

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7130682号

(P7130682)

(45)発行日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(24)登録日 令和4年8月26日(2022.8.26)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 34/35 (2016.01)

A 6 1 B 34/35

請求項の数 19 (全40頁)

(21)出願番号	特願2019-571320(P2019-571320)	(73)特許権者	518083032
(86)(22)出願日	平成30年6月26日(2018.6.26)		オーリス ヘルス インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2020-526254(P2020-526254 A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
(43)公表日	令和2年8月31日(2020.8.31)		0 6 5 レッドウッド シティ ショアラ
(86)国際出願番号	PCT/US2018/039604	(74)代理人	イン ドライブ 1 5 0
(87)国際公開番号	WO2019/005872		100088605
(87)国際公開日	平成31年1月3日(2019.1.3)		弁理士 加藤 公延
審査請求日	令和2年2月26日(2020.2.26)	(74)代理人	100130384
(31)優先権主張番号	62/526,008		弁理士 大島 孝文
(32)優先日	平成29年6月28日(2017.6.28)	(72)発明者	コナリー, ライアン, ジェフリー
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		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
		(72)発明者	ランディー, ケーシー, ティール
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 器具挿入補償

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロボットシステムであって、

第1の器具であって、

近位部分と遠位部分を有するシャフトであって、前記遠位部分が関節動作可能領域および遠位端を有し、前記シャフトは前記シャフトを通して延伸するワーキングチャンネルを有する、シャフトと、

少なくとも1つのプルワイヤと

を有する第1の器具と、

前記シャフトの前記遠位端の位置を検出する少なくとも1つのセンサと、

実行可能な命令が記憶された少なくとも1つのコンピュータ読み取り可能メモリと、

前記少なくとも1つのコンピュータ読み取り可能メモリと通信する1つまたは複数のプロセッサであって、前記命令を実行して前記システムに少なくとも

前記少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、前記シャフトの前記ワーキングチャンネルへの第2の器具の挿入に応じた前記シャフトの前記遠位端の位置変化を検出することと、

前記検出された位置変化に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成することと、

を実行させる1つまたは複数のプロセッサと、

前記シャフトの前記近位部分において前記少なくとも1つのプルワイヤに接続された駆動機構であって、前記駆動機構は前記少なくとも1つの制御信号に基づいて前記少なくと

10

20

も 1 つのプルワイヤの張力を調整し、前記調整された張力によって前記シャフトの前記遠位端が前記位置変化が生じる前の初期位置に戻りやすくなる、駆動機構とを有し、

前記第 2 の器具の遠位端の位置を検出する少なくとも 1 つの第 2 のセンサを更に有し、

前記少なくとも 1 つの第 2 のセンサにより検出された前記第 2 の器具の前記遠位端の前記位置に基づき、前記 1 つまたは複数のプロセッサによる、前記シャフトの前記遠位端の前記初期位置の特定、前記シャフトの前記遠位端の位置変化の検出、及び、前記少なくとも 1 つの制御信号の生成の開始タイミングが決定されることを特徴とするロボットシステム。

【請求項 2】

10

前記駆動機構はロボットアームのエンドエフェクタに接続され、

前記ロボットアームと前記駆動機構は、前記シャフトの前記遠位部分を、患者の管腔ネットワークを通して治療部位にナビゲートすることを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

電磁場発生器をさらに有し、

前記少なくとも 1 つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に第 1 のセットの 1 つまたは複数の電磁センサを有し、

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記第 1 のセットの電磁センサからのデータに基づいて、電磁場内の前記第 1 のセットの電磁センサの第 1 の位置を算出することと、

20

前記算出された第 1 の位置に基づいて、前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することと、

を実行させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの第 2 のセンサは、少なくとも 1 つの電磁センサであり、

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記少なくとも 1 つの電磁センサからのデータに基づいて、前記電磁場内の前記少なくとも 1 つの電磁センサの第 2 の位置を算出することと、

30

前記算出された第 2 の位置に基づいて、前記少なくとも 1 つの制御信号を生成することと、

を実行させる

ことを特徴とする請求項 3 に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に 1 つのセットの 1 つまたは複数の慣性センサを有し、

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記セットの 1 つまたは複数の慣性センサからのデータに基づいて、前記セットの 1 つまたは複数の慣性センサの第 1 の位置を算出することと、

40

前記算出された第 1 の位置にさらに基づいて、前記少なくとも 1 つの制御信号を生成することと、

を実行させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つのセンサは、1 つのセットの 1 つまたは複数の歪みゲージを有し、

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記セットの 1 つまたは複数の歪みゲージからのデータに基づいて、前記シャフトの前記遠位端の第 1 の位置を算出することと、

前記算出された第 1 の位置にさらに基づいて、前記少なくとも 1 つの制御信号を生成

50

することと、

を実行させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記駆動機構は、前記セットの 1 つまたは複数の歪みゲージを有することを特徴とする請求項 6 に記載のロボットシステム。

【請求項 8】

前記第 1 の器具は、リーダを有し、

前記少なくとも 1 つのセンサは、前記リーダの前記遠位端に 1 つのセットの 1 つまたは複数のカメラを有する

10

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの制御信号の前記命令は、前記駆動機構に、前記シャフトの前記遠位端が前記少なくとも 1 つのセンサからの前記データ信号によって計測される前記初期位置に戻るまで、前記 1 つまたは複数のプルワイヤの張力を増加させるコマンドを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 10】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記システムを制御するためのユーザインタフェースを有するワークステーションの一部であることを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

20

【請求項 11】

少なくとも 1 つの呼吸センサをさらに有し、

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記少なくとも 1 つの呼吸センサからのデータに基づいて、前記少なくとも 1 つのセンサからの前記データ信号の取得時における患者の呼吸パターンを特定することと、

前記ワーキングチャネルへの前記第 2 の器具の挿入によって生じる前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化と、前記患者の前記呼吸パターンによって生じる前記シャフトの前記遠位端の位置変化とを区別することと、

をさらに実行させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

30

【請求項 12】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記第 2 の器具における識別情報を検出することと、

前記検出された識別情報にさらに基づいて、前記少なくとも 1 つの制御信号を生成することと、

を実行させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 13】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに

前記第 2 の器具の無線自動識別 (RFID) タグの読み取りに基づいて、前記識別情報を検出すること

40

を実行させる

ことを特徴とする請求項 12 に記載のロボットシステム。

【請求項 14】

近位部分と遠位部分を有するシャフトであって、前記遠位部分が関節動作可能領域および遠位端を有し、前記シャフトは前記シャフトを通して延伸するワーキングチャネルを有する、シャフトと、少なくとも 1 つのプルワイヤと、を有する第 1 の器具の前記少なくとも 1 つのプルワイヤを制御するためのプロセッサの動作方法であって、

前記プロセッサが、前記第 1 の器具の初期位置を特定することと、

前記プロセッサが、少なくとも 1 つのセンサからのデータ信号に基づいて、前記第 1 の器

50

具の前記ワーキングチャネルへの第 2 の器具の挿入に応じた前記シャフトの前記遠位端の位置変化を検出することと、

前記プロセッサが、前記シャフトの前記遠位端の前記検出された位置変化に基づいて、前記シャフトの前記遠位端が前記初期位置に戻りやすくなるように前記少なくとも 1 つのプルワイヤの張力を調整するために使用される、少なくとも 1 つの制御信号を生成することと、を含み、

前記第 2 の器具には、前記第 2 の器具の遠位端の位置を検出する少なくとも 1 つの第 2 のセンサが取り付けられており、

前記プロセッサが、前記少なくとも 1 つの第 2 のセンサにより検出された前記第 2 の器具の前記遠位端の前記位置に基づき、前記シャフトの前記遠位端の前記初期位置の特定、前記シャフトの前記遠位端の位置変化の検出、及び、前記少なくとも 1 つの制御信号の生成の開始タイミングが決定する、プロセッサの動作方法。

10

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に第 1 のセットの 1 つまたは複数の電磁センサを有し、

前記プロセッサが前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記第 1 のセットの 1 つまたは複数の電磁センサからの受信データにさらに基づく
ことを特徴とする請求項 14 に記載のプロセッサの動作方法。

【請求項 16】

前記少なくとも 1 つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に 1 つのセットの 1 つまたは複数の慣性センサを有し、

前記プロセッサが前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記セットの 1 つまたは複数の慣性センサからのデータに基づく

ことを特徴とする請求項 14 に記載のプロセッサの動作方法。

20

【請求項 17】

前記少なくとも 1 つのセンサは、1 つのセットの 1 つまたは複数の歪みゲージを有し、
前記プロセッサが前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記セットの 1 つまたは複数の歪みゲージからのデータに基づく

ことを特徴とする請求項 14 に記載のプロセッサの動作方法。

【請求項 18】

前記少なくとも 1 つのセンサは、前記第 1 の器具の前記遠位端に 1 つのセットの 1 つまたは複数のカメラを有し、

前記プロセッサが前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記セットの 1 つまたは複数のカメラからのデータに基づく

ことを特徴とする請求項 14 に記載のプロセッサの動作方法。

30

【請求項 19】

前記プロセッサが、少なくとも 1 つの呼吸センサからのデータに基づいて、前記少なくとも 1 つのセンサからの前記データ信号の取得時における患者の呼吸パターンを特定することと、

前記プロセッサが、前記ワーキングチャネルへの前記第 2 の器具の挿入によって生じる前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化と、前記患者の前記呼吸パターンによって生じる前記シャフトの前記遠位端の位置変化とを区別することと、

を含むことを特徴とする請求項 14 に記載のプロセッサの動作方法。

40

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

本願は、2017年6月28日出願の米国仮特許出願 62 / 526 , 008 号の利益を主張し、その開示全体を参照により援用する。

【技術分野】

【0002】

50

本件開示は概して医療装置に関し、より具体的には、ロボット支援手術に関する。

【背景技術】

【0003】

内視鏡検査（気管支鏡検査など）の医療手技には、診断目的および／または治療目的で、患者の管腔（気管支など）の内部にアクセスしたり可視化したりすることが含まれる。手技においては、例えば内視鏡などの軟性の管状の道具が、患者の体腔内に挿入され、器具が内視鏡を通して診断および／または治療のために特定された組織部位に導かれる。例えば、内視鏡は、組織部位への経路を提供する内部ルーメン（「ワーキングチャネル」など）を備えることができ、種々の医療器具を、ワーキングチャネルを経由して組織部位に挿入することができる。ロボットシステムを使用すると、手技中の内視鏡および／もしくはは道具／器具の挿入ならびに／または操作を制御することができ、ロボットシステムは、手技中の内視鏡およびまたは道具／器具の配置を制御するマニピュレータアセンブリを有する少なくとも1つのロボットアームを備えることができる。

10

【発明の概要】

【0004】

本件開示のシステム、方法、および装置はそれぞれ、いくつかの革新的な側面を有し、そのうちの1つだけが本件開示の所望の属性を単独で担うものではない。

【0005】

医療手技には、操作者から遠隔の位置にある軟性の器具の操作が含まれることがある。例えば、所望の組織部位に対応する患者内の目標位置に達する管腔や管腔ネットワーク内で、画像取得、生検採取、治療剤の搬送および／または手術を行うことができ、軟性の器具のワーキングチャネルを経由して別の器具を挿入して所望の組織部位にアクセスすることができる。

20

【0006】

既存の手術用の軟性の器具に伴う課題の1つは、軟性の器具のワーキングチャネルを経由して挿入可能な器具を前進または伸長させることにより、軟性の器具が湾曲し、遠位端が目標の位置から移動してしまうことである。このような湾曲が生じる結果、軟性の器具の遠位端と組織部位との位置合わせに誤りが生じる可能性がある。

【0007】

したがって、本件開示の特定の側面は、軟性の器具のワーキングチャネルに別の器具を挿入する際に、軟性の器具の湾曲を抑制、低減および／または補償することを支援するシステムおよび方法に関する。本件開示の別の側面は、湾曲の原因に関係なく、軟性の器具の湾曲を抑制、低減および／または補償することを支援するシステムおよび方法に関する。

30

【0008】

したがって、本件開示の第1の側面は、ロボットシステムに関する。このロボットシステムは、第1の器具を有し、第1の器具は、近位部分と遠位部分を有するシャフトを有する。遠位部分が関節動作可能領域および遠位端を有する。シャフトは前記シャフトを通して延伸するワーキングチャネルを有する。ロボットシステムは、少なくとも1つのプルワイヤとシャフトの遠位端の位置を検出する少なくとも1つのセンサを有する。ロボットシステムは、実行可能な命令が記憶された少なくとも1つのコンピュータ読み取り可能メモリと、少なくとも1つのコンピュータ読み取り可能メモリと通信する1つまたは複数のプロセッサを有する。1つまたは複数のプロセッサは、命令を実行する。命令は、システムに少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、シャフトのワーキングチャネルへの第2の器具の挿入に応じたシャフトの遠位端の位置変化を検出させる。命令は、さらにシステムに検出された位置変化に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成させる。ロボットシステムは、シャフトの近位部分において少なくとも1つのプルワイヤに接続された駆動機構を有する。駆動機構は、少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する。調整された張力によって、シャフトの遠位端が位置変化が生じる前の初期位置に戻りやすくなる。

40

【0009】

50

一実施形態に係るロボットシステムは、以下の１つまたは特徴を有してもよい：前記駆動機構はロボットアームのエンドエフェクタに接続され、前記ロボットアームと前記駆動機構は、前記シャフトの前記遠位部分を、患者の管腔ネットワークを通して治療部位にナビゲートする；電磁場発生器をさらに有し、前記少なくとも１つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に第１のセットの１つまたは複数の電磁センサを有し、前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記第１のセットの電磁センサからのデータに基づいて、電磁場内の前記第１のセットの電磁センサの第１の位置を算出することと、前記算出された第１の位置に基づいて、前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することと、を実行させる；前記第２の器具は、前記遠位端に第２のセットの１つまたは複数の電磁センサをさらに有し、前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記第２のセットの電磁センサからのデータに基づいて、前記電磁場内の前記第２のセットの電磁センサの第２の位置を算出することと、前記算出された第２の位置に基づいて、前記少なくとも１つの制御信号を生成することと、を実行させる；前記少なくとも１つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に１つのセットの１つまたは複数の慣性センサを有し、前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記セットの１つまたは複数の慣性センサからのデータに基づいて、前記セットの１つまたは複数の慣性センサの第１の位置を算出することと、前記算出された第１の位置にさらに基づいて、前記少なくとも１つの制御信号を生成することと、を実行させる；前記少なくとも１つのセンサは、１つのセットの１つまたは複数の歪みゲージを有し、前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記セットの１つまたは複数の歪みゲージからのデータに基づいて、前記シャフトの前記遠位端の第１の位置を算出することと、前記算出された第１の位置にさらに基づいて、前記少なくとも１つの制御信号を生成することと、を実行させる；前記駆動機構は、前記セットの１つまたは複数の歪みゲージを有する；前記第１の器具は、リーダを有し、前記少なくとも１つのセンサは、前記リーダの前記遠位端に１つのセットの１つまたは複数のカメラを有する；前記少なくとも１つの制御信号の前記命令は、前記駆動機構に、前記シャフトの前記遠位端が前記少なくとも１つのセンサからの前記データ信号によって計測される前記初期位置に戻るまで、前記１つまたは複数のプルワイヤの張力を増加させるコマンドを含む；前記１つまたは複数のプロセッサは、前記システムを制御するためのユーザインタフェースを有するワークステーションの一部である；少なくとも１つの呼吸センサをさらに有し、前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記少なくとも１つの呼吸センサからのデータに基づいて、前記少なくとも１つのセンサからの前記データ信号の取得時における患者の呼吸パターンを特定することと、前記ワーキングチャンネルへの前記第２の器具の挿入によって生じる前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化と、前記患者の前記呼吸パターンによって生じる前記シャフトの前記遠位端の位置変化とを区別することと、をさらに実行させる；前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記第２の器具における識別情報を検出することと、前記検出された識別情報にさらに基づいて、前記少なくとも１つの制御信号を生成することと、を実行させる；前記１つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記第２の器具の無線自動識別タグの読み取りに基づいて、前記識別情報を検出すること、

10

20

30

40

【 0 0 1 0 】

本件開示の実施形態は、第１の器具を有するロボットシステムに関する。第１の器具は、近位部分と遠位部分を有するシャフトを有する。遠位部分が関節動作可能領域を有する。シャフトはシャフトを通して延伸するワーキングチャンネルを有する。ロボットシステムは、少なくとも１つのプルワイヤを有する。ロボットシステムは、ワーキングチャンネルへの第２の器具の挿入に応じて、ワーキングチャンネル内の第２の器具の遠位端の位置を検出する少なくとも１つのセンサを有する。ロボットシステムは、実行可能な命令が記憶された少なくとも１つのコンピュータ読み取り可能メモリを有する。ロボットシステムは、少なくとも１つのコンピュータ読み取り可能メモリと通信し、命令を実行する１つまたは複

50

数のプロセッサを有する。命令は、システムに少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、ワーキングチャンネル内の第2の器具の遠位端の位置を計算させる。命令は、さらにシステムに計算された位置に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成させる。ロボットシステムは、シャフトの近位部分において少なくとも1つのプルワイヤに接続された駆動機構を有する。駆動機構は、少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整し、調整された張力によって、シャフトの遠位端が位置変化が生じる前の初期位置に戻りやすくなる。

【0011】

本件開示の実施形態は、以下の1つまたは複数の特徴を有してもよい：前記駆動機構は、前記第2の器具の前記遠位端が前記関節動作可能領域に関連して特定可能な位置に進行したときに、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記駆動機構は、前記第2の器具の前記遠位端が前記特定可能な位置に進行する前に、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記駆動機構は、前記第2の器具の前記遠位端が前記特定可能な位置に進行した後に、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記第2の器具上の識別情報を検出させる；また、前記検出された識別情報にさらに基づいて前記少なくとも1つの制御信号を生成させる；前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記検出された識別情報に基づいて前記第2の器具の少なくとも1つの物理的特性を特定させ、前記第2の器具の前記少なくとも1つの物理的特性は曲げ剛性値を含み、前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記曲げ剛性値にさらに基づいて前記少なくとも1つの制御信号を生成させる；前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記シャフトの関節動作可能領域の関節角を特定させ、前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記関節角に基づいて前記少なくとも1つの制御信号を生成させる；前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記第2の器具の無線自動識別(RFID)タグの読み取りに基づいて前記識別情報を検出させる；および/または、電磁場発生器を有し、前記少なくとも1つのセンサは、前記第2の器具の前記遠位端に1つのセットの1つまたは複数の電磁センサを有し、前記1つまたは複数のプロセッサは、前記命令を実行して前記システムに前記セットの電磁センサからのデータに基づいて前記電磁場内の前記セットの電磁センサの位置を計算させ、前記計算された位置にさらに基づいて前記ワーキングチャンネル内の前記第2の器具の前記遠位端の前記位置を計算させる。

【0012】

本件開示の一部は、第1の器具の少なくとも1つのプルワイヤを制御する方法の実施形態について説明する。この方法は、第1の器具の初期位置を特定することを含む。第1の器具は近位部分と遠位部分を有するシャフトを有する。第1の器具は、遠位部分が関節動作可能領域および遠位端を有する遠位部分を有する。第1の器具は、シャフトであって、シャフトを通して延伸するワーキングチャンネルを有する、シャフトを有する。第1の器具は、少なくとも1つのプルワイヤを有する。この方法は、少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、第1の器具のワーキングチャンネルへの第2の器具の挿入に応じたシャフトの遠位端の位置変化を検出することを含む。また、この方法は、シャフトの遠位端の検出された位置変化に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成することを含む。また、この方法は、少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整することであって、調整された張力によってシャフトの遠位端が初期位置に戻りやすくなる、ことを含む。

【0013】

少なくとも1つのプルワイヤを制御するロボットシステムは、以下の1つまたは複数の特徴を任意に組み合わせてもよい：前記少なくとも1つのセンサは、前記シャフトの前記遠位端に第1のセットの1つまたは複数の電磁センサを有し、前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記第1のセットの1つまたは複数の電磁センサからの受信データにさらに基づく；前記少なくとも1つのセンサは、前記シャフトの前

10

20

30

40

50

記遠位端に1つのセットの1つまたは複数の慣性センサを有し、前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記セットの1つまたは複数の慣性センサからのデータに基づく；前記少なくとも1つのセンサは、1つのセットの1つまたは複数の歪みゲージを有し、前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記セットの1つまたは複数の歪みゲージからのデータに基づく；前記少なくとも1つのセンサは、前記第1の器具の前記遠位端に1つのセットの1つまたは複数のカメラを有し、前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化を検出することは、前記セットの1つまたは複数のカメラからのデータに基づく；および/または、少なくとも1つの呼吸センサからのデータに基づいて、前記少なくとも1つのセンサからの前記データ信号の取得時における患者の呼吸パターンを特定することと、前記ワーキングチャネルへの前記第2の器具の挿入によって生じる前記シャフトの前記遠位端の前記位置変化と、前記患者の前記呼吸パターンによって生じる前記シャフトの前記遠位端の位置変化とを区別することと、を含む。

10

【0014】

本件開示の一部は、第1の器具の少なくとも1つのプルワイヤを制御するほうし王の実施形態について説明する。この方法は、前記第1の器具のワーキングチャネルへの第2の器具の挿入を検出することを含む。第2の器具は近位端および遠位端を有する。第1の器具は、近位部分と遠位部分とを有するシャフトを有し、遠位部分は関節動作可能領域を有する。第1の器具は少なくとも1つのプルワイヤを有する。また、この方法は、関節動作可能領域内の第2の器具の遠位端の位置を計算することを含む。また、この方法は、計算された位置に基づいて少なくとも1つの制御信号を生成することを含む。また、この方法は、少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整することを含み、調整された張力によってシャフトの遠位部分の位置を維持しやすくなる。

20

【0015】

少なくとも1つのプルワイヤを制御する方法を実装するロボットシステムは、以下の1つまたは複数の特徴を任意に組み合わせて有してもよい：前記第2の器具の前記遠位端が前記関節動作可能領域に関連して特定可能な位置に進行したときに、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記第2の器具の前記遠位端が前記特定可能な位置に進行する前に、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記第2の器具の前記遠位端が前記特定可能な位置に進行した後に、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記第2の器具上の識別情報を検出し、前記検出された識別情報にさらに基づいて前記少なくとも1つの制御信号を生成する；前記検出された識別情報に基づいて前記第2の器具の少なくとも1つの物理的特性を特定し、前記少なくとも1つの制御信号は前記少なくとも1つの物理的特性にさらに基づいて生成される；前記第2の器具の前記少なくとも1つの物理的特性は曲げ剛性値を含む；前記識別情報を検出することは、前記第2の器具のRFIDタグの読み取りを含む；および/または、前記関節動作可能領域内の前記第2の器具の前記遠位端の前記計算された位置は、前記第1の器具の前記遠位端の少なくとも1つの電磁センサからのデータに基づく。

30

【0016】

本件開示の一部は、非一時的なコンピュータ可読記憶媒体の実施形態について説明する。非一時的なコンピュータ可読記憶媒体は、命令を記憶する。命令が実行されると、少なくとも1つの計算装置に、少なくとも1つのプルワイヤを有する第1の器具に対して、第1の器具の遠位端の初期位置を特定すること、を実行させる。さらに、命令が実行されると、少なくとも1つの計算装置に、少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、第1の器具のワーキングチャネルへの第2の器具の挿入に応じた第1の器具の遠位端の位置変化を検出すること、を実行させる。さらに、命令が実行されると、少なくとも1つの計算装置に、検出された位置変化に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成すること、を実行させる。さらに、命令が実行されると、少なくとも1つの計算装置に、前記少なくとも1つの制御信号に基づいて前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整することであって、前記調整された張力によって前記第1の器具の前記遠位端が前記位置変化が生じる前の前記初期位置に戻りやすくなる、ことを実行させる。

40

50

【 0 0 1 7 】

本件開示の実施形態に係る非一時的なコンピュータ可読記憶媒体は、以下の1つまたは複数の特徴を任意に組み合わせて有してもよい：前記少なくとも1つのセンサは、前記第1の器具の前記遠位端に1つのセットの1つまたは複数の電磁センサを有し、前記命令は、前記少なくとも1つの計算装置に、前記セットの1つまたは複数の電磁センサからのデータに基づいて、前記第1の器具の前記遠位端の前記位置を検出することを実行させる；前記少なくとも1つのセンサは、前記第1の器具の前記遠位端に1つのセットの1つまたは複数の慣性センサを有し、前記命令は、前記少なくとも1つの計算装置に、前記セットの1つまたは複数の慣性センサからのデータに基づいて、前記第1の器具の前記遠位端の前記位置変化を検出することを実行させる；前記少なくとも1つのセンサは、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を計測する1つのセットの1つまたは複数の歪みゲージを有し、前記命令は、前記少なくとも1つの計算装置に、前記セットの1つまたは複数の歪みゲージからのデータに基づいて、前記第1の器具の前記遠位端の前記位置変化を検出することを実行させる；前記少なくとも1つのセンサは、前記第1の器具の前記遠位端に1つのセットの1つまたは複数のカメラを有し、前記命令は、前記少なくとも1つの計算装置に、前記セットの1つまたは複数のカメラからのデータに基づいて、前記第1の器具の前記遠位端の前記位置変化を検出することを実行させる；および/または、前記命令が実行されると、前記少なくとも1つの計算装置に少なくとも1つの呼吸センサからのデータに基づいて、前記少なくとも1つのセンサからの前記データ信号の取得時における患者の呼吸パターンを特定することと、前記ワーキングチャネルへの前記第2の器具の挿入によって生じる前記第1の器具の前記遠位端の前記位置変化と、前記患者の前記呼吸パターンによって生じる前記第1の器具の前記遠位端の位置変化とを区別することと、を実行させる。

10

20

【 0 0 1 8 】

本件開示の一部は、プルワイヤの張力を調整する命令を記憶する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体の実施形態について説明する。命令が実行されると、少なくとも1つの計算装置に少なくとも、少なくとも1つのプルワイヤと関節動作可能領域を有する第1の器具に対して、第1の器具のワーキングチャネル内への第2の器具の挿入を検出すること、を実行させる。さらに、命令は、少なくとも1つの計算装置に、関節動作可能領域内の第2の器具の遠位端の位置を計算すること、を実行させる。さらに、命令は、少なくとも1つの計算装置に、計算された位置に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成させる。さらに、命令は、少なくとも1つの計算装置に、少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整し、調整された張力によって、シャフトの遠位端が位置変化が生じる前の初期位置に戻りやすくなる。

30

【 0 0 1 9 】

第6番目の側面の非一時的なコンピュータ可読記憶媒体は、以下の1つまたは複数の特徴を任意に組み合わせて有してもよい：前記第2の器具の前記遠位端が前記関節動作可能領域に関連して特定可能な位置に進行したときに、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記第2の器具の前記遠位端が前記特定可能な位置に進行する前に、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記第2の器具の前記遠位端が前記特定可能な位置に進行した後に、前記少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整する；前記第2の器具上の識別情報を検出し、前記検出された識別情報にさらに基づいて前記少なくとも1つの制御信号を生成する；前記検出された識別情報に基づいて前記第2の器具の少なくとも1つの物理的特性を特定し、前記少なくとも1つの制御信号は前記少なくとも1つの物理的特性にさらに基づいて生成される；および/または、前記少なくとも1つの物理的特性は曲げ剛性値を含む。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 ロボットシステムの実施形態を示す図である。

【 図 2 A 】 図 1 のロボットシステムの遠位部分を示す図である。

【 図 2 B 】 図 2 A に示す遠位部分の湾曲を示す図である。

50

【図 3】管腔ネットワーク内のロボットシステムの遠位部分を示す図である。

【図 4 A】軟性の器具の実施形態の遠位部分（例えば、軟性の器具のシースおよびリーダ構成におけるリーダ）を示す図である。

【図 4 B】電磁センサシステムおよび生理学センサシステムの実施形態を含むロボットシステムを示す図である。

【図 4 C】挿入可能な器具の実施形態の遠位部分を示す図である。

【図 5】軟性の器具を制御する駆動機構の実施形態を示す図である。

【図 6 A】ロボットシステムの別の実施形態を示す図である。

【図 6 B】器具を制御する器具マニピュレータの実施形態を示す図である。

【図 7】ロボットシステムと共に使用されるワークステーションの実施形態を示す図である。

10

【図 8】軟性の器具の湾曲を追跡および補償する例示的な手順のフローチャートを示す図である。

【図 9】軟性の器具の湾曲を予測および補償する例示的な手順のフローチャートを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

医療手技には、操作者から遠隔の位置にある器具の操作が含まれることがある。例えば、管腔や管腔ネットワーク（例えば、肺、腸など）内で、軟性の器具（例えば、トロカール、カテーテル、内視鏡など）を所望の組織部位に対応する患者内の目標位置にナビゲートすることで、画像取得、生検採取、治療剤の搬送および／または手術を行うことができ、軟性の器具のワーキングチャネルを経由して別の器具を挿入して所望の組織部位にアクセスすることができる。

20

【0022】

軟性の器具を用いて行われる医療手技の一例が、経気管支針生検（Transbronchial Needle Aspiration；TBNA）と呼ばれる、肺がんなどの気管支疾患の診断やステージ特定を目的とした低侵襲の気管支鏡手法である。TBNA法には、軟性の器具を経由した生検針を操作して患者の管腔内の組織部位において組織検体を取得することが含まれることがある。例えば、術者は、胸部スキャンを用いて生検対象の腫瘍の位置を特定し、患者の気道内の軟性の器具の位置を腫瘍に向けてガイドすることができる。軟性の器具の遠位端が肺内の特定した腫瘍に近接する位置に移動した後、生検針が軟性の器具のワーキングチャネルを通して組織の位置に到達される。そして、ワーキングチャネルから針が伸びて針によって組織部位が穿刺されることで、組織に針が挿入される。検体の採取後は、針はワーキングチャネルから回収される。

30

【0023】

既存の手術用の軟性の器具に伴う課題の1つは、軟性の器具のワーキングチャネルを経由して挿入可能な器具を前進または伸長させることにより、軟性の器具が湾曲し、遠位端が目標の位置から移動してしまうことである。目標の位置は、例えば、少なくともその一部が、軟性の器具の関節角（articulation angle）として表現できる。挿入可能な器具をワーキングチャネルを経由して伸長させることで、挿入可能な器具によって軟性の器具の関節角を変更できる。このような湾曲の結果、軟性の器具の遠位端の位置が組織部位に対してずれる可能性がある。このような湾曲は、術者が見つけないと、体内の誤った場所に医療手技が行われる結果となる可能性がある。このことは、肺内の病変部などの組織部位の直径が小さい場合に特に当てはまる。場合によっては、術者が軟性の器具を目標の位置に戻す操作を行うことで、湾曲が手動で直されることがある。しかしながら、この手技は、特に複数の器具を使用したり複数の組織部位を確認したりする医療手技においては時間がかかり、さらには放射性ベースのナビゲーション支援手段を用いて元の位置への復帰を誘導することもある（蛍光透視法、X線、コンピュータ断層撮影など）。

40

【0024】

したがって、本件開示の一側面は、軟性の器具のワーキングチャネルに別の器具を挿入

50

する場合に、軟性の器具の湾曲の防止、軽減および／または補償を支援するシステムおよび方法に関する。本件開示の別の側面は、湾曲の原因に関係なく、軟性の器具などの湾曲の防止、軽減および／または補償を支援するシステムおよび方法に関する。

【 0 0 2 5 】

いくつかの実施形態では、医用手技時に操作可能な内視鏡を使用することができる。一例において、内視鏡は、内部リーダ部分 (inner leader portion; 以下「リーダ」と称する) と外部シース部分 (outer sheath portion; 以下「シース」と称する) など、少なくとも2つの軟性の望遠用器具を有してもよい。

【 0 0 2 6 】

ここでは、用語「軟性の器具」、「シース」、「リーダ」および「内視鏡」は、医療手技を行うために患者の体内に挿入可能なあらゆる種類の軟性の器具と相互に交換可能である。いくつかの実施形態では、すべてではないが、軟性の器具は、管腔内の経路を経由するナビゲーションを支援する1つまたは複数のカメラを有することができる。これらには、気管支鏡、膀胱鏡、内視鏡、結腸鏡、腎臓鏡その他の同様のナビゲーション可能な器具が含まれる。したがって、以下に開示する実施形態は、患者の肺に挿入される内視鏡または気管支内視鏡を想定して提示されるが、ここでは軟性の器具に対するその他の適用例も想定される。いくつかの実施形態では、用語「第1の器具」は、軟性の器具、内視鏡、リーダ、あるいはこれらの器具において延伸するワーキングチャネルを意味し、用語「第2の器具」は、第1の器具のワーキングチャネルを経由して手術部位に達する挿入可能な器具 (画像取得、位置検出、生検収集、治療剤や手術の送達などを行う器具) を意味する。言い換えると、ここでは、ロボットシステムの構成要素の相対位置を、操作するものからの視点で説明する。

【 0 0 2 7 】

ここでは、「遠位端」とは、使用時に患者の組織部位に最も近い位置にある内視鏡や器具の端部を意味し、「近位端」とは、操作するもの (例えば、術者やロボット制御システム) に最も近い位置にあるシースまたは器具の端部を意味する。

【 0 0 2 8 】

ここでは、用語「約」または「およそ」は、長さ、厚さ、量、時間、または他の測定可能な値の測定値の範囲を意味する。これら測定値の範囲は、規定値のおよび規定値からの、+ / - 10 % 以下、好ましくは + / - 5 % 以下、より好ましくは + / - 1 % 以下、さらに好ましくは + / - 0 . 1 % 以下の変化であり、これらの変化は本件開示の装置、システム、および技術において機能するために適切である限りにおいて開示に含まれるものとする。

【 0 0 2 9 】

ここでは、「通信可能に接続」とは、無線 W A N (Wide Area Network) (例えば、1つまたは複数のセルラーネットワーク)、無線 L A N (Local Area Network) (例えば、IEEE 802 . 11 (Wi - Fi (登録商標)) など、1つまたは複数の標準用に構成されたもの)、Bluetooth (登録商標)、データ転送ケーブルなど、を含むがこれに限定されない、任意の有線および／または無線データ送信媒体を意味する。

【 0 0 3 0 】

以下に、種々の実施形態について、例示目的で、図を参照しながら説明する。本件開示の技術思想をその他の実装に適用でき、ここに説明する種々の実装により種々の利点が得られることがわかる。また、ここには、参照用および多数の節の位置がわかるように見出しが含まれている。これらの見出しは、見出しが示す技術思想の範囲を制限するものではない。それぞれの技術思想は本明細書全体にわたって適用されてよい。

【 0 0 3 1 】

(ロボットシステム例)

図1は、患者の管腔内など、ある距離における医療手技の実施を支援するように構成されたロボットシステム100の一実施形態を示す。システム100は、挿入可能な器具140を挿入できるシース120およびリーダ130などの軟性の器具を有する。図に示す

10

20

30

40

50

ように、軟性の器具のシース - リーダ配置により、シース 120 およびリーダ 130 はそれぞれ個別の駆動機構 154、164 に接続され、各駆動機構はロボットアーム 150、160 の遠位端に接続されている。

【0032】

シース 120 の遠位端 122 は患者の管腔（図示せず）内に挿入されるように構成されてもよく、リーダ 130 の遠位端 132 はシース 120 を通してワーキングチャンネル 129 内に挿入され、患者の管腔内の目標位置にナビゲートされてもよく、目標位置は医療手技の目標である患者の管腔の組織部位に対応する（例えば、図 3 を参照）。挿入可能な器具 140 の遠位端 142 は、リーダ 130 のワーキングチャンネル 139 を通して挿入され、遠位端 132 まで前進させられ、それによって、組織部位にアクセスして医療手技を実行するように構成され得る。

10

【0033】

シース 120 は、遠位端 122 と、近位端 124 と、遠位端 122 と近位端 124 との間に延在するシャフト 126 と、シャフト 126 の関節動作可能領域 128 とを含むことができる。関節動作可能領域 128 は患者の管腔を通るシース 120 のナビゲーションを容易にするために、シャフト 126 の長手方向軸に対して関節動作することができる。遠位端 122 は関節動作可能領域 128 を関節動作させて（例えば、以下にさらに詳細に記載される 1 つ以上のプルワイヤの使用を介して）、遠位端 122 のための経路を選択し、近位端 124 から患者の管腔を通してシャフト 126 および遠位端 122 を前進させることによって、患者の管腔を通して誘導され得る。このようにして、遠位端 122 は、患者の管腔を通して組織部位までナビゲートされ得る。上述したように、様々なナビゲーション支援具およびシステムは X 線透視法、X 線、および / またはコンピュータ軸断層撮影（CT）スキニングを含むが、これらに限定されないこのプロセスをサポートすることができる。関節動作可能領域 128 は、近位端 124 と遠位端 122 との間に位置してもよく、本実施例では遠位端 122 に隣接している。この構成は、患者の管腔ネットワークを通るシース 120 のナビゲーションを支援することができる。

20

【0034】

リーダ 130 は、遠位端 132 と、近位端 134 と、遠位端 132 と近位端 134 との間に延在するシャフト 136 と、シャフト 136 の関節動作可能領域 138 とを含むことができる。関節動作可能領域 138 は患者の管腔を通るリーダ 130 のナビゲーションを支援するために、シャフト 136 の長手方向軸に対して関節動作することができる。関節動作可能領域 138 は、近位端 134 と遠位端 132 との間に位置してもよく、本実施例では遠位端 132 に隣接している。この構成は、患者の管腔ネットワークを通るリーダ 130 のナビゲーションを支援することができる。

30

【0035】

上述のように、リーダ 130 の遠位端 132 は、シース 120 の近位端 124 に挿入され、それによって少なくとも部分的に支持され得る。リーダ 130 の遠位端 132 はシース 120 の遠位端 122 から外に延ばされ、例えば、関節動作可能領域 138 を関節動作させることによって（例えば、以下にさらに詳細に記載される 1 つ以上のプルワイヤの使用を介して）、患者の管腔を通して案内されて、遠位端 132 のための経路を選択し、シース 120 のシャフト 126 を通ってリーダ 130 を前進させることができる。シース 120 は患者の管腔を通る経路を選択するために、リーダ 130 を前進させ、関節動作させることができる基部を提供することができる。シース 120 はまた、リーダ 130 を支持し、リーダ 130 の操縦を容易にすることができる。このような前進技術は例えば、組織部位に隣接する目標位置に到達するために、患者の管腔ネットワークを通してリーダ 130 の遠位端 132 を前進させるために使用され得る。前進手法は、患者の管腔ネットワークからリーダ 130 およびシース 120 を後退させるために逆にすることができる。このようにして、リーダ 130 の遠位端 132 は、患者の管腔を通して組織部位へ / 組織部位からナビゲートされ得る。上述のように、様々なナビゲーション支援具およびシステムは、蛍光透視法、X 線、および / または CT スキャンを含むがこれらに限定されないこのプ

40

50

ロセスをサポートすることができる。

【 0 0 3 6 】

図 1 の例に示すように、シース 1 2 0 の近位端 1 2 4 は、患者の管腔を通してシース 1 2 0 を案内またはナビゲートするように構成された第 1 のロボットアーム 1 5 0 によって支持することができる。第 1 のロボットアーム 1 5 0 は基部 1 5 2 と、基部から延びる共同で結合された複数のアームセグメントとを含むことができ、これは、第 1 のロボットアーム 1 5 0 に複数の自由度を与える。例えば、第 1 のロボットアーム 1 5 0 の一実施形態は、7 つのアームセグメントに対応する 7 つの自由度を有することができる。いくつかの実施形態では、第 1 のロボットアーム 1 5 0 が第 1 のロボットアーム 1 5 0 の位置を維持するためにブレーキおよび釣り合いおもりの組み合わせを使用する関節を含む。釣り合いおもりは、ガススプリングまたはコイルスプリングを含むことができる。ブレーキ、例えば、フェールセーフブレーキは、機械的および / または電氣的構成要素を含むことができる。また、第 1 ロボットアーム 1 5 0 は、重力支援パッシブ支持型ロボットアームであってもよい。

10

【 0 0 3 7 】

エンドエフェクタは、第 1 のロボットアーム 1 5 0 に連結され、シース 1 2 0 を制御するように構成された駆動機構 1 5 4 を備えてもよい。駆動機構 1 5 4 は、空気圧、電力、電気信号、および / または光信号を第 1 のロボットアーム 1 5 0 からシース 1 2 0 に伝達するためのコネクタを含むことができる。駆動機構 1 5 4 は、直接駆動、高調波駆動、歯車駆動、ベルトおよびプーリ、磁気駆動、および / または同様のものを含む手法を使用して、シース 1 2 0 の位置決めを操作するように構成され得る。図 5 を参照して以下にさらに記載されるように、駆動機構 1 5 4 はまた、関節動作可能領域 1 2 8 を関節動作させるために、プルワイヤの張力を操作するように構成され得る。

20

【 0 0 3 8 】

第 1 のロボットアーム 1 5 0 の基部 1 5 2 は例えば、中央処理装置 1 5 6、データバス、制御回路、および記憶 1 5 8 などの部品、ならびに第 1 のロボットアーム 1 5 0 を移動させるためのモータなどの関連するアクチュエータを含む、電源、空気圧、ならびに制御およびセンサ電子機器を含むことができる。いくつかの実施形態では、基部 1 5 2 がロボットシステム 1 0 0 を搬送するための車輪と、車輪のための車輪ロック / ブレーキとを含む。外科手術ロボットシステム 1 0 0 の可動性は、外科手術室内の空間制約に適応することを助け、ならびに外科手術機器の適切な位置決めおよび移動を容易にする。さらに、移動度は、第 1 のロボットアーム 1 5 0 が患者、医師、麻酔科医、または他の機器を妨害しないように、第 1 のロボットアーム 1 5 0 が構成されることを可能にする。医療手技中、ユーザは、制御装置、例えばコマンドセンタ (図 7 を参照して以下でさらに詳細に説明する) を使用してロボットアーム 1 5 0 を制御することができる。

30

【 0 0 3 9 】

リーダ 1 3 0 の近位部分 (近位端 1 3 4 を含む) は、シース 1 2 0 のワーキングチャネル 1 2 9 を通って、および患者の管腔内に / を通ってリーダ 1 3 0 を案内するように構成された第 2 のロボットアーム 1 6 0 によって支持され得る。第 1 のロボットアーム 1 5 0 と同様に、第 2 のロボットアーム 1 6 0 はベース 1 6 2 と、ジョイント、ブレーキ、および / または釣り合いおもりで連結された複数のアームセグメントとを含み、第 2 のロボットアーム 1 6 0 の位置を維持することができる。第 1 のロボットアーム 1 5 0 の基部 1 5 2 と同様に、第 2 のロボットアーム 1 6 0 の基部 1 6 2 は動力源、空気圧、ならびに、例えば、中央処理装置 1 6 6、データバス、制御回路、および記憶 1 6 8 などの部品、ならびに第 2 のロボットアーム 1 6 0 を移動させるためのモータなどの関連するアクチュエータを含む、制御およびセンサ電子機器を含むことができる。いくつかの実施形態では、第 2 のロボットアームの基部 1 6 2 が車輪と、車輪用のロック / ブレーキとを含む。ロボットシステム 1 0 0 のいくつかの実施形態では第 1 および第 2 のロボットアーム 1 5 0、1 6 0 は同じ基部上に取り付けるか、または患者手術台に取り付けることができる。

40

【 0 0 4 0 】

50

エンドエフェクタまたは駆動機構 1 6 4 (駆動機構 1 5 4 と同様であり得る) は、第 2 のロボットアーム 1 6 0 に連結することができ、リーダ 1 3 0 を制御するように構成され得る。駆動機構 1 6 4 は、空気圧、電力、電気信号、および / または光信号を第 2 のロボットアーム 1 6 0 からリーダ 1 3 0 に伝達するためのコネクタを含むことができる。駆動機構 1 6 4 は、直接駆動、ハーモニック駆動、歯車駆動、ベルトおよびプーリ、磁気駆動などを含む技術を使用して、リーダ 1 3 0 の位置決めを操作するように構成することができる。図 5 を参照して以下にさらに記載されるように、駆動機構 1 6 4 はまた、関節動作可能領域 1 3 8 を関節動作させるために、プルワイヤの張力を操作するように構成され得る。

【 0 0 4 1 】

挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 は、リーダ 1 3 0 の近位端 1 3 4 においてワーキングチャンネル 1 3 9 に手動で挿入されるように構成され得る。例えば、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 4 上のハンドル 1 4 5 は使用者 (例えば、医師) によって把持され得、ワーキングチャンネル 1 3 9 を下方に操作位置まで案内され得る。ハンドル 1 4 5 は挿入可能な器具 1 4 0 を操作して、所望の医療手技 (例えば、試料または治療薬を取得するための突入または後退運動、ならびに照準を合わせるための関節動作または任意の他の適切な運動) を行うための作動機構を含み得る。挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 は、シャフト 1 2 6、1 3 6 に沿って、関節動作可能領域 1 2 8、1 3 8 を通って、リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 まで通され得る。図 2 B を参照して以下に説明するように、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 がリーダ 1 3 0 の関節動作可能領域 1 3 8 内に通過すると、関節動作可能領域 1 3 8 の望ましくない撓みを引き起こす可能性がある。また、シース 1 2 0 の関節動作可能領域 1 2 8 内への遠位端 1 4 2 の通過は関節動作可能領域 1 3 8 の偏向と同様に、シース 1 2 0 の関節動作可能領域 1 2 8 の望ましくない偏向を引き起こし得る。

【 0 0 4 2 】

図 2 A の例に示されるように、シャフト 1 3 6 の関節動作可能領域 1 3 8 は、説明の目的で外側ケーシング 1 3 5 によって覆われていない状態で示されている。リーダ 1 3 0 の外側ケーシング 1 3 5 は可撓性ポリマー材料 (例えば、ポリウレタンまたはポリエステルエラストマーなど) を含むことができ、リーダ 1 3 0 内への体液の侵入に対する保護を提供し、シャフト 1 3 6 に沿った患者の管腔との滑らかな界面を確保する。さらに、外側ケーシング 1 3 5 は、シャフト 1 3 6 に外側構造を提供するコイル状金属バンド 1 3 7 の上に配置することができる。関節動作可能領域 1 3 8 内では、コイル状金属バンド 1 3 7 が例えばコイル状金属バンド 1 3 7 内のコイルの間隔に基づいて、関節動作可能領域 1 3 8 がシャフト 1 3 6 の残りの部分よりも高い可撓性を有するように構成することができる。

【 0 0 4 3 】

図 2 B は、図 2 A に示すロボットシステム 1 0 0 の遠位部分の一例を示す。破線で示されるように、遠位端 1 3 2 は患者の管腔内の目標位置 1 1 8 にナビゲートされ、目標位置 1 1 8 は挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 が組織部位にアクセスするために、リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 から延ばされ得るように、医療手技の対象である組織部位の規定された距離内のリーダ 1 3 0 の遠位部分 (遠位端 1 3 2 を含む) の所望の位置に対応し、および / または、医療手技の対象である組織部位と整列される。例えば、目標位置 1 1 8 は患者の管腔内の遠位端 1 3 2 の位置 (例えば、座標系内の位置)、患者の管腔のナビゲーションモデル、遠位端 1 3 2 のロール、ピッチ、および / またはヨー、および / または関節動作可能領域 1 3 8 の関節角 1 1 6 に関して少なくとも部分的に表すことができる。

【 0 0 4 4 】

上述したように、挿入可能な器具 1 4 0 は組織部位にアクセスするために、リーダ 1 3 0 のワーキングチャンネル 1 3 9 を通って前進させることができる。挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 を関節動作可能領域 1 3 8 に挿入すると、遠位端 1 3 2 は破線で示される目標位置 1 1 8 から、実線で示される偏向位置 1 1 9 に偏向または移動することができる。目標位置 1 1 8 と同様に、偏向位置 1 1 9 は、偏向角度 1 1 5 の変化によって、または関節動作可能領域 1 3 8 の新しい関節角 1 1 6 a によって示すことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

一例では偏向位置 1 1 9 がもはや組織部位に対応せず、その結果、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の延長部はリーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 から延長され得るが、組織部位へのアクセスを有さず、または組織部位と整列されない。1つの例示的な実施例では生検のための組織試料の収集において、組織部位が約 3 c m 未満の直径を有する潜在的に癌性の病変である。ワーキングチャネルを通る生検針の挿入は、目標位置 1 1 8 からの遠位端 1 3 2 の移動を引き起こし得、それによって、ロボットシステムの操作者による矯正を必要とする。さもなければ、生検針は病変を見逃し、患者の管腔内の不正確な組織部位をサンプリングする可能性がある。

【 0 0 4 6 】

別の例では、偏向角度 1 1 5 は、リーダ 1 3 0 の曲げ剛性および挿入可能な器具 1 4 0 の曲げ剛性に依りて、15°以上とすることができる。偏向角度 1 1 5 の大きさに影響を及ぼしうるその他の要素には、関節角 1 1 6、挿入可能な器具 1 4 0 の直径、または関節動作可能な領域 1 3 8 の曲げ剛性が含まれる。したがって、本明細書で説明されるシステムおよび方法のある側面は、目標位置 1 1 8 からのリーダ 1 3 0 の遠位部分の偏向または移動、および/または偏向を自動的に防止、最小化、および/または補償することに関する。

【 0 0 4 7 】

挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 を関節動作可能領域 1 3 8 に挿入することによる、目標位置 1 1 8 からの遠位端 1 3 2 の偏向に加えて、いくつかの実施形態では、遠位端 1 3 2 がシース 1 2 0 の関節動作可能領域 1 2 8 を通して遠位端 1 4 2 を挿入することによって、目標位置 1 1 8 から偏向または移動され得る。例えば、関節動作可能領域 1 3 8 の角度（図示せず）（関節動作可能領域 1 3 8 の偏向角度 1 1 5 と同様）は、挿入可能器具 1 4 0 をワーキングチャネル 1 2 9 および/または関節動作可能領域 1 2 8 に挿入することによって偏向または移動させることができる。遠位端 1 3 2 は、それに応じて偏向または移動することができる。この偏向または移動は上述のように、関節動作可能領域 1 3 8 の偏向角度 1 1 5 の変化（もしあれば）からの偏向または移動に加えることができる。したがって、本明細書で説明されるシステムおよび方法のある側面は、シース 1 2 0 の偏向または移動による、および/または偏向または移動を自動的に防止、最小化、および/または補償することによる、目標位置 1 1 8 からのリーダ 1 3 0 の遠位部分の偏向の検出に関する。

【 0 0 4 8 】

図 3 は図示されるように、患者、例えば肺の管腔ネットワークまたは管腔 3 0 3 内のロボットシステム 1 0 0 の遠位部分を図示する。リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 は、第 2 のロボットアーム 1 6 0 などによって近位端 1 3 4 を前進させ、関節動作可能領域 1 3 8 を駆動機構 1 6 4 と関節動作させることによって、遠位端 1 3 2 を有する患者の管腔 3 0 3 を通る経路を選択することによって、患者の管腔 3 0 3 を通ってナビゲートすることができる。リーダ 1 3 0 のシャフト 1 3 6 は第 2 のロボットアーム 1 6 0 などによって、シース 1 2 0 のワーキングチャネル 1 2 9 を通って前進させることができ、遠位端 1 3 2 は、シース 1 2 0 の遠位端 1 2 2 から延ばすことができる。シャフト 1 2 6 およびシースの遠位端 1 2 2 は、リーダ 1 3 0 のシャフト 1 3 6 に沿って前進させることによって、患者の管腔を通してナビゲートされ得る。これにより、シース 1 2 0 はリーダ 1 3 0 が再び管腔 3 0 3 を通って前進し、管腔 3 0 3 を通る経路を選択するために関節動作することができる基部を提供することができる。シース 1 2 0 はまた、駆動機構 1 5 4 によって関節接合されることによって、リーダ 1 3 0 を支持し、さらに操縦することができる。この前進技術はリーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 が組織部位 3 0 4 に隣接する目標位置 1 1 8 に到達するように、管腔 3 0 3 を通って繰り返され得る。前進技術を逆にして、リーダ 1 3 0 およびシース 1 2 0 を管腔 3 0 3 から後退させることができる。

【 0 0 4 9 】

挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 は、リーダ 1 3 0 の内部ルーメン 1 3 9 を通って

10

20

30

40

50

遠位端 1 3 2 から（手動および／またはロボットで）前進させることができる。これにより、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端は、組織部位 3 0 4 に閲覧することができる。図 2 B を参照して上述したように、挿入可能な器具 1 4 0 の前進は、リーダの関節動作可能領域 1 3 8 および／またはシース 1 2 0 の関節動作可能領域 1 2 8 の偏向を引き起こすことができる。

【 0 0 5 0 】

したがって、本明細書で説明されるシステムおよび方法のある側面は、目標位置 1 1 8 からのリーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 の撓みの検出、および／または撓みを自動的に防止、最小化、および／または補償することに関する。例えば、本明細書に記載される実施形態の少なくともいくつかにおける自動的な性質は、リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2（またはシース 1 2 0 の遠位端 1 2 2）の撓みのための手動補正に比べて実質的な時間の節約を提供することができることが理解されるのであろう。これらの時間節約は手術時間の短縮、医師、外科医、および医療手技者の疲労の低減、処置を完了するのに必要な時間の量を低減することによるより安価な医療手技、ならびに関連する医師の緊張に伴う医療手技の実施の誤り率の低減により、患者のより早期の回復を支援することができる。

10

【 0 0 5 1 】

本発明のシステムおよび方法の別の利点は、偏向を補正するための精度が改善されることである。この改善された精度は誤った場所で実行された医療手技を繰り返す必要性を排除し、誤った場所で採取された生検についての誤った陽性および誤った陰性の割合を低下させ、誤ってまたは誤った場所で実行されたために繰り返される必要がある処置の数を減少させ、全体的に陽性の患者の結果を増加させることによって、手術を実行するために必要な時間の量を減少させることができる。

20

【 0 0 5 2 】

本発明のシステムおよび方法の別の利点は、偏向の検出が改善されることである。この改善された検出率は誤った場所で行われた医療手技を繰り返す必要性を排除し、それによって陽性の患者転帰を増加させることができる。

【 0 0 5 3 】

図 4 A は例えば、リーダ 1 3 0 のような軟性の器具の遠位部分の実施形態を図示する。遠位部分は、関節動作可能領域 1 3 8 と、遠位端 1 3 2 と、ワーキングチャンネル 1 3 9 の遠位開口部とを含むことができる。リーダ 1 3 0 の遠位部分は、リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 の位置を特定するための 1 つまたは複数の追跡システムまたはセンサモダリティと共に使用するための追跡センサをさらに備えることができる。そのような追跡センサおよびシステムに関するさらなる詳細は本明細書の詳細に加えて、2016 年 9 月 17 日に出願された「Navigation of Tubular Networks」という名称の米国特許出願第 15 / 268 , 238 号に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

30

【 0 0 5 4 】

これらの追跡センサを監視する追跡システムを使用して、挿入可能な器具 1 4 0 をワーキングチャンネル 1 3 9 に挿入することによって、または遠位端の他の望ましくない動きから引き起こされるような動きを含む、遠位端 1 3 2 の動きを追跡し、検出することができる。例えば、追跡システムは、遠位端 1 3 2 がシステム 1 0 0 によって目標位置 1 1 8 にナビゲートされたかどうか、遠位端 1 3 2 が目標位置 1 1 8 から偏向されたかどうか、および／または目標位置 1 1 8 からの偏向の大きさを検出することができる。さらに、追跡システムの各々は例えば、図 7 を参照して以下で説明するコマンドセンタ 7 0 0 などのコントローラを含むか、またはそうでない場合はコントローラと通信することができる。コントローラは以下で説明する追跡システムのいずれかからのデータを使用して、目標位置 1 1 8 からの遠位端 1 3 2 の測定または検出された撓みを補償するために、ロボットシステム 1 0 0 への制御信号を生成するための、命令が格納されたコンピュータ可読媒体と通信可能に結合されたプロセッサを含むことができる。

40

【 0 0 5 5 】

引き続き図 4 A の例を参照して、いくつかの可能な追跡システムをここで説明する。一

50

例の追跡システムでは、リーダ 130 の遠位部分が加速度計および / またはジャイロスコープなどの 1 つまたは複数の慣性センサ 460 を備えることができる。慣性センサ 460 は加速度の変化を検出および / または測定し、これらの測定値を反映するデータ信号をコントローラに出力するように構成することができる。一実施形態では、慣性センサ 460 が加速度計を有する 3 軸微小電気機械システム (MEMS) ベースのセンサチップであり、リーダ 130 の遠位端 132 付近に、例えば、図 4 に示すように、カメラ 450 と同じプリント回路基板上に、または異なる基板上に結合することができる。加速度計は遠位端 132 の速度および方向を計算するために、3 つの異なる軸に沿った直線加速度を測定することができる。したがって、目標位置 118 からの遠位端 132 の移動は、コントローラによって検出および / または測定することができる。

10

【0056】

一例では、慣性センサ 460 が重力を検出し、地面に対する内視鏡器具の位置に関する情報を提供する。慣性センサ 460 が重力の方向も測定する場合、慣性センサ 460 は、リーダ 130 の遠位端 132 の向きに関する絶対情報を含むデータを提供することができる。別の例では、リーダ 130 が 90 度まで回転または曲がらない場合、2 軸加速度計を使用することもできる。別の例では、加速度計の軸が重力の方向に対して垂直、すなわち地面に対して垂直のままである場合、1 軸センサが有用であり得る。さらに別の例では、慣性センサ 460 が遠位端 132 の回転速度を測定するように構成されたジャイロスコープを備えることができ、次いで、これを使用して、リーダ 130 の関節動作を計算することができる。

20

【0057】

慣性センサの読み取り値は、デジタル信号またはアナログ信号を使用して、通信プロトコルを介してコントローラに送信することができる。信号は、配線を介してカテーテルの近位端に伝達され、そこから処理のためにコントローラに伝達され得る。目標位置 118 からの遠位端 132 の移動は、コントローラによって検出および / または測定することができる。

【0058】

別の例示的な追跡システムとして、カメラ 450 は、光学追跡システムの一部として使用することもできる。カメラ 450 は、いくつかの実施形態では電荷結合装置 (CCD)、または遠位端 132 まで近位に延在する光ファイバケーブルである。カメラ 450 からの画像は患者の管腔などの解剖学的空間を通過してリーダ 130 の遠位端 132 をナビゲートし、目標位置 118 に到達するのに理想的であり得る。遠位端 132 はまた、LED などの光源を備えることができる。LED と共に、カメラ 450 は例えば、患者の管腔内でのナビゲーションを支援するためにリアルタイムビデオを捕捉するために使用され得る。粘液などの内部液は、ナビゲートするときに問題を引き起こす可能性がある。したがって、遠位端 132 は、カメラレンズの洗浄および / または吸引のための構成要素など、カメラ 450 を洗浄するための構成要素を含むこともできる。

30

【0059】

ナビゲーションに加えて、カメラは遠位端 132 の偏向を検出するために、および / またはそのような偏向の大きさを測定するために使用され得る。光学追跡システムでは、カメラ 450 からの出力またはデータ信号をコントローラに結合することができ、それによって、データ信号を処理して、目標位置 118 からの遠位端 132 の偏向を検出および / または測定することができる。

40

【0060】

リーダ 130 の遠位部分はまた、遠位端 132 上に 1 つまたは複数の電磁 (EM) 追跡器またはセンサ 484 を備えることができ、これは、図 4B に示す電磁追跡システム 480 と併せて使用することができる。電磁追跡システム 480 は、生成された電磁場と共に電磁センサ 484 を使用して、電磁場内のセンサの位置のリアルタイム表示を提供することができる。したがって、遠位端 122 の位置は、遠位端 132 が 1 つまたは複数の電磁センサを含む電磁追跡システムで追跡することができる。さらに、追跡システム 480 から

50

のデータ信号を使用して、目標位置 1 1 8 からの任意の移動または偏向を検出することができ、および / または偏向の大きさを測定することができる。

【 0 0 6 1 】

電磁ベースの追跡では、静的電磁場発生器 4 8 6 が電磁場を生成する。電磁場発生器 4 8 6 は、低強度磁場を生成するために患者 1 0 1 の近くに配置することができる。例えば、図 4 B に示されるように、磁場発生器 4 8 6 は患者 1 0 1 の身体を支持するために、患者インターフェース位置 1 1 2 上に配置され得る。例えば、患者インターフェース位置 1 1 2 は患者 1 0 1 のための支持プラットフォームとすることができ、フィールドジェネレータは、患者の下に配置することができる。別の例では、磁場発生器がロボットアーム上に保持されるか、または患者インターフェース位置 1 1 2 の側面の周りに配置され得る。

10

【 0 0 6 2 】

静的電磁場発生器 4 8 6 は電磁センサコイルに小電流を誘導し、この小電流は、センサと発生器との間の距離および角度に相関する。次いで、電気信号は、インターフェースユニット（オンチップまたは P C B ）によってデジタル化され、ケーブル / 配線を介してシステムカートに送り返され、次いでコマンドセンタに送り返される。次いで、データを処理して、現在のデータを解釈し、送信機または場発生器 4 8 6 に対する電磁センサの正確な位置および向きを計算することができる。リーダ 1 3 0 内の異なる位置、例えば関節動作可能領域 1 3 8 上で複数のセンサを使用して、これらの電磁センサ位置も計算することができる。

【 0 0 6 3 】

20

したがって、人工的に生成された電磁場からの読み取り結果に基づいて、電磁センサ 4 8 4 は、患者の解剖学的構造を通して移動する際の磁場強の変化を検出することができる。電磁センサデータ信号は解釈および分析のために、リーダ 1 3 0 のシャフトを下って、コントローラ 4 8 8 に、あるいは、コントローラまたはコマンドセンタ 7 0 0 に送信され得る。電磁センサ 4 8 4 からの読み取り結果を使用して、ディスプレイモジュールは、操作者によるレビューのために、事前に生成された 3 次元モデル内の電磁センサの相対位置を表示することができる。

【 0 0 6 4 】

ロボットシステム 1 0 0 の遠位部分の撓みを検出および測定するために、様々なセンサおよび追跡システムを使用することができるが、センサの選択は（ 1 ）内視鏡器具内のセンサのサイズや、（ 2 ）シース 1 2 0 内へのセンサの製造および集積のコストに少なくとも部分的に基づくことができる。

30

【 0 0 6 5 】

一組の生理学的センサ 4 9 0 を使用して、患者の生理学的運動を追跡することができる。例えば、生理学的センサ 4 9 0 は呼吸中の胸部表面の変位を推定するのに助けるために、患者の身体上に配置される 1 つ以上の慣性センサを備えることができる。別の例では、生理学的センサ 4 9 0 が患者の身体上に配置されるように構成され、電磁追跡システム 4 8 0 と連動して呼吸サイクルの吸気相および呼気相を測定するために使用される電磁パッチまたは電磁呼吸センサを備えることができる。別の例では、呼吸によって引き起こされる変位を追跡するために、患者の身体上に（例えば、患者の管腔の領域内に）いくつかの追加の電磁パッチセンサを設けることができる。いくつかの実施形態では、生理学的センサ 4 9 0 内のデータが各電磁パッチセンサについて、電磁場内のセンサの位置を所定期間にわたって表す時間依存位置データを含むことができる。多数の異なる電磁パッチセンサはこれらの位置における異なる変位を追跡するために、身体上に間隔を置いて配置することができる。例えば、肺の周辺部は中心気道よりも呼吸に起因してより大きな運動を示し得、多数の電磁パッチセンサを提供することはこれらの運動効果のより正確な分析を可能にし得る。さらに、リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 は管腔 3 0 3 の異なる領域を通して移動し、したがって、これらの異なる領域を通して移動するときに、患者の呼吸に起因する様々なレベルの変位が生じる。データフィルタリング方法はリーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 のおおよその位置を、追加の電磁パッチセンサのうちの 1 つまたは複数と相関させることが

40

50

でき、これらの特定の追加の電磁パッチセンサの識別された変位量を使用して、例えば、内視鏡位置信号の呼吸運動アーチファクト成分のフィルタリング/除去を介して、気道運動による内視鏡位置信号内のノイズまたはアーチファクトを補正することができる。生理学的センサ490のこの電磁パッチセンサの実施形態は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる、2017年3月31日に出願された「生理学的ノイズを補償する管腔ネットワークのナビゲーションのためのロボットシステム」という名称の米国仮出願第62/480,257号にさらに記載されている。

【0066】

別の例では、生理学的センサ490が気道の領域（例えば、管腔領域103）において患者の身体上に配置され、呼吸サイクルの吸気相および呼気相を測定するために使用されるように構成された、音響または他のタイプの呼吸センサを備える。別の例では生理学的センサ490が光学センサ（例えば、撮像デバイス）を備えることができ、患者の身体の画像のストリームをキャプチャすることができ、これらの画像は呼吸位相および/または変位を識別するために分析することができる。いくつかの実施側面では患者101が手術中に人工呼吸器からの支援を受けて呼吸しており、人工呼吸器（および/または人工呼吸器に通信可能に結合された装置）は呼吸サイクルの吸気および呼気相を表すデータを提供することができる。

【0067】

生理学的センサからのデータは、上述の1つ以上の追跡システムからのデータと併せて、コントローラまたはコマンドセンタ700によって使用され得る。生理学的センサからのこのデータを比較することによって、患者の動きは、追跡システムからのデータからフィルタリングされ得、その結果、フィルタリングされたデータは患者の動き（例えば、呼吸サイクルの吸気および呼気フェーズの間）ではなく、器具挿入による偏向からのリーダ130の遠位端132の動きを示す。

【0068】

図4Cは、その遠位端142上に電磁センサ挿入可能な器具140の実施形態を示す。挿入可能な器具140がリーダ130のワーキングチャンネル139を通して手動で挿入されるロボットシステム100のようないくつかの実施形態では、電磁センサ追跡システム480と共に使用されて、挿入可能な器具140の遠位端142のリーダ130および/または患者の管腔内の進行を追跡することができる。遠位端142の位置を示すデータのような電磁センサデータはまた、本明細書に記載される他の追跡機構のいずれかと関連して使用され得る。例えば、電磁センサデータを使用して、例えば、リーダ130内の電磁センサの位置または遠位端132へのその近接度に基づいて、本明細書に記載の追跡システムのいずれかを初期化または終了することができる。別の例では、センサ482からのデータが図5および図9を参照して以下に説明するように、関節動作可能領域138のタイミング調整の要因として使用することができる。別の例では、センサ482からのデータを使用して、関節動作可能領域138からの遠位端142の距離を計算し、遠位端142がいつ関節動作可能領域138に入ることができるかを知らることができる。別の例では、センサ482からのデータを使用して、遠位端142の軌道を特定し、遠位端142が関節動作可能領域138にいつ入ったかを知らることができる。いくつかの実施形態では、電磁センサ482の代わりに、または電磁センサ482に加えて、挿入可能な器具140は従来の放射線ベースのナビゲーション補助（例えば、蛍光透視法、X線、コンピュータ軸方向断層撮影スキャニングなど）を使用して追跡または見ることができ金属製の放射線不透過性バンドを含むことができる。

【0069】

いくつかの実施形態では、挿入可能な器具140が識別タグを備えることができ、タグは特定の挿入可能な器具140に関する情報に対応するか、またはそれを含み、例えば、器具の物理的特性などの情報を含む。いくつかの実施形態では、ロボットシステム100がタグに基づいて挿入可能な器具140を自動的に識別することができる。例えば、タグは、RFIDタグ、バーコードなどとなることができる。いくつかの実施形態では、挿入

10

20

30

40

50

可能な器具 140 に関連する物理的特性が識別子（例えば、RFID タグ）に符号化され、ロボットシステム 100 によって考慮されて、挿入可能な器具 140 のワーキングチャネル 139 への挿入によるリーダ 130 の予期される偏向を特定することができる。

【0070】

図 5 は、1 つまたは複数のプルワイヤ 556 を制御するように構成された駆動機構 500 の一実施形態を示す。例えば、駆動機構 500 は、駆動機構 154 または 164 のうちの 1 つまたは複数、あるいは本明細書で説明する他のロボットシステムに対応することができる。本明細書ではリーダ 130 を参照して説明されているが、駆動機構の実施形態はシース 120 または任意の他の軟性の器具と併せて使用することもできる。

【0071】

駆動機構 500 は、近位端 134 からリーダ 130 を操作するための 1 つ以上のプルワイヤ 556 を制御するように構成される。関節動作可能領域 138 の遠位端 132 の位置を制御することによって、また患者の管腔を通してリーダ 130 のシャフト 136 を前進させることによって、リーダ 130 は例えば、システム 100 のコントロールセンタにおける医師の入力に応答して、目標位置 118 にナビゲートされ得る。プルワイヤ 556 は、関節角 116 および関節動作可能領域 138 の指示を制御することができる。リーダ 130 の遠位端 132 が目標位置 118 にあると、いくつかの実施形態では、プルワイヤ 556 を所定の位置にロックして、遠位端を、例えば、図 2 B を参照して上述した目標位置 118 に対応する所望の位置または向きに維持することができる。引っ張りワイヤをロックすることは、引っ張りワイヤ 556 の表面張力を増大させて、リーダ 130 を移動させるのに必要な力を増大させることを含むことができる。

【0072】

引っ張りワイヤ 556 は、リーダ 130 の長手方向長さに沿って延びることができる。いくつかの実施形態では、プルワイヤ 556 がリーダ 130 の関節動作可能領域に対してリーダ 130 内で遠位に取り付けられる。引っ張りワイヤは 1 つの引っ張りワイヤの表面張力を増大させると、関節動作可能領域を引っ張りワイヤの指示に関節動作させる傾向があるように、リーダ 130 のシャフト 136 の周辺部に配置することができる。例えば、4 本のプルワイヤは、各基本方向に 1 本のプルワイヤを用いて、シャフト 136 の周りに均等に離間させることができる。

【0073】

引っ張りワイヤ 556 は例えば、ステンレス鋼、ケブラー、タングステン、炭素繊維などの金属材料および非金属材料の両方を含むことができる。リーダ 130 は、プルワイヤによって加えられる力に応答して非線形挙動を示すことができる。非線形挙動は、リーダ 130 のシャフト 126 の剛性および圧縮性、ならびに異なるプルワイヤ間のたるみまたは剛性の変動性に基づくことができる。

【0074】

駆動機構 500 は、それぞれギアボックス 552 に対応して回転結合されたモータ 551 を含むことができる。プルワイヤ 556 は、ギアボックス 552 から延びるシャフト 553 に対応して連結され得る。シャフト 553 は、対応するモータ 551 の回転によってシャフト 553 の回転から引っ張りワイヤ 556 に張力を加えるように構成することができる。プルワイヤ 556 はプルワイヤの端部をシャフトに固定し、シャフト 553 の回転運動によってプルワイヤに沿って張力を加えるように構成されたプーリ 555 を介してシャフト 553 に接続することができる。あるいは、プルワイヤ 556 がプーリ 555 の有無にかかわらず、出力シャフト 553 に直接取り付けることができる。

【0075】

図 5 の例に示されるように、プーリ 555 は、モータ 551 の出力シャフト 553 と長手方向に整列され、同心であり得る。プーリ 555 のスプラインは出力シャフト 553 上のスプラインと整列し、ロックするように設計することができる。いくつかの実施形態では、スプラインは、リーダ 130 が駆動機構 500 と位置合わせされる単一の向きがあるように設計される。整列状態にロックされると、シャフト 553 およびプーリ 555 の回

10

20

30

40

50

転は引張ワイヤ 5 5 6 をリーダ 1 3 0 内に引っ張り、その結果、リーダ 1 3 0 の関節動作可能領域 1 3 8 が関節動作する。

【 0 0 7 6 】

いくつかの実施形態では、駆動機構 5 0 0 がモータ 5 5 1 の回転およびプルワイヤ 5 5 6 の張力を制御するために、コントローラをさらに備えるか、または外部コントローラ（例えば、以下でさらに詳細に説明される図 7 のコマンドセンタ 7 0 0 ）と通信可能に結合され得る。いくつかの実施形態では、駆動機構 5 0 0 が出力シャフトの回転位置、速度、および/または加速度を測定するためにシャフト 5 5 3 に結合された回転エンコーダを含む。いくつかの実施形態では、駆動機構 5 0 0 が取り付けられる駆動機構またはロボットアームのハウジング内に、コントローラが駆動機構 5 0 0 に搭載される。コントローラはモータ 5 5 1 に結合され、1 つまたは複数のプルワイヤ 5 5 6 の張力を制御するために、コンピュータ可読媒体に記憶された命令を実行するためのプロセッサで構成することができる。

10

【 0 0 7 7 】

コントローラは、コンピュータ可読媒体上に記憶された命令を実行するためのプロセッサを含むことができることに留意されたい。コンピュータ可読媒体は上述の追跡システムのいずれかからのデータを使用して、目標位置 1 1 8 からの遠位端 1 3 2 の測定または検出された撓みを補償するために、ロボットシステムへの制御信号を生成するために、その上に格納された命令を有することができる。例えば、命令は、プロセッサにデータを処理させ、駆動機構 1 5 4、1 6 4 の一方または両方を使用して、複数のプルワイヤ 5 5 6 のうちの特定のプルワイヤ（単数または複数）に対する張力を調整するための制御信号を生成させることができる。

20

【 0 0 7 8 】

いくつかの実施形態では、制御信号の命令が挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 が関節動作可能領域 1 3 8 を通して挿入される前に、ドライバ 5 0 0 によって実行される。このようなプリエンプティブモデルまたはアプローチでは、遠位端 1 3 2 が器具 1 4 0 が関節動作可能領域を通して伸長されるときに、複数のプルワイヤ 5 5 6 に対する張力を調節することによって、目標位置 1 1 8 から外れるように偏向されて、目標位置 1 1 8 に戻され得るのみである。別の例では、制御信号の命令が挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 が関節動作可能領域 1 3 8 を通して挿入された後に実行され得る。このようなモデルまたはアプローチでは、遠位端 1 3 2 が複数のプルワイヤ 5 5 6 に対する張力を調節することによって、器具 1 4 0 が関節動作可能領域を通して伸長された後に、目標位置 1 1 8 に戻される。さらに別の実施形態では、制御信号の命令が器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 が関節動作可能領域 1 3 8 を通して挿入されるときに実行され得る。したがって、遠位端 1 3 2 は遠位端 1 4 2 の前進と協調して、複数のプルワイヤ 5 5 6 に対する張力を調節することによって、挿入可能な器具 1 4 0 の前進中に、実質的に目標位置 1 1 8 に維持され得る。これらの手法のいずれも、電磁センサ 1 8 2 からのデータのような、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の位置を示すデータと関連して実行され得る。

30

【 0 0 7 9 】

一実施形態では、制御信号は、遠位端 1 3 2 が目標位置 1 1 8 に戻るまで、駆動機構 5 0 0 によって 1 つまたは複数のプルワイヤ 5 5 6 の表面張力を徐々に増大させるための命令を含むことができる。例えば、遠位端 1 3 2 の位置を特定するために、カメラ 4 5 0 を使用して光学追跡システムによって測定または追跡される目標位置 1 1 8 に到達するまで、表面張力を増加させることができる。別の例として、遠位端 1 3 2 の位置を特定するために、電磁追跡システム 4 8 0 または慣性追跡システムによって測定または追跡される目標位置 1 1 8 に到達するまで、表面張力を増加させることができる。場合によっては、プルワイヤの張力を調整することによって、軟性の器具を軸方向に圧縮することができ、それによって、軟性の器具の遠位長さを短くすることができる。そのような場合、制御信号は、軟性の器具を、軸方向圧縮を補正する距離だけ解剖学的構造に挿入させることによって、この短縮を補償することができる。

40

50

【 0 0 8 0 】

駆動機構 5 0 0 は、リーダ 1 3 0 の遠位部分の移動および位置を監視するための表面張力感知システムを含むことができる。この表面張力感知システムは、このような撓みによって引き起こされるプルワイヤ 5 5 6 の表面張力の変化を検出することによって、リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 の撓みまたは動きを検出および / または測定するように構成することができる。例えば、駆動機構 5 0 0 は、引っ張りワイヤ 5 5 6 の特定の引っ張りワイヤを監視して、表面張力の増加または減少についてこれらの特定の引っ張りワイヤを監視することができる。

【 0 0 8 1 】

例えば、駆動機構 5 0 0 は、プルワイヤ 5 5 6 の張力の任意の測定された変更に基づいてプルワイヤ 5 5 6 の撓みを検出 / 測定するための 1 つまたは複数の電気歪みゲージ 5 5 4 を備えることができる。例えば、特定の実施形態では、歪みゲージ 5 5 4 がモータ 5 5 1 の各々に対応するモータマウント 5 5 8 と歪みゲージマウント 5 5 7 との間に結合される。歪みゲージ 5 5 4 は、歪みゲージマウント 5 5 7 に埋め込まれ、はんだ付けされ、それぞれモータマウント 5 5 8 にねじを用いて取り付けられる。歪みゲージ 5 5 4 は、サイドスクリューを使用して、それぞれのモータマウントの所定の位置に保持することができる。歪みゲージ 5 5 4 内のゲージ配線は、歪みゲージマウント 5 5 7 に対するモータマウント 5 5 8 による水平変位として測定される、駆動機構内の任意の垂直歪みまたは撓みを検出するように垂直に配置することができる。歪みの量は、歪みゲージ 5 5 4 の全体の水平幅に対する歪みゲージ 5 5 4 のチップの水平変位の比として測定することができる。したがって、歪みゲージ 5 5 4 は、プルワイヤ 5 5 6 によってシャフト 5 5 3 に及ぼされる力を最終的に測定することができる。

【 0 0 8 2 】

歪みゲージ 5 5 4 はプルワイヤ 5 5 6 のいずれかの張力の変化を検出し、測定することができるように構成することができる。駆動機構 5 0 0 は歪みゲージ 5 5 4 で測定されたひずみが、遠位端 1 3 2 の位置および / または関節動作可能領域 1 2 8 の偏向角度 1 1 6 などのリーダ 1 3 0 の位置に相関することができるように較正することができる。したがって、遠位端 1 3 2 の位置の任意の変化を検出および / または測定することができる。

【 0 0 8 3 】

歪みゲージ 5 5 4 からの、および / または歪みゲージ 5 5 4 に結合された回路からのデータ信号はコントローラ（例えば、図 5 に示される駆動機構 5 0 0 内、または図 7 のコマンドセンタ 7 0 0 内）に送達され得る。このデータ信号は、プルワイヤ 5 5 6 の張力の変化、プルワイヤ 5 5 6 の移動、および / またはシース 1 2 0 の移動を示すデータを含むことができる。したがって、例えば、挿入可能な器具 1 4 0 をワーキングチャネル 1 3 9 内に挿入することによって、またはリーダ 1 3 0 の関節動作可能な領域 1 3 8 を通して、リーダ 1 3 0 の偏向は、駆動機構 5 0 0 またはその構成要素によって検出および / または測定され得る。

【 0 0 8 4 】

図 6 A は、ロボットシステム 6 0 0 の実施形態を示す。ロボットシステム 1 0 0 と同様に、システム 6 0 0 は、シース 6 2 0 と、リーダ 6 3 0 と、挿入可能な器具 6 4 0 とを備えることができる。リーダ 6 3 0 は、患者（図示せず）の管腔内に挿入され、患者の管腔ネットワーク内をナビゲートされるように構成される。例えば、シース 6 2 0 およびリーダ 6 3 0 は、それぞれ、上述のシース 1 2 0 およびリーダ 1 3 0 と同じまたは類似の構造および機構を有することができる。

【 0 0 8 5 】

リーダ 6 3 0 は、遠位端 6 3 2 と、近位端 6 3 4 と、遠位端 6 3 2 と近位端 6 3 4 との間に延在するシャフト 6 3 6 と、シャフト 6 3 6 の関節動作可能領域 6 3 8 とを含むことができる。関節動作可能領域 6 3 8 はシース 6 2 0 の遠位端 6 2 2 から延長された後に患者の管腔を通るリーダ 6 3 0 のナビゲーションを容易にするために、シャフト 6 3 6 に対して関節動作されるように構成される。遠位端 6 3 2 は、遠位端 6 3 2 のための経路を選

10

20

30

40

50

択するために関節動作可能領域 6 3 8 を関節動作させることによって、および近位端 6 3 4 から患者の管腔を通してシャフト 6 3 6 および遠位端 6 3 2 を前進させることによって、患者の管腔を通して案内され得る。上記と同様に、シャース 6 2 0 はリーダ 6 3 0 と共に前進させ、人工領域 6 3 8 を明確にし、リーダ 6 3 0 をさらに前進させることなどのためのサポートを提供することができる。このようにして、遠位端 6 3 2 は患者の管腔を通して目標位置までナビゲートされ方法（例えば、図 2 B の目標位置 1 1 8 を参照のこと）。関節動作可能領域 6 3 8 は近位端 6 3 4 と遠位端 6 3 2 との間に位置し、本実施例では遠位端 6 3 2 に隣接する。この構成は、患者の管腔ネットワークを通るリーダ 6 3 0 のナビゲーションを容易にすることができる。リーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 と同様に、リーダ 1 3 0 は、図 4 A ~ 5 に関連して説明したような、患者の管腔をナビゲートするためのセンサを含むことができる。上述の追跡システムのいずれも、遠位端 6 3 2 の位置を追跡するために、または位置の変化を検出するために使用することができる。

10

【 0 0 8 6 】

図 1 A に示すシース 1 2 0 と同様に、図 6 A に示すシース 6 2 0 は、遠位端 6 2 2 と、近位端 6 2 4 と、遠位端 6 2 2 と近位端 6 2 4 との間に延在するシャフト 6 2 6 と、シャフト 6 2 6 の関節動作可能領域 6 2 8 とを含むことができる。関節動作可能領域 6 2 8 は患者の管腔を通るシース 6 2 0 のナビゲーションを容易にし、リーダ 6 3 0 を支持するために、シャフト 6 2 6 に対して関節動作することができる。

【 0 0 8 7 】

シース 6 2 0 の近位端 6 2 4 を含む近位部分は、患者の管腔を通してシース 6 2 0 を案内またはナビゲートするように構成され、駆動機構 6 5 4 と連結された第 1 のロボットアーム 6 5 0 によって支持され得る。第 1 のロボットアーム 6 5 0 および駆動機構 6 5 4 は、ロボットシステム 1 0 0 において上述した第 1 のロボットアーム 1 5 0 および駆動機構 1 5 4 と同様の構造的および機能的特徴を含むことができる。第 1 のロボットアーム 6 5 0 は、基部 6 5 2 と、基部 6 5 2 から延びる共同で結合された複数のアームセグメントと、電源と、空気圧と、例えば中央処理装置 6 5 6、データバス、制御回路、および記憶 6 5 8 などの部品を含む制御およびセンサ電子機器と、第 1 のロボットアーム 6 5 0 を移動させるためのモータなどの関連アクチュエータとを含むことができる。基部 6 5 2 は、ロボットシステム 6 0 0 を搬送するための車輪と、車輪のための車輪ロック / ブレーキとを含むことができる。図 5 に関してさらに上述したように、駆動機構 6 5 4 は、関節動作可能領域 6 2 8 を関節動作させるためにプルワイヤの張力を操作することもできる。

20

30

【 0 0 8 8 】

リーダ 6 3 0 の近位端 6 3 4 を含む近位部分は、シース 6 2 0 のシャフト 6 2 6 の管腔を通して患者の管腔内にリーダ 6 3 0 を案内または誘導するように構成された第 2 のロボットアーム 6 6 0 によって支持することができる。第 1 のロボットアーム 6 5 0 と同様に、第 2 のロボットアーム 6 6 0 は第 2 のロボットアーム 6 6 0 の位置を維持するために、基部 6 6 2、関節、ブレーキ、および / または釣り合いおもりで連結された複数のアームセグメントを含むことができる。

【 0 0 8 9 】

エンドエフェクタまたは駆動機構 6 6 4 はリーダ 6 3 0 を制御するために、第 2 のロボットアーム 6 6 0 と連結され得る。駆動機構 1 5 4、1 6 4 と同様に、駆動機構 6 6 4 はリーダ 6 3 0 へのコネクタを含むことができ、リーダ 6 3 0 の位置決めを操作することができる。図 5 に関してさらに上述したように、駆動機構 6 6 4 は、関節動作可能領域 6 3 8 を関節動作させるためにプルワイヤの張力を操作することもできる。第 2 のロボットアーム 6 6 0 の基部 6 6 2 は第 1 のロボットアーム 1 5 0 の基部 1 5 2 と同様に、電源、空気圧、および制御およびセンサ電子機器、中央処理装置 6 6 6、データバス、制御回路、および記憶 6 6 8、ならびに第 2 のロボットアーム 6 6 0 を移動させるためのモータなどの関連アクチュエータを含むことができる。手続中、ユーザは、制御装置、例えばコマンドセンタを使用して第 2 のロボットアーム 6 6 0 を制御することができる。

40

【 0 0 9 0 】

50

同様に、挿入可能な器具 640 の近位端 644 は第 3 のロボットアーム 670 および / または器具マニピュレータ 674 によって支持され、挿入可能な器具 640 を案内し、挿入可能な器具 640 を制御して医療手技を実行するように構成され得る。第 3 のロボットアーム 670 および器具マニピュレータ 674 は、ロボットシステム 100 内の第 1 および第 2 のロボットアーム 650、660 およびロボットアームと同様の構造的および機能的特徴を含むことができる。しかしながら、ここでは、挿入可能な器具 640 がリーダ 630 のワーキングチャネル 639 に挿入され、下方に案内される。第 1 のロボットアーム 650 と同様に、第 3 のロボットアーム 670 は第 3 のロボットアーム 670 の位置を維持するために、基部 672、関節、ブレーキ、および / または釣り合いで連結された複数のアームセグメントを含むことができる。第 3 のロボットアーム 670 の基部 672 は例えば、中央処理装置 676、データバス、制御回路、および記憶 678 などの部品、ならびに第 3 のロボットアーム 670 を移動させるためのモータなどの関連するアクチュエータを含む、電源、空気圧、ならびに制御およびセンサ電子機器を含むことができる。第 3 のロボットアーム 670 の基部 672 は、車輪および車輪用のロック / ブレーキを含むことができる。

【0091】

あるいは、挿入可能な器具 640 が医師などによって手動で操作されるように構成することができる。そのような実施形態では、挿入可能な器具 640 が電磁センサ関連して上述したように、ワーキングチャネル 629 内または患者の管腔内の挿入可能な器具 640 の位置を追跡することができるデータを提供するように構成された電磁センサ 482 を含むことができる。

【0092】

挿入可能な器具 640 は、ワーキングチャネル 629 内に挿入され得るように十分に小さい直径、リーダ 630 を通って延びるのに十分な長さ、重量、およびその長さに沿った曲げ剛性など、様々な物理的特性を有することができる。いくつかの実施形態では、挿入可能な器具 640 が識別タグを含み、タグは特定の挿入可能な器具 640 についての情報に対応するか、またはそれを含み、器具の物理的特性などの情報を含む。いくつかの実施形態では、ロボットシステム 600 がタグに基づいて挿入可能な器具 640 を自動的に識別することができる。例えば、タグは、RFID タグ、バーコードなどとなることができる。いくつかの実施形態では、挿入可能な器具 640 に関連する物理的特性が挿入可能な器具 640 のリーダ 630 への挿入に起因するリーダ 630 の予想される撓み応答を特定するために、ロボットシステム 600 によって考慮される。

【0093】

いくつかの実施形態では、例えば、患者の肺の周辺部へのアクセスを得るために、患者の管腔内へのシステム 600 の到達範囲を増加させるために、リーダ 630 よりも小さい直径を有する延長されたワーキングチャネルなどの挿入可能な器具がリーダ 630 のワーキングチャネル 639 内に挿入され、リーダ 630 の遠位端 632 で患者の管腔内に延長され得る。次いで、延長された作業チャネルの遠位端は医療手技を実施するために、患者の管腔の組織部位に対応する目標位置 618 まで延長またはナビゲートされ得る。挿入可能な器具 640 の遠位端 642 は、延長された作業チャネルの作業チャネルを通して挿入され、その遠位端まで前進させられ、医療手技を実行するために組織部位に閲覧するように構成される。これにより、延長されたワーキングチャネルによって、リーダ 130 単体のアクセス範囲または到達範囲を広げることができる。

【0094】

いくつかの医療手技においては、リーダ 630 またはシース 620 のサイズおよび / または可撓性が原因で、リーダ 630 の通過による患者の管腔への損傷の可能性が高まる。したがって、いくつかの医療手技では、シース 620 なしでリーダ 630 のみを使用することが望ましい場合がある。例えば、リーダ 630 は、患者の管腔内に前進させられ、第 2 のロボットアーム 660 を使用して制御され得る。このような実施形態におけるリーダ 630 は、シース 620 と関連して使用されるリーダ 630 よりも大きな直径を有し得る

ので、リーダ 6 3 0 は患者の肺の周辺部にアクセスするためなどに、拡張されたワーキングチャンネルを伴って、または伴わずに使用され得る。

【 0 0 9 5 】

図 6 B は、1 つ以上の器具の前進および動作を制御するように構成された器具マニピュレータの実施形態を示す。例示目的のためにロボットシステム 6 0 0 を参照して以下に記載されるが、本明細書に記載されるような器具マニピュレータ 6 7 4 はいくつかの実施形態において、挿入可能な器具 1 4 0 の手動制御に取って代わるように、ロボットシステム 1 0 0 と併せて使用され得る。図 6 B を参照すると、器具マニピュレータ 6 7 4 は挿入可能な器具 6 4 0 の近位端 6 4 4 を支持し、第 3 のロボットアーム 6 7 0 と共に支持するように構成することができる。器具マニピュレータ 6 7 4 および / またはロボットアーム 6 7 0 は組織部位に閲覧するために、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 をリーダ 6 3 0 のワーキングチャンネル 6 3 9 を通してナビゲートすることができる。

10

【 0 0 9 6 】

一例では、挿入可能な器具 6 4 0 は針アセンブリとすることができる。針アセンブリは、ジャケット 6 4 7 と、針 6 4 5 と、針に接続された管状の細長いシャフト 6 4 9 とを含む。第 3 のロボットアーム 6 7 0 は針アセンブリを位置決めし、その位置決めを維持するように構成することができる。第 3 のロボットアーム 6 7 0 は、治療薬を制御および投与するための第 1 のグリップ部分 6 8 2 と、シャフト 6 4 9 およびジャケット 6 4 7 をそれぞれ固定することができる 2 つの追加のグリップ部分 6 8 4、8 8 6 とを含むことができる。いくつかの実施形態では第 1、第 2、および第 3 のグリップ部分 6 8 2、6 8 4、6 8 6 は上述のように同じロボットアーム上にあってもよく、または任意の組み合わせで異なるロボットアーム上にあってもよい。第 1 のグリップ部分 6 8 2 は例えば、注射器を制御し、かつ / または注射器のプランジャをロボット制御するための 1 つまたは複数のアクチュエータ 6 8 8 を含むことができる。第 3 のグリップ部分 6 8 6 は、ジャケット 6 4 7 の静止位置を維持することができる。第 2 のグリップ部分 6 8 4 は、シャフト 6 4 9 の近位端を近位方向および遠位方向に移動させて、針 6 4 5 をジャケット 6 4 7 の内外に移動させ、かつ / または組織部位のサンプリングを行うように構成することができる。

20

【 0 0 9 7 】

器具の他の例としては鉗子、ブラシ、メス、レーザー、オーガー、カメラ、およびプロブが挙げられるが、これらに限定されない。いくつかの実施形態では、挿入可能な器具 6 4 0 が手術中に器具の他の実施形態と置き換えて、単一の手順で複数の治療側面を実行することができる。別の例として、器具マニピュレータ 6 7 4 は、少なくとも 1 つのプルワイヤを使用して鉗子を作動させるためなど、本明細書で説明される駆動機構と同様の、少なくとも 1 つのプルワイヤを有する駆動機構を含むことができる。他の例では、器具マニピュレータが様々な医療手技を実行するために挿入可能な器具 6 4 0 を操作するための様々なモータ、圧力調整器、電気接続などを含むことができる。したがって、器具マニピュレータ 6 7 4 は、様々な器具タイプに対応するために様々な構成を有することができる。

30

【 0 0 9 8 】

図 7 は例えば、上述のロボットシステムと共に使用することができるコマンドセンタ 7 0 0 を示す。コマンドセンタ 7 0 0 は、コンソールベース 7 0 1、ディスプレイモジュール 7 0 2、例えばモニタ、および制御モジュール、例えばキーボード 7 0 3 およびジョイスティック 7 0 4 を含む。いくつかの実施形態では、コマンドセンタ 7 0 0 の機能のうちの 1 つまたは複数がロボットシステム上のコントローラ、またはロボットシステムに通信可能に結合された別のシステムに統合され得る。ユーザ 7 0 5、例えば医師は、コマンドセンタ 7 0 0 を使用して人間工学的な位置からロボットシステムを遠隔制御することができる。

40

【 0 0 9 9 】

コンソールベース 7 0 1 は中央処理ユニットと、記憶部と、データバスと、テンション感知システム、光学追跡システム、慣性追跡システム、電磁追跡システム、および生理学的追跡システムを含むがこれらに限定されない上述の追跡システムのいずれかからのデー

50

タなどの信号を解釈し、処理する役割を果たす関連データの通信ポートとを含むことができる。

【0100】

コンソールベース701は、制御モジュール703および704を介してユーザ705によって提供されるコマンドおよび命令を処理することもできる。図7に示すキーボード703およびジョイスティック704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、ハンドヘルドリモートコントローラなどのシステムコントローラ、およびハンドジェスチャおよび指ジェスチャをキャプチャするセンサ（例えば、モーションセンサまたはカメラ）を含むことができる。システムコントローラは器具の動作（例えば、関節動作、駆動、水洗浄等）にマッピングされた一組のユーザ入力（例えば、ボタン、ジョイスティック、方向パッド等）を含むことができる。

10

【0101】

ユーザ705は例えば、速度モードまたは位置制御モードでコマンドセンタ700を使用して、軟性の器具（例えば、シース120、リーダ130、シース620、またはリーダ630、本明細書ではリーダ130に関して説明するが）を制御することができる。速度モードでは、ユーザ705が制御モジュールを使用する直接的な手動制御に基づいて、リーダ130の遠位端132のピッチおよびヨー運動を直接的に制御する。例えば、ジョイスティック704上の移動は、リーダ130の遠位端132におけるヨーおよびピッチ移動にマッピングされ得る。ジョイスティック704は、ユーザ705に触覚フィードバックを提供することができる。例えば、ジョイスティック704は、リーダ130が特定の方向にそれ以上並進または回転できないことを示すように振動することができる。コマンドセンタ700はまた、リーダ130が最大並進または回転に達したことを示すために、視覚的フィードバック（例えば、ポップアップメッセージ）および/または音声フィードバック（例えば、ピープ音）を提供することができる。触覚フィードバックおよび/または視覚フィードバックはまた、以下により詳細に記載されるように、患者の呼気の間、安全モードで動作するシステムによって提供され得る。

20

【0102】

位置制御モードでは、コマンドセンタ700が患者管腔の3次元（3D）マップと、本明細書で説明するナビゲーションセンサからの入力とを使用して、手術器具、例えばリーダ130を制御することができる。コマンドセンタ600は制御信号をロボットシステム100のロボットアームに提供し、関節動作可能領域128の関節角116の制御などによって、遠位端122（または遠位端632）を目標位置118に操作する。

30

【0103】

いくつかの実施形態では、リーダ130のモデルが外科手術の状態を示すのを助けるために、3Dモデルと共に表示される。例えば、CTスキャンは、生検が必要となり得る解剖学的構造内の病変を識別する。動作中、ディスプレイモジュール702は、リーダ130の現在位置に対応する、リーダ130によって取り込ま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702は、ユーザ設定および特定の外科的処置に応じて、リーダ130のモデルの異なるビューを自動的に表示することができる。例えば、ディスプレイモジュール702は、リーダ130が患者の手術領域に接近する際のナビゲーションステップ中のリーダ130の頭上蛍光透視図を示す。

40

【0104】

（偏向補償技術の例）

本開示の1つまたは複数の側面によれば、図8は軟性の器具の遠位端の撓みを検出し、補償するための追跡補償プロセス800の実施形態のフローチャートを示す。プロセス800は例示目的のためにロボットシステム100を参照して説明されるが、プロセス800は他の適切なロボットシステム上で実施されてもよい。

【0105】

プロセス800は、ロボットシステム100の状態および/またはロボットシステム1

50

00への入力に基づいて開始することができる。例えば、プロセス800は第1の器具（例えば、リーダ130のワーキングチャンネル139内の挿入可能な器具140）の位置に基づいて、またはそれに応答して開始することができる。例えば、プロセス800はリーダ130の関節動作可能領域138への近接（例えば、約10cm以内）またはリーダ132の遠位端132など、ワーキングチャンネル139内の挿入可能な器具140の遠位端142の特定の位置に基づいて開始することができる。別の例では、システム100は、ユーザがコマンドセンサ700などのユーザインタフェースまたはユーザ入力デバイスを介してプロセス800を手動でトリガしていることを判定することができる。さらに別の例では、上述の追跡システムのうちの1つを使用して、リーダ130の遠位端132が目標位置118にナビゲートされたことをシステム100が認識すると、プロセス800を自動的に開始することができる。さらに別の例では、プロセス800がシステム100の制御可能要素のいずれかを移動または操作するためのさらなるユーザ入力またはコマンドがないことに応答して開始される。

10

【0106】

ブロック810において、システム100は第1の器具の初期位置を特定（例えば、検出または測定）することができる。第1の器具は、近位部分および遠位部分を備えるシャフトであって、関節動作可能領域および遠位端を備える遠位部分であって、シャフトが、シャフトを通して延在するワーキングチャンネルを備えるシャフトと、少なくとも1つのプルワイヤとを備えてもよい。ブロック810は軟性の器具の遠位端（例えば、リーダ130の遠位端132）の初期位置を特定することを含み得る。いくつかの実施側面では、初期位置を目標位置118に対応させてもよい。

20

【0107】

遠位端132の位置を監視するための上述の追跡システムのいずれも、遠位端132の初期位置を検出するために使用することができる。例えば、電磁追跡システム480は遠位端132の初期位置を示すセンサ484に関するデータをコントローラに中継することができ、および/または慣性追跡システムは、遠位端132の初期位置を示すセンサ460に関するデータを中継することができる。電気歪みゲージ554は、遠位端132の初期位置を示すプルワイヤ556の張力に基づいてデータを中継することができる。光学追跡システムのカメラ450は、遠位端132の初期位置を示す光学的位置決めに基づいてデータを中継することができる。

30

【0108】

ブロック820において、システム100は少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、第1の器具の作業チャンネルへの第2の器具の挿入に応答したシャフトの遠位端の位置変化（例えば、撓み）を検出することができる。例えば、ブロック820は少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、例えば、挿入可能な器具140をリーダ130のワーキングチャンネル139に挿入することに応答して、リーダ130の遠位端132の初期位置からの位置変化を検出することを含み得る。遠位端132の位置を監視するための上述の追跡システムのいずれかを使用して、遠位端132の撓みを検出することができる。コントローラは表面張力感知システム、光学追跡システム、慣性追跡システム、および/または電磁追跡システム480から、偏向を示すデータを受信することができる。例えば、電磁追跡システム480は遠位端132の位置の変化を示すセンサ484に関するデータをコントローラに中継することができ、慣性追跡システムは遠位端132の位置および/または偏向位置119の変化を示すセンサ460に関するデータをコントローラに中継することができ、光学追跡システムは遠位端132の位置の変化を示すデータをカメラ450からコントローラに中継することができ、および/または表面張力感知システム500は、関節動作可能領域138の関節角116の変化を示すデータを歪みセンサ554からコントローラに中継することができる。

40

【0109】

いくつかの例では、位置変更を測定することは遠位端132の撓み（例えば、関節角116の変更）とは異なる、および/またはそれを示さない、患者の生理学的移動（例えば

50

、呼吸パターン)をフィルタリングすることを含み得る。例えば、プロセス800におけるブロック820の前後において、物理的生理学的移動センサ490からのデータ信号をコントローラが受信することができる。したがって、システム100は患者の生理学的運動による遠位端132の検出された位置変化を考慮する(例えば、補償する)ことができる。

【0110】

ブロック830において、システム100は、シャフトの遠位端の検出された位置変化に基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成することができる。例えば、ブロック830は、遠位端132の位置変化を示す追跡システムからのデータに基づいて、少なくとも1つの制御信号を生成することを含んでもよい。生成された制御信号は、初期位置、検出された偏向の大きさ、指示および/または角度、および/または生理学的運動センサ490からの信号に少なくとも部分的に基づくことができる。

10

【0111】

制御信号は、遠位端132を初期位置に戻すための命令を含むことができる。いくつかの実施形態では、制御信号が遠位端132を目標位置118に戻すための命令を含むことができる。例えば、制御信号は偏向を補償し、それによって遠位端132を初期位置に戻すために、リーダ130のプルワイヤ556のうちの少なくとも1つの張力を調整するための駆動機構164に対する命令を含むことができる。代替的に、または追加的に、制御信号はリーダ130の遠位端132をその初期位置に戻すために、シース120のプルワイヤのうちの少なくとも1つの張力を調整するための駆動機構154のための指示を含むことができる。

20

【0112】

ブロック840において、システム100は少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整することができ、調整された張力は、シャフトの遠位端を初期位置に戻すことを容易にする。例えば、ブロック840は、少なくとも1つの制御信号に基づいて、リーダ130および/またはシース120の少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整することを含んでもよい。例えば、駆動機構164および/または駆動機構154は制御信号中の命令を実行し、(リーダ130および/またはシース120の)1つまたは複数のプルワイヤの張力を調整して、遠位端132を初期位置に戻し、それによって、挿入可能な器具140の挿入による遠位端132のあらゆる偏向を補償することができる。

30

【0113】

システム100は、いくつかの条件のいずれかに基づいてプロセス800を終了することができる。一例では、システム100がリーダ130の遠位端132が検出された位置変化の後に初期位置に戻ったことを検出すると、プロセス800を終了する。別の例では、システム100が例えばコマンドセンサ700を介して、利用者から最優先の入力制御信号を受信することに応答して、プロセス800を終了する。別の例では、システム100がユーザによる手動入力 of 検出に基づいてプロセス800を終了する。別の例では、プロセス800がリーダ130のワーキングチャネル139内での挿入可能な器具140の移動(例えば、後退)の位置および/または指示によって終了することができる。例えば、電磁追跡システム480によって検出された動きは、関節動作可能領域138および/またはワーキングチャネル139からの挿入可能な器具140の後退を示すことができる。

40

【0114】

あるいは、初期位置からの遠位端132の1つの偏向を検出した後、遠位端132の位置がシステム100によって追跡または監視され続けるにつれて、プロセス800を繰り返すことができる。遠位端132の偏向のその後の検出、制御信号の生成、およびリーダ130および/またはシース120のプルワイヤ556の張力の調整は、上記で説明したように継続することができる。

【0115】

別の実施側面では、上述のプロセス800がロボットシステム600を使用して、リー

50

ダ 6 3 0 の遠位端 6 3 2 の偏向を検出することによって実行することができる。ブロック 8 1 0 において、システム 6 0 0 は上述の追跡システムのいずれかを使用して、リーダ 6 3 0 の遠位端 6 3 2 の初期位置（例えば、目標位置 6 1 8）を検出することができる。ブロック 8 2 0 において、システム 6 0 0 は例えば、表面張力感知システムまたは電磁追跡システム 4 8 0、および/または本明細書で説明される任意の他の追跡システムを使用することによって、リーダ 6 3 0 の遠位端 6 3 2 の位置変化（例えば、撓み）を検出することができる。代替として、または追加として、上述の追跡システムのいずれかを使用して、シース 6 2 0 の遠位端 6 2 2 の偏向を検出することができ、これはまた、補償を必要とするリーダ 6 3 0 の遠位端 6 3 2 の偏向を示すことができる。

【0116】

10

ブロック 8 3 0 において、システム 6 0 0 は位置変化、検出された撓み、生理学的運動センサ 4 9 0、および/または撓みの大きさを示す追跡システムからのデータに基づいて、少なくとも 1 つの制御信号を生成することができる。制御信号は遠位端 6 3 2 を初期位置に戻すための命令（例えば、駆動機構 6 6 4 がリーダ 6 3 0 のプルワイヤ 5 5 6 の少なくとも 1 つの張力を調整するための命令）を含むことができる。代替的に、または追加的に、制御信号はリーダ 6 3 0 の遠位端 6 3 2 をその初期位置に戻すために、シース 6 2 0 のプルワイヤのうちの少なくとも 1 つの張力を調整するための駆動機構 6 5 4 のための指示を含むことができる。

【0117】

ブロック 8 4 0、駆動機構 6 6 4、および/または駆動機構 6 5 4 は制御信号内の命令を実行し、リーダ 6 3 0 の遠位端 6 3 2 を初期位置に戻すために、リーダ 6 3 0 および/またはシース 6 2 0 の 1 つまたは複数のプルワイヤの張力を調整することができる。

20

【0118】

本開示の 1 つまたは複数の側面によれば、図 9 は第 1 の器具の少なくとも 1 つのプルワイヤを制御することに基づいて、第 1 の器具、例えば、軟性の器具の撓みを補償するための例示的なプロセスのフローチャートを示す。プロセス 9 0 0 は例示目的のためにロボットシステム 1 0 0 を参照して説明されるが、プロセス 9 0 0 は他の適切なロボットシステム上で実施されてもよい。

【0119】

プロセス 9 0 0 は、システム 1 0 0 へのいくつかの条件または入力のいずれかに基づいて開始することができる。ブロック 9 1 0 において、システム 1 0 0 は第 1 の器具の作業チャンネル内への第 2 の器具の挿入を検出することができ、第 2 の器具は、近位端および遠位端を備えることができる。第 1 の器具は、近位部分および遠位部分を備えるシャフトであって、遠位部分が関節動作可能領域を備えるシャフトと、少なくとも 1 つのプルワイヤとを備えてもよい。この状態は挿入可能な器具 1 4 0 の関節動作可能領域 1 3 8 またはリーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 への近接（例えば、約 2 cm、5 cm、10 cm、または任意の他の適切な閾値距離以内）など、リーダ 1 3 0 のワーキングチャンネル 1 3 9 内の挿入可能な器具 1 4 0 の位置（例えば、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の特定の位置）に基づくことができる。さらに、または代替として、システム 1 0 0 は、ユーザがコマンドセンタ 7 0 0 などのユーザインタフェースを介してプロセス 9 0 0 の開始を手動でトリガしていることを特定することができる。一例では、プロセス 9 0 0 は、遠位端 1 3 2 が目標位置 1 1 8 にあることをシステム 1 0 0 が認識すると自動的に開始することができる（例えば、システム 1 0 0 がこの条件を自動的に検出することに基づいて、および/またはシステム 1 0 0 がこの条件を示すユーザ入力を受信することに基づいて）。さらに別の例では、プロセス 9 0 0 がシステム 1 0 0 の制御可能要素のいずれかを移動または操作するためのさらなるユーザ入力またはコマンドがないことに応答して開始される。

30

40

【0120】

一実施形態では、システム 1 0 0 がワーキングチャンネル 1 3 9 を通る挿入可能な器具 1 4 0 の前進を追跡することができる。例えば、電磁追跡システム 4 8 0 は、挿入可能な器具 1 4 0 のセンサ 4 8 2 に関するデータを、ワーキングチャンネル 1 3 9 内の遠位端 1 4 2

50

の位置を示すコントローラに中継することができる。ワーキングチャネル 1 3 0 との位置は、関節動作可能領域 1 3 8 および / またはリーダ 1 3 0 の遠位端 1 3 2 への近接および / または遠位端 1 4 2 の到達を含むことができる。

【 0 1 2 1 】

ブロック 9 2 0 において、システム 1 0 0 は、関節動作可能領域内の第 2 の器具の遠位端の位置を計算することができる。例えば、ブロック 9 2 0 は、電磁追跡システム 4 8 0 からのデータおよび / またはロボット制御データに基づいて、関節動作可能領域内の第 2 の器具の遠位端の位置を計算することを含み得る。

【 0 1 2 2 】

ブロック 9 3 0 において、システム 1 0 0 は、関節動作可能領域内の第 2 の器具の遠位端の計算された位置に基づいて、少なくとも 1 つの制御信号を生成することができる。他の実施形態では、少なくとも 1 つの制御信号が関節動作可能領域内の第 2 の器具の遠位端の計算された位置から生じる、第 1 の器具の予測された撓みに基づき得る。制御信号は遠位端 1 3 2 が目標位置 1 1 8 から偏向すること、またはそうでない場合は、予測された偏向に基づいて遠位端 1 3 2 を目標位置に戻すことを防止するための命令を含むことができる。例えば、制御信号は、駆動機構 1 6 4 がリーダ 1 3 0 のプルワイヤ 5 5 6 のうちの少なくとも 1 つの張力を調整して、相でない場合は起こり得るあらゆる撓みを防止または最小限に抑えるための命令を含むことができる。いくつかの実施形態では、制御信号は、駆動機構 1 5 4 (または両方の駆動機構 1 5 4、1 6 4) がプルワイヤのうちの少なくとも 1 つの張力を調整して遠位端 1 3 2 を目標位置 1 1 8 に維持するための命令を含むことができる。場合によっては、引っ張りワイヤの張力が増大した結果、リーダが圧縮することがあることを理解されたい。そのような場合、制御信号はまた、リーダを制御するロボットアームに、リーダが受ける圧縮に関連する指定された距離だけリーダを挿入させるように命令することができる。このように、リーダの長さに沿った挿入と圧縮との組み合わせは、リーダの遠位端が解剖学的構造 (例えば、目標位置 1 1 8) 内のその位置を維持するようなものである。

【 0 1 2 3 】

ブロック 9 4 0 において、システム 1 0 0 の駆動機構 5 0 0 は少なくとも 1 つの制御信号に基づいて、少なくとも 1 つのプルワイヤの張力を調整することができ、調整された張力は、シャフトの遠位部分の位置を維持することを容易にする。例えば、ブロック 9 4 0 は制御信号において命令を実行し、リーダ 1 3 0 のプルワイヤ 5 5 6 の張力を調整することを含むことができる。いくつかの実施形態では、制御信号に含まれる命令がワーキングチャネル 1 3 9 内の挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の特定可能な位置と協調して実行される。例えば、特定可能な位置は、挿入可能な器具 1 4 0 上の電磁センサデータを使用して計算することができる。上述のシステム 6 0 0 を使用するなど、本方法の他の実施形態では、ロボットアームの既知の位置およびそれらの互いに対する関係に基づいて、特定可能な位置を計算することができる。いくつかの実施側面では、制御信号の命令が挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 が関節動作可能領域 1 3 8 内などの特定の特定可能な位置に挿入される前に実行される。このようなプリエンプティブモデルまたはアプローチでは遠位端 1 3 2 が制御信号によって一時的に目標位置 1 1 8 から外れるように偏向され得るが、挿入可能な器具 1 4 0 が関節動作可能領域 1 3 8 または遠位端 1 3 2 などの第 2 の特定可能な位置に前進すると、遠位端 1 3 2 は目標位置 1 1 8 に戻る。別の実施形態では、制御信号の命令が挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 が遠位端 1 3 2 まで、または関節動作可能領域 1 3 8 を通って前進した後に実行することができる。このようなモデルまたはアプローチでは、遠位端 1 3 2 が一時的に偏向され、次いで、制御信号が完全に実行された後に、目標位置 1 1 8 に戻される。

【 0 1 2 4 】

プリエンプティブアプローチの別の例では、システム 1 0 0 が挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の特定可能な位置と協調して (例えば、実質的に同時に) 制御信号を実行することによって、目標位置からの遠位端 1 3 2 の偏向の範囲または大きさを最小化し、そ

10

20

30

40

50

れによって、遠位端 1 3 2 によって経験される偏向の量を最小化する。例えば、制御信号は、挿入可能な器具の遠位端 1 4 2 が関節動作可能領域 1 3 8 を通って前進するときに、1 つ以上のブルワイヤの張力を漸増させて調節するように実行され得る。

【 0 1 2 5 】

プロセス 9 0 0 の終了は、ユーザまたはコマンドセンタ 7 0 0 またはシステム 1 0 0 の別の構成要素からのオーバーライド入力制御信号によってトリガすることができる。一例では、プロセス 9 0 0 の終了は、システム 1 0 0 がユーザによる手動入力を受け取ることに伴って行うこともできる。別の例では、プロセス 9 0 0 の終了は、挿入可能な器具 1 4 0 がワーキングチャンネルから後退しているか、または関節動作可能領域 1 3 8 から後退しているという位置表示など、ワーキングチャンネル 1 3 9 内の挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の位置の自動検出によって行うことができる。

10

【 0 1 2 6 】

1 つ以上の側面に従って、関節動作可能領域 1 3 8 を通る挿入可能な器具 1 4 0 の挿入に起因する、目標位置 1 1 8 からの第 1 の器具（例えば、遠位端 1 3 2）の予測される偏向を計算する工程を包含するプロセスが提供される。計算された予測撓みは、例えば、ワーキングチャンネル 1 3 9 内の挿入可能な器具 1 4 0 の位置、リーダ 1 3 0 の関節動作可能な領域 1 3 8 に対する器具の位置、および / または関節動作可能な領域 1 3 8 の関節角 1 1 6 などの 1 つまたは複数の要因に基づくことができる。計算された予測撓みは、例えば、長さ、直径、重量、弾性、および / または曲げ剛性などの、リーダ 1 3 0 および / または挿入可能な器具 1 4 0（その引っ張りワイヤを含む）の物理的特性に基づくこともできる。

20

【 0 1 2 7 】

いくつかの実施形態では、システム 1 0 0 が挿入可能な器具 1 4 0 を認識することによって、および / またはそれを挿入可能な器具 1 4 0 の既知の物理的特性と関連させることによって、予測される撓みを計算する。例えば、挿入可能な器具 1 4 0 はその特定の器具に関する情報（例えば、物理的特性）を含むことができる R F I D タグなどのそのタグに基づいて識別することができる。挿入可能な器具 1 4 0 は例えば、挿入可能な器具 1 4 0 の特定の部分の器具直径、長さ、重量、および / または曲げ剛性など、器具の一組の物理的特性に関連させることができる。この情報は、予測される偏向を計算する際にシステム 1 0 0 によって考慮に入れることができる。いくつかの実施形態では、挿入可能な器具 1 4 0 の遠位端 1 4 2 の位置が電磁追跡システム 4 8 0 と共に使用される電磁センサデータに基づいて補償を計算する際に考慮される。

30

【 0 1 2 8 】

いくつかの実施形態では、予測された撓みは上述の因子および物理的特性、ならびにリーダ 1 3 0 および / または挿入可能な器具 1 4 0 の予測、数学的モデルを使用して、システム 1 0 0 と通信可能に結合されたコントローラまたは計算装置によって計算され得る。他の実施形態では、予測された偏向が既知であり / メモリに記憶され、またはデータベースで検索される。このような実施形態では、システム 1 0 0 に関する情報（例えば、リーダ 1 3 0 または挿入可能な器具 1 4 0 の物理的特性、関節角 1 1 6、1 つまたは複数のブルワイヤ 5 5 4 の表面張力、またはシステム 1 0 0 の他の特性）に基づいて、適切な制御信号および / または予測される撓みを、対応するデータベースで参照することができる。例えば、関節動作可能領域 1 3 8 の既知の関節角 1 1 6、既知のリーダ 1 3 0、および既知の挿入可能な器具 1 4 0 を仮定すると、予測される撓みは、これらの変数を関連させるデータベースで参照することができる。

40

【 0 1 2 9 】

あるいは、遠位端 1 3 2 の 1 つの予測される偏向を計算した後、挿入可能な器具 1 4 0 の位置がシステム 1 0 0 によって追跡または監視され続けるので、上記のプロセス 9 0 0 を繰り返すことができる。遠位端 1 3 2 の撓みを予測する後続の計算は、プロセス 9 0 0 の終わりまで、上記で説明したように処理することができる。

【 0 1 3 0 】

50

別の実施側面では、上述のプロセス 900 がロボットシステム 600 を使用して、リーダ 630 の遠位端 632 の偏向を予測することによって実行することができる。ブロック 910 において、システム 600 は、システム 600 の位置、モデル、センサ、および/または制御に基づいて、ワーキングチャネル 639 内の挿入可能な器具 640 の位置を追跡する。例えば、システム 600 はロボットアーム 650、660、および/または 670 のロボット挿入データに基づいて、挿入可能な器具 640 の位置を追跡することができ、ロボットアーム 650、660、および/または 670 は、それぞれ、シース 620、リーダ 630、および/または挿入可能な器具 640 を案内および支持する。このロボットシステム挿入データは例えば、遠位端 642 がワーキングチャネル 639 を通って前進するときに、例えば、リーダ 630 の関節動作可能領域 638 および/または遠位端 632 に対する挿入可能な器具 640 の遠位端 642 の位置および向きを示すデータを含むことができる。

10

【0131】

ブロック 920 において、システム 600 は、第 1 の器具またはその部品の姿勢に少なくとも部分的に基づいて、目標位置 618 からのリーダ 630 の遠位端 632 の予測位置変更または偏向を計算することができる。例えば、システム 600 はリーダ 630 および/またはシース 620 の位置および向き（例えば、関節角 616 および/またはプルワイヤ 556 の表面張力）に基づいて、予測される位置変化を計算することができる。別の例ではシステム 600 がリーダ 630 および/または挿入可能な器具 640 の物理的特性（例えば、挿入可能な器具 640 の曲げ剛性および/またはリーダ 630 の関節動作可能領域 638 の曲げ剛性）などの、システムの物理的特性のうちの 1 つまたは複数に基づいて、予測された位置変化を計算する（またはデータベースで検索する）ことができ、いくつかの例ではリーダ 630 および/または挿入可能な器具 640 上の RFID タグなどにコード化することができる（例えば、システム 600 の RFID リーダまたはスキャナによって読み取られる）。

20

【0132】

ブロック 930 において、システム 600 は、予測された偏向に基づいて制御信号を生成することができる。制御信号は、遠位端 632 を目標位置 618 に戻すための命令を含むことができる。いくつかの実施形態では、制御信号が駆動機構 654（または駆動機構 654 および 664 の両方）がプルワイヤ 556 のうちの少なくとも 1 つの張力を調整して、予測される撓みを補償し、それによって遠位端 632 を目標位置 618 に戻すための命令を含むことができる。

30

【0133】

ブロック 940 において、システム 600 の駆動機構 500 は制御信号内の命令を実行し、1 つまたは複数のプルワイヤ 556 の張力を調整することができる。いくつかの実施形態では、制御信号に含まれる命令がワーキングチャネル 639 内の挿入可能な器具 640 の遠位端 642 の特定可能な位置と協調して実行される。例えば、制御信号は遠位端 642 が特定可能な位置に前進する前に実行されてもよく、制御信号は遠位端 642 が特定可能な位置に前進した後に実行されてもよく、または制御信号はリーダ 630 のワーキングチャネル 639 を通る遠位端 642 の前進と同時に（例えば、漸増的に）実行されてもよい。

40

【0134】

（追加の実装）

1 つまたは複数の側面によれば、（1）近位部分および遠位部分を含み、遠位部分が関節動作可能領域を含み、シャフトが、シャフトを通して延在するワーキングチャネルを含む、シャフトと、（2）少なくとも 1 つのプルワイヤとを備える、第 1 の器具を備える、ロボットシステムが提供される。ロボットシステムは、ワーキングチャネル内への第 2 の器具の挿入に応じて、ワーキングチャネル内の第 2 の器具の遠位端の位置を検出するように構成された少なくとも 1 つのセンサをさらに備えることができる。ロボットシステムは実行可能な命令が記憶された少なくとも 1 つのコンピュータ可読メモリと、少なくとも 1

50

つのコンピュータ可読メモリと通信し、システムに、少なくとも1つのセンサからのデータ信号に基づいて、ワーキングチャネル内の第2の器具の遠位端の位置を少なくとも計算させ、計算された位置に基づいて少なくとも1つの制御信号を生成させる命令を実行させるように構成された1つまたは複数のプロセッサとをさらに備えることができる。ロボットシステムはシャフトの近位部分において少なくとも1つのプルワイヤに接続された駆動機構をさらに備えることができ、駆動機構は少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を使用するように構成され、調整された張力によってシャフトの遠位部分の位置を維持しやすくなる。

【0135】

関連する側面では、駆動機構が第2の器具の遠位端が関節動作可能領域に対して特定可能な位置まで前進するとき、第2の器具の遠位端が特定可能な位置まで前進する前、および/または第2の器具の遠位端が特定可能な位置まで前進した後に、少なくとも1つのプルワイヤの張力を使用するように構成されてもよい。

10

【0136】

さらなる関連する側面では、1つまたは複数のプロセッサが命令を実行して、システムに、第2の器具上の識別子を検出させ、検出された識別子にさらに基づいて少なくとも1つの制御信号を生成させるように構成することができる。

【0137】

さらに関連する側面では、1つまたは複数のプロセッサが検出された識別子に基づいて第2の器具の少なくとも1つの物理的特性をシステムに特定させるための命令を実行するように構成され、第2の器具の少なくとも1つの物理的特性は曲げ剛性値を含み、1つまたは複数のプロセッサはシステムに、曲げ剛性値にさらに基づいて少なくとも1つの制御信号を生成させるための命令を実行するように構成される。

20

【0138】

さらに関連する側面では、1つまたは複数のプロセッサがシステムに、シャフトの関節動作可能領域の関節角を特定させ、関節角にさらに基づいて少なくとも1つの制御信号を生成させる命令を実行するように構成される。

【0139】

さらに関連する側面では、1つまたは複数のプロセッサが第2の器具のRFIDタグを読み取ることに基づいて、システムに識別子を検出させるための命令を実行するように構成される。

30

【0140】

関連する側面では、ロボットシステムが電磁場発生器をさらに備えることができ、少なくとも1つのセンサは第2の器具の遠位端に1つのセットの1つまたは複数の電磁センサを備え、1つまたは複数のプロセッサはシステムに、当該セットの電磁センサからのデータに基づいて電磁場内の当該セットの電磁センサの位置を計算させ、当該セットの電磁センサの計算された位置にさらに基づいてワーキングチャネル内の第2の器具の遠位端の位置を計算させる命令を実行させるように構成される。

【0141】

1つまたは複数の側面によれば、第1の器具の少なくとも1つのプルワイヤを制御する方法であって、第1の器具の作業チャネル内への第2の器具の挿入を検出するステップであって、第2の器具が近位端および遠位端を含み、第1の器具が近位部分および遠位部分を含み、遠位部分が関節動作可能領域を含み、少なくとも1つのプルワイヤを含む、ステップと、関節動作可能領域内の第2の器具の遠位端の位置を計算するステップと、計算された位置に基づいて少なくとも1つの制御信号を生成するステップと、少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整するステップとを含み、調整された張力は、シャフトの遠位部分の位置を維持することを容易にする、方法が提供される。

40

【0142】

関連する側面では、上記方法は、第2の器具の遠位端が関節動作可能領域に対して特定

50

可能な位置まで前進するとき、第2の器具の遠位端が特定可能な位置まで前進する前、および/または第2の器具の遠位端が特定可能な位置まで前進した後に、少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整することをさらに含むことができる。

【0143】

さらなる関連する側面では、上記方法は、第2の器具上の識別子を検出することと、検出された識別子にさらに基づいて少なくとも1つの制御信号を生成することとをさらに備えることができる。

【0144】

さらに関連する側面では、上記方法は、検出された識別子に基づいて第2の器具の少なくとも1つの物理的特性を特定することをさらに含むことができ、少なくとも1つの制御信号は少なくとも1つの物理的特性にさらに基づいて生成される。少なくとも1つの物理的特性は、第2の器具の曲げ剛性の値を含むことができる。識別子の検出は、第2の器具のRFIDタグを読み取ることを含むことができる。

10

【0145】

さらに関連する側面では、関節動作可能領域内の第2の器具の遠位端の計算された位置が第1の器具の遠位端上の少なくとも1つの電磁センサデータに基づくことができる。

【0146】

1つまたは複数の側面によれば、実行されると、少なくとも1つのプルワイヤおよび関節動作可能領域を備える第1の器具に対して、少なくとも1つの計算装置に、少なくとも1つのプルワイヤおよび関節動作可能領域を備える少なくとも1つの計算装置に、第1の器具の作業チャンネルへの第2の器具の挿入を検出させる、関節動作可能領域内の第2の器具の遠位端の位置を計算させる、計算された位置に基づいて少なくとも1つの制御信号を生成する、および少なくとも1つの制御信号に基づいて少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整させる命令を格納した非一時的コンピュータ可読記憶媒体が提供され、調整された張力は、第1の器具の遠位部分の位置を維持することを容易にする。

20

【0147】

関連する側面では、少なくとも1つの計算装置に張力を調整させる命令が少なくとも1つの計算装置に、第2の器具の遠位端が関節動作可能領域に対して特定可能な位置に前進するときに、少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整させることができる。

【0148】

さらなる関連する側面では、少なくとも1つの計算装置に張力を調整させる命令が第2の器具の遠位端が特定可能な位置に前進する前に、少なくとも1つの計算装置に、少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整させることができる。

30

【0149】

さらに関連する側面では、少なくとも1つの計算装置に張力を調整させる命令が第2の器具の遠位端が特定可能な位置に前進した後に、少なくとも1つの計算装置に、少なくとも1つのプルワイヤの張力を調整させることができる。

【0150】

さらに関連する側面では、少なくとも1つの計算装置に張力を調整させる命令が少なくとも1つの計算装置に、第2の器具上の識別子を検出させ、検出された識別子にさらに基づいて少なくとも1つの制御信号を生成させることができる。

40

【0151】

さらに関連する側面では、少なくとも1つの計算装置に張力を調整させる命令が少なくとも1つの計算装置に、検出された識別子に基づいて第2の器具の少なくとも1つの物理的特性を特定させることができ、少なくとも1つの制御信号は少なくとも1つの物理的特性にさらに基づいて生成される。少なくとも1つの物理的特性は、第2の器具の曲げ剛性値を含むことができる。

【0152】

(システムの実装および用語)

本明細書で開示される実施形態は、管腔の改善されたナビゲーションのためのシステム

50

、方法、および装置を提供する。

【0153】

本明細書で使用される用語「結合する」、「結合する」、「結合される」、または単語「結合される」の他の変更は間接接続または直接接続のいずれかを示すことができ、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るか、または第2の構成要素に直接接続されることができることに留意されたい。

【0154】

本明細書で説明される自動補償機能は、プロセッサ可読媒体またはコンピュータ可読媒体上に1つまたは複数の命令として格納することができる。用語「コンピュータ可読媒体」は、コンピュータまたはプロセッサによってアクセスされ得る任意の利用可能な媒体を指す。限定ではなく例として、そのような媒体は、RAM(ランダムアクセスメモリ)、ROM(リードオンリメモリ)、EEPROM(電氣的消去可能プログラマブルリードオンリメモリ)、フラッシュメモリ、CD-ROM(コンパクトディスクリードオンリ)または他の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージまたは他の磁気ストレージデバイス、あるいは命令またはデータ構造の様式で所望のプログラムコードを格納するために使用され得、コンピュータによってアクセスされ得る任意の他の媒体を備えることができる。コンピュータ可読媒体は、有形かつ非一時的であり得ることに留意されたい。本明細書で使用されるように、用語「コード」は、計算装置またはプロセッサによって実行可能なソフトウェア、命令、コード、またはデータを指すことができる。

【0155】

本明細書で開示される方法は、説明される方法を達成するための1つまたは複数のステップまたはアクションを備える。方法のステップおよび/またはアクションは、代替形態の範囲から逸脱することなく、互いに交換することができる。言い換えれば、ステップまたはアクションの特定の命令が説明されている方法の適切な動作のために必要とされない限り、特定のステップおよび/またはアクションの命令および/または使用は、代替の範囲から逸脱することなく修正され得る。

【0156】

本明細書で使用される場合、用語「複数」は2つ以上を意味する。例えば、複数の構成要素は2つ以上の構成要素を示す。用語「特定すること」が多種多様なアクションを包含し、したがって、「特定すること」は計算すること、計算すること、処理すること、導出すること、調査すること、参照すること(例えば、表、データベース、または別のデータ構造を参照すること)、確認することなどを含むことができ、「特定すること」は受信すること(例えば、情報を受信すること)、アクセスすること(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、「特定すること」は、解決すること、選択すること、選ぶこと、確立することなどを含むことができる。

【0157】

「に基づく」という語句は特に断らない限り、「のみに基づく」という意味ではない。言い換えれば、「に基づく」という語句は、「のみに基づく」および「少なくともに基づく」の両方を表す。

【0158】

開示された実施形態の上記の説明は、当業者が本開示を実現または使用することを可能にするために提供される。これらの実装に対する様々な修正は当業者には容易に明らかであり、本明細書で定義される一般的な原理は、本開示の範囲から逸脱することなく、他の実装に適用することができる。例えば、当業者は、工具構成要素を固定、取り付け、連結、または係合する等価な方法、特定の作動運動を生成するための等価な機構、および電気エネルギーを送達するための等価な機構などの、いくつかの対応する代替的および等価な構造的詳細を採用することができることが理解されるのであろう。したがって、本開示は、本明細書に示される実装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理および新規な特徴と一致する最も広い範囲を与えられるべきである。

【図面】
【図 1】

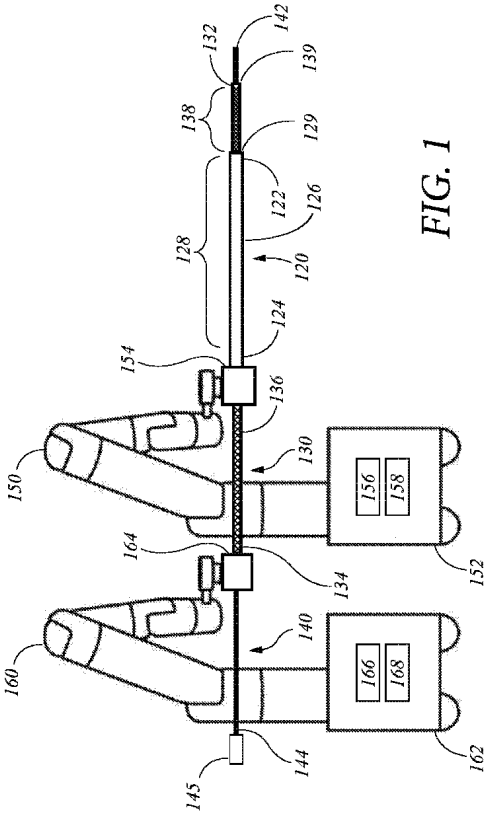


FIG. 1

【図 2 A】

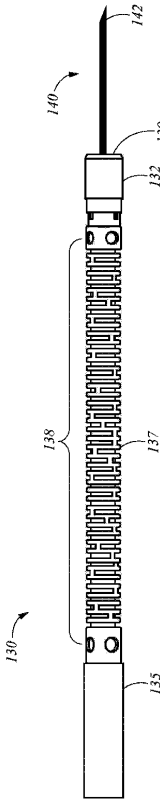


FIG. 2A

【図 2 B】

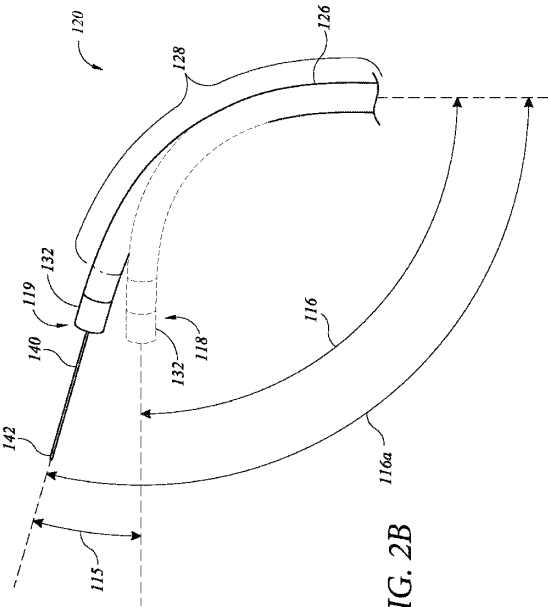


FIG. 2B

【図 3】

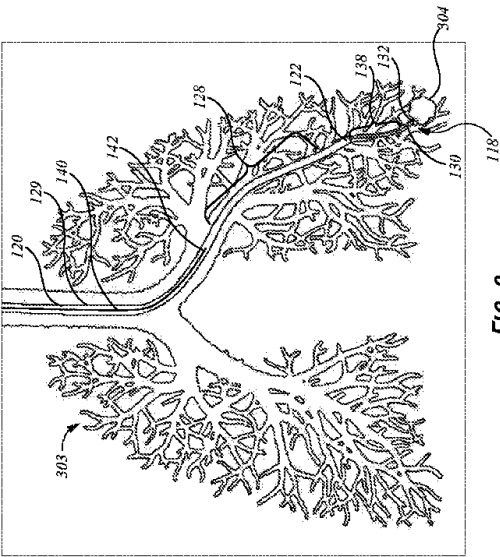


FIG. 3

10

20

30

40

50

【 図 4 A 】

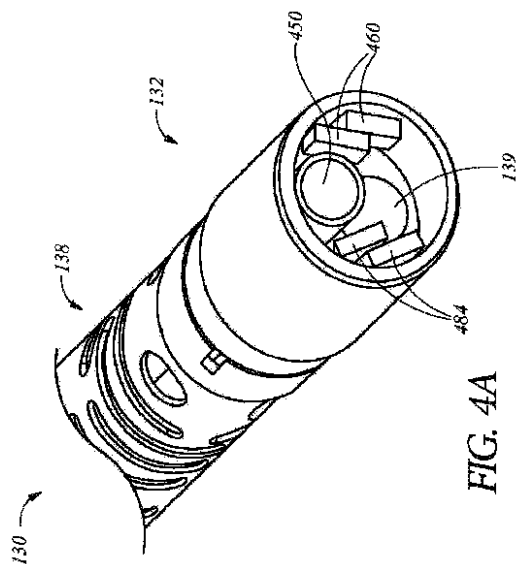


FIG. 4A

【 図 4 B 】

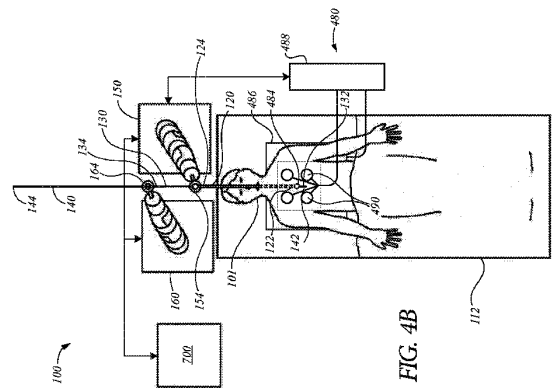


FIG. 4B

【 図 4 C 】

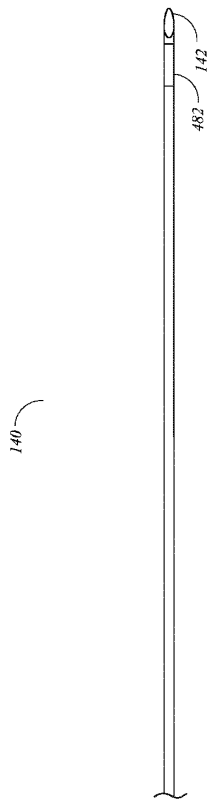


FIG. 4C

【 図 5 】

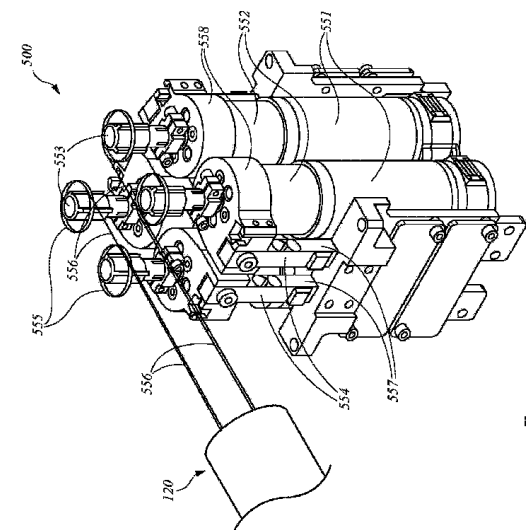


FIG. 5

10

20

30

40

50

【図 6 A】

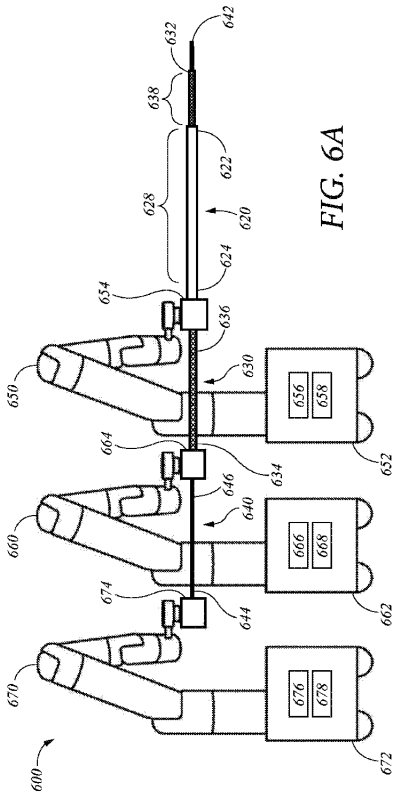


FIG. 6A

【図 6 B】

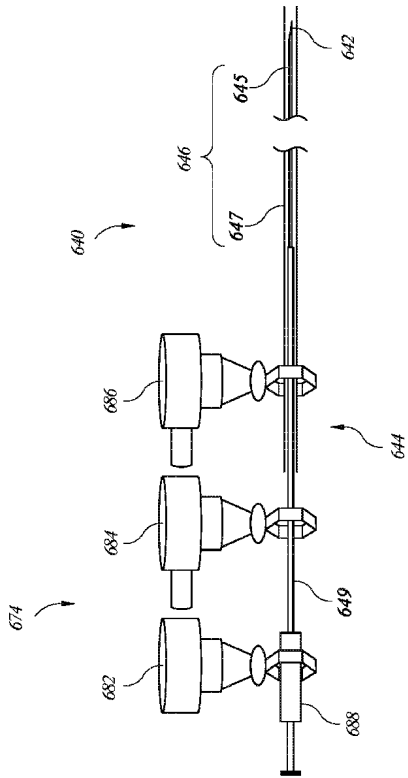


FIG. 6B

【図 7】

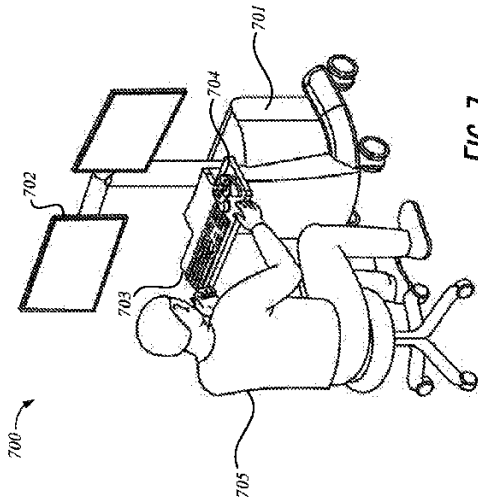
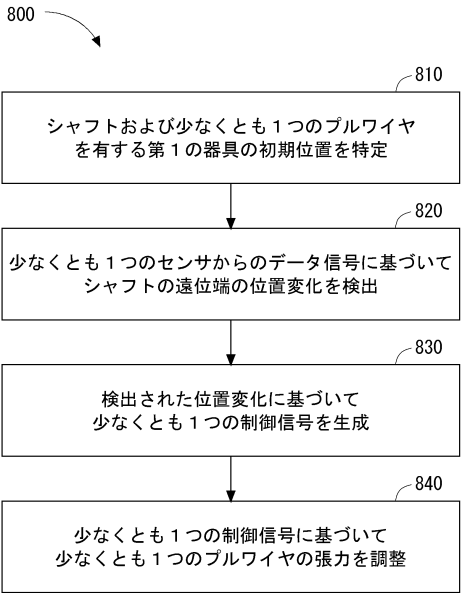


FIG. 7

【図 8】



10

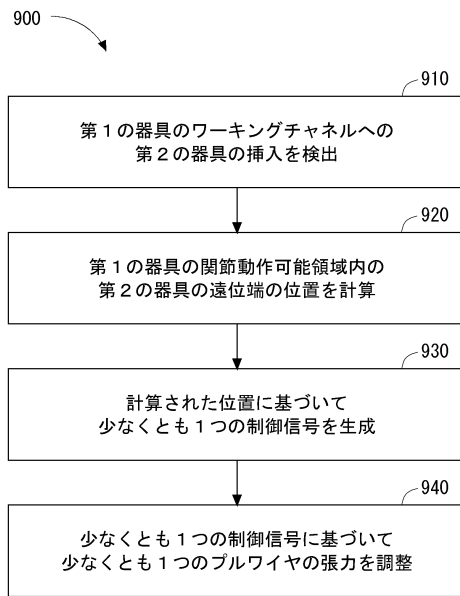
20

30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

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

(72)発明者 グレイツェル, シャウンシー エフ.

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

審査官 鈴木 敏史

(56)参考文献 特表 2 0 1 4 - 5 3 3 9 9 6 (J P , A)

特表 2 0 1 7 - 5 0 2 7 0 9 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 7 / 0 4 8 1 9 4 (W O , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 2 6 5 3 6 8 (U S , A 1)

特表 2 0 1 5 - 5 1 9 1 3 1 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 7 / 0 4 9 1 6 3 (W O , A 1)

特開平 0 8 - 0 7 1 0 7 2 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

A 6 1 B 3 4 / 3 5