

(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2018-524186

(P2018-524186A)

(43) 公表日 平成30年8月30日(2018.8.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B25J 9/10 (2006.01)</b>	B25J 9/10	A 3C707
<b>B25J 9/16 (2006.01)</b>	B25J 9/16	
<b>A61B 34/35 (2016.01)</b>	A61B 34/35	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2017-561818 (P2017-561818)  
 (86) (22) 出願日 平成28年5月27日 (2016.5.27)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年1月24日 (2018.1.24)  
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2016/051557  
 (87) 国際公開番号 WO2016/193686  
 (87) 国際公開日 平成28年12月8日 (2016.12.8)  
 (31) 優先権主張番号 1509341.2  
 (32) 優先日 平成27年5月29日 (2015.5.29)  
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

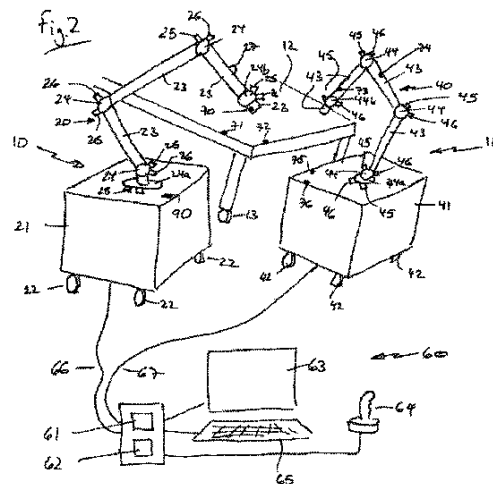
(71) 出願人 516263638  
 シーエムアール サージカル リミテッド  
 CMR SURGICAL LIMITE  
 D  
 英国 シービー23 7ピーエイチ ケン  
 ブリッジシャー ケンブリッジ ホースル  
 マディングリー ロード クロム リー  
 ビジネス パーク ユニット 2  
 Unit 2, Crome Lea B  
 usiness Park, Madin  
 gley Road, Horsell,  
 Cambridge Cambridg  
 eshire CB23 7PH Uni  
 ted Kingdom

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット環境の特徴付け

(57) 【要約】

ロボットの環境を特徴付ける方法であって、該ロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該アームによって担持されたデータムと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを有しており、前記方法は、前記アームによって担持された前記データムを、第1のロボットの前記環境における第2のロボット上の第1のデータムに接触させる工程を含んでおり、該第2のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して移動させるように配置された複数のドライバとを有していると共に、前記位置センサの出力に依存して、前記ロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置と前記第1のデータムとの距離を計算する工程と、少なくとも前記計算された距離に依存して、前記第1のロボットの前記アームの構成を再設定す



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 のロボットの環境を特徴付ける方法であって、該第 1 のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該第 1 ロボットアームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該アームによって担持された第 1 のデータムと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを有しており、

前記方法は、前記第 1 のロボットの前記アームによって担持された前記第 1 のデータムを、該第 1 のロボットの前記環境における第 2 のロボット上の第 2 のデータムに嵌合させる工程を含んでおり、該第 2 のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して移動させるように配置された複数のドライバとを有していると共に、該第 1 のロボットの該アームによって担持された前記第 1 のデータムと該第 2 のロボット上の該第 2 のデータムとが、嵌合時に該第 1 のデータムの向きが該第 2 のデータムに対して固定されるように相互に構成されており、

前記第 1 のデータムと前記第 2 のデータムが嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、前記第 1 のロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置に対する前記第 2 のロボットの位置と、該第 1 のロボットに対する該第 2 のロボットの向きとを計算する工程を含んでいると共に、

少なくとも前記計算された位置および向きに依存して、前記第 1 のロボットの前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含んでいる

ことを特徴とする第 1 のロボットの環境を特徴付ける方法。

**【請求項 2】**

前記第 2 のデータムが前記第 2 のロボット上の物体上にあり、該第 2 のロボットに対する前記第 1 のロボットの向きを計算する前記工程が、前記第 1 のデータムと該第 2 のデータムが嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、該第 1 のロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準方向に対する前記第 2 のデータムの向きを計算する工程を含んでいる請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記または各計算工程が、前記ジョイントによって分離された前記第 1 のロボットのの前記アームの部分の長さを定義する記憶情報に依存して実行される請求項 1 または 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記または各制御工程が、前記物体の形状を定義する記憶情報に依存して実行される請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記第 1 および第 2 のロボットが外科用ロボットである請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記ドライバを制御して前記計算された位置および向きに依存して前記第 1 のロボットのの前記アームの構成を再設定する前記工程が、前記計算された距離および向きに依存して各アーム間の衝突を阻止するように該ドライバを制御する工程を含んでいる請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項に記載の方法。

**【請求項 7】**

各ロボットが可動カートに取り付けられている請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記第 1 のロボットのの前記アームを、直接外力を加えることにより操作して、前記第 1 のデータムを前記第 2 のデータムに接触するように移動させる工程を含んでいる請求項 1 ~ 7 の何れか 1 項に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 9】

前記移動工程中に、前記第 1 のロボットの前記アームにかかる重力の作用に対抗するように前記ドライバを自動的に制御する工程を含んでいる請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

ロボットシステムであって、

第 1 および第 2 のロボットを含んで構成されており、該第 1 および第 2 のロボットのそれぞれが、

ベースと、

前記ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、

前記ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、

前記ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されており、

第 1 のロボットは、該第 1 のロボットの前記アームによって担持された第 1 のデータムを更に含んで構成されていると共に前記第 2 のロボットは第 2 のデータムを含んで構成されており、該第 1 および第 2 のデータムが、嵌合時に該第 1 のデータムの向きが該第 2 のデータムに対して固定されるように相互に構成されており、

前記第 1 のロボットが、制御ユニットを更に含んで構成されており、該制御ユニットが、( i ) 該第 1 のロボットの前記アームに担持された前記第 1 のデータムが前記第 2 のロボット上の前記第 2 のデータムと嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、該第 1 のロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置に対する該第 2 のロボットの位置と、該第 1 のロボットに対する該第 2 のロボットの向きとを計算すると共に、( i i ) 次いで、少なくとも該計算された位置および向きに依存して、該第 1 のロボットの前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御するように構成されている

ことを特徴とするロボットシステム。

## 【請求項 11】

第 1 および第 2 のロボットの環境を特徴付ける方法であって、該第 1 および第 2 のロボットのそれぞれが、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを有していると共に、該第 1 のロボットの該アームが第 1 のデータムを担持するインターフェースを含んで構成されており、

前記方法は、前記第 1 のロボットの前記インターフェースによって担持された前記第 1 のデータムを、前記第 1 および第 2 のロボットの前記環境における第 2 のデータムの近位器具または内視鏡の端部の形状のインターフェースと嵌合させる工程を含んでおり、該第 1 のロボットの該第 1 のデータムと該第 2 のデータムとが、該第 1 のデータムと該第 2 のデータムの嵌合時に該第 1 のデータムの向きが該第 2 のデータムに対して固定されると共に該第 2 のデータムが該第 2 のロボットの前記アームに対して既知の関係を有するように相互に構成されており、

前記第 1 のデータムと前記第 2 のデータムが嵌合した時の前記第 1 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第 1 のロボットに対する前記第 2 のロボットの向きおよび位置を計算する工程を含んでいると共に、

少なくとも前記計算された向きおよび / または位置に依存して、前記第 1 および第 2 のロボットの前記アームのうち少なくとも一方の構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含んでいる

ことを特徴とする第 1 および第 2 のロボットの環境を特徴付ける方法。

## 【請求項 12】

前記第 1 のデータムと第 2 のデータムが嵌合した時の前記第 1 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力と、該第 2 のデータムの、前記第 2 のロボットの前記アームに対する既知の関係とに依存して、前記第 1 のロボットと前記第 2 のロボットの間の向きおよ

10

20

30

40

50

び位置を計算する請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記第 2 のデータムが、前記第 2 のロボット上に配置される請求項 1 1 または 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記第 2 のデータムが、i) 前記第 2 ロボットのの前記ベース上、または i i) 該第 2 ロボットのの前記アーム上、の何れかに配置されている請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記位置が、前記第 1 のロボットのの前記ベース上の第 1 の基準点に対する前記第 2 のロボットのの前記ベース上の第 2 の基準点の位置である請求項 1 1 ~ 1 4 の何れか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 1 6】

前記第 2 のロボットのの前記アームが第 3 のデータムを担持し、前記第 2 のデータムが前記第 1 および第 3 のデータムに嵌合するための第 1 および第 2 のインターフェースを含んで構成されていると共に、該第 1 のインターフェースが該第 2 のインターフェースに対して既知の関係を有する請求項 1 1 ~ 1 5 の何れか 1 項に記載の方法であって、

前記方法は、前記第 1 のデータムを前記第 2 のデータムの前記第 1 のインターフェースに嵌合させる工程と、

前記第 2 のデータムが、前記第 1 のインターフェースが前記第 1 のデータムと嵌合した時と同じ位置および向きにある時に、前記第 3 のデータムを該第 2 のデータムの前記第 2 のインターフェースに嵌合させる工程と、

20

i) 前記第 1 のデータムと前記第 1 のインターフェースが嵌合した時の前記第 1 のロボットのの前記アームの前記位置センサの出力と、i i) 前記第 3 のデータムと前記第 2 のインターフェースとが嵌合した時の前記第 2 のロボットのの前記アームの前記位置センサの出力とに依存して、該第 1 のロボットに対する該第 2 のロボットの向きおよび位置を計算する工程を含んでいる方法。

【請求項 1 7】

前記第 2 のデータムが、前記環境における固定された位置および向きを有している請求項 1 1 ~ 1 6 の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記第 2 のデータムが移動可能なブロックであり、前記第 1 のデータムが前記第 1 のインターフェースに、前記第 3 のデータムが前記第 2 のインターフェースにそれぞれ同時に嵌合する請求項 1 6 に記載の方法。

30

【請求項 1 9】

前記第 1 および第 2 のインターフェースがソケットである請求項 1 6 ~ 1 8 の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記第 2 のデータムが、前記第 2 のロボットのの前記アームと一体化されている請求項 1 1 ~ 1 7 の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記第 2 のデータムが、前記第 1 のロボットのの前記アームと一体化された相補的な表面と係合するように構成された嵌合面の形態である請求項 2 0 に記載の方法。

40

【請求項 2 2】

第 3 のロボットの環境を特徴付ける工程を更に含んでおり、該第 3 のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されていると共に、該第 3 のロボットの該アームが第 4 のデータムを担持している請求項 1 1 ~ 2 1 の何れか 1 項に記載の方法であって、

前記方法は、更に、前記第 4 のデータムを、前記第 1 のロボットのの前記環境における物

50

体のデータムに嵌合させる工程を含んでおり、該第4のデータムと該第1のロボットの該環境における該物体の該データムとが、該第4のデータムと該第1のロボットの該環境における該物体の該データムの嵌合時に該第4のデータムの向きが該物体の該データムに対して固定されると共に該物体の該データムが該第1のロボットの前記アームに対して既知の関係を有するように相互に構成されており、

前記第4のデータムと前記第1のロボットの前記環境における前記物体の前記データムが嵌合した時の前記第3のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第3のロボットに対する該第1のロボットの向きおよび位置を計算する工程を含んでいると共に、

少なくとも前記計算された向きおよび/または位置に依存して、前記第1および第3のロボットの前記アームのうち少なくとも一方の構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含んでいる方法。

【請求項23】

前記第1のロボットと前記第2のロボットの間、および前記第3のロボットと該第1のロボットの間の前記計算された向きおよび位置に依存して、該第3のロボットと該第2のロボットの間向きおよび位置を計算する工程を更に含んでいる請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記第1のロボットの前記環境における前記物体が、該第1のロボット上に配置されている請求項22または23に記載の方法。

【請求項25】

第3のロボットの環境を特徴付ける工程を更に含んでおり、該第3のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されていると共に、該第3のロボットの該アームが第4のデータムを担持しており、前記第2のデータムは該第3のロボットの該アーム上のデータムと嵌合するための第3のインターフェースを更に含んで構成されていると共に、該第3のインターフェースが前記第1および第2のインターフェースと既知の関係を有している請求項16に記載の方法であって、

前記方法は、更に、前記第2のデータムが、前記第1および第2のインターフェースが前記第1および第3のデータムと嵌合した時と同じ位置および向きにある時に、前記第4のデータムを該第2のデータムの前記第3のインターフェースに嵌合させる工程と、

前記第1、第3および第4のデータムと前記第2のデータムのそれぞれの前記インターフェースが嵌合した時の前記第1、第2および第3のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第1、第2および第3のロボットの間の向きおよび位置を計算する工程を含んでいる方法。

【請求項26】

前記第1、第3および第4のデータムが、前記第2のデータムのそれぞれの前記インターフェースと同時に嵌合する請求項25に記載の方法。

【請求項27】

ロボットシステムであって、該ロボットシステムは、

第1および第2のロボットであって、該第1および第2のロボットのそれぞれが、ベースと、

前記ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、

前記ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、

前記ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されており、

該第1のロボットが、第1のデータムを担持するインターフェースを更に含んで構成さ

10

20

30

40

50

れている第1および第2のロボットと、

第2のデータムであって、近位器具または内視鏡の端部の形状のインターフェースを含んで構成されており、前記第1のデータムと該第2のデータムは、該第1のデータムと該第2のデータムの該インターフェースとの嵌合時に、該第1のデータムの向きが該第2のデータムに対して固定されると共に該第2のデータムが前記第2のロボットの前記アームに対して既知の関係を有するように相互に構成されている第2のデータムと、

制御ユニットであって、(i)前記第1のデータムと前記第2のデータムが嵌合した時の前記第1のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第1のロボットに対する前記第2のロボットの向きおよび位置を計算すると共に、(ii)少なくとも前記計算された向きおよび/または位置に依存して、該第1および第2のロボットの前記アームのうち少なくとも一方の構成を再設定するように前記ドライバを制御するように構成されている制御ユニットと

を、含んで構成されていることを特徴とするロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット、例えば外科用ロボットの周囲の物体の空間的関係を特徴付けることに関する。

【背景技術】

【0002】

外科用ロボットの中にはかなり大型のものがあり、単一の固定された、あるいは移動可能なベースから分岐する複数の外科用アームを含んで構成されている。これらのシステムでは、手術用アームが機械的に共通のベースに取り付けられているという事実は、アーム間の空間的関係が固有であり、アームの構成を認識することによって容易に確立できることを意味する。しかしながら、これらのシステムは大型であり、手術室での所定位置への移動を困難にしている。また、アーム間の可能な空間的関係の範囲は、アームが単一のベースから分岐しているという事実によって限定され、これによって、このようなシステムによって実行され得る外科的処置の範囲が制限される。

【0003】

図1は、各々がアームを有する3つの別個の外科用ロボット1, 2, 3を示している。ロボットは、手術台5上の患者4に対して行う手術に備えて配置される。これらのロボット1, 2, 3は、制御ステーション7に通信可能に連結されており、そこから外科医によって操作可能とされている。この例では、ロボット3は手術室の天井に固定的に取り付けられている。ロボット1および2は、可動カート8, 9に取り付けられている。可動カート8, 9はロック可能な車輪を備えているため、手術開始前に技術者によって所定位置まで押し動かされ、手術中はその所定位置に固定される。患者が横たわっている手術台5もロック可能な車輪上に載置されている。患者は手術室の外で手術の準備をしてから、手術台5の手術室に移動させることができる。患者4とロボット1, 2, 3の位置決めのこの柔軟性は、この設備が他のいくつかのロボットシステムに比べて広い範囲の処置を実行できるという利点を有する。しかしながら、手術台5および可動カート8, 9が所定の位置に移動された後、アーム1, 2, 3のベースの相対位置は本質的に未知であり、それは患者が横たわっている手術台5との関係についても同様である。

【0004】

アーム間の空間的関係は、制御ステーション7にとって有益な情報となる。これは、例えば、アーム間の衝突を避けるために使用することができる。

【0005】

アーム間の空間的関係を確立する1つの方法は、技術者がロボットの可動カートおよび/または患者の手術台の位置を設定するために使用する一組のジグまたはフロアマーキングを設けることである。それによって、装置間の空間的関係を認識することができる。しかしながら、外科的処置の全範囲を網羅するためには、非常に多くのそのようなジグまた

10

20

30

40

50

はマークを設けることが必要になるであろう。

【0006】

空間的關係を確立する別の方法は、技術者がアーム上のデータポイントと手術台との間の距離を測定し、そのデータを制御システムに入力することである。これには多くの時間を要する。なぜなら、三次元の空間的關係を完全に特徴付けるためには、多くのそのような測定が必要となるからである。また、測定を行ったり入力したりする際に間違いが生じる可能性もある。

【0007】

ロボット、特に外科用ロボット間の空間的關係を確立する別の方法が必要とされている。

10

【発明の概要】

【0008】

本発明によれば、ロボットの環境を特徴付ける方法は、該ロボットが、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該アームによって担持されたデータムと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを有しており、前記方法は、前記アームによって担持された前記データムを、前記ロボットの前記環境における物体上の第1のデータムに接触させる工程を含んでおり、前記位置センサの出力に依存して、前記ロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置と前記第1の物体データムの間の距離を計算する工程と、少なくとも前記計算された距離に依存して、前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含むことを特徴とする。

20

【0009】

前記方法は、前記アームに担持された前記データムを前記物体上の第2のデータムに接触させる工程と、前記アームに担持された前記データムが前記第1の物体データムおよび前記第2の物体データムに接触した時の前記位置センサの出力に依存して、前記ロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準方向に対する前記物体の向きを計算する工程と、少なくとも前記計算された向きに依存して、前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程、を含んでもよい。

30

【0010】

前記方法は、前記アームに担持された前記データムを前記物体上のデータムに嵌合させる工程を含んでおり、該アームの構成が、該アームのデータムと該物体のデータムが嵌合した時の該物体の向きに依存するように、該アームのデータムと該物体のデータムが相互に構成されていると共に、前記アームのデータムと前記物体のデータムが嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、前記ロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準方向に対する前記物体の向きを計算する工程と、少なくとも前記計算された向きに依存して、前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程、を含んでもよい。

【0011】

前記または各計算工程は、前記ジョイントによって分離された前記アームの部分の長さを定義する記憶情報に依存して実行されてもよい。

40

【0012】

前記または各制御工程は、前記物体の形状を定義する記憶情報に依存して実行されてもよい。

【0013】

前記ロボットは外科用ロボットであってもよい。

【0014】

前記物体は手術台または別の外科用備品であってもよい。

【0015】

前記ドライバを制御して前記計算された距離および/または向きに依存して前記アーム

50

の構成を再設定する前記工程は、前記計算された距離および/または向きに依存して前記または各アームと前記物体間の衝突を阻止するように該ドライバを制御する工程を含んでいてもよい。

【0016】

前記物体は第2のロボットであってもよい。

【0017】

前記第2のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバとを有していると共に、前記方法は、前記第2のロボットの前記ドライバを制御して、前記計算された距離および/または向きに依存して、該第2のロボットの前記アームの構成を再設定する工程を含んでいてもよい。

10

【0018】

前記または各ロボットは可動カートに取り付けられていてもよい。

【0019】

前記方法は、前記アームを、直接外力を加えることにより操作して、前記アームのデータを前記または各物体のデータに接触するように移動させる工程を含んでいてもよい。

【0020】

前記方法は、前記移動工程中に、前記アームにかかる重力の作用に対抗するように前記ドライバを自動的に制御する工程を含んでいてもよい。

20

【0021】

本発明の第2の態様によれば、ロボットは、ベースと、前記ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、前記アームに担持されたデータと、前記ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、前記ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサと、制御ユニットであって、(i)前記アームに担持された前記データが前記ロボットの環境における物体の第1のデータと接触した時の前記位置センサの出力に依存して、該ロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置と前記第1の物体データとの間の距離を計算すると共に、(ii)次いで、少なくとも該計算された距離に依存して、該アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御するように構成されている制御ユニットと、を含んで構成されていることを特徴とする。

30

【0022】

前記アームをデータに接触させる代わりに、該アームを、該データとの所定の位置関係に移動させてもよい。例えば、アームを、データから確立された既知の方向に既知の距離だけオフセットされた点に移動させてもよい。それは、例えば、データの周りに向けられた複数の交差する光学ビームによって確立される。

【0023】

以下、本発明を、例示として添付図面を参照しつつ説明する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

40

【図1】外科的処置を行う準備が整った状態で配置されたロボットを示す。

【図2】手術台に隣接して配置された外科用ロボットを示す。

【図3】視覚的ターゲットの例を示す。

【図4】方向性ターゲットの例を示す。

【図5】ロボットの近位に位置するデータの例を示す。

【図6】2つのインターフェースを有する例示的なデータを示す。

【図7】2つのインターフェースを有する別の例示的なデータを示す。

【図8】各々がデータを有する3つの外科用ロボットを備えたロボットシステムの例を示す。

【図9】ロボットアームの遠位端上のデータの例を示す。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0025】

外科用ロボットは、アームに沿って配置された一連のジョイントによって可撓性を有するアームを備えていてもよく、ジョイントはアームの構成を再設定することができる。ロボットはジョイントの構成を感知できるようになっていてもよい。手術環境における他の備品、例えば別のロボットまたは手術台に対するロボットの相対位置に関するロボットの認識を較正する必要がある場合、アーム上の第1のデータポイントを移動させて他の備品上の第2のデータポイントに接触させることができる。アームが第2のデータポイントに接触している時にアームの構成を感知することにより、アームと他の備品との間の空間的関係を推定することができる。そして、例えば、ロボットアームと備品との間の衝突を防止するために、この空間的関係を、後続の処置中にロボットを制御するためのデータとして使用することができる。

10

## 【0026】

図2は、外科手術環境の実施例を示す。全体を10および11で示されたロボットは、患者に対して行う手術に備えて台12の近くに設置される。

## 【0027】

ロボット10は、アーム20と、可動カートの形態のベース21を含んで構成されている。カートは、床に沿って転がすことができる車輪22と、車輪が回転するのを阻止するように作動可能な図示しないブレーキとを備えており、それによって、カートがいったん適切に配置されると、所定位置にロックされるようになっている。カート自体は、移動が過度に困難ではなく、かつロボットアームの安定したベースを提供するのに十分な重量を有するように設計されている。ロボット11は、同様のアーム40と、車輪42を有する同様のカート41とを備えている。

20

## 【0028】

台12は車輪13に取り付けられており、車輪13もまた床上を走行し、ブレーキでロックすることができる。

## 【0029】

各ロボットアーム20, 40は、一連の剛性アーム部材23, 43を備えている。各アームの近位アーム部材は、第1の回転ジョイント24a, 44aによってそのベースに接続される。一連の後続のアーム部材の各々は、それぞれ対応する回転ジョイント24, 44によって前のアーム部材に接続される。最終ジョイント24b, 44bは、単純な回転ジョイントであってもよいし、例えば、本出願人の同時係属中出願であるPCT/GB2014/053523に記載されているように、より複雑な構成であってもよい。1つ以上のアームジョイントは、直線的に動いてもよいし、単に回転するというよりはむしろ複合的な動作で動いてもよい。各アームのジョイントは、全体で、アームの遠位端が連続した三次元の作業空間における任意の点に移動することを可能にする柔軟性をアームに提供するように構成されている。これを達成する1つの方法は、アームのジョイントが、全体として、例えばPCT/GB2014/053523に記載されたような構成を有することである。その構成は、実質的に垂直な回転軸を有する最近位ジョイントと、当該第1のジョイントの軸を横切る回転軸を有する後続ジョイントと、前のジョイントの軸を横切る回転軸を有し、概ね前のジョイントと次の後続ジョイントとの間を延びる後続ジョイントと、前のジョイントの軸を横切る回転軸を有する後続ジョイントと、前のジョイントの軸を横切る回転軸を有し、概ね前のジョイントと次の後続ジョイントとの間を延びる後続ジョイントと、前のジョイントの軸を横切る回転軸を有する後続ジョイントと、2本の相互に横切る回転軸を有し、そのうち一方の軸は前のジョイントの軸を横切る後続ジョイントと、さらに、前のジョイントの他方の軸を横切る回転軸を有する後続ジョイントから成る。例えば産業用および他のロボットの既存の設計から知られているように、多くの他の組合せおよび構成のジョイントを採用することができる。より多くの、またはより少ないジョイントと、それらの間を延びる剛性アーム部材が存在し得る。

30

40

## 【0030】

50

各ジョイントは、ジョイント周りのアームの動作を引き起こすことができるように配置された電気モータ25, 45を備えている。モータは、回転式モータまたはリニアモータであってもよい。電気モータの代わりに、アームは他の手段、例えば油圧または空気圧アクチュエータによって駆動されてもよい。各ジョイントには、センサユニット26, 46が設けられており、センサユニット26, 46は、構成や、各ジョイントに加えられる力/トルクを検出することができる位置エンコーダおよび力変換器を備えている。位置センサは、例えば、ポテンシオメータ、光学式位置エンコーダ、超音波または無線距離センサとすることができる。力センサは、例えば、抵抗ベースの歪ゲージ、圧電歪ゲージまたは半導体歪ゲージであってもよい。

#### 【0031】

全体を60で示された制御ユニットは、プロセッサ61、不揮発性メモリ62、ディスプレイ画面63、およびユーザ入力装置64を含んで構成されている。メモリ62は、本明細書で説明する機能を実行するためにプロセッサ61によって実行可能なコードを非一時的な方法で記憶している。制御ユニット60は、モータ25, 45およびセンサユニット26, 46に、カートに通じる可撓性ケーブル66, 67を介して通信可能に連結されている。あるいは、制御ユニット60は、ロボットと無線で通信してもよい。制御ユニット60は、センサユニット26, 46の位置エンコーダからデータを受信する。そのデータは、アームの構成を示している。制御ユニット60は、アームのモータ25, 45を駆動する信号を送り、アームのジョイント24, 44の構成を調整する。モータ25, 45を駆動するための出力は、プロセッサ61上で動作するコードによって、任意でユーザ入力装置64から受信した入力に応じて、決定することができる。使用時には、外科医は、ユーザ入力装置64を操作して、アームに必要とされる三次元動作をプロセッサ61に信号で送ることができる。プロセッサ61は、それらの入力に応答してモータを駆動し、アームをそれに応じて動かすことができる。このようにして、外科医は、患者に対して手術を行うために、ロボットアームによって担持された器具を操作するようにロボットを制御することができる。プロセッサ61は、制御パネル65からの入力を受信し、それによってアームの作動状態が選択可能とされている。ロボットの1台がカメラを搭載していてもよい。カメラによって取得された画像は、制御ユニット60に送信され、ディスプレイ画面63に表示され、外科医を補助することができる。

#### 【0032】

プロセッサ61上で動作するコードは、少なくとも1つのアーム(例えば、ロボット10のアーム20)の動作を2つのモードで制御することを可能にする。ユーザは、制御パネル65によって特定の時間にどのモードがアクティブであるかをプロセッサ61に信号で送ることができる。

#### 【0033】

第1の駆動モードでは、アームの構成は、コントローラ64から受信した入力に応じて設定される。このモードでは、オペレータはコントローラ64を使用してアームの目的とする構成、例えばアームの遠位端の目的とする位置および/または姿勢を信号で送ることができる。プロセッサ61は、目的とする構成が達成されることになるアームのジョイント26の構成を決定する。プロセッサ61が新しい構成を選択すると、モータに信号を送り、アームをその構成にするのに必要な状態をジョイント24に採用させる。このようにして、駆動モードでは、オペレータは遠隔的にロボットに信号を送って、アームの一部、例えば遠位端、またはアームによって担持されるツールの先端を動かし、目的とする位置に移動させることができる。

#### 【0034】

第2の準拠モードでは、プロセッサ61は、アームに直接加えられる力によってアームが配置された位置を維持するようにアームを制御する。これを達成するために、プロセッサ61はセンサユニット26の位置センサおよび力センサから入力を受信する。位置センサから、プロセッサ61はアームの現在の構成を認識する。メモリ62は、アーム20の各構成要素について、その質量、アームの前のジョイントからの質量中心までの距離、お

10

20

30

40

50

よび質量中心と前のジョイントのジョイントセンサの位置出力との関係とを記憶する。その情報を使用して、プロセッサ61は、現在のアームの構成についてアームの構成要素にかかる重力の影響をモデル化し、アームの各ジョイントにかかる重力に起因するトルクを推定する。次に、プロセッサは、各ジョイントのモータを駆動して、計算された重力トルクと正反対のトルクを加える。この制御方式により、作業者はアームの任意の部分を目指す位置まで直接的に押したり引いたりすることができ、当該部分は、それにかかる重力およびそれに従属する任意の部分にかかる重力の影響にかかわらず、その位置に留まる。アームにかかる力は、複数のジョイントの周りにトルクを生じさせる場合がある。コントローラ64は、トルクを中和するためにジョイントの特定のものに優先順位を付けることを決定するようにプログラムされていてもよい。準拠モードでは、コントローラは、重力の作用とは独立して外力によって強いられる構成を維持するようにアームを自動的に制御してもよく、それによって重力の作用とは独立して外力の下での構成の再設定に対して限られた抵抗を呈する、および/またはアームのモータまたは他のドライバを制御して、ベースに対するアームの相対的な姿勢のニュートラル値からのずれを大きくするようにアームを移動させた際に、外力の下での構成の再設定に対して増大する抵抗を呈する。

10

#### 【0035】

準拠モードでは、ジョイントのいくつかに重力トルクは発生しない。そのようなジョイントのモータは、電源を切ってもよい。より典型的には、各モータは、対応するジョイントの周りで測定されたトルクに応答して制御されてもよい。あるジョイントで測定されたトルクが重力に合わせて調整される場合は、残りのトルクはアームまたはアームによって担持されるツールを押しこむことに起因する力によって加えられるトルクを表す。そのトルクに応答して、コントローラ64は、各モータを制御して、測定されたトルクを低減するような方向に、測定されたトルクの大きさに応じた速度でジョイントを動かしてもよく、それによって、オペレータがアームの一部を押しこむか引いた時に、アームが、自由に、しかし加えられた力に応答してある程度の抵抗をもって動いている感覚を与える。

20

#### 【0036】

本システムでは、ロボットの少なくとも1つが、外科手術環境を特徴付けるために制御ユニット60に情報を提供することができる。これは、そのロボットのアームを環境内の他の物体との既知の空間的關係に移動させ、そのような関係にある時のアームの構成を決定することによって達成することができる。この処理について、以下により詳細に説明する。

30

#### 【0037】

特徴付けがどのように実行され得るかの一例では、ロボット10のアーム20は、その外面に可視基準マークまたはデータム70を備えている。環境内の各要素には、このようなデータムが2つ設けられている。したがって、台12にはデータム71, 72が設けられ、ロボット12のアーム55にはデータム73, 74が設けられている。ユーザは、例えば、制御パネル65を用いてプロセッサ61に、環境特徴付け操作が実行されようとしていることを示す。その入力に応答して、プロセッサ61は自動的にアーム35を準拠モードにすることができる。あるいは、ユーザは、準拠モードを手動で選択することができる。次いでユーザは、データム70がデータム71に接触するような構成にアーム35を押し込み、アーム20がその状態にあることを示すためにプロセッサ61に入力を行う。その入力は、制御パネル65、またはアーム20自体の入力装置27を使用して行うことができる。入力装置27は、ユーザがアーム20を手動で動かすためにより便利に配置される。プロセッサ61は、その入力を受信すると、アーム20のジョイントにおける位置センサから、およびアーム20のジョイントの間隔および動作範囲を規定するメモリ62に記憶されたデータから、アーム20の構成を決定する。また、メモリ62は、データム70が配置されているアーム要素に対するデータム70の位置関係、およびロボット10のベース21上の基準点90に対するアームの近位ジョイントの位置関係を規定するデータも記憶している。この情報により、プロセッサ61は、データム70がデータム71に接触している時のロボット10のベース21上の基準点90から台12上のデータム71

40

50

までの距離および方向を決定することができる。この決定は、メモリ62に記憶されている、その目的を果たすように構成されたコードを実行するプロセッサ61によって行われ得る。そして、決定された距離および方向は、メモリ62に記憶される。同じ処理がデータム72について繰り返される。すなわち、アーム20が操作されてデータム70がデータム72に接触し、その状態が制御ユニット60に信号で送られ、プロセッサ61が基準点90からデータム72までの距離および方向を計算して記憶する。メモリ62は、台12に関するデータ、具体的にはその形状と大きさ、および台12上のデータム71および72の位置を記憶する。その情報を用いて、基準点70とテーブル上の離間した両データム71, 72との間の関係が確立されると、プロセッサ61は、ロボット10のベース21に対する台12の向きおよび距離を完全に確立することができる。

10

#### 【0038】

次に、ロボット10とロボット11との間の関係を決定するために同様の処理が実行される。データム73, 74は、ロボット11のアーム40上に配置されている。プロセッサ61は、その位置センサからロボット11のアーム40の構成を認識しており、メモリ62は、データム73および74が配置されているアーム要素に対するデータム73および74の位置関係を記憶している。オペレータは、データム70がデータム73, 74に接触するようにデータム70に触れ、その都度、状態がプロセッサ61に信号で送られる。この情報を用いて、プロセッサ61は、ロボット10上の基準点90からのロボット11のベースの位置および距離を決定することができる。

20

#### 【0039】

手術環境におけるロボットと他の備品アイテムとの間の空間的関係を完全に特徴付けるために、プロセッサ61は、(i)2つのデータム測定、例えば上述したような、ロボット上のデータムが台上の2つのデータムのそれぞれと接触する時の測定や、(ii)ロボットアームの構成を決定することができる、位置センサから得るジョイント位置の測定や、(iii)重力の方向、ひいてはロボットアームの向きを決定することができる、トルクセンサから得るトルク測定、を利用することができる。これら全ての測定は、図2に関して上述したように、ロボットアームが準拠モードに置かれて、特徴付けを実行する際に行われる。

#### 【0040】

あるいは、手術環境におけるロボットと他の備品アイテムとの間の空間的関係を完全に特徴付けるために、プロセッサ61は、(i)ロボットアームの構成を決定することができる、位置センサから得るジョイント位置の測定や、(ii)3つのデータム測定、例えば上述したような、ロボット上のデータムが台上の2つのデータムのそれぞれと接触する時の測定であって、ジョイント位置の測定と共にロボットアームの向きを決定することができる測定、を利用することができる。

30

#### 【0041】

以下に、この処理を多様化させることができる方法のいくつかの例を示す。

1. ロボット11のアーム上のデータム73, 74を使用する代わりに、ロボット11のベース上のデータム75, 76を使用してもよい。

2. 各ロボット上の単一のデータムポイントを、台上の両方のデータムポイントに接触させてもよい。これにより、ロボットと台との間の関係、およびロボット同士の関係を確立するのに十分な情報をプロセッサに提供するのであろう。あるいは、(a)ロボットがそれぞれテーブル上の異なるデータムポイントに接触し、(b)ロボットが2つの異なる相対位置において互いに接触する場合に、2つのロボットおよび台の位置と向きを完全に特徴づけるための十分な情報を収集することができる。一般に、様々な異なる組み合わせが可能であることが理解されるべきである。

40

3. 同様の工程を、外科手術環境におけるアームと他の設備との間の空間的関係を特徴付けるために行うことができる。他の設備とは、例えば追加のロボットや、または患者モニターまたは生命維持装置を運ぶ追加のカートなどの障害物である。

4. データムを一緒に移動させるためにアームを準拠モードで動かす代わりに、コント

50

ローラ64を使用して行うことができる。あるいは、自動的に行うことも可能である。ロボットの1台がカメラを備えていてもよい。カメラの出力のビデオ分析を行って、アームが接触すべきデータムを識別し、アームを自動的に制御して、そのアームの所定の部分をデータムと接触させることができる。この処理を補助するために、データムは、例えば図3に示すような、特有の高コントラストターゲットとすることができる。

5. 物体の向きを確立するために物体に対して複数の測定を行う必要を回避するために、データムは指向性を有するように構成することができ、特徴付けが実行されているロボットは、データムによって定められた向きでデータムと接触することができる。例えば、図4は、台12内のブラインドソケットの形態のデータム81を示す。本実施例では、アームは、雄型プローブ80を備えており、プローブ80がソケット81に完全に挿入された時にプローブ80の向きと位置の両方がソケット81に対して固定されるように、プローブ80はソケット81と嵌合することができる。メモリ62は、ソケット81と台12の残りの部分との関係、およびプローブ80とプローブを担持するアーム部材23dとの関係を記憶している。これにより、プロセッサ61は、プロービングロボットアームに対する台の位置および向きを単一工程で決定することができる。感知アームと対象物との間の方向的および位置的关系を課す同様の機械的インターフェースが、外科手術環境における他の備品に実装することができる。プローブは、ロボットアームの器具インターフェース、例えばロボットアームの遠位要素上にあるもの、に対して取り外し可能に取り付けることができる。

6. 2つのロボットアーム間の位置と方向の両方を確立するために、アーム上の単一のデータムと一緒に接触させ、そして接触させたままで両アームを同時に動かしてもよい。

7. アームには、対象物上の2つの目視可能なデータムポイントの間に橋渡しするツールを設けることができ、それにより、ツールがポイント間で橋渡しされた時点での対象物の位置および方向の両方をプロセッサに示す。

8. 上記のポイント4および7で論じたような測定ツールは、それが取り付けられているアームが通常手の届かないところにある対象物まで伸びることができるように伸縮式とされていてもよい。ツールは、ツールの長さを測定し、対象物の位置を推定するためにその長さを制御ユニット60に示すセンサを有していてもよい。

#### 【0042】

アームは、電気コネクタのセットのような通信インターフェース、またはどのタイプのツールがアームに取り付けられているかを感知するための無線トランシーバを含んで構成されていてもよい。そのデータは制御ユニットに信号で送ることができる。アームに取り付けられたツールが特徴付け手順を実行するために設計されたもの（例えば、図4のツール80、または上記のポイント7および8に記載されたようなツール）である場合、制御ユニットは、アームを自動的に制御して、特徴付け手順の実行に適したモード、例えば準抛モード、に移行することができる。

#### 【0043】

所定の順序で他の物体上のデータムにアームを接触させるプロトコルが存在してもよい。すると、プロセッサは、データムに接触したことが通知されるたびに、どのデータムが感知されているかを認識することができる。制御ユニットは、ユーザに次の接触先となるデータムを（例えば可聴アナウンスによって）指示してもよい。あるいは、ユーザは、どのデータムに接触しているかを（例えば、制御パネル65を用いて）信号で送ることができる。

#### 【0044】

プロセッサが手術環境の要素間の関係を認識すると、その情報は多くの方法で使用可能である。例えば：

ツールの先端および/またはアームの遠位端が目的とする位置に配置されることになる、アームの複数の構成が存在し得る。プロセッサ61は、アームと、アームに近いことがプロセッサに認識されている他の物体との間の衝突を回避しようとするアルゴリズムに基づいて、それらの構成の中から選択することができる。

一方のアームを自動的に別のアームに追従させるようにプロセッサを構成してもよい。例えば、一方のアームで他方のアームが作業している部位を画像化したり、照らしたり、または一方のアームで他方のアームが使用している重いツールを支えるのを自動的に補助したり、もしくは一方のアームで縫合系のような材料を他方のアームに供給することができる。

アームの相対位置は、ユーザからの入力を制御するためにアームがどのように反応するか、またはアームからのデータやアームに関するデータがユーザにどのように表示されるか、に影響を与える可能性がある。

#### 【0045】

別のアプローチでは、複数のロボットのアームを変位させて、その上のデータムを共通の基準データムと接触させることができる。各ロボットのベースから基準データムへの空間オフセットおよび/またはデータムに対する各ベースの相対的な向きは、上述の事項で計算することができる。次に、ロボットのベース間の空間オフセットおよび/またはベースの相対的な向きは、データムに対するベースの空間オフセットおよび/または向きを追加することで計算することができる。適切であれば、ロボットのアームが共通のデータムに嵌合する位置の間のオフセットを追加することができる。例えば、基準データムは、複数のロボットアームの遠位端が嵌合可能な構成（例えば、ソケット）を有する固定ブロックまたは可動ブロックであってもよい。ブロックが可動式である場合、アームがブロックに同時に嵌合すると、それらのベースの相対位置を決定することができる。ブロックが所定の位置に固定されていれば、アームはブロックに1つずつ嵌合することができる。

#### 【0046】

データムは、本明細書で説明されるような特徴付けを実行する際に使用するのに適した任意の一次元（1D）、二次元（2D）または三次元（3D）構成であってもよい。図2に関して説明したデータムは、1Dまたは2Dマークである。図4に関して説明したデータムは、ソケットの形状の3D構成である。データムは、データムと嵌合した時にロボットアームの向きが拘束されたり、固定されたり、もしくはデータムの向きに依存するように、指向性を有していてもよい。

#### 【0047】

図5に、ロボットシステムが3D構成であるデータムを使用する実施例を示す。ロボットシステムは、図2に関して上述したように、ロボット10および11を含んで構成されている。ロボット10および11は、それらのアームに器具が取り付けられていない状態で示されている。第1のロボット10は、そのアーム上に担持された第1のデータム70を含んで構成されている。本実施例では、第1のデータム70は、第1のロボットのアームの、器具と整合する部分（本明細書では器具インターフェースと称する）上に位置する。第2のロボット11は、そのアーム上に担持された第2のデータム79を含んで構成されている。さらに、第1および第2のロボット10および11の環境内に配置された第3のデータム77がある。第3のデータム77は、第1および/または第2のロボットの近位にある。図5においては、第3のデータム77は、ロボット11のベースの近位に配置されている。しかし、以下から明らかなように、これはあくまでも一例であり、第3のデータムは、第1および第2のロボットの近傍内の様々な位置を占めることができる。

#### 【0048】

プロセッサ61を含んで構成される制御回路は全体を60で示されている。

#### 【0049】

第3のデータム77は、本実施例では、第2のロボット11のアームのベースから既知の距離にあり、この距離は78で示されている。したがって、第3のデータム77は、第2のロボット11に対して既知の位置にある。第2のロボット11に対する第3のデータム77の距離および/または向きを、プロセッサ61が認識するようになっていてもよい。例えば、第2のロボット11のベースに対する第3のデータム77の距離および/または向きを、プロセッサ61が認識することができる。それに代えてあるいは加えて、第2のロボット11の別の基準点に対する第3のデータム77の位置および/または距離が、

プロセッサ 61 によって認識される。

【0050】

第1のデータム70および/または第1のデータム70が位置する第1のロボットのアームの部分、そして第3のデータム77は、データム70および77が嵌合する時に、第1のロボット10のアームの構成が第3のデータム77の位置および向きに依存するように、互いに構成されている。図5に示す実施例では、第1のデータム70は、第1のロボットのアームの器具インターフェース上の基準マークである。第3のデータム77は、第1のデータム70が第3のデータム77に対して単一の位置および向きでのみ嵌合可能とされていれば、任意の形状を取ることができる3D構成である。したがって、第1のデータム70が配置されている第1のロボットのアームの部分には、第3のデータム77と係合可能な構成が1つだけ存在する。第3のデータム77は、ロボットと整合する器具の部分と同じ形状を有するインターフェースを備えた3D構成であってもよい。言い換えれば、第3のデータム77は、ダミー近位器具の端部の形状であってもよい。第3のデータム77は、図4に示すように、第1のデータム70を収容するように構成されたソケットを含んで構成することができる。本実施例では、ソケットは、器具インターフェースまたはその一部によって輪郭を描かれた形状と相補的なスペースを画定する。全ての実施例において、嵌合した時に、第1のデータム70の位置および向きは、第3のデータム77に対して固定される。第3のデータム77は、第2のロボット11に対して固定された位置および向きを有することから、第1のデータム70が第3のデータム77と嵌合した時、第1のデータム70の向きも第2のロボット11に対して固定される。

10

20

【0051】

第2のロボット11に対する第1のロボット10の位置および/または向きを校正するために、第1のロボット10のアームが操作され、第1のデータム70が第3のデータム77と嵌合する。第1のロボット10のアームは、上述のいずれかの方法で操作することができる。

【0052】

上述したように、第1のデータム70と第3のデータム77とを嵌合させることにより、第1のデータム70の第2のロボット11に対する向きが拘束される。いったん嵌合されると、プロセッサ61は、第1のロボット10の各ジョイントの関節角度（関節状態と呼ぶことができる）を測定し、それらの関節状態の知識およびアームの各肢部の長さを使用して第3のデータム77と第1のロボット10の基準点（例えばベース）との間の距離を計算する。第1のデータム70の向きが第3のデータム77によって拘束されるため、プロセッサ61は、第1のロボット10および第2のロボット11に対する第1のデータム70の向きも計算することができる。プロセッサ61は、第3のデータム77と第2のロボット11の基準点（例えば、ロボット11のベース）との間の関係も認識しているので、第2のロボット11に対する第1のロボット10の位置および向きを計算することができる。例えば、プロセッサ61は、第1のロボット10に対する第3のデータム77の距離および角度の測定値と、第2のロボット11に対する第3のデータム77の距離および角度の測定値を合計することができる。

30

【0053】

第1のロボット10と第2のロボット11との間の結果的な距離は、プロービングロボット（第1ロボット10）の基準位置に対して定義することができる。その基準位置は、第1のロボット10の局所的基準座標系内に定義されてもよい。同様に、第1のロボット10に対する第2のロボット11の向きは、第1のロボット10に局所的な基準座標系内に定義された基準方向に対して定義されてもよい。あるいは、第1のロボット10と第2のロボット11との間の結果的な距離は、遠方基準座標系に対して定義されてもよい。遠方基準座標系は、第1のロボット10の局所的基準座標系と異なり、第2のロボット11の局所的基準座標系とも異なる。遠方基準座標系は、撮像装置の局所的基準座標系であってもよい。例えば、遠方基準座標系は、内視鏡の局所的基準座標系であってもよい。内視鏡は、別のロボットのアームに取り付けられていてもよい。

40

50

## 【0054】

嵌合時に第1のデータム70の向きを第3のデータム77に対して固定させることによって、第1のデータム70（ひいては第1のロボット10）の第2のロボットに対する位置および向きを単一の較正工程で計算することができる。

## 【0055】

図5に関して説明した特徴付けは、第1のロボット10と第2のロボット11、第3のデータム77およびプロセッサ61のみを利用して実行される。手術台は不要である。特徴付けが完了したら、患者は、例えばトロリーに載置され手術のための場所に運び込まれてもよい。

## 【0056】

図9に、第1のロボット10のアーム上の第1のデータム125が第2のロボット11のアーム上の第2のデータム121と嵌合する別の実施例を示す。本実施例では、第1のデータム125は、第1のロボット10のアームと一体化した3D構成である。第2のデータム121は、第2のロボット11のアームと一体化した3D構成である。図9は、第1のロボット10および第2のロボット11のアームの端部のみを示している。ロボットの残りの部分は、明瞭さと説明のし易さのために省略されている。本実施例では、第1のデータム125は、第1のロボット10のアームと一体化された嵌合面を規定する。嵌合面は、第1のロボット10のアームの筐体の一部を形成してもよいし、あるいはそこに取り付けられてもよい。第2のデータム121は、第2のロボット11のアームと一体化された相補的な嵌合面を規定する。相補的な嵌合面は、第2のロボット11のアームの筐体の一部を形成してもよいし、あるいはそこに取り付けられてもよい。相補的な嵌合面121は、嵌合面125と形状が相補的かつ係合するように構成されている。嵌合面121、125はさらに、1つの相対的な向きでのみ嵌合可能であるように相互に構成することができる。嵌合面125は、第1のロボット10の器具インターフェースであってもよい。相補的な嵌合面121は、第1のロボット10の器具インターフェースと整合する器具の部分と同じ形状を有してもよい。例えば、相補的な嵌合面121は、第2のロボット11のアームの筐体に取り付けられたダミー近位器具の端部であってもよい。

## 【0057】

第1および第2のデータム125、121はそれぞれ、データムの位置合わせを補助するための基準マーク122、123をさらに含んで構成されていてもよい。

## 【0058】

このようにして、第1および第2のロボットのアームが接合され、嵌合面125および121が嵌合されると、第1のデータム125の向きおよび距離は、上記と同様の方法で計算され得る。例えば、プロセッサ61は、嵌合面121、125が嵌合した時の第2のロボット11の関節状態の知識を利用して、第2のデータム121と第2のロボット11の基準点との間の距離を計算することができる。次いで、第1のロボット10の関節状態を使用して、第1のロボット10の基準点に対する第1のデータム125の距離および向きを計算することができる。これらの距離および向きは、第1のロボット10と第2のロボット11の距離および相対的な向きを計算するために使用することができる。

## 【0059】

図9の構成では、特徴付けを実行するためにロボットアームに追加のアイテムは必要ない。また、この構成を使用すると、別のロボットを、第2のロボット11の相補的な嵌合面121にその器具インターフェースを取り付けることによって、より容易に動作中に較正することができる。

## 【0060】

上述したように、両方のロボットのアームは共通のデータムと嵌合してもよい。共通データムは、例えば、互いに既知の関係（例えば、位置および/または向きの関係）を有する第1および第2のインターフェースを含んで構成することができる。

## 【0061】

この場合、一方のロボットの、他方のロボットに対する位置と向きを決定するために、

10

20

30

40

50

各ロボットのアーム上のデータムは共通データム上のそれぞれのインターフェースと嵌合する。共通データムの第1および第2のインターフェースは、第1のインターフェースが第1のロボット上の第1のデータムと嵌合され、第2のインターフェースが第2のロボット上の第2のデータムと結合される時、両ロボットの構成が共通データムの向きに依存するようになっていてもよい。すなわち、各ロボットのデータムの向きは、そのロボットが共通データムと嵌合される時に、共通データムの向きに対して固定される。

#### 【0062】

このようにして、プロセッサ61は、第1のロボット10のアームによって担持された第1のデータムが共通データムの第1のインターフェースと嵌合した時の第1のロボット10の関節状態から、第1のロボット10に対する共通データムの位置および向きを計算することができるとともに、第2のロボット11のアームによって担持された第2のデータムが共通データムの第2のインターフェースと嵌合した時の第2のロボット11の関節状態から、第2のロボット11に対する共通データムの位置および向きを計算することができる。共通データムは既知のジオメトリである（すなわち、第1および第2のインターフェース間の関係は既知である）ため、プロセッサは、第1および第2のデータムの両方を共通データムに嵌合させることによって、第1および第2のロボットの互いに対する向きを計算することができる。第1のロボットと第2のロボットとの間の距離も、第1のロボットと第2のロボットのそれぞれと共通データムとの間の距離から計算することができる。好適には、共通データムは3D構成である。この3D構成は、較正物体と称されることがある。

10

20

#### 【0063】

第1および第2のロボットのアームは、各アームが共通のデータムと嵌合する瞬間に共通のデータムの位置および向きが同じであれば、同時に、または並行して（そうであってもよいが）共通データムと嵌合する必要はない。したがって、第1および第2のロボットのアームは、異なる、重ならない時間帯に共通データムと嵌合することができる。しかしながら、共通データムの位置および向きは、第1のロボットのアームが共通データムと嵌合する時点と第2のロボットのアームが共通データムと嵌合する時点との間の時間において一定のままである。

#### 【0064】

共通データムの一実施例を図6Aに示す。共通データム100は、ブロック形状の3D構成である。共通データム100は、第1のインターフェース101と第2のインターフェース103とを含んで構成されている。第1および第2のインターフェースのそれぞれは、ソケットの形状を有している。ソケットは互いに対して既知の向きにある。この向きは、プロセッサ61によって認識されてもよい。

30

#### 【0065】

ブロック100は、第1のロボット10および第2のロボット11の環境内の位置および向きに固定されてもよい。ブロック100は、一方のロボットのベース上に配置されてもよいし、両方のロボットから離れていてもよい。第1および第2のロボットの位置および向きを較正するために、第1のロボットのアームによって担持された（例えば、その器具または内視鏡インターフェース上に位置する）第1のデータムがソケット103と嵌合することができるとともに、第2のロボットのアームによって担持された（例えば、その器具または内視鏡のインターフェース上の）第2のデータムがソケット101と嵌合することができる。プロセッサ61は、ソケット101および103の相対的な向きを認識しているので、ブロック100との嵌合時における両ロボットの関節状態を使用して、両ロボットの相対的な向きを計算することができる。両ロボット間の距離も計算可能である。上述したように、その向きは、一方のロボットに局所的な座標系または基準座標系内に定義された基準方向に対して計算されてもよい。あるいは、基準方向は、内視鏡のような第3の物体に局所的な座標系または基準座標系内に定義されてもよい。ロボット間の距離は、一方のロボット上の基準点と他方のロボットの基準点との間で計算することができる。それらの基準点は、例えば、ロボットのベースであってもよい。距離は、一方のロボット

40

50

(これは、向きに関して定義されたものと同じロボットであってもよい)に局所的な基準座標系内で計算されてもよい。あるいは、距離は、内視鏡のような第3の物体に局所的な基準座標系内で計算されてもよい。

【0066】

共通データムの別の実施例を図6Bに示す。共通データム105は、ブロック形状の3D構成である。共通データム105は、第1のインターフェース107および第2のインターフェース109を含んで構成されている。両方のインターフェースは共通データム105における溝の形状を有している。溝107, 109は、互いに対して既知の向きにある。この向きは、プロセッサ61によって認識されてもよい。溝107および109の相対的な向きは、図6Aのソケット103および101の相対的な向きとは異なっている。

10

【0067】

共通データムは、(図6Aの実施例のように)空間内に固定されてもよいし、移動可能であってもよい。移動可能な共通データムは、ロボットの環境内に固定位置を有していない。移動可能な共通データムは、第1のロボット10および第2のロボット11に対して移動可能である。

【0068】

移動可能な共通データムの実施例を図7に示す。移動可能な共通データム111は、2つのインターフェースを含んで構成されている。これらのインターフェースはソケットとして示されているが、任意の適切な形態を取ることができる。共通データム111はブロックとして示されているが、任意の適切な形態を取ることができる。共通データム111のジオメトリは既知であり、したがって、両ソケットの相対的な向きおよび位置は既知である。

20

【0069】

第1のロボット10および第2のロボット11の終端も示されている。第1のロボット10のアームは第1のデータム70を担持し、第2のロボット11のアームは第2のデータム79を担持する。

【0070】

本実施例では、第1のロボット10および第2のロボット11の相対的な位置および向きを計算するために、第1のデータム70および第2のデータム79の両方が同時に、または並行して共通データム111のそれぞれのソケットと嵌合するように、第1および第2のロボットのアームの両方を操作する。

30

【0071】

共通データム111と第1および第2のロボットのアームのデータム70, 79は、第1のデータム70が共通データム111の一方のインターフェースと嵌合した時に第1のロボット10のジョイント構成が共通データム111の向きに依存するとともに、第2のデータム79が共通データム111の他方のインターフェースと嵌合した時に第2のロボット11のジョイント構成が共通データム111の向きに依存するように、相互に配置されている。すなわち、共通データム111のインターフェースは、嵌合時に、共通データム111に対する第1および第2のデータム70, 79の向きを固定する。したがって、第1および第2のデータム70, 79の両方が共通データム111に嵌合する時、共通データム111は、第1および第2のロボットのデータム70, 79の相対的な向きを固定する。

40

【0072】

プロセッサ61は、図6Aおよび図6Bに示す固定の共通データムに関して上述したと同様の方法で、第1のロボット10および第2のロボット11の間の距離および相対的な向きを計算する。要約すると、プロセッサは、ロボット間の距離および向きを、i) 第1のロボット10の基準点から共通データム111までの距離、および第1のロボット10に局所的な座標系における基準方向に対する共通データム111の向きと、ii) 第2のロボット11の基準点から共通データム111までの距離と、iii) 共通データム111の2つのインターフェース間の幾何学的関係、から計算することができる。

50

## 【0073】

上述の原理は、3つ以上のロボットの位置および向きを較正するためにも使用することができる。これにはいくつかの方法がある。

## 【0074】

1つのアプローチが図8に示されており、各ロボットが基準ロボットに対して較正されるように、各ロボットを互いに対して順次、較正することを含んでいる。

## 【0075】

ロボットシステムは、3つのロボット、すなわち、第1のロボット10、第2のロボット11、および第3のロボット117を含んで構成されている。第1のロボット10は、そのアームによって担持された第1のデータム70を備えている。第2のロボット11は、そのアームによって担持された第2のデータム79と、第2のロボット11と既知の関係を有する第3のデータム77とを備えている。第3のロボット117は、そのアームによって担持された第4のデータム119を備えている。第1のロボット10は、第1のロボット10の近傍にあって、第1のロボット10との既知の関係を有する第5のデータム113をさらに備えている。例えば、第5のデータム113は、第1のロボット10のベースの近位に配置されてもよい。

10

## 【0076】

本実施例では、第3のデータム77および第5のデータム113は固定ブロックの形態であり、それぞれがソケットの形態の単一のインターフェースを有する。第1のデータム70および第4のデータム119は、それぞれのロボットの器具インターフェースまたは内視鏡インターフェースに取り付けられてもよいし、その一部を形成してもよい。この場合、ブロック77および113は、器具/内視鏡の近位端を模したような形状にすることができる。

20

## 【0077】

プロセッサ61を備えた制御回路60も各ロボットに連結された状態で示されている。

## 【0078】

ロボットがどのように較正されるかの工程を以下に説明する。

## 【0079】

第1工程として、第1のロボット10のアームに担持された第1のデータム70が、第2のロボット11のベースに取り付けられた第3のデータム77と嵌合する。嵌合すると、第1のデータム70の向きは、第3のデータム77に対して固定される。このように、プロセッサ61は、第1のデータム70が第3のデータム77と嵌合した時に測定された第1のロボット10の関節状態から、基準方向に対する第3のデータム77の向きと、第1のロボット10上の基準位置から第3のデータム77までの距離を決定することができる。第3のデータム77と第2のロボット11との関係も既知であることから、第1のロボット10の第2のロボット11に対する位置および向きも決定することができる。この場合、第2のロボット11は、基準ロボットもしくは主ロボットと呼んでもよい。

30

## 【0080】

次に、第3のロボット117のアームによって担持された第4のデータム119が、第1のロボット10のベースに取り付けられた第5のデータム113と嵌合する。第3のロボット117の構成は、第4のデータム119が第5のデータム113と嵌合した時の第5のデータム113の向きに依存することから、第4のデータム119が第5のデータム113と嵌合した時の第3のロボット117の関節状態を使用して、第3のロボット117上の基準点の第5のデータム113に対する距離および向きを決定することができる。第5のデータム113と第1のロボット10との間の関係は既知であることから、第3のロボット117と第1のロボット10との間の距離および向きを計算することができる。

40

## 【0081】

このようにして、ロボット117および10との間の関係を決定することができ、それによって、ロボット117および11との間の関係も、先に計算されたロボット10および11の間の関係に基づいて決定することができる。

50

## 【 0 0 8 2 】

あるいは、各ロボットは、（例えば、図7に示すような）移動可能ブロックの形態のデータムを用いて順次、較正されてもよい。この場合、第1および第2のデータム70, 79が同時に共通の移動可能データム111に嵌合するように、第1のロボット10および第2のロボット11を操作することができる。これにより、第1のロボット10と第2のロボット11との間の関係を、図7に関して上述したような制御システムによって計算することが可能になる。

## 【 0 0 8 3 】

これが完了すると、第1のロボット10および第3のロボット117は、第1のデータム70および第4のデータム119が共通の移動可能データム111に同時に嵌合するよう 10  
に操作される。これにより、第1のロボット10と第3のロボット117との関係を計算することが可能になる。

## 【 0 0 8 4 】

第1のロボット10と第2のロボット11との関係は既知であり、第1のロボット10と第3のロボット17との関係は既知であることから、第2のロボット11と第3のロボット17との関係を計算することができる。したがって、第2のロボット11に対する各ロボットの関係は順次、決定されてもよい。この点において、第2のロボット11は、主ロボットもしくは基準ロボットと呼ぶことができる。

## 【 0 0 8 5 】

これらの両実施例において、任意の適切な数のロボット（例えば、4つ以上）が同様の 20  
方法で較正可能であることが理解されるべきである。

## 【 0 0 8 6 】

上記の実施例では、較正をデジチェーン式に行うことによって、各ロボットを基準ロボットに対して較正することが可能である。別の実施例のセットでは、3つ（またはそれ以上）のロボットを、それらの各データムを共通データムに同時に、または並行して嵌合することによって、単一の較正工程で較正することができる。

## 【 0 0 8 7 】

例えば、データムは、各ロボットアームによって担持されたデータムと嵌合する3つ（またはそれ以上）のインターフェースを有するユニットまたはブロックの形態であってもよい。ブロックは、図7に示されたものと同様の形態であってもよいが、代わりに、既知のジオメトリまたは関係を有する3つ（またはそれ以上）のインターフェースを含んで構成され得る。ブロックのインターフェースは全て同じであってもよいし、異なってもよい。例えば、2つのインターフェースがロボットアームの器具インターフェースと相互に係合するように構成されており、もう1つのインターフェースが、（例えば、1つのアームに担持されたデータムが内視鏡インターフェース上に配置されている場合）ロボットアームの内視鏡インターフェースと相互に係合するように構成されていてもよい。

## 【 0 0 8 8 】

ロボットアームの3つ（またはそれ以上）のデータムが共通データムと同時に嵌合されると、3つ（またはそれ以上）のロボットの相対的な距離（および向き）を計算することができる。これは、嵌合時に、アームのデータムの向きが共通データムに対して、ひいて 40  
は互いに対して固定されるように、共通データムとアームのデータムとが相互に構成され得るからである。

## 【 0 0 8 9 】

例示的な構成では、複数のロボット（例えば、3つ以上）が共通のシャシ上のソケットに取り付けられてもよい。シャシはカートであってもよい。

## 【 0 0 9 0 】

このようなロボットシステムは、ロボットのソケット間の空間的關係が（例えば、制御システム60によって）既知であるように構成することができる。この構成により、ソケットの空間的配置の知識を利用して、単一の較正工程で全てのロボットの相互関係を確立することが可能になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 1 】

例えば、シャシが、4つのソケットを含んでおり、各ソケット内にそれぞれのロボットが設置されている場合、1つのロボットが別の1つのロボットに対して（例えば、本明細書に記載のいずれかの方法を使用して）較正されると、他の全てのロボット間の関係を、ソケットの空間的関係の知識から認識することができる。

## 【 0 0 9 2 】

これを行うには、制御システムは、どのロボットがどのソケットに設置されているかを認識する必要がある。そのための1つの方法は、各ソケットにID（例えば、1, 2, 3, 4等）を関連付けるとともに、各ロボットにID（例えば、A, B, C, D等）を関連付けることである。これらのIDは、事前に割り当てられていてもよいし、セットアップ手順中にその場で割り当てられてもよい。

10

## 【 0 0 9 3 】

このようにして、1つのロボットが別の1つのロボットに対して較正される際に、制御システムは、それら2つのロボットが設置されているソケットのIDを利用することができる。制御システムは、残りのロボットのIDを対応するソケットのIDに関連付けて、それらのソケットの、較正されたロボットのソケットに対する空間的配置に関する知識を利用することによって、残りのロボットの位置を決定することができる。

## 【 0 0 9 4 】

上述の原理は、図2、図7および図8に示されているものよりも、他のタイプの外科用ロボットに当てはまる。例えば、ロボットのベースは、床や天井に取り付けられていてもよいし、あるいはベッドや台に取り付けられていてもよい。ロボットアームのジョイントおよび部材は、任意の適切な方法で提供可能である。ロボットの終端要素には、ツールを患者に挿入するための摺動レールが設けられていてもよい。ロボットは手術以外の目的のものであってもよい。例えば、ロボットは、産業用の製造、試験または組立てに使用することができる。

20

## 【 0 0 9 5 】

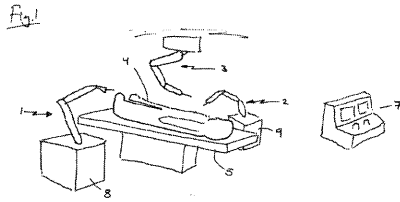
データムの相対的な位置が検出されている時には、アームのモータは作動していなくてもよく、従って重力にも対抗しない。アームが完全な可撓性を有する場合には、力センサを省略することができる。しかし、これにより、オペレータがアームを操作することがより困難になる可能性がある。

30

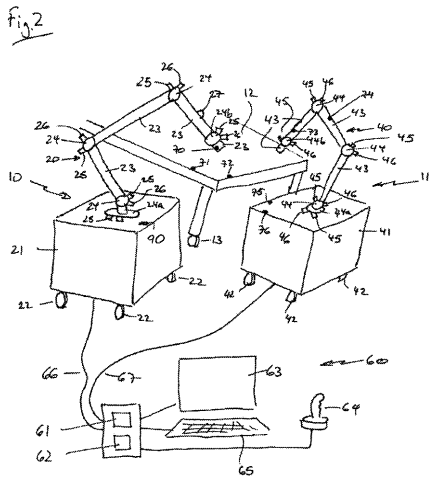
## 【 0 0 9 6 】

出願人はこれによって、ここに記載の分離した各個別の特徴および2つ以上のそのような特徴の任意の組み合わせを開示しており、そのような特徴または特徴の組み合わせが当業者の共通の一般的な知識に照らして全体として本明細書に基づいて実施されることが可能な程度に開示している。なお、そのような特徴または特徴の組合せが本明細書に開示される任意の問題を解決するかどうかは関係がなく、またかかる具体的記載が特許請求の範囲を限定するものでもない。出願人は、本発明の態様は、このような個々の特徴または特徴の組み合わせから成ってもよいことを示している。以上の説明に鑑みて、種々の改変が本発明の範囲内でなされ得ることは当業者にとって明らかであろう。

【 図 1 】

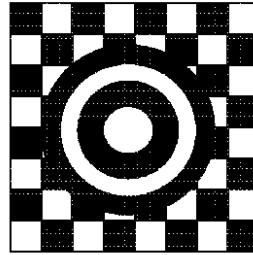


【 図 2 】

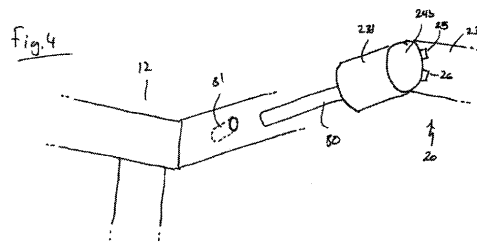


【 図 3 】

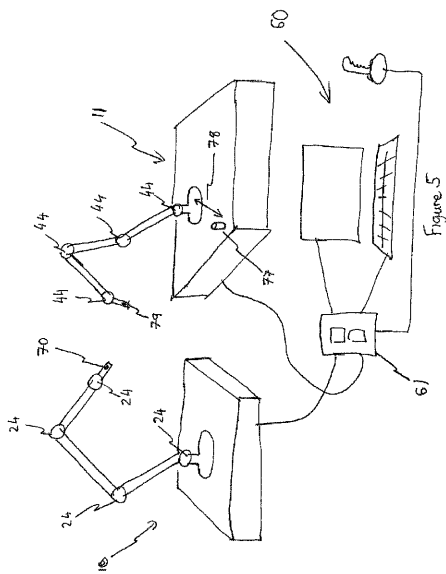
Fig 3



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 A 】

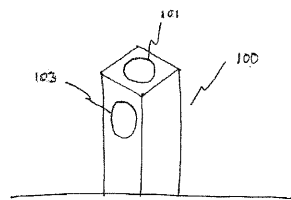


Figure 6A

【 図 6 B 】

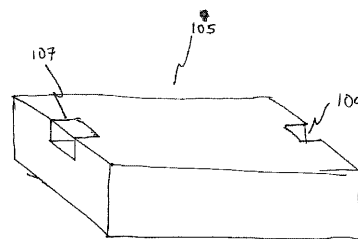


Figure 6B

【 図 7 】

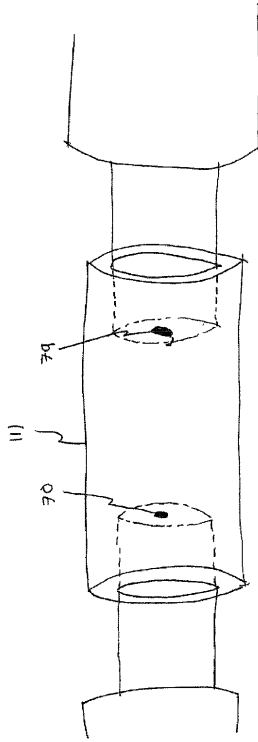


Figure 7

【 図 8 】

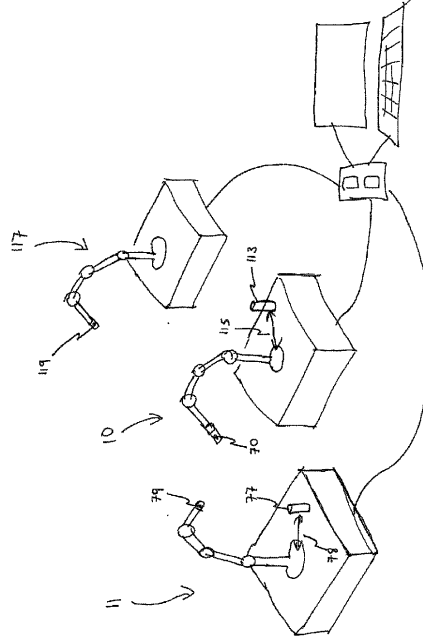


Figure 8

【 図 9 】

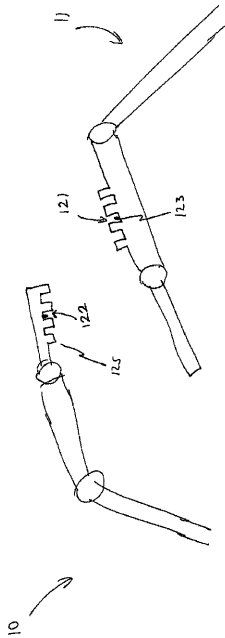


Figure 9

## 【手続補正書】

【提出日】平成30年1月30日(2018.1.30)

## 【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】

第1のロボットの環境を特徴付ける方法であって、該第1のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該第1ロボットアームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該アームによって担持された第1のデータムと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを有しており、

前記方法は、前記第1のロボットの前記アームによって担持された前記第1のデータムを、該第1のロボットの前記環境における第2のロボット上の第2のデータムに嵌合させる工程を含んでおり、該第2のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して移動させるように配置された複数のドライバとを有していると共に、該第1のロボットの該アームによって担持された前記第1のデータムと該第2のロボット上の該第2のデータムとが、嵌合時に該第1のデータムの向きが該第2のデータムに対して固定されるように相互に構成されており、

前記第1のデータムと前記第2のデータムが嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、前記第1のロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置に対する前記第2のロボットの位置と、該第1のロボットに対する該第2のロボットの向きとを計算する工程を含んでいると共に、

少なくとも前記計算された位置および向きに依存して、前記第1のロボットの前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含んでいる

ことを特徴とする第1のロボットの環境を特徴付ける方法。

## 【請求項2】

前記第2のデータムが前記第2のロボット上の物体上にあり、該第2のロボットに対する前記第1のロボットの向きを計算する前記工程が、前記第1のデータムと該第2のデータムが嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、該第1のロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準方向に対する前記第2のデータムの向きを計算する工程を含んでいる請求項1に記載の方法。

## 【請求項3】

前記ドライバを制御して前記計算された位置および向きに依存して前記第1のロボットの前記アームの構成を再設定する前記工程が、前記計算された距離および向きに依存して各アーム間の衝突を阻止するように該ドライバを制御する工程を含んでいる請求項1または2に記載の方法。

## 【請求項4】

前記第1のロボットの前記アームを、直接外力を加えることにより操作して、前記第1のデータムを前記第2のデータムに接触するように移動させる工程を含んでいる請求項1～3の何れか1項に記載の方法。

## 【請求項5】

ロボットシステムであって、

第1および第2のロボットを含んで構成されており、該第1および第2のロボットのそれぞれが、

ベースと、

前記ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能に

する複数のジョイントを有するアームと、

前記ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、

前記ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されており、

第1のロボットは、該第1のロボットの前記アームによって担持された第1のデータムを更に含んで構成されていると共に前記第2のロボットは第2のデータムを含んで構成されており、該第1および第2のデータムが、嵌合時に該第1のデータムの向きが該第2のデータムに対して固定されるように相互に構成されており、

前記第1のロボットが、制御ユニットを更に含んで構成されており、該制御ユニットが、(i)該第1のロボットの前記アームに担持された前記第1のデータムが前記第2のロボット上の前記第2のデータムと嵌合した時の前記位置センサの出力に依存して、該第1のロボットに局所的な基準座標系内に定義された基準位置に対する該第2のロボットの位置と、該第1のロボットに対する該第2のロボットの向きとを計算すると共に、(ii)次いで、少なくとも該計算された位置および向きに依存して、該第1のロボットの前記アームの構成を再設定するように前記ドライバを制御するように構成されている

ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項6】

第1および第2のロボットの環境を特徴付ける方法であって、該第1および第2のロボットのそれぞれが、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを有していると共に、該第1のロボットの該アームが第1のデータムを担持するインターフェースを含んで構成されており、

前記方法は、前記第1のロボットの前記インターフェースによって担持された前記第1のデータムを、前記第1および第2のロボットの環境における第2のデータムの近位器具または内視鏡の端部の形状のインターフェースと嵌合させる工程を含んでおり、該第1のロボットの該第1のデータムと該第2のデータムとが、該第1のデータムと該第2のデータムの嵌合時に該第1のデータムの向きが該第2のデータムに対して固定されると共に該第2のデータムが該第2のロボットの前記アームに対して既知の関係を有するように相互に構成されており、

前記第1のデータムと前記第2のデータムが嵌合した時の前記第1のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第1のロボットに対する前記第2のロボットの向きおよび位置を計算する工程を含んでいると共に、

少なくとも前記計算された向きおよび/または位置に依存して、前記第1および第2のロボットのの前記アームのうち少なくとも一方の構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含んでいる

ことを特徴とする第1および第2のロボットの環境を特徴付ける方法。

【請求項7】

前記第1のデータムと第2のデータムが嵌合した時の前記第1のロボットの前記アームの前記位置センサの出力と、該第2のデータムの、前記第2のロボットの前記アームに対する既知の関係とに依存して、前記第1のロボットと前記第2のロボットの間の向きおよび位置を計算する請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記第2のデータムが、前記第2のロボット上に配置される請求項6または7に記載の方法。

【請求項9】

前記第2のロボットの前記アームが第3のデータムを担持し、前記第2のデータムが前記第1および第3のデータムに嵌合するための第1および第2のインターフェースを含んで構成されていると共に、該第1のインターフェースが該第2のインターフェースに対して既知の関係を有する請求項6～8の何れか1項に記載の方法であって、

前記方法は、前記第 1 のデータムを前記第 2 のデータムの前記第 1 のインターフェースに嵌合させる工程と、

前記第 2 のデータムが、前記第 1 のインターフェースが前記第 1 のデータムと嵌合した時と同じ位置および向きにある時に、前記第 3 のデータムを該第 2 のデータムの前記第 2 のインターフェースに嵌合させる工程と、

i) 前記第 1 のデータムと前記第 1 のインターフェースが嵌合した時の前記第 1 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力と、ii) 前記第 3 のデータムと前記第 2 のインターフェースとが嵌合した時の前記第 2 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力とに依存して、該第 1 のロボットに対する該第 2 のロボットの向きおよび位置を計算する工程を含んでいる方法。

【請求項 10】

前記第 2 のデータムが、前記環境における固定された位置および向きを有している請求項 6 ~ 9 の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 2 のデータムが移動可能なブロックであり、前記第 1 のデータムが前記第 1 のインターフェースに、前記第 3 のデータムが前記第 2 のインターフェースにそれぞれ同時に嵌合する請求項 9 に記載の方法。

【請求項 12】

第 3 のロボットの環境を特徴付ける工程を更に含んでおり、該第 3 のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されていると共に、該第 3 のロボットの該アームが第 4 のデータムを担持している請求項 6 ~ 11 の何れか 1 項に記載の方法であって、

前記方法は、更に、前記第 4 のデータムを、前記第 1 のロボットの前記環境における物体のデータムに嵌合させる工程を含んでおり、該第 4 のデータムと該第 1 のロボットの該環境における該物体の該データムとが、該第 4 のデータムと該第 1 のロボットの該環境における該物体の該データムの嵌合時に該第 4 のデータムの向きが該物体の該データムに対して固定されると共に該物体の該データムが該第 1 のロボットの前記アームに対して既知の関係を有するように相互に構成されており、

前記第 4 のデータムと前記第 1 のロボットの前記環境における前記物体の前記データムが嵌合した時の前記第 3 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第 3 のロボットに対する該第 1 のロボットの向きおよび位置を計算する工程を含んでいると共に、

少なくとも前記計算された向きおよび/または位置に依存して、前記第 1 および第 3 のロボットの前記アームのうち少なくとも一方の構成を再設定するように前記ドライバを制御する工程を含んでいる方法。

【請求項 13】

前記第 1 のロボットと前記第 2 のロボットの間、および前記第 3 のロボットと該第 1 のロボットの間の前記計算された向きおよび位置に依存して、該第 3 のロボットと該第 2 のロボットの間向きおよび位置を計算する工程を更に含んでいる請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

第 3 のロボットの環境を特徴付ける工程を更に含んでおり、該第 3 のロボットは、ベースと、該ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、該ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、該ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されていると共に、該第 3 のロボットの該アームが第 4 のデータムを担持しており、前記第 2 のデータムは該第 3 のロボットの該アーム上のデータムと嵌合するための第 3 のインターフェースを更に含んで構成されていると共に、該第 3 のインターフェ

ースが前記第 1 および第 2 のインターフェースと既知の関係を有している請求項 9 に記載の方法であって、

前記方法は、更に、前記第 2 のデータムが、前記第 1 および第 2 のインターフェースが前記第 1 および第 3 のデータムと嵌合した時と同じ位置および向きにある時に、前記第 4 のデータムを該第 2 のデータムの前記第 3 のインターフェースに嵌合させる工程と、

前記第 1 , 第 3 および第 4 のデータムと前記第 2 のデータムのそれぞれの前記インターフェースが嵌合した時の前記第 1 , 第 2 および第 3 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第 1 , 第 2 および第 3 のロボットの間の向きおよび位置を計算する工程を含んでいる方法。

【請求項 15】

ロボットシステムであって、該ロボットシステムは、

第 1 および第 2 のロボットであって、該第 1 および第 2 のロボットのそれぞれが、ベースと、

前記ベースから延びる可撓性を有するアームであって、該アームの構成を変更可能にする複数のジョイントを有するアームと、

前記ジョイントを駆動して動かすように配置された複数のドライバと、

前記ジョイントのそれぞれの位置を感知するための複数の位置センサとを含んで構成されており、

該第 1 のロボットが、第 1 のデータムを担持するインターフェースを更に含んで構成されている第 1 および第 2 のロボットと、

第 2 のデータムであって、近位器具または内視鏡の端部の形状のインターフェースを含んで構成されており、前記第 1 のデータムと該第 2 のデータムは、該第 1 のデータムと該第 2 のデータムの該インターフェースとの嵌合時に、該第 1 のデータムの向きが該第 2 のデータムに対して固定されると共に該第 2 のデータムが前記第 2 のロボットの前記アームに対して既知の関係を有するように相互に構成されている第 2 のデータムと、

制御ユニットであって、( i ) 前記第 1 のデータムと前記第 2 のデータムが嵌合した時の前記第 1 のロボットの前記アームの前記位置センサの出力に依存して、該第 1 のロボットに対する前記第 2 のロボットの向きおよび位置を計算すると共に、( i i ) 少なくとも前記計算された向きおよび / または位置に依存して、該第 1 および第 2 のロボットの前記アームのうち少なくとも一方の構成を再設定するように前記ドライバを制御するように構成されている制御ユニットと

を、含んで構成されていることを特徴とするロボットシステム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

第 1 の駆動モードでは、アームの構成は、コントローラ 64 から受信した入力に応じて設定される。このモードでは、オペレータはコントローラ 64 を使用してアームの目的とする構成、例えばアームの遠位端の目的とする位置および / または姿勢を信号で送ることができる。プロセッサ 61 は、目的とする構成が達成されることになるアームのジョイント 24 の構成を決定する。プロセッサ 61 が新しい構成を選択すると、モータに信号を送り、アームをその構成にするのに必要な状態をジョイント 24 に採用させる。このようにして、駆動モードでは、オペレータは遠隔的にロボットに信号を送って、アームの一部、例えば遠位端、またはアームによって担持されるツールの先端を動かす、目的とする位置に移動させることができる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0037】

特徴付けがどのように実行され得るかの一例では、ロボット10のアーム20は、その外面に可視基準マークまたはデータム70を備えている。環境内の各要素には、このようなデータムが2つ設けられている。したがって、台12にはデータム71, 72が設けられ、ロボット11のアーム40にはデータム73, 74が設けられている。ユーザは、例えば、制御パネル65を用いてプロセッサ61に、環境特徴付け操作が実行されようとしていることを示す。その入力に応答して、プロセッサ61は自動的にアーム20を準拠モードにすることができる。あるいは、ユーザは、準拠モードを手動で選択することができる。次いでユーザは、データム70がデータム71に接触するような構成にアーム20を押し込み、アーム20がその状態にあることを示すためにプロセッサ61に入力を行う。その入力は、制御パネル65、またはアーム20自体の入力装置27を使用して行うことができる。入力装置27は、ユーザがアーム20を手動で動かすためにより便利に配置される。プロセッサ61は、その入力を受信すると、アーム20のジョイントにおける位置センサから、およびアーム20のジョイントの間隔および動作範囲を規定するメモリ62に記憶されたデータから、アーム20の構成を決定する。また、メモリ62は、データム70が配置されているアーム要素に対するデータム70の位置関係、およびロボット10のベース21上の基準点90に対するアームの近位ジョイントの位置関係を規定するデータも記憶している。この情報により、プロセッサ61は、データム70がデータム71に接触している時のロボット10のベース21上の基準点90から台12上のデータム71までの距離および方向を決定することができる。この決定は、メモリ62に記憶されている、その目的を果たすように構成されたコードを実行するプロセッサ61によって行われ得る。そして、決定された距離および方向は、メモリ62に記憶される。同じ処理がデータム72について繰り返される。すなわち、アーム20が操作されてデータム70がデータム72に接触し、その状態が制御ユニット60に信号で送られ、プロセッサ61が基準点90からデータム72までの距離および方向を計算して記憶する。メモリ62は、台12に関するデータ、具体的にはその形状と大きさ、および台12上のデータム71および72の位置を記憶する。その情報を用いて、基準点70とテーブル上の離間した両データム71, 72との間の関係が確立されると、プロセッサ61は、ロボット10のベース21に対する台12の向きおよび距離を完全に確立することができる。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0048】

プロセッサ61を含んで構成される制御ユニットは全体を60で示されている。

## 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0077

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0077】

プロセッサ61を備えた制御ユニット60も各ロボットに連結された状態で示されている。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/GB2016/051557
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B25J9/16 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B25J G05B		
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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 010 390 B2 (GRAF STEFAN [DE] ET AL) 7 March 2006 (2006-03-07) column 1, line 4 - line 51 column 2, line 1 - line 26 column 3, line 55 - line 51 column 4, line 12 - line 21 figures 1 - 4	1-32
X	----- WO 2014/148032 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 25 September 2014 (2014-09-25) the whole document & US 2016/023355 A1 (KOMATSU TAKAMICHI [JP] ET AL) 28 January 2016 (2016-01-28) paragraph [0024] - paragraph [0027] paragraph [0034] paragraph [0042] - paragraph [0044] paragraph [0051] figure 3 ----- -/--	1-32
<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 application or patent 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 23 September 2016		Date of mailing of the international search report 30/09/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Falconi, Riccardo

1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/GB2016/051557

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 333 242 A (WATANABE ATSUSHI [JP] ET AL) 26 July 1994 (1994-07-26) the whole document	1-32
A	----- US 2014/277715 A1 (NAGAI RYOICHI [JP] ET AL) 18 September 2014 (2014-09-18) the whole document	1-32
A	----- US 2014/277722 A1 (NAGAI RYOICHI [JP] ET AL) 18 September 2014 (2014-09-18) the whole document -----	1-32

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2016/051557

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7010390	B2	07-03-2006	NONE
-----			
WO 2014148032	A1	25-09-2014	CN 105073349 A 18-11-2015
			US 2016023355 A1 28-01-2016
			WO 2014148032 A1 25-09-2014
-----			
US 5333242	A	26-07-1994	DE 69113024 D1 19-10-1995
			DE 69113024 T2 01-02-1996
			EP 0511396 A1 04-11-1992
			JP 2783456 B2 06-08-1998
			JP H04181405 A 29-06-1992
			US 5333242 A 26-07-1994
			WO 9209019 A1 29-05-1992
-----			
US 2014277715	A1	18-09-2014	CN 104044143 A 17-09-2014
			EP 2783807 A2 01-10-2014
			JP 5678979 B2 04-03-2015
			JP 2014176944 A 25-09-2014
			US 2014277715 A1 18-09-2014
-----			
US 2014277722	A1	18-09-2014	CN 104044131 A 17-09-2014
			EP 2783806 A2 01-10-2014
			JP 2014176943 A 25-09-2014
			US 2014277722 A1 18-09-2014
-----			

## フロントページの続き

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

(74) 代理人 110001966  
特許業務法人笠井中根国際特許事務所

(74) 代理人 100147717  
弁理士 中根 美枝

(74) 代理人 100103252  
弁理士 笠井 美孝

(72) 発明者 ヘアーズ, ルーク デイビッド ロナルド  
英国 シービー23 7ピーエイチ ケンブリッジシャー ケンブリッジ ホースル マディング  
リー ロード クロム リー ビジネス パーク ユニット 2 ケア オブ ケンブリッジ メ  
ディカル ロボティックス リミテッド

Fターム(参考) 3C707 AS35 BS09 CU07 KS16 KS35 LT17 LV02

## 【要約の続き】

るように前記ドライバを制御する工程を含んでいる。

## 【選択図】図2

专利名称(译)	机器人环境的表征		
公开(公告)号	<a href="#">JP2018524186A</a>	公开(公告)日	2018-08-30
申请号	JP2017561818	申请日	2016-05-27
[标]发明人	ヘアーズ, ルーク デイビッド ロナルド		
发明人	ヘアーズ, ルーク デイビッド ロナルド		
IPC分类号	B25J9/10 B25J9/16 A61B34/35		
CPC分类号	B25J9/1692 A61B34/30 A61B34/32 B25J9/1679 B25J9/1682 G05B2219/39021 G05B2219/39024 G05B2219/39026 G05B2219/39047 G05B2219/39051 G05B2219/39135 G05B2219/39399 Y10S901/09 Y10S901/15 Y10S901/46		
FI分类号	B25J9/10.A B25J9/16 A61B34/35		
F-TERM分类号	3C707/AS35 3C707/BS09 3C707/CU07 3C707/KS16 3C707/KS35 3C707/LT17 3C707/LV02		
优先权	2015009341 2015-05-29 GB		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

一种表征机器人环境的方法，该机器人包括：基座；从基座延伸的柔性臂，该臂具有多个关节以允许该臂的构造；数据由多个驱动器和多个位置传感器承载，该多个驱动器被布置成驱动和移动关节，该多个位置传感器用于感测每个关节的位置，该方法包括：在第一机器人的环境中，将由手臂携带的基准与第二机器人上的第一基准接触，第二机器人包括基座和基座。一种具有柔性延伸部的臂，该臂具有能够改变该臂的构造的多个关节，以及驱动该关节的可动臂。并且布置多个驱动器，使得根据位置传感器的输出，在机器人局部的参考坐标系和第一基准中定义参考位置。计算它们之间的距离，并至少根据计算出的距离，控制驾驶员以重新配置第一机器人的手臂的配置。 [选择图]图2

