

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5702797号
(P5702797)

(45) 発行日 平成27年4月15日 (2015. 4. 15)

(24) 登録日 平成27年2月27日 (2015. 2. 27)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 19/00 (2006. 01)
B 2 5 J 3/00 (2006. 01)A 6 1 B 19/00 5 0 2
B 2 5 J 3/00

請求項の数 20 (全 58 頁)

(21) 出願番号 特願2012-538982 (P2012-538982)
 (86) (22) 出願日 平成22年11月11日 (2010. 11. 11)
 (65) 公表番号 特表2013-510672 (P2013-510672A)
 (43) 公表日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/056383
 (87) 国際公開番号 W02011/060171
 (87) 国際公開日 平成23年5月19日 (2011. 5. 19)
 審査請求日 平成25年9月10日 (2013. 9. 10)
 (31) 優先権主張番号 12/617, 937
 (32) 優先日 平成21年11月13日 (2009. 11. 13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/887, 091
 (32) 優先日 平成22年9月21日 (2010. 9. 21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 510253996
 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
 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
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100062409
 弁理士 安村 高明
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔操作される低侵襲スレーブ手術器具の手による制御のための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

システムであって、

該システムは、

ハンド追跡システムであって、該ハンド追跡システムは、第1のセンサの第1のロケー
 ションおよび第2のセンサの第2のロケーションを受信する手段を含み、該第1のセンサ
 は、第1のヒトの手の第1の固有の部分に装着されており、該第2のセンサは、該第1の
 ヒトの手の第2の固有の部分に装着されており、該ハンド追跡システムは、複数のセンサ
 のロケーションを追跡する、ハンド追跡システムと、

該ハンド追跡システムに連結されるコントローラと

を含み、

該コントローラは、

該受信された第1のロケーションおよび該受信された第2のロケーションを変換するこ
 とにより、単一の制御点の位置および配向を生成するステップと、

該単一の制御点の位置および配向に基づいて、手術システムにおけるデバイスの遠隔操
 作を制御するコマンドを送信するステップと

を実行するように構成される、システム。

【請求項 2】

前記デバイスは、手術部位のビデオ画像内の仮想プロキシ画像を含む、請求項 1 に記載
 のシステム。

【請求項 3】

前記デバイスは、遠隔操作スレーブ手術器具を備え、
前記コントローラは、
前記第 1 のロケーションおよび前記第 2 のロケーションに基づいてグリップ閉合パラメータを生成するステップを実行するようにさらに構成され、
前記デバイスの遠隔操作を制御するコマンドを送信することは、該グリップ閉合パラメータに基づいて、該遠隔操作スレーブ手術器具のエンドエフェクタのグリップを制御することをさらに含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記グリップ閉合パラメータを生成することは、
前記受信された第 1 のロケーションに基づいて、第 1 の位置を、制御点フレームの指向軸上の第 1 の投影位置にマッピングすることと、
前記受信された第 2 のロケーションに基づいて、第 2 の位置を、該制御点フレームの該指向軸上の第 2 の投影位置にマッピングすることと、
該第 1 の位置、該第 2 の位置、該第 1 の投影位置および該第 2 の投影位置を使用して、評価グリップ閉合距離を生成することと
をさらに含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記グリップ閉合パラメータを生成することは、
前記評価グリップ閉合距離が、最大閾値距離よりも大きい場合には、グリップ閉合距離を該最大閾値距離に設定することと、
該評価グリップ閉合距離が、最小閾値距離未満である場合には、該グリップ閉合距離を該最小閾値距離に設定することと、
該評価グリップ閉合距離が、該最小閾値距離よりも大きく、該最大閾値距離未満である場合には、該グリップ閉合距離を、該評価グリップ閉合距離に設定することと
をさらに含む、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記グリップ閉合パラメータを生成することは、
前記グリップ閉合距離が中間距離よりも大きい場合には、該グリップ閉合距離を、該グリップ閉合パラメータの第 1 の範囲内の値にマッピングして、スレーブ手術器具のエンドエフェクタの顎部の開閉を制御することと、
該グリップ閉合距離が該中間距離未満である場合には、該グリップ閉合距離を、該グリップ閉合パラメータの第 2 の範囲内の値にマッピングして、該エンドエフェクタの閉じた顎部の噛合力を制御することと
をさらに含む、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記ハンド追跡システムは、第 3 のセンサの第 3 のロケーションおよび第 4 のセンサの第 4 のロケーションを受信する手段をさらに含み、該第 3 のセンサは、第 2 のヒトの手の第 1 の固有の部分に装着されており、該第 4 のセンサは、該第 2 のヒトの手の第 2 の固有の部分に装着されており、

前記コントローラは、

第 2 の単一の制御点の位置および配向を生成するステップを実行するようにさらに構成され、該第 2 の単一の制御点の位置および配向を生成することは、該受信された第 3 のロケーションおよび該受信された第 4 のロケーションに基づく、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記デバイスの遠隔操作を制御するコマンドを送信することは、前記単一の制御点の位置および配向に基づき、かつ、前記第 2 の単一の制御点の位置および配向に基づく、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記デバイスは、内視鏡カメラであり、

前記デバイスの遠隔操作を制御するコマンドを送信することは、内視鏡カメラマニピュレータの遠隔操作を制御することをさらに含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

システムであって、

該システムは、

ハンド追跡システムであって、該ハンド追跡システムは、第 1 のセンサの第 1 のロケーションおよび第 2 のセンサの第 2 のロケーションを受信する手段を含み、該第 1 のセンサは、ヒトの手の第 1 の固有の部分に装着されており、該第 2 のセンサは、該ヒトの手の第 2 の固有の部分に装着されており、該ハンド追跡システムは、複数のセンサのロケーションを追跡する、ハンド追跡システムと、

該ハンド追跡システムに連結されるコントローラと

を含み、

該コントローラは、

該受信された第 1 のロケーションと該受信された第 2 のロケーションとの間の相対的運動に基づいて、該ヒトの手の該第 1 の固有の部分と該第 2 の固有の部分との間の相対的運動を決定することにより、該受信された第 1 のロケーションおよび該受信された第 2 のロケーションを該相対的運動に変換するステップと、

該決定された相対的運動に基づいて、手術システムにおけるデバイスの配向を制御するコマンドを送信することと

を実行するように構成される、システム。

【請求項 11】

前記決定された相対的運動が第 1 の運動であり、前記配向を制御するコマンドを送信することは、スレーブ手術器具の手首の偏揺れ運動を制御するように構成される、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記決定された相対的運動が、前記第 1 の運動とは異なる第 2 の運動であり、前記配向を制御するコマンドを送信することは、

前記スレーブ手術器具の手首の先端を、その指向方向を中心として転動させるように構成される、請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

手術システムであって、

該手術システムは、

ヒトの手の第 1 の固有の部分に装着されるように構成される第 1 のセンサ素子と、

ヒトの手の第 2 の固有の部分に装着されるように構成される第 2 のセンサ素子と、

該第 1 のセンサ素子および該第 2 のセンサ素子に連結されるハンド追跡システムであって、該ハンド追跡システムは、該第 1 のセンサ素子の第 1 のロケーションを追跡するように構成され、かつ、該第 2 のセンサ素子の第 2 のロケーションを追跡するように構成される、ハンド追跡システムと、

該ハンド追跡システムに連結されるコントローラと

を備え、

該コントローラは、該第 1 のロケーションおよび該第 2 のロケーションを単一の制御点の制御点位置および制御点配向に変換するように構成され、

該コントローラは、該手術システムのデバイスを移動させるコマンドを送信するように構成され、該コマンドは、該単一の制御点に基づく、手術システム。

【請求項 14】

前記コントローラは、前記第 1 のロケーションおよび前記第 2 のロケーションをグリップ閉合パラメータに変換するように構成され、前記コマンドは、さらに、該グリップ閉合パラメータに基づく、請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記第 1 のセンサ素子および前記第 2 のセンサ素子は、複数の基準マーカを備える、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記第 1 のセンサ素子および前記第 2 のセンサ素子の各々は、受動電磁センサを備える、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記第 1 のセンサ素子および前記第 2 のセンサ素子を含むマスターフィンガー追跡デバイスをさらに備え、記第 1 のセンサ素子および該第 2 のセンサ素子の各々は、受動電磁センサを備える、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 8】

マスターフィンガー追跡デバイスをさらに備え、該マスターフィンガー追跡デバイスは、

前記第 1 のセンサ素子と、

前記第 2 のセンサ素子と、

第 1 のフィンガーループと、

第 2 のフィンガーループと、

第 1 の末端と、該第 1 の末端の反対にある第 2 の末端とを含む圧縮性本体と

を含み、

該第 1 のフィンガーループは、該第 1 の末端に隣接して取り付けられ、該第 2 のフィンガーループは、該第 2 の末端に隣接して取り付けられ、

該第 1 のフィンガーループを前記ヒトの手の第 1 指に設置すると、該第 1 のセンサ素子は、該ヒトの手の該第 1 指に隣接して位置付けられ、

該第 2 のフィンガーループを該ヒトの手の第 2 指に設置すると、該第 2 のセンサ素子は、該ヒトの手の該第 2 指に隣接して位置付けられ、

該圧縮性本体は、該圧縮性本体が該第 1 指と該第 2 指との間に位置付けられて該圧縮性本体が該第 1 指の該第 2 指へと向かう移動に対する抵抗を提供するように構成される、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

前記第 1 のセンサ素子および前記第 2 のセンサ素子の各々は、受動電磁センサである、請求項 1 8 に記載のシステム。

【請求項 2 0】

前記デバイスは、手術部位のビデオ画像内の仮想プロキシ画像である、請求項 1 3 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、米国特許出願第 12 / 617937 号 (2009 年 11 月 13 日出願、「Patient - Side Surgeon Interface For a Minimally Invasive Teleoperated Surgical Instrument」を開示するの一部継続出願であり、この米国特許出願は、本明細書においてその全体が参考として援用される。

【0002】

本発明の態様は、低侵襲手術システムの制御に関し、より具体的に、低侵襲手術システムを制御する際に、執刀医の手の運動を使用することに関する。

【背景技術】

【0003】

関連技術

手の位置およびジェスチャーを追跡するための方法および技法が知られている。例えば、いくつかのビデオゲームコントローラは、ハンドトラッキング入力を利用する。例えば

10

20

30

40

50

、Nintendo Wii (登録商標) ゲームプラットフォームは、無線位置および配向センシング遠隔操作を支援する(Wii (登録商標) は、米国ワシントン州レッドモンド、Nintendo of America Incの登録商標である)。バットをスイングする、または魔法の杖を振る等のジェスチャーおよび他の身体的動作の使用は、このプラットフォームの基本ゲーム要素を提供する。Sony Playstation Moveは、Nintendo Wii (登録商標) ゲームプラットフォームに類似する特徴を有する。

【0004】

CyberGlove Systemsの無線CyberGlove (登録商標) モーション捕獲データグローブは、各指に2つの屈曲センサを有する18個のデータセンサと、4個の外転センサと、親指の交差、手掌のアーチ、手首の屈曲、および手首の外転を測定するセンサとを含む。(CyberGlove (登録商標) は、カルフォルニア州サンノゼ、CyberGlove Systemsの登録商標である。) 三次元追跡システムは、CyberGlove (登録商標) モーション捕獲データグローブとともに使用し、手のx、y、z、偏揺れ、ピッチ、転動位置、および配向情報を入手することができる。CyberGlove (登録商標) モーション捕獲データグローブのモーション捕獲システムは、デジタルプロトタイプ評価、バーチャルリアリティ生物力学、およびアニメーションに使用されている。

【0005】

40個のセンサを有する別のデータグローブは、Measurand Inc. のShapeHandデータグローブである。Measurand Inc. のShapeClawポータブル軽量ハンドモーション捕獲システムは、空間における手および腕の位置および配向とともに、人指し指および親指の運動を捕獲する、フレキシブルリボンシステムを含む。

【0006】

非特許文献1において、KimおよびChienは、ジェスチャー認識のためにPolhemusセンサを用いた三次元軌跡入力の使用について探求する。KimおよびChienは、三次元軌跡が、主にビデオベースのアプローチにおいて使用される、二次元ジェスチャーよりも優れた識別力を提供するため、この形態の入力を提案する。KimおよびChienは、彼らの実験に、Fakespace PinchGloveの背面に取り付けられたPolhemus磁気位置追跡センサを利用した。PinchGloveは、ユーザがジェスチャーの最初と最後を信号で伝える手段を提供しながら、Polhemusセンサが、ユーザの手の三次元軌跡を捕獲する。

【0007】

非特許文献2では、PCおよびウェブカメラ等の汎用ハードウェアおよび低コストセンサを使用するハンドジェスチャー認識による、視覚的相互作用環境内でのアプリケーション用のリアルタイムビジョンシステムが提案されている。非特許文献3では、視覚ベースのハンドジェスチャーに関するレビューが提示された。提示された1つの結論は、大部分のアプローチが、制御された研究室設定において適切であり得るが、任意の設定に一般化しないいくつかの基礎的前提に依存するということであった。著者らは、「ハンドジェスチャーインターフェースのコンピュータビジョン法は、双方向性およびユーザビリティを達成するためのロバスト性および速度に関して、現在の性能を越えなければならない」と述べている。医療領域において、ジェスチャー認識は、放射線画像の滅菌ブラウジングに対して考慮されている。非特許文献4を参照されたい。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】 In - Cheol KimおよびSung - Il Chien, 「Analysis of 3D Hand Trajectory Gestures Using Stroke - Based Composite Hidden Markov

10

20

30

40

50

Models」、Applied Intelligence, Vol. 15 No. 2, p. 131 - 143, 2001年9~10月

【非特許文献2】Elena Sanchez-Nielsenほか、「Hand Gesture Recognition for Human-Machine Interaction」、Journal of WSCG, Vol. 12, No. 1 - 3, ISSN 1213 - 6972, WSCG '2004, February 2 - 6 2003, Plzen Czech Republic

【非特許文献3】Pragati Gargほか、「Vision Based Hand Gesture Recognition」、49 World Academy of Science, Engineering and Technology, 97 2 - 977 (2009)

【非特許文献4】Juan P. Wachsほか、「A Gesture-based Tool for Sterile Browsing of Radiology Images」、Journal of the American Medical Informatics Association (2008; 15: 321 - 323, DOI 10.1197/jamia.M24)

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

一態様において、低侵襲手術システムにおけるハンド追跡システムは、ヒトの手の一部のロケーションを追跡する。低侵襲手術システムのシステム制御パラメータは、ヒトの手の一部のロケーションに基づいて生成される。低侵襲手術システムの操作は、システム制御パラメータを使用して制御される。

【0010】

一態様において、ヒトの手の一部に装着されたセンサ素子を追跡して、ヒトの手の一部の位置を取得する。制御点の位置および配向は、ロケーションに基づく。低侵襲手術システムにおけるデバイスの遠隔操作は、制御点のロケーションおよび配向に基づいて制御される。一態様において、デバイスは、遠隔操作されるスレーブ手術器具である。別の態様において、デバイスは、手術部位のビデオ画像に提示される仮想プロキシである。仮想プロキシの例には、仮想スレーブ手術器具、バーチャルハンド、および仮想テレステレシ

【0011】

さらなる態様において、制御点の位置および配向に加えて、グリップ閉合パラメータが生成される。遠隔操作スレーブ手術器具のエンドエフェクタのグリップは、グリップ閉合パラメータに基づいて制御される。

【0012】

別の態様において、システム制御パラメータは、スレーブ手術器具の遠隔操作に使用される制御点の位置および配向である。さらに別の態様において、システム制御パラメータは、両手から決定される。システム制御パラメータは、両手の一方に対する制御点の位置および配向、ならびに両手のもう一方に対する制御点の位置および配向である。制御点は、低侵襲手術システムにおいて、内視鏡カメラマニピュレータの遠隔操作に使用される。

【0013】

さらに別の態様において、ヒトの手の一部上のセンサ素子に加えて、第2のヒトの手の一部に装着されたセンサ素子を追跡する。第2の制御点の位置および配向は、第2のヒトの手の一部のロケーションに基づいて生成される。本態様において、制御点および第2の制御点は、遠隔操作制御に使用される。

【0014】

さらに別の態様において、ヒトの手の指に装着されたセンサ素子を追跡する。指間の運動を決定し、低侵襲手術システムにおいて遠隔操作されるスレーブ手術器具の配向は、その運動に基づいて制御する。

【 0 0 1 5 】

運動が第 1 の運動である場合、制御ステップは、スレーブ手術器具の手首の先端を、その指向方向に回転させるステップを含む。運動が第 1 の運動とは異なる第 2 の運動である場合、制御ステップは、スレーブ手術器具の偏揺れ運動を含む。

【 0 0 1 6 】

低侵襲手術システムは、ハンド追跡システム、およびハンド追跡システムに連結されるコントローラを含む。ハンド追跡システムは、ヒトの手の一部に装着される複数のセンサ素子のロケーションを追跡する。コントローラは、制御点の位置および配向に対してロケーションを変える。コントローラは、制御点に基づいて、低侵襲手術システムにおけるデバイスを移動させるコマンドを送信する。再度、一態様において、デバイスは、遠隔操作されるスレーブ手術器具であるが、別の態様において、デバイスは、手術部位のビデオ画像に提示される仮想プロキシである。

10

【 0 0 1 7 】

一態様において、システムはまた、複数の追跡センサを含むマスターフィンガー追跡デバイスを含む。マスターフィンガー追跡デバイスは、圧縮性本体、圧縮性本体に固定された第 1 のフィンガーループ、および圧縮性本体に固定された第 2 のフィンガーループをさらに含む。複数の追跡センサ中の第 1 の追跡センサは、第 1 のフィンガーループに取り付けられる。複数の追跡センサ中の第 2 のラッキングセンサは、第 2 のフィンガーループに取り付けられる。

20

【 0 0 1 8 】

したがって、一態様において、低侵襲手術システムは、マスターフィンガー追跡デバイスを含む。マスターフィンガー追跡デバイスは、圧縮性本体と、圧縮性本体に固定される第 1 のフィンガーループと、圧縮性本体に固定される第 2 のフィンガーループと、を含む。第 1 の追跡センサは、第 1 のフィンガーループに取り付けられる。第 2 の追跡センサは、第 2 のフィンガーループに取り付けられる。

【 0 0 1 9 】

圧縮性本体は、第 1 の末端、第 2 の末端、および外面を含む。外面は、第 1 の末端と第 2 の末端との間に伸長する第 1 の部分、および第 1 の末端と第 2 の末端との間に伸長する、第 1 の部分とは反対に除去される第 2 の部分とを含む。

【 0 0 2 0 】

圧縮性本体はまた、長さを有する。長さは、ヒトの手の第 1 指と第 2 指との間の分離を制限するように選択される。

30

【 0 0 2 1 】

第 1 のフィンガーループは、第 1 の末端に隣接する圧縮性本体に固定され、外面の第 1 の部分を中心として伸長する。第 1 のフィンガーループをヒトの手の第 1 指に設置するとき、外面の第 1 の部分の最初の部分が第 1 指に接触する。

【 0 0 2 2 】

第 2 のフィンガーループは、第 2 の末端に隣接する圧縮性本体に固定され、外面の第 1 の部分を中心として伸長する。第 2 のフィンガーループをヒトの手の第 2 指に設置するとき、外面の第 1 の部分の 2 番目の部分が第 2 指に接触する。第 1 指および第 2 指が相互に対して移動するとき、圧縮性本体は、圧縮性本体が移動への抵抗を提供するように 2 本の指の間に位置付けられる。

40

【 0 0 2 3 】

圧縮性本体の厚さは、第 1 指の先端がちょうど第 2 指の先端に触れたとき、圧縮性本体が完全に圧縮されないように選択される。圧縮性本体は、遠隔操作されるスレーブ手術器具のエンドエフェクタのグリップ力に対応して、触覚フィードバックを提供するように構成される。

【 0 0 2 4 】

一態様において、第 1 および第 2 の追跡センサは、受動電磁センサである。さらなる態様において、各受動電磁追跡センサは、6 度の自由度を有する。

50

【0025】

マスターフィンガー追跡デバイスを使用する方法は、ヒトの手の第1指に装着されたセンサの第1のロケーションと、第2指に装着された別のセンサの第2のロケーションとを追跡するステップを含む。各ロケーションは、N度の自由度を有し、Nはゼロより大きい整数である。第1のロケーションおよび第2のロケーションは、制御点のロケーションにマッピングされる。制御点のロケーションは、6度の自由度を有する。6度の自由度は、 $2 * N$ 度の自由度以下である。第1のロケーションおよび第2のロケーションはまた、1度の自由度を有するパラメータにマッピングされる。低侵襲手術システムにおけるスレーブ手術器具の遠隔操作は、制御点のロケーションおよびパラメータに基づいて制御される。

10

【0026】

第1の態様において、パラメータは、グリップ閉合距離である。第2の態様において、パラメータは配向を含む。別の態様において、Nは6であるが、異なる態様において、Nは5である。

【0027】

なおもさらなる態様において、ヒトの手の一部に装着されたセンサ素子は、ヒトの手の一部の複数のロケーションを得るように追跡される。複数のロケーションに基づいて、複数の既知のハンドジェスチャーからハンドジェスチャーが選択される。低侵襲手術システムの操作は、ハンドジェスチャーに基づいて制御される。

【0028】

ハンドジェスチャーは、ハンドジェスチャーポーズ、ハンドジェスチャー軌道、またはハンドジェスチャーポーズとハンドジェスチャーとの組み合わせのうちのいずれか1つであり得る。ハンドジェスチャーがハンドジェスチャーポーズであり、複数の既知のハンドジェスチャーが、複数の既知のハンドジェスチャーポーズを含む場合、低侵襲手術システムのユーザインターフェースは、ハンドジェスチャーポーズによって制御される。

20

【0029】

さらに、一態様において、ハンドジェスチャーがハンドジェスチャーポーズである場合、ハンドジェスチャーの選択は、追跡された複数のロケーションから認められる特徴集合を生成することを含む。認められる特徴集合を、複数の既知のハンドジェスチャーポーズの特徴集合と比較する。既知のハンドジェスチャーのうちの1つは、ハンドジェスチャーポーズとして選択される。選択された既知のハンドジェスチャーポーズは、システムコマンドにマッピングされ、システムコマンドは、低侵襲手術システムにおいてトリガされる。

30

【0030】

なおもさらなる態様において、ハンドジェスチャーがハンドジェスチャー軌道を含む場合、低侵襲手術システムのユーザインターフェースは、ハンドジェスチャー軌道に基づいて制御される。

【0031】

ハンド追跡システムおよびコントローラを有する低侵襲手術システムにおいて、コントローラは、ハンドジェスチャーのロケーションを変える。コントローラは、ハンドジェスチャーに基づいて、低侵襲手術システムの操作モードを修正するようにコマンドを送る。

40

【0032】

さらに別の態様において、ヒトの一部に装着されたセンサ素子を追跡して、ヒトの手の一部のロケーションを得る。ロケーションに基づいて、この方法は、ヒトの手の一部の位置が低侵襲手術システムのマスターツールグリップの位置からの閾値距離内であるか否かを決定する。低侵襲手術システムの操作は、決定の結果に基づいて制御される。一態様において、マスターツールグリップに連結された遠隔操作スレーブ手術器具の遠隔操作は、決定の結果に基づいて制御される。別の態様において、ユーザインターフェースの表示、またはプロキシビジュアルの表示は、決定の結果に基づいて制御される。

【0033】

50

一態様において、ヒトの手の一部の位置は、制御点の位置によって特定される。別の態様において、ヒトの手の一部の位置は、人差し指の位置である。

【 0 0 3 4 】

低侵襲手術システムは、ハンド追跡システムを含む。ハンド追跡システムは、ヒトの手の一部のロケーションを追跡する。コントローラは、執刀医の手が低侵襲手術システムの特定制作を許可するのに十分なだけマスタートールグリップに近接しているか否かを決定する際に、そのロケーションを使用する。

【 0 0 3 5 】

低侵襲手術システムはまた、ハンド追跡システムに連結されるコントローラを含む。コントローラは、ロケーションをシステム制御パラメータに変換し、そのシステム制御パラメータに基づいて、低侵襲手術システムにコマンドを投入する。

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目 1)

ヒトの手の一部に装着されたセンサを追跡して、該ヒトの手の一部のロケーションを得ることと、

該ロケーションに基づいて、制御点の位置および配向を生成することと、

該制御点の位置および配向に基づいて、低侵襲手術システムにおけるデバイスの遠隔操作を制御することと

を含む、方法。

(項目 2)

前記デバイスは、仮想プロキシである、項目 1 に記載の方法。

(項目 3)

前記デバイスは、遠隔操作スレーブ手術器具を備え、

前記方法は、

グリップ閉合パラメータを生成することをさらに含み、前記遠隔操作を制御することは、該グリップ閉合パラメータに基づいて、該遠隔操作スレーブ手術器具のエンドエフェクタのグリップを制御することをさらに含む、項目 1 に記載の方法。

(項目 4)

前記グリップ閉合パラメータを生成することは、

前記ヒトの手の第 1 指の位置を、制御点フレームの指向軸上の第 1 の投影位置にマッピングすることと、

該ヒトの手の第 2 指の位置を、該制御点フレームの該指向軸上の第 2 の投影位置にマッピングすることと、

該第 1 指および第 2 指の位置、ならびにそれぞれの投影位置を使用して、評価グリップ閉合距離を生成することと

をさらに含む、項目 3 に記載の方法。

(項目 5)

前記グリップ閉合パラメータを生成することは、

前記評価グリップ閉合距離が、最大閾値距離よりも大きいときには、グリップ閉合距離を該最大閾値距離に設定することと、

該評価グリップ閉合距離が、最小閾値距離未満であるときには、該グリップ閉合距離を該最小閾値距離に設定することと、

該評価グリップ閉合距離が、最小閾値距離よりも大きく、最大閾値距離未満であるときには、該グリップ閉合距離を、該評価グリップ閉合距離に設定することと

をさらに含む、項目 4 に記載の方法。

(項目 6)

前記グリップ閉合パラメータを生成することは、

前記グリップ閉合距離が中間距離よりも大きいときには、該グリップ閉合距離を、該グリップ閉合パラメータの第 1 の範囲内の値にマッピングして、スレーブ手術器具のエンドエフェクタの顎部の開閉を制御することと、

10

20

30

40

50

該グリップ閉合距離が該中間距離未満であるときには、該グリップ閉合距離を、該グリップ閉合パラメータの第2の範囲内の値にマッピングして、エンドエフェクタの閉じた顎部の噛合力を制御することと

をさらに含む、項目5に記載の方法。

(項目7)

第2のヒトの手の一部に装着されたセンサを追跡することと、

該第2のヒトの手の一部の前記ロケーションに基づいて、第2の制御点の位置および配向を生成することと

をさらに含む、項目1に記載の方法。

(項目8)

前記制御点および前記第2の制御点の両方が、遠隔操作を制御することに使用される、項目7に記載の方法。

(項目9)

前記デバイスは、内視鏡カメラであり、遠隔操作を制御することはさらに、内視鏡カメラマニピュレータの遠隔操作を制御することを含む、項目1に記載の方法。

(項目10)

ヒトの手の指に装着されたセンサを追跡することと、

該指の間の運動を決定することと、

該運動に基づいて、低侵襲手術システムにおけるデバイスの配向を制御することと

を含む、方法、

(項目11)

前記運動が第1の運動であるとき、配向を制御することは、

スレーブ手術器具の手首の偏揺れ運動を制御することをさらに含む、項目10に記載の方法。

(項目12)

前記運動が前記第1の運動とは異なる第2の運動であるとき、制御することは、

前記スレーブ手術器具の手首の先端を、その指向方向を中心として回転させることを含む、項目11に記載の方法。

(項目13)

低侵襲手術システムであって、

ハンド追跡システムであって、ヒトの手の一部に装着された複数のセンサ素子のロケーションを追跡する、ハンド追跡システムと、

該ハンド追跡システムに連結されるコントローラと

を備え、

該コントローラは、該ロケーションを制御点の制御点位置および制御点配向に変換し、

該コントローラは、該制御点に基づいて、該低侵襲手術システムのデバイスを移動させるコマンドを送信する、低侵襲手術システム。

(項目14)

前記コントローラは、前記ロケーションをグリップ閉合パラメータに変換し、該グリップ閉合パラメータを前記コマンドに含む、項目13に記載のシステム。

(項目15)

前記複数のセンサ素子は、複数の基準マーカを備える、項目13に記載のシステム。

(項目16)

前記複数のセンサ素子は、複数の能動電磁センサを備える、項目13に記載のシステム。

(項目17)

複数の受動電磁センサを含む、マスターフィンガー追跡デバイスをさらに備える、項目16に記載のシステム。

(項目18)

マスターフィンガー追跡デバイスをさらに備え、該マスターフィンガー追跡デバイスは

10

20

30

40

50

、
圧縮性本体と、
圧縮性本体に固定される第 1 のフィンガーループであって、第 1 のセンサ素子が、第 1
のフィンガーループに取り付けられる、第 1 のフィンガーループと、
圧縮性本体に固定される第 2 のフィンガーループであって、第 2 のフィンガーループに
取り付けられる、第 2 のフィンガーループと
を含む、項目 1 3 に記載のシステム。

(項目 1 9)

前記第 1 のセンサ素子および前記第 2 のセンサ素子は、受動電磁センサである、項目 1
8 に記載のシステム。

10

(項目 2 0)

前記デバイスは、仮想プロキシである、項目 1 3 に記載のシステム。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 6 】

【図 1】図 1 は、ハンド追跡システムを含む、低侵襲遠隔操作手術システムの高レベル図である。

【図 2 A】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

【図 2 B】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

20

【図 2 C】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

【図 2 D】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

【図 2 E】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

30

【図 2 F】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

【図 2 G】図 2 A ~ 2 G は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムの遠隔操作スレーブ手術器具を制御するために使用される、ハンド追跡マスターツールグリップの様々な構成の例である。

【図 3 A】図 3 A ~ 3 D は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモードを制御するために使用される、ハンドジェスチャーポーズの例である。

【図 3 B】図 3 A ~ 3 D は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモードを制御するために使用される、ハンドジェスチャーポーズの例である。

40

【図 3 C】図 3 A ~ 3 D は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモードを制御するために使用される、ハンドジェスチャーポーズの例である。

【図 3 D】図 3 A ~ 3 D は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモードを制御するために使用される、ハンドジェスチャーポーズの例である。

【図 4 A】図 4 A ~ 4 C は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモードを制御するためにも使用される、ハンドジェスチャー軌道の例である。

【図 4 B】図 4 A ~ 4 C は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモードを制御するためにも使用される、ハンドジェスチャー軌道の例である。

【図 4 C】図 4 A ~ 4 C は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、システムモー

50

ドを制御するためにも使用される、ハンドジェスチャー軌道の例である。

【図 5】図 5 は、カメラベースの追跡システムにおいて、ハンドトラッキングするための基準マーカの設置の例示である。

【図 6 A】図 6 A および 6 B は、図 1 の執刀医のコンソールのより詳細な図であり、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムによって、ハンドトラッキングに利用される座標系の例を含む。

【図 6 B】図 6 A および 6 B は、図 1 の執刀医のコンソールのより詳細な図であり、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムによって、ハンドトラッキングに利用される座標系の例を含む。

【図 7】図 7 は、手に装着されたツールグリップおよび図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムによって、ハンドトラッキングに使用されるロケーションおよび座標系のより詳細な図である。

10

【図 8】図 8 は、図 1 の低侵襲遠隔操作手術システムにおいて、手の指を追跡するために追跡システムにおいて使用され、スレーブ手術器具の遠隔操作に関するデータを生成するために使用されるプロセスのプロセスフロー図である。

【図 9】図 9 は、図 8 のロケーションデータを制御点およびグリップパラメータにマッピングするプロセスのより詳細なプロセスフロー図である。

【図 10】図 10 は、ハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道を認識するために追跡システムにおいて使用されるプロセスのプロセスフロー図である。

【図 11】図 11 は、手の存在検出のために追跡システムにおいて使用されるプロセスのプロセスフロー図である。

20

【図 12】図 12 は、マスターフィンガー追跡デバイスの一実施例の例示である。

【図 13】図 13 は、プロキシビジュアルを含む、表示デバイスに提示されるビデオ画像の例示であり、本実施例では、仮想ゴースト器具および遠隔操作スレーブ手術器具を含む。

【図 14】図 14 は、プロキシビジュアルを含む、表示デバイスに提示されるビデオ画像の例示であり、本実施例では、一対の仮想ハンドおよび遠隔操作スレーブ手術器具を含む。

【図 15】図 15 は、プロキシビジュアルを含む、表示デバイスに提示されるビデオ画像の例示であり、本実施例では、仮想テレステレションデバイス、および仮想ゴースト器具、ならびに遠隔操作スレーブ手術器具を含む。

30

【発明を実施するための形態】

【0037】

図面において、3桁の参照番号の最初の桁は、その参照番号を有する素子が最初に現れる図面の図番を示し、4桁の参照番号の最初の2ケタは、その参照番号を有する素子が最初に現れる図の図番を示す。

【0038】

本明細書で使用する、ロケーションは、位置および配向を含む。

【0039】

本明細書で使用する、ハンドジェスチャー（ジェスチャーと呼ばれる場合がある）は、ハンドジェスチャーポーズ、ハンドジェスチャー軌道、およびハンドジェスチャーポーズとハンドジェスチャー軌道との組み合わせを含む。

40

【0040】

本発明の態様は、低侵襲手術システム、例えば、カリフォルニア州サニーベール、Intuitive Surgical, Inc. によって市販されている da Vinci（登録商標）低侵襲遠隔操作手術システムの制御能力を、低侵襲手術システムを制御する際に手のロケーション情報を利用することによって増強させることができる。手の1本または複数の指の測定ロケーションを使用して、システム制御パラメータを決定し、それらを順に使用して、手術システムにおいてシステムコマンドをトリガする。システムコマンドは、手のロケーションが追跡されている人のロケーション、すなわち、その人が執刀医

50

のコンソールにいるか否かに依存する。

【0041】

測定されたロケーションが、執刀医のコンソールにおいてではなく、ヒトの手の指に対してである場合、システムコマンドは、手の配向と2本の指の相対運動との組み合わせに基づく遠隔操作スレーブ手術器具の一部の配向を変更するコマンドと、先端の運動が手の一部の運動に続くように、遠隔操作スレーブ手術器具の先端を移動させるコマンドとを含む。測定されたロケーションが、執刀医のコンソールにおける人の手の指に関する場合、システムコマンドは、スレーブ手術器具の運動が継続してマスターツールグリップの運動を追跡するのを許可するか、または防止するコマンドを含む。測定されたロケーションが、執刀医のコンソールにおいてではない人の手の指に関するか、または執刀医のコンソールにおける人の手の指に関するか、のいずれかである場合、システムコマンドは、システムまたはシステムの一部に、ハンドジェスチャーポーズに基づいて動作するように命令することと、システムまたはシステムの一部に、ハンドジェスチャー軌道に基づいて動作するように命令することと、を含む。

10

【0042】

図1は、ハンド追跡システムを含む、低侵襲遠隔操作手術システム100、例えば、da Vinci（登録商標）手術システムの高レベル図である。da Vinci（登録商標）手術システムに随伴する他の部品、ケーブル等が存在するが、開示からの逸脱を回避するため、それらは図1において例示されない。低侵襲手術システムに関するさらなる情報は、例えば、米国特許出願第11/762,165号（2007年6月13日出願、「Minimally Invasive Surgical System」を開示）、および米国特許第6,331,181号（2001年12月18日発行、「Surgical Robotic Tools, Data Architecture, And Use」を開示）において見出されてもよく、いずれも参照することにより本明細書に組み込まれる。例えば、いずれも参照することにより本明細書に組み込まれる、米国特許第7,155,315号（2005年12月12日出願、「Camera Referenced Control In A Minimally Invasive Surgical Apparatus」を開示）、および第7,574,250号（2003年2月4日出願、「Image Shifting Apparatus And Method For A Telerobotic System」を開示）も参照されたい。

20

30

【0043】

本実施例において、システム100は、複数のマニピュレータを有するカート110を含む。各マニピュレータおよびそのマニピュレータによって制御される遠隔操作スレーブ手術器具は、執刀医のコンソール185上のマスターツールマニピュレータに連結および分離することができ、さらにそれらは、マスターフィンガー追跡グリップ170と呼ばれる場合がある、機械的に非接地の非動力マスター追跡グリップ170に連結および分離することができる。

【0044】

マニピュレータ113上に装着された立体内視鏡112は、患者111の体内の手術部位103の画像を提供し、ディスプレイ187および執刀医のコンソール185におけるディスプレイに表示される。画像は、立体内視鏡112の視野に、スレーブ手術デバイスのうちのいずれかの画像を含む。執刀医のコンソール185上のマスターツールマニピュレータと、スレーブ手術デバイスと、立体内視鏡112との間の相互作用は、既知のシステムと同様であるため、当該技術分野における有識者に知られている。

40

【0045】

一態様において、執刀医181は、執刀医の手の少なくとも1本の指を動かし、順に、マスターフィンガー追跡グリップ170内のセンサにロケーションを変更させる。ハンドトラッキングトランスミッタ175は、指の新しい位置および配向が、マスターフィンガー追跡グリップ170によって感知されるように、フィールドを提供する。新しく感知され

50

た位置および配向は、ハンド追跡コントローラ 130 に提供される。

【0046】

一態様において、以下でさらに完全に説明されるように、ハンド追跡コントローラ 130 は、感知された位置および配向を、執刀医 181 の視界座標系における制御点の位置および制御点の配向にマッピングする。ハンド追跡コントローラ 130 は、このロケーション情報をシステムコントローラ 140 に送信し、順に、システムコマンドを、マスターフィンガー追跡グリップ 170 に連結される遠隔操作スレーブ手術器具に送信する。以下でさらに完全に説明されるように、マスターフィンガー追跡グリップ 170、執刀医 181 は、例えば、遠隔操作スレーブ手術器具のエンドエフェクタのグリップ、ならびにエンドエフェクタに連結された手首に転動および偏揺れを制御することができる。

10

【0047】

別の態様において、執刀医 181 の手の少なくとも一部、または執刀医 180 の手のハンドトラッキングを、ハンド追跡コントローラ 130 によって使用し、ハンドジェスチャーポーズが、執刀医によって行われるか、またはハンドジェスチャーポーズとハンドジェスチャー軌道との組み合わせが、執刀医によって行われるかを決定する。各ハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャーポーズと組み合わせられる各軌道は、異なるシステムコマンドにマッピングされる。システムコマンドは、例えば、システムモードの変更を制御し、低侵襲手術システム 100 の他の態様を制御する。

【0048】

例えば、既知の低侵襲手術システムに見られるように、足踏みペダルおよびスイッチを使用する代わりに、ハンドジェスチャー、ハンドジェスチャーポーズまたはハンドジェスチャー軌道のいずれかを使用して、(i) マスターツールグリップおよび関連する遠隔操作スレーブ手術器具の運動の間で追跡を開始し、(ii) マスタークラッチを起動し(スレーブ器具のマスター制御を分離する)、(iii) 内視鏡カメラを制御し(内視鏡の移動または特徴、例えば、焦点または電子ズーム等をマスターに制御させる)、(iv) ロボットアームを交換し(2つのスレーブ器具間の特定のマスター制御を交換する)、(v) T I L E P R OTMを交換する(執刀医のディスプレイ上の補助ビデオウィンドウの表示をトグルする)。(T I L E P R Oは、米国カリフォルニア州サニーベール、Intuitive Surgical, Inc. の商標である)。

20

【0049】

システム 100 に2つのマスターツールグリップしかなく、執刀医 180 がその2つのマスターツールグリップに連結された2つの遠隔操作スレーブ手術器具以外のスレーブ手術器具の移動を制御する場合、執刀医は、第1のハンドジェスチャーを使用して、2つの遠隔操作スレーブ手術器具の一方または両方を所定位置に固定してもよい。次に、執刀医は、マスターツールグリップ異なるハンドジェスチャーを使用することによって、遠隔操作スレーブ手術器具に対するマスターツールグリップの一方または両方を、マニピュレータアームのもう一方によって保持される他のスレーブ手術器具と関連付け、本実装においては、遠隔操作スレーブ手術器具に対するマスターツールグリップの関連付けを交換する。執刀医 181 は、システム 100 に2つのマスターフィンガー追跡グリップしかない場合に同等の手順を行う。

30

40

【0050】

さらに別の態様において、執刀医のコンソール 185 に装着されたハンドトラッキングユニット 186 は、執刀医 180 の手の少なくとも一部を追跡し、感知したロケーション情報をハンド追跡コントローラ 130 に送信する。ハンド追跡コントローラ 130 は、執刀医の手が、例えば、システムが追跡するのに十分なだけマスターツールグリップに近接しているか、例えば、スレーブ手術器具の運動は、マスターツールグリップの運動を追跡するかを決定する。以下でより完全に説明されるように、一態様において、ハンド追跡コントローラ 130 は、執刀医の手的位置および対応するマスターツールグリップの位置を決定する。2つの位置の差異が既定距離内、例えば、閾値分離未満である場合、追跡が許可され、そうでなければ追跡は抑制される。したがって、距離は、執刀医のコンソール 1

50

85 上のマスターツールグリップに関する、執刀医の手の存在の一指標として使用される。別の態様において、マスターツールグリップの位置に対する執刀医の手の位置が、閾値分離未満である場合、ディスプレイ上のユーザインターフェースの表示は抑制され、例えば、ディスプレイデバイス上でオフになる。逆に、マスターツールグリップの位置に対する執刀医の手の位置が、閾値分離を超える場合、ユーザインターフェースは、ディスプレイデバイス上に表示され、例えば、オンになる。

【0051】

執刀医の手の存在検出は、長年の問題であった。存在検出は、異なる接触感知技術、例えば、容量性スイッチ、圧力センサ、および機械スイッチ等を使用して何度も試行された。しかしながら、これらのアプローチは、執刀医がマスターツールグリップを保持する方法および場所に異なる選好を有するため、本質的に問題がある。距離を存在の一指標として使用することは、この種の存在検出では、執刀医がマスターツールグリップに軽く触れると、瞬時に身体的接触を断ち、マスターツールグリップを調整できるようにするが、執刀医がマスターツールグリップを指で保持する方法を制約しないため有利である。

【0052】

(ハンドトラッキングを介する手術器具の制御)

マスターフィンガー追跡グリップ270と呼ばれる場合がある、機械的に非接地の非動力マスターフィンガー追跡グリップ270の一実施例は、図2A~2Dにおいて異なる構成で例示され、以下でより完全に説明される。マスターフィンガー追跡グリップ270は、指装着センサ211、212(指および親指装着センサ211、212と称される場合もある)を含み、人指し指292Bの先端および親指292Aの先端のそれぞれのロケーション(一実施例における位置および配向)を独立して追跡し、すなわち、執刀医の手の2本の指のロケーションを追跡する。したがって、既知の低侵襲手術システムにおけるマスターツールグリップのロケーションを追跡することとは対照的に、手自体のロケーションが追跡される。

【0053】

一態様において、センサは、センサが装着される手の各指に対して、6度の自由度の追跡を提供する(3変換および3転動)。別の態様において、センサは、センサが装着される手の各指に対して、5度の自由度の追跡を提供する(3変換および2転動)。

【0054】

なおもさらに別の態様において、センサは、センサが装着される手の各指に対して、3度の自由度の追跡を提供する(3変換)。2本の指がそれぞれ3度の自由度で追跡される場合、手首機序を含まないスレーブ手術器具を制御するには、合計6変換度の自由度で十分である。

【0055】

パッド入りフォームコネクタ210は、指および親指装着センサ211、212の間に接続される。コネクタ210は、親指292Aおよび人指し指292B、すなわち、手の指291Rを、固定距離内に制約し、すなわち、マスターフィンガー追跡グリップ270が装着される手の指291Rの間の最大分離距離が存在する。親指292Aおよび人指し指292Bは、最大分離(図2A)から完全閉合構成(図2D)に移され、パッドは、正のフィードバックを提供し、執刀医181が、マスターフィンガー追跡グリップ170に連結された遠隔操作スレーブ手術器具のエンドエフェクタのグリップ力を制御するのを助ける。

【0056】

図2Aにおいて、親指292Aおよび人指し指292Bがマスターフィンガー追跡グリップ270によって許可される最大距離だけ分離して示される位置の場合、グリップ力は最小である。逆に、親指292Aおよび人指し指292Bが、コネクタ210によって許可される限り近接している、すなわち、マスターフィンガー追跡グリップ270によって許可される最小距離だけ分離している、図2Dに示される位置において、グリップ力は最大である。図2Bおよび2Cは、中間グリップ力にマッピングされる位置を表す。

【 0 0 5 7 】

以下でより完全に説明されるように、図 2 A ~ 2 D における親指 2 9 2 A および人指し指 2 9 2 B のロケーション（位置および配向）は、グリップ閉合パラメータ、例えば、マスターフィンガー追跡グリップ 2 7 0 に連結された遠隔操作スレーブ手術器具のグリップを制御するために使用される、標準化グリップ閉合値にマッピングされる。特に、親指 2 9 2 A および人指し指 2 9 2 B の感知されたロケーションは、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって、グリップ閉合パラメータにマッピングされる。

【 0 0 5 8 】

したがって、執刀医 1 8 1 の手の一部のロケーションが追跡される。追跡されたロケーションに基づいて、低侵襲手術システム 1 0 0 のシステム制御パラメータ、すなわち、グリップ閉合パラメータは、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって生成され、システムコントローラ 1 4 0 に供給される。システムコントローラ 1 4 0 は、遠隔操作スレーブ手術器具に送信されるシステムコマンドを生成する際に、グリップ閉合パラメータを使用する。システムコマンドは、遠隔操作手術器具に指示して、グリップ閉合パラメータに対応するグリップ閉合を有するようにエンドエフェクタを構成させる。したがって、低侵襲手術システム 1 0 0 は、グリップ閉合パラメータを使用して、低侵襲手術システム 1 0 0 の遠隔操作スレーブ手術器具の操作を制御する。

10

【 0 0 5 9 】

図 2 A ~ 2 D における親指 2 9 2 A および人指し指 2 9 2 B のロケーション（位置および配向）はまた、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって、制御点の位置および制御点の配向にマッピングされる。制御点の位置および制御点の配向は、執刀医 1 8 1 の視界座標系にマッピングされた後、コマンド信号を介して、システムコントローラ 1 4 0 に提供される。視界座標系における制御点の位置および制御点の配向は、システムコントローラ 1 4 0 によって、マスターフィンガー追跡グリップ 1 7 0 に連結されたスレーブ手術器具の遠隔操作に使用される。

20

【 0 0 6 0 】

再度、執刀医 1 8 1 の手の一部のロケーションが追跡される。追跡されたロケーションに基づいて、低侵襲手術システム 1 0 0 の別のシステム制御パラメータ、すなわち、制御点の位置および配向が、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって生成される。ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、コマンド信号を、制御点の位置および配向とともにシステムコントローラ 1 4 0 に伝送する。システムコントローラ 1 4 0 は、遠隔操作スレーブ手術器具に送信されるシステムコマンドを生成する際に、制御点の位置および配向を使用する。システムコマンドは、遠隔操作手術器具に指示して、遠隔操作手術器具を制御点の位置および配向に基づいて位置付けさせる。したがって、低侵襲手術システム 1 0 0 は、制御点の位置および配向を使用して、低侵襲手術システム 1 0 0 の遠隔操作スレーブ手術器具の操作を制御する。

30

【 0 0 6 1 】

センサ 2 1 1、2 1 2 の位置に基づいて、グリップ閉合を決定することに加えて、人指し指 2 9 2 B と親指 2 9 2 A との間の他の相対運動を使用して、スレーブ手術器具の偏揺れ運動および転動運動を制御する。スピンドルを転動させるように、指 2 9 2 B と親指 2 9 2 A を一緒に横方向にこすり合わせることは（想像上のスピンドル 2 9 3 を中心として（図 2 E）の矢印によって表される）、スレーブ手術器具の先端の転動を生じるが、人指し指と親指とを相互に沿って縦方向に前後に摺動させることは（矢印 2 9 5 によって表される指向方向で、軸に沿って（図 2 F）の矢印によって表される）、スレーブ手術器具の X 軸に沿って、偏揺れ運動を生じる。これは、人指し指の先端位置と親指の先端位置との間のベクトルをマッピングすることによって達成され、制御点の配向の X 軸を定義する。人指し指および親指は、それぞれ軸 2 9 5 に沿って対称的に摺動しているため、制御点の位置は比較的安定したままである。人指し指および親指の運動は、完全に対称的な運動ではないが、位置は依然として十分に安定したままであり、ユーザは、起こり得るあらゆる摂動を容易に修正することができる。

40

50

【 0 0 6 2 】

再度、執刀医 1 8 1 の手の一部のロケーションが追跡される。追跡されたロケーションに基づいて、さらに別のシステム制御パラメータ、すなわち、執刀医の手 2 9 1 R の 2 本の指の間の相対運動が、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって生成される。

【 0 0 6 3 】

ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、相対運動をマスターフィンガー追跡グリップ 1 7 0 に連結された遠隔操作スレーブ手術器具の配向に変換する。ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、配向とともにコマンド信号をシステムコントローラ 1 4 0 に送信する。この配向は、絶対配向マッピングであるが、システムコントローラ 1 4 0 は、一態様において、あらゆる他の受動ジンバルマスターツールグリップからの配向入力と同一の方法で、遠隔操作中にラチェットとともにこの入力を使用する。ラチェットの一実施例は、参照することによりその全体が本明細書に組み込まれる、同一出願人による米国特許出願第 1 2 / 4 9 5 , 2 1 3 号 (2 0 0 9 年 6 月 3 0 日出願、 「 R a t c h e t i n g F o r M a s t e r A l i g n m e n t O f A T e l e o p e r a t e d S u r g i c a l I n s t r u m e n t 」 を開示) に記載される。

10

【 0 0 6 4 】

システムコントローラ 1 4 0 は、遠隔操作スレーブ手術器具に送信されるシステムコマンドを生成する際に、配向を使用する。システムコマンドは、遠隔操作手術器具に指示して、遠隔操作手術器具を配向に基づいて転動させる。したがって、低侵襲手術システム 1 0 0 は、2 本の指の間の運動を使用して、低侵襲手術システム 1 0 0 の遠隔操作スレーブ手術器具の操作を生後する。

20

【 0 0 6 5 】

運動が第 1 の運動である場合、例えば、スピンドルを転動させるように、指 2 9 2 B と親指 2 9 2 A を横方向にこすり合わせる場合、配向は転動であり、システムコマンドは、指向方向に沿って、スレーブ手術器具の手首の先端転動をもたらす。運動が第 1 の運動とは異なる第 2 の運動である場合、例えば、人指し指と親指とを相互に沿って縦方向に前後に摺動させる場合 (図 2 F)、配向は偏揺れであり、システムコマンドは、スレーブ手術器具の手首の偏揺れ運動をもたらす。

【 0 0 6 6 】

さらに別の態様において、執刀医が、システム操作モードをジェスチャー認識モードに変更すると、両手が追跡され、一態様において、手に装着されるセンサの感知された位置および配向に基づいて、両手の制御点および配向が生成される。例えば、図 2 G に例示されるように、それぞれの手の親指および人指し指の先端が一緒に接触して、円のような形態を形成する。それぞれの手の感知位置は、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって、一対の制御点位置にマッピングされる。制御点の対は、カメラ制御システムイベントとともに、システムコントローラ 1 4 0 に送信される。

30

【 0 0 6 7 】

したがって、本態様において、執刀医 1 8 1 のそれぞれの手の一部のロケーションが追跡される。低侵襲手術システム 1 0 0 の別のシステム制御パラメータ、すなわち、一対の制御点位置が、追跡されたロケーションに基づいて、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって生成される。ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、一対の制御点位置を、カメラ制御システムイベントとともに、システムコントローラ 1 4 0 に送信する。

40

【 0 0 6 8 】

カメラ制御システムイベントに応答して、システムコントローラ 1 4 0 は、一対の制御点位置に基づいて、カメラ制御システムコマンドを生成する。カメラ制御システムコマンドは、低侵襲手術システム 1 0 0 の遠隔操作内視鏡カメラマニピュレータに送信される。したがって、低侵襲手術システム 1 0 0 は、一対の制御点位置を使用して、低侵襲手術システム 1 0 0 の遠隔操作内視鏡カメラマニピュレータの操作を制御する。

【 0 0 6 9 】

(ハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道を介するシステム制御)

50

本態様において、ジェスチャー検出モードの操作に置かれた後、ハンド追跡コントローラ 130 は、ハンドジェスチャーポーズ、またはハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道を検出する。コントローラ 130 は、ハンドジェスチャーポーズを、あるシステムモード制御コマンドにマッピングし、同様に、コントローラ 130 は、ハンドジェスチャー軌道を、他のシステムモード制御コマンドにマッピングする。ポーズおよび軌道のマッピングは、独立しているため、例えば、手動のシグナル言語トラッキングとは異なることに留意されたい。既知の低侵襲手術システムに見られるように、スイッチ、多数のフットペダル等を操作する代わりに、ハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道を使用して、システムコマンドを生成し、システム 100 を制御する能力は、システム 100 の優れた使い易さを執刀医に提供する。

10

【0070】

執刀医が立っている場合、システム 100 を制御するためのハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道の使用は、執刀医が眼を離して、および/またはスクリーンを見ること、ならびに執刀医がシステムモードを変更する場合に、フットペダルまたはスイッチを探すことが不要になる。最後に、様々なスイッチおよびフットペダルの排除は、低侵襲手術システムに要するフロアスペースを減少させる。

【0071】

低侵襲手術システム 100 を制御するために使用されるハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道の特定の集合は、各ハンドジェスチャーポーズおよび各ハンドジェスチャー軌道が明白である限り、重要でない。特に、1つのハンドジェスチャーポーズは、ハンド追跡コントローラ 130 によって、ポーズの集合における1つまたは複数の他のハンドジェスチャーポーズとして解釈されるべきではなく、ハンドジェスチャー軌道は、軌道の集合における複数のハンドジェスチャー軌道として解釈されるべきではない。したがって、以下に論じられるハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道は、単なる例示であり、限定することを意図しない。

20

【0072】

図 3A ~ 3D は、それぞれハンドジェスチャーポーズ 300A ~ 300D の実施例である。図 4A ~ 4C は、ハンドジェスチャー軌道の実施例である。例えば、図 2A の構成は、図 3A のそれに類似しているように見えるが、操作モードの低侵襲手術システム 100 は、2つの構成が使用される場合は異なることに留意されたい。

30

【0073】

図 2A において、遠隔操作される低侵襲スレーブ手術器具は、マスターフィンガー追跡グリップ 170 に連結され、システム 100 は、遠隔操作される低侵襲スレーブ手術器具が、追跡される執刀医の手の動きに従うように、追跡モードである。図 3A ~ 3D および 4A ~ 4C において、執刀医は、システム 100 をジェスチャー認識モードにした後、例示されるハンドジェスチャーポーズまたはハンドジェスチャー軌道のうちの1つを行う。ハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道は、システムモードの制御において使用され、追跡モードの操作では使用されない。例えば、ハンドジェスチャーポーズによって制御されるシステムモードは、視覚的表示を可能化、不可能化、および循環させ、視覚的表示をクラッチし、ならびにテレストレーションを描写/消去する。

40

【0074】

ハンドジェスチャーポーズ 300A (図 3A) において、親指 292A および人指し指 292B は、マスタークラッチ閾値を超えて分離され、例えば、2本の手の指 291R 間の拡散は、115mm を超える。人指し指 292B を伸ばし、親指 292A を曲げたハンドジェスチャーポーズ 300B (図 3B) を使用して、ハンド追跡コントローラ 130 に、執刀医がハンドジェスチャー軌道を追跡していることをシグナル伝達する(図 4A および 4B を参照)。親指 292A を上に向け、人指し指 292B を曲げたハンドジェスチャーポーズ 300C (図 3C) を使用して、ユーザインターフェースをオンにし、ユーザインターフェースにおいてモードを循環させる。親指 292A を下に向け、人指し指 292B を曲げたハンドジェスチャーポーズ 300D (図 3D) を使用して、ユーザインターフ

50

エースをオフにする。他のハンドジェスチャーポーズには、「OK」ハンドジェスチャーポーズ、L字型ハンドジェスチャーポーズ等が挙げられる。

【0075】

ハンド追跡コントローラ130は、一態様において、多次元特徴ベクトルを使用して、ハンドジェスチャーポーズを認識および識別する。最初に、複数のハンドジェスチャーポーズを特定する。次に、複数の特徴を含む特徴集合が特定される。特徴集合は、複数のポーズにおける各ハンドジェスチャーポーズを固有に識別するように設計される。

【0076】

ハンドジェスチャーポーズ認識プロセスは、トレーニングデータベースを使用してトレーニングされる。トレーニングデータベースは、ハンドジェスチャーポーズのそれぞれに関する複数の事例を含む。複数の事例は、多数の異なる人によって行われたポーズの特徴ベクトルを含む。特徴集合は、トレーニングデータベースの各事例に対して生成される。これらの特徴集合は、以下でより完全に説明されるように、多次元ベイズ識別器をトレーニングするために使用される。

【0077】

執刀医180が、ハンドジェスチャーモードの操作を入力する場合、執刀医は、スイッチを起動し、例えば、フットペダルを踏み、次に少なくとも片手でハンドジェスチャーポーズを行う。この実施例は、単一フットペダルを必要とするが、既知の低侵襲手術システムのフットトレイにおける他のフットペダルの排除を可能にしながら、依然として上記の利点を有することに留意されたい。ハンドトラッキングユニット186は、執刀医の片手または両手の親指および人指し指の感知された位置および配向を表す信号を、ハンド追跡コントローラ130に送信する。

【0078】

執刀医の手の指に関するトラッキングデータを使用して、ハンド追跡コントローラ130は、観察された特徴集合を生成する。ハンド追跡コントローラ130は、次に、トレーニングされた多次元ベイズ識別器およびマハラノビス距離を使用して、観察された特徴集合が、複数のポーズにおけるハンドジェスチャーポーズの特徴集合である可能性、すなわち、確率を決定する。これは、複数のポーズにおけるハンドジェスチャーポーズのそれぞれに対して行われる。

【0079】

ハンド追跡コントローラ130によって、観察されたハンドジェスチャーポーズとして選択される、複数のポーズにおけるハンドジェスチャーポーズは、マハラノビス距離が、そのハンドジェスチャーポーズのトレーニングデータベースにおいて、最大マハラノビス距離未満である場合に、最小マハラノビス距離を有するものである。選択されたハンドジェスチャーポーズは、システムイベントにマッピングされる。ハンド追跡コントローラ130は、システムイベントをシステムコントローラ140に投入する。

【0080】

システムコントローラ140は、システムイベントを処理し、システムコマンドを発行する。例えば、ハンドジェスチャーポーズ300C(図3C)が検出される場合、システムコントローラ140は、システムコマンドをディスプレイコントローラ150に送信して、ユーザインターフェースをオンにする。それに応じて、ディスプレイコントローラ150は、プロセッサ151上のユーザインターフェースモジュール155の少なくとも一部を実行して、執刀医のコンソール185のディスプレイ上にユーザインターフェースを生成する。

【0081】

したがって、本態様において、低侵襲手術システム100は、ヒトの手の一部のロケーションを追跡する。追跡されたロケーションに基づいて、システム制御パラメータが生成され、例えば、ハンドジェスチャーポーズが選択される。ハンドジェスチャーポーズを使用して、低侵襲手術システム100のユーザインターフェースを制御し、例えば、ユーザインターフェースを執刀医のコンソール185のディスプレイに表示する。

【 0 0 8 2 】

ユーザインターフェース制御は、単なる例示であり、限定することを意図しない。ハンドジェスチャーを使用して、既知の低侵襲手術システムにおける、例えば、マスタークラッチ、カメラ制御、カメラフォーカス、マニピュレータアーム交換等のモード変更のうちのいずれかを行うことができる。

【 0 0 8 3 】

ハンドジェスチャーポーズ認識プロセスが、観察されたハンドジェスチャーポーズがハンドジェスチャー軌道のハンドジェスチャーポーズであると決定した場合、システムイベントは、ポーズの認識に基づいて、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって投入されない。代わりに、ハンドジェスチャー軌道認識プロセスが開始される。

10

【 0 0 8 4 】

本実施例において、ハンドジェスチャーポーズ 3 0 0 B (図 3 B) は、ハンドジェスチャー軌道を生成するために使用されるポーズである。図 4 A および 4 B は、ハンドジェスチャーポーズ 3 0 0 B を使用して作製される、ハンドジェスチャー軌道 4 0 0 A および 4 0 0 B の二次元実施例である。図 4 C は、使用され得るハンドジェスチャー軌道の他の二次元実施例を提示する。

【 0 0 8 5 】

一態様において、ハンドジェスチャー軌道認識プロセスは、隠れマルコフモデル を使用する。隠れマルコフモデル の確立分布を生成するために、トレーニングデータベースが必要とされる。トレーニングデータベースを取得する前に、ハンドジェスチャー軌道の集合を特定する。一態様において、図 4 C の 1 6 ハンドジェスチャー軌道が選択される。

20

【 0 0 8 6 】

一態様において、多数の被検体を選択して、ハンドジェスチャー軌道のそれぞれを作製する。一実施例において、各被検体は、各軌道を既定回数行う。作製された各軌道の各被検体の位置および配向は、トレーニングデータベースに保存した。一態様において、以下でより完全に説明されるように、トレーニングデータベースを使用して、反復ボーム - ウェルチ法を使用する、個別の左右隠れマルコフモデルをトレーニングした。

【 0 0 8 7 】

執刀医が軌道を作製する場合、データは、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 によって、観察配列 O に変換される。観察配列 O および隠れマルコフモデル を用いて、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、どのハンドジェスチャー軌道が観察された記号配列に対応するかを決定する。一態様において、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、隠れマルコフモデル を用いる前方再帰アルゴリズムを使用して、観察された記号配列の全確率を生成する。確率が閾値確率を超える場合、最高確率を有するハンドジェスチャー軌道が選択される。最高確率が閾値確率未満である場合、ハンドジェスチャー軌道は選択されず、処理が終了する。

30

【 0 0 8 8 】

選択されたハンドジェスチャー軌道をシステムイベントにマッピングする。ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、システムイベントをシステムコントローラ 1 4 0 に注入する。

【 0 0 8 9 】

システムコントローラ 1 4 0 は、システムイベントを処理し、システムコマンドを発行する。例えば、選択されたハンドジェスチャー軌道が、イベントにマッピングされて手術部位の照明レベルを変更する場合、システムコントローラ 1 4 0 は、システムイベントを照明器のコントローラに送信し、照明レベルを変更する。

40

【 0 0 9 0 】

(ハンド追跡を介した存在検出)

一態様において、上に示されるように、執刀医の手 2 9 1 R、2 9 1 L (図 6 A) の位置を追跡し、低侵襲手術システム 1 0 0 の遠隔操作が許可されるか否かを決定し、いくつかの態様において、ユーザインターフェースを執刀医に表示するか否かを決定する。再度、ハンド追跡コントローラ 1 3 0 は、執刀医 1 8 0 B の手の少なくとも一部を追跡する

50

(図6A)。ハンド追跡コントローラ130は、マスターツールグリップ、例えば、マスターツールグリップ621(図6B)のロケーションを生成し、マスターツールグリップ621L、621R(図6A)、および手の一部のロケーションを表す。ハンド追跡コントローラ130は、2つのロケーションを共通座標フレームにマッピングし、次に、共通座標フレームの2つのロケーション間の距離を決定する。距離は、執刀医の手の一部の追跡ロケーションに基づく、低侵襲手術システムのシステム制御パラメータである。

【0091】

距離が安全閾値未満、すなわち、手の一部とマスターツールグリップとの間の最大許容分離未満であるとき、低侵襲手術システム100の遠隔操作が許可され、そうでなければ遠隔操作は抑制される。同様に、ユーザインターフェースの表示を制御するために存在検出を使用する態様において、距離が安全閾値未満、すなわち、手の一部とマスターツールグリップとの間の最大許容分離未満であるとき、低侵襲手術システム100のディスプレイ上のユーザインターフェースの表示が抑制され、そうでなければユーザインターフェースの表示が許可される。

【0092】

したがって、距離は、低侵襲手術システム100の遠隔操作を制御する際に使用される。特に、ハンド追跡コントローラ130は、システムイベントをシステムコントローラ140に送信し、遠隔操作が許可されるか否かを示す。システムイベントにตอบสนองして、システムコントローラ140は、遠隔操作を可能にするか、または抑制するかのいずれかであるように、システム100を構成する。

【0093】

(ハンドロケーション追跡技法)

上に詳述される追跡の種々の態様を考慮する前に、追跡技法の一実施例が説明される。本実施例は単なる例証であり、以下の説明に照らして、必要な手または指ロケーション情報を提供する、あらゆる追跡技法を利用することができる。

【0094】

一態様において、パルスDC電磁追跡は、図2A~2Dおよび図7に示されるように、手の2本の指、例えば、親指および人指し指に装着されたセンサとともに使用される。各センサは、6度の自由度を測定し、一態様において、8mm×2mm×1.5mmのサイズを有する。追跡システムは、0.8m半球の器用な作業空間および位置感知解像度0.5mmおよび0.1度を有する。更新速度は160ヘルツであり、4ミリ秒の感知待ち時間を有する。システムに組み込まれる場合、追加の待ち時間は、通信および追加のフィルタリングに起因して発生し得る。最大30ミリ秒の有効コマンド待ち時間が許容されることがわかった。

【0095】

本態様において、追跡システムは、電磁ハンド追跡コントローラ、マスターフィンガー追跡グリップで使用するためのセンサ、およびハンド追跡トランスミッタを含む。本発明の一実施形態における使用に適した追跡システムは、米国バーモント州バーリントン、Ascension Technology Corporationから3DガイダンスtrakSTARTMシステムとして、ミッドレンジトランスミッタとともに入手できる(trakSTARTMは、Ascension Technology Corporationの商標である)。トランスミッタは、中距離を超える高精度追跡のために、パルスDC磁場を生成し、78cm(31インチ)と特定される。このシステムは、各センサに240~420更新/秒のダイナミック追跡を提供する。小型能動センサの出力は、電力線雑音源の影響を受けない。トランスミッタとセンサとの間のクリアな視線が必要とされない。すべての態度追跡があり、慣性ドリフトまたは光学干渉はない。高い金属免疫があり、非磁気金属からの変形はない。

【0096】

フィンガーカバーを有する電磁追跡システムが本明細書において使用されるが、これは単なる例示であり、限定することを意図しない。例えば、ペン型デバイスは、執刀医によ

10

20

30

40

50

って保持され得る。ペン型デバイスは、デバイスの外面に3つ以上の非共線的基準マーカ-を有するフィンガーピースである。通常、少なくとも3つの基準マーカ-をあらゆる視点で可視化するために、より多くの基準マーカ-が、自己遮蔽に起因して使用される。基準マーカ-は、フィンガーピースの6自由度(3変換および3転動)の運動、およびしたがって、ペン型デバイスを保持する手の運動を決定する。ペン型デバイスはまた、一態様においてグリップングを感知する。

【0097】

ペン型デバイスを、既知のパラメータの2つ以上のカメラによって見て、基準マーカ-を3次元でローカライズし、フィンガーピースの3次元ポーズを推測する。基準マーカ-は、例えば、1)カメラに近接して照明を有する逆反射球、2)カメラに近接して照明を有する凹凸半球、または3)(点滅)LED等の活性マーカ-として実装され得る。一態様において、フィンガーピースの近赤外照明が使用され、フィルターを使用して、カメラでの可視スペクトルを遮断し、背景クラッタからの妨害を最小限にする。

【0098】

別の態様において、データグローブ501(図5)または素手502が使用され、基準マーカ-511は、執刀医が装着するグローブ501の親指および人指し指(および/またはグローブの他の指)および/または手502の皮膚に直接取り付けられる。再度、冗長マーカ-を使用して、自己遮蔽に対応することができる。また基準マーカ-を他の指に装着して、特異的に定義されたハンドジェスチャーを通して、より多くのユーザインターフェース特徴を可能にすることができる。

【0099】

基準マーカ-の3次元ロケーションは、共通視界を有する複数カメラの三角測量によって計算される。基準マーカ-の3次元ロケーションを使用して、手の3次元ポーズ(変換および転動)およびグリップサイズを推測する。

【0100】

マーカ-ロケーションは、使用前に較正する必要がある。例えば、執刀医は、マーカ-を有する手を異なるポーズでカメラに示すことができる。次に、異なるポーズを較正に使用する。

【0101】

さらに別の態様において、マーカ-のないハンド追跡が使用される。多関節ハンド運動は、1つまたは複数のカメラから見られる画像を使用し、コンピュータソフトウェアを実行することによってこれらの画像を処理することにより追跡することができる。実行しているコンピュータソフトウェアは、有用となる手のすべての自由度を追跡する必要はない。実行しているソフトウェアは、手術ツールを本明細書において示されるように制御するために有用となる手の2本の指に関連する一部を追跡すればよい。

【0102】

カメラベースの追跡において、測定値の精度は、画像におけるマーカ-のローカライゼーション精度、カメラの形状に起因する3次元再構成制度、および冗長データ、例えば、最小数を超える、例えば、3つの基準マーカ-、最小数(1または2)を超えるカメラ、ならびに時間平均およびフィルタリングに依存する。

【0103】

3次元再構成精度は、カメラ構成の精度に大きく依存する。執刀医のコンソール上の既知のロケーションに取り付けられたいくつかの基準マーカ-を使用して、執刀医のコンソールに関する多眼カメラの外因性パラメータ(転動および変換)を決定することができる。このプロセスは、自動に行うことができる。活性基準マーカ-は、較正プロセス中および手順前のみオンであるため、較正基準マーカ-に使用することができる。手順中は較正基準マーカ-をオフにして、執刀医の手のローカライズに使用される基準マーカ-との混乱を避ける。また相対的外因性パラメータは、カメラの共通視野において移動するマーカ-を観察することによって計算することもできる。

【0104】

使用に適した他の追跡技術には、これらに限定されないが、慣性追跡、深度カメラ追跡、およびファイバー屈曲感知が挙げられる。

【0105】

本明細書で使用する、追跡センサと呼ばれる場合があるセンサ素子は、上述されるハンド追跡技法、例えば、能動電磁センサ、基準マーカのうちのいずれかに対するセンサ、または他の技法のうちのいずれかに対するセンサであり得る。

【0106】

(座標系)

上述される様々なプロセスをさらに詳細に考慮する前に、執刀医のコンソール185Bの一実施例(図6A)が考慮され、以下の実施例において使用するために、様々な座標系が定義される。執刀医のコンソール185Bは、執刀医のコンソール185の一実施例である。執刀医のコンソール185Bは、ビューア610と称される場合がある3次元ビューア610、マスターツールグリップ620L、620Rを有するマスターツールマニピュレータ620L、620R、およびベース630を含む。マスターツールグリップ621(図6B)は、マスターツールグリップ621L、621Rのより詳細な図である。

【0107】

マスターツールマニピュレータ620L、620Rのマスターツールグリップ621L、621Rは、執刀医180Bによって、人指し指および親指を使用して保持され、標的および把持が、直感的ポインティングおよびピンチング運動を伴うようにする。マスターツールマニピュレータ620L、620Rを、マスターツールグリップ621L、621Rと合せて使用し、既知の低侵襲遠隔操作手術システムにおける既知のマスターツールマニピュレータと同一の方法で、遠隔操作スレーブ手術器具、遠隔操作内視鏡等を制御する。またマスターツールマニピュレータ620L、620R、およびマスターツールグリップ621L、621Rの位置座標は、スレーブ手術器具を制御する際に使用される運動学からわかる。

【0108】

通常ビューイングモードの操作において、ビューア610は、3次元画像の手術部位103を立体内視鏡112から表示する。ビューア610は、執刀医の手付近のコンソール185B(図6B)上に位置付けられ、執刀医180Bが手術部位103を直接見下ろしていると感じるように、ビューア610において見られる手術部位の画像が配向されるようにする。画像における手術器具は、執刀医180Bは自身の手の位置に基づいて予測するため、執刀医の手が配置および配向される場所に実質的に位置すると思われる。しかしながら、執刀医180Bは、ビューア610における手術部位の表示画像を見ながら、自身の手だけでなく、マスターツールグリップ621L、621Rの位置または配向を見ることができない。

【0109】

一態様において、マスターツールマニピュレータ620L、620Rは、それらがベース630の上に位置付けられるように、またそれらがビューア610の下に存在しないように、すなわち、マスターツールマニピュレータが、ハンドジェスチャーから離れて停留するように、執刀医180Bの正面およびビューア610の下から直接動かされる。これは、ビューア610の下に非閉塞容積を提供し、執刀医180Bは、ハンドジェスチャー、ハンドジェスチャーポーズまたはハンドジェスチャー軌道のうちのいずれか、または両方を行うことができる。

【0110】

図6Aの態様において、3つの座標系、ビュー座標系660、ワールド座標系670、およびトラッカ座標系650が、執刀医のコンソール185Bに関して定義される。相当する座標系は、以下でより完全に説明されるマッピングが、マスターフィンガー追跡グリップ170またはマスターツールグリップ621L、621Rからの追跡データに対して行われ得るように、執刀医181(図1)に対して定義されることに留意されたい。例えば、参照することにより既に組み込まれている、米国特許出願第12/617,937号

10

20

30

40

50

(2009年11月13日出願、「Patient - Side Surgeon Interface For a Minimally Invasive Teleoperated Surgical Instrument」を開示)を参照されたい。

【0111】

ビュー座標系660において、執刀医180Bは、Z軸Zビューを見下ろしている。Y軸Yビューは、表示において上向きである。X軸Xビューは、表示の左を指す。ワールド座標系670において、Z軸Zワールドは、垂直軸である。ワールドX軸XワールドおよびワールドY軸Yワールドは、X軸Xワールドに垂直な平面にある。

【0112】

図6Bは、マスターツールグリップ621およびマスターツールマニピュレータ620のより詳細な例示である。座標系680、690は、図11の方法1100に関して以下でより完全に論じられる。

【0113】

(ハンド追跡を介した手術器具制御のプロセス)

図7は、追跡座標系750においてロケーション713を有する、人指し指292Bに装着されたセンサ212、および追跡座標系750においてロケーション711を有する、親指292Aに装着されたセンサ212の例示である。センサ211および212は、上述される電磁追跡システムの一部である。親指292Aおよび人指し指292Bは、右手291Rの指の例である。前述のとおり、ヒトの手の一部は、少なくとも1本の手の指を含む。当該分野における有識者に知られているように、指または指骨と呼ばれる場合がある手の指は、親指(第1指)、人指し指(第2指)、中指(第3指)、薬指(第4指)、および小指(第5指)である。

【0114】

本明細書において、親指および人指し指は、ヒトの手の2本の指の例として使用される。これは単なる例示であり、限定することを意図しない。例えば、親指および中指を、親指と人指し指の代わりに使用することができる。本明細書の説明は、中指の使用にも直接適用できる。右手の使用もまた単なる例示である。同様のセンサが左手に装着される場合、本明細書の説明は、左手にも直接適用できる。

【0115】

ケーブル741、742は、マスターフィンガー追跡グリップ270のセンサ211、212をハンド追跡コントローラ130に接続する。一態様において、ケーブル741、742は、センサ211、212からの位置および配向情報を、ハンド追跡コントローラ130に伝える。

【0116】

感知した位置および配向データをハンド追跡コントローラ130に伝送するためのケーブルの使用は、単なる例示であり、この特定の態様に限定することを意図しない。本開示に照らして、当該分野における有識者は、マスターフィンガー追跡グリップまたはマスターフィンガー追跡グリップからの感知した位置および配向データをハンド追跡コントローラ130に(例えば、無線接続の使用によって)伝送するための機序を選択することができる。

【0117】

ケーブル741、742は、マスターフィンガー追跡グリップ270の運動を阻害しない。マスターフィンガー追跡グリップ270は、機械的に非接地であるため、各マスターフィンガー追跡グリップは、執刀医の到達可能な作業空間およびハンド追跡トランスミッタの作業空間(例えば、デカルド座標系における左-右、上-下、内-外、転動、ピッチ、および偏揺れ)内の位置および配向の両方に対して、効果的に拘束されない。

【0118】

一態様において、上述されるように、マスターフィンガー追跡グリップ270上の各センサ211、212は、3度の変換および3度の転動、すなわち6度の自由度を感知する。したがって、2つのセンサから感知されたデータは、12度の自由度を表す。別の態様

10

20

30

40

50

において、マスターフィンガー追跡グリップ 270 上の各センサ 211、212 は、3 度の変換および 2 度の転動（偏揺れおよびピッチ）、すなわち 5 度の自由度を感知する。したがって、2 つのセンサから感知されたデータは、10 度の自由度を表す。

【0119】

追跡されたロケーションに基づいて、制御点位置および制御点配向を使用し、遠隔操作スレーブ手術器具を制御することは、以下でより完全に説明されるように、6 度の自由度（3 変換および 3 配向）を必要とする。したがって、各センサが 5 または 6 度の自由度を有する態様において、センサ 211、212 は、冗長自由度を提供する。上述のとおり、および以下でより完全に説明されるように、冗長自由度は、位置および配向以外の遠隔操作スレーブ手術器具の態様を制御するために使用されるパラメータにマッピングされる。

10

【0120】

なおもさらなる態様において、各センサ 211、212 は、3 変換自由度のみを感知するため、合せて 6 度の自由度を表す。これは、手首機序を含まないスレーブ手術器具の 3 度の変換、転動、およびグリップ閉合を制御するのに十分である。以下の説明を使用して、6 度の自由度を用いる制御点のロケーションを生成する。制御点のロケーションは、スレーブ手術器具の配向として取られる。グリップ閉合パラメータは、下記のとおり、制御点ロケーションおよび制御点配向を使用して決定される。転動は、上記のとおり、親指および人指し指の相対運動を使用して決定される。

【0121】

センサが 6 度の自由度を感知する態様、またはセンサが 5 度の自由度を感知する態様のいずれかにおいて、人指し指センサ 212 は、追跡座標フレーム 750 において、人指し指位置 P_{index} および人指し指配向 R_{index} を表す信号を生成する。親指センサ 211 は、追跡座標フレーム 750 において、親指位置 P_{thumb} および親指配向 R_{thumb} を表す信号を生成する。一態様において、位置 p_{index} および p_{thumb} は、ユーザの人指し指 292B の爪の中心およびユーザの親指 292A の爪の中心とそれぞれ整列していると見なされる。

20

【0122】

本実施例において、位置 p_{index} および p_{thumb} は、それぞれ 3×1 ベクトルとして追跡座標フレーム 750 に表される。位置 p_{index} および p_{thumb} は、追跡座標にある。

30

【0123】

配向 R_{index} および R_{thumb} は、それぞれ 3×3 マトリクスとして追跡座標フレーム 750 に表される。すなわち、

【0124】

【数 1】

$$\mathbf{R}_{\text{index}} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{\text{index11}} & \mathbf{R}_{\text{index12}} & \mathbf{R}_{\text{index13}} \\ \mathbf{R}_{\text{index21}} & \mathbf{R}_{\text{index22}} & \mathbf{R}_{\text{index23}} \\ \mathbf{R}_{\text{index31}} & \mathbf{R}_{\text{index31}} & \mathbf{R}_{\text{index33}} \end{bmatrix}$$

10

$$\mathbf{R}_{\text{thumb}} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{\text{thumb11}} & \mathbf{R}_{\text{thumb12}} & \mathbf{R}_{\text{thumb13}} \\ \mathbf{R}_{\text{thumb21}} & \mathbf{R}_{\text{thumb22}} & \mathbf{R}_{\text{thumb23}} \\ \mathbf{R}_{\text{thumb31}} & \mathbf{R}_{\text{thumb31}} & \mathbf{R}_{\text{thumb33}} \end{bmatrix}$$

制御点位置 p_{c_p} は、人指し指 292 B と親指 292 A の中間にある。制御点位置 p_{c_p} は、制御点フレーム 790 にあるが、追跡座標において特定される。制御点フレーム 790 の Z 軸は、以下でより完全に説明されるように、制御点位置 p_{c_p} を通して指向方向に伸長する。

20

【0125】

また以下で説明されるように、人指し指 292 B および親指 292 A は、スレーブ手術器具の顎部にマッピングされるが、2本の指は、器具の顎部よりも器用である。制御点フレーム 790 の Y 軸は、器具顎閉合に使用されるピンに対応する。したがって、制御点フレーム 790 の Y 軸は、以下で説明されるように、人指し指 292 B と親指 292 A との間のベクトルに垂直である。

【0126】

30

制御点位置 p_{c_p} は、追跡座標フレーム 750 の追跡座標において、 3×1 ベクトルとして表される。制御点配向 R_{c_p} は、追跡座標において、 3×3 マトリクスとして表される。すなわち、

【0127】

【数 2】

$$\mathbf{R}_{\text{cp}} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{\text{cp11}} & \mathbf{R}_{\text{cp12}} & \mathbf{R}_{\text{cp13}} \\ \mathbf{R}_{\text{cp21}} & \mathbf{R}_{\text{cp22}} & \mathbf{R}_{\text{cp23}} \\ \mathbf{R}_{\text{cp31}} & \mathbf{R}_{\text{cp31}} & \mathbf{R}_{\text{cp33}} \end{bmatrix}$$

40

図 8 は、手の一部のロケーションを、スレーブ手術器具のグリップ、例えば、図 1 における遠隔操作スレーブ手術器具のうちの 1 つを制御するために使用されるグリップ閉合パラメータにマッピングするためのプロセスフロー図である。このマッピングはまた、ロケーションの経時変化を新しいグリップ閉合パラメータ、ならびに対応するスレーブ器具先

50

端のロケーションおよびそのロケーションに移動する速度にマッピングする。

【0128】

最初に、プロセス800に入ると、ハンドロケーションデータを受信するプロセス810は、人指し指位置および配向 (p_{index} 、 R_{index}) ならびに親指位置および配向 (p_{thumb} 、 R_{thumb}) を受信し、それらは本実施例において、データ811として保存される。人指し指位置および配向 (p_{index} 、 R_{index}) ならびに親指位置および配向 (p_{thumb} 、 R_{thumb}) は、追跡システムからのデータに基づく。プロセス810は、ロケーションデータを制御点およびグリップパラメータにマッピングするプロセス820に移る。

【0129】

ロケーションデータを制御点およびグリップパラメータにマッピングするプロセス820は、制御点位置 p_{cp} 、制御点配向 R_{cp} 、およびグリップ閉合パラメータ g_{grip} を、人指し指位置および配向 (p_{index} 、 R_{index}) ならびに親指位置および配向 (p_{thumb} 、 R_{thumb}) を使用して生成する。制御点位置 p_{cp} 、制御点配向 R_{cp} 、およびグリップ閉合パラメータ g_{grip} は、データ821として保存される。

【0130】

一態様において、プロセス820において行われる制御点マッピングは、既知のマスターツールマニピュレータ制御点配置の主要な特性を模倣するように定義される。したがって、親指および人指し指の運動に対する応答は、執刀医のコンソール180B (図6A) に類似する執刀医のコンソールを有する既知の遠隔操作低侵襲手術システムのユーザによく知られており、直感的である。

【0131】

図9は、ロケーションデータを制御点およびグリップパラメータにマッピングするプロセス820の一態様に対するより詳細なプロセスフロー図である。最初に、プロセス820において、ハンド位置データを制御点にマッピングするプロセス910は、制御点位置 p_{cp} のロケーションを、人指し指位置 p_{index} および親指位置 p_{thumb} から生成する。すなわち、

$$p_{cp} = 0.5 * (p_{thumb} + p_{index})$$

制御点位置 p_{cp} は、人指し指位置 p_{index} および親指位置 p_{thumb} の平均である。ハンド位置データを制御点にマッピングするプロセス910は、制御点配向を生成するプロセス920に対する処理に移る。

【0132】

上に示されるように、制御点配向のZ軸は、指向方向に整列される。制御点配向を生成するプロセス920の本態様において、ロドリゲス軸/角度式を使用して、制御点配向のZ軸指向方向ベクトル

【0133】

【化1】

$$\hat{z}_{half}$$

を、人指し指指向方向ベクトル

【0134】

【化2】

$$\hat{z}_{index}$$

と親指指向方向ベクトル

【0135】

【化3】

$$\hat{z}_{thumb}$$

との間の半転動として定義する。親指配向 R_{thumb} から、親指指向方向ベクトル

10

20

30

40

50

【 0 1 3 6 】

【 化 4 】

 $\hat{\mathbf{z}}_{\text{thumb}}$

は、

【 0 1 3 7 】

【 数 3 】

$$\hat{\mathbf{z}}_{\text{thumb}} = [\mathbf{R}_{\text{thumb13}} \quad \mathbf{R}_{\text{thumb23}} \quad \mathbf{R}_{\text{thumb33}}]'$$

10

である。

【 0 1 3 8 】

同様に、人指し指配向 $\mathbf{R}_{\text{index}}$ から、人指し指指向方向ベクトル

【 0 1 3 9 】

【 化 5 】

 $\hat{\mathbf{z}}_{\text{index}}$

は、

【 0 1 4 0 】

【 数 4 】

$$\hat{\mathbf{z}}_{\text{index}} = [\mathbf{R}_{\text{index13}} \quad \mathbf{R}_{\text{index23}} \quad \mathbf{R}_{\text{index33}}]'$$

20

である。

【 0 1 4 1 】

ベクトル は、人指し指指向方向ベクトル

【 0 1 4 2 】

【 化 6 】

 $\hat{\mathbf{z}}_{\text{index}}$

および親指指向方向ベクトル

【 0 1 4 3 】

【 化 7 】

 $\hat{\mathbf{z}}_{\text{thumb}}$

に垂直なベクトルである。ベクトル は、人指し指指向方向ベクトル

【 0 1 4 4 】

【 化 8 】

 $\hat{\mathbf{z}}_{\text{index}}$

および親指指向方向ベクトル

【 0 1 4 5 】

【 化 9 】

 $\hat{\mathbf{z}}_{\text{thumb}}$

の外積として定義される。すなわち、

【 0 1 4 6 】

30

40

50

【数 5】

$$\omega = \hat{z}_{\text{index}} \times \hat{z}_{\text{thumb}}$$

角度 θ は、人指し指指向方向ベクトル

【0 1 4 7】

【化 1 0】

 \hat{z}_{index}

10

と親指指向方向ベクトル

【0 1 4 8】

【化 1 1】

 \hat{z}_{thumb}

との間の角度の大きさである。角度 θ は、

【0 1 4 9】

【数 6】

$$\theta = \begin{cases} \sin^{-1}(\|\omega\|) & \|\omega\| < 1 \text{ のとき} \\ \sin^{-1}(1) & \text{その他のとき} \end{cases}$$

20

として定義される。

【0 1 5 0】

軸 \hat{x}_{cp} および角度 θ を有する、Z 軸指向方向ベクトル

【0 1 5 1】

【化 1 2】

30

 \hat{z}_{half}

は、

【0 1 5 2】

【数 7】

$$\hat{z}_{\text{half}} = \mathbf{R}\left(\omega, \frac{\theta}{2}\right) * \hat{z}_{\text{index}}$$

40

である。

【0 1 5 3】

したがって、プロセス 910 は、制御点位置 p_{cp} を生成し、プロセス 920 の最初の部分は、制御点フレーム 790 における Z 軸の近似指向方向を生成した。人指し指および親指配向ベクトルの補間を進めて、同様の方法で制御点単位ベクトル軸

【0 1 5 4】

【化 1 3】

 \hat{x}_{cp}

および

50

【 0 1 5 5 】

【 化 1 4 】

 $\hat{\mathbf{y}}_{\text{cp}}$

を生成した後、それらを再度直交させて、制御点配向マトリクスを生じる。

【 0 1 5 6 】

しかしながら、優れた遠隔操作器用性は、以下のマッピングを使用することによって、指の追跡位置から達成することができる。このマッピングは、人指し指および親指の相対位置を使用して、このマッピングは、人指し指および親指の相対位置を使用して、指間の小ジンバルを操作するかのように、制御点を効果的に転動および偏揺れさせる。プロセス 9 2 0 の残りを以下のように行い、直交制御点単位ベクトル軸

10

【 0 1 5 7 】

【 化 1 5 】

 $\hat{\mathbf{x}}_{\text{cp}}, \hat{\mathbf{y}}_{\text{cp}}$ および $\hat{\mathbf{z}}_{\text{cp}}$.

の完全集合を生成する。

【 0 1 5 8 】

【 数 8 】

$$\hat{\mathbf{x}}_{\text{cp}} = \frac{\mathbf{p}_{\text{index}} - \mathbf{p}_{\text{thumb}}}{\|\mathbf{p}_{\text{index}} - \mathbf{p}_{\text{thumb}}\|}$$

20

【 0 1 5 9 】

【 数 9 】

$$\hat{\mathbf{y}}_{\text{cp}} = \hat{\mathbf{z}}_{\text{half}} \times \hat{\mathbf{x}}_{\text{cp}}$$

$$\hat{\mathbf{z}}_{\text{cp}} = \hat{\mathbf{x}}_{\text{cp}} \times \hat{\mathbf{y}}_{\text{cp}}$$

30

これらのベクトルを有する、制御点配向 \mathbf{R}_{cp} は、

【 0 1 6 0 】

【 数 1 0 】

$$\mathbf{R}_{\text{cp}} = [\hat{\mathbf{x}}_{\text{cp}} \ \hat{\mathbf{y}}_{\text{cp}} \ \hat{\mathbf{z}}_{\text{cp}}] = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{\text{cp}11} & \mathbf{R}_{\text{cp}12} & \mathbf{R}_{\text{cp}13} \\ \mathbf{R}_{\text{cp}21} & \mathbf{R}_{\text{cp}22} & \mathbf{R}_{\text{cp}23} \\ \mathbf{R}_{\text{cp}31} & \mathbf{R}_{\text{cp}31} & \mathbf{R}_{\text{cp}33} \end{bmatrix}$$

40

である。

【 0 1 6 1 】

ここでプロセス 9 1 0 および 9 2 0 とともに、プロセス 8 2 0 は、人指し指および親指の位置および配向 ($\mathbf{p}_{\text{index}}$ 、 $\mathbf{R}_{\text{index}}$)、($\mathbf{p}_{\text{thumb}}$ 、 $\mathbf{R}_{\text{thumb}}$) をマッピングして、制御点位置および配向 (\mathbf{p}_{cp} 、 \mathbf{R}_{cp}) を制御する。プロセス 8 2 0 は、依然として、グリップ閉合パラメータ g_{grip} を生成しなければならない。したがって、制御点配向を生成するプロセス 9 2 0 は、グリップ閉合パラメータを生成するプロ

50

セス 930 に対する処理に移行する。

【 0162 】

プロセス 930 において、グリップ閉合は、制御点位置 P_{cp} および Z 軸方向 $Z(^{\wedge})_{cp}$ によって定義される中心軸から人指し指位置 p_{index} および親指位置 p_{thumb} の距離によって決定される。これは、親指と人指し指が接触しているときに、グリップ閉合を摺動に対して不変であるようにする。

【 0163 】

したがって、人指し指位置 p_{index} および親指位置 p_{thumb} は、フレーム 790 の Z 軸にマッピングされる。位置 p_{index_proj} は、フレーム 790 の Z 軸に対する人指し指位置 p_{index} の投影であり、位置 p_{thumb_proj} は、フレーム 790 の Z 軸に対する親指位置 p_{thumb} の投影である。

【 0164 】

【 数 11 】

$$P_{index_proj} = P_{cp} + (\hat{Z}_{cp} \bullet (p_{index} - P_{cp})) * \hat{Z}_{cp}$$

【 0165 】

【 数 12 】

$$P_{thumb_proj} = P_{cp} + (\hat{Z}_{cp} \bullet (p_{thumb} - P_{cp})) * \hat{Z}_{cp}$$

位置 p_{index_proj} および位置 p_{thumb_proj} を使用して、評価グリップ閉合距離 d_{val} を評価する。すなわち、

【 0166 】

【 数 13 】

$$d_{val} = \|p_{index} - P_{index_proj}\| + \|p_{thumb} - P_{thumb_proj}\|$$

本明細書において、二重の平行線は、標準ユークリッド距離の既知の表示である。評価グリップ閉合距離 d_{val} は、最大距離閾値 d_{max} および最小距離閾値 d_{min} によって境界される。図 7 に示されるように、センサ 211、212 間のパッド入りフォームコネクタ 210 は、指を固定分離内、すなわち、最大距離閾値 d_{max} と最小距離閾値 d_{min} との間に拘束する。さらに、中間距離 d_0 は、2 本の指がちょうど接触しているときの分離距離に対応する。

【 0167 】

特定のセンサおよびコネクタの集合に関して、最大距離閾値 d_{max} 、最小距離閾値 d_{min} 、および中間距離 d_0 が実験的に決定される。一態様において、センサおよびコネクタの 3 つの異なる組み合わせは、小さい手、平均的な手、および大きい手に対して提供される。コネクタ 210 の長さが各組み合わせにおいて異なるため、各組み合わせは、その独自の最大距離閾値 d_{max} 、最小距離閾値 d_{min} 、および中間距離 d_0 を有する。

【 0168 】

プロセス 930 は、距離 d_{val} を最小距離閾値 d_{min} と比較する。比較によって、距離 d_{val} が最小距離閾値 d_{min} 未満であることがわかった場合、グリップ閉合距離 d は、最小閾値距離 d_{min} に設定される。そうでなければ、プロセス 930 は、距離 d_{val} を最大距離閾値 d_{max} と比較する。比較によって、距離 d_{val} が最大距離閾値 d_{max} より大きいことがわかった場合、グリップ閉合距離 d は、最大距離閾値 d_{max} に設定される。そうでなければ、グリップ閉合距離は、距離 d_{val} に設定される。

【 0169 】

グリップ閉合距離を決定するために距離 d_{val} で行われる試験は、以下のように要約

される。

【 0 1 7 0 】

【 数 1 4 】

$$d = \begin{cases} d_{\min} & d_{\text{val}} < d_{\min} \\ d_{\max} & d_{\text{val}} > d_{\max} \\ d_{\text{val}} & \text{そのほかのとき} \end{cases}$$

10

次に、プロセス 9 3 0 において、グリップ閉合パラメータ g_{grip} が生成される。

【 0 1 7 1 】

【 数 1 5 】

$$g_{\text{grip}} = \begin{cases} \frac{d - d_0}{d_{\max} - d_0} & d > d_0 \\ \frac{d - d_{\min}}{d_0 - d_{\min}} & \text{そのほかのとき} \end{cases}$$

20

したがって、最大距離閾値 d_{\max} と距離 d_0 との間のグリップ閉合距離は、ゼロと 1 の間の値にマッピングされる。最小距離閾値 d_{\min} と距離 d_0 との間のグリップ閉合距離 d は、- 1 とゼロの間の値にマッピングされる。

【 0 1 7 2 】

グリップ閉合パラメータ g_{grip} の値 1 は、人指し指 2 9 2 B および親指 2 9 2 A がコネクタ 2 1 0 によって許容される最大程度に分離されるときに得られる（図 2 A）。グリップ閉合パラメータ g_{grip} の値ゼロは、人指し指 2 9 2 B の先端と親指 2 9 2 A の先端がちょうど接触しているときに得られる（図 2 C）。ゼロと 1 の間の範囲内の値は、スレーブ手術器具のエンドエフェクタの開閉を制御する。グリップ閉合パラメータ g_{grip} の値 - 1 は、人指し指 2 9 2 B および親指 2 9 2 A が接触し、コネクタ 2 1 0 が人指し指 2 9 2 B および親指 2 9 2 A の間で完全に圧縮されるときに得られる（図 2 D）。ゼロと - 1 の間の範囲内の値は、エンドエフェクタの閉じた顎部の噛合力を制御する。コネクタ 2 1 0 は、顎部閉合の能動触覚キューを提供する。

30

【 0 1 7 3 】

グリップ閉合距離 d を 2 つの範囲のうちの 1 つに含まれる値にマッピングするこの例は、単なる例示であり、限定することを意図しない。実施例は、グリップ閉合距離 d を第 1 の範囲のグリップ閉合パラメータ g_{grip} にマッピングして、グリップ閉合距離 d が中間距離 d_0 よりも大きいときに、スレーブ手術器具のエンドエフェクタの顎部の開閉を制御する例示である。ここで「開閉」は、顎部の開放および閉合を意味する。グリップ閉合距離 d を第 2 の範囲のグリップ閉合パラメータ g_{grip} にマッピングして、グリップ閉合距離 d が中間距離 d_0 未満であるときに、エンドエフェクタの閉じた顎部の噛合力を制御する。

40

【 0 1 7 4 】

したがって、プロセス 8 2 0 は、人指し指位置および配向（ p_{index} 、 R_{index} ）ならびに親指位置および配向（ p_{thumb} 、 R_{thumb} ）を制御点位置および配向（ P_{cp} 、 R_{cp} ）およびデータ 8 2 1 として保存されるグリップ閉合パラメータ g_{grip} にマッピングする。プロセス 8 2 0 は、ワールド座標にマッピングするプロセス 8 3 0 に移行する（図 8）。

50

【 0 1 7 5 】

ワールド座標にマッピングするプロセス 8 3 0 は、データ 8 2 1 を受信し、データ 8 2 1 をワールド座標系にマッピングする。(ワールド座標系 6 7 0 (図 6 A) を参照)。特に、制御点位置および配向 ($p_{c p}$ 、 $R_{c p}$) ならびにグリップ閉合パラメータ $g_{g r i p}$ は、追跡座標系 7 5 0 (図 7 B) の座標をワールド座標系 6 7 0 の座標にマッピングする、 4×4 同次変換 ${}^{w c} T_{t c}$ を使用して、ワールド座標制御点位置および配向 ($p_{c p_w c}$ 、 $R_{c p_w c}$)、マッピングされ、例えば、

【 0 1 7 6 】

【数 1 6】

10

$${}^{w c} T_{t c} = \begin{bmatrix} {}^{w c} R_{t c} & {}^{w c} t_{t c} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

式中、

${}^{w c} R_{t c}$ は、追跡座標 $t c$ の配向をワールド座標 $w x$ の配向にマッピングし、

${}^{w c} t_{t c}$ は、追跡座標 $t c$ の位置をワールド座標 $w c$ の位置に変換する。

グリップ閉合パラメータ $g_{g r i p}$ は、このマッピングによって変更されない。ワールド座標 $w c$ のデータは、データ 8 3 1 として保存される。プロセス 8 3 0 は、視界座標にマッピングするプロセス 8 4 0 に移行する。

20

【 0 1 7 7 】

視界座標にマッピングするプロセス 8 4 0 は、ワールド座標 $w c$ のデータ 8 3 1 を受信し、データ 8 3 1 を視界座標系にマッピングする(視界座標系 6 6 0 (図 6 A) を参照)。特に、ワールド座標制御点位置および配向 ($p_{c p_w c}$ 、 $R_{c p_w c}$) およびグリップ閉合パラメータ $g_{g r i p}$ は、視界座標系 6 7 0 (図 6 A) の座標を視界座標系 6 6 0 の座標にマッピングする、 4×4 同次変換 ${}^{e c} T_{w c}$ を使用して、視界座標制御点位置および配向 ($p_{c p_e c}$ 、 $R_{c p_e c}$) にマッピングされ、例えば、

【 0 1 7 8 】

【数 1 7】

30

$${}^{e c} T_{w c} = \begin{bmatrix} {}^{e c} R_{w c} & {}^{e c} t_{w c} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

式中、

${}^{e c} R_{w c}$ は、視界座標 $e c$ の配向をワールド座標 $w c$ の配向にマッピングし、

${}^{e c} t_{w c}$ は、視界座標 $e c$ の位置をワールド座標 $w c$ の位置に変換する。

40

【 0 1 7 9 】

再度、グリップ閉合パラメータ $g_{g r i p}$ は、マッピングによって変更されない。視界座標のデータは、データ 8 4 1 として保存される。プロセス 8 4 0 は、速度を生成するプロセス 8 5 0 に移行する。

【 0 1 8 0 】

プロセス 8 0 0 において、マッピングプロセス 8 3 0 および 8 4 0 は、単に例示を容易にするために、2 つの異なるプロセスとして説明される。一態様において、マッピングプロセス 8 3 0 および 8 4 0 は、追跡座標 $t c$ の制御点データが、追跡座標系 6 5 0 (図 6 A) の座標を視界座標系 6 6 0 の座標にマッピングする、 4×4 同次変換 ${}^{e c} T_{t c}$ を使

50

用して、視界座標 e_c のデータに直接マッピングされ、例えば、

【 0 1 8 1 】

【 数 1 8 】

$${}^{ec}T_{tc} = \begin{bmatrix} {}^{ec}R_{wc} {}^{wc}R_{tc} & ({}^{ec}R_{wc} {}^{wc}t_{tc} + {}^{ec}t_{wc}) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

である。

10

【 0 1 8 2 】

本態様において、視界座標の制御点の位置 P_{cp_ec} は、

$$p_{cp_ec} = {}^{ec}T_{tc} p_{cp_tc},$$

であり、視界座標の制御点の配向 R_{cp_ec} は、

$$R_{cp_ec} = {}^{ec}R_{wc} {}^{wc}R_{tc} R_{cp_tc}$$

である。

【 0 1 8 3 】

いくつかの態様において、ワールド座標マッピングは、排除されてもよい。この場合、制御点データは、ワールド座標系を利用することなく、追跡座標系から視界座標系に直接マッピングされる。

20

【 0 1 8 4 】

遠隔操作の場合、位置、配向、および速度が必要である。したがって、速度を生成するプロセス 850 は、必要な速度を生成する。速度は、多数の方法で生成することができる。いくつかの実装、例えば、慣性センサおよびジャイロスコープセンサ等は、差分信号を直接測定して、制御点の直線速度および角速度を生じることができる。速度を直接測定できない場合、プロセス 850 は、一態様において、視界座標系のロケーション測定値からの速度を推定する。

【 0 1 8 5 】

速度は、サンプリング間隔を超えて、視界座標系の有限差分を使用して推定されてもよい。例えば、直線速度 v_{cp_ec} は、

30

【 0 1 8 6 】

【 数 1 9 】

$$v_{cp_ec} = \frac{p_{cp_ec}(t1) - p_{cp_ec}(t0)}{\Delta t}$$

として推定され、角速度 ω_{cp_ec} は、

【 0 1 8 7 】

【数 20】

$$R_{\Delta} = R_{cp_ec}(t0)' * R_{cp_ec}(t1)$$

$$\omega_{\Delta} = 0.5 * \begin{bmatrix} R_{\Delta 32} - R_{\Delta 23} \\ R_{\Delta 13} - R_{\Delta 31} \\ R_{\Delta 21} - R_{\Delta 12} \end{bmatrix}$$

$$\omega_{cp_ec} = \frac{R_{cp_ec}(t0) * \omega_{\Delta}}{\Delta t}$$

10

として推定される。

【0188】

速度を生成するプロセス850の別の態様において、制御点直線速度 v_{cp_tc} および制御点角速度 ω_{cp_tc} は、追跡座標系750（図7）の追跡座標において感知される。本態様において、直接感知される制御点直線速度 v_{cp_tc} および直接感知される

20

$$\begin{aligned} {}^e c R_{tc} &= {}^e c R_{wc} \cdot {}^w c R_{tc} \\ V_{cp_ec} &= {}^e c R_{tc} \cdot V_{cp_tc} \\ \omega_{cp_ec} &= {}^e c R_{tc} \cdot \omega_{cp_tc} \end{aligned}$$

速度を生成するプロセス850は、制御コマンドを送信するプロセス860に移行する。プロセス860は、位置、配向、速度、およびデータ851として保存されたグリッパ閉合パラメータに基づいて、スレーブ手術器具に適切なシステム制御コマンドを送信する。

【0189】

30

一態様において、プロセス810～850は、ハンド追跡コントローラ130（図1）によって行われる。コントローラ130は、プロセッサ131上のフィンガー追跡モジュール135を実行して、プロセス810～850を行う。本態様において、フィンガー追跡モジュール135は、メモリ132に保存される。プロセス850は、システムイベントをシステムコントローラ140に送信し、順にプロセス860を行う。

【0190】

当然のことながら、ハンド追跡コントローラ130およびシステムコントローラ140は、ハードウェア、プロセッサ上で実行されるソフトウェア、およびファームウェアのあらゆる組み合わせによって、実際に実装されてもよい。またこれらのコントローラの機能は、本明細書に説明されるように、1つのユニットによって行われ得るか、または異なるコンポーネントに分割され、それぞれが順にハードウェア、プロセッサ上で実行されるソフトウェア、およびファームウェアのあらゆる組み合わせによって実装されてもよい。異なるコンポーネントに分割される場合、コンポーネントは、1つのロケーションに集中され得るか、または分散処理の目的でシステム100に分散されてもよい。

40

【0191】

（ジェスチャーハンドポーズおよびジェスチャー軌道制御のプロセス）

図10は、システム100のハンドジェスチャーポーズおよびハンドジェスチャー軌道のプロセス1000の一態様のプロセスフロー図である。上述される一態様において、ハンドジェスチャーポーズ認識プロセス1050は、多次元ベイズ識別器を使用し、ハンドジェスチャー軌道認識プロセス1060は、個別の隠れマルコフモデルを使用する。

50

【 0 1 9 2 】

上述のとおり、図 3 A ~ 3 D は、ハンドジェスチャーポーズの実施例である。ハンドジェスチャーポーズ認識 1 0 5 0 をトレーニングするために、多数のハンドジェスチャーポーズが特定される。利用されるハンドジェスチャーポーズの数は、認識プロセス 1 0 5 0 によって曖昧に識別され得る固有のポーズを定義する能力によって、および執刀医が異なるハンドジェスチャーポーズのそれぞれを記憶し、確実に再現する能力によって制限される。

【 0 1 9 3 】

ハンドジェスチャーポーズを定義することに加えて、複数の特徴 f_i (i は 1 ~ n の範囲) を含む特徴集合が定義される。数字 n は、使用される特徴の数である。特徴の数および種類は、許容されるポーズの集合におけるハンドジェスチャーポーズのそれぞれが、正確に識別され得るように選択される。一態様において、数字 n は 6 である。

10

【 0 1 9 4 】

以下は、 n 個の特徴を有する 1 つの特徴集合の例である。

【 0 1 9 5 】

【 数 2 1 】

$$f_1 = \hat{z}_{\text{index}} \bullet \hat{z}_{\text{thumb}}$$

$$f_2 = \|p_{\text{thumb}} - p_{\text{index}}\|$$

$$f_3 = (p_{\text{thumb}} - p_{\text{index}}) \bullet \hat{z}_{\text{index}}$$

$$f_4 = \|p_{\text{thumb}} - p_{\text{index}} + f_3 * \hat{z}_{\text{index}}\|$$

$$f_5 = \hat{z}_{\text{thumb}} \bullet \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

...

$$f_n = \hat{x}_{\text{thumb}} \bullet \hat{z}_{\text{index}}$$

特徴 f_1 は、人指し指 2 9 2 B の指向方向

20

【 0 1 9 6 】

【 化 1 6 】

$$\hat{z}_{\text{index}}$$

および親指 2 9 2 A の指向方向

【 0 1 9 7 】

【 化 1 7 】

$$\hat{z}_{\text{thumb}}$$

のドット積である。特徴 f_2 は、人指し指 2 9 2 B と親指 2 9 2 A との間の距離である。

特徴 f_3 は、人指し指 2 9 2 B の指向方向

30

40

【 0 1 9 8 】

【 化 1 8 】

$$\hat{z}_{\text{index}}$$

に投影された親指 2 9 2 A の距離である。特徴 f_4 は、人指し指 2 9 2 B の指向方向

【 0 1 9 9 】

【化 1 9】

$\hat{\mathbf{z}}_{\text{index}}$

に沿った軸から親指 2 9 2 A までの距離である。特徴 f_5 は、親指 2 9 2 A の指向方向

【 0 2 0 0 】

【化 2 0】

$\hat{\mathbf{z}}_{\text{thumb}}$

の Z コンポーネントである。特徴 f_n は、親指 2 9 2 A の親指法線ベクトル

【 0 2 0 1 】

【化 2 1】

$\hat{\mathbf{x}}_{\text{thumb}}$

および人指し指 2 9 2 B の指向方向

【 0 2 0 2 】

【化 2 2】

$\hat{\mathbf{z}}_{\text{index}}$

のドット積である。

【 0 2 0 3 】

方法 1 0 0 0 を使用する前に、ハンドジェスチャーポーズのトレーニングデータベースを開発する必要がある。多数の異なるユーザは、各ハンドジェスチャーポーズを少なくとも 1 回行い、各ユーザの各ハンドジェスチャーポーズの位置および配向は、追跡システムを使用して測定される。例えば、人々の集団における各個人が、許容されるハンドジェスチャーポーズを行う。人指し指および親指位置および配向 (p_{index} 、 R_{index})、(p_{thumb} 、 R_{thumb}) は、トレーニングデータベースにおいて、人々の集団における各個人の各ハンドジェスチャーポーズに対して保存される。

【 0 2 0 4 】

トレーニングデータベースを使用して、特徴集合 $\{f_i\}$ が、各ユーザの各ハンドジェスチャーポーズに生成される。各ハンドジェスチャーポーズのトレーニング特徴ベクトルの集合を次に使用して、平均 f_i および共分散 f_i を計算する。

【 0 2 0 5 】

したがって、トレーニングデータベースを使用し、トレーニングされた各ジェスチャーの特徴ベクトルの平均および共分散を得る。さらに、各ハンドジェスチャーポーズに対して、マハラノビス距離 $d(f_i)$ (以下の考察を参照) は、各トレーナーに生成され、各ハンドジェスチャーポーズの最大マハラノビス距離 $d(f_i)$ は、そのハンドジェスチャーポーズの閾値として保存される。

【 0 2 0 6 】

マハラノビス距離の測定を使用して、トレーニングされたすべてのジェスチャーが、使用される指定の特徴集合に対して十分に異なり、かつ曖昧であることを立証することもできる。これは、指定のジェスチャー特徴ベクトル平均

【 0 2 0 7 】

【化 2 3 - 1】

$\bar{\mathbf{f}}_i$

およびすべての他の許容されるジェスチャーポーズの特徴ベクトル平均のマハラノビス距離を試験することによって達成することができる。この試験距離は、その指定のジェスチャーに使用される最大トレーニング距離閾値よりもはるかに長い必要がある。

【 0 2 0 8 】

10

20

30

40

50

当該分野における有識者に知られているように、隠れマルコフモデルの仕様は、2つのモデルパラメータN、Mおよび3つの確率速度A、B、の仕様を必要とする。隠れマルコフモデルは、以下のように表される。

$\lambda = (A, B, \pi)$

モデルパラメータNは、モデルにおける状態の数であり、モデルパラメータMは、状態当たりの観察記号の数である。3つの確率速度は、状態遷移確率分布A、観察ジェスチャー確率分布B、および初期状態分布である。

【0209】

個別の隠れマルコフモデルの一態様において、遷移確率分布Aは、 $N \times N$ マトリクスである。観察ジェスチャー確率分布Bは、 $N \times M$ マトリクスであり、初期状態分布は、 $N \times 1$ マトリクスである。

【0210】

観察配列Oおよび隠れマルコフモデルを受けて、観察配列O割る隠れマルコフモデルの確率、すなわち、 $P(O | \lambda)$ を、以下でより完全に説明されるように、プロセス1000において評価する。

【0211】

隠れマルコフモデルの確率分布を生成するために、トレーニングデータベースが必要とされる。トレーニングデータベースを取得する前に、ハンドジェスチャー軌道の集合が特定される。

【0212】

多数の被検体jを選択して、ハンドジェスチャー軌道のそれぞれを作製する。図4Cにおいて、16個のハンドジェスチャー軌道が2次元投影形態で提示されるが、被検体は、様々なハンドジェスチャー軌道を行う場合に拘束されず、いくつかの3次元変型が生じるのを可能にする。一態様において、各被検体は、各ハンドジェスチャー軌道をk回行い、これによってハンドジェスチャー軌道当たりj * kトレーニング配列が生成される。

【0213】

一態様において、個別の左右隠れマルコフモデルが使用された。隠れマルコフモデルは、確率 $P(O | \lambda)$ が、反復ボーム-ウェルチ法を使用して局所的に最大化されるように選択される。例えば、参照することにより本明細書に組み込まれる、Lawrence R. Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition," Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 2, pp. 257 - 286 (1989年2月)を、モデルに精通する者の隠れマルコフモデルの知識の証明として参照されたい。一態様において、反復法は、モデルが3連続反復で0.1%以内に集中したときに停止した。

【0214】

初期状態確率は、モデルが常に状態1から開始するように設定した。推移確率マトリクスAは、ランダムエントリで初期化し、列ベースで降順に保存した。左右構造を強化するために、遷移確率マトリクスAの下位の対角にあるすべてのエントリは、ゼロに設定した。さらに、2つの状態を超える遷移は、エントリをゼロに設定することによって却下し、すべての列iおよび行jに対して $(i - j) > 2$ 。遷移確率マトリクスAは、列ベースで最後に標準化した。

【0215】

観察確率マトリクスBの初期化は、望ましい数の状態に基づいて、観察配列を均一に分割した。したがって、各状態は、ローカル頻度数に基づく確率を有する1つまたは複数の記号を最初に観察することができる。このマトリクスもまた、列ベースで標準化した。例えば、参照することにより本明細書に組み込まれる、N. Liu, R. I. A. Davis, B. C. Lovell, P. J. Kootsookos, "Effect of Initial HMM Choices in Multiple Sequence Training for Gesture Recognition," Intern

10

20

30

40

50

ational Conference on Information Technology, 5 - 7, Las Vegas, pgs 608 - 613 (2004年4月)を、モデルに精通する者の隠れマルコフモデルの知識の証明として参照されたい。隠れマルコフモデルは、ハンドジェスチャー軌道のそれぞれに対して開発した。

【0216】

方法1000に戻って、ジェスチャーモード可能化チェックプロセス1001は、執刀医がシステム100の操作のジェスチャー認識モードを可能にしたか否かを決定する。一態様において、ジェスチャー認識モードを可能にするために、執刀医は、執刀医のコンソール185上でフットペダルを踏む(図1A)。ジェスチャー認識モードが可能である場合、チェックプロセス1001は、ハンドロケーションデータを受信するプロセス1010に移行し、そうでなければ戻る1002を通して戻る。

10

【0217】

ハンドロケーションデータを受信するプロセス1010は、執刀医によって行われているジェスチャーの人指し指位置および配向(p_{index} 、 R_{index})ならびに親指位置および配向(p_{thumb} 、 R_{thumb})を受信する。上記のとおり、人指し指位置および配向(p_{index} 、 R_{index})ならびに親指位置および配向(p_{thumb} 、 R_{thumb})は、追跡システムからのデータに基づく。プロセス1010は、特徴を生成するプロセス1011に移行する。

【0218】

特徴を生成するプロセス1011において、人指し指位置および配向(p_{index} 、 R_{index})ならびに親指位置および配向(p_{thumb} 、 R_{thumb})を使用して、観察された特徴ベクトル f_{i_o} における特徴 $f_{1_o} \sim f_{n_o}$ のそれぞれを生成する。特徴を生成するプロセス1011は、特徴を既知のポーズと比較するプロセス1012に移行する。

20

【0219】

特徴を既知のポーズと比較するプロセス1012は、各ポーズに対して、観察された特徴ベクトル f_{i_o} をトレーニングされた特徴集合 $\{f_i\}$ と比較する。このプロセスは、観察された特徴ベクトルが、特定のハンドジェスチャーポーズに対してトレーニングデータセット特徴集合 $\{f_i\}$ 内に含まれる、すなわち、トレーニングデータセットに対応する可能性を決定する。これは、以下のように表すことができ、

30

$$P(f_{i_o} | \Omega)$$

式中、トレーニングデータセット特徴集合 $\{f_i\}$ は、オブジェクトクラスに由来する。

【0220】

本実施例において、確率 $P(f_{i_o} | \Omega)$ は、

【0221】

【数22】

$$P(f_{i_o} | \Omega) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}(f_{i_o} - \bar{f}_i)^T \Sigma_{\bar{f}}^{-1}(f_{i_o} - \bar{f}_i)\right]}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_{\bar{f}}|^{1/2}}$$

40

であり、式中、Nは、特徴ベクトルの次元であり、すなわち、上記実施例ではnである。

【0222】

この可能性を特徴化するために使用される統計は、マハラノビス距離 $d(f_{i_o})$ であり、以下のように定義される

【0223】

【数 2 3】

$$d(f_{i_o}) = \tilde{f}_{i_o}^T \Sigma_{\tilde{f}}^{-1} \tilde{f}_{i_o}$$

式中、

【0 2 2 4】

【化 2 3 - 2】

$$\tilde{f}_{i_o} = f_{i_o} - \bar{f}_i$$

10

である。マハラノビス距離は、当該分野における有識者に知られている。例えば、参照することにより本明細書に組み込まれる、Moghadam, Baback and Pentland, Alex, "Probabilistic Visual Learning for Object Representation," IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, pp. 696 ~ 710 (1997年7月)を参照されたい。

【0 2 2 5】

固有ベクトル および固有ベクトル を使用して、共分散 Σ_{f_i} 、 $\Sigma_{f_i}^{-1}$ は、対角化形態で使用され、マハラノビス距離 $d(f_{i_o})$ が、

20

【0 2 2 6】

【数 2 4】

$$d(f_{i_o}) = \tilde{f}_{i_o}^T [\Phi \Lambda^{-1} \Phi^T] \tilde{f}_{i_o}$$

$$= y^T \Lambda^{-1} y$$

となるようにし、

30

【0 2 2 7】

【化 2 4】

$$y = \Phi^T \tilde{f}_{i_o}$$

である。対角化形態は、マハラノビス距離 $d(f_{i_o})$ を合計に関して表されるのを可能にする。

【0 2 2 8】

【数 2 5】

40

$$d(f_{i_o}) = \sum_{j=1}^N \frac{y_j^2}{\lambda_j}$$

本実施例において、これは、マハラノビス距離 $d(f_{i_o})$ を決定するために評価される式である。したがって、プロセス 1011 は、マハラノビス距離 $d(f_{i_o})$ を生成する。完了時に、プロセス 1012 は、ポーズを選択するプロセス 1013 に移行する。

【0 2 2 9】

ポーズを選択するプロセス 1013 において、最小マハラノビス距離 $d(f_{i_o})$ を

50

有するハンドジェスチャーポーズは、マハラノビス距離 $d(f_{i_})$ が、そのハンドジェスチャーポーズに関するトレーニングデータベースにおいて最大マハラノビス距離未満であるときに選択される。マハラノビス距離 $d(f_{i_})$ が、そのハンドジェスチャーポーズに関するトレーニングデータベースにおいて最大マハラノビス距離よりも大きい場合、ハンドジェスチャーポーズは選択されない。ポーズを選択するプロセス 1012 は、時間フィルタプロセス 1014 に移行する。

【0230】

時間フィルタプロセス 1014 は、プロセス 1013 の結果が、同一の結果を連続して既定回数もたらしたか否かを決定する。プロセス 1013 が、同一の結果を連続して既定回数もたらした場合、時間フィルタプロセス 1014 は、ジェスチャーポーズチェックプロセス 1015 に移行し、そうでなければ戻る。既定回数は、時間フィルタプロセス 1014 が、ハンドジェスチャーポーズを切り替える時に、振動または過渡検出を回避するように選択される。

【0231】

ジェスチャーポーズチェックプロセス 1015 は、選択されたハンドジェスチャーポーズが、ハンドジェスチャー軌道において使用されるハンドジェスチャーポーズであるか否かを決定する。選択したハンドジェスチャーポーズが、ハンドジェスチャー軌道において使用されるハンドジェスチャーポーズである場合、ジェスチャーポーズチェックプロセス 1015 は、処理を、速度配列を生成するプロセス 1020 に移行させ、そうでなければ処理をポーズ変更チェックプロセス 1016 に移行させる。

【0232】

ポーズ変更チェックプロセス 1016 は、ハンドジェスチャーポーズが最後の通過方法 1000 から変更されたか否かを決定する。選択されたハンドジェスチャーポーズが、直前の時間フィルタジェスチャーポーズ結果と同一である場合、ポーズ変更チェックプロセス 1016 は、戻る 1003 を通して戻り、そうでなければ、システムイベントにマッピングするプロセス 1030 に移行する。

【0233】

システムイベントにマッピングするプロセス 1030 は、選択したハンドジェスチャーポーズをシステムイベントにマッピングし、例えば、ハンドジェスチャーポーズに割り当てられたシステムイベントが検索される。システムイベントが検出されると、システムイベントにマッピングするプロセス 1030 は、処理を、システムイベントを投入するプロセス 1031 に移行させる。

【0234】

一態様において、システムイベントを投入するプロセス 1031 は、システムイベントを、システムコントローラ 140 のイベントハンドラに送信する（図 1）。システムイベントに応答して、システムコントローラ 140 は、適切なシステムコマンドを、システム 100 のコントローラおよび/または他の装置に送信する。例えば、ハンドジェスチャーポーズがターンオンユーザインターフェースイベントに割り当てられる場合、システムコントローラ 140 は、コマンドをディスプレイコントローラ 150 に送信し、ユーザインターフェースをオンにする。ディスプレイコントローラ 150 は、ユーザインターフェースモジュール 155 の一部を、ユーザインターフェースをオンにする必要があるプロセッサ 150 上で実行する。

【0235】

ハンドジェスチャーポーズが、軌道を作製する際に使用されるハンドジェスチャーポーズである場合、方法 1000 における処理は、ジェスチャーポーズチェックプロセス 1015 から速度配列を生成するプロセス 1020 に移行する。一態様において、ハンドジェスチャー軌道認識に使用される主な特徴は、単位速度ベクトルである。単位速度ベクトルは、ジェスチャーの開始位置に対して不変である。さらに、標準化速度ベクトルは、ジェスチャーのサイズまたは速度における変動を説明する。したがって、プロセス 1020 において、制御点サンプルは、標準制御点速度配列、すなわち、単位速度ベクトルの配列に

10

20

30

40

50

変換される。

【 0 2 3 6 】

【 数 2 6 】

$$\mathbf{v}_{cp_ec}(t) = \mathbf{x}_{cp_ec}(t) - \mathbf{x}_{cp_ec}(t-1) = [\Delta x_{cp_ec}, \Delta y_{cp_ec}, \Delta z_{cp_ec}]'$$

$$\mathbf{u}(t) = \frac{\mathbf{v}_{cp_ec}(t)}{|\mathbf{v}_{cp_ec}(t)|} \quad t = 1, 2, \dots, N-1 \quad \text{のとき}$$

10

速度配列を生成するプロセス 1 0 2 0 の完了時に、プロセス 1 0 2 0 は、処理を、速度配列を記号配列に変換するプロセス 1 0 2 1 に移行させる。上記のとおり、個別の隠れマルコフモデルは、入力として個別の記号を必要とする。プロセス 1 0 2 1 において、個別の記号は、ベクトル定量を通して、標準化制御点速度配列から生成される。

【 0 2 3 7 】

一態様において、ベクトル定量は、クラスタリング割当てが変化しなくなったときに、プロセスが停止するという条件で、修正 K 平均クラスタリングを使用して行った。K 平均クラスタリングが使用されるが、プロセスは、特徴が単位ベクトルであるという事実を利用する。この例において、同様の方向のベクトルがクラスタ化される。これは、各単位特徴ベクトルと標準化クラスタベクトルとのドット積を、類似性測定基準として使用して行う。

20

【 0 2 3 8 】

クラスタリングは、ベクトルを 3 2 個のクラスタにランダム割当てすることによって初期化され、全体プロセスは、複数回繰り返し適用され、最善のクラスタリング結果は、最大合計「以内」クラスタコスト測定基準に基づいて選択される。この事例において、「以内」クラスタコストは、類似性の測定基準に基づくことに留意されたい。得られたクラスタのそれぞれは、隠れマルコフモデルの記号として機能する、固有の指数が割り当てられる。次に入力ベクトルを最近のクラスタ平均にマッピングし、そのクラスタの対応する指数が、記号として使用される。このようにして、単位速度ベクトルの配列は、指数または記号の配列に変換することができる。

30

【 0 2 3 9 】

一態様において、クラスタベクトルに、固定された 8 方向 2 次元ベクトル定量コードブックに基づいて、記号を割り当てた。したがって、プロセス 1 0 2 0 は、観察記号配列を生成し、ジェスチャー確率を生成するプロセス 1 0 2 3 に移行する。

【 0 2 4 0 】

一態様において、どのジェスチャーが観察記号配列に対応するかを決定するために、ジェスチャー確率を生成するプロセス 1 0 2 3 は、隠れマルコフモデルを有する前方再帰アルゴリズムを使用して、各ジェスチャーが観察記号配列に一致する確率を見出す。前方再帰アルゴリズムは、参照することにより本明細書に既に組み込まれている、Rainer の "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition" において説明される。ジェスチャー確率を生成するプロセス 1 0 2 3 が完了すると、処理は軌道を選択するプロセス 1 0 2 4 に移行する。

40

【 0 2 4 1 】

軌道を選択するプロセス 1 0 2 4 において、ハンドジェスチャー軌道は、許容される隠れマルコフモデル軌道ジェスチャーモデルの中で指し候の確率を有する。この確率は、許容される指定の閾値よりも大きくなければならない。最高確率が閾値よりも大きくない場合、ハンドジェスチャー軌道は選択されない。この閾値は、誤認を回避しながら最大認識

50

精度に調整する必要がある。

【0242】

完了すると、軌道を選択するプロセス1024は、処理を軌道発見チェックプロセス1025に移行させる。軌道を選択するプロセス1024が、ハンドジェスチャー軌道を選択した場合、軌道発見チェックプロセス1025は、処理をシステムイベントにマッピングするプロセス1030に移行させ、そうでなければ戻る1004を通して戻る。

【0243】

システムイベントにマッピングするプロセス1030は、選択したハンドジェスチャー軌道をシステムイベントにマッピングし、例えば、ハンドジェスチャー軌道に割り当てられたシステムイベントが検索される。システムイベントが見出されると、システムイベントにマッピングするプロセス1030は、処理を、システムイベントを投入するプロセス1031に移行させる。

【0244】

一態様において、システムイベントを投入するプロセス1031は、システムイベントを、システムコントローラ140のイベントハンドラに送信する(図1)。システムイベントにตอบสนองして、システムコントローラ140は、適切なシステムコマンドを、適切なコントローラまたは装置に送信する。例えば、システムイベントがユーザインターフェースのアクションに割り当てられる場合、システムコントローラ140は、ディスプレイコントローラ150にコマンドを送信し、ユーザインターフェースにおけるそのアクションを行う(例えば、手術部位のビューイングモードを変更する)。

【0245】

(存在検出のプロセス)

さらに別の態様において、上述されるように、執刀医180Bの手の少なくとも一部の追跡位置を使用して、手がマスターマニピュレータエンドエフェクタ621上に存在するか否かを決定する。図11は、一態様において、システム100のハンド追跡コントローラ130によって行われる存在検出のプロセス1100の一態様のプロセスフロー図である。プロセス1100は、一態様において執刀医の手のそれぞれに対して個別に行われる。

【0246】

関節角度を取得するプロセス1110において、マスターツールマニピュレータ620(図6B)の関節角度が測定される。関節角度を取得するプロセス1110は、処理を、順運動学を生成するプロセス1111に移行させる。

【0247】

マスターツールマニピュレータ620における様々なリンクの長さは既知であり、マスターツールマニピュレータ620のベース629の位置が知られているため、幾何学的関係を使用して、マスター作業空間座標系680におけるマスターツールグリップ621の位置を生成する。したがって、順運動学を生成するプロセス1111は、プロセス1110からの角度を使用して、マスター作業空間座標系680におけるマスターツールグリップ621の位置 p_{mtm} を生成する。順運動学を生成するプロセス1111は、処理をワールド座標にマッピングするプロセス1112に移行させる。

【0248】

ワールド座標にマッピングするプロセス1112は、マスター作業空間座標系680における位置 p_{mtm} を、ワールド座標系670における位置 p_{mtm_wc} にマッピングする(図6A)。具体的に、

$$p_{mtm_wc} = {}^{wc}T_{ws} * p_{mtm}$$

式中、 ${}^{wc}T_{ws}$ は、 4×4 同次固定変換であり、マスター作業空間座標系680における座標をワールド座標系670における座標にマッピングする。

完了すると、ワールド座標にマッピングするプロセス1112は、処理をハンド-エンドエフェクタ分離を生成するプロセス1130に移行させる。

【0249】

ハンドロケーションデータを受信するプロセス 1120 に戻り、ハンドロケーションデータを受信するプロセス 1120 は、人指し指の位置および配向 (p_{index} 、 R_{index}) ならびに親指の位置および配向 (p_{thumb} 、 R_{thumb}) を受信 (回収) する。人指し指の位置および配向 (p_{index} 、 R_{index}) ならびに親指の位置および配向 (p_{thumb} 、 R_{thumb}) は、追跡システムからのデータに基づく。ハンドロケーションデータを受信するプロセス 1120 は、処理を、ハンド位置を生成するプロセス 1121 に移行させる。

【0250】

ハンド位置を生成するプロセス 1121 は、人指し指の位置および配向 (p_{index} 、 R_{index}) ならびに親指の位置および配向 (p_{thumb} 、 R_{thumb}) を、上述されるように (その記述は、参照することにより本明細書に組み込まれる)、追跡座標系における制御点位置および配向にマッピングする。位置 P_{hand} は、追跡座標系における制御点の位置である。ハンド位置を生成するプロセス 1121 は、処理をワールド座標にマッピングするプロセス 1122 に移行させる。

【0251】

存在検出における制御点位置の仕様は、単なる例示であり、限定することを意図しない。本開示に照らして、存在検出は、例えば、人指し指の先端の位置および親指の先端の位置を使用するか、またはそれらの位置の 1 つのみを使用することによって行うことができる。いかに記載されるプロセスは、ヒトの手の一部に随伴するこれらの様々な位置のそれぞれに相当する。

【0252】

ワールド座標にマッピングするプロセス 1122 は、追跡座標系の位置 p_{hand} をワールド座標系 670 の位置 p_{hand_wc} にマッピングする (図 6A)。具体的に、 $P_{hand_wc} = W^c T_{tc} * p_{hand}$ 式中、 $W^c T_{wc}$ は、 4×4 同次固定変換であり、追跡座標系 650 における座標をワールド座標系 670 における座標にマッピングする。完了すると、ワールド座標にマッピングするプロセス 1122 は、処理をハンド - エンドエフェクタ分離を生成するプロセス 1130 に移行させる。

【0253】

ハンド - エンドエフェクタ分離を生成するプロセス 1130 は、ワールド座標系 670 の位置 p_{mtm_wc} とワールド座標系 670 の位置 p_{hand_wc} との間の分離距離 d_{sep} を生成する。一態様において、分離距離 d_{sep} は、 $d_{sep} = || p_{mtm_wc} - p_{hand_wc} ||$ である。完了すると、ハンド - エンドエフェクタ分離を生成するプロセス 1130 は、処理を距離安全チェックプロセス 1131 に移行させる。

【0254】

距離安全チェックプロセス 1131 は、分離距離 d_{sep} を安全距離閾値と比較する。この閾値は、執刀医が把持を変更し、エンドエフェクタの最遠端を操作するのを依然として可能にしながら、保守的となるのに十分小さい必要がある。分離距離 d_{sep} が、安全距離閾値未満である場合、距離安全チェックプロセス 1131 は、ハンド存在オンプロセス 1140 に移行する。逆に、分離距離 d_{sep} が、安全距離閾値よりも大きい場合、距離安全チェックプロセス 1131 は、ハンド存在オフプロセス 1150 に移行する。

【0255】

ハンド存在オンプロセス 1140 は、システム 100 が遠隔操作にあるか否かを決定する。システム 100 が遠隔操作にある場合、アクションは不要であり、遠隔操作の継続が許可されるため、プロセス 1140 は、プロセス 1100 をもう一度やり直す。システム 100 が遠隔操作にない場合、ハンド存在オンプロセス 1140 は、ハンド存在イベントを、システムイベントを投入するプロセスに送信し、順に、ハンド存在イベントをシステムコントローラ 140 に送信する。

【0256】

ハンド存在オフプロセス 1 1 5 0 は、システム 1 0 0 が遠隔操作にあるか否かを決定する。システム 1 0 0 が遠隔操作にない場合、アクションは不要であるため、プロセス 1 1 5 0 は、プロセス 1 1 0 0 をもう一度やり直す。システム 1 0 0 が遠隔操作にある場合、ハンド存在オフプロセス 1 1 5 0 は、ハンド非存在イベントを、システムイベントを投入するプロセスに送信し、順に、ハンド存在イベントをシステムコントローラ 1 4 0 に送信する。

【 0 2 5 7 】

システムコントローラ 1 4 0 は、ハンド存在イベントまたはハンド非存在イベントが、システムモードの操作に対するあらゆる変更を必要とし、適切なコマンドを発行するか否かを決定する。一態様において、システムコントローラ 1 4 0 は、ハンド存在イベントに
10 応答して遠隔操作を可能にし、例えば、遠隔操作低侵襲手術がマスターツールグリップに連結される場合でさえも、ハンド非存在イベントに応答して、遠隔操作を可能および不可能にする。本分野における有識者に知られているように、遠隔操作低侵襲手術器具は、マスターツールグリップに脱着することができる。

【 0 2 5 8 】

他の態様において、ハンド存在イベントおよびハンド非存在イベントは、システムコントローラ 1 4 0 によって、他のイベントと合せて使用し、遠隔操作が可能か否かを決定する。例えば、執刀医の頭の存在検出は、遠隔操作を可能にするか否かを決定する際に、執
20 刀医の片手または両手の存在検出と合せてもよい。

【 0 2 5 9 】

同様に、上記のとおり、ハンド存在イベントおよびハンド非存在イベントをシステムコントローラ 1 4 0 によって使用し、低侵襲手術システムのディスプレイ上のユーザインターフェースの表示を制御する。システムコントローラ 1 4 0 が、ハンド非存在イベントを受信するとき、ユーザインターフェースがオンにならない場合は、システムコントローラ 1 4 0 がコマンドをディスプレイコントローラ 1 5 0 に送信し、ユーザインターフェースをオンにする。ディスプレイコントローラ 1 5 0 は、ユーザインターフェースをオンにするために必要なプロセッサ 1 5 0 上のユーザインターフェースモジュール 1 5 5 の一部を実行する。システムコントローラ 1 4 0 がハンド存在イベントを受信するとき、ユーザ
30 インターフェースがオンである場合は、システムコントローラ 1 4 0 がコマンドをディスプレイコントローラ 1 5 0 に送信し、ユーザインターフェースをオフにする。ディスプレイコントローラ 1 5 0 は、ユーザインターフェースをオンにするために必要なプロセッサ 1 5 0 上のユーザインターフェースモジュール 1 5 5 の一部を実行する。

【 0 2 6 0 】

ハンド存在イベントおよびハンド非存在イベントを、他のイベントと合せて、システムコントローラ 1 4 0 によって使用し、ユーザインターフェースを表示するか否かを決定することができる。したがって、ユーザインターフェースディスプレイおよび遠隔操作制御は、存在検出を使用するシステムモード制御の例であり、これら 2 つの特定モードのシステム制御に限定することを意図しない。

【 0 2 6 1 】

例えば、存在検出は、以下でより完全に説明されるもの等のプロキシビジュアルの制御
40 に使用することができる。様々なモードの組み合わせ、例えば、遠隔操作およびプロキシビジュアルディスプレイもまた、ハンド存在イベントおよびハンド非存在イベントに基づいて、システムコントローラ 1 4 0 によって制御することができる。

【 0 2 6 2 】

ハンド存在検出はまた、マスターツールグリップ 6 2 1 L、6 2 1 R の二重の目的を排除する際に有用であり、例えば、フットペダルを押した後、マスターツールグリップ 6 2 1 L、6 2 1 R を使用して、執刀医のコンソール 1 8 5 B に表示されるユーザインターフェースを制御する。マスターツールグリップが二重の目的を果たす場合、例えば、手術器具およびユーザインターフェースの両方の制御に使用される場合、執刀医は、通常、フットペダルを押して、ユーザインターフェースモードの操作に切り替える必要がある。いく
50

つかの理由で、執刀医がフットペダルを押すのに失敗したが、システムがユーザインターフェースモードの操作に切り替わった場合、マスターツールグリップの移動は、手術器具の望ましくない運動を引き起こし得る。存在検出プロセス 1100 を使用して、この問題を回避し、マスターツールグリップの二重目的を排除する。

【0263】

存在検出プロセス 1100 を用いて、一実施例において、ハンド存在オフイベントがシステムコントローラ 140 によって受信された場合、システムコントローラ 140 は、システムコマンドを送信して、マスターツールマニピュレータ 6201、620R (図 6A) を所定位置に固定し、システムコマンドをディスプレイコントローラ 150 に送信して、ユーザインターフェースを執刀医のコンソール 185B のディスプレイに提示する。執刀医の手の運動を追跡し、それを使用して、ユーザインターフェースにおける要素を制御し、例えば、スライダスイッチを移動させる、ディスプレイを変更する等する。上記のとおり、制御点は、視界座標フレームにマッピングされるため、ユーザインターフェースにおける素子の位置と関連付けることができる。制御点の運動を使用して、その素子を操作する。これは、執刀医がフットペダルを起動させる必要なく達成され、執刀医が不注意に手術器具を動かすことができないように行われる。したがって、これは、マスターツールグリップを使用して、手術器具およびユーザインターフェースの両方を制御することに随伴する問題を排除する。

10

【0264】

上記例において、ワールド座標フレームは、共通座標フレームの例である。ワールド座標フレームを共通座標フレームとして使用することは、単なる例示であり、限定することを意図しない。

20

【0265】

(マスターフィンガー追跡グリップ)

図 12 は、マスターフィンガー追跡グリップ 1270 の一実施例の例示である。マスターフィンガー追跡グリップ 1270 は、マスターフィンガー追跡グリップ 170、270 の一実施例である。

【0266】

マスターフィンガー追跡グリップ 1270 は、圧縮性本体 1210 および 2 つのフィンガーループ 1220、1230 を含む。圧縮性本体 1210 は、第 1 端 1213 および第 2 端 1214 を有する。本体部分 1215 は、第 1 端 1213 と第 2 端 1214 との間に伸長する。

30

【0267】

圧縮性本体 1210 は、外面を有する。外面は、第 1 の部分 1216 および第 2 の部分 1217 を含む。第 1 の部分 1216、例えば、上部分は、第 1 端 1213 と第 2 端 1214 との間に伸長する。第 2 の部分 1217、例えば、底部分は、第 1 端 1213 と第 2 端 1214 との間に伸長する。第 2 の部分 1217 は対向し、第 1 の部分 1216 から除去される。

【0268】

一態様において、外面は、布製ケースの表面である。布は手術質での使用に適している。布製ケースは、圧縮可能なフォームを包含する。フォームは、圧縮への耐性を提供し、圧縮が解放されると拡張するように選択される。一態様において、いくつかのフォーム片が布製ケースに含まれた。フォームはまた、第 1 指の先端が第 2 指の先端に向かって移動すると、第 1 の部分 1216 が、ヒトの手の第 1 指と第 2 指との間に位置付けられるように、屈曲可能でなければならない。

40

【0269】

本体部分 1215 は、フィンガーループ 1220 とフィンガーループ 1230 との間に長さ L を有する。上で説明されるように、長さ L は、ループ 1220 の第 1 指とループ 1230 の第 2 指との間の分離を制限するように選択される (図 2A を参照)。

【0270】

50

一態様において、本体部分 1 2 1 5 は、厚さ T を有する。図 2 C に例示されるように、厚さ T は、マスターフィンガー追跡グリップ 1 2 7 0 が、末端 1 2 1 4 に隣接する外面の第 2 の部分 1 2 1 7 上の領域 1 2 3 6 および末端 1 2 1 3 に隣接する第 2 の部分 1 2 1 7 上の領域 1 2 2 6 が、ちょうど接触する場合、第 2 の部分 1 2 1 7 は、長さ L に沿ってそれ自体と完全に接触しないように選択される。

【 0 2 7 1 】

第 1 のフィンガーループ 1 2 2 0 は、第 1 端 1 2 1 3 に隣接する圧縮性本体 1 2 1 0 に固定される。ループ 1 2 2 0 は、圧縮性本体 1 2 1 0 の外面の第 1 の部分 1 2 1 6 の領域 1 2 2 5 を中心として伸長する。ヒトの手の第 1 指に第 1 のフィンガーループ 1 2 2 0 を装着すると、領域 1 2 2 5 は、第 1 指に接触し、例えば、外面の第 1 の部分 1 2 1 6 の最初の一部が親指に接触する。

10

【 0 2 7 2 】

この実施例において、フィンガーループ 1 2 2 0 は、2 つの末端、第 1 の布製末端 1 2 2 1 A および第 2 の布製末端 1 2 2 1 B を有する。末端 1 2 2 1 A および末端 1 2 2 1 B は、本体 1 2 1 0 に固定される布片の末端である。一片のループ布 1 2 2 2 B は、末端 1 2 2 1 B の内面に取り付けられ、一片のフック布 1 2 2 2 A は、末端 1 2 2 1 A の外面に取り付けられる。フック布およびループ布の例は、一方は小さいフック付きスレッドを有し、もう一方は粗表面を有する、2 つのナイロン布片から成る、ナイロン締結テープである。2 つの片は、一緒に押されると強力な結合を成す。市販の締結テープの一例は、VELCRO (登録商標) 締結テープである (VELCRO (登録商標) は、Velcro Industries B.V. の登録商標である)。

20

【 0 2 7 3 】

第 2 のフィンガーループ 1 2 3 0 は、第 2 の末端 1 2 1 4 に隣接する圧縮性本体 1 2 1 0 に固定される。ループ 1 2 3 0 は、圧縮性本体 1 2 1 0 の外面の第 1 の部分 1 2 1 6 の領域 1 2 3 5 を中心として伸長する。第 2 のフィンガーループ 1 2 3 0 をヒトの第 2 指に装着すると、領域 1 2 3 5 は第 2 指に接触し、例えば、外面の第 1 の部分 1 2 1 6 の第 2 の部分は、人指し指に接触する。第 1 の部分の第 2 の一部 1 2 3 5 は対向し、第 1 の部分の最初の一部 1 2 2 5 から除去される。

【 0 2 7 4 】

この例において、フィンガーループ 1 2 3 0 はまた、第 1 の繊維端 1 2 3 1 A および第 2 の繊維端 1 2 3 1 B の 2 つの末端を有する。末端 1 2 3 1 A および末端 1 2 3 1 B は、本体 1 2 1 0 に固定される布片の末端である。一片のループ布 1 2 3 2 B は、末端 1 2 3 1 B の内面に取り付けられ、一片のフック布 1 2 3 2 A は、1 2 3 1 A の外面に取り付けられる。

30

【 0 2 7 5 】

第 1 のロケーション追跡センサ 1 2 1 1 は、第 1 のフィンガーループ 1 2 2 0 に固定される。第 2 のロケーション追跡センサ 1 2 1 2 は、第 2 のフィンガーループ 1 2 3 0 に固定される。ロケーション追跡センサは、上述されるセンサ素子のいずれかであり得る。一実施例において、ロケーション追跡センサ 1 2 1 1、1 2 1 2 は、受動電磁センサである。

40

【 0 2 7 6 】

(プロキシビジュアルシステム)

一態様において、ハンド追跡制御システムを使用して、1 人の執刀医が別の執刀医を監督するために使用され得る複数のプロキシビジュアルのうちのいずれか 1 つを制御する。例えば、執刀医 1 8 0 (図 1 A) が、マスターフィンガー追跡グリップ 1 7 0 を使用して、執刀医 1 8 1 によって監督されている場合、執刀医 1 8 1 は、マスターフィンガー追跡グリップ 1 7 0 を使用して、手術器具のプロキシビジュアルを制御する一方、執刀医 1 8 0 は、マスタートールグリップを使用して、遠隔操作スレーブ手術器具を制御する。

【 0 2 7 7 】

あるいは、執刀医 1 8 1 はテレストレートすることができるか、またはディスプレイに

50

おけるバーチャルハンドを制御することができる。また執刀医 181 は、ディスプレイに提示されるマスターツールグリップ 621 のバーチャル画像を操作することによって、執刀医のコンソール上のマスターツールグリップを操作する方法を示す。これらのプロキシビジュアルの例は、単なる例示であり、限定することを意図しない。

【0278】

さらに、執刀医のコンソールにおいてではないが、マスターフィンガー追跡グリップ 170 の使用もまた例示的であり、限定することを意図しない。例えば、上述される存在検出システムを用いて、執刀医のコンソールにおける執刀医は、マスターツールグリップから手を動かすことができ、次に、その手を使用して、手がハンド追跡システムによって追跡されると、別の執刀医を監督することができる。

10

【0279】

監督を容易にするために、プロキシビジュアルモジュール（図示せず）が、一態様において、視覚処理サブシステムの一部として処理される。本態様において、実行モジュールは、監督者の手の制御点の位置および配向を受信し、内視鏡カメラ画像でリアルタイムに構成され、執刀医のコンソール 185、アシスタントディスプレイ、および患者側執刀医インターフェースディスプレイ 187 のあらゆる組み合わせに表示される、立体画像をレンダリングする。

【0280】

執刀医 181 が、既定のアクション、例えば、ハンドジェスチャーポーズを取ることにによって、監督を開始すると、プロキシビジュアルシステムループが起動され、例えば、プロキシビジュアルモジュールがプロセッサモジュール上で実行される。既定のアクションとして使用される、特定のアクション、例えば、ハンドジェスチャーポーズは、システムコントローラ 140（図 1）がそのアクションを認識するように構成されている限り必須ではない。

20

【0281】

一態様において、プロキシビジュアルは、マスターフィンガー追跡グリップ 170 によって制御される仮想ゴースト器具 1311（図 13）であるが、遠隔操作スレーブ手術器具 1310 は、執刀医のコンソール 185 のマスターツールマニピュレータのうちの 1 つによって制御される。執刀医 181 は、表示デバイスの両方の器具 1310 および 1311 を見るが、執刀医 180 は、執刀医のコンソール 185 における立体表示の両方の器具 1310 および 1311 を見る。仮想ゴースト器具 1311 をプロキシビジュアルとして使用することは、単なる例示であり、この特定画像に限定することを意図しない。本開示に照らして、他の画像をプロキシビジュアルに使用することができ、プロキシビジュアルおよび遠隔操作スレーブ手術器具の実際のエンドエフェクタの画像を表す画像間の区別を容易にする。

30

【0282】

仮想ゴースト器具 1311 は、仮想ゴースト器具 1311 が、仮想ゴースト器具 1311 を実際の器具 1310 から明確に区別する方法（例えば、透明または半透明ゴースト器具、顕著に着色された画像等）で表示されることを除いて、実際の器具 1310 に類似するように思われる。仮想ゴースト器具 1311 の制御および操作は、実際の遠隔操作手術器具に関して上述されるものと同様である。したがって、執刀医 181 は、マスターフィンガー追跡グリップ 170 を使用して、仮想ゴースト器具 1311 を操作して、遠隔操作スレーブ手術器具 1310 の適切な使用を示すことができる。執刀医 180 は、器具 1310 を伴う仮想ゴースト器具 1311 の運動を模倣する。

40

【0283】

仮想ゴースト器具は、参照することによりその全体が本明細書に組み込まれる、同一出願人による米国特許出願公開第 US 2009/0192523 A1 号（2009 年 3 月 31 日出願、「Synthetic Representation of a Surgical Instrument」を開示）において、より完全に説明される。またそれぞれを参照することによりその全体が本明細書に組み込まれる、米国特許出願第 12/

50

485, 503号(2009年6月16日出願、「Virtual Measurement Tool for Minimally Invasive Surgery」を開示)米国特許出願第12/485, 545号(2009年6月16日出願、「Virtual Measurement Tool for Minimally Invasive Surgery」を開示)、米国特許出願公開第US2009/0036902 A1号(2008年8月11日出願、「Interactive User Interfaces for Robotic Minimally Invasive Surgical Systems」を開示)、米国特許出願公開第US2007/0167702 A1号(2005年12月30日出願、「Medical Robotic System Providing Three-Dimensional Telestration」を開示)、米国特許出願公開第US2007/0156017 A1号(2005年12月30日出願、「Stereo Telestration for Robotic Surgery」を開示)、および米国特許出願公開第US2010/0164950 A1号(2009年5月13日出願、「Efficient 3-D Telestration for Local Robotic Proctoring」を開示)も参照されたい。

10

【0284】

別の態様において、プロキシビジュアルは、一対の仮想ハンド1410、1411(図14)であり、マスターフィンガー追跡グリップ170および図1では見ることができない第2のマスターフィンガー追跡グリップによって制御される。遠隔操作スレーブ手術器具1420、1421は、執刀医のコンソール185のマスターツールマニピュレータによって制御される。執刀医181は、表示デバイス187においてビデオ画像1400を見て、執刀医180は、執刀医のコンソール185における立体ディスプレイのビデオ画像も見る。仮想ハンド1410、1411は、ビデオ画像1400における他の物体からそれらを明らかに区別する方法で表示される。

20

【0285】

仮想ハンドの親指および人差し指の開閉は、上述されたグリップ閉合パラメータ g_{grip} を使用して制御される。仮想ハンドの位置および配向は、制御点位置および配向によって、上述のように制御され、これもまた上述されるように、視座標空間にマッピングされる。

30

【0286】

したがって、執刀医181が執刀医の右手を3次元に移動させると、仮想ハンド1411は、ビデオ画像1400における動きに従う。執刀医181は、仮想ハンド1411を回転させて、執刀医180に遠隔操作スレーブ手術器具1421を回転させるよう指示する。執刀医181は、仮想ハンド1410を特定のロケーションに移動させた後、親指および人差し指の動きを使用して、執刀医180に遠隔操作スレーブ手術器具1420をそのロケーションに移動させ、組織を把持するように指示する。執刀医180が器具1420で組織を把持する場合、執刀医181は、仮想ハンド1410を使用して、執刀医180に組織を移動させる方法を指示する。これはすべてリアルタイムで発生し、仮想ハンド1410、1411は、立体内視鏡画像に重ね合わせられる。しかしながら、プロキシビジュアルは、単一鏡システムで使用することもできる。

40

【0287】

別の態様において、執刀医181は、ハンドジェスチャーポーズを使用して、プロキシビジュアルが、ビデオ画像1500に提示される、仮想ゴースト器具1510および仮想テレステレーションデバイス1511である、表示モードを変更する(図15)。テレステレーションデバイス1511は、マスターフィンガー追跡グリップ170によって制御されるが、図1では見ることができない第2のマスターフィンガー追跡グリップは、仮想ゴースト器具1511を制御する。

【0288】

遠隔操作スレーブ手術器具1520、1521は、執刀医コンソール185のマスター

50

ツールマニピュレータによって制御される。執刀医 181 は、表示デバイス 187 におけるビデオ画像 1500 を見て、執刀医 180 は、執刀医のコンソール 185 における立体表示のビデオ画像 1500 も見る。仮想テレステレションデバイス 1511 および仮想ゴースト器具 1411 は、ビデオ画像 1400 における他の物体からそれらを明らかに区別する方法で表示される。

【0289】

仮想テレステレションデバイス 1511 でテレステレートするために、執刀医 181 は、親指および人差し指を一緒にして、想像上のペンまたは鉛筆を把持する可能ようにした後、親指および人差し指がこの位置にある右手を動かして、表示されたビデオ画像においてテレステレートする。ビデオ画像 1500 において、執刀医 181 は、親指および人差し指をそのように位置付け、マーク 1512 を作製して、手術器具 1521 を使用して、切断されるべき組織の位置を示す。マーク 1512 が作製された後、執刀医 181 は、親指および人差し指を離し、仮想テレステレションデバイス 1511 をビデオ画像 1500 に示される位置に移動させる。

【0290】

仮想テレステレションデバイス 1511 のマーキング能力は、上述されるように、グリッパ閉合パラメータ g_{grip} を使用して制御される。上記のとおり、親指および人差し指がちょうど接触するとき、グリッパ閉合パラメータ g_{grip} は、第 2 の範囲の初期値にマッピングされるため、グリッパ閉合パラメータ g_{grip} が第 2 の範囲内にある場合、テレステレションは、テレステレションデバイス 1511 に関して可能になる。視座座標系にマッピングされた後の制御点位置および配向を使用して、仮想テレステレションデバイス 1511 の運動を制御する。

【0291】

本発明の態様および実施形態を例示する上記の説明および添付の図面は、限定として見なされるべきではなく、請求項は保護された発明を定義する。様々な機械的、構造的、電気的、および操作上の変更は、本説明の精神および範囲ならびに請求項から逸脱することなく、行ってもよい。いくつかの例において、よく知られている回路、構造、および技術は、本発明を曖昧にするのを避けるため、詳細に図示または説明されなかった。

【0292】

さらに、本説明の用語は、本発明を限定することを意図しない。例えば、空間的に関連する用語、例えば、「beneath (下)」、「below (下)」、「lower (下位)」、「above (上)」、「upper (上位)」、「proximal (近位)」、「distal (遠位)」等を使用して、図面に例示されるように、1 つの素子または特徴に対する別の素子または特徴の関係を説明してもよい。これらの空間的に関連する用語は、図面に示される位置および配向に加えて、使用または操作しているデバイスの異なる位置（すなわち、ロケーション）および配向（すなわち、転動配置）を包含する。例えば、図面のデバイスが回転される場合、他の素子または特徴の「下 (below または beneath)」にあるとして記述される素子は、他の素子または特徴の「上 (above または over)」にある。したがって、典型的な用語「below」は、上および下の両方の位置および配向を包含することができる。デバイスは、その他に配向されてもよく（90 度回転されるか、または他の配向）、本明細書に使用される空間的に関連する記述子は、それに従って解釈される。同様に、様々な軸に沿っておよび軸を中心とする運動の記述は、様々な特別のデバイス位置および配向を含む。

【0293】

「a」、「an」、および「the」という単数形は、文脈上他に指定のない限り、複数形も同様に含むことを意図する。「含む (comprises、comprising、includes 等)」という用語は、規定された特徴、ステップ、操作、プロセス、素子、および/またはコンポーネントを特定するが、1 つまたは複数の他の特徴、ステップ、操作、プロセス、素子、コンポーネント、および/または群の存在または追加を除外しない。連結されるとして記載されるコンポーネントは、電氣的または機械的に直接連結

されてもよい、または1つもしくは複数の中間コンポーネントを介して、間接的に連結されてもよい。

【0294】

メモリは、揮発性メモリ、非揮発性メモリ、またはそれら2つのあらゆる組み合わせを指す。プロセッサは、プロセッサによって実行される指示を含有するメモリに連結される。これは、コンピュータシステム内、または代替として別のコンピュータへの接続を介して、モデムおよびアナログ回線、またはデジタルインターフェースおよびデジタル回線を介して達成され得る。

【0295】

本明細書において、コンピュータプログラム製品は、ハンド追跡に関して説明されるプロセスのうちのいずれか1つまたはあらゆる組み合わせに必要とされるコンピュータ可読コードを保存するように構成された媒体、またはハンド追跡に関して説明されるプロセスのいずれか1つまたはあらゆる組み合わせのコンピュータ可読コードが保存される媒体を含む。コンピュータプログラム製品のいくつかの例は、CD-ROMディスク、DVDディスク、フラッシュメモリ、ROMカード、フロッピー（登録商標）ディスク、磁気テープ、コンピュータハードドライブ、ネットワーク上のサーバー、およびコンピュータ可読プログラムコードを表すネットワークを超えて伝送される信号である。非一過性有形コンピュータプログラム製品は、様々なコントローラに関して説明されるプロセスのうちのいずれか1つまたはあらゆる組み合わせに対するコンピュータ可読指示を保存するように構成された非一過性有形媒体、または様々なコントローラに関して説明されるプロセスのうちのいずれか1つまたはあらゆる組み合わせに対するコンピュータ可読指示が保存される非一過性有形媒体を含む。非一過性有形コンピュータプログラムは、CD-ROMディスク、DVDディスク、フラッシュメモリ、ROMカード、フロッピー（登録商標）ディスク、磁気テープ、コンピュータハードドライブ、および他の非一過性物理記憶媒体である。

【0296】

本開示に照らして、ハンド追跡に関して説明されるプロセスのうちのいずれか1つまたはあらゆる組み合わせにおいて使用される指示は、操作システムおよびユーザの関心を引くコンピュータプログラミング言語を使用して、多様なコンピュータシステムコンフィギュレーションにおいて実装することができる。

【0297】

図1の異なるメモリおよびプロセッサの使用は、単なる例示であり、限定することを意図しない。いくつかの態様において、単一のハードウェアプロセッサを使用することができ、他の態様では、複数のプロセッサを使用することができる。

【0298】

また例示のそれぞれに対して、様々なプロセスが、ハンド追跡コントローラとシステムコントローラとの間に分配された。これも例示であり、限定することを意図しない。様々なプロセスをコントローラ全体に分配することができるか、またはハンド追跡プロセスにおける操作の原理を変更することなく、コントローラに統合することができる。

【0299】

すべての実施例および例示的参照は、非限定であり、本明細書に記載される特定の実装および実施形態ならびにそれらに相当するものに請求項を限定するために使用されてはならない。見出しは単に書式設定のためであり、1つの見出し下のテキストは、1つまたは複数の見出し下のテキストを相互参照または適用し得るため、いかなる方法においても対象の事項を限定するために使用されてはならない。最後に、本開示に照らして、一態様または実施形態に関連して説明される特定の特徴は、具体的に図面に示されないか、またはテキストに記載されない場合であっても、本発明の他の開示される態様または実施形態に適用されてもよい。

【図 2 D】

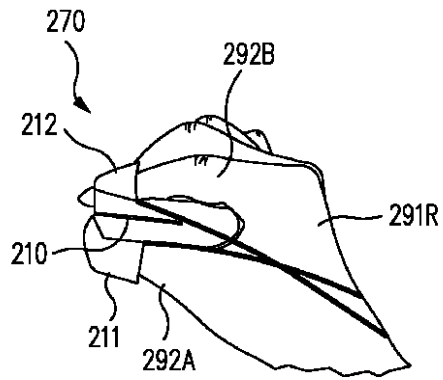


FIG. 2D

【図 2 E】

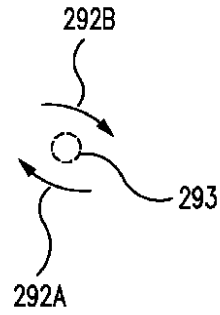


FIG. 2E

【図 2 F】

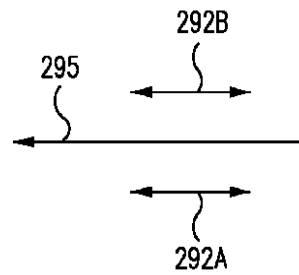


FIG. 2F

【図 2 G】



FIG. 2G

【図 3 A】

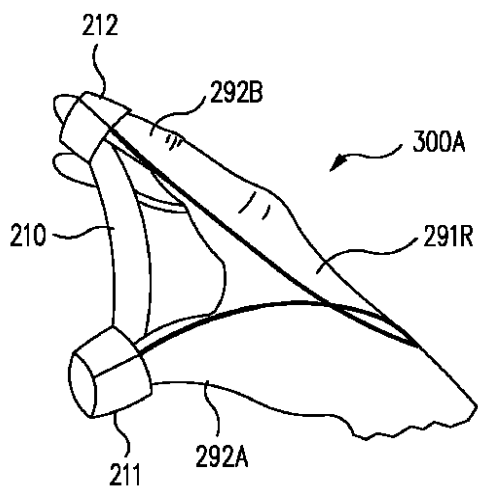


FIG. 3A

【図 3 B】

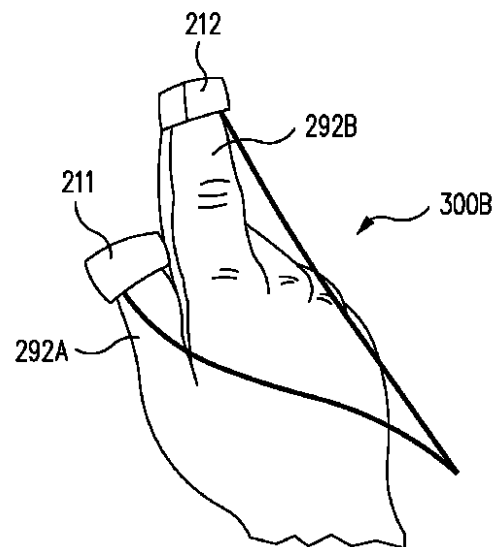


FIG. 3B

【図 3 C】

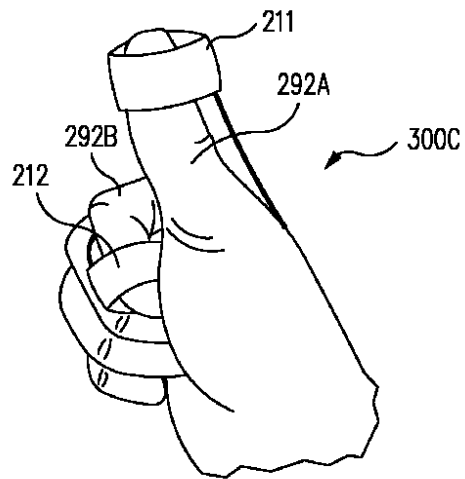


FIG. 3C

【図 3 D】

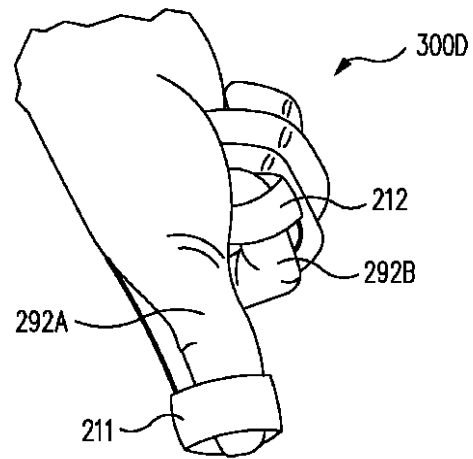


FIG. 3D

【図 4 A】

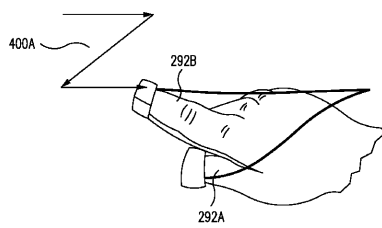


FIG. 4A

【図 4 B】

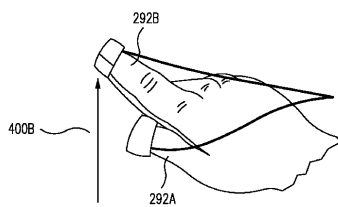


FIG. 4B

【図 4 C】

左	右	上	下
前	後	捕獲	配置
開始	終了	反復	待機
危険	安全	速い	遅い

FIG. 4C

【図 8】

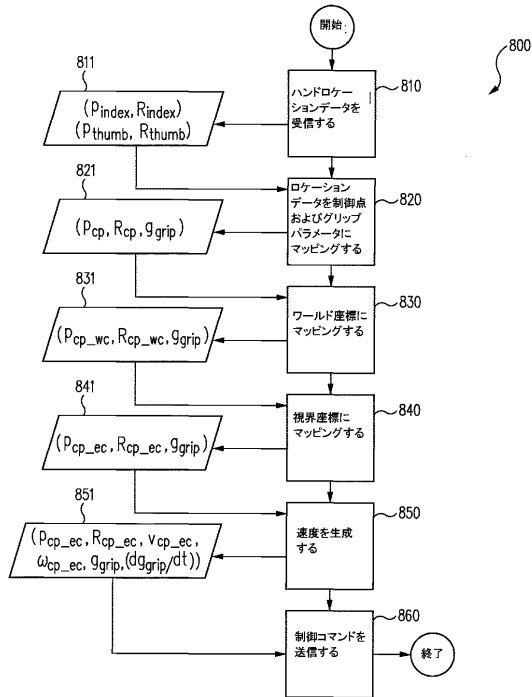


FIG. 8

【図 9】

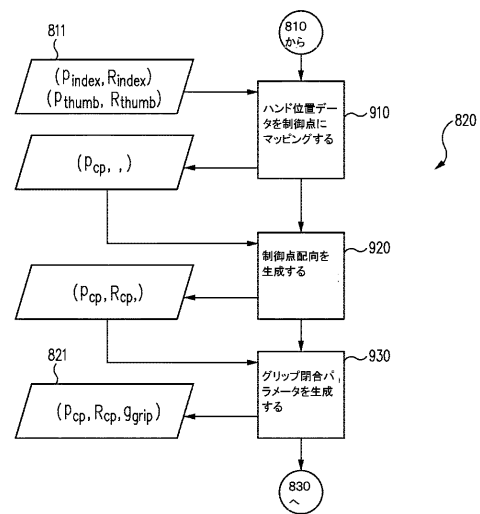


FIG. 9

【図 10】

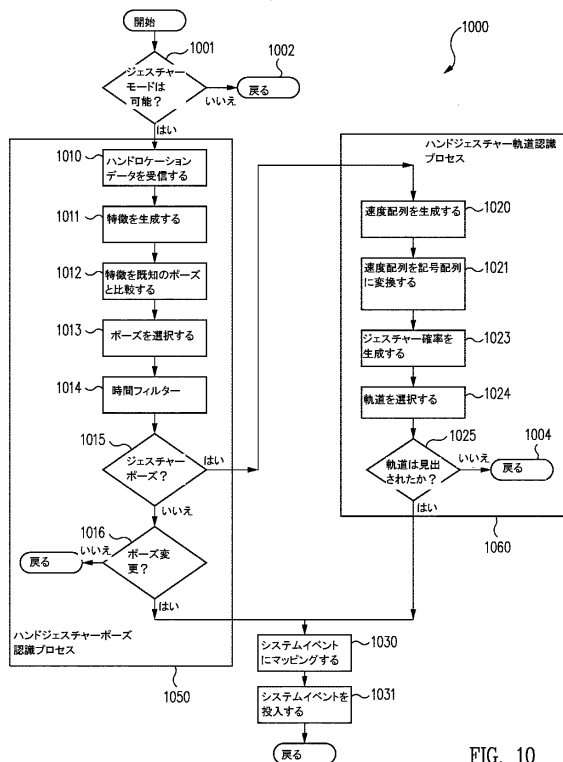


FIG. 10

【図 11】

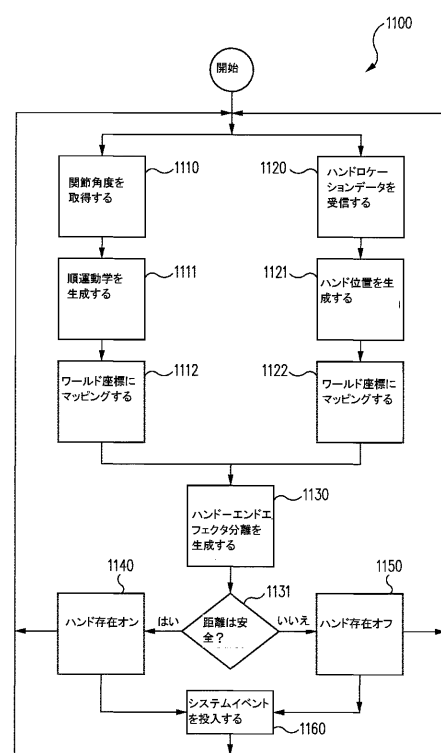


FIG. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 イコビッツ, ブランドン ディー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーベール, マリア レーン 834,
アパートメント 1050
- (72)発明者 ディマイオ, サイモン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーベール, ポンデローザ アベニュー
976, ナンバーエー
- (72)発明者 チャオ, タオ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94085, サニーベール, エヌ. マシルダ アベニュー
330 ナンバー306
- (72)発明者 パーク, カーリン ワイ.
アメリカ合衆国 ペンシルベニア 19103, フィラデルフィア, パイン ストリート 1
712, アpartment 1アール

審査官 石川 薫

(56)参考文献 特開2002-059380(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 19/00

B25J 3/00

专利名称(译)	用于手动控制远程操作的微创从属手术器械的方法和系统		
公开(公告)号	JP5702797B2	公开(公告)日	2015-04-15
申请号	JP2012538982	申请日	2010-11-11
[标]申请(专利权)人(译)	直观外科手术操作公司		
申请(专利权)人(译)	Intuitive Surgical公司运营，公司		
当前申请(专利权)人(译)	Intuitive Surgical公司运营，公司		
[标]发明人	イコビッツブランドンディー ディマイオサイモン チャオタオ パークカーリンワイ		
发明人	イコビッツ, ブランドン ディー. ディマイオ, サイモン チャオ, タオ パーク, カーリン ワイ.		
IPC分类号	A61B19/00 B25J3/00		
CPC分类号	B25J13/02 A61B34/30 A61B34/35 A61B34/37 A61B34/70 A61B34/74 A61B2017/00207 A61B2034/741 B25J9/1689 G05B19/427		
FI分类号	A61B19/00.502 B25J3/00		
代理人(译)	夏木森下		
审查员(译)	石川馨		
优先权	12/617937 2009-11-13 US 12/887091 2010-09-21 US		
其他公开文献	JP2013510672A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在微创手术系统中，手跟踪系统跟踪安装在人手的一部分上的传感器元件的位置。基于人手的一部分的位置生成系统控制参数。使用系统控制参数控制微创手术系统的操作。因此，微创手术系统包括手跟踪系统。手跟踪系统跟踪人手的一部分的位置。耦合到手跟踪系统的控制器将位置转换为系统控制参数，并且基于系统控制参数向微创手术系统注入命令。

$$R_{thumb} = \begin{bmatrix} R_{thumb11} & R_{thumb12} & R_{thumb13} \\ R_{thumb21} & R_{thumb22} & R_{thumb23} \\ R_{thumb31} & R_{thumb31} & R_{thumb33} \end{bmatrix}$$