

(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2010-25856
(P2010-25856A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
GO 1 P 3/64 (2006.01)		GO 1 P	3/64 C	2 F 0 6 9
GO 1 C 19/02 (2006.01)		GO 1 C	19/02 Z	
GO 1 B 21/22 (2006.01)		GO 1 B	21/22	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-189874 (P2008-189874)
(22) 出願日 平成20年7月23日 (2008.7.23)

(71) 出願人 503361400
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
東京都調布市深大寺東町七丁目4 4 番地 1
(74) 代理人 100082005
弁理士 熊倉 禎男
(74) 代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭
(74) 代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
(74) 代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
(74) 代理人 100143823
弁理士 市川 英彦

最終頁に続く

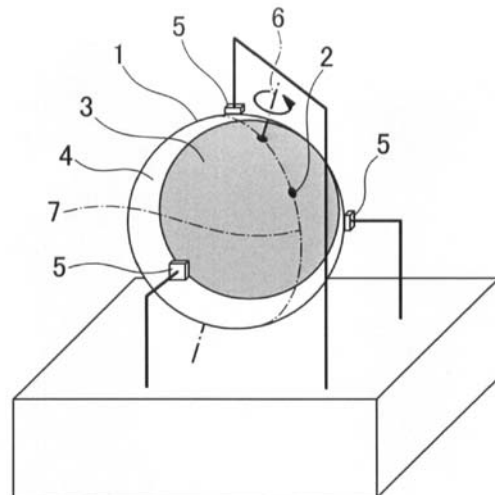
(54) 【発明の名称】 球体の非接触式3軸角速度計測法

(57) 【要約】

【課題】 高速回転する球状物体の角速度ベクトルを非接触で計測する手法およびその機構に関するものである。

【解決手段】 球体に、目的に応じて選択した適当な物理量の偏向を与えるマーカーをつけ、球体の周囲に配置したセンサによってこれを計測することによって、球体の角速度ベクトルを算出するものである。また、従来の手法においては限定的であった、回転軸方向の計測可能範囲を大幅に拡大するものである。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面上の基準点から一定の距離以内にある領域により構成される第 1 領域と、前記表面上の該第 1 領域を除く領域により構成される第 2 領域と、を区別するマーカーが付された回転する球体と、

該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカーを認識する少なくとも 3 つのセンサと、

各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する算出手段と、

を具備することを特徴とする回転軸方向算出装置。

10

【請求項 2】

表面上の基準点からの距離に従って同心円状に物理量が単調増加又は単調減少するマーカーが付された回転する球体と、

該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカーを認識する少なくとも 3 つのセンサと、

各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する算出手段と、

を具備することを特徴とする回転軸方向算出装置。

20

【請求項 3】

前記球体に前記マーカーを付することが、該球体の表面の光の反射率を変えることであり、

前記センサが光学センサである、請求項 1 又は請求項 2 に記載の回転軸方向算出装置。

【請求項 4】

前記球体に前記マーカーを付することが、該球体を磁極化させることであり、

前記センサがホール素子である、請求項 1 又は請求項 2 に記載の回転軸方向算出装置

【請求項 5】

前記球体に前記マーカーを付することが、該球体の表面の導電率を変えることであり、

前記センサが渦電流センサである、請求項 1 又は請求項 2 に記載の回転軸方向算出装置

30

【請求項 6】

前記球体に前記マーカーを付することが、該球体の表面の音の反射率を変えることであり、

前記センサが音センサである、請求項 1 又は請求項 2 に記載の回転軸方向算出装置。

【請求項 7】

前記球体に前記マーカーを付することが、該球体の電波の吸収率を変えることであり、

前記センサが電波センサである、請求項 1 又は請求項 2 に記載の回転軸方向算出装置。

【請求項 8】

前記算出手段が、前記球体の角速度の大きさも求めることにより、該球体の角速度ベクトルも算出する、請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の回転軸方向算出装置。

40

【請求項 9】

前記算出手段が、前記時刻を用いて、各センサの前記球体の回転軸に対する該球体の球面上の位相角を求め、該位相角と前記球面上における各センサの位置とによって、前記球体の回転軸方向を算出する、請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の回転軸方向算出装置。

【請求項 10】

前記センサの数を増やすことにより、前記回転軸方向の算出可能範囲を増加させている、請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の回転軸方向算出装置。

【請求項 11】

50

前記球体には、前記第1領域の大きさと前記第2領域の大きさとが等しくなるように前記マーカが付されていることにより、前記回転軸方向の算出可能範囲を増加させている、請求項1に記載の回転軸方向算出装置。

【請求項12】

前記基準点に対して直交する方向に前記球体の最大慣性主軸を近づけることよって、前記球体の回転軸の収束方向を前記直交する方向に近づけ、前記基準線が各センサを通過する確率を高くしている、請求項1に記載の回転軸方向算出装置。

【請求項13】

表面上の基準点から一定の距離以内にある領域により構成される第1領域と、前記表面上の該第1領域を除く領域により構成される第2領域と、を区別するマーカが付された回転する球体と、

該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサと、を含む計測装置に接続可能な算出装置であって、

各センサの認識の結果を取得する手段と、

該認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する手段と、

を具備することを特徴とする算出装置。

【請求項14】

表面上の基準点からの距離に従って同心円状に物理量が単調増加又は単調減少するマーカが付された回転する球体と、

該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサと、を含む計測装置に接続可能な算出装置であって、

各センサの認識の結果を取得する手段と、

該認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する手段と、

を具備することを特徴とする算出装置。

【請求項15】

表面上の基準点から一定の距離以内にある領域により構成される第1領域と、前記表面上の該第1領域を除く領域により構成される第2領域と、を区別するマーカが付された回転する球体を準備するステップと、

該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサを準備するステップと、

各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出するステップと、

を含むことを特徴とする算出方法。

【請求項16】

表面上の基準点からの距離に従って同心円状に物理量が単調増加又は単調減少するマーカが付された回転する球体を準備するステップと、

該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサを準備するステップと、

各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出するステップと、

を含むことを特徴とする算出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は球状の物体の角速度ベクトルを非接触で外部から計測する手法および装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、球形の物体の角速度ベクトルを外部から非接触で計測する手法はいくつか考えられてきた。1つには、対象物を磁極化させ、ホール素子を用いてその磁場の変化を計測することにより角速度ベクトルを求める手法がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、磁場を発生することが許されない対象や磁化できない対象においては、この手法は適用できなかった。また、光学センサを用いた手法も存在するが、許容される対象の回転軸の範囲が有限である場合に限定されている。画像処理によって回転軸を求め、角速度ベクトルを算出する手法もあるが、装置の規模が大きくなり、また処理に時間がかかるため高速回転する物体には適さない。このように、従来角速度ベクトルを計測する手法には特徴があるが、磁場を用いずに、任意の軸周りに高速回転する球状物体の角速度ベクトルを非接触で計測する有効な手法は存在していない。

【0004】

本発明は、高速回転する球状物体の角速度ベクトルを非接触で計測する手法およびその機構に関するものである。球体に、目的に応じて選択した適当な物理量の偏向を与えるマーカをつけることによって、1回の計測期間にわたって球体の回転が一定であると仮定して球体の角速度ベクトルを算出するものである。また、従来手法においては限定的であった、回転軸方向の計測可能範囲を大幅に拡大するものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る回転軸方向算出装置は、表面上の基準点から一定の距離以内にある領域により構成される第1領域と、前記表面上の該第1領域を除く領域により構成される第2領域と、を区別するマーカが付された回転する球体と、該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサと、各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する算出手段と、を具備することを特徴とする。

【0006】

本発明に係る回転軸方向算出装置は、表面上の基準点からの距離に従って同心円状に物理量が単調増加又は単調減少するマーカが付された回転する球体と、該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサと、各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する算出手段と、を具備することを特徴とする。

【0007】

本発明に係る算出装置は、表面上の基準点から一定の距離以内にある領域により構成される第1領域と、前記表面上の該第1領域を除く領域により構成される第2領域と、を区別するマーカが付された回転する球体と、該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカを認識する少なくとも3つのセンサと、を含む計測装置に接続可能であって、各センサの認識の結果を取得する手段と、該認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する手段と、を具備することを特徴とする。

【0008】

本発明に係る算出装置は、表面上の基準点からの距離に従って同心円状に物理量が単調

10

20

30

40

50

増加又は単調減少するマーカーが付された回転する球体と、該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカーを認識する少なくとも3つのセンサと、を含む計測装置に接続可能であって、各センサの認識の結果を取得する手段と、該認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出する手段と、を具備することを特徴とする。

【0009】

本発明に係る算出方法は、表面上の基準点から一定の距離以内にある領域により構成される第1領域と、前記表面上の該第1領域を除く領域により構成される第2領域と、を区別するマーカーが付された回転する球体を準備するステップと、該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカーを認識する少なくとも3つのセンサを準備するステップと、各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出するステップと、を含むことを特徴とする。

【0010】

本発明に係る算出方法は、表面上の基準点からの距離に従って同心円状に物理量が単調増加又は単調減少するマーカーが付された回転する球体を準備するステップと、該球体に対向するように非接触で配置され、前記マーカーを認識する少なくとも3つのセンサを準備するステップと、各センサの認識の結果に基づいて、前記球体における前記基準点と該球体の回転軸とを結ぶ大円がなす基準線が各センサを通過する時刻を求め、該時刻に基づいて、前記球体の回転軸方向を算出するステップと、を含むことを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0012】

球1について、その表面上の適当な基準点2から一定の距離以内にある特定領域によって、球面をマーク面(上記特定領域により構成される「第1領域」)3と非マーク面4(上記特定領域を除く領域により構成される「第2領域」)の2つの部分に区別できるようなマーカーをつけ、それぞれの面を区別して認識できるセンサ5を球1の周辺に慣性系に固定して配置する(図1)。このマーカーとセンサの組み合わせは、要求に応じて変更可能であり、センサに反応しかつ明確に2面を区別できるものであれば何でもよい。球1が回転する(図2におけるステップ201)と、センサ5はその面している球面のマーカーを認識してON/OFFのデジタル出力を与える(ステップ202、203)。回転によってセンサ5がマーク面3、非マーク面4を交互に認識する場合は、球1の回転速度に一致した周波数のON/OFFの矩形波が得られる(図3)。これにより、球1の角速度ベクトルの絶対値を得ることができる(ステップ204)。

【0013】

次に、慣性系における球の回転軸方向Sを求める。まず、球の回転軸方向Sと基準点方位Oを結ぶ球面上の基準線7を考える。さらに、あるセンサの出力がOFFからONへ変わる時刻における計測点をA、ONからOFFへと変わる時刻における計測点をBとし、この間センサが通過する球表面上の点の軌跡ABについて考える(図4)。まず球面三角法において、マーカーは基準点2を中心として描かれているので、辺OAと辺OBの角は等しい。一方、回転軸Sとセンサ方向のなす角は一定であるため、辺SAと辺SBの角は等しい。よって、 $\angle OSA = \angle OSB$ であり、 $\angle OSA = \angle OSB$ である。これより、辺SOの延長線(すなわち基準線7)と軌跡ABの交点をMとおくと、 $\angle MSA = \angle MSB$ も成立する。従って、球の回転が一定であるとすると、出力がOFFからONへ変わる時刻とONからOFFへと変わる時刻の中間の時刻においては、センサはちょうど点Mを計測していることになり、センサの直下を基準線7が通過しているといえる。これより、各センサのこの中間時刻を計算することにより基準線7が各センサの直下を通過する時刻の相対関係がわかる。この時刻の相対関係により、2つのセンサi、jについて、センサiの通過時刻からセン

サ_jの通過時刻までの時刻を t_{ij} とすれば(ステップ205)、回転軸に対する2つのセンサの相対位相角 θ_{ij} を次式で求めることができる(ステップ206)。

【数1】

$$\theta_{ij} = \frac{2\pi t_{ij}}{T} \quad (1)$$

ただし T は回転の周期であり、

【数2】

$$T = \frac{2\pi}{\Omega} \quad (2)$$

である。

【0014】

球1の中心を原点とした、慣性系に固定された座標系を考える。球1の周辺に n 個のセンサを慣性系に固定して配置する。これらのセンサの方向を、単位ベクトル S_k ($k = 1, 2, \dots, n$)で表す。ただし n は3以上の整数である。またいずれの2つのセンサ方向も球の中心と1直線上に乗らないように配置する。

【0015】

2つのセンサ S_i 、 S_j と回転軸 S を頂点とする球面三角形について、図5のように各種記号を定義する。 S と S_i 間の辺の角を α_i 、 S と S_j 間の辺の角を α_j とする。また、2つのセンサ間の辺の角を ψ_{ij} とおく。回転軸方向の単位ベクトルを $S = [s_x, s_y, s_z]^T$ 、センサ k 方向の単位ベクトルを $S_k = [s_{xk}, s_{yk}, s_{zk}]^T$ とおくと、次式が成立する(ステップ209)。

【数3】

$$S \cdot S_k = s_x s_{xk} + s_y s_{yk} + s_z s_{zk} = \cos \alpha_k \quad (3)$$

ここで、センサ方向は既知であるので、この式の未知数は s_x 、 s_y 、 s_z の3個である。よって3個のセンサについて \cos を求めることができれば回転軸 S は(3)式を連立させて解くことにより求めることができる。

【0016】

一方、球面三角法により次式が得られる(ステップ207)。

【数4】

$$\cos \psi_{ij} = \cos \alpha_i \cos \alpha_j + \sin \alpha_i \sin \alpha_j \cos \theta_{ij} \quad (4)$$

(4)式により得られる式の数、 i 、 j の組み合わせの数であり、

【数5】

$${}_n C_2 = \frac{n(n-1)}{2} \quad (5)$$

である。これらの式が互いに独立であるとして連立方程式をたて解くことにより、 $n \geq 3$ で各センサについて \cos は求めることができる(ステップ208)。すなわち(3)式を解くことができ、回転軸を求めることができる(ステップ210)。

【0017】

3つのセンサ a 、 b 、 c を直交3座標軸上に配置した場合には連立方程式は解析的に解くことができ、反復計算をすることなく \cos が求められ、次式で直接回転軸ベクトル S を求めることができる。

【数 6】

$$S = \begin{bmatrix} \pm(\tan \theta_{ca} \tan \theta_{ab})^{-\frac{1}{2}} \\ \pm(\tan \theta_{ab} \tan \theta_{bc})^{-\frac{1}{2}} \\ \pm(\tan \theta_{bc} \tan \theta_{ca})^{-\frac{1}{2}} \end{bmatrix} \quad (6)$$

ここで各成分の符号は次式で決定する。

【数 7】

$$\begin{cases} 0 < \theta_a < \pi \Leftrightarrow s_z > 0 \\ 0 < \theta_b < \pi \Leftrightarrow s_x > 0 \\ 0 < \theta_c < \pi \Leftrightarrow s_y > 0 \end{cases} \quad (7)$$

10

【0018】

以上で求めた角速度ベクトルのノルム と回転軸 S により、球の角速度ベクトルを算出できる（ステップ 211）。

【0019】

センサはマーカーを感知してON/OFF信号を出力するだけでよいので、高速でのサンプリングも可能である。このため高速回転する場合についても高精度で計測することが可能となる。

20

【0020】

この手法は、最低3つのセンサがあれば構成できるが、センサが感知できない軸周りに回転すると計測はできなくなる。このような計測できない領域の評価の仕方として、単位球表面においてセンサがマーカーのON/OFFを感知できる領域の割合を、基準点と回転軸の位置関係に対して表す手法を用いる。球面において、基準点と回転軸方向がなす辺の角を s 、マーカーの半径を m とおくと、図6より、センサがマーカーのON/OFFを感知できる領域は、回転軸方向からの角度 Φ によって次式で表される。

【数 8】

$$|\Phi_s - \Phi_m| < \Phi < \Phi_s + \Phi_m \quad (8)$$

30

この領域の表面積 S_e を求めると、

【数 9】

$$\begin{aligned} S_e &= 2\pi [\cos(|\Phi_s - \Phi_m|) - \cos(\Phi_s + \Phi_m)] \\ &= 4\pi \sin \Phi_s \sin \Phi_m \end{aligned} \quad (9)$$

となる。 s 、 m はいずれも $0^\circ \sim 180^\circ$ の値であり、両者とも 90° のとき S_e は最大となる。すなわち、 s 、 m を 90° に近づければ、センサが感知できない領域を減らすことができる。

【0021】

40

m を 90° に近づけることは、マーカーが球を半分ずつに分割するように付することで実現できる。

s を 90° に近づけることは、回転球の最大慣性主軸を基準点方向と直交するように与えるよう調整して、エネルギー消散によって回転軸を収束させることによって可能である。

【0022】

以上の手法に加えて、センサの数を増やすことによって、いずれか3つのセンサが感知できる確率を増やす手法が存在する。この極限として、全方向を感知できる3次元センサを用いれば、 m が 0° あるいは 180° の場合のみセンサのON/OFFが感知できない点となる。逆に、感知できないことで角速度の大きさは求められないが回転軸をこの点（基準点）

50

に限定することは可能となる。すなわち、どの方向に回転軸があっても、回転軸を特定できることになる。

【0023】

マーカーとセンサの組み合わせについて、マーカーを基準点からの角度に依存して変化する物理量の連続的な変化とし、これを連続的に感知できるセンサを用いれば、前述のようなセンサが感知できない領域についての問題は回避できる。

球について、その表面上の適当な基準点を中心とし、この基準点からの球面上の距離に依存して適当な物理量が単調増加あるいは単調減少するマーカーをつけ、その物理量を計測できるセンサを球の周辺に慣性系に固定して配置する。このマーカーとセンサの組み合わせは、要求に応じて変更可能である。球が回転すると、センサが回転軸方向にある場合と、回転軸方向と基準点方向が一致している場合を除いて、センサはその面している球面のマーカーの物理量を計測し、球の回転速度に一致した周波数の出力が得られる(図7)。これにより、球の角速度ベクトルの絶対値を得ることができる。

【0024】

次に、慣性系における球の回転軸方向 S を求める。球の回転軸と基準点を結ぶ球面上の基準線を考える。すると、出力が最大となる時刻においては、そのセンサの直下を基準線が通過しているといえる。すなわち、基準線が各センサの直下を通過する時刻の相対関係がわかる。この時刻の相対関係により、2つのセンサ i 、 j について、センサ i の通過時刻からセンサ j の通過時刻までの時刻を t_{ij} とすれば、回転軸に対する2つのセンサの相対位相角 θ_{ij} を求めることができ、以下ON/OFF出力の場合と同様の議論で回転軸を求めることができる。

【0025】

一例として、人工衛星の姿勢制御装置(3次元球体リアクションホイール)の試験機として製作した、直径11/8インチの鋼球を3自由度回転させる装置においてその角速度ベクトルを計測する装置の例を図1に示す。この装置は、ベアリングに用いられる高真球度の鋼球を浮上させ3自由度回転させることで任意の軸周りに反トルクを得ることができる装置である。その姿勢制御装置としての役割から、数千rpmで回転する剛球の角速度ベクトルを計測してフィードバックする必要があるため、本発明における計測手法を導入した。この回転する球はブラスト加工によって半面ずつ反射率を変えてある。すなわち θ は 90° である。さらに、反射率の境界面上に軸穴をあけ、最大慣性主軸方向が基準点方向と直交するようにしている。これにより、 θ が 90° に収束するように工夫している。ブラスト加工による反射率の変化を検出するため、球の周辺にトランジスタ出力タイプのフォトダイオードを配置し、出力電圧をコンパレータによりデジタル信号に変換する。このパルス信号はFPGAによってサンプリングする。FPGAは、各センサの反応時間履歴から、パルス周期、継続してONとなる時間、を記録し、さらに各センサ間のONになるタイミングのずれの時間も記録する。この情報はCPUへと送られ、この情報を元に角速度ベクトルを算出する。

【0026】

なお、図1では、本発明を分かり易く説明するために、回転球1を非接触で支持する軸受けの表現は省略されている。

【0027】

また、フォトダイオードにより得られた信号をサンプリングするFPGA、及び、このFPGAから受信した情報に基づいて回転球1の回転軸方向及び角速度ベクトルを算出するCPU(算出手段)の表現も、説明の便宜上、省略されている。これらFPGA及びCPUは、図1に示した計測装置の内部に搭載することもでき、或いは、この計測装置とは別の装置(算出装置)に搭載することもできる。

【0028】

この他にも、マーカー、センサの組み合わせは多岐にわたって考えられる。そのマーカー-センサの組み合わせ例は以下のようにあげられる(括弧内は観測する物理量を示す)。

・各種光反射塗料 光学センサ(光)

10

20

30

40

50

- ・球の磁極化 ホール素子(磁場)
- ・導電性素材 渦電流センサ(導電率)
- ・音の反射板 超音波センサ(音波)
- ・電波吸収体 電波センサ(電波)

【産業上の利用可能性】

【0029】

本発明は、慣性諸元測定装置、3次元自由運動模擬装置(無重力模擬)、人工衛星の姿勢制御装置、全方向移動車輪の回転検出、トラックボールの回転計測、各種球技におけるボールの回転計測、FA(ファクトリーオートメーション)における製造、検査の工程での球体の回転計測等において、利用することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】回転球と回転軸、マーカーの関係を表した計測装置の模式図。

【図2】角速度ベクトルの導出の流れ図。

【図3】球の回転により得られるセンサ出力の時間履歴の模式図。

【図4】センサ出力がOFFからONへ変わる時刻とONからOFFへと変わる時刻との中間の時刻に基準線7がセンサの直下を通過することを示す説明図。

【図5】球面三角法に用いる記号の定義の説明図。

【図6】センサが感知できる領域の説明図。

【図7】マーカーの物理量が連続的に変化する場合の説明図。

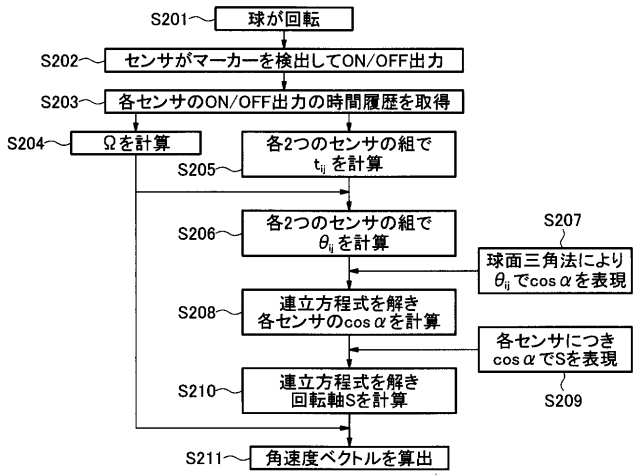
20

【符号の説明】

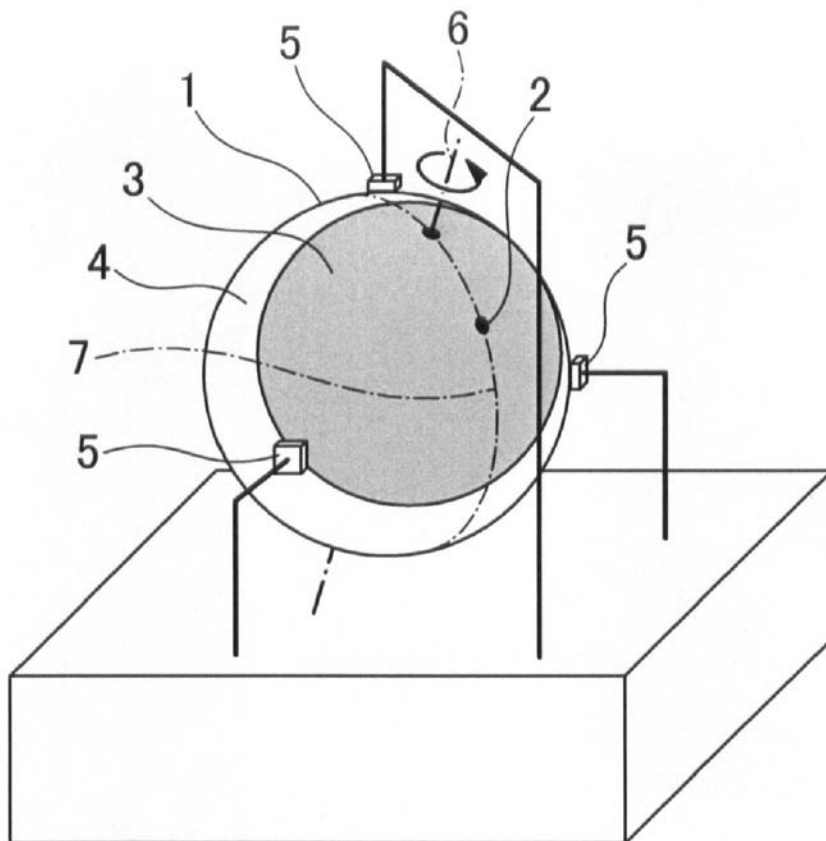
【0031】

- 1 回転球
- 2 基準点
- 3 マーク面
- 4 非マーク面
- 5 センサ
- 6 回転軸
- 7 基準線

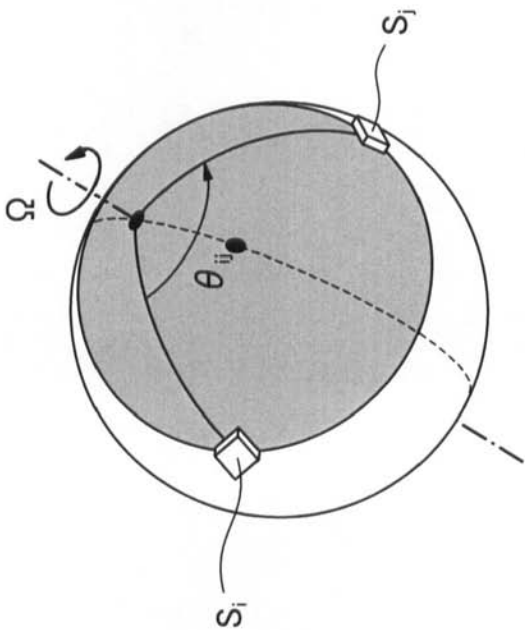
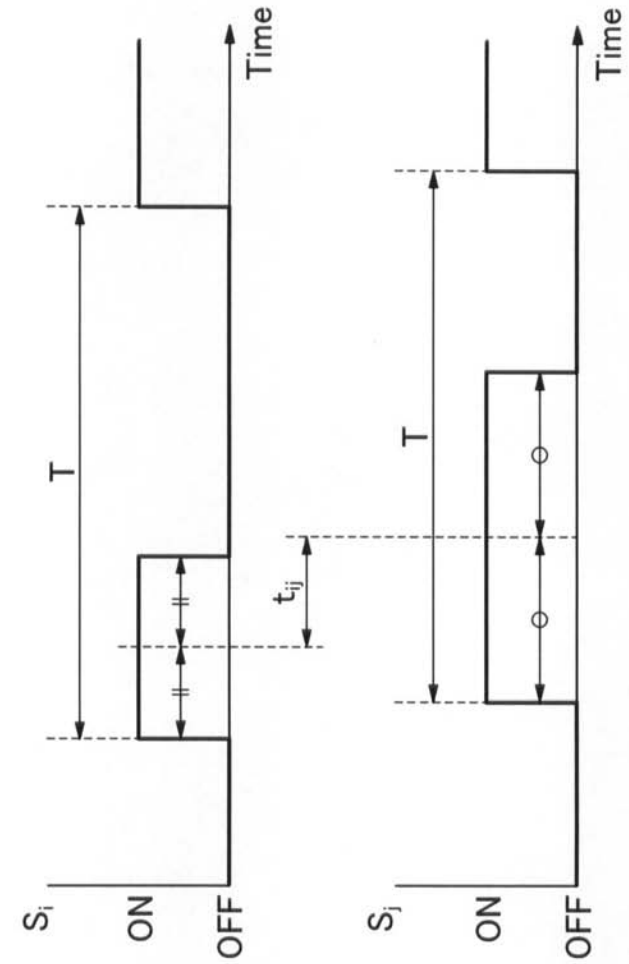
【 図 2 】



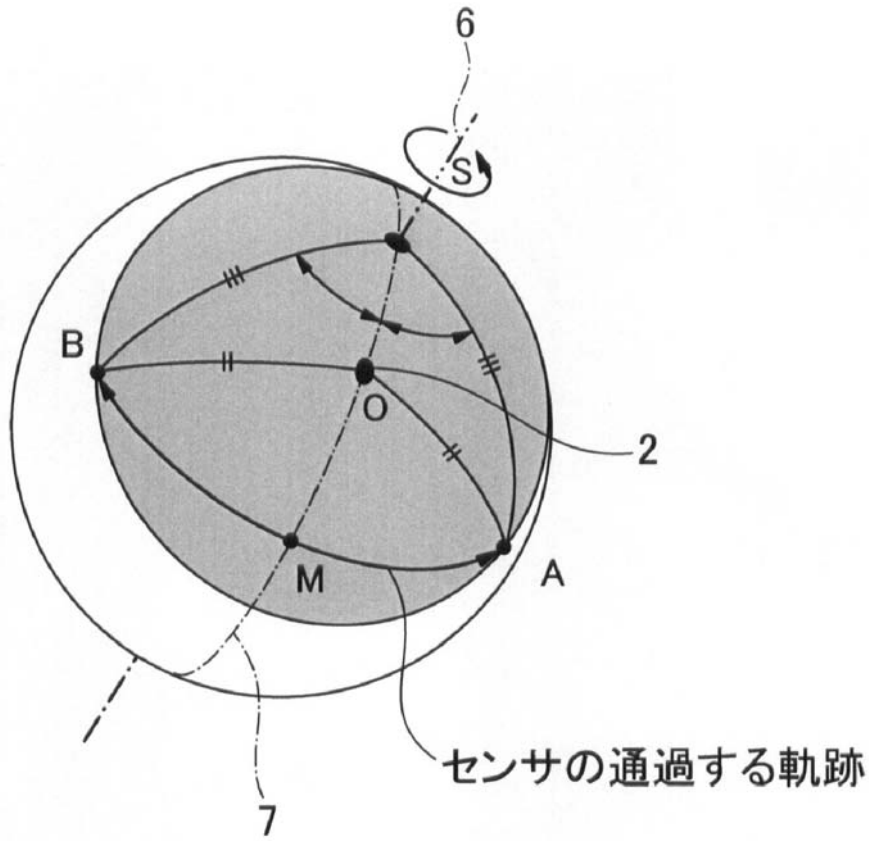
【 図 1 】



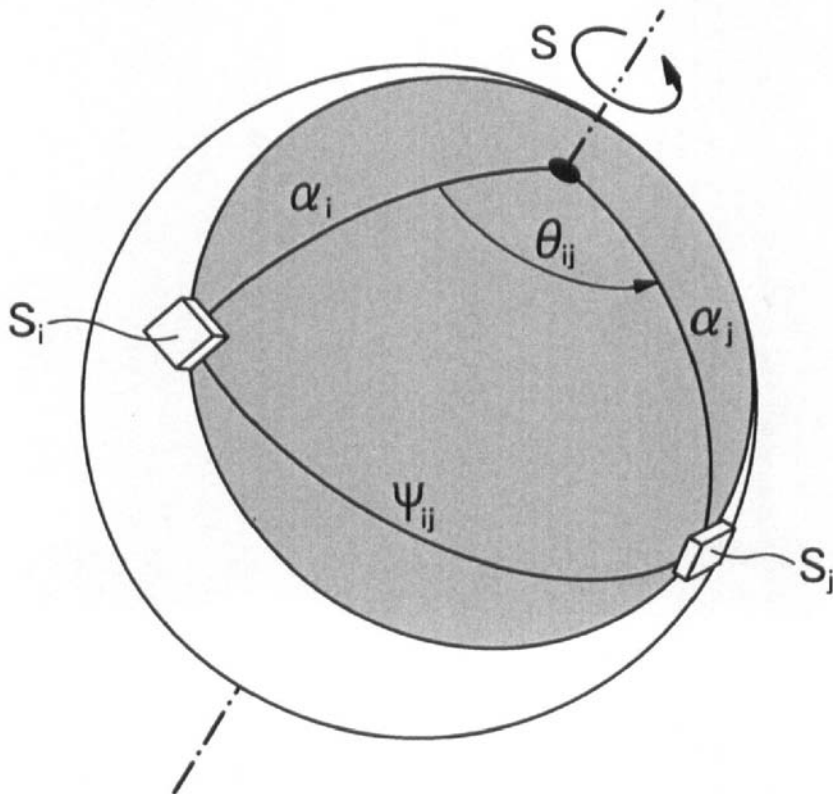
【図 3】



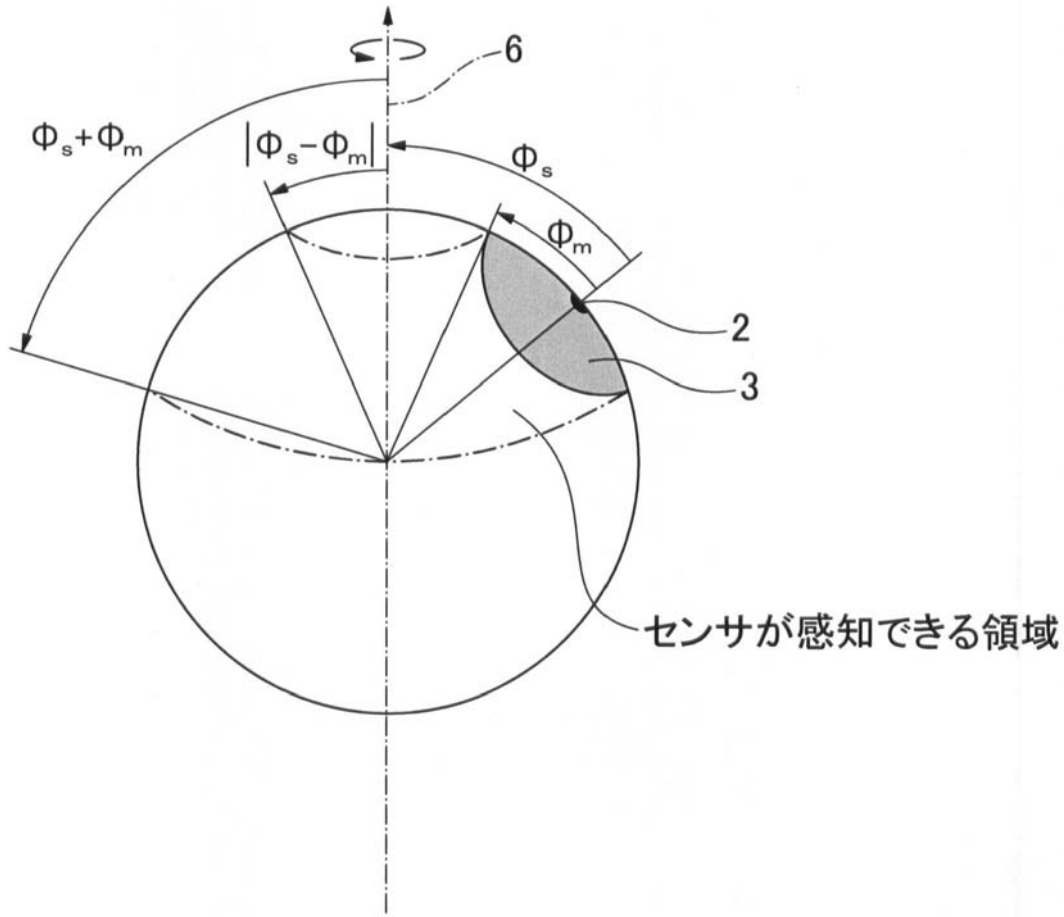
【図4】



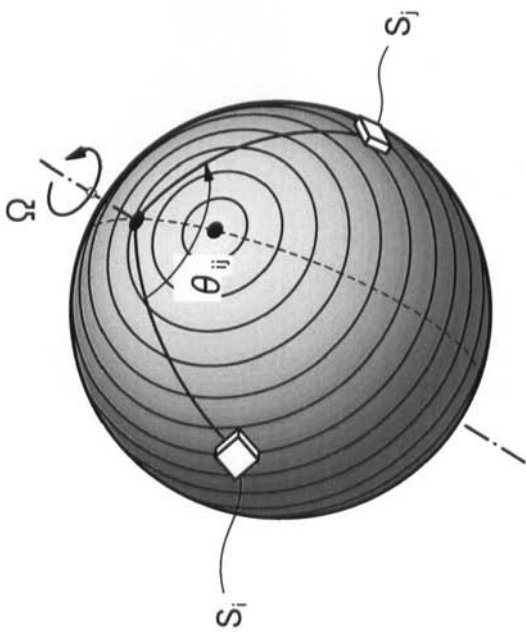
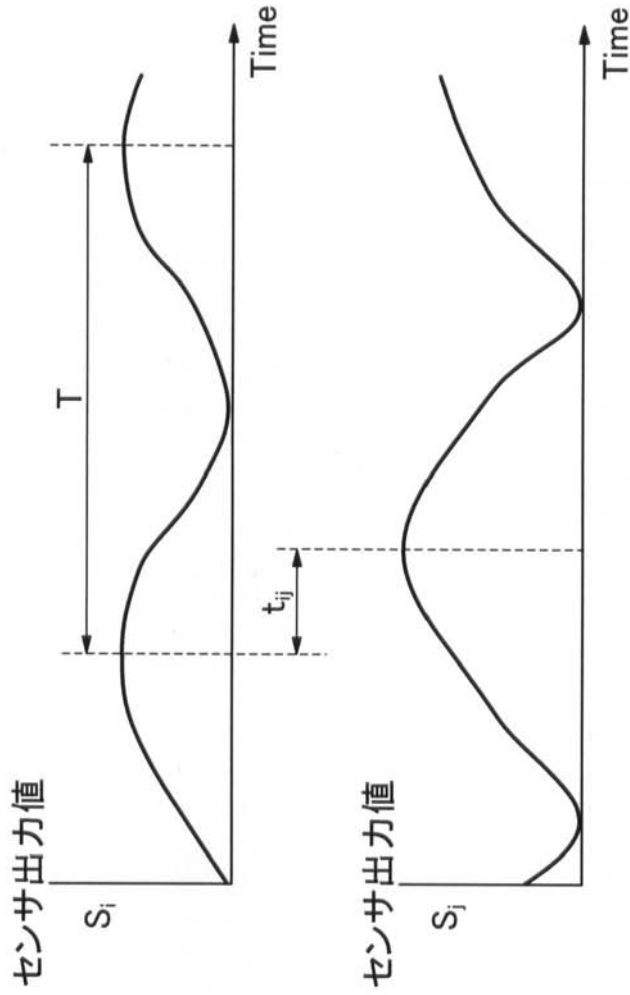
【図5】



【図6】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 津田 雄一

神奈川県相模原市由野台3 - 1 - 1 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部内

(72)発明者 白澤 洋次

神奈川県相模原市由野台3 - 1 - 1 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部内

Fターム(参考) 2F069 AA71 CC08 GG04 GG06 GG07 NN15