

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6482561号
(P6482561)

(45) 発行日 平成31年3月13日 (2019. 3. 13)

(24) 登録日 平成31年2月22日 (2019. 2. 22)

(51) Int. Cl.

A 6 1 B 34/20 (2016.01)

F I

A 6 1 B 34/20

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-539464 (P2016-539464)
 (86) (22) 出願日 平成26年8月21日 (2014. 8. 21)
 (65) 公表番号 特表2016-533837 (P2016-533837A)
 (43) 公表日 平成28年11月4日 (2016. 11. 4)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2014/067788
 (87) 国際公開番号 WO2015/032625
 (87) 国際公開日 平成27年3月12日 (2015. 3. 12)
 審査請求日 平成29年8月18日 (2017. 8. 18)
 (31) 優先権主張番号 13182929.3
 (32) 優先日 平成25年9月4日 (2013. 9. 4)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

早期審査対象出願

前置審査

(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 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物内で賦形性器具を移動させるロボットシステムであって、当該ロボットシステムは：

前記対象物内で前記器具の形状を変更するとともに前記器具を移動させるロボット装置と；

前記対象物の内部構造に関する構造的情報を提供する内部構造提供ユニットと；

前記対象物内での前記器具の標的位置及び形状を提供する標的位置及び形状提供ユニットと；

前記対象物内での前記器具の実際の位置及び形状を提供する実際の位置及び形状提供ユニットと；

前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具を移動させ且つ前記器具の形状を変更させるように、前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に基づいて、前記ロボット装置を制御する制御ユニットと；を備えており、

前記内部構造提供ユニットは、前記内部構造内の内壁に対して予め規定された安全距離内にある安全ゾーンを示すように適合され、該安全ゾーン内において、前記ロボット装置が、前記器具の形状を変更すること及び前記器具を移動させることの少なくとも一方について、予め規定された力の値よりも大きい力を前記器具に適用しないようにし、

前記制御ユニットは、前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具の

10

20

形状を変更すること及び前記器具を移動させることの少なくとも一方を行っている間に、前記予め規定された力の値よりも大きい力が、前記ロボット装置によって前記安全ゾーン内の前記器具に適用されないように前記ロボット装置を制御するように適合され、

前記制御ユニットは：

前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に応じて、前記標的位置及び形状に従って前記器具を配置するために必要とされる、前記器具の形状及び前記器具の移動の変更を規定する位置及び形状プランを決定し；

該決定された位置及び形状プランに従って、前記ロボット装置を制御する；ように適合され、

前記内部構造提供ユニットは、前記内部構造を示す構造画像を前記構造的情報として提供するように適合され、要素重みが、前記構造画像の要素に割り当てられ、

前記制御ユニットは、前記位置及び形状プランを実行する際に、前記器具によって少なくとも一時的に占有される前記対象物内の領域に対応する前記構造画像の要素に割り当てられた前記要素重みに依存するプラン重みが最適化されるように、前記位置及び形状プランを決定するように適合される、

ロボットシステム。

【請求項 2】

前記ロボットシステムは、前記器具を移動させる標的領域を提供する標的領域提供ユニットをさらに含み、前記標的位置及び形状提供ユニットは、前記標的領域及び前記構造的情報に基づいて、前記対象物内での前記器具の前記標的位置及び形状を決定するように適合される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

前記標的位置及び形状提供ユニットは、ユーザが前記器具の前記標的位置及び形状を変更できるように適合される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記標的位置及び形状提供ユニットは、a) ユーザが前記構造画像にマーカーを追加可能にし、b) 該追加されたマーカーに基づいて、前記対象物内での前記器具の前記標的位置及び形状を決定するように適合される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に基づいて、前記制御ユニットによって前記ロボット装置を制御するのが許可されたことを示す信号をユーザが入力する場合に、前記制御ユニットは、前記ロボット装置を制御するように適合される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記実際の位置及び形状提供ユニットは、光学的形状感知によって、前記器具の位置及び形状を提供するように適合される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記実際の位置及び形状提供ユニット及び前記制御ユニットは、前記対象物内での前記器具の移動中に、フィードバックループを提供するように適合され、前記器具の前記実際の位置及び形状は、連続的に更新され、前記ロボット装置は、前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の更新された前記実際の位置及び形状に基づいて、連続的に制御される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 8】

前記内部構造提供ユニット及び前記制御ユニットは、前記対象物内での前記器具の移動

10

20

30

40

50

中に、フィードバックループを提供するように適合され、

前記対象物の内部構造は、連続的に更新され、前記ロボット装置は、更新された前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に基づいて、連続的に制御される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 9】

前記制御ユニットは、いくつかの位置及び形状プランを決定するように適合され、前記システムは、提供された前記構造的情報によって規定されるような前記対象物の内部構造と一緒に前記決定された位置及び形状プランを表示するディスプレイをさらに含み、前記制御ユニットは、ユーザが前記決定された位置及び形状プランのいずれかを選択し、該選択された位置及び形状プランに従って前記ロボット装置を制御するのを可能にするユーザインターフェイスを提供するように適合される、

10

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 10】

前記位置及び形状プランは、前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具の形状を変更し且つ前記器具を移動させる間に使用される前記器具のプランニングされた中間位置及び形状を規定し、

前記実際の位置及び形状提供ユニットは、前記位置及び形状プランに従って前記器具の形状を変更し且つ前記器具を移動させる間に、前記器具の前記実際の位置及び形状を連続的に更新するように適合され、

20

前記位置及び形状プランに従った前記器具の形状の変更中及び前記器具の移動中に、前記制御ユニットは、前記器具の予想されるプランニングされた中間位置及び形状と前記器具の更新された実際の位置及び形状と間の偏差に応じて、前記構造的情報、前記標的位置及び形状、及び前記器具の更新された前記実際の位置及び形状に基づいて、前記位置及び形状プランを変更するように適合される、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 11】

対象物内で賦形性器具を移動させるロボットの作動方法であって、当該作動方法は：

内部構造提供ユニットが、前記対象物の内部構造に関する構造的情報を提供するステップと；

30

標的位置及び形状提供ユニットが、前記対象物内での前記器具の標的位置及び形状を提供するステップと；

実際の位置及び形状提供ユニットが、前記対象物内での前記器具の実際の位置及び形状を提供するステップと；

制御ユニットが、前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具を移動させ且つ前記器具の形状を変更させるように、前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に基づいて、前記対象物内で前記器具の形状を変更し且つ前記器具を移動させるように構成されたロボット装置を制御するステップと；

40

前記内部構造提供ユニットが、前記内部構造内の内壁に対して予め規定された安全距離内にある安全ゾーンを示すステップであって、該安全ゾーン内において、前記ロボット装置が、前記器具の形状を変更すること及び前記対象物内で前記器具を移動させることの少なくとも一方について、予め規定された力の値よりも大きい力を前記器具に適用しないようにする、安全ゾーンを示すステップと；

前記制御ユニットが、前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具の形状を変更すること及び前記器具を移動させることの少なくとも一方を行っている間に、前記予め規定された力の値よりも大きい力が前記ロボット装置によって前記安全ゾーン内の前記器具に適用されないように前記ロボット装置を制御するステップと；を含み、

前記制御ユニットは：

50

前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に応じて、前記標的位置及び形状に従って前記器具を配置するために必要とされる、前記器具の形状及び前記器具の移動の変更を規定する位置及び形状プランを決定し、
該決定された位置及び形状プランに従って、前記ロボット装置を制御する；ように適合され、

前記内部構造提供ユニットは、前記内部構造を示す構造画像を前記構造的情報として提供するように適合され、要素重みが、前記構造画像の要素に割り当てられ、

前記制御ユニットは、前記位置及び形状プランを実行する際に、前記器具によって少なくとも一時的に占有される前記対象物内の領域に対応する前記構造画像の要素に割り当てられた前記要素重みに依存するプラン重みが最適化されるように、前記位置及び形状プランを決定するように適合される、

10

作動方法。

【請求項 1 2】

コンピュータ実行可能コードが格納される非一時的なコンピュータ可読記憶媒体であって、

前記コンピュータ実行可能コードによって、ロボットシステムに、

対象物の内部構造に関する構造的情報を提供すること、

前記対象物内の器具の標的位置及び形状を提供すること、

前記対象物内の前記器具の実際の位置及び形状を提供すること、

前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具を移動させ且つ前記器具の形状を変更させるように、前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に基づいて、前記対象物内で前記器具の形状を変更し且つ前記器具を移動させるように構成されたロボット装置を制御すること、

20

前記内部構造内の内壁に対して予め規定された安全距離内にある安全ゾーンを示すことであって、該安全ゾーン内において、前記ロボット装置が、前記器具の形状を変更すること及び前記対象物内で前記器具を移動させることの少なくとも一方について、予め規定された力の値よりも大きい力を前記器具に適用しないようにする、安全ゾーンを示すこと、

前記実際の位置及び形状から前記標的位置及び形状に前記器具の形状を変更すること及び前記器具を移動させることの少なくとも一方を行っている間に、前記予め規定された力の値よりも大きい力が、前記ロボット装置によって前記安全ゾーン内の前記器具に適用されないように前記ロボット装置を制御すること、を行わせるように構成され、

30

制御ユニットが：

前記構造的情報、前記器具の前記標的位置及び形状、及び前記器具の前記実際の位置及び形状に応じて、前記標的位置及び形状に従って前記器具を配置するために必要とされる、前記器具の形状及び前記器具の移動の変更を規定する位置及び形状プランを決定し；

該決定された位置及び形状プランに従って、前記ロボット装置を制御する；ように適合され、

内部構造提供ユニットが、前記内部構造を示す構造画像を前記構造的情報として提供するように適合され、要素重みが、前記構造画像の要素に割り当てられ、

前記制御ユニットは、前記位置及び形状プランを実行する際に、前記器具によって少なくとも一時的に占有される前記対象物内の領域に対応する前記構造画像の要素に割り当てられた前記要素重みに依存するプラン重みが最適化されるように、前記位置及び形状プランを決定するように適合される、

40

非一時的なコンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物内で賦形性器具を移動させるためのロボットシステム、ロボット方法、及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

例えば会社Hansenから市販されるMagellanロボットシステム等の賦形性介入器具を身体内で、特に人の血管内でナビゲートするための医療用ロボットシステムが医師によって使用される場合に、この医師は、介入器具を身体内の所望の標的部位に到達させるように医療用ロボットシステムを制御しなければならない。医療用ロボットシステムのこの制御は、医師が比較的煩わしい介入処置を行う必要がある多くのユーザ相互作用(interaction)を必要とする。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 は、形状データを用いて、賦形可能な(shapeable)又は操作可能な器具の制御を改善するような光ファイバ器具感知システムを開示している。追加のシステムは、器具の改善したマッピング又は器具のモデル調整のためにそのような形状データを使用する。このようなシステムは、賦形性器具を解剖学的領域内で制御するロボット医療システムを含み、1つ又は複数の賦形性器具を案内するための制御装置、1つ又は複数のアクチュエータ、及び位置特定システムを有する。

10

特許文献 2 は、ブラッグセンサ光ファイバ等の光ファイバセンサを用いるロボット医療器具システム及び関連する方法に関する。一構成では、光ファイバは、細長い器具本体に結合され、1つ又は複数のブラッグ格子を有するファイバコアを含む。制御装置は、それに応答して様々なアクションを開始するように構成される。例えば、制御装置は、器具本体のグラフィカルな表現を生成し且つ表示し、その1つ又は複数の位置及び/又は向き変数を示す、或いはカテーテル又は他の器具を再配置するために器具ドライバのモーターを調整することができる。ブラッグ格子を有する光ファイバは、シース管腔内に配置された複数の作業器具、器具ドライバ、局在センサ、及び/又は画像捕捉装置を含む他のシステム構成要素と共に使用することもでき、また、患者の身体又は身体を安定化させる関連する構造に結合することもできる。

20

特許文献 3 によれば、位置付け可能な医療器具アセンブリ、例えば細長い医療機器を操作するように構成されたロボット器具ドライバは、可動関節部により第2部材に結合された第1部材を含み、ブラッグファイバセンサが、第1及び第2部材に結合されており、それによって、可動関節部に対する第1及び第2部材の相対運動が、ブラッグファイバセンサの少なくとも一部の撓みを生じさせる。ブラッグファイバセンサは、その曲げ示すブラッグファイバセンサからの信号を受信するように構成された制御装置に作動可能に結合された基端部を有し、制御部は、その信号を分析して可動関節部に関する第1及び第2の部材の相対的な位置を決定するように構成される。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 3 1 9 8 1 5 号明細書

【 特許文献 2 】 国際公開第 2 0 0 9 / 0 2 3 8 0 1 号

【 特許文献 3 】 国際公開第 2 0 0 8 / 0 9 7 5 4 0 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

40

【 0 0 0 5 】

対象物内で賦形性器具を移動させる際に、対象物内で賦形性器具をナビゲートしながらユーザ相互作用を低減させるようなロボットシステム、ロボット方法、及びコンピュータプログラムを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明の第 1 の態様では、対象物内で賦形性器具を移動させるロボットシステムが提示され、当該システムは：

対象物内で器具の形状を変更させるとともに器具を移動させるロボット装置と；

対象物の内部構造についての構造的情報を提供する内部構造提供ユニットと；

50

対象物内での器具の標的位置及び形状を提供する標的位置及び形状提供ユニットと；
対象物内での器具の実際の位置及び形状を提供する実際の位置及び形状提供ユニットと

；

実際の位置及び形状から標的位置及び形状に器具を移動させ且つ変形させるように、構造的情報、器具の標的位置及び形状、及び器具の実際の位置及び形状に基づいて、ロボット装置を制御する制御ユニットと；を有しており、

内部構造提供ユニットは、内部構造内の安全ゾーンを示すようにさらに適合され、安全ゾーンでは、ロボット装置は、対象物内で器具の形状を変更し及び／又は器具を移動させるために予め規定された力の値よりも大きい力を適用しないようにし、制御ユニットは、実際の位置及び形状から標的位置及び形状に器具の形状を変更し且つ器具を移動させる間に、予め規定された力の値よりも大きい力が安全ゾーンに全く適用されないようにロボット装置を制御するように適合される。

10

【0007】

制御ユニットが、ロボット装置を制御しながら、構造的情報を考慮するので、対象物内での器具の実際の位置及び形状から器具の標的位置及び形状への器具のナビゲーションは、器具がナビゲートされる対象物内での領域に関する知見を考慮して自動的に行うことができる。従って、対象物内での器具のナビゲーションは、ユーザ相互作用を殆ど行うことなしに、特にユーザ相互作用なしに行うことができる。

対象物は、選択的に人や動物等の生きている対象物であり、賦形性器具は、選択的に介入処置を行うための介入器具である。例えば、賦形性器具は、賦形性カテーテル、具体的には賦形性マイクロカテーテル、賦形性針、賦形性内視鏡、又は他の種類の賦形性医療装置である。

20

【0008】

ロボット装置及び器具は、器具がヒンジによって接続されるいくつかの部分を含むように一体化することができ、それによって、これら部分は、ロボット装置のモーターに接続された例えばワイヤを使用してモーターによって器具の形状を変更可能にするようにロボット装置によって互いに対して旋回可能にされる。ロボット装置は、器具全体を並進させ且つ器具全体を回転させるための少なくとも2つの更なるモーターを含むことができる。具体的には、器具全体を並進させ且つ回転させるために、ロボット装置は、器具をクランプするための機械式固定具を含むことができ、少なくとも2つの更なるモーターは、機械式固定具をレールに沿って並進させ且つ機械式固定具を回転させるように適合することができる。ロボット装置は、更なるモーターの少なくとも1つを使用して器具を機械式固定具内で回転させるように構成することもできる。ロボット装置のモーターは、構造的情報、器具の標的位置及び形状、及び器具の実際の位置及び形状に基づいて、器具の形状を変更し且つ器具を移動させるために、制御装置によって制御することができる。

30

【0009】

内部構造提供ユニットは、構造的情報が既に内部に記憶されており、構造的情報を提供するためにそこから構造的情報を読み出すことが可能な記憶装置とすることができる。しかしながら、内部構造提供ユニットは、例えば、器具が対象物内に導入される前に及び／又は器具が対象物内に導入された後に、すなわち前処置で及び／又は処置中に取得されるコンピュータ断層撮影画像又は磁気共鳴画像等の対象物の画像に基づいて、構造的情報を決定するように適合することもでき、つまり構造的情報は、構造的画像であるとみなすことができる対象物の直接的な画像とすることができる。具体的には、内部構造提供ユニットは、対象物の画像に基づいてロードマップを生成し、且つこのロードマップを構造的情報として提供するように適合させることができ、ロードマップは、器具がこれに沿って移動可能となる対象物の内部通路を規定する。

40

【0010】

予め規定された力の値は、安全ゾーンに力が全く適用されないことを示すようなゼロとすることができる。安全ゾーンは、例えば、対象物の内壁に近いゾーン又は大きく蛇行した領域である。これにより、さらに慎重に対象物内で器具を自動的に又は半自動的にナビ

50

ゲートすることが可能になり、こうして内部構造の望ましくない損傷の可能性を減少させる。

標的位置及び形状提供ユニットは、標的位置及び形状が既に内部に記憶され、標的位置及び形状を提供するためにそこから標的位置及び形状を読み出すことが可能な記憶装置とすることができる。しかしながら、標的位置及び形状提供ユニットは、例えば提供された構造的情報に基づいて対象物内での器具の標的位置及び形状を決定し、この決定された標的位置及び形状を提供するように適合させることもできる。

【0011】

ロボットシステムは、器具を移動させる標的領域を提供する標的領域提供ユニットをさらに含むことができ、ここで標的位置及び形状提供ユニットは、標的領域及び構造的情報に基づいて、対象物内での器具の標的位置及び形状を決定するように適合させることができる。具体的には、標的領域提供ユニットは、ユーザが標的領域を入力するのを可能にするように適合させることができる。例えば、標的領域提供ユニットは、ユーザが標的リング等の標的ランドマークを入力するのを可能にするように適合され、ここで標的位置及び形状提供ユニットは、入力された標的ランドマーク又は標的リング及び構造的情報に応じて標的位置及び形状を決定するように適合させることができる。具体的には、ユーザは、器具を移動すべき位置を単に入力するだけでよく、入力されると直ぐに、標的位置及び形状提供ユニットは、それに応じて標的位置及び形状を決定し、制御ユニットは、器具が入力された位置に到達するようにロボット装置を制御する。標的位置及び形状提供ユニットは、ユーザが器具の標的位置及び形状を変更できるようにさらに適合させることができる。

【0012】

標的位置及び形状提供ユニットは、構造的情報に応じて及び必要に応じて標的領域等の更なる特徴に応じて器具の位置及び形状を規定する標的ルールを提供し、且つ構造的情報、オプションの更なる特徴、及び標的ルールに応じて器具の標的位置及び形状を決定するように適合させることができる。標的ルールは、例えば、器具をナビゲートする内部リング構造に対して器具を垂直とすべきこと、対象物の内壁に対して一定の距離に器具を置くべきこと、構造的情報に示される対象物内の特定のゾーン内に強い力を適用すべきではないこと等を規定することができる。標的位置及び形状は、これらの条件が満たされるように決定することができる。

【0013】

実施形態では、内部構造提供ユニットは、内部構造を示す構造の画像を構造的情報として提供するように適合され、標的位置及び形状提供ユニットは、a) ユーザがマーカーを構造の画像に追加するのを可能にし、b) 追加されたマーカーに基づいて、対象物内での器具の標的位置及び形状を決定するように適合される。これにより、ユーザが標的位置及び形状を決定することが可能になり、次に、制御ユニットは、ユーザが決定した標的位置及び形状に従って器具を位置付けし且つ成形するようにロボット装置を特に自動的に制御することができる。例えば、ユーザは、標的位置及び形状を決定するために、標的位置及び形状提供ユニットによって自動的に接続されるいくつかのマーカーを追加してもよい。

構造の画像は、磁気共鳴画像、コンピュータ断層撮影画像、超音波画像、又は対象物の内部構造を示す他の医療用画像等の対象物の内部構造を示す任意の画像であってもよい。構造の画像は、内部構造を示す医療用画像とすることができ、例えばコンピュータ断層撮影画像又は磁気共鳴画像等から得られたロードマップから導出される。

【0014】

更なる実施態様では、実際の位置及び形状提供ユニット及び制御ユニットは、対象物内での器具の移動中に、フィードバックループを提供するように適合され、ここで器具の実際の位置及び形状は、連続的に更新され、ロボット装置は、構造的情報、器具の標的位置及び形状、及び器具の更新された実際の位置及び形状に基づいて、連続的に制御される。こうして、ロボット装置は、例えば器具を操作する際に不正確となるため、器具の意図した位置及び形状を考慮して予想されるものと異なることがある器具の実際の位置及び形状

10

20

30

40

50

に連続的に反応させることができる。従って、対象物内での器具のより正確なナビゲーションをもたらす補正ループを提供することができる。

【 0 0 1 5 】

実施形態では、代替的に又は追加的に、内部構造提供ユニット及び制御ユニットは、対象物内での器具の移動中に、フィードバックループを提供するように適合され、ここで対象物の内部構造は、連続的に更新され、ロボット装置は、更新された構造的情報、器具の標的位置及び形状、器具の実際の位置及び形状に基づいて、連続的に制御される。これにより、制御ユニットは、介入処置中に対象物内の器具によって生じる対象物の解剖学的構造内部の変化を考慮するのが可能になる。また、これは、対象物内での器具のより正確なナビゲーションを可能にする補正ループをもたらす。

10

【 0 0 1 6 】

制御ユニットは、a) 構造的情報、器具の標的位置及び形状、及び器具の実際の位置及び形状に応じて、標的位置及び形状に従って器具を配置するために必要とされるような器具の形状及び移動の変更を規定する位置及び形状プランを決定し、b) 決定された位置及び形状プランに従ってロボット装置を制御するように適合されるのが好ましい。位置及び形状プランは、器具全体の及び/又は器具の一部の並進及び/又は回転を明示的又は黙示的に規定することができる。例えば、器具の異なる部分同士の間回転及び器具全体の並進及び/又は回転は、標的位置及び形状に従って器具を配置するために必要とされるような器具の形状及び移動の変更を規定するための位置及び形状プランによって規定することができる。

20

【 0 0 1 7 】

実施形態では、内部構造提供ユニットは、内部構造を示す構造の画像を構造的情報として提供するように適合され、ここで要素の重みが、構造の画像の各要素に割り当てられ、制御ユニットは、位置及び形状プランを実行する際に、器具によって少なくとも一時的に占有される対象物内の領域に対応する構造の画像の要素に割り当てられた要素の重みに依存するようなプラン重みが最適化されるように、位置及び形状プランを決定するように適合される。例えば、プラン重みは、位置及び形状プランを実行する際に、器具によって少なくとも一時的に占有される対象物内の領域に対応する構造の画像の要素に割り当てられた要素の重みの合計とすることができる。構造の画像の要素は、好ましく、ボクセルであり、ここで構造の画像は、ロードマップ、コンピュータ断層撮影画像、磁気共鳴画像、内部構造のモデルを示す画像等であってもよい。

30

【 0 0 1 8 】

制御ユニットは、いくつかの位置及び形状プランを決定するように適合され、ここでシステムは、提供された構造的情報によって規定されるように、対象物の内部構造と一緒に決定された位置及び形状プランを表示するディスプレイをさらに含むことができ、制御ユニットは、ユーザが決定された位置及び形状プランのいずれかを選択し、この選択された位置及び形状プランに従ってロボット装置を制御するのを可能にするユーザインターフェイスを提供するように適合させることができる。こうして、ユーザは、所望の位置及び形状プランを選択することができ、選択されると直ぐに、器具は、選択された位置及び形状プランに従って器具を移動し且つその器具の形状が実際の位置及び形状から標的位置及び形状に変更されるように自動的にナビゲートすることができる。

40

【 0 0 1 9 】

実施態様では、位置及び形状プランは、器具の形状が変更され且つ器具が実際の位置及び形状から標的位置及び形状に移動する間に使用されるようにプランニングされた、器具のプランニングされた中間位置及び形状を明示的又は黙示的に規定し、この規定された位置及び形状は、器具のプランニングされた中間位置及び形状に到達させるための器具全体の及び/又は器具の一部の並進及び/又は回転ステップに対応する。ここで実際の位置及び形状提供ユニットは、器具が位置及び形状プランに従って器具の形状を変更し且つ器具を移動させる間に、器具の実際の位置及び形状を連続的に更新するように適合される。制御ユニットは、位置及び形状に従った器具の形状の変更中及び器具の移動中に、器具の予

50

想されるプランニングされた中間位置及び形状と器具の更新された実際の位置及び形状との偏差が、予め規定された閾値よりも大きい場合に、構造的情報、標的位置及び形状、及び器具の更新された実際の位置及び形状に基づいて、位置及び形状プランを変更するように適合される。こうして、ナビゲーション処理中に、器具の実際の位置及び形状を監視することができ、監視対象の実際の位置及び形状が、器具の予想されるプランニングされた中間位置及び形状から逸脱した場合に、位置及び形状プランを自動的に更新することができ、更新された位置及び形状プランに従ってナビゲーション処理を継続することができる。位置及び形状プランの変更、すなわち更新は、器具の更新された実際の位置及び形状、標的位置及び形状、及び構造的情報に基づいて、位置及び形状プランを再計算することによって行うことができる。

10

【0020】

制御ユニットは、ユーザがロボット装置の制御を中断するのを可能にするように適合させることができる。例えば、制御ユニットは、この制御ユニットが、構造的情報、器具の標的位置及び形状、及び器具の実際の位置及び形状に基づいて、ロボット装置を制御するのを許可されることを示す信号をユーザが入力する場合に、ロボット装置のみを制御するように適合させることができる。具体的には、制御ユニットは、ハンドスイッチ又はフットスイッチ等のスイッチを連続的に押した場合に、ロボット装置のみを制御するように適合させることができる。これらの制限されたユーザ相互作用によって、ユーザがナビゲーション手順に影響を与えることを可能にし、ユーザ相互作用の数を依然として比較的少なくすることができる。

20

【0021】

実施形態では、実際の位置及び形状提供ユニットは、器具全体の位置及び形状を提供するように適合される。ナビゲーション手順の間に、器具の1つ又はいくつかの部分だけでなく全体器具の位置及び形状を考慮することによって、ナビゲーション手順の精度を向上させることができる。

実際の位置及び形状提供ユニットは、光学的形状感知(OSS)によって器具の位置及び形状を提供するように選択的に適合される。これによって、例えば電磁追跡の場合に必要なとされるような電磁場等のナビゲーション磁場を提供するための更なる装置を使用することがある煩わしい追跡手順を実行するようにユーザに要求することなく、高精度の器具の位置及び形状を提供することが可能になる。

30

【0022】

本発明の別の態様では、対象物内で賦形性器具を移動させるロボット方法が提示され、当該方法は：

内部構造提供ユニットによって、対象物の内部構造についての構造的情報を提供するステップと；

標的位置及び形状提供ユニットによって、対象物内での器具の標的位置及び形状を提供するステップと；

実際の位置及び形状提供ユニットによって、対象物内での器具の実際の位置及び形状を提供するステップと；

制御ユニットによって、構造的情報、器具の標的位置及び形状、及び器具の実際の位置及び形状に基づいて、対象物内で器具の形状を変更し且つ器具を移動させるように構成されたロボット装置を制御するステップであって、実際の位置及び形状から標的位置及び形状に器具を変更させ且つ移動させる、制御するステップと；

40

ロボット装置が、器具の形状を変更させ及び/又は対象物内で器具を移動させるために、予め規定された力の値よりも大きい力を適用すべきでないような内部構造内の安全ゾーンを示すステップと；

予め規定された力の値よりも大きい力が安全ゾーンに全く適用されないようにロボット装置を制御するステップと；を含む。

【0023】

本発明の更なる態様では、対象物内で賦形性器具を移動させるためのコンピュータプロ

50

グラムが提示される。ここでコンピュータプログラムは、このコンピュータプログラムがロボットシステムを制御するコンピュータ上で実行された場合に、請求項 1 に記載のロボットシステムに、請求項 1 3 に記載のロボット方法のステップを実行させるプログラムコード手段を含む。

請求項 1 に記載のロボットシステム、請求項 1 3 に記載のロボット方法、及び請求項 1 4 に記載のコンピュータプログラムは、特に従属請求項に規定されるように、同様の及び/又は同一の好ましい実施形態を有することを理解すべきである。

なお、本発明の好ましい実施形態では、それぞれの独立請求項と従属請求項又は上述した実施形態のいずれかの組合せとし得ることを理解すべきである。

本発明のこれらの態様及び他の態様は、以下に記載される実施形態を参照して説明し、その実施形態から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図 1】身体内で賦形性器具を移動させるロボットシステムの実施形態を概略的且つ例示的に示す図である。

【図 2】ロードマップ、器具の標的位置及び形状、器具の実際の位置及び形状、及び標的領域を概略的且つ例示的に示す図である。

【図 3】身体内で賦形性器具を移動させるロボット方法の実施形態を例示的に示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0025】

図 1 は、対象物内で賦形性器具を移動させるロボットシステムの実施形態を概略的且つ例示的に示している。この実施形態では、ロボットシステム 1 は、患者テーブル等の支持手段 8 上に横たわっている人（身体）7 内で賦形性カテーテル 2 を移動させるように適合される。賦形性カテーテル 2 は、ヒンジによって接続されるいくつかの部分を含んでおり、これらの部分は、それぞれの部分に接続されたワイヤを使用して、互いに対して旋回可能となる。具体的には、それぞれのワイヤの一端が、カテーテル 2 のそれぞれの部分に接続され、それぞれのワイヤの他端が、操作ユニット 3 のそれぞれのモーターに接続され、それによってカテーテル 2 の異なる部分が、ワイヤ及び操作ユニット 3 内のモーターを介して互いに対して旋回することができる。操作ユニット 3 は、剛性を有する機械的接続部 20 を介して支持手段 8 に取り付けることができる。操作ユニット 3 は、カテーテル全体 2 を並進させるとともに、カテーテル全体 2 を回転させるための少なくとも 2 つの異なるモーターを含む。特に、カテーテル全体 2 を並進及び回転させるために、操作ユニット 3 は、カテーテル 2 をクランプするための機械式固定具を含み、ここで少なくとも 2 つの異なるモーターは、機械式固定具をレールに沿って並進させるとともに、機械式固定具を回転させるように適合される。機械式固定具を回転させる代わりに、操作ユニット 3 は、異なるモーターのうちの少なくとも 1 つを使用してカテーテル 2 を機械式固定具内で回転させるように構成してもよい。一般に、公知のロボットシステムの機械的構成は、会社Hansenから市販されているMagellanロボットシステムの機械的構成のようにカテーテルの形状を変更し、且つカテーテルを移動させるために使用することができる。

【0026】

操作可能なカテーテル 2 及び操作ユニット 3 は、人 7 内でカテーテル 2 の形状を変更するとともにカテーテル 2 を移動させるためのロボット装置を形成すると見なすことができる。

ロボットシステム 1 は、人 7 の内部構造についての構造的情報を提供するための内部構造提供ユニット 5 をさらに含む。この実施形態では、内部構造提供ユニットは、解剖学的制約を示すロードマップを提供するように適合され、ここでロードマップは、カテーテル 2 がナビゲートされる人 7 内の領域を規定する。ロードマップは、カテーテル 2 が人 7 内に導入される前に取得された又はカテーテル 2 が人 7 内に導入された後に取得されたコンピュータ断層撮影画像又は磁気共鳴画像等の人 7 の医療用画像に基づいて決定することが

10

20

30

40

50

でき、すなわち、医療用画像は、処置前画像又は処置中画像とすることができる。内部構造提供ユニット5は、これらの安全ゾーンをロードマップに示すことにより、内部構造内の安全ゾーンを示すようにさらに適合される。示された安全ゾーンは、ロボット装置2, 3が、人7内でカテーテル2の形状を変更し及び/又はカテーテル2を移動させるために予め規定された力の値よりも大きな力を適用すべきでない、人7内の領域を規定する。実施形態では、予め規定された力の値は、安全ゾーンに力を全く適用すべきではないことを示すようにゼロにされる。例えば、安全ゾーンは、身体内の血管や他の管腔の内壁に近いゾーン又は大きく蛇行した領域である。安全ゾーンは、予め規定することができ、例えば手動で予め規定することができる。しかしながら、安全ゾーンは、予め規定する安全ルールをロードマップに適用することによって自動的に決定することもでき、ここで予め規定された安全ルールは、身体内の内壁の位置等の内部構造の特徴に基づいて、安全ゾーンを規定することができる。例えば、安全ルールは、安全ゾーンが、人7内の血管や他の管腔の内壁に隣接するゾーン、すなわち内壁に対して予め規定した安全距離内にあるゾーンであるというように規定することができる。また、実施形態では、異なる安全レベルを有する様々な種類の安全ゾーンを予め規定することができ、ここで各安全レベルについて、特定の力の値が、ある安全ゾーンでは力を全く適用すべきではなく、他の安全ゾーンでは小さな力が許容されるように規定することができる。

10

【0027】

ロボットシステムは、カテーテル2を移動させる先の標的領域を提供する標的領域提供ユニット6と、人7内でのカテーテル2の標的位置及び形状を提供するための標的位置及び形状提供ユニット9とをさらに含み、ここで、標的位置及び形状提供ユニット9は、標的領域及びロードマップに基づいて、人7内でのカテーテル2の標的位置及び形状を決定するように適合される。この実施形態では、標的領域提供ユニット6は、ユーザが標的領域をロードマップに入力するのを可能にするように適合される。例えば、標的領域提供ユニット6は、キーボード、コンピュータマウス、タッチスクリーン等の入力ユニット11を介して及びロードマップを示すディスプレイ12を介してユーザが標的領域を入力するのを可能にするようなグラフィカル・ユーザインターフェイスを提供することができる。標的領域提供ユニット6は、ユーザがコンピュータ断層撮影画像又は磁気共鳴画像等のロードマップではなく他の医療用画像に標的領域を示すのを可能にするように適合させることもでき、この場合に、この他の医療用画像やロードマップは、入力された標的領域の位置がロードマップに対して既知となるように互いに対して位置合わせされる。

20

30

【0028】

ユーザによって入力された標的領域は、カテーテル2をナビゲートすべき血管開口部を取り囲む標的リングとすることができ、或いはこの標的領域は、別のランドマークとすることができ、標的位置及び形状提供ユニット9は、構造的情報に応じて及び標的領域に応じて、カテーテルの位置及び形状を規定する標的ルールを提供するように適合される。例えば、標的ルールは、カテーテルがカテーテルをナビゲートする内部リング構造に対して垂直にすべきこと、カテーテルが人の血管や他の管腔の内壁に対して特定の距離を有すべきこと、身体内の特定のゾーン、すなわち安全ゾーンにおいて、強い力を適用すべきでないこと等を規定することができる。標的位置及び形状提供ユニット9は、ロードマップ及び標的ルールが満たされるように入力された標的領域に基づいて、カテーテル2の標的形状及び位置を計算するように選択的に(preferentially)構成される。

40

【0029】

標的位置及び形状提供ユニット9は、ユーザがカテーテルの標的位置及び形状を変更するのを可能にするようにさらに適合される。こうして、標的位置及び形状提供ユニット9は、入力ユニット11と、標的位置及び形状がロードマップ及び/又は医療用画像と共に表示されるディスプレイ12とを用いて、ユーザがカテーテル2の計算された標的位置及び形状を変更するのを可能にするようなグラフィカル・ユーザインターフェイスを提供するように適合することもできる。

【0030】

50

ロボットシステム 1 は、人 7 内でのカテーテル 2 の実際の位置及び形状を提供するための実際の位置及び形状提供ユニット 10 をさらに含む。この実施形態では、カテーテル 2 には、OSS ファイバを備え付けられており、この OSS ファイバは、OSS を使用することによって人 7 内でのカテーテル 2 の実際の位置及び形状を提供するための実際の位置及び形状提供ユニット 10 に接続される。人 7 内でのカテーテル 2 の実際の位置及び形状を決定するために、米国特許第 7,772,541 号に開示された技術等の公知の OSS 技術を使用することができ、この文献は、参照することにより本明細書に組み込まれる。実際の位置及び形状提供ユニット 10 は、カテーテル 2 の特定の部分だけでなく、カテーテル全体 2 の位置及び形状を提供するように適合される。

【0031】

ロボットシステム 1 は、ロードマップ、カテーテル 2 の標的位置及び形状、カテーテル 2 の実際の位置及び形状に基づいて、ロボット装置 2, 3 を制御する制御ユニット 4 をさらに含む。特に、制御ユニット 4 は、ロードマップ、カテーテル 2 の標的位置及び形状、及びカテーテル 2 の実際の位置及び形状に応じて、標的位置及び形状に従ってカテーテル 2 を配置するために必要とされる、カテーテル 2 の形状及び移動の変更を規定する位置及び形状プランを決定し、且つ決定された位置及び形状プランに従って、ロボット装置 2, 3、特に操作ユニット 3 のモーターを制御するように適合される。制御ユニット 4 は、カテーテル 2 の形状を変更し且つカテーテル 2 を実際の位置及び形状から標的位置及び形状に移動させる間に使用されるようにプランニングされる、カテーテル 2 のプランニングされた中間位置及び形状を決定することによって、位置及び形状プランを決定するように適合させることができる。ここで実際の位置及び形状提供ユニット 10 は、カテーテル 2 の形状を変更し且つ位置及び形状プランに従ってカテーテル 2 を移動させる間に、カテーテル 2 の実際の位置及び形状を連続的に更新するように適合させることができる。制御ユニット 4 は、位置及び形状プランに従ったカテーテル 2 の形状の変更中及びカテーテル 2 の移動中に、ロードマップ、標的位置及び形状、及びカテーテル 2 の更新された実際の位置及び形状に基づいて、カテーテル 2 の予想されるプランニングされた中間位置及び形状とカテーテル 2 の更新された実際の位置及び形状との偏差が、予め規定された閾値よりも大きい場合に、位置及び形状プランを変更するように適合される。こうして、実際の位置及び形状提供ユニット 10 及び制御ユニット 4 は、人 7 内でカテーテル 2 を移動させ且つカテーテル 2 の形状を変更させる間に、フィードバックループを提供するように選択的に適合される。ここでカテーテル 2 の実際の位置及び形状は連続的に更新され、操作ユニット 3 のモーターは、ロードマップ、カテーテル 2 の標的位置及び形状、カテーテル 2 の更新された実際の位置及び形状に基づいて、連続的に制御される。位置及び形状プランは、カテーテル 2 の更新された実際の位置及び形状に基づいて連続的に更新され、制御ユニット 4 は、更新された位置及び形状プランに従って、ロボット装置 2, 3 を制御する。

【0032】

位置及び形状プラン 2 は、カテーテルの形状を変更するために、カテーテル全体 2 の並進及び回転と、カテーテル 2 の部分の互いに対する回転とを規定することができ、それによって、プランニングされた中間の位置及び形状が標的位置及び形状に最終的に到達する。位置及び形状プランは、対応するコマンドを操作ユニット 3 のモーターに送信することによって実行することができ、ここでこのコマンドは、プランニングされた中間位置及び形状が標的位置及び形状に最終的に到達するように、モーターに指示してカテーテル 2 を移動させ且つカテーテルの形状を変更する。制御ユニット 4 は、それぞれの標的位置及び形状、実際の位置及び形状、及びロードマップに応じて、位置及び形状プランを規定する予め規定されたプランルールに基づいて、位置及び形状プランを決定するように適合させることができる。例えば、プランルールは、標的領域が標的リングによって規定される場合に、標的リングを器具によって垂直方向に接近させる必要があること、及び / 又は予め規定された力の値よりも大きい力が安全ゾーンに全く適用されないようにすること、特に、力の値がゼロである場合に、器具が安全ゾーンを通過して移動できないこと、を規定することができる。これに対応して、プランルールは、一連の標的リングが提供される場合に

、これら標的リングを器具によって垂直方向に接近させる必要があること、及び／又は予め規定された力の値よりも大きい力が安全ゾーンに全く適用されないようにすること、特に、力の値がゼロである場合に、器具が安全ゾーンを通過して移動できないこと、を規定することができる。プランルールは、形状の変更や移動がロードマップに示された管腔内でのみ行われることをさらに規定することができる。また、別の可能なプランルールは、血管開口部をこの血管開口部の横断面に対して垂直方向に接近させる必要があること、及び／又は標的位置及び形状がカテーテルの最小数の形状変更や移動等で達成されるべきことを規定することができる。

【 0 0 3 3 】

代替的に又は追加的に、リスク値等の要素重みを、ロードマップの要素に、具体的にはロードマップのボクセルに割り当てることができ、プランルールは、位置及び形状プランを実行する際に、カテーテル 2 によって少なくとも一時的に占有される人 7 内の領域に対応するようなロードマップの要素に割り当てられた要素の重みの合計に依存するプランの重みが最適化される、特に最小化されるように、位置及び形状プランを決定すべきことを規定することができる。例えば、いくつかの位置及び形状プランは、標的領域が標的リングによって規定される場合に、標的リングを器具によって垂直方向に接近させる必要があること、及び／又は予め規定された力の値よりも大きい力を安全ゾーンに全く適用されないようにすること、及び／又は形状の変更や移動がロードマップに示された管腔内でのみ行われること、及び／又は血管開口部をこの血管開口部の横断面に対して垂直方向に接近させる必要があることを規定するようなプランルールに基づいて決定することができる。ここで、プランルールは、位置及び形状プランが、これらの決定された位置及び形状プランから最適なプラン重みを有する、特に最小のプラン重みを有するように選択されることをさらに規定することができる。制御ユニット 4 は、ユーザが所望の位置及び形状プランを選択するのを可能にするように適合させることができる。特に、決定された位置及び形状プランを、ディスプレイ 1 2 上にロードマップと一緒に示すことができ、及び制御ユニット 4 は、ユーザが決定された位置及び形状プランのいずれかを選択し、選択された位置及び形状プランに従ってロボット装置 2 , 3 を制御するのを可能にするようなグラフィカル・ユーザインターフェイスを提供するように適合させることができる。

【 0 0 3 4 】

制御ユニット 4 は、ユーザが操作ユニット 3 の自動制御を中断するのを可能にするように適合され得る。特に、制御ユニット 4 は、ロードマップ、カテーテル 2 の標的位置及び形状、及びカテーテル 2 の実際の位置及び形状に基づいて、制御ユニット 4 によって操作ユニット 3 を制御するのが可能になることを示す信号をユーザが入力した場合に、操作ユニット 3 のみを制御するように適合させることができる。例えば、制御ユニット 4 は、入力ユニット 1 1 のスイッチ又は別のスイッチが押された場合に、操作ユニット 3 のみを制御するように適合させることができ、スイッチが押されない場合に、制御は中断される。スイッチは、ハンドスイッチ又はフットスイッチであってもよい。ロボットシステムが自動的に制御されない場合に、ユーザは、ロードマップ、カテーテル 2 の実際の位置及び形状、及び標的領域が、ディスプレイ 1 2 上に示される間に、入力ユニット 1 1 を用いてカテーテル 2 の位置及び形状を制御することができる。

【 0 0 3 5 】

図 2 は、カテーテル 2 をナビゲートすべき 2 つの標的リング 1 6 , 1 7、カテーテル 2 の標的位置及び形状 1 4、及びカテーテル 2 の実際の位置及び形状 1 5 を含むロードマップ 1 3 を概略的に及び例示的に示す。

以下では、対象物内で賦形性器具を移動させるロボット方法の実施形態について、図 3 に示されるフローチャートを参照して例示的に説明する。

【 0 0 3 6 】

ステップ 1 0 1 において、内部構造提供ユニット 5 は、人 7 の内部構造を示すロードマップ 1 3 を提供し、ステップ 1 0 2 において、標的位置及び形状提供ユニット 9 は、人 7 内でのカテーテル 2 の標的位置及び形状 1 4 を提供する。例えば、標的位置及び形状 1 4

は、標的リング16, 17及びロードマップ13に基づいて、標的位置及び形状提供ユニット9によって提供することができる。ステップ103において、人7内でのカテーテル2の実際の位置及び形状15は、OSSを使用して実際の位置及び形状提供ユニット10によって決定され、ステップ104において、操作ユニット3は、ロードマップ13、カテーテル2の標的位置及び形状14、及びカテーテル2の実際の位置及び形状15に応じて、制御ユニット4により制御される。ステップ103及び104は、操作ユニット3の制御が、カテーテル2の更新された実際の位置及び形状をフィードバックとして考慮することができるように、ループで実行される。ユーザが制御プロセスを中断する場合又はカテーテル2が標的位置及び形状に到達した場合に、方法はステップ105で終了する。

【0037】

10

図1及び図3を参照して上述したロボットシステム及び方法は、1つ又はいくつかの標的、すなわち1つ又はいくつかの標的領域に基づいて、及び解剖学的制約のロードマップに基づいて、標的位置及び形状を導出する。また、モーター制御とみなすこともできる制御ユニット4は、ユーザ相互作用を全く使用せずに又はごく少数のユーザ相互作用を用いて身体内にカテーテルをナビゲートするために、連続的に監視された実際の位置及び形状と一緒にこれらの入力を使用する。その少数のユーザ相互作用は、標的位置及び形状の変更、モーター駆動の中断を含むことができ、ここでモーター駆動は、フットスイッチやハンドスイッチを連続的に押した場合にのみ有効になり、標的プランを再開する、すなわち位置及び形状プランの決定を再開することができる。

【0038】

20

ロードマップは、処置前の及び/又は処置中の医療用データから生成することができる。ロボットシステムの安全な制御を提供するために、ロードマップは、強い力を勧められないゾーン、例えば、内壁に近いゾーン、大きく蛇行した領域内のゾーン、及び解剖学的に危険な領域内のゾーン、すなわち弱い部分として知られているため容易に損傷を受けることが知られているゾーンを含む。

標的位置及び形状は、プラン情報から、例えば入力された標的領域から、ロードマップから、又は参照の同一フレーム内の別の解剖学的コンテキストから導出することができる。例えば、標的領域は、ユーザが標的とするランドマーク又はリングをディスプレイ12上に示されるロードマップ又は医療用画像等の他の解剖学的データに追加するのを可能にすることによって形成することができる。ここで標的位置及び形状は、解剖学的なコン

30

【0039】

位置及び形状プランは、例えば、長手方向の並進ベクトル及び回転角によって規定されるより小さなステップに細分化することができる。長手方向の並進ベクトルは、器具をそれぞれのステップでどの方向にどれ位の量を移動すべきかを規定することができ、回転角は、それぞれのステップで使用する必要がある、器具のそれぞれの部分同士の間回転と器具全体の回転とを規定することができる。各中間ステップでは、対応するモーターは、ユーザによって作動させることができ、位置及び形状の再構成からの即座のフィードバック、すなわち実際の位置及び形状は、プランニングされた中間位置及び形状を実際の位置及び形状と比較するために使用することができる。プランニングされた中間位置及び形状が、所定の差分だけ実際の位置及び形状と異なる場合に、システムが停止し、再計算することができる。ユーザは、標的位置及び形状、すなわち最終的に所望する標的位置及び形状に、また、その中間標的位置及び形状を再規定するか選択肢から選択することによって、それぞれの中間ステップを行った後に得られた中間標的位置及び形状にいつでも修正を加えることもできる。ユーザは、作動を停止するように選択することもできる。

40

【0040】

上述した実施形態では、賦形性器具がカテーテルであるが、別の実施形態では、賦形性器具が、針(needle)等の別の器具とすることができる。針の経路について、安全ゾーンが、神経組織、脂肪組織及び/又は血管によって選択的に規定される。

50

ロボットシステムは、あらゆる制約環境で、特に人や動物内のあらゆる管腔に賦形性器具をナビゲートするように適合させることができる。例えば、ロボットシステムは、血管内の、管腔内の、脊髄内の等のナビゲーションを提供するように適合させることができる。

【0041】

上述した実施態様では、標的位置及び形状提供ユニットは、ロードマップ及び標的領域に基づいて、標的位置及び形状を決定するように適合させることができるが、他の実施形態では、標的位置及び形状提供ユニットは、ユーザが、標的領域を規定するだけでなく、標的位置及び形状をより直接的に規定するのを可能にするように適合され得る。例えば、標的位置及び形状提供ユニットは、ユーザが人の内部構造を示すコンピュータ断層撮影画像又は磁気共鳴画像等のロードマップや他の種類の画像にマーカーを追加し、この追加されたマーカーに基づいて、身体内でのカテーテルの標的位置及び形状を決定するのを可能にするように適合させることができる。例えば、ユーザは、標的位置及び形状を決定するために、標的位置及び形状提供ユニットによって自動的に接続されるいくつかのマーカーを追加することができる。

10

【0042】

上述した実施形態では、ロードマップは、人の内部構造として提供されるが、ロードマップは、介入処置前に取得されたコンピュータ断層撮影画像又は磁気共鳴画像等の医療用画像に基づいて決定してもよく、他の実施形態では、内部構造提供ユニットは、介入処置中に取得される例えばライブの3次元超音波画像等のライブの3次元医療用画像を提供するように適合させることもできる。ここで制御ユニットは、ライブの3次元画像に示される内部構造、器具の実際の位置及び形状、及び器具の標的位置及び形状に基づいて、ロボット装置を制御するように適合させることができる。これにより、制御ユニットは、介入処置の間に、身体内の器具によって引き起こされる人の内部解剖学的構造の変化を考慮することができる。

20

【0043】

開示された実施形態に対する他の変形形態が、図面、明細書の開示、及び添付の特許請求の範囲の検討から、特許請求の範囲に記載された発明を実施する際に当業者によって理解され且つ行うことができる。

請求項において、単語「備える、有する、含む(comprising)」は、他の要素又はステップを排除するものではなく、不定冠詞「1つの(a, an)」は、複数を除外するものではない。

30

単一のユニット又は装置が、請求項に列挙されるいくつかのアイテムの機能を満たすことができる。特定の手段が互いに異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの手段の組合せが有利に使用することができないことを示すものではない。

【0044】

1つ又はいくつかのユニット又は装置によって実行される標的位置及び形状の決定、内部構造の設定等の手順は、他の数のユニット又は装置で行うことができる。ロボット方法に従ったロボットシステムのこれらの手順及び/又は制御は、コンピュータプログラムのプログラムコード手段として及び/又は専用ハードウェアとして実装することができる。

40

コンピュータプログラムは、他のハードウェアと一緒に供給される又は他のハードウェアの一部として供給される光記憶媒体又は固体媒体等の適切な媒体に記憶/で配布してもよいが、インターネット或いは他の有線又は無線通信システムを介して他の形態で配布してもよい。

【0045】

請求項におけるあらゆる参照符号は、特許請求の範囲を限定するものとして解釈すべきではない。

本発明は、人等の対象物内で賦形性カテーテル等の賦形性器具を移動させるロボットシステムに関する。このシステムは、器具の形状を変更するとともに、対象物内で器具を移動させるロボット装置と、器具を移動させ且つ器具の形状を実際の位置及び形状から標的

50

位置及び形状に変更させるように、ロードマップ、標的位置及び形状、及び実際の位置及び形状等の構造的情報に基づいて、ロボット装置を制御する制御ユニットとを有する。制御ユニットは、ロボット装置を制御しながら、構造的情報を考慮するので、器具のナビゲーションは、器具がナビゲートされる対象物内の領域についての知見を考慮して自動的に行うことができる。従って、ナビゲーションは、ユーザ相互作用を用いずに又はごく少数のユーザ相互作用を用いて実行することができる。

【図 1】

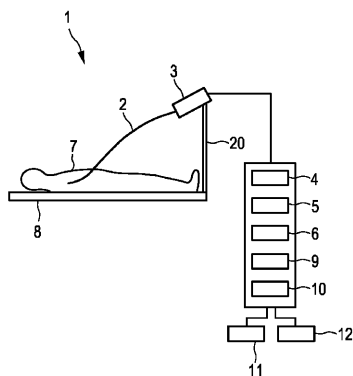


FIG. 1

【図 2】

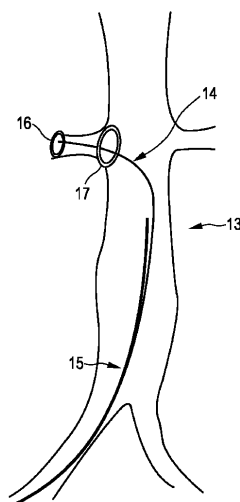


FIG. 2

【図 3】

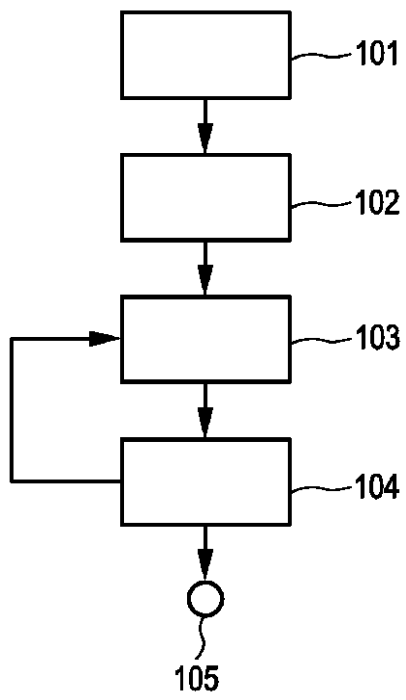


FIG. 3

フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 デニッセン, サンデル ハンス

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス 5

審査官 宮下 浩次

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 3 1 9 8 1 5 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 4 9 5 0 6 (U S , A 1)

特表 2 0 1 3 - 5 1 9 4 3 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 3 4 / 0 0 - 3 4 / 3 7