

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-508499

(P2017-508499A)

(43) 公表日 平成29年3月30日 (2017. 3. 30)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 G	4 C 1 6 1
A 6 1 B 1/04 (2006. 01)	A 6 1 B 1/04 3 7 0	
A 6 1 B 34/30 (2016. 01)	A 6 1 B 34/30	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-547077 (P2016-547077)
 (86) (22) 出願日 平成27年1月14日 (2015. 1. 14)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年7月15日 (2016. 7. 15)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2015/050271
 (87) 国際公開番号 W02015/110934
 (87) 国際公開日 平成27年7月30日 (2015. 7. 30)
 (31) 優先権主張番号 61/931, 168
 (32) 優先日 平成26年1月24日 (2014. 1. 24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhove
 n
 (74) 代理人 100122769
 弁理士 笛田 秀仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット手術のための連続画像統合

(57) 【要約】

内視鏡12、ロボット11、ロボットコントローラ21、内視鏡コントローラ22、及び画像統合モジュール24を使用するロボットガイドシステム。動作において、ロボットコントローラ22が、解剖学的領域内において内視鏡12を動かすようにロボット11に命令し、内視鏡コントローラ22が、内視鏡12によって生成される解剖学的領域の術中内視鏡画像の内視鏡ビデオディスプレイ15を生成する。内視鏡12が解剖学的領域内において静止しているとき、画像統合モジュール24は解剖学的領域の術前三次元画像を解剖学的領域の術中内視鏡画像にレジストレーションする。内視鏡12が画像レジストレーションに後続して解剖学的領域内において動いているとき、画像統合モジュール24は、解剖学的領域内において内視鏡12の動きをトラッキングすることによって後続される内視鏡12に対してロボット11の動きを校正する。

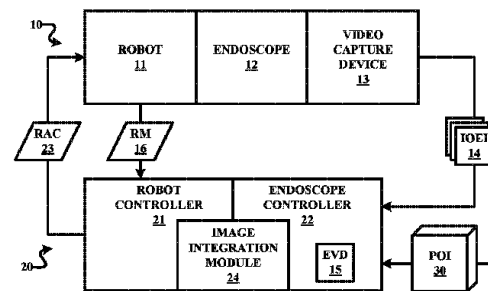


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

解剖学的領域の術中内視鏡画像を生成するように動作可能な内視鏡、及び
前記解剖学的領域内において前記内視鏡を動かすように前記内視鏡に可動的に接続されるロボット

を含むロボットユニットと、

前記解剖学的領域内において前記内視鏡を動かすように前記ロボットに命令するように前記ロボットに可動的に接続されるロボットコントローラ

前記解剖学的領域の前記術中内視鏡画像の内視鏡ビデオディスプレイを生成するように前記内視鏡に可動的に接続される内視鏡コントローラ、及び

前記ロボットコントローラと前記内視鏡コントローラとの間に可動的に分布される画像統合モジュール

を含む制御ユニットと

を有し、

前記内視鏡が前記解剖学的領域内において静止しているとき、前記画像統合モジュールは前記解剖学的領域の術前三次元画像を前記解剖学的領域の前記術中内視鏡画像にレジストレーションするように動作可能であり、

前記内視鏡が前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像のレジストレーションに後続して前記解剖学的領域内において動いているとき、前記画像統合モジュールは前記内視鏡に対して前記ロボットの動きを校正するように動作可能である、
ロボットガイドシステム。

【請求項 2】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き校正に後続して、前記画像統合モジュールは前記内視鏡の動きをトラッキングするように動作可能である、請求項 1 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 3】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き校正は、前記画像統合モジュールによる前記内視鏡の前記動きのトラッキングに先行して前記画像統合モジュールによって複数回繰り返される、請求項 2 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 4】

前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像のレジストレーションは前記解剖学的領域の周期的な動きに同調する、請求項 1 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 5】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き校正は前記解剖学的領域の周期的な動きに同調する、請求項 1 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 6】

前記画像統合モジュールは前記術中内視鏡画像上に前記術前三次元画像のセグメント化される部分を重ね合わせるように動作可能である、請求項 1 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 7】

前記画像統合モジュールは前記術中内視鏡画像上における少なくとも一つのポイントをトラッキングする機能として前記重ね合わせを更新するように動作可能である、請求項 6 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 8】

前記画像統合モジュールは、前記内視鏡が前記解剖学的領域内において静止位置から動かされるとき、前記術中内視鏡画像上における特徴をトラッキングする機能、並びに前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像のレジストレーションの機能として前記術前三次元画像と前記術中内視鏡画像との間の相対動き変換マトリックスを計算するように動作可能である、請求項 1 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 9】

前記画像統合モジュールは、前記解剖学的領域内において前の静止位置から現在の位置まで前記内視鏡の仮想位置の位置変換マトリックスを計算するように動作可能である、請求項 8 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 10】

前記画像統合モジュールは、前記内視鏡に対する前記ロボットの相対的な較正を計算するように動作可能である、請求項 9 に記載のロボットガイドシステム。

【請求項 11】

解剖学的領域の術中内視鏡画像を生成する内視鏡に接続されるロボットのための制御ユニットであって、前記制御ユニットは、

前記解剖学的領域内において前記内視鏡を動かすように前記ロボットに命令するように動作可能である、ロボットコントローラと、

前記解剖学的領域の前記術中内視鏡画像の内視鏡ビデオディスプレイを生成するように前記内視鏡に可動的に接続される内視鏡コントローラと、

前記ロボットコントローラと前記内視鏡コントローラとの間に可動的に分布される画像統合モジュールとを有し、

前記内視鏡が前記解剖学的領域内において静止しているとき、前記画像統合モジュールは前記解剖学的領域の術前三次元画像を前記解剖学的領域の前記術中内視鏡画像にレジストレーションするように動作可能であり、

前記内視鏡が前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像のレジストレーションに後続して前記解剖学的領域内において動いているとき、前記画像統合モジュールは前記内視鏡に対して前記ロボットの動きを較正するように動作可能である、制御ユニット。

【請求項 12】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き較正に後続して、前記画像統合モジュールは前記解剖学的領域内において前記内視鏡の動きをトラッキングするように動作可能である、請求項 11 に記載の制御ユニット。

【請求項 13】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き較正は、前記画像統合モジュールによる前記内視鏡の前記動きのトラッキングに先行して前記画像統合モジュールによって複数回繰り返される、請求項 12 に記載の制御ユニット。

【請求項 14】

前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像のレジストレーションは前記解剖学的領域の周期的な動きに同調する、請求項 11 に記載の制御ユニット。

【請求項 15】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き較正は前記解剖学的領域の周期的な動きに同調する、請求項 11 に記載の制御ユニット。

【請求項 16】

内視鏡が前記解剖学的領域内において静止しているとき、前記解剖学的領域の術前三次元画像を前記解剖学的領域の術中内視鏡画像にレジストレーションするステップと、

前記内視鏡が前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像のレジストレーションに後続して前記解剖学的領域内において動いているとき、前記内視鏡に対して前記ロボットの動きを較正するステップとを有する、ロボットガイド方法。

【請求項 17】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き較正に後続して、前記解剖学的領域内において前記内視鏡の動きをトラッキングするステップを更に有する、請求項 16 に記載のロボットガイド方法。

【請求項 18】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き較正は、前記内視鏡の前記動きの前記トラ

10

20

30

40

50

ッキングに先行して複数回繰り返される、請求項 17 に記載のロボットガイド方法。

【請求項 19】

前記術前三次元画像及び前記術中内視鏡画像の前記レジストレーションは前記解剖学的領域の周期的な動きに同調する、請求項 16 に記載のロボットガイド方法。

【請求項 20】

前記内視鏡に対する前記ロボットの動き較正は前記解剖学的領域の周期的な動きに同調する、請求項 16 に記載のロボットガイド方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は概して、低侵襲手術プロシージャ(例えば、低侵襲冠状動脈バイパス移植手術)の間の、内視鏡のロボット制御に関する。本発明は特に、ロボット支援低侵襲手術プロシージャの間の術中内視鏡画像及び術前三次元(「3D」)画像の連続統合に関する。

【背景技術】

【0002】

二つの(1)イメージングモダリティは、低侵襲冠状動脈バイパス手術の間に使用される。第一のイメージングモダリティは、冠状動脈のジオメトリに関する情報を得るための術前3Dイメージング(例えば、コンピュータ断層撮影法(「CT」)、磁気共鳴イメージング(「MRI」)、他)である。第二のイメージングモダリティは、冠状動脈のリアルタイム視覚化のための術中内視鏡イメージングである。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

通常、ロボット支援低侵襲冠状動脈バイパス手術の場合、ロボットの動きは、ロボットの相対的な動きを報告することができる、モータ又は他のセンサ上のエンコーダ(例えば、ポテンショメータ又はロボット軸上に取り付けられる絶対的なエンコーダ)から知られ、ロボットに対する内視鏡の較正は対応する内視鏡の動きを計算するために必要とされる。カメラ較正は、重ね合わせが内視鏡ビデオ内において正確に視覚化されるようにレンダリングカメラに適用されることが必要とされる動きの量を知るためにさらに必要とされる。二つの(2)較正は、時間を費やし、誤りの傾向がある。それらは専用ハードウェア及び正確な測定を必要とし、訓練された専門家によって実行される必要がある。これは延長される手術室時間、増加されるプロシージャ費用をもたらし、システムの臨床適合性を制限し得る。

30

【0004】

これらの二つの(2)較正の欠点を説明するために、これらの画像モダリティは、当業者に知られるように、複数のステージにおいて一体化されてもよい。たとえば、第一のステージは、術前3Dイメージングからの3D動脈ツリー及び術中内視鏡画像において部分的に視認され得る動脈ツリーの間の幾何学的な関係を構築する画像レジストレーションステージであってもよい。この画像レジストレーションステージは主に、バイパスが内視鏡からの視覚的フィードバック下で実行される内視鏡下冠状動脈バイパス手術に適用されることが可能であり、合成される情報を使ってロボットにより内視鏡をガイドする様々な方法を開示する。画像間の幾何学的な関係に基づいて、第二のステージは、未較正の内視鏡を使って3D術前ボリュームメトリック動脈ツリーを2D内視鏡画像上に重ね合わせる術前重ね合わせステージであってもよい。これにより、外科医は、内視鏡において表示される解剖学的領域にレジストレーションされ、手術の間に使用できる術前スキャンからの重要な情報を有することが可能になる。術前重ね合わせを強化するため、第三のステージは、内視鏡ビデオにおいて表示される解剖学的構造の何れの生理的な動きも補償するために、術前3D画像から3D内視鏡画像上にボリュームメトリック構造を変形させる重ね合わせを容易化する、動き補償ステージであってもよい。

40

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 5 】

本発明は、内視鏡が、内視鏡を保持するロボットの動きの結果として動いている場合、術前3D画像及びライブ術中内視鏡ビデオの間のレジストレーション情報を更新する問題を解決する。このことは、レジストレーションが、後にシステムがレジストレーションを更新し続けるプロシージャの始めに一度実行され得ることを保証する。

【 0 0 0 6 】

より具体的には、本発明は、術前3D画像及び内視鏡ビデオを連続的に合成し、ロボット支援低侵襲手術の間、3D画像の投影を2D内視鏡ビデオ上に表示する。本発明は、プロシージャの間、明示的な較正ステップが必要とされないように、内視鏡及びロボットの両方のために前記自己較正ルーチンの使用を活用する。これにより、動作時間が減らされ、ヒューマンエラーが除かれるためシステムの堅牢性が改善されるであろう。

10

【 0 0 0 7 】

本発明の一つの形態において、内視鏡、ロボット、ロボットコントローラ、内視鏡コントローラ及び画像統合モジュールを使用する、ロボットガイドシステムがもたらされる。動作において、ロボットコントローラは、解剖学的領域内において内視鏡を動かすようにロボットに命令し、内視鏡コントローラは、内視鏡によって生成される解剖学的領域の術中内視鏡画像の内視鏡ビデオディスプレイを生成する。内視鏡が解剖学的領域内において静止しているとき、画像統合モジュールは解剖学的領域の術前3D画像を解剖学的領域の術中内視鏡画像にレジストレーションする。内視鏡が画像レジストレーションに後続して解剖学的領域内において動いているとき、画像統合モジュールは解剖学的領域内において内視鏡の動きをトラッキングすることによって後続される内視鏡に対してロボットの動きを較正する。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の第二の形態は、静止内視鏡による解剖学的領域の術中内視鏡画像の生成及び解剖学的領域の術中内視鏡画像に対する解剖学的領域の術前3D画像の静止レジストレーションを含むロボットガイド方法である。本方法はその後、移動する内視鏡による解剖学的領域の術中内視鏡画像の生成及び解剖学的領域の術中内視鏡画像に対する解剖学的領域の術前3D画像の動きレジストレーションを含む。

【 0 0 0 9 】

ここで用いられる用語「術前」は、解剖学的領域の三次元画像を収集するために、解剖学的領域の内視鏡イメージングの前、その間、又はその後に実行される何れの活動も記述するように広く規定され、ここで用いられる用語「術中」は、解剖学的領域の内視鏡イメージングの間、ロボットユニット及び制御ユニットによって実行される何れの活動も記述するように広く規定される。解剖学的領域の内視鏡イメージングの例は、これに限定されるものではないが、CABG、気管支鏡法、結腸鏡検査、腹腔鏡検査及び脳内視鏡検査を含む。

30

【 0 0 1 0 】

本発明のいろいろな特徴及び利点だけでなく、本発明の前述の形態及び他の形態は、添付の図面とともに読まれる本発明のいろいろな実施例の以下の詳細な説明からさらに明らかになるであろう。詳細な説明及び図面は、限定的というより単に例示的に本発明を説明し、本発明の範囲は、添付のクレーム及びその同等の範囲によって規定される。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明によるロボットガイドシステムの典型的な実施例を例示する。

【図 2】本発明によるロボットガイダンス方法の典型的な実施例を表すフローチャートを例示する。

【図 3】本発明による静止レジストレーション方法の典型的な実施例を表すフローチャートを例示する。

【図 4】本発明による動きレジストレーション方法の典型的な実施例を表すフローチャートを例示する。

50

【図5】本発明による動作トラッキング方法の典型的な実施例を表すフローチャートを例示する。

【図6】本発明による典型的なゲート制御収集を例示する。

【図7】本発明による内視鏡ビデオにおける典型的な位置トレースを例示する。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1に示されるように、ロボットガイドシステムは、何れかの内視鏡プロシージャ、特に一つ又はそれより多くの分岐（すなわち、枝）を有する血管ツリーの内視鏡イメージングを含む内視鏡プロシージャのための、制御ユニット20及びロボットユニット10を使用する。このような内視鏡プロシージャの例は、これに限定されないが、低侵襲心臓手術（例えば、冠動脈バイパス移植又は僧帽弁置換）を含む。

10

【0013】

ロボットユニット10はロボット11、ロボット11に堅く付けられる内視鏡12、及び内視鏡12に付けられるビデオキャプチャデバイス13を含む。

【0014】

ロボット11は、特定の内視鏡プロシージャに対して所望されるようにエンドエフェクタを動かすための一つ又はそれより多くのジョイントのモータ制御により構成される何れかのロボットデバイスとしてここに広く規定される。実際、ロボット11、例えば剛体セグメントにシリアルに接続されるジョイントを有するシリアルロボット、パラレルオーダで取り付けられる剛体セグメント及びジョイントを有するパラレルロボット（例えば当業者に知られるスチュワートプラットフォーム）、又はシリアル及びパラレル運動学の何れかの複合的組合せは、4つの自由度を有してもよい。

20

【0015】

内視鏡12は、体の内側からイメージングする性能を備えて構成される何れかのデバイスとしてここに広く規定される。本発明のための内視鏡12の例は、これに限定されないが、何れかの種類の柔性又は硬性スコープ（例えば、内視鏡、関節鏡、気管支鏡、胆道鏡、結腸鏡、膀胱鏡、十二指腸スコープ、胃内視鏡、子宮鏡、腹腔鏡、喉頭鏡、神経スコープ、耳鏡、プッシュ腸スコープ、鼻喉頭鏡、S字結腸鏡、上顎洞内視鏡、細径胸腔スコープ）、及び画像システムを備えるスコープに類似する何れかのデバイス（例えば、イメージングを伴う入れ子カニューレ）も含む。イメージングは局所的であり、表面画像はファイバーオプティックス、レンズ及び小型化される（例えばCCDに基づく）イメージングシステムを用いて光学的に得られてもよい。

30

【0016】

実際、内視鏡12はロボット11のエンドエフェクタに取り付けられる。ロボット11のエンドエフェクタのポーズは、ロボット11アクチュエータの座標系内におけるエンドエフェクタの位置及び方向である。ロボット11のエンドエフェクタに取り付けられる内視鏡12の場合、解剖学的領域内における内視鏡12の視野の何れかの所定のポーズはロボット座標系内におけるロボット11のエンドエフェクタの別個のポーズに対応する。従って、内視鏡12によって生成される血管ツリーの各々の個別の内視鏡画像は、解剖学的領域内における内視鏡12の対応するポーズに関連付けられ得る。

40

【0017】

ビデオキャプチャデバイス13は、内視鏡12から術中内視鏡画像（「IOEI」）14のコンピュータ読み取り可能な一時シーケンスに術中内視鏡ビデオ信号を変換する性能を備えるように構成される何れかのデバイスとしてここに広く規定される。実際、ビデオキャプチャデバイス13は、術中内視鏡ビデオ信号から個々のデジタルスチルフレームをキャプチャリングするための何れかのタイプのフレームグラバを使用してもよい。

【0018】

更に図1を参照すると、制御ユニット20はロボットコントローラ21及び内視鏡コントローラ22を含む。

【0019】

50

ロボットコントローラ21は、内視鏡プロシージャに対して所望されるようにロボット11のエンドエフェクタのポーズを制御するためにロボット11に一つ又はそれより多くのロボットアクチュエータコマンド(「RAC」)26を供給するように構成される何れかのコントローラとしてここに広く規定される。より具体的には、ロボットコントローラ21は、内視鏡コントローラ22からロボットアクチュエータコマンド26に内視鏡位置コマンド(「EPC」)25を変換する。たとえば、内視鏡位置コマンド25は、解剖学的領域内における内視鏡12の視野の所望の3D位置に通じる内視鏡経路を示してもよく、それによってロボットコントローラ21は、内視鏡12を所望の3D位置に動かすために必要とされる、ロボット11の各々のモータのための作動電流を含むコマンド26にコマンド25を変換する。

【0020】

内視鏡コントローラ22は、術中内視鏡画像(「IOEI」)14の内視鏡ビデオディスプレイ15を生成するように構成される何れかのコントローラとしてここに広く規定される。

【0021】

本発明は、術前3D画像(「POI」)30に術中内視鏡画像14の連続統合のために図2に示されるようなフローチャート40を実行するためにコントローラ21及び22の間に分布される画像統合モジュール24を供給する。フローチャート40の記載は、この場合、画像統合モジュール24の更なる理解を容易にするためにここに提供される。実際、フローチャート40は、ロボット11が位置され、それによってロボット11の回転の中心は患者に対するエントリポイントに一致し、内視鏡12が、ライブビデオストリーム15を容易化するように患者の体に挿入されるプレステップを含み得る。

【0022】

図2を参照すると、フローチャート40のステージS42は術中内視鏡画像40に術前3D画像30の静止レジストレーションを包含させ、フローチャート40のステージS44はステージS42の静止レジストレーションから導出される内視鏡12にロボット11の動き較正を包含させ、フローチャート40のステージS46はステージS44の動き較正から導出されるロボットの動きトラッキングを包含させる。

【0023】

図3に示されるフローチャート50は、ステージS42の一つの実施例を表す。フローチャート50のステージS52は、当業者に知られるように、動脈ツリー及び/又は静脈ツリーに基づいて術前3D画像30を術中内視鏡画像14にレジストレーションするモジュール24を含む。較正されない内視鏡12を考慮して、ステージS52は、 4×4 変換マトリックス ${}^C T_{cam}$ として3D画像30の座標フレームにおける仮想カメラの位置を返すであろう。

【0024】

当業者に知られるように、フローチャート50のステージS54は抽出/セグメント化される3Dポリュメトリック動脈ツリー及び/又は静脈ツリーを術中内視鏡画像14上に重ね合わせるモジュール24を含む。重ね合わせは内視鏡ビデオディスプレイ15上へ術前3D画像30の投影を示すであろう。

【0025】

フローチャート50のステージS56は術中内視鏡画像14上におけるポイント(例えば、動脈ツリー及び/又は静脈ツリーのノード)をトラッキングし、重ね合わせ画像を更新するために当業者に知られる動き補償アルゴリズムを実行するモジュール24を含む。より具体的には、モジュール24による補償アルゴリズムの実行が、ポイントを一方の内視鏡ビューから他方の内視鏡ビューに変換する 3×3 マトリックスH

$$\begin{bmatrix} x2 \\ y2 \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

を計算する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

ステージS44（図2）の一つの実施例において、図4に示されるフローチャート60は、内視鏡ビュー14のポイント（例えば、動脈ツリー及び／又は静脈ツリーのノード）の正確なトラッキングを可能にするため、ロボット動作のスローモードを含む。

【 0 0 2 7 】

ユーザがロボット11の第一の動きを実行した後、フローチャート60のステージS62はステージS56（図3）のホモグラフィマトリックスHを使用してステージS52（図3）の2D内視鏡ポイントを再計算し、動きの後のカメラ変換マトリックスを計算するためにステージS52を繰り返すモジュール24を含む。その後、動きの前の変換マトリックス

10

$${}^{CT}_{T-1}{}_{before}I_{cam}$$

及び動きの後の変換マトリックス

$${}^{CT}_{T}{}_{after}I_{cam}$$

を使用して、全体の相対的な動き ${}^{CT}_{T_{cm}}$ は

20

$${}^{CT}_{T_{cm}} = {}^{CT}_{T-1}{}_{before}I_{cam} * {}^{CT}_{T}{}_{after}I_{cam}$$

のように計算される。

【 0 0 2 8 】

フローチャート60のステージS64は、当業者に知られるロボットエンコーダ又は他のセンサの使用から導出される、動きの前のロボットチップ位置

$${}^{robot}_{T-1}{}_{before}I_{tip}$$

30

及び動きの後のロボットチップ位置

$${}^{robot}_{T}{}_{after}I_{tip}$$

を記録するモジュール24を含む。システムの未校正特性のために、正確なチップ位置は知られないので、仮想チップ位置

$${}^{CT}_{T_{rm}} = {}^{robot}_{T-1}{}_{before}I_{tip} * {}^{robot}_{T}{}_{after}I_{tip}$$

40

が使われる。仮想チップ位置は、ゼロより大きい何れかの数又は数学的なシンボルになり得る。

【 0 0 2 9 】

フローチャート60のステージS66の場合、カメラに対するロボットの相対的な校正は、以下の通りに計算される。理想的なケースにおいて、システムが校正される場合、 ${}^{CT}_{T_{cm}} = {}^{CT}_{T_{rm}}$ になり、新たなレジストレーションが既知のロボットの動きをカメラ位置に適用することによって計算されることができる。本システムは校正されず、カメラ位置及びロボットチップ位置の両方が環境（例えば、手術室）における物理構成を反映していない

50

ので、これらの両者は校正マトリックス

$$T_{calib}^{-1} {}^{CT}T_{cm} = {}^{CT}T_{rm} * T_{calib}$$

に関連付けられる。このマトリックスが、プロシージャの全ての長さの間、一定であると仮定することは無難である。この仮定は、同じ内視鏡12（カメラの同じ焦点距離）が使われる限り保たれる。異なる内視鏡が導入される場合、ビデオストリームは一時的に中断され、画像レジストレーションフローチャート50は新たな内視鏡に対して実行されなければならないであろう。

10

【 0 0 3 0 】

ステージS66を続けるため、

$$T_{calib}^{-1} {}^{CT}T_{cm} = {}^{CT}T_{rm} * T_{calib}$$

が一つの位置のための剛体変換

$${}^{CT}T_{cam} = {}^{robot}T_{tip} * T_{calib}$$

20

から推論される。 ${}^{CT}T_{cm}$ 及び ${}^{CT}T_{rm}$ の両方は知られるため、 T_{calib} は

$$T_{calib}^{-1} {}^{CT}T_{cm} = {}^{CT}T_{rm} * T_{calib}$$

から計算され得る。この種の式はシルヴェスタ方程式と称され、当業者によって明示的に計算されることができる。

【 0 0 3 1 】

ステージS62-S66がバックグラウンドで実行された後、ポイントのトラッキングがもはや必要ないのでロボット11は通常の速さの動作に戻される。

30

【 0 0 3 2 】

ステージS46の一つの実施例（図2）において、図5に示されるフローチャート70は、ユーザが、術中内視鏡画像14においてポイントを追跡する必要なしでロボット11の他の動きを実行することを含む。このように、フローチャート70のステージS72は、内視鏡13のカメラの新たな位置

$${}^{second\ motion}T_{camera}$$

40

をロボットの新たな位置

$${}^{second\ motion}T_{tip}$$

から

$${}^{second\ motion}T_{camera} = {}^{second\ motion}T_{tip} * T_{calib}$$

のように計算するモジュール24を含む。

50

【 0 0 3 3 】

フローチャート70のステージS74は、ステージS54（図3）によって教示される新たな重ね合わせを計算するモジュール24を含む。プロシージャの終了まで、又は新たな内視鏡のための新たなレジストレーションが必要とされるまで、ステージS72及びS74は繰り返される。

【 0 0 3 4 】

図2及び4に戻り、ステージS42の精度は、フローチャート60を複数回(N)繰り返すことによって改善され得る。このような繰り返しのために、ステージS66はNシルヴェスタータイプの方程式のシステムから T_{calib} の計算を実行するように修正される。この数学的問題が重複定義されるため、解決策は、当業者に知られるように最適化手法（例えば、レーベンバーグ・マーカート法減衰最小自乗フィッティング）を使用して見つけれ得る。これは、N回、又は最適化アルゴリズムのフィッティングエラーが所定の精度条件より小さなエラーを返すまで、繰り返されることができる。本実施例はフローチャート60のロボットスローモーションの期間をバランシングすることによって正確な画像重ね合わせを確実にする。

【 0 0 3 5 】

図2-4を参照すると、ステージS42及びS44は、周期的に動く器官（例えば、心臓）を処理するように修正されてもよい。この場合、ロボット11の動きから心臓の動きを分離するため、ステージS56（図3）及びステージS62（図4）は周期的な動きの正確に同じフェーズで実行されなければならない。この実施例において、ECG信号は内視鏡画像14の収集をゲートするために使われることができる。例えば、図6はECG信号80を示す。ロボット動きが時間 t_1 から開始され、時間 t_2 で停止する場合、モジュール24は、心臓が時間 t_1 と同じフェーズ（例えば、時間 t_3 ）に戻った後にのみ、ホモグラフィマッピングステージS56及びS62のために内視鏡画像14を収集するであろう。これは当業者に知られる信号マッチングアルゴリズムによって達成されることができる。

【 0 0 3 6 】

代わりに、ECG信号が使用できない場合、モジュール24は、図7において示される位置トレース81で例示される当業者に知られる心臓上におけるポイントの動きを監視し得る。これらの信号X及びYの形状は、当業者に知られるフォワードフィッティング法を用いてフォワード信号フィルタにフィッティングされ、心臓の動きを予測するために使用され得る。

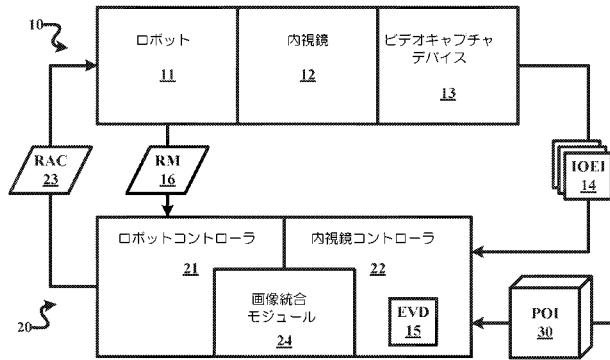
【 0 0 3 7 】

ここの図1-7の説明から、当業者は、限定されないが、何れかの解剖学的領域において行われる何れかの種類の内視鏡手術に対する本発明の適用を含む本発明の多数の利点を評価するであろう。

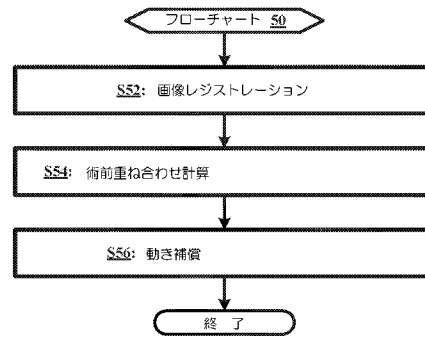
【 0 0 3 8 】

本発明の好ましい実施例が図示されると共に記載されているが、本明細書に記載の実施例が図示を目的とするものであり、様々な変形及び修正がなされてもよく、同等のものが、本発明の範囲から逸脱することなく、本発明の構成要素の代わりに使用されてもよいことは当業者によって理解されるであろう。更に、本発明の範囲から逸脱することなく、本発明の教示を特定の状況に適用するために多くの変形がなされてもよい。それ故に本発明が、本発明を実施するように意図されるベストモードとして開示される特定の実施例に限定されるものではないが、本発明が特許請求の範囲内における全ての実施例を含むことは意図される。

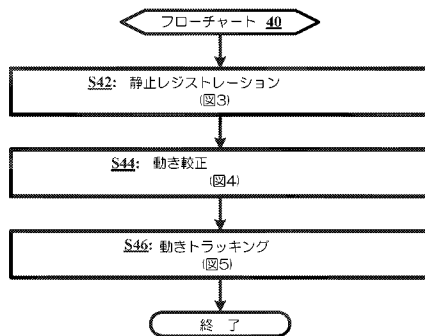
【図 1】



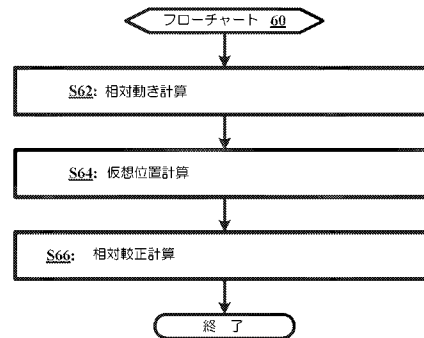
【図 3】



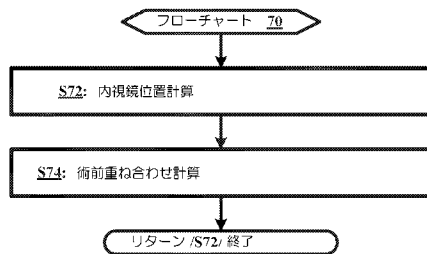
【図 2】



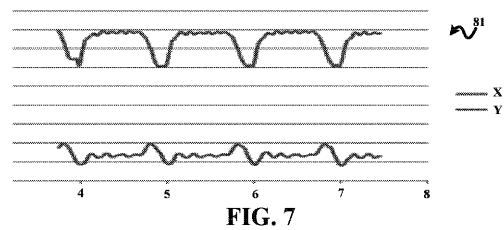
【図 4】



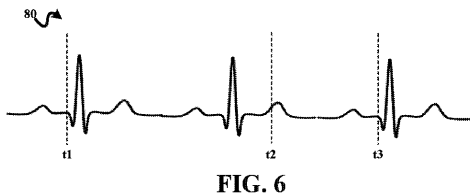
【図 5】



【図 7】



【図 6】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2015/050271

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B19/00

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/035492 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; POPOVIC ALEKSANDRA [RS]) 22 March 2012 (2012-03-22)	1-3, 11-13
A	page 5, line 11 - page 9, line 16	4-10, 14, 15
A	----- WO 2011/083374 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; POPOVIC ALEKSANDRA [US]; THIENPHR) 14 July 2011 (2011-07-14) the whole document ----- -/--	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 April 2015

Date of mailing of the international search report

20/04/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mingrino, Alessandra

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2015/050271

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ALEKSANDRA POPOVIC ET AL: "An approach to robotic guidance of an uncalibrated endoscope in beating heart surgery", BIOMEDICAL ROBOTICS AND BIOMECHATRONICS (BIOROB), 2010 3RD IEEE RAS AND EMBS INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 26 September 2010 (2010-09-26), pages 106-113, XP031793447, ISBN: 978-1-4244-7708-1 the whole document	1-15
A	----- WO 2013/061225 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 2 May 2013 (2013-05-02) the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/IB2015/050271**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 16-20
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ IB2015/ 050271

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/SA/ 210

Continuation of Box II.1

Claims Nos.: 16-20

Rule 39.1(iv) PCT - Method for treatment of the human or animal body by surgery Claim 16 refers to a method of guiding a robot, including the step of registering 3D images of an anatomical region with an endoscope, and of calibrating the robot when the endoscope is moving intra-operatively. Moving an endoscope within an anatomical region is a surgical method.

Continuation of Box II.2

Rule 39.1(iv) PCT - Method for treatment of the human or animal body by surgery

Claim 16 refers to a method of guiding a robot, including the step of registering 3D images of an anatomical region with an endoscope, and of calibrating the robot when the endoscope is moving intra-operatively.

Moving an endoscope within an anatomical region is a surgical method.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2015/050271

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012035492 A1	22-03-2012	CN 103108602 A EP 2615993 A1 JP 2013541365 A US 2013165948 A1 WO 2012035492 A1	15-05-2013 24-07-2013 14-11-2013 27-06-2013 22-03-2012
WO 2011083374 A1	14-07-2011	CN 102791214 A EP 2521507 A1 JP 2013516264 A US 2012307027 A1 US 2015094856 A1 WO 2011083374 A1	21-11-2012 14-11-2012 13-05-2013 06-12-2012 02-04-2015 14-07-2011
WO 2013061225 A1	02-05-2013	CN 103957832 A EP 2747695 A1 JP 2015501183 A US 2014301618 A1 WO 2013061225 A1	30-07-2014 02-07-2014 15-01-2015 09-10-2014 02-05-2013

フロントページの続き

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

(72)発明者 ポポヴィック アレクサンドラ

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

(72)発明者 レINSTEIN アリイ レイブ

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

Fターム(参考) 4C161 CC06 HH21 HH56 JJ11 JJ17 LL01 NN01 WW04

专利名称(译)	用于机器人手术的连续图像集成		
公开(公告)号	JP2017508499A	公开(公告)日	2017-03-30
申请号	JP2016547077	申请日	2015-01-14
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
[标]发明人	ポポヴィックアレクサンドラ レインステインアリイレイブ		
发明人	ポポヴィック アレクサンドラ レインステイン アリイ レイブ		
IPC分类号	A61B1/00 A61B1/04 A61B34/30		
FI分类号	A61B1/00.300.G A61B1/04.370 A61B34/30		
F-TERM分类号	4C161/CC06 4C161/HH21 4C161/HH56 4C161/JJ11 4C161/JJ17 4C161/LL01 4C161/NN01 4C161/WW04		
优先权	61/931168 2014-01-24 US		
其他公开文献	JP2017508499A5 JP6334714B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

使用内窥镜12，机器人11，机器人控制器21，内窥镜控制器22和图像集成模块24的机器人引导系统。在操作中，机器人控制器22命令机器人11使内窥镜12在解剖区域内移动，并且内窥镜控制器22使内窥镜12生成的解剖区域的术中术中区域。产生内窥镜图像的内窥镜视频显示器15。当内窥镜12在解剖区域内静止时，图像整合模块24将解剖区域的术前三维图像与解剖区域的术中内窥镜图像配准。当内窥镜12在图像配准之后在解剖区域内移动时，在图像整合模块24之后跟踪内窥镜12在解剖区域内的移动。机器人11的运动相对于内窥镜12被校准。

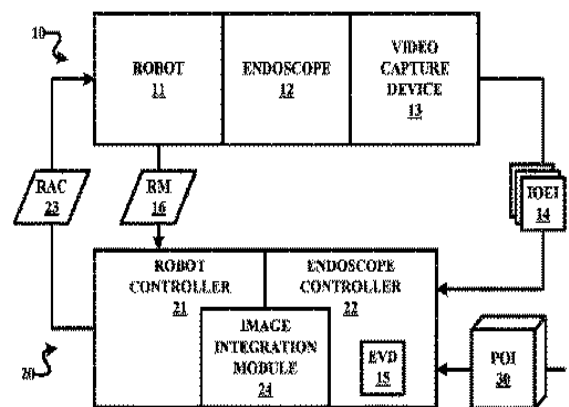


FIG. 1