

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6660302号  
(P6660302)

(45) 発行日 令和2年3月11日 (2020.3.11)

(24) 登録日 令和2年2月12日 (2020.2.12)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B 34/30 (2016.01)

A 6 1 B 34/30

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-557122 (P2016-557122)	(73) 特許権者	510253996
(86) (22) 出願日	平成27年3月17日 (2015.3.17)		インテュイティブ サージカル オペレー
(65) 公表番号	特表2017-514542 (P2017-514542A)		ションズ, インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成29年6月8日 (2017.6.8)		アメリカ合衆国 94086 カリフォル
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/021097		ニア州 サニーヴェイル キーファー・ロ
(87) 国際公開番号	W02015/142947		ード 1020
(87) 国際公開日	平成27年9月24日 (2015.9.24)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成30年3月6日 (2018.3.6)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	61/954, 261	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成26年3月17日 (2014.3.17)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100091214
(31) 優先権主張番号	62/024, 887		弁理士 大貫 進介
(32) 優先日	平成26年7月15日 (2014.7.15)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基準目標に合わせるシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンピュータ支援医療装置であって：

構造物；

前記構造物の近位にある 1 又は複数の第 1 ジョイント；

前記構造物の遠位にある 1 又は複数の第 2 ジョイントを含み、且つ、基準器具を前記構造物に結合させるように構成された多関節アーム；及び

制御ユニット；を含み、

前記制御ユニットは：

前記基準器具の基準点及び前記基準器具の基準方向を含む前記基準器具の姿勢を決定し、前記基準点は、前記基準器具の遠隔中心であり；

前記第 1 ジョイントを用い、前記構造物に関連付けられる所定点が前記基準点の鉛直上方にあるように、前記構造物を位置付け、前記所定点は、前記構造物の回転中心であり；

前記第 1 ジョイントを用い、前記構造物の前面方向ベクトルを前記基準方向の水平成分に合わせるように前記構造物を方向付け；且つ

前記構造物を方向付けている間、前記第 2 ジョイントを用い、前記基準器具の前記姿勢を維持する；

コンピュータ支援医療装置。

【請求項 2】

10

20

前記制御ユニットは更に、前記構造物と前記基準点との間の距離を調整する、請求項 1 の装置。

【請求項 3】

前記構造物は、オリエンテーション・プラットフォームを含む、請求項 2 の装置。

【請求項 4】

前記距離は、前記基準点の上で前記構造物の作業高さを維持するために選択される、請求項 2 又は 3 の装置。

【請求項 5】

前記制御ユニットは更に、

前記第 2 ジョイントの 1 又は複数をロックし、或いは、

非作動ジョイントである前記第 2 ジョイントの 1 又は複数のロックを解除し、或いは

、  
ロックが解除されている前記第 2 ジョイントの 1 又は複数に関連付けられた 1 又は複数のブレーキを解除し、或いは、

ロックが解除されている前記第 2 ジョイントの 1 又は複数に関連付けられた 1 又は複数のブレーキを部分的に解除する、

請求項 1 乃至 4 の何れかの装置。

【請求項 6】

前記制御ユニットは更に、前記基準器具の前記姿勢を維持するために、前記第 2 ジョイントに結合された 1 又は複数の第 1 アクチュエータに 1 又は複数の命令を送信する、請求項 1 乃至 5 の何れかの装置。

【請求項 7】

前記制御ユニットは更に：

前記構造物を位置付け或いは方向付ける前に、第 1 座標系における前記基準器具の基準変換を決定し；

前記構造物が位置付けられ且つ方向付けられている間に前記第 1 座標系における前記基準器具の実際の変換を決定し；

前記基準変換と前記実際の変換との間の差を決定し；且つ

前記差に基づいて前記第 2 ジョイントを駆動することで前記基準器具の前記姿勢を維持する；

請求項 1 乃至 6 の何れかの装置。

【請求項 8】

前記第 2 ジョイントは、前記構造物に関して前記基準器具のロール、ピッチ、及びヨーを制御するように構成される、

請求項 1 乃至 7 の何れかの装置。

【請求項 9】

前記制御ユニットは、同時に、前記構造物を位置付け、前記構造物を回転させ、且つ、前記基準器具の前記姿勢を維持する、

請求項 1 乃至 8 の何れかの装置。

【請求項 10】

前記構造物の遠位にある 1 又は複数の追加の多関節アームを更に含み、

前記追加の多関節アームのそれぞれは、1 又は複数の第 3 ジョイントを含み、

前記制御ユニットは更に、

前記第 3 ジョイントの 1 又は複数をロックし、或いは、

前記第 3 ジョイントの 1 又は複数を浮遊状態に置く、

請求項 1 乃至 9 の何れかの装置。

【請求項 11】

前記制御ユニットは、

関節運動していないジョイントである前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状

10

20

30

40

50

態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に関連付けられた 1 又は複数のブレーキを解除し、或いは、

前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に関連付けられた 1 又は複数のブレーキを解除する、

請求項 1 0 の装置。

【請求項 1 2】

前記制御ユニットは、

作動ジョイントである前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に、それぞれの実際の位置に対する命令を出し、或いは、

作動ジョイントである前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に、それぞれの実際の速度に対する命令を出し、或いは、

作動ジョイントである前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に、それぞれ抵抗又はトルクをもたらす、或いは、

作動ジョイントである前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に、それぞれの実際の位置とそれぞれの命令された位置との間のそれぞれの位置に対する命令を出し、或いは、

作動ジョイントである前記第 3 ジョイントの 1 又は複数が前記浮遊状態のときに、前記第 3 ジョイントの 1 又は複数に、それぞれの実際の速度よりも小さいそれぞれの速度に対する命令を出す、

請求項 1 0 又は 1 1 の装置。

【請求項 1 3】

医療装置の作動方法であって：

前記医療装置の制御ユニットが、前記医療装置の基準器具の基準点及び前記基準器具の基準方向を含む前記基準器具の姿勢を決定することであって、前記基準点は前記基準器具の遠隔中心である、前記基準器具の姿勢を決定すること；

前記医療装置の 1 又は複数の第 1 ジョイントが、前記医療装置の一部である構造物に関連付けられる所定点が前記基準点の鉛直上方にあるように、前記構造物を位置付けることであって、前記所定点は前記構造物の回転中心であり、前記 1 又は複数の第 1 ジョイントは前記構造物の近位にある、前記構造物を位置付けること；

前記第 1 ジョイントが、前記構造物の前面方向ベクトルを前記基準方向の水平成分に合わせるように前記構造物を方向付けること；及び

前記制御ユニットが、前記構造物が方向付けられている間、前記構造物の遠位にあり且つ前記基準器具の近位にある 1 又は複数の第 2 ジョイントを用いて前記基準器具の前記姿勢を維持すること；

を含む方法。

【請求項 1 4】

前記制御ユニットが、前記構造物と前記基準点との間の距離を調整することを更に含み、

前記基準点は前記基準器具の遠隔中心である、

請求項 1 3 の方法。

【請求項 1 5】

前記構造物を位置付け或いは方向付ける前に、前記制御ユニットが、第 1 座標系における前記基準器具の基準変換を決定すること；

前記構造物が位置付けられ且つ方向付けられている間に、前記制御ユニットが、前記第 1 座標系における前記基準器具の実際の変換を決定すること；

前記制御ユニットが、前記基準変換と前記実際の変換との間の差を決定すること；及び

前記制御ユニットが、前記差に基づいて前記第 2 ジョイントを駆動することで前記基準器具の前記姿勢を維持すること；

を更に含む請求項 1 3 又は 1 4 の方法。

【請求項 1 6】

医療装置に関連付けられた 1 又は複数のプロセッサによって実行されたときに、前記 1 又は複数のプロセッサに方法を実行させるように構成された複数の機械可読命令を含む非一時的な機械可読媒体であり、

前記方法は：

前記医療装置の基準器具の基準点及び前記基準器具の基準方向を含む前記基準器具の姿勢を決定することであって、前記基準点は前記基準器具の遠隔中心である、前記基準器具の姿勢を決定すること；

前記医療装置の 1 又は複数の第 1 ジョイントを用いて、前記医療装置の一部である構造物に関連付けられる所定点が前記基準点の鉛直上方にあるように、前記構造物を位置付けることであって、前記所定点は前記構造物の回転中心であり、前記 1 又は複数の第 1 ジョイントは前記構造物の近位にある、前記構造物を位置付けること；

前記構造物の前面方向ベクトルを前記基準方向の水平成分に合わせるように前記第 1 ジョイントを用いて前記構造物を方向付けること；及び

前記構造物が方向付けられている間、前記構造物の遠位にあり且つ前記基準器具の近位にある 1 又は複数の第 2 ジョイントを用いて前記基準器具の前記姿勢を維持すること；を含む、

非一時的な機械可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、2014年3月17日に提出された“System and Method for Aligning with a Reference Target”というタイトルの米国仮出願第61/954261号と、2014年7月15日に提出された“System and Method for Aligning with a Reference Target”というタイトルの米国仮出願第62/024887号の優先権を主張し、参照によりそれらの全てが本書に援用される。

【0002】

本開示は、概して、多関節アームを備えた装置の操作に関し、より具体的には、基準目標に合わせることに関する。

【背景技術】

【0003】

ますます多くの装置が自律的及び半自律的な電子装置で置き換えられてきている。これは、手術室、介入室、集中治療病室、救急処置室等で見出される多くの自律的及び半自律的な電子装置がある今日の病院に特に当てはまる。例えば、ガラスと水銀でできた温度計は電子温度計で置き換えられ、静脈内点滴線は今では電子モニタ及び流量レギュレータを含み、また、従来のハンドヘルドの手術器具はコンピュータ支援医療装置で置き換えられている。

【0004】

これらの電子装置は、それらを操作する者に利点と課題の双方をもたらす。これらの電子装置の多くは、1 又は複数の多関節アーム及び／又はエンドエフェクタの自律的な或いは半自律的な動作を可能にし得る。これらの多関節アーム及びそれらのエンドエフェクタが使用される前に、それらは通常、所望の作業位置及び方向に或いはその近くに移動させられる。この移動は、1 又は複数のユーザ入力コントロールを用いた遠隔操作又はリモート操作によって行われる場合がある。これらの電子装置の複雑さは増大しており、また、多関節アームは多くの自由度を含むため、遠隔操作による所望の作業位置及び方向への移動は、複雑で且つ／或いは時間の掛かるものとなり得る。また、これらの電子装置のオペレータは、多関節アーム、又は、多関節アームに結合される医療器具等のエンドエフェクタの 1 又は複数のものの運動の限界に必ずしも気付いていない場合がある。結果として、オペレータは、セットアップ後に最適な運動の範囲を提供する多関節アームの最良の初期作業位置をもたらすことができない場合がある。

【先行技術文献】

## 【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国仮出願第61/954261号明細書

【特許文献2】米国仮出願第62/024887号明細書

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、多関節アーム及びそれらのエンドエフェクタの初期の位置決めのための改善された方法及びシステムが望まれる。

## 【課題を解決するための手段】

10

【0007】

いくつかの実施例にしたがい、コンピュータ支援医療装置は、オリエンテーション・プラットフォームと、オリエンテーション・プラットフォームの近位にある1又は複数の第1ジョイントと、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にある1又は複数の第2ジョイントと、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にある1又は複数のリンクと、第2ジョイント及びリンクによってオリエンテーション・プラットフォームに結合される基準器具と、第1ジョイント及び第2ジョイントに結合される制御ユニットとを含む。制御ユニットは、基準器具の姿勢を決定する。その姿勢は、基準点と基準方向を含む。制御ユニットは更に、第1ジョイントを用いて基準点の上にオリエンテーション・プラットフォームを位置付け、第1ジョイントを用いてオリエンテーション・プラットフォームを基準方向に合わせるためにオリエンテーション・プラットフォームを回転させ、且つ、第2ジョイントを用いて基準器具の姿勢を維持する。

20

【0008】

いくつかの実施例にしたがい、医療装置における動きを制御する方法は、医療装置の基準器具の姿勢を決定することを含む。その姿勢は、基準点と基準方向を含む。その方法は更に、1又は複数の第1ジョイントを用いて基準点の上に医療装置のオリエンテーション・プラットフォームを位置付けること、第1ジョイントを用いてオリエンテーション・プラットフォームを基準方向に合わせるためにオリエンテーション・プラットフォームを回転させること、及び、1又は複数の第2ジョイントを用いて基準器具の姿勢を維持することを含む。1又は複数の第1ジョイントは、オリエンテーション・プラットフォームの近位にある。1又は複数の第2ジョイントは、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にあり、且つ、基準器具の近位にある。

30

【0009】

いくつかの実施例にしたがい、非一時的な機械可読媒体は、医療装置に関連付けられた1又は複数のプロセッサによって実行された場合に、その1又は複数のプロセッサに、ある方法を実行させるように構成されている複数の機械可読命令を含む。その方法は、医療装置の基準器具の姿勢を決定することを含む。その姿勢は、基準点と基準方向を含む。その方法は更に、1又は複数の第1ジョイントを用いて基準点の上に医療装置のオリエンテーション・プラットフォームを位置付けること、第1ジョイントを用いてオリエンテーション・プラットフォームを基準方向に合わせるためにオリエンテーション・プラットフォームを回転させること、及び、1又は複数の第2ジョイントを用いて基準器具の姿勢を維持することを含む。1又は複数の第1ジョイントは、オリエンテーション・プラットフォームの近位にある。1又は複数の第2ジョイントは、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にあり、且つ、基準器具の近位にある。

40

## 【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】いくつかの実施例にしたがったコンピュータ支援装置の簡略図である。

【図2】いくつかの実施例にしたがったコンピュータ支援装置を示す簡略図である。

【図3A】いくつかの実施例にしたがった目標設定操作の前の図2のオリエンテーション・プラットフォームの姿勢の上面図を示す簡略図である。

50

【図 3 B】いくつかの実施例にしたがった目標設定操作の後の図 2 のオリエンテーション・プラットフォームの姿勢の上面図を示す簡略図である。

【図 4】いくつかの実施例にしたがった基準目標に合わせる方法の簡略図である。

【図 5】いくつかの実施例にしたがったオリエンテーション・プラットフォームの運動の際に基準器具の姿勢を維持するプロセスの簡略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図面では、同一の記号表示を有する要素は同一の或いは同等の機能を有する。以下の説明では、本開示にしたがったいくつかの実施例を記述する具体的な詳細が説明される。しかしながら、これらの具体的な詳細のいくつか或いは全てが無い状態で、いくつかの実施例が実施され得ることは当業者によって明らかであろう。本書で開示される具体的な実施例は例示を意図し限定を意図しない。当業者は、本書では具体的に説明されていないが本開示の範囲及び精神に含まれる他の要素を実現し得る。また、不要な繰り返しを避けるために、1つの実施例に関連して図示され且つ説明された1又は複数の特徴は、別に具体的に記載されていない限り、或いは、その1又は複数の特徴が実施例を非機能的にしない限り、他の実施例に組み込まれ得る。

【0012】

図 1 は、いくつかの実施例にしたがったコンピュータ支援システム 100 の簡略図である。図 1 に示すように、コンピュータ支援システム 100 は、1 又は複数の可動の或いは多関節のアーム 120 を有する装置 110 を含む。1 又は複数の多関節アーム 120 のそれぞれは、1 又は複数のエンドエフェクタを支持し得る。いくつかの例では、装置 110 は、コンピュータ支援手術装置と一致していてもよい。一又は複数の多関節アーム 120 はそれぞれ、手術器具、撮像装置、及び/又はそれらと同様のもののための支持部を提供する。装置 110 は更に、オペレータワークステーション（図示せず。）に結合されてもよい。オペレータワークステーションは、装置 110、1 又は複数の多関節アーム 120、及び/又はエンドエフェクタを操作するための 1 又は複数のマスタコントロールを含んでいてもよい。いくつかの実施例では、装置 110 及びオペレータワークステーションは、カリフォルニア州のサニーベールにある Intuitive Surgical 社によって市販されている da Vinci（登録商標）Surgical System に対応するものであってもよい。いくつかの実施例では、他の構成、より少ない或いはより多くの多関節アーム、及び/又は、それらと同様のものを有するコンピュータ支援手術装置が、コンピュータ支援システム 100 と共に用いられてもよい。

【0013】

装置 110 は、インタフェースを介して制御ユニット 130 に結合される。インタフェースは、一又は複数のケーブル、コネクタ、及び/又はバスを含んでいてもよく、1 又は複数のネットワーク切り替え装置及び/又はルーティング装置を備えた 1 又は複数のネットワークを更に含んでいてもよい。制御ユニット 130 は、メモリ 150 に結合されたプロセッサ 140 を含む。制御ユニット 130 の動作は、プロセッサ 140 によって制御される。制御ユニット 130 はただ 1 つのプロセッサ 140 と共に示されているが、プロセッサ 140 は、制御ユニット 130 における、1 又は複数の中央処理ユニット、マルチコアプロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA）、特定用途向け集積回路（ASIC）及び/又はそれらと同様のものの代表であっててもよいことが理解されるべきである。制御ユニット 130 は、計算装置に追加されるスタンドアロンのサブシステム及び/若しくはボードとして、或いは、仮想マシンとして実現されてもよい。いくつかの実施例では、制御ユニットは、オペレータワークステーションの一部として含まれていてもよく、且つ/或いは、オペレータワークステーションと協調はするがオペレータワークステーションとは別に操作されてもよい。

【0014】

メモリ 150 は、制御ユニット 130 によって実行されるソフトウェア、及び/又は、

10

20

30

40

50

制御ユニット１３０の動作中に使用される１又は複数のデータ構造を保存するために用いられてもよい。メモリ１５０は、１又は複数のタイプの機械可読媒体を含み得る。機械可読媒体のいくつかの一般的な形態は、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、他の任意の磁気媒体、ＣＤ－ＲＯＭ、他の任意の光学媒体、パンチカード、紙テープ、孔のパターンを有する他の任意の物理媒体、ＲＡＭ、ＰＲＯＭ、ＥＰＲＯＭ、ＦＬＡＳＨ－ＥＰＲＯＭ、他の任意のメモリチップ若しくはカートリッジ、及び／又は、プロセッサ若しくはコンピュータが読み取れるように構成された他の任意の媒体を含み得る。

#### 【００１５】

図示されるように、メモリ１５０は、装置１１０の自律的及び／又は半自律的制御をサポートするために使用され得る運動制御アプリケーション１６０を含む。運動制御アプリケーション１６０は、装置１１０から位置、運動、及び／若しくは他のセンサ情報を受信し、他の装置に関する他の制御ユニットと位置、運動、及び／若しくは衝突防止情報を交換し、且つ／或いは、装置１１０、多関節アーム１２０、及び／若しくはその装置１１０のエンドエフェクタに関する動きを計画し且つ／或いは計画を支援するための１又は複数のアプリケーション・プログラミング・インタフェース（ＡＰＩ）を含み得る。また、運動制御アプリケーション１６０は、ソフトウェアアプリケーションとして表されているが、運動制御アプリケーション１６０は、ハードウェア、ソフトウェア、及び／又は、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせを用いて実現されてもよい。

#### 【００１６】

いくつかの実施例では、コンピュータ支援システム１００は、手術室及び／又は介入室（interventional suite）で見出され得る。また、コンピュータ支援システム１００は２つの多関節アーム１２０を有するただ１つの装置１１０を含んでいるが、コンピュータ支援システム１００が、装置１１０と同様の且つ／或いは装置１１０とは異なる設計の多関節アーム及び／又はエンドエフェクタを有する任意の数の装置を含んでいてもよいことを当業者は理解するであろう。いくつかの例では、装置のそれぞれは、より少ない或いはより多くの多関節アーム及び／又はエンドエフェクタを含み得る。

#### 【００１７】

図２は、いくつかの実施例にしたがったコンピュータ支援装置２００を示す簡略図である。例えば、コンピュータ支援装置２００は、コンピュータ支援装置１１０と一致していてもよい。図２に示すように、コンピュータ支援装置２００は、種々のリンク及びジョイントを含む。コンピュータ支援装置は、通常、リンクとジョイントの３つの異なるセットを有する。近位端のところで可動カート２１０で始まるのはセットアップ構造２２０である。そのセットアップ構造の遠位端に結合されるのは、一連のセットアップジョイント２４０である。また、セットアップジョイント２４０の遠位端に結合されるのは、ユニバーサル手術マニピュレータのようなマニピュレータ２６０である。いくつかの例では、一連のセットアップジョイント２４０及びマニピュレータ２６０は、多関節アーム１２０の１つに対応し得る。また、コンピュータ支援装置２００は、ただ１つの一連のセットアップジョイント２４０とそれに対応するマニピュレータ２６０と共に示されているが、コンピュータ支援装置２００が複数の多関節アームを備えることができるように、コンピュータ支援装置２００が、２つ以上の一連のセットアップジョイント２４０とそれに対応するマニピュレータ２６０を含んでいてもよいことを当業者は理解するであろう。

#### 【００１８】

図示されるように、コンピュータ支援装置２００は、可動カート２１０に搭載される。可動カート２１０は、患者テーブル近くのより良い位置にコンピュータ支援装置２００を位置付けるために、例えば手術室間で或いは手術室内でといったように、ある位置から別の位置にコンピュータ支援装置２００が移動させられるようにする。セットアップ構造２２０は、可動カート２１０に搭載される。図２に示すように、セットアップ構造２２０は、支柱リンク２２１、２２２を含む２部品の支柱を含む。支柱リンク２２２の上端すなわち遠位端に結合されるのは、肩ジョイント２２３である。肩ジョイント２２３に結合され

るのは、ブームリンク 224、225 を含む 2 部品のブームである。ブームリンク 225 の遠位端にはリスト（手首）ジョイント 226 があり、リストジョイント 226 に結合されるのは、オリエンテーション・プラットフォーム（orientation platform）227 である。

#### 【0019】

セットアップ構造 220 のリンク及びジョイントは、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の位置及び向き（すなわち姿勢）を変えるための複数の自由度を含む。例えば、2 部品の支柱は、軸 232 に沿って肩ジョイント 223 を上下に動かすことでオリエンテーション・プラットフォーム 227 の高さを調整するために使用され得る。オリエンテーション・プラットフォーム 227 は、追加的に、肩ジョイント 223 を用い、可動カート 210、2 部品の支柱、及び軸 232 の回りを回転させられ得る。また、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の水平位置も、2 部品のブームを用い、軸 234 に沿って調整され得る。また、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の向きは、リストジョイント 226 を用いた軸 236 の回りの回転によっても調整され得る。このように、セットアップ構造 220 におけるリンク及びジョイントの運動限界（motion limit）に依存し、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の位置は、2 部品の支柱を用い、可動カート 210 の上で鉛直方向に調整され得る。また、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の位置は、2 部品のブーム及び肩ジョイント 223 のそれぞれを用い、可動カート 210 の回りで半径方向に且つ角度的に調整され得る。また、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の角度方向は、リストジョイント 226 を用いることでも変更され得る。

#### 【0020】

オリエンテーション・プラットフォーム 227 は、1 又は複数の多関節アームのための取り付け点として使用され得る。可動カート 210 に関してオリエンテーション・プラットフォーム 227 の高さ、水平位置、及び方向を調整する能力は、可動カート 210 の近くに位置付けられる患者等の作業空間の周りで 1 又は複数の多関節アームを位置付け且つ方向付けるためのフレキシブルなセットアップ構造をもたらし。図 2 は、第 1 セットアップジョイント 242 を用いてオリエンテーション・プラットフォームに結合された単一の多関節アームを示す。また、ただ 1 つの多関節アームが示されているが、追加的な第 1 セットアップジョイントを用いて複数の多関節アームがオリエンテーション・プラットフォーム 227 に結合され得ることを当業者は理解するであろう。その一例は、図 3 A 及び図 3 B を参照してより詳細に説明される。

#### 【0021】

第 1 セットアップジョイント 242 は、多関節アームの一部であるセットアップジョイント 240 の最も近位の部分を形成する。セットアップジョイント 240 は、一連のジョイント及びリンクを更に含んでもよい。図 2 に示すように、セットアップジョイント 240 は、少なくとも、（明示されていない）1 又は複数のジョイントを介して結合されたリンク 244、246 を含む。セットアップジョイント 240 のジョイント及びリンクは、第 1 セットアップジョイント 242 を用いて軸 252 の回りでオリエンテーション・プラットフォーム 227 に関してセットアップジョイント 240 を回転させる能力、軸 254 に沿ってオリエンテーション・プラットフォームに関するリンク 246 の高さを調整する能力、及び、リンク 246 の遠位端で少なくとも軸 256 の回りでマニピュレータを回転させる能力を含む。セットアップジョイント 240 は、オリエンテーション・プラットフォーム 227 に関してマニピュレータ 260 の姿勢を変えるための追加的な自由度をもたらし追加的なジョイント、リンク、及び軸を更に含んでもよい。

#### 【0022】

マニピュレータ 260 は、セットアップジョイント 240 の遠位端に結合され、且つ、マニピュレータ 260 の遠位端に搭載されたエンドエフェクタすなわち器具 262 の姿勢の制御を可能にする追加的なリンク及びジョイントを含む。マニピュレータ 260 における自由度は、セットアップジョイント 240 の遠位端に関する器具 262 のロール、ピッ



チ、及びヨーの制御を少なくとも可能にし得る。いくつかの例では、マニピュレータ 260 における自由度は、器具 262 の長手軸に関して器具 262 を前進させ且つ / 或いは後退させるための能力を更に含んでいてもよい。いくつかの例では、セットアップジョイント 240 及びマニピュレータ 260 における自由度は、器具 262 の上の一点に関して遠隔中心 (remote center) 270 を維持するために更に制御されてもよい。いくつかの例では、器具 262 が用いられるときに遠隔中心 270 で患者の生体構造にかかる圧力を制限するために遠隔中心 270 が静止したままとなるように、遠隔中心 270 は、患者にある手術用ポートに対応し得る。いくつかの例では、マニピュレータ 260 は、カリフォルニア州のサニーバールにある Intuitive Surgical 社によって市販されている da Vinci (登録商標) Surgical System と共に使用されるユニバーサルの手術マニピュレータと一致していてもよい。いくつかの例では、器具 262 は、内視鏡のような撮像装置、グリッパー、焼灼器 (cautery) 又は外科用メス (scalpel) のような手術用ツール、及び / 又は、それらと同様のものであってもよい。

#### 【0023】

セットアップ構造 220、セットアップジョイント 240、及びマニピュレータ 260 で大きな自由度数が与えられた場合であっても、マニピュレータ 260 の姿勢、より重要なことには、器具 262 の姿勢が望み通りに維持されるようにジョイントのそれぞれの最良の位置を決めるのは必ずしも容易な仕事とは限らない。更に、コンピュータ支援装置の動作中にマニピュレータ 260 及び器具 262 の所望の姿勢が調整される場合、セットアップジョイント 240 又はマニピュレータ 260 における何れかのジョイントの運動の範囲の限界に達することなくその所望の姿勢が得られるように、運動及び方向の範囲における適切な柔軟性が利用可能であるべきである。この実現のため、セットアップジョイント 240 及びマニピュレータ 260 におけるジョイントがそれらのそれぞれの運動の範囲の中心の近くに位置付けられ、一方でそれと同時に器具 262 の所望の姿勢及び / 又は遠隔中心 270 の位置を確立し或いは維持するように、セットアップ構造 220 及びオリエンテーション・プラットフォームの姿勢は、通常、セットアップ段階中に或いは目標設定操作中に選択される。図 2 におけるコンピュータ支援装置 200 では、これは、オリエンテーション・プラットフォーム 227 のおおよその回転中心点 (例えばリストジョイント 226 がその回りで回転するところの軸 236) が遠隔中心 270 の鉛直上方に位置付けられるようにする、オリエンテーション・プラットフォーム 227、セットアップジョイント 240、及びマニピュレータ 260 の姿勢に大まかに対応し得る。そして、第 1 セットアップジョイント 242 が近似的にその運動の中心の近くとなるように、オリエンテーション・プラットフォーム 227 は回転させられる。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の高さは、適切な作業高さまで、遠隔中心 270 に関して更に調整されてもよい。

#### 【0024】

図 3 A 及び図 3 B は、いくつかの実施例にしたがった目標設定操作の前後の図 2 のオリエンテーション・プラットフォーム 227 の姿勢の上面図を示す簡略図である。図 3 A は、コンピュータ支援装置 200 等のコンピュータ支援装置の一部 300 の目標設定操作前の姿勢を示す。図 3 A に示すコンピュータ支援装置の一部 300 は、オリエンテーション・プラットフォーム 227 で始まるコンピュータ支援装置の一部、並びに、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の遠位にあるリンク及びジョイントに対応する。図 3 A に示すように、4 つの多関節アーム 310 - 340 がオリエンテーション・プラットフォーム 227 に結合されているが、他の任意の数の多関節アームが使用され得ることを当業者は理解するであろう。それら 4 つの多関節アーム 310 - 340 のそれぞれは、別々のセットアップジョイント、マニピュレータ、及び / 又は器具を含んでいてもよい。図示されるように、それら 4 つの多関節アームは、2 つの外部アーム 310、340 の間に位置付けられる 2 つの内部アーム 320、330 を含む。多関節アーム 310 - 340 のうちの 1 つ、典型的には、内部アーム 320、330 のうちの 1 つの上にある器具は、目標設定操作のための基準目標として選ばれる。説明を簡単にするため、多関節アーム 320 の

10

20

30

40

50

上にある器具 2 6 2 が基準目標として選択されているが、他の多関節アームの上にある何れの器具が基準目標として選択されてもよい。

【 0 0 2 5 】

目標設定操作が始まる前に、器具 2 6 2 及び遠隔中心 2 7 0 は通常、作業空間における関心領域の特定を支援するためにその作業空間内に位置付けられ且つ方向付けられる。いくつかの例では、器具 2 6 2 及び遠隔中心 2 7 0 は、患者の生体構造に関して位置付けられ且つ / 或いは方向付けられてもよい。いくつかの例では、器具 2 6 2 は、遠隔中心 2 7 0 が患者にある手術用ポートのところに位置付けられた状態で、その手術用ポートを通じて挿入され得る。いくつかの例では、医者及び / 又は他の医療関係者は、多関節アーム 3 2 0 のクラッチ特徴を用い、器具 2 6 2 及び遠隔中心 2 7 0 を手作業で位置付けし且つ方向付けてもよい。いくつかの例では、器具 2 6 2 は内視鏡に対応していてもよく、また、その内視鏡は患者の生体構造の目標部分に向けて位置付けられ且つ / 或いは方向付けられてもよい。器具 2 6 2 が位置付けられ且つ方向付けられた後は、患者に何らかの怪我をさせてしまう可能性、及び / 又は、器具 2 6 2 に損傷を与えてしまう可能性を低くするために、目標設定操作中の位置及び方向を維持することが重要である。いくつかの例では、目標設定操作の目的のため、遠隔中心 2 7 0 は、器具 2 6 2 の位置に対応していてもよく、また、オリエンテーション軸 3 6 0 は、器具 2 6 2 の方向に対応していてもよい。オリエンテーション軸 3 6 0 は、器具 2 6 2 のシャフトと一直線になっている。いくつかの例では、器具 2 6 2 が位置付けられ且つ方向付けられた後は、医者及び / 又は他の医療関係者は、多関節アーム 3 2 0 及び / 又はオペレータコンソールに位置付けられたコントロールを用いて目標設定操作を開始させてもよい。

【 0 0 2 6 】

いくつかの実施例では、目標設定操作の目的の 1 つは、リストジョイント 2 2 6 の回転中心等のオリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 の回転中心 3 5 0 を、遠隔中心 2 7 0 の鉛直上方となるように、調節することであり得る。目標設定操作の別の目的は、オリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 の前面がオリエンテーション軸 3 6 0 の水平成分と合致するように、オリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 を回転させることであり得る。いくつかの例では、オリエンテーション軸 3 6 0 が鉛直である場合、この方向付けの目的は省略されてもよい。いくつかの例では、その前面の方向は、前面方向ベクトル 3 7 0 に対応し得る。いくつかの例では、この回転は、第 1 セットアップジョイントのそれぞれの運動の範囲の中心近くに多関節アーム 3 1 0 - 3 4 0 を方向付け得る。いくつかの例では、目標設定操作の追加的な目的は、それらの運動の範囲のそれぞれの中心近くに多関節アーム 3 2 0 における鉛直調整ジョイントを配置するために遠隔中心 2 7 0 に関するオリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 の高さを調整すること、オリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 との衝突なしに多関節アーム 3 2 0 を操縦するための適当な空間をもたらすためにオリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 と遠隔中心 2 7 0 との間に適切な作業距離をもたらすこと、遠隔中心 2 7 0 の周りの無菌領域を維持するためにオリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 と遠隔中心 2 7 0 との適切な分離をもたらすこと、及び / 又は、オペレータによって決定されたオリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 と遠隔中心 2 7 0 との間の所定距離を維持することであり得る。

【 0 0 2 7 】

図 3 B は、目標設定操作の結果としてのコンピュータ支援装置の一部 3 0 0 の位置及び方向の変化を示す。図示されるように、オリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 の回転中心 3 5 0 は、鉛直方向で遠隔中心 2 7 0 と合致するように移動させられる。更に、オリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 は、前面方向ベクトル 3 7 0 がオリエンテーション軸 3 6 0 の水平成分と合致するように回転させられる。図 3 B は、更に、オリエンテーション・プラットフォーム 2 2 7 に関する器具 2 6 2 の相対位置及び方向の変化を相殺するために、多関節アーム 3 2 0 におけるセットアップジョイント及びマニピュレータの種々のジョイントの位置が変更されることを示す。

【 0 0 2 8 】

これらの目的を達成するために、遠隔中心 270 の位置、及び、オリエンテーション軸 360 の方向は、コンピュータ支援装置におけるジョイントの位置を監視するセンサとそのコンピュータ支援装置の 1 又は複数の運動学モデルとを用いて決定される。オリエンテーション・プラットフォーム 227 の近位にあるセットアップ構造におけるジョイントは、遠隔中心 270 の上で回転中心 350 を移動させるために調整され、また、オリエンテーション・プラットフォーム 227 は、オリエンテーション軸 360 の水平成分に前面方向ベクトル 370 を合致させるために回転させられる。いくつかの例では、セットアップ構造におけるジョイントは、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の高さを変えるために調整され得る。いくつかの例では、セットアップ構造が図 2 のセットアップ構造 220 に対応する場合、回転中心 350 は、2 部品のブームの長さを変え且つ肩ジョイント 223 を回転させることによって合致させられてもよく、オリエンテーション・プラットフォーム 227 はリストジョイント 226 を用いて回転させられてもよく、また、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の高さは、2 部品の支柱を用いて調整されてもよい。セットアップ構造が動かされている間、多関節アーム 320 におけるセットアップジョイント及びマニピュレータのジョイントは、オリエンテーション・プラットフォーム 227 の動き及び再方向付けを相殺するために調整される。これは、オリエンテーション・プラットフォーム 227 に関する器具 262 の相対位置及び方向が変化している場合であっても、遠隔中心 270 の固定位置とオリエンテーション軸 360 の固定方向とを維持するために行われる。いくつかの例では、セットアップジョイント及びマニピュレータにおけるジョイント変化を決定するために、ジョイントセンサと 1 又は複数の運動学モデル、及び / 又は、逆ヤコビ転置行列が用いられてもよい。いくつかの例では、遠隔中心 270 の位置、及び、オリエンテーション軸 360 の方向は、更に、患者ポートからの抵抗を用いて、且つ / 或いは、医者によって、且つ / 或いは、他の医療関係者によって維持されてもよい。また、他の多関節アーム 310、330、及び / 又は 340 は、オリエンテーション・プラットフォーム 227 と一緒に動いてもよい。いくつかの実施例では、多関節アーム 310 - 340 間の衝突、及び、多関節アーム 310 - 340 とオリエンテーション・プラットフォーム 227 の近位にあるセットアップ構造との衝突を防止するために、衝突防止アルゴリズムが用いられてもよい。

#### 【0029】

いくつかの実施例では、多関節アーム 310 - 340 における 1 又は複数のジョイントは、オリエンテーション・プラットフォーム 227 が動いているときに、浮遊状態に置かれてもよい。浮遊状態では、それらのジョイントのそれぞれの自由な動き及び / 又はほとんど自由な動きがもたらされる。いくつかの例では、浮遊状態に置かれているジョイントは、多関節アーム 310 - 340 のそれぞれにおけるジョイントのサブセットであってもよい。いくつかの例では、これは、多関節アーム 310 - 340 のそれぞれに与えられる外部刺激の効果を低減させ且つ / 或いは緩和させるためにこれらのジョイントが反応できるようにする。いくつかの例では、非作動のジョイントである浮遊状態にあるジョイントのそれぞれにかかるブレーキは、それら非作動のジョイントのそれぞれの動きを可能にするために解除されてもよい。いくつかの例では、非作動のジョイントである浮遊状態にあるジョイントのそれぞれは、多関節ジョイント及び / 若しくは多関節アーム 310 - 340 に関連付けられた 1 若しくは複数のセンサからの値、及び / 又は、1 若しくは複数の運動学モデルからの値に基づいてジョイント毎に決定される実際の位置に且つ / 或いは実際の速度で動くように命令されてもよい。いくつかの例では、作動ジョイントのフィードバックコントローラの命令位置を実際の位置に設定すること、及び / 又は、フィードバックコントローラの命令速度を実際のジョイント速度に設定することは、それら作動ジョイントが自由に動いているという印象を与え、また、重力補正も適用されているときには、見かけ上の無重力状態の印象をも与える。

#### 【0030】

いくつかの実施例では、浮遊状態にあるジョイントの動きは減衰の対象となり得る。浮遊状態のときの多関節アームの無制限の且つ / 或いは激しい動きを抑制し且つ / 或いは防

10

20

30

40

50

止するために、浮遊状態に置かれている 1 又は複数のジョイントは、何らかの形の減衰運動の対象となり得る。例えば、激しい衝突等の強い外部刺激にさらされる多関節アーム 310 - 340 の何れかが何の制限もなくその強い外部刺激から離れるように動くことは望ましくないものとなり得る。多関節アーム 310 - 340 の浮遊状態での動きを抑制することは、迅速に動く多関節アームによって引き起こされる怪我及び／又は損傷のリスクを低減させ得る。いくつかの例では、その減衰運動は、非作動のジョイントの動きに歯止めをかけるためにブレーキを部分的に解除することによって、その非作動のジョイントで実行されてもよい。いくつかの例では、それらのブレーキは、ブレーキを制御するために用いられる信号の電圧、電流、デューティサイクル、及び／又はそれらと同様のものの 1 つ又は複数を制御することによって部分的に解除されてもよい。いくつかの例では、その減衰運動は、運動方向に基づいて実際の位置の後方に少しの距離だけ動くように作動ジョイントに命令を出すことによって、且つ／或いは、安定余裕 (stability margin) に大きな影響を及ぼすことなくフィードバックコントローラにおける微分ゲイン定数 (derivative constant) を増大させることによって、且つ／或いは、抵抗力及び／又はトルクに張り合うように作動ジョイントのアクチュエータに逆電流及び／又は逆電圧を導入することによって、その作動ジョイントで実行されてもよい。いくつかの例では、その減衰運動は、作動ジョイントの速度が、対応するセンサの値に基づいて決定されるジョイント速度未満の値になるように命令することによって、その作動ジョイントで実行されてもよい。

#### 【0031】

図 4 は、いくつかの実施例にしたがって基準目標に合わせる方法 400 の簡略図である。方法 400 における 1 又は複数のプロセス 410 - 450 は、少なくとも部分的には、1 又は複数のプロセッサ (例えば制御ユニット 130 におけるプロセッサ 140) によって実行されたときに、それら 1 又は複数のプロセッサに 1 又は複数のプロセス 410 - 450 を行わせ得る、非一時的な具体的な機械可読媒体に保存された実行可能なコードの形で実現され得る。いくつかの実施例では、方法 400 は、運動制御アプリケーション 160 のようなアプリケーションによって実行され得る。いくつかの実施例では、方法 400 は、基準器具の姿勢 (位置及び方向) を維持しながらコンピュータ支援装置におけるセットアップ構造、セットアップジョイント、及び／又はマニピュレータジョイントにおける種々のジョイント及びリンクの位置及び／又は方向を調整するために使用され得る。

#### 【0032】

プロセス 410 では、基準器具の姿勢が決定される。方法 400 のアライメントすなわち目標設定操作に関する基準目標は、基準器具の姿勢 (位置及び方向) に基づく。基準器具は、通常、コンピュータ支援装置の多関節アームの遠位端に位置付けられている。いくつかの例では、多関節アーム及びコンピュータ支援装置におけるジョイント及びリンクに関連付けられた 1 又は複数のセンサ、並びに、多関節アーム及びコンピュータ支援装置の 1 又は複数の運動学モデルが、基準器具の位置及び方向を決定するために使用され得る。いくつかの例では、基準器具の姿勢は、その基準器具における基準点と、その基準器具の基準方向とに基づいて決定され得る。いくつかの例では、基準器具は、コンピュータ支援装置のオペレータによって、手作業で或いはコンピュータの支援により、事前に姿勢が決められていてもよい。いくつかの例では、オペレータは、1 又は複数の制御入力を用いて基準器具の姿勢の決定処理を開始させてもよい。いくつかの例では、多関節アームは多関節アーム 320 であってもよく、基準器具は器具 262 であってもよく、基準器具の姿勢は遠隔中心 270 とオリエンテーション軸 360 によって決定されてもよい。

#### 【0033】

プロセス 420 では、基準器具の基準点の上にオリエンテーション・プラットフォームが位置付けられる。コンピュータ支援装置のための所望の作業空間の上にオリエンテーション・プラットフォームをより好適に位置付けるために、オリエンテーション・プラットフォームの近位にあるコンピュータ支援装置における 1 又は複数のジョイントは、プロセス 410 の際に決定された基準点の上にコンピュータ支援装置のオリエンテーション・プラットフォームが位置付けられるよう、コンピュータ支援装置のオリエンテーション・プ

10

20

30

40

50

プラットフォームを動かすように命令される。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームは、オリエンテーション・プラットフォームの上に或いはその近くにある所定点を基準点の鉛直上方に位置付けるように動かされてもよい。いくつかの例では、その所定点は、オリエンテーション・プラットフォームの重心及び／若しくは他の中心点、並びに／又は、オリエンテーション・プラットフォームがその回りを回転させられ得るところの軸に関連付けられていてもよい。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームの位置決めは、コンピュータ支援装置の中心柱に関するオリエンテーション・プラットフォームの水平距離及び／又は角度位置の調整を含んでいてもよい。いくつかの例では、1又は複数の運動学モデル及び／又は運動計画アルゴリズムは、コンピュータ支援装置における1又は複数のアクチュエータに送信される1又は複数の運動命令及び／又は位置決め命令を決定するために用いられてもよい。いくつかの例では、コンピュータ支援装置がコンピュータ支援装置200である場合、セットアップ構造220における1又は複数のジョイントは、遠隔中心の上でオリエンテーション・プラットフォームを水平に位置付けるように命令されてもよい。いくつかの例では、プロセス420は、遠隔中心270の上に回転中心350を位置付けることを含んでいてもよい。

#### 【0034】

プロセス430では、オリエンテーション・プラットフォームを基準器具の方向に合わせるようにオリエンテーション・プラットフォームが回転させられる。基準器具における改善された運動の範囲を提供すべく、プロセス410の際に決定された基準器具の方向にオリエンテーション・プラットフォームを合わせるためにオリエンテーション・プラットフォームが回転させられてもよい。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームの所定の方向ベクトルを基準器具の方向に合わせるためにオリエンテーション・プラットフォームが回転させられてもよい。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームがその回転軸の回りで回転させられてもよい。基準器具が取り付けられる多関節アームの第1セットアップジョイントがその運動の回転範囲のところに或いはその近くにくるようにするためである。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームの近位にあるリストジョイントのような1又は複数の回転ジョイントを用いてオリエンテーション・プラットフォームが回転させられてもよい。いくつかの例では、コンピュータ支援装置における1又は複数のアクチュエータに送信される1又は複数の運動命令及び／又は位置決め命令を決定するために1又は複数の運動学モデル及び／又は運動計画アルゴリズムが用いられてもよい。いくつかの例では、プロセス430は、プロセス420と同時に実行されてもよい。いくつかの例では、基準器具の方向が水平成分を含んでいない場合、プロセス430は省略されてもよい。いくつかの例では、コンピュータ支援装置がコンピュータ支援装置200である場合、前面方向ベクトル370をオリエンテーション軸360の水平成分に合わせるために、オリエンテーション・プラットフォーム227は、リストジョイント226を用いて軸236と回転中心350の回りで回転させられてもよい。

#### 【0035】

オプションのプロセス440では、オリエンテーション・プラットフォームと基準器具との間の距離が調整され得る。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォーム上の所定点と基準器具の基準点との間の距離が調整され得る。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームの距離は、多関節アームにおけるジョイントをそれらのそれぞれの運動の範囲の中心の近くに配置するために、且つ／或いは、多関節アーム及び／又は基準器具とコンピュータ支援装置のセットアップ構造との間の衝突の可能性を低減させるために、且つ／或いは、基準器具の周りの無菌領域の維持に役立てるために、且つ／或いは、オペレータによって決定された所定の距離を維持するために、調整されてもよい。いくつかの例では、その距離は、プロセス410の際に決定された基準点とプロセス420の際に調整された所定点との間の鉛直距離であってもよい。いくつかの例では、オリエンテーション・プラットフォームと基準器具との間の距離は、オリエンテーション・プラットフォームの近位にある1又は複数のジョイントを用いて調整されてもよい。い

10

20

30

40

50

いくつかの例では、1又は複数の運動学モデル及び/又は運動計画アルゴリズムは、コンピュータ支援装置における1又は複数のアクチュエータに送信される1又は複数の運動命令及び/又は位置決め命令を決定するために用いられてもよい。いくつかの例では、プロセス440は、プロセス420及び/又はプロセス430と同時に実行されてもよい。

#### 【0036】

プロセス450では、オリエンテーション・プラットフォームの運動の際に基準器具の姿勢が維持される。プロセス420、430、及び/又は440の際にオリエンテーション・プラットフォームが動かされている間、コンピュータ支援装置のための作業空間に関する基準器具の姿勢は維持される。オリエンテーション・プラットフォームに関する基準器具の位置及び/又は方向が変化している場合であっても、その姿勢は維持される。これは、プロセス420、430、及び/又は440の際に命令を受けているオリエンテーション・プラットフォームの近位にある1又は複数のジョイントの動きに応じてオリエンテーション・プラットフォームの遠位にある多関節アームにおける1又は複数のジョイントを調整することによって実現され得る。

#### 【0037】

上述され且つここで更に強調されるように、図4はほんの一例に過ぎず、請求項の範囲を不当に制限することはない。当業者は、多くの変形例、代替例、及び改良例を認識するであろう。いくつかの実施例によると、プロセス420 - 450のうちの1つ又は複数のは、同時に実行されてもよい。いくつかの実施例によると、追加の条件が、例えば、コンピュータ支援装置の制御をオペレータに戻すことによる、且つ/或いは、コンピュータ支援装置の動作の停止によるような方法400の早期終了をもたらす場合がある。いくつかの例では、その追加の条件は、所望の動きを完了させることができないこと、オペレータワークステーション及び/若しくは多関節アームにおける1若しくは複数のコントロールを用いたオペレータの手動介入及び/若しくはオーバーライド、1若しくは複数のセーフティインターロックによるオペレータワークステーションからのオペレータの離脱の検出、コンピュータ支援装置における位置追跡エラー、システム故障、並びに/又は、それらと同様のものを含んでいてもよい。いくつかの例では、コンピュータ支援装置におけるリンク及び/若しくはジョイント間の差し迫った衝突の検出、コンピュータ支援装置における1若しくは複数のジョイントの運動の範囲の制限、プロセス450の際に基準器具の姿勢を維持しながらオリエンテーション・プラットフォームを位置付け且つ/或いは方向付けることができないこと、並びに/又は、それと同様のもののために、所望の動きができない場合がある。いくつかの例では、方法400の早期終了は、オペレータに向けて送信されるエラー通知をもたらすようにしてもよい。いくつかの例では、そのエラー通知は、テキストメッセージ、音による指示、発話された語句、及び/又はそれらと同様のものを含んでいてもよい。

#### 【0038】

図5は、いくつかの実施例にしたがったオリエンテーション・プラットフォームの運動の際に基準器具の姿勢を維持するプロセス450の簡略図である。プロセス420、430、及び/又は440の際にオリエンテーション・プラットフォームが位置付けられ且つ方向付けられているときに、オリエンテーション・プラットフォームの運動は、基準器具を含め、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にある多関節アームにおけるリンク及びジョイントのそれぞれに影響を与える。これらの運動は、基準器具の姿勢の変化をもたらすため、プロセス510 - 550は、基準器具の姿勢が維持されるようにそれらの変化を相殺する。

#### 【0039】

プロセス510では、基準器具の基準変換(reference transform)が決定される。プロセス420、430、及び/又は440の際の運動の開始に先立ち、基準器具に関する基準変換を決定するために、コンピュータ支援装置の1又は複数の運動学モデルが用いられる。いくつかの例では、1又は複数の運動学モデルは、オリエンテーション・プラットフォームの近位にあるセットアップ構造、オリエンテーション・プラットフォームの遠位

にあるセットアップジョイント、及び／又は、基準器具が取り付けられるマニピュレータに関する１又は複数の運動学モデルを含み得る。いくつかの例では、基準変換は、コンピュータ支援装置に関する、且つ／或いは、基準器具を一部に含む作業空間に関する世界座標系における基準器具の姿勢をモデル化し得る。

#### 【 0 0 4 0 】

プロセス 5 2 0 では、基準器具の実際の変換が決定される。オリエンテーション・プラットフォームの近位にあるジョイントがプロセス 4 2 0、4 3 0、及び／又は 4 4 0 の際に命令されると、基準器具はオリエンテーション・プラットフォームの遠位にあるため、基準器具の姿勢は変化し始める。オリエンテーション・プラットフォームの近位にあるジョイントのジョイント位置及び／又は角度におけるそれらの命令された変化は監視され、また、基準器具の実際の変換を決定するために１又は複数の運動学モデルが再び適用される。実際の変換は、プロセス 4 2 0、4 3 0、及び／又は 4 4 0 での運動が基準器具をどのようにしてその所望の姿勢から遠ざける傾向を有しているのかを表す。

10

#### 【 0 0 4 1 】

プロセス 5 3 0 では、実際の変換と基準変換との差が決定される。実際の変換と基準変換との差は、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にあるジョイントにおけるジョイント位置及び／又は角度の変化が相殺されていなければそれらによって基準器具の姿勢に導入されていたであろう誤差を表す。いくつかの例では、それらの差は、動作及び基準変換の対応する行列及び／又はベクトル表現を減算することによって決定され得る。

#### 【 0 0 4 2 】

プロセス 5 4 0 では、それらの差に基づいて補償ジョイント変化が決定される。プロセス 5 3 0 の際に決定された実際の変換と基準変換との間の差を用いることで、１又は複数の補償ジョイント変化が決定される。補償ジョイントはオリエンテーション・プラットフォームの遠位にあるため、実際の変換と基準変換との差は、実際の変換及び基準変換の世界座標系から、補償ジョイントに基づく局所 (local) 座標系にマッピングされる。実際には、これは、世界座標系からの基準器具の絶対姿勢における誤差を、基準器具と補償ジョイントの最も近位のものとの間にある姿勢における相対誤差に変換する。いくつかの例では、それらの差を局所座標系に変換するために１又は複数の運動学モデルが用いられてもよい。いくつかの例では、それら補償ジョイントは１又は複数のマニピュレータジョイントを含んでいてもよい。いくつかの例では、補償ジョイントは、オリエンテーション・プラットフォームとマニピュレータとの間の１又は複数のセットアップジョイントを更を含んでいてもよい。姿勢における相対誤差が決定されると、それらは、補償ジョイント変化を決定するために用いられ得る。いくつかの例では、相対誤差を補償ジョイント変化にマッピングするために逆ヤコビアンが用いられてもよい。いくつかの例では、補償ジョイント変化は、補償ジョイントに関するジョイント速度を含み得る。

20

30

#### 【 0 0 4 3 】

プロセス 5 5 0 では、補償ジョイントが駆動される。プロセス 5 4 0 の際に決定された補償ジョイント変化に基づいて１又は複数の命令が補償ジョイントにおける１又は複数のアクチュエータに送信される。補償ジョイントに送信された命令は、世界座標系における基準器具の姿勢が最小限の誤差で維持されるよう、オリエンテーション・プラットフォームの近位にあるジョイントの運動によって導入された基準器具の姿勢における誤差を補正する。プロセス 4 2 0、4 3 0、及び／又は 4 4 0 がオリエンテーション・プラットフォームの位置及び／又は方向に変化をもたらし続ける限り、基準器具の姿勢に導入される任意の誤差を相殺するためにプロセス 5 2 0 - 5 5 0 が繰り返される。

40

#### 【 0 0 4 4 】

上述され且つここで更に強調されるように、図 5 はほんの一例に過ぎず、請求項の範囲を不当に制限することはない。当業者は、多くの変形例、代替例、及び改良例を認識するであろう。いくつかの実施例によると、補償ジョイントは、セットアップジョイント及び／又はマニピュレータにおけるジョイントのサブセットを含み得る。いくつかの例では、補償ジョイントは、マニピュレータにおけるロールジョイント、ピッチジョイント、及び

50

ヨージョイントのみを含んでいてもよい。いくつかの例では、プロセス 510 - 550 の際に、マニピュレータ及び / 又はセットアップジョイントにおける他のジョイントが相対運動を防止するためにロックされていてもよい。いくつかの例では、プロセス 510 - 550 の際に、オリエンテーション・プラットフォームの遠位にあるセットアップジョイント及び / 又はマニピュレータにおける 1 又は複数の非作動ジョイントのロックが解除され且つ / 或いは浮遊状態に置かれてもよい。ロック解除されたジョイントの変化によって、基準器具の姿勢における誤差が少なくとも部分的に低減されるようにするためである。いくつかの例では、ロック解除されたジョイントにおける変化は、補償ジョイントが駆動されるべき量を低減させ得る。いくつかの例では、基準器具の姿勢は、患者ポートからの抵抗を用いることで、且つ / 或いは、コンピュータ支援装置のオペレータによって、少なくとも部分的に維持され得る。

10

**【0045】**

制御ユニット 130 のような制御ユニットのいくつかの例は、1 又は複数のプロセッサ（例えばプロセッサ 140）によって実行されたときにその 1 又は複数のプロセッサに方法 400 のプロセスを行わせる実行可能なコードを含む非一時的な具体的な機械可読媒体を含んでいてもよい。方法 400 のプロセスを含み得る機械可読媒体のいくつかの一般的な形態は、例えば、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、他の任意の磁気媒体、CD-ROM、他の任意の光学媒体、パンチカード、紙テープ、孔のパターンを有する他の任意の物理媒体、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、他の任意のメモリチップ若しくはカートリッジ、及び / 又は、プロセッサ若しくはコンピュータが読み取れるように構成された他の任意の媒体を含み得る。

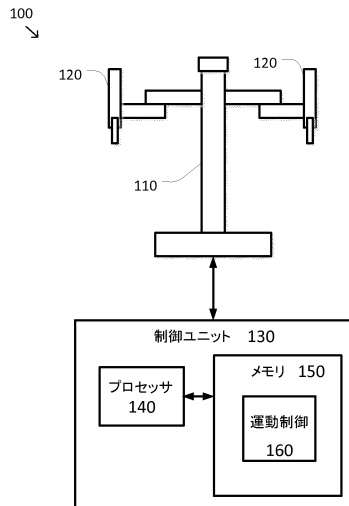
20

**【0046】**

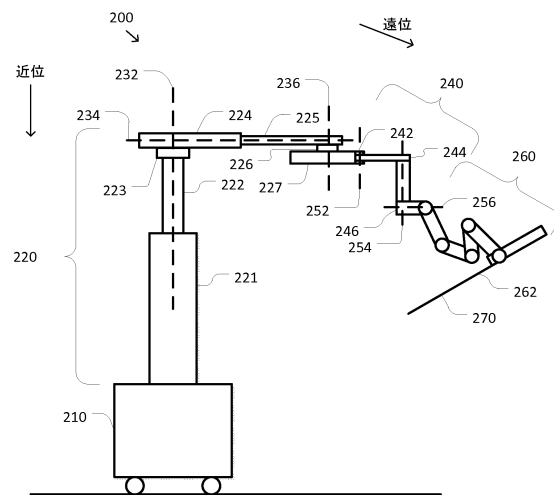
例示的な実施例が図示され且つ説明されたが、前述の開示及びいくつかの例において広範囲の改良、変形、及び置換が予期され、実施例におけるいくつかの特徴は、他の特徴の対応する使用無しで、採用されてもよい。当業者は、多くの変形例、代替例、及び改良例を認識するであろう。このように、本発明の範囲は以下の請求項によってのみ制限されるべきであり、また、それら請求項は広く且つ本書で開示された実施例の範囲と整合する態様で解釈されることが適切である。



【図 1】



【図 2】



【図 3 A】

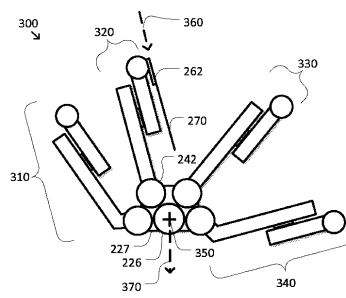


FIG. 3A

【図 3 B】

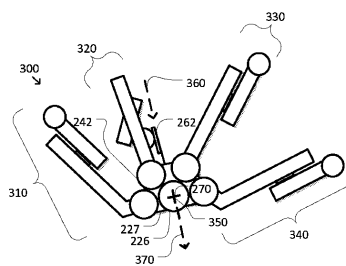
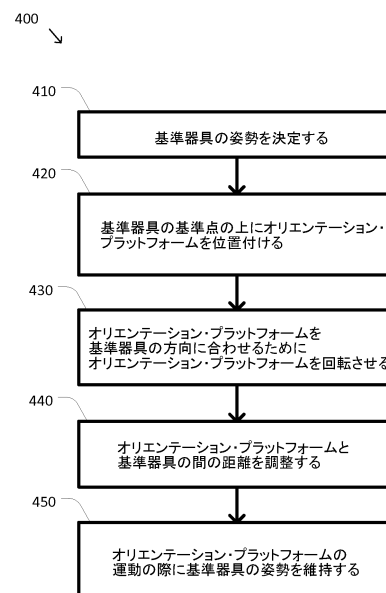
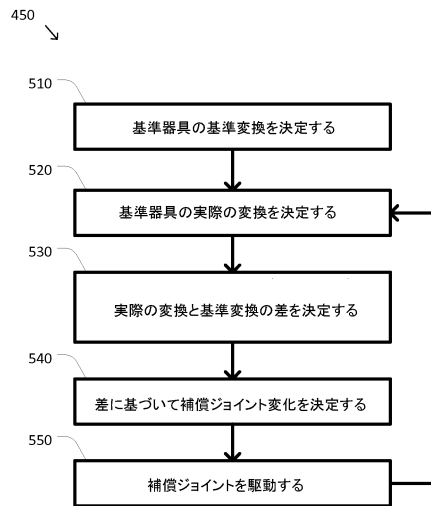


FIG. 3B

【図 4】



【図 5】



## フロントページの続き

## 前置審査

- (72)発明者 スワラップ, ニティシュ  
アメリカ合衆国 94087 カリフォルニア州, サニーヴェイル, ダブリュ・エル・カミノ・リ  
アル 250 #6315
- (72)発明者 グリフィス, ポール ジー  
アメリカ合衆国 95054 カリフォルニア州, サンタクララ, カーライル・コート 4503  
, アpartment 2304
- (72)発明者 イトコウィッツ, ブランドン ディー  
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, マリア・レーン 834 ア  
partment 1050
- (72)発明者 ハナスチック, マイケル  
アメリカ合衆国 94040 カリフォルニア州, マウンテンビュー, イザベル・アヴェニュー  
1449
- (72)発明者 ニクソン, トーマス アール  
アメリカ合衆国 95125 カリフォルニア州, サンノゼ, フェアビュー・アヴェニュー 10  
74

審査官 木村 立人

- (56)参考文献 特表2008-528130(JP, A)  
特表2013-528065(JP, A)  
国際公開第2012/158458(WO, A2)  
国際公開第2014/028703(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 34/00 34/37