

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-536583

(P2008-536583A)

(43) 公表日 平成20年9月11日(2008.9.11)

(51) Int.Cl.
A61B 5/11 (2006.01)F I
A61B 5/10 310Aテーマコード (参考)
4C038

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2008-506814 (P2008-506814)
 (86) (22) 出願日 平成18年4月17日 (2006.4.17)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年12月14日 (2007.12.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/014455
 (87) 国際公開番号 W02006/113654
 (87) 国際公開日 平成18年10月26日 (2006.10.26)
 (31) 優先権主張番号 60/672, 915
 (32) 優先日 平成17年4月18日 (2005.4.18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

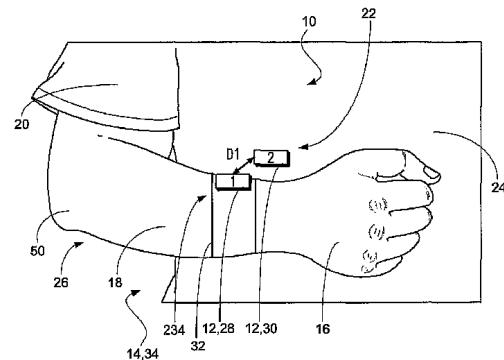
(71) 出願人 507342836
 バイオネス ディベロップメント, エルエルシー
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州 91355, サンタ クラリタ, ライ キャニオン ループ 25134
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 眞司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大賀 敏史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 身体的位置間の寸法を確定するシステムおよび関連方法

(57) 【要約】

身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるシステムおよび関連方法である。本装置は、身体の前1位置に結合されるように構成される第1デバイスと、第1位置からある距離で離れている身体の前2位置に結合されるように構成される第2デバイスと、を含む。第1デバイスは、無線信号を生成するように構成される。第2デバイスは、無線信号を検出し、該検出された無線信号に基づいて、距離を計算するために使用されるように構成されるデータを生成するように構成される。距離は、身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴づけるために使用される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるように構成されるシステムであって、

- a. 該身体の第 1 位置に結合されるように構成される第 1 デバイスと、
 - b. 該第 1 位置から第 1 距離で離れている該身体の第 2 位置に結合されるように構成される第 2 デバイスと、
- を具備し、
- c.

- i. 該第 1 デバイスが、第 1 無線信号を生成するように構成され、
 - i i. 該第 2 デバイスが、該第 1 無線信号を検出し、該検出された第 1 無線信号に基づいて、該第 1 距離を計算するために使用されるように構成されるデータを生成し、
 - i i i. 該第 1 距離が、該身体に対する該リハビリテーション治療の該効果を特徴づけるために使用される、システム。

10

【請求項 2】

前記第 2 位置から第 2 距離で離れている前記身体の前記第 3 位置に結合されるように構成される第 3 デバイスをさらに具備し、

- a. 前記第 1 デバイスが、第 1 周波数で前記第 1 無線信号を生成するように構成され、
- b. 該第 3 デバイスが、第 2 周波数で第 2 無線信号を生成するように構成され、
- c. 前記第 2 デバイスが、該第 2 無線信号を検出し、該検出された第 2 無線信号に基づいて、該第 2 距離を計算するために使用されるように構成される追加のデータを生成するように構成され、
- d. 該第 2 距離が、該身体に対する前記リハビリテーション治療の前記効果を特徴付けるために使用される、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 3】

前記第 3 デバイスが、前記第 1 デバイスが前記第 1 無線信号を生成するように構成されるのと同時に、前記第 2 無線信号を生成するように構成される、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記第 2 デバイスが、前記第 1 無線信号と前記第 2 無線信号とからなる群から選択される信号を選択可能な方法で検出するように構成される、請求項 3 に記載のシステム。

30

【請求項 5】

外部デバイスをさらに具備し、

- a. 該外部デバイスが、前記第 2 デバイスと通信するように構成され、
- b. 該第 2 デバイスが、該外部デバイスに前記データを通信するように構成され、
- c. 該外部デバイスが、該データに基づいて前記第 1 距離を計算するように構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記外部デバイスが、前記データに基づいて前記第 2 デバイスと前記第 1 デバイスとの間の方向角を計算するように構成される、請求項 5 に記載のシステム。

40

【請求項 7】

前記外部デバイスが、無線周波数経路と、身体を通る電流経路と、変調音波の通信のために構成される経路と、変調超音波の通信のために構成される経路と、光通信経路と、からなる群から選択される無線通信経路を介して前記第 2 デバイスと通信するように構成される、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記外部デバイスが、或る期間に互る前記第 1 距離の平均と、或る期間に互る該第 1 距離の標準偏差と、或る期間に互る該第 1 距離に基づく前記第 2 デバイスが前記第 1 デバイスに対して移動する回数と、該第 1 距離に基づく該第 1 デバイスに対する該第 2 デバイスの速度と、或る期間に互る該第 1 距離に基づく該第 1 デバイスに対する該第 2 デバイスの

50

平均速度と、該第 1 距離に基づく該第 1 デバイスに対する該第 2 デバイスの加速度と、或る期間に亙る該第 1 距離に基づく該第 1 デバイスに対する該第 2 デバイスの平均加速度と、からなる群から選択される値を計算するように構成される、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記第 1 デバイスおよび前記第 2 デバイスのうちの少なくとも 1 つのデバイスが、

- a . 該少なくとも 1 つのデバイスを前記身体内に埋め込むことと、
 - b . 該少なくとも 1 つのデバイスを、接着剤、衣服片、ストラップ、ベルト、クリップおよび時計からなる群から選択される結合器具を使用して該身体に取り付けることと、
- からなる群から選択される方法を介して、該身体に結合されるように構成される、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 10】

a . 前記身体が、胴と、手および腕からなる群から選択される別の部位と、を含み、

b . 前記第 1 デバイスが、該胴に結合されるように構成され、

c . 前記第 2 デバイスが、該別の部位に結合されるように構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記無線信号が、磁界、低周波数磁界、音波および超音波からなる群から選択される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

20

前記第 1 デバイスおよび前記第 2 デバイスのうちの少なくとも一方が、電池、コイル、直交コイル、発電器、電圧測定回路、トランスデューサ、処理回路、送信機、受信機および送受信機からなる群から選択される構成要素を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記第 1 デバイスおよび前記第 2 デバイスのうちの少なくとも一方が小型ステミュレータである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記第 1 デバイスおよび前記第 2 デバイスのうちの少なくとも一方が送信機および受信機を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 15】

30

身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるように構成されるシステムであって、

a . 身体の第 1 位置に結合されるように構成される送信機と、

b . 該身体に結合されるように構成される複数の受信機であって、該複数の受信機の各々が、複数の距離のうちの 1 つの距離で該送信機から離れている該身体の異なる位置に結合されるように構成される、複数の受信機と、

c . 該複数の受信機と通信するように構成される外部デバイスと、

を具備し、

d .

i . 該送信機が、無線信号を送信するように構成され、

40

i i . 該複数の受信機の各々が、該無線信号を検出し、該検出された無線信号に基づいてデータを生成し、該データを該外部デバイスに通信するように構成され、

i i i . 該外部デバイスが、該データに基づいて該複数の受信機と該送信機との間の該複数の距離を計算するように構成され、

i v . 該複数の距離が、該身体に対する該リハビリテーション治療の該効果を特徴付けるために使用される、システム。

【請求項 16】

前記送信機と前記複数の受信機のうちの少なくとも 1 つのデバイスが、

a . 該少なくとも 1 つのデバイスを前記身体内に埋め込むことと、

b . 該少なくとも 1 つのデバイスを、接着剤、衣服片、ストラップ、ベルト、クリップ

50

および時計からなる群から選択される結合器具を使用して該身体に取り付けることと、からなる群から選択される方法を介して、該身体に結合されるように構成される、請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記無線信号が、磁界、低周波数磁界、音波および超音波からなる群から選択される、請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 18】

a. 前記無線信号が超音波であり、
b. 前記外部デバイスが、該超音波の振幅と、該超音波の位相と、該超音波の伝播時間と、からなる群から選択される、前記複数の受信機によって検出される該超音波の特徴に基づいて、前記複数の距離を計算するように構成される、請求項 15 に記載のシステム。

10

【請求項 19】

前記外部デバイスが、前記データに基づいて前記複数の受信機と前記送信機との間の複数の方向角を計算するように構成される、請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 20】

距離センサ、角度センサ、加速度センサ、振動センサおよびビデオカメラからなる群から選択される追加のデバイスをさらに具備し、該追加のデバイスが、前記外部デバイスに結合され、前記複数の距離および前記複数の方向角の前記計算を支援するように構成される、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 21】

20

前記外部デバイスが、前記データに基づいて、前記複数の受信機の各々の前記送信機に対する速度と、該複数の受信機の各々の該送信機に対する加速度と、からなる群から選択されるパラメータを計算するように構成される、請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 22】

a. 前記身体が、健康な四肢と、対応する障害のある四肢とを含み、
b. 前記複数の受信機のうちの 1 つが、該健康な四肢に結合されるように構成され、
c. 該複数の受信機のうちの別のものが、該障害のある四肢に結合されるように構成され、
d. 前記外部デバイスが、該複数の受信機のうちの該 1 つと前記送信機と間の距離を、該複数の受信機のうちの該別のものと該送信機との間の距離と比較するように構成される、請求項 15 に記載のシステム。

30

【請求項 23】

身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付ける方法であって、
a. 該身体の第 1 位置に結合されるように構成され、無線信号を送信するように構成される第 1 デバイスを提供するステップと、
b. 該身体の第 2 位置に結合されるように構成され、該無線信号を検出するように構成される第 2 デバイスを提供するステップと、
c. 該第 1 デバイスを使用して該無線信号を送信するステップと、
d. 該第 2 デバイスを使用して該無線信号を検出するステップと、
e. 該第 2 デバイスによって検出される該無線信号に基づいて該第 1 デバイスと該第 2 デバイスとの間の距離を計算するステップと、
f. 該距離を使用して該身体に対する該リハビリテーション治療の該効果を特徴づけるステップと、
を含む、方法。

40

【請求項 24】

a. 前記第 2 デバイスと通信するように構成される外部デバイスを提供するステップと、
b. 前記第 2 デバイスを使用して前記検出された無線信号に基づいてデータを生成するステップと、
c. 前記第 2 デバイスを使用して該外部デバイスに該データを通信するステップと、

50

d. 該外部デバイスを使用して該データに基づいて前記距離を計算するステップと、を含む、請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記外部デバイスを使用して、前記データに基づいて前記第 1 デバイスと前記第 2 デバイスとの間の方向角を計算するステップをさらに含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記外部デバイスを使用して、前記データに基づいて、前記第 1 デバイスに対する前記第 2 デバイスの速度と、該第 1 デバイスに対する該第 2 デバイスの加速度と、からなる群から選択されるパラメータを計算するステップをさらに含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

発明の背景

発明の分野

本発明は、包括的には身体的位置間の寸法を確定するために使用されるシステムの分野に関する。より詳細には、本発明は、身体的位置間の距離および/または方向を測定し、その測定値に基づいて身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるシステムおよび関連方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

関連技術の説明

脳卒中は、永久的な機能障害及び身体障害の主な原因である。たとえば、全脳卒中生存者のおよそ 70% に、四肢、たとえば腕または手の麻痺が残る。リハビリテーション治療を受ける脳卒中犠牲者は、脳卒中の直後、通常は脳卒中後の最初の 3 ヶ月以内、障害のある四肢の元の可動性の幾分かを回復する可能性がある。脳卒中犠牲者のためのリハビリテーション過程をより効率的にするのを助けるために、かつ患者の経過の評価を支援するために、いくつかの技法が開発されてきた。これら技法のうちのいくつかには、単純なりハビリ器具を使用して療法士によって行われる人力によるリハビリテーションが含まれる。療法士は、リハビリテーション過程の間に、たとえば、当業者には既知である、ボックスアンドブロックテスト (Box and Block Test)、バランススケール (Balance Scale) およびバーセルインデックス (Barthel Index) におけるスコアを結合する脳卒中リハビリテーション運動評価 (Stroke Rehabilitation Assessment of Movement) (「STREAM」) を含む種々の方法を使用して、患者の経過を評価することができる。

30

【0003】

患者は、ボックスを使用し、ボックスアンドブロックテストを行う。このボックスは、そのボックスを 2 つの等しい区画に分割する仕切りを含む。ボックスの区画のうちの 1 つに複数の小さい木製ブロックが配置される。テストの間、患者は、患肢、たとえば脳卒中によって障害の残った腕および手を使用して、60 秒間にボックスの区画のうちの一方から他方の区画に可能な限り多くのブロックを移動させることを要求される。患者は、一度に 1 つのブロックを掴握し、そのブロックを、区画を超えて運び、そのブロックを他方の区画内で離すことによってのみ、ブロックを移動させることができる。テストが完了すると、一方の区画から他方の区画に運ばれたブロックの数がカウントされる。痙性の評価のために使用される他の装置には、たとえば、ニューヨーク州シャーリーのバイオデックス・メディカル・システム (Biodeex Medical System (Shirley, New York)) から入手可能なバイオデックス・マルチ・ジョイント・システム (BIODEX MULTI-JOINT SYSTEM) II 等運動性筋力計、およびカナダ、エドモントンのプロハズカ (Prochazka (Edmonton, Canada)) による剛性分析器 (RIGIDITY ANALYZER) がある。

40

【0004】

50

療法士に、脳卒中犠牲者に対するリハビリテーション治療を人力によって行わせることの代替方法は、ロボット式リハビリテーション装置を使用することである。ロボット式リハビリテーション装置は、同じ装置において訓練機能と評価機能との両方を結合することができる。たとえば、ロボットは、患者に対し、好ましい軌道に従って患者の障害のある四肢を動かさせるか、または障害のある四肢で画面上のカーソルを自発的に追跡する際の患者の経過にアクセスさせることができる。市場で販売されているロボットのいくつかは、マサチューセッツ州ケンブリッジのインタラクティブ・モーション・テクノロジーズ社 (Interactive Motion Technologies, Inc. (「IMT」) (Cambridge, Massachusetts)) と、英国スタッフォードシアのスタッフォードシア大学のリハブ・ロボティクス・リミテッド (Rehab Robotics Limited, Staffordshire University (Staffordshire, United Kingdom)) によって提案されている。

10

20

30

40

50

【0005】

近年、患者の障害のある四肢の可動性を測定するために使用されてきた装置の例は、ゴニオメータ (goniometer) と呼ばれる角度測定装置である。本技術分野において、いくつかのタイプのゴニオメータが知られている。例としてのゴニオメータは、管が曲がる際の管内の流体の抵抗の変化、光ファイバが曲がる際の光ファイバの光学特性の変化、車輪の回転、および / またはケーブルの伸長に基づいて、角度測定値を確定することができる。しかしながら、これらゴニオメータは、通常、角度測定中に比較されるべき患者の身体の一部間に、たとえば管、ファイバ、ワイヤ、および / またはケーブルを介した物理的相互接続が必要である。ゴニオメータの一例は、オーストラリア、ニュー・サウス・ウェールズのパワーラブ (Power Lab (New South Wales, Australia)) 製の MLTS 700 ジョイント・アングル・センサ (JOINT ANGLE SENSOR) である。ゴニオメータのさらなる例は、クラメル (Kramer) 他による米国特許出願公開第 2003/0083596 号明細書およびマクゴリー (McGorry) 他による米国特許第 6,651,352 号明細書において論じられている。

【0006】

近年、仮想現実アプリケーションによって、たとえばカリフォルニア州サンノゼのイメージョン・コーポレーション (Immersion Corporation (San Jose, California)) によるサイバークローブ (CYBERGLOVE) のような、手首および指のための種々のタイプの 3D 追跡および位置決め装置が増加してきた。サイバークローブ (CYBERGLOVE) は、18 センサモデルが入手可能であり、それは、各指に 2 つの曲げセンサと、4 つの外転センサと、親指交差、掌弓、手首屈曲および手首外転を測定するセンサと、を特徴とする。サイバークローブ (CYBERGLOVE) はまた、22 センサモデルでも入手可能であり、それは、屈曲および手首外転を測定するために使用される追加のセンサを含む。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した装置と、リハビリテーション治療中に患者の四肢の可動性および患者の経過を評価するために使用される目下入手可能な器具は、障害のある四肢の日常使用には不十分な代用品であると考えられる。また、目下入手可能な器具の多くは、評価手続き中に積極的な役割を果たす療法士が必要である。したがって、患者の四肢の日常使用と理学療法とを含むことができる、リハビリテーション治療中に脳卒中患者の障害のある四肢の可動性を評価するように構成されるシステムが必要である。本発明は、後述するような他の必要とともにこの必要を満足させる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

発明の概要

本発明は、日常使用を含む、リハビリテーション治療中に脳卒中患者の障害のある四肢の可動性を評価するシステムおよび関連方法に関する。本発明の例示的な実施形態は、身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるように構成されるシステムである。本システムは、身体の前1位置に結合されるように構成される第1デバイスと、第1位置から第1距離だけ離れている身体の前2位置に結合されるように構成される第2デバイスと、を含む。第1デバイスは、第1無線信号を生成するように構成される。第2デバイスは、第1無線信号を検出し、該検出された第1無線信号に基づいて、第1距離を計算するために使用されるように構成されるデータを生成するように構成される。第1距離は、身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴づけるために使用される。

【0009】

本発明の他のより詳細な特徴では、本システムは、第2位置から第2距離だけ離れている身体の前3位置に結合されるように構成される第3デバイスをさらに含む。第1デバイスは、第1周波数で第1無線信号を生成するように構成される。第3デバイスは、第2周波数で第2無線信号を生成するように構成される。第2デバイスは、第2無線信号を検出し、該検出された第2無線信号に基づいて追加のデータを生成するように構成される。追加のデータは、第2距離を計算するために使用されるように構成され、それを使用して、身体に対するリハビリテーション治療の効果が特徴付けられる。また、第3デバイスを、第1デバイスが第1無線信号を生成するように構成されると同時に、第2無線信号を生成するように構成してもよい。さらに、第2デバイスを、第1無線信号または第2無線信号を選択可能な方法で (in a selectable manner) 検出するように構成してもよい。

【0010】

本発明の他のより詳細な特徴では、本装置は、外部デバイスをさらに含み、それは、第2デバイスと通信するように構成される。第2デバイスは、外部デバイスにデータを通信するように構成される。外部デバイスは、データに基づいて第1距離を計算するように構成される。また、外部デバイスを、データに基づいて第2デバイスと第1デバイスとの間の方向角を計算するように構成してもよい。さらに、外部デバイスを、無線周波数経路、身体を通る電流経路、変調音波の通信のために構成される経路 (a path configured for the communication of modulated sonic waves)、変調超音波の通信のために構成される経路、および/または光通信経路を介して、第2デバイスと通信するように構成してもよい。

【0011】

本発明の他のより詳細な特徴では、外部デバイスは、以下の値のうちの1つまたは複数を計算するように構成される。すなわち、或る期間に互る第1距離の平均と、或る期間に互る第1距離の標準偏差と、或る期間に互る第1距離に基づく第2デバイスが第1デバイスに対して移動する回数と、第1距離に基づく第1デバイスに対する第2デバイスの速度と、或る期間に互る第1距離に基づく第1デバイスに対する第2デバイスの平均速度と、第1距離に基づく第1デバイスに対する第2デバイスの加速度と、或る期間に互る第1距離に基づく第1デバイスに対する第2デバイスの平均加速度と、である。

【0012】

本発明の他のより詳細な特徴では、第1デバイスおよび/または第2デバイスは、身体内に埋め込まれるか、または接着剤、衣服片、ストラップ、ベルト、クリップおよび/または時計を使用して身体に取り付けられるように構成される。また、第1デバイスを身体の胸に結合してもよく、第2デバイスを、身体の手または腕に結合してもよい。さらに、無線信号は、磁界、低周波数磁界、音波または超音波であってもよい。

【0013】

本発明の他のより詳細な特徴では、第1デバイスおよび/または第2デバイスは、電池、コイル、直交コイル、発電器、電圧測定回路、トランスデューサ、処理回路、送信機、受信機および/または送受信機である構成要素を含む。また、第1デバイスおよび/または第2デバイスは、小型ステミュレータであってもよい。さらに、第1デバイスおよび/または第2デバイスは送信機および受信機を含んでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

本発明の別の例示的な実施形態は、身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるように構成されるシステムである。本システムは、送信機と、複数の受信機と、外部デバイスと、を含む。送信機は、身体の前1位置に結合されるように構成され、複数の受信機の各々は、複数の距離のうちの1つの距離で (by one of a plurality of distances) 送信機から離れている身体の異なる位置に結合されるように構成される。外部デバイスは、複数の受信機と通信するように構成される。送信機は、無線信号を送信するように構成される。複数の受信機の各々は、無線信号を検出し、該検出された無線信号に基づいてデータを生成し、データを外部デバイスに通信するように構成される。外部デバイスは、データに基づいて複数の受信機と送信機との間の複数の距離を計算するように構成される。複数の距離は、身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付けるために使用される。

10

【 0 0 1 5 】

本発明の他のより詳細な特徴では、無線信号は超音波であり、外部デバイスは、複数の受信機の各々によって検出される超音波の振幅、複数の受信機の各々によって検出される超音波の位相および/または複数の受信機の各々によって検出される超音波の伝播時間に基づいて、複数の距離を計算するように構成される。

【 0 0 1 6 】

本発明の他のより詳細な特徴では、外部デバイスは、データに基づいて複数の受信機と送信機との間の複数の方向角を計算するように構成される。また、本システムは、外部デバイスに結合され、かつ複数の距離および複数の方向角の計算を支援するように構成される追加のデバイスをさらに含んでもよい。追加のデバイスは、距離センサ、角度センサ、加速度センサ、振動センサおよび/またはビデオカメラであってもよい。さらに、外部デバイスを、データに基づいて、複数の受信機の各々の送信機に対する速度および/または複数の受信機の各々の送信機に対する加速度を計算するように構成してもよい。

20

【 0 0 1 7 】

本発明の他のより詳細な特徴では、身体は、健康な四肢と、対応する障害のある四肢とを含む。複数の受信機のうちの1つは、健康な四肢に結合されるように構成され、複数の受信機のうちの別のものは、障害のある四肢に結合されるように構成される。外部デバイスは、複数の受信機のうちの1つと送信機との間の距離を、複数の受信機のうちの別のものと送信機との間の距離と比較するように構成される。

30

【 0 0 1 8 】

本発明による例示的な方法は、身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付ける方法である。本方法は、身体の前1位置に結合されるように構成され、無線信号を送信するように構成される第1デバイスを提供するステップと、身体の前2位置に結合されるように構成され、無線信号を検出するように構成される第2デバイスを提供するステップと、第1デバイスを使用して無線信号を送信するステップと、第2デバイスを使用して無線信号を検出するステップと、第2デバイスによって検出される無線信号に基づいて第1デバイスと第2デバイスとの間の距離を計算するステップと、距離を使用して身体に対するリハビリテーション治療の効果を特徴づけるステップと、を含む。

40

【 0 0 1 9 】

本発明の他の特徴は、本発明の原理を例として示す添付図面とともに好ましい実施形態の以下の説明から明らかとなるはずである。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 0 】

好ましい実施形態の詳細な説明

本発明の実施形態は、日常の活動を含むリハビリテーション治療中に患者の四肢の可動性を評価する比較的安価でありかつ携帯性の手法を提供する。図1Aおよび図1Bを参照すると、本発明の実施形態は、互いに無線で通信するように構成される小型デバイス12を含むシステム10である。システム10は、デバイス間にいかなる物理的相互接続も必

50

要としない。。本発明の実施形態は、これら小型デバイスを利用して、患者の身体 1 4 の部位に対し静的パラメータおよび動きパラメータを測定する。

【0021】

特定の実施形態では、デバイス 1 2 は、以下のものを測定するために使用される。すなわち、患者の手 1 6、前腕 1 8 および / または上腕 2 0 と患者の身体 1 4 の所定位置 2 2、たとえば患者の胸 2 4 との間の距離および / または角度と、患者の手と前腕との間の角度と、患者の手および腕の前記所定位置に対する速度および / または加速度と、である。患者の身体の 2 つ以上の位置の間の距離、角度および / または動きのパラメータを測定することにより、身体の一部、たとえば手および腕の可動性およびリハビリテーション状態を評価し追跡することができる。

10

【0022】

患者の身体の位置の間の距離を追跡することにより、日常の活動の間に患者の身体 1 4 の部位 1 6 ~ 2 0 の変位の最大値および通常値を計算することができる。これら変位値を使用して、患者の身体に対する、日常使用を含みリハビリテーション治療の有効性を評価することができる。極度の障害の場合、障害のある四肢、たとえば患者の腕 2 6 は、患者の胸 2 4 に近接してかつ移動の量および範囲が制限されて維持されることになる。リハビリテーション過程の結果として、障害のある四肢の移動の量および範囲が時間の経過によって増大することが期待される。

【0023】

図 1 A および図 1 B において、小型デバイス 1 2、すなわち第 1 デバイス 2 8 および第 2 デバイス 3 0 は、それぞれ患者の前腕 1 8 および胸 2 4 に結合される。デバイスのうちの一方または両方を、接着剤および / またはストラップ 3 2 を使用して患者に取り付けることにより、または患者の前腕および / または胸内に埋め込むことにより、患者の身体 1 4 に結合することができる。図 1 A は、患者 3 4 が、第 1 デバイスおよび第 2 デバイスが互いに近い状態となるように、自身の腕 2 6 を自身の胸に近接して保持している状態を示す。このため、図 1 A では、第 1 デバイスと第 2 デバイスとの間の距離 D 1 は比較的短い。図 1 B に示す構成では、患者の腕は自身の胸から離れて配置されており、第 1 デバイスと第 2 デバイスとの間の距離 D 2 は D 1 より大きい。

20

【0024】

異なる時点で第 1 デバイス 2 8 と第 2 デバイス 3 0 との間の距離を測定することにより、患者 3 4 による腕の移動の範囲を測定することができる。距離測定データをデバイスのメモリ (図示せず) に格納し、後にデータの分析のために外部デバイス (後述する) に送信することができる。図 1 A および図 1 B の実施形態では、第 1 デバイスは無線信号の送信機であってもよく、第 2 デバイスは無線信号を検出するように構成される受信機であってもよく、その逆であってもよい。無線信号は、空間における 2 つの地点間を、電線を使用することなく伝播される、検出可能な物理量、たとえば場、たとえば電界または磁界、もしくは波、たとえば音波または超音波である。第 1 デバイスの第 2 デバイスに対する距離および / または方向を測定することにより、患者の腕 2 6 の自身の胸 2 4 に対する位置および方向を計算することが可能である。

30

【0025】

小型デバイス 1 2 の 2 つ以上の対を患者 3 4 に取り付けかつ / または埋め込むことができる。2 つ以上の対のデバイスを含むシステム 3 6 の一実施形態例を図 2 A および図 2 B に示す。そこでは、患者は、自身の身体 1 4 に結合されている (たとえば取り付けられかつ / または埋め込まれている) 複数のデバイス、特に 4 つのデバイス 3 8 ~ 4 4 を有している。この文書で使用する「複数」という用語は 2 つ以上を意味してもよい。

40

【0026】

図 2 A および図 2 B において、第 1 デバイス 3 8 は患者の前腕 1 8 に結合されており、第 2 デバイス 4 0 は患者の上腕 2 0 に結合されており、第 3 デバイス 4 2 は患者の手 1 6 に結合されており、第 4 デバイス 4 4 は患者の胸 2 4 に結合されている。図 2 A および図 2 B に示す実施形態では、第 4 デバイスは送信機であってもよく、第 1 デバイス、第 2 デ

50

バイスおよび第3デバイスは受信機であってもよい。受信機の各々の送信機に対する距離および方向を測定することにより、システム36を使用して、患者の胴に対する患者の手、前腕および上腕の位置、方向および移動を計算することが可能である。

【0027】

別の実施形態では、第1デバイス38、第2デバイス40および第3デバイス42は送信機であり、第4デバイス44は受信機である。この実施形態では、第1デバイス、第2デバイスおよび第3デバイスの各々は、無線信号を一意的周波数で送信する。このため、第1デバイスから出力される無線信号は、第2デバイスおよび第3デバイスから出力される無線信号の周波数とは異なる周波数を有する。第1デバイス、第2デバイスおよび第3デバイスのうちの2つ以上が、それら夫々の無線信号を同時に送信してもよく、または無線信号は異なる時点で送信されてもよい。第4デバイスは、第1デバイス、第2デバイスおよび第3デバイスから出力される無線信号を選択可能な方法で受信するように構成される。このため、第4デバイスを、3つの無線信号のうちの1つのみを受信するように同調させることができる。第1デバイス、第2デバイスおよび第3デバイスのうちの1つから出力される無線信号の周波数に同調させることにより、第4デバイスは、そのデバイスから無線信号を受信することができ、その受信した無線信号を使用して、そのデバイスの第4デバイスに対する位置、方向および/または移動を計算するために使用されるデータを生成することができる。

【0028】

図2Aおよび図2Bの実施形態では、システム36は、3つの受信機および1つの送信機、または3つの送信機および1つの受信機として構成される4つのデバイス12を含むが、さらなる実施形態では、システムは、複数の送信機および複数の受信機を含むことができる、ということが理解されるべきである。他の実施形態では、システムは、送信機および受信機の両方を有するデバイスを含んでもよく、そのため、デバイスはいずれの役割で機能してもよい。

【0029】

図2Aおよび図2Bでは、複数の距離D11~D23が示されており、すなわち図2Aには3つの距離D11~D13が示されており、図2Bには3つの距離D21~D23が示されている。図2Aは、患者の腕26が自身の胴24に近接して配置されているように示されているという点で図1Aに類似している。図2Aでは、第1デバイス38と第4デバイス44との間の距離D11と、第2デバイス40と第4デバイスとの間の距離D12と、第3デバイス42と第4デバイスとの間の距離D13は、患者の腕が自身の胴から離れる方向に伸ばされている図2Bにおける夫々の距離D21、D22およびD23に比較して、相対的に短い。四肢に対する動きの距離を測定するためにデバイス12を使用することに加えて、他の実施形態では、デバイス間の角度の測定を行うことができる。このため、図2Aおよび図2Bに示すシステム36はまた、患者の手首46、肘48および肩50に対する方向測定および動き測定も可能である。

【0030】

さらに図3を参照すると、小型デバイス12の各々は、小型の埋込み可能な電池式ステイミュレータ、たとえば小型の充填式電池54を含むカリフォルニア州サンタ・クラリタのアドバンスド・バイオニクス社(Advanced Bionics Inc. (Santa Clarita, California))製である電池式バイオン(Battery Powered BION) (「BPB」)52であってもよい。各BPBは、概して形状が円柱状であり、径dがおよそ3mmであり高さhがおよそ25mmである。上述したように、これらデバイスを、患者の身体14に埋め込むか、もしくはストラップ32または接着剤、たとえば接着バンドを使用して患者の皮膚56に外部から取り付けることができる(図1Aおよび図2A参照)。また、デバイスを、たとえば時計62、ベルト64またはクリップ65などの、ホルダまたは結合器具60を使用して患者の皮膚上にまたは患者の皮膚の近くに配置される消費者装置58に、埋め込むことも可能である。また、患者の衣服片66が、患者の身体の部位16、18および20の動きに従うように

十分身体に対して密着している場合、その衣服片 6 6 に取り付けられることも可能である。

【0031】

B P B 5 2 の各々を、送信機または受信機として動作するようにプログラムすることができる。特に、各 B P B は、以下を行う能力を有することができる。すなわち、電気刺激を伝達することと、超音波信号を生成することと、生体電位を測定することと、低周波数磁界を送受信することと、外部デバイスとの間で双方向無線周波数（「R F」）テレメトリを送受信すること（後述する）と、である。B P B の実施形態例は、参照により本明細書に援用される、シュルマン（Schulman）J. 他著、「電池式バイオン F E S ネットワーク（Battery Powered B I O N F E S Network）」（2005 - 電子工学、IEEE - E M B S、第 26 回 IEEE E M B C 会議の議事録、第 418 頁、2004 年 9 月（Electronics, IEEE - E M B S, Transaction of 26th IEEE E M B C Meeting, p. 418, September, 2004）において論じられている。

10

【0032】

図 1 A および図 1 B の実施形態では、第 2 デバイス 3 0 が送信機であり、第 1 デバイス 2 8 が受信機である可能性があり、図 2 A および図 2 B では、第 4 デバイス 4 4 が送信機であり、第 1 デバイス 3 8、第 2 デバイス 4 0 および第 3 デバイス 4 2 が夫々受信機である可能性がある。それは、通常、送信機は手 1 6 または腕 2 6 の上または中ではなく胴 2 4 の上または中に配置されるためである。理由は、送信機は通常、低周波数磁界を生成するために使用することができる、受信機より大きい部品および大きい電池 5 4 を含むため、受信機より大きいからである（より詳細に後述する）。

20

【0033】

図 4 は、複数の B P B 5 2、たとえば B P B 1 6 8、B P B 2 7 0、B P B 3 7 2 および B P B 4 7 4 を含む、本発明の一実施形態によるシステム 6 7 のブロック図である。B P B はすべて、患者の身体 1 4 の異なる位置に結合される（たとえば取り付けられかつ／または埋め込まれる）。外部デバイス 7 6、たとえばマスタ制御ユニット（「M C U」）は、埋め込まれた B P B の各々と無線通信、たとえば無線周波数（「R F」）通信 7 8 を維持するように構成される。M C U と B P B との間の通信のために、U H F 帯域を含むさまざまな R F 帯域を使用することができる。

30

【0034】

使用中、M C U 7 6 は、たとえば刺激を開始または停止するためかつ／または刺激パラメータを変更するために、B P B 5 2 にコマンドおよびデータを送信するように構成される。B P B は、M C U にデータ、たとえば状態情報および測定データを返信するように構成される。一実施形態では、図 4 に示すように、B P B 1 6 8 は、B P B 2 7 0 によって検出されかつ測定される、無線信号、たとえば低周波数磁界を生成するように構成される。信号を処理した後、B P B 2 は、その測定の結果を M C U に通信する。M C U は、B P B 2 から通信されるデータに基づいて B P B 2 と B P B 1 との間の距離を計算するように構成される。

【0035】

さらに図 5 を参照すると、さらなる実施形態例のシステムでは、B P B 5 2 は、R F 通信経路以外の通信経路 8 1 を使用して M C U 7 6 と通信するように構成される。たとえば、B P B を包囲する身体組織を通信経路として使用することができる。この実施形態例では、B P B は、R F テレメトリを送信する代りに、または R F テレメトリを送信することに加えて、身体内に変調された低振幅電流を送信することができる送信機として動作している。この例では、M C U は、患者の身体を通して送信された電流を検出し復調するように構成される。M C U を、送信電気信号の受信を容易にするように身体に結合することができる。さらなる実施形態例では、B P B は、変調音波、変調超音波、および／または光信号（たとえば赤外線信号）の通信のために構成される経路 8 1 を使用して M C U と通信するように構成される。

40

【0036】

50

図 1 A および図 1 B ならびに図 2 A および図 2 B の実施形態の場合と同様に、デバイス 1 2 とデバイス 5 2 との間の距離を計算することにより、デバイス間の動きの量および範囲を確定することができる。図 4 および図 5 に示すシステム 6 7 および 8 0 では、デバイス間の計算された距離を、後に分析するために M C U 7 6 に格納することができる。

【 0 0 3 7 】

低周波数磁界測定値から確定される距離および方向

本発明の実施形態では、デバイス 1 2 のうちの 1 つ（たとえば送信機）によって生成され、かつ別のデバイス（たとえば受信機）によって検出される磁界に基づいて、距離および/または方向測定値が確定される。磁界は、たとえば、低周波数磁界、すなわちおよそ 1 0 K H z 未満から数百 K H z までの周波数を有する磁界であってもよい。直交低周波数磁界が利用される場合、送信機に対する受信機の距離および方向を計算することができる。この手法には、通常、送信機と受信機との両方において 3 つの小型直交コイルを使用する必要がある。

【 0 0 3 8 】

送信機および受信機に 3 つの直交コイルを含むシステムの例は、カテーテルの体内ナビゲーションのために使用されるイスラエルのメディカル・ガイダンス・システムズ (M e d i c a l G u i d a n c e S y s t e m s (「 M e d i g u i d e 」) (I s r a e l)) 製のメディカル・ポジショニング・システム (M E D I C A L P O S I T I O N I N G S Y S T E M S である (ストロムマー (S t r o m m e r) およびエイクラー (E i c h l e r) による米国特許第 6 , 2 3 3 , 4 7 6 号明細書を参照) 。メディカル・ポジショニング・システム (M E D I C A L P O S I T I O N I N G S Y S T E M S) では、患者 3 4 が載るベッドに送信コイルが配置され、患者に挿入されるカテーテルの先端に小型受信コイルが埋め込まれる。カテーテルの挿入中、受信コイルを使用して、ベッドの送信コイルに対するカテーテルの位置および方向が検出される。

【 0 0 3 9 】

図 6 は、本発明の一実施形態による、2 つのデバイス 8 3 、すなわち送信機 8 4 および受信機 8 6 を含むシステム 8 2 の図である。図 6 を、低周波数磁界を使用して距離および方向角を確定する場合の、本発明の実施形態の動作原理に関する以下の論考において参照する。本発明の実施形態で使用するデバイスは 3 つの直交コイルを含むことができるが、簡単のために、図 6 は、2 D 空間に限定し、そのため、送信機のための 3 つの直交コイルのうちの 2 つ 8 8 および 9 0 、受信機のための 3 つの直交コイルのうちの 2 つ 9 2 および 9 4 のみを示す。

【 0 0 4 0 】

送信機 8 4 は、発電器 G 1 9 6 に結合され、それによって駆動される送信コイル L t 1 8 8 を含む。L t 1 は、G 1 の出力に比例する磁界 M 1 9 8 を生成する。図 6 において、M 1 の磁界の線を曲線状の破線 1 0 0 として示す。L t 1 によって出力され、受信機 8 6 によって検出される磁界の値は、L t 1 と受信機との間の距離 D と、L t 1 の軸 1 0 4 に対する垂線 1 0 2 と受信機の位置 1 0 6 との間の角度 と、によって決まる。このため、受信機によって検出される M 1 の値は D および の関数である。

【 0 0 4 1 】

磁界 9 8 を検出するように構成される受信機 8 6 は、第 1 受信コイル L r 1 9 2 を含む。磁界は、L r 1 において電圧 V r 1 1 0 8 を誘導する。V r 1 の値は以下のものによって決まる。すなわち、L r 1 のコイル形状（たとえばコイルの長さ、コイルの寸法、コイルの回転数）と、M 1 の強度と、L t 1 の軸 1 0 4 と L r 1 の軸 1 1 0 との間の角度 と、である。以下は、V r 1 1 と示す、G 1 の関数としての V r 1 の数学的表現である。

$V_{r11} = f_{11}(G1, D, \theta)$ ここで、D、 θ および は未知である。

【 0 0 4 2 】

追加のコイル 9 0 および 9 4 を挿入することにより、未知の値を計算することができる。たとえば、送信機 8 4 は、L t 1 8 8 に直交する別の送信コイル L t 2 9 0 を含む

ことができる。また、受信機 86 は、 L_{r1} 92 に直交する別の受信コイル L_{t2} 94 を含むことができる。直交コイル L_{t1} および L_{t2} の対ならびに L_{r1} および L_{r2} の対が小型でありかつ互いに近接して配置されるものとする、計算のすべてにおいて同じ距離 D および同じ角度 θ を使用することができるものと想定することができる。

【0043】

使用中、送信コイル L_{t1} 88 および L_{t2} 90 を、交代で動作させるかまたは異なる周波数で動作させることにより、 L_{r1} 92 および L_{r2} 94 において誘導される電圧を識別することができる。以下は、 G_2 112 によって生成される磁界（図示せず）の関数として受信コイル L_{r1} において誘導される電圧 V_{r12} と、 G_1 96 によって生成される磁界 98 の関数として受信コイル L_{r2} において誘導される電圧 V_{21} と、 G_2 によって生成される磁界の関数として受信コイル L_{r2} において誘導される電圧 V_{22} と、に対する対応する式である。

$$V_{r12} = f_{12}(G_2, D, \theta)$$

$$V_{r21} = f_{21}(G_1, D, \theta)$$

$$V_{r22} = f_{22}(G_2, D, \theta)$$

【0044】

3つの未知の値 D 、 θ 、 ϕ を、 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{21} および V_{22} に対する上記式を使用して計算することができ、それにより L_{t1} および L_{t2} に対する L_{r1} および L_{r2} の相対的な距離および角度がもたらされる。送信機 84 および複数の受信機 86 を含むシステムに対して同様の計算を適用することができ、それにより、複数の距離 D および複数の方向角 θ がもたらされる。

【0045】

当業者は、3Dシナリオにおいて、送信機 84 が第3送信コイル L_{t3} （図示せず）と発電器 G_3 （図示せず）とを含み、受信機 86 が第3受信コイル L_{r3} （図示せず）と誘導電圧 V_{r3} とを含むことを理解するはずである。3Dシナリオにおけるコイル 88 ~ 94 のすべての距離および方向角は、2Dシナリオに対して上述したものと同様に確定される。

【0046】

低周波数磁界測定値から確定される距離

患者の身体 14 の部位 16 ~ 20 および 26、たとえば患者の手 16 または腕 26 の可動性を追跡する場合、移動の距離のみではなく方向も測定する必要がある場合がある。このような場合、図7を参照すると、2つのデバイス 114、すなわち送信コイル 118 を有する送信機 116 と受信コイル 122 を有する受信機 120 との間の距離を測定することにより、患者の身体 14 の部位が移動する距離を測定することが可能である。これは、磁界 126、たとえば送信コイルによって生成される低周波数磁界によって受信コイルに誘導される電圧 124 を測定することによって行うことができる。

【0047】

図7は、低周波数磁界 126 を使用して距離を測定するシステム 128 を示す。本システムは、送信機 116 と、第1受信機 120 および第2受信機 132 を含む複数の受信機 130 と、を含む。第1受信機および第2受信機を、患者の身体 14 の異なる位置に結合することができる。送信機は、送信コイル L_{t1} 118 に電流を供給する低周波数発電器 G_{134} を含む。 L_{t1} は、3次元空間内に広がる磁界を生成する。図7において、磁界の線を曲線状の破線 136 として示す。磁界の大きさは、通常、 L_{t1} から距離の3乗にしたがって低減する。

【0048】

第1受信機 120 は、送信機 116 によって生成される磁界 126 を検出するように構成され、 L_{11} において電圧 V_{11} 124 を誘導する第1受信コイル L_{11} 122 を含む。 V_{11} は、 L_{11} の位置 138 における磁界の大きさと、 L_{11} の物理パラメータ（たとえば L_{11} の長さ、 L_{11} の径、 L_{11} の回転数）と、によって決まる。同様に、第2受信機 132 は、送信機によって生成される磁界を検出するように構成される第2受信コイル L_{21} 14

0を含み、L 2の位置1 4 2における検出磁界は、L 2において電圧V 2 1 4 4を誘導する。

【0 0 4 9】

L 1およびL 2の物理パラメータのすべてを同じに維持することにより、V 1 1 2 4およびV 2 1 4 4の値は、L 1 1 2 2とL t 1 1 8との間の距離D 1と、L 2 1 4 0とL tとの間の距離D 2と、によって夫々決まることになる。V 1をD 1に相関させかつV 2をD 2に相関させることが可能であり、結果として得られた相関を、較正テーブル(calibration table)(図示せず)に形式化する(be formalized)ことができる。V 1とD 1との相関およびV 2とD 2との相関は、受信コイルの位置、たとえばL 1の位置1 3 8またはL 2の位置1 4 2夫々の、L tの軸1 4 8の垂線1 4 6に対する角度である角度 とは略完全に無関係である。

10

【0 0 5 0】

したがって、L t 1 1 8とL 1 1 2 2との間およびL tとL 2 1 4 0との間の複数の距離D 1およびD 2夫々を、夫々V 1 1 2 4およびV 2 1 4 4を測定することによって計算することができる。測定電圧、たとえばV 1およびV 2が角度 と無関係であることに関する想定は、図7においてノッチとして識別される角度1 5 0の狭い範囲に対しては有効ではない、ということが留意されるべきである。図7ではノッチはL tの一端1 5 2のみに示すが、当業者は、L tの反対端1 5 4にもノッチの鏡像が存在することを理解するはずである。試験的に、この技法を使用することにより、1 2 7 K H z 磁界を使用して2 0 c mまでの距離を測定することができるということが実証された。G 1 3 4の送信電力を増大させることにより、より長い距離を測定することができる。

20

【0 0 5 1】

音波測定値または超音波測定値から確定される距離

他の実施形態では、デバイス1 2間の距離を、音波、すなわちおよそ2 0 H zからおよそ2 0 K H zまでの周波数を有する波、または超音波、すなわちおよそ2 0 K H zからおよそ1 0 M H zまでの周波数を有する波の、振幅、位相および/または伝播時間に基づいて測定することができる。再び図1 Aを参照すると、音波および超音波は、送信機3 0から受信機2 8に送信することができるタイプの無線信号である。超音波距離測定デバイスは、バーモント州、ストリート・ブリストルのセニックス・コーポレーション(S e n i x C o r p o r a t i o n (S t . B r i s t o l , V e r m o n t))から販売されている。

30

【0 0 5 2】

図8は、夫々送信機1 5 8と複数の受信機1 6 0との間の複数の距離D 1およびD 2が、音波または超音波1 6 2に基づいて計算される一実施形態のシステム1 5 6を示すブロック図である。送信機は、超音波を発生するように構成され、複数の受信機は、超音波を検出するように構成される。送信機は、発電器G 1 6 4と、Gに結合される超音波トランスデューサT 1 6 6と、を含む。Gは、超音波を生成するTを駆動する。図8では、超音波の波面を曲線状の破線1 6 8として示す。

【0 0 5 3】

図8の実施形態例では、第1受信機1 7 0はT 1 6 6から距離D 1に配置される。第1受信機は、超音波トランスデューサR 1 1 7 2と、前置増幅器(図示せず)と、緩衝器(図示せず)と、R 1に結合される、電圧測定回路1 7 4と、処理回路1 7 6と、を含む。第1受信機において検知される超音波からもたらされる測定電圧V 1を使用してD 1を計算することができる。第2超音波トランスデューサR 2 1 8 0と、増幅器(図示せず)と、緩衝器(図示せず)と、電圧測定回路1 8 2と、処理回路1 8 4と、を含む追加の受信機、たとえば第2受信機1 7 8を、第1受信機の位置1 8 8とは異なる位置1 8 6に配置することができる。図8に示すように、R 2はTから距離D 2離れて配置される。

40

【0 0 5 4】

超音波1 6 2の送受信に基づく距離計算を、超音波トランスデューサ1 7 2および1 8 0によって検出される超音波の振幅、位相および/または遅延の測定値から確定すること

50

ができる。図 9 A 乃至図 9 C に、超音波または超可聴音（「U S」）信号を使用して可能な異なる距離測定を示す（Thease different distance measurement possibilities using ultrasonic, or ultrasound, ("US") signals are shown）。図 9 A は、U S 送信機 1 5 8 と U S 受信機 1 6 0 との間の距離 1 9 2 の関数としての U S 信号の振幅 1 9 0 における減少を示す。U S 信号の振幅は、送信機と受信機との間の距離に反比例する。U S 信号の振幅を測定し、測定した振幅を校正曲線（図示せず）の値と比較することにより、U S 送信機と U S 受信機との間の距離を計算することが可能である。

【 0 0 5 5 】

図 9 B は、U S 送信機 1 5 8 と U S 受信機 1 6 0 との間に存在する可能性のある位相差を示す。および U S 信号 1 6 2 の波長を知ることにより、U S 送信機と U S 受信機との間の距離を計算することが可能である。本発明の実施形態では、初期位相情報、たとえば同期信号 1 9 4 を、U S 送信機により無線周波数（「R F」）チャネル 7 8 を介して U S 受信機に送信することができる。R F 信号は通常超音波信号より 10^6 倍高速に伝播するため、R F 信号は、遅延なく U S 受信機に到達し、そのため、U S 送信機と U S 受信機との間の同期を提供することができる、ということを想定することができる。

【 0 0 5 6 】

図 9 C は、U S 送信機 1 5 8 から出力される U S 信号 1 9 6 と U S 受信機 1 6 0 によって受信される同じ U S 信号 1 9 8 との間の時間の差を示す。図 9 C では、T は U S 送信機による U S 信号の送信時刻と U S 受信機における U S 信号の到達時刻との時間差である。T と U S 信号の伝播速度とを知ることにより、U S 送信機と U S 受信機との間の距離を計算することが可能である。U S 送信機と U S 受信機との間の同期を、位相測定技法のための上述した同期方法に類似する方法で行うことができる。

【 0 0 5 7 】

データ取得

図 1 0 は、本発明の一実施形態によるデータ取得システム 2 0 0 の概略図である。図 1 0 において、電池式距離送信機 T X 2 0 2 は、信号、たとえば低周波数磁界を生成する。T X によって生成される磁界は、複数の電池式距離受信機 R X 1 2 0 4 および R X 2 2 0 6 によって検出され、処理されてデータ化される（processed into data）。複数の電池式距離受信機 R X 1 2 0 4 および R X 2 2 0 6 は、夫々データ送信機 T X 1 2 0 8 および T X 2 2 1 0 に結合され、夫々異なる位置 2 1 2 および 2 1 4 に配置される。

【 0 0 5 8 】

R X 1 2 0 4 および R X 2 2 0 6 におけるデータは、夫々 T X 1 2 0 8 および T X 2 2 1 0 を通して、夫々無線 R F リンクまたは経路 2 1 6 および 2 1 8 を介して外部デバイス 2 2 0 に送信される。外部デバイスは、コンピュータに結合されるデータ受信機 Data R X 2 2 2 を含む。T X 1、T X 2 および Data R X は、既製送受信機（off-the-shelf transceivers）、たとえば n R F 2 4 0 1 A（2.4 GHz 超低出力送受信機）または n R F 9 0 5（433 MHz、868 MHz または 915 MHz で動作可能なマルチバンド送受信機）であってもよく、それらはともにノルウェーのノルディック・セミコンダクター（Nordic Semiconductor（Norway））から提供されている。

【 0 0 5 9 】

データは、Data R X 2 2 2 において受信された後、コンピュータ 2 2 4 に通信され、そこでさらなる処理および/または較正が行われる。また、コンピュータは、データに基づいて、R X 1 2 0 4 と T X 2 0 2 との間の距離 D 1 と、R X 2 2 0 6 と T X との間の距離 D 2 と、を計算するように構成される。さらに、コンピュータは、結果として得られたデータを表示し、データ処理および/または較正を制御し、かつ/またはシステム 2 0 0 の他の構成要素、たとえば T X、R X 1、R X 2、T X 1 2 0 8、T X 2 2 1 0 および Data R X を制御するように構成される。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

アルゴリズム

図 1 1 に、実施形態のシステム 1 0、3 6、6 7、8 0、8 2、1 2 8、1 5 6 および 2 0 0 によってとられるステップを表す例示的なアルゴリズム 2 2 6 を示す。アルゴリズムの開始 (2 2 8) 後、次のステップ 2 3 0 において、身体 1 4 の第 1 位置 2 2 に結合されるように構成され、無線信号 9 8、1 2 6 および 1 6 2 (図 6 乃至図 8 参照) を送信するように構成される、第 1 デバイス 3 0 を提供する。次に、ステップ 2 3 2 において、身体 1 4 の第 2 位置 2 3 4 (図 1 A 参照) に結合されるように構成され、無線信号を検出するように構成される第 2 デバイス 2 8 を提供する。

【0061】

ステップ 2 3 6 において、第 1 デバイスを使用して無線信号を送信する。次に、ステップ 2 3 8 において、第 2 デバイスを使用して無線信号を検出する。ステップ 2 4 0 において、第 2 デバイスによって検出される無線信号に基づいて、第 1 デバイスと第 2 デバイスとの間の距離 D_1 を計算する。ステップ 2 4 1 において、第 1 デバイスと第 2 デバイスとの間の距離を使用して、身体 1 4 に対するリハビリテーション治療の効果を特徴付ける。

【0062】

次に、ステップ 2 4 2 において、第 2 デバイス 2 8 と通信するように構成される外部デバイス 7 6、2 2 0 (図 4 および図 1 0 参照) を提供する。ステップ 2 4 4 において、第 2 デバイスを使用して、検出された無線信号 9 8、1 2 6 および 1 6 2 に基づいてデータを生成する。次に、ステップ 2 4 6 において、第 2 デバイスを使用して外部デバイスに該データを通信する。ステップ 2 4 8 において、外部デバイスを使用して、該データに基づいて距離 D_1 を計算する。次に、ステップ 2 5 0 において、外部デバイスを使用して、該データに基づいて、第 1 デバイス 3 0 と第 2 デバイスとの間の方向角 (図 6 参照) を計算する。ステップ 2 5 2 において、外部デバイスを使用して、データに基づいて、第 1 デバイスに対する第 2 デバイスの速度および / または加速度を計算する。ステップ 2 5 4 においてアルゴリズムは終了する。

【0063】

データ処理

患者の活動の期間中に蓄積される距離および / または方向データを、外部デバイス 7 6、2 2 0 (たとえばコンピュータ 2 2 4) によってリアルタイムにまたはオフラインで分析することができる。データを処理する種々のアルゴリズムが入手可能である。たとえば、図 1 2 に示すように、患者の手 1 6 と身体 1 4、すなわち胸 2 4 との間の平均距離を計算し提示することができる。図 1 2 は、患者 3 4 が脳卒中になった後の或る期間 2 5 8 に亘る患者の胸 2 4 に対する手の平均移動距離 2 5 6 の変化を示す。特に、図 1 2 は、患者の健康な手に対する平均移動距離の第 1 トレース 2 6 0 と、患者の障害のある手に対する平均移動距離の第 2 トレース 2 6 2 と、を含む。さらに図 7、図 8 および図 1 0 を参照すると、健康な手に結合される第 1 受信機 1 2 0、1 7 0、2 0 4 と、障害のある手に結合される第 2 受信機 1 3 2、1 7 8、2 0 6 と、からのデータに基づいて、第 1 トレースおよび第 2 トレースを外部デバイスによって計算することができる。さらに図 1 A および図 1 B ならびに図 2 A および図 2 B を参照すると、図 1 A および図 1 B ならびに図 2 A および図 2 B の実施形態は、患者の腕 2 6 のうちの 1 つと患者の胸 2 4 とに結合されるデバイス 1 2 のみを示すが、当業者は、本発明の実施形態が、患者の腕の両方と患者の胸 2 4 とに結合されるデバイス群を含むことができる、ということを理解するはずである。

【0064】

図 1 2 において、第 1 トレース 2 6 0 は以下の 3 つの領域を含む。すなわち、健康な手 1 6 の患者の胸 2 4 からの平均初期脳卒中後距離 (average initial post-stroke distance) 2 5 6 である D_{ih} と、リハビリテーション過程中的患者の健康な手の患者の胸 2 4 からの平均日常距離である D_h と、リハビリテーション過程の終了時における患者の健康な手の患者の胸 2 4 からの平均距離である D_{rh} と、である。同様に、第 2 トレース 2 6 2 は、以下の 3 つの領域を含む。すなわち、患者の脳卒中によって影響を受けた手の患者の胸 2 4 からの平均初期脳卒中後距離である D_{is} と、リハビリテーション過程中的患者の脳卒中によ

10

20

30

40

50

って影響を受けた手の患者の胸からの平均距離である D_s と、リハビリテーション過程の終了時における患者の脳卒中によって影響を受けた手と胸との間の距離である D_{rs} と、である。

【0065】

したがって、図12は、健康な手と比較して脳卒中によって影響を受けた手16に対する脳卒中後回復を示す。最初に、第1トレース260の D_{ih} 領域では、健康な手は障害のある手の障害を補償するように示される。すなわち、健康な手は、リハビリテーション治療中またはその完了時より高い平均距離256を有する。リハビリテーション治療中、健康な手の患者の胸24からの活動（平均距離）は、第1トレースの D_h 領域および D_{rh} 領域に示すように低減する。日常活動が、両手の患者の胸からの平均距離に影響を与える可能性がある。たとえば、歩行または物理的な作業が、手の胸からの平均距離を増大させる可能性があり、日常作業が低いほど、両手の胸からの平均距離が低減する。

10

【0066】

図12において、比 D_s / D_{is} を、脳卒中によって影響を受けた手16の可動性（たとえば平均距離256）についての初期脳卒中状態と比較した場合の向上を示すリハビリテーション指標として使用することができる。使用することができる別の基準は比 D_s / D_h であり、それは、リハビリテーション治療中の脳卒中によって影響を受けた手と健康な手との可動性の比である。リハビリテーションが完了するほど、 D_s / D_h は高くなり1に近づくようになる。健康な被験者34であっても、左手と右手との差があるため、 D_s / D_h は決して1にならない可能性が高い。また、比 D_h / D_{ih} は、患者の健康な手に対するリハビリテーションの影響を示すことができるため、リハビリテーション指標として考慮することも可能である。最後に、上述した比の組合せを、リハビリテーション指標として使用することができる。

20

【0067】

計算されたリハビリテーション指標は、手16の位置に影響を与える可能性があるがリハビリテーションには関連しない患者の日常活動、たとえば歩行および物理的作業の実行を補償するための正規化が必要な場合がある。この補償を、たとえば患者の身体14に加速度計または万歩計を取り付けることにより、患者の一般的な身体活動を測定することによって行うことができる。そして、計算された身体活動を使用して、結果として得られるリハビリテーション指標値が変更される。

30

【0068】

以下は、四肢の可動性、たとえば以下の論考では手の可動性を特徴付けるために使用することができるパラメータの追加の例である。すなわち、必ずしも24時間サイクルでなくてもよい任意の期間に計算することができる手16と胸24との間の距離256の平均と、実際の手の移動を示しかつ任意の静的な手の変位（static hand displacement）を補償する、手と胸との間の平均距離の標準偏差と、距離または角度の事前定義された閾値を超える、胸から離れる方への手の移動の回数（the number of movements of the hand away from the torso）と、分、時または日毎の手の移動の回数と、たとえば平均速度パラメータおよび速度パラメータの標準偏差を含む、手の移動に関する速度パラメータと、たとえば平均加速度パラメータおよび加速度パラメータの標準偏差を含む、手の移動に関する加速度パラメータと、他の運動学的パラメータおよび静的パラメータと、である。

40

【0069】

再び図4を参照すると、さまざまな追加のデバイス264を使用して、四肢16～20および26の移動に関するパラメータを取得することができる、ということが留意されるべきである。デバイス例には以下がある。距離センサ（たとえば磁気センサ、超音波センサ）と、角度センサ（たとえばゴニオメータ）と、加速度センサおよび/または振動センサ（たとえばマサチューセッツ州ノーウッドのアナログ・デバイスズ（Analog Devices (Norwood, Massachusetts)）による微小電子機械システム（「MEMS」）加速度センサADXL103、または同様にアナログ・デバイスズ（Analog Devices）によるMEMSジャイロスコープADIS1610

50

0 と、たとえばコンピュータ認識アルゴリズムを容易にするために、四肢または特別な色付き衣服に特別なマーカを取り付けることによる、ビデオカメラおよび後の画像処理を使用する四肢および他の身体の位置の計算と、である。リハビリテーション指標は、上述したパラメータまたはそれらの組合せのうちのいくつかと、追加の運動学的 / 静的パラメータと、に基づいてもよい。

【 0 0 7 0 】

本発明の上述した説明は、例示の目的のために提供されたものであり、網羅的であるようにもまたは発明を開示した特定の実施形態に限定するようにも意図されていない。実施形態は、本発明の重要な特徴を実現するために使用される構成に応じて、異なる能力および利益を提供することができる。特に、本発明の実施形態において、種々のタイプの距離、角度、位置および加速度測定装置、データチャネルおよびデータ処理を使用することができる。また、再び図 1 A、図 2 A、図 4 乃至図 8 および図 1 0 を参照すると、実施形態において使用されるデバイス 1 2、たとえば送信機 3 0、4 4、6 8、8 4、1 1 6、1 5 8 および 2 0 2、ならびに受信機 2 8、3 8 ~ 4 2、7 0 ~ 7 4、8 6、1 2 0、1 3 2、1 7 0、1 7 8、2 0 4 および 2 0 6 を、手 1 6、前腕 1 8、上腕 2 0 および胴 2 4 以外の身体の種々の部位に取り付けかつ / または埋め込むことができる。このため、本発明の範囲は、腕 / 手のリハビリテーション評価には限定されず、身体の他の部位に、かつリハビリテーション用途以外の他の用途まで拡張することができる。さらに、上記論考は、さまざまな人間の身体の部位の距離および方向を測定するために本発明を使用することに焦点を当てたが、本発明を、人間以外の身体、たとえば人間以外の動物の部位の距離および方向を測定するために使用することができる。したがって、本発明の範囲は特許請求の範囲によってのみ定義される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 1 】

図面の簡単な説明

【 図 1 A 】患者の胴に対する患者の腕および手の移動の範囲をモニタするように構成される、本発明の一実施形態によるシステムの図である。

【 図 1 B 】患者の胴に対する患者の腕および手の移動の範囲をモニタするように構成される、本発明の一実施形態によるシステムの図である。

【 図 2 A 】患者の胴に対する患者の腕および手の移動の範囲をモニタするように構成される、本発明の一実施形態による別のシステムの図である。

【 図 2 B 】患者の胴に対する患者の腕および手の移動の範囲をモニタするように構成される、本発明の一実施形態による別のシステムの図である。

【 図 3 】電池式小型スティミュレータの斜視図である。

【 図 4 】電池式小型スティミュレータを含む本発明の一実施形態によるシステムのブロック図である。

【 図 5 】電池式小型スティミュレータを含む本発明の一実施形態による別のシステムのブロック図である。

【 図 6 】送信機と受信機との間の距離および方向を測定するように構成される、本発明の一実施形態によるシステムの図である。

【 図 7 】送信機と受信機との間の距離を測定するように構成される、本発明の一実施形態によるシステムの図である。

【 図 8 】超音波送信機と超音波受信機との間の距離を測定するように構成される、本発明の一実施形態によるシステムの図である。

【 図 9 A 】超音波信号に対する信号振幅を含む信号特性の図である。

【 図 9 B 】超音波信号に対する位相差を含む信号特性の図である。

【 図 9 C 】超音波信号に対する到達時間差を含む信号特性の図である。

【 図 1 0 】本発明の一実施形態によるデータ取得システムの概略図である。

【 図 1 1 】本発明による例示的なアルゴリズムのフローチャートである。

【 図 1 2 】時間の関数としての患者の健康な手と患者の胴との間の日常平均距離と、時間

10

20

30

40

50

の関数としての患者の脳卒中によって影響を受けた手と患者の胸との間の日常平均距離と、
のグラフである。

【図 1 A】

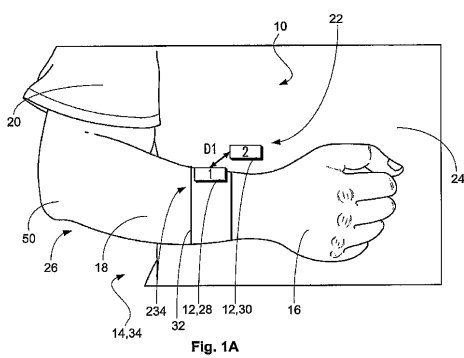


Fig. 1A

【図 2 A】

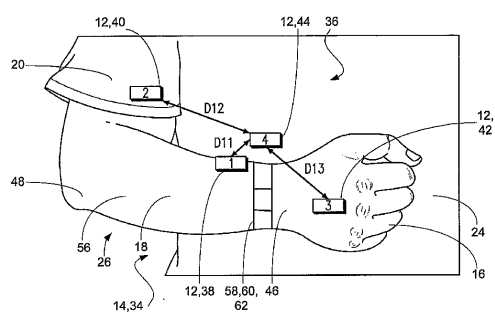


Fig. 2A

【図 1 B】

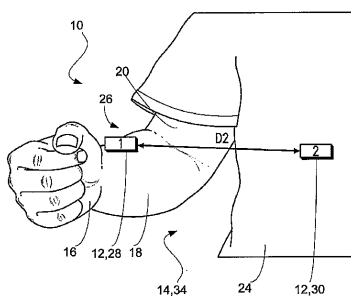


Fig. 1B

【図 2 B】

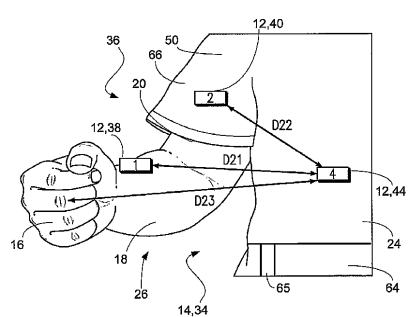
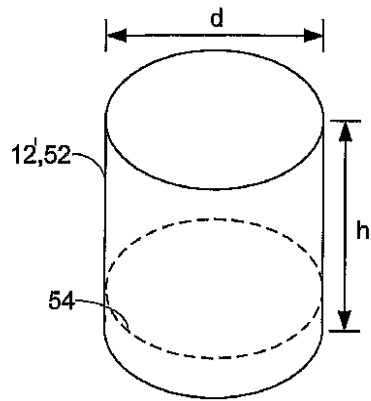


Fig. 2B

【 図 3 】



【 図 4 】

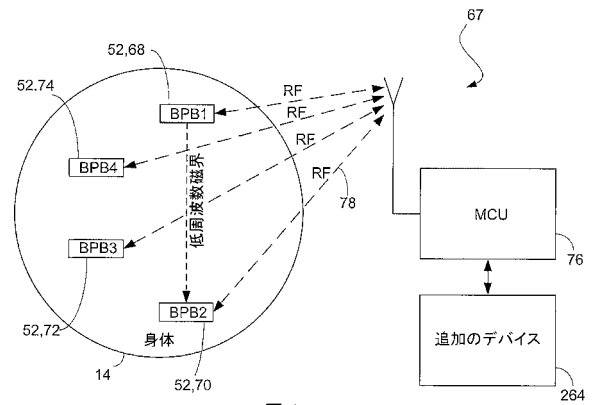


图 4

【 図 5 】

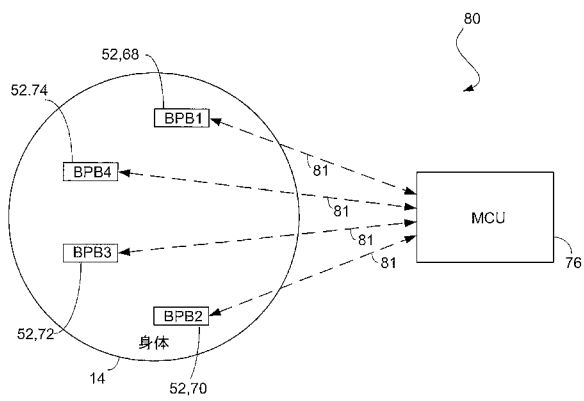


图 5

【 図 6 】

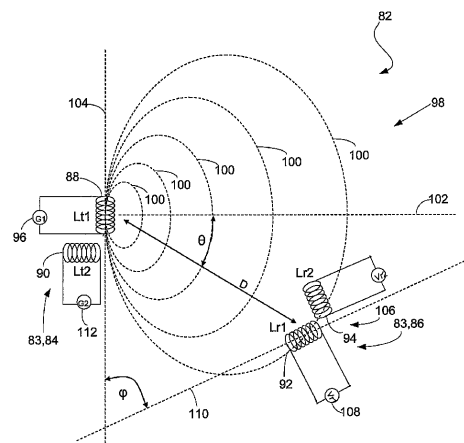


Fig. 6

【図 7】

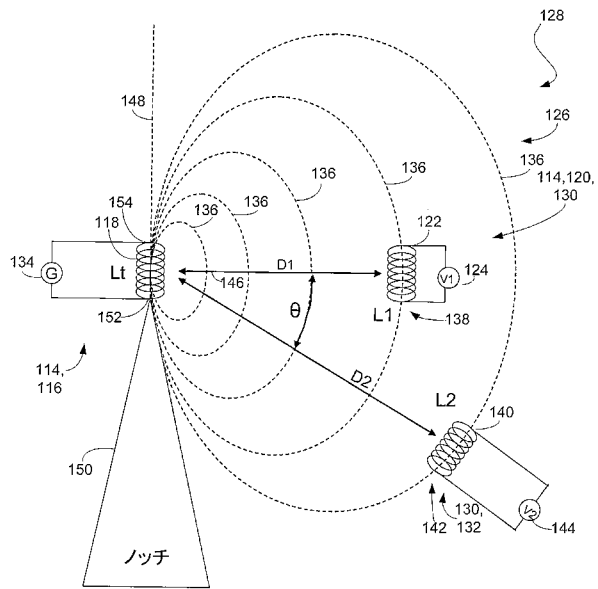


図 7

【図 8】

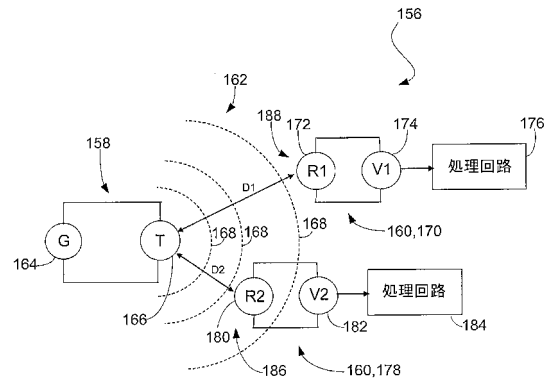


図 8

【図 9 A】

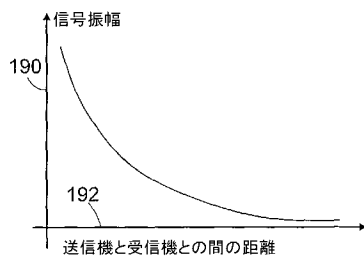


図 9A

【図 9 B】

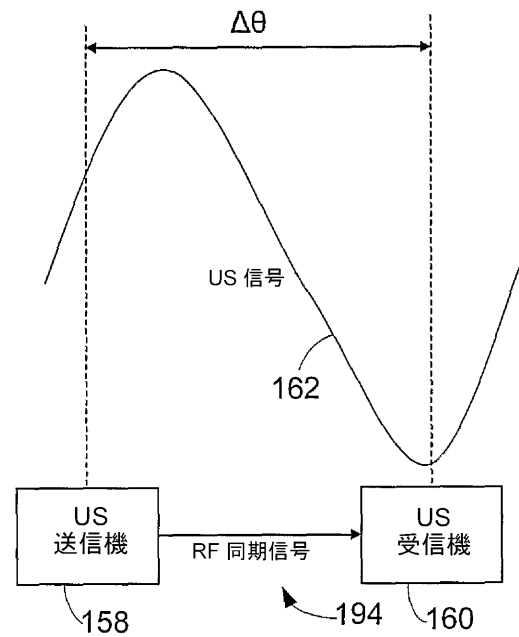
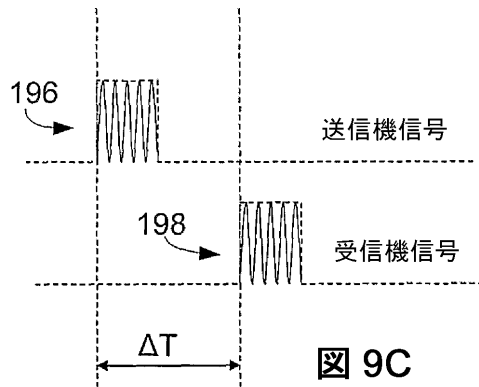
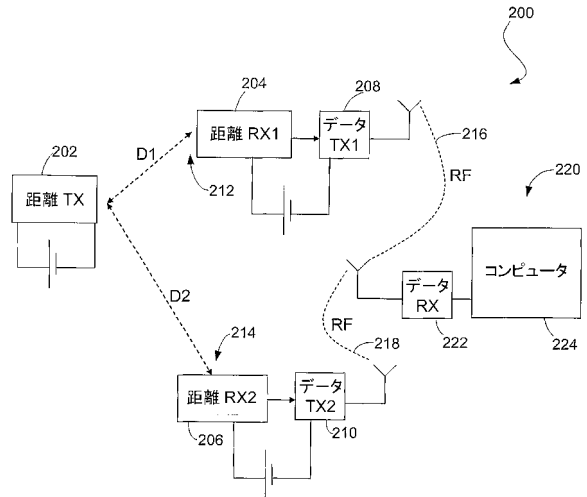


図 9B

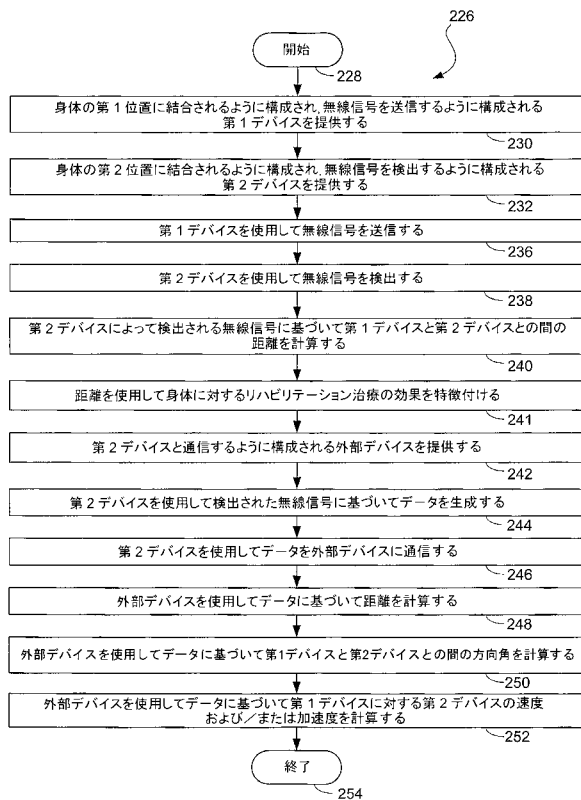
【図 9 C】



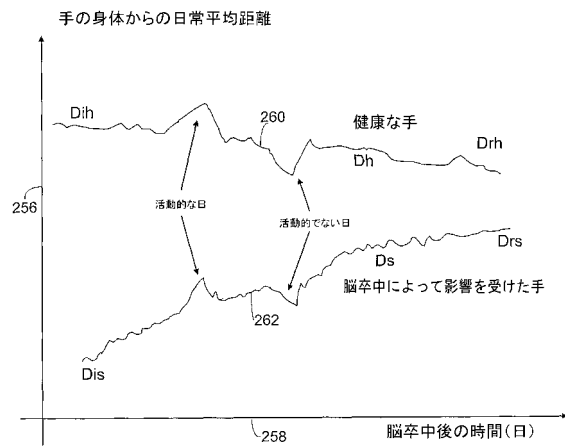
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2006/014455

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. A61B5/11 ADD. A61B5/00 A61B5/103 | | |
|--|--|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, BIOSIS, INSPEC | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | EP 1 508 302 A (ALFRED E. MANN FOUNDATION FOR SCIENTIFIC RESEARCH) 23 February 2005 (2005-02-23) figures 1-3 paragraphs [0001], [0005] - [0008], [0011] - [0017], [0020] | 1,5,6, 9-17,19, 23-25 |
| X A | US 2004/011366 A1 (SCHULMAN JOSEPH H ET AL) 22 January 2004 (2004-01-22) paragraphs [0031] - [0033], [0041] - [0043], [0073], [0079] figures 1,2,3a ----- -/- | 1,9-14, 23 18 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 31 July 2006 | | Date of mailing of the international search report 08/08/2006 |
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Authorized officer Kronberger, R |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2006/014455

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|--|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | US 6 261 247 B1 (ISHIKAWA AKIRA ET AL) 17 July 2001 (2001-07-17) column 4, line 43 - column 5, line 53 column 6, lines 7-32 column 9, lines 5-51 column 10, line 19 - column 11, line 41 column 16, lines 57-65 column 19, line 35 - column 20, line 24 | 1-5,7-9, 12-16, 20,21, 23,24,26 |
| Y | column 20, lines 25-45 | 22 |
| Y | LEVIN MINDY F: "Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis" BRAIN, vol. 119, no. 1, 1996, pages 281-293, XP008067208 ISSN: 0006-8950 abstract | 22 |
| A | CONNIE J FENG ET AL: "Three-Dimensional Motion Analysis of the Voluntary Elbow Movement in Subjects with Spasticity" IEEE TRANSACTIONS ON REHABILITATION ENGINEERING, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 5, no. 3, September 1997 (1997-09), XP011053864 ISSN: 1063-6528 figure 3 | 8,21,26 |
| X | DE 198 30 359 A1 (ZWOSTA, HELGE) 20 January 2000 (2000-01-20) page 2, lines 3-10 Sections 1.2, 1.4, 3.2.2 page 7, line 33 - page 9, line 41 page 10, line 37 - page 11, line 22 figures 3,4,3a,7 | 1,15,18, 23 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2006/014455

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 1508302 | A | 23-02-2005 | NONE | |
| US 2004011366 | A1 | 22-01-2004 | NONE | |
| US 6261247 | B1 | 17-07-2001 | NONE | |
| DE 19830359 | A1 | 20-01-2000 | NONE | |

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. 万歩計

(72)発明者 ジルバーマン, イツハク

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 1 3 5 5, サンタ クラリタ, ライ キャニオン ループ
2 5 1 3 4

Fターム(参考) 4C038 VA04 VB01 VC20