

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6644061号
(P6644061)

(45) 発行日 令和2年2月12日 (2020.2.12)

(24) 登録日 令和2年1月9日 (2020.1.9)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 34/35 (2016.01)	A 6 1 B 34/35
B 2 5 J 13/00 (2006.01)	B 2 5 J 13/00 Z

請求項の数 21 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2017-518205 (P2017-518205)	(73) 特許権者	510253996
(86) (22) 出願日	平成27年10月27日 (2015.10.27)		インテュイティブ サージカル オペレー ションズ, インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2017-538456 (P2017-538456A)		アメリカ合衆国 94086 カリフォル ニア州 サニーヴェイル キーファー・ロ ード 1020
(43) 公表日	平成29年12月28日 (2017.12.28)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/057671	(74) 代理人	100107766
(87) 国際公開番号	W02016/069661		弁理士 伊東 忠重
(87) 国際公開日	平成28年5月6日 (2016.5.6)	(74) 代理人	100070150
審査請求日	平成30年10月24日 (2018.10.24)		弁理士 伊東 忠彦
(31) 優先権主張番号	62/069,245	(74) 代理人	100091214
(32) 優先日	平成26年10月27日 (2014.10.27)		弁理士 大貫 進介
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/134,225		
(32) 優先日	平成27年3月17日 (2015.3.17)		
(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】 能動的ブレーキ解放制御装置を備える医療デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の複数のジョイントを備える第1の関節作動アームと、
 該第1の関節作動アームに連結される制御ユニットとを含み、
 該制御ユニットは、前記第1の関節作動アーム内の第1の複数のブレーキに第1の命令を送信して、前記第1の複数のブレーキの全てのブレーキが解放される間の前記第1の複数のブレーキの同時の解放を防止する計算された間隔での第1の所定の時差式な仕方において前記第1の複数のブレーキの解放を開始させるように構成され、

前記第1の複数のブレーキの各ブレーキは、前記第1の複数のジョイントの対応するジョイントを制動するように構成される、
 コンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 2】

前記第1の所定の時差式な仕方は、前記第1の複数のブレーキのブレーキを相互の所定の時間内で解放することを含む、請求項1に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 3】

第2の複数のジョイントを備える第2の関節作動アームを更に含み、
 前記制御ユニットは、前記第2の関節作動アーム内の第2の複数のブレーキに第2の命令を送信して、前記第2の複数のブレーキの全てのブレーキが解放される間の前記第2の複数のブレーキの同時の解放を防止する計算された間隔での第2の所定の時差式な仕方において前記第2の複数のブレーキの解放を開始させるように更に構成され、

10

20

前記第 2 の複数のブレーキの各ブレーキは、前記第 2 の複数のジョイントの対応するジョイントを制動するように構成され、

前記第 1 の命令は、前記第 1 の複数のブレーキの前記解放を開始させるための第 1 の時間の窓を割り当て、第 2 の命令は、前記第 2 の複数のブレーキの前記解放を開始させるための第 2 の時間の窓を割り当てる、

請求項 1 又は 2 に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の時間の窓は、所定の時間期間内の複数のクロックサイクルに基づき、前記第 1 及び第 2 の関節作動アームは、それぞれ、前記所定の時間期間内の前記複数のクロックサイクルを関節作動アームの数で除算することによって決定されるそれぞれの時間の窓を使用する、請求項 3 に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

10

【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 の関節作動アームは、前記第 1 及び第 2 の時間の窓を決定するために使用可能なグローバルクロックを共用する、請求項 3 又は 4 に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 の命令は、前記第 1 及び第 2 の複数のブレーキのいずれのブレーキも前記第 1 及び第 2 の複数のブレーキの他のブレーキと同時に解放されないよう、前記第 1 及び第 2 の時間の窓を割り当てる、請求項 3 乃至 5 のうちのいずれか 1 項に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

20

【請求項 7】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、前記第 1 の複数のブレーキの各ブレーキについて、前記計算された間隔のうちの対応する 1 つの間隔の間にそのブレーキの漸進的な解放を開始させることを含む、請求項 1 乃至 6 のうちのいずれか 1 項に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 8】

前記制御ユニットは、電圧又は電流の立上り変化を引き起こすことによって前記漸進的な解放を行うように構成される、請求項 7 に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 9】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、前記第 1 の複数のブレーキの垂直ジョイントブレーキの解放を最後に命令し、該垂直ジョイントブレーキは、前記第 1 の複数のジョイントの垂直ジョイントを制動するように構成される、請求項 1 乃至 8 のうちのいずれか 1 項に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

30

【請求項 10】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、最大の外乱が前記第 1 の複数のブレーキの最後のブレーキの解放によって引き起こされるような順序において、前記第 1 の複数のブレーキの各ブレーキを解放することを含む、請求項 1 乃至 8 のうちのいずれか 1 項に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 11】

前記制御ユニットは、前記第 1 の複数のブレーキの前記解放の間に前記第 1 の関節作動アームを移動させるように更に構成される、請求項 1 乃至 10 のうちのいずれか 1 項に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

40

【請求項 12】

前記制御ユニットは、使用者命令に基づいて前記第 1 の関節作動アームを移動させるように構成される、請求項 11 に記載のコンピュータ支援医療デバイス。

【請求項 13】

医療デバイス内の動きを制御するための作動方法であって、

制御ユニットが、第 1 の関節作動アーム内の第 1 の複数のブレーキに第 1 の命令を送信して、前記第 1 の複数のブレーキの全てのブレーキが解放される間の前記第 1 の複数のブレーキの同時の解放を防止する計算された間隔での第 1 の所定の時差式な仕方において前

50

記第 1 の複数のブレーキの解放を開始させることを含む、
作動方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、前記第 1 の複数のブレーキのブレーキを、相互の所定の時間内に解放することを含む、請求項 1 3 に記載の作動方法。

【請求項 1 5】

前記制御ユニットは、第 2 の関節作動アーム内の第 2 の複数のブレーキに第 2 の命令を送信して、前記第 2 の複数のブレーキの全てのブレーキが解放される間の前記第 2 の複数のブレーキの同時の解放を防止する計算された間隔での前記第 2 の複数のブレーキの解放を第 2 の所定の時差式な仕方において開始させることを更に含み、

10

前記第 1 の命令は、前記第 1 の複数のブレーキの前記解放を開始させるための第 1 の時間の窓を割り当て、第 2 の命令は、前記第 2 の複数のブレーキの前記解放を開始させるための第 2 の時間の窓を割り当てる、

請求項 1 3 又は 1 4 に記載の作動方法。

【請求項 1 6】

前記第 1 及び第 2 の命令は、前記第 1 及び第 2 の複数のブレーキのいずれのブレーキも前記第 1 及び第 2 の複数のブレーキの他のブレーキと同時に解放しないよう、前記第 1 及び第 2 の時間の窓を割り当てる、請求項 1 5 に記載の作動方法。

【請求項 1 7】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、前記第 1 の複数のブレーキの各ブレーキについて、前記計算された間隔のうちの対応する 1 つの間隔の間にそのブレーキの漸進的な解放を開始させることを含む、請求項 1 3 乃至 1 6 のうちのいずれか 1 項に記載の作動方法。

20

【請求項 1 8】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、前記第 1 の複数のブレーキの垂直ジョイントブレーキの解放を最後に命令することを含み、該垂直ジョイントブレーキは、前記第 1 の複数のジョイントの垂直ジョイントを制動するように構成される、請求項 1 3 乃至 1 7 のうちのいずれか 1 項に記載の作動方法。

【請求項 1 9】

前記第 1 の所定の時差式な仕方は、最大の外乱が前記第 1 の複数のブレーキの最後のブレーキの解放によって引き起こされるような順序において、前記第 1 の複数のブレーキの各ブレーキを解放することを含む、請求項 1 3 乃至 1 8 のうちのいずれか 1 項に記載の作動方法。

30

【請求項 2 0】

前記制御ユニットが、前記第 1 の複数のブレーキの前記解放の間に前記第 1 の関節作動アームを移動させる使用者命令を受信すること、及び

前記制御ユニットが、前記第 1 の複数のブレーキの前記解放の間に前記使用者命令に基づき前記第 1 の関節作動アームを移動させる命令を送信することを更に含む、

請求項 1 3 乃至 1 9 のうちのいずれか 1 項に記載の作動方法。

【請求項 2 1】

複数の機械可読指令を含み、該複数の機械可読指令は、第 1 の関節作動アーム内の第 1 の複数のブレーキを含む医療デバイスと関連付けられる 1 つ又はそれよりも多くのプロセッサによって実行されるときに、該 1 つ又はそれよりも多くのプロセッサに、請求項 1 3 乃至 2 0 のうちのいずれか 1 項に記載の作動方法を実行させるように、構成される、持続性機械可読媒体。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の参照)

本開示は、2014 年 10 月 27 日に出願された「System and Method for Integrated Operating Table」という名称の米国仮特許出願第 62 / 069, 245 号及び 2

50

015年3月17日に出願された「System and Method for Reducing Tool Disturbances」という名称の米国仮特許出願第62/134,225号の優先権を主張し、それらの全文を本明細書中に参照として援用する。

【0002】

本開示は、一般的には、関節作動アームを備えるデバイスの動作に関し、より具体的には、器具姿勢に対する外部的な外乱(external disturbances)を減少させることに関する。

【背景技術】

【0003】

ますます多くのデバイスが自律的電子デバイス及び半自律的電子デバイスに取って代わられている。これは、手術室、介入室、集中治療病棟、救急室等において見出される、大きな配列(アレイ)の自律的電子デバイス及び半自律的電子デバイスを備える、今日の病院において特に当て嵌まる。例えば、ガラス及び水銀温度計は、電子体温計に取って代わられており、点滴静注線は、今や電子モニタ及び流量調整器を含み、従来の手持ち式手術器具は、コンピュータ支援医療デバイスに取って代わられている。

【0004】

これらの電子デバイスは、それらを操作する人員に利点及び挑戦の両方をもたらす。これらの電子デバイスの多くは、1つ又はそれよりも多くの関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタの自律的又は半自律的な動きが可能である。これらの1つ又はそれよりも多くの関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタは、それぞれ、関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタの動きをサポートするリンク及び関節作動ジョイントの組み合わせを含む。多くの場合、関節作動ジョイントは、対応する関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタのリンク及び関節作動ジョイントの遠位端に位置付けられる対応する器具の希望の位置及び/又は向き(集合的に、希望の姿勢)を得るために操作される。器具に対して近位の関節作動ジョイントの各々は、対応する器具の位置及び/又は向きを操作するために用いられてよい少なくとも1つの自由度を備える、対応する関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタを提供する。多くの場合、対応する関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタは、対応する器具のx、y及びz位置(集合的に並進動作と呼ぶ)並びに対応する器具のロール、ピッチ及びヨー向き(集合的に回転動作と呼ぶ)を制御することを可能にする、少なくとも6つの自由度を含んでよい。対応する器具の姿勢の制御におけるより大きな柔軟性をもたらすために、対応する関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタは、しばしば、冗長自由度を含むように設計される。冗長自由度が存在するときには、関節作動ジョイントの位置及び/又は向きの多数の異なる組み合わせを用いて対応する器具の同じ姿勢を得ることが可能である。

【0005】

関節作動アームを備えるデバイスが医療処置のために用いられるとき、関節作動アームの1つ又はそれよりも多くが器具及び/又はエンドエフェクタを患者の開口内に差し込むことがあるのは珍しくない。処置に依存して、関節作動アームの少なくとも部分を再配置するために、関節作動アームのジョイントの1つ又はそれよりも多くに対するロック及び/又はブレーキを解放するのが望ましいことがある。ロック及び/又はブレーキが解放されるとき、これは、患者内に位置付けられる関節作動アームの、より重要なことには、器具及び/又はエンドエフェクタの先端の位置及び/又は向きにおける、望ましくない動きを引き起こすことがある。この望ましくない動きは、患者に対する損傷、関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタに近接する人員に対する損傷、関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタに対する損害、関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタに近接する他のデバイスに対する損害、滅菌野の破損、並びに/或いは他の望ましくない結果を引き起こすことがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、ブレーキ及び／又はロックが関節作動アームの１つ又はそれよりも多くのジョイント内で解放されるときに、関節作動アーム中の１つ又はそれよりも多くのジョイントに、器具、関節作動アーム、及び／又はエンドエフェクタにおける望ましくない動きを矯正させることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

幾つかの実施態様と調和して、コンピュータ支援医療デバイスが、第１の複数のジョイントを備える第１の関節作動アームと、第１の関節作動アームに連結される制御ユニットとを含む。幾つかの実施例において、制御ユニットは、第１の関節作動アーム内の第１の複数のブレーキに第１の命令を送信して、第１の所定の時差式な仕方において第１の複数のブレーキの解放を開始するように、構成される。

10

【０００８】

幾つかの実施態様と調和して、医療デバイス内の動きを制御する方法が、第１の関節作動アーム内の第１の複数のブレーキに第１の命令を送信して、第１の所定の時差式な仕方において第１の複数のブレーキの解放を開始することを含む。

【０００９】

幾つかの実施態様と調和して、持続性機械可読媒体が、複数の機械可読指令を含み、複数の機械可読指令は、医療デバイスと関連付けられる１つ又はそれよりも多くのプロセッサによって実行されるときに、１つ又はそれよりも多くのプロセッサに、第１の関節作動アーム内の第１の複数のブレーキに第１の命令を送信して第１の所定の時差式な仕方において第１の複数のブレーキの解放を開始することを含む方法を行わせるように、構成される。

20

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】幾つかの実施態様に従ったコンピュータ支援システムの簡略図である。

【００１１】

【図２】幾つかの実施態様に従ったコンピュータ支援システムを示す簡略図である。

【００１２】

【図３】幾つかの実施態様に従ったコンピュータ支援システムの運動学的モデルの簡略図である。

30

【００１３】

【図４】関節作動アームに対するブレーキの解放を互い違いにさせる方法の簡略図である。

【００１４】

【図５】１つのジョイントセットから第２のジョイントセットを備える関心の地点への外乱を補償する方法の簡略図である。

【００１５】

【図６Ａ】例示的なカメラビューの眺望図及び座標系を例示する簡略図である。

【００１６】

【図６Ｂ】センサ又はディスプレイの眺望からのカメラビュー及び関連する座標系を例示する簡略図である。

40

【００１７】

【図７】関節作動アーム内の１つ又はそれよりも多くのジョイントに対する外乱を補償しながら使用者命令に基づき関節作動アームを動かす方法の簡略図である。

【００１８】

【図８Ａ】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【図８Ｂ】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【図８Ｃ】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュー

50

タ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【図 8 D】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【図 8 E】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【図 8 F】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【図 8 G】上述の統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを示す簡略図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0019】

図面中、同じ記号表示を有する要素は、同じ又は類似の機能を有する。

【0020】

以下の記述には、本開示と調和する幾つかの実施態様を記載する特定の詳細が示される。しかしながら、幾つかの実施態様はこれらの詳細の一部又は全部を伴わずに実施されてよいことが当業者に明らかであろう。ここに開示する特定の実施態様は例示的であることを意図し、限定的であることを意図しない。当業者は、本明細書中では具体的に記載されないが、この開示の範囲及び精神内にある、他の要素を理解するであろう。加えて、不要な繰返しを避けるために、1つの実施態様との関連において示し且つ記載する1つ又はそれよりも多く構成は、その他のことが特に記載されない限り或いは1つ又はそれよりも多くの構成がある実施態様を機能しない限り、他の実施態様に組み込まれてよい。「含む」(“including”)という用語は、非限定的に含むことを意味し、含められる1つ又はそれよりも多くの個々の品目の各々は、その他のことが述べられない限り、任意的であると考えられるべきである。同様に、「ことがある／あってよい」(“may”)という用語も、ある品目が任意的であることを示す。

20

【0021】

図1は、幾つかの実施態様に従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つ又はそれよりも多くの移動可能な又は関節作動するアーム120を備えるデバイス110を含む。1つ又はそれよりも多くの関節作動アーム120の各々は、1つ又はそれよりも多くのエンドエフェクタを支持する。幾つかの実施例において、デバイス110は、コンピュータ支援手術デバイスと調和してよい。1つ又はそれよりも多くの関節作動アーム120は、それぞれ、関節作動アーム120のうちの少なくとも1つの関節作動アームの遠位端に取り付けられる、1つ又はそれよりも多くの器具、手術器具、撮像デバイス、及び／又は同等物のための支持をもたらす。幾つかの実施態様において、デバイス110及び操作者ワークステーションは、Sunnyvale, CaliforniaのIntuitive Surgical, Inc.によって表品化されているda Vinci (登録商標) Surgical Systemに対応してよい。幾つかの実施態様では、コンピュータ支援システム100と共に、他の構成、より少ない又はより多い関節作動アーム、及び／又は同等物を備える、コンピュータ支援手術デバイスを任意的に用いてよい。

30

【0022】

デバイス110は、インターフェースを介して制御ユニット130に連結される。インターフェースは、1つ又はそれよりも多くの無線リンク、ケーブル、コネクタ、及び／又はバスを含んでよく、1つ又はそれよりも多くのネットワーク切換え及び／又は経路決定デバイスを備える1つ又はそれよりも多くのネットワークを更に含んでよい。制御ユニット130は、メモリ150に連結されるプロセッサ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。そして、制御ユニット130は1つだけのプロセッサ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内の1つ又はそれよりも多くの中央処理装置、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 s)、特定用途向け集積回路(ASIC s)、及び／又は同等物の代表であ

40

50

ってよい。制御ユニット１３０は、スタンドアローン（独立型）サブシステム及び／又は計算デバイスに追加されるボードとして或いは仮想マシンとして実施されてよい。幾つかの実施態様において、制御ユニットは、操作者ワークステーションの部分として含められてよく、且つ／或いは、操作者ワークステーションと協調して、操作者ワークステーションと別個に作動させられてよい。制御ユニット１３０のような、制御ユニットの幾つかの実施例は、１つ又はそれよりも多くのプロセッサ（例えば、プロセッサ１４０）によって実行されるときに、１つ又はそれよりも多くのプロセッサに方法４００のプロセスを行わせることがある、実行可能なコードを含む、持続性の有形の機械可読媒体を含んでよい。

【００２３】

メモリ１５０は、制御ユニット１３０及び／又は制御ユニット１３０の動作中に用いられる１つ又はそれよりも多くのデータ構造によって実行されるソフトウェアを格納するために用いられる。メモリ１５０は、１つ又はそれよりも多くの種類の機械可読媒体を含んでよい。機械可読媒体の幾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、任意の他の磁気媒体、ＣＤ－ＲＯＭ、任意の他の光学媒体、パンチカード、紙テープ、穴のパターンを備える任意の他の物理的な媒体、ＲＡＭ、ＰＲＯＭ、ＥＰＲＯＭ、ＦＬＡＳＨ－ＥＰＲＯＭ、任意の他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るように構成される任意の他の媒体を含んでよい。

【００２４】

図示するように、メモリ１５０は、デバイス１１０の自律的な及び／又は半自律的な制御をサポートする運動制御アプリケーション１６０(motion control application)を含む。運動制御アプリケーション１６０は、デバイス１１０から位置、動き、及び／又は他のセンサ情報を受信するための、手術台及び／又は撮像デバイスのような他のデバイスに関して、他の制御ユニットと位置、動き、及び／又は衝突回避情報を交換するための、並びに／或いは、デバイス１１０、関節作動アーム１２０、及び／又はデバイス１１０のエンドエフェクタについての動きを計画し且つ／或いは計画するのを支援するための、１つ又はそれよりも多くのアプリケーションプログラミングインターフェース（ＡＰＩｓ）を含んでよい。そして、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描かれているが、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施されてよい。

【００２５】

幾つかの実施態様において、コンピュータ支援システム１００は、手術室及び／又は介入室内で見出されることがある。そして、コンピュータ支援システム１００は、２つの関節作動アーム１２０を備える１つのデバイス１１０のみを含むが、当業者は、コンピュータ支援システム１００が、デバイス１１０と類似の及び／又は異なる設計の関節作動アーム及び／又はエンドエフェクタを備える、任意の数のデバイスを含んでよいことを理解するであろう。幾つかの実施例において、デバイスの各々は、より少ない又はより多い関節作動アーム及び／又はエンドエフェクタを含んでよい。

【００２６】

コンピュータ支援システム１００は、手術台１７０を更に含む。１つ又はそれよりも多くの関節作動アームと同様に、手術台１７０は、手術台１７０のベースに対するテーブルトップ１８０の関節動作を支持する。幾つかの実施例において、テーブルトップ１８０の関節動作は、テーブルトップ１８０の高さ、傾斜、スライド、トレンデレンブルグ向き、及び／又は同等のものを変更するための、サポートを含んでよい。図示していないが、手術台１７０は、テーブルトップ１８０の位置及び／又は向きを制御するための、手術台命令ユニットのような、１つ又はそれよりも多くの命令入力部を含んでよい。幾つかの実施態様において、手術台１７０は、独国のTrumpf Medical Systems GmbHによって商品化されている手術台の１つ又はそれよりも多くに対応してよい。

【００２７】

手術台１７０は、対応するインターフェースを介して制御ユニット１３０にも連結され

10

20

30

40

50

る。インターフェースは、１つ又はそれよりも多くの無線リンク、ケーブル、コネクタ、及び／又はバスを含んでよく、１つ又はそれよりも多くのネットワーク切換え及び／又は経路決定デバイスを備える１つ又はそれよりも多くのネットワークを更に含んでよい。幾つかの実施態様において、手術台１７０は、制御ユニット１３０と異なる制御ユニットに連結されてよい。幾つかの実施例において、運動制御アプリケーション１６０は、手術台１７０及び／又はテーブルトップ１８０と関連付けられる位置、動き、及び／又は他のセンサ情報を受信するための、１つ又はそれよりも多くのアプリケーションプログラミングインターフェース（ＡＰＩｓ）を含んでよい。幾つかの実施例において、運動制御アプリケーション１６０は、ジョイント及びリンクにおける運動限界の範囲、関節作動アーム、器具、エンドエフェクタ、手術台コンポーネント、及び／又は同等物の動きに適合し且つ／或いは回避する、衝突回避と関連付けられる運動計画に寄与して、関節作動アーム、器具、エンドエフェクタ、手術台コンポーネント、及び／又は同等物における他の動きを補償し、内視鏡のような視認デバイスを調節して、視認デバイスの視野内の１つ若しくはそれよりも多くの器具若しくはエンドエフェクタ及び／又は関心の領域を維持し且つ／或いは配置する。幾つかの実施例において、運動制御アプリケーション１６０は、手術台１７０及び／又はテーブルトップ１８０についての動きを計画し且つ／或いは計画するのを支援してよい。幾つかの実施例において、運動制御アプリケーション１６０は、例えば、手術台命令ユニットの使用を通じて手術台１７０及び／又はテーブルトップ１８０の移動を防止することによって、手術台１７０及び／又はテーブルトップ１８０の移動を防止してよい。幾つかの実施例において、運動制御アプリケーション１６０は、デバイス１１０と手術台１７０との間の幾何学的関係が知られるように、デバイス１１０を手術台１７０と位置合わせするのを助けてよい。幾つかの実施例において、幾何学的関係は、デバイス１１０のために維持される座標フレームと手術台１７０との間の１つ若しくはそれよりも多くの回転及び／又は並進を含んでよい。

【００２８】

制御ユニット１３０は、インターフェースを介して操作者ワークステーション１９０に更に連結されてよい。操作者ワークステーション１９０は、関節作動アーム１２０及びエンドエフェクタの動き及び／又は動作を制御するために、外科医のような操作者によって用いられてよい。関節作動アーム１２０及びエンドエフェクタの操作をサポートするために、操作者ワークステーション１９０は、関節作動アーム１２０及び／又はエンドエフェクタのうちの１つ又はそれよりも多くの、少なくとも部分の画像を表示するディスプレイシステム１９２を含む。例えば、操作者が関節作動アーム１２０及び／又はエンドエフェクタが用いられているときに、それらを見るのが実際のでない且つ／或いは不可能である場合に、ディスプレイシステム１９２が用いられてよい。幾つかの実施態様において、ディスプレイシステム１９２は、関節作動アーム１２０のうちの１つ又は第３の関節作動アーム（図示せず）によって制御される、内視鏡のようなビデオ取込みデバイスからのビデオ画像を表示する。

【００２９】

操作者ワークステーション１９０は、デバイス１１０、関節作動アーム１２０、及び／又は関節作動アーム１２０に取り付けられるエンドエフェクタを作動させるために用いられてよい、１つ又はそれよりも多くの入力又はマスタ制御装置１９５を備えるコンソール作業空間を含む。入力制御装置１９５の各々は、入力制御装置１９５の動きが操作者ワークステーション１９０によって検出されて制御ユニット１３０に伝えられるよう、それらの独自の関節作動アームの遠位端に連結されてよい。改良された人間工学をもたらすために、コンソール作業空間は、操作者が入力制御装置１９５を操作している間に彼らの腕を載せてよい、肘掛け１９７（arm rest）のような、１つ又はそれよりも多くの台（rest）も含んでよい。幾つかの実施例において、ディスプレイシステム１９２及び入力制御装置１９５は、関節作動アーム１２０及び／又は関節作動アーム１２０に取り付けられるエンドエフェクタを遠隔操作するために、操作者によって用いられてよい。幾つかの実施態様において、デバイス１１０、操作者ワークステーション１９０、及び制御ユニット１３０は

、Sunnyvale, CaliforniaのIntuitive Surgical, Inc.によって表品化されているda Vinci (登録商標) Surgical Systemに対応してよい。

【0030】

幾つかの実施態様では、コンピュータ支援システム100と共に他の構成及び/又はアーキテクチャが用いられてよい。幾つかの実施例において、制御ユニット130は、操作者ワークステーション190及び/又はデバイス110の部分として含められてよい。幾つかの実施態様において、コンピュータ支援システム100は、手術室及び/又は介入室内で見出されてよい。そして、コンピュータ支援システム100は、2つの関節作動アーム120を備える1つのデバイス110のみを含むが、当業者は、コンピュータ支援システム100が、デバイス110と類似する及び/又は異なる設計の関節作動アーム及び/又はエンドエフェクタを備える、任意の数のデバイスを含んでよいことを理解するであろう。幾つかの実施態様において、デバイスの各々は、より少ない又はより多くの関節作動アーム120及び/又はエンドエフェクタを含んでよい。加えて、デバイス110に取り付けられることがある追加的なアームを制御するために、追加的なワークステーション190があつてよい。加えて、幾つかの実施態様において、ワークステーション190は、手術台170を制御する制御装置を有してよい。

10

【0031】

図2は、幾つかの実施態様に従ったコンピュータ支援システム200を示す簡略図である。例えば、コンピュータ支援システム200は、コンピュータ支援システム100と調和してよい。図2に示すように、コンピュータ支援システム200は、1つ又はそれよりも多くの関節作動アームと手術台280とを備える、コンピュータ支援デバイス210を含む。図2に示していないが、少なくとも手術台280についての運動学的情報がコンピュータ支援デバイス210の関節作動アームの運動を行うために用いられる運動制御アプリケーションに知られるように、コンピュータ支援デバイス210及び手術台280は、1つ又はそれよりも多くのインターフェース及び1つ又はそれよりも多くの制御ユニットを用いて互いに連結される。

20

【0032】

コンピュータ支援デバイス210は、様々なリンク及びジョイントを含む。図2の実施態様において、コンピュータ支援デバイスは、3つの異なるセットのリンク及びジョイントに概ね分割されている。近位端で開始して、移動式又は患者側カート215がセットアップ構造220である。セットアップ構造の遠位端に連結されているのは、一連のリンク及びセットアップジョイントである。そして、セットアップジョイント240の遠位端に連結されているのは、多関節マニピュレータ260である。幾つかの実施例において、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、関節作動アーム120の1つに対応してよい。そして、コンピュータ支援デバイス210は、1つの一連のセットアップジョイント240と対応するマニピュレータ260のみを備えて示されているが、当業者は、コンピュータ支援デバイスが多数の関節作動アームを具備するように、コンピュータ支援デバイスが1つよりも多くの一連のセットアップジョイント240及び対応するマニピュレータ260を含んでよいことを理解するであろう。

30

【0033】

図示するように、コンピュータ支援デバイス210は、移動式カート215に取り付けられる。移動式カート215は、コンピュータ支援デバイス210が、コンピュータ支援デバイス210を手術台180に近接してより良好に位置付けるために、手術室間又は手術室内のように、場所から場所に移されるのを可能にする。セットアップ構造220は、移動式カート215に取り付けられる。図2に示すように、セットアップ構造220は、コラムリンク221及び222(column links)を含む二部コラム(two part column)を含む。コラムリンク222の上端又は遠位端に連結されているのは、ショルダジョイント223である。ショルダジョイント223に連結されているのは、ブームリンク224及び225(boom links)を含む、二部ブーム(two-part boom)である。ブームリンク225の遠位端には、リストジョイント226があり、リストジョイント226に連結されて

40

50

いるのは、アーム取付けプラットフォーム 227 である。

【0034】

セットアップ構造 220 のリンク及びジョイントは、アーム取付けプラットフォーム 227 の位置及び向き（即ち、姿勢）を変更するための様々な自由度を含む。例えば、二部コラムは、ショルダジョイント 223 を軸 232 に沿って上下に動かすことによってアーム取付けプラットフォーム 227 の高さを調節するために用いられる。アーム取付けプラットフォーム 227 は、追加的に、ショルダジョイント 223 を用いて、移動式カート 215、二部コラム、及び軸 232 について回転させられる。アーム取付けプラットフォーム 227 の水平位置は、二部ブームを用いて軸 234 に沿って調節される。そして、アーム取付けプラットフォーム 227 の向きも、リストジョイント 226 を用いてアーム取付けプラットフォーム配向軸 236 についての回転によって調節されてよい。よって、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に制約されて、アーム取付けプラットフォーム 227 の位置は、二部コラムを用いて移動式カート 215 の上に垂直に調節されてよい。アーム取付けプラットフォーム 227 の位置も、二部ブーム及びショルダジョイント 223 をそれぞれ用いて移動式カート 215 について径方向に角度的に調節されてよい。そして、アーム取付けプラットフォーム 227 の角向きも、リストジョイント 226 を用いて調節されてよい。

【0035】

アーム取付けプラットフォーム 227 は、1つ又はそれよりも多くの関節作動アームの取付け地点として用いられる。移動式カート 215 についてアーム取付けプラットフォーム 227 の高さ、水平位置、及び向きを調節する能力は、操作又は処置が行われるべき、移動式カート 215 の近くに位置する作業空間の周りに、1つ又はそれよりも多くの関節作動アームを位置付け且つ方向付ける、フレキシブルなセットアップ構造を提供する。例えば、アーム取付けプラットフォーム 227 は、様々な関節作動アーム及びそれらの対応するマニピュレータ及び器具が患者に対して外科処置を行うのに十分な運動範囲を有するよう、患者より上に位置付けられてよい。図 2 は、第 1 のセットアップジョイント 242 を用いてアーム取付けプラットフォーム 227 に連結された単一の関節作動アームを示している。そして、1つの関節作動アームだけが示されているが、当業者は追加的な第 1 のセットアップジョイントを用いて多数の関節作動アームがアーム取付けプラットフォーム 227 に連結されてよいことを理解するであろう。

【0036】

第 1 のセットアップジョイント 242 は、患者側カート 215 に対して最も近位である関節作動アームのセットアップジョイント 240 区画を形成する。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よい。図 2 に示すように、セットアップジョイント 240 は、（明示的に示されていない）1つ又はそれよりも多くのジョイントを介して連結されるリンク 244 及び 246 を含んでよい。セットアップジョイント 240 のジョイント及びリンクは、セットアップジョイント 240 を用いて軸 252 についてアーム取付けプラットフォーム 227 に対してセットアップジョイント 240 を回転させ、軸 254 に沿ってアーム取付けプラットフォーム 227 に対してリンク 246 の遠位端でマニピュレータマウント 262 の高さを調節し、且つ軸 254 についてマニピュレータマウント 262 を回転させる、能力を含む。幾つかの実施例において、セットアップジョイント 240 は、アーム取付けプラットフォーム 227 に対するマニピュレータマウント 262 の姿勢を変更するための追加的な自由度を許容する、追加的なジョイント、リンク、及び軸を更に含んでよい。

【0037】

マニピュレータ 260 は、マニピュレータマウント 262 を介してセットアップジョイント 240 の遠位端に連結される。マニピュレータ 260 は、マニピュレータ 260 の遠位端に取り付けられる器具キャリッジ 268 を備える、追加的なジョイント 264 及びリンク 266 を含む。器具 270 が器具キャリッジ 268 に取り付けられる。器具 270 は、挿入軸に沿って整列させられるシャフト 272 を含む。シャフト 272 は、典型的には

10

20

30

40

50

、それが遠隔運動中心を通過するように整列させられる。遠隔運動中心 274 の場所は、マニピュレータ 260 内のジョイント 264 の動作が遠隔運動中心についてのシャフト 272 の回転をもたらすように、マニピュレータマウント 262 に対する一定の並進関係に維持されるのが典型的である。実施態様に依存して、マニピュレータマウント 262 に対する遠隔運動中心 274 の一定の並進関係は、マニピュレータ 260 のジョイント 264 及びリンク 266 における物理的な拘束を用いて、ジョイント 264 のために許容される運動に対して置かれるソフトウェア拘束を用いて、並びに / 或いは両方の組み合わせを用いて、維持される。ジョイント及びリンクにおける物理的な拘束を用いて維持される遠隔運動中心を用いるコンピュータ支援デバイスの代表的な実施態様は、2013 年 5 月 13 日に出願された「Redundant Axis and Degree of Freedom for Hardware-Constrained Remote Center Robotic Manipulator」という名称の米国特許出願第 13 / 906, 888 号に記載されており、ソフトウェア拘束によって維持される遠隔運動中心を用いるコンピュータ支援デバイスの代表的な実施態様は、2005 年 5 月 19 日に出願された「Software Center and Highly Configurable Robotic Systems for Surgery and Other Uses」という名称の米国特許第 8, 004, 229 号に記載されており、それらの明細書の全文をここに参照として援用する。幾つかの実施例において、遠隔運動中心 274 は、患者 278 の切開部位又は開口部(orifice)のような身体開口(body opening)の場所に対応してよい。遠隔運動中心 274 は身体開口に対応するので、器具 270 が用いられるとき、遠隔運動中心 274 は患者 278 に対して静止的なままであり、遠隔運動中心 274 での患者 27 の解剖学的構造に対する応力を制限する。幾つかの実施例において、シャフト 272 は、身体開口に配置されるカニューレ（図示せず）を通じて進められてよい。幾つかの実施例において、比較的より大きなシャフト又はガイドチューブ外径（例えば、4 ~ 5 mm 以上）を有する器具が、カニューレを用いて身体開口を通じて進められてよく、カニューレは、比較的より小さなシャフト又はガイドチューブ外径（例えば、2 ~ 3 mm 以下）を有する器具について任意的に省略されてよい。

【0038】

シャフト 272 の遠位端にはエンドエフェクタ 276 がある。ジョイント 264 及びリンク 266 の故のマニピュレータ 260 における自由度は、少なくとも、マニピュレータマウント 262 に対するシャフト 272 及び / 又はエンドエフェクタのロール、ピッチ、及びヨーの制御を許容してよい。幾つかの実施例において、マニピュレータ 260 における自由度は、エンドエフェクタ 276 が挿入軸に沿って遠隔運動中心に対して前進させられ且つ / 或いは後退させられてよいよう、器具キャリアッジ 268 を用いてシャフト 272 を前進させ且つ / 或いは後退させる能力を更に含んでよい。幾つかの実施例において、マニピュレータ 260 は、Sunnyvale, California の Intuitive Surgical, Inc. によって表品化されている da Vinci（登録商標）Surgical System との使用のためのマニピュレータと調和してよい。幾つかの実施例において、器具 270 は、内視鏡のような撮像デバイス、グリッパ、焼灼器若しくはメスのような手術ツール、及び / 又は同等物であってよい。幾つかの実施例において、エンドエフェクタ 276 は、シャフト 272 の遠位端に対するエンドエフェクタ 276 の部分の追加的な局所化された操作を可能にする、ロール、ピッチ、ヨー、グリッパ、及び / 又は同等のことのよう、追加的な自由度を含んでよい。

【0039】

手術又は他の医療処置の間に、患者 278 は、典型的には、手術台 280 の上に位置付けられる。手術台 280 は、テーブルベース 282 と、テーブルトップ 284 とを含み、器具 270 のシャフト 272 が身体開口で患者 278 内に差し込まれる間に、器具 270 及び / 又はエンドエフェクタ 276 がコンピュータ支援デバイス 210 によって操作されてよいよう、テーブルベース 282 は、移動式カート 215 に近接して位置付けられる。テーブルベース 280 に対するテーブルトップ 284 の、よって、患者 278 の、相対的な場所が制御されるよう、手術台 280 は、テーブルベース 282 とテーブルトップ 284 との間に 1 つ又はそれよりも多くのジョイント又はリンクを含む、関節作動構造 290

を更に含む。幾つかの実施例において、関節作動構造 290 は、テーブルトップ 284 が、テーブルトップ 284 より上の地点に位置付けられることがある仮想的に定められるテーブル動作アイソセンタ 286 に対して制御されるように、構成されてよい。幾つかの実施例において、アイソセンタ 286 は、患者 278 の内部内に位置付けられてよい。幾つかの実施例において、アイソセンタ 286 は、遠隔運動中心 274 に対応する身体開口の部位のような、身体開口の 1 つ又はその付近で、患者の体壁と同一平面上に位置付けられてよい。

【0040】

図 2 に示すように、関節作動構造 290 は、テーブルトップ 284 がテーブルベース 282 に対して上昇させられ且つ / 或いは下降させられてよいように、高さ調節ジョイント 292 を含む。関節作動構造 290 は、アイソセンタ 286 に対するテーブルトップ 284 の傾斜 294 及びトレンドレンブルグ 296 向きの両方を変更するジョイント及びリンクを更に含む。傾斜 294 は、患者 278 の右側又は左側のいずれかが患者 278 の他の側に対して（即ち、テーブルトップ 284 の長手軸又は頭から踵先までの軸 (head-to-toe axis) について）上向きに回転させられるように、テーブルトップ 284 が側側傾斜させられるのを可能にする。トレンドレンブルグ 296 は、患者 278 の足が上昇させられるか（トレンドレンブルグ）或いは患者 278 の頭が上昇させられる（逆トレンドレンブルグ）ように、テーブルトップ 284 が回転させられるのを可能にする。幾つかの実施例では、傾斜 294 回転及び / 又はトレンドレンブルグ 296 回転のいずれかを調節して、アイソセンタ 286 についての回転を生成してよい。関節作動構造 290 は、テーブルトップ 284 を、図 2 に描写するような概ね左及び / 又は右の動きを伴って、テーブルベース 282 に対して長手（頭側 - 尾側）軸に沿ってスライドさせる追加的なリンク及びジョイント 298 を更に含む。

【0041】

図 8 A - 8 G は、本明細書中に記載する統合コンピュータ支援デバイス及び可動手術台構成を含む様々なコンピュータ支援デバイスシステムアーキテクチャを例示する簡略図である。様々な例示するシステムコンポーネントは、本明細書中に記載する原理に従っている。これらの例示において、コンポーネントは明瞭性のために簡略化されており、個々のリンク、ジョイント、マニピュレータ、器具、エンドエフェクタなどのような、様々な詳細は示されていないが、それらは様々な例示するコンポーネント内に含まれていると理解されるべきである。

【0042】

これらのアーキテクチャにおいて、1 つ又はそれよりも多くの手術器具又は器具の集まりと関連付けられるカニューレは示されておらず、比較的より大きいシャフト又はガイドチューブ外径（例えば、4 ~ 5 mm 以上）を有する器具又は器具の集まりのためにカニューレ及び他の器具ガイドデバイスを任意的に用いてよく、任意的に、比較的より小さいシャフト又はガイドチューブ外径（例えば、2 ~ 3 mm 以下）を有する器具のために省略してよいことが理解されなければならない。

【0043】

また、これらのアーキテクチャにおいて、遠隔操作マニピュレータは、手術中に、ハードウェア拘束（例えば、一定の交差する器具ピッチ軸、ヨー軸、及びロール軸）又はソフトウェア拘束（例えば、ソフトウェア拘束される交差する器具ピッチ軸、ヨー軸、及びロール軸）を用いることによって、遠隔運動中心を定める、マニピュレータを含むものと理解されなければならない。そのような器具回転軸の混成が定められてよい（例えば、ハードウェア拘束ロール軸並びにソフトウェア拘束ピッチ軸及びヨー軸も可能である）。更に、幾つかのマニピュレータは、処置中に手術器具回転軸を定めてよく或いは拘束しなくてよく、幾つかのマニピュレータは、処置中に 1 つ又は 2 つだけの器具回転軸を定めてよく且つ拘束してよい。

【0044】

図 8 A は、移動可能な手術台 1100 を例示しており、単一器具コンピュータ支援デバ

10

20

30

40

50

イス 1 1 0 1 a が示されている。手術台 1 1 0 0 は、移動可能なテーブルトップ 1 1 0 2 と、遠位端でテーブルトップ 1 1 0 2 を支持するよう機械的に接地される近位ベース 1 1 0 4 から延びるテーブル支持構造 1 1 0 3 とを含む。幾つかの実施例において、手術台 1 1 0 0 は、手術台 1 7 0 及び / 又は 2 8 0 と調和してよい。コンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 a は、遠隔操作マニピュレータと、単一器具アセンブリ 1 1 0 5 a とを含む。コンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 a は、近位ベース 1 1 0 7 a で機械的に接地され且つ遠位端でマニピュレータ及び器具アセンブリ 1 1 0 5 a を支持するように延びる、支持構造 1 1 0 6 a も含む。支持構造 1 1 0 6 a は、アセンブリ 1 1 0 5 a が移動させられるように構成され、手術台 1 1 0 を基準にして様々な固定的な姿勢において保持される。ベース 1 1 0 7 a は、任意的に、手術台 1 1 0 0 を基準にして恒久的に固定され或いは移動可能である。

10

【 0 0 4 5 】

図 8 A は、任意的な第 2 のコンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 b を更に示しており、それは、各々が対応する支持構造 1 1 0 6 b によって支持される対応する個々の (複数の) 遠隔操作マニピュレータ及び単一器具アセンブリ 1 1 0 5 a を有する、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、又はそれよりも多くの個々のコンピュータ支援デバイスが含まれてよいことを例示している。コンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 b は、機械的に接地され、アセンブリ 1 1 0 5 b は、コンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 a と同様に、姿勢を取らされる。手術台 1 1 0 0 並びにコンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 a 及び 1 1 0 1 b は、マルチ器具手術システムを共に成し、それらは本明細書中に記載するように協働する。幾つかの実施例において、コンピュータ支援デバイス 1 1 0 1 a 及び / 又は 1 1 0 1 b は、コンピュータ支援デバイス 1 1 0 及び / 又は 2 1 0 と調和してよい。

20

【 0 0 4 6 】

図 8 B に示すように、他の移動可能な手術台 1 1 0 0 及びコンピュータ支援デバイス 1 1 1 1 を示す。コンピュータ支援デバイス 1 1 1 1 は、代表的なマニピュレータ及び器具アセンブリ 1 1 0 5 a 及び 1 1 0 5 b によって示すような、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、又はそれよりも多くの個々の遠隔操作マニピュレータ及び単一器具アセンブリを含む、マルチ器具デバイスである。コンピュータ支援デバイス 1 1 1 1 のアセンブリ 1 1 0 5 a 及び 1 1 0 5 b は、アセンブリ 1 1 0 5 a 及び 1 1 0 5 b が手術台 1 1 0 0 を基準にしてグループとして共に移動させられ且つ姿勢を取らせられるのを可能にする、組み合わせ支持構造 1 1 1 2 によって支持される。コンピュータ支援デバイス 1 1 1 1 のアセンブリ 1 1 0 5 a 及び 1 1 0 5 b は、各々、対応する個々の支持構造 1 1 1 3 a 及び 1 1 1 3 b によってもそれぞれ支持され、それは各アセンブリ 1 1 0 5 a 及び 1 1 0 5 b が手術台 1 1 0 0 を基準にして並びに 1 つ又はそれよりも多くの他のアセンブリ 1 1 0 5 a 及び 1 1 0 5 b を基準にして個々に移動させられ且つ姿勢を取らされるのを可能にする。そのようなマルチ器具手術システムアーキテクチャの例は、Intuitive Surgical, Inc. によって商品化されている da Vinci Si (登録商標) 及び da Vinci (登録商標) Xi (T M) Surgical System である。手術台 1 1 0 0 及び手術マニピュレータシステム 1 1 1 1 は、本明細書中に記載するように協働する。幾つかの実施例において、コンピュータ支援デバイス 1 1 1 1 は、コンピュータ支援デバイス 1 1 0 及び / 又は 2 1 0 と調和する。

30

40

【 0 0 4 7 】

図 8 A 及び 8 B のコンピュータ支援デバイスは、各々、床に機械的に設置されて示されている。しかしながら、1 つ又はそれよりも多くのそのようなコンピュータ支援デバイスは、任意的に、壁又は天井に機械的に接地されてよく、そのような壁面 (wall ground) 又は天井面 (ceiling ground) を基準にして恒久的に固定され或いは移動可能である。幾つかの実施例において、コンピュータ支援デバイスは、コンピュータ支援システムの支持ベースが手術台に対して移動させられるのを可能にするトラックシステム又はグリッドシステムを用いて、壁又は天井に取り付けられてよい。幾つかの実施例では、1 つ又はそれよりも多くの固定的な又は解放可能な取付けクランプを用いて、それぞれの支持ベースをトラックシステム又はグリッドシステムに取り付けてよい。図 8 C に示すように、コンピュ

50

ータ支援デバイス 1121a は、壁に機械的に接地され、コンピュータ支援デバイス 1121b は、天井に機械的に接地される。

【0048】

加えて、コンピュータ支援デバイスは、移動可能な手術台 1100 を介して間接的に機械的に接地させられてよい。図 8D に示すように、コンピュータ支援デバイス 1131a は、手術台 1100 のテーブルトップ 1102 に連結される。コンピュータ支援デバイス 1131a は、任意的に、図 8D に示す破線の構造によって示すように、テーブル支持構造 1103 又はテーブルベース 1104 のような、手術台 1100 の他の部分に連結されてよい。テーブルトップ 1102 がテーブル支持構造 1103 又はテーブルベース 1104 を基準にして動くとき、コンピュータ支援デバイス 1131a も同様にテーブル支持構造 1103 又はテーブルベース 1104 を基準にして動く。しかしながら、コンピュータ支援デバイス 1131a がテーブル支持構造 1103 又はテーブルベース 1104 に連結されるとき、コンピュータ支援デバイス 11031a のベースは、テーブルトップ 1102 が動くときに、地面を基準にして固定されたままである。テーブルの動きが起こると、器具を患者内に差し込む身体開口も動くことがある。何故ならば、患者の体が動いてテーブルトップ 1102 に対する身体開口の場所を変えることがあるからである。従って、コンピュータ支援デバイス 1131a がテーブルトップ 1102 に連結される実施態様について、テーブルトップ 1102 は、局所的な機械的な面(ground)として機能し、身体開口はテーブルトップ 1102 を基準として動き、よって、コンピュータ支援デバイス 1131a を基準としても動く。図 8D は、マルチ器具システムを創るよう、コンピュータ支援

10

20

【0049】

幾つかの実施態様において、同じ又は混成の機械的な接地を伴うコンピュータ支援デバイスの他の組み合わせが可能である。例えば、システムは、床に機械的に接地される 1 つのコンピュータ支援デバイスと、手術台を介して床に機械的に接地される第 2 のコンピュータ支援デバイスとを含んでよい。そのような混成の機械的な接地システムは、本明細書中に開示するように動作する。

【0050】

発明的な特徴は、2 つ又はそれよりも多くの手術器具が単一の身体開口を介して体に入る単一身体開口システムも含む。そのようなシステムの例は、2010 年 8 月 12 日に出版された「Surgical System Instrument Mounting」という名称の米国特許第 8,852,208 号及び 2007 年 6 月 13 日に出版された「Minimally Invasive Surgical System」という名称の米国特許第 9,060,678 号に示されており、それらの両方を参照として援用する。図 8E は、上述のような手術台 1100 と共に、遠隔操作マルチ器具コンピュータ支援デバイス 1141 を例示している。2 つ又はそれよりも多くの器具 1142 は、各々、対応するマニピュレータ 1143 に連結され、器具マニピュレータ 1144 及び器具 1142 の集まりは、システムマニピュレータ 1144 によって一緒に移動させられる。システムマニピュレータ 1144 は、システムマニピュレータ 1144 が様々な姿勢で移動させられ且つ固定されるのを可能にする支持アセンブリ 1145 によって支持される。支持アセンブリ 1145 は、上述と調和してベース 1146 に機械的に接地される。2 つ又はそれよりも多くの器具 1142 は、単一の身体開口で患者内に差し込まれる。任意的に、器具 1142 は、単一のガイドチューブを通じて一緒に延び、ガイドチューブは、任意的に、上で引用した参考文献に記載するように、カニユーレを通じて延びる。コンピュータ支援デバイス 1141 及び手術台 1100 は、本明細書中に記載するように協働する。

30

40

【0051】

図 8F は、任意的に、テーブルトップ 1102、テーブル支持構造 1103、又はテーブルベース 1104 に連結されることによって、手術台 1100 を介して機械的に接地さ

50

れる、他のマルチ器具の、単一身体開口の、コンピュータ支援デバイス 1 1 5 1 を例示している。図 8 D を参照する上の記載は、図 8 F に例示する機械的接地オプションにも当て嵌まる。コンピュータ支援デバイス 1 1 5 1 及び手術台 1 1 0 0 は、本明細書中に記載するように協働する。

【 0 0 5 2 】

図 8 G は、1 つ又はそれよりも多くの遠隔操作される、マルチ器具の、単一の身体開口の、コンピュータ支援デバイス 1 1 6 1 を例示しており、1 つ又はそれよりも多くの遠隔操作される単一器具のコンピュータ支援デバイス 1 1 6 2 は、本明細書中に記載するように、手術台 1 1 0 0 と協働するように組み合わせられてよい。コンピュータ支援デバイス 1 1 6 1 及び 1 1 6 2 の各々は、上述のような様々な仕方において、直接的に或いは他の構造を介して、機械的に接地されてよい。

【 0 0 5 3 】

図 3 は、幾つかの実施態様に従ったコンピュータ支援医療システムの運動学的モデル 3 0 0 の簡略図である。図 3 に示すように、運動学的モデル 3 0 0 は、多くのソース及び / 又はデバイスと関連付けられる運動学的情報を含んでよい。運動学的情報は、コンピュータ支援デバイス及び手術台のリンク及びジョイントについての既知の運動学的モデルに基づく。運動学的情報は、更に、コンピュータ支援デバイス及び手術台のジョイントの位置及び / 又は向きと関連付けられる情報に基づく。幾つかの実施例において、ジョイントの位置及び / 又は向きと関連付けられる情報は、プリズム状ジョイント (prismatic joints) の直線位置及び回転ジョイント (revolute joints) の回転位置を測定する、エンコーダのような 1 つ又はそれよりも多くのセンサに由来してよい。

【 0 0 5 4 】

運動学的モデル 3 0 0 は、幾つかの座標フレーム又は座標系と、座標フレームのうちの 1 つから座標フレームのうちの他のものに位置及び / 又は向きを変換する同次変換 (homogeneous transformation) のような変換とを含む。幾つかの実施例では、運動学的モデル 3 0 0 を用いて、図 3 に含まれるような変換リンケージによって示される順変換 (forward transform) 及び / 又は逆 / 反変換 (reverse/inverse transform) を構成すること (composing) によって、座標フレームのうちの任意の他の座標フレーム内での座標フレームのうちの 1 つの座標フレームにおける位置及び / 又は向きの順及び / 又は逆マッピングを可能にしてよい。幾つかの実施例において、変換が行列形態 (matrix form) において同次変換としてモデル化 (モデリング) されるとき、構成すること (composing) は、行列乗算 (matrix multiplication) を用いて達成されてよい。幾つかの実施態様において、システムは、座標基準系を運動連鎖内の 1 つ又はそれよりも多くの地点に結び付け且つ運動学的モデル 3 0 0 内で 1 つの基準系から他の基準系に変換するために、Denavit-Hartenberg パラメータ及び変換を用いてよい。幾つかの実施態様では、運動学的モデル 3 0 0 を用いて、図 2 のコンピュータ支援デバイス 2 1 0 及び手術台 2 8 0 の運動学的関係をモデル化してよい。

【 0 0 5 5 】

運動学的モデル 3 0 0 は、手術台 1 7 0 及び / 又は手術台 2 8 0 のような手術台の位置及び / 又は向きをモデル化するために用いられるテーブルベース座標フレーム 3 0 5 を含む。幾つかの実施例では、テーブルベース座標フレーム 3 0 5 を用いて、手術台と関連付けられる基準地点及び / 又は向きに対する手術台上の他の地点をモデル化してよい。幾つかの実施例において、基準地点及び / 又は向きは、テーブルベース 2 8 2 のような、手術台のテーブルベースと関連付けられてよい。幾つかの実施例において、テーブルベース座標フレーム 3 0 5 は、コンピュータ支援システムのための世界座標フレームとしての使用に適することがある。

【 0 0 5 6 】

運動学的モデル 3 0 0 は、テーブルトップ 2 8 4 のような、手術台のテーブルトップを表す座標フレーム内の位置及び / 又は向きをモデル化するために用いられてよい、テーブルトップ座標系 3 1 0 を更に含む。幾つかの実施例において、テーブルトップ座標フレー

ム 3 1 0 は、アイソセンタ 2 8 6 のような、テーブルトップの回転アイソセンタの周りに中心化されてよい。幾つかの実施例において、テーブルトップ座標フレーム 3 1 0 の z 軸は、手術台が位置付けられる床又は表面に対して垂直に且つ / 或いはテーブルトップの表面に対して直交して方向付けられてよい。幾つかの実施例において、テーブルトップ座標フレーム 3 1 0 の x 軸及び y 軸は、テーブルトップの長手方向（頭から複先）及び又は横方向（側側）の主軸を取り込むように方向付けられてよい。幾つかの実施例において、テーブルベース対テーブルトップ座標変換 3 1 5 は、テーブルトップ座標フレーム 3 1 0 とテーブルベース座標フレーム 3 0 5 との間の位置及び / 又は向きをマッピングするために用いられる。幾つかの実施例において、関節作動構造 2 9 0 のような、過去及び / 又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、手術台の関節作動構造の 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルを用いて、テーブルベース対テーブルトップ座標変換 3 1 5 を決定してよい。幾つかの実施例では、図 2 の実施態様と調和して、テーブルベース対テーブルトップ座標変換 3 1 5 は、手術台と関連付けられる高さ、傾斜、トレンドレンブルグ、及びスライド設定の複合効果をモデル化する。

【 0 0 5 7 】

運動学的モデル 3 0 0 は、コンピュータ支援デバイス 1 1 0 及び / 又はコンピュータ支援デバイス 2 1 0 のような、コンピュータ支援デバイスの位置及び / 又は向きをモデル化するために用いられるデバイスベース座標フレームを更に含む。幾つかの実施例では、デバイスベース座標フレーム 3 2 0 を用いて、コンピュータ支援デバイスと関連付けられる基準地点及び / 又は向きに対するコンピュータ支援デバイス上の他の地点をモデル化してよい。幾つかの実施例において、基準地点及び / 又は向きは、移動式カート 2 1 5 のような、コンピュータ支援デバイスのデバイスベースと関連付けられてよい。幾つかの実施例において、デバイスベース座標フレーム 3 2 0 は、コンピュータ支援システムのための世界座標フレームとしての使用に適していることがある。

【 0 0 5 8 】

手術台とコンピュータ支援デバイスとの間の位置的な及び / 又は向きの関係をトラッキング（追跡）するために、手術台とコンピュータ支援デバイスとの間の位置合わせを行うことがしばしば望ましい。図 3 に示すように、位置合わせを用いて、テーブルトップ座標フレーム 3 1 0 とデバイスベース座標フレーム 3 2 0 との間の位置合わせ変換 3 2 5 を決定してよい。幾つかの実施態様において、位置合わせ変換 3 2 5 は、テーブルトップ座標フレーム 3 1 0 とデバイスベース座標フレーム 3 2 0 との間の部分又は完全変換であってよい。位置合わせ変換 3 2 5 は、手術台とコンピュータ支援デバイスとの間の構造的構成 (architectural arrangements) に基づき決定される。

【 0 0 5 9 】

コンピュータ支援デバイスがテーブルトップ 1 1 0 2 に取り付けられる図 8 D 及び 8 F の実施例において、位置合わせ変換 3 2 5 は、テーブルベースからテーブルトップの座標変換 3 1 5 及びコンピュータ支援デバイスがテーブルトップに取り付けられる場所を知ることから決定される。

【 0 0 6 0 】

コンピュータ支援デバイスが床に位置付けられる或いは壁又は天井に取り付けられる図 8 A - 8 C、8 E、及び 8 F の実施例において、位置合わせ変換 3 2 5 の決定は、デバイスベース座標フレーム 3 2 0 及びテーブルベース座標フレーム 3 0 5 の上に幾つかの制約を置くことによって簡略化される。幾つかの実施例において、これらの制約は、デバイスベース座標フレーム 3 2 0 及びテーブルベース座標フレーム 3 0 5 の両方が、同じ垂直上り (vertical up) 又は z 軸で一致することを含む。手術台が平らな床の上に配置されているという推定の下で、（例えば、床に対して垂直な）部屋の壁及び（例えば、床と平行な）天井の相対的な向きは既知であり、共通の垂直上り又は z 軸（又は適切な向き変換）がデバイスベース座標フレーム 3 2 0 及びテーブルベース座標フレーム 3 0 5 の両方又は適切な向き変換のために維持されることが可能である。幾つかの実施例では、共通の z 軸の故に、位置合わせ変換 3 2 5 は、テーブルベース座標フレーム 3 0 5 の z 軸についてテ

10

20

30

40

50

ブルトップに対するデバイスベースの回転的な関係だけをモデル化してよい（例えば、 z 位置合わせ）。幾つかの実施例において、位置合わせ変換 325 は、任意的に、テーブルベース座標フレーム 305 とデバイスベース座標フレーム 320 との間の水平方向オフセット（偏心）をモデル化してもよい（例えば、 XY 位置合わせ）。これはコンピュータ支援デバイスと手術台との間の垂直（ z ）関係が既知である故に可能である。よって、テーブルベース対テーブルトップ変換 315 におけるテーブルトップの高さの変化は、デバイスベース座標フレーム 320 における垂直方向調節に類似する。何故ならば、テーブルベース座標フレーム 305 及びデバイスベース座標フレーム 320 における垂直軸は、同じであるか或いはほぼ同じであるので、テーブルベース座標フレーム 305 とデバイスベース座標フレーム 320 との間の高さの変化は、互いの合理的な許容差内にあるからである。幾つかの実施例において、テーブルベース対テーブルトップ変換 315 における傾斜及びトレンデレンブルグ調節は、テーブルトップの高さ（若しくはそのアイソセンタ）並びに z 及び ψ 又は XY 位置合わせを知ることによって、デバイスベース座標フレーム 320 にマッピングされてよい。幾つかの実施例では、それが構造的に当て嵌まらないときでさえも、恰もコンピュータ支援デバイスがテーブルトップに取り付けられているものとして、位置合わせ変換 325 及びテーブルベース対テーブルトップ変換 315 を用いて、コンピュータ支援デバイスをモデル化してよい。

【0061】

運動学的モデル 300 は、コンピュータ支援デバイスの関節作動アーム上の最近位地点と関連付けられる共用座標フレームのための適切なモデルとして用いられてよい、アーム取付けプラットフォーム座標フレーム 330 を更に含む。幾つかの実施態様において、アーム取付けプラットフォーム座標フレーム 330 は、アーム取付けプラットフォーム 227 のような、アーム取付けプラットフォーム上の便利な地点と関連付けられてよく、それに対して方向付けられてよい。幾つかの実施例において、アーム取付けプラットフォーム座標フレーム 330 の中心地点は、 z 軸がアーム取付けプラットフォーム軸 236 と整列させられた状態で、アーム取付けプラットフォーム配向軸 236 に位置してよい。幾つかの実施例では、デバイスベース座標フレーム 320 とアーム取付けプラットフォーム座標フレーム 330 との間の位置及び ψ 又は向きをマッピングするために、デバイスベース対アーム取付けプラットフォーム座標変換 335 が用いられる。幾つかの実施例では、デバイスベース対アーム取付けプラットフォーム座標変換 335 を決定するために、セットアップ構造 220 のようなアーム取付けプラットフォームとデバイスベースとの間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルが、過去の及び ψ 又は現在のジョイントセンサ読取りと共に用いられる。図 2 の実施態様と調和する幾つかの実施例において、デバイスベース対アーム取付けプラットフォーム座標変換 335 は、コンピュータ支援デバイスのセットアップ構造のリストジョイント、二部ブーム、ショルダジョイント、二部コラムの複合効果をモデル化してよい。

【0062】

運動学的モデル 300 は、コンピュータ支援デバイスの関節作動アームの各々と関連付けられる一連の座標フレーム及び変換を更に含む。図 3 に示すように、運動学的モデル 300 は、3 つの関節作動アームのための座標フレーム及び変換を含むが、当業者は異なるコンピュータ支援デバイスがより少ない及び ψ 又はより多い（例えば、1 つ、2 つ、4 つ、5 つ、又はそれよりも多くの）関節作動アームを含んでよいことを理解するであろう。図 2 のコンピュータ支援デバイス 210 のリンク及びジョイントの構成と調和して、関節作動アームの各々は、関節作動アームの遠位端に取り付けられる器具の種類に応じて、マニピュレータマウント座標フレーム、遠隔運動中心座標フレーム、及び、器具、エンドエフェクタ、又はカメラ座標フレームを用いて、モデル化される。

【0063】

運動学的モデル 300 において、関節作動アームの第 1 のものの運動学的関係は、マニピュレータマウント座標フレーム 341、遠隔運動中心座標フレーム 342、器具座標フレーム 343、アーム取付けプラットフォーム対マニピュレータマウント変換 344、マ

10

20

30

40

50

ニピュレータマウント対遠隔運動中心変換 3 4 5、及び遠隔運動中心対器具変換 3 4 6 を用いて、取り込まれる。マニピュレータマウント座標フレーム 3 4 1 は、マニピュレータ 2 6 0 のような、マニピュレータと関連付けられる位置及び／又は向きを表すための適切なモデルを提示する。マニピュレータマウント座標フレーム 3 4 1 は、典型的には、対応する関節作動アームのマニピュレータマウント 2 6 2 のような、マニピュレータマウントと関連付けられる。その場合、アーム取付けプラットフォーム対マニピュレータマウント変換 3 4 4 は、対応するセットアップジョイント 2 4 0 の過去及び／又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応するセットアップジョイント 2 4 0 のような、アーム取付けプラットフォームと対応するマニピュレータマウントとの間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。

10

【 0 0 6 4 】

遠隔運動中心座標フレーム 3 4 2 は、対応するマニピュレータ 2 6 0 の対応する遠隔運動中心 2 7 4 のような、マニピュレータに取り付けられる器具の遠隔運動中心と関連付けられる。その場合、マニピュレータマウント対遠隔運動中心変換 3 4 5 は、対応するジョイント 2 6 4 の過去及び／又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応するマニピュレータ 2 6 0 の対応するジョイント 2 6 4、対応するリンク 2 6 6、及び対応するキャリッジ 2 6 8 のような、対応するマニピュレータマウントと対応する遠隔運動中心との間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。図 2 の実施態様におけるように、対応する遠隔運動中心が、対応するマニピュレータマウントに対する一定の位置関係に維持されるとき、マニピュレータマウント対遠隔運動中心変換 3 4 5 は、本質的に静止的な並進コンポーネントと、マニピュレータ及び器具が作動させられるに応じて変化する動的な回転コンポーネントとを含む。

20

【 0 0 6 5 】

器具座標フレーム 3 4 3 は、対応する器具 2 7 0 上の対応するエンドエフェクタ 2 7 6 のような、器具の遠位端に位置付けられるエンドエフェクタと関連付けられる。その場合、遠隔運動中心対器具変換 3 4 6 は、過去及び／又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応する器具及び対応する遠隔運動中心を移動させ且つ／或いは方向付ける、コンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。幾つかの実施例において、遠隔運動中心対器具変換 3 4 6 は、対応するシャフト 2 7 2 のようなシャフトが遠隔運動中心を通過する向き及びシャフトが遠隔運動中心に対して前進させられる／後退させられる距離を考慮する。幾つかの実施例において、遠隔運動中心対器具変換 3 4 6 は、器具のシャフトの挿入軸が遠隔運動中心を通過し且つシャフトによって定められる軸についてのシャフト及びエンドエフェクタの回転を考慮することを反映するよう、更に制約されることがある。

30

【 0 0 6 6 】

運動学的モデル 3 0 0 において、関節作動アームの第 2 のものの運動学的関係が、マニピュレータマウント座標フレーム 3 5 1、遠隔運動中心座標フレーム 3 5 2、器具座標フレーム 3 5 3、アーム取付けプラットフォーム対マニピュレータマウント変換 3 5 4、マウント対遠隔運動中心変換 3 5 5、及び遠隔運動中心対器具変換 3 5 6 を用いて、取り込まれる。マニピュレータマウント座標フレーム 3 5 1 は、マニピュレータ 2 6 0 のような、マニピュレータと関連付けられる位置及び／又は向きを表すための適切なモデルを提示する。マニピュレータマウント座標フレーム 3 5 1 は、対応する関節作動アームのマニピュレータマウント 2 6 2 のような、マニピュレータマウントと関連付けられる。その場合、アーム取付けプラットフォーム変換 3 5 4 は、対応するセットアップジョイント 2 4 0 の過去及び／又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応するセットアップジョイント 2 4 0 のような、対応するアーム取付けプラットフォームと対応するマニピュレータマウントとの間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。

40

【 0 0 6 7 】

遠隔運動中心座標フレーム 3 5 2 は、対応するマニピュレータ 2 6 0 の対応する遠隔運

50

動中心のような、関節作動アームのマニピュレータの遠隔運動中心と関連付けられる。その場合、マウント対遠隔運動中心変換 3 5 5 は、対応するジョイント 2 6 4 の過去及び / 又は現在のジョイントセンサ読取りと共に対応するマニピュレータ 2 6 0 の対応するジョイント 2 6 4、対応するリンク 2 6 6、及び対応するキャリッジ 2 6 8 のような、対応するマニピュレータマウントと対応する遠隔運動中心との間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。対応する遠隔運動中心が、図 2 の実施態様におけるように、対応するマニピュレータマウントに対する一定の位置関係に維持されるとき、マウント対遠隔運動中心変換 3 5 5 は、マニピュレータ及び器具が作動させられるに応じて変化しない本質的に静止的な並進コンポーネントと、マニピュレータ及び器具が作動させられるに応じて変化する動的な回転コンポーネントとを含む。

10

【 0 0 6 8 】

器具座標フレーム 3 5 3 は、対応する器具 2 7 0 上の対応するエンドエフェクタ 2 7 6 のような、関節作動アームに取り付けられるエンドエフェクタ、器具、ツール、及び / 又は器具上のツール先端上の地点と関連付けられる。その場合、遠隔運動中心対器具変換 3 5 6 は、過去及び / 又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応する器具及び対応する遠隔運動中心を移動させ且つ / 或いは方向付ける、コンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。幾つかの実施例において、遠隔運動中心対器具変換 3 5 6 は、対応するシャフト 2 7 2 のようなシャフトが遠隔運動中心を通過する向き及びシャフトが遠隔運動中心に対して前進させられる且つ / 或いは後退させられる距離を考慮する。幾つかの実施例において、遠隔運動中心対器具変換 3 5 6 は、器具のシャフトの挿入軸が遠隔運動中心を通過することを反映するように制約されることがあり、シャフトによって定められる挿入軸についてのシャフト及びエンドエフェクタの回転を考慮することがある。

20

【 0 0 6 9 】

運動学的モデル 3 0 0 において、関節作動アームの第 3 のものの運動学的関係は、マニピュレータマウント座標フレーム 3 6 1、遠隔運動中心座標フレーム 3 6 2、カメラ座標フレーム 3 6 3、アーム取付けプラットフォーム対マニピュレータマウント変換 3 6 4、マウント対遠隔運動中心変換 3 6 5、及び遠隔運動中心対カメラ変換 3 6 6 を用いて、取り込まれる。マニピュレータマウント座標フレーム 3 6 1 は、マニピュレータ 2 6 0 のような、マニピュレータと関連付けられる位置及び / 又は向きを表すための適切なモデルを提示する。マニピュレータマウント座標フレーム 3 6 1 は、対応する関節作動アームのマニピュレータマウント 2 6 2 のような、マニピュレータマウントと関連付けられる。その場合、アーム取付けプラットフォーム対マニピュレータマウント変換 3 6 4 は、対応するセットアップジョイント 2 4 0 の過去及び / 又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応するセットアップジョイント 2 4 0 のような、アーム取付けプラットフォームと対応するマニピュレータマウントとの間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。

30

【 0 0 7 0 】

遠隔運動中心座標フレーム 3 6 2 は、対応するマニピュレータ 2 6 0 の対応する遠隔運動中心のような、関節作動アームのマニピュレータの遠隔運動中心と関連付けられる。その場合、マウント対遠隔運動中心変換 3 6 5 は、対応するジョイント 2 6 4 の過去及び / 又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、対応するマニピュレータ 2 6 0 の対応するジョイント 2 6 4、対応するリンク 2 6 6、及び対応するキャリッジ 2 6 8 のような、対応するマニピュレータマウントと対応する遠隔運動中心との間のコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。対応する遠隔運動中心が、図 2 の実施態様におけるように、対応するマニピュレータマウントに対して一定の位置関係に維持されるとき、マウント対遠隔運動中心変換 3 6 5 は、マニピュレータ及び器具が作動させられるに応じて変化しない本質的に静止的な並進コンポーネントと、マニピュレータ及び器具が作動させられるに応じて変化する動的な回転コンポーネ

40

50

ントとを含む。

【0071】

カメラ座標フレーム363は、関節作動アームに取り付けられる、内視鏡のような、撮像デバイスと関連付けられる。その場合、遠隔運動中心対カメラ変換366は、過去及び/又は現在のジョイントセンサ読取りと共に、撮像デバイス及び/又は対応する遠隔運動中心を移動させ且つ/或いは方向付けるコンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイントの1つ又はそれよりも多くの運動学的モデルに基づく。幾つかの実施例において、遠隔運動中心対カメラ変換366は、対応するシャフト272のようなシャフトが遠隔運動中心を通過する向き及びシャフトが遠隔運動中心に対して前進させられる且つ/或いは後退させられる距離を考慮する。幾つかの実施例において、遠隔運動中心対カメラ変換366は、撮像デバイスのシャフトの挿入軸が遠隔運動中心を通過し且つシャフトによって定められる軸についての撮像デバイスの回転を考慮することを反映するように制約されてよい。

10

【0072】

幾つかの実施態様において、カメラ座標フレーム363と関連付けられる撮像デバイスは、使用者がカメラ座標フレーム363からのビデオストリームを見てよいように、ビデオを操作者ワークステーションにストリーミングしてよい。例えば、撮像デバイスによって取り込まれるビデオは中継されて、図1の操作者ワークステーション190のディスプレイシステム192に表示されてよい。幾つかの実施態様において、撮像デバイスは、それが器具座標フレーム343と関連付けられる器具及び/又は器具座標フレーム353と関連付けられる器具のビデオ及び/又は画像を取り込むように、方向付けられてよい。器具座標フレーム343と関連付けられる器具及び/又は器具座標フレーム353と関連付けられる器具は、図1の入力又はマスタ制御装置195のような、コントローラを通じて使用者によって作動させられてよい。幾つかの実施態様では、器具及び/又はエンドエフェクタの直観的な操作を可能にするために、制御装置からの使用者命令は、カメラ座標フレーム363の座標系と相関してよい。例えば、コントローラを用いた、上及び下、左及び右、並びに内及び外の命令は、カメラ座標フレーム363に対する器具の上及び下、左及び右、並びに内及び外の動きに変換されてよい。上及び下、左及び右、内及び外は、座標フレーム363のx、y、及びz並進軸によって表されてよい。同様に、ロール、ピッチ、及びヨー命令は、カメラ座標フレームに対して器具をロール運動させ、ピッチ運動させ、且つヨー運動させてよい。幾つかの実施態様において、図1のプロセッサ140のような、1つ又はそれよりも多くのプロセッサが、カメラ座標フレーム363からの使用者命令を、器具座標フレーム343及び353における動き及びそれぞれの命令に変換してよい。変換命令は、運動学的関係を通じてであってよい。例えば、器具座標フレーム343と関連付けられる器具に対する命令は、変換366を用いてカメラ座標フレーム363から遠隔運動中心基準フレーム363に進んでよく、次に、変換365を用いて遠隔運動中心基準フレーム362からマウント座標フレーム361に進み、変換364を用いてマウント座標フレーム361からアーム取付けプラットフォーム座標フレーム330に進み、変換344を用いてアーム取付けプラットフォーム座標フレーム330からマニピュレータマウント座標フレーム341に進み、変換345を用いてマニピュレータマウント座標フレーム341から遠隔運動中心座標フレーム342に進み、そして、変換346を用いて遠隔運動中心座標フレーム342から器具座標フレーム343に進んでよい。このようにして、1つの基準フレームにおいて既知の運動命令を、1つ又はそれよりも多くの他の座標フレーム内で対応する命令に変換させ得る。

20

30

40

【0073】

上で議論し、そして、本明細書中で更に強調するように、図3は、請求項の範囲をむやみに限定してならない例であるに過ぎない。当業者は、多くの変形、変更、及び修正を認識するであろう。幾つかの実施態様によれば、手術台とコンピュータ支援デバイスとの間の位置合わせは、代替的な位置合わせ変換を用いて、テーブルトップ座標フレーム310とデバイスベース座標フレーム320との間で決定されてよい。代替的な位置合わせ変換

50

が用いられるとき、位置合わせ変換 3 2 5 は、テーブルベース対テーブルトップ変換 3 1 5 の反転 / 逆転 (inverse/reverse) で代替的な位置合わせ変換を構成することによって決定される。幾つかの実施態様によれば、コンピュータ支援デバイスでモデル化するために用いられる座標フレーム及び / 又は変換は、コンピュータ支援デバイスのリンク及びジョイント、その関節作動アーム、そのエンドエフェクタ、そのマニピュレータ、及び / 又はその器具の具体的な構成に依存して、異なって構成されてよい。幾つかの実施態様によれば、運動学的モデル 3 0 0 の座標フレーム及び変換を用いて、1 つ又はそれよりも多くの仮想の器具及び / 又は仮想のカメラと関連付けられる座標フレーム及び変換をモデル化してよい。幾つかの実施例において、仮想の器具及び / 又はカメラは、以前に格納され且つ / 或いは掛止された器具位置、運動に起因する器具及び / 又はカメラの突出、外科医及び / 又は他の人員によって定められる基準地点、並びに / 或いは同等のものと関連付けられてよい。

10

【 0 0 7 4 】

コンピュータ支援デバイス 1 1 0 及び / 又は 2 0 0 のようなコンピュータ支援デバイスが作動させられるとき、目標のうちの 1 つは、1 つ又はそれよりも多くのジョイント及び / 又はリンクから、(複数の) 器具、(複数の) リンク、及び / 又は (複数の) ジョイントの 1 つ又はそれよりも多くの地点の位置への、外乱 (disturbances) 及び / 又は動き (movements) の伝搬を最小にし且つ / 或いは排除することである。例えば、図 2 を参照すると、ジョイント 2 4 2 及び / 又はリンク 2 4 6 のうちの 1 つ又はそれよりも多くのに対する外乱は、エンドエフェクタが患者 2 7 8 の内側にある間に、外乱がエンドエフェクタ 2 7 6 (エンドエフェクタ 2 7 6 は例示的な関心の地点である) に伝搬されるならば、患者 2 7 8 に損傷を引き起こすことがある。

20

【 0 0 7 5 】

コンピュータ支援システムのための 1 つの動作モードにおいて、手術台の 1 つ又はそれよりも多くのジョイント及び関節作動アームのジョイントは、ジョイントの動きが制限され且つ / 或いは完全に禁止されるよう、サーボ制御装置及び / 又はブレーキ (制動装置) の使用を通じて所定の場所に係止され且つ / 或いは保持されることがある。幾つかの実施例において、これは、所望の処置を達成するときに、マニピュレータのジョイントが他のジョイントからの動きによって乱されない器具を制御するのを可能にすることがある。幾つかの実施態様において、マニピュレータは、遠隔運動中心を維持するよう物理的に拘束されてよく、マニピュレータを構成しない 1 つ又はそれよりも多くのジョイントの動きは、遠隔運動中心を望ましくなく移動させることがある。それらの実施例では、マニピュレータを構成しないジョイントを物理的及び / 又はサーボ制御装置制動システムを通じて所定の場所に係止させることが有益なことがある。しかしながら、遠隔運動中心への移動を可能にする、よって、遠隔運動中心の位置に影響を及ぼすことがあるジョイントのうちの 1 つ又はそれよりも多くを係止するブレーキの解放を可能にするのが有益な場合があることがある。

30

【 0 0 7 6 】

幾つかの実施例において、器具は、処置中に患者の身体開口を通じて挿入されてよい。幾つかの実施例において、器具の位置は、図 1 のワークステーション 1 9 0 のような操作者コンソールでの外科医による遠隔操作を介して制御されてよい。しかしながら、器具が患者の身体開口を通じて挿入されたままである間に、関節作動アームにおける動きを可能にする、コンピュータ支援システムのための他の動作モードをサポートするのが望ましいことがある。これらの他の動作モードは、器具が患者の身体開口内に挿入されていないときの動作モードにおいては存在しないリスクを持ち込むことがある。幾つかの実施例において、これらのリスクは、器具が患者に対して動くことが可能にされるときに患者に対する損傷、滅菌野を破る器具、関節作動アーム間の衝突からの損害、及び / 又は同等のことを含むことがあるが、それらに限定されない。

40

【 0 0 7 7 】

一般的な場合には、これらの他の動作モードは、器具に近接する 1 つ又はそれよりも多

50

くのジョイントが、1つ又はそれよりも多くのジョイントの位置及び／又は向きの変化（即ち、移動）を引き起こす外乱に晒されるときに、患者に対する患者の開口内に挿入される器具の地点を維持するという目標によって特徴付けられることがある。器具に近接する1つ又はそれよりも多くの第1のジョイント又は外乱ジョイント(乱されるジョイント)(disturbed joints)における外乱は、器具の位置の変化を引き起こすので、外乱ジョイントの動きによって引き起こされる器具の動きを補償する1つ又はそれよりも多くの第2のジョイント又は補償ジョイント(補償するジョイント)(compensating joints)に動きを導入することが望ましいことがある。外乱の程度及び補償の量を決定することは、外乱が手術台又は患者の動きと関連付けられているか否か又は外乱が器具を制御するために用いられる関節作動アームに限定されているか否かのような、外乱の種類及び性質に依存する。

10

【0078】

これらの動作モードの1つのカテゴリには、器具の位置及び／又は器具上の地点があらゆる適切な世界座標フレーム内でモニタリングされ且つ維持されてよいよう、患者が動いていないときがある。これは関節作動アームの制御された動きと関連付けられる外乱を含んでよい。幾つかの実施例において、関節作動アームの制御された動きは、処置を行う前に関節作動アーム及び／又はマニピュレータを組み立てるために用いられる1つ又はそれよりも多くのジョイントにおける動きを含んでよい。これの1つの例は、処置中にマニピュレータ260の十分な範囲の動きをもたらすために、セットアップジョイント240が移動させられるのを可能にするよう、アーム取付けプラットフォーム227が並進させられ且つ整列させられる、図2の実施態様と調和するコンピュータ支援デバイスのセットアップ構造の1つ又はそれよりも多くの動きを含む。この種類の動きの例は、ここに参照として援用する、2014年3月17日に出願された「System and Method for Aligning with a Reference Target」という名称の米国仮特許出願第61/954,261号により詳細に記載されている。このカテゴリは、他の動きを開始する前のブレーキ及び／又は他のジョイントロックの解放と関連付けられる外乱を更に含んでよい。幾つかの実施例において、患者内に挿入される間に患者の体壁によって器具に加えられる力及びトルクに起因するような、器具のシャフトに対する外力及び／又はトルクは、ブレーキ及び／又はロックが解放されて、力及び／又はトルクが解放されるジョイントによって吸収されるときに、器具の望ましくない動きを引き起こすことがある。このカテゴリは、操作者による関節作動アームの手動再配置中に起こることがあるような及び／又は関節作動アームと障害物との間の衝突に起因するような、クラッチ状態又は浮動状態における関節作動アームの動作によって引き起こされる外乱を更に含むことがある。この種類の動きの例は、ここに参照として援用する、2014年3月17日に出願された、「System and method for Breakaway Clutching in an Articulated Arm」という名称の米国仮特許出願第91/954,120号により詳細に記載されている。この種類の動きの追加的な例は、コンピュータ支援デバイスが、1つ又はそれよりも多くのブレーキ又はロックを解放することによって、統合的な手術台が準備され、体壁によって身体開口内に挿入される器具に加えられる力及びトルクが解放されるときに、起こることがある。これらの種類の動き及び外乱は、2015年3月17日に出願された「System and Method for Integrated Surgical Table」という名称の米国仮特許出願第62/134,207号及び代理人整理番号ISRG006930PCT/70228,498WO01と共に同時に

20

30

40

【0079】

関節作動アームの1つ又はそれよりも多くのジョイントに対するブレーキ解放に関して、ブレーキ解放後にジョイントに加えられるあらゆる力及び／又はトルクは、ジョイント及びそれらのそれぞれのリンクが動く原因となることがある。これらの外乱は、しばしば、関節作動アームに取り付けられるエンドエフェクタ及び／又は器具に、素早い、時として大きな、急激な動き(jumps in movements)を引き起こすことがある。単一のブレーキ

50

解放からのいずれの単一の外乱は小さいかもしれないが、多数のジョイントのためのブレーキが同時に解放されるときに組み合わせられる外乱は、幾分大きいことがある。これらの大きな急激な動きは、エンドエフェクタが患者を傷付ける原因となることがある。更に、これらの急激な動きは、しばしば、人間が反応するには素早すぎ、従って、手動制御を通じて是正することは、不可能ではないとしても、困難である。急激な動き(jumps)を減少させて、反応する能力を使用者にもたらす1つの方法は、各ブレーキのための制動力を時間の経過に亘ってゆっくりと減少させ、且つ/或いは1つずつブレーキを解放することである。しかしながら、外科処置中は、あらゆる不要な時間消費を最小にすることが重要である。何故ならば、手術中の死亡率は、患者が手術している時間の長さに関連して高くなるからである。従って、短い時間期間内に(数秒未満に亘って)ブレーキを解放するのが望ましい。

10

【0080】

図4は、幾つかの実施態様に従った時差式ブレーキ解放(staggered brake release)のための例示的な方法400の簡略図である。幾つかの実施例において、方法400は、図1の関節作動アーム120のような、1つ又はそれよりも多くの関節作動アームのジョイント上の1つ又はそれよりも多くのブレーキの解放を時間的にずらすために用いられる。幾つかの実施態様によれば、方法400は、1つ又はそれよりも多くのプロセッサ(例えば、図1の制御ユニット130中のプロセッサ140)上で実行されるときに、1つ又はそれよりも多くのプロセッサにプロセス410~430のうちの1つ又はそれよりも多くを行わせることがある、少なくとも部分的に、持続性の有形の機械可読な媒体上に格納される実行可能なコードの形態において、実施されてよい、プロセス410~430のうちの1つ又はそれよりも多くを含んでよい。

20

【0081】

プロセス410で、ブレーキ解放のための関節作動アームの数が決定される。幾つかの実施態様において、関節作動アームの数は予め決定されてよい。例えば、デバイスは、特定の数の関節作動アームでハードコードされてよい。幾つかの実施態様において、使用者は、ブレーキ解放のために設定される関節作動アームの数を設定してよい。例えば、図1のワークステーション190のような、ワークステーション上のボタン及び/又はスイッチを用いて、使用者及び/又は操作者は、どのアームが解放されるか且つ/或いはブレーキを有するアームの数を選択し得てよい。幾つかの実施態様において、関節作動アームの数は、1つ又はそれよりも多くのポート及び/又は他の通信インターフェースへの接続によって検出されてよい。例えば、図1のコンピュータ支援システム100のような、コンピュータ支援システムが、関節作動アーム内の1つ又はそれよりも多くのブレーキを解放するためのブレーキ解放モードを有してよく、制御ユニット130は、関節作動アームとの通信インターフェースを通じてシステムによって制御される関節作動アームの数を決定してよい。

30

【0082】

プロセス420で、各関節作動アームのためのブレーキ解放のタイミングが決定される。幾つかの実施態様において、各ブレーキ解放のタイミングは、如何なる単一のブレーキも他のブレーキと同時に解放されないことを保証するために、時間的にずらされてよい。幾つかの実施態様において、関節作動アーム上のジョイントは、素早い連続においてブレーキを自動的に解放するように設定されてよく、図1の制御ユニット130のような、中央コントローラが、各アームのために各ブレーキ解放の開始をどのように時間的にずらすかを決定してよい。例えば、図2の関節作動アーム120のような、関節作動アームが、図2のセットアップジョイント240のような、ジョイントのセットのために解放される、ブレーキを有してよい。4つのセットアップジョイントがあると仮定すると、これらのジョイントは、0.25秒毎のような、素早い連続において、解放されてよい。異なるブレーキの解放の間の時間及びブレーキが解放される順序は事前設定されてよく、ブレーキ解放についての指令がひとたび受信されると自動的にあってよい。これは通信及び処理時間の遅延のない素早く確実なブレーキ解放を可能にする。

40

50

【 0 0 8 3 】

如何なる単一の関節作動アームのためのブレーキ解放も他の関節作動アームのためのブレーキ解放と同時に解放されないことを保証するために、各アームのためのブレーキ解放を開始する命令は、同時のブレーキ解放を防止する計算された間隔で送信される。例えば、各アームは、各関節作動アームにおけるブレーキ解放の間の間隔が 0.2 秒であるとき、互いから 0.25 秒でブレーキ解放を開始するように命令されてよい。この例において、第 1 のアーム内で解放される 4 つのジョイントは、0 秒、0.2 秒、0.4 秒、及び 0.6 秒で解放される。次のアーム及び次のアームの 4 つのジョイントのためのブレーキの解放は、0.25 秒、0.45 秒、0.65 秒、及び 0.85 秒である。第 3 のアームは、0.5 秒、0.7 秒、0.9 秒、及び 1.1 秒でブレーキを解放する。最後に、第 4 のアームは、0.75 秒、0.95 秒、1.15 秒、及び 1.35 秒で解放する。当業者は、いずれのブレーキも同時に解放されないようなブレーキ解放間隔及び命令間の間隔の多くの可能性があることを認識し、それらの全ては本明細書中で想定されている。各アームがブレーキ解放を介するときを決定する 1 つの単純な例示的な方法は、アーム上のブレーキ解放の間の時間間隔をアームの数で割ることである。

10

【 0 0 8 4 】

幾つかの実施態様において、ブレーキ解放の順序は予め定められる。例えば、ブレーキは、最も少ない動きを有するジョイントのためのブレーキから最も多くの動きを有するジョイントのためのブレーキの順序において解放されてよい。幾つかの実施態様において、どのジョイントがブレーキ解放中に最も多くを引き起こし或いは最も多く動くかを決定することは、経験的な同調を通じて決定されてよい。実験に基づき、（水平運動を伴うジョイントと呼ぶことがある）床と平行な動きのために回転ジョイント及び／又は並進ジョイントのためのブレーキを解放することは、最も少ない量の動きを引き起こしがちであり、（垂直運動を伴うジョイントと呼ぶことがある）床に対して垂直な動きを可能にするジョイントのためのブレーキを解放することは、最も多くの動きを引き起こしがちである。幾つかの実施態様では、力センサが、どのブレーキが最も多くの力及び／又はトルクを支えているかを示してよく、それらのジョイントが最も動くことを決定してよい。幾つかの実施態様において、ブレーキ解放の順序は、各ジョイントの構成及び位置に基づき決定されてよい。例えば、ジョイントは、その運動範囲の終わりに、ジョイントのためのブレーキが解放されるときに動く可能性は低い。

20

30

【 0 0 8 5 】

幾つかの実施態様において、関節作動アームは、如何なる他の関節作動アームとも通信しなくてよい。よって、1 つ又はそれよりも多くのアームに送信されるブレーキ解放命令があるとき、これは 1 つ又はそれよりも多くのジョイントを同時に解放させることがある。幾つかの実施例では、ブレーキ解放が起こらないことを保証するために、各ロボットアームは、システム全体のためにグローバルクロックサイクル(global clock cycle)を共用してよく、各アームには、ブレーキを解放させ得る時間の窓が与えられてよい。例えば、システムが、全てのアームのブレーキ解放を、1 秒の時間枠（タイムフレーム）内に開始させなければならないならば、1 kHz プロセッサは、その時間枠内に 1000 クロックサイクルを有する。4 つの関節作動アームがあるならば、1 秒内のクロックサイクルを 4 つの窓の 250 サイクルに分割し得る。サイクル 0 ~ 249 を 1 つのアームのために指定し、250 ~ 499 を第 2 のアームのために指定し、500 ~ 749 を第 3 のアームのために指定し、そして、750 ~ 999 を第 4 のアームのために指定し得る。その場合、タイミング窓は、1000 によるグローバルクロックサイクルの法(モジューロ)(modulo)によって決定され得る。このようにして、各窓は、1000 クロックサイクル毎に 1 回繰り返される。アームがクロックサイクル内のブレーキ解放のための窓を逃すとき、その関節作動アームのためのブレーキ解放は、その関節作動アームのための 250 クロックサイクル窓が再び現れるときに解放する。

40

【 0 0 8 6 】

より一般的には、ブレーキ解放のための時間の窓は、時間限界に亘るクロックサイクル

50

の数をアームの数によって割ることによって決定される。所与のグローバルクロックタイム(global clock time)のためのブレーキ解放窓は、時間限界に亘るクロックサイクルの数によるグローバルクロックの法(モジュロ)(modulo)を用いることによって、決定される。幾つかの実施態様では、互いの1つのクロックサイクル内でブレーキ解放が起こるのを防止するために、バッファ(buffers)が各クロックサイクル窓に加えられてよい。例えば、250クロックサイクル窓に基づき、ブレーキ解放のための窓は、249、499、749、及び999で、各アームのために単一のクロックサイクルであってよい。このようにして、ブレーキ解放が各関節作動アームのために開始するときの間に249クロックサイクルがあり、或いは1kHzプロセッサに基づき約0.25秒がある。

【0087】

10

幾つかの実施態様において、中央コントローラは、どのブレーキが解放されるか、ブレーキ解放の順序、及びブレーキ解放の時を直接的に決定する。このようにして、中央制御装置は、いずれのブレーキも同時に解放されないことを保証し得る。幾つかの実施態様において、ブレーキは、時間の経過に亘って徐々に解放されてよい。しかしながら、方法400は、制動力における漸進的な減少のない、二進ブレーキ(binary brakes)と協働するようにも設定される。これは方法が遺産的なシステム中に存在するより安価でより単純なブレーキと共に用いられることを可能にする。更に、二進ブレーキは、より安価であり、より確実であり、且つより単純であるために、望ましい。

【0088】

プロセス430で、関節作動アームのジョイントに対するブレーキは、プロセス420で設定されるブレーキ解放タイミングに従って解放される。

20

【0089】

幾つかの実施態様において、関節作動アームのジョイントは、漸進的に解放されてよいブレーキを有してよい。幾つかの実施例において、ブレーキの各々は、時間の経過に亘って同時に漸進的に解放され得る。幾つかの実施態様において、ブレーキは、プロセス420で決定されるタイミングに従って解放されてよく、ブレーキは割り当てられるタイミング窓内で漸進的に解放し、且つ/或いは漸進的なブレーキ解放は割り当てられるタイミング窓の開始に開始する。幾つかの実施例において、ブレーキの漸進的な解放は、時間に亘って制動力を制御する信号を増減させること(ramping)によって達成されてよい。幾つかの実施例において、増減させられる信号は、電圧、電流、パルス幅デューティサイクル、及び/又は同等物であってよい。ランプ信号(ramped signal)と制動力との間の移転関係に依存して、時間の経過に亘る増減される信号の値の変化は、線形及び/又は非線形であってよい。

30

【0090】

図5は、幾つかの実施態様に従ったブレーキ解放によって引き起こされる外乱のような、外乱を補償する方法500の簡略図である。幾つかの実施例において、集合的に第1のセットのジョイント又は外乱ジョイントと呼ぶ、1つ又はそれよりも多くのジョイントのためのブレーキの解放によって引き起こされる外乱は、関節作動アームと関連付けられる地点(関心の地点)及び/又は器具が、外乱によって最小に影響を受けるように或いは全く影響を受けないように、集合的に第2のセットのジョイント又は補償ジョイントと呼ぶ、1つ又はそれよりも多くの他のジョイントによって補償されてよい。関心の地点は、特定のジョイントの場所、遠隔運動中心、器具、エンドエフェクタ、ツール、ツールの先端、運動連鎖に沿う地点、先行する地点のいずれかの近似、及び/又は同等のものであってよい。幾つかの実施態様において、補償ジョイントは、外乱ジョイントの変化によって引き起こされる動きを補償するために用いられる1つ又はそれよりも多くの冗長自由度をもたらしてよい。

40

【0091】

幾つかの実施例において、外乱ジョイントは、全て、補償ジョイントと比較して関心の地点に対して遠位又は近位であってよい。例えば、図2の一連のセットアップジョイント240は、外乱ジョイントであってよく、ジョイント264は、補償ジョイントであって

50

よく、エンドエフェクタ 276 は、関心の地点であってよい。この実施例において、セットアップジョイント 240 は、補償ジョイントであってよい、マニピュレータ 260 のジョイント 264 よりも、エンドエフェクタ 276 からより遠位である。

【0092】

他の実施例において、外乱ジョイントの一部は、補償ジョイントの間であってよい。しかしながら、これらの実施例において、運動連鎖は、各サブセットが、サブセット内の補償ジョイントと比較して（運動連鎖全体のために同じ関心の地点であってよい或いは同じ関心の地点でなくてよい）サブセット関心の地点に対して近位又は遠位に、サブセット内に全ての外乱ジョイントを有するように、ジョイント及びコネクタのサブセットに分けられてよい。このようにして、全てが全ての補償ジョイントに関して関心の地点に対してより遠位又は近位にある、外乱ジョイントを補償するためのモデルを、運動連鎖に適用することができ、その場合、運動連鎖を下位運動連鎖(sub-kinematic chains)に分けることによって、外乱ジョイントの一部は、1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントに関して関心の地点に対してより近位にあり、外乱ジョイントの一部は、1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントに関して関心の地点に対してより遠位にある。

【0093】

方法 500 は、外乱ジョイントの全てが運動連鎖中の補償ジョイントよりも関心の地点に対してより近位にある、実施態様の脈絡において議論される。しかしながら、当業者は、この方法が、外乱ジョイントの全てが補償ジョイントに対して近位にあるよりもむしろより遠位にある状況にも適用可能であることを理解するであろう。その上、上で議論したように、この方法は、運動連鎖全体を下位運動連鎖の集合として取扱うことによって、外乱ジョイントが運動連鎖中の補償ジョイントの中に差し込まれる状況にも適用可能であることができ、その場合、各下位運動連鎖は、外乱ジョイントの全てが1つ又はそれよりも多くの関心の地点に関して補償ジョイントに対して近位又は遠位であるように、選択されてよい、

【0094】

方法 500 は、1つ又はそれよりも多くのプロセッサ（例えば、図 1 の制御ユニット 130 中のプロセッサ 140）上で実行されるときに、1つ又はそれよりも多くのプロセッサにプロセス 510 ~ 560 のうちの1つ又はそれよりも多くを行わせることがある、少なくとも部分的に、持続性の有形の機械可読な媒体上に格納される実行可能なコードの形態において、実施されてよい、プロセス 510 ~ 560 のうちの1つ又はそれよりも多くを含んでよい。

【0095】

幾つかの実施態様において、方法 500 は、1つ又はそれよりも多くの補償ジョイント内に補償運動を導入することによって、1つ又はそれよりも多くの外乱ジョイントにおける動きに起因する器具の位置の変化を補償するために用いられてよい。幾つかの実施例に帆いて、方法 500 は、外乱ジョイントにおける動きが、制御された動き、クラッチされた動き、ブレーキ又はロック解放、及び/又は同等のものに起因するときに、用いられてよい。幾つかの実施例において、方法 500 は、外乱ジョイントにおける動きが、プロセス 430 中のような、ブレーキの解放に起因するときに、用いられてよい。図 2 の実施態様と調和する幾つかの実施例において、1つ又はそれよりも多くの外乱ジョイント及び/又は1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントは、セットアップ構造 220 中のジョイント、セットアップジョイント 240、及び/又は器具に近接するマニピュレータ 260 のあらゆるジョイントのうちのいずれかを含んでよい。幾つかの実施態様において、方法 500 の使用は、関節作動アーム、エンドエフェクタ、及び/又はマニピュレータのための遠隔運動中心が定められてよいように、器具、カニユーレ、及び/又は同等物が、対応する関節作動アーム、エンドエフェクタ、及び/又はマニピュレータの遠位端に連結されるときの動作に限定されてよい。幾つかの実施態様において、方法 500 は、患者の開口部又は切開部の壁からの抵抗を用いて並びに/或いはコンピュータ支援デバイスの操作者によって、器具の姿勢及び/又は位置を少なくとも部分的に維持させることを含んでよい。

幾つかの実施態様において、方法500は、操作者が1つ又はそれよりも多くの器具の動きに対する制御を依然として有するように、コンピュータ支援デバイスの操作者からの動作命令と共に並びに/或いはコンピュータ支援デバイスの操作者からの動作命令に加えて適用されてよい。

【0096】

プロセス510で、基準座標フレームが構築される。計算の容易さのために、プロセス510は、運動連鎖内の動かない/固定的な地点を基準フレームとして用いてよい。例えば、図2及び図3に関して、セットアップジョイント240が外乱ジョイントであり、マニピュレータジョイント260が補償ジョイントであるならば、図3のアーム取付けプラットフォーム座標フレーム330であってよいジョイント236を含む、セットアップジョイント240よりもカート210に対してより近位のあらゆる地点を、基準フレームとして用い得る。

【0097】

プロセス520で、基準座標フレームから、図2のエンドエフェクタ276のような、安定化のための地点への、基準変換が構築される。この基準変換は、外乱ジョイントに対する如何なる外乱にも先立って構築されてよい。幾つかの実施態様において、この変換は、1つ又はそれよりも多くのジョイント、器具、リンク、及び/又は運動連鎖内の任意の他の物体の特定の位置のための変換であってよい。幾つかの実施態様において、基準変換は、幾つかの座標フレームの間の幾つかの下位変換(sub-transforms)で構成されてよい。例えば、アーム取付けプラットフォーム座標フレーム330から器具座標フレーム353への変換は、変換354、355、及び356で構成される。幾つかの実施態様において、これらの変換は、図1のメモリ150のような、メモリ中に格納されてよい。

【0098】

プロセス530で、ジョイントにおける外乱が検出され、外乱によって引き起こされる関心の地点に対する動きの予測が、外乱ジョイントの新しい位置を用いて決定される。

【0099】

以下は、外乱ジョイントにおける外乱によって引き起こされる関心の地点に対する外乱を決定する例示的な方法である。第1のステップで、分裂(disruption)前の外乱ジョイントに亘る2つの座標フレームの間の変換が、図1のメモリ150のような、メモリ内に格納されてよい。幾つかの実施例において、2つの座標フレームは、座標フレームの第1のものが外乱ジョイントの最近位に対して近位にあり、座標フレームの第2のものが外乱ジョイントの最遠位に対して遠位にあるとき、外乱ジョイントに亘る。第2のステップにおいて、補償ジョイントに亘る2つの座標フレームの間の変換が、メモリ内に格納されてよい。第3のステップにおいて、外乱のない関心の地点のための場所が、第1及び第2のステップにおける保存された変換を用いて決定される。幾つかの実施例において、この関心の地点の場所は、如何なる外乱又は補償運動が行われる前に、関心の地点をモデル化する。第4のステップにおいて、関心の地点についての推定場所が、外乱ジョイントに亘る2つの座標フレームの間のライブの/現在の変換及び第2のステップにおいて保存された変換を用いることによって、決定される。幾つかの実施例において、補償ジョイントではなく、外乱ジョイントの変化を考慮する関心の地点の推定場所が、決定されてよい。第5のステップにおいて、外乱のない関心の地点の場所と推定される関心の地点との間の相違を用いて、外乱ジョイントの動きが関心の地点をどのように動かしたかを決定する。当業者が認識するように、補償ジョイントに亘る2つの座標フレームの間の格納される変換は、行列及び/又は同等物の形態におけるような、均質な変換を提示し得る任意の適切なデータ構造において格納されてよい。幾つかの実施例において、変換は、ジョイント角度及び/又は位置として格納されてよく、変換は、補償ジョイントの1つ又はそれよりも多くの運動学的モデルを用いて、そこから再計算されてよい。格納される変換は、特定の構成及び/又は特定の時間地点のための構成のために行われてよい。図3へのこの方法の例示的な適用は、以下を含んでよく、外乱によって引き起こされるジョイント運動は、変換355及び356ではなく変換354を変更してよい。このようにして、変更された変化35

4並びに保存された変換355及び356を用いることによって、外乱によって引き起こされる位置の変化の予測を決定し得る。更に、これは使用者命令によって引き起こされる作動させられる動きから外乱によって引き起こされる器具基準フレーム353の動きを隔離することを可能にする。従って、器具の実際の位置を決定するために保存された変換355及び356が用いられることがないとしても、乱によって引き起こされる関心の位置に対する動きを予測するためにそれを用い得る。

【0100】

任意的なプロセス540で、プロセス530での予測は、実世界誤差のために調節される。ジョイントの間の全てのリンクが完全に剛的である完全な世界では、プロセス530での予測は、関心の地点がジョイントにおける外乱の故に動かされる場合に完全に一致する。しかしながら、ジョイント間のリンクは、リンクに対して加えられる力の量及びリンク材料の曲げ強度に依存して、曲がり且つ撓む。例えば、手術中、手術している被験者の皮膚は、しばしば、被験者に入るカニユーレをテント状に覆い(tent)或いはカニユーレに乗り上がる(ride up)傾向を有する。このテンティング(tenting)は、カニユーレに対して力を加え、次に、それはデバイスのリンク及びジョイントに対して力を加える。ブレーキが係合させられる間、皮膚はデバイスによって支えられて、その位置を維持するが、ジョイントの一部についてブレーキが解放されると、それらのジョイントは自由に動くことが可能にされ、乱される。次いで、テント状の(tented)皮膚は、皮膚がもはや皮膚の移動方向に力を加えなくなるまで、解放されたジョイントを動かす。皮膚はもはやカニユーレに対して力を加えない(或いはより少ない力を加える)ので、テンティングによって引き起こされる力に耐えていたジョイント間のリンクは反曲する(de-flex)。反曲(de-flexing)は、しばしば、ジョイントによる動きの一部を相殺し、よって、ジョイント移動に基づく動き予測を過大推定にさせる。これはプロセス530での予測に誤差をもたらす。プロセス540で、予測に対するこの誤差源及び他の誤差源を考慮するために、調節が行われる。

【0101】

幾つかの実施態様において、誤差矯正は、プロセス530の間に予測される並進運動における誤差の量を推定するスカラー倍(scalar multiple)であってよい。推定は、患者、処置、及び/又は関節作動デバイスの向きのような、1つ又はそれよりも多くの要因に依存することがある。例えば、子供、大人、獣医(例えば、動物種)、手術の領域(例えば、腕、足、胃、胸、頭蓋等)、及び/又は同等のものについての設定があってよい。幾つかの実施例において、全ての場合のために、一般的な誤差推定が用いられてよい。幾つかの実施態様では、関心の地点での外乱についてプロセス530の間に予測される、並進運動の80~95%の間の(例えば、85%)及び回転運動の100%の単一の誤差推定が、関心の地点の誤差矯正された位置として用いられてよい。計算の容易さのために、誤差矯正は、関心の地点の座標フレームで計算されてよい。このようにして、関心の地点での並進運動に対する矯正は、(例えば、予測される並進外乱の1つの部分及び予測される回転外乱の他の部分を用いて)回転誤差と異なって処理されてよい。矯正は異なる基準フレームで適用されてよいが、計算は困難になることがある。何故ならば、他の座標フレームにおける回転は、関心の地点の座標フレームにおける並進運動に寄与するからである。幾つかの実施態様において、プロセス540が省略されるとき、プロセス530の間に決定される予測は、誤差矯正された予測として用いられてよい。しかしながら、プロセス530の間に決定される予測を用いることは、僅かな過大矯正を導入することがある。

【0102】

プロセス550で、誤差矯正された予測変換と基準変換との間の差が決定される。プロセス540の間に決定される誤差矯正された予測変換とプロセス520の間に決定される基準変換との間の差は、外乱によって関心の地点に導入されている誤差を表す。関節作動アームの1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントを用いる移動によって誤差が補償されないならば、関心の地点の配置は、望ましくなく変化することがある。幾つかの実施例において、それらの差は、対応する行列並びに/或いは実際の変換及び基準変換を表すべく

10

20

30

40

50

トルを増大させることによって、決定されてよい。幾つかの実施例において、それらの差は、基準変換の反転 / 逆転を誤差矯正された予測変換で構成することによって決定される誤差変換として表されてよい。

【 0 1 0 3 】

プロセス 5 6 0 で、補償ジョイント変化は、それらの差に基づき決定される。プロセス 5 5 0 の間に決定される基準変換と実際の変換との間の差を用いることで、1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントにおける変化が決定される。誤差矯正された予測変換と基準変換との間の差は、基準変換の基準座標系から補償ジョイントの各々と関連付けられる1つ又はそれよりも多くの局所的な座標系にマッピングされる。実際には、これは関心の地点の配置における誤差を基準座標系から補償ジョイントに対する関心の地点の相対誤差に変換する。幾つかの実施例では、1つ又はそれよりも多くの運動学的モデルを用いて、それらの差を局所的な座標系に変換する。幾つかの実施例において、補償ジョイントは、外乱ジョイントの1つでない関節作動アーム及び / 又はマニピュレータのジョイントのうちのいずれかを含んでよい。関心の地点の相対誤差がひとたび決定されると、それらは補償ジョイントの各々についての動作を決定するために用いられてよい。幾つかの実施例では、逆ヤコビアン (inverse Jacobian) を用いて相対誤差を補償ジョイントの動きにマッピングしてよい。幾つかの実施例において、補償ジョイントにおける動きは、補償ジョイントに対して適用されるジョイント速度として適用されてよい。

10

【 0 1 0 4 】

プロセス 5 7 0 で、補償ジョイントは駆動させられる。1つ又はそれよりも多くの命令が、プロセス 5 6 0 の間に決定される補償ジョイントの動きに基づき、補償ジョイント中の1つ又はそれよりも多く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る命令は、1つ又はそれよりも多くの外乱ジョイントにおける動きによって導入される関心の地点に対する外乱を矯正するので、基準座標系における関心の地点の配置は、僅かの外乱で或いは外乱を伴わずに維持される。1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントが関心の地点の配置に対する矯正的な変更を行う限り、プロセス 5 3 0 ~ 5 7 0 を繰り返して、関心の地点の位置及び配置に導入されるあらゆる誤差を補償してよい。

20

【 0 1 0 5 】

幾つかの実施態様によれば、関心の地点を矯正し、駆動し、或いは移動することは、関心の地点と異なる基準地点から行われてよい。これは、ジョイント位置決め及び速度のような、ジョイント移動を推進するためのより単純な計算並びに / 或いは関数及び / 又はアルゴリズムの再使用を可能にすることがある。例えば、図 2 を参照すると、コンピュータ支援デバイス 2 0 0 のマニピュレータジョイント 2 6 0 に、エンドエフェクタ 2 7 6 でよりも、マニピュレータマウント 2 6 2 で誤差を調節させることは、計算的により容易であることがある。幾つかの実施例では、方法 5 0 0 を実施するシステムが、プロセス 5 4 0 の間に決定される誤差調節された予測を包含する異なる基準地点のために、基準地点を創り出してよい。その場合、この基準地点は、補償ジョイントを駆動して外乱を調節するために用いられてよい。これは、関心の地点の外乱が、基準地点のような、運動連鎖における他の地点での外乱によって提示されることがある故に、機能する。基準位置は、プロセス 5 2 0 の間に構築される基準変換のような、1つ又はそれよりも多くの基準変換を用いて決定されてよい。幾つかの場合には、基準変換の逆が用いられてよい。図 2 によれば、エンドエフェクタ 2 7 6 の動きを調節することは、セットアップジョイント 2 4 0 にある1つ又はそれよりも多くのブレーキの解放中にセットアップジョイント 2 4 0 に対する外乱によって引き起こされることがある、エンドエフェクタ 2 7 6 の誤差矯正された予測位置に基づき、基準マニピュレータマウント 2 6 2 位置を創り出すことを包含してよい。

30

40

【 0 1 0 6 】

幾つかの実施態様によれば、プロセス 5 7 0 は、実際的な制限に制約されてよい。幾つかの実施例において、補償ジョイントのうちの1つ又はそれよりも多くが関心の地点の位置における誤差を補償する能力は、1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントの運動範囲 (R O M) 限界によって限定されることがある。幾つかの実施例では、補償ジョイントの

50

1つ又はそれよりも多くについてのROM限界に達するとき及び／又は達しようとするとき、方法500及び／又はプロセス570は停止させられてよく、そして、1つ又はそれよりも多くの可視の及び／又は可聴のキュー(cues)を用いて、誤差が操作者に示されてよい。幾つかの実施例では、方法500及び／又はプロセス570の操作を停止させるよりもむしろ、プロセス570は、制御可能な誤差を最小にしながら、外乱によって引き起こされる動きの全てが補償されているとは限らないというフィードバックを操作者に提供するために、外乱からの動きを部分的に補償するよう、修正された形態において作動してよい。幾つかの実施例において、フィードバックは、補償が限定されること及び1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントに対する抵抗の適用を示す、1つ又はそれよりも多くの可視の及び／又は可聴のキューを含んでよい。幾つかの実施例において、抵抗は、1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントと関連付けられる1つ又はそれよりも多くのブレーキを部分的に適用すること並びに／或いは1つ又はそれよりも多くの補償ジョイントと関連付けられる1つ又はそれよりも多くのアクチュエータ内に運動抵抗電圧及び／又は信号を印加／適用することを含んでよい。

10

【0107】

上で議論し且つここで更に強調するように、図5は実施例であるに過ぎず、それは請求項の範囲をむやみに限定してならない。当業者は、多くの変形、変更、及び修正を認識するであろう。幾つかの実施態様によれば、方法500は、コンピュータ支援デバイスによって操作される器具の各々について独立して適用されてよい。幾つかの実施例において、器具は、患者の身体開口を通じて挿入される器具のいずれかを含んでよい。幾つかの実施例において、補償ジョイントは、エンドエフェクタの配置を維持する補償がエンドエフェクタの各々について別個に適用されるよう、コンピュータ支援デバイスの、アーム取付けプラットフォーム227のような、アーム取付けプラットフォームに対して、遠位に位置付けられてよい。

20

【0108】

幾つかの実施態様によれば、外乱ジョイント及び補償ジョイントは、関節作動アーム及び／又はマニピュレータにおけるジョイントの各々を含まなくてよい。幾つかの実施例において、補償ジョイントは、マニピュレータのロールジョイント、ピッチジョイント、及びヨージョイントだけを含んでよい。幾つかの実施例において、関節作動アーム及び／又はマニピュレータにおける他のジョイントは、方法500の間のそれらの相対的な動きを阻止するよう、係止されてよい。幾つかの実施例において、関節作動アーム及び／又はマニピュレータの1つ又はそれよりも多くの非作動ジョイントは、エンドエフェクタの配置に対する外乱が、係止解除されるジョイントにおける変化によって少なくとも部分的に減少させられるよう、方法500の間に係止解除されてよく、且つ／或いは浮動状態において配置されてよい。幾つかの実施例において、係止解除されるジョイントにおける変化は、補償ジョイントが駆動させられるべき量を減少させることがある。幾つかの実施例において、器具の姿勢は、器具の挿入地点での体壁からの抵抗を用いて且つ／或いはコンピュータ支援デバイスの操作者によって、少なくとも部分的に維持されてよい。

30

【0109】

幾つかの実施態様によれば、プロセス530～570のうちの1つ又はそれよりも多くは、同時に行われてよい。幾つかの実施態様によれば、追加的な条件が、例えば、コンピュータ支援デバイスの制御を操作者に戻すことによって並びに／或いはコンピュータ支援デバイスの操作の停止によって、方法500の時期尚早の終了をもたらしてよい。幾つかの実施例において、追加的な条件は、補償動作を完了する能力の欠如、操作者ワークステーション及び／又は関節作動アームにある1つ又はそれよりも多くの制御装置を用いた操作者からのオーバーライド及び／又は手動の介入、1つ又はそれよりも多くの安全インターロックを用いた操作者ワークステーションとの操作者係合解除の検出、コンピュータ支援デバイスにおける位置トラッキング誤差、システム故障、及び／又は同等のことを含んでよい。幾つかの実施例では、コンピュータ支援デバイスのリンク及び／又はジョイント中の切迫した衝突の検出、コンピュータ支援デバイスのジョイントの1つ又はそれよりも

40

50

多くにおける運動範囲限界、患者の動きの故に器具の姿勢を維持し得ないこと、及び／又は同等のことの故に、所望の動きが可能でないことがある。幾つかの実施例において、方法500の時期尚早の終了は、エラー通知が操作者に送信されることを招くことがある。幾つかの実施例において、エラー通知は、テキストメッセージ、点滅する光、可聴トーン、音声表現(spoken phrase)、及び／又は同等のこのような、あらゆる可視の及び／又は可聴の表示を含んでよい。

【0110】

図4の方法400及び／又は図5の方法500を実施するときのような、ジョイントの外乱又は外乱の補償の間に、操作者による器具の遠隔操作制御を依然として可能にすることが有益なことがある。遠隔操作制御は、外乱を操作するために並びに／或いは外乱の一部が外乱補償によって完全に相殺されない場合に並びに／或いは過剰な補償があるときに、外科医が小さな調節を行うのを可能にする。更に、外科医は外乱の間に処置を続けてよい。図2のコンピュータ支援デバイス200の器具270のような、システムの器具のうちの1つ又はそれよりも多くを操作者制御することの調整を助けるために、システムは、制御システムが直観的な基準フレームを有するように構成してよい。

【0111】

幾つかの実施態様において、操作者は、図1のディスプレイシステム192のようなディスプレイシステムを通じて、図2のコンピュータ支援システム200の器具を見る。ディスプレイシステム192は、コンピュータ支援システム200の関節作動アームに器具として取り付けられる、内視鏡のようなカメラからのビデオストリームであってよい。カメラは、図1の入力制御装置195のようなコントローラによって制御されてよい、他の関節作動アームから器具を表示してよい。器具の直観的な制御及び命令のために、コントローラは、撮像デバイス／ビデオカメラ／内視鏡の基準フレームであってよいディスプレイの基準フレームにおいて命令を受信してよい。

【0112】

幾つかの実施態様において、補償のために或いは使用者制御命令に従ってジョイントを駆動させるとき、ジョイントの動きは、関節作動アームに対するエンドエフェクタ及び関節作動アームの構成に基づき、帯域幅限定されてよく、速度限定されてよく、帯域幅制御されてよく、且つ／或いは速度制御されてよい。例えば、図2に関して、エンドエフェクタ276が器具キャリアッジ268から離れる方向に完全に延出されるとき、1つ又はそれよりも多くのジョイントを駆動させることからのアームの小さな動き及び小さな速度動作は、エンドエフェクタ276で大きな動作及びより素早い動作を引き起こす。対照的に、エンドエフェクタ276が完全に引っ込められるとき、1つ又はそれよりも多くのジョイントを駆動させることからの大きな動き及び大きな速度動作は、エンドエフェクタ276で小さな動作及びより遅い速度に変換する。同様に、どれくらい前方に関節作動アームが前方に及び／又は後方に据えられるか(pitched forward and/or back)に依存して、ヨー回転動作及び速度が拡大され且つ／或いは縮小される。

【0113】

幾つかの実施態様において、補償のためにジョイントを駆動させることは、補償動作を幾つかの反復部分に、例えば、0.2秒の時間スパンに亘って10の反復部分に分けることによって、帯域幅限定されてよく且つ／或いは速度限定されてよい。このようにして、補償ジョイントは、極めて短い時間期間内に大きな動作を行って追加的な外乱を外乱ジョイントに引き起こすことが防止されてよい。例えば、器具が完全に引っ込められる状態に近いとき、エンドエフェクタでの小さな補償的な動きは、補償ジョイントの1つ又はそれよりも多くでより大きな動きを必要とすることがある。大きな動きのための1つ又はそれよりも多くのジョイントによる素早い応答は、外乱ジョイントを急に動かして追加的な外乱を引き起こし、そして、時折、補償中に外乱ジョイントを妨げることと、次にその外乱を補償することとの間で、フィードバックループを引き起こし、それは他の外乱を引き起こす。よって、1つ又はそれよりも多くのジョイントの及び／又はエンドエフェクタの向きに依存して、ジョイントは、速度限定されてよい。幾つかの実施態様では、全ての構成

において、ハード速度限界がジョイントに適用されてよい。

【 0 1 1 4 】

図 6 A 及び 6 B は、2 つの異なる眺望(perspective)からの例示的なカメラビュー 6 0 0 を示している。図 6 A は、上からの眺望であり、図 6 B は、撮像デバイス 6 1 0 のセンサの眺望である。図 6 B の眺望からのカメラビュー 6 0 0 は、撮像デバイス 6 1 0 からストリーミングビデオキャプチャを受信する、図 1 の操作者ワークステーション 1 9 0 のディスプレイシステム 1 9 2 のような、ディスプレイから見られてよい。幾つかの実施態様において、撮像デバイス 6 1 0 は、内視鏡であり、図 1 の関節作動アーム 1 2 0 及び / 又は図 2 の関節作動アームのような、関節作動アームによって制御される。図 6 A において、カメラビュー 6 0 0 は、撮像デバイス 6 1 0 のための例示的な視野(field of view) 及び焦点領域(focus area)を表すことがある点線によって境界付けられている。図 6 B において、例示的なカメラビュー 6 0 0 は、図 1 の操作者ワークステーション 1 9 0 のディスプレイシステム 1 9 2 のような、ディスプレイ上の撮像デバイス 6 1 0 からのビデオストリームを見る使用者の眺望から、示されている。幾つかの実施態様において、撮像デバイス 6 1 0 によって提供されるビデオストリームは、立体視であってよい。撮像デバイス 6 1 0 は、立体視ビデオストリームをもたらすために、1 つ又はそれよりも多くのセンサを用いてよい。このようにして、操作者は、図 1 のコンピュータ支援システム 1 0 0 のようなシステムを用いるときに、奥行き知覚の感覚を有してよい。カメラ座標フレーム 6 1 1 が、撮像デバイス 6 1 0 の座標フレームを例示する。図 6 A において、カメラ座標フレーム 6 1 1 は、カメラ座標フレーム 6 1 1 の X 1 軸及び Y 1 軸を示しており、X 1 軸 (図示せず) はページを出入りする。図 6 B には、カメラ座標フレーム 6 1 1 の X 1 軸及び Y 1 軸が示されており、Z 1 軸 (図示せず) はページを出入りする。幾つかの実施態様において、カメラ座標フレーム 6 1 1 は、図 3 のカメラ座標フレーム 3 6 3 であってよい。

【 0 1 1 5 】

図 6 A 及び 6 B は、図 1 の関節作動アーム 1 2 0 及び / 又は図 2 の関節作動アームのような、1 つ又はそれよりも多くの関節作動アームによって制御される、器具 6 2 0 及び 6 3 0 も含む。器具 6 2 0 及び 6 3 0 は、カメラビュー 6 0 0 内にあってよく、図 1 の入力制御装置 1 9 5 のような制御装置、並びに図 6 B の眺望からの視認器具 6 2 0 及び 6 3 0 を用いて、1 つ又はそれよりも多くの使用者又は操作者によって操作されてよい。図 6 A 及び 6 B は、異なる眺望から、それぞれ、器具 6 2 0 及び 6 3 0 の座標フレーム 6 2 1 及び 6 3 1 も例示している。幾つかの実施例において、座標フレーム 6 2 1 及び 6 3 1 は、図 3 の器具座標フレーム 3 4 3 及び 3 5 3 と同じであってよい。

【 0 1 1 6 】

使用者遠隔操作器具 6 2 0 及び 6 3 0 は、カメラビュー 6 0 0 の図 6 B の眺望から器具を見ることがあるので、使用者命令がカメラ基準フレーム 6 1 1 内に伝えられるのが有用であることがある。図 3 の運動学的モデル 3 0 0 のような、運動学的モデルを用いることによって、カメラ座標フレーム 6 1 1 内にもたらされるあらゆる命令を、器具の座標フレーム 6 2 1 及び 6 3 1 内の命令に変換させ得る。このようにして、上及び下は、使用者の眺望と概ね一致するカメラビューに関する。器具 6 2 0 又は 6 3 0 を上及び下に動かす使用者命令は、カメラ座標フレーム 6 1 1 の X 1 軸に沿って動く器具に変換してよい。同様に、他の並進動作についての使用者命令は、カメラ座標フレーム 6 1 1 の Y 1 軸及び Z 1 軸に従ってよい。幾つかの実施態様において、ロール、ピッチ、及びヨーのような、回転運動についての命令も、カメラ座標フレーム 6 1 1 から器具の座標基準フレーム 6 2 1 及び 6 3 1 に変換されてよい。

【 0 1 1 7 】

幾つかの実施態様において、カメラ座標フレーム 6 1 1 は、物理的な撮像デバイス 6 1 0 から分離されてよい。これは器具の動きがカメラ座標フレームと固定される幾つかの実施態様において有益なことがある。例えば、器具 6 2 0 及び 6 3 0 の位置がカメラ座標フレームに対して命令され、カメラ座標フレームが撮像デバイス 6 1 0 に固定されるならば、撮像デバイス 6 1 0 に対する望ましくない外乱が、器具 6 2 0 及び 6 3 0 に対する望ま

しくない外乱に変換するであろう。幾つかの実施態様において、使用者は、カメラ座標フレームを動かし且つ／或いはカメラ座標フレームを撮像デバイス610と最整列させるオプションを有してよい。このようにして、器具動作が使用者にとって余り直観的でなくなるときのように、撮像デバイス610がカメラ座標フレーム611から遠く離れ過ぎるときに、使用者はカメラ座標フレームを再設定し且つ／或いは再配置し得る。

【0118】

幾つかの場合には、各アームの器具及び／又は撮像デバイスに影響を及ぼす多数のアームの1つ又はそれよりも多くのジョイントに対して外乱があることがある。これは、例えば、方法400において議論した時差式ブレーキ解放及び／又は方法500のブレーキ解放のように、幾つかのジョイントのためにブレーキが解放されるときに、起こることがある。更に、外乱の間に、使用者が、アーム、器具、及び／又は撮像デバイスのうちの1つ又はそれよりも多くの、直観的な制御及び動作を維持するのを可能にすることが、望ましいことがある。

【0119】

図7は、幾つかの実施態様に従った外乱の間に1つ又はそれよりも多くの器具の直観的な制御を維持する例示的な方法700を例示している。幾つかの実施例において、外乱は、図1のコンピュータ支援システム100のような、コンピュータ支援システムの1つ又はそれよりも多くの関節作動アーム及びカメラの1つ又はそれよりも多くのジョイントにおいて起こることがある。

【0120】

プロセス710で、カメラ座標フレームが撮像デバイスの位置で設定される。幾つかの実施態様では、これを「ラッチング」(“latching”)又は「ラッチされ」(“latched”)ていと呼ぶことがある。撮像デバイスは、図1の関節作動アーム120及び／又は図2の関節作動アームのような、関節作動アームによって制御され且つ／或いは保持されてよい。幾つかの実施態様では、カメラ座標フレームが、ブレーキ解放及び／又は外乱の導入前のような、特定の時間の瞬間での、座標基準フレームからカメラ座標フレームへの変換を記録することによって設定され／ラッチされてよい。幾つかの実施態様において、変換は、図3の運動学的モデル300のような、運動学的モデルを用いることによって決定されてよい。図3によれば、カメラ座標フレームは、カメラ座標フレーム363であってよく、基準フレームは、アーム取付けプラットフォーム座標フレーム330であってよい。記録される変換は、撮像デバイスを制御する関節作動アームの特定の構成を伴う特定の時間地点での、基準フレームからカメラ座標フレームへの変換であってよい。幾つかの実施態様において、変換を記録することは、図1のメモリ150のようなコンピュータ可読媒体に、カメラ座標フレームと基準座標フレームとの間の変換及び／又は運動学的関係を格納することを含んでよい。

【0121】

プロセス720で、外乱が許容され且つ／或いはシステム内に導入されることがある。例えば、1つ又はそれよりも多くの関節作動アームに対する1つ又はそれよりも多くのジョイントのための1つ又はそれよりも多くのブレーキが解放されてよい。これは撮像デバイス及び／又は器具を制御する関節作動アームの1つ又はそれよりも多くのジョイントに対するブレーキの解放を含んでよい。幾つかの実施態様において、外乱は方法400の時差式ブレーキ解放及び／又は方法500のブレーキ解放によって引き起こされることがある。

【0122】

プロセス730で、器具及び／又は撮像デバイスに対する外乱は、外乱によって引き起こされるエンドエフェクタ及び撮像デバイスの移動が減少させられ且つ／或いは排除されるように、補償される。幾つかの実施態様において、各器具及び撮像デバイスのためにプロセス730で行われる補償は、図5の方法におけるプロセスのうちの1つ又はそれよりも多くを用いて行われてよい。幾つかの実施態様において、撮像デバイスはそのままにさせられてよく、補償を伴わずに乱されるのが可能にされてよい。

【 0 1 2 3 】

プロセス 7 4 0 で、コンピュータ支援システムは、器具運動命令を受信してよい。器具運動命令は、図 1 の入力制御装置 1 9 5 のような、使用者操作制御装置から来てよい。器具運動命令は、外乱と同時にあってよい。一例として、使用者命令を受信して、関節作動アームを移動させてよい。

【 0 1 2 4 】

プロセス 7 5 0 で、プロセス 7 4 0 で受信される命令は、プロセス 7 1 0 の間に記録される / 格納される変換を用いて、プロセス 7 1 0 の間に記録されるカメラ座標フレームからそれぞれの器具の座標フレームに変換される。幾つかの実施態様において、カメラ座標フレームによって提示される物理的な撮像デバイスは乱されて離れる方向に動かされ、従って、もはやプロセス 7 1 0 の間に記録されるカメラ座標フレームと同じ位置にない。幾つかの実施例において、この差は器具の制御における直感レベルの減少を招き、それは、カメラが取り付けられる関節作動アームを用いて且つ / 或いはカメラ座標フレームを再設定して、操作者にカメラを再配置させることによって、何時でも矯正されてよい。

【 0 1 2 5 】

プロセス 7 6 0 で、コンピュータ支援システムは、プロセス 7 5 0 でカメラ座標フレームから器具基準フレームに変換される命令に従って、ジョイントに器具を移動させる。幾つかの実施態様によれば、プロセス 7 1 0 ~ 7 6 0 のうちの 1 つ又はそれよりも多くは、同時に行われてよい。一例として、ジョイントの駆動は、関節作動アームの 1 つ又はそれよりも多くのジョイントに対するブレーキの解放の間に関節作動アームを移動させてよい

。

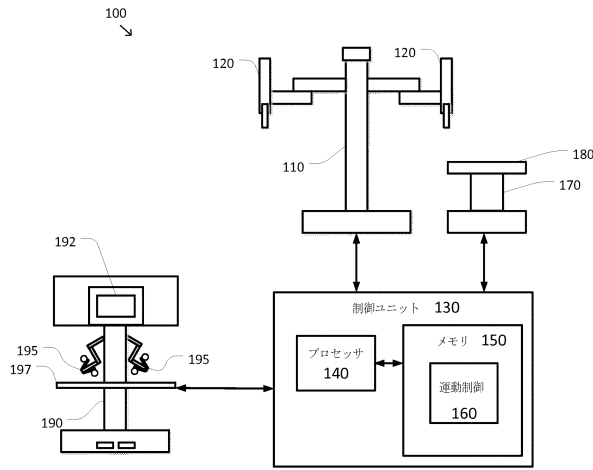
【 0 1 2 6 】

幾つかの実施態様において、7 6 0 のプロセスは、外乱を補償するためにジョイントを駆動させるコンピュータ支援システムと同時に起こり得る。例えば、ジョイントを駆動させる使用者命令は、外乱補償に基づきジョイントを駆動させる命令に重ね合わせられてよい。上で議論したようなジョイントの移動は、帯域幅限定されてよく、速度限定されてよく、帯域幅制御されてよく、且つ / 或いは速度制御されてよい。補償命令の上に重ね合わせられる使用者命令に基づきジョイントを駆動させることは、図 4 及び図 5 に関して上で議論した実施例における方法と類似の方法において制御され且つ / 或いは限定されてよい。

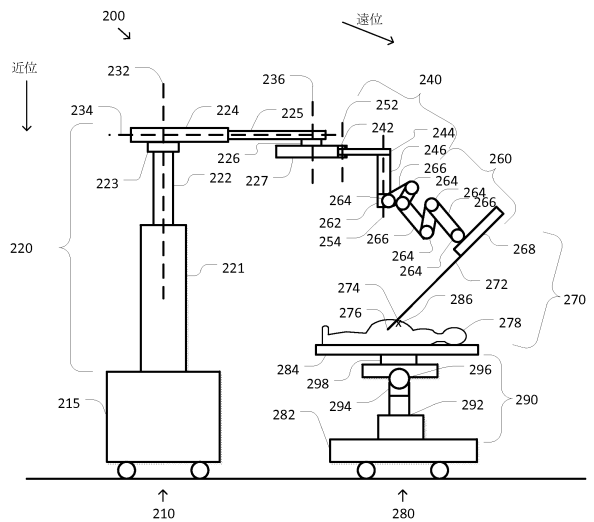
【 0 1 2 7 】

例示的な実施態様を示し且つ記載したが、広範な修正、変更、及び置換が、前述の開示において想定され、幾つかの場合には、実施態様の一部の構成は、他の構成の対応する使用を伴わずに利用されてよい。当業者は、多くの変形、変更、及び修正を認識するであろう。よって、本発明の範囲は、以下の請求項によってのみ限定されるべきであり、請求項は本明細書中に開示する実施態様の範囲と調和する方法において広く解釈されることが適切である。

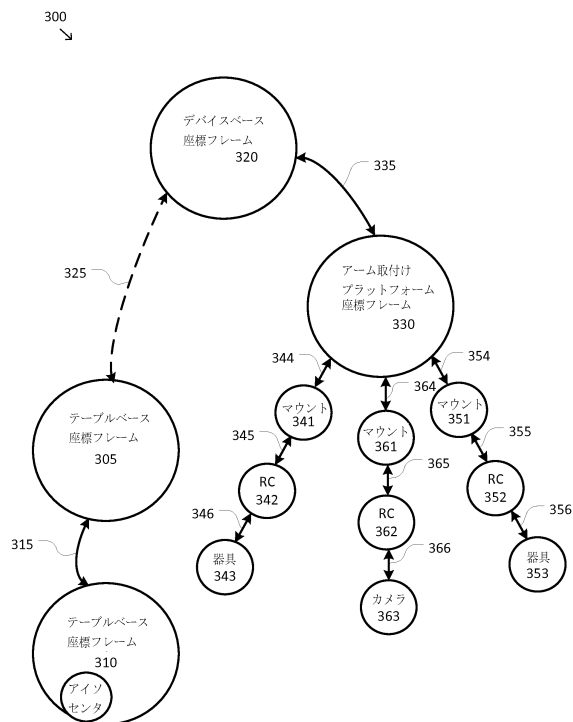
【図 1】



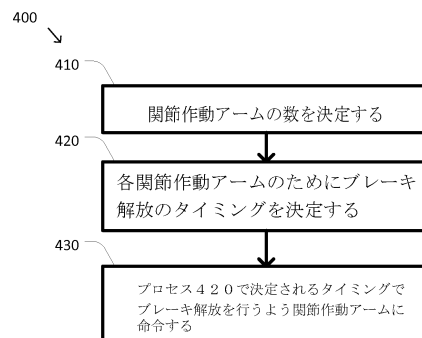
【図 2】



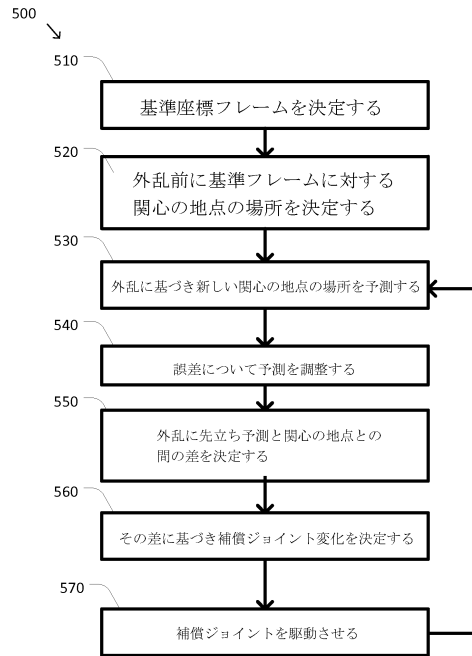
【図 3】



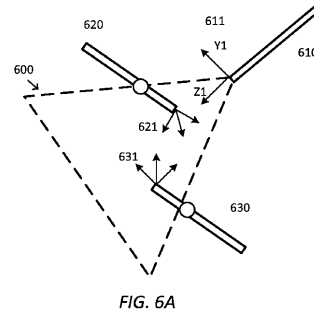
【図 4】



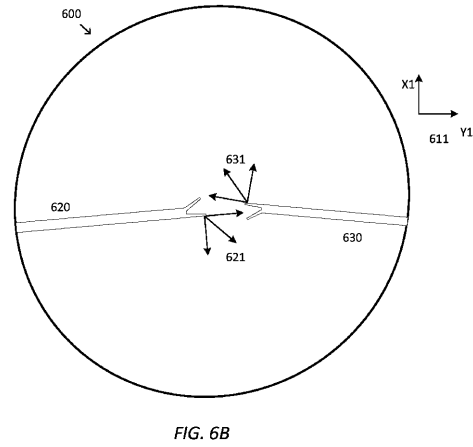
【図 5】



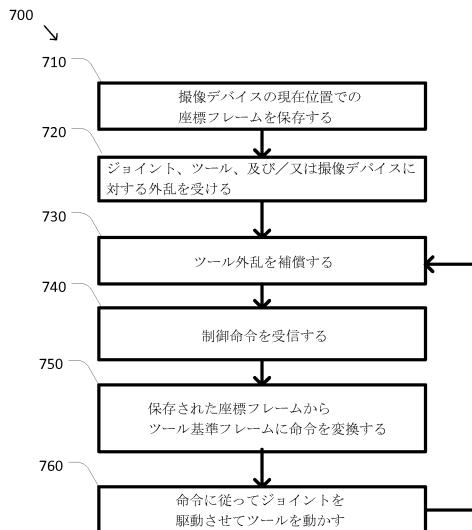
【図 6 A】



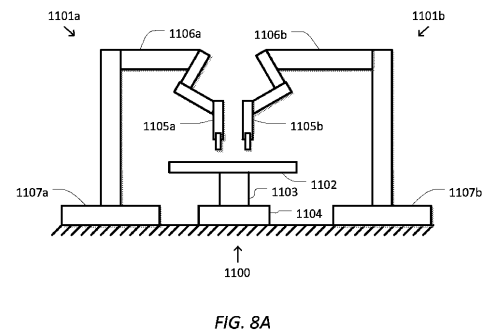
【図 6 B】



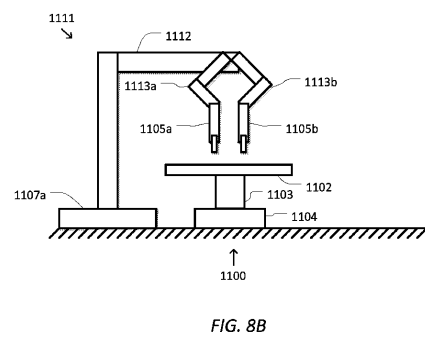
【図 7】



【図 8 A】



【図 8 B】



【図 8 C】

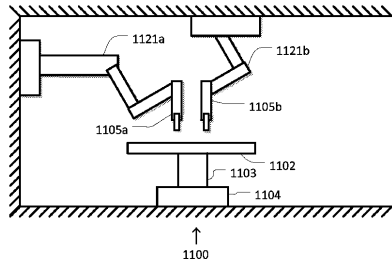


FIG. 8C

【図 8 E】

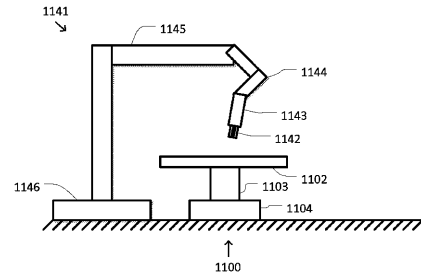


FIG. 8E

【図 8 D】

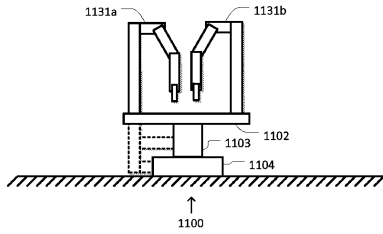


FIG. 8D

【図 8 F】

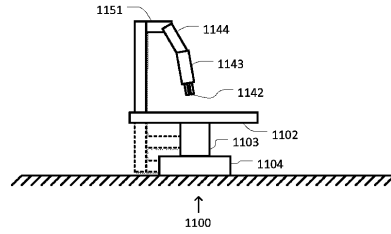


FIG. 8F

【図 8 G】

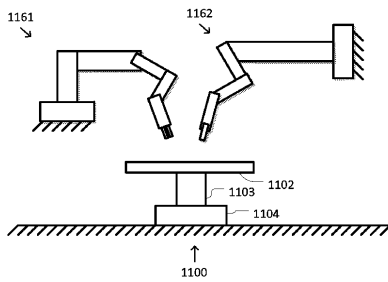


FIG. 8G

フロントページの続き

- (72)発明者 スワラップ, ニティシュ
アメリカ合衆国 9 4 0 8 7 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 2 5 0, # 6 3 1 5
- (72)発明者 グリフィス, ポール ジー
アメリカ合衆国 9 5 0 5 4 カリフォルニア州, サンタクララ, カーライル・コート 4 5 0 3
, アpartment 2 3 0 4
- (72)発明者 リンチ, ゴーラン
アメリカ合衆国 9 4 6 1 0 カリフォルニア州, オークランド, チェットウッド・ストリート
5 3 0
- (72)発明者 ミラー, ダニエル
アメリカ合衆国 9 4 5 3 8 カリフォルニア州, フリーモント, ギャラウデット・ドライブ 3
9 4 6 9, アpartment 3 1 1

審査官 小宮 寛之

- (56)参考文献 特開2011-212837(JP, A)
米国特許第6246200(US, B1)
特開2000-107200(JP, A)
特開平9-300264(JP, A)
国際公開第2006/124390(WO, A2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A 6 1 B 3 4 / 3 5
B 2 5 J 1 3 / 0 0