(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6014153号
(P6014153)
(45)発行日　平成28年10月25日(2016.10.25)　(24)登録日　平成28年9月30日(2016.9.30)

(51)Int.Cl.　　F I
A61B 5/11 (2006.01)　　A61B 5/10 310A
A61B 5/00 (2006.01)　　A61B 5/00 102A

請求項の数 15　(全 24 頁)

(21)出願番号　特願2014-535198 (P2014-535198)
(86)(22)出願日　平成24年10月8日 (2012.10.8)
(65)公表番号　特表2014-533140 (P2014-533140A)
(43)公表日　平成26年12月11日 (2014.12.11)
(86)国際出願番号　PCT/IB2012/055425
(87)国際公開番号　WO2013/057622
(87)国際公開日　平成25年4月25日 (2013.4.25)
審査請求日　平成27年10月5日 (2015.10.5)
(31)優先権主張番号　61/547,972
(32)優先日　平成23年10月17日 (2011.10.17)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　590000248
コーニンクレッカ　フィリップス　エヌヴェ
KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
オランダ国　５６５６　アーエー　アインドーフェン　ハイテック　キャンパス　５
High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(74)代理人　100107766
弁理士　伊東　忠重
(74)代理人　100070150
弁理士　伊東　忠彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ユーザをモニタする装置及びそのような装置を較正する方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ユーザに取り付けられて該ユーザをモニタするために使用される装置を較正する方法であって、
（ｉ）前記ユーザへの前記装置の取り付け前に、前記装置の測定基準フレームが前記ユーザの基準フレームと略整列されるように前記装置を前記ユーザに対して整列させ、前記装置により世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの第１の測定を取得するステップと、
（ｉｉ）前記ユーザへの前記装置の取り付け後に、前記装置により世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの第２の測定を取得するステップと、
（ｉｉｉ）前記装置によって取得される後の測定を前記ユーザの基準フレームに変換する際に使用される変換マトリクスを決定するステップと
を有し、
前記変換マトリクスは、取得された前記第１の測定及び前記第２の測定と、前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する情報とを用いて計算される、方法。
【請求項２】
前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する前記情報は、何らかのｍ，ｐ∈｛１，２，３｝に関して、重力が働く方向に垂直な水平面Ｈ上への前記ユーザの基準フ

レームにおける基本ベクトルβ_mの投影と、前記水平面Ｈ上への前記装置の測定基準フレームにおける基本ベクトルα_pの投影との間の角度φ_pに関する情報を有し、β_m及びα_pは前記重力の方向にない、
請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記変換マトリクスを決定するステップは、
前記第１の測定ｂに正規直交する第１の座標ベクトルｄを計算するステップと、
ｂ及びｄに正規直交する第２の座標ベクトルｆを計算するステップと、
ｉ∈｛１，２，３｝に関して、前記α基本ベクトルの先端がある円C_1，C_2，C_3のサポートベクトルs_i及び半径r_iを計算するステップと、
何らかのｋについて$|\alpha_k|=1$である場合に、$t_k:=sign(\alpha_k)b$を計算するステップと、
前記変換マトリクスのｐ番目の列を計算するステップと、
１又はそれ以上の残りの分解可能な角度と、変換マトリクスの対応する１又はそれ以上の列とを計算するステップと
を有する、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記１又はそれ以上の残りの分解可能な角度と、前記変換マトリクスの対応する１又はそれ以上の列とを計算するステップは、ｉ∈｛１，２，３＼｛ｐ，ｋ｝｝及びｊ：＝｛１，２，３＼｛ｉ，ｐ｝｝に関して、
３つの数（ｐ，ｉ，ｊ）に関してレヴィ・チヴィタシンボルを計算するステップと、
前記水平面Ｈ上への前記装置の測定基準フレームにおける基本ベクトルα_i及び前記ユーザの基準フレームにおける基本ベクトルβ_mの夫々の投影の間の角度φ_iを計算するステップと、
前記変換マトリクスの対応する列を計算するステップと
を実行することを有する、請求項３に記載の方法。
【請求項５】
前記ユーザの姿勢を推定するステップを更に有し、
前記変換マトリクスを決定するステップは更に、前記ユーザの前記推定をされた姿勢を使用する、
請求項１乃至４のうちいずれか一項に記載の方法。
【請求項６】
前記ユーザの姿勢を推定するステップは、
前記世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの前記第１の測定を解析すること、又は前記ユーザの姿勢を示す前記ユーザ若しくはオペレータからの入力を受け取ることによって、前記ユーザの姿勢を推定すること
を有する、請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記ユーザへの前記装置の取り付けにおける前記ユーザ又はオペレータによる使用のために前記ユーザの前記推定をされた姿勢に関連する情報を表示するステップ
を更に有する請求項５又は６に記載の方法。
【請求項８】
前記表示をされる情報は、前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記装置の許容される回転に関する情報を有する、
請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する前記情報は、前記ユーザの前記推定をされた姿勢に基づき推測される、
請求項５乃至８のうちいずれか一項に記載の方法。

【請求項１０】
前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する前記情報は、前記装置のオペレータ又は前記ユーザによって与えられる、
請求項１乃至８のうちいずれか一項に記載の方法。
【請求項１１】
ユーザをモニタする方法であって、
請求項１乃至１０のうちいずれか一項に記載の方法に従って変換マトリクスを決定するステップと、
前記装置により更なる測定を取得するステップと、
前記変換マトリクスにより前記取得をされた更なる測定を前記ユーザの基準フレームに変換するステップと、
前記ユーザの姿勢、前記ユーザの動き、前記ユーザの活動、前記ユーザの呼吸数及び／又は前記ユーザの脈拍数のうちの少なくとも１つを決定するよう前記変換をされた取得をされた更なる測定を処理するステップと
を有する方法。
【請求項１２】
適切なコンピュータ又はプロセッサによって実行される場合に、
ユーザへの装置の取り付けの前に取得される、世界基準フレームに対する前記ユーザの基準フレームの位置づけのインジケーションとしての第１の加速度測定と、前記ユーザへの当該装置の取り付けの後の、世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの測定としての第２の加速度測定とを使用するステップと、
前記装置によって取得される後の加速度測定を前記ユーザの基準フレームに変換する際に使用される変換マトリクスを決定し、該変換マトリクスが、取得された前記第１の測定及び前記第２の測定と、前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の前記世界基準フレームの垂直軸周りの前記ユーザに対する当該装置の回転の量に関する情報とを用いて計算される、ステップと
を実行する複数のプログラムコード部分を有するコンピュータプログラム。
【請求項１３】
ユーザへの取り付けに適した、前記ユーザをモニタする装置であって、
加速度を測定するよう構成されるセンサと、
前記加速度の測定を処理するプロセッサと
を有し、
前記プロセッサは、当該装置が較正モードにおいて動作している場合に、
前記プロセッサが、前記ユーザへの当該装置の取り付けの前に取得される、世界基準フレームに対する前記ユーザの基準フレームの位置づけのインジケーションとしての第１の加速度測定と、前記ユーザへの当該装置の取り付けの後の、世界基準フレームに対する当該装置の位置づけの測定としての第２の加速度測定とを使用し、且つ
前記プロセッサが、当該装置によって取得される後の加速度測定を前記ユーザの基準フレームに変換する際に使用される変換マトリクスを決定する
ように構成され、
前記変換マトリクスは、取得された前記第１の測定及び前記第２の測定と、前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の前記世界基準フレームの垂直軸周りの前記ユーザに対する当該装置の回転の量に関する情報とを用いて計算される、装置。
【請求項１４】
前記プロセッサは更に、当該装置がモニタリングモードにおいて動作している場合に、前記プロセッサが、計算された前記変換マトリクスを用いて、前記センサによって取得される更なる加速度測定を前記ユーザの基準フレームに変換するように構成される、
請求項１３に記載の装置。

【請求項１５】
当該装置のオペレータ又は前記ユーザによって操作されるユーザインターフェースを更に有し、
前記ユーザインターフェースの操作は、前記装置を前記較正モードに入らせ、選択的に前記センサに前記第１の加速度測定及び前記第２の加速度測定を取得させる、
請求項１３又は１４に記載の装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ユーザをモニタする装置及びそのような装置を較正する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
患者モニタリングの適用は、従来の集中治療室（Intensive Care Unit）（ＩＣＵ）、ステップダウン及びミディアムケアユニット、医療及び外科介護フロア、並びに在宅を含む様々な設定に拡大されている。そのような設定の多くにおいて、バイタルサインの組が取得された環境の認識を有することが重要である。１つの重要な情報は、モニタリング時のモニタされるユーザの体位（例えば、直立状態、仰向け、うつぶせ、左側臥位、右側臥位、等）である。
【０００３】
臨床診療において、患者の姿勢が時間において正確に追跡され記録される必要がある多くのケアプロトコルが存在する。幾つか例を挙げると、バイタルサインを記録するプロトコル、Ｓｃｒｅｅｎ ＴｒｅｎｄｓＩｎｎｏｖａｔｉｖｅ（ＳＴ）マップを解釈するプロトコル、床擦れを防止するプロトコル、ベッドから出たことを検出するプロトコル、落下を検出するプロトコル、機械的人工換気をやめさせるプロトコル、肺炎予防のプロトコル等がある。今日、小型の患者モニタリング装置が利用可能であり、バイタルサイン（例えば、呼吸及び脈拍数）を測定することができ且つ同時に重力の観測に基づき装置の傾斜を測定することができる加速度計を備える。そのような装置から取得されたセンサ信号と、モニタされるユーザの身体に対する装置の位置及び／又は向きの認識とから、ユーザの姿勢が推定され追跡され得る。
【０００４】
装置がユーザに配置されるか又は取り付けられる場合に、装置の加速度計の測定基準フレームがユーザの身体の基準フレームと整列されることが望ましい。しかし、ユーザの身体形状及び個々の装置の取り付けにおけるばらつきにより、それらの基準フレームの間には幾らかのずれが存在する可能性がある。正確にユーザの姿勢をモニタするよう、測定基準フレームとユーザの身体の基準フレームとの間の相対的な位置づけを決定する必要がある。この相対的な位置づけは図１において例示されている。
【０００５】
図１において、z_bは、ユーザの身体の法線方向に整列されるユーザの基準フレームのｚ軸（すなわち、それは、身体の正面方向に向けられて、ユーザの背面に垂直である。）を表し、y_bは、ユーザの頭部方向に略垂直に上方向へ整列されるユーザの基準フレームのｙ軸を表し、x_bは、ｙ軸及びｚ軸に直交するユーザの基準フレームのｘ軸を表す。装置は、加速度計の測定基準フレーム（軸x_a、y_a及びz_aによって表される。）をユーザの基準フレームと整列させようとしてユーザに配置されているか又はユーザに取り付けられているが、装置が取り付けられている身体の部分の形状により、装置は回転されて、基準フレーム間の差又はずれを生じることが分かる。
【０００６】
従って、このような未知の相対な位置づけを計算し、正確な姿勢推定を可能にするために、較正プロシージャが必要とされる。
【０００７】
これまで提案されてきた較正方法（例えば、米国特許第６０４４２９７号明細書（特許

文献１）に開示される方法）は、初期状態が記録されるためにユーザが複数の姿勢をとる必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】米国特許第６０４４２９７号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

しかし、実際には、ユーザはあまりに体調が優れず、医学的な理由や意識不明等のために動かないでいるよう求められることがあるので、較正プロシージャの間にそのような一連の姿勢を導入するようユーザに協力を求めることは、しばしば望ましくないか又は実現可能でさえない。理想的に、ユーザからの如何なる積極的な関与又は支援も伴わずに較正プロシージャを実行することが、可能であるべきである。

【００１０】

本発明は、正確な読み込みが装置から得られるように装置によりモニタされるユーザからの如何なる積極的な関与又は支援も伴わずに実行可能な、ユーザをモニタする装置及び該装置を較正する方法を提供することを目指す。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

これは、本発明の態様に従って、ユーザに取り付けられて該ユーザをモニタするために使用される装置を較正する方法であって、

（ｉ）前記ユーザへの前記装置の取り付け前に、前記装置の測定基準フレームが前記ユーザの基準フレームと略整列されるように前記装置を前記ユーザに対して整列させ、前記装置により世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの第１の測定を取得するステップと、

（ｉｉ）前記ユーザへの前記装置の取り付け後に、前記装置により世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの第２の測定を取得するステップと、

（ｉｉｉ）前記装置によって取得される後の測定を前記ユーザの基準フレームに変換する際に使用される変換マトリクスを決定するステップと

を有し、

前記変換マトリクスは、取得された前記第１の測定及び前記第２の測定と、前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する情報とを用いて計算される、方法によって達成される。

【００１２】

前記第１の測定及び前記第２の測定は、前記装置が受ける適切な加速度の測定を有してよい。

【００１３】

前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する前記情報は、何らかのｍ，ｐ∈｛１，２，３｝に関して、重力が働く方向に垂直な水平面Ｈ上への前記ユーザの基準フレームにおける基本ベクトルβ_mの投影と、前記水平面Ｈ上への前記装置の測定基準フレームにおける基本ベクトルα_pの投影との間の角度φ_pに関する情報を有してよく、なお、β_m及びα_pは前記重力の方向にない。

【００１４】

前記変換マトリクスを決定するステップは、

前記第１の測定ｂに正規直交する第１の座標ベクトルｄを計算するステップと、

ｂ及びｄに正規直交する第２の座標ベクトルｆを計算するステップと、

ｉ∈｛１，２，３｝に関して、前記α基本ベクトルの先端がある円C_1，C_2，C_3の

サポートベクトルs_i及び半径r_iを計算するステップと、
何らかのｋについて$|\alpha_k|=1$である場合に、$t_k:=sign(\alpha_k)b$を計算するステップと、
前記変換マトリクスのｐ番目の列を計算するステップと、
１又はそれ以上の残りの分解可能な角度と、変換マトリクスの対応する１又はそれ以上の列とを計算するステップと
を有してよい。
【００１５】
前記１又はそれ以上の残りの分解可能な角度と、前記変換マトリクスの対応する１又はそれ以上の列とを計算するステップは、$i\in\{1,2,3\setminus\{p,k\}\}$及び$j:=\{1,2,3\setminus\{i,p\}\}$に関して、
３つの数（ｐ，ｉ，ｊ）に関してレヴィ・チヴィタシンボルを計算するステップと、
前記水平面Ｈ上への前記装置の測定基準フレームにおける基本ベクトルα_i及び前記ユーザの基準フレームにおける基本ベクトルβ_mの夫々の投影の間の角度φ_iを計算するステップと、
前記変換マトリクスの対応する列を計算するステップと
を実行することを有してよい。
【００１６】
当該方法は、前記ユーザの姿勢を推定するステップを更に有してよく、前記変換マトリクスを決定するステップは更に、前記ユーザの前記推定をされた姿勢を使用する。
【００１７】
前記ユーザの姿勢を推定するステップは、前記世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの前記第１の測定を解析すること、又は前記ユーザの姿勢を示す前記ユーザ若しくはオペレータからの入力を受け取ることによって、前記ユーザの姿勢を推定することを有してよい。
【００１８】
当該方法は、前記ユーザへの前記装置の取り付けにおける前記ユーザ又はオペレータによる使用のために前記ユーザの前記推定をされた姿勢に関連する情報を表示するステップを更に有してよい。
【００１９】
前記表示をされる情報は、前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記装置の許容される回転に関する情報を有してよい。
【００２０】
前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する前記情報は、前記ユーザの前記推定をされた姿勢に基づき推測されてよい。
【００２１】
前記ステップ（ｉ）と前記ステップ（ｉｉ）との間の前記世界基準フレームにおける垂直軸周りの前記ユーザに対する前記装置の回転の量に関する前記情報は、前記装置のオペレータ又は前記ユーザによって与えられてよい。
【００２２】
本発明の他の態様に従って、ユーザをモニタする方法であって、
上記の装置を較正する方法に従って変換マトリクスを決定するステップと、
前記装置により更なる測定を取得するステップと、
前記変換マトリクスにより前記取得をされた更なる測定を前記ユーザの基準フレームに変換するステップと、
前記ユーザの姿勢、前記ユーザの動き、前記ユーザの活動、前記ユーザの呼吸数及び／又は前記ユーザの脈拍数のうちの少なくとも１つを決定するよう前記変換をされた取得をされた更なる測定を処理するステップと
を有する方法が提供される。

【００２３】
本発明の他の態様に従って、適切なコンピュータ又はプロセッサによって実行される場合に上記の装置を較正する方法を実行する複数のプログラムコード部分を有するコンピュータプログラムプロダクトが提供される。
【００２４】
本発明の他の態様に従って、ユーザへの取り付けに適した、前記ユーザをモニタする装置であって、
加速度を測定するよう構成されるセンサと、
前記加速度の測定を処理するプロセッサと
を有し、
前記プロセッサは、当該装置が較正モードにおいて動作している場合に、
前記プロセッサが、前記ユーザへの当該装置の取り付けの前に取得される、世界基準フレームに対する前記ユーザの基準フレームの位置づけのインジケーションとしての第１の加速度測定と、前記ユーザへの当該装置の取り付けの後の、世界基準フレームに対する当該装置の位置づけの測定としての第２の加速度測定とを使用し、且つ
前記プロセッサが、当該装置によって取得される後の加速度測定を前記ユーザの基準フレームに変換する際に使用される変換マトリクスを決定する
ように構成され、
前記変換マトリクスは、取得された前記第１の測定及び前記第２の測定と、前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の前記世界基準フレームの垂直軸周りの前記ユーザに対する当該装置の回転の量に関する情報とを用いて計算される、装置が提供される。
【００２５】
前記プロセッサは更に、当該装置がモニタリングモードにおいて動作している場合に、前記プロセッサが、計算された前記変換マトリクスを用いて、前記センサによって取得される更なる加速度測定を前記ユーザの基準フレームに変換するように構成されてよい。
【００２６】
前記プロセッサは更に、当該装置が前記モニタリングモードにおいて動作している場合に、前記プロセッサが、前記ユーザの姿勢、前記ユーザの動き、前記ユーザの活動、前記ユーザの呼吸数及び／又は前記ユーザの脈拍数のうちの少なくとも１つを決定するよう前記変換をされた更なる加速度測定を処理するように構成されてよい。
【００２７】
当該装置は、当該装置のオペレータ又は前記ユーザによって操作されるユーザインターフェースを更に有してよく、前記ユーザインターフェースの操作は、前記装置を前記較正モードに入らせ、選択的に前記センサに前記第１の加速度測定及び前記第２の加速度測定を取得させる。
【００２８】
前記第１の加速度測定及び前記第２の加速度測定は、前記装置が受ける適切な加速度の測定を有してよい。
【００２９】
前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の前記世界基準フレームの垂直軸周りの前記ユーザに対する当該装置の回転の量に関する前記情報は、何らかのｍ，ｐ∈｛１，２，３｝に関して、重力が働く方向に垂直な水平面Ｈ上への前記ユーザの基準フレームにおける基本ベクトルβ_mの投影と、前記水平面Ｈ上への前記装置の測定基準フレームにおける基本ベクトルα_pの投影との間の角度ϕ_pに関する情報を有してよく、なお、β_m及びα_pは前記重力の方向にない。
【００３０】
前記プロセッサは、
前記第１の測定ｂに正規直交する第１の座標ベクトルｄを計算し、
ｂ及びｄに正規直交する第２の座標ベクトルｆを計算し、

ｉ∈｛１，２，３｝に関して、前記α基本ベクトルの先端がある円Ｃ$_{1}$，Ｃ$_{2}$，Ｃ$_{3}$のサポートベクトルｓ$_{i}$及び半径ｒ$_{i}$を計算し、
何らかのｋについて｜α$_{k}$｜＝１である場合に、ｔ$_{k}$：＝ｓｉｇｎ（α$_{k}$）ｂを計算し、
前記変換マトリクスのｐ番目の列を計算し、
１又はそれ以上の残りの分解可能な角度と、変換マトリクスの対応する１又はそれ以上の列とを計算する
ことによって、変換マトリクスを決定するよう構成され得る。

【００３１】
前記プロセッサは、
ｉ∈｛１，２，３＼｛ｐ，ｋ｝｝及びｊ：＝｛１，２，３＼｛ｉ，ｐ｝｝に関して、
３つの数（ｐ，ｉ，ｊ）に関してレヴィ・チヴィタシンボルを計算し、
前記水平面Ｈ上への前記装置の測定基準フレームにおける基本ベクトルα$_{i}$及び前記ユーザの基準フレームにおける基本ベクトルβ$_{m}$の夫々の投影の間の角度φ$_{i}$を計算し、
前記変換マトリクスの対応する列を計算する
ことによって、前記１又はそれ以上の残りの分解可能な角度と、前記変換マトリクスの対応する１又はそれ以上の列とを計算するよう構成され得る。

【００３２】
前記プロセッサは更に、前記ユーザの姿勢を推定し、前記変換マトリクスを決定する際に前記ユーザの前記推定をされた姿勢を使用するよう構成され得る。

【００３３】
前記プロセッサは、前記世界基準フレームに対する前記装置の位置づけの前記第１の測定を解析すること、又は前記ユーザの姿勢を示す前記ユーザ若しくはオペレータからの入力を受け取ることによって、前記ユーザの姿勢を推定するよう構成され得る。

【００３４】
前記プロセッサは更に、前記ユーザへの当該装置の取り付けにおける前記ユーザ又はオペレータによる使用のために前記ユーザの前記推定をされた姿勢に関連する情報の表示を引き起こすよう構成され得る。

【００３５】
前記表示をされる情報は、前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の当該装置の許容される回転に関する情報を有してよい。

【００３６】
前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の前記世界基準フレームの垂直軸周りの前記ユーザに対する当該装置の回転の量に関する前記情報は、前記ユーザの前記推定をされた姿勢に基づき推測されてよい。

【００３７】
前記第１の測定が取り込まれることと前記第２の測定が取り込まれることとの間の前記世界基準フレームの垂直軸周りの前記ユーザに対する当該装置の回転の量に関する前記情報は、当該装置のオペレータ又は前記ユーザによって与えられてよい。

【図面の簡単な説明】

【００３８】
【図１】ユーザ及び装置の夫々の基準フレームを説明する図である。
【図２】本発明に従う、ユーザをモニタする装置のブロック図である。
【図３】本発明に従う、ユーザの動きをモニタするために使用されるべき装置を較正する方法を説明するフローチャートである。
【図４】２つの加速度測定から変換マトリクスを計算する例となるアルゴリズムを説明するフローチャートである。
【図５】ユーザが仰臥している場合のユーザ、装置、及び世界の夫々の座標系の例となる組を図解するグラフである。
【図６】水平面に対してπ／６ラジアンでユーザが仰臥している場合のユーザ、装置、及

び世界の夫々の座標系の例となる組を図解するグラフである。
【図７】ユーザが左側臥位で横たわっている場合のユーザ、装置、及び世界の夫々の座標系を図解するグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００３９】
本発明のより良い理解のために、及びそれが如何にして実行に移され得るのかをより明らかに示すために、単なる一例として、添付の図面が参照される。
【００４０】
本発明に従う、ユーザの動きをモニタする装置１００の実施形態が、図２に示されている。装置１００はユーザの身体の部分に取り付けられるよう構成され、装置１００を身体のその部分に取り付けられるための適切な手段（例えば、ベルト又はストラップ）を有する。装置が取り付けられるべき身体の適切な部分は、例えば、ユーザのウェスト、胴体、胸部、骨盤又は胸骨であってよい。
【００４１】
装置１００は、装置１００が受ける適切な加速度（すなわち、加速度計によって測定可能な物理加速度）を測定するセンサ１０２を有する。この加速度は、装置１００がユーザによって正確に装着されているとすると、ユーザによって経験される適切な加速度に対応する。本願における加速度又は加速度の測定との如何なる言及も、装置１００の速度の変化率だけでなく、適切な加速度（すなわち、加速度によって測定可能な物理加速度）を指すと理解されるべきである。このセンサ１０２は、例えば加速度計であり、加速度測定（信号）を装置１００内のプロセッサ１０４へ出力する。幾つかの実施形態において、加速度計１０２は微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）加速度計である。
【００４２】
装置１００の加速度計１０２から取得される加速度計信号は、装置１００の較正の間且つ装置１００がそれが取り付けられるユーザをモニタするために使用されている場合に、プロセッサ１０４において解析又は処理される。加速度計１０２から取得される測定は、ユーザの活動（例えば、ユーザの回転、ユーザの落下、ユーザの運動、等）、呼吸数、脈拍数、又はユーザの姿勢（例えば、ユーザが直立状態、仰向け、うつぶせ、左側臥位、右側臥位、等にあるかどうか）のような傾斜及び／又は動きを測定するために使用され得る。
【００４３】
幾つかの実施形態において、装置１００は、ユーザの生理的特性を測定する１又はそれ以上の生理的センサ１０５を有してよい。１又はそれ以上の生理的センサ１０５は、血圧モニタ、心拍モニタ、呼吸モニタ、血中酸素モニタ、体重モニタ、等のうちのいずれか１つ又はそれ以上を有してよい。
【００４４】
装置１００は、プロセッサ１０４へ接続されており、プロセッサ１０４によって実行される処理の前の加速度計１０２からの測定及びその処理の結果を記憶することができるメモリモジュール１０６を更に有する。メモリモジュール１０６はまた、（もしあれば）１又はそれ以上の生理的センサ１０５からの測定を記憶することができる。加えて、メモリモジュール１０６は、較正プロシージャの間且つユーザの姿勢又は向きを決定する場合にプロセッサ１０４によって実行される処理ステップに関するコンピュータコード又はプログラム命令を記憶してよい。これらは、必要に応じてプロセッサ１０４によって取り出されて実行され得る。
【００４５】
装置１００は、加速度計測定又は処理の結果を基地ユニット１１２へ送信するために使用され得る送信機（ＴＸ）又は送受信機（ＴＲＸ）回路１０８及び付随するアンテナ１１０を更に有する。基地ユニット１１２は、例えば、ユーザのベッドに近接して設置されてよく、あるいは、それは、例えば、ナースステーションにあるコンピュータ端末であってよい。

【００４６】
基地ユニット１１２は、装置１００からの送信（例えば、加速度計測定及び／又は処理結果）を受信する受信機（ＲＸ）又は送受信機（ＴＲＸ）回路１１４及びアンテナ１１６と、基地ユニット１１２の動作を制御するプロセッサ１１８とを有する。
【００４７】
代替の実施において、装置１００及び基地ユニット１１２は有線接続を介して通信してよく、アンテナ１１０及び１１６は省略可能であり、回路１０８及び１１４は然るべく適応される。
【００４８】
基地ユニット１１２はまた任意に、基地ユニット１１２の動作を制御するためにプロセッサ１１８によって実行される処理ステップに関するコンピュータコード又はプログラム命令とともに、装置１００から受信された情報を記憶するために使用されるメモリモジュール１２０を有する。
【００４９】
ここで記載される本発明の実施形態では、装置１００におけるプロセッサ１０４が加速度計測定の処理を行うが、本発明の代替の実施形態では、装置１００におけるプロセッサ１０４は単に送受信機回路１０８を介して基地ユニット１１２へ加速度計測定を送信することができ、加速度計測定の処理は基地ユニット１１２におけるプロセッサ１１８によって行われ得ることが明らかである。
【００５０】
更なる代替案において、装置１００におけるプロセッサ１０４は、基地ユニット１１２へ結果を送信する前に、加速度計測定に対して何らかの初期処理ステップを実行してよく、これにより、例えば、処理を完了する。
【００５１】
他の代替案において、装置１００は、加速度計測定に対して処理ステップを実行してよく、処理の結果をメモリモジュール１０６において局所的に記憶してよく、それにより、装置１００がユーザから取り外された後、処理の結果が後の時点で取り出され得るようにする。この代替案は、緊急でない、すなわち、長期のモニタリングの場合に、及び研究目的のために、有用である。
【００５２】
図３は、本発明の実施形態に従う方法における幾つかの例となるステップを説明するフローチャートである。ステップは、較正モードにおいて実行されるステップ（ステップ２００乃至２０８）と、測定モードにおいて実行されるステップ（ステップ２１０及び２１２）とを有する。
【００５３】
図１に示されるように、ユーザの基準フレームに対する装置１００及びひいては加速度計１０２の正確な位置づけが知られていないので、較正モード（ステップ２００乃至２０８）は望ましい。実際には、装置１００の基準フレームにおける重力の表現のみが、ユーザの基準フレームとの比較の手段として、利用可能である。２つの基準フレーム間の位置づけにおける差は概して３自由度を有し、一方、多くても２のそのような自由度は、重力と一致し且つ天頂方向を指すベクトルである正規化されたベクトル
(外１)
$\bar{c}$
の表現における差に基づき決定され得る。より具体的には、回転軸として
(外２)
$\bar{c}$
を有する２つの基準フレームの間の如何なる回転差も、夫々の基準フレームにおける
(外３)

$\bar{c}$

の表現のただ１つの比較によっては観測され得ない。

【００５４】

この問題は以下で数学的に要約される。例えば、装置１００の基準フレーム及びユーザの基準フレームにおける

(外４)

$\bar{c}$

の座標ベクトルを夫々

(外５)

$[\bar{c}]_A$ 及び $[\bar{c}]_B$

とする。装置座標

(外６)

$[\bar{c}]_A$

を身体座標

(外７)

$[\bar{c}]_B$

に変換するために、あらゆるとり得る装置座標について装置座標を身体座標に変換し且つ常に身体座標に固有ベクトル値を与える座標変換マトリクス ${}^{B}T_{A}$ を決定する必要がある。これは次の式において表され得る：

【数１】

$$[\bar{c}]_B = {}^{B}T_A\,[\bar{c}]_A \qquad (1)$$

【００５５】

その目的は、そのような場合に、後の測定の装置座標が対応する身体座標に変換され得るので、較正によって ${}^{B}T_{A}$ を決定することである。

【００５６】

概して、直交座標変換マトリクスは３自由度を有し、よって、３つのパラメータ v_1、v_2 及び v_3 によってパラメータ化され得る。従って、座標変換マトリクスは関数 ${}^{B}T_{A}$（v_1，v_2，v_3）であり、これは次のように表され得る：

【数２】

$$[\bar{c}]_B = {}^{B}T_A(v_1, v_2, v_3)\;[\bar{c}]_A \qquad (2)$$

【００５７】

較正モード（ステップ２００乃至２０８）は、基準フレームＡにおける加速度計１０２からの測定がユーザの基準フレーム（フレームＢ）に変換され得、それにより測定がユーザの姿勢又は動きをより正確に決定するために使用されることを可能にするように、装置１００を較正することを含む。

【００５８】

ユーザへの装置１００の取り付けの前に実行されるステップ２００で、装置１００は、装置１００の測定基準フレームがユーザの基準フレームに実質的に又はおおよそ対応するように、ユーザに対して整列させる。このステップは、ユーザ自身によって、又は介護提

供者若しくは看護士のようなオペレータによって、行われ得る。装置１００は、装置１００の測定基準フレームがユーザの基準フレームと略整列されることを可能にするよう装置１００の好ましい位置づけを示す装置１００の筐体上の可視的な印を有してよい。

【００５９】

装置１００がユーザの基準フレームと略整列され且つユーザが直立状態である場合に、ｙ方向（y_a）において検知される加速度は、重力がその方向において働くので、加速度の最大成分を有するべきである。上向きに整列されたｙ軸により、重力に対応する加速度は、ユーザがまっすぐ立っている場合に、正の符号を有する。同様に、ユーザが仰向け（すなわち、背臥位）である場合に、重力による加速度は、ｚ軸に沿った信号が（正の符号を有して）最大であることをもたらす。ユーザが側臥位にある場合に、ｘ軸に沿った信号が最大である（符号は、ユーザが左側臥位又は右側臥位のいずれにあるかに応じる。）。

【００６０】

装置１００がユーザの基準フレームと略整列されている間、やはりユーザへの装置１００の取り付けの前に実行されるステップ２０２で、装置１００の位置づけの第１の測定が加速度計１０２により取得される。第１の測定は、装置１００の測定基準フレームの３つの軸の夫々に沿った加速度の測定を有し、（装置１００が静止している場合に）実質的に重力に対応すべきである。つまり、正規化されたベクトル

(外８)

$$\bar{c}$$

は、このステップでは装置１００に対して測定され、これは

(外９)

$$[\bar{c}]_B$$

を与える。

【００６１】

位置づけの第１の測定を取得するステップ開始するために、装置１００は、加速度計１０２に第１の測定を取得するよう指示するためにユーザ又は装置１００のオペレータによって操作可能な、タッチスクリーン、ボタン又はジェスチャ認識メカニズム（例えば、単一又は二重のタップを認識する。）のような適切なユーザインターフェースを有してよい。任意に、加速度計１０２から取得される装置１００の位置づけの第１の測定は、メモリモジュール１０６に記憶される。

【００６２】

以下でより詳細に記載されるように、正確な変換マトリクス$^{B}T_{A}$を決定するために、装置１００は、ユーザの初期姿勢（例えば、仰向け、特定の角度での寄りかかり、又は側臥位）の認識を必要とする。ユーザの姿勢はステップ２０３で推定される。望ましくは、ユーザの姿勢は、自動的に、装置の位置づけの第１の測定を解析することによって（例えば、重力を受ける方向を特定することによって）推定される。装置１００は、正確な姿勢が推定されているとの確認のために、推定された姿勢のインジケーションをユーザ又は装置１００のオペレータへ提示してよい。代替的に、装置１００は、ユーザが特定の姿勢にある場合（その場合、初期姿勢は装置１００において事前設定される。）にのみ較正されるよう構成され得、あるいは、ユーザの姿勢は、装置１００が変換マトリクスを計算する前のある時点にユーザ又はオペレータによって装置１００に入力され得る。

【００６３】

ユーザ又はオペレータは、多種多様な方法において姿勢に関する情報を装置１００に入力することができる。例えば、オペレータ又はユーザは、装置１００のスイッチを適当な位置に調整することによって、又は適当なボタンを押すことによって、装置１００のディスプレイに提示されたとり得る姿勢のリストからユーザの姿勢を選択することができる。

【００６４】

姿勢が手動により装置１００に入力される場合に、ユーザの姿勢の入力は、装置１００

がユーザに取り付けられる前に為される。これは、装置１００が、ステップ２０４で、入力された姿勢に関連する情報をオペレータ又はユーザに提示して彼らに設置の制限（すなわち、第１の測定が取り込まれる場合の装置の位置と、ユーザの取り付け後の装置の位置との間の許容される回転）を助言することを可能にする。指示は、装置１００のディスプレイに提示されるか、装置１００の筐体において印刷及び図解されるか、又は装置１００と（望ましくは、無線により）通信している付加的なシステム（例えば、ＰＣ又は他のディスプレイシステム）で表示され得る。指示は、記載される具体例に関連して後でより詳細に説明される。

【００６５】

回転／位置づけに関する夫々の指示は、実際上、ユーザの身体における可能な取り付け場所を制限することができることが明らかである。この制限の仕様は、特定のユーザの（１）姿勢、（２）指示、及び（３）体形態細部に依存する。

【００６６】

ステップ２０５で、装置１００は、提示された指示に従ってユーザの身体へ取り付けられる。提示される指示は任意に、装置が取り付けられるべきユーザの身体上の好ましい場所を含んでよい。好ましい場所は、較正後に行われるモニタリング（例えば、バイタルサインのモニタリング）にとって有用である特定の場所であってよい。代替的に、場所はよりおおまかであってよく（例えば、“胸部の前”）、第１の測定と第２の測定との間の装置の許容される回転を暗に制限し、（２）安定した取り付け場所（すなわち、多数の軟組織を有する領域ではない）を確保し、及び／又は（３）ユーザにとって快適である取り付け場所を確保するために、有用であり得る。

【００６７】

ユーザへの装置の取り付けは、装置１００を身体のその部分へ取り付けるための適切な手段を用いて達成される（例えば、ベルト又はストラップ）。ユーザの身体上の好ましい場所は、例えば、ユーザの胸部であってよい。より具体的に、ユーザの身体上の好ましい場所は、例えば、おおよそ鎖骨中線と肋骨弓との交点で、身体の左側に位置してよい。

【００６８】

ユーザへの装置１００の取り付けの結果として、装置１００の位置づけは、図１に示されるように、ユーザの基準フレームと異なることがある。

【００６９】

ステップ２０６で、装置１００がユーザの身体上の好ましい場所へ取り付けられると、装置１００の位置づけの第２の測定が加速度計１０２から取得される。第２の測定は、装置の基準フレームの３つの軸の夫々に沿って得られる加速度の測定を有し、もしユーザ及び装置１００が実質的に静止しているならば、実質的に重力に対応すべきである。これは

(外１０)

$$[\bar{c}]_A$$

を与える。

【００７０】

前述同様、ユーザ又はオペレータは、ユーザインターフェースを用いて位置づけの第２の測定を開始してよい。任意に、加速度計１０２から取得される装置１００の位置づけの第２の測定は、メモリモジュール１０６に記憶される。

【００７１】

測定はただ１つの方向において、すなわち、

(外１１)

$$\bar{c}$$

のみにおいて得られるので、２つの座標ベクトル

(外１２)

$[\bar{c}]_A$ 及び $[\bar{c}]_B$

は概して、多くても２の自由度で分解すれば足りる情報のみを提供する。これは、第１の測定が取り込まれることと第２の測定が取り込まれることとの間の（世界座標系における）垂直軸周りのユーザに対する装置１００の回転に関する情報を使用してプロセッサ１０４によって解かれる式２（数２）における１自由度（v_1、v_2又はv_3）を残す。そのような情報は、特定の推測を行うか及び／又は制限を変換マトリクス偏差に適用することによって取得され得る。自由度の分解性は、ユーザの基準フレームにおける

(外１３)

$\bar{c}$

の表現と、２つの基準フレーム間の実際の相対的な位置づけ（すなわち、装置がユーザの基準フレームと整列されることと装置がユーザの身体に取り付けられることとの間の期間における（世界座標系の）垂直軸周りの装置１００の推測される回転）とに依存する。

【００７２】

情報は、ステップ２０４においてユーザ又はオペレータへ提供される制限／指示から導出可能であり（例えば、世界垂直軸周りの回転は認められず、故に角度は零である。）、あるいは、角度の推定は、装置１００が取り付けられるべき好ましい場所から、又は装置の取り付け後にユーザ又はオペレータによって入力される情報（例えば、世界垂直軸に関する回転の推定）から導出可能である。

【００７３】

ステップ２０８で、第１の測定と第２の測定との間の（世界座標系の）垂直軸周りのユーザに対する装置１００の回転の量に関する情報、装置１００がユーザの身体の基準フレームと整列する間の装置１００の位置づけの測定

(外１４)

$([\bar{c}]_B)$

及び装置１００がユーザに取り付けられている間の装置１００の位置づけの測定

(外１５)

$([\bar{c}]_A)$

は、回転／変換マトリクスを計算するために使用される。ステップ２０８を実行するアルゴリズムは、図４を参照して以下で説明される。

【００７４】

特定の実施形態において、以下でより詳細に説明されるように、制限は、装置１００の位置づけが第１の測定が取り込まれることと第２の測定が取り込まれることとの間で変化することを認められるように設置され、プロセッサ１０４は、変換マトリクスを計算する場合にユーザ又はオペレータによってそのような制限が満たされていると推測する。よって、もしユーザ又はオペレータがそのような制限を満たすならば、装置１００によって取得される加速度の後の測定をユーザの基準フレームに変換する完全なマトリクスを計算することが可能である。

【００７５】

ステップ２０８は較正モードを完了し、測定モードが開始可能である。

【００７６】

方法のステップ２１０で、測定は装置１００における加速度計１０２により取得される。次いで、ステップ２１２で、プロセッサ１０４は、加速度計１０２から取得された測定をユーザの基準フレームに変換するために変換マトリクスを使用し、ユーザの姿勢又は、ユーザの活動、ユーザの呼吸数、ユーザの脈拍数、等のようなユーザの動きを決定するた

めに測定を使用する。

【００７７】

ここで、ステップ２０８が、図面の図４乃至７を参照して、より詳細に記載される。

【００７８】

この説明において、装置１００の基準フレームは

(外１６)

$$\alpha \triangleq \{\boldsymbol{\alpha}_1, \boldsymbol{\alpha}_2, \boldsymbol{\alpha}_3\}$$

によって表され、ユーザの基準フレームは

(外１７)

$$\beta \triangleq \{\boldsymbol{\beta}_1, \boldsymbol{\beta}_2, \boldsymbol{\beta}_3\}$$

によって表され、世界の基準フレームは

(外１８)

$$\omega \triangleq \{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3\}$$

によって表される。e_3のω－、α－及びβ－基準フレーム座標は夫々、ω、ａ及びｂによって表される。ｂ及びａは夫々、ステップ２０２及び２０６において装置１００によって取得される第１及び第２の測定に対応する（すなわち、

(外１９)

$$\mathrm{b} = [\bar{c}]_B$$

はステップ２０２で測定され、

(外２０)

$$\mathrm{a} = [\bar{c}]_A$$

はステップ２０６で測定される。）。夫々ｂ及びａで表される第１及び第２の測定（すなわち、e_3のβ及びα座標）は次のように表され得る：

$$b=[b_1,b_2,b_3,]T\text{及び}a=[a_1,a_2,a_3,]^T \qquad (3)$$

ベクトルe_3は世界基準フレームにおける垂直軸であり、重力と一致し且つ天頂方向を指すベクトルであり、先に

(外２１)

“$\bar{c}$”

として表された。成分ベクトルの３次元空間のための基準は$\nu = \{\nu_1, \nu_2, \nu_3\}$によって表され、このとき、$\nu_1 = [1, 0, 0]^T$、$\nu_2 = [0, 1, 0]^T$及び$\nu_3 = [0, 0, 1]^T$である。

【００７９】

また、Ｈは（地面に対する）水平面を表し、すなわち、それはe_3に垂直な面であり、P_H（ｖ）は、Ｈへの任意の空間ベクトルｖの投影を表す。表記

(外２２)

$$\boldsymbol{\alpha}_i \text{ 及び } \boldsymbol{\beta}_j$$

は夫々、装置α座標系及び身体β座標系の基本ベクトルを表し、このとき、ｉ，ｊ∈｛１，２，３｝であり、夫々の座標系において、指数１はｚ軸を表すために使用され、指数２はｙ軸を表すために使用され、指数３はｚ軸を表すために使用される。夫々の基本ベクトル

(外２３)

$$\boldsymbol{\alpha}_i$$

の先端は、その対応する円Ｃ$_i$にあり、このとき、１≦ｉ≦３であり、Ｃｉは、β座標系に関して表される

(外２４)

$$\mathbf{b}^T\mathbf{t}=a_i \text{ 及び } \|\mathbf{t}\|=1$$

によって決定される円である。

【００８０】

(外２５)

$$\text{式 } \mathbf{b}^T\mathbf{t}=a_i$$

（１≦ｉ≦３）は、世界座標系に対して水平である３次元空間における面を表し、すなわち、それは、垂直世界軸ｅ$_3$及び重力加速度ベクトルに直交する（すなわち、それはＨに平行な面である。）。

【００８１】

ステップ２０８において変換マトリクスを計算するために、第１の測定と第２の測定との間の（世界座標系の）垂直軸周りのユーザに対する装置１００の回転の量を知るか（例えば、測定による）又は推測する必要がある。数学的表現において、

(外２６)

$$\boldsymbol{\beta}_m \text{ 及び } \boldsymbol{\alpha}_p$$

が重力加速度ベクトル方向にない何らかの適切な指標ｍ∈｛１，２，３｝及びｐ∈｛１，２，３｝に関して、水平面Ｈへのβ$_m$の投影Ｐ$_H$（β$_m$）から水平面Ｈへのα$_p$の投影Ｐ$_H$（α$_p$）にかけて広がっている角度φ$_p$を知るか又は推測することが必要であり、このとき、その角度方向は、天頂から観測される反時計回りの方向において正に定められる。少なくとも二組の基本ベクトルが常に存在する。

【００８２】

図４のステップ２５２で、ｍ，ｐ∈｛１，２，３｝は、水平面Ｈ上への基本ベクトル

(外２７)

$$\boldsymbol{\beta}_m \text{ 及び } \boldsymbol{\alpha}_p$$

の夫々の投影Ｐ$_H$（β$_m$）及びＰ$_H$（α$_p$）が完全に垂直方向と整列されないように選択される。Ｐ$_H$（β$_m$）とＰ$_H$（α$_p$）との間の角度φ$_p$は、上述されたように推測又は測定される。

【００８３】

ステップ２５４で、ｂに正規直交する座標ベクトルｄが計算される。望ましくは、ｄは、β基本ベクトルの投影に対応する座標ベクトルである。望ましい実施において、ｄは次のように計算される：

【数３】

$$\mathrm{d} = \frac{1}{\sqrt{1-(b_m)^2}}(\mathbf{v}_m - b_m \mathrm{b}) \tag{4}$$

【００８４】

ステップ２５６で、ｂ及びｄに正規直交する第２の座標ベクトルが次いで、次のように計算される：

【数４】

$$\mathbf{f} := \mathbf{b} \times \mathbf{d} \tag{5}$$

【００８５】

次いで、ステップ２５８で、α基本ベクトルの先端が位置する円C_1、C_2及びC_3のサポートベクトルs_i及び半径r_iが、夫々$i \in \{1, 2, 3\}$に関して、次の式から計算される：

【数５】

$$\mathbf{s}_i := a_i \mathbf{b} \tag{6}$$

$$r_i := \sqrt{1-(a_i)^2} \tag{7}$$

【００８６】

次いで、ステップ２６０で、何らかのｋに関して$|a_k| = 1$であるかどうかが確認され、そのようなｋが見つけられる場合は、それはセーブされ（ｋ：＝ｉ）、t_kが次のように計算される：

【数６】

$$\mathbf{t}_k := \mathrm{sign}(a_k)\mathbf{b} \tag{8}$$

【００８７】

ステップ２６２で、変換マトリクス${}^{\beta}T_{\alpha}$のｐ番目の列が次のように計算される：

【数７】

$$\mathbf{t}_p := \mathbf{s}_p + r_p \cos(\phi_p)\mathbf{d} + r_p \sin(\phi_p)\mathbf{f} \tag{9}$$

【００８８】

次いで、ステップ２６４乃至２６８で、残りの分解可能な角度と、${}^{\beta}T_{\alpha}$の対応する列とが計算される。以下で、$i \in \{1, 2, 3 \setminus \{p, k\}\}$及び$j := \{1, 2, 3 \setminus \{i, p\}\}$である。

【００８９】

特に、$i \in \{1, 2, 3 \setminus \{p, k\}\}$及び$j := \{1, 2, 3 \setminus \{i, p\}\}$に関して、レヴィ・チヴィタシンボル$\varepsilon_{pij}$が（ステップ２６４で）３つの数（ｐ，ｉ，ｊ）に関して次のように計算される：

【数８】

$$\varepsilon_{pij} := \begin{cases} +1 & \text{if } (p,i,j) \in \{(1,2,3),(2,3,1),(3,1,2)\} \\ -1 & \text{if } (p,i,j) \in \{(1,3,2),(2,1,3),(3,2,1)\} \end{cases} \quad (10)$$

【００９０】

次いで、ステップ２６６で、角度ϕ_iが望ましくは次の式により計算される：

$$\phi_i := \phi_p + \varepsilon_{pij} \operatorname{atan2}(-a_i a_p, a_j) \quad (11)$$

【００９１】

表記ａｔａｎ２（ｘ，ｙ）は、示される順序において引数を有する２引数４象限逆正接関数に関して使用される。２引数ａｔａｎ２（ｘ，ｙ）関数は、ｘ及びｙの符号を考慮して点（ｘ，ｙ）の逆正接（すなわち、正接ｔａｎ（タンジェント）の逆関数）を計算し、範囲［－π，π］における角度を返す。

【００９２】

次いで、ステップ２６８で、変換マトリクス${}^{\beta}T_{\alpha}$の対応するｉ番目の列が次のように計算される：

【数９】

$$\mathbf{t}_i = \mathbf{s}_i + r_i \cos(\phi_i)\mathbf{d} + r_i \sin(\phi_i)\mathbf{f} \quad (12)$$

【００９３】

最後に、ステップ２７２で、変換マトリクスは次のように出力される：

【数１０】

$${}^{\beta}\mathbf{T}_{\alpha} = [\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \mathbf{t}_3] \quad (13)$$

【００９４】

ここで、変換マトリクスを計算するための上記のアルゴリズムの適用の３つの例が、図５乃至７を参照して論じられる。簡単及び明瞭のために、一般性を失うことなしに、ｍ＝ｐである例しか記載されない。すなわち、同じ指数を有するα及びβ軸が常に使用される。

【００９５】

第１の例において、ユーザは、装置１００が自身に取り付けられる場合に仰向けに横たわっている。図５は、ユーザが仰向けに横たわっている場合のユーザβ、装置α、及び世界ωの座標系を図解するグラフである。

【００９６】

この例において、患者は仰向けに横たわっており且つ（理想的な身体）β座標系は世界ω座標系に等しいとする。更に、（実際の）α座標系は、π／６ラジアンによる垂直軸周りの回転（天頂から観測される反時計回りの方向における）によって世界ω座標系から取得されるとする。図５から分かるように、α_3及びβ_3（α及びβの各座標系のｚ軸）は、正規化された重力加速度ベクトルe_3と完全に整列されており、垂直軸周りの回転（すなわち、π／６ラジアン）の認識なしでは、正確な変換マトリクス${}^{\beta}T_{\alpha}$を算定することが不可能であることは明らかである。従って、$p \neq 3$に関して、水平面Ｈへの基本ベクトルβ_p及びα_pの夫々の投影（この特定の例に関して、夫々、$P_H(\beta_p) = \beta_p$及び$P_H(\alpha_p) = \alpha_p$）の間の世界垂直軸周りの回転角度ϕ_pのために、推測がなされる。ｐ＝１又はｐ＝２を選ぶこと、すなわち、α及びβ系のｘ軸又はｙ軸のいずれかを比較することが可能である。正確な変換マトリクス${}^{\beta}T_{\alpha}$を見つけるために、角度ϕ_pが知られると仮定される。目下の例に関し、このことは、ｐ＝１が使用される場合に$\phi_1 = \pi/6$である、すなわち、α及びβ系のｘ軸間の角度が知られていると、又は同様にｐ＝２が使用

される場合にφ$_2$＝π／６である、すなわち、α及びβ系のｙ軸間の角度が知られていると仮定されることを意味する。これは、ユーザが仰向けに横たわっている状況において正確な変換マトリクスが見つけられることを可能にする。

【００９７】

この例は、ここで、ユーザがこの姿勢にある間に許容される装置の位置づけの変化に設置された制限とともに、ユーザ又はオペレータによる装置への入力（例えば、正確な‘モード’に装置を置くための、測定が行われる間のユーザの姿勢のインジケーション）に関して記載される。

【００９８】

患者は仰向けに横たわっており、第１の測定は、ステップ２００で装置（基準フレーム）をユーザ（基準フレーム）と整列させた後に、ステップ２０２で取得される。取得された第１の測定から、患者が仰向けに横たわっていることが導出され（ステップ２０３）、その後に、適切なストラテジが制限的な指示に関して（例えば、ストラテジに対する姿勢（又は身体の向き）のルックアップテーブルから）選択される。この例において、そのような制限的な指示は、取得された第１の測定とユーザへの装置１００の取り付け後に取得される第２の測定との間の垂直軸周りの装置の正味の回転が所定の値（例えば、上記のπ／６又は零）に等しいことを確かにするための指示であってよい。この指示の実際の実行を容易にするよう、２本の線が、第１の測定の間に水平面にある装置の側に描かれてよい（又は電子的に表示される）。第１の線は、望ましくは装置ｙ軸に対応し、第２の線は、所定の値（この例ではπ／６）に等しい角度を有して第１の線と交差する。装置ｙ軸は第１の測定の間身体ｙ軸と整列されるように、ユーザ又はオペレータは、第２の線が第２の測定を取得するステップ（ステップ２０６）の間身体ｙ軸と整列されることを確かにする必要がある。この特定の例では、水平面への第２の線の投影しか身体ｙ軸と整列される必要がない。その理由は、ユーザが仰向けに横たわっている場合に、当該投影はその線自体と等しいためである。この指示によれば、垂直軸周りの実際の回転は事実上所定の値に等しいと実質的に推測される。装置が指示に従いながらステップ２０５でユーザへ取り付けられた後、第２の測定がステップ２０６で取得され、アルゴリズムが完全な変換マトリクスをステップ２０８で決定するための必要とされる入力の組を完成する。

【００９９】

第２の例において、ユーザは、装置が自身に取り付けられる場合に、水平面に対してπ／６ラジアンで寄りかかった姿勢において横たわっている。図６は、ユーザが水平面に対してπ／６ラジアンで寄りかかった姿勢において横たわっている場合のユーザβ、装置α、及び世界ωの座標系を図解するグラフである。（理想的な身体）β座標系は、π／６ラジアンによる第１の世界軸ω$_1$（ｘ軸）周りの回転によって世界座標系から取得されるとする。更に、（実際の）α座標系は、π／６ラジアンによる第１の世界軸ω$_1$周りの回転、続く、π／４ラジアンによる指数２を有する新しい軸（ｙ軸）周りの他の回転によって世界座標系から取得されるとする。

【０１００】

図６から明らかなように、いずれの軸も正規化された重力加速度ベクトルｅ$_3$と完全に整列されず、原理上、如何なるｐ∈｛１，２，３｝も使用されてよい。しかし、α基準を定義する一連の回転によれば、基本ベクトルα$_2$及びβ$_2$（夫々、装置及び身体の各座標系のｙ軸）は、第２の世界軸ω$_2$及び第３の世界軸ω$_3$によって定められた同じ垂直面にとどまる。よって、同じことは、水平面への基本ベクトルα$_2$及びβ$_2$の投影にも当てはまる。従って、零ラジアンに等しい水平面への基本ベクトルβ$_2$及びα$_2$の夫々の投影の間の角度φ$_2$とともにｐ＝２を用いることが、最も容易且つ最も実際的である。このことは、ユーザが水平面に対してπ／６ラジアンで寄りかかって横たわっている状況で正確な変換マトリクスが見つけられることを可能にする。実際に、ユーザが水平面に対してπ／６ラジアンで寄りかかっている場合に、オペレータは装置１００によって、装置α及び身体β座標系のｙ軸を同じ垂直面に保つよう指示され得る。

【０１０１】

この例は、ここで、ユーザがこの姿勢にある間に許容される装置の位置づけの変化に設置された制限とともに、ユーザ又はオペレータによる装置への入力（例えば、正確な‘モード’に装置を置くための、測定が行われる間のユーザの姿勢のインジケーション）に関して記載される。

【０１０２】

患者は寄りかかって横たわっており、第１の測定は、ステップ２００で装置（基準フレーム）をユーザ（基準フレーム）と整列させた後に、ステップ２０２で取得される。取得された第１の測定から、患者が寄りかかって横たわっていることが導出され（ステップ２０３）、その後に、適切なストラテジが制限的な指示に関して（例えば、ストラテジに対する姿勢（又は身体の向き）のルックアップテーブルから）ステップ２０４で選択される。この例において、そのような制限的な指示は、取得された第１の測定とユーザへの装置１００の取り付け後に取得される第２の測定との間の垂直軸周りの装置の正味の回転が零に等しいことを確かにするための指示であってよい。すなわち、装置ｘ－ｙ面に平行である装置の側において描かれた装置ｙ軸を示す線は、水平面における成分／投影に関して一定の方向（より具体的には、身体ｙ軸の方向）に保たれる。この指示によれば、上述された‘既知の角度’は事実上零に等しいと実質的に推測される。装置が指示に従いながらステップ２０５でユーザへ取り付けられた後、第２の測定がステップ２０６で取得され、アルゴリズムが完全な変換マトリクスをステップ２０８で決定するための必要とされる入力の組を完成する。

【０１０３】

第３の例において、ユーザは、装置１００が自身に取り付けられる場合に左側臥位で横たわっている。図７は、ユーザが左側臥位で横たわっている場合のユーザβ、装置α、及び世界ωの座標系を図解するグラフである。（理想的な身体）β座標系は、第２の世界軸ω_2（世界座標系のｙ軸）周りのπ／２ラジアンの回転によって世界座標系から取得されるとする。更に、（実際の）装置α座標系は世界座標系に等しいとする（例えば、装置のｙ軸がユーザの頭部方向を指し且つ装置のｚ軸が天頂方向を指すよう装置がユーザの右側に取り付けられることによる）。身体座標系のｘ軸β_1及び装置座標系のｚ軸α_3は、正規化された重力加速度ベクトルe_3と完全に整列されており、従って、ｐ＝２を使用する必要がある。図７から分かるように、水平面への基本ベクトルβ_2及びα_2の夫々の投影の間の角度ϕ_2は、零ラジアンに等しい。このことは、ユーザが左側臥位で横たわっている状況で正確な変換マトリクスが見つけられることを可能にする。

【０１０４】

この例は、ここで、ユーザがこの姿勢にある間に許容される装置の位置づけの変化に設置された制限とともに、ユーザ又はオペレータによる装置への入力（例えば、正確な‘モード’に装置を置くための、測定が行われる間のユーザの姿勢のインジケーション）に関して記載される。

【０１０５】

患者は左側臥位で横たわっており、第１の測定は、ステップ２００で装置（基準フレーム）をユーザ（基準フレーム）と整列させた後に、ステップ２０２で取得される。取得された第１の測定から、患者が左側臥位で横たわっていることが導出され（ステップ２０３）、その後に、適切なストラテジが制限的な指示に関してステップ２０４で（例えば、ストラテジに対する姿勢（又は身体の向き）のルックアップテーブルから）選択される。この例において、そのような制限的な指示は、取得された第１の測定とユーザへの装置１００の取り付け後に取得される第２の測定との間の垂直軸周りの装置の正味の回転が零に等しいことを確かにするための指示であってよい。すなわち、装置ｘ－ｙ面に平行である装置の側において描かれた装置ｙ軸を示す線は、水平面における成分／投影に関して一定の方向（より具体的には、身体ｙ軸の方向）に保たれる。この指示によれば、上述された‘既知の角度’は事実上零に等しいと実質的に推測される。装置が指示に従いながらステップ２０５でユーザへ取り付けられた後、第２の測定がステップ２０６で取得され、アルゴリズムが完全な変換マトリクスをステップ２０８で決定するための必要とされる入力の組

を完成する。

【０１０６】

ユーザが上述された以外の他の姿勢をとることができることは明らかである。例えば、ユーザは、他の角度（すなわち、０からπ／２ラジアンの間のいずれかの角度）で寄りかかった姿勢で横たわっていてもよい。そのような場合に、シナリオは、（理想的な身体）β座標系及び（実際の）α座標系が世界軸周りの異なる回転によって世界座標系から取得される点を除いて、ユーザが水平面に対してπ／６ラジアンで寄りかかって横たわっている場合の上記のシナリオと同じである。

【０１０７】

従って、正確な読み込みが装置から得られるように装置によりモニタされるユーザからの如何なる積極的な関与又は支援も伴わずに実行可能な、ユーザをモニタする装置及び該装置を較正する方法が提供される。

【０１０８】

本発明は、図面及び上記の説明において詳細に図示及び記載されてきたが、そのような図示及び記載は、制限でなく例示又は実例と見なされるべきであり、すなわち、本発明は、開示される実施形態に制限されない。

【０１０９】

開示される実施形態に対する変形例は、図面、本開示及び特許請求の範囲の検討から、請求される発明を実施する際に当業者によって理解され達成され得る。特許請求の範囲において、語「有する」は他の要素又はステップを除外せず、要素の単数表記は複数個を除外しない。単一のプロセッサ若しくはコントローラ又は他のユニットは、特許請求の範囲で挙げられている複数の事項の機能を満たしてよい。特定の手段が相互に異なる請求項で挙げられているという単なる事実は、それらの手段の組み合わせが有利に使用され得ないことを示すわけではない。コンピュータプログラムは、他のハードウェアとともに又はその一部として供給される固定状態媒体又は光記憶媒体のような適切な媒体において記憶／配布されてよいが、インターネット又は他の有線若しくは無線電気通信システムを介するような他の形態においても配布されてよい。特許請求の範囲における如何なる参照符号も、適用範囲を制限するよう解釈されるべきではない。

【図１】

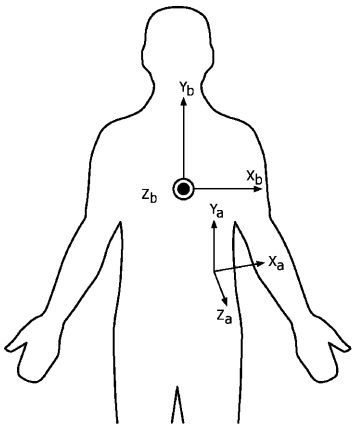
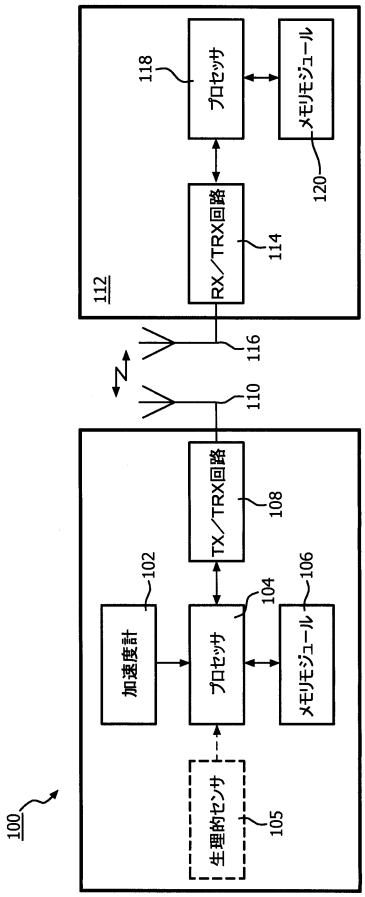
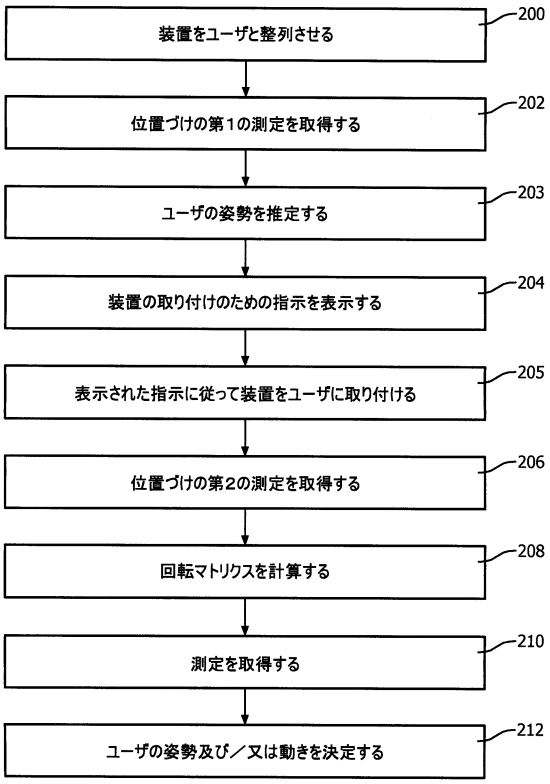


FIG. 1

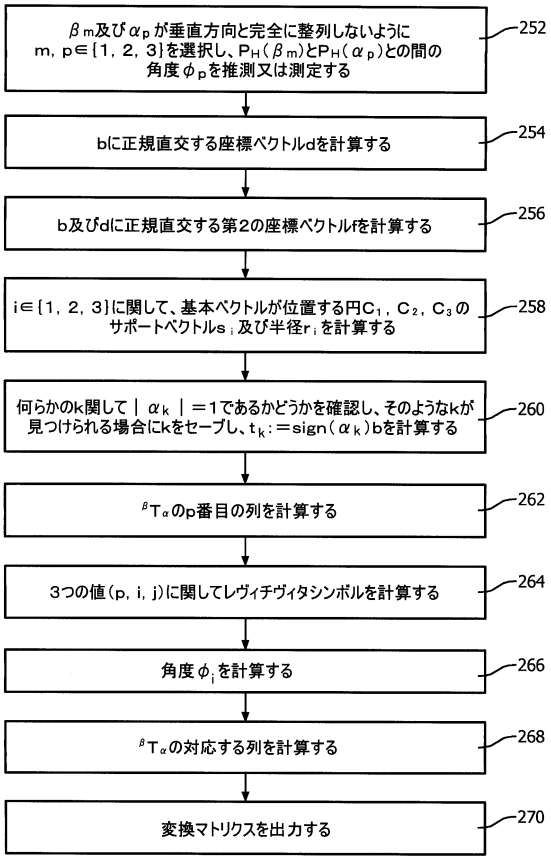
【図２】



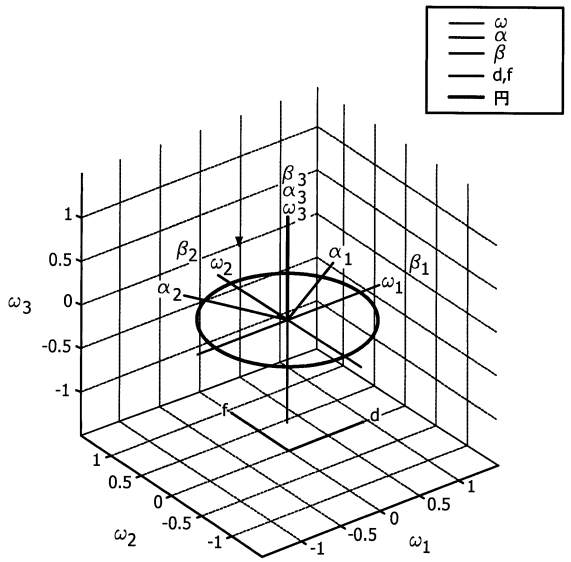
【図３】



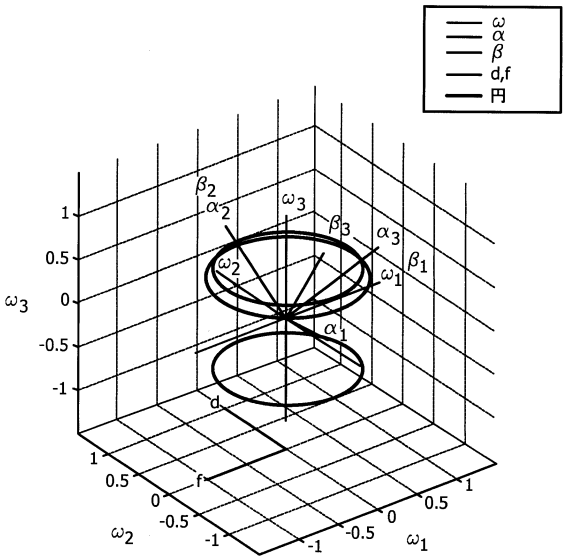
【図４】



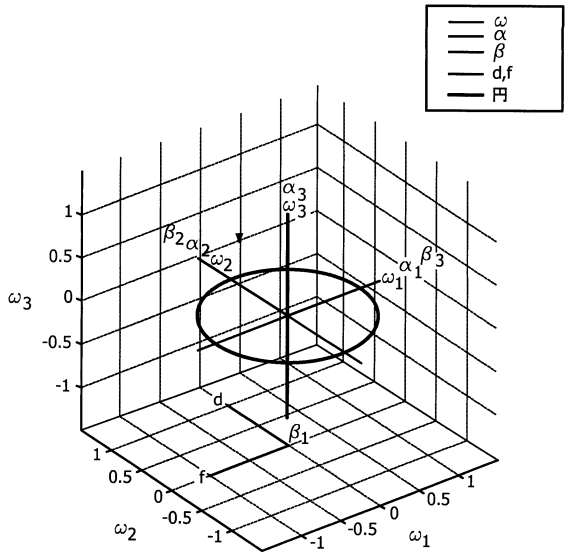
【図５】



【図６】



【図７】



フロントページの続き

(74)代理人 100091214
弁理士 大貫 進介
(72)発明者 ファン デ ラール, ヤコブ
オランダ国, ５６５６ アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング４４
(72)発明者 デュリク, ハリス
オランダ国, ５６５６ アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング４４
(72)発明者 ファン デン ヒューヴェル, テューン
オランダ国, ５６５６ アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング４４

審査官 ▲高▼ 芳徳

(56)参考文献 特開２００６－６８３００（ＪＰ, Ａ）
米国特許第６０４４２９７（ＵＳ, Ａ）
特表２００９－５１５６６２（ＪＰ, Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ ５／００
Ａ６１Ｂ ５／１１ － ５／１１３