレート53, リンク51, ...等からなる
構造物の幾何学的形状、寸法で決まるので、リンク51, ...の伸縮により、値が時々刻々
変化するので計算が非常に面倒であり、また、製品個々にその計算による校正を行いなが
ら調整しなければならないので、作業が困難になり、製品の需要の拡大に応えられないと
いう問題を有する。

【0010】

本発明は、上記問題を鑑みてなされたもので、簡単な構造で、6つの独立した情報を得
ることができ、6軸成分の算出も容易な6軸センサを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

そこで、本発明に係る6軸センサは、多角柱のセンサベースと、その各側面に貼り付け
るセンサとを備えてなる6軸センサであって、前記センサベースは対向する側面が平行で
はないことを特徴とするものである。
30

【0012】

上記構成からなる6軸センサによれば、センサベースの各辺が固定されているため、そ
れらの定数行列が定値となるので6軸成分の計算が容易になる。また、所望の情報を得る
ためのセンサを貼り替えることにより、種々の情報を取得することができる。さらに、形
状が固定されているので、製造が容易になり、安価で高性能な製品を製造することができ
る。
40

【0013】

また、前記センサベースは6角柱であるので、これにより、形状がシンプルで製造が容
易になり、工作精度を向上させることができる。

【0014】

また、前記6角柱は、上面の形状が二つの正三角形を重ね合わせてできる面の形状を有
するようにしたので、これにより、六つの独立した辺の位置決めが容易になり、また6軸
センサの製造を容易にすることができる。

【0015】

また、前記6角柱は、上面の形状が二つの正三角形の重心を重ね合わせてできる面の形
状を有し、且つ対向する頂点と重心とを結ぶ線が20.22度で交わるようにした。これ
により、円柱状の6軸センサを一定角ずつ回転させながら切削することにより作製でき、
50

センサの性能を保持したまま、作製が容易になるので生産性を向上させることができる。

【0016】

また、前記センサは底面に対して45度の角度で貼り付けるようにしたので、これにより、センサの貼り付けが容易ながらも、センサの精度を良好にすることができる。

【発明の効果】

【0017】

即ち、本発明に係る6軸センサは、多角柱の形状を有し、かつ各辺が独立しているので、構造がシンプルで製造が容易になり、安価で高性能な製品を製造することができるばかりか、6軸成分の算出を精度よく行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の一実施形態について図面を参酌しつつ説明する。ここで、6軸センサとはセンサベースにかかる負荷を6軸の成分(3軸方向の力及びその軸まわりのモーメント)から検出するものである。そして、この6軸成分のデータを得るには、センサーベース上で最低6つのポイントの変位量が必要である。そこで、本実施形態にかかる6軸センサは6つの辺を有する6角柱から構成されている場合を例に取り説明する。

【0019】

図1は、本発明の実施形態に係る6軸センサの斜視図である。図より、6軸センサ10は、フランジベース4と、その上面に配置された6角柱のセンサベース1と、その各側面に貼り付けられる6つの第一次物理センサ2とを備えて構成される。

【0020】

詳しくは、センサベース1は6角柱の形状を有し、例えば、アルミニウム、シリコン、黄銅などの材料から作製することができる。この6角柱の各側面部1bは、6自由度を得るために互いに向き合う側面が平行ではない形状を有する。また、6角柱の上面部1aには、必要に応じて上部ネジ穴1cを設けたり、あるいは、例えば、力を測定する場合などで、センサの精度を上げるために、穴部1dを設けてもよい。フランジベース4は、センサベース1を支持するものであり、例えば、アルミニウム、シリコン、黄銅などの材料から作製することができる。そして、フランジベース4は、センサベース1の底面よりも大きな面積を有する円柱の形状を有している。また、フランジベース4には、必要に応じて、穿設された複数のネジ穴4a, ...を設けてもよい。なお、フランジベース4の形状は、図示するように、円形の柱状体に限るものではなく、例えば、多角形の柱状体であっても構わない。

【0021】

ここで、第一次物理センサ(以下、単に「センサ」という)2とは、初期の情報をとるためのセンサのことをいい、測定する対象により種々のセンサを選択することができる。例えば、センサ2として、加速度センサを貼り付ければ、加速度を測定することができ、ひずみゲージを貼り付ければ力を測定することができる。また、センサベース1とフランジベース4との間には、切削作業を容易にするために、必要に応じて補助台3を有してもよい。

【0022】

なお、図4に示す一般的なスチュワートプラットフォームは、可動範囲を大きくするために、下の面が上の面よりも広い先細りの錘状に形成されており、センサとしての精度の上でもそのような形状が好ましい。しかし、本実施形態のように6角柱に形成する場合は、貼着する六つのセンサ2, ...をフランジベース4に対して、45°に傾けて貼り付けることでセンサの精度を良好にすることができる。また、工作上容易でもある。

【0023】

次に、図2を参照して、6軸センサの製造方法について説明する。図2は6軸センサの正面図(図2(a))、及び側面図(図2(b))である。

【0024】

ここで、センサベース1の上面部1aの形状は、図2(a)に示すように、各辺を延長

10

20

30

40

50

させた1点鎖線で示すように、二つの正三角形を重ね合わせてできる面の形状を有することが好ましい。特に、さらに好ましい上面部1aの形状は、二つの正三角形の重心を重ね合わせてできる面の形状を有し、かつ、対向する原点と重心とを結ぶ線が 20.22° で交わることが好ましい。

【0025】

上記構成を有するセンサベース1は、以下のように製造することができる。

【0026】

まず、フランジベース4上に直径 $2R$ の円柱を加工する。そして、一辺を作製するために、円柱の側面より $0.235R$ の切り込みを入れて、切り込みの先端に対し垂直に切削する。次に、切削する位置を固定したまま、切削した辺を円の中心に対し 120° 回転させて切削する。さらに前回切削した辺を円の中心に対し 120° 回転させて切削する。続いて、切削した辺の一端を中心にして 80.22° 回転させて切削する。そして、前回切削した辺を円の中心に対し 120° 回転させて切削し、さらに前回切削した辺を円の中心に対し 120° 回転させて切削する。このようにして、六角柱のセンサベース1を作製することができる。

10

【0027】

このように構成された6軸センサ10は、スチュワートプラットフォームを参考に設計されているので、6つの独立した辺(ベクトル)を有し、空間内の6軸成分の情報を得ることができる。このとき、従来の検出装置では、6つの独立したベクトルは、リンクが伸び縮みするため、直交3軸、回転3軸の6軸成分のマトリックスを求めなければならなかったが、上記6軸センサ10は、6つの辺が固定されているのでこのようなマトリックス係数が定値となり、方程式の解法が容易になる。

20

【0028】

以下に、6軸成分の測定手法について詳細に説明する。

図3にスチュワートプラットフォームに基づいた座標系を説明するための図を示す。本測定手法では、図3のリンク l_i を一次物理センサの測定軸とし、6個のセンサ出力を利用して図3に示す上部円盤の移動と回転を算出する。一次物理センサの1つに注目し、次のように、点とベクトルを定める。

【0029】

B_0 : 下部円盤の座標原点(ワールド座標系の原点)
 P_0 : 上部円盤の座標原点
 B_n : n番目の一次物理センサ測定軸と下部円盤との交点
 P_n : n番目の一次物理センサ測定軸と上部円盤との交点
 b_n : 点 B_0 から点 B_n までのベクトル
 p_n : 点 P_0 から点 P_n までのベクトル
 a : 点 B_0 から点 P_0 までのベクトル
 l_n : 点 B_n から点 P_n までのベクトル
 l_n^* : 基準形での点 B_n から点 P_n までのベクトル

30

【0030】

上下の各円盤に固定された座標系において各ベクトルを示す際、上部円盤では P 、下部円盤では 0 の添字を各ベクトルの左上部につけ、下部円盤座標系に関して表した上部円盤座標系の姿勢変換行列を bR_p とする。上部円盤の姿勢が与えられた時のベクトル ${}^b l_i$ は次式で示される。

40

【0031】

【数1】

$${}^b l_i = {}^b a - {}^b b_i + {}^b R_p p_i \quad (1)$$

【0032】

ここで、 ${}^p p_i$ 、 ${}^b b_i$ はそれぞれ構造によりあらかじめ与えられる値である。また、姿勢変換行列 ${}^b R_p$ は、下部円盤座標系の x 、 y 、 z 軸周りの姿勢角を α 、 β 、 γ とする

50

と、一般に次のように示される。

【 0 0 3 3 】

【 数 2 】

$${}^b\mathbf{R}_p = \begin{pmatrix} \cos\theta y \cos\theta z & \sin\theta x \sin\theta y \sin\theta z + \cos\theta x \sin\theta z & -\cos\theta x \sin\theta y \cos\theta z + \sin\theta x \sin\theta z \\ -\cos\theta y \sin\theta z & -\sin\theta x \sin\theta y \sin\theta z + \cos\theta x \cos\theta z & \cos\theta x \sin\theta y \sin\theta z + \sin\theta x \cos\theta z \\ \sin\theta y & -\sin\theta x \cos\theta y & \cos\theta x \cos\theta y \end{pmatrix} \quad (2)$$

【 0 0 3 4 】

この姿勢変化は微小 ($\theta \approx 0$) であるため、 $\cos \theta = 1$ 、 $\sin \theta = \theta$ と近似し、 \sin の 2 次より高次の項を 0 とすると、次のように簡略化される。

【 0 0 3 5 】

【 数 3 】

$${}^b\mathbf{R}_p = \begin{pmatrix} 1 & \theta z & -\theta y \\ -\theta z & 1 & \theta x \\ \theta y & -\theta x & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

【 0 0 3 6 】

6 軸センサが、ある測定状態におかれる前の状態 (以下、「基準形」という。) にあるときは、下部円盤と上部円盤とは平行で回転していないため、 $\cos \theta = 1$ 、 $\sin \theta = 0$ となり、姿勢変換行列 ${}^b\mathbf{R}_p$ は次式に示す単位行列 \mathbf{E} となる。

【 0 0 3 7 】

【 数 4 】

$${}^b\mathbf{R}_p = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \mathbf{E} \quad (4)$$

【 0 0 3 8 】

よって、基準形でのベクトル ${}^b\mathbf{l}_i^*$ は式 (1) より以下のようなになる。

【 0 0 3 9 】

【 数 5 】

$${}^b\mathbf{l}_i^* = {}^b\mathbf{a} - {}^b\mathbf{b}_i + \mathbf{E}^T \mathbf{p}_i \quad (5)$$

【 0 0 4 0 】

ここで、図 4 に示す従来の構造による、ベクトルの微小変化について考える。基準形から微小時間 t 後に、上部円盤が微小移動 (${}^b\mathbf{a}$)、微小回転 (θ) したとすると、その結果、ベクトル ${}^b\mathbf{l}_i$ の微小変化 $\Delta {}^b\mathbf{l}_i$ は、次のように示される。

【 0 0 4 1 】

【 数 6 】

$$\begin{aligned} \Delta {}^b\mathbf{l}_i &= ({}^b\mathbf{a} + \Delta {}^b\mathbf{a}) - {}^b\mathbf{b}_i + {}^b\mathbf{R}_p^T \mathbf{p}_i - {}^b\mathbf{l}_i^* \\ &= \Delta {}^b\mathbf{a} + ({}^b\mathbf{R}_p - \mathbf{E})^T \mathbf{p}_i \end{aligned} \quad (6)$$

【 0 0 4 2 】

しかし、本発明の実施形態による 6 軸センサの構造では、ベクトル ${}^b\mathbf{l}_i$ の各単位ベクトルの向きは固定され、かつ、変形によっても変化は生じない。従って、基準形でのベクトル ${}^b\mathbf{l}_i^*$ に沿ってセンサは物理量を検出するので、その大きさの変化は、ベクトル ${}^b\mathbf{l}_i$ の微小変化 $\Delta {}^b\mathbf{l}_i$ と各単位ベクトルとの内積で求められる。

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

【数 7】

$$\Delta|{}^b\lambda_i| \equiv \Delta{}^b\lambda_i \cdot \frac{{}^b\lambda_i}{|{}^b\lambda_i|} \quad (7)$$

$$\Delta|{}^b\lambda_i| = \Delta{}^b\lambda_i \cdot \frac{{}^b\lambda_i}{|{}^b\lambda_i|} = \left\{ \Delta{}^b\mathbf{a} + \begin{pmatrix} 0 & \Delta\theta_z & -\Delta\theta_y \\ -\Delta\theta_z & 0 & \theta_x \\ \Delta\theta_y & -\Delta\theta_x & 0 \end{pmatrix} \cdot {}^P\mathbf{p}_i \right\} \cdot \frac{{}^b\lambda_i}{|{}^b\lambda_i|} \quad (8)$$

10

【0044】

ここで、微小時間 t 間での変化であることを考慮すると、以下のようになる。

【0045】

【数 8】

$$\frac{d|{}^b\lambda_i|}{dt} = \left\{ \frac{d{}^b\mathbf{a}}{dt} + \begin{pmatrix} 0 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 0 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 0 \end{pmatrix} \cdot {}^P\mathbf{p}_i \right\} \cdot \frac{{}^b\lambda_i}{|{}^b\lambda_i|} \quad (9)$$

ただし、

$$\frac{d{}^b\mathbf{a}}{dt} = (v_x \ v_y \ v_z)^t, \quad \frac{{}^b\mathbf{l}_i}{|{}^b\mathbf{l}_i|} = (u_x \ u_y \ u_z)^t, \quad {}^P\mathbf{p}_i = (p_x \ p_y \ p_z)^t \quad (10)$$

20

【0046】

式(9)より、各センサで計測される物理量の変化は、以下のようになる。

【0047】

【数 9】

$$\begin{aligned} \frac{d|{}^b\lambda_i|}{dt} &= v_x u_{ix} + v_y u_{iy} + v_z u_{iz} \\ &+ (u_{iy} p_z - u_{iz} p_y) \omega_x + (u_{iz} p_x - u_{ix} p_z) \omega_y + (u_{ix} p_y - u_{iy} p_x) \omega_z \end{aligned} \quad (11)$$

30

【0048】

6つのセンサに対してそれぞれ(11)式が成り立つので、6個のセンサ出力変化を成分とするベクトルを V_L 、式(10)における v 、 u に対する係数行列を C とすると、以下のようになる。

【0049】

【数 10】

$$V_L = C \begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix} = C^{-1} V_L \quad (13)$$

40

【0050】

従って、6つのセンサ出力の変化量を用いて上部円盤の移動速度と回転角速度を求めることができる。ここで、係数行列 C の各要素は、式(14)となる。また、図5に、係数行列 C を求めるために、図4の座標系を説明するための参考図を示す。

【0051】

【数 1 1】

$$C = \begin{pmatrix} u_{1x} & u_{1y} & u_{1z} & u_{1y}P_{1z} - u_{1z}P_{1y} & u_{1z}P_{1x} - u_{1x}P_{1z} & u_{1x}P_{1y} - u_{1y}P_{1x} \\ u_{2x} & u_{2y} & u_{2z} & u_{2y}P_{2z} - u_{2z}P_{2y} & u_{2z}P_{2x} - u_{2x}P_{2z} & u_{2x}P_{2y} - u_{2y}P_{2x} \\ u_{3x} & u_{3y} & u_{3z} & u_{3y}P_{3z} - u_{3z}P_{3y} & u_{3z}P_{3x} - u_{3x}P_{3z} & u_{3x}P_{3y} - u_{3y}P_{3x} \\ u_{4x} & u_{4y} & u_{4z} & u_{4y}P_{4z} - u_{4z}P_{4y} & u_{4z}P_{4x} - u_{4x}P_{4z} & u_{4x}P_{4y} - u_{4y}P_{4x} \\ u_{5x} & u_{5y} & u_{5z} & u_{5y}P_{5z} - u_{5z}P_{5y} & u_{5z}P_{5x} - u_{5x}P_{5z} & u_{5x}P_{5y} - u_{5y}P_{5x} \\ u_{6x} & u_{6y} & u_{6z} & u_{6y}P_{6z} - u_{6z}P_{6y} & u_{6z}P_{6x} - u_{6x}P_{6z} & u_{6x}P_{6y} - u_{6y}P_{6x} \end{pmatrix} \quad (14)$$

【0 0 5 2】

これらの係数はセンサベースの形状によって決定されるため、構造に固有の定数となる。従来のリンクが伸縮する形式の測定手法では、この係数行列の各要素がリンクの伸縮に応じて変化しなければならないため、この係数行列を適宜修正する必要があるが、本計測手法の場合にはその必要がなく、構造で定まる係数を用いることが可能であるため、簡便に使用できる。

式(13)を用いて、微小時間 t 後の状態を考えると、以下のようになる。

【0 0 5 3】

【数 1 2】

$$\begin{pmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{pmatrix} + \Delta \begin{pmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{pmatrix} = C^{-1}(\mathbf{V}_L + \Delta \mathbf{V}_L) \quad (14)$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{pmatrix} + \Delta \begin{pmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{pmatrix} = C^{-1}\mathbf{V}_L + C^{-1}\Delta \mathbf{V}_L \quad (15)$$

$$\Delta \begin{pmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{pmatrix} = C^{-1}\Delta \mathbf{V}_L \quad (16)$$

【0 0 5 4】

ここで微小時間 t 間の変化であることを考慮すると、以下のようになる。

【0 0 5 5】

【数 1 3】

$$\frac{\Delta}{\Delta t} \begin{pmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{pmatrix} = C^{-1} \frac{\Delta \mathbf{V}_L}{\Delta t} \quad (17)$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{a} \\ \dot{\boldsymbol{\omega}} \end{pmatrix} = C^{-1} \mathbf{A}_L \quad (18)$$

【0 0 5 6】

従って、各測定軸に沿った加速度出力を用いて、上部円盤の加速度、角加速度を算出することが可能である。

【0 0 5 7】

このように本実施形態の6軸センサ10を構成するセンサベース1は、単純な形状の組み合わせから、6自由度の計測が可能な形状を得ることができる。従って、センサベース1の作製は決まった角度で回転させながら切削すればよく、製作が容易になる。なお、この6軸センサ10の作製は、センサベース1とフランジベース4とを別々に作製して、後で互いに接合してもよく、あるいは、一つの円柱を切り出して、センサベース1及びフランジベース4の両方を同時に作製するようにしてもよい。また、6軸センサ10の作製方法は、切削に限られず、金型による成形加工など種々の方法を採用することができる。

【0 0 5 8】

また、図2に示すように、6軸センサは、他の器具と連結させたりするためのネジ穴1c、4a、...を設けることができ、さらに、使用されるセンサの実施態様に合わせて、穴

10

20

30

40

50

部 1 d を設けることができる。

【 0 0 5 9 】

なお、上記実施形態では、センサベース 1 の形状として、六角柱を例に挙げて説明した。しかし、図 3 のスクエアプラットフォームの形状からも明らかなように、最適なセンサの配置を考慮するならば、節開き角 0° の六角錐の形状とすることが好ましい。そこで、センサベース 1 の形状が六角錐又は六角柱のときの半径比及び高さ比を測定し、その結果を表 1 に示す。

【 0 0 6 0 】

【表 1】

センサベースの形状	六角錐	六角柱
半径比	0.833	0.813
高さ比	0.935	0.920

10

【 0 0 6 1 】

表 1 の各相対値は、センサベース 1 を取り付けた下面の半径を 1 としたときの値である。表 1 から明らかなように、六角錐及び六角柱の半径比及び高さ比は、何れも小数点第 2 位以下の値しか変わらず、形状の違いによる差はないことが分かる。従って、工作精度を上げることとを考慮するならば、センサベース 1 は、六角柱の形状とすることが好ましい。

【実施例】

20

【 0 0 6 2 】

以下、本発明を実施例に基づいて説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【 0 0 6 3 】

実施例として、6 個の加速度センサを第一次物理センサとして取り付けた 6 軸加速度センサを試作した。そして、本実施例の加速度センサと、一般的に市販されている 3 軸加速度センサ (N P - 7 3 1 0 , (株) 小野測器製) とを機械的往復台上に配置し、基礎的データを収集して評価した。 $3 \text{ m} / \text{s}^2$ の最大加速度で 1.5 Hz で往復運動をさせた場合、主運動方向以外の出力比 (以下、クロストークという。) は、一般的に市販されている 3 軸加速度センサでは、クロストークが約 -40 dB であるのに対し、本実施例に係る 6 軸センサでは、十分な校正を行う前でありながらも、約 -30 dB であった。つまり、実施例の 6 軸センサは、実用性が高いことが確認された。従って、センサを構成後、詳細な校正を行うことにより更なる高精度化を十分に期待することができる。

30

【 0 0 6 4 】

このように本発明の実施形態に係る 6 軸センサは、第一次物理変化を検出するセンサの配置を最適化し、簡単な構造で実現可能であるばかりでなく、その 6 軸成分の算出方法も明確で、かつ、校正も容易である。6 軸成分の算出方法は検出物理量によらず同一であるため、第一次物理変化を検出するセンサをひずみゲージ、加速度センサ、流速センサなど種々の目的に合わせて替えることにより、同一の処理手法で異なった 6 軸センサを構成することが可能である。このことにより、6 軸センサの開発コスト並びに開発期間を大幅に短縮することが可能となるばかりでなく、信号処理部のカスタム IC 化で、安価で高性能な製品開発が容易となる。

40

【 0 0 6 5 】

さらには、6 軸成分の計測を必要とするロボット手先のインピーダンス制御や空間マウスなど、直交 3 軸、回転 3 軸の物理量を検出する従来のセンサでは、その検出アルゴリズムと 6 軸成分相互の干渉除去のため、個々に固有のセンサ構成が必要であったが、所望のセンサを置き換えることにより、同一構成、同一アルゴリズムで多種の 6 軸センサを構成することが可能である。

【 0 0 6 6 】

さらに、センサベース 1 を六角柱とすることにより、小型化が容易になり、さらにセン

50

サベース 1 をシリコンの基板とすることにより、MEMS の製作技術を用いた微少なセンサも容易に作製可能であり、6 軸センサの用途を飛躍的に拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】本発明の実施形態に係る6軸センサの斜視図を示す。

【図2】同実施形態に係る6軸センサの正面図及び側面図を示す。

【図3】スチュワートプラットフォームに基づいた座標系を説明するための図である。

【図4】一般的なスチュワートプラットフォームの概略図を示す。

【図5】図4の座標系を説明するための参考図を示す。

【符号の説明】

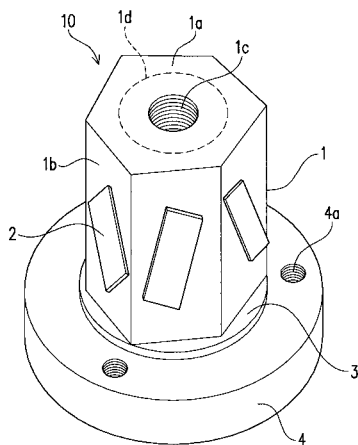
10

【0068】

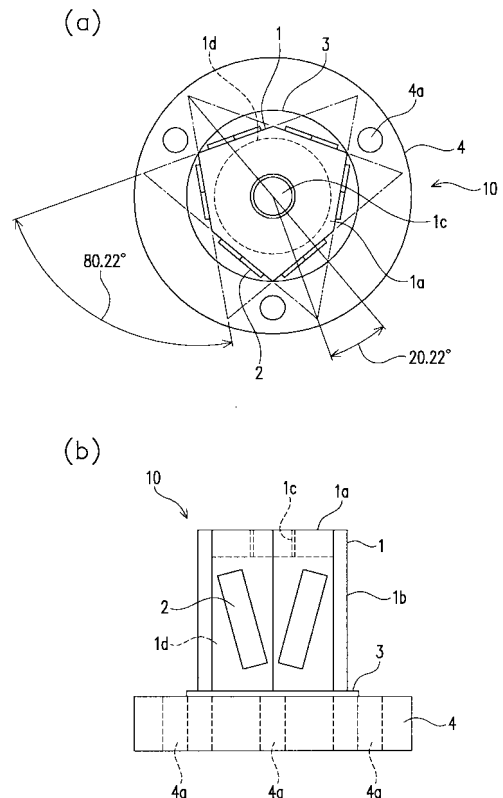
- 1 ... センサベース
- 1 a ... 上面部
- 1 b ... 側面部
- 1 c ... ネジ穴
- 1 d ... 穴部
- 2 ... 第一次物理センサ
- 3 ... 補助台
- 4 ... フランジベース
- 4 a ... ネジ穴
- 10 ... 6 軸センサ

20

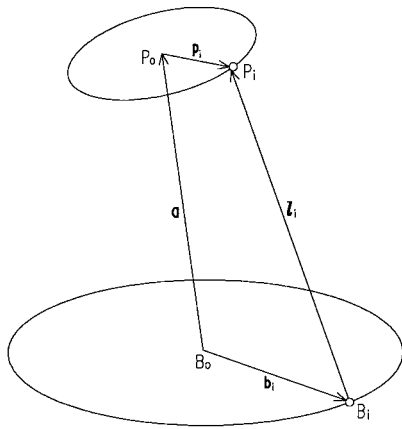
【図1】



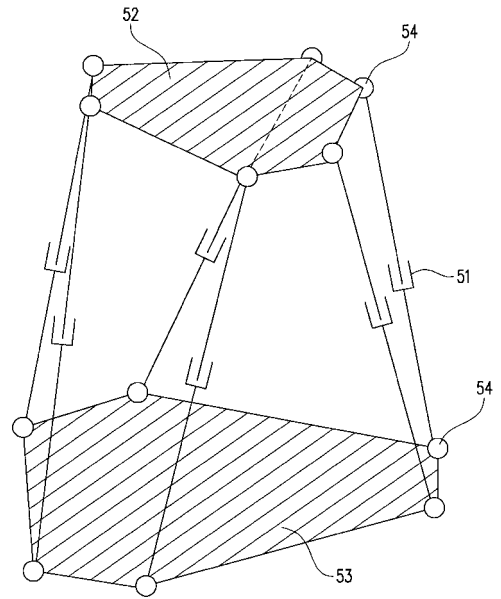
【図2】



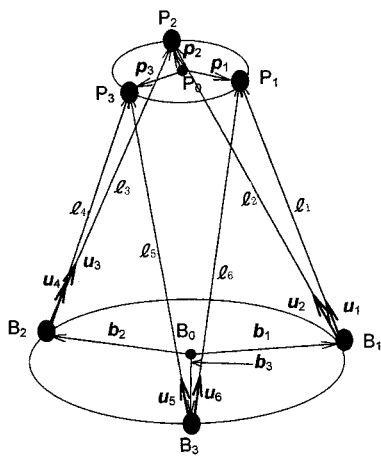
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 内山 寛信

大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 学校法人関西大学 工学部内

(72)発明者 入江 健一

大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 学校法人関西大学 大学院工学研究科内

Fターム(参考) 2F051 AA10 AB09 BA03 CA01 DA03 DB03