

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5233000号
(P5233000)

(45) 発行日 平成25年7月10日(2013.7.10)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/11 (2006.01)

A 6 1 B 5/10 3 1 O G

G O 1 B 21/00 (2006.01)

G O 1 B 21/00 E

G O 1 B 21/22 (2006.01)

G O 1 B 21/22

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2007-302056 (P2007-302056)
 (22) 出願日 平成19年11月21日(2007.11.21)
 (65) 公開番号 特開2009-125229 (P2009-125229A)
 (43) 公開日 平成21年6月11日(2009.6.11)
 審査請求日 平成22年9月22日(2010.9.22)

(出願人による申告)平成19年度独立行政法人情報通信研究機構「民間基盤技術研究促進制度／日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 393031586
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 (74) 代理人 100090181
 弁理士 山田 義人
 (72) 発明者 野間 春生
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
 (72) 発明者 橋本 涉
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
 (72) 発明者 多田 昌裕
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動き測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

角速度センサおよび加速度センサから角速度および加速度をそれぞれ繰り返し取得する取得手段、

前記取得手段によって取得された角速度を積算する積算手段、および

前記積算手段の積算結果を前記取得手段によって取得された加速度が加速度条件を満足したときリセットするリセット手段を備え、

前記取得手段によって取得された加速度は複数の加速度成分を含み、

前記取得手段によって取得された加速度の絶対値を算出する算出手段をさらに備え、

前記加速度条件は、加速度成分に関する加速度成分条件、および加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件を含み、

前記リセット手段は、前記取得手段によって取得された加速度に含まれる特定の加速度成分が前記加速度成分条件を満足し、かつ前記算出手段の算出結果が前記加速度絶対値条件を満足したときリセットを行う、動き測定装置。

【請求項2】

前記特定の加速度成分は重力方向の加速度成分であり、前記加速度条件は重力方向の加速度成分が所定範囲で一定時間安定するという条件を含み、前記加速度絶対値条件は加速度の絶対値が所定範囲で一定時間安定するという条件を含む、請求項1記載の動き測定装置。

【請求項3】

10

20

前記取得手段によって取得された角速度は複数の角速度成分を含み、

前記積算手段は角速度成分毎に積算を行う、請求項 1 または 2 記載の動き測定装置。

【請求項 4】

角速度および加速度を繰り返し計測する第 1 センサユニット、および

少なくとも前記第 1 センサユニットの計測結果に基づいて動きを測定する動き測定装置を備え、

前記動き測定装置は、

前記第 1 センサユニットによって計測された角速度を積算する第 1 積算手段、および
前記第 1 積算手段の積算結果を前記第 1 センサユニットによって計測された加速度が
加速度条件を満足したときリセットする第 1 リセット手段を含み、

前記第 1 センサユニットによって計測された加速度は複数の加速度成分を含み、

前記動き測定装置は、前記第 1 センサユニットによって計測された加速度の絶対値を算出する第 1 算出手段をさらに含み、

前記加速度条件は、加速度成分に関する加速度成分条件、および加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件を含み、

前記第 1 リセット手段は、前記第 1 センサユニットによって計測された加速度に含まれる特定の加速度成分が前記加速度成分条件を満足し、かつ前記第 1 算出手段の算出結果が前記加速度絶対値条件を満足したときリセットを行う、動き測定システム。

【請求項 5】

前記特定の加速度成分は重力方向の加速度成分であり、前記加速度条件は重力方向の加速度成分が所定範囲で一定時間安定するという条件を含み、前記加速度絶対値条件は加速度の絶対値が所定範囲で一定時間安定するという条件を含む、請求項 4 記載の動き測定装置。

【請求項 6】

角速度および加速度を繰り返し計測する第 2 センサユニットをさらに備え、

前記動き測定装置は、

前記第 2 センサユニットによって計測された角速度を積算する第 2 積算手段、および
前記第 2 積算手段の積算結果を前記第 2 センサユニットによって計測された加速度が
加速度条件を満足したときリセットする第 2 リセット手段をさらに含み、

前記第 2 センサユニットによって計測された加速度は複数の加速度成分を含み、

前記動き測定装置は、前記第 2 センサユニットによって計測された加速度の絶対値を算出する第 2 算出手段をさらに含む、請求項 4 記載の動き測定システム。

【請求項 7】

前記加速度条件は、加速度成分に関する加速度成分条件、および加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件を含み、

前記第 2 リセット手段は、前記第 2 センサユニットによって計測された加速度に含まれる特定の加速度成分が前記加速度成分条件を満足し、かつ前記第 2 算出手段の算出結果が前記加速度絶対値条件を満足したときリセットを行う、請求項 6 記載の動き測定システム。

【請求項 8】

前記動き測定装置は、前記第 1 センサユニットによって計測された角速度および前記第 2 センサユニットによって計測された角速度の少なくとも一方に座標系変換処理を施す座標系変換手段をさらに備える、請求項 6 記載の動き測定システム。

【請求項 9】

前記第 1 センサユニットおよび前記第 2 センサユニットの各々は計測結果に共通のタイムスタンプを付与し、

前記動き測定装置は少なくとも前記第 1 センサユニットの計測結果および前記第 2 センサユニットの計測結果に基づいて測定を行う、請求項 8 記載の動き測定システム。

【請求項 10】

前記第 1 センサユニットおよび前記第 2 センサユニットの各々と前記動き測定装置とは

10

20

30

40

50

計測結果を無線で送受信する、請求項 4 ~ 9 のいずれかに記載の動き測定装置。

【請求項 1 1】

動き測定装置のプロセッサに、

角速度センサおよび加速度センサから角速度および加速度をそれぞれ繰り返し取得する取得ステップ、

前記取得ステップによって取得された角速度を積算する積算ステップ、および

前記積算ステップの積算結果を前記取得ステップによって取得された加速度が加速度条件を満たしたときリセットするリセットステップを実行させ、

前記取得ステップによって取得された加速度は複数の加速度成分を含み、

前記プロセッサに前記取得ステップによって取得された加速度の絶対値を算出する算出ステップをさらに実行させ、

前記加速度条件は、加速度成分に関する加速度成分条件、および加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件を含み、

前記リセットステップは、前記取得ステップによって取得された加速度に含まれる特定の加速度成分が前記加速度成分条件を満たし、かつ前記算出ステップの算出結果が前記加速度絶対値条件を満たしたときリセットを行う、制御プログラム。

【請求項 1 2】

前記特定の加速度成分は重力方向の加速度成分であり、前記加速度条件は重力方向の加速度成分が所定範囲で一定時間安定するという条件を含み、前記加速度絶対値条件は加速度の絶対値が所定範囲で一定時間安定するという条件を含む、請求項 1 1 記載の動き測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、動き測定装置に関し、特にたとえば、理学療法向けの診断機器に適用され、センサからの加速度データおよび角速度データに基づいて対象者の動き（腕上げ量など）を測定する、動き測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

背景技術としては、広くモーションキャプチャと呼ばれる手法が存在する。従来のモーションキャプチャは、光学式、磁気式および慣性方式に区別される。

【0003】

光学式の一例が非特許文献 1 に開示されている。この背景技術は、反射素材を人体に貼り付け、これを複数のカメラで撮影しつつ追跡して、それらの 3 次元位置から体全体の姿勢を算出する手法である。一般的に、精度を上げるためには多くのカメラと広い計測空間が必要であり、また、計測の準備と調整に時間を要するため、非常に高価な設備となる。

【0004】

磁気式の一例が非特許文献 2 に開示されている。この背景技術は、磁界を発信するアンテナとそれを受信する小型アンテナによって、小型アンテナの位置と姿勢を計測する手法である。しかし一般には、精度が低く、また金属などの影響を受けやすいので、実用性は低い。

【0005】

慣性式の一例が非特許文献 3 ~ 5 に開示されている。この背景技術は、加速度センサ、角速度センサおよび地磁気センサを組み合わせ、角速度センサの出力を時間積分して姿勢を算出しつつ、地磁気センサによって水平方向を、加速度センサによって重力方向をそれぞれ検出し、検出結果に基づいて積分結果をリセットする手法である。リセットは、積分時間が長くなるにつれて増大するドリフトを抑制するのに役立つ。この手法によれば、高い精度で計測が行え、また、センサ部分を 1 つのユニットに集約することが可能である。一方で、複雑な計算を要するために、センサに高性能の PC を接続する必要があり、容易には小型化に至らない。センサユニットもそれなりの大きさで、これと PC とを有線で接

10

20

30

40

50

続する必要がある。

【非特許文献 1】V i c o n (<http://www.crescentvideo.co.jp/vicon/>)

【非特許文献 2】P o l h e m u s (<http://www.polhemus.com/>)

【非特許文献 3】N E C トーキン製 3 D モーションセンサ (<http://www.nec-tokin.com/product/3d/index.html>)

【非特許文献 4】トキメック製 V S A S - 2 G M (<http://www.tokimec.co.jp/sensor/vsas/index.html>)

【非特許文献 5】クレアクト社 I n t e r C u b e 2 / 3 (<http://www.creact.co.jp/jpn/intersense/inertiacyube.html>)

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

それゆに、この発明の主たる目的は、新規な動き測定装置を提供することである。

【 0 0 0 7 】

この発明の他の目的は、コンパクトな構成で精度の高い測定が行える、動き測定装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記の課題を解決するために、以下の構成を採用した。なお、括弧内の参照符号および補足説明などは、本発明の理解を助けるために後述する実施の形態との対応関係を示したものであって、本発明を何ら限定するものではない。

20

【 0 0 0 9 】

第 1 の発明に従う動き測定装置は、角速度センサおよび加速度センサから角速度および加速度をそれぞれ繰り返し取得する取得手段、取得手段によって取得された角速度を積算する積算手段、および積算手段の積算結果を取得手段によって取得された加速度が加速度条件を満足したときリセットするリセット手段を備える。

【 0 0 1 0 】

第 1 の発明では、角速度センサ (5 2) が角速度を、加速度センサ (5 0) が加速度をそれぞれ計測している。動き測定装置 (1 0) では、取得手段 (S 3) が角速度センサおよび加速度センサから角速度および加速度をそれぞれ繰り返し取得する。取得された角速度は積算手段 (S 7) によって積算され、この積算結果は、取得された加速度が加速度条件を満足したときリセット手段 (S 1 5) によってリセットされる。

30

【 0 0 1 1 】

第 1 の発明によれば、積算結果のリセットを加速度に基づいて行うので、地磁気センサから地磁気を取得しなくても、角速度センサおよび加速度センサからの角速度および加速度だけで精度の高い動き測定が行える。

【 0 0 1 2 】

第 2 の発明に従う動き測定装置は、第 1 の発明に従属し、取得手段によって取得された角速度は複数の角速度成分を含み、積算手段は角速度成分毎に積算を行う。

【 0 0 1 3 】

40

第 2 の発明では、取得された角速度が複数の角速度成分を含んでおり、積算は角速度成分毎に行われる。

【 0 0 1 4 】

なお、好ましい実施例では、角速度は 3 つの角速度成分 αX , αY および αZ を含んでいる。ここで X , Y および Z は、各センサユニットに固定された座標系に従う。

【 0 0 1 5 】

第 3 の発明に従う動き測定装置は、第 1 または第 2 の発明に従属し、取得手段によって取得された加速度は複数の加速度成分を含み、取得手段によって取得された加速度の絶対値を算出する算出手段をさらに備える。

【 0 0 1 6 】

50

第3の発明では、取得された加速度が複数の加速度成分を含んでおり、算出手段は、取得された加速度の絶対値、つまり複数の加速度成分からなる加速度ベクトルの大きさを算出する。

【0017】

なお、好ましい実施例では、加速度は3つの加速度成分 a_X 、 a_Y および a_Z を含んでおり、加速度の絶対値 $|a|$ として加速度ベクトル (a_X, a_Y, a_Z) の大きさ $\sqrt{(a_X^2 + a_Y^2 + a_Z^2)}$ が算出される。

【0018】

第4の発明に従う動き測定装置は、第3の発明に従属し、加速度条件は、加速度成分に関する加速度成分条件、および加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件を含み、リセット手段は、取得手段によって取得された加速度に含まれる特定の加速度成分が加速度成分条件を満足し、かつ算出手段の算出結果が加速度絶対値条件を満足したときリセットを行う。

10

【0019】

第4の発明では、加速度条件には、加速度成分に関する加速度成分条件と、加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件とが含まれる。積算結果のリセットが行われるタイミングは、取得された加速度に含まれる特定の加速度成分が加速度成分条件を満足し、かつ算出された加速度絶対値が加速度絶対値条件を満足したときである。

【0020】

なお、好ましい実施例では、対象者の上腕の動きを測定するが、ここでの加速度成分条件は上腕が真下つまり重力方向を向くという条件（たとえば $-0.1\text{ mG} < a_Z < 0.1\text{ mG}$ で一定時間安定）を含み、加速度絶対値条件は上腕が静止するという条件（たとえば $965\text{ mG} < |a| < 995\text{ mG}$ で一定時間安定）を含む。

20

【0021】

第4の発明によれば、このような2つの加速度条件に基づいてリセットを行うことで、適切なタイミングでのリセットが可能となり、測定精度が高まる。

【0022】

第5の発明に従う動き測定システムは、角速度および加速度を繰り返し計測する第1センサユニット、および少なくとも第1センサユニットの計測結果に基づいて動きを測定する動き測定装置を備え、動き測定装置は、第1センサユニットによって計測された角速度を積算する第1積算手段、および第1積算手段の積算結果を第1センサユニットによって計測された加速度が加速度条件を満足したときリセットする第1リセット手段を含む。

30

【0023】

第5の発明に従う動き測定システム(100)では、第1センサユニット(12a~12cの1つ)が角速度および加速度を繰り返し計測し、動き測定装置(10)は少なくとも第1センサユニットの計測結果に基づいて動きを測定する。

【0024】

動き測定装置では、第1センサユニットによって計測された角速度が第1積算手段(S7)によって積算されていく。この積算結果は、第1センサユニットによって計測された加速度が加速度条件を満足したとき、第1リセット手段(S15)によってリセットされる。

40

【0025】

第5の発明によれば、積算結果のリセットを加速度に基づいて行うので、地磁気センサを用いなくても、角速度および加速度を計測する第1センサユニットセンサだけで、精度の高い動き測定が行える。

【0026】

第6の発明に従う動き測定システムは、第5の発明に従属し、角速度および加速度を繰り返し計測する第2センサユニットをさらに備え、動き測定装置は、第2センサユニットによって計測された角速度を積算する第2積算手段、および第2積算手段の積算結果を第2センサユニットによって計測された加速度が加速度条件を満足したときリセットする第

50

2 リセット手段をさらに含む。

【0027】

第6の発明では、動き測定システムは、角速度および加速度を繰り返し計測する第2センサユニット(12a~12cの他の1つ)をさらに備える。動き測定装置では、第2センサユニットによって計測された角速度が第2積算手段(S7)によって積算されていく。この積算結果は、第2センサユニットによって計測された加速度が加速度条件を満足したとき、第2リセット手段(S15)によってリセットされる。

【0028】

第6の発明によれば、少なくとも第1センサユニットおよび第2センサユニットを用い、そしてリセットをセンサユニット毎に行うので、測定精度の向上が可能となる。

10

【0029】

第7の発明に従う動き測定システムは、第6の発明に従属し、動き測定装置は、第1センサユニットによって計測された角速度および第2センサユニットによって計測された角速度の少なくとも一方に座標系変換処理を施す座標系変換手段をさらに備える。

【0030】

第7の発明では、第1センサユニットによって計測された角速度および第2センサユニットによって計測された角速度の少なくとも一方に対して、座標系変換手段(S4)による座標系変換処理が施される。

【0031】

なお、好ましい実施例では、各センサユニットによって計測された角速度に対して、当該センサユニットに固定された座標系(XYZ座標系)から静止座標系(xyz座標系)への座標系変換処理が施される。他の実施例では、一方のセンサユニットに対して、当該センサユニットに固定された座標系から他方のセンサユニットに固定された座標系への座標系変換処理が施される。

20

【0032】

第7の発明によれば、センサユニット間で座標系を共通化することで、第1センサユニットの計測結果および第2センサユニットの計測結果に基づく測定(加減算などの演算を含む)が可能となる。

【0033】

第8の発明に従う動き測定システムは、第7の発明に従属し、第1センサユニットおよび第2センサユニットの各々は計測結果に共通のタイムスタンプを付与し、動き測定装置は少なくとも第1センサユニットの計測結果および第2センサユニットの計測結果に基づいて測定を行う。

30

【0034】

第8の発明によれば、第1センサユニットの計測結果および第2センサユニットの計測結果に共通のタイムスタンプを付与するので、計測結果の間で同期を取ることが可能となり、より精度の高い測定が行える。

【0035】

第9の発明に従う動き測定装置は、第5~第8のいずれかの発明に従属し、第1センサユニットおよび第2センサユニットの各々と動き測定装置とは計測結果を無線で送受信する。

40

【0036】

第10の発明に従う制御プログラム(62)は、動き測定装置(10)のプロセッサ(22)に、角速度センサ(52)および加速度センサ(50)から角速度および加速度をそれぞれ繰り返し取得する取得ステップ(S3)、取得ステップによって取得された角速度を積算する積算ステップ(S7)、および積算ステップの積算結果を取得ステップによって取得された加速度が加速度条件を満足したときリセットするリセットステップ(S15)を実行させる。

【0037】

第10の発明でも、第1の発明と同様に、地磁気センサから地磁気を取得しなくても、

50

角速度センサおよび加速度センサからの角速度および加速度だけで精度の高い動き測定が行える。

【発明の効果】

【0038】

この発明によれば、コンパクトな構成で、精度の高い動き測定を行うことができる。

【0039】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

図1を参照して、この発明の一実施例である診断システム100は、Bluetoothによる無線通信機能を各々が有するPC（診断装置）10およびセンサユニット12a～12cを含む。PC10の構成例を図2に、センサユニット12a～12cの構成例を図3にそれぞれ示す。なお、センサユニット12a～12cは共通の構成を有しており、これらを互いに区別する必要がない場合には“センサ12”のように略記する。

【0041】

図2を参照して、PC10は、Bluetoothモジュール20、CPU22、ROM24、RAM26、LCDモニタ28およびキー入力装置30を備える。Bluetoothモジュール20は、アンテナ20aを通してセンサ12との間で無線通信を行う。具体的には、CPU22からのコマンドデータをセンサ12に送信し、また、センサ12からの加速度データおよび角速度データを受信してCPU22に与える。

【0042】

CPU22は、PC10の全体制御に加え、各種のデータ処理を行う。CPU22には現時刻データを出力する時計22Tが含まれており、制御または処理では時計22Tの出力が適宜参照される。

【0043】

ROM24は、不揮発性メモリであり、CPU22の動作に必要なプログラムおよびデータを記憶している。RAM26は、CPU22が動作するためのワークメモリまたはバッファメモリとして機能する。

【0044】

LCDモニタ28は、CPU22によるデータ処理の結果などを表示する。キー入力装置30は、ユーザによるキー入力操作を受け付け、これに該当するコマンドをCPU22に与える。

【0045】

図3を参照して、センサ12は、Bluetoothモジュール40、CPU42、ROM44、RAM46、LED48、加速度センサ50、角速度センサ52、充電回路54およびバッテリー56を備える。なお、ROM44およびRAM46は、ここではCPU42に内蔵されているが、外付けでもよい。

【0046】

Bluetoothモジュール40は、アンテナ40aを通してPC10との間で無線通信を行う。具体的には、加速度センサ50および角速度センサ52からCPU42を介して与えられる加速度データおよび角速度データをPC10に送信し、また、PC10からのコマンドデータを受信してCPU42に与える。

【0047】

CPU42は、センサ12の全体制御を行う。ROM44は、不揮発性メモリであり、CPU42の動作に必要なプログラムおよびデータを記憶している。RAM46は、CPU42が動作するためのワークメモリまたはバッファメモリとして機能する。LED48は、このセンサ12の状態を表示するために設けられており、たとえば通信中、通信待ち受け中および充電中であることをそれぞれ示す青色、緑色および橙色LEDを含む。

【0048】

10

20

30

40

50

加速度センサ50は、互いに垂直なX、YおよびZの3軸（図4参照：後述）について加速度を検出し、検出結果を示す加速度データつまり（ a_X 、 a_Y 、 a_Z ）をCPU42に与える。CPU42は、現時刻データを繰り返し出力する時計42Tを含み、与えられた加速度データに時計42Tの出力に基づくタイムスタンプ（ t ）を付与する。Bluetoothモジュール40へはこのタイムスタンプ付きの加速度データつまり（ a_X 、 a_Y 、 a_Z 、 t ）が与えられ、Bluetoothモジュール40は与えられた加速度データをPC10へと送信する。

【0049】

角速度センサ52は、X、YおよびZの3軸について軸周りの角速度を検出し、検出結果（ α_X 、 α_Y および α_Z ）を示す角速度データをCPU42に与える。CPU42は、加速度データに対しても時計42Tの出力に基づくタイムスタンプを付与する。そして、タイムスタンプ付きの角速度データつまり（ α_X 、 α_Y 、 α_Z 、 t ）もまた、Bluetoothモジュール40からPC10へと送信される。

【0050】

ここで、PC10側の時計22Tとセンサ12側の時計42Tとは、Bluetooth通信を利用した修正処理を通じて、互いに同期した状態に保たれる。すなわち、たとえばCPU42が時計42Tの時刻を定期的にCPU22に通知し、CPU22は、通知された時刻を時計22Tの時刻と比較して、誤差が検出されたときこれを修正する。

【0051】

センサ12の各コンポーネントへの電源は、バッテリー56によって供給される。充電回路54は、バッテリー56に充電用電源を供給する。

【0052】

センサ12はまた、所定形状かつ小型に成型されたプラスチック等からなるハウジングを含む。このようなハウジングの一例を図4に示す。図4のハウジング12Hは、 $39 \times 36.5 \times 10$ mmの直方体形状を有する。センサ12の各コンポーネント（充電回路54およびバッテリー56も含む）は、以下ではハウジング12Hに収納されるものとする。このとき、加速度センサ50および角速度センサ52の各々は、Z軸がハウジング12Hの主面mfと垂直になり、そしてX軸およびY軸がハウジング12Hの第1側面sf1および第2側面sf2とそれぞれ垂直になるような向きに収納される。

【0053】

以上のように構成された診断システム100は、たとえば理学療法のための診断業務に図5の要領で適用される。図5を参照して、互いに垂直なx、yおよびzの3軸は静止座標系に従い、z軸は重力方向と平行である。センサユニット12aおよび12bは対象者の一方上腕に、センサユニット12cは対象者の胸に、それぞれ装着される。したがって、センサユニット12aおよび12bの各々からは上腕の動きに応じた加速度データおよび角速度データが送信され、センサユニット12cからは胴体の動きに応じた加速度データおよび角速度データが送信される。

【0054】

PC10は、センサユニット12a～12cの各々と通信可能な場所に設置され、図示しない理学療法士などによって操作される。PC10では、センサユニット12a～12cからの加速度データおよび角速度データに基づいて、角速度を積算する処理、積算結果（角度）をリセットする処理、および角度に基づいて腕上げ量を算出する処理などが実行される。

【0055】

なお、ここでいう腕上げ量は、図5に示すように、胴体の軸に対する上腕の軸の角度であり、たとえば静止座標系で（ B_x 、 B_y 、 B_z ）のように記述される。これに時間成分を付した（ B_x 、 B_y 、 B_z 、 T ）を“腕上げ量データ”と呼ぶ。センサユニット12a～12cからの生データ（加速度データおよび角速度データ）は、それぞれに固定された座標系（XYZ座標系）に従うため、前述の一連の処理に先立って静止座標系（xyz座標系）への変換処理を行うことが必要である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

より詳しくは、センサユニット 1 2 a および 1 2 b の各々は、たとえば、対象者が腕を下ろした状態で、Z 軸（主面 m f の法線）が対象者から見て真横（左右方向）を向き、かつ Y 軸（第 2 側面 s f 2 の法線）が真下（重力方向）を向くように装着される。この結果、X 軸は正面（前後方向）を向く。センサユニット 1 2 c は、たとえば、対象者が直立した状態で、Z 軸が真ん前を向き、かつ Y 軸が真下を向くように装着される。この結果、X 軸は真横（右方向）を向く。

【 0 0 5 7 】

ところで、対象者がリラックスしている状態では一般に、胴体の軸および上腕の軸はいずれも重力方向を向いており、わずかに前後左右に振れるだけである。

10

【 0 0 5 8 】

このため、リラックス状態では、センサユニット 1 2 a および 1 2 b の各々からの Z 方向の加速度 a_Z が概ね “ 0 ” を示す（たとえば $-0.1 < a_Z < 0.1$ ）と共に、加速度の絶対値 $\sqrt{(a_X^2 + a_Y^2 + a_Z^2)}$ が重力加速度の近傍で安定する（たとえば $9.65 \text{ mG} < |a| < 9.95 \text{ mG}$ ）。リセット処理、つまり角度成分 A_x 、 A_y および A_z を “ 0 ” に初期化する処理は、この状態が検出されたタイミングで実行される。以下、具体例により説明する。

【 0 0 5 9 】

図 6 には、対象者が腕を真横に上げ下げする場合のセンサユニット 1 2 a による計測結果、および計測結果から算出される角度がグラフで示される。図 6 を参照して、太線のグラフは Z 方向の加速度 a_Z を示し、細線のグラフは X 軸周りの角速度 α_X を示す。角速度 α_X の積算結果つまり X 軸周りの角度については、リセット補正無しおよびリセット補正有りの 2 つの場合を鎖線および点線の 2 本のグラフで示す。一方、図 7 のグラフは、図 6 の場合における加速度の絶対値 $|a|$ を示す。

20

【 0 0 6 0 】

図 6 および図 7 に共通して、横軸の数値は時刻 t （タイムスタンプ）を、縦軸の数値は加速度（単位：mG）をそれぞれ示す。対象者は、当初（ $t = 45230 \text{ m秒}$ ）腕を下ろしており（リラックス状態）、計測終了（ $t = 45250 \text{ m秒}$ ）ままでの間に腕を真横に上げ下げする運動を 3 往復分行っている。

【 0 0 6 1 】

図 6 および図 7 を参照して、当初、加速度 a_Z 、角速度、角度（リセット補正無し）および角度（リセット補正有り）はいずれも “ 0 ” を示し、加速度絶対値 $|a|$ は 9.80 mG の近傍（ $9.65 \text{ mG} < |a| < 9.95 \text{ mG}$ ）で安定している。

30

【 0 0 6 2 】

加速度 a_Z はその後、腕が上がるにつれて減少し、真横を向く前後で -700 ないし -900 mG となる。そして、腕が下がるにつれて増加し、真下を向いたとき “ 0 ” に戻る。これが最初の 1 往復分の運動に対応する加速度 a_Z の変化であり、2 往復目以降も同様の変化が繰り返される。

【 0 0 6 3 】

加速度絶対値 $|a|$ は、腕上げ開始に応答して大きく変動（ $\pm 90 \text{ mG}$ ）した後、徐々にその振幅を減じていく。そして、動きが上昇から降下に転ずるとき再び大きく変動し、腕が下がり切るとリラックス状態となって再び 9.80 mG の近傍（ $9.65 \text{ mG} < |a| < 9.95 \text{ mG}$ ）で安定する。2 往復目以降も同様の変化が繰り返される。

40

【 0 0 6 4 】

角速度は、腕上げ開始当初減少し、その後増加に転じて、腕下げに移行するとき最大となる。そして再び減少し、腕下げ終了後 “ 0 ” に戻る。2 往復目以降も同様の変化が繰り返される。

【 0 0 6 5 】

角度（リセット補正無し）は、腕が上がるにつれて減少し、ピーク位置で最小となる。その後、腕が下がるにつれて増加するが、真下を向く前に “ 0 ” に戻り、真下を向いたと

50

きには“0”よりも大きな値を示している。2往復目以降も同様の変化が繰り返されるが、真下を向いた時点の角度値は、1往復目完了時よりも2往復目完了時のほうが大きく、2往復目完了時よりも3往復目完了時のほうがさらに大きい。

【0066】

ここで、角速度の積算値である角度は本来、腕下げ終了時“0”に戻るはずである。そうならないのは、センサ12のノイズに起因するオフセットが正の方向に蓄積していくためである。したがって、適切なタイミングで角度をリセットしなければ、時間の経過につれて角度誤差（ドリフト）が増大していく結果となる。

【0067】

角度（リセット補正有り）は、1往復目の完了直前までは角度（リセット補正無し）と同様に变化するが、その完了時“0”にリセットされる。2往復目以降も同様の変化が繰り返される。こうして、1往復毎にリセット補正を行うことで、角度誤差を1往復期間で生じる値以下に抑えることができる。

【0068】

リセット補正を行うタイミングは、対象者が腕を下ろしてリラックス状態となったときである。対象者の状態がリラックス状態であるか否かは、Z方向の加速度 a_Z および加速度絶対値 $|a|$ に基づいて判定される。

【0069】

具体的には、（1）Z方向の加速度が概ね“0”であり、かつ（2）加速度絶対値が重力加速度の近傍で安定したとき、リラックス状態になったと判定し、リセット処理を実行する。

【0070】

診断システム100で診断を行うときのPC10側のメモリマップを図8に示す。図8を参照して、RAM26は、プログラム記憶領域60およびデータ記憶領域70を含む。プログラム記憶領域60には座標系変換プログラム61、角度演算プログラム62、腕上げ量演算プログラム64、Bluetooth制御プログラム66および入出力制御プログラム68などが記憶され、データ記憶領域には生データつまり加速度データ（ a_X, a_Y, a_Z, t ）および角速度データ（ $\alpha_X, \alpha_Y, \alpha_Z, t$ ）71a、変換角速度データつまり座標系変換後の角速度データ（ $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z, t$ ）71b、センサユニット12a～12cにそれぞれ割り当てられた角度データ（ A_x, A_y および A_z, T ）72～76、および腕上げ量データ（ B_x, B_y, B_z, T ）78などが記憶される。

【0071】

座標系変換プログラム61は、センサユニット12a～12cからの角速度データ（ $\alpha_X, \alpha_Y, \alpha_Z, t$ ）71aに静止座標系への座標系変換処理を施す。角度演算プログラム62は、変換角速度データ（ $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z, t$ ）71bに基づく角度演算をセンサユニット毎に行い、角度データ72～76を演算結果で更新するためのプログラムである。腕上げ量演算プログラム64は、角度データ72～76に基づく腕上げ量演算を行い、腕上げ量データ78を演算結果で更新するためのプログラムである。

【0072】

Bluetooth制御プログラム66は、Bluetoothモジュール20を制御してセンサユニット12a～12cとの間で近距離無線通信を行うためのプログラムである。入出力制御プログラム68は、キー入力装置30による入力操作を受け付け、かつ演算結果をLCDモニタ28を通じて出力するためのプログラムである。

【0073】

図9には角度演算プログラム62に対応するフローチャートが、図10には腕上げ量演算プログラム64に対応するフローチャートがそれぞれ示される。図9の角度演算処理はセンサユニット毎に実行され、これらと並行して図10の腕上げ量演算処理も実行される。すなわちCPU22は、3つのセンサユニット12a～12cのための3つの角度演算処理と、これら3つの演算結果に基づく腕上げ量演算処理との4つの処理を並列的に実行する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

センサユニット 1 2 a のための角度演算は、たとえば次の手順で行われる。図 9 を参照して、最初のステップ S 1 では、角度データ 7 2 を初期化する。これによって、角速度成分 A_x , A_y および A_z ならびに時間成分 T の各々に初期値 “ 0 ” がセットされる。次のステップ S 3 では、センサユニット 1 2 a から加速度データ (a_x , a_y , a_z , t) および角速度データ (α_x , α_y , α_z , t) を取得する。そしてステップ S 4 で、取得された角速度データの角速度成分 α_x , α_y および α_z に対して、センサユニット 1 2 に固定された座標系 (X Y Z 座標系) から静止座標系 (x y z 座標系) への座標系変換処理を施す。なお、取得された加速度データの加速度成分に対しても、ここで座標系変換処理を施して構わない。

10

【 0 0 7 5 】

続く一連のステップ S 5 ~ S 1 5 では、取得データに基づいて、時間更新、角速度積算、加速度絶対値算出、角度リセットなどの処理が実行される。詳しくは、ステップ S 5 で時間成分 T にタイムスタンプ t をセットし、ステップ S 7 では角度成分 A_x , A_y および A_z に角速度成分 α_x , α_y および α_z をそれぞれ加算する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 9 では、Z 方向の加速度 a_z が “ 0 ” であるか否か、すなわち前述の条件 (1) が満足されたか否かを判別し、N O であればステップ S 3 に戻る。 a_z の値が概ね “ 0 ” たとえば “ $0 \pm 5 \text{ mG}$ ” の範囲内であれば、ステップ S 9 で Y E S と判別して、ステップ S 1 1 に移る。

20

【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 1 では、加速度絶対値 $|a|$ ($= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$) を算出する。そしてステップ S 1 3 で、 $|a|$ の値が重力加速度 980 mG の近傍で安定したか否か、すなわち前述の条件 (2) が満足されたか否かをさらに判別する。ここで N O であれば、直ちにステップ S 3 に戻る。

【 0 0 7 8 】

一方、 $|a|$ の値が重力加速の近傍 (たとえば “ $980 \pm 15 \text{ mG}$ ” の範囲内) にあり、かつこのような状態が所定期間 (たとえば 0 . 5 秒) 以上継続すると、ステップ S 1 3 で Y E S と判別し、ステップ S 1 5 に移る。ステップ S 1 5 では、角度成分 A_x , A_y および A_z をリセットする。時間成分 T はリセットされない。その後、ステップ S 3 に戻る。なお、ステップ S 3 ~ S 1 5 のループは、たとえば 1 / 1 0 0 秒周期で実行される。

30

【 0 0 7 9 】

センサユニット 1 2 b のための角度演算およびセンサユニット 1 2 c のための角度演算もまた、上記と同様の手順で行われる。したがって、3 つのセンサユニット 1 2 a ~ 1 2 c に対応する角度データ 7 2 ~ 7 6 は、対象者がリラックス状態となる度にリセットされる結果となる。なお、リセット処理はセンサユニット毎に実行されるので、リセットのタイミングが角度データ 7 2 ~ 7 6 の間で厳密に一致するわけではない。

【 0 0 8 0 】

腕上げ量演算は、たとえば次の手順で行われる。図 1 0 を参照して、最初のステップ S 3 1 では、腕上げ量データ 7 8 を初期化する。これによって、角度成分 B_x , B_y および B_z ならびに時間成分 T の各々に初期値 “ 0 ” がセットされる。次のステップ S 3 3 では、データ記憶領域 7 0 から角度データ 7 2 ~ 7 6 を取得する。そしてステップ S 3 5 で、角度データ 7 2 および 7 4 (つまり上腕に装着された 2 つのセンサユニット 1 2 a および 1 2 b からの角度データ) を成分毎に平均する。

40

【 0 0 8 1 】

次のステップ S 3 7 では、角度データ 7 2 および 7 4 の平均値と、角度データ 7 6 (つまり胸に装着されたセンサユニット 1 2 c からの角度データ) とに基づいて、体の軸に対する上腕の軸の角度 (つまり正味の腕上げ量) を算出する。そしてステップ S 3 9 で、腕上げ量データ 7 8 を算出結果に基づいて更新した後、ステップ S 3 3 に戻る。なお、ステップ S 3 3 ~ S 3 9 のループは、たとえば 1 / 3 0 秒周期で実行される。

50

【 0 0 8 2 】

L C D モニタ 2 8 には、こうして更新される腕上げ量データ 7 8 を示すグラフ、たとえば図 6 に点線で示した角度（リセット補正有り）のグラフが表示される。オフセットの蓄積が抑制されたグラフを参照することで、よりの確な診断が可能となる。

【 0 0 8 3 】

なお、上で挙げた座標軸の方向や、リラックス状態判別時の閾値，ループの実行周期といった数値は、いずれも一例であり、必要に応じて変更される。

【 0 0 8 4 】

以上から明らかなように、この実施例の診断システム 1 0 0 では、センサユニット 1 2 a ~ 1 2 c の各々が角速度および加速度を計測している。P C 1 0 (C P U 2 2) は、センサユニット 1 2 a ~ 1 2 c の各々から角速度および加速度を繰り返し取得し (S 3)、取得された角速度を積算し (S 7)、そして積算結果を取得された加速度が加速度条件を満足したときリセットする (S 1 5)。このように、角速度の積算値を加速度に基づいてリセットするので、地磁気センサを用いることなく精度の高い動き測定が行える。

【 0 0 8 5 】

より特定的には、取得された角速度は 3 つの角速度成分 αX , αY および αZ を含んでおり、積算は角速度成分毎に行われる。なお、取得された角速度は各センサユニットに固定された座標系に従うため、積算に先立って、静止座標系への座標系変換処理が実行される。取得された加速度もまた 3 つの加速度成分 $a X$, $a Y$ および $a Z$ を含んでおり、P C 1 0 はさらに、取得された加速度の絶対値 $| a |$ つまり加速度ベクトル ($a X$, $a Y$, $a Z$) の大きさを算出する。

【 0 0 8 6 】

加速度条件は、加速度成分に関する加速度成分条件（たとえば $- 0 . 1 < a Z < 0 . 1$ ）、および加速度の絶対値に関する加速度絶対値条件（たとえば $9 6 5 \text{ m G} < | a | < 9 9 5 \text{ m G}$ ）を含む。リセットは、取得された加速度に含まれる特定の加速度成分（たとえば Z 成分）が加速度成分条件を満足し、かつ算出された加速度絶対値が加速度絶対値条件を満足したとき行われる。これにより、加速度の積算値つまり角度を適切なタイミングでリセットすることができ、測定精度が高まる。

【 0 0 8 7 】

また、センサユニット 1 2 a ~ 1 2 c の計測結果には共通のタイムスタンプ (t) が付与され、P C 1 0 はセンサユニット 1 2 a ~ 1 2 c の計測結果に基づいて動き測定を行う。共通のタイムスタンプを付与したことで、計測結果の間で同期を取ることが可能となり、高い精度の測定を行える。

【 0 0 8 8 】

なお、この実施例では、センサユニット 1 2 a ~ 1 2 c によって計測された 3 つの角速度の各々に対して、当該センサユニットに固定された座標系から静止座標系への座標系変換処理を施したが、たとえば、センサユニット 1 2 a および 1 2 b によって計測された 2 つの角速度の各々に対して、当該センサユニットに固定された座標系からセンサユニット 1 2 c に固定された座標系への座標系変換処理を施してもよい。

【 0 0 8 9 】

なお、この実施例では、センサユニット 1 2 a ~ 1 2 c として 3 軸のセンサを用いたが、計測対象によっては 2 軸または 1 軸のセンサを用いることも可能である。

【 0 0 9 0 】

なお、この実施例では、リセットをセンサユニット毎に行ったが、測定対象によっては共通のタイミングで行ってもよい。センサユニットの数は、1 個または 2 個でもよく、4 個以上でも構わない。センサユニットの数が多いほど、測定精度の向上や複雑な動きへの対応が容易になる。

【 0 0 9 1 】

なお、この実施例では、角速度の積算および積算結果のリセットを P C 1 0 側で行ったが、センサ 1 2 側でこれらを行ってもよい。この場合、P C 1 0 は、加速度条件が満足さ

10

20

30

40

50

れたか否かを判別し、満足されたときリセット命令を発行する。センサ１２は、角速度の積算を行い、ＰＣ１０からリセット命令が発行されたとき積算結果をリセットする。

【００９２】

なお、この実施例では、角度データに基づいて腕上げ量を算出したが、加速度データ、角速度データおよび角度データを用いることで、様々な動き量の測定が可能である。どのような動きを測定するにしろ、コンパクトな構成で精度の高い測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００９３】

【図１】この発明の一実施例である診断システムの構成を示すブロック図である。

【図２】図１のシステムに適用される診断装置（ＰＣ）の構成を示すブロック図である。

10

【図３】図１のシステムに適用されるセンサユニットの構成を示すブロック図である。

【図４】センサユニットの外観およびこれに固定された座標軸を示す図解図である。

【図５】図１のシステムの診断業務への適用例を示す図解図である。

【図６】図１のシステムによる計測結果の一例を示す図解図である。

【図７】図１のシステムによる計測結果の他の一例を示す図解図である。

【図８】診断装置に適用されるメモリマップを示す図解図である。

【図９】診断装置のＣＰＵ動作の一部を示すフロー図である。

【図１０】診断装置のＣＰＵ動作の他の一部を示すフロー図である。

【符号の説明】

【００９４】

20

１０ … 診断装置

１２ a ～ １２ c … センサユニット

２０，４０ … Bluetooth モジュール

２２，４２ … CPU

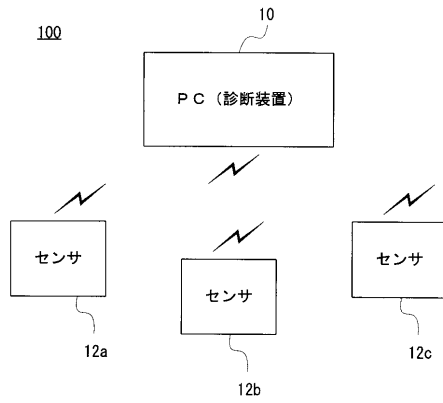
２２ T，４２ T … 時計

２６，５６ … RAM

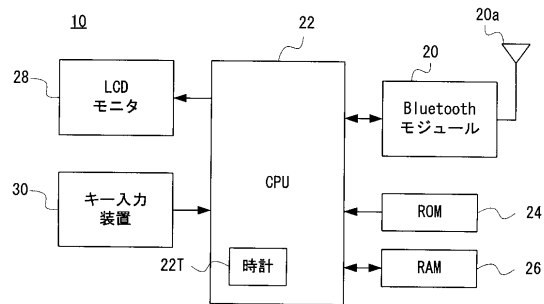
５０ … 加速度センサ

５２ … 角速度センサ

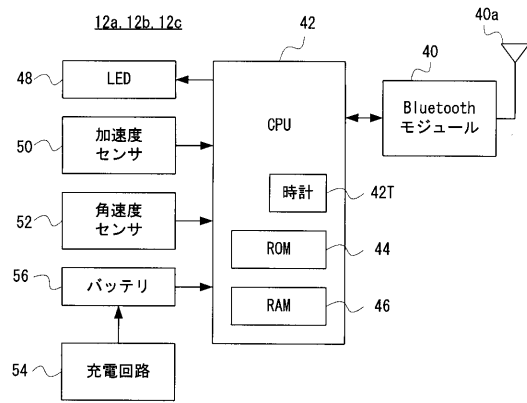
【図 1】



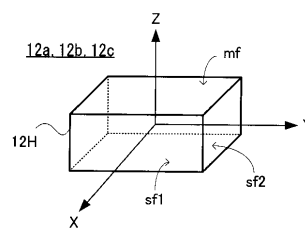
【図 2】



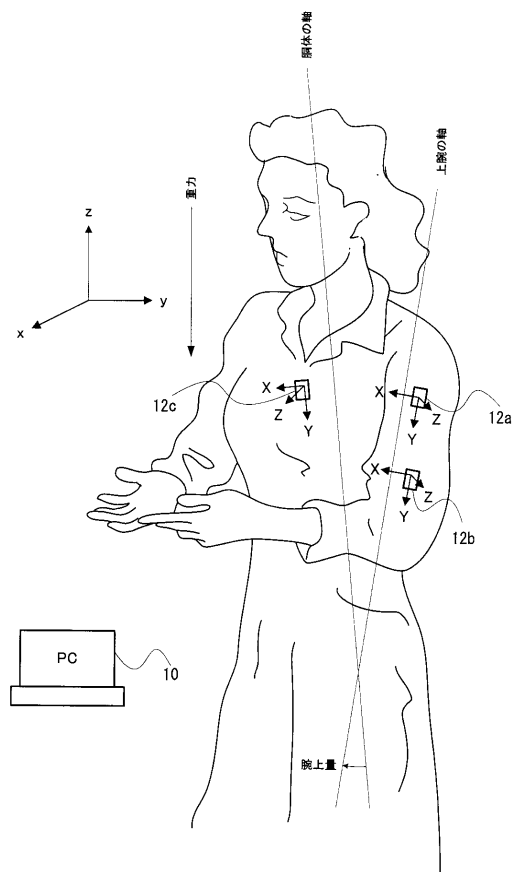
【図 3】



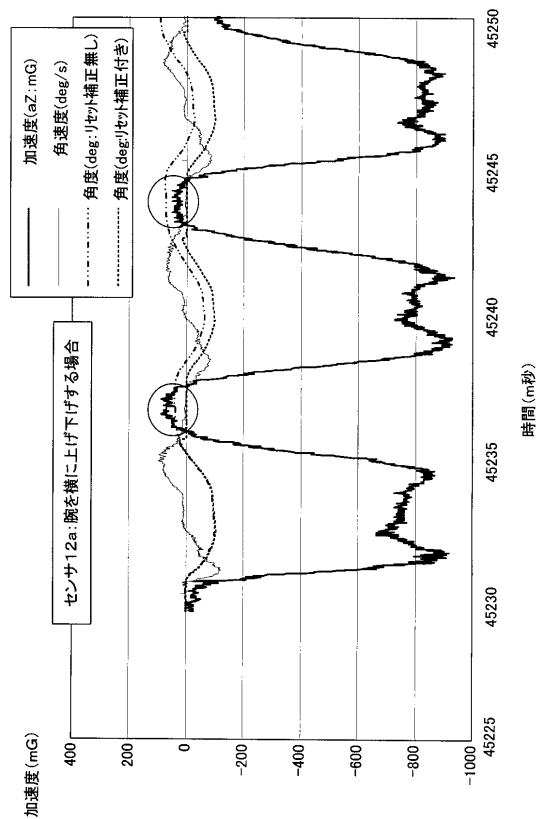
【図 4】



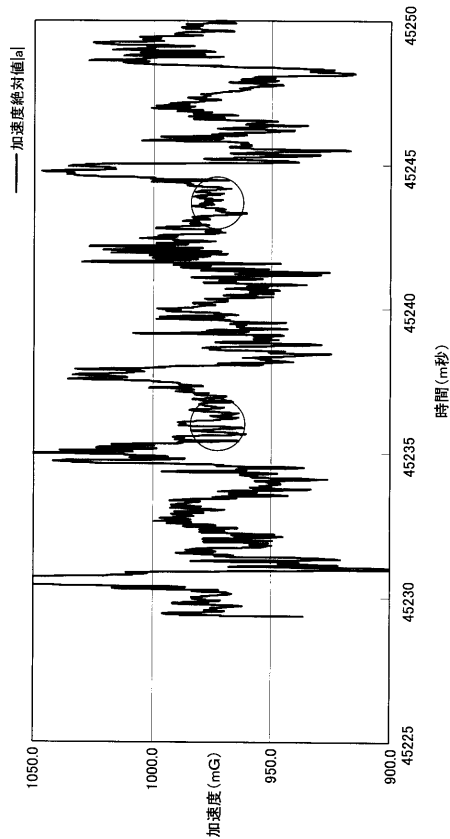
【図 5】



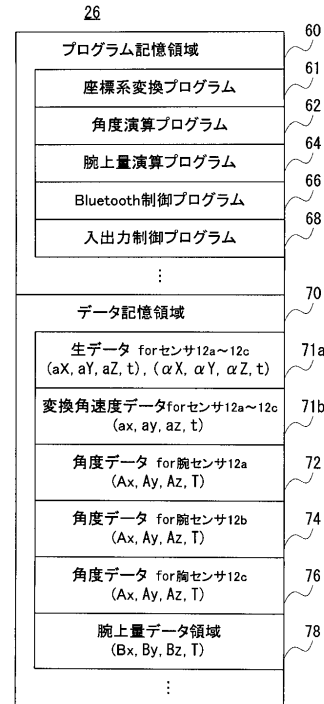
【図 6】



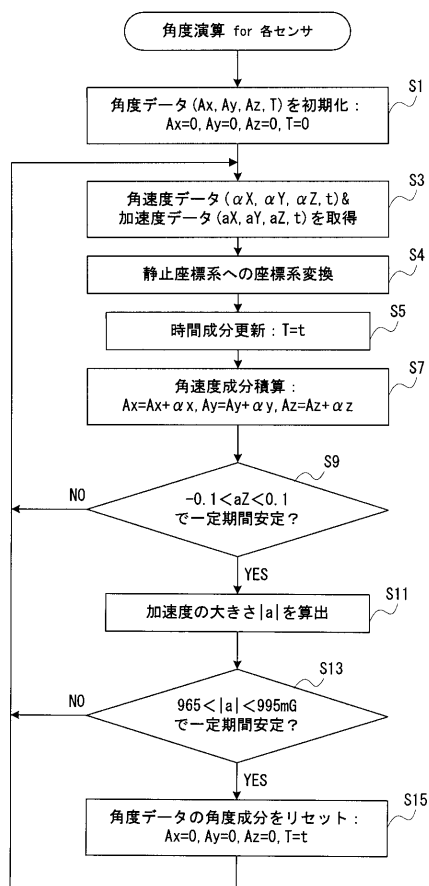
【図 7】



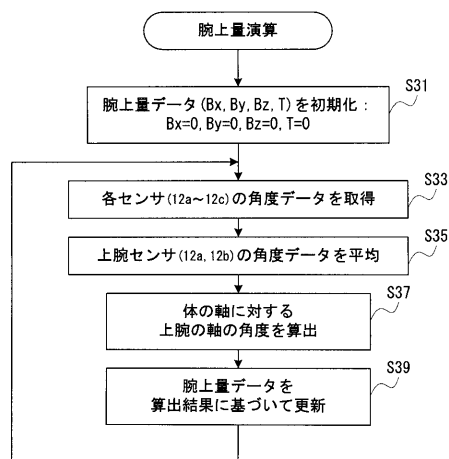
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 小暮 潔

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 富永 昌彦

(56)参考文献 特開2004-157850(JP,A)

特開2004-264060(JP,A)

特開2005-114537(JP,A)

特開2005-038018(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/11

G01B 21/00

G01B 21/22