

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6835850号
(P6835850)

(45) 発行日 令和3年2月24日(2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月8日(2021.2.8)

(51) Int.Cl.

A 61 B 34/32 (2016.01)

F 1

A 61 B 34/32

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2018-533728 (P2018-533728)
 (86) (22) 出願日 平成28年12月28日 (2016.12.28)
 (65) 公表番号 特表2019-503766 (P2019-503766A)
 (43) 公表日 平成31年2月14日 (2019.2.14)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2016/082760
 (87) 國際公開番号 WO2017/114855
 (87) 國際公開日 平成29年7月6日 (2017.7.6)
 審査請求日 令和1年12月27日 (2019.12.27)
 (31) 優先権主張番号 62/272,470
 (32) 優先日 平成27年12月29日 (2015.12.29)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 590000248
コーニンクレッカ フィリップス エヌ
ヴェ
KONINKLIJKE PHILIPS
N. V.
オランダ国 5656 アーヘー アイン
ドーフェン ハイテック キャンパス 5
2
(74) 代理人 110001690
特許業務法人M&Sパートナーズ
(72) 発明者 ポポヴィッチ アレクサンドラ
オランダ国 5656 アーヘー アイン
ドーフェン ハイ テック キャンパス
5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】手術ロボットの制御のためのシステム、制御ユニット、及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

柔軟性手術デバイスと、
 前記柔軟性手術デバイスの導入を容易にする手持ち式イントロデューサと、
 前記柔軟性手術デバイスの1つ又は複数の画像を取り込む画像取得デバイスであって、
 前記画像は前記柔軟性手術デバイスの形状、姿勢及び位置のうちの少なくとも1つを示す
 、画像取得デバイスと、
 前記手持ち式イントロデューサ上の少なくとも1つのポイントの位置を追跡する追跡シ
 ステムと、
 前記柔軟性手術デバイスの前記画像及び前記手持ち式イントロデューサの前記少なくとも1つのポイントの前記位置に関する情報に基づいて、前記柔軟性手術デバイスを制御する誘導コマンドを生成するプロセッサと、
 を備える、手術ロボットシステム。

【請求項 2】

前記柔軟性手術デバイスは、(i) 2 リンケージ 1 ジョイントデバイス、(ii) 蛇状
 ロボット、(iii) 操縦可能カテーテルのうちの少なくとも1つを備える、請求項1に記載の手術ロボットシステム。

【請求項 3】

前記柔軟性手術デバイスは、遠位端部に結合されたエンドエフェクタを備える、請求項1に記載の手術ロボットシステム。

【請求項 4】

前記プロセッサは更に、ターゲット地点又はその近傍へと前記エンドエフェクタを移動させ、位置決めする誘導コマンドを生成する、請求項3に記載の手術ロボットシステム。

【請求項 5】

位置補償モードにおいて、前記プロセッサは、前記手持ち式イントロデューサの1つ又は複数の動きによって引き起こされる手術バスからの前記エンドエフェクタの逸脱を補正する誘導コマンドを生成する、請求項4に記載の手術ロボットシステム。

【請求項 6】

前記画像取得デバイスは、X線デバイス、コンピュータ断層撮影(CT)デバイス、超音波センサ(US)、及び内視鏡のうちの少なくとも1つを備える、請求項1に記載の手術ロボットシステム。10

【請求項 7】

前記追跡システムは、光学的追跡システム、機械的追跡システム、及び電磁的追跡システムのうちの少なくとも1つを備える、請求項1に記載の手術ロボットシステム。

【請求項 8】

前記プロセッサは更に、前記手持ち式イントロデューサの変化した位置又は向きに基づいてコマンドを生成する、請求項1に記載の手術ロボットシステム。

【請求項 9】

前記画像を表示するディスプレイを更に備える、請求項1に記載の手術ロボットシステム。20

【請求項 10】

柔軟性手術デバイスと、前記柔軟性手術デバイスの導入を容易にする手持ち式イントロデューサとを備える手術ロボットシステムのための制御ユニットであって、前記制御ユニットは、プロセッサを備え、

前記プロセッサは、

前記柔軟性手術デバイスの形状、姿勢及び位置のうちの少なくとも1つを示す前記柔軟性手術デバイスの1つ又は複数の画像を、画像取得デバイスから受信し、

追跡システムから、前記手持ち式イントロデューサ上の少なくとも1つのポイントの位置を示す追跡情報を受信し、

前記柔軟性手術デバイスの前記画像及び前記手持ち式イントロデューサの前記少なくとも1つのポイントの前記位置に関する情報に基づいて、前記柔軟性手術デバイスを制御する誘導コマンドを生成する、制御ユニット。30

【請求項 11】

前記柔軟性手術デバイスは、エンドエフェクタを備え、前記プロセッサは更に、ターゲット地点又はその近傍へと前記エンドエフェクタを移動させ位置決めする誘導コマンドを生成し、

位置補償モードにおいて、前記プロセッサは、前記手持ち式イントロデューサの1つ又は複数の動きによって引き起こされる手術バスからの前記エンドエフェクタの逸脱を補正する誘導コマンドを生成する、請求項10に記載の制御ユニット。

【請求項 12】

前記プロセッサは更に、

ユーザによる手術部位における解剖学的ターゲットの選択のためにユーザインターフェースから選択入力を受信し、

位置誘導モードにおいて、前記選択入に基づいて、前記柔軟性手術デバイスが前記手術部位における選択された前記解剖学的ターゲットに到達するように前記手術ロボットシステムの前記手持ち式イントロデューサを位置決めするための誘導コマンドを生成する、請求項10に記載の制御ユニット。

【請求項 13】

前記プロセッサは更に、前記ユーザインターフェースから作動信号を受信し、前記作動信号に基づいて、前記位置誘導モードの完了後に位置補償モードを作動させる、請求項501

2に記載の制御ユニット。

【請求項 14】

前記プロセッサは更に、X線デバイス、コンピュータ断層撮影(CT)デバイス、超音波センサ(US)、及び内視鏡のうちの少なくとも1つを備える医療画像デバイスからの手術部位における前記柔軟性手術デバイスの医療画像を処理する、請求項10に記載の制御ユニット。

【請求項 15】

プロセッサによって実行されて柔軟性手術デバイスと手術部位における前記柔軟性手術デバイスの導入を容易にする手持ち式イントロデューサとを制御する機械可読命令を記憶した非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、前記機械可読命令は前記手持ち式イントロデューサの運動を補償する方法を実施し、前記方法は、

前記柔軟性手術デバイスの形状、姿勢及び位置のうちの少なくとも1つを示す前記柔軟性手術デバイスの1つ又は複数の画像を、画像取得デバイスから受信することと、

追跡システムから、前記手持ち式イントロデューサ上の少なくとも1つのポイントの位置を示す追跡情報を受信することと、

前記柔軟性手術デバイスの前記画像及び前記手持ち式イントロデューサの前記少なくとも1つのポイントの前記位置に関する情報に基づいて、前記柔軟性手術デバイスを制御する誘導コマンドを生成することと、

を有する、非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

[0001] 操縦可能デバイスは、しばしば、最小侵襲手術において患者の体内での外科医の巧みさを増すために使用される。知られている操縦可能デバイスの1つは、複数のジョイント及び腱を遠位端部に、駆動システムを近位端部に含む。デバイスは、ロボット式ポジショナを使用して位置決めされ得る。

【0002】

[0002] 手術において使用される別のタイプの操縦可能デバイスは、屈折する先端部を有する内視鏡又はロボット式内視鏡などの手術画像取得デバイスである。このような内視鏡は、臨床医が、患者の体内の解剖学的構造を直接的に見るために外科的に晒す必要なく、これらの解剖学的構造を見ることを可能にする、薄く、細長いカメラアセンブリである。内視鏡は、狭い天然の開口又は皮膚における小さな切開口を通じて取り付けられ得、結果として、内視鏡の支援のない状態での可視化及び介入に比べて、患者への外傷が少なくなる。

【背景技術】

【0003】

[0003] 知られている器用デバイス(dexterous device)の制御は、特にデバイスが手持ち式イントロデューサと接続して使用されるとき、困難なものである。手持ち式イントロデューサは、患者の体内で柔軟性デバイスを設置、配向、位置決め、及び導入するために使用され得る。柔軟性デバイスを手持ち式イントロデューサと連動して使用するとき、ユーザは、通常は身体への進入ポイントの周りで回転する手持ち式イントロデューサの運動を身体内での柔軟性デバイスの複雑で巧みな運動と組み合わせなければならない。この問題への1つのアプローチは、器用デバイスのロボット式位置決めである。しかしながら、これは、手術室におけるシステムの設置面積を増し、コスト及び手術時間を増大させる。加えて、器用デバイスによる位置が決められた後、手の震え及び手の不随意の運動が位置合わせ不良を引き起こすこともある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

[0004] それ故、位置合わせ不良を補正するために医療画像と追跡情報との組み合わせ

50

を使用して手持ち式イントロデューサを監視する柔軟性手術デバイスの制御のための装置、システム、方法、及びコンピュータ可読記憶媒体を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

[0005] 代表的な実施形態によると、手術ロボットシステムは、柔軟性手術デバイスと、柔軟性手術デバイスの導入を容易にするように構成された手持ち式イントロデューサと、柔軟性手術デバイス及び／又は患者の解剖学的構造の1つ又は複数の画像を取り込むように構成された撮像デバイスと、を備える。撮像デバイスからの画像は柔軟性手術デバイスの形状、姿勢及び位置のうちの少なくとも1つを示す。手術ロボットシステムは、手持ち式イントロデューサ上の少なくとも1つのポイントの位置を追跡するように構成された追跡システムと、柔軟性手術デバイスの画像及び手持ち式イントロデューサの少なくとも1つのポイントの位置に関する情報に基づいて、柔軟性手術デバイスを制御する誘導コマンドを生成するように構成されたプロセッサと、を更に備える。10

【0006】

[0006] 別の代表的実施形態によると、手術ロボットシステムのための制御ユニットは、柔軟性手術デバイスと、柔軟性手術デバイスの導入を容易にするように構成された手持ち式イントロデューサとを備える。制御ユニットは、プロセッサを更に備え、プロセッサは、柔軟性手術デバイスの形状、姿勢及び位置のうちの少なくとも1つを示す柔軟性手術デバイスの1つ又は複数の画像を、撮像デバイスから受信し、追跡システムから、手持ち式イントロデューサ上の少なくとも1つのポイントの位置を示す追跡情報を受信し、柔軟性手術デバイスの画像及び手持ち式イントロデューサの少なくとも1つのポイントの位置に関する情報に基づいて、柔軟性手術デバイスを制御する誘導コマンドを生成するように構成される。20

【0007】

[0007] 別の代表的実施形態によると、非一時的コンピュータ可読記憶媒体は、プロセッサによって実行されて柔軟性手術デバイスと手術部位における柔軟性手術デバイスの導入を容易にするように構成された手持ち式イントロデューサとを制御するように構成された機械可読命令を記憶する。機械可読命令は剛性部分の運動を補償する方法を実施するように構成される。方法は、撮像デバイスから、柔軟性手術デバイスの1つ又は複数の画像を受信することを有する。画像は柔軟性手術デバイスの形状、姿勢及び位置のうちの少なくとも1つを示す。方法は、追跡システムから、手持ち式イントロデューサ上の少なくとも1つのポイントの位置を示す追跡情報を受信することと、柔軟性手術デバイスの画像及び手持ち式イントロデューサの少なくとも1つのポイントの位置に関する情報に基づいて、柔軟性手術デバイスを制御する誘導コマンドを生成することと、を更に有する。30

【0008】

[0008] 代表的な実施形態は、添付の図面とともに読まれるときに、以下の詳細な説明から最もよく理解される。様々な特徴は必ずしも縮尺通りに描かれていないことが強調される。実際のところ、寸法は、議論の明確化のために、任意に増加又は減少され得る。適用可能で、実用的な場合には、類似の参照番号は類似の要素を指す。

【図面の簡単な説明】40

【0009】

【図1A】[0009] 代表的な実施形態の特徴に従った、手術ロボットシステムを示す概略的なブロック図である。

【図1B】[0010] 代表的な実施形態に従った、手術ロボットの柔軟性手術デバイスの斜視図である。

【図2】[0011] 図1Aのシステムの手術ロボットの詳細を示す概略的な図である。

【図3】[0012] 図1Aのシステムの手術ロボットの補償モードを示す概略的な図である。

。

【図4A】[0013] 図1Aのシステムの手術ロボットの誘導モードを示す概略的な図である。50

【図4B】[0013] 図1Aのシステムの手術ロボットの誘導モードを示す概略的な図である。

【図5】[0014] 代表的な実施形態の特徴に従った、手術ロボットを制御する方法における様々なステップ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】

【0010】

[0015] 以下の詳細な説明において、限定のためではなく説明のために、特定の詳細を開示する代表的な実施形態が、本教示の完全な理解を提供するために説明される。しかしながら、本明細書において開示される特定の詳細から逸脱するような本教示による他の実施形態も依然として添付の特許請求の範囲内にあることは、本開示の利益を享受した当業者には明らかであろう。更には、よく知られた装置及び方法の説明は、代表的な実施形態の説明を不明瞭にしないように省略される場合がある。そのような方法及び装置は、明確に本教示の範囲内にある。10

【0011】

[0016] 本明細書において使用される専門用語は、特定の実施形態を説明することのみを目的としており、限定を意図するものではないことを理解されたい。任意の定義された用語は、本教示の技術分野において一般的に理解され、受け入れられているようなその定義された用語の技術的及び科学的意味に対して追加されるものである。

【0012】

[0017] 本明細書及び添付の特許請求の範囲において使用されるとき、「a」、「a n」及び「t h e」という用語は、文脈が明らかにそうでないことを示さない限り、単数及び複数のどちらの指示対象も含む。故に、例えば、「デバイス(a device)」は、1つのデバイス及び複数のデバイスを含む。20

【0013】

[0018] 本明細書において使用されるとき、2つ以上の部品又はコンポーネントが「結合される」という記述は、これらの部品が、直接的に、又は間接的に、すなわち、リンクが生じる限りにおいて1つ又は複数の中間部品又はコンポーネントを介して、連結される又はともに動作することを意味する。

【0014】

[0019] 方向を示す用語／語句及び相対的な用語／語句は、添付の図面に示される様々な要素の互いに対する関係性を説明するために使用される。これらの用語／語句は、図面において描かれた向きに加えて、デバイス及び／又は要素の異なる向きを包含することが意図される。30

【0015】

[0020] 「～の上」「～の下」「上部」「底部」「上側」「下側」などの相対的な用語は、添付の図面に示される様々な要素の互いに対する関係性を説明するために使用される。これらの相対的な用語は、図面において描かれた向きに加えて、デバイス及び／又は要素の異なる向きを包含することが意図される。例えば、デバイスが図面における図に対して上下を逆にされたなら、別の要素「の上」にあると説明された要素は、その要素「の下」にあることになるであろう。同様に、デバイスが図面における図に対して90°回転されたなら、別の要素「の上」又は「の下」にあると説明された要素は、その別の要素に「隣接する」ことになるであろう。ここで、「隣接する」とは、他の要素に当接すること、又は要素間に1つ又は複数の層、材料、構造などを有することを意味する。40

【0016】

[0021] 本明細書及び添付の特許請求の範囲において使用されるとき、その通常の意味に加えて、「実質的な(substantial)」又は「実質的に(substantially)」という用語は、受け入れ可能な限界又は程度を有することを意味する。例えば、「実質的に取り消される」とは、取り消しを受け入れ可能である、と当業者が考えるであろうことを意味する。

【0017】

10

20

30

40

50

[0022] 最初に図1Aを参照すると、本教示の特徴に従った、手術ロボットシステム100が説明される。詳細には、手術ロボットシステム100は、医療処置、例えば、冠状動脈バイパス移植及び僧帽弁置換を含むがこれらに限定されない最小侵襲心臓手術、前立腺切除又は胆嚢摘出を実施するための腹腔鏡検査などの最小侵襲腹部手術、及び自然開口部越経管腔的内視鏡手術などを含むがこれらに限定されない医療処置のために利用される。

【0018】

[0023] 図1Aは、患者の身体P内の手術部位Sに誘導されてそこに位置決めされる柔軟性手術デバイス103と、柔軟性手術デバイス103の手術患者の体内への導入を容易にする手持ち式イントロデューサ102とを有する手術ロボット101を備える手術ロボットシステム100を概略的に示す。
10

【0019】

[0024] 本説明を続けるにつれてより明白になるであろうように、手持ち式イントロデューサ102は、いくつかの自由度に沿った手動の動きのために構成される。このため、手持ち式イントロデューサ102は、柔軟性手術デバイス103を所望のターゲット地点Tに誘導するために臨床医によって手動で操作される。以下により完全に説明されるようには、本教示に従って、手持ち式イントロデューサ102の動きは追跡され、部分的にこの動きに基づいて、柔軟性手術デバイス103への制御コマンドは、ターゲット地点Tに対する柔軟性手術デバイス103の正確な場所が確保されるように調節され得る。手持ち式イントロデューサ102は、例示的に、チューブ状部分(不図示)を備え、このチューブ状部分を通じて特定の手術処置を行うときには有用なコンポーネントが誘導され得る。例として、柔軟性手術デバイス103、撮像デバイス(例えば、内視鏡)、エンドエフェクタ、及び他のコンポーネント(例えば、心臓弁又はステント)が、手持ち式イントロデューサ102を通じて送り出され得る。
20

【0020】

[0025] 特定の実施形態において、手術ロボットシステム100はディスプレイ104を備え、これは、以下により完全に説明されるように、柔軟性手術デバイス103の場所のリアルタイム画像を提供することができる。

【0021】

[0026] 一般に、柔軟性手術デバイス103は少なくとも2つのリンクと、それらの間の少なくとも1つのジョイントとを備える。代表的な実施形態に関連して以下により完全に説明されるように、手術ロボット101は、構造的には、1つ又は複数の自由度を有する柔軟性手術デバイス103を操作するために柔軟性手術デバイス103の1つ又は複数のジョイントを制御するように構成される。
30

【0022】

[0027] 例示的に、柔軟性手術デバイス103は、2リンク1ジョイントデバイス、蛇状ロボット、操縦可能カテーテルを含むがこれらに限定されないいくつかのデバイスのうちの1つであってよい。実際には、当業者には理解されるであろうように、柔軟性手術デバイス103は、1つ又は複数の自由度において移動するように構成される。より一般的には、柔軟性手術デバイス103は、5つ又は6つの自由度を有する。
40

【0023】

[0028] 例として、特定の実施形態において、柔軟性手術デバイス103は、複数のリンク及びジョイントを備え、以下に論じられるように、これらは、柔軟性手術デバイス103の端部103'を所望の場所(例えば、ターゲット)に適切に位置づけるために制御される。このような複数リンク複数ジョイントデバイスのうちの1つが図1Bに描かれている。

【0024】

[0029] 図1Bを参照すると、代表的な実施形態の柔軟性手術デバイス103は、複数のリンク141を備え、その各々はそれぞれのジョイント142によって接続されている。複数のリンクの各々は剛性セグメントを備え、ジョイント142の各々はギアアセンブ
50

リを備える。例示的に、各ジョイント 142 は、1 つから 3 つの間の自由度（ロール、ピッチ、及びヨー）を実現し得る。以下により完全に説明されるように、制御ユニット 106 は、モータ制御を実施し、柔軟性手術デバイス 103 の位置及び向きデータを収集するよう構成される。

【0025】

[0030] 代替的に、柔軟性手術デバイスは、その開示内容が参照により本明細書に明確に組み込まれる米国特許 7,097,615 号において説明されるものなど、蛇状ロボットであってよい。理解されるように、柔軟性手術デバイス 103 は、特定のロボット式処置のために所望されるエンドエフェクタ（不図示）を備える。例として、柔軟性手術デバイス 103 に接続されたエンドエフェクタは、グリッパ又はツールホルダを備える。同様に、柔軟性手術デバイス 103 は、腹腔鏡検査器具、腹腔鏡、ネジ設置のためのツール、又は生体検査若しくは治療のためのニードルなどのツールを備える。当業者の認識の範囲内にある他の手術デバイス及びツールも柔軟性手術デバイス 103 とともに使用されるものと想定される。10

【0026】

[0031] 特定の実施形態において、ディスプレイ 104 は、本明細書においてより完全に説明されるように、画像又はデータを表示するように適合された出力デバイス、ユーザインターフェース、又はその両者を備える。ディスプレイ 104 は、手術ロボットシステム 100 の様々な要素に隣接した位置にいる臨床医の近くの同じ場所に位置する 1 つ又は複数のディスプレイを含み得る。ディスプレイ 104 は、手術部位 S のライブ画像又は手術前画像を表示するように構成される。20

【0027】

[0032] ディスプレイは、視覚的な、音声による又は触覚によるデータを出力する。ディスプレイの例としては、コンピュータモニタ、テレビスクリーン、タッチスクリーン、触覚電子ディスプレイ、ライユ点字スクリーン、陰極線管（CRT）、ストレージ管、双安定ディスプレイ、電子ペーパー、ベクトルディスプレイ、フラットパネルディスプレイ、真空蛍光ディスプレイ（VFD）、発光ダイオード（LED）ディスプレイ、電気発光ディスプレイ（ELD）、プラズマディスプレイパネル（PDP）、液晶ディスプレイ（LCD）、有機発光ダイオードディスプレイ（OLED）、プロジェクタ、ヘッド装着型ディスプレイなどがあるが、これらに限定されない。30

【0028】

[0033] 制御ユニット 106 は、以下により完全に説明されるように、手術ロボットシステム 100 の様々なコンポーネントから入力を受信し、それらに出力を提供するように構成される。特定の実施形態において、以下により完全に説明されるように、制御ユニット 106 は入力 / 出力（I/O）回路 108 を備え、これは手術ロボットシステム 100 の様々なコンポーネントから入力を受信し、プロセッサ 130 に出力を提供するとともにプロセッサ 130 から入力を受信する。プロセッサ 130 は、メモリ 132 も備える。

【0029】

[0034] プロセッサ 130 は、本明細書において論じられる様々な機能を実施するように、ソフトウェア（例えば、マイクロコード）を使用してプログラムされた 1 つ又は複数のマイクロプロセッサを備える。特に、プロセッサ 130 は、2 つ以上のプロセッサ又はプロセッシングコアを備えてよい。プロセッサ 130 は、例えば、マルチコアプロセッサである。プロセッサ 130 は、手術ロボットシステム 100 に関連付けられた単一のコンピュータシステム（不図示）内の、又は複数のコンピュータシステム（不図示）の間に分散された、プロセッサの集合を備えてよい。本説明を続けるにつれて理解されるであろうように、多くのプログラムは、同一のコンピューティングデバイス内にある、又は、複数のコンピューティングデバイスにわたって分散されたプロセッサ 130 によって実施される命令を有する。40

【0030】

[0035] 本開示の様々な実施形態においてプロセッサ 130 として用いられるコンポー50

ネットの例としては、従来のマイクロプロセッサ、マイクロ制御ユニット、特定用途向け集積回路（A S I C）、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ（F P G A）などがあるが、これらに限定されない。

【 0 0 3 1 】

[0036] メモリ 1 3 2 は、手術ロボットシステム 1 0 0 の様々なコンポーネントの機能の過程の中で集められた様々なタイプのデータを記憶するように構成される。これらのデータは、以下により完全に説明されるように集められた画像データ及び追跡データを含む。メモリ 1 3 2 は、手術前画像データなどの手術前データも記憶する。以下により完全に説明されるように、これらのデータは、手術中に柔軟性手術デバイス 1 0 3 の場所を追跡するために使用され得る。更には、メモリ 1 3 2 は、非一時的コンピュータ可読媒体も備え、これは、プロセッサ 1 3 0 によって実行されて手術ロボットシステム 1 0 0 を制御するように構成された機械可読命令を記憶する。例として、これらの命令（プログラム）はメモリ 1 3 2 において符号化されており、プロセッサ 1 3 0 上で実行されたとき、本明細書において論じられる機能のうちの少なくともいくつかを実施する。特には、「プログラム」又は「コンピュータプログラム」という用語は、本明細書において、制御ユニット 1 0 6 をプログラムするために用いられ得る様々なタイプのコンピュータコード（例えば、ソフトウェア又はマイクロコード）を指す一般的な意味で使用される。10

【 0 0 3 2 】

[0037] メモリ 1 3 2 は、ランダムアクセスメモリ（R A M）、読み出し専用メモリ（R O M）、プログラム可能読み出し専用メモリ（P R O M）、電気的プログラム可能読み出し専用メモリ（E P R O M）、電気的消去可能プログラム可能読み出し専用メモリ（E E P R O M）、ユニバーサルシリアルバス（U S B）ドライブ、フロッピーディスク、コンパクトディスク（C D）、光ディスク、磁気テープ、スマートカード、デジタルビデオディスク（D V D）、C D - R O M、及びソリッドステートハードドライブなどを含むがこれらに限定されない不揮発性コンピュータメモリ、揮発性コンピュータメモリ、又はその両者を備える。様々な記憶媒体は、プロセッサ 1 3 0 内に固定されてよく、又は、そこに記憶された1つ又は複数のプログラムが本明細書において論じられる本教示の様々な態様を実現するためにプロセッサ 1 3 0 にロードされ得るような可搬型のものであってよい。20

【 0 0 3 3 】

[0038] 手術ロボットシステム 1 0 0 は、画像取得デバイス 1 1 2 を更に備える。画像取得デバイス 1 1 2 は、手術ロボット 1 0 1 の柔軟性手術デバイス 1 0 3 及び手術部位 S における臓器又は他のターゲット地点 T などの解剖学的オブジェクトの1つ又は複数のライプ画像を取得するように構成される。30

【 0 0 3 4 】

[0039] 概して、画像取得デバイス 1 1 2 は、リアルタイム撮像を提供するため、当業者の認識の範囲内にあるいろいろな手術中撮像デバイスのうちの1つを備える。画像取得デバイス 1 1 2 として想定される撮像デバイスには、内視鏡、C アーム X 線デバイス、コンピュータ断層撮影（C T）デバイス、超音波撮像デバイス、磁気共鳴撮像（M R I）デバイス、陽電子放射断層撮影（P E T）デバイス、単光子放射型コンピュータ断層撮影法（S P E C T）撮像デバイスなどがあるが、これらに限定されない。40

【 0 0 3 5 】

[0040] 特には、画像取得デバイス 1 1 2 は、患者 P の近くに描かれている。勿論、画像取得デバイス 1 1 2 の実際の場所は、使用されるデバイスのタイプに依存する。例えば、以下に記されるように、内視鏡又は類似のデバイスが使用されるなら、画像取得デバイス 1 1 2 は、柔軟性手術デバイス 1 0 3 のアタッチメントなどのように、患者 P の体内に位置する。或いは、画像取得デバイスが C アーム X 線デバイスであるなら、画像取得デバイス 1 1 2 は C アーム 1 1 4 に位置する。C アーム 1 1 4 は画像スキャナ増幅器であり、C 形状の構成を有するためにそのように呼ばれる。C アームはエックス線撮影能力を有し、当業者には知られているように、手術処置中の蛍光透視撮像のために使用される。50

【0036】

[0041] 以下に説明される代表的な実施形態において、画像取得デバイス 112 は内視鏡を備え、これは内視鏡画像を提供する。内視鏡（不図示）は、柔軟性手術デバイス 103 のコンポーネントであるか、又はそれに接続されている。特定の代表的な実施形態において、内視鏡は、剛性の又は柔軟性のチューブと、検査中の臓器又はオブジェクトに光を当てるための光送達システムとを含み、例えば、光源は、通常、身体の外側にあり、光は、典型的には、光ファイバシステムを介して送られる。対物レンズから観察者へ画像を送信するレンズシステムも含まれ、これは、剛性の内視鏡の場合は典型的にはリレーレンズシステムであり、又はファイバースコープの場合は光ファイバの束である。同様に想定されるのは接眼レンズを有さないビデオスコープであり、ビデオスコープにおいては、画像を取り込むためにカメラが画像をスクリーンに送信する。追加的なチャンネルが医療器具又はマニピュレータの進入を可能にする。画像取得デバイス 112 としての内視鏡の使用は単なる例示であって、上に記されたものなどの他のデバイスが画像取得デバイス 112 としての使用のために想定されることが強調される。10

【0037】

[0042] 「内視鏡の」という用語は、本明細書において、身体内部から撮像する能力を有するいろいろな内視鏡のうちの 1 つ又は複数によって取得された画像の特徴付けとして広く定義される。本教示の目的のための内視鏡の例としては、柔軟性の又は剛性の任意のタイプのスコープ（例えば、内視鏡、関節鏡、気管支鏡、胆道鏡、結腸鏡、膀胱鏡、十二指腸鏡、胃鏡、子宮鏡、腹腔鏡、喉頭鏡、神経鏡、耳鏡、プッシュ腸鏡、鼻喉頭鏡、S 状結腸鏡、空洞鏡、胸腔鏡など）及び画像システムを備えたスコープに類似の任意のデバイスなどがあるが、これらに限定されない。撮像は局所的であり、光ファイバ、レンズ、又は小型（例えば、CCD をベースにしたもの）撮像システムによって、光学的に表面画像が取得される。本教示と関連した使用のために想定される内視鏡システムの更なる詳細は、例えば、所有者の共通する米国特許出願公開第 2014 / 0301618 号に見つけることができ、その開示内容は参照により本明細書に明確に組み込まれる。20

【0038】

[0043] 画像取得デバイス 112 は、制御ユニット 106 に接続される。画像取得デバイス 112 は、制御ユニット 106 のコンポーネントであってもよい。画像取得デバイス 112 は、最終的にディスプレイ 104 に提供される画像を提供し、前方光学視又は斜位光学視を有する任意のタイプのカメラを含み、事前に定義されたフレームレート（例えば、1 秒当たり 30 フレーム）で一連の 2 次元的デジタルビデオフレームを取得することが可能であり、I/O 回路 108 を介して各デジタルビデオフレームを制御ユニット 106 に提供することが可能である。特には、画像取得デバイス 112 は、その視野内で柔軟性手術デバイス 103 の画像を取り込むことができるよう位置決め及び配向される。いくつかの実施形態において、画像取得デバイス 112 は、モータによって作動されるカメラを含み、手術ロボット 101 のための計画された器具パス（planned instrument path）に沿って位置決めされ得る。30

【0039】

[0044] 内視鏡を備えた又は備えていない手術ロボット 101 は、追加的な座標系を導入するので、いくつかの所望の基準系との手術ロボット 101 の位置合わせ（位置及び向き）を保証し、維持するのは難しい。というのは、それは作業空間及び運動の制約のもとで位置決めされるからである。以下により完全に説明されるように、知られているレジストレーション方法及び装置を使用して、同じ位置合わせが臨床医によって頭の中で実施される必要のないように、異なる座標系の位置合わせが、もたらされる。このため、手術ロボット 101 及びその特定のコンポーネントを撮像システムにレジストレーションを実施するためのいろいろな現在の方法及び装置が存在する。例として、レジストレーションは、画像内に可視化された柔軟性デバイスの特徴を手術前に集められた対応する特徴と合致させることによって実施され得る。ターゲット地点 T は、外科医が、画像において T の場所をマーキングすることによって特定され得る。別の実施形態において、ターゲット地点4050

Tは、当技術分野において知られた特徴合致及びオブジェクト認識によって自動的に検知され得る。次いで、ターゲット地点Tは、レジストレーションを使用して画像からロボット座標系まで計算され得る。

【0040】

[0045] 例示的に、柔軟性手術デバイス103の適切な位置合わせを確保するレジストレーションは、所有者の共通する米国特許第9,095,252号及び、米国特許出願公開第2011/0282151号、第2014/0212025号、第2015/0010225号、第2015/0073265号、第2015/0126859号及び第2015/0202015号のうちの1つ又は複数において説明されている。この米国特許及びこれらの米国特許出願公開の開示内容の全体は参照により本明細書に明確に組み込まれる。10

【0041】

[0046] 追跡システム120は、手術ロボット101の手持ち式イントロデューサ102に関する追跡情報を生成するように構成される。当業者には理解されるであろうように、追跡システム120は、光学的追跡システム、機械的追跡システム、及び電磁的追跡システムのうちの1つ又は複数である。高周波(RF)センサ、LEDセンサ、受動マーカー、反射マーカーなどのセンサ又はタグが、追跡システム120と協働するように、手術ロボット101の手持ち式イントロデューサ102に、又は柔軟性手術デバイス103の端部103'の近位に、又はその両者に含まれ得る。20

【0042】

[0047] 追跡システム120は、手持ち式イントロデューサ102の現在位置、及びそれにより柔軟性手術デバイス103の現在位置のフィードバックを提供するために制御ユニット106に情報を提供し、ターゲット地点Tに対する柔軟性手術デバイス103の位置の調節を可能にする。プロセッサ130は、手持ち式イントロデューサ102の追跡と画像取得デバイス112によって実現されたレジストレーションからのデータを通じて、ターゲット地点Tに対する柔軟性手術デバイス103の場所を判定するように構成される。特に、メモリ132内のソフトウェアは、プロセッサによるターゲット地点Tに対する柔軟性手術デバイス103の現在の場所の計算を可能にし、柔軟性手術デバイスの所望の動きをもたらすために必要とされるコマンドを計算する。これらの計算に基づき、プロセッサ130は、ターゲット地点Tに対するより良い位置に必要に応じて移動するよう柔軟性手術デバイス103に命令(本明細書において、ときにコマンド、制御コマンド、誘導コマンド、又は誘導信号と呼ばれる)を提供する。以下により完全に説明されるように、いくつかの実施形態において、これらのコマンドは、位置誘導モードにおいて、手持ち式イントロデューサ及び柔軟性手術デバイス103(及び任意のエンドエフェクタ又はそこに装着されたデバイス)を患者Pの体内の特定の場所に誘導する際に臨床医を支援するために使用される。以下に説明される他の実施形態において、これらのコマンドは、位置補償モードにおいて、柔軟性手術デバイス103による任意の非所望の動きを補償(すなわち、実質的に無効化)するように機能する。例えば、柔軟性手術デバイス103の非所望の動きは、手持ち式イントロデューサ102における震えに誘発された運動によってもたらされる。このように、位置補償モードにおいて、震えによってもたらされる任意の非所望の運動は、非所望に誘発された運動を相殺するコマンドを提供することによって実質的に無効化され得る。3040

【0043】

[0048] 特定の実施形態において、手術ロボットシステム100は、ユーザインターフェース110を備える。ユーザインターフェース110は、ディスプレイ104と同様に、ハードウェアインターフェース(不図示)及びI/O回路108を介して制御ユニット106に例示的に結合されている。ハードウェアインターフェースは、プロセッサ130が、手術システムの様々なコンポーネントと対話すること、及び外部コンピューティングデバイス(不図示)及び/又は装置を制御することを可能にする。ハードウェアインターフェースは、プロセッサが、手術システムの様々なコンポーネント並びに外部コンピュー50

ティングデバイス及び／又は装置に制御コマンド又は命令を送ることを可能にする。ハードウェアインターフェースは、プロセッサが、手術システムの様々なコンポーネント並びに外部コンピューティングデバイス及び／又は装置とデータを交換することも可能にする。ハードウェアインターフェースの例としては、ユニバーサルシリアルバス、I E E E 1 3 9 4 ポート、パラレルポート、I E E E 1 2 8 4 ポート、シリアルポート、R S - 2 3 2 ポート、I E E E - 4 8 8 ポート、B l u e t o o t h (登録商標)接続、無線ローカルエリアネットワーク接続、T C P / I P 接続、E t h e r n e t (登録商標)接続、制御電圧インターフェース、M I D Iインターフェース、アナログ入力インターフェース、デジタル入力インターフェースなどがあるが、これらに限定されない。

【0044】

10

[0049] ユーザインターフェース 1 1 0 は、臨床医が、コンピュータ(不図示)又はコンピュータシステム(不図示)を通じて手術ロボットシステム 1 0 0 と対話することを可能にする。ユーザインターフェース 1 1 0 は、例えば、タッチスクリーン、キーボード、マウス、トラックボール、又はタッチパッドを備える。概して、ユーザインターフェース 1 1 0 は、臨床医に情報又はデータを提供し、及び／又は臨床医から情報又はデータを受信する。ユーザインターフェース 1 1 0 は、コンピュータによって受信されるべき臨床医からの入力を受信し、コンピュータからの出力をユーザに提供するように構成される。換言すれば、本説明を続けるにつれてより明白になるであろうように、ユーザインターフェース 1 1 0 は、オペレータがコンピュータを制御又は操作することを可能にするように構成され、及び、ユーザインターフェース 1 1 0 は、コンピュータが臨床医の制御又は操作の効果を示すことを可能にするように構成される。ディスプレイ 1 0 4 又はそのグラフィカルユーザインターフェース上のデータ又は情報の表示は、臨床医への情報提供の例である。タッチスクリーン、キーボード、マウス、トラックボール、タッチパッド、ポイントティングスティック、グラフィックタブレット、ジョイスティック、ゲームパッド、ウェブカム、ヘッドセット、ギアスティック、ステアリングホイール、有線グローブ、無線遠隔制御、及び加速度計を通じたデータの受信は全て、オペレータからの情報又はデータの受信を可能にするユーザインターフェース 1 1 0 のコンポーネントの例である。

20

【0045】

[0050] 上に記したように、制御ユニット 1 0 6 は、I / O 回路 1 0 8 を備える。数ある機能の中でも特に、I / O 回路 1 0 8 は、制御ユニット 1 0 6 の外部にある要素及びデバイスとの通信を制御する。I / O 回路 1 0 8 は、プロセッサ 1 3 0 への及びプロセッサ 1 3 0 からの入力及び出力信号又はデータを解釈するために必要な論理回路を含むインターフェースとして働く。I / O 回路 1 0 8 は、手術部位 S における手術ロボット 1 0 1 の柔軟性手術デバイス 1 0 3 に関する画像取得デバイス 1 1 2 からなどの医療画像を受信するように構成された第 1 の入力部と、追跡システム 1 2 0 からの手術ロボット 1 0 1 の手持ち式イントロデューサ 1 0 2 の追跡情報を受信するように構成された第 2 の入力部とを含む。I / O 回路 1 0 8 は、手術ロボット 1 0 1 の柔軟性手術デバイス 1 0 3 に関する医療画像をディスプレイ 1 0 4 に提供するように構成された出力部を含む。

30

【0046】

[0051] プロセッサ 1 3 0 は、ハードウェア、ソフトウェア、及びファームウェアの組み合わせを使用して、説明された機能及び動作を実施する。プロセッサ 1 3 0 は、手術部位 S における手術ロボット 1 0 1 の柔軟性手術デバイス 1 0 3 に関する画像を処理するように構成される。特定の実施形態において、プロセッサ 1 3 0 は、柔軟性手術デバイス 1 0 3 を手術部位 S における対応する解剖学的構造とレジストレーションを実施する、図 2 に関連して説明されるように、プロセッサ 1 3 0 は、手持ち式イントロデューサ 1 0 2 の運動を判定するために、追跡システム 1 2 0 からの手術ロボット 1 0 1 の手持ち式イントロデューサ 1 0 2 の追跡情報を処理するように構成される。位置補償モードにおいて、プロセッサ 1 3 0 は、手持ち式イントロデューサ 1 0 2 の判定された運動に基づいて、手術ロボット 1 0 1 の柔軟性手術デバイス 1 0 3 のための運動補償コマンドを生成するように構成される。

40

50

【0047】

[0052] 特定の実施形態において、プロセッサ 130 は更に、手術ロボット 101 の柔軟性手術デバイス 103 に関する画像を I/O 回路 108 を介してディスプレイ 104 に送信するように構成される。

【0048】

[0053] 上記の説明から理解され得るように、特定の実施形態において、画像取得デバイス 112、追跡システム 120、メモリ 132 に記憶された様々なデータ及びソフトウェア、並びにプロセッサ 130 の動作の協働的な機能を通じて、制御ユニット 106 は、手術部位 S における手術ロボット 101 の柔軟性手術デバイス 103 及び解剖学的オブジェクト又はターゲット T に関するライブ画像及び手術前画像の取得及び処理を制御する 10 一つ又は複数の制御コマンドを提供し、手術ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 に関する追跡情報を使用してターゲット地点 T に対して柔軟性手術デバイス 103 を更に制御するように構成される。以下に説明される例示的な例において、代表的な実施形態の手術ロボットシステム 100 の様々な特徴が更に説明される。これらの例は単なる例示であって、限定を意図するものではないことが留意される。

【0049】

[0054] 追加的に図 2 から図 4B を参照すると、手術ロボット 101 は、柔軟性で、手術孔を通って患者の体内に挿入される。本例示的な例において、手術ロボット 101 は、ターゲット地点 T において患者 P の心臓（不図示）に弁を設置するために使用される。このように、手術孔を提供するために初期切開部が 2 つの肋骨の間に作られる。図 2 に描かれているように、この手持ち式イントロデューサ 102 は、手術孔（「回転中心」）を中心回転する。

【0050】

[0055] 次に、柔軟性手術デバイス 103 は、進入ポイントを傷つけることなく患者の空洞内で移動する。上に記したように、手持ち式イントロデューサ 102 の動きは追跡システム 120 によって追跡される。追跡システム 120 からのデータだけを使用して、又は画像取得デバイス 112 からのデータと組み合わせて、プロセッサ 130 は、柔軟性手術デバイス 103 及び特にその端部 103' の表面に対する手持ち式イントロデューサ 102 の動きの衝撃を計算する。上に記したように、これらのデータのうちの少なくともいくつかに基づいて、プロセッサ 130 は、手術ロボット 101 の柔軟性手術デバイス 103 に、ターゲット地点 T に対するその位置を調節するコマンドを提供し得る。

【0051】

[0056] 特定の実施形態において、端部 103' の位置は、ディスプレイ 104 に提供される画像により臨床医によって決定される。このように、端部 103' 配置されたエンドエフェクタは、心臓の筋肉の正確な場所に切開部を作るために使用され得る。次いで、臨床医は、柔軟性手術デバイス 103 の端部 103' を、置換されるべき弁の場所へと更に誘導し得る。次いで、やはり、上に説明した様々な画像取得方法及びレジストレーション方法を使用して制御ユニット 106 によって決定されたターゲット T の正確な場所において、弁は置換され得る。

【0052】

[0057] 追跡システム 120 からのデータだけに基づいて、又は画像取得デバイス 112 からのデータと組み合わせて、プロセッサ 130 は、柔軟性手術デバイス 103 の動きを実質的に無効化することで柔軟性手術デバイス 103 の端部 103' の震えを打ち消し得るように、手術ロボット 101 の柔軟性手術デバイス 103 へのコマンドを通じて、手持ち式イントロデューサ 102 の突発性の動き（例えば、臨床医の震えに誘発されたもの）を補償し得る。

【0053】

[0058] 代表的な実施形態において、位置補償モードでは、柔軟性手術デバイス 103 に関する画像が、画像取得デバイス 112 を使用して撮影される。上に記したように、画像は、X 線画像、円錐ビーム CT 画像、超音波画像、又は内視鏡画像である。それにより

10

20

30

40

50

、柔軟性手術デバイス 103 の形状及び姿勢、及び / 又は手術部位 S 内でのレジストレーションが判定され、ディスプレイ 104 に表示される。例えば、手術前手術プランに対する、及び画像ベースのレジストレーションとツール追跡レジストレーションとを伴う手術中画像に対する手術ツールのリアルタイム追跡は、上に参照した米国特許出願公開に開示されている。解剖学的構造が画像において可視化されているので、解剖学的構造に対する柔軟性手術デバイス 103 の相対位置も分かり、柔軟性手術デバイス 103 は、制御ユニット 106 によって計算された位置を使用して解剖学的ターゲット T (この例においては置換されるべき弁の場所) に到達するために使用され得る。上に説明されたやり方において、生体検査又は心臓切除などの処置の期間中に柔軟性手術デバイス 103 を同一の位置に保つために、制御ユニット 106 は、追跡システム 120 及び可能であるなら画像取得デバイス 112 からの追跡情報を使用して、追跡システム 120 からの手術ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 の位置を連続的に又は継続的に更新する。
10

【0054】

[0059] 代表的な実施形態において、制御ユニット 106 は、定義済みの進入ポイント、定義済みの手術パス、及び解剖学的ターゲット T に応じて、柔軟性手術デバイス 103 のジョイント (例えば、ジョイント 142) の手術ロボット 101 運動パラメータを計算する。このようなパラメータは、柔軟性手術デバイス 103 を心臓の筋肉の定義済みの進入ポイント及び計画された手術パスに対して位置合わせする。制御ユニット 106 は、計算されたジョイント運動パラメータに応じて、柔軟性手術デバイス 103 を計画された進入ポイント及び計画された手術パスに対して位置合わせする制御コマンドを生み出し、手術ロボット 101 にロボット制御コマンドを通信する。このように、制御ユニット 106 は、手術ロボットシステム 100 の様々なコンポーネントからの入力を通じて、解剖学的ターゲット T への所望の手術パス、計画された手術パスからの逸脱を補正する誘導コマンドを生成するように構成される。それ故、手持ち式イントロデューサの 1 つ又は複数の動きの結果として引き起こされる手術パスからのエンドエフェクタの逸脱が補償され得る。
20

【0055】

[0060] 代表的な実施形態によると、誘導信号 (又は誘導コマンド) は、追跡システム 120、画像取得デバイス 112、又はその両者からの様々な入力に基づいて、プロセッサ 130 によって生成される。例示的に、誘導コマンド及び他の制御処理は、メモリ 132 内のデータ及びメモリ 132 内にインスタンス化されたソフトウェアと連絡して、制御ユニット 106 のプロセッサ 130 によって生成される。代替的に、これらの誘導コマンド及び他の制御処理は、一般的なコンピュータ、特定用途向け集積回路 (ASIC)、FPGA、又はプロセッサなどの任意のプラットフォームにインストールされたハードウェア、ソフト及び / 又はファームウェアの任意の組み合わせによって具現化されるモジュールによって実現されてよい。
30

【0056】

[0061] 位置誘導モードにおいて、柔軟性手術デバイス 103 の運動力学がターゲット T へと移動するために不十分であるなら、柔軟性手術デバイス 103 が所望のターゲット T に到達し得るように手持ち式イントロデューサ 102 をどのように移動させるかについてユーザに知らせる支援又は命令がユーザに提供され得る。手持ち式イントロデューサ 102 の運動を誘導するための支援又命令は、例えば、図 4 A 及び図 4 B に図示されるようなディスプレイ 104 を介して表示される矢印など視覚的に伝達され得る。ディスプレイ 104 は手術室内の典型的なディスプレイであってよく、又は手術ロボット 101 に関連付けられたデバイス装着型ディスプレイであってよい。支援又は命令は、任意の知られている出力デバイスによって与えられてもよく、これにはグラフィカルディスプレイ又はインジケータライトなど視覚的なもの、ビープ音又はトーン音などの可聴式の合図、振動などの触覚的な合図などがある。このような実施形態において、臨床医は命令によって誘導される。これらの命令に基づいて、臨床医は、患者 P の体外の手持ち式イントロデューサ 102 を患者 P の体内の展開位置 (例えば、弁が置換されるべき場所) へと到達すべく移動させるように誘導され、次いで、柔軟性手術デバイス 103 は展開位置に到達するよう
40

にその形状又は位置を調節するように制御される。

【0057】

[0062] 特定の実施形態において、臨床医を誘導する命令は、追跡システム 120、画像取得デバイス 112、又はその両者からの様々な入力に基づいて、プロセッサ 130 によって生成される。このために、命令及び他の制御処理は、メモリ 132 内のデータ及びメモリ 132 内にインスタンス化されたソフトウェアと連絡して、制御ユニット 106 のプロセッサ 130 によって生成される。代替的に、これらの誘導命令及び他の制御処理は、一般的なコンピュータ、特定用途向け集積回路（ASIC）、FPGA、又はプロセッサなどの任意のプラットフォームにインストールされたハードウェア、ソフト及び／又はファームウェアの任意の組み合わせによって具現化されるモジュールによって実現されてよい。10

【0058】

[0063] 代表的な実施形態は、プロセッサ 130 によって実行されて、患者の身体内への入口に位置決めされるべき手持ち式イントロデューサ 102 と患者の身体内の手術部位 S に位置決めされるべき柔軟性手術デバイス 103 とを有する手術ロボット 101 を含む手術ロボットシステム 100 を制御するように構成された機械可読命令を記憶した非一時的コンピュータ可読記憶媒体にも向けられている。例示的に、機械可読命令はメモリ 132 に記憶され、プロセッサ 130 及び手術ロボットシステム 100 の他のコンポーネントと連絡して、手持ち式イントロデューサ 102 の運動を補償する方法 500 を実施するよう構成される。20

【0059】

[0064] 図 5 は、手術ロボットシステム 100 によって実施される制御及び誘導の方法 500 の一実施形態の主要な動作を示すフローチャートである。以下の説明において、例示を提供するために、方法 500 は、図 1A に示された種類の手術ロボットシステム 100 によって実施されるものと仮定される。

【0060】

[0065] 追加的に図 4A、図 4B 及び図 5 を参照すると、方法 500 は、画像取得デバイス 112 などの医療画像デバイスからの手術部位 S における手術ロボット 101 の柔軟性手術デバイス 103 に関する医療画像を処理するステップを含む動作 502 を有する。柔軟性手術デバイス 103 に関する画像は、上に論じられたように、画像取得デバイス 112 を使用して撮影される。30

【0061】

[0066] 動作 503 は、動作 502 において処理された医療画像に基づいて、柔軟性手術デバイス 103 を手術部位 S における対応する解剖学的構造とレジストレーションを実施するステップを含む。柔軟性手術デバイス 103 の形状及び姿勢、及び／又は手術部位 S 内でのレジストレーションは、上に論じられた手法を使用して判定される。例えば、手術前手術プランに対する、及び画像ベースのレジストレーションとツール追跡レジストレーションとを伴う手術中画像に対する手術ツールのリアルタイム追跡は、所有者の共通する米国特許出願公開第 2012 / 0294498 号に開示されており、その開示内容の全体は参考により本明細書に明確に組み込まれる。解剖学的構造が画像において可視化されているので、解剖学的構造に対する柔軟性手術デバイス 103 の相対位置も分かり、柔軟性手術デバイス 103 は、計算された位置及び制御ユニット 106 を使用して解剖学的ターゲット T に到達するために使用され得る。40

【0062】

[0067] 動作 504 は、手持ち式イントロデューサ 102 の運動を判定するために、追跡システム 120 からの手術ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 の追跡情報を処理するステップを含む。追跡システム 120 は、手術ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 に関する追跡情報を生成するように構成される。追跡システム 120 は、光学的追跡システム、機械的追跡システム、及び電磁的追跡システムのうちの 1 つ又は複数であってよい。センサ又はタグが、追跡システム 120 と協働するように、手術50

ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 に含まれ得る。

【 0 0 6 3 】

[0068] 方法 500 は、位置補償モード 505において、手持ち式イントロデューサ 102 の判定された運動に基づいて、手術ロボット 101 の柔軟性手術デバイス 103 のための運動補償コマンドを生成するステップを有する。故に、生体検査又は心臓切除などの処置の期間中に柔軟性手術デバイス 103 を同一の位置に保つために、制御ユニット 106 は、追跡システム 120 からの手術ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 の追跡情報を使用して、その位置を定期的に又は継続的に更新する。従って、柔軟性手術デバイス 103 は、患者の体外での手持ち式イントロデューサ 102 のフリーハンドでの運動を補償するよう患者の体内で移動するように制御される。

10

【 0 0 6 4 】

[0069] 特定の実施形態において、方法 500 は、ディスプレイ 104 へと医療画像を送信するステップを更に有する。ディスプレイの構成は、本明細書において、任意の適切な技術によって画像及び追跡される手術ツールを表示するために構造的に構成された任意のデバイスとして広く定義される。ディスプレイの例としては、コンピュータモニタ、テレビスクリーン、タッチスクリーン、プロジェクタ及びヘッド装着型ディスプレイ（HMD）などがある。

【 0 0 6 5 】

[0070] 特定の実施形態において、方法 500 は、ユーザによる手術部位 S における解剖学的ターゲット T の選択のためにユーザインターフェース 110 からの選択入力を処理するステップを更に有する。故に、臨床医は、ディスプレイ 104 を介して、解剖学的ターゲット T を選択するように、又はさもなければターゲット T への手術パスを選択するよう促される。このように、臨床医は、例えばキーボード、マウス、又はタッチスクリーンなどのユーザインターフェース 110 を介して解剖学的ターゲット T を選択する。

20

【 0 0 6 6 】

[0071] 位置誘導モード 506 において、方法 500 は、柔軟性手術デバイス 103 が手術部位 S における選択された解剖学的ターゲット T に到達し得るように手術ロボット 101 の手持ち式イントロデューサ 102 を位置決めするための誘導コマンド（例えば、図 4A）を生成するステップを有する。特定の実施形態において、手持ち式イントロデューサ 102 の所望の運動は、例えば図 4A 及び図 4B に図示されるように、ディスプレイ 104 を介して表示され得る。従って、臨床医は、患者 P の体外の手持ち式イントロデューサ 102 を患者 P の体内の展開位置へと到達すべく移動させるように命令によって誘導され、次いで、柔軟性手術デバイス 103 はその形状又は位置を調節するように制御される。

30

【 0 0 6 7 】

[0072] 特定の実施形態において、方法は、ユーザインターフェース 110 からの作動信号を処理し、位置誘導モードの完了後に位置補償モードを作動させるステップを更に有する。故に、臨床医は、ディスプレイ 104 を介して、位置誘導モードが完了した後に位置補償モードを選択するよう促される。このように、臨床医は、例えば、上に記したような、キーボード、マウス、又はタッチスクリーンなどのユーザインターフェース 110 を介して、適切なモードを選択する。

40

【 0 0 6 8 】

[0073] 特定の実施形態において、医療画像は、X 線デバイス、コンピュータ断層撮影（CT）デバイス、超音波センサ（US）、及び内視鏡のうちの少なくとも 1 つを含む画像取得デバイス 112 などの医療画像デバイスによって生成される。上に論じられたように、特定の実施形態において、追跡情報は、光学的追跡システム、機械的追跡システム、及び電磁的追跡システムのうちの少なくとも 1 つを含む追跡システム 120 によって生成される。

【 0 0 6 9 】

[0074] 本教示は、スマートシステム及びデバイスに向かった技術的前進の一部である

50

。可能な適用としては、手術前 C T を伴うライブビデオの拡張現実、とりわけ作業空間が目視では不明瞭な最小侵襲手術において手術ナビゲーション、並びに解剖学的ターゲット及び腫瘍の発見などを含む。

【 0 0 7 0 】

[0075] 本開示は、内視鏡処置の文脈において手術ロボット 101 の制御について説明したが、本方法は、他の撮像、例えば、超音波撮像、又は光学的形状感知などの形状感知、赤外領域感知、及び他のモダリティを使用する処置にも適用可能である。

【 0 0 7 1 】

[0076] 本開示に鑑みて、本教示の手術システム及び手術ロボットの様々なコンポーネントは、いろいろなデバイス、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、規格、及びプロトコルにおいて実現され得ることが留意される。更に、様々なデバイス、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、規格、及びプロトコルは、単なる例として含まれるものであって、いかなる限定的な意味も有するものではない。本開示に鑑みて、当業者は、彼ら自身の用途及び必要なデバイス、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、規格、及びプロトコルを決定するに当たり、依然として添付の特許請求の範囲内にありつつ、本教示を実施可能である。10

【 図 1 A 】

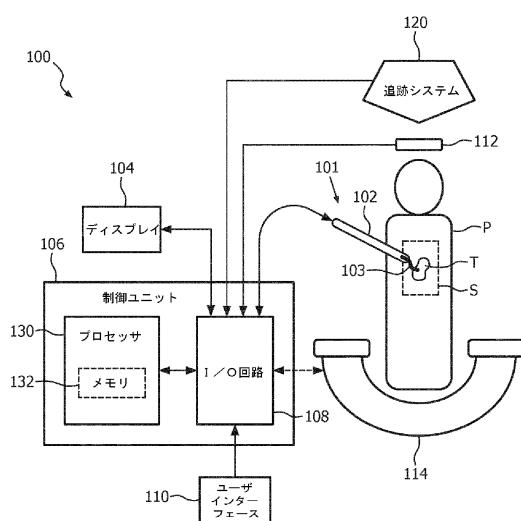


図 1 A

【 図 1 B 】

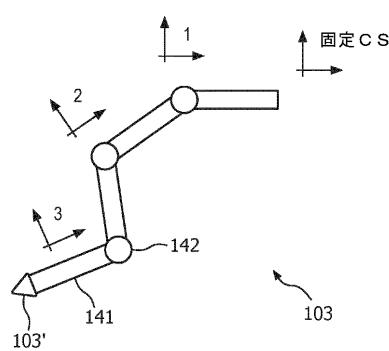


図 1 B

【図2】

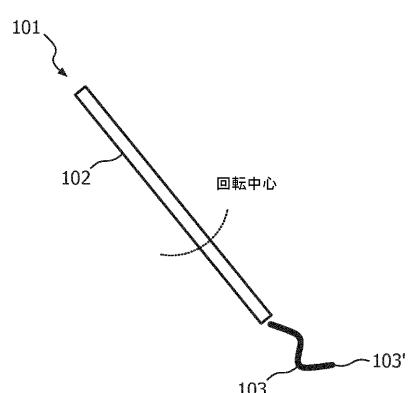


図2

【図3】

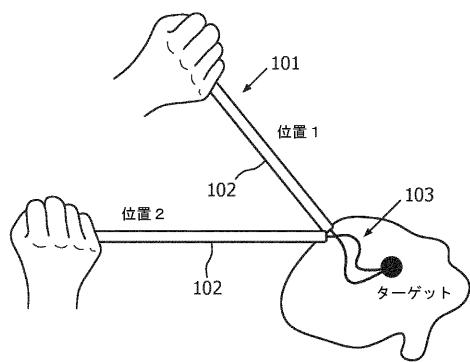
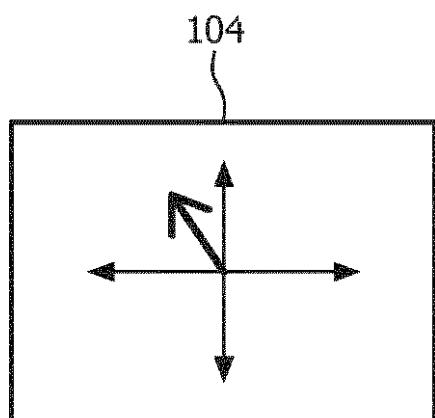


図3

【図4A】



ユーザインターフェース(スクリーン)

【図4B】

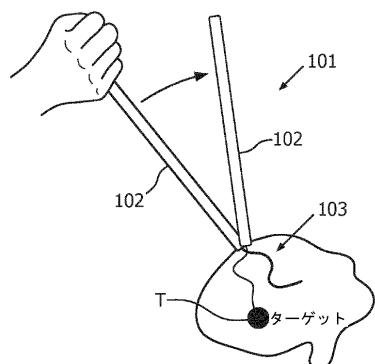


図4B

図4A

【図5】

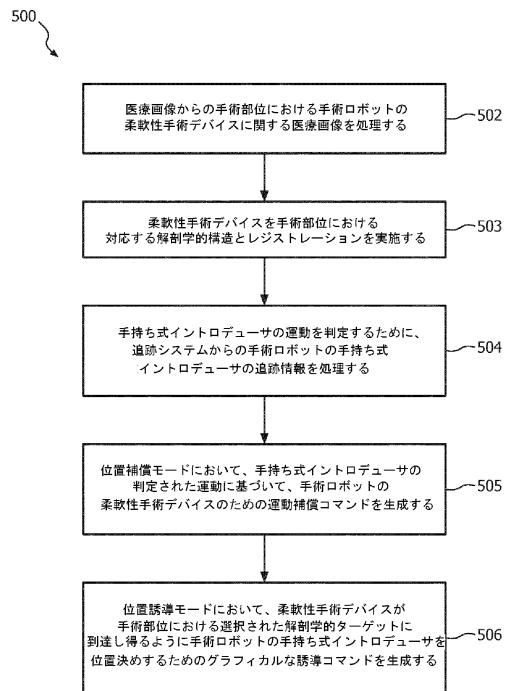


図5

フロントページの続き

(72)発明者 ヌーナン デイビッド ポール
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 梶木澤 昌司

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0258938(US, A1)
特表2015-514492(JP, A)
特表2008-541990(JP, A)
国際公開第2014/139022(WO, A1)
特開2013-240415(JP, A)
特表2004-523295(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A 61 B 34 / 20 - 34 / 37