

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7214747号
(P7214747)

(45)発行日 令和5年1月30日(2023.1.30)

(24)登録日 令和5年1月20日(2023.1.20)

(51)国際特許分類	F I
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 6 1 0
A 6 1 B 1/045(2006.01)	A 6 1 B 1/00 5 5 2
	A 6 1 B 1/045 6 2 3

請求項の数 14 (全47頁)

(21)出願番号	特願2020-551849(P2020-551849)	(73)特許権者	518083032
(86)(22)出願日	平成31年3月26日(2019.3.26)		オーリス ヘルス インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2021-519142(P2021-519142 A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 5 レッドウッド シティ ショアラ イン ドライブ 1 5 0
(43)公表日	令和3年8月10日(2021.8.10)	(74)代理人	100088605
(86)国際出願番号	PCT/US2019/024147		弁理士 加藤 公延
(87)国際公開番号	WO2019/191144	(74)代理人	100130384
(87)国際公開日	令和1年10月3日(2019.10.3)		弁理士 大島 孝文
審査請求日	令和4年3月28日(2022.3.28)	(72)発明者	スリニバサン・スバシニ
(31)優先権主張番号	62/649,513		アメリカ合衆国、9 4 0 6 5 カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ 1 5 0、オーリス
(32)優先日	平成30年3月28日(2018.3.28)		ヘルス インコーポレイテッド 気付け
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	ヌーナン・デイビッド・ボール
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 位置センサの位置合わせのためのシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

システムであって、

1つ又は2つ以上の位置センサのセットを含む器具であって、前記1つ又は2つ以上の位置センサのセットが、位置センサ座標系内の前記1つ又は2つ以上の位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成された、器具と、

前記器具の遠位端の移動を制御するように構成された器具マニピュレータのセットと、コンピュータシステムのプロセッサのセットと、

前記プロセッサのセットと通信し、(i)患者の管腔網のモデルであって、前記モデルが、モデル座標系内のターゲット及び前記ターゲットへの経路を含む、モデルと、(ii)前記ターゲットへの前記経路の外側にある前記管腔網の第1の分岐、及び前記ターゲットへの前記経路の一部である前記管腔網の第2の分岐を含む、位置合わせ経路と、を記憶した、前記コンピュータシステムの少なくとも1つのコンピュータ可読メモリと、を備え、前記メモリは、前記プロセッサのセットに、

前記器具を前記位置合わせ経路に従って前記管腔網の前記第1の分岐に沿って駆動するように、第1のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することと、

前記器具を前記第1の分岐に沿って駆動する間に、1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、

前記1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットが位置合わせ基準を満たすことを判定することと、

前記器具を前記ターゲットへの前記経路に戻し、前記器具を前記位置合わせ経路に従って前記第2の分岐に沿って駆動するように、第2のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することと、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の位置合わせを、前記器具を前記第1の分岐及び前記第2の分岐に沿って駆動する間に、前記1つ又は2つ以上の位置センサのセットから受信した前記位置データに基づいて判定することと、を行わせるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、システム。

【請求項2】

前記第1の分岐が、前記ターゲットに対して前記管腔網の対側に位置する、請求項1に記載のシステム。

10

【請求項3】

1つ又は2つ以上のユーザ入力デバイスのセットを更に備え、

前記メモリが、前記1つ又は2つ以上のユーザ入力デバイスから受信したユーザ入力に基づいて、前記プロセッサのセットに前記第1のコマンドセット及び前記第2のコマンドセットを生成させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記メモリが、前記プロセッサのセットに、

前記器具を前記管腔網内の第1の位置に駆動するように、第3のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶しており、

20

前記器具の前記遠位端が前記第1の位置から閾値距離内にある間は、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記1つ又は2つ以上の位置センサのセットから受信した前記位置データに更に基づく、請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

前記メモリが、前記プロセッサのセットに、

前記第1の位置に到達した後に前記器具を後退させるように、第4のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させ、

前記第3のコマンドセット及び前記第4のコマンドセットに基づいて、前記モデル座標系内の前記第1の位置のポジションを判定させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶しており、

30

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記器具を前記第1の位置から後退させる前に受信された前記位置データに更に基づく、請求項4に記載のシステム。

【請求項6】

前記器具が、カメラを更に備え、

前記メモリは、前記プロセッサのセットに、

前記カメラから受信した画像の分析に基づいて、前記器具の前記遠位端のポジションを判定させ、

前記器具の前記遠位端が、前記器具の前記遠位端の判定されたポジションに基づいて、前記第1の位置から閾値距離内にあることを判定させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、請求項4に記載のシステム。

40

【請求項7】

前記メモリが、前記プロセッサのセットに、

前記器具を前記第1の分岐及び前記第2の分岐に沿って駆動する間に、前記位置センサ座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表す位置データ点のセットを生成させ、

前記第1のコマンドセット及び前記第2のコマンドセットに基づいて、前記モデル座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表すモデル点のセットを生成させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶しており、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置センサ

50

座標系内の前記位置データ点のセットの、前記モデル座標系内の前記モデル点のセットへのマッピングに更に基づく、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記 1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットが、前記第 1 の分岐への挿入深さを含み、

前記メモリは、前記プロセッサのセットに、

前記位置合わせパラメータのセットが、閾値挿入深さより大きい前記第 1 の分岐への前記挿入深さに応じて、前記位置合わせ基準を満たすことを判定させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、実行されると、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスに、

器具を管腔網の第 1 の分岐に沿って駆動するように、第 1 のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記器具が、1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットを含み、前記 1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットが、位置センサ座標系内の前記 1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されており、前記器具マニピュレータのセットが、前記器具の遠位端の移動を制御するように構成されており、メモリが、(i) 患者の管腔網のモデルであって、前記モデルが、モデル座標系内のターゲット及び前記ターゲットへの経路を含む、モデルと、(i i) 前記ターゲットへの前記経路の外側にある前記管腔網の前記第 1 の分岐、及び前記ターゲットへの前記経路の一部である前記管腔網の第 2 の分岐を含む、位置合わせ経路と、を記憶する、提供することと、

前記器具を前記位置合わせ経路に従って前記第 1 の分岐に沿って駆動する間に、1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、

前記 1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットが、位置合わせ基準を満たすことを判定することと、

前記器具を前記ターゲットへの前記経路に戻し、前記器具を前記位置合わせ経路に従って前記第 2 の分岐に沿って駆動するように、第 2 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することと、

前記器具を前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐に沿って駆動する間に、前記 1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットから受信した前記位置データに基づいて、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の位置合わせを判定することと、を行わせるための、命令を記憶している、非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 10】

実行されると、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスに、

前記器具を前記管腔網内の第 1 の位置に駆動するように、第 3 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させる、命令を更に記憶しており、

前記器具の前記遠位端が前記第 1 の位置から閾値距離内にある間は、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記 1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットから受信した前記位置データに更に基づく、請求項 9 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 11】

実行されると、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスに、

前記第 1 の位置に到達した後に前記器具を後退させるように、第 4 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させ、

前記第 3 のコマンドセット及び前記第 4 のコマンドセットに基づいて、前記モデル座標系内の前記第 1 の位置のポジションを判定させる、命令を更に記憶しており、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記器具を前記第 1 の位置から後退させる前に受信された前記位置データに更に基づく、請求項 10 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記器具が、カメラを更に備え、

前記非一時的コンピュータ可読記憶媒体は、実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記カメラから受信した画像の分析に基づいて、前記器具の前記遠位端のポジションを判定することと、

前記器具の前記遠位端が、前記器具の前記遠位端の判定されたポジションに基づいて、前記第1の位置から閾値距離内にあることを判定することと、を行わせる、命令を更に記憶している、請求項10に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 1 3】

実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記器具を前記第1の分岐及び前記第2の分岐に沿って駆動する間に、前記位置センサ座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表す位置データ点のセットを生成させ、

前記第1のコマンドセット及び前記第2のコマンドセットに基づいて、前記モデル座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表すモデル点のセットを生成させる、命令を更に記憶しており、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置センサ座標系内の前記位置データ点のセットの、前記モデル座標系内の前記モデル点のセットへのマッピングに更に基づく、請求項9に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 1 4】

前記1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットが、前記第1の分岐への挿入深さを含み、

前記非一時的コンピュータ可読記憶媒体は、実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記位置合わせパラメータのセットが、閾値挿入深さより大きい前記第1の分岐への前記挿入深さに応じて、前記位置合わせ基準を満たすことを判定させるための、命令を更に記憶している、請求項9に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2018年3月28日に提出された米国特許仮出願第62/649,513号の利益を主張するものであり、これは参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】

(発明の分野)

本明細書に開示されるシステム及び方法は、位置センサの位置合わせのためのシステム及び方法に関し、より具体的には、位置センサ座標系を別の座標系に位置合わせすることを目的とする。

【背景技術】

【0003】

内視鏡検査(例えば気管支鏡検査)などの医療処置は、診断及び/又は治療目的で、患者の管腔網(例えば、気道)内への医療用具の挿入を伴うことがある。外科用ロボットシステムが、医療処置中の医療用具の挿入及び/又は操作を制御するために使用されることがある。外科用ロボットシステムは、医療処置前及び医療処置中に医療用具の位置決めを制御するために使用され得るマニピュレータアセンブリを含む少なくとも1つのロボットアームを備え得る。外科用ロボットシステムは、位置センサ座標系に対する医療用具の遠位端のポジションを示す位置データを生成するように構成された位置センサを更に備え得る。

【0004】

外科用ロボットシステムは、患者の管腔網のモデルを更に利用することができ、このモ

10

20

30

40

50

デルは、モデル座標系に対して定義され得る。位置センサ座標系は、モデル座標系に位置合わせされなくてもよく、したがって、システムは、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを達成するプロセスを実行し、それにより位置センサから受信した位置データを使用して、モデルに対する医療用具の遠位端のポジションを判定することができる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示のシステム、方法及び装置はそれぞれ、いくつかの革新的な態様を有し、そのうちの1つも、本明細書に開示される望ましい属性にのみ関与するものではない。

10

【0006】

一態様では、1つ又は2つ以上の位置センサのセットを備える器具であって、位置センサのセットが、位置センサ座標系内の位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されている、器具と、器具の遠位端の移動を制御するように構成された器具マニピュレータのセットと、プロセッサのセットと、プロセッサのセットと通信し、患者の管腔網のモデルを記憶した少なくとも1つのコンピュータ可読メモリと、を備え、モデルが、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含む、システムが提供される。メモリは、プロセッサのセットに、器具を管腔網の第1の分岐に沿って駆動するように、第1のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することによって、第1の分岐が、ターゲットへの経路の外側にある、提供することと、器具を第1の分岐に沿って駆動する間に、1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、位置合わせパラメータのセットが位置合わせ基準を満たすことを判定することと、器具を経路に戻し、器具を第2の分岐に沿って駆動するように、第2のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することによって、第2の分岐が、ターゲットへの経路の一部である、提供することと、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを、器具を第1の分岐及び第2の分岐に沿って駆動する間に、位置センサのセットから受信した位置データに基づいて判定することと、を行わせるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶していてもよい。

20

【0007】

別の態様では、非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、器具を管腔網の第1の分岐に沿って駆動するように、第1のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することによって、器具が、1つ又は2つ以上の位置センサのセットを含み、位置センサのセットが、位置センサ座標系内の位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されており、器具マニピュレータのセットが、器具の遠位端の移動を制御するように構成されており、メモリが、患者の管腔網のモデルを記憶しており、モデルが、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含み、第1の分岐は、ターゲットへの経路の外側にある、提供することと、器具を第1の分岐に沿って駆動する間に、1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、位置合わせパラメータのセットが位置合わせ基準を満たすことを判定することと、器具を経路に戻し、器具を第2の分岐に沿って駆動するように、第2のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することによって、第2の分岐は、ターゲットへの経路の一部である、提供することと、器具を第1の分岐及び第2の分岐に沿って駆動する間に、位置センサのセットから、受信した位置データに基づいて、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを判定することと、を行わせるための、命令を記憶している、非一時的コンピュータ可読記憶媒体が提供される。

30

40

【0008】

更に別の態様では、1つ又は2つ以上の位置センサのセットを位置合わせする方法であって、器具を管腔網の第1の分岐に沿って駆動するように、第1のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することによって、器具が、位置センサのセットを含み、

50

位置センサのセットが、位置センサ座標系内の位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されており、器具マニピュレータのセットが、器具の遠位端の移動を制御するように構成されており、メモリが、患者の管腔網のモデルを記憶しており、モデルが、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含み、第1の分岐がターゲットへの当該経路の外側にある、提供することと、器具を第1の分岐に沿って駆動する間に、1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、位置合わせパラメータのセットが、位置合わせ基準を満たすことを判定することと、器具を経路に戻し、器具を第2の分岐に沿って駆動するように、第2のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することと、第2の分岐が、ターゲットへの経路の一部である、提供することと、器具を第1の分岐及び第2の分岐に沿って駆動する間に、位置センサのセットから受信した位置データに基づいて、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを判定することと、を含む、方法が提供される。

10

【0009】

なおも更なる別の態様では、1つ又は2つ以上のプロセッサのセットと、プロセッサのセットと通信し、患者の管腔網のモデルを記憶している少なくとも1つのコンピュータ可読メモリと、を備えるシステムが提供され、このモデルが、モデル座標系内のターゲットと、ターゲットへの経路とを含み、メモリが、プロセッサのセットに、ディスプレイデバイスを介して管腔網を表示する命令を提供することと、モデル座標系内のターゲットの位置の指標を受信することと、管腔網内の第1の分岐及び第2の分岐を識別することと、第1の分岐は、ターゲットへの経路の外側にあり、第2の分岐は、ターゲットへの経路の一部である、識別することと、器具の遠位端を第1の分岐に沿って駆動し、第1の分岐から経路に戻し、第2の分岐に沿って駆動するための命令のセットを生成することと、命令に従って器具を駆動する間に1つ又は2つ以上の位置センサのセットから受信した位置データが、位置データの位置座標系とモデル座標系との間の位置合わせを容易にする、生成することと、器具を第1の分岐に沿って駆動する間に追跡される1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータの位置合わせ基準を判定することと、を行わせる、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している。

20

【0010】

更に別の態様では、非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、ディスプレイデバイスを介して管腔網を表示する命令を提供することと、管腔網が、非一時的コンピュータ可読記憶媒体に記憶され、モデルが、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含み、提供することと、モデル座標系内のターゲットの位置の指標を受信することと、管腔網内の第1の分岐及び第2の分岐を識別することと、第1の分岐が、ターゲットへの経路の外側にあり、第2の分岐が、ターゲットへの経路の一部である、識別することと、器具の遠位端を第1の分岐に沿って駆動し、第1の分岐から経路に戻し、第2の分岐に沿って駆動するための命令のセットを生成させることと、命令に従って器具を駆動する間に1つ又は2つ以上の位置センサのセットから受信した位置データが、位置データの位置座標系とモデル座標系との間の位置合わせを容易にする、生成することと、器具を第1の分岐に沿って駆動する間に追跡される1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータの位置合わせ基準を判定することと、を行わせるための、命令を更に記憶している、非一時的コンピュータ可読記憶媒体が提供される。

30

40

【0011】

別の態様では、術前計画の方法であって、ディスプレイデバイスを介して管腔網を表示するための命令を提供することと、管腔網は、非一時的コンピュータ可読記憶媒体に記憶されており、モデルが、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含み、提供することと、モデル座標系内のターゲットの位置の指標を受信することと、管腔網内の第1の分岐及び第2の分岐を識別することと、第1の分岐が、ターゲットへの経路の外側にあり、第2の分岐が、ターゲットへの経路の一部である、識別することと、器具の遠位端を第1の分岐に沿って駆動し、第1の分岐から経路に戻し、第2の分岐に

50

沿って駆動するための命令のセットを生成することであって、命令に従って器具を駆動する間に1つ又は2つ以上の位置センサのセットから受信した位置データが、位置データの位置座標系とモデル座標系との間の位置合わせを容易にする、生成することと、器具を第1の分岐に沿って駆動する間に追跡される1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータの位置合わせ基準を判定することと、を含む、術前計画の方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

開示される態様は、以下、添付の図面と併せて説明され、開示された態様を例示するが、限定するものではなく、同様の指定は同様の要素を示す。

【図1】診断及び/又は治療用気管支鏡検査処置のために配置されたカートベースのロボットシステムの実施形態を示す図である。 10

【図2】図1のロボットシステムの更なる態様を描写する図である。

【図3】尿管鏡検査のために配置された図1のロボットシステムの実施形態を示す図である。

【図4】血管処置のために配置された図1のロボットシステムの実施形態を示す図である。

【図5】気管支鏡検査処置のために配置されたテーブルベースのロボットシステムの実施形態を示す図である。

【図6】図5のロボットシステムの代替的な図である。

【図7】ロボットアームを格納するように構成された例示的なシステムを示す図である。

【図8】尿管鏡検査処置のために構成されたテーブルベースのロボットシステムの実施形態を示す図である。 20

【図9】腹腔鏡処置のために構成されたテーブルベースのロボットシステムの実施形態を示す図である。

【図10】ピッチ又は傾斜調整を有する図5～図9のテーブルベースのロボットシステムの実施形態を示す図である。

【図11】図5～図10のテーブルベースのロボットシステムのテーブルとカラムとの間のインターフェースの詳細な図である。

【図12】例示的な器具ドライバを示す図である。

【図13】ペアにされた器具ドライバを備えた例示的な医療用器具を示す図である。

【図14】駆動ユニットの軸が器具の細長いシャフトの軸に平行である、器具ドライバ及び器具の代替的な設計を示す図である。 30

【図15】例示的な実施形態による、図1～図10のロボットシステムの1つ又は2つ以上の要素の位置、例えば、図13及び図14の器具の位置を推定する位置特定システムを示すブロック図である。

【図16A】開示されたナビゲーションシステム及び技法の1つ又は2つ以上の態様を実施する例示的な動作環境を示す図である。

【図16B】図16Aの動作環境内でナビゲートすることができる例示的な管腔網を示す図である。

【図16C】図16Bの管腔網を通る器具の移動を誘導するためのロボットシステムの例示的なロボットアームを示す図である。 40

【図17】例えば、例示的な動作環境におけるコマンドコンソールとして使用することができる例示的なコマンドコンソールを示す図である。

【図18】本明細書に記載されるような撮像及びEM検知能力を有する例示的な器具、例えば、図16A～図16Cの器具の遠位端を示す図である。

【図19】本開示の態様に従って、位置センサの位置合わせを実行することができる、例示的な管腔網を示す図である。

【図20A】本開示の態様による、位置センサ座標系を対側に位置合わせするための、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能な例示的な方法を示すフローチャートである。

【図20B】本開示の態様による、対側位置合わせを円滑にするために十分な位置データ 50

が受信されたかどうかを判定するための、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能な例示的方法を示すフローチャートである。

【図 2 1】本開示の態様による、管腔網のモデルに関する位置データを示す図である。

【図 2 2】本開示の態様による、対側位置合わせプロセスを事前形成しない位置データの位置合わせの実施例を示す図である。

【図 2 3】本開示の態様による、術前計画のための、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能な例示的方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

1. 概論

本開示の態様は、腹腔鏡検査などの低侵襲性、及び内視鏡検査などの非侵襲性の両方の処置を含む、様々な医療処置を行うことができるロボット制御可能な医療システムに統合され得る。内視鏡検査処置のうち、システムは、気管支鏡検査、尿管鏡検査、胃鏡検査等を実行することができる。

【0014】

幅広い処置を実行することに加えて、システムは、医師を支援するための強調された撮像及び誘導などの追加の利益を提供することができる。加えて、システムは、厄介な腕の動作及び姿勢を必要とせずに、人間工学的な姿勢から処置を行う能力を医師に提供することができる。また更に、システムは、システムの器具のうちの1つ又は2つ以上が単一のユーザによって制御され得るように、改善された使いやすさで処置を行う能力を医師に提供することができる。

【0015】

以下、説明を目的として、図面と併せて、様々な実施形態が説明される。開示された概念の多くの他の実施態様が可能であり、開示された実施態様で様々な利点が達成され得ると理解されたい。見出しが、参照のために本明細書に含まれ、様々なセクションの位置を特定する支援となる。これらの見出しは、それに関して説明される概念の範囲を限定することを意図するものではない。そのような概念は、本明細書全体にわたって適用可能性を有し得る。

【0016】

A. ロボットシステム - カート

ロボット制御可能な医療システムは、特定の処置に応じて様々な方法で構成され得る。図 1 は、診断及び/又は治療的気管支鏡検査処置のために配置された、カートベースのロボット制御可能なシステム 10 の実施形態を示す。気管支鏡検査の間、システム 10 は、気管支鏡検査のための処置特有の気管支鏡であり得る操縦可能な内視鏡 13 などの医療用器具を、診断及び/又は治療用具を送達するための自然オリフィスアクセスポイント（すなわち、本実施例ではテーブル上に位置決めされた患者の口）に送達するための1つ又は2つ以上のロボットアーム 12 を有するカート 11 を含み得る。図示のように、カート 11 は、アクセスポイントへのアクセスを提供するために、患者の上部胴体に近接して位置決めされ得る。同様に、ロボットアーム 12 は、アクセスポイントに対して気管支鏡を位置決めするために作動され得る。図 1 の配置はまた、胃腸管 (gastro-intestinal、GI) 処置を胃鏡、つまり GI 処置のための特殊な内視鏡を用いて実行するとき利用され得る。図 2 は、カートの例示的な実施形態をより詳細に描写する。

【0017】

図 1 を引き続き参照すると、一旦カート 11 が適切に位置決めされると、ロボットアーム 12 は、操縦可能な内視鏡 13 をロボットで、手動で、又はそれらの組み合わせで患者内に挿入することができる。図示のように、操縦可能な内視鏡 13 は、内側リーダー部分及び外側シース部分などの少なくとも2つの入れ子式部品を含んでもよく、各部分は、器具ドライバのセット 28 から別個の器具ドライバに結合され、各器具ドライバは、個々のロボットアームの遠位端に結合されている。リーダー部分をシース部分と同軸上に整列させるのを容易にする器具ドライバ 28 のこの直線配置は、1つ又は2つ以上のロボットア

10

20

30

40

50

ーム 12 を異なる角度及び / 又はポジションに操作することによって空間内に再配置され得る「仮想レール」29 を作成する。本明細書に記載される仮想レールは、破線を使用して図に示されており、したがって破線は、システムの任意の物理的構造を示さない。仮想レール 29 に沿った器具ドライバ 28 の並進は、外側シース部分に対して内側リーダー部分を入れ子にするか、又は内視鏡 13 を患者から前進若しくは後退させる。仮想レール 29 の角度は、臨床用途又は医師の好みに基づいて調整、並進、及び駆動されてもよい。例えば、気管支鏡検査では、示されるような仮想レール 29 の角度及びポジションは、内視鏡 13 を患者の口内に曲げ入れることによる摩擦を最小限に抑えながら内視鏡 13 への医師のアクセスを提供する妥協を表す。

【0018】

内視鏡 13 は、ターゲット目的地又は手術部位に到達するまで、ロボットシステムからの正確なコマンドを使用して挿入後に患者の気管及び肺の下方に指向されてもよい。患者の肺網を通したナビゲーションを高め、及び / 又は所望のターゲットに到達するために、内視鏡 13 を操作して、内側リーダー部分を外側シース部分から入れ子状に延在させて、高められた関節運動及びより大きな曲げ半径を得てもよい。別個の器具ドライバ 28 の使用により、リーダー部分及びシース部分が互いに独立して駆動されることも可能となる。

【0019】

例えば、内視鏡 13 は、例えば、患者の肺内の病変又は小結節などのターゲットに生検針を送達するように指向されてもよい。針は、内視鏡の長さにもわたる作業チャンネルの下方に展開されて、病理医によって分析される組織試料を得てもよい。病理の結果に応じて、追加の生検のために追加のツールが内視鏡の作業チャンネルの下方に展開されてもよい。小結節を悪性と特定した後、内視鏡 13 は、潜在的な癌組織を切除するために器具を内視鏡的に送達してもよい。場合によっては、診断及び治療的処置は、別個の処置で送達される必要があってもよい。これらの状況において、内視鏡 13 はまた、ターゲット小結節の位置を「マーク」するために基準を送達するために使用されてもよい。他の例では、診断及び治療的処置は、同じ処置中に送達されてもよい。

【0020】

システム 10 はまた、カート 11 にサポートケーブルを介して接続されて、カート 11 への制御、電子機器、流体力学、光学系、センサ、及び / 又は電力のためのサポートを提供し得る移動可能なタワー 30 を含んでもよい。タワー 30 内にこのような機能を置くことにより、操作を行う医師及びそのスタッフにより容易に調整及び / 又は再配置され得るより小さいフォームファクタのカート 11 が可能となる。追加的に、カート / テーブルとサポートタワー 30 との間で機能を分けることで手術室の煩雑さが軽減され、臨床ワークフローの改善を促進する。カート 11 は患者に近接して配置されてもよいが、タワー 30 は、処置中に邪魔にならないように遠隔位置に収容されてもよい。

【0021】

上述のロボットシステムのサポートにおいて、タワー 30 は、例えば、永続的な磁気記憶ドライブ、ソリッドステートドライブなどの非一時的コンピュータ可読記憶媒体内にコンピュータプログラム命令を記憶するデータベースの制御システムの構成要素を含んでもよい。これらの命令の実行は、実行がタワー 30 内で行われてもカート 11 内で行われても、そのシステム又はサブシステム全体を制御してもよい。例えば、コンピュータシステムのプロセッサによって実行されるときに、命令は、ロボットシステムの構成要素に、関連するキャリッジ及びアームマウントを作動させ、ロボットアームを作動させ、医療用器具を制御させてもよい。例えば、制御信号を受信したことに応答して、ロボットアームの関節内のモータは、アームをある特定の姿勢に配置してもよい。

【0022】

タワー 30 はまた、内視鏡 13 を通して展開され得るシステムに制御された灌注及び吸引能力を提供するために、ポンプ、流量計、弁制御、及び / 又は流体アクセスを含んでもよい。これらの構成要素はまた、タワー 30 のコンピュータシステムを使用して制御されてもよい。いくつかの実施形態では、灌注及び吸引能力は、別個のケーブルを通して内視

10

20

30

40

50

鏡 1 3 に直接送達されてもよい。

【 0 0 2 3 】

タワー 3 0 は、フィルタリングされ、保護された電力をカート 1 1 に提供するように設計された電圧及びサージ保護具を含んでもよく、それによって、カート 1 1 内の電力変圧器及び他の補助電力構成要素の配置を回避して、より小さくより移動可能なカート 1 1 をもたらす。

【 0 0 2 4 】

タワー 3 0 はまた、ロボットシステム 1 0 全体に配置されたセンサのためのサポート機器を含んでもよい。例えば、タワー 3 0 は、ロボットシステム 1 0 全体の光センサ又はカメラから受信したデータを検出、受信、及び処理するためのオプトエレクトロニクス機器を含んでもよい。制御システムと組み合わせて、このようなオプトエレクトロニクス機器は、タワー 3 0 内を含むシステム全体に展開された任意の数のコンソール内に表示するためのリアルタイム画像を生成するために使用されてもよい。同様に、タワー 3 0 はまた、展開された電磁 (electromagnetic、E M) センサから受信した信号を受信及び処理するための電子サブシステムを含んでもよい。タワー 3 0 はまた、医療用器具内又は医療用器具上の E M センサによる検出のために E M 場発生器を収容し、配置するために使用されてもよい。

【 0 0 2 5 】

タワー 3 0 はまた、システムの残りの部分で利用可能な他のコンソール、例えば、カートの上部に装着されたコンソールに追加して、コンソール 3 1 を含んでもよい。コンソール 3 1 は、医師操作者のためのユーザインターフェース及びタッチスクリーンなどの表示画面を含んでもよい。システム 1 0 内のコンソールは、一般に、ロボット制御、並びに内視鏡 1 3 のナビゲーション情報及び位置特定情報などの処置の術前及びリアルタイム情報の両方を提供するように設計される。コンソール 3 1 が医師に利用可能な唯一のコンソールではないときに、コンソールは、看護師などの第 2 の操作者によって使用されて、患者の健康又はバイタル及びシステムの動作を監視し、かつナビゲーション及び位置特定情報などの処置固有のデータを提供してもよい。

【 0 0 2 6 】

タワー 3 0 は、1 つ又は 2 つ以上のケーブル又は接続 (図示せず) を介してカート 1 1 及び内視鏡 1 3 に結合されてもよい。いくつかの実施形態では、タワー 3 0 からのサポート機能は、単一ケーブルを通してカート 1 1 に提供され、手術室を簡略化し、整理整頓し得る。他の実施形態では、特定の機能は、別個のケーブルリング及び接続で結合されてもよい。例えば、単一の電力ケーブルを通してカートに電力が供給されてもよいが、制御、光学、流体工学、及び / 又はナビゲーションのためのサポートは、別個のケーブルを通して提供されてもよい。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、図 1 に示されるカートベースのロボット制御可能なシステムからのカートの実施形態の詳細な図を提供する。カート 1 1 は、概して、細長い支持構造 1 4 (「カラム」と呼ばれることが多い)、カート基部 1 5、及びカラム 1 4 の頂部にあるコンソール 1 6 を含む。カラム 1 4 は、1 つ又は 2 つ以上のロボットアーム 1 2 (図 2 には 3 つ示されている) の展開を支持するためのキャリッジ 1 7 (代替的に「アーム支持体」) などの 1 つ又は 2 つ以上のキャリッジを含んでもよい。キャリッジ 1 7 は、患者に対してより良好に位置決めするようロボットアーム 1 2 の基部を調整するために、垂直軸に沿って回転する個別に構成可能なアームマウントを含んでもよい。キャリッジ 1 7 はまた、キャリッジ 1 7 がカラム 1 4 に沿って垂直方向に並進することを可能にするキャリッジインターフェース 1 9 を含む。

【 0 0 2 8 】

キャリッジインターフェース 1 9 は、キャリッジ 1 7 の垂直方向の並進を案内するためにカラム 1 4 の両側に配置されたスロット 2 0 などのスロットを通してカラム 1 4 に接続されている。スロット 2 0 は、カート基部 1 5 に対して様々な垂直方向の高さでキャリッ

10

20

30

40

50

ジを配置及び保持するための垂直方向の並進インターフェースを含む。キャリッジ 17 の垂直方向の並進により、カート 11 が、様々なテーブルの高さ、患者のサイズ、及び医師の好みを満たすようにロボットアーム 12 の到達を調整することを可能にする。同様に、キャリッジ 17 上の個別に構成可能なアームマウントにより、ロボットアーム 12 のロボットアーム基部 21 が様々な構成で角度付けされることを可能にする。

【0029】

いくつかの実施形態では、スロット 20 には、キャリッジ 17 が垂直方向に並進する際に、コラム 14 の内部チャンバ及び垂直方向の並進インターフェース内への汚れ及び流体の侵入を防止するためにスロット表面と同一平面及び平行であるスロットカバーが追加されてもよい。スロットカバーは、スロット 20 の垂直方向の頂部及び底部付近に配置されたばねスプールの対を通じて展開されてもよい。カバーはスプール内でコイル巻きにされており、キャリッジ 17 が垂直方向に上下に並進する際に、それらのコイル状から展開して延在し、後退する。スプールのばね荷重は、キャリッジ 17 がスプールに向かって並進するときにカバーをスプール内に後退させるための力を提供する一方で、キャリッジ 17 がスプールから離れるように並進するときに密封も維持する。カバーは、キャリッジ 17 が並進する際にカバーの適切な延在及び後退を確実にするために、例えば、キャリッジインターフェース 19 内のブラケットを使用してキャリッジ 17 に接続されてもよい。

【0030】

コラム 14 は、例えば、コンソール 16 からの入力などのユーザ入力に応答して生成された制御信号に応答してキャリッジ 17 を機械的に並進させるために垂直方向に整列した主ねじを使用するように設計された歯車及びモータなどの機構を内部的に含んでもよい。

【0031】

ロボットアーム 12 は、一般に一連の関節 24 によって接続されている一連の連結部 23 によって分離したロボットアーム基部 21 及びエンドエフェクタ 22 を含んでもよく、各関節は独立したアクチュエータを含み、各アクチュエータは、独立して制御可能なモータを含む。それぞれ独立して制御可能な関節は、ロボットアームに利用可能な独立した自由度を表す。アーム 12 の各々は、7つの関節を有し、したがって、7つの自由度を提供する。多数の関節は、多数の自由度をもたらし、「冗長」自由度を可能にする。冗長自由度は、ロボットアーム 12 が、異なる連結ポジション及び関節角度を使用して空間内の特定のポジション、向き、及び軌道で、それらのそれぞれのエンドエフェクタ 22 を配置することを可能にする。これにより、医師がアーム関節を患者から離れる臨床的に有利なポジションへと移動させて、アーム衝突を回避しつつ、より大きなアクセスを作り出すことを可能にしながら、システムが空間内の所望のポイントから医療用器具を配置及び指向させることを可能にする。

【0032】

カート基部 15 は、床の上のコラム 14、キャリッジ 17 及びアーム 12 の重量の釣り合いをとる。したがって、カート基部 15 は、電子機器、モータ、電源、及びカートの移動及び/又は固定化のいずれかを可能にする構成要素などの、より重い部品を収容する。例えば、カート基部 15 は、処置前にカートが部屋のあちこちを容易に移動することを可能にする、転動可能なホイール形状のキャスター 25 を含む。適切なポジションに到達した後、キャスター 25 は、処置中にカート 11 を定位置に保持するために、ホイールロックを使用して固定化されてもよい。

【0033】

コラム 14 の垂直方向の端部に配置されたコンソール 16 は、ユーザ入力を受信するためのユーザインターフェース及び表示画面（又は、例えば、タッチスクリーン 26 などの二重目的デバイス）の両方を可能にして、術前データ及び術中データの両方を医師のユーザに提供する。タッチスクリーン 26 上の潜在的な術前データは、術前計画、術前コンピュータ断層撮影（computerized tomography、CT）スキャンから導出されたナビゲーション及びマッピングデータ、及び/又は患者との手術前問診からのメモを含んでもよい。ディスプレイ上の術中データは、ツールから提供される光学情報、センサからのセンサ

10

20

30

40

50

及び座標情報、及び呼吸、心拍数、及びノ又はパルスなどのバイタル患者統計を含んでもよい。コンソール 16 は、医師が、キャリッジ 17 の反対側でカラム 14 の側からコンソールにアクセスすることを可能にするように配置及び傾斜されてもよい。このポジションから、医師は、コンソール 16 をカート 11 の背後から操作しながらコンソール 16、ロボットアーム 12、及び患者を見ることができる。図示のように、コンソール 16 はまた、カート 11 の操作及び安定化を支援するハンドル 27 を含む。

【0034】

図 3 は、尿管鏡検査のために構成されたロボット制御可能なシステム 10 の実施形態を示す。尿管鏡検査処置では、カート 11 は、患者の尿道及び尿管を横断するように設計された処置専用内視鏡である尿管鏡 32 を患者の下腹部領域に送達するように配置されてもよい。尿管鏡検査では、尿管鏡 32 が患者の尿道と直接整列して、領域内の敏感な解剖学的構造に対する摩擦及び力を低減することが望ましいことがある。図示のように、カート 11 は、ロボットアーム 12 が患者の尿道への直接的な線形アクセスのために、尿管鏡 32 を配置することを可能にするためにテーブルの脚部に整列されてもよい。テーブルの脚部から、ロボットアーム 12 は、尿道を通して患者の下腹部に直接、仮想レール 33 に沿って尿管鏡 32 を挿入してもよい。

10

【0035】

気管支鏡検査のような同様の制御技法を使用して、尿道への挿入後、尿管鏡 32 は、診断及びノ又は治療用途のために膀胱、尿管、及びノ又は腎臓にナビゲートされてもよい。例えば、尿管鏡 32 は、尿管及び腎臓に指向されて、尿管鏡 32 の作業チャンネルの下方に展開されたレーザー又は超音波砕石デバイスを使用して大きくなっている腎臓結石を破壊することができる。砕石術が完了した後、得られた結石片は、尿管鏡 32 の下方に展開されたバスケットを使用して除去されてもよい。

20

【0036】

図 4 は、血管処置のために同様に構成されたロボット制御可能なシステムの実施形態を示す。血管処置において、システム 10 は、カート 11 が、操縦可能なカテーテルなどの医療用器具 34 を、患者の脚内の大腿動脈内のアクセスポイントに送達することができるように構成され得る。大腿動脈は、ナビゲーションのためのより大きな直径と、患者の心臓への、比較的迂回性でも蛇行性でもない経路との両方を呈し、これによりナビゲーションが単純化する。尿管鏡処置のように、カート 11 は、患者の脚及び下腹部に向かって配置されて、ロボットアーム 12 が患者の大腿/腰領域内の大腿動脈アクセスポイントへの直接的な線形アクセスで仮想レール 35 を提供することを可能にしてもよい。動脈内への挿入後、医療用器具 34 は、器具ドライバ 28 を並進させることによって指向され、挿入されてもよい。代替的には、カートは、例えば、肩付近の頸動脈及び手首付近の腕動脈などの代替的な血管アクセスポイントに到達するために、患者の上腹部の周囲に配置されてもよい。

30

【0037】

B. ロボットシステム - テーブル

ロボット制御可能な医療システムの実施形態はまた、患者のテーブルを組み込んでもよい。テーブルの組み込みは、カートを除去することによって手術室内の資本設備の量を低減し、患者へのより大きなアクセスを可能にする。図 5 は、気管支鏡検査処置のために構成されたこのようなロボット制御可能なシステムの実施形態を示す。システム 36 は、床の上にプラットフォーム 38 (「テーブル」又は「ベッド」として図示) を支持するための支持構造体又はカラム 37 を含む。カートベースのシステムと同様に、システム 36 のロボットアーム 39 のエンドエフェクタは、器具ドライバ 42 の線形整列から形成された仮想レール 41 を通して、又はそれに沿って、図 5 の気管支鏡 40 などの細長い医療用器具を操作するように設計された器具ドライバ 42 を含む。実際には、X線透視撮像を提供するための C アームは、放射器及び検出器をテーブル 38 の周囲に置くことによって、患者の上部腹部領域の上方に配置されてもよい。

40

【0038】

50

図6は、説明を目的として患者及び医療用器具なしのシステム36の代替図を提供する。図示のように、コラム37は、1つ又は2つ以上のロボットアーム39がベースとなり得るシステム36内でリング形状として図示される1つ又は2つ以上のキャリッジ43を含んでもよい。キャリッジ43は、コラム37の長さにあたる垂直方向のコラムインターフェース44に沿って並進して、ロボットアーム39が患者に到達するように配置され得る異なるバンテージポイントを提供してもよい。キャリッジ43は、コラム37内に配置された機械的モータを使用してコラム37の周りを回転して、ロボットアーム39が、例えば患者の両側などのテーブル38の複数の側面へのアクセスを有することを可能にしてもよい。複数のキャリッジを有する実施形態では、キャリッジはコラム上に個別に配置されてもよく、他のキャリッジとは独立して並進及び/又は回転してもよい。キャリッジ43はコラム37を取り囲む必要はなく、又は円形である必要すらないが、図示されるようなリング形状は、構造的バランスを維持しながらコラム37の周りでキャリッジ43の回転を容易にする。キャリッジ43の回転及び並進により、システムは、内視鏡及び腹腔鏡などの医療用器具を患者の異なるアクセスポイントに整列させることを可能にする。

10

【0039】

アーム39は、ロボットアーム39に追加の構成可能性を提供するために個別に回転及び/又は入れ子式に延在し得る一連の関節を含むアームマウント45のセットを通じてキャリッジに装着されてもよい。加えて、アームマウント45は、キャリッジ43が適切に回転されるとき、アームマウント45がテーブル38の同じ側(図6に示すように)、テーブル38の両側(図9に示すように)、又はテーブル38の隣接する側部(図示せず)のいずれかに配置され得るように、キャリッジ43に配置され得る。

20

【0040】

コラム37は、テーブル38の支持及びキャリッジの垂直方向の並進のための経路を構造的に提供する。内部的に、コラム37には、キャリッジの垂直方向の並進を案内するための主ねじ、及び主ねじに基づくキャリッジの並進を機械化するためのモータが備えられ得る。コラム37はまた、キャリッジ43及びその上に装着されたロボットアーム39に電力及び制御信号を伝達してもよい。

【0041】

テーブル基部46は、図2に示すカート11のカート基部15と同様の機能を果たし、テーブル/ベッド38、コラム37、キャリッジ43及びロボットアーム39の釣り合いをとるためにより重い構成要素を収容する。テーブル基部46はまた、処置中に安定性を提供するために剛性キャスターを組み込んでもよい。テーブル基部46の底部から展開されるキャスターは、基部46の両側で反対方向に延在し、システム36を移動させる必要があるときに後退させてもよい。

30

【0042】

引き続き図6によれば、システム36はまた、テーブルとタワーとの間のシステム36の機能を分割して、テーブルのフォームファクタ及び大きさを低減するタワー(図示せず)を含んでもよい。先に開示された実施形態と同様に、タワーは、処理、計算、及び制御能力、電力、流体光学、及び/又は光学及びセンサ処理などの様々なサポート機能をテーブルに提供してもよい。タワーはまた、医師のアクセスを改善し、手術室を整理整頓するために、患者から離れて配置されるように移動可能であってもよい。加えて、タワー内に構成要素を置くことにより、ロボットアームの潜在的な収納のために、テーブル基部内により多くの保管空間を可能にする。タワーはまた、キーボード及び/又はペンダントなどのユーザ入力のためのユーザインターフェースと、リアルタイム撮像、ナビゲーション、及び追跡情報などの術前及び術中情報のための表示画面(又はタッチスクリーン)との両方を提供するコンソールを含んでもよい。

40

【0043】

いくつかの実施形態では、テーブル基部は、使用されていないときにロボットアームを収容して格納してもよい。図7は、テーブルベースのシステムの一実施形態におけるロボットアームを収容するシステム47を示す。システム47では、キャリッジ48は、ロボ

50

ットアーム 50、アームマウント 51 及びキャリッジ 48 を基部 49 内に收容するように基部 49 へと垂直方向に並進されてもよい。基部カバー 52 は、キャリッジ 48、アームマウント 51 及びアーム 50 をカラム 53 の周りに展開させるように開放し、使用されていないときにそれらを保護するために收容するように閉鎖されるように、並進したり後退したりしてもよい。基部カバー 52 は、閉鎖したときに汚れ及び流体の侵入を防止するために、その開口の縁部に沿ってメンブレン 54 で封止されてもよい。

【0044】

図 8 は、尿管鏡検査処置のために構成されたロボット制御可能なテーブルベースのシステムの一実施形態を示す。尿管鏡検査では、テーブル 38 は、患者をカラム 37 及びテーブル基部 46 からオフアングルに配置するためのスイベル部分 55 を含んでもよい。スイベル部分 55 は、スイベル部分 55 の底部をカラム 37 から離すように配置するために、旋回点（例えば、患者の頭部の下に位置する）の周りで回転又は旋回してもよい。例えば、スイベル部分 55 の旋回により、Cアーム（図示せず）が、テーブル 38 の下のカラム（図示せず）との空間を競合することなく、患者の下部腹部の上方に配置されることを可能にする。カラム 37 の周りにキャリッジ 35（図示せず）を回転させることにより、ロボットアーム 39 は、仮想レール 57 に沿って、患者の鼠径部領域に直接尿管鏡 56 を挿入し尿道に到達させてもよい。尿管鏡検査では、あぶみ 58 はまた、処置中に患者の脚のポジションを支持し、患者の鼠径部領域への明確なアクセスを可能にするために、テーブル 38 のスイベル部分 55 に固定されてもよい。

【0045】

腹腔鏡処置では、患者の腹壁内の小さな切開部を通して、低侵襲性器具（1つ又は2つ以上の切開部のサイズに適応するように形状が細長い）を患者の解剖学的構造に挿入してもよい。患者の腹腔の膨張後、腹腔鏡と呼ばれることが多い器具は、把持、切断、アブレーション、縫合などの外科的タスクを行うように指向されてもよい。図 9 は、腹腔鏡処置のために構成されたロボット制御可能なテーブルベースのシステムの実施形態を示す。図 9 に示されるように、システム 36 のキャリッジ 43 は回転され垂直方向に調整されて、腹腔鏡 59 が患者の両側の最小切開部を通過して患者の腹腔に到達するようにアームマウント 45 を使用し配置され得るように、ロボットアーム 39 の対をテーブル 38 の両側に配置してもよい。

【0046】

腹腔鏡処置に対応するために、ロボット制御可能なテーブルシステムはまた、プラットフォームを所望の角度に傾斜させてもよい。図 10 は、ピッチ又は傾斜調整を有するロボット制御可能な医療システムの実施形態を示す。図 10 に示すように、システム 36 は、テーブル 38 の傾斜に適応して、テーブルの一方側の部分を他方側の部分よりも床から遠い距離に配置することができる。加えて、アームマウント 45 は、アーム 39 がテーブル 38 と同じ平面関係を維持するように、傾斜に一致するように回転してもよい。急角度に適応するように、カラム 37 はまた、テーブル 38 が床に接触するか、又は基部 46 と衝突するのを防ぐために、カラム 37 の垂直方向の延在を可能にする入れ子部分 60 を含んでもよい。

【0047】

図 11 は、テーブル 38 とカラム 37 との間のインターフェースの詳細な図示を提供する。ピッチ回転機構 61 は、複数の自由度において、カラム 37 に対するテーブル 38 のピッチ角を変更するように構成されてもよい。ピッチ回転機構 61 は、カラム - テーブルインターフェースでの直交軸 1、2 の位置決めによって可能にされてもよく、各軸は、電気ピッチ角コマンドにตอบสนองして別個のモータ 3、4 によって作動される。一方のねじ 5 に沿った回転は、一方の軸 1 における傾斜調整を可能にし、他方のねじ 6 に沿った回転は、他方の軸 2 に沿った傾斜調整を可能にする。

【0048】

例えば、ピッチ調整は、トレンデレンブルグ体位にテーブルを配置、すなわち下腹部手術のために患者の下腹部よりも床からより高いポジションに患者の下腹部を位置させよう

10

20

30

40

50

とするとき、特に有用である。トレンデレンブルグ体位は、患者の内臓を重力によって自分の上腹部に向かってスライドさせ、低侵襲性ツールのために腹腔を空にして腹腔鏡前立腺切除術などの下腹部外科処置に移行し、これを行う。

【 0 0 4 9 】

C. 器具ドライバ及びインターフェース

システムのロボットアームのエンドエフェクタは、(i) 医療用器具を作動させるための電気機械的手段を組み込む器具ドライバ(代替的には、「器具駆動機構」又は「器具デバイスマニピュレータ」と呼ばれる)と、(i i) モータなどの任意の電気機械的構成要素を欠いていてもよい除去可能な又は取り外し可能な医療用器具と、を含む。この二分法は、医療処置に使用される医療用器具を滅菌する必要性、それらの複雑な機械的アセンブリ及び繊細な電子機器により、高価な資本設備を十分に滅菌することができないことにより推進され得る。したがって、医療用器具は、医師又は医師のスタッフによる個々の滅菌又は廃棄のために、器具ドライバ(したがってそのシステム)から取り外され、除去され、及び交換されるように設計され得る。対照的に、器具ドライバは交換又は滅菌される必要がなく、保護のために掛け布がされ得る。

10

【 0 0 5 0 】

図 1 2 は、例示的な器具ドライバを示す。ロボットアームの遠位端に配置される器具ドライバ 6 2 は、駆動シャフト 6 4 を介して医療用器具に制御トルクを提供するために平行軸を伴って構成された 1 つ又は 2 つ以上の駆動ユニット 6 3 を含む。各駆動ユニット 6 3 は、器具と相互作用するための個々の駆動シャフト 6 4 と、モータシャフトの回転を所望のトルクに変換するためのギヤヘッド 6 5 と、駆動トルクを生成するためのモータ 6 6 と、モータシャフトの速度を測定し、制御回路にフィードバックを提供するエンコーダ 6 7 と、制御信号を受信し、駆動ユニットを作動させるための制御回路 6 8 と、を含む。各駆動ユニット 6 3 は独立して制御及び電動化され、器具ドライバ 6 2 は、複数(図 1 2 に示すように 4 つ)の独立した駆動出力を医療用器具に提供してもよい。動作中、制御回路 6 8 は、制御信号を受信し、モータ 6 6 にモータ信号を送信し、エンコーダ 6 7 によって測定された、得られたモータ速度を所望の速度と比較し、モータ信号を変調して所望のトルクを生成する。

20

【 0 0 5 1 】

無菌環境を必要とする処置のために、ロボットシステムは、器具ドライバと医療用器具との間に位置する無菌ドレーブに接続された無菌アダプタなどの駆動インターフェースを組み込んでよい。無菌アダプタの主な目的は、器具ドライバの駆動シャフトから器具の駆動入力に角度運動を伝達する一方で、物理的分離を維持し、したがって、駆動シャフトと駆動入力との間で無菌性を維持することである。したがって、例示的な無菌アダプタは、器具ドライバの駆動シャフトと嵌合されることを意図した一連の回転入力部及び出力部と器具に対する駆動入力部で構成され得る。無菌アダプタに接続される無菌ドレーブは、透明又は半透明プラスチックなどの薄い可撓性材料で構成され、器具ドライバ、ロボットアーム、及び(カートベースのシステムにおける)カート又は(テーブルベースのシステムにおける)テーブルなどの資本設備を覆うように設計される。ドレーブの使用は、滅菌を必要としない領域(すなわち、非滅菌野)に依然として位置している間に、資本設備が患者に近接して配置されることを可能にするであろう。滅菌ドレーブの他方の側では、医療用器具は、滅菌を必要とする領域(すなわち、滅菌野)において患者とインターフェースしてもよい。

30

40

【 0 0 5 2 】

D. 医療用器具

図 1 3 は、ペアにされた器具ドライバを備えた例示的な医療用器具を示す。ロボットシステムと共に使用するために設計された他の器具と同様に、医療用器具 7 0 は、細長いシャフト 7 1 (又は細長い本体)及び器具基部 7 2 を含む。医師による手動相互作用のために意図された設計により「器具ハンドル」とも呼ばれる器具基部 7 2 は、概して、ロボットアーム 7 6 の遠位端で器具ドライバ 7 5 上の駆動インターフェースを通して延在する駆

50

駆動力部 74 と嵌合するように設計された、回転可能な駆動入力部 73、例えば、レセプタクル、プーリ、又はスプールを含んでもよい。物理的に接続され、ラッチされ、かつ/又は結合されるときに、器具基部 72 の嵌合された駆動入力部 73 は、器具ドライバ 75 における駆動出力部 74 と回転軸を共有してもよく、駆動出力部 74 から駆動入力部 73 へのトルクの伝達を可能にする。いくつかの実施形態では、駆動出力部 74 は、駆動入力部 73 上のレセプタクルと嵌合するように設計されたスプラインを含んでもよい。

【0053】

細長いシャフト 71 は、例えば、内視鏡検査におけるような解剖学的開口部若しくは管腔、又は腹腔鏡検査におけるような低侵襲性切開部のいずれかを通して送達されるように設計されている。細長いシャフト 66 は、可撓性（例えば、内視鏡と同様の特性を有する）若しくは剛性（例えば、腹腔鏡と同様の特性を有する）、又は可撓性部分及び剛性部分の両方のカスタマイズされた組み合わせを含むこと、のいずれかであってもよい。腹腔鏡検査のために設計されるとき、剛性の細長いシャフトの遠位端は、回転軸を有するクレビスから形成される接合された手首部と、例えば、駆動入力部が器具ドライバ 75 の駆動出力部 74 から受け取ったトルクにตอบสนองして回転する際に、腱からの力に基づいて作動され得る把持具又ははさみである手術用ツールを含むエンドエフェクタに接続され得る。内視鏡検査のために設計されるときに、可撓性の細長いシャフトの遠位端は、器具ドライバ 75 の駆動出力部 74 から受信したトルクに基づいて関節運動及び屈曲され得る操縦可能又は制御可能な屈曲部を含んでもよい。

【0054】

器具ドライバ 75 からのトルクは、シャフト 71 内の腱を使用して細長いシャフト 71 の下方に伝達される。プルワイヤなどのこれらの個々の腱は、器具ハンドル 72 内の個々の駆動入力部 73 に個別に固設されてもよい。ハンドル 72 から、腱は、細長いシャフト 71 内の 1 つ又は 2 つ以上のプルルーメン（pull lumen）を下方に指向され、細長いシャフト 71 の遠位部分に固設される。腹腔鏡検査では、これらの腱は、手首部、把持具、又ははさみなどの遠位に装着されたエンドエフェクタに結合されてもよい。このような構成の下で、駆動入力部 73 に及ぼされるトルクは、腱に張力を伝達し、それによってエンドエフェクタを何らかの方法で作動させる。腹腔鏡検査では、腱は、関節を軸周りに回転させることができ、それによってエンドエフェクタを一方向又は別の方向に移動させる。あるいは、腱は、細長いシャフト 71 の遠位端で把持具の 1 つ又は 2 つ以上のジョーに接続されてもよく、腱からの張力によって把持具が閉鎖される。

【0055】

内視鏡検査では、腱は、接着剤、制御リング、又は他の機械的固定を介して、細長いシャフト 71 に沿って（例えば、遠位端に）配置された屈曲又は関節運動部に結合されてもよい。屈曲部の遠位端に固定的に取り付けられるときに、駆動入力部 73 に及ぼされるトルクは、腱の下方に伝達され、より軟質の屈曲部に（関節運動可能部又は領域と呼ばれることがある）を屈曲又は関節運動させる。非屈曲部分に沿って、個々の腱を内視鏡シャフトの壁に沿って（又は壁の内側に）指向する個々のプルルーメンを螺旋状又は渦巻状にして、プルワイヤにおける張力からもたらされる半径方向の力の釣り合いをとることが有利であり得る。これらの間の螺旋及び/又は間隔の角度は、特定の目的のために変更又は改変されてもよく、より狭い螺旋は負荷力下でより小さいシャフト圧縮を呈する一方で、より少ない量の螺旋は負荷力下でより大きなシャフト圧縮をもたらすが、屈曲制限も呈する。スペクトルのもう一方の端部では、プルルーメンは、細長いシャフト 71 の長手方向軸に平行に指向されてもよく、所望の屈曲又は関節運動可能部における制御された関節運動を可能にする。

【0056】

内視鏡検査では、細長いシャフト 71 は、ロボット処置を支援する多数の構成要素を収容する。シャフトは、シャフト 71 の遠位端における手術領域への手術用ツールの展開、灌注、及び/又は吸引のための作業チャネルを含んでもよい。シャフト 71 はまた、光学カメラを含んでもよい遠位先端で光学アセンブリに/光学アセンブリから信号を伝達する

10

20

30

40

50

ために、ワイヤ及び／又は光ファイバを収容してもよい。シャフト 7 1 はまた、近位に位置する発光ダイオードなどの光源からシャフトの遠位端に光を搬送するための光ファイバを収容してもよい。

【 0 0 5 7 】

器具 7 0 の遠位端では、遠位先端はまた、診断及び／又は治療、灌注、及び吸引のためのツールを手術部位に送達するための作業チャンネルの開口部を含んでもよい。遠位先端はまた、内部解剖学的空間の画像をキャプチャするために、繊維スコープ又はデジタルカメラなどのカメラのためのポートを含んでもよい。関連して、遠位先端はまた、カメラを使用するときに解剖学的空間を照明するための光源のためのポートを含んでもよい。

【 0 0 5 8 】

図 1 3 の例では、駆動シャフト軸、したがって駆動入力軸は、細長いシャフトの軸に直交する。しかしながら、この配置は、細長いシャフト 7 1 のロール能力を複雑にする。駆動入力部 7 3 を静止させながら、細長いシャフト 7 1 をその軸に沿ってロールさせることにより、駆動入力部 7 3 から延出し、細長いシャフト 7 1 内のプルルーメンに入る際に、腱の望ましくない絡まりをもたらす。もたらされたそのような腱のもつれは、内視鏡処置中の可撓性の細長いシャフトの移動を予測することを意図した何らかの制御アルゴリズムを中断させることがある。

【 0 0 5 9 】

図 1 4 は、駆動ユニットの軸が器具の細長いシャフトの軸に平行である、器具ドライバ及び器具の代替的な設計を示す。図示のように、円形の器具ドライバ 8 0 は、ロボットアーム 8 2 の端部において平行に整列された駆動出力部 8 1 を備えた 4 つの駆動ユニットを含む。駆動ユニット及びそれらのそれぞれの駆動出力部 8 1 は、アセンブリ 8 3 内の駆動ユニットのうちの 1 つによって駆動される器具ドライバ 8 0 の回転アセンブリ 8 3 内に収容される。回転駆動ユニットによって提供されるトルクにตอบสนองして、回転アセンブリ 8 3 は、回転アセンブリ 8 3 を器具ドライバの非回転部分 8 4 に接続する円形ベアリングに沿って回転する。電力及び制御信号は、電気接点を通して器具ドライバ 8 0 の非回転部分 8 4 から回転アセンブリ 8 3 に伝達されてもよく、ブラシ付きスリップリング接続（図示せず）による回転を通して維持されてもよい。他の実施形態では、回転アセンブリ 8 3 は、非回転可能部分 8 4 に一体化され、したがって他の駆動ユニットと平行ではない別個の駆動ユニットにตอบสนองしてもよい。回転機構 8 3 は、器具ドライバ 8 0 が、器具ドライバ軸 8 5 周りの単一ユニットとして、駆動ユニット及びそれらのそれぞれの駆動出力部 8 1 を回転させることを可能にする。

【 0 0 6 0 】

先に開示した実施形態と同様に、器具 8 6 は、細長いシャフト部分 8 8 と、器具ドライバ 8 0 内の駆動出力部 8 1 を受けるように構成された複数の駆動入力部 8 9（レセプタクル、プーリ、及びスプールなど）を含む器具基部 8 7（説明目的のために透明な外部スキンで示される）を含んでもよい。以前に開示されている実施形態とは異なり、器具シャフト 8 8 は、図 1 3 の設計のように直交するのではなく、駆動入力部 8 9 の軸に実質的に平行な軸を有する器具基部 8 7 の中心から延在する。

【 0 0 6 1 】

器具ドライバ 8 0 の回転アセンブリ 8 3 に結合されるときに、器具基部 8 7 及び器具シャフト 8 8 を含む医療用器具 8 6 は、器具ドライバ軸 8 5 を中心に回転アセンブリ 8 3 との組み合わせで回転する。器具シャフト 8 8 は器具基部 8 7 の中心に配置されているため、器具シャフト 8 8 は、取り付けられたときに器具ドライバ軸 8 5 と同軸である。したがって、回転アセンブリ 8 3 の回転により、器具シャフト 8 8 は、それ自体の長手方向軸を中心に回転する。更に、器具基部 8 7 が器具シャフト 8 8 と共に回転すると、器具基部 8 7 内の駆動入力部 8 9 に接続されたいかなる腱も、回転中に絡まらない。したがって、駆動出力部 8 1、駆動入力部 8 9 及び器具シャフト 8 8 の軸の平行性は、いかなる制御腱も絡ませることなくシャフト回転を可能にする。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

E . ナビゲーション及び制御

従来の内視鏡検査は、(例えば、Cアームを通して送達され得るような)蛍光透視法の使用、及び操作者の医師に腔内誘導を提供するための他の形態の放射線ベースの撮像モダリティの使用を伴うことがある。対照的に、本開示によって企図されるロボットシステムは、医師の放射線への曝露を低減し、手術室内の機器の量を低減するための非放射線ベースのナビゲーション及び位置特定手段を提供することができる。本明細書で使用する時、用語「位置特定」は、基準座標系内のオブジェクトのポジションを判定及び/又は監視することを指すことがある。術前マッピング、コンピュータビジョン、リアルタイムEM追跡、及びロボットコマンドデータなどの技術は、放射線を含まない動作環境を達成するために個別に又は組み合わせて使用されてもよい。放射線ベースの撮像モダリティが依然として使用される場合、術前マッピング、コンピュータビジョン、リアルタイムEM追跡、及びロボットコマンドデータは、放射線ベースの撮像モダリティによってのみ取得される情報を改善するために、個別に又は組み合わせて使用されてもよい。

10

【0063】

図15は、例示的な実施形態による、器具の位置などのロボットシステムの1つ又は2つ以上の要素の位置を推定する位置特定システム90を示すブロック図である。位置特定システム90は、1つ又は2つ以上の命令を実行するように構成されている1つ又は2つ以上のコンピュータデバイスのセットであってもよい。コンピュータデバイスは、上述の1つ又は2つ以上の構成要素内のプロセッサ(又は複数のプロセッサ)及びコンピュータ可読メモリによって具現化されてもよい。例として、限定するものではないが、コンピュータデバイスは、図1に示されるタワー30、図1~図4に示されるカート、図5~図10に示されるベッド等の内部にあってもよい。

20

【0064】

図15に示すように、位置特定システム90は、入力データ91~94を処理して医療用器具の遠位先端のための位置データ96を生成する位置特定モジュール95を含んでもよい。位置データ96は、基準系に対する器具の遠位端の位置及び/又は配向を表すデータ又は論理であってもよい。基準系は、患者の解剖学的構造、又はEM場発生器(EM場発生器について以下の説明を参照)などの既知の物体に対する基準系とすることができる。位置データ96はまた、本明細書では、患者の解剖学的構造のモデル(例えば、骨格モデル)に対する医療用器具の遠位先端の現在の状態を説明する「状態データ」とも称され得る。状態データは、所与のサンプル期間に対する医療用器具の遠位先端のポジション及び配向などの情報を含んでもよい。例えば、患者の解剖学的構造が、管腔網の midpoint に基づいて骨格モデルを使用してモデル化されるとき、そのポジションは、セグメントID及びセグメントに沿った深さの形態を取ってもよい。

30

【0065】

ここで、様々な入力データ91~94についてより詳細に説明する。術前マッピングは、低用量CTスキャンの収集を使用することを通して達成され得る。術前CTスキャンは、例えば、患者の内部解剖学的構造の切欠き図の「スライス」として可視化される3次元(3D)画像に再構成される。まとめて分析されるときに、患者の肺網などの患者の解剖学的構造の解剖学的空腔、空間、及び構造のための画像ベースのモデルが生成され得る。中心線幾何学形状などの技法を判定し、CT画像から概算して、術前モデルデータ91と称される患者の解剖学的構造の3Dボリュームを生成することができる。中心線幾何学形状の使用は、米国特許出願第14/523,760号において論じられており、その内容全体が本明細書に組み込まれる。ネットワークトポロジックモデルはまた、CT画像から導出されてもよく、気管支鏡検査に特に適している。

40

【0066】

いくつかの実施形態では、器具にはカメラを装備して、ビジョンデータ92を提供してもよい。位置特定モジュール95は、ビジョンデータを処理して、1つ又は2つ以上のビジョンベースの位置追跡を可能にしてもよい。例えば、術前モデルデータは、医療用器具(例えば、内視鏡又は器具が内視鏡の作業チャンネルを通過して前進する)のコンピュータビ

50

ビジョンベースの追跡を可能にするために、ビジョンデータ 9 2 と共に使用されてもよい。例えば、術前モデルデータ 9 1 を使用して、ロボットシステムは、内視鏡の予想される移動経路に基づいてモデルから予測される内視鏡画像のライブラリを生成することができ、各画像はモデル内の位置にリンクされる。術中に、このライブラリは、カメラ（例えば、内視鏡の遠位端でのカメラ）でキャプチャされたリアルタイム画像を画像ライブラリ内のものと比較して、位置特定を支援するために、ロボットシステムによって参照され得る。

【 0 0 6 7 】

他のコンピュータビジョンベースの追跡技法は、カメラの、したがって内視鏡の動きを判定するための特徴追跡を使用する。位置特定モジュール 9 5 のいくつかの特徴は、解剖学的管腔に対応する術前モデルデータ 9 1 内の円形幾何学形状を特定し、どの解剖学的管腔が選択されたかと、カメラの相対的な回転及びノ又は並進運動とを判定するためにそれらの幾何学的形状の変化を追跡してもよい。トポロジカルマップの使用は、ビジョンベースのアルゴリズム又は技法を更に向上させることがある。

10

【 0 0 6 8 】

光学フロー、別のコンピュータビジョンベースの技法は、カメラの動きを推測するために、ビジョンデータ 9 2 内のビデオシーケンス内の画像ピクセルの変位及び並進を分析してもよい。光学フロー技法の例としては、動き検出、オブジェクトセグメンテーション計算、輝度、動き補償符号化、立体視差測定等を挙げることができる。複数の反復にわたって複数のフレームを比較することにより、カメラ（及びしたがって内視鏡）の移動及び位置を判定することができる。

20

【 0 0 6 9 】

位置特定モジュール 9 5 は、リアルタイム EM 追跡を使用して、術前モデルによって表される患者の解剖学的構造に位置合わせされ得るグローバル座標系内で内視鏡のリアルタイム位置を生成し得る。EM 追跡では、医療用器具（例えば、内視鏡器具）内の 1 つ又は 2 つ以上の位置及び配向に埋め込まれた 1 つ又は 2 つ以上のセンサコイルを含む EM センサ（又はトラッカー）は、既知の位置に配置された 1 つ又は 2 つ以上の静的 EM 場発生器によって生成される EM 場の変動を測定する。EM センサによって検出された位置情報は、EM データ 9 3 として記憶される。EM 場発生器（又は送信機）は、埋め込まれたセンサが検出し得る低強度磁場を生成するために、患者に近接して置かれ得る。磁場は EM センサのセンサコイル内に小さな電流を誘導し、EM センサと EM 場発生器との間の距離及び角度を判定するために分析され得る。これらの距離及び配向は、患者の解剖学的構造の術前モデル内のポジションと座標系内の単一の位置を位置合わせする幾何学的変換を判定するために、患者の解剖学的構造（例えば、術前モデル）に術中「登録」され得る。一旦登録されると、医療用器具の 1 つ又は 2 つ以上のポジション（例えば、内視鏡の遠位先端）に埋め込まれた EM トラッカーは、患者の解剖学的構造を通じた医療用器具の進行のリアルタイム表示を提供し得る。

30

【 0 0 7 0 】

ロボットコマンド及び運動学データ 9 4 はまた、ロボットシステムのための位置特定データ 9 6 を提供するために、位置特定モジュール 9 5 によって使用されてもよい。関節運動コマンドから生じるデバイスピッチ及びヨーは、術前較正中に判定され得る。術中、これらの較正測定値は、既知の挿入深度情報と組み合わせて使用されて、器具のポジションを推定し得る。あるいは、これらの計算は、ネットワーク内の医療用器具のポジションを推定するために、EM、ビジョン、及びノ又はトポロジカルモデリングと組み合わせて分析され得る。

40

【 0 0 7 1 】

図 1 5 が示すように、多数の他の入力データが位置特定モジュール 9 5 によって使用され得る。例えば、図 1 5 には示されていないが、形状検知繊維を利用する器具は、位置特定モジュール 9 5 が器具の位置及び形状を判定するために使用することができる形状データを提供することができる。

【 0 0 7 2 】

50

位置特定モジュール 95 は、組み合わせた入力データ 91 ~ 94 を使用し得る。場合によっては、そのような組み合わせは、位置特定モジュール 95 が入力データ 91 ~ 94 の各々から判定された位置に信頼重みを割り当てる確率的アプローチを使用し得る。したがって、EM データが信頼できるとはいえないことがある場合（EM 干渉が存在する場合など）、EM データ 93 によって判定された位置の信頼性を低下させることができ、位置特定モジュール 95 は、ビジョンデータ 92 並びに / 又はロボットコマンド及び運動学データ 94 により重く依存してもよい。

【0073】

上述のように、本明細書で論じられるロボットシステムは、上記の技術のうちの 1 つ又は 2 つ以上の組み合わせを組み込むように設計され得る。タワー、ベッド、及び / 又はカートに基づいて、ロボットシステムのコンピュータベースの制御システムは、例えば、永続的な磁気記憶ドライブ、ソリッドステートドライブなどの非一時的コンピュータ可読記憶媒体内に、コンピュータプログラム命令を記憶してもよく、コンピュータプログラム命令は、実行されると、システムに、センサデータ及びユーザコマンドを受信及び分析させ、システム全体の制御信号を生成させ、グローバル座標系内の器具のポジション、解剖学的マップなどのナビゲーション及び位置特定データを表示させる。

【0074】

2. 位置センサの位置合わせへの導入

本開示の実施形態は、1 つ又は 2 つ以上の位置センサによって使用される座標系を、解剖学的モデルによって使用される座標系などの別の座標系と位置合わせするためのシステム及び技法に関する。位置合わせは、位置センサデータに適用されて、位置センサデータを解剖学的モデルの座標系にマッピングすることができる変換を指し得る。したがって、位置合わせは、位置センサデータに基づいて解剖学的モデルに対する 1 つ又は 2 つ以上の位置センサの位置を判定するために、システムによって使用され得る。位置センサを使用して、医療処置中に器具の遠位端を解剖学的位置に位置特定することができる。位置センサは、器具の遠位端に若しくはその近くに位置決めされてもよく、又は器具の遠位端から離れて位置決めされてもよい。器具の遠位端に又はその近くに位置決めされ得る位置センサの例としては、EM センサ、ビジョンベースの位置センサ（例えば、カメラ）、形状感知繊維等が挙げられる。器具の遠位端から離れて位置決めされ得る位置センサの例としては、X 線透視撮像デバイス、1 つ又は 2 つ以上の器具マニピュレータを介して器具のポジションを制御するために使用されるロボットデータ等が挙げられる。

【0075】

位置センサは、位置センサ座標系に対する器具の遠位端のポジションを示す位置データを生成するように構成されてもよい。位置センサが器具の遠位端と並置されるとき、位置データは、位置センサ自体の位置を表すことができ、これを使用して器具の遠位端の位置を判定することができる。ある特定の実施形態では、位置センサ座標系は、位置センサを実施するために使用される特定の技術に基づいて画定され得る、軸及び起点のセットを含んでもよい。

【0076】

例えば、器具内又は器具上に位置する EM センサは、EM 場発生器によって生成された EM 場を測定するように構成され得る。EM 場の特性、したがって EM センサによって測定される EM 値は、EM 場発生器の位置及び配向に関して定義され得る。したがって、EM 場発生器の位置決めは、EM センサによって測定された値に影響を及ぼすことができ、EM 座標系の位置及び配向を定義することもできる。

【0077】

上述のように、患者の管腔網は、例えば、低用量 CT スキャンを使用して術前にマッピングされて、管腔網のモデルを生成することができる。モデルは、器具の遠位端の位置を特定するために使用されるものとは異なる技法を介して生成され得るため、モデル座標系は、位置センサ座標系と整列されなくてもよい。したがって、位置センサ座標系を使用して、モデルに対する器具の位置を追跡するために、本開示のある特定の態様は、位置セン

10

20

30

40

50

サ座標系をモデル座標系に「位置合わせすること」に関する。この位置合わせは、例えば、位置データを位置センサ座標系からモデル座標系にマッピングするために位置データに適用することができる、並進及び/又は回転を含んでもよい。

【0078】

管腔網のモデルは、患者の管腔網のマッピングを提供するため、モデル座標系は、患者に対して「固定」又は定義される。すなわち、モデル座標系に関する基準系は、処置中の患者の位置及び/又は配向に基づく。位置センサ座標系をモデル座標系に位置合わせする1つの課題は、位置センサ座標系に関する基準系が、患者に対して「固定」又は既定されていない場合があることである。例えば、位置センサがEMセンサとして具現化されるとき、EM座標系の基準系は、EM場発生器であってもよい。しかしながら、ある特定の実施態様では、EM場発生器は、EM場発生器がロボット外科用システム（例えば、ロボットアーム、Cアーム等）の他の要素の経路から外れて位置決めされ得るように、ある特定の領域内に自由に位置決めされてもよい。EM場発生器のポジション、したがってEM座標系の基準系は予め定義されていないため、EM座標系をモデル座標系に位置合わせするためのプロセスを実行するように構成され得る。

10

【0079】

EM座標系をモデル座標系に位置合わせするための1つの技法は、術前モデル内の複数の位置を特定する術前工程と、器具をこれらの位置の各々に駆動するためにユーザに命令を提供する術中工程と、を含み得る。システムは、他の形態のナビゲーション（例えば、カメラフィールドバック）に依存して、器具を位置の各々に駆動するようにユーザに指示することができる、システムは、器具が識別された位置の各々に位置するときを確認する、ユーザからの入力を受信するように更に構成されてもよい。ユーザから受信した確認、EMデータ、及びモデル内の特定された位置を使用して、システムは、EMデータを識別された位置にマッピングする位置合わせを判定することができる。次いで、この位置合わせを使用して、器具の遠位端の位置を表すEMデータを、処置の残りの部分についてモデルにマッピングすることができる。

20

【0080】

しかしながら、上記の位置合わせプロセスは、ユーザにとって複雑で時間がかかる場合がある。例えば、十分にロバストな位置合わせを提供するために、システムは、空間的に多様である比較的多数の位置（例えば、6つ以上の位置）を識別するために必要とされ得る（例えば、識別された位置は、互いに少なくとも一定の距離だけ離れている必要があり得る）。したがって、本開示のある特定の態様は、簡略化されたプロセスを介して位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを提供し得るシステム及び技法に関する。

30

【0081】

A. EMナビゲーション誘導気管支鏡検査

以下、EMナビゲーション誘導気管支鏡処置で使用するためのEMセンサの位置合わせの実施形態に関して、位置センサの位置合わせについて説明する。しかしながら、本開示の態様はまた、対応する位置センサ座標系内に位置データを生成することができる他の位置センサ、並びに他の医療処置の医療タイプにも適用することができる。

【0082】

40

気管支鏡は、医師が患者の気管及び気道を検査することを可能にする光源及び小型カメラを含むことができる。患者の気道内の気管支鏡の正確な位置が知られていない場合、患者の外傷が起り得る。気管支鏡の位置を確認するために、画像ベースの気管支鏡誘導システムは、気管支鏡カメラからのデータを使用して、患者の気道の分岐において局所位置合わせ（例えば、管腔網内の特定の位置での位置合わせ）を実行することができ、したがって有利に、患者の呼吸運動による位置誤差の影響を受けにくい可能性がある。しかしながら、画像ベースの誘導法は気管支鏡ビデオに依存するため、患者の咳又は粘液閉塞等によって引き起こされる気管支鏡ビデオのアーチファクトによって影響を受ける可能性がある。

【0083】

50

EMナビゲーション誘導気管支鏡検査は、EM技術を実施して、肺の気管支経路を通して内視鏡用具又はカテーテルを位置特定及び誘導するためにEM技術を実施する気管支鏡処置の種類である。EMナビゲーション誘導気管支鏡システムは、低強度の可変EM場を放出し、患者の管腔網の周囲の追跡ボリュームのポジションを確立するEM場発生器を使用することができる。EM場は、電界付近における荷電物体の挙動に影響を及ぼす、荷電物体によって生成される物理場である。生成された電界内に位置決めされたときに器具に取り付けられたEMセンサを使用して、EM場内の器具の位置及び配向を追跡することができる。小さな電流は、様々な電磁場によってEMセンサ内に誘導される。これらの電気信号の特性は、センサとEM場発生器との間の距離及び角度に依存する。したがって、EMナビゲーション誘導気管支鏡システムは、EM場発生器と、その遠位先端に又はその近くに1つ又は2つ以上のEMセンサを有する操縦可能な器具と、誘導コンピューティングシステムと、を含むことができる。EM場発生器は、ナビゲートされる患者の管腔網、例えば、気道、胃腸管、又は循環経路の周囲にEM場を生成する。操縦可能なチャネルは、気管支鏡の作業チャネルを通して挿入され、EMセンサを介してEM場内で追跡される。

【0084】

EMナビゲーション誘導気管支鏡検査処置の開始前に、例えば、術前CT胸部スキャンから、患者の特定の気道構造に対して仮想3D気管支モデルを得ることができる。モデル及びEMナビゲーション誘導気管支鏡システムを使用して、医師は、生検病変に対する肺内の所望の位置にナビゲートし、リンパ節をステージ分類し、放射線療法を誘導するか又は近接照射療法カテーテルを誘導するためのマーカーを挿入することができる。例えば、EM座標系とモデル座標系との間のマッピングを生成するために、処置の開始時に位置合わせを実行することができる。したがって、気管支鏡検査中に器具が追跡されると、モデル座標系内の器具のポジションは、EMセンサからのポジションデータに基づいて名目上既知になる。

【0085】

図16Aは、開示されたナビゲーションシステム及び技法の1つ又は2つ以上の態様を実施する例示的な動作環境100を示す。動作環境100は、患者101、患者101を支持するプラットフォーム102、器具115の動きを誘導する外科用又は医療用ロボットシステム110、ロボットシステム110の動作を制御するためのコマンドセンター105、EMコントローラ135、EM場発生器120、及びEMセンサ125、130を含む。図16Aはまた、図16Bにより詳細に示される、患者101内の管腔網140の領域の輪郭を示す。

【0086】

システム110は、患者101の管腔網140を通る器具115を位置決めし、その移動を誘導するための1つ又は2つ以上のロボットアームを含むことができる。コマンドセンター105は、ポジションデータを受信する及び/又はユーザから制御信号を提供するために、ロボットシステム110に通信可能に結合され得る。本明細書で使用される時、「通信可能に結合された」とは、無線ワイドエリアネットワーク(wireless wide area network、WWAN)(例えば、1つ又は2つ以上のセルラーネットワーク)、無線ローカルエリアネットワーク(wireless local area network、WLAN)(例えば、IEEE 802.11(Wi-Fi)などの1つ又は2つ以上の規格用に構成された)、Bluetooth、データ転送ケーブル、及び/又は同様のものが挙げられるが、これらに限定されない、任意の有線及び/又は無線データ転送媒体を指す。ロボットシステム110は、図1~図15に関連して上述されるシステムのうちのいずれかであり得る。システム110の実施形態は、図16Cに関してより詳細に論じられ、コマンドセンター105は、図17に関してより詳細に論じられる。

【0087】

器具115は、解剖学的構造(例えば、身体組織)の画像をキャプチャし、他の医療用器具をターゲット組織部位に挿入するための作業チャネルを提供するために、患者の解剖学的構造に挿入される管状及び可撓性外科用器具であってもよい。上述したように、器具

10

20

30

40

50

115は、処置特異的な内視鏡、例えば気管支鏡、胃鏡、若しくは尿管鏡であってもよく、又は腹腔鏡若しくは血管操縦可能なカテーテルであってもよい。器具115は、その遠位端に1つ又は2つ以上の撮像デバイス（例えば、カメラ又は他の種類の光学センサ）を含むことができる。撮像デバイスは、光ファイバ、ファイバアレイ、感光基体、及び/又はレンズなどの1つ又は2つ以上の光学部品を含み得る。光学部品は、器具115の先端と共に移動することにより、器具115の先端の移動によって撮像デバイスによってキャプチャされた画像の視野に対応する変化をもたらす。器具115の遠位端は、管腔網140の周囲に生成されたEM場内の遠位端のポジションを追跡するための1つ又は2つ以上のEMセンサ125を備えることができる。器具115の遠位端は、以下の図18を参照して更に説明される。

10

【0088】

EMコントローラ135は、EM場発生器120を制御して、様々なEM場を生成することができる。EM場は、実施形態に応じて、時間的に変化するもの及び/又は空間的に変化するものであり得る。EM場発生器120は、いくつかの実施形態では、EM場生成ボードであり得る。開示される患者ナビゲーションシステムのいくつかの実施形態は、患者と患者を支持するプラットフォーム102との間に位置決めされたEM場発生器ボードを使用することができ、EM場発生器ボードは、それより下に位置する導電性又は磁気性材料によって引き起こされる何らかの追跡歪みを最小限に抑える薄いバリアを組み込むことができる。他の実施形態では、EM場発生器ボードは、例えば、ロボットシステム110に示されるものと同様に、ロボットアーム上に装着することができ、これは患者の周囲

20

【0089】

図16Bは、図16Aの動作環境100内でナビゲートすることができる例示的な管腔網140を示す。管腔網140は、患者101の気道150の分岐構造、主竜骨156につながる気管154（典型的には、気管支鏡ナビゲーション中に遭遇する第1の分岐点）、並びに診断及び/又は治療のために本明細書に記載されるようにアクセスされ得る小結節（若しくは病変）155を含む。図示されるように、小結節155は、気道150の周辺に位置する。器具115は、第1の直径を有するシース141を備えてもよく、したがってシース141の遠位端は、小結節155の周りの小径の気道を通して位置決めすることができない場合がある。したがって、スコープ145は、器具115の作業チャンネルから、小結節155までの残りの距離にわたって延在する。スコープ145は、器具、例えば、生検針、細胞学的ブラシ、及び/又は組織サンプリング鉗子などの器具が、小結節155のターゲット組織部位に通され得る管腔を有してもよい。そのような実施態様では、シース141の遠位端及びスコープ145の遠位端の両方に、気道150内のそれらのそれぞれのポジションを追跡するためのEMセンサを設けることができる。

30

【0090】

いくつかの実施形態では、本明細書に記載される3D管腔網モデルの2Dディスプレイ、又は3Dモデルの断面は、図16Bに類似し得る。推定ポジション情報を、そのような表現に重ね合わせることができる。

【0091】

図16Cは、図16Bの管腔網140を通る器具の移動を誘導するためのロボットシステム110の例示的ロボットアーム175を示す。ロボットアーム175は、いくつかの実施形態で上述したロボットアーム12、39を含むことができ、様々な実施形態では、患者プラットフォーム38のカート基部15、コラム37又はシーリングベースのマウントを含むことができる基部180に結合される。上述のように、ロボットアーム175は、ロボットアーム175を複数の自由度で提供する連結部165に結合された複数のアームセグメント170を含む。

40

【0092】

ロボットアーム175は、例えば、機構交換インターフェース（mechanism changer interface、MCI）160を使用して、器具マニピュレータ190、例えば、上述の器

50

具マニピュレータ62に結合されてもよい。器具マニピュレータ190は、除去され、異なるタイプの器具マニピュレータ、例えば、内視鏡を操作するように構成された第1のタイプの器具マニピュレータ、又は腹腔鏡を操作するように構成された第2のタイプの器具マニピュレータと交換することができる。MCI 160は、空気圧、電力、電気信号、及び光信号をロボットアーム175から器具ドライバ190に伝達するためのコネクタを含む。MCI 160は、止めねじ又はベースプレートコネクタであり得る。器具マニピュレータ190は、直接駆動、高調波駆動、ギヤ駆動、ベルト及びプーリ、磁気ドライブ等を含む技法を使用して、器具、例えば器具115を操作する。MCI 160は、器具マニピュレータ190のタイプに基づいて交換可能であり、ある特定のタイプの外科処置のためにカスタマイズされ得る。ロボット175アームは、関節レベルトルク感知器及び遠位端における手首部を含むことができる。

10

【0093】

ロボットシステム110のロボットアーム175は、器具115の先端を偏向させるために、上述のように腱を使用して器具115を操作することができる。器具115は、細長い運動部材によって印加される力に応答して、非直線の挙動を呈し得る。非直線の挙動は、器具115の剛性及び圧縮性、並びに異なる細長い運動部材どうしの間の緩み又は剛性の変動性に基づくものであり得る。

【0094】

基部180は、ロボットアーム175が患者に対して外科処置を実施又は支援するためのアクセスを有するように位置決めされ得るが、一方で医師などのユーザは、コマンドコンソールから快適に、ロボットシステム110を制御し得る。ベース180は、図16Aに示されるコマンドコンソール105に通信可能に結合することができる。

20

【0095】

基部180は、電源182、空気圧源186、制御系及びセンサ電子機器184（中央処理ユニット、データバス、制御回路、及びメモリなどの構成要素を含む）、並びに関連するアクチュエータ（ロボットアーム175を動かすためのモータなど）を含み得る。電子機器184は、本明細書に記載されるナビゲーション制御技法を実施することができる。基部180内の電子機器184はまた、コマンドコンソールから伝達される制御信号を処理及び送信してもよい。いくつかの実施形態では、基部180は、ロボットシステム110を搬送するためのホイール188と、ホイール188用のホイールロック/ブレーキ（図示せず）と、を含む。ロボットシステム110の可動性は、外科手術室における空間制約に順応する助けとなり、かつ外科用装置の適切な位置決め及び移動を容易にする助けとなる。更に、この可動性により、ロボットアーム175が、患者、医師、麻酔科医、又はいかなる他の装置とも干渉しないように、ロボットアーム175を構成することが可能となる。手術中、ユーザは、制御デバイス、例えばコマンドコンソールを使用して、ロボットアーム175を制御し得る。

30

【0096】

図17は、例えば、例示的な動作環境100内のコマンドコンソール105として使用することができる例示的なコマンドコンソール200を示す。コマンドコンソール200は、コンソールベース201、1つ又は2つ以上のディスプレイ202（例えば、モニター）、及び1つ又は2つ以上の制御モジュール（例えば、キーボード203及びジョイスティック204）を含み得る。いくつかの実施形態では、コマンドコンソール200の機能のうちの1つ又は2つ以上は、ロボットシステム110の基部180、又はロボットシステム110に通信可能に結合された別のシステムに統合されてもよい。ユーザ205、例えば、医師は、コマンドコンソール200を使用して人間工学的な姿勢からロボットシステム110を遠隔制御する。

40

【0097】

コンソールベース201は、例えば、図16A～図16Cに示される器具115からのカメラ撮像データ及び追跡センサデータなどの信号の解釈及び処理に関与する、中央処理ユニット、メモリユニット、データバス、及び関連データ通信ポートを含んでもよい。い

50

くつかの実施形態では、コンソールベース 201 及び基部 180 の両方は、負荷平衡化のための信号処理を実行する。コンソールベース 201 はまた、ユーザ 205 によって制御モジュール 203 及び 204 を通じて提供されるコマンド及び命令を処理してもよい。図 17 に示されるキーボード 203 及びジョイスティック 204 に加えて、制御モジュールは、他のデバイス、例えば、コンピュータマウス、トラックパッド、トラックボール、制御パッド、手持ち式リモートコントローラなどのコントローラ、並びにハンドジェスチャ及び指ジェスチャをキャプチャするセンサ（例えば、モーションセンサ又はカメラ）を含んでもよい。コントローラは、器具の動作（例えば、関節運動、駆動、水の灌注等）にマッピング又はリンクされたユーザ入力のセット（例えば、ボタン、ジョイスティック、指向性パッド等）を含むことができる。

10

【0098】

ディスプレイ 202 は、電子モニタ（例えば、LCD ディスプレイ、LED ディスプレイ、タッチ感応ディスプレイ）、仮想現実閲覧デバイス、例えば、ゴーグル若しくは眼鏡、及び/又は他のディスプレイデバイスを含んでもよい。一部の実施形態では、ディスプレイモジュール 202 は、例えば、タッチスクリーンを有するタブレットデバイスとして、制御モジュールに統合される。いくつかの実施形態では、ディスプレイ 202 のうちの 1 つは、患者の管腔網の 3D モデル、及び仮想ナビゲーション情報（例えば、EM センサポジションに基づいてモデル内の内視鏡の端部の仮想表現）を表示することができ、一方でディスプレイ 202 の他方は、カメラ又は別の感知デバイスから受信した画像情報を器具 115 の端部に表示することができる。いくつかの実施態様では、ユーザ 205 は、統合ディスプレイモジュール 202 及び制御モジュールを使用して、データ及びシステム 110 への入力コマンドの両方を見ることができる。ディスプレイ 202 は、立体デバイス、例えば、バイザー又はゴーグルを使用して、3D 画像の 2D レンダリング及び/又は 3D 画像を表示することができる。3D 画像は、患者の解剖学的構造を示すコンピュータ 3D モデルである「エンドビュー（endo view）」（すなわち、内視鏡ビュー）を提供する。「エンドビュー」は、患者の内部の仮想環境、及び患者の内部における器具 115 の予想される位置を提供する。ユーザ 205 は、「エンドビュー」モデルを、カメラによってキャプチャされた実際の画像と比較して、器具 115 が患者の体内の正しい（又は概ね正しい）位置にあるように、頭の中において方向付けし確認する助けとする。「エンドビュー」は、器具 115 の遠位端の周囲の解剖学的構造、例えば、患者の気道、循環血管、又は腸若しくは結腸の形状に関する情報を提供する。ディスプレイモジュール 202 は、器具 115 の遠位端の周囲の解剖学的構造の 3D モデル及び CT スキャン画像を同時に表示することができる。更に、ディスプレイモジュール 202 は、器具 115 の所定のナビゲーション経路を、3D モデル及び CT スキャン画像上に重ね合わせてもよい。

20

30

【0099】

いくつかの実施形態では、器具 115 のモデルが 3D モデルと共に表示され、外科処置の状態を示す助けとなる。例えば、CT スキャンにより、生検が必要であり得る解剖学的構造にある病変が特定される。動作中、ディスプレイモジュール 202 は、器具 115 の現在の位置に対応する、器具 115 によってキャプチャされた基準画像を示すことができる。ディスプレイモジュール 202 は、ユーザ設定及び特定の外科処置に応じて、器具 115 のモデルの異なるビューを自動的に表示してもよい。例えば、ディスプレイモジュール 202 は、器具 115 が患者の手術領域に接近する際のナビゲーション工程中には、器具 115 の頭上からの X 線透視図を示す。

40

【0100】

図 18 は、本明細書に記載されるような撮像及び EM 検知能力を有する例示的な器具、例えば、図 16A ~ 図 16C の器具の 115 の遠位端 300 を示す。図 18 では、器具の遠位端 300 は、撮像デバイス 315、照明源 310、及び EM センサコイル 305 の端部を含む。遠位端 300 は、内視鏡の作業チャンネル 320 への開口部を更に含み、この開口部を通して、生検針、細胞学的ブラシ、及び鉗子などの外科用器具が内視鏡シャフトに沿って挿入され得、内視鏡先端付近の領域へのアクセスを可能にする。

50

【 0 1 0 1 】

遠位端 3 0 0 上に位置する E M コイル 3 0 5 は、E M 追跡システムと共に使用されて、解剖学的システム内に配置されている間に内視鏡の遠位端 3 0 0 のポジション及び配向を検出することができる。いくつかの実施形態では、コイル 3 0 5 は、異なる軸に沿って E M 場に感度を提供するように角度付けされてもよく、開示されたナビゲーションシステムに、完全な 6 つの自由度 (3 つの位置自由度及び 3 つの角度自由度) を測定する能力を与える。他の実施形態では、単一のコイルのみが遠位端 3 0 0 上又は内部に配置されてもよく、その軸は器具の内視鏡シャフトに沿って配向されてもよい。そのようなシステムの回転対称性に起因して、その軸を中心にロールすることは非感受性であり、そのような実施形態においては 5 つの自由度だけが検出され得る。

10

【 0 1 0 2 】

B . 位置センサ位置合わせのための技法

上述のように、位置センサを使用して、医療処置中に器具が駆動される患者の解剖学的構造のモデルに対して器具の一部分 (例えば、器具の遠位端) の位置を追跡することができる。モデルは、術前測定値に基づいて生成されてもよく、位置センサは、独立座標系に基づいて機能し得ることを理解されたい。位置センサを使用して器具の位置を正確に判定するために、位置センサ座標系は、モデル座標系に位置合わせされ、これは、位置センサからの測定に適用されて、モデル座標系内の対応するポジションに到達することができる変換を提供する。図 1 7 は、例えば、例示的な動作環境 1 0 0 内のコマンドコンソール 1 0 5 として使用することができる例示的なコマンドコンソール 2 0 0 を示す。コマンドコンソール 2 0 0 は、コンソールベース 2 0 1、1 つ又は 2 つ以上のディスプレイ 2 0 2 (例えば、モニター)、及び 1 つ又は 2 つ以上の制御モジュール (例えば、キーボード 2 0 3 及びジョイスティック 2 0 4) を含み得る。いくつかの実施形態では、コマンドコンソール 2 0 0 の機能のうちの 1 つ又は 2 つ以上は、ロボットシステム 1 1 0 の基部 1 8 0、又はロボットシステム 1 1 0 に通信可能に結合された別のシステムに統合されてもよい。ユーザ 2 0 5、例えば、医師は、コマンドコンソール 2 0 0 を使用して人間工学的な姿勢からロボットシステム 1 1 0 を遠隔制御する。

20

【 0 1 0 3 】

ある特定の実施形態では、位置センサ座標系は、器具が患者の解剖学的構造内で駆動されている間に取られた位置センサデータに基づいて、モデル座標系に位置合わせすることができる。位置センサ座標系を解剖学的構造のモデルの座標系に位置合わせするために必要とされるデータの量及び種類は、所与の解剖学的構造の形状に依存し得る。例えば、位置センサ座標系をモデル座標系に位置合わせするための 1 つの技法は、位置センサから受信したデータの履歴を維持することと、位置データ履歴によって形成された形状を、解剖学的構造のモデルに基づいて器具が移動することができる候補経路に一致させることを伴う。この技法は、ある特定の量の非対称性を有する解剖学的構造のための位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを見つけることにおいて、より成功し得る。

30

【 0 1 0 4 】

図 1 9 は、本開示の態様に従って、位置センサの位置合わせを実行することができる、例示的な管腔網を示す。図 1 9 の実施形態では、図示された管腔網 4 0 0 は、患者の気道に対応しており、第 1 代気道 4 0 5 (例えば、気管) を含み、この気道は主竜骨 4 1 0 において 2 つの第 2 代気道 4 1 5 及び 4 2 0 (例えば、一次気管支) に分岐する。また、システムが医療処置中に器具を駆動することができるターゲット 4 2 5 (例えば、管腔網 4 0 0 内の病変又は小結節) も示されている。ターゲット経路 4 3 0 は、器具がターゲット 4 2 5 に到達するように駆動され得る計画された経路を提供する。実施形態に応じて、システムは、管腔網 4 0 0 の術前にスキャンされたモデル及びターゲット 4 2 5 の位置に基づいて、ターゲット経路 4 2 5 を自動的に生成してもよい。他の実施形態では、ターゲット経路 4 2 5 は、術前計画中にユーザによって選択されてもよい。システムは、ディスプレイ上のモデルに対するターゲット経路 4 3 0 の例示を表示して、器具を駆動しターゲット 4 2 5 に到達させる方向の指標をユーザに提供することができる。ある特定の実施形態

40

50

では、ターゲット経路 4 3 0 は、管腔網の同じ部分を 1 回より多く横断しない（すなわち、ターゲット経路 4 2 5 を横断することは、管腔網のセグメントの下方に前進させ、器具を同じセグメントに沿って後退させることを伴わない）、ターゲット 4 2 5 への直接経路のみを含んでもよい。

【 0 1 0 5 】

理解されるように、第 2 代分岐 4 1 5 及び 4 2 0 によって画定される気道は対称でなくてもよいが、代わりに、異なる長さを有し、第 1 代気道 4 0 5 と異なる角度を形成してもよい。本開示によるある特定の位置合わせ技法では、いわゆる対側位置合わせは、分岐 4 1 5 と 4 2 0 との間のこの非対称性を活用して器具の位置合わせを改善する。実施形態は、器具を対側経路 4 3 5 に沿って駆動することによって非対称性を活用することができ、これは、器具を、ターゲット経路 4 3 0 上の気道と対側である第 2 代気道 4 1 5 に駆動して、第 1 代気道 4 0 5 に引き戻し、次いで経路 4 3 0 上の第 2 代気道に駆動することを含み得る。以下に論じられるように、実施形態は、対側分岐 4 1 5 を自動的に検出し、対側分岐 4 1 5 に沿って器具によって横断される距離が十分であるときに自動的に判定することなどの、対側位置合わせを容易にする特徴を追加的に含んでもよい。

10

【 0 1 0 6 】

対側経路 4 3 5 の使用をより良く説明するために、位置合わせプロセス中に位置センサからのデータ出力によって画定される経路又はトレース（対側経路 4 3 5 を含む）を、管腔網 4 0 0 のモデルによって画定される様々な形状と比較することができる。管腔網 4 0 0 によって形成された非対称形状により、位置合わせプロセス中に位置センサデータによって画定される経路は、管腔網 4 0 0 のモデルの単一部分、すなわち、第 1 代気道 4 0 5 及び第 2 代気道 4 1 5 及び 4 2 0 の各々によって画定される形状に固有に対応し得る。したがって、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせは、位置合わせプロセス中に位置センサデータ（例えば、対側経路 4 3 5）によって画定される経路又はトレースと、第 1 代気道 4 0 5 及び第 2 代気道 4 1 5 及び 4 2 0 の各々によって画定される形状との間の変換に基づいて画定されてもよい。

20

【 0 1 0 7 】

図 1 9 は、管腔網の実施形態として患者の気道の例を提供するが、本開示の態様はまた、他の管腔網をナビゲートするために使用される位置センサ、特に、少なくとも部分的に非対称である管腔網の位置合わせにも適用され得る。例えば、本開示の態様は、胃腸管ネットワーク、尿路、血管網等に適用され得る。したがって、本開示の態様は、器具を管腔網内の非対称経路の少なくとも一部分に沿って駆動している間に受信された位置データに基づいた位置センサの位置合わせに関する。

30

【 0 1 0 8 】

図 2 0 A は、本開示の態様による位置センサ座標系を対側に位置合わせするための、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能な例示的方法を示すフローチャートである。図 2 0 A に示される方法 5 0 0 の工程は、外科用ロボットシステムのプロセッサによって実行され得ることを理解されたい。便宜上、方法 5 0 0 は、システムのプロセッサによって実行されるものとして記載される。方法 5 0 0 の様々な工程の説明に関連する場合、以下の方法 5 0 0 の一実施形態を説明するために、図 1 9 に示される管腔網 4 0 0 を参照する。

40

【 0 1 0 9 】

プロセッサは、1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットを有する器具を含むシステムの一部として含まれてもよい。位置センサのセットは、位置センサ座標系内の位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されてもよい。位置センサは、器具の遠位端に又はその近くに位置してもよく（例えば、図 1 8 を参照）、したがって位置データは、器具の遠位端の位置を示すことができる。システムは、器具の遠位端の移動を制御するように構成された器具マニピュレータのセットと、プロセッサと通信し、患者の管腔網のモデルを記憶した少なくとも 1 つのコンピュータ可読メモリと、を更に含んでもよい。モデルは、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含んでもよ

50

い。メモリは、プロセッサのセットに方法 500 を実行させるために、コンピュータ実行可能命令を更に記憶していてもよい。

【0110】

方法 500 は、ブロック 501 において開始する。ブロック 505 において、プロセッサは、器具を管腔網の第 1 の分岐（例えば、対側分岐 415）に沿って駆動するように、第 1 のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供する。いくつかの実施形態では、第 1 のコマンドセットは、1 つ又は 2 つ以上のユーザ入力デバイスのセットから受信したユーザ入力に基づいて生成されてもよい。したがって、プロセッサは、位置合わせプロセスに関連付けられた移動のセットに従うための（例えば、器具を対側位置合わせ経路 435 の第 1 の部分に沿って駆動するための）命令を含む、ユーザ命令をユーザに提供することができる。次いで、システムは、ユーザ命令に対応するユーザ入力を受信し、第 1 の分岐に沿った器具の移動のために第 1 のコマンドセットを生成することができる。図 19 に示されるように、第 1 の分岐 415 は、ターゲット経路 430 の外側でターゲット 430 に位置する。したがって、第 1 のコマンドセットは、器具マニピュレータに、器具を対側位置合わせ経路 435 の第 1 の部分に沿って対側分岐 415 の下方に駆動させることができる。

10

【0111】

ブロック 510 において、プロセッサは、器具を第 1 の分岐に沿って駆動する間に、1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡する。位置合わせパラメータは、システムによって追跡され、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを実行するために、システムによって十分なデータが収集されたかどうかを判定するために使用され得る任意のデータであってもよい。ブロック 515 において、プロセッサは、位置合わせパラメータのセットが位置合わせ基準を満たすことを判定する。位置合わせ基準を満たす位置合わせパラメータは、対側分岐 415 に沿って十分な距離を移動する器具を示してもよく、位置合わせプロセスは、器具がターゲット経路 430 に後退して戻る状態で継続することができる。位置合わせパラメータを追跡し、位置合わせパラメータが位置合わせ基準を満たすかどうかを判定するためのより詳細な実施形態が、図 20B に関連して以下に提供される。

20

【0112】

ブロック 520 において、プロセッサは、器具をターゲット経路 430 に戻し、器具を第 2 の分岐（例えば、側方分岐 420）に沿って駆動するように、第 2 のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供する。図 19 に示すように、分岐 420 は、ターゲット 425 へのターゲット経路 430 に沿って位置する。プロセッサは、器具を、側方分岐 420 を下り続ける対側位置合わせ経路 435 の残りの部分に沿って駆動してもよい。

30

【0113】

ブロック 525 において、プロセッサは、器具を第 1 の分岐及び第 2 の分岐に沿って（例えば、対側位置合わせ経路 435 に沿って）駆動する間に、位置センサのセットから受信した位置データに基づいて、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを判定する。器具を側方分岐 420 に後退させるコマンドを提供する前に、ブロック 515 において位置合わせパラメータが位置合わせ基準を満たすことを確認することによって、プロセッサは、位置合わせを判定するために十分な位置データが収集されることを確実にすることができる。方法 500 は、ブロック 530 において終了する。

40

【0114】

ある特定の実施形態では、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせは、工程 505 で参照される第 1 のコマンドセット及び工程 520 からの第 2 のコマンドセットに更に基づいてもよい。すなわち、第 1 及び第 2 のコマンドセットは、器具の移動を制御するために器具マニピュレータに提供されるロボットデータであってもよい。第 1 及び第 2 のコマンドセットは、器具の移動を制御するために使用されるため、プロセッサは、第 1 及び第 2 のコマンドセットに基づいて移動されたときに器具の位置を判定することができる。したがって、プロセッサは、器具を駆動するために使用されるロボットデータに基

50

づいて、モデルに対する器具の遠位端の位置を判定することができる。例として、器具の遠位端が竜骨（図 19 に示される竜骨 410 を参照）に、又はその近くに位置し、第 1 の分岐（例えば、対側分岐 415）の下方に駆動するように位置決めされる場合、挿入コマンドを器具に提供した後、プロセッサは、器具の遠位端が挿入コマンドに指示された量だけ第 1 の分岐内に挿入されたことを判定することができる。

【0115】

プロセッサは、1つ又は2つ以上のユーザ入力デバイスのセットから受信したユーザ入力に基づいて、器具マニピュレータに提供される第 1 及び第 2 のコマンドセットを生成するように更に構成されてもよい。したがって、器具の駆動は、システムによって受信されたユーザ入力に基づいて手動で実行されてもよい。

10

【0116】

上述のように、位置合わせは、位置センサ座標系からモデル座標系にデータをマッピングすることができる変換を含んでもよい。変換は、位置センサデータに適用され得る並進及び/又は回転を含み得る。位置センサ座標系からモデル座標系にデータを正確にマッピングする位置合わせを判定するのを支援するために、プロセッサは、位置センサ座標系とモデル座標系との間のアンカーとして使用することができる 2 つの座標系の各々における既知の位置を特定することができる。図 19 を参照すると、竜骨 410 は、管腔網のモデルから自動的に識別することができ、ユーザは、器具を竜骨 410 に容易にナビゲートし、竜骨 410 の位置を示すフィードバックをプロセッサに提供することができる。

【0117】

ある特定の実施形態では、システムはまた、位置センサ座標系及びモデル座標系の各々において、既知の位置にあるアンカー点を判定するための誘導命令を生成してもよい。誘導命令は、ユーザに対し、器具の遠位端を駆動して、竜骨 410 に接触させ、次いで竜骨 410 に触れた後に器具を後退させる命令を含んでもよい。ユーザ入力に基づいて、プロセッサは、器具を竜骨 410 に駆動し、竜骨 410 に到達した後に器具を後退させるコマンドを提供してもよい。したがって、後退の直前に器具の位置を識別することによって、プロセッサは、位置センサ座標系内の識別された位置が、竜骨 410 の位置に対応することを判定することができる。次いで、2 つの座標系の各々における竜骨 410 の位置は、位置センサ座標系をモデル座標系にマッピングする変換を判定するために、1 つのデータとして使用することができる。

20

30

【0118】

別の例示的な実施形態では、器具を後退させることによって、ユーザが竜骨 410 の位置を指示することを必要とするのではなく、プロセッサは、器具の遠位端に含まれるカメラを使用して、モデルに対する器具の位置を判定することができる。ユーザは、カメラによってキャプチャされた画像を使用し、ディスプレイに提供して、管腔網を通してナビゲートすることができる。一実施形態では、カメラによって取得された画像は、リアルタイムでユーザに表示されてもよい。プロセッサは、カメラから受信した画像の分析に基づいて、器具の遠位端のポジションを判定するように構成されてもよい。管腔網の内部の特徴を判定することができる任意の画像処理技法を使用して、モデルに対する器具の遠位端のポジションを判定することができる。プロセッサは更に、器具の遠位端の遠位端が、器具の遠位端の判定されたポジションに基づいて、第 1 の位置（例えば、竜骨 410）からの閾値距離内にあることを判定してもよい。

40

【0119】

図 20 B は、本開示の態様による、対側位置合わせを円滑にするために十分な位置データが受信されたかどうかを判定するための、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能な例示的方法を示すフローチャートである。図 20 A に示される方法 550 の工程は、外科用ロボットシステムのプロセッサによって実行され得ることを理解されたい。便宜上、方法 550 は、システムのプロセッサによって実行されるものとして記載される。方法 550 の工程は、図 20 A のブロック 510 及び 515 の実施態様として実行されてもよい。

50

【 0 1 2 0 】

方法 5 5 0 は、ブロック 5 5 1 において開始する。ブロック 5 5 5 において、プロセッサは、生の位置データ及び状態データを受信する。本明細書で使用するときに、「生の位置データ」は、位置センサ座標系内の位置を示す位置データを指し得る。したがって、「生の位置データ」は、モデル座標フレームではなく器具座標フレーム内の位置を表す位置データであってもよい。位置合わせプロセスを実行し、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを判定する前に、プロセッサは、位置センサデータをモデル座標系にマッピングすることができない。したがって、位置合わせプロセスの完了前に受信した位置データは、登録されていないか、又は生の位置データであることが理解されるであろう。

【 0 1 2 1 】

状態データは、モデル内の器具の位置を示すプロセッサによって生成されたデータを指し得る。例えば、図 1 5 に示される位置特定システム 9 0 は、方法 5 0 0 及び 5 5 0 で使用することができる位置データ 9 6 (状態データとも称される) を生成するために使用されてもよい。状態データは、所与のセグメント内の器具の現在の深さ、又は解剖学的モデル内の挿入深さなどの深さ情報を含んでもよい。状態データはまた、モデル座標フレーム内の器具の遠位端の配向を含んでもよい。ある特定の形態では、プロセッサは、図 2 0 A に示される位置合わせプロセス 5 0 0 を通して生の位置データ及び状態データを受信してもよい。

【 0 1 2 2 】

ブロック 5 6 0 において、プロセッサは、方法 5 0 0 により実行される位置合わせプロセスなどの位置合わせプロセス中に収集された位置データ及び状態データを記憶してもよい。位置合わせプロセスは、管腔網の形状に関連し得る、器具の移動の、演出されたセットを含んでもよい。移動のセットはまた、モデル内のターゲット 4 2 5 への画定されたターゲット経路 4 3 0 に基づいてもよい。位置合わせプロセスは、器具を管腔網の第 1 の分岐に沿って駆動するように、第 1 のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することを含んでもよく、第 1 の分岐は対側分岐 4 1 5 上にあり、したがって、ターゲット 4 2 5 へのターゲット経路 4 3 0 の外側にある。位置合わせプロセスはまた、器具をターゲット部位 4 2 5 へのターゲット経路 4 3 0 に戻し、経路に沿って継続させるコマンドを提供することを含んでもよい。演出された移動のセットは、器具の遠位端を、対側位置合わせ経路 4 3 5 によって画定される経路に沿って駆動するために必要とされるコマンドのセットを含んでもよい。プロセッサは、第 1 の分岐に沿って器具を駆動する間に、深さ情報などの 1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡してもよい。

【 0 1 2 3 】

ブロック 5 6 5 において、プロセッサは、追跡されている位置合わせパラメータに基づいて、位置合わせプロセスの対側相の一部として、十分な位置センサデータが収集されたかどうかを判定してもよい。一実施形態では、プロセッサは、深さ情報(例えば、器具の挿入深さ)などの位置合わせパラメータを使用して、器具が対側経路 4 3 5 の対側分岐 4 1 5 に沿って十分な距離を駆動されたかどうかを判定することができる。ある特定の形態では、1 つの位置合わせ基準が満たされた後、プロセッサは、器具をターゲット経路 4 3 0 に戻すため、及び器具をターゲット部位に向かって第 2 の分岐に沿って駆動するように、第 2 のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供してもよい。器具がターゲット部位に沿って継続するとき、プロセッサは、位置合わせプロセスのために器具位置データ及び状態データを追跡し続けることができる。

【 0 1 2 4 】

器具が対側分岐 4 1 5 に沿って十分な距離だけ駆動されたかどうかを判定することによって、システムは、ユーザから要求される入力量を低減することができ、それによってユーザエラーの機会を低減することができる。例えば、ある特定の位置合わせプロセスは、ユーザが複数の定義された位置に駆動することを必要とし、器具が定義された位置に駆動されたことを示す入力をシステムに提供することを必要とし得る。このタイプの必要なユーザ入力を排除することにより、本開示の態様は、位置合わせプロセスの容易性を改善

10

20

30

40

50

し、ユーザエラーの潜在的なソースを低減することができる。

【0125】

ブロック570において、プロセッサは、位置合わせプロセス中に追跡された位置データ及び状態データ（例えば、対側経路435及びターゲット経路430に沿って追跡された位置データ及び状態データ）を使用して、位置座標系をモデル座標系に位置合わせしてもよい。上述したように、これは、位置センサを使用して追跡したときに器具によって取られた経路の形状を、モデルの骨格構造によって画定される管腔網の形状に一致させることを含んでもよい。ある特定の実施形態では、追跡された経路から最も低い差を有するモデルの形状が選択され、それを使用して位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせを判定する。追跡された経路が対側分岐415を含むため、実施形態は、追跡された経路がモデル内の他の候補経路に一致する可能性を低減し得ることを理解されたい。方法550は、ブロック575において終了する。

10

【0126】

位置合わせを判定する際に、プロセッサは、位置センサデータ及びロボットデータの履歴によって画定される形状に一致するように更に構成されてもよい。したがって、ある特定の実施態様では、プロセッサは、器具を対側位置合わせ経路に沿って駆動しながら、位置座標系に対する器具の遠位端の位置を表す位置データ点のセットを生成するように構成されてもよい。プロセッサは、器具を対側位置合わせ経路に沿って駆動しながら、モデル座標系に対する器具の遠位端の位置を表すモデル点のセットを更に生成してもよい。プロセッサは、ロボットデータの履歴及びモデルに基づいてモデル点を生成してもよい。2つの点のセットは、位置座標系とモデル座標系との間の位置合わせを判定するためにプロセッサによって使用されてもよく、位置座標系内の位置データ点のセットをモデル座標系内の第2のモデル点のセットにマッピングする位置合わせを判定することに基づく。

20

【0127】

図21は、本開示の態様による、管腔網のモデルに関する位置データを示す図である。図21の実施例では、図600は、管腔網の術前スキャンのモデル602を含み、これはまた、モデル602によって画定される気道の各々に沿った中点によって画定される骨格605を含んでもよい。具体的には、骨格605は、各々が管腔網内の対応する管腔の中点に位置する一連のセグメントを含む。また、解剖学的構造に対する対側位置合わせプロセス中の器具の遠位端の実際の位置又は真の位置を表すグラウンドトゥールズデータ610も示されている。図21に示されるグラウンドトゥールズデータ610は、対側位置合わせプロセスの精度を強調するために処置中に通常使用されない試験用具によって生成されていてもよい。図示した例では、ターゲット625は、図の左側に位置してもよい。したがって、位置合わせ処置の間、器具は、第1代気道630から対側第2代気道635内へと駆動されてもよい。その後、器具を第1代気道630内に後退させ、ターゲット625への経路に沿って位置する側方第2代気道640内に前進させてもよい。

30

【0128】

システムはまた、モデル605の骨格に沿った器具の位置を表す状態データ615を追跡してもよい。上述のように、プロセッサは、器具の遠位端の位置を示すデータの1つ又は2つ以上の異なるデータ源から受信したデータに基づいて（例えば、図15の位置特定モジュール95を介して）状態データを判定することができる。位置合わせプロセス中に十分なデータが受信されると、位置合わせされた位置データ620を生成するために位置合わせ変換を生の位置データに適用することができる。図21に示すように、位置合わせされた位置データ620は、グラウンドトゥールズデータ610を厳密に追跡してもよい。位置データが位置合わせされた後、プロセッサは、状態データ615を判定する際に、位置合わせされた位置データ620を入力として使用してもよい。

40

【0129】

図22は、本開示の態様による、対側位置合わせプロセスを事前形成しない位置データの位置合わせの実施例を示す図である。この実施例では、対側位置合わせプロセスが実行されない（例えば、器具は対側分岐の下方に駆動されない）場合、生の位置データ705

50

は、モデル内の2つの異なる候補経路710及び715と実質的に一致してもよい。すなわち、2つの候補経路710及び715の各々は、生の位置データ705の回転及び/又は並進が経路710及び715の両方と実質的に一致し得るような同様の形状を有してもよい。しかしながら、2つの経路710及び715が分岐しているため、位置合わせのために誤った経路715を選択することにより、位置データに、2つの経路710と715との間の分岐を通過して駆動されたときに器具の位置の不正確な指標を提供させることができる。対照的に、本開示の態様による対側位置合わせプロセスを実行することによって、誤った候補位置合わせ経路715に基づく位置合わせが、器具によって取られた対側経路に沿った形状に一致しないため、誤った候補位置合わせ経路715は、候補位置合わせのセットから除去され得る（例えば、図21を参照）。

10

【0130】

上述したように、対側位置合わせ処置は、第1の分岐及び第2の分岐が非対称であるとき（例えば、第2代セグメント）、より正確かつよりロバストな位置合わせを提供することができる。したがって、ある特定の実施形態では、プロセッサは、対側位置合わせ処置のために、管腔網の非対称な分岐を選択してもよい。管腔網内の位置のこの選択はまた、位置データとモデルとの間の一致に対する可能な解決策の数を低減し、よりロバストな位置合わせ処置をもたらすことができる。気管支鏡検査の例では、経路に沿ってターゲットへと進む前に器具を対側分岐に駆動することは、位置センサのモデル座標系への位置合わせを容易にするのに十分な生の位置データを提供することができる。したがって、ある特定の実施形態では、第1の分岐は、ターゲットに対する管腔網の対側に位置する。

20

【0131】

C. 位置センサ位置合わせ計画

本開示の態様はまた、位置センサ位置合わせ処置に関連する命令及び/又は基準を判定することを伴い得る術前計画にも関する。図23は、本開示の態様による、術前計画のための、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能な例示的方法を示すフローチャートである。術前計画のための処置800は、本開示の態様による術前計画のために、外科用ロボットシステム又はその構成要素によって動作可能であり得る。例えば、術前計画のための方法800の態様は、図17に例示されるコマンドコンソール200などのコマンドコンソールによって実行され得るか、又はコマンドコンソールの一部として含まれ得る、外科用ロボットシステムのプロセッサ（若しくはプロセッサのセット）によって実行され得る。便宜上、術前計画のための方法は、システムのプロセッサによって実行されるものとして記載される。ある特定の実施形態では、システムはまた、プロセッサのセットと通信し、患者の管腔網のモデルを記憶した、少なくとも1つのコンピュータ可読メモリを含んでもよい。モデルは、モデル座標系内のターゲット及びターゲットへの経路を含む。メモリはまた、プロセッサのセットに方法800を実行させるコンピュータ実行可能命令を記憶してもよい。

30

【0132】

方法800は、ブロック801において開始する。ブロック905において、プロセッサは、ディスプレイデバイスを介して管腔網を表示する命令を提供する。具体的には、プロセッサは、ディスプレイデバイスを介して管腔網を表示する命令を提供してもよい。これは、例えば、プロセッサが、メモリから管腔網のモデルを取得し、ユーザによって閲覧されるモデルを表示することを伴い得る。モデルのディスプレイは、例えば、管腔網の術前スキャン（図19、図21、及び図22に示される）に基づいて生成された骨格及び/又はより詳細にセグメント化された画像を表示することを伴い得る。

40

【0133】

ブロック810において、プロセッサは、モデル座標系内のターゲットの位置の指標を受信する。例えば、プロセッサは、ユーザ入力デバイスを介して、医療処置の少なくとも一部分が実行されるモデルのターゲット部分の指標をユーザから受信してもよい。ターゲットは、例えば、病変を生検し、リンパ節をステージ分類し、放射線療法を誘導するか又は近接照射療法カテーテルを誘導するためにマーカーを挿入するための肺内の所望の位置

50

であり得る。他の実施形態では、システムは、術前スキャンにおいて腫瘍を示す特徴を検出することに基づいて、ターゲット位置 4 2 5 を自動的に検出するか、又は別の方法で判定することができる。

【 0 1 3 4 】

ブロック 8 1 5 において、プロセッサは、管腔網内の第 1 の分岐（例えば、図 1 9 の対側分岐 4 1 5 などの、管腔網の対側に位置する分岐）と、管腔網内の第 2 の分岐（図 1 9 の側方分岐 4 2 0 などの、管腔網の側方に位置する分岐）を識別する。識別された第 1 及び第 2 の分岐は、ターゲットの位置に関して管腔網の対側及び側方にそれぞれ位置するため、第 1 の分岐は、ターゲットへの経路の外側に位置してもよく、第 2 の分岐は、ターゲットへの経路に沿って位置してもよい。

10

【 0 1 3 5 】

ある特定の実施形態では、モデル及び選択されたターゲットに基づいて、プロセッサは、位置センサの位置合わせを支援するために器具によって横断され得るモデルのある特定のセグメントを自動的に識別してもよい。これは、管腔網の対側に位置する分岐として第 1 の分岐を識別し、管腔網の側方に位置する分岐として第 2 の分岐を識別するプロセッサを含み得る。ある特定の実施形態では、第 1 及び第 2 の分岐は、図 1 9 に示される分岐 4 1 5 及び 4 2 0 などの、管腔網の第 2 代分岐であってもよい。プロセッサは、第 1 及び第 2 の分岐によって形成された形状が、管腔網内で十分に固有であることを判定するように更に構成されてもよく、器具が第 2 代分岐によって画定される対側位置合わせ経路に沿って駆動されるとき、モデル内の他の形状は、対側位置合わせプロセス中に器具によって取られた経路と一致することはない。この判定は、第 1 及び第 2 の分岐の形状をモデル内の他の可能な形状と比較して、形状に任意の可能な矛盾が存在するかどうかを判定することによって実行されてもよい。

20

【 0 1 3 6 】

上述したように、ある特定の位置合わせプロセスは、ユーザが器具を管腔網内の複数の画定された位置に駆動し、器具が画定された位置に位置するときにシステムに指標を提供することを必要とし得る。この技法はまた、ユーザが術前計画段階中に画定された位置を識別することを必要とし得る。しかしながら、プロセッサは、位置合わせプロセスに使用することができる対側経路を自動的に識別することができるため、術前計画段階中にユーザに必要な工程を低減することができる。

30

【 0 1 3 7 】

ブロック 8 2 0 において、プロセッサは、器具の遠位端を第 1 の分岐に沿って駆動し、第 1 の分岐から経路に戻り、第 2 の分岐に沿って駆動するための誘導命令のセットを生成する。したがって、命令のセットは、図 1 9 の対側位置合わせ経路 4 3 5 などの対側位置合わせ経路を画定し得る。誘導命令は、医療処置中にユーザに提供されるメモリに記憶されてもよい。医療処置中、命令に従って器具を駆動する間に、1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットから受信した位置データは、位置データの位置座標系とモデル座標系との間の位置合わせを容易にし得る。位置合わせは、位置座標系とモデル座標系との間の並進及び回転のうちの少なくとも 1 つを含んでもよい。ブロック 8 2 5 において、プロセッサは、器具を第 1 の分岐に沿って駆動する間に追跡される 1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータに対する位置合わせ基準を判定する。方法 8 0 0 は、ブロック 8 3 0 において終了する。

40

【 0 1 3 8 】

位置合わせ基準は、位置センサ座標系の、モデル座標系への位置合わせに必要な位置データの量に関連し得る。例えば、基準は、器具を第 1 の分岐から経路に戻ることができる前に、対側分岐に沿った器具の必要な移動距離を指定してもよい。位置合わせ基準はまた、患者の解剖学的構造の特定の形状に依存し得る。例えば、いくつかの患者の気道は、他の患者よりも第 1 の分岐と第 2 の分岐との間に形成された形状と角度との間に、より大きな不一致を有し得る。第 1 の分岐と第 2 の分岐との間の差がより顕著である場合、位置合わせのために十分なデータを受信するために、器具が第 1 の分岐のはるか下方を移動する

50

必要はない場合がある。他の実施形態では、位置合わせ基準は、実行される特定の処置のための患者の大部分に対する位置合わせ用の十分な位置データを提供するために判定された閾値に基づいて設定されてもよい。

【 0 1 3 9 】

位置合わせパラメータは、対側分岐への器具の挿入深さを含んでもよい。この実施形態では、位置合わせパラメータのセットは、第 1 の分岐への挿入深さが閾値挿入深さよりも大きいことに応じて、位置合わせ基準を満たす。例えば、位置合わせ基準は、経路上の第 1 代分岐に戻る前に、器具を対側分岐の少なくとも 50% に沿って駆動する命令を含んでもよい。特定の値は、医療処置に關与する特定の解剖学的構造に応じて、及び / 又は一般集団における解剖学的構造の形状の変化の分析に基づいて異なってもよい。

10

【 0 1 4 0 】

特定の医療処置に応じて、プロセッサはまた、第 1 の分岐及び第 2 の分岐が非対称であるかどうかを判定してもよい。プロセッサは、第 1 及び第 2 の分岐が非対称であることを判定したことに応じて、第 1 及び第 2 の分岐を識別することができる。上述したように、位置合わせプロセスは、非対称経路及び / 又は非対称形状の管腔網に対してより正確であり得る。したがって、プロセッサは、位置合わせプロセスが実行される場所に対して非対称な形状を有する、管腔網内の分岐点を選択してもよい。気道の場合などのある特定の実施形態では、位置合わせプロセスが実行され得る 1 つの分岐は、気管から主気管支内への分岐である。したがって、プロセッサは、第 1 の分岐が、ターゲットに対する管腔網の対側に位置することを判定することに更に応答して、第 1 の分岐を識別することができる。

20

【 0 1 4 1 】

ある特定の実施形態では、命令のセットは、器具を管腔網内の第 1 の位置に駆動する命令を含む。第 1 の位置は、位置センサ座標系及びモデル座標系の各々の内部に既知の位置を提供することができる、医療処置中にユーザによって識別可能な位置であってもよい。例えば、気管支鏡検査処置中、第 1 の位置は、患者の竜骨に対応してもよい。竜骨は、主気管支間の分岐におけるその位置に基づいてモデル内で識別されてもよく、ユーザは、位置データの位置合わせの前に、竜骨に駆動することができる場合がある。この実施形態では、第 1 及び第 2 の分岐は、患者の主気管支に対応してもよい。器具の遠位端が第 1 の位置から閾値距離内にある間は、位置センサ座標系とモデル座標系との間の位置合わせは、位置センサのセットから受信した位置データに更に基づいてもよい。位置座標系とモデル座標系との間の既知の基準点として第 1 の位置を使用することによって、位置合わせのための並べ替えの数を制限することができる。加えて、ユーザ命令は、竜骨に触れた後に器具を後退させる命令を含んでもよい。この後退は、位置合わせ処置中に第 1 の位置として使用することができる、竜骨のポジションの指標として解釈され得る。

30

【 0 1 4 2 】

3 . システムの実施及び用語

本明細書に開示される実施態様は、位置センサをモデル座標系に位置合わせするためのシステム、方法、及び装置を提供する。

【 0 1 4 3 】

本明細書で使用するとき、用語「結合する」、「結合している」、「結合された」、又は単語「結合」の他の変形は、間接的接続又は直接的接続のいずれかを示し得ることに留意されたい。例えば、第 1 の構成要素が第 2 の構成要素に「結合される」場合、第 1 の構成要素は、別の構成要素を介して第 2 の構成要素に間接的に接続されてもよく、又は第 2 の構成要素に直接的に接続されてもよい。

40

【 0 1 4 4 】

本明細書に記載される機能は、プロセッサ可読媒体又はコンピュータ可読媒体上の 1 つ又は 2 つ以上の命令として記憶されてもよい。用語「コンピュータ可読媒体」は、コンピュータ又はプロセッサによってアクセスすることができる任意の利用可能な媒体を指す。例として、限定するものではないが、このような媒体は、ランダムアクセスメモリ (RAM)、読み出し専用メモリ (ROM)、電氣的消去可能プログラム可能読み出し専用メモ

50

リ（EEPROM）、フラッシュメモリ、コンパクトディスク読み出し専用メモリ（CD-ROM）、又は他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置若しくは他の磁気記憶デバイス、又は命令若しくはデータ構造の形態で所望のプログラムコードを記憶するために使用することができ、コンピュータによってアクセスすることができる任意の他の媒体を含んでもよい。コンピュータ可読媒体は、有形であり、非一時的であってもよいと留意されたい。本明細書で使用するとき、用語「コード」は、コンピューティングデバイス又はプロセッサによって実行可能であるソフトウェア、命令、コード、又はデータを指してもよい。

【0145】

本明細書に開示される方法は、記載される方法を達成するための1つ又は2つ以上の工程又は行為を含む。方法工程及び/又は行為は、特許請求の範囲から逸脱することなく互いに交換されてもよい。換言すれば、記載されている方法の適切な動作のために特定の順序の工程又は行為が必要とされない限り、請求項の範囲から逸脱することなく、特定の工程及び/又は行為の順序及び/又は使用を修正してもよい。

10

【0146】

本明細書で使用するとき、用語「複数」は、2つ又は3つ以上を示す。例えば、複数の構成要素は、2つ又は3つ以上の構成要素を示す。用語「判定する」は、多種多様な行為を包含し、したがって、「判定する」は、計算する、演算する、処理する、導出する、調査する、ルックアップする（例えば、テーブル、データベース又は別のデータ構造を調べること）、確認することなどを含むことができる。また、「判定する」は、受信すること（例えば、情報を受信すること）、アクセス（例えば、メモリ内のデータにアクセスすること）などを含むことができる。また、「判定する」は、解決する、選択する、選出する、確立するなどを含むことができる。

20

【0147】

語句「基づく」は、別途明示的に指定されない限り、「のみに基づく」ことを意味しない。換言すれば、語句「基づく」は、「のみに基づく」及び「少なくとも基づく」の両方を記載する。

【0148】

開示される実施態様の前述の説明は、任意の当業者が本発明を製造すること、又は使用することを可能にするために提供される。これらの実施態様に対する種々の修正は、当業者には容易に明らかになり、かつ、本明細書で規定される一般的な原理は、本発明の範囲から逸脱することなく、他の実施態様に適用され得る。例えば、当業者であれば、締結、装着、結合、又は係合ツール構成要素の均等の方法、特定の作動運動を生み出すための均等の機構、及び電気エネルギーを送達するための均等の機構など、多くの対応する代替的かつ均等の構造的詳細を使用することができると理解されるであろう。したがって、本発明は、本明細書に示される実施態様に限定されることを意図するものではなく、本明細書に開示される原則及び新規な特徴と一致する最も広い範囲が与えられるものである。

30

【0149】

〔実施の態様〕

(1) システムであって、

40

1つ又は2つ以上の位置センサのセットを含む器具であって、前記位置センサのセットが、位置センサ座標系内の前記位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成された、器具と、

前記器具の遠位端の移動を制御するように構成された器具マニピュレータのセットと、プロセッサのセットと、

前記プロセッサのセットと通信し、患者の管腔網のモデルを記憶した少なくとも1つのコンピュータ可読メモリと、を備え、前記モデルが、モデル座標系内のターゲット及び前記ターゲットへの経路を含み、前記メモリは、前記プロセッサのセットに、

前記器具を前記管腔網の第1の分岐に沿って駆動するように、第1のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記第1の分岐が、前記タ

50

ターゲットへの前記経路の外側にある、提供することと、

前記器具を前記第 1 の分岐に沿って駆動する間に、1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、

前記位置合わせパラメータのセットが位置合わせ基準を満たすことを判定することと、

前記器具を前記経路に戻し、前記器具を第 2 の分岐に沿って駆動するように、第 2 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記第 2 の分岐が、前記ターゲットへの前記経路の一部である、提供することと、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の位置合わせを、前記器具を前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐に沿って駆動する間に、前記位置センサのセットから受信した前記位置データに基づいて判定することと、を行わせるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、システム。

10

(2) 前記位置合わせが、前記位置座標系と前記モデル座標系との間の並進及び回転のうちの少なくとも 1 つを含む、実施態様 1 に記載のシステム。

(3) 前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐が、非対称である、実施態様 1 に記載のシステム。

(4) 前記第 1 の分岐が、前記ターゲットに対して前記管腔網の対側に位置する、実施態様 1 に記載のシステム。

(5) 前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットに更に基づく、実施態様 1 に記載のシステム。

20

【 0 1 5 0 】

(6) 1 つ又は 2 つ以上のユーザ入力デバイスのセットを更に備え、

前記メモリが、前記 1 つ又は 2 つ以上のユーザ入力デバイスから受信したユーザ入力に基づいて、前記プロセッサのセットに前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットを生成させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、実施態様 1 に記載のシステム。

(7) 前記メモリが、前記プロセッサのセットに、

前記器具を前記管腔網内の第 1 の位置に駆動するように、第 3 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶しており、

30

前記器具の前記遠位端が前記第 1 の位置から閾値距離内にある間は、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置センサのセットから受信した前記位置データに更に基づく、実施態様 1 に記載のシステム。

(8) 前記メモリが、前記プロセッサのセットに、

前記第 1 の位置に到達した後に前記器具を後退させるように、第 4 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させ、

前記第 3 のコマンドセット及び前記第 4 のコマンドに基づいて、前記モデル座標系内の前記第 1 の位置のポジションを判定させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶しており、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記器具を前記第 1 の位置から後退させる前に受信された前記位置データに更に基づく、実施態様 7 に記載のシステム。

40

(9) 前記器具が、カメラを更に備え、

前記メモリは、前記プロセッサのセットに、

前記カメラから受信した画像の分析に基づいて、前記器具の前記遠位端のポジションを判定させ、

前記器具の前記遠位端の前記遠位端が、前記器具の前記遠位端の判定されたポジションに基づいて、前記第 1 の位置から閾値距離内にあることを判定させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、実施態様 7 に記載のシステム。

(1 0) 前記メモリが、前記プロセッサのセットに、

50

前記器具を前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐に沿って駆動する間に、前記位置座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表す位置データ点のセットを生成させ、

前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットに基づいて、前記モデル座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表すモデル点のセットを生成させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶しており、

前記位置座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置座標系内の前記位置データ点のセットの、前記モデル座標系内の前記モデル点のセットへのマッピングに更に基づく、実施態様 1 に記載のシステム。

【 0 1 5 1 】

(1 1) 前記 1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットが、前記第 1 の分岐への挿入深さを含み、

10

前記メモリは、前記プロセッサのセットに、

前記位置合わせパラメータのセットが、閾値挿入深さより大きい前記第 1 の分岐への前記挿入深さに応じて、前記位置合わせ基準を満たすことを判定させるための、コンピュータ実行可能命令を更に記憶している、実施態様 1 に記載のシステム。

(1 2) 非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、実行されると、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスに、

器具を管腔網の第 1 の分岐に沿って駆動するように、第 1 のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記器具が、1 つ又は 2 つ以上の位置センサのセットを含み、前記位置センサのセットが、位置センサ座標系内の前記位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されており、前記器具マニピュレータのセットが、前記器具の遠位端の移動を制御するように構成されており、メモリが、患者の管腔網のモデルを記憶しており、前記モデルが、モデル座標系内のターゲット及び前記ターゲットへの経路を含み、前記第 1 の分岐が、前記ターゲットへの前記経路の外側にある、提供することと、

20

前記器具を前記第 1 の分岐に沿って駆動する間に、1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、

前記位置合わせパラメータのセットが、位置合わせ基準を満たすことを判定することと、

前記器具を前記経路に戻し、前記器具を第 2 の分岐に沿って駆動するように、第 2 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記第 2 の分岐が、前記ターゲットへの前記経路の一部である、提供することと、

30

前記器具を前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐に沿って駆動する間に、前記位置センサのセットから受信した前記位置データに基づいて、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の位置合わせを判定することと、を行わせるための、命令を記憶している、非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(1 3) 前記位置合わせが、前記位置座標系と前記モデル座標系との間の並進及び回転のうちの少なくとも 1 つを含む、実施態様 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(1 4) 前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐が、非対称である、実施態様 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

40

(1 5) 前記第 1 の分岐が、前記ターゲットに対して前記管腔網の対側に位置する、実施態様 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【 0 1 5 2 】

(1 6) 前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットに更に基づく、実施態様 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(1 7) 実行されると、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスに、

1 つ又は 2 つ以上のユーザ入力デバイスのセットから受信したユーザ入力に基づいて、前記プロセッサのセットに前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットを生成させることを行わせる、命令を更に記憶している、実施態様 1 2 に記載の非一時的コン

50

コンピュータ可読記憶媒体。

(18) 実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記器具を前記管腔網内の第1の位置に駆動するように、第3のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させる、命令を更に記憶しており、

前記器具の前記遠位端が前記第1の位置から閾値距離内にある間は、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置センサのセットから受信した前記位置データに更に基づく、実施態様12に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(19) 実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記第1の位置に到達した後に前記器具を後退させるように、第4のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供させ、

前記第3のコマンドセット及び前記第4のコマンドに基づいて、前記モデル座標系内の前記第1の位置のポジションを判定させる、命令を更に記憶しており、

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記器具を前記第1の位置から後退させる前に受信された前記位置データに更に基づく、実施態様18に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(20) 前記器具が、カメラを更に備え、

前記非一時的コンピュータ可読記憶媒体は、実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記カメラから受信した画像の分析に基づいて、前記器具の前記遠位端のポジションを判定することと、

前記器具の前記遠位端の前記遠位端が、前記器具の前記遠位端の判定されたポジションに基づいて、前記第1の位置から閾値距離内にあることを判定することと、を行わせる、命令を更に記憶している、実施態様18に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【0153】

(21) 実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記器具を前記第1の分岐及び前記第2の分岐に沿って駆動する間に、前記位置座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表す位置データ点のセットを生成させ、

前記第1のコマンドセット及び前記第2のコマンドセットに基づいて、前記モデル座標系に対する前記器具の前記遠位端の前記位置を表すモデル点のセットを生成させる、命令を更に記憶しており、

前記位置座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置座標系内の前記位置データ点のセットの、前記モデル座標系内の前記モデル点のセットへのマッピングに更に基づく、実施態様12に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(22) 前記1つ又は2つ以上の位置合わせパラメータのセットが、前記第1の分岐への挿入深さを含み、

前記非一時的コンピュータ可読記憶媒体は、実行されると、少なくとも1つのコンピューティングデバイスに、

前記位置合わせパラメータのセットが、閾値挿入深さより大きい前記第1の分岐への前記挿入深さに応じて、前記位置合わせ基準を満たすことを判定させるための、命令を更に記憶している、実施態様12に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

(23) 1つ又は2つ以上の位置センサのセットを位置合わせする方法であって、

器具を管腔網の第1の分岐に沿って駆動するように、第1のコマンドセットを器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記器具が、前記位置センサのセットを含み、前記位置センサのセットが、位置センサ座標系内の前記位置センサのセットのポジションを示す位置データを生成するように構成されており、前記器具マニピュレータのセットが、前記器具の遠位端の移動を制御するように構成されており、メモリが、患者の管腔網のモデルを記憶しており、前記モデルが、モデル座標系内のターゲット及び前記ターゲットへの経路を含み、前記第1の分岐が前記ターゲットへの前記経路の外側にある、提供することと、

10

20

30

40

50

前記器具を前記第 1 の分岐に沿って駆動する間に、1 つ又は 2 つ以上の位置合わせパラメータのセットを追跡することと、

前記位置合わせパラメータのセットが、位置合わせ基準を満たすことを判定することと、前記器具を前記経路に戻し、前記器具を第 2 の分岐に沿って駆動するように、第 2 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することであって、前記第 2 の分岐が、前記ターゲットへの前記経路の一部である、提供することと、

前記器具を前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐に沿って駆動する間に、前記位置センサのセットから受信した前記位置データに基づいて、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の位置合わせを判定することと、を含む、方法。

(2 4) 前記位置合わせが、前記位置座標系と前記モデル座標系との間の並進及び回転のうちの少なくとも 1 つを含む、実施態様 2 3 に記載の方法。

10

(2 5) 前記第 1 の分岐及び前記第 2 の分岐が、非対称である、実施態様 2 3 に記載の方法。

【 0 1 5 4 】

(2 6) 前記第 1 の分岐が、前記ターゲットに対して前記管腔網の対側に位置する、実施態様 2 3 に記載の方法。

(2 7) 前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットに更に基づく、実施態様 2 3 に記載の方法。

(2 8) 1 つ又は 2 つ以上のユーザ入力デバイスのセットから受信したユーザ入力に基づいて、前記プロセッサのセットに前記第 1 のコマンドセット及び前記第 2 のコマンドセットを生成させることを更に含む、実施態様 2 3 に記載の方法。

20

(2 9) 前記器具を前記管腔網内の第 1 の位置に駆動するように、第 3 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することを更に含む、

前記器具の前記遠位端が前記第 1 の位置から閾値距離内にある間は、前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記位置センサのセットから受信した前記位置データに更に基づく、実施態様 2 3 に記載の方法。

(3 0) 前記第 1 の位置に到達した後に前記器具を後退させるように、第 4 のコマンドセットを前記器具マニピュレータのセットに提供することと、

前記第 3 のコマンドセット及び前記第 4 のコマンドに基づいて、前記モデル座標系内の前記第 1 の位置のポジションを判定することと、を更に含む、

30

前記位置センサ座標系と前記モデル座標系との間の前記位置合わせが、前記器具を前記第 1 の位置から後退させる前に受信された前記位置データに更に基づく、実施態様 2 9 に記載の方法。

40

50

【図面】
【図 1】

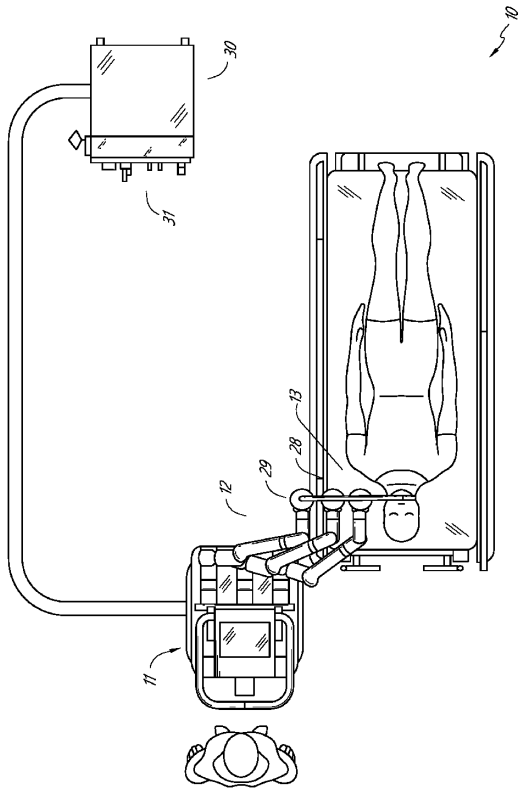


FIG. 1

【図 2】

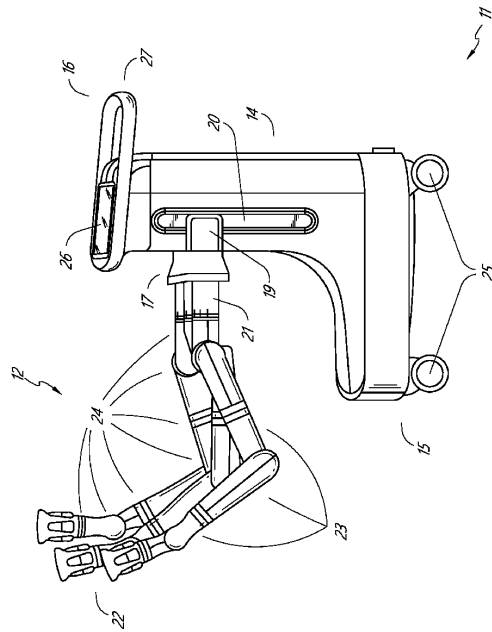


FIG. 2

【図 3】

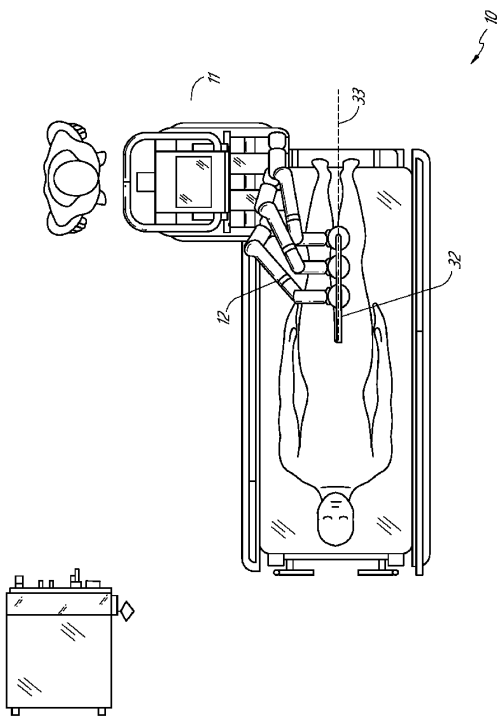


FIG. 3

【図 4】

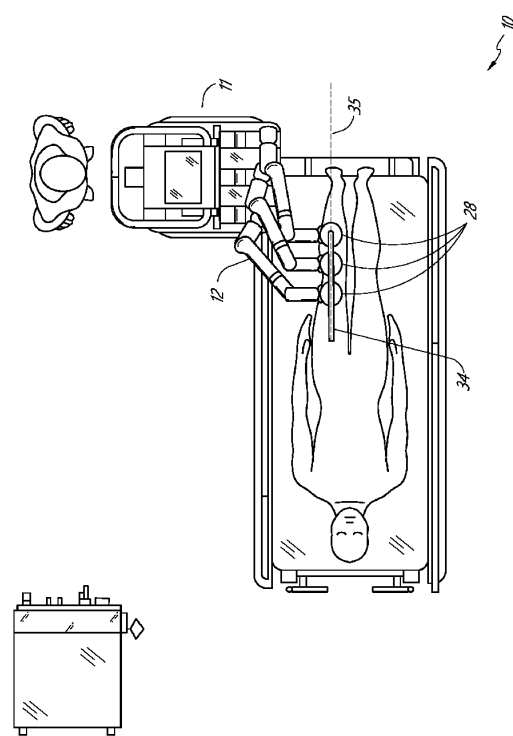


FIG. 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

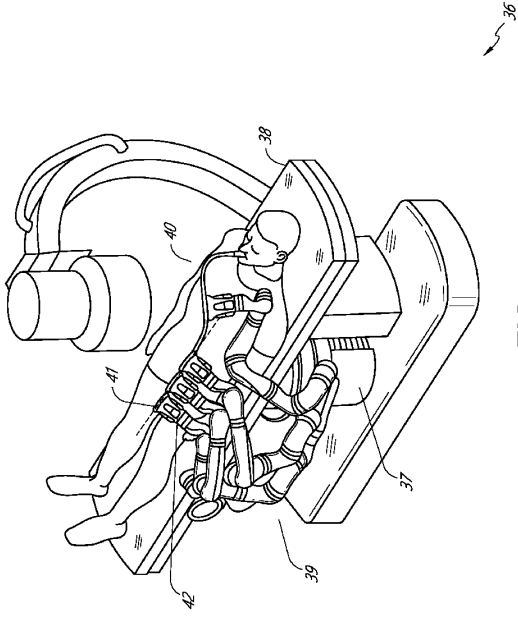


FIG. 5

【 図 6 】

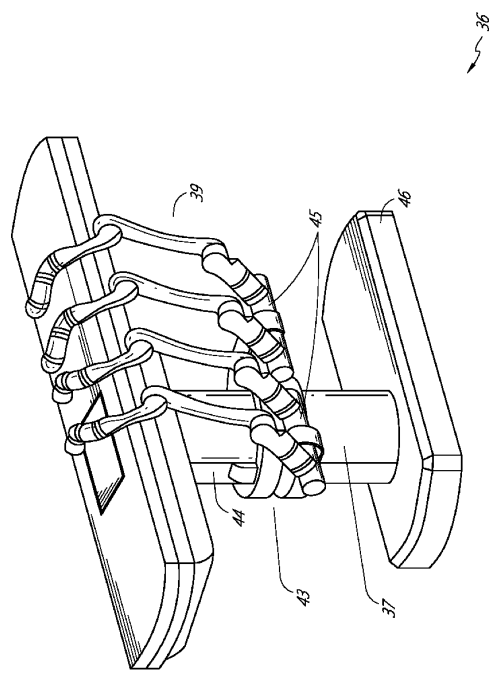


FIG. 6

【 図 7 】

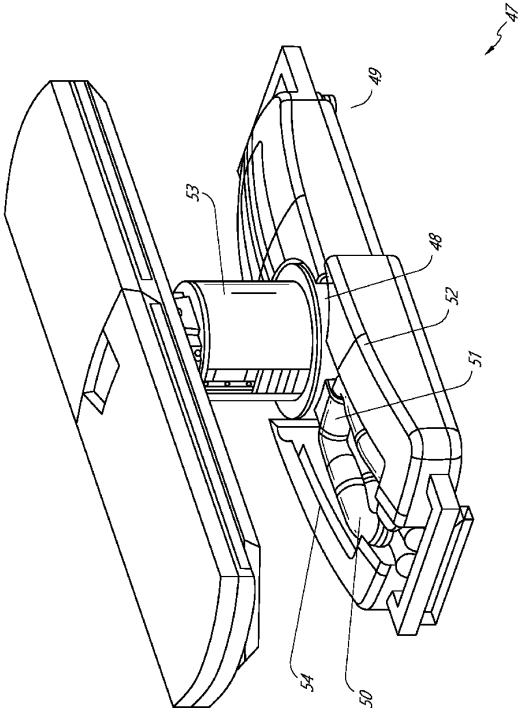


FIG. 7

【 図 8 】

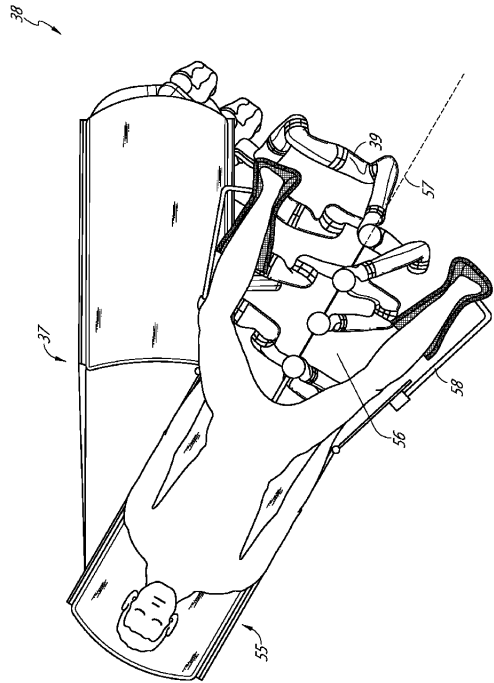


FIG. 8

10

20

30

40

50

【 9 】

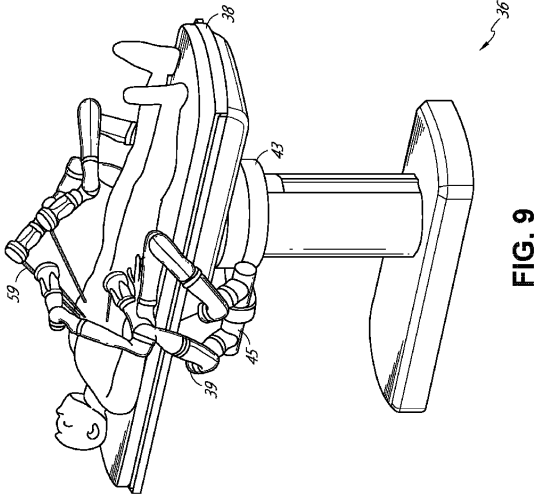


FIG. 9

【 1 0 】

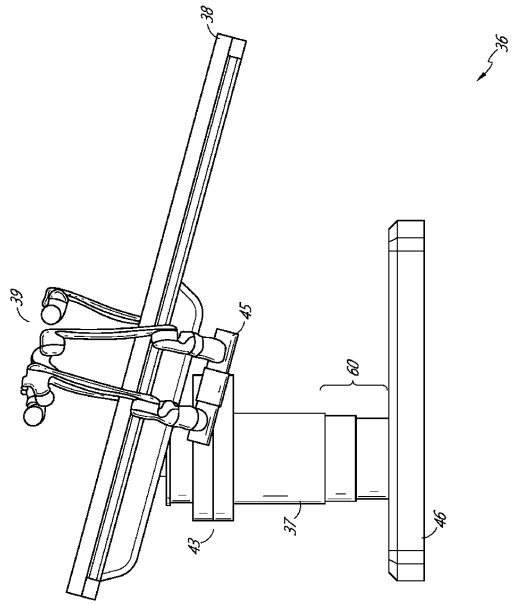


FIG. 10

【 1 1 】

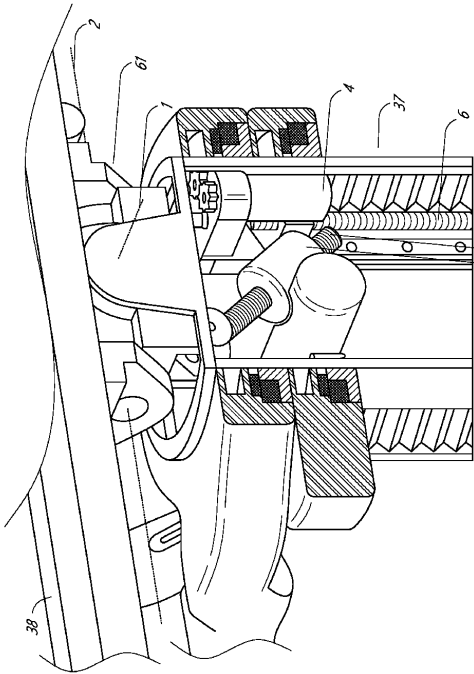


FIG. 11

【 1 2 】

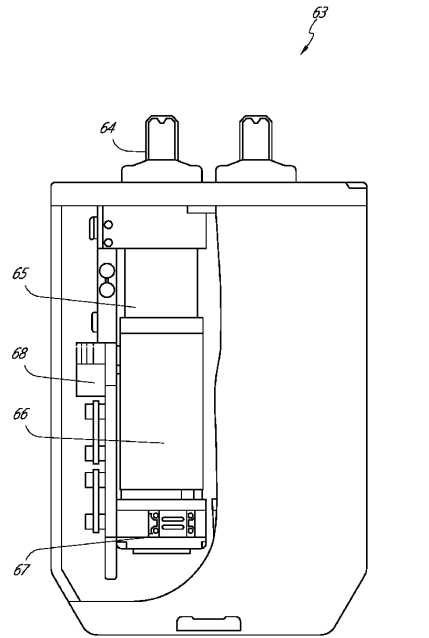


FIG. 12

10

20

30

40

50

【 図 1 3 】

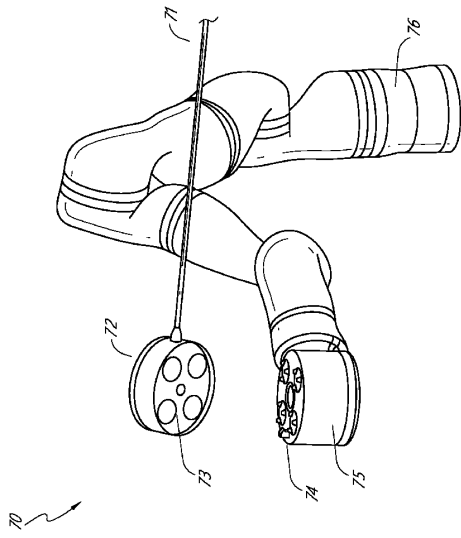


FIG. 13

【 図 1 4 】

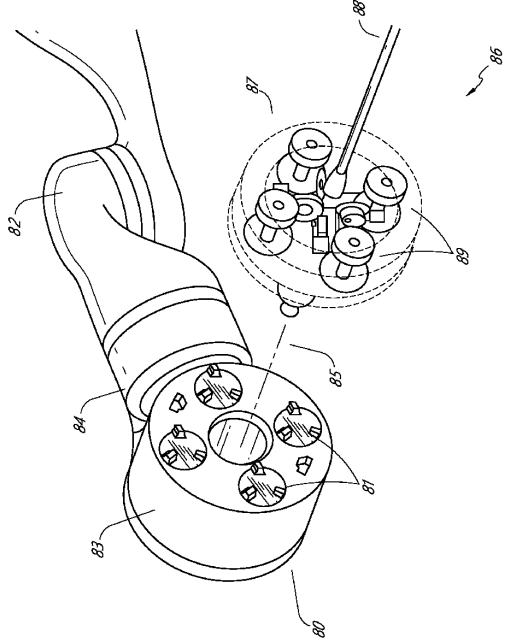


FIG. 14

【 図 1 5 】

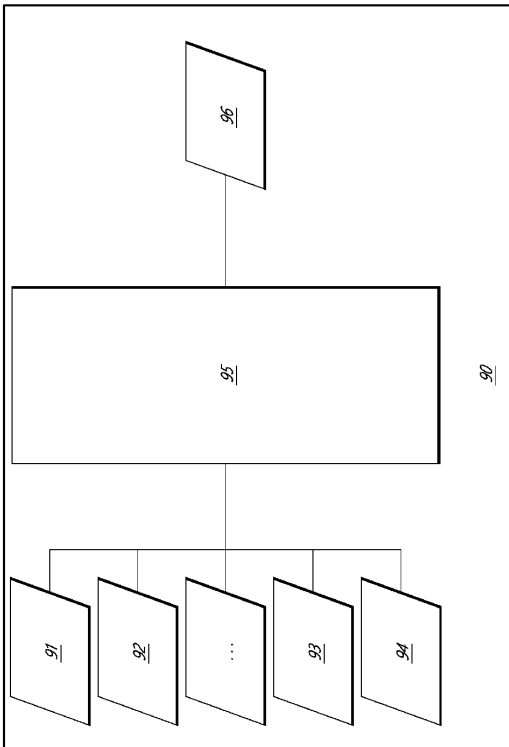


FIG. 15

【 図 1 6 A 】

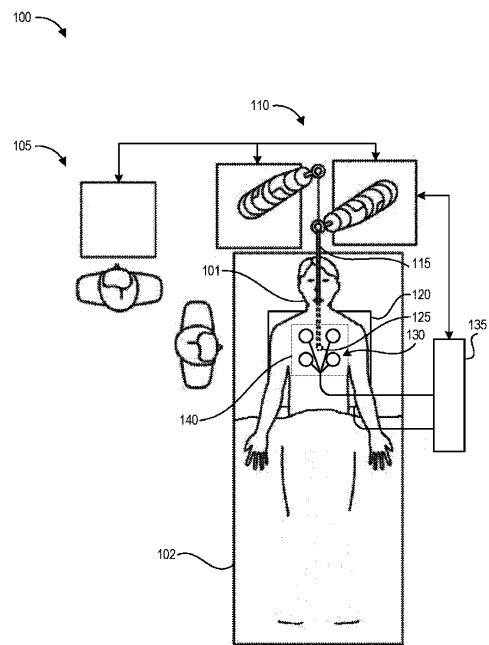


FIG. 16A

10

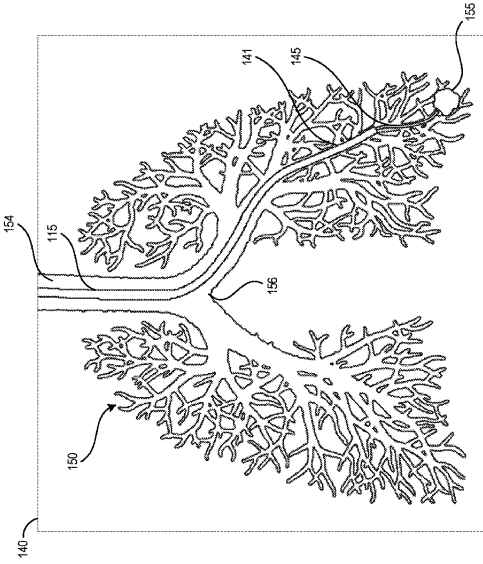
20

30

40

50

【 16 B 】



【 16 C 】

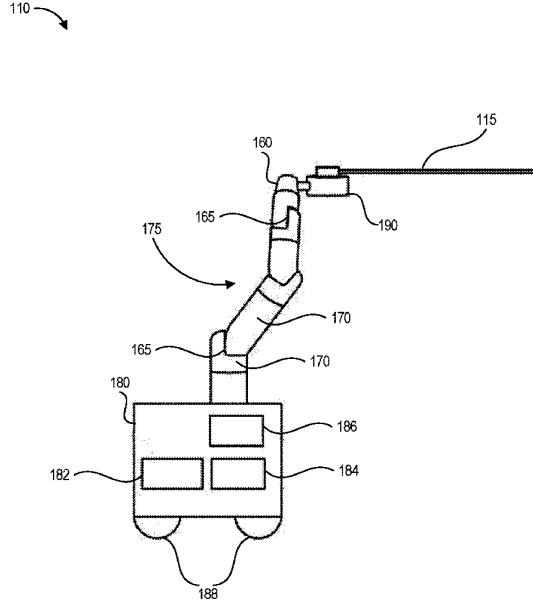
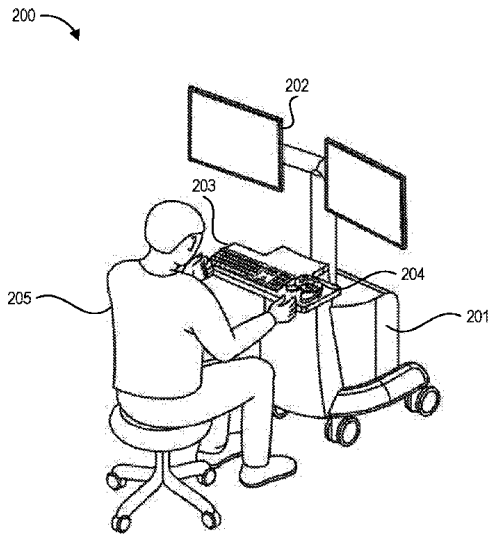


FIG. 16B

FIG. 16C

【 17 】



【 18 】

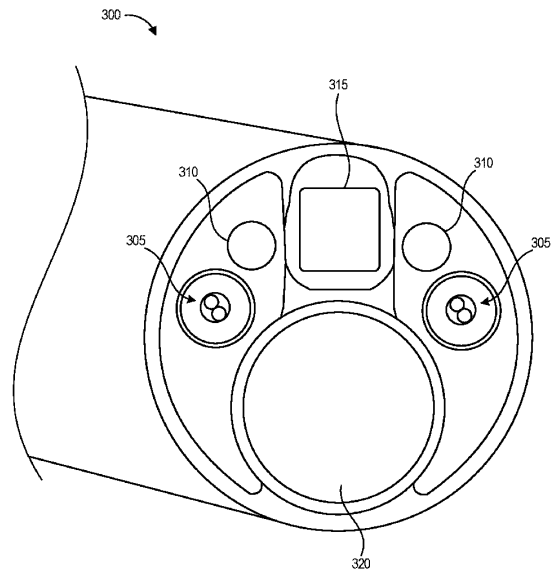


FIG. 17

FIG. 18

10

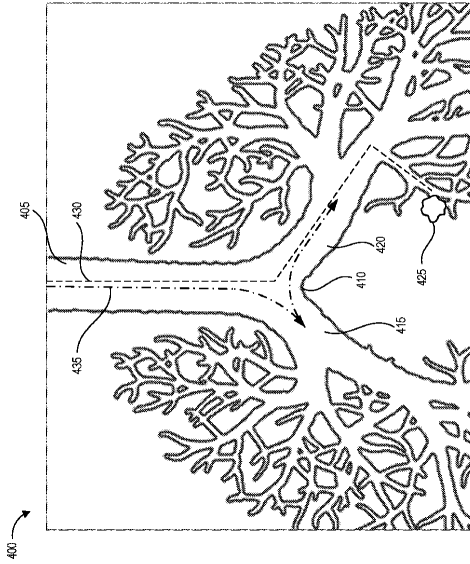
20

30

40

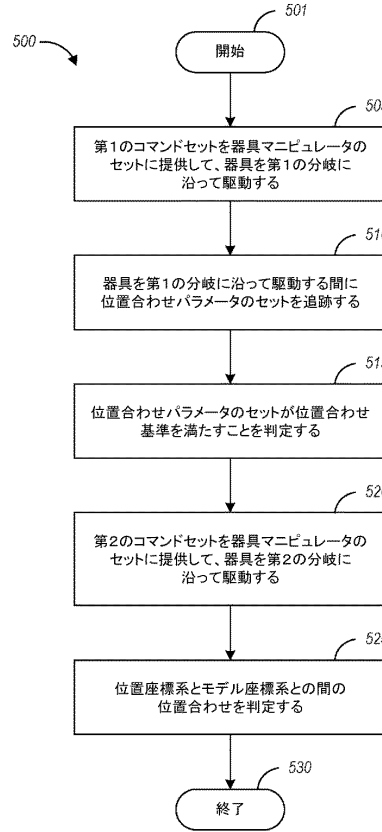
50

【図 19】



【図 20 A】

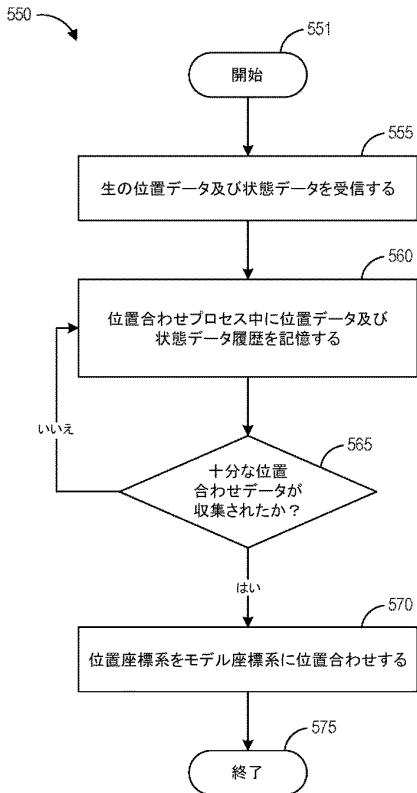
FIG. 19



10

20

【図 20 B】



【図 21】

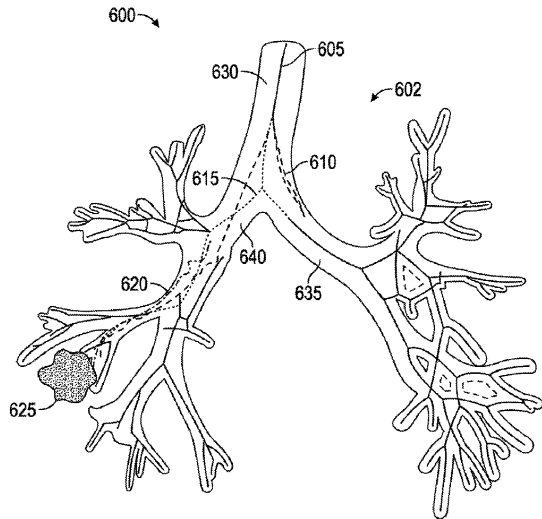


FIG. 21

30

40

50

【図 22】

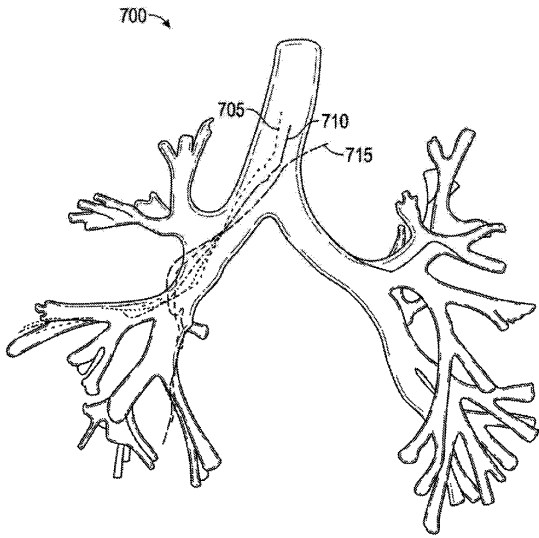
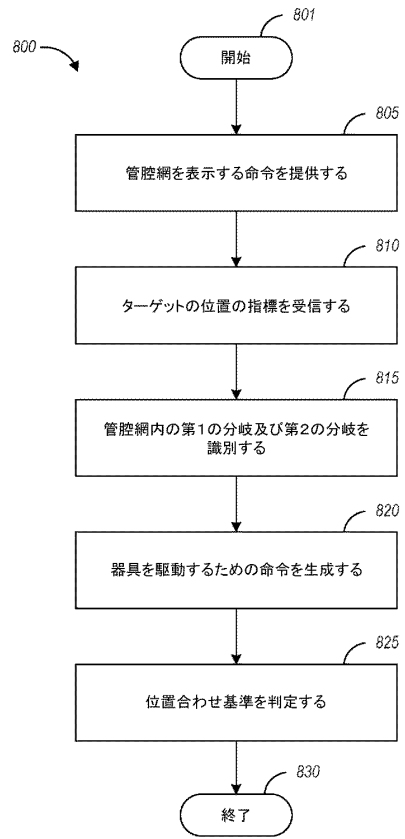


FIG. 22

【図 23】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- アメリカ合衆国、94065 カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ 150、オーリス ヘルス インコーポレイテッド 気付け
- (72)発明者 バーマン・デイビッド・パーディック
アメリカ合衆国 94401 カリフォルニア州、サン・マテオ、ローレル・アベニュー 808、
ナンバー107
- (72)発明者 バテナウド・ブライアン・マシュー
アメリカ合衆国、94041 カリフォルニア州、マウンテン・ビュー、ポール・アベニュー 130
- 審査官 高 芳徳
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2017/0084027(US, A1)
特表2018-500054(JP, A)
国際公開第2017/030915(WO, A1)
国際公開第2016/191298(WO, A1)
国際公開第2014/141968(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 1/00 - 1/32
A61B 34/20 - 34/37