

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6865739号
(P6865739)

(45) 発行日 令和3年4月28日(2021.4.28)

(24) 登録日 令和3年4月8日(2021.4.8)

(51) Int.CI.

F 1

A 6 1 B	34/30	(2016.01)	A 6 1 B	34/30
B 2 5 J	13/08	(2006.01)	B 2 5 J	13/08
A 6 1 B	34/20	(2016.01)	A 6 1 B	34/20

A

請求項の数 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2018-515500 (P2018-515500)
 (86) (22) 出願日 平成28年9月26日 (2016.9.26)
 (65) 公表番号 特表2018-530383 (P2018-530383A)
 (43) 公表日 平成30年10月18日 (2018.10.18)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2016/055743
 (87) 國際公開番号 WO2017/055990
 (87) 國際公開日 平成29年4月6日 (2017.4.6)
 審査請求日 令和1年9月25日 (2019.9.25)
 (31) 優先権主張番号 62/233,664
 (32) 優先日 平成27年9月28日 (2015.9.28)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 590000248
コーニングクレッカ フィリップス エヌ
ヴェ
KONINKLIJKE PHILIPS
N. V.
オランダ国 5656 アーヘー アイン
ドーフェン ハイテック キャンパス 5
2
(74) 代理人 110001690
特許業務法人M&Sパートナーズ
(72) 発明者 ヌーナン デイビッド ポール
オランダ国 5656 アーヘー アイン
ドーフェン ハイ テック キャンパス
ビルディング 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】遠隔運動中心ロボットの光学的位置合わせ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

計画された切開点を経る患者内への計画されたツール軌道を用いる低侵襲処置のためのロボット手術システムであって、

光学エンドエフェクタと、

R C Mロボット自身の構造により定まる遠隔運動中心の回りで前記光学エンドエフェクタを回転させるR C Mロボットと、

ロボットコントローラと、

を有し、

前記ロボットコントローラは、前記R C Mロボットと通信して、該R C Mロボットによる前記患者に付着された少なくとも1つのマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせを制御し、

前記ロボットコントローラは、更に、前記R C Mロボットと通信して、該R C Mロボットによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道への前記光学エンドエフェクタの軸合わせを、前記R C Mロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも1つのマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせから導出された前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて制御する、
ロボット手術システム。

【請求項 2】

10

20

前記 RCM ロボットが、前記光学エンドエフェクタを遠隔運動中心の回りで回転させるためのピッチ自由度及びヨー自由度を有する同心弧ロボットである、請求項 1 に記載のロボット手術システム。

【請求項 3】

前記 RCM ロボットを前記患者に対して位置決めするロボットプラットフォームを更に有し、

前記ロボットコントローラは、前記 RCM ロボット及び前記ロボットプラットフォームと通信して、該 RCM ロボット及びロボットプラットフォームにより前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせを制御し、

前記ロボットコントローラは、前記 RCM ロボット及び前記ロボットプラットフォームと通信して、該 RCM ロボット及びロボットプラットフォームによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道への前記光学エンドエフェクタの軸合わせを、前記 RCM ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせから導出された前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて制御する、

請求項 1 に記載のロボット手術システム。

【請求項 4】

前記光学エンドエフェクタはレーザビームを放出するレーザポインタであり、

前記ロボットコントローラは、前記 RCM ロボットと通信して、該 RCM ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記レーザポインタによるレーザビームの放射の光学的照準合わせを制御し、

前記ロボットコントローラは、更に、前記 RCM ロボットと通信して、該 RCM ロボットによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道への前記レーザポインタによるレーザビームの放射の軸合わせを、前記 RCM ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記レーザポインタによるレーザビームの放射の光学的照準合わせから導出された前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて制御する、

請求項 1 に記載のロボット手術システム。

【請求項 5】

前記光学エンドエフェクタは視野を持つ内視鏡であり、

前記ロボットコントローラは、前記 RCM ロボットと通信して、該 RCM ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記内視鏡の視野の光学的照準合わせを制御し、

前記ロボットコントローラは、更に、前記 RCM ロボットと通信して、該 RCM ロボットによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道への前記内視鏡の視野の軸合わせを、前記 RCM ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記内視鏡の視野の光学的照準合わせから導出された前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて制御する、

請求項 1 に記載のロボット手術システム。

【請求項 6】

前記光学エンドエフェクタを前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカと関連して撮像するカメラを更に有し、

前記ロボットコントローラが、前記 RCM ロボット及び前記カメラと通信して、前記 RCM ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせを制御する、

請求項 1 に記載のロボット手術システム。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

計画された切開点を経る患者内への計画されたツール軌道を用いる低侵襲処置のためのロボット手術方法であって、

R C M ロボットが、光学エンドエフェクタを前記患者に付着された少なくとも 1 つのマークに対し光学的に照準合わせするステップと、

位置合わせモジュールが、前記 R C M ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせから、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への遠隔運動中心の位置合わせを導き出すステップであって、前記遠隔運動中心が前記 R C M ロボットの構造により定まるステップと、

前記 R C M ロボットが、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道に対して前記光学エンドエフェクタを、前記位置合わせモジュールによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点に対する前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて軸合わせするステップと、

を有する、ロボット手術方法。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのマークは複数のマークを含み、該複数のマークの各マークが固有の形状を有する、請求項 7 に記載のロボット手術方法。

【請求項 9】

ロボットコントローラが、前記光学エンドエフェクタを前記患者に付着された少なくとも 1 つのマークに対し光学的に照準合わせすると共に該光学エンドエフェクタを前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道に対して軸合わせするために前記 R C M ロボットをサーボ制御するステップを更に有する、請求項 7 に記載のロボット手術方法。

【請求項 10】

前記光学エンドエフェクタは前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークを撮像し、

前記ロボットコントローラは、前記光学エンドエフェクタを、前記患者のボリューム画像内に示されると共に前記光学エンドエフェクタにより撮像される前記少なくとも 1 つのマークの一致に基づいて前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークに対し光学的に照準合わせするようサーボ制御する、

請求項 9 に記載のロボット手術方法。

【請求項 11】

前記光学エンドエフェクタはレーザビームを放出するレーザポインタであり、

前記 R C M ロボットは、前記レーザポインタによるレーザビームの放射を前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークに対して光学的に照準合わせし、

前記位置合わせモジュールは、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせを、前記 R C M ロボットによる前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークに対する前記レーザポインタによるレーザビームの放射の光学的照準合わせから導き出し、

前記 R C M ロボットは、前記レーザポインタによるレーザビームの放射を、前記位置合わせモジュールによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道に軸合わせする、

請求項 7 に記載のロボット手術方法。

【請求項 12】

前記光学エンドエフェクタは視野を持つ内視鏡であり、

前記 R C M ロボットは、前記内視鏡の視野を前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークに対して光学的に照準合わせし、

前記位置合わせモジュールは、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせを、前記 R C M ロボットによる前記患者に付着

10

20

30

40

50

された前記少なくとも 1 つのマークに対する前記内視鏡の視野の光学的照準合わせから導き出し、

前記 R C M ロボットは、前記内視鏡の視野を、前記位置合わせモジュールによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道に軸合わせする、

請求項 7 に記載のロボット手術方法。

【請求項 1 3】

カメラが前記光学エンドエフェクタを前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークと関連して撮像するステップを更に有し、

10

前記 R C M ロボットが、前記光学エンドエフェクタを、前記カメラによる該光学エンドエフェクタの前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークとの相対的な撮像に基づいて、前記患者に付着された前記少なくとも 1 つのマークに対し光学的に照準を合わせる、

請求項 7 に記載のロボット手術方法。

【請求項 1 4】

受動型ロボットプラットフォームが前記 R C M ロボットを前記患者の頭部に対して位置決めするステップを更に有する、請求項 7 に記載のロボット手術方法。

【請求項 1 5】

ロボットコントローラが前記受動型ロボットプラットフォームによる前記 R C M ロボットの前記患者の頭部に対する位置決めを追跡するステップを更に有する、請求項 1 4 に記載のロボット手術方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、広くは、介入ツールが特定の切開点を介し定義されたツール軌道に沿って患者内に挿入されることを要する低侵襲処置、特には低侵襲脳神経外科処置（例えば、生検）に関する。本開示は、更に特定的には、介入ツールを計画したツール軌道に沿って正確に位置決め及び配向（方向決め）するための患者内への計画した切開点に対する遠隔運動中心ロボットによる遠隔運動中心（“ R C M ”）の位置合わせに関する。

30

【背景技術】

【0002】

画像誘導脳生検は、手術医が根深い脳病変に低侵襲的に正確にターゲットを定めることを可能にする。即ち、患者の頭部は、固定されると共に追跡及び位置特定システム（例えば、光学式、電磁式、機械式又はこれらの組み合わせ）を用いた術前スキャン（例えば、C T、M R I、U S 等）に対して位置合わせされる。典型的に、このような位置合わせは、患者の頭蓋骨上に配置されたマーク及び／又は追跡される手動ポインタを用いて実行される。当該追跡システムに対する脳病変の術前撮像スキャン内に示される既知の位置に基づいて、当該患者内への切開点の適切な位置が、手術医により生検のために特定される。次いで、該手術医は追跡される生検ニードルの挿入角を当該画像誘導追跡システムからのフィードバックに基づいて手動で整列させる。ニードルが手術医により挿入される際に、画像誘導追跡システムは該ニードルの軌道を確認すると共に、何時正しい挿入深度に到達したかを識別する。この目的のために、従来技術で知られている画像誘導システムは、ニードル挿入前に医師が計画したツール軌道に整列させる機械的ニードルガイドを提供する。

40

【0003】

このような画像誘導を用いても、且つ、当該追跡システムに対する術前撮像スキャンの正確な位置合わせが達成されたとしても、手術医は自由空間において 5° の自由度の整列を行わなければならない。このように、位置合わせ及びニードル整列におけるユーザエラーは、正しくない切開位置に及び／又は介入ツールが患者頭部内のターゲット脳病変を逃

50

すことにつながり得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、低侵襲処置（例えば、低侵襲脳神経外科処置）の間において遠隔運動中心（“RCM”）ロボットを患者の画像に位置合わせるためにロボットに装着された光学エンドエフェクタ（例えば、レーザポインタ又は内視鏡）を用いる発明を提供するものである。患者の画像をRCMロボットに位置合わせすることにより、当該処置を実行するために計画したツール軌道の正確な位置及び方位（向き）が、自動的に正確に定まる。このことは、手術医が介入ツールをヒューマンエラーの最小限のリスクで正確且つ制御された態様で配置することを可能にする。10

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の発明の一形態は、患者内への計画された切開点を経るツール軌道を用いる低侵襲処置のためのロボット手術システムである。

【0006】

該ロボット手術システムは、光学エンドエフェクタ（例えば、レーザポインタ又は内視鏡）、及び自身の構造により定まる遠隔運動中心の回りで前記光学エンドエフェクタを回転させるRCMロボットを使用する。

【0007】

該ロボット手術システムは、更に、前記RCMロボットによる前記患者に付着された少なくとも1つのマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせを制御すると共に、前記RCMロボットによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道への前記光学エンドエフェクタの軸合わせ（軸整列）を、前記RCMロボットによる前記患者に付着された前記位置合わせマーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせから導出された前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて制御するロボットコントローラを使用する。20

【0008】

本開示の発明の第2の形態は、計画された切開点を経る患者内への計画されたツール軌道を用いる低侵襲処置のためのロボット手術方法である。30

【0009】

該ロボット手術方法は、RCMロボットが光学エンドエフェクタを前記患者に付着された少なくとも1つのマーカに対し光学的に照準合わせするステップ、及び位置合わせモジュールが前記RCMロボットによる前記患者に付着された前記マーカに対する前記光学エンドエフェクタの光学的照準合わせから、前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点への遠隔運動中心の位置合わせを導き出すステップを含む。

【0010】

前記遠隔運動中心は、前記RCMロボットの構造により定まる。

【0011】

当該ロボット手術方法は、更に、前記RCMロボットが前記患者のボリューム画像内に示される前記計画されたツール軌道に対して前記光学エンドエフェクタを、前記位置合わせモジュールによる前記患者のボリューム画像内に示される前記計画された切開点に対する前記遠隔運動中心の位置合わせに基づいて軸合わせするステップを含む。40

【0012】

本開示の発明の目的に關し、これらに限られるものではないが、“計画されたツール軌道”、“計画された切開点”、“エンドエフェクタ”、“遠隔運動中心”、“ロボット”、“マーカ”及び“ボリューム画像”を含む当業用語は、本開示の当業技術において理解されるように、且つ、本明細書で例示的に記載されているように解釈されるべきである。

【0013】

10

20

30

40

50

更に詳細には、本開示の発明の目的に関し、“光学エンドエフェクタ”なる用語はロボットのエンドエフェクタ（末端効果器）として機能すると共に如何なる形の放射も放出及び／又は受光する光学的能力を有する如何なる装置も広く含み、“RCMロボット”なる用語は遠隔運動中心（遠隔動心）を定める構造的構成を有するロボットであって、これにより、該ロボット又はその一部が該ロボットから空間的に固定された点の回りで回転することができる如何なるロボットも広く含むものである。光学エンドエフェクタの例は、これらに限定されるものではないが、当業技術において知られており且つ本明細書に例示される如何なるタイプのレーザポインタ及び内視鏡（endoscope）も含む一方、RCMロボットの例は、これらに限られるものではないが、当業技術において知られており且つ本明細書で例示される如何なるタイプの同心弧ロボットも含む。

10

【0014】

本開示の発明の目的に関し、“コントローラ”なる用語は、本明細書において後述される本開示の種々の発明原理のアプリケーションを制御するためのワークステーションに収容され又は接続される全ての構成の特定用途向けメインボード又は特定用途向け集積回路を広く含むものである。該コントローラの構成は、これらに限定されるものではないが、プロセッサ（又は複数のプロセッサ）、コンピュータ使用可能な／コンピュータ読み取可能な記憶媒体、オペレーティングシステム、アプリケーションモジュール、周辺装置コントローラ、スロット及びポートを含むことができる。

【0015】

前記ワークステーションの例は、これらに限定されるものではないが、1以上のコンピュータ装置（例えば、クライアントコンピュータ、デスクトップ及びタブレット等）のアセンブリ、ディスプレイ／モニタ、及び1以上の入力装置（例えば、キーボード、ジョイスティック及びマウス等）を含む。

20

【0016】

本開示の発明の目的に関し、“アプリケーションモジュール”なる用語は、特定のアプリケーションを実行するための実行可能なプログラム（例えば、実行可能なソフトウェア及び／又はファームウェア）及び／又は電子回路からなる前記コントローラの構成要素を広く含むものである。

【0017】

本開示の発明の目的に関し、本明細書における“ロボット”コントローラ及び“撮像”コントローラ等の前記コントローラの記述的標記は、“コントローラ”なる用語に対する如何なる付加的な限定を指定又は意味することなく、本明細書に記載され及び請求項に記載される特定のコントローラを識別するものである。

30

【0018】

同様に、本開示の発明の目的に関し、本明細書における“サーボ制御”モジュール及び“位置合わせ制御”モジュール等のアプリケーションモジュールの記述的標記は、“アプリケーションモジュール”なる用語に対する如何なる付加的な限定も指定又は意味することなく、本明細書に記載され及び請求項に記載される特定のアプリケーションモジュールを識別するものである。

【0019】

本開示の上記形態及び他の形態並びに本開示の種々のフィーチャ及び利点は、添付図面に関連して精読される本開示の種々の実施態様の後述する詳細な説明から更に明らかになるであろう。該詳細な説明及び図面は、限定するというより本開示を解説するだけのものであり、本開示の範囲は添付請求項及びその均等物により定義されるものである。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、本開示の発明的原理による低侵襲脳神経外科処置の第1の例示的実施態様を示す。

【図2】図2は、本開示の発明的原理によるロボット画像誘導方法の一例示的実施態様のフロー チャートを示す。

50

【図3A - 3D】図3A乃至図3Dは、本開示の発明的原理による位置合わせマーカの例示的実施態様を示す。

【図4A - 4G】図4A乃至図4Gは、本開示の発明的原理による患者に対するRCM口ボットの例示的位置合わせを示す。

【図5】図5は、本開示の発明的原理による低侵襲脳神経外科処置の第2の例示的実施態様を示す。

【図6】図6は、本開示の発明的原理による低侵襲脳神経外科処置の第3の例示的実施態様を示す。

【図7A - 7B】図7A及び図7Bは、本開示の発明的原理によるワークステーションの例示的実施態様を示す。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本開示の理解を容易にするために、図1の以下の記載は、低侵襲脳神経外科処置の間ににおける患者の画像に遠隔運動中心（“RCM”）を位置合わせするためにロボットに装着されたレーザポインタを使用する基本的な発明的原理を教示する。この記載から、当業者であれば、本開示の発明的原理を、何らかのタイプの低侵襲処置の間ににおいて患者の画像にRCMロボットを位置合わせするために種々の光学エンドエフェクタ（末端効果器）にどの様に適用するかを理解するであろう。

【0022】

図1を参照すると、低侵襲生検の撮像フェーズは、撮像コントローラ20、撮像手段22（例えば、CT、MRI又はUS撮像手段）及び撮像コントローラ20と撮像手段22との間の通信経路23（例えば、有線／無線接続）を使用する。一般的に、動作時において、当該低侵襲生検の撮像フェーズは、撮像コントローラ20が、当業技術において知られているように固定具11により固定された患者10の頭部に付着されたマーカ（黒点として印された）を示すボリューム画像の撮像手段22による発生の表示を制御することを伴う。撮像に際して、撮像コントローラ20は、更に、当業技術において知られているようにボリューム画像21内で患者10の頭部における切開点の位置（ボリューム画像21のマーカの間の円により印された）及び患者10の頭部内のターゲット病変に到達する目的の上記切開点を経るツール軌道（切開点に垂直なツール軌道を表すボリューム21のマーカ円内のXにより印された）をユーザが計画することを制御する。

【0023】

依然として図1を参照すると、当該低侵襲生検の位置合わせフェーズは、ロボットプラットフォーム30、同心弧ロボットの形態のRCMロボット40、レーザポインタの形態の光学エンドエフェクタ50、ロボットコントローラ60a、並びにロボットコントローラ60aと同心弧（concentric arc）ロボット40との間及びロボットコントローラ60aとロボットプラットフォーム30の能動型実施態様との間の通信経路63a（例えば、有線／無線接続）を使用する。

【0024】

本開示の発明の目的の場合、“ロボットプラットフォーム”なる用語は、デカルト座標系内で本開示のRCMロボットを運動させるように構造的に構成され、これにより該ロボットの遠隔運動中心をデカルト座標系内の所望の点に移動させることができる任意のプラットフォームを広く含むものである。

【0025】

図1の実施態様の場合、ロボットプラットフォーム30は、基部31（動作空間内のベッドレール又は他の安定した位置に接続可能な）並びに基部31に対して静止的な又は基部31に対して平行移動可能、回動可能及び／又は伸張可能な支柱32を使用する。ロボットプラットフォーム30は、更に、ロボット保持アーム34並びに該ロボット保持アーム34を支柱32に連結し、これにより該ロボット保持アーム34がデカルト座標系内で支柱32に対して平行移動可能、回動可能及び／又は伸張可能となるようにするジョイント（継手）33を使用する。

10

20

30

40

50

【0026】

実際には、ロボットプラットフォーム30は、支柱32及び／又はロボット保持アーム34の手動操作という点で受動的なもの、又は通信経路63aを介して基部31及び／又はロボット保持アーム34の平行移動、回動及び／又は伸張を指令するようにロボットコントローラ60aにより制御される電動支柱32及び／又は電動ジョイント33という点で能動的なものとすることができます。ロボットプラットフォーム30の受動的及び能動的な両実施態様に対して、支柱32及び／又はジョイント33は、基部31に対する支柱32の姿勢及び／又はデカルト座標系内でのロボット保持アーム34の姿勢を知らせるコード化信号を発生するためのエンコーダ（図示略）を含み、これにより、ロボットコントローラ60aは支柱32及び／又はロボット保持アーム34を追跡することができる。

10

【0027】

同心弧ロボット40は、ピッチアクチュエータ41に機械的に連結されると共に、ヨーアクチュエータ43に機械的に連結され又は物理的に統合されたピッチ弧部42を使用する。同心弧ロボット40は、更に、ヨーアクチュエータ43に機械的に連結されると共に、エンドエフェクタホルダ45と機械的に連結され又は物理的に統合されたヨー弧部44を含む。

【0028】

ピッチアクチュエータ41は、ピッチ軸PAを囲む双方向矢印により示されるように、該ピッチアクチュエータ41のピッチ軸PAの回りでピッチ弧部42、ヨーアクチュエータ43、ヨー弧部44、エンドエフェクタホルダ45及びレーザポインタ50を同時に回動（旋回）させるべく該ピッチアクチュエータ41を選択的に駆動するために通信経路63aを介してロボットコントローラ60aにより制御することが可能なエンコード型モータ（図示略）を含む。

20

【0029】

ヨーアクチュエータ43は、ヨー軸YAを囲む双方向矢印により示されるように、該ヨーアクチュエータ43のヨー軸YAの回りでヨーアクチュエータ43、ヨー弧部44、エンドエフェクタホルダ45及びレーザポインタ50を回動させるべく該ヨーアクチュエータ43を選択的に駆動するために通信経路63aを介してロボットコントローラ60aにより制御することが可能なエンコード型モータ（図示略）を含む。

【0030】

30

エンドエフェクタホルダ45は、レーザポインタ50を保持し、これにより、該レーザポインタ50により放出されるレーザビームLBが該エンドエフェクタホルダ45の長軸に整列されるようにする既知の態様で構成されている。

【0031】

当業技術で既知のように、ピッチアクチュエータ41、ヨーアクチュエータ43及びエンドエフェクタホルダ45の相対方位は遠隔運動中心RCMをピッチ軸PA、ヨー軸YA及びエンドエフェクタ軸（レーザビームLBにより示された）の交差として定める。ロボットプラットフォーム30の能動型実施態様により発生されるコード化信号に基づいて、ロボットコントローラ60aは、患者10の頭部に対して遠隔運動中心RCMを戦略的に位置決めするためにサーボモジュール61aを既知のように実行する。ピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43により発生されるコード化信号に基づいて、ロボットコントローラ60aは、患者10の頭部に付着されたマーカに対してレーザポインタ50を戦術的に向けるためにサーボモジュール61aを既知のように実行する。

40

【0032】

一般的に、動作時において、当該低侵襲生検の位置合わせフェーズは、ロボットコントローラ60aが遠隔運動中心RCMを患者10の頭部のボリューム画像21内の切開点の位置に位置合わせするために位置合わせモジュール62aを実行することを伴い、これにより、レーザビームLBは撮像フェーズの間に計画されたツール軌道TTに整列される。位置合わせモジュール62aの更に詳細な説明は、図2の記載により行う。

【0033】

50

図1を依然として参照すると、当該低侵襲生検の生検フェーズは、エンドエフェクタホルダ45からのレーザポインタ50の除去及び該エンドエフェクタホルダ45内へのツールガイド70の挿入を含む。前記位置合わせフェーズの間ににおける計画したツール軌道へのレーザビームLBの位置合わせされた整列に基づいて、生検ニードル71を、患者10の頭部内のターゲット病変に到達するようにツールガイド70により正確且つ制御された態様で配置することができる。

【0034】

位置合わせモジュール62aの更なる理解を容易にするために、以下は、図1に示された低侵襲生検の前後関係における図2に示される本開示の例示的ロボット画像誘導方法の撮像フェーズ及び位置合わせフェーズの説明である。この説明から、当業者であれば、如何なる特定の低侵襲処置及び本開示のRCMロボット及びロボットプラットフォームの如何なる構成に対しても適用可能な位置合わせモジュールを実施化するために、本開示の原理をどの様に適用するかを理解するであろう。10

【0035】

図2は、本開示の例示的ロボット画像誘導方法における手術医により実行される動作を表すフローチャート80、及び本開示の例示的ロボット画像誘導方法におけるコントローラにより実行される動作を表すフローチャート100を示す。

【0036】

図1及び図2を参照すると、図1の撮像フェーズの間において、フローチャート80のステージS82は手術医が既知のように患者10に放射線不透過性マーカを付着することを含み、フローチャート80のステージS84は、手術医が撮像コントローラ20と繋り取りし、これにより、撮像手段22がフローチャート100のステージS102の間に撮像コントローラ20により制御されて、患者10の頭部に付着された不透過性マーカを表すボリューム画像21を発生することを含む。実際には、これらマーカは同一の構造を有することができるか、又は各マーカがボリューム画像21内のマーカの個々の識別を容易にするために固有の形状を有することができます。20

【0037】

例えば、図3Aは星型形状を持つ放射線不透過性マーカ130を示し、図3Bは十字形状を持つ放射線不透過性マーカ131を示し、図3Cは菱形形状を持つ放射線不透過性マーカ132を示し、図3Dは八角形状を持つ放射線不透過性マーカ133を示す。30

【0038】

図1及び図2に戻ると、撮像ステージS84及びS102に続いて、フローチャート80のステージS86は、手術医がフローチャート100のステージS104の間に撮像コントローラ20と繋り取りして、既知のようにボリューム画像21内の患者10の頭部内への切開点の位置を計画すると共に、既知のようにボリューム画像21内の患者10の頭部内の病変に到達するための上記切開点を経るツール軌道を計画する過程を含む。

【0039】

図1及び図2を依然として参照すると、図1の位置合わせフェーズの開始時において、フローチャート80のステージS88は、手術医が受動型ロボットプラットフォーム30を手動で操作するか又は能動型ロボットプラットフォーム30のためのサーボモジュール61aと繋り取りして、図4Aに例示的に示されるように、遠隔運動中心RCMを患者10の頭部から空間的に任意に配置する過程を含む。ロボットプラットフォーム30のコード化されていない受動型又は能動型実施態様（“URP”）の場合、位置合わせモジュール62aはロボットプラットフォーム30の上記手動又はサーボ制御についてコード化信号を介して通知されることはなく、フローチャート100のステージS108に進む。ロボットプラットフォーム30のコード化された受動型又は能動型実施態様（“ERP”）の場合、フローチャート100のステージS104は位置合わせモジュール62aがステージS88の間ににおける患者10の頭部からの空間的な遠隔運動中心RCMの任意の配置に関してコード化信号を介して通知される過程を含み、これにより、位置合わせモジュール62aはロボットプラットフォーム30の追跡を開始する。4050

【0040】

ステージS88の完了に続いて、フローチャート80のステージS90は、手術医がサーボモジュール61aと適り取りして、レーザポインタ50のレーザビームLBを各マーカ上に順次中心を合わせる過程を含み、これによれば、フローチャート100のステージS108はサーボモジュール61a又は位置合わせモジュール62aが各マーカ上のレーザビームLBの中心合わせに関してピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のコード化位置を記録する過程を含む。

【0041】

例えは、図4BはレーザビームLBを第1マーカ上に中心を合わせるためのヨーアクチュエータ43のサーボモジュール61aによるサーボ制御を示し、これによれば、サーボモジュール61a又は位置合わせモジュール62aは第1マーカ上のレーザビームLBの中心合わせに対応してピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のコード化位置を記録する。

10

【0042】

図4Cは、レーザビームLBを第2マーカ上に中心を合わせるためのピッチアクチュエータ41のサーボモジュール61aによるサーボ制御を示し、これによれば、サーボモジュール61a又は位置合わせモジュール62aは第2マーカ上のレーザビームLBの中心合わせに対応してピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のコード化位置を記録する。

20

【0043】

図4Dは、レーザビームLBを第3マーカ上に中心を合わせるためのピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のサーボモジュール61aによるサーボ制御を示し、これによれば、サーボモジュール61a又は位置合わせモジュール62aは第3マーカ上のレーザビームLBの中心合わせに対応してピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のコード化位置を記録する。

30

【0044】

そして、図4Eは、レーザビームLBを第4マーカ上に中心を合わせるためのピッチアクチュエータ41のサーボモジュール61aによるサーボ制御を示し、これによれば、サーボモジュール61a又は位置合わせモジュール62aは第4マーカ上のレーザビームLBの中心合わせに対応してピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のコード化位置を記録する。

30

【0045】

ステージS108の完了に続いて、フローチャート100のステージS110は、位置合わせモジュール62aがピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43の記録されたコード化位置を既知のように処理して、同心弧ロボット40をボリューム画像21に示されたマーカ及び計画された切開位置に位置合わせする過程を含む。

40

【0046】

ステージS110の位置合わせに基づいて、ロボットプラットフォーム30のコード化されていない受動型又は能動型実施態様(“URP”)の場合、フローチャート100のステージS112は、図4Fに記号的に黒点で例示的に示された計画された切開位置にレーザビームLBの中心を合わせるために要する、ピッチアクチュエータ41及び/又はヨーアクチュエータ43のサーボモジュール61aを介しての自動サーボ制御を含む。

40

【0047】

ステージS110の完了に続いて、フローチャート80のステージS92は手術医がステージS112の間にレーザビームLBにより示された患者の頭部の切開位置をマークする過程を含み、フローチャート80のステージS94は手術医が受動型ロボットプラットフォーム30を手動で操作するか又は能動型ロボットプラットフォーム30のためのサーボモジュール61aと適り取りして、図4Gに例示的に示されるようにフローチャート100のステージS114の間に遠隔運動中心RCMを上記切開マーカに合わせる過程を含む。位置合わせモジュール62aは、当該位置合わせのグラフィック的及び/又はテキス

50

ト的確認情報を提供する。

【0048】

ステージS94及びS114の完了に続いて、フローチャート80のステージS96は、手術医がサーボモジュール61aと繋り取りして、切開マーカを含む各マーカ上にレーザポインタ50のレーザビームLBを順次中心合わせする過程を含み、これによれば、フローチャート100のステージS114はサーボモジュール61a又は位置合わせモジュール62aが各マーカ上でのレーザビームLBの中心合わせに関してピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43のコード化位置を記録する過程を含む。図4B～図4Eは、患者10の頭部から隔てられるものとは異なるが、遠隔運動中心が切開マーカに合わされるステージS114の例示である。

10

【0049】

各マーカ上でのレーザビームLBの中心合わせに続いて、フローチャート100のステージS118は、位置合わせモジュール62aがピッチアクチュエータ41及びヨーアクチュエータ43の記録されたコード化位置を既知のように処理して、遠隔運動中心RCMをボリューム画像21に示される切開マーカに位置合わせする過程を含む。ステージS118の位置合わせに基づいて、フローチャート100のステージS120は、図1に示された計画されたツール軌道TTにレーザビームLBを軸整列（軸合わせ）させるために要する、ピッチアクチュエータ41及び/又はヨーアクチュエータ43のサーボモジュール61aを介しての自動サーボ制御を含む。

20

【0050】

ステージS110の位置合わせに基づいて、ロボットプラットフォーム30のコード化された受動型実施態様（“EPRP”）の場合、フローチャート80のステージS92は、ここでも、手術医がステージS112の間にレーザビームLBにより指示されるように患者の頭部上の切開位置をマークする過程を含み、フローチャート80のステージS94は、ここでも、手術医が受動型ロボットプラットフォーム30を手動で操作して、図4Gに例示的に示されるようにフローチャート100のステージS114の間に遠隔運動中心を上記切開マーカに合わせる過程を含む。位置合わせモジュール62aは、当該位置合わせのグラフィック的及び/又はテキスト的確認情報を提供する。

20

【0051】

ステージS106のコード化追跡によれば、ステージS116及びS118による切開マーカに対する遠隔運動中心の位置合わせは、ステージS110の間にボリューム画像に示される切開点に対する遠隔運動中心RCMの値合わせに鑑みて、省略される。このように、ステージS114の確認情報を手術医が承認すると、サーボモジュール61aは、図1に示されるように計画されたツール軌道TTにレーザビームLBを軸整列させるために要するピッチアクチュエータ41及び/又はヨーアクチュエータ43のサーボモジュール61aを介しての自動サーボ制御のためにステージS114からステージS120に進む。

30

【0052】

ステージS106のコード化追跡及びステージS110の位置合わせに基づいて、ロボットプラットフォーム30のコード化された能動型実施態様（“EARP”）の場合、ステージS114によるRCM位置合わせ並びにステージS116及びS118による切開マーカに対する遠隔運動中心RCMの位置合わせは、ステージS110の間においてボリューム画像内に示される切開点に対する遠隔運動中心RCMの位置合わせに鑑みて省略される。このように、ステージS106のプラットフォーム追跡及びステージS110の位置合わせに基づいて、サーボモジュール61aは、図1に示されるように計画されたツール軌道TTにレーザビームLBを軸整列させるために要するピッチアクチュエータ41及び/又はヨーアクチュエータ43のサーボモジュール61aを介しての自動サーボ制御のためにステージS110からステージS120に進む。

40

【0053】

図1及び図2を依然として参照すると、フローチャート80及び100が完了した場合

50

、当業者であれば、図 1 の生検フェーズを最小限のヒューマンエラーで正確且つ制御された態様で実行することができる事が分かるであろう。

【 0 0 5 4 】

図 1 を参照すると、実際には、前記位置合わせフェーズは、更に自動化することができ及び / 又は種々の異なる光学エンドエフェクタを利用することができる。

【 0 0 5 5 】

例えば、図 5 は、カメラ 140 を患者 10 の頭部に付着されたマーカ及びレーザポインタ 50 を視野内に置くような態様で動作空間内に組み込んだ（例えば、ロボットプラットフォーム 30 又は同心弧ロボット 40 に取り付けられた）本開示の例示的位置合わせフェーズを示す。サーボモジュール 61b は、通信経路 63b を介してカメラ 140 のコントローラと通信し、前述したようにマーカ上にレーザポインタ 50 のレーザビーム LB の中心を合わせる際にロボット 30 のサーボ制御を自動的に実行するように構成される。このような制御は、図 2 に示されたステージ S108 及びステージ S118（当てはまるなら）の間において手術医がサーボモジュール 61b と遭り取りをする如何なる必要性も取り除く。10

【 0 0 5 6 】

また、例示として、図 6 はレーザポインタ 50 の代わりに内視鏡 51 を利用した本開示の例示的位置合わせフェーズを示す。この実施態様のために、サーボモジュール 61c は、図 2 に示したようなステージ S108 及びステージ S118（当てはまる場合）の間ににおける該内視鏡 51 の視野内での各マーカの中心合わせを含む自動的サーボ制御を実行するように構成される。更に詳細には、図 3A ~ 図 3D に各々示されるマーカ 130 ~ 133 に対し、サーボモジュール 61c は、図 2 に示されるようなステージ S108 及びステージ S118（当てはまるなら）の間において内視鏡 51 の視野内でのマーカ 130 ~ 133 の順次の中心合わせにおいて自動的サーボ制御を実行する。20

【 0 0 5 7 】

実際のところ、図 1 の各コントローラは、単一のワークステーション内に設置し、又は複数のワークステーションにまたがって分散させることができる。

【 0 0 5 8 】

例えば、図 7A は、CT、MRI 又は US 撮像のために設置された本開示の撮像コントローラ（例えば、撮像コントローラ 20）を有する撮像ワークステーション 150、並びに本開示のサーボモジュール及び位置合わせモジュールを実行するために設置された本開示のロボットコントローラ（例えば、ロボットコントローラ 60）を有する手術ロボットワークステーション 151 を示している。30

【 0 0 5 9 】

更なる例示として、図 7B は、CT、MRI 又は US 撮像のために設置された本開示の撮像コントローラ（例えば、撮像コントローラ 20）を有すると共に、本開示のサーボモジュール及び位置合わせモジュールを実行するために設置された本開示のロボットコントローラ（例えば、ロボットコントローラ 60）を有するワークステーション 152 を示している。ワークステーション 152 の場合、各コントローラは物理的 / 論理的に分離し又は統合することができる。40

【 0 0 6 0 】

また、実際のところ、本開示の位置合わせモジュールは、本開示のロボットコントローラと通信する本開示の撮像コントローラのアプリケーションとすることができます。

【 0 0 6 1 】

図 1 ~ 図 7 を参照した場合、当業者であれば、介入ツールを最小限のヒューマンエラーのリスクで正確且つ制御された態様で配置するための患者に対する遠隔運動中心ロボットの新規で固有な光学的位置合わせ（これに限るものではない）を含む、本開示の多数の利点を理解するであろう。

【 0 0 6 2 】

更に、当業者であれば本明細書でなされる教示に鑑み理解するように、本開示 / 明細書50

に記載され及び／又は図1～図7に示されたフィーチャ、エレメント、構成部品等は、電子部品／回路、ハードウェア、実行可能なソフトウェア及び実行可能なファームウエアの種々の組み合わせで実施化することができると共に、単一のエレメント又は複数のエレメント内で組み合わせができる機能を提供することができる。例えば、図1～図7に示され／図示され／描かれた種々のフィーチャ、エレメント、構成部品等の機能は、専用のハードウェア及び適切なソフトウェアとの関連でソフトウェアを実行することができるハードウェアの使用により提供することができる。プロセッサにより提供される場合、これら機能は単一の専用プロセッサにより、単一の共有プロセッサにより又は複数の個別のプロセッサにより提供され得るものであり、これらの幾つかは共有及び／又は多重化され得る。更に、“プロセッサ”なる用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行することができるハードウェアを専ら指すとみなされるべきではなく、限定無しで、デジタル信号プロセッサ（“DSP”）ハードウェア、メモリ（例えば、ソフトウェアを記憶するための読み取り専用メモリ（“ROM”）、ランダムアクセスメモリ（“RAM”）、不揮発性記憶部等）、並びに処理を実行及び／又は制御することができる（及び／又は処理を実行及び／又は制御するように構成することができる）実質的に任意の手段及び／又はマシン（ハードウェア、ソフトウェア、ファームウエア、回路、これらの組み合わせ等を含む）を暗黙的に含むことができる。10

【0063】

更に、本発明の原理、態様及び実施態様並びにこれらの特定の例を引用する全ての記述は、これらの構造的等価物及び機能的等価物の両方を含もうとするものである。更に、このような均等物は現在知られている均等物及び将来開発される均等物（例えば、構造とは無関係に、同一又は実質的に同様の機能を果たし得る、開発された何らかのエレメント）の両方を含むものである。このように、例えば、当業者であれば本明細書でなされる教示に鑑みて、本明細書で提示される如何なるブロック図も、本発明の原理を具現化する解説的システム部品及び／又は回路の思想的見方を表すことができる事が分かるであろう。同様に、当業者であれば本明細書でなされる教示に鑑み、如何なるフローチャート及び流れ図等も、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体内で実質的に表すことができ、従ってコンピュータ、プロセッサ又は処理能力を備える他の装置により実行され得る（このようなコンピュータ又はプロセッサが明示的に示されているか否かによらず）種々の処理を表すことができると理解すべきである。30

【0064】

更に、本開示の例示的実施態様は、例えばコンピュータ若しくは何らかの命令実行システムにより又は関連して使用するためのプログラムコード及び／又は命令を供給するコンピュータ使用可能なもの及び／又はコンピュータ読み取り可能な記憶媒体からアクセスすることができるコンピュータプログラム製品又はアプリケーションモジュールの形態をとることができる。本開示によれば、コンピュータ使用可能の又はコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、例えば命令実行システム、装置若しくはデバイスにより又は関連して使用するために当該プログラムを含み、記憶し、通知し、伝搬し又は伝送することができる任意の装置とすることができます。このような例示的媒体は、例えば、電子、磁気、光学、電磁、赤外若しくは半導体システム又は伝搬媒体とすることができます。コンピュータ読み取り可能な媒体の例は、例えば、半導体又は固体メモリ、磁気テープ、取り外し可能なコンピュータディスクケット、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み取り専用メモリ（ROM）、フラッシュ（ドライブ）、剛性磁気ディスク及び光ディスクを含む。光ディスクの現在の例は、コンパクトディスク-読み取り専用メモリ（CD-ROM）、コンパクトディスク-読み取り／書き込み（CD-RW）及びDVDを含む。更に、今後開発され得る如何なる新たなコンピュータ読み取り可能な媒体も、本開示の例示的実施態様により使用され又は参照することができるコンピュータ読み取り可能な媒体と見なされるべきであると理解されたい。40

【0065】

患者に対する遠隔運動中心ロボットの新規且つ発明的光学会合せの好ましい及び例示的実施態様（解説的であることを意図し、限定するものではない）を説明したので、当50

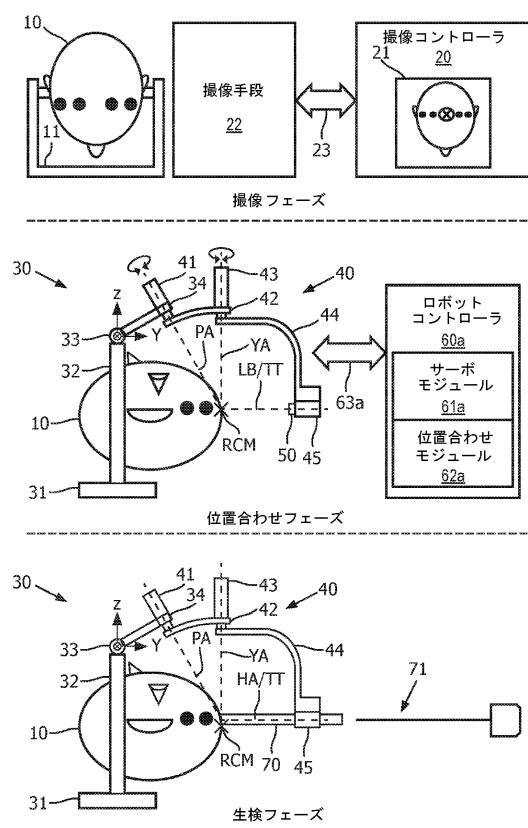
業者によれば、図1～図7を含む本明細書に提示された教示に照らして種々の修正及び変更を行うことができることに注意されたい。従って、本開示の好ましい及び例示的実施態様に対し、ここに開示された実施態様の範囲内である変更を行うことができると理解されるべきである。

【0066】

更に、当該装置を組み込む及び／又は実施化する対応する及び／又は関連するシステム、又は本開示による装置で使用／実施化することができるような装置も、考えることができ、本開示の範囲内に入ると見なされることが想定される。更に、本開示による装置及び／又はシステムを製造及び／又は使用する対応する及び／又は関連する方法も、考えることができ、本開示の範囲内に入ると見なされる。

10

【図1】



【図2】

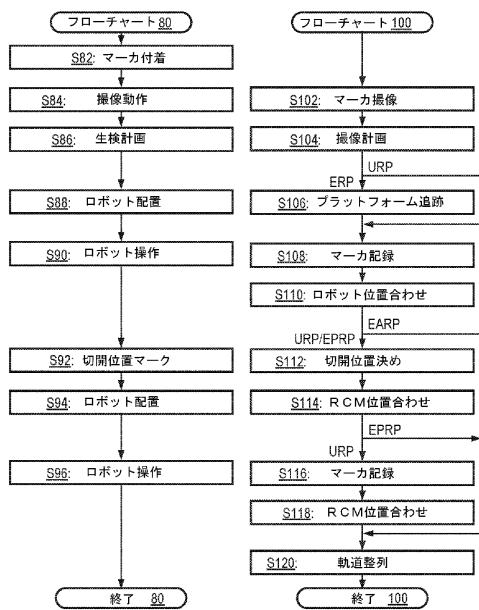


図2

図1

【図 3 A】

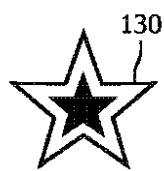


FIG. 3A

【図 3 C】

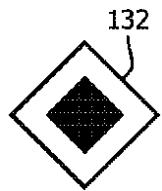


FIG. 3C

【図 3 B】

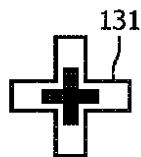


FIG. 3B

【図 3 D】

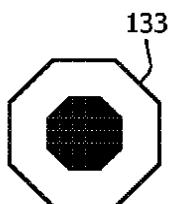


FIG. 3D

【図 4 A】

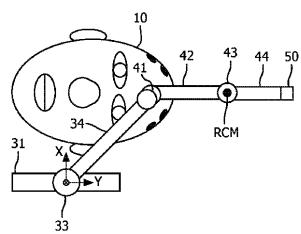


FIG. 4A

【図 4 C】

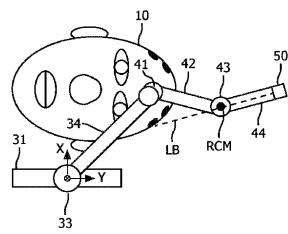


FIG. 4C

【図 4 B】

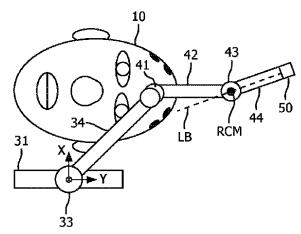


FIG. 4B

【図 4 D】

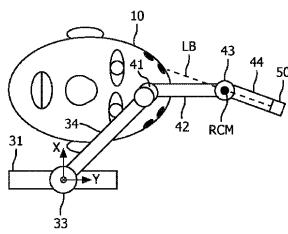


FIG. 4D

【図 4 E】

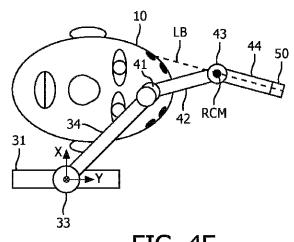


FIG. 4E

【図 4 G】

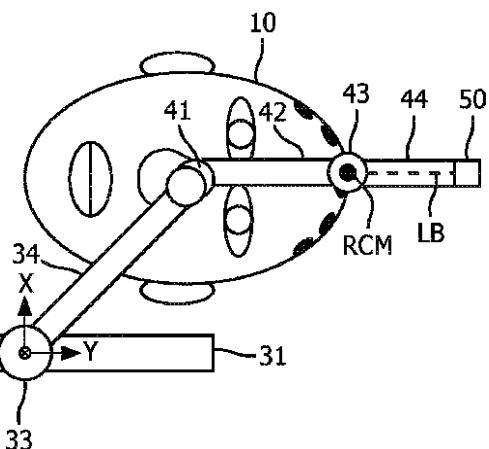


FIG. 4G

【図 4 F】

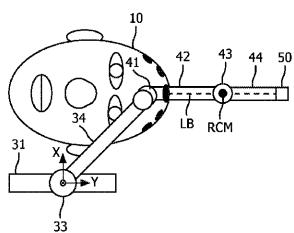


FIG. 4F

【図 5】

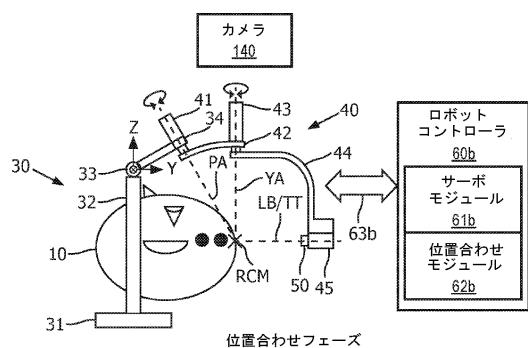


図 5

【図 7 A】

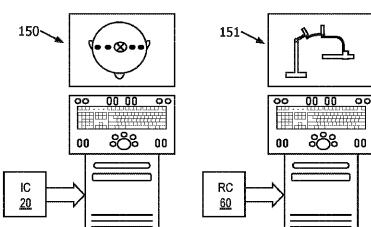


FIG. 7A

【図 6】

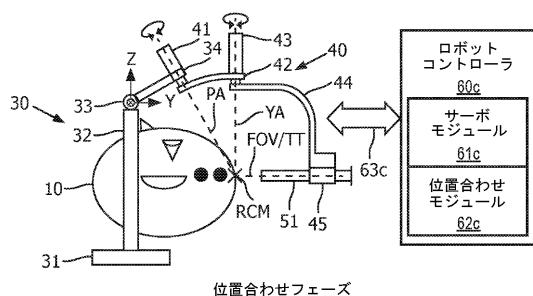


図 6

【図 7B】

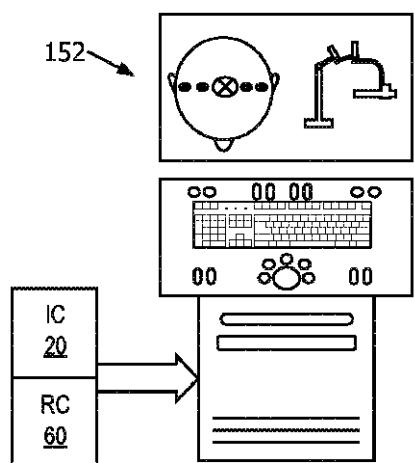


FIG. 7B

フロントページの続き

(72)発明者 ポポヴィッチ アレクサンドラ
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 ビルディング
5

審査官 高松 大

(56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0200876(US,A1)
米国特許出願公開第2008/0194945(US,A1)
特表2015-524309(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0123798(US,A1)
実開平03-111346(JP,U)
特開2015-163196(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 34 / 30
A 61 B 34 / 20
B 25 J 13 / 08