

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-224771

(P2011-224771A)

(43) 公開日 平成23年11月10日(2011.11.10)

(51) Int.Cl.

B25J 15/08 (2006.01)
G01L 25/00 (2006.01)
B25J 19/02 (2006.01)
G01L 5/16 (2006.01)

F 1

B 25 J 15/08
G 01 L 25/00
B 25 J 19/02
G 01 L 5/16

W

B

テーマコード(参考)

2 F 0 5 1

3 C 0 0 7

審査請求 有 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-37173 (P2011-37173)
(22) 出願日 平成23年2月23日 (2011.2.23)
(31) 優先権主張番号 12/760, 954
(32) 優先日 平成22年4月15日 (2010.4.15)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 505212049
ジーエム・グローバル・テクノロジー・オペレーションズ・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国ミシガン州48265-3000, デトロイト, ルネッサンス・センター 300

最終頁に続く

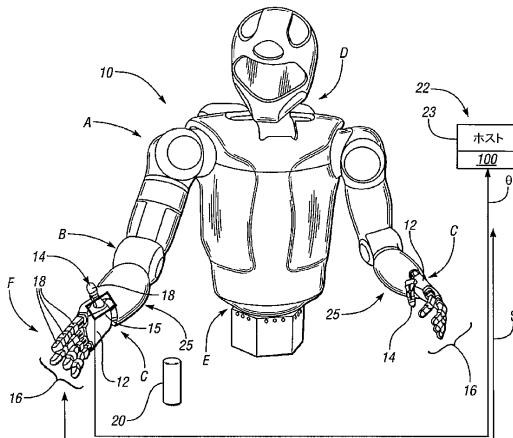
(54) 【発明の名称】 器用なロボットの多軸ロードセルを較正する方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ロボットハンド内のロードセルを自動較正すること。

【解決手段】 ロボットジョイントA, B, C, D, E, Fと、対応するジョイントの1つにおいてジョイント角度を測定するように構成された角度センサ15と、ロボット10の所定の姿勢の間に、ロードセル18の対応する1つに付与されるひずみ値のセットを測定するためのロードセルと、を備える。ホストマシン32は、ロードセルおよび角度センサに電気的に接続され、所定の姿勢の間にジョイント角度値およびひずみ値を受け取る。ロボットは、ロードセルの係合ペアを互いに圧して所定の姿勢を形成する。ホストマシンは、ジョイント角度およびひずみ値を処理するアルゴリズムを実行し、力バランス方程式内の誤差を最小化する全ての較正マトリックスのセットから、予め特定された値に最も近い較正マトリックスのセットを選択する。また、アルゴリズムを介してロードセルを較正する方法が提供される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ロボットシステムであって、前記ロボットシステムは、複数のロボットジョイントを備える器用なロボットと、対応する1つのロボットジョイントにおいてジョイント角度値を測定するようにそれぞれ構成される複数の角度センサと、

前記ロボットの所定の姿勢の間に對応する1つのロードセルに付与される少なくとも1つのひずみ値を測定するようにそれぞれ構成された複数のロードセルと、

前記ロードセルの各々および前記角度センサの各々に電気的に接続されたホストマシンと、を有し、前記ホストマシンは、所定の姿勢の間に、前記角度センサからジョイント角度を受け取り、且つ、前記ロードセルの各々から少なくとも1つのひずみ値を受け取るよう10に較正され、

前記ロボットは、所定の姿勢を形成するように前記ロードセルの係合ペアを互いに圧すように構成され、前記ホストマシンは、ジョイント角度値およびおひずみ値を処理して、較正マトリックスセットを決定するように構成され、また、前記較正マトリックスセットから、予め特定される値に最も近い値の較正マトリックスを決定するように構成される、ロボットシステム。

【請求項 2】

請求項1に記載のロボットシステムであって、さらに、対向する親指および指を備える擬人化したロボットハンドを有し、前記ロードセルの少なくとも1つは、前記親指および前記指の各々に配置される、ロボットシステム。

【請求項 3】

請求項1に記載のロボットシステムであって、前記ホストマシンは、係合ペアのロードセルの各々の較正マトリックスセットを計算することにより、力・バランス方程式のセット内の誤差を最小化するように構成される、ロボットシステム。

【請求項 4】

請求項3に記載のロボットシステムであって、前記ホストマシンは、最小二乗法を用いて誤差を最小化する、ロボットシステム。

【請求項 5】

請求項1に記載のロボットシステムであって、前記ホストマシンは、前記係合ペアに対応するジョイント角度を用いて、係合ペアの参照の共通フレームを決定するように構成される、ロボットシステム。

【請求項 6】

請求項1に記載のロボットシステムであって、前記ロボットは、連續的に異なる所定の姿勢を実行するように構成され、前記ホストマシンは、前記異なる所定の姿勢で用いられる各係合ロードセルの較正マトリックスを計算するように構成される、ロボットシステム。

【請求項 7】

請求項6に記載のロボットシステムであって、前記複数のロードセルから分離された、予め較正されたロードセルを含み、前記ロボットは、前記異なる所定の姿勢の1つを形成するように、前記ロードセルの1つを前記予め較正されたロードセルに接触させるように構成される、ロボットシステム。

【請求項 8】

ロボットシステム内で用いるホストマシンであって、前記ロボットシステムは、複数のロボットジョイントと、対応するロボットジョイントの1つにおいてジョイント角度値をそれぞれ測定するように構成された複数の角度センサと、所定のロボットの姿勢の間にひずみ値のセットをそれぞれ測定するように構成された複数のロードセルと、を備える器用なロボットを含み、前記ロボットは、前記所定の姿勢を形成するようにロードセルの係合ペアを互いに圧すように構成され、前記ホストマシンは、

前記ロードセルの各々および前記角度センサの各々に電気的に接続されるハードウェア

モジュールを有し、前記ハードウェアモジュールは、前記所定の姿勢の間に、前記角度センサからジョイント角度値を、および、前記ロードセルからひずみ値を受け取り、

前記ホストマシンは、前記角度センサからのジョイント角度値および前記ロードセルからのひずみ値を用いて前記ロードセルを構成するためのアルゴリズムを有し、

前記アルゴリズムは、前記所定の姿勢の間に、前記角度センサからジョイント角度値を、および前記ロードセルからひずみ値を測定し、前記ジョイント角度値および前記ひずみ値を、前記ホストマシンを介して処理して較正マトリックスセットを決定し、

前記較正マトリックスセットから予め特定された値に最も近い値の較正マトリックスを決定する、ように構成される、ホストマシン。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のホストマシンであって、前記ホストマシンは、前記係合ペアの各々のロードセルの較正マトリックスのペアを計算することにより、力 - バランス方程式のセット内の誤差を最小化するように構成される、ホストマシン。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のホストマシンであって、前記ホストマシンは、最小二乗法を用いて前記誤差を最小化する、ホストマシン。

【請求項 11】

請求項 8 に記載のホストマシンであって、前記ホストマシンは、対応する係合ペアのジョイント角度を用いて、前記係合ペアの参照の共通フレームを決定するように構成される、ホストマシン。

【請求項 12】

請求項 8 に記載のホストマシンであって、前記ロボットは、連続して異なる所定の姿勢を実行するように構成され、前記ホストマシンは、前記異なる所定の姿勢で用いられるロードセルの係合ペアの各々の較正マトリックスを計算するように構成される、ホストマシン。

【請求項 13】

複数のロボットジョイントと、前記ロボットジョイントの対応する 1 つにおいてジョイント角度値を測定するようにそれぞれ構成される複数の角度センサと、前記ロボットの所定の姿勢の間に、対応するロードセルの 1 つに付与されるひずみ値のセットをそれぞれ測定するように構成される複数のロードセルと、を備える器用なロボット内のロードセルを較正する方法であって、前記方法は、

前記所定の姿勢を形成するように前記ロードセルの係合ペアを互いに圧すステップと、

前記所定の姿勢の間に、前記角度センサからジョイント角度値を、前記ロードセルからひずみ値を、測定するステップと、

前記ジョイント角度値および前記ひずみ値をホストマシンを介して処理して較正マトリックスセットを決定するステップと、

前記較正マトリックスセットから、予め特定された値に最も近い値である較正マトリックスを決定するステップと、を有する、方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法であって、前記ロボットは、それぞれが前記ロードセルの 1 つを備える親指および指を含み、ロードセルの係合ペアを互いに圧すステップは、前記指および前記親指のそれぞれのロードセルを互いに圧すステップを有する、方法。

【請求項 15】

請求項 13 に記載の方法であって、さらに、前記係合ペアの各ロードセルの較正マトリックスセットを計算することで、力 - バランス方程式のセット内の誤差を最小化するステップを有する、方法。

【請求項 16】

請求項 13 に記載の方法であって、さらに、前記係合ペアに対応するジョイント角度値を用いて、前記係合ペアの参照の共通フレームを決定するステップを有する、方法。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

請求項 1 3 に記載の方法であって、さらに、
連続して異なる所定の姿勢を実行するステップと、
前記異なる所定の姿勢で用いられる前記係合ペアの各ロードセルの較正マトリックスを
計算するステップと、を有する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本発明は N A S A 、 Space Act Agreement number SAA-AT-07-003 による政府の支
援のもとでなされた。政府は本発明において一定の権利を有することがある。

[0002]本発明は、器用なロボットにより使用されるタイプのひずみセンサまたはロード
セルの較正に関する。 10

【背景技術】

【0002】

[0003]ロボットは、一連のリンクエージを用いて物体を把持し操作することができ、リンク
エージは、1つまたはそれ以上のロボットジョイントを介して相互接続される。エンドエ
フェクタは、手でたとえば作業道具または他の物体を把持するなどの与えられた課題を実
行するのに用いられる特定のリンクエージである。人間型ロボットは、ほぼ人間の構造お
よび外観を備える器用なタイプのロボットであり、全身体、半身、手、または他の付属物な
どを備える。器用なロボットの構造的な複雑さは、命令される作業課題の複雑さに依存す
る。 20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

[0004]器用なロボットにより実行され得る作業課題の幅の広さにより、正確且つ信頼で
きるように物体を操作できるようにするために、接触の複雑な検知がしばしば必要になる
。小型のひずみセンサまたは多軸ロードセルは、たとえば同一または異なるロボットハ
ンドの指 (fingers) および / または親指 (thumb) の間などの様々な接触表面において、また
はそれに沿って線形力の測定に適用できる 1 つの可能なセンサのタイプである。

【課題を解決するための手段】

【0004】 30

[0005]器用なロボット上で使用される多軸ロードセルの内部較正が可能な方法および装
置が提供される。すなわち、ロードセルがロボットの構造内に統合されたままでロード
セルの較正ができる。それゆえ、外部構成ジグの使用に頼らずに較正できる。一実施形態
において、ロードセルは、器用なロボットの擬人化したハンドの異なる接触表面に統合さ
れる。ロボットは、ロードセルの係合ペアが、様々なロボット姿勢で自動的に圧されまた
は互いに接触するように制御され、ロードセルの各係合ペア上に付与される任意の力が等
しく反対方向になるように拘束される。

【0005】

[0006]本方法を用いることで、ロボットは、上述のように外部の較正ジグを用いずに必
要に応じて様々なロードセルを自己較正できる。外部の較正ジグは、当業界で知られたタ
イプの構造であり、ひずみがオフラインで測定されて較正された付与力およびトルクと比
較される。ロボットに取り付けられたままロボット内部の 6 軸ロードセルを較正するには
困難であることがあるが、ロードセルのひずみ測定構造の機械的な変化により較正が時間
とともに変化することがあるので、しばしば較正が必要となることがある。これは特に、
小型のロードセルの場合に当てはまる。それゆえ、擬人化した指 (fingers) および対向
する親指 (thumb) を備えるロボットハンドにおいて、本発明の技術は、単にロードセル
を互いに圧しまたは接触させ、本明細書で説明されるひずみ測定およびジョイント角度測
定を行うことで、指先 / 親指先に配置される複数のロードセルおよびハンドの近接する節
部の内部較正をいつでも可能にする。 40

【0006】 50

[0007]特に、ロボットシステムは、複数のロボットジョイント、それぞれが対応する1つのロボットジョイントのジョイント角度を測定する複数の角度センサ、複数の多軸ロードセル、およびホストマシンを含む。複数の多軸ロードセルは、ロボットの予め決定された姿勢の間に対応する1つのロードセルに付与されるひずみ値を測定する。ホストマシンは、各ロードセルおよび角度センサに電気的に接続され、また、角度センサからジョイント角度を受け取り、所定の姿勢の間にロードセルからのひずみ値のセットを受け取るように構成される。ロボットは、所定の姿勢の間に選択されたロードセルのペアを圧すように構成される。ホストマシンは、ジョイント角度およびひずみ値を処理して、較正マトリックスセットを決定し、較正マトリックスセットから、予め特定される値に最も近い値の較正マトリックスを決定するように構成される。予め特定される値は、たとえば、ロードセルの設計の工学解析から期待される値、最近の較正動作により見つかる較正マトリックスなどである。

10

【0007】

[0008]ホストマシンは、各ロードセルおよび各角度センサに電気的に接続されるハードウェアモジュールを含む。ホストマシンは、角度センサからジョイント角度を受け取るように構成され、また、所定の姿勢の間にロードセルからひずみ値を受け取るように構成される。また、ホストマシンは、角度センサからのジョイント角度値およびロードセルからのひずみ値を用いてロードセルを較正するアルゴリズムを含む。

20

【0008】

[0009]複数のロボットジョイントを備える器用なロボットのロードセルを較正するための方法は、所定の姿勢を形成するように係合するロードセルのペアを互いに圧すステップと、所定の姿勢の間に、角度センサからジョイント角度を、およびロードセルからひずみ値を測定するステップと、ホストマシンを介してジョイント角度およびひずみ値を処理して、較正マトリックスのセットを決定するステップと、前述の予め特定される初期値に最も近い較正マトリックスを決定するステップと、を有する。

20

【0009】

[0010]本発明の上述の特徴・利点および他の特徴・利点は、以下の発明を実施する最良の形態の詳細な説明を添付図面とともに参照することでおのずと明らかになるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本明細書で説明される方法により較正され得る多軸ロードセルを備える器用なロボットの概略斜視図である。

30

【図2】図1に示されるロボットの下ロボットアームアセンブリの斜視図である。

【図3】多軸ロードセルの係合ペアの間の制御された接触を示す概略図である。

【図4】図1に示されるロボットの多軸ロードセルを較正する方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

[0015]図面を参照すると、いくつかの図を通じて類似の符号は同一または類似の要素を示している。図1は、1つまたはそれ以上の自動化される課題を実行するように構成される器用なロボット10を示す。ロボット10は、独立しておよび/または互いに従属して動作することができるモーター駆動ロボットジョイントを備えるように構成され、これは限定するわけではないが肩ジョイントのようなものであり、その位置が矢印Aで示されている。ロボット10は、肘ジョイント(矢印B)、手首ジョイント(矢印C)、首ジョイント(矢印D)、腰ジョイント(矢印E)、および指ジョイント(矢印F)を含むことができる。各々のジョイントは、ジョイント角()を測定するように構成される1つまたはそれ以上のジョイント角度センサ15を含み、これらの角度測定値をホストマシン(ホスト)22に伝達し、以下で説明するセンサ較正アルゴリズム100を介して処理する。

40

【0012】

[0016]ロボット10は、1つまたはそれ以上の擬人化したハンド12を備える下アーム

50

アセンブリ 25 を含む。各ハンド 12 は、対向する親指 14 (thumb) および複数の指 16 (fingers) を含み、これは一緒に同一のハンドで物体 20 を把持することができ、または、異なるハンドと協働して物体 20 を把持することができる。親指 14 および指 16 の各々は、以下で説明するように 1 つまたはそれ以上の多軸ロードセル 18 を含み、すなわち、1 つまたはそれ以上のひずみ値を測定して測定値をホストマシン 22 に伝達するように構成されたセンサを含む。

【0013】

[0017] ホストマシン 22 は、ロボット 10 に電気的に接続され、アルゴリズム 100 の実行を通じてロードセル 18 の内部 (in-situ) 較正をするように構成され、すなわち、ロードセルがロボットの構造内に完全に統合されたままの状態で、外部の較正ジグを用いることなくロードセルを較正するように構成される。ホストマシン 22 は、単一または複数のディジタルコンピュータまたはデータ処理デバイスを含むハードウェアモジュール 23 を備えることができ、各々は 1 つまたはそれ以上のマイクロプロセッサまたは中央処理装置 (CPU)、読み専用メモリ (ROM)、およびランダムアクセスメモリ (RAM) を備える。ホストマシン 22 は、十分な容量の消去可能な電気的プログラム可能な読み専用メモリ (EEPROM)、高速クロック、アナログ - デジタル (A/D) 回路、デジタル - アナログ (D/A) 回路、および必要な任意の入 / 出力 (I/O) 回路および装置、信号調節およびバッファ機器を備える。ホストマシン 22 内に存在するまたは容易にアクセス可能な個別のアルゴリズムは、アルゴリズム 100 を含み、必要な機能性を提供する要求に応じてハードウェアモジュール 23 により自動的に実行されるようにすることができる。

10

20

30

40

【0014】

[0018] 図 2 を参照すると、下アームアセンブリ 25 がより詳細に示されており、親指 14 および指 16 を含むハンド 12 を備える。親指 14 および指 16 は、制御要素 17 を介して単独でまたは組み合わせて移動することができ、制御要素 17 は図示のように下アームアセンブリ 25 内に埋め込まれる。ハンド 12 は手のひら 36 を画定するベース構造 34 を含む。親指 14 および指 16 は、ベース構造 34 に可動に取り付けられ、たとえば図 1 に示される物体 20 を把持するために、手のひら 36 に向かって選択的に曲がるように構成される。親指 14 および指 16 は、それぞれ、ジョイント (矢印 F) に接続されるセグメントまたは指骨部 30 を含み、これらはモーター等のようなジョイントアクチュエータを介して選択的に動力供給される。

【0015】

[0019] 多軸ロードセル 18 は、親指 14 および指 16 のそれぞれの指骨部 30 に接続および統合される。ロードセル 18 は、ひずみデータを読みおよび図 1 のホストマシン 22 に伝達できるように構成される。ひずみデータは、最終的には以下で説明される力 (f) を決定するために処理される。各ロードセル 18 は、少なくとも 1 つのひずみ値を読む必要があり、一般的には、3 つの力成分を決定するために 3 つまたはそれ以上のひずみ値が測定される。一実施形態において、各ロードセル 18 は、同時に 8 つの異なるひずみを測定するが、本発明の意図する範囲から逸脱することなく他のひずみ値を用いることができる。明瞭さのために図示しないが、様々なロードセル 18 に動力供給するために、小型の電子機器をハンド 12 内に設けてもよく、たとえば、必要に応じて、アナログセンサデータを収集し、アナログ信号をデジタル信号に変換し、デジタル信号を多重送信し、およびデータを相互伝達する。

40

【0016】

[0020] 図 3 を参照すると、多軸ロードセル 18 A, 18 B の係合ペアが概略的に示されている。係合ペア 40 は、共通のハンド 12 であるか異なるハンドであるかに関わらず、2 つの指 16 の指先で位置決めされ、または、親指 14 の指先で位置決めされる。ロードセル 18 は、ロードセル 18 A, 18 B を互いに異なる姿勢で接触させることにより、また補助的に以下で説明される較正されたロードセル 18 C に接触させることにより、自己較正することができる。当業者に理解されるように、与えられたロードセルは、測定され

50

るひずみ (s) に線形変換または較正マトリックス (K) を乗算することにより、付与される力 (f) を測定するために用いることができる。すなわち $f = K s$ である。この基本的な力方程式は、アルゴリズム 100 を実行するときに、図 1 のロボット 10 上で用いられるロードセル 18 を自己較正するために、ホストマシン 22 により使用される。

【 0 0 1 7 】

[0021] 図 4 を参照して、図 3 の概略図とともにアルゴリズム 100 が説明される。当業者に理解されるように、ロードセルは、ロードセルをホストロボットから取り外し、ロードセルを較正された参考ロードセルを含む外部のジグに取り付けることで、従来のように較正される。較正されるロードセルに付与される様々な力およびトルクは、ジグを通じて較正されたロードセルにより測定される。較正されるロードセルの較正マトリックス (K) は、力およびトルクの出力ができるだけジグの測定に一致するように決定される。ロボットの構造に多数のロードセルが完全に複雑に統合されている高度に複雑な器用なロボットは、従来の外部ジグに基づく技術は実行できないことがある。

10

【 0 0 1 8 】

[0022] それゆえ、アルゴリズム 100 がホストマシン 22 を介して実行され、ロードセルが内蔵されたままで、図 1 および図 2 に示される様々なロードセル 18 の自己較正を可能にする。アルゴリズム 100 は、ステップ 102 で開始し、ここで、図 3 に示される選択されたロードセル 18 A、18 B が、たとえば姿勢 1、姿勢 2 のような一連の異なる姿勢で互いに圧されまたは接触させられ、互いに等しく反対方向の力 (f) が付与される。図 3 において、 f_1^b および f_2^b は、指 B、すなわち第 1 および第 2 の姿勢 (1、2) において位置決めされるロードセル 18 B を備えるハンド 12 の親指 14 または指 16 、により付与される力 (f) を示し、 f_1^a 、 f_2^a はそれぞれ、同一の姿勢における対向する指 B のロードセル 18 A により付与される反対方向の力を示す。

20

【 0 0 1 9 】

[0023] 指 A 上の力は、式 : $f^a = K s^a$ により与えられることが仮定されている。指 A のセンサ較正マトリックス (K) の値は常に同一であるが、指 A が同一の指、すなわち上述した親指 15 または指 16 、に付与される異なる力に対応するセンサの読みは異なる。 K が分かった後、同一の指のセンサからの読み値を用いて、すなわち $f^a = K s^a$ を用いて指 A の力を計算することができる。追加的な外部接触は、全較正結果を改善するために、センサ測定セットに追加することができる測定値を提供する。たとえば、較正されたロードセル、たとえばロードセル 18 C 、および / または知られた重りとの接触は、既知の力を提供し、および / または既知の向きの低摩擦表面との接触は、大きさは分からぬが知られた向きの力を提供する。

30

【 0 0 2 0 】

[0024] ステップ 102 において開始し、図 1 に示されるロボット 1 の構造を参照すると、図 3 の選択されたロードセル 18 A、18 B は、ロボットにより第 1 姿勢で等しく反対方向力で互いに圧される。アルゴリズム 100 はその後ステップ 104 に進む。

【 0 0 2 1 】

[0025] ステップ 104 において、接触する指 A および指 B 、すなわち図 3 に示す係合ペア 40 、のそれぞれのロードセル 18 A、18 B の各姿勢におけるジョイント角度 () およびひずみ (s) が、検出、測定、または他の方法で完全に決定される。ジョイント角度 () は、図 3 の接触するロードセル 18 A、18 B におけるジョイントセンサ 15 により各姿勢において測定され、参照の共通フレームにおいてそれぞれの向きが決定される。ロードセルの位置および向きは、最終的には、ホストマシン 22 を介してこれらの値から決定される。係合ペア 40 のロードセルが異なるハンド 12 上に位置決めされているなら、たとえば左ハンドの指が右ハンドの指に接触しているなら、係合ペアの間の機械的チェーンにおいて全てのジョイント角度が決定されなければならず、すなわち、一方の指から両方のアームを通って他方の指に至り、参照の共通フレーム、たとえば半身 (torso) 、がチェーン内に入るようになる。ステップ 102 で説明した追加的な外部接触とともに、多数の係合ペア 40 が同一のセンサ測定セット内に含まれるようにすることができる

40

50

。センサの読み値 s_i^a 、 s_i^b は、様々な向きまたは姿勢 R_i^a 、 R_i^b において測定される。ここで $i = \text{姿勢 } 1, 2, 3$ 等である。

【0022】

[0026]ステップ106において、ホストマシン22は、妥当な較正マトリックスの空間のための同次の方程式を解く。

【0023】

【数1】

$$0 = \begin{pmatrix} f_1^a \\ f_2^a \\ \vdots \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_1^b \\ f_2^b \\ \vdots \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} R_1^a K s_1^a \\ R_2^a K s_2^a \\ \vdots \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_1^b J s_1^b \\ R_2^b J s_2^b \\ \vdots \end{pmatrix}$$

【0024】

これらのマトリックスにおいて、変数 J は、対向する指 / 親指または指 B の較正マトリックスを示す。 R マトリックスは下符号付きであり、これらの値は係合ペアが移動すると変化することを示している。また、較正マトリックス (K, J) は、この方程式のシステムでは線形に見える。

【0025】

[0027]ステップ106において、ホストマシン22は、上述のカバランスの式内の誤差を最小化する全てのマトリックスペア (K, J) を特徴付ける。例として、最小二乗誤差基準で最小化したセットは、標準線形代数を用いて見つけることができ、たとえば、特異値分解法またはQR分解法である。較正マトリックスの全ての次元は、完全に決定することができるわけではないが、結果として生じる較正は最初の較正に対してより正確となるであろう。

【0026】

[0028]ステップ108において、較正マトリックスは、最初の推定値に最も近いものである。ステップ106からすべての誤差を最小化したペアの中で、ペア (K, J) が選択され、これが最初の推定に最も近い。「近さ (closeness)」が上述の可能な実施形態による最小二乗センスで計算されるならば、標準的なコンピュータ使用の線形代数が適用される。選択されたペアは、係合ペアのロードセル18A、18Bを較正するのに用いられる。

【0027】

[0029]上述したように、ロードセル18A、18Bの較正マトリックス (K, J) は、不知のスケールファクタにより決定されることがある。少なくとも1つの既知の大きさの独立した力測定を行うことができるのならば、スケールファクタを決定することができ、既知の重量を支持する、または、たとえば図3のロードセル18Cのような正しく較正されたロードセルに一度接触させることを実行することにより、独立した力測定を行うことができる。ロードセル18A、18Bの相対的な姿勢の不十分さにより、部分的な情報だけを引き出すことができる場合、この情報は先に存在する構成を更新および改良するために用いることができる。

【0028】

[0030]説明の明確さのために、上述の例は、簡略化した2指姿勢を説明している。しかし、本方法の範囲は、単に2姿勢に限定されず、指の追加の指 (digit) 上の様々なロー

10

20

30

40

50

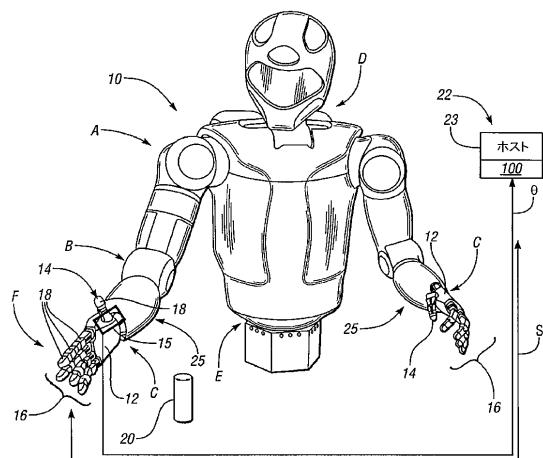
ドセル 18 間の接触を含むことができる。較正は、第 2 指、たとえば指 C (図示せず) を含むことができ、指 C に複数回接触させるまえに指 A が指 B に複数回接触する。追加の指 C の較正マトリックスは、(H) として示すことができる。3 つの較正マトリックスとして セット (K , J , H) を較正し、単なるペア様式、すなわち、最初に較正セット (K , J) 、その後較正セット (K , H) ではない。これらのステップがペア様式に実行されるなら (K) の異なる値が得られ、最適な (K) の値を得るためにこれらの差を調整する必要がある。それゆえ、最適化された性能のために、全てのバランス式を単一の行列に結合することができ、すべての較正マトリックスを同時に解くことができる。様々な親指 14 および / または指 16 およびそれらのいくつかの指骨が存在するので、同様に、多くのロードセル 18 の多数のペア様式の接触のデータを収集する。

10

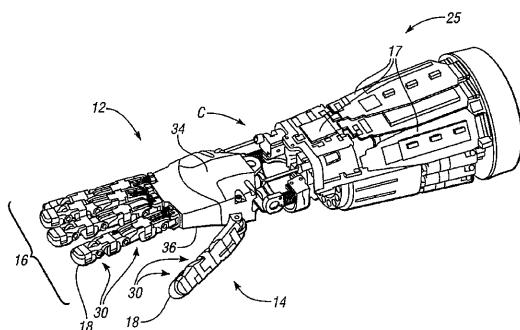
【 0 0 2 9 】

[0031] 本発明を実施する最良の形態が詳細に説明された。当業者は、添付の特許請求の範囲に画定される本発明の範囲内で、本発明を実施する様々な代替設計および実施形態を認識するであろう。

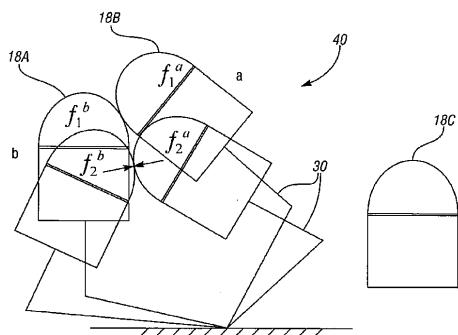
【 図 1 】



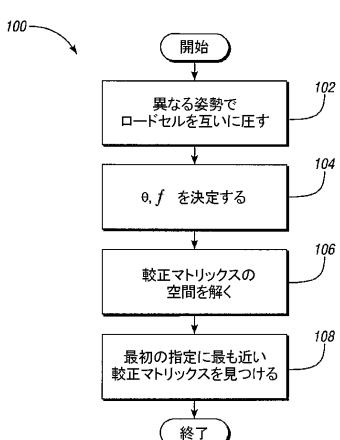
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【手続補正書】

【提出日】平成23年3月17日(2011.3.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットシステムであって、前記ロボットシステムは、複数のロボットジョイントを備える器用なロボットと、対応する1つのロボットジョイントにおいてジョイント角度値を測定するようにそれ構成される複数の角度センサと、

前記ロボットの所定の姿勢の間に対応する1つのロードセルに付与される少なくとも1つのひずみ値を測定するようにそれ構成された複数のロードセルと、

前記ロードセルの各々および前記角度センサの各々に電気的に接続されたホストマシンと、を有し、前記ホストマシンは、所定の姿勢の間に、前記角度センサからジョイント角度を受け取り、且つ、前記ロードセルの各々から少なくとも1つのひずみ値を受け取るように較正され、

前記ロボットは、所定の姿勢を形成するように前記ロードセルの係合ペアを互いに圧すように構成され、前記ホストマシンは、ジョイント角度値およびおひずみ値を処理して、較正マトリックスセットを決定するように構成され、また、前記較正マトリックスセットから、予め特定される値に最も近い値の較正マトリックスを決定するように構成される、ロボットシステム。

【請求項2】

請求項1に記載のロボットシステムであって、さらに、対向する親指および指を備える擬人化したロボットハンドを有し、前記ロードセルの少なくとも1つは、前記親指および前記指の各々に配置される、ロボットシステム。

【請求項3】

請求項1に記載のロボットシステムであって、前記ホストマシンは、係合ペアのロードセルの各々の較正マトリックスセットを計算することにより、力・バランス方程式のセット内の誤差を最小化するように構成される、ロボットシステム。

【請求項4】

請求項3に記載のロボットシステムであって、前記ホストマシンは、最小二乗法を用いて誤差を最小化する、ロボットシステム。

【請求項5】

請求項1に記載のロボットシステムであって、前記ホストマシンは、前記係合ペアに対応するジョイント角度を用いて、係合ペアの参照の共通フレームを決定するように構成される、ロボットシステム。

【請求項6】

請求項1に記載のロボットシステムであって、前記ロボットは、連続的に異なる所定の姿勢を実行するように構成され、前記ホストマシンは、前記異なる所定の姿勢で用いられる各係合ロードセルの較正マトリックスを計算するように構成される、ロボットシステム。

【請求項7】

請求項6に記載のロボットシステムであって、前記複数のロードセルから分離された、予め較正されたロードセルを含み、前記ロボットは、前記異なる所定の姿勢の1つを形成するように、前記ロードセルの1つを前記予め較正されたロードセルに接触させるように構成される、ロボットシステム。

【請求項8】

複数のロボットジョイントと、前記ロボットジョイントの対応する1つにおいてジョイント角度値を測定するようにそれぞれ構成される複数の角度センサと、前記ロボットの所定の姿勢の間に、対応するロードセルの1つに付与されるひずみ値のセットをそれぞれ測定するように構成される複数のロードセルと、を備える器用なロボット内のロードセルを較正する方法であって、前記方法は、

前記所定の姿勢を形成するように前記ロードセルの係合ペアを互いに圧すステップと、

前記所定の姿勢の間に、前記角度センサからジョイント角度値を、前記ロードセルからひずみ値を、測定するステップと、

前記ジョイント角度値および前記ひずみ値をホストマシンを介して処理して較正マトリックスセットを決定するステップと、

前記較正マトリックスセットから、予め特定された値に最も近い値である較正マトリックスを決定するステップと、を有する、方法。

【請求項9】

請求項8に記載の方法であって、さらに、前記係合ペアの各ロードセルの較正マトリックスセットを計算することで、力・バランス方程式のセット内の誤差を最小化するステップを有する、方法。

【請求項10】

請求項8に記載の方法であって、さらに、
連続して異なる所定の姿勢を実行するステップと、
前記異なる所定の姿勢で用いられる前記係合ペアの各ロードセルの較正マトリックスを計算するステップと、を有する方法。

フロントページの続き

(71)出願人 510149563

ザ・ユナイテッド・ステイツ・オブ・アメリカ・アズ・リプレゼンテッド・バイ・ジ・アドミニス
トレーター・オブ・ザ・ナショナル・エアロノーティクス・アンド・スペース・アドミニストレー
ション
アメリカ合衆国ワシントン, ディストリクト・オブ・コロンビア 20546, サウスウェスト,
イースト・ストリート 300

(74)代理人 100140109

弁理士 小野 新次郎

(74)代理人 100075270

弁理士 小林 泰

(74)代理人 100080137

弁理士 千葉 昭男

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100146710

弁理士 鐘ヶ江 幸男

(72)発明者 チャールズ・ダブリュー・ワンプレー, ザ・セカンド

アメリカ合衆国ミシガン州48009, バーミンガム, サフィールド・アベニュー 1196

(72)発明者 ロバート・ジェイ・プラット, ジュニア

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139, ケンブリッジ, ファインウッド・サークル 25
, ナンバー 2

F ターム(参考) 2F051 AA10 AB09 DA03

3C007 ES07 KS21 KS33 KV06 KW03 KX08 LT17

【外國語明細書】

2011224771000001.pdf