

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7232051号  
(P7232051)

(45)発行日 令和5年3月2日(2023.3.2)

(24)登録日 令和5年2月21日(2023.2.21)

(51)国際特許分類

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

F I

A

請求項の数 14 (全14頁)

(21)出願番号	特願2018-551379(P2018-551379)	(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 52 High Tech Campus 52, 5656 AG Eindhoven, N etherlands
(86)(22)出願日	平成29年3月28日(2017.3.28)		
(65)公表番号	特表2019-512354(P2019-512354 A)		
(43)公表日	令和1年5月16日(2019.5.16)		
(86)国際出願番号	PCT/EP2017/057316		
(87)国際公開番号	WO2017/167754		
(87)国際公開日	平成29年10月5日(2017.10.5)		
審査請求日	令和2年3月25日(2020.3.25)	(74)代理人	110001690 弁理士法人M&Sパートナーズ
審判番号	不服2021-17249(P2021-17249/J 1)	(72)発明者	ポポヴィッチ アレクサン德拉 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
審判請求日	令和3年12月14日(2021.12.14)		
(31)優先権主張番号	62/315,785		
(32)優先日	平成28年3月31日(2016.3.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 カテーテル配置のための画像誘導ロボット

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

医療機器のロボットであって、1つ以上のロボット制御されるジョイントの動作によりボリューム内でステアリングされる操縦可能デバイスと、前記1つ以上のロボット制御されるジョイントを制御するデバイス制御システムと、を含み、前記デバイス制御システムは、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置のフィードバックに基づいて、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置を評価し、前記操縦可能デバイスの進路の計画に従って、前記操縦可能デバイスの前進又は引き戻しに応じて前記1つ以上のロボット制御されるジョイントを自動制御する、ロボット。

## 【請求項2】

前記1つ以上のロボット制御されるジョイントは、少なくとも2つの回転自由度を含む、請求項1に記載のロボット。

## 【請求項3】

前記デバイス制御システムは、前記操縦可能デバイスを進路に向けてステアリングするために、前記1つ以上のロボット制御されるジョイントの回転を制御する、請求項1に記載のロボット。

## 【請求項4】

前記デバイス制御システムは、前記操縦可能デバイスが分岐構造に近づく最中の前記操

縦可能デバイスの位置、方向及び速度に基づいて、前記1つ以上のロボット制御されるジョイントの回転量を制御する、請求項1に記載のロボット。

【請求項5】

前記1つ以上のロボット制御されるジョイントは、複数の並進可能ロッドを含むエンドエフェクタを含み、前記複数の並進可能ロッドの位置が、前記複数の並進可能ロッドを支えるシャフトの長手軸に対する前記エンドエフェクタの回転を提供する、請求項1に記載のロボット。

【請求項6】

前記デバイス制御システムは、前記1つ以上のロボット制御されるジョイントを制御するため、動態を評価するための運動学的モデルを含む、請求項1に記載のロボット。

10

【請求項7】

医療機器のロボットの誘導システムであって、

1つ以上のロボット制御されるジョイントの動作によりボリューム内でステアリングされる操縦可能デバイスと、

前記1つ以上のロボット制御されるジョイントを制御するデバイス制御システムと、  
前記デバイス制御システムから前記操縦可能デバイスの位置情報を受信し、単一の座標系における前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置を特定し、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置のフィードバックを前記デバイス制御システムへ送信する画像制御システムと、を含み、

前記デバイス制御システムは、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置のフィードバックに基づいて、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置を評価し、前記操縦可能デバイスの進路の計画に従って、前記操縦可能デバイスの前進又は引き戻しに応じて前記1つ以上のロボット制御されるジョイントを自動制御する、誘導システム。

20

【請求項8】

前記画像制御システムは、単一の座標系における前記操縦可能デバイスの位置を特定するため、術前画像と術中画像とを位置合わせする、請求項7に記載の誘導システム。

【請求項9】

前記術中画像は、カメラ画像又はX線画像のうちの一方を含む、請求項8に記載の誘導システム。

【請求項10】

前記デバイス制御システムは、前記操縦可能デバイスを進路に向けてステアリングするために、前記ロボット制御されるジョイントの回転を制御する、請求項7に記載の誘導システム。

30

【請求項11】

前記デバイス制御システムは、前記操縦可能デバイスが分岐構造に近づく最中の前記操縦可能デバイスの位置、方向及び速度に基づいて、前記ロボット制御されるジョイントの回転量を制御する、請求項7に記載の誘導システム。

【請求項12】

前記ロボット制御されるジョイントは、複数の並進可能ロッドを含むエンドエフェクタを含み、前記複数の並進可能ロッドの位置が、前記複数の並進可能ロッドを支えるシャフトの長手軸に対する前記エンドエフェクタの回転を提供する、請求項7に記載の誘導システム。

40

【請求項13】

1つ以上のロボット制御されるジョイントの動作によりボリューム内でステアリングされる操縦可能デバイスを含む医療機器のロボットの誘導システムの制御を前記誘導システムのコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

前記誘導システムの画像制御システムが、前記誘導システムのデバイス制御システムから前記操縦可能デバイスの位置情報を受信し、単一の座標系における前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置を特定し、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置のフィードバックを前記デバイス制御システムへ送信するステップと、

50

前記デバイス制御システムが、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置のフィードバックに基づいて、前記操縦可能デバイスのボリューム内における位置を評価し、前記操縦可能デバイスの進路の計画に従って、前記操縦可能デバイスの前進又は引き戻しに応じて前記1つ以上のロボット制御されるジョイントを自動制御するステップと、を前記コンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項14】

前記画像制御システムが、単一の座標系における前記操縦可能デバイスの位置を特定するため、術前画像と術中画像とを位置合わせするステップを更に含む、請求項13に記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、医療機器に関し、より具体的には、医学的応用において被制御ジョイントを使用してデバイスをロボットでステアリングするシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

バルーンサイヌプラスティ (balloon sinuplasty) は、副鼻腔感染症の症状から患者を解放するために、詰まった副鼻腔内にバルーンカテーテルが挿入される処置である。この処置中に、ガイドカテーテルが鼻を通り副鼻腔へと挿入される。ガイドカテーテルは、適切な副鼻腔に侵入し易くするために先端が曲がっている。ガイドワイヤがカテーテル内に入れられ、ガイドカテーテルは、ガイドワイヤが正しい位置となると、引き戻される。バルーンカテーテルが、ガイドワイヤの上に置かれ、バルーンが膨らまされて空気通路が開かれる。この処置は、フレキシブル内視鏡及びX線の誘導下で行われる。X線は、通常、ガイドワイヤが適切な副鼻腔開口内に入れられたことを確認するために使用される。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

副鼻腔の解剖学的構造は非常に複雑で、鼻から副鼻腔空洞に達するまで複数の急な湾曲部を含む。更に、治療を成功させるためには、バルーンを展開するのに適切な場所を見つけることが必要である。ナビゲーションは、次に説明する問題の幾つかによって更に妨害される。例えばガイドカテーテルの制御が複雑である。外科医は、曲がった先端の適切な角度を選択する必要があるが、これは、患者のコンピュータ断層撮影 (CT) スキャンから決定される。そして、ガイドカテーテルは、湾曲部を副鼻腔の侵入点に配置されるように旋回及び回転される。処置は、ガイドカテーテル内に挿入される光ファイバ内視鏡並びに / 又は生体構造及びデバイスの2次元画像を撮るCアームX線システムを含む画像誘導下で行われる。2D画像は複雑な3D生体構造を捉えることができないため、X線誘導は、困難な場合がある。内視鏡誘導は、副鼻腔開口を、それがカテーテルの前にある場合のみ示すことができる。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

本原理によれば、ロボットが操縦可能デバイスを含み、当該操縦可能デバイスは、当該操縦可能デバイスをステアリングする1つ以上のロボット制御されるジョイントを有する。デバイス制御システムが、ターゲットに向かう操縦可能デバイスのナビゲーションと一致する方向に操縦可能デバイスをステアリングするために、制御コマンドが1つ以上のロボット制御されるジョイントに出されるように、画像制御システムからの画像フィードバック又はボリューム内の計画のうちの一方に従って、操縦可能デバイスの位置決めを調整する。

40

【0005】

誘導システムが、調整可能な先端部を有する操縦可能デバイスを含み、先端部は、ロボット制御可能なジョイントに結合される。画像制御システムが、ボリューム内の操縦可能

50

デバイスの位置を評価するために、術中画像を術前画像と組み合わせる。デバイス制御システムが、画像制御システムから位置情報を受信し、運動学的モデルを使用して、ボリューム内の操縦可能デバイスの位置決めを評価する。デバイス制御システムは、ターゲットに向かう操縦可能デバイスのナビゲーションと一致する方向に操縦可能デバイスをステアリングするために、制御コマンドをロボット制御されるジョイントに出す。

【0006】

誘導方法が、ステアリングされる調整可能なロボット制御されるジョイントを有する操縦可能デバイスを、ボリューム内に挿入するステップと、ボリューム内の操縦可能デバイスの位置又は画像フィードバックを提供するステップと、フィードバックを受信し、ボリューム内の操縦可能デバイスの位置決めを評価し、操縦可能デバイスをステアリングするよう制御コマンドをロボット制御されるジョイントに出すデバイス制御システムを使用して、計画に従ってターゲットに向かって操縦可能デバイスを自動的にナビゲートするステップとを含む。

【0007】

本開示のこれら及び他の目的、特徴並びに利点は、添付図面と併せて読まれるべきであるその例示的な実施形態の以下の詳細な説明から明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

本開示は、次の図面を参照して、好適な実施形態の説明を以下に詳述する。

【0009】

【図1】図1は、一実施形態に従って、医療デバイスの操縦可能先端部を形成するようにロボット制御されるジョイントを有する操縦可能デバイスを使用する誘導システムを示すロック／フロー図である。

【図2】図2は、例示的な実施形態に従って、（例えばロボット制御される）操縦可能デバイスを誘導する方法を示すフロー図である。

【図3】図3は、一実施形態に従って、3つの回転自由度及び並進を有する例示的なジョイントを示す図である。

【図4A】図4Aは、一実施形態に従って、分岐構造に近づく操縦可能デバイスを示す図である。

【図4B】図4Bは、一実施形態に従って、所望の進路を選択するように調整された後の図4Aの操縦可能デバイスを示す図である。

【図5】図5は、別の実施形態に従って、操縦可能デバイス及びデバイス制御システムを使用するロボットを示すロック／フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本原理に従って、副鼻腔、他の複雑な空洞又は内腔の網状組織内にガイドワイヤを配置するために画像誘導システムを使用して誘導される被作動ロボット制御ジョイントを含む操縦可能デバイス用のシステム及び方法が提供される。操縦可能デバイスは、1つ以上のジョイントを含み、ロボットと呼ばれる。ジョイントは、操縦可能デバイスを正しい通路へと誘導するために、当該デバイスの形状を変更する。ガイドワイヤは、操縦可能デバイスのルーメン内に入れられる。画像制御システムが、術前画像及び術中画像の統合を行い、当該画像から、操縦可能先端を誘導しなければならない生体構造内の場所と、操縦角とを決定する。

【0011】

当然ながら、本発明は、医療機器に関して説明されるが、本発明の教示内容は、はるかに広義であり、身体の任意の部分における使用のための任意の操縦可能機器に適用可能である。幾つかの実施形態では、本原理は、複雑な生体系又は機械系の追跡又は解析に使用される。特に、本原理は、生体系の内部追跡及び手術処置、並びに、肺、脳、心臓、胃腸管、排泄器、血管といった身体のあらゆる領域における処置に適用可能である。図面に示される要素は、ハードウェア及びソフトウェアの様々な組み合わせで実現されてよく、単

10

20

30

40

50

一の要素又は複数の要素にまとめられる機能を提供する。

【0012】

図面に示される様々な要素の機能は、専用ハードウェアだけでなく、適切なソフトウェアに関連してソフトウェアを実行可能であるハードウェアを使用することによって提供可能である。当該機能は、プロセッサによって提供される場合、単一の専用プロセッサによって、単一の共有プロセッサによって、又は、複数の個別のプロセッサによって提供可能であり、個別のプロセッサのうちの幾つかは共有されてよい。更に、「プロセッサ」又は「コントローラ」との用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行可能なハードウェアを排他的に指すと解釈されるべきではなく、デジタル信号プロセッサ（「DSP」）ハードウェア、ソフトウェアを記憶する読み出し専用メモリ（「ROM」）、ランダムアクセスメモリ（「RAM」）、不揮発性記憶装置等を暗に含むが、これらに限定されない。

10

【0013】

更に、本発明の原理、態様及び実施形態だけでなく、これらの具体例を列挙する本明細書におけるすべての記述は、これらの構造上の等価物及び機能上の等価物の両方を包含することを意図している。更に、このような等価物は、現在知られている等価物だけでなく、将来開発される等価物（即ち、構造に関係なく、同じ機能を行うように開発される任意の要素）の両方も含むことを意図している。したがって、例えば当業者であれば、本明細書において提示されるブロック図は、本発明の原理を具現化する例示的なシステムコンポーネント及び／又は回路の概念図を表すことは理解できるであろう。同様に、当然ながら、任意のフローチャート、フロー図等は、コンピュータ可読記憶媒体において実質的に表現される様々な処理を表し、したがって、コンピュータ又はプロセッサによって、当該コンピュータ又はプロセッサが明示的に示されているか否かに問わらず、実行される。

20

【0014】

更に、本発明の実施形態は、コンピュータ若しくは任意の命令実行システムによる又は当該コンピュータ若しくはシステムに関連して使用されるプログラムコードを提供するコンピュータ使用可能又はコンピュータ可読記憶媒体からアクセス可能であるコンピュータプログラムプロダクトの形を取ることができる。本説明のために、コンピュータ使用可能又はコンピュータ可読記憶媒体は、命令実行システム、装置若しくはデバイスによる又は当該システム、装置若しくはデバイスに関連して使用されるプログラムを、含む、記憶する、通信する、伝搬する又は運搬する任意の装置であってよい。媒体は、電子、磁気、光学、電磁、赤外若しくは半導体システム（若しくは装置若しくはデバイス）又は伝搬媒体であってよい。コンピュータ可読媒体の例には、半導体若しくは固体メモリ、磁気テープ、取り外し可能なコンピュータディスクケット、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、剛性磁気ディスク及び光学ディスクが含まれる。光学ディスクの現在の例には、コンパクトディスク - 読み出し専用メモリ（CD-ROM）、コンパクトディスク - 読み出し／書き込み（CD-R/W）、ブルーレイ（登録商標）及びDVDが含まれる。

30

【0015】

明細書における本原理の「一実施形態（one embodiment又はan embodiment）」だけでなくその他の変形例への参照は、実施形態に関連して説明される特定の特徴、構造、特性等が、本原理の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、明細書全体を通して様々な場所における「一実施形態において」との表現だけでなく任意の他の変形例の出現は、必ずしもすべて同じ実施形態を指しているわけではない。

40

【0016】

当然ながら、次の「／」、「及び／又は」及び「少なくとも1つの」、例えば「A／B」、「A及び／又はB」及び「A及びBの少なくとも1つ」のうちの何れか1つの使用は、第1のオプションだけの選択（A）、第2のオプションだけの選択（B）、又は、両方のオプションの選択（A及びB）を包含することを意図している。更なる例として、「A、B及び／又はC」及び「A、B及びCの少なくとも1つ」の場合、このような表現は、第1のオプションだけの選択（A）、第2のオプションだけの選択（B）、第3のオプシ

50

ヨンだけの選択 (C)、第1及び第2のオプションだけの選択 (A及びB)、第1及び第3のオプションだけの選択 (A及びC)、第2及び第3のオプションだけの選択 (B及びC)、又は、すべてのオプションの選択 (A、B及びC)を包含することを意図している。これは、当技術分野及び関連の技術分野における当業者には容易に理解されるように、列挙されるアイテムの数だけ拡大適用される。

#### 【0017】

更に、当然ながら、要素、領域又は材料といった要素が、別の要素の「上 (on又はover)」にあると言及される場合、当該要素は、当該他の要素の上に直接あっても、介在要素が存在していてもよい。対照的に、要素が、別の要素の「上に直接ある」と言及される場合、介在要素は存在しない。当然ながら、要素が、他の要素に「接続」又は「結合」されると言及される場合、当該要素は、当該他の要素に直接的に接続又は結合されていても、介在要素が存在していてもよい。対照的に、要素が、別の要素に「直接的に接続される」又は「直接的に結合される」場合、介在要素は存在しない。

10

#### 【0018】

次に、図面を参照する。図面中、同じ参照符号が同じ又は同様の要素を示す。最初に、図1を参照する。一実施形態にしたがって、被験者内の組織におけるロボット誘導のためのシステム100が例示的に示される。システム100は、ワークステーション又はコンソール112を含み、そこから、処置が監視及び/又は管理される。ワークステーション112は、好適には、1つ以上のプロセッサ114と、プログラム及びアプリケーションを記憶するメモリ116とを含む。メモリ116は、1つ以上の入力部から提供されるユーザ入力及び/又はフィードバックにしたがって作動される1つ以上のロボットジョイント108及び他の可能なロボット制御される特徴の動作及びプログラミングを制御するデバイス制御システム130を記憶する。システム100は、操縦可能デバイス102と、例えば副鼻腔空洞等である管又は空洞の複雑な又は分岐する網状組織内にガイドワイヤを配置することを可能にする画像誘導又は制御システム106とを含む。被作動デバイス102は、1つ以上のジョイント108を含む。ジョイント108は、操縦可能デバイス102の先端をステアリングする。画像制御システム又は画像誘導システム106は、術前画像142及び術中画像144の統合を行い、当該画像142、144から、デバイス102(例えばカテーテル又はカテーテル状デバイス)の操縦可能先端124をステアリングする必要のある生体構造内の場所と、操縦角とを決定する。

20

#### 【0019】

一実施形態では、操縦可能デバイス102は、(例えば医用位置決めアームを使用して)近位端における空間に固定される。各ジョイント108の座標フレームが、近位端における座標系(固定座標系)で定義される。各ジョイント108用の各モータ(図示せず)の位置が、モータエンコーダから分かっているので、各ジョイント108の位置及び3つの方位角も、固定座標系で分かっている。

30

#### 【0020】

このビューを固定座標フレームにおけるデバイス102の3D位置と位置合わせするために、固定座標系におけるジョイントの位置と、X線画像(又は他の画像)におけるジョイントの位置とが対応させられる。撮像システム111によって撮られた画像において、閾値化セグメンテーション及び形状フィッティングといった当技術分野において知られている画像処理方法を使用して、各剛体セグメントが検出される。或いは、X線不透過マークを各ジョイント108に取り付けてもよい。

40

#### 【0021】

一実施形態では、ジョイント108の検出後、ジョイント108は、ノードの親及び子が、任意の所与のジョイントの直接の隣同士である単純なツリー構造で順序付けられてよい。デバイス102の連結アーキテクチャを前提とすると、2つの可能なツリー(近位から遠位と遠位から近位)がある。この場合、2つのツリーに従って2つの対応が規定される。ツリーにおけるノード数が、デバイス102のジョイント108の数と同じである場合、2つの位置合わせを計算する必要がある。可視ノード数(m)が、ノード総数(n)

50

よりも少ない場合、可能な位置合わせの数は、 $2 \times (n \text{ choose } m)$  である。

【0022】

位置合わせ処理は、2D X線空間において m 個の点を、3D ロボット空間（固定座標系）において m 個の点を想定する。位置合わせ処理は更に、焦点距離又は X 線システムが既知であると想定する。したがって、デバイス 102 の座標フレームにおけるシステム 111 の X 線検出器の姿勢は、反復最近接点、RANSAC（ランダムサンプルコンセンサス）ベースの反復方法等といった当技術分野において知られている任意の方法を使用して検出される。

【0023】

$m < n$  である場合、正しくない対応について報告される残余誤差は、正しい対応からの残余誤差よりも大幅に大きく、これは、残余誤差を基準として使用することにより棄却することができる。例えば最適残余誤差を有するソリューションが、デバイス 102 に対する X 線システム 111 の位置として、ユーザに示されることが可能である。反転されたジョイントの順番の場合、ユーザは、両方のソリューションのレンダリングを観察することによって、又は、簡単な質問（例えば「画像検出器は患者の上か又は下か？」）に答えることによって、正しいソリューションを選択することができる。術中画像 144、術前画像 142 及び操縦可能デバイス 102 を位置合わせするために、他の位置合わせ方法が使用されてもよい。

10

【0024】

システム 100 は、通路又は解剖学的管腔（例えば副鼻腔通路）内で操縦可能先端 124 を有する操縦可能デバイス 102 を使用する。デバイス 102 は更に、デバイス 102 を体内の主軸に沿って並進移動させる挿入段 128 を含む。操縦可能先端 124 の一実施形態では、デバイス 102 は、1 つのジョイントを使用して一平面内の操縦を実現することができる。操縦可能先端 124 の別の実施形態では、デバイス 102 は、2 つのジョイントを使用してヨー及びピッチ運動を実現することができる。別の実施形態では、2 つ以上の並列モータを使用して、操縦角が実現される。更に別の実施形態では、デバイス 102 内に 2 つ以上の腱が埋め込まれ、腱の遠位端においてアクチュエータ / モータに結合される腱駆動システムが操縦を提供する。更に別の実施形態では、追加の回転自由度によって、デバイス 102 を、デバイスの主軸（長手軸）を軸として回転させることができる。これらの作動及び / 又は回転スキームのうちの 1 つ以上を、必要に応じて、任意の 1 つ以上の他の作動及び / 又は回転スキームと組み合わせてもよい。

20

【0025】

デバイス制御システム 130 は、メモリ 116 に記憶され、ジョイント 108 の角度をデバイスのアクチュエータコマンドに変換するか、又は、アクチュエータコマンドを生成して、画像フィードバックに従ってジョイントの角度を変更する。デバイス制御システム 130 は、デバイスの運動学的モデル 132 と、当技術分野において知られている制御スキームとを含む。運動学的モデル 132 は、通路内でデバイス 102 を誘導するために必要な構成を計算する。速度、位置及び他の空間的検討事項（例えば内部ボリューム構造に起因する角度）といったパラメータがモデル 132 によって考慮される。例えばデバイス制御システム 130 は、医療デバイス 102 が分岐構造、分岐点等に近づいている最中の医療デバイス 102 の位置及び速度に基づいて、ジョイント 108 の回転量を制御する。次の構成が決定されると、デバイス制御システム 130 によって、操縦可能デバイス 124 を調整することによりデバイス 102 をステアリングするアクチュエータコマンドが生成される。本原理に従うデバイス 102 のナビゲーションは、速度を速めて進めることができ、結果として、操作時間が短縮される。

30

【0026】

ワークステーション 112 は、被験者（患者）又はボリューム 134 の内部画像 144 及び 142 を見るためのディスプレイ 118 を含み、また、オーバーレイ又は他のレンダリングを有する画像 142、144 を含む。ディスプレイ 118 は更に、ユーザが、ワークステーション 112 並びにそのコンポーネント及び機能又はシステム 100 内の任意の

40

50

他の要素とやり取りできるようにする。これは、キーボード、マウス、ジョイスティック、触覚デバイス又はワークステーション 112 からのユーザフィードバック及びワークステーション 112 とのやり取りを可能にする任意の他の周辺機器又は制御部を含むユーザインターフェース 120 によって更に容易にされる。一実施形態では、術前画像 142 を得るための撮像システム 110（例えば MRI、CT 等）があつてよい。他の実施形態では、撮像システム 110 は、別箇に設置され、画像は、他の動作によって遠隔から収集されてもよい。術中撮像システム 111 は、術中画像を得るための光ファイバスコープ、カメラシステム、X 線撮像システム、モバイル X 線撮像システム等を含む。

#### 【0027】

デバイス制御システム 130 は、運動学的モデル 132 を使用して、ジョイント 108 の角度を、進路を選択し、デバイス 102 をステアリングするためのデバイス 102 用のアクチュエータコマンドに変換する。1つの方法では、画像 142、144 は、開放進路と組織とを区別する。デバイス制御システム 130 は、術前画像 142 及び術中画像 144 の両方を使用して、ターゲット位置へとつながる開放進路を選択する。一実施形態では、術中撮像システム 111 は、生体構造及びデバイス 102 を撮像するモバイル X 線システム、デバイスルーメン内に挿入される若しくはデバイスと一体化される光ファイバ内視鏡、又は、他の撮像構成及び技術を含む。

#### 【0028】

画像制御システム 106 は、術前 3D 画像 142（CT、MRI 等）と術中画像 144（X 線、内視鏡等）とを統合し、これらを、ロボットデバイス 102 の単一の座標系において位置合わせする。画像制御システム 106 は更に、ユーザが、病変副鼻腔又は他のターゲットまでの進路を計画するか、又は、ターゲットを特定することを可能にする。一実施形態では、生体構造内の位置に基づいて、進路が計画され、先端操縦のための位置及び角度が特定される。計画段階中に、操縦制御用のコマンドの命令セットが生成される。動作中に、これらのコマンドは、デバイス制御システム 130 に通信される。コマンドは、操縦可能先端を制御するコマンドを使用して進路を選択するために、正しい時間におけるコマンドの発行を可能とするために、生体構造内の位置又は他の手がかりに関連付けられる。

#### 【0029】

操縦は、メモリ 116 に記憶される計画 150 に従ってよい。計画 150 は、（例えば術前画像 142 を使用して）仮想空間において選択される。操縦制御は、デバイス 102 が前進するにつれて、進路決定及び角度調整を行うように、デバイス制御システム 130 を使用してリアルタイムで行われる。

#### 【0030】

図 2 を参照するに、例示的な実施形態に従って、ロボットを操縦する方法が提供される。この方法は、図 1 のシステム 100 を使用して実行される。ステップ 202 において、術前 3D 画像が撮られ、病変副鼻腔又は他のターゲットが特定される。ステップ 204 において、その中のルーメンにガイドワイヤが入れられた操縦可能デバイス（例えばロボット）が、生体構造（例えば鼻）の中に挿入される。これは手動で行われてよい。

#### 【0031】

ステップ 206 において、ボリューム内の操縦可能デバイスについて、位置又は画像フィードバックが収集される。例えば操縦可能デバイスの X 線画像が取得され、位置合わせ（例えば術前画像の術中画像及び操縦可能デバイスに対する位置合わせ）が行われる。操縦可能デバイスと X 線システムとの位置合わせは、当技術分野において知られている方法を使用して行うことができる。別の実施形態では、ステップ 206 において、内視鏡画像が取得され、位置合わせが行われる。デバイスと内視鏡画像との位置合わせは、当技術分野において知られている方法を使用して行うことができる。別の実施形態では、（例えば光ファイバ位置決め、電磁位置決め、画像位置決め等を使用して）操縦可能デバイスの位置が決定される。操縦可能デバイスの位置は、（画像ありで又はなしで）ボリューム内で操縦可能デバイスをナビゲートするために使用される。

10

20

30

40

50

## 【0032】

ステップ208において、ユーザ／外科医が、画像（例えばCT）のうちの1つにおける病変副鼻腔又はターゲットの位置を特定する。進路計画を行って、インタラクティブ進路が決定される。進路計画には、画像制御システムを使用して、鼻（又は他の開口部）から副鼻腔（又は他のターゲット）までのすべての可能な進路を計算することが含まれる。ステップ210において、ユーザ／外科医は、デバイスの先端を前進させるようにデバイス102の並進段を操縦及び使用することによって、ボリューム（例えば鼻腔）内の計画進路をたどる。並進段は、手動（手持ち、摺動段等）であっても、（モータトリガ又は速度制御を有する）モータが付けられてもよい。操縦可能デバイスは、自動的にナビゲートされ、操縦は、計画に従って、又は、位置若しくは画像フィードバックを使用してリアルタイムで、制御システムによって制御される。一実施形態では、画像制御システムは、デバイス制御システムからデバイス位置を受信し、進路の座標系における先端位置を計算する。デバイス制御システムは、各計算サイクルで、操縦可能先端を作動させる必要があるかどうかを計算する。先端位置を作動させない場合、デバイスは、前の進路方向に沿って前進を続ける。デバイス制御システムが、方向変更が必要であることを決定すると、所与の位置の角度及び方向が変更されて操縦可能先端がステアリングされる。デバイス制御システムは、所望の又は計画された進路に従うように、先端を自動的にステアリングする。

10

## 【0033】

ステップ212において、処置に応じて、ターゲット領域で治療又は他の活動が行われる。一実施形態では、ターゲットに到達すると、操縦可能デバイスは引き戻され、操縦可能デバイス内に入れられたガイドワイヤを使用してバルーンが誘導される。バルーンが配置されると、バルーンは広げられて、副鼻腔又は他の解剖学的特徴が広げられる。ステップ214において、処置が終了すると、デバイスは引き戻される。デバイスの引き戻しも、デバイスの操縦可能性を使用する。鼻の処置に関して説明されているが、当然ながら、本原理は、任意の処置に適用可能であり、制約のある空間内での任意のナビゲーション特に有用である。

20

## 【0034】

図3を参照するに、一例に従って、ロボット特徴300が例示的に示される。特徴300は、デバイス102内に含まれ、デバイス102の先端の並進運動及び回転運動を提供する。特徴300は、ガイドワイヤ（又はカテーテル）又は他の細長い器具を入れるための内部ルーメン308を含むシャフト310を含む。特徴300は、操縦可能デバイス102の遠位端部をステアリングするために使用される。他の実施形態では、特徴300はシース等によって覆われる。1つの特に有用な実施形態では、特徴300は、カテーテルの一部であり、内部ルーメン内にガイドワイヤが入れられる。ガイドワイヤ及び操縦可能デバイスが所定の位置に置かれると、操縦可能デバイス（及び特徴300）は引き戻される。次に、ガイドワイヤを使用してバルーンカテーテルがターゲット位置まで誘導され、そこで、バルーンを使用して、治療のために空洞が広げられる。

30

## 【0035】

特徴300は、内部ルーメン308を通過するカテーテル又は他のデバイスを取り囲むリング状又は他の形状のエンドエフェクタ312を含む。エンドエフェクタ312は、内部ルーメン308を通過するカテーテル又は他の器具を導くために使用される。

40

## 【0036】

エンドエフェクタ312は、ジョイント302によって並進可能ロッド306（腱）に結合される。並進可能ロッド306は、シャフト310内へと前進又は引き込んで、矢印「C」の方向における並進運動を提供する。例えば3つのロッド306すべてが同時に前進する（又は引き込む）と、並進が実現される。ロッド306が異なる速度又は異なる量で前進する又は引き込むと、相対運動によって矢印「A」及び／又は「B」の方向におけるエンドエフェクタ312の回転が提供される。更に、エンドエフェクタ312全体がシャフト310の長手軸の周りを（例えば矢印「D」の方向に）回転するように、回転プラットホーム304が使用される。特徴300は、局所的な位置において、複数の自由度を

50

提供する。このようにすると、デバイス 102 が正確に且つうまく制御されてステアリングされる。

【0037】

図 3 は、例示的なジョイントを示すが、当然ながら、より複雑な又はより単純なジョイントが使用されてもよい。これらの他のジョイントのタイプには、単純なヒンジジョイント、回転ジョイント、並進機構等が含まれる。

【0038】

図 4 A を参照するに、第 1 の構成にある操縦可能デバイス 102 の例示的な例が示される。第 1 の構成は、鼻腔 320 内に挿入された後の操縦可能デバイス 102 を示す。デバイス 102 が分岐点又は進路分割部 324 に近づくにつれて、デバイス制御システムは、所望の又は計画された進路に従うために、先端 124 をステアリングするためにステアリング動作が必要であることを自動的に検知するか、又は、デバイス制御システムは、計画に従って、特定の進路へとナビゲートする必要があることを検知する。デバイス制御機構は、信号制御を使用して、特徴 300 を調整して先端 124 の角度を制御することによってデバイス 102 を適切にナビゲートする。

10

【0039】

図 4 B を参照するに、第 2 の構成にある操縦可能デバイス 102 が示される。第 2 の構成は、鼻腔 320 内の特定方向への挿入を制御するために、デバイス制御システムが、特徴 300 を使用して先端 124 を回転させるコマンドを出した後の操縦可能デバイス 102 を示す。デバイス 102 が分岐点又は進路分割部 324 に近づくにつれて、デバイス制御システムは、計画された進路に従うように先端 124 を自動的にステアリングするか、又は、進路は、本目的若しくはターゲットに到達するためのよりよい進路であることを検知する。

20

【0040】

図 5 を参照するに、本原理によるロボット 400 が示される。ロボット 400 は、操縦可能デバイス 402 (デバイス 102 も参照) をステアリングする 1 つ以上のロボット制御されるジョイント 408 を有する操縦可能デバイス 402 を含む。デバイス 402 は、ガイドワイヤ等といった他の器具を格納するルーメン 404 を含む。各ジョイント 408 は、それに関連付けられる 1 つ以上のモータ 410 を含んでもよい。モータ 410 は、ジョイント 408 を制御する制御コマンドに従って生成される信号を受信する。

30

【0041】

デバイス制御システム 430 (システム 103 も参照) は、画像制御システム 406 (システム 106 も参照) からフィードバックを受信して、ボリューム内の操縦可能デバイス 402 の位置決めを評価する。これにより、制御コマンドが、1 つ以上のロボット制御されるジョイント 408 に出され、操縦可能デバイス 402 が、ターゲットに向かう医療デバイスのナビゲーションと一致する方向に、又は、計画に従ってステアリングされる。

【0042】

画像制御システム 406 は、術前画像及び術中画像を位置合わせて、单一の座標系における操縦可能デバイスの位置を特定する。術中画像には、カメラ画像 (内視鏡)、X 線画像又は他の撮像モダリティの画像が含まれる。

40

【0043】

デバイス制御システム 430 は、1 つ以上のロボット制御されるジョイント 408 の並進及び / 又は回転を制御して、医療デバイスを進路に向けて付勢する。デバイス制御システム 430 は更に、操縦可能デバイス 402 が分岐構造に近づく際中の操縦可能デバイス 402 の位置、方向及び速度に基づいて、並進及び / 又は回転の量を制御する。デバイス制御システム 430 は、1 つ以上のロボット制御されるジョイント 408 を制御するために、操縦可能デバイス 402 の動態を評価するための運動学的モデル 432 を含む。運動学的モデル 432 は、操縦可能デバイス 402 が取るべき次の方向転換又は構成を予測するために使用される。

【0044】

50

1つ以上のロボット制御されるジョイント408は、1つ以上の回転自由度を含む。操縦可能デバイス402は更に、操縦可能デバイス402の前進及び／又は引き戻しを支援する並進段414を含む。1つ以上のロボット制御されるジョイント408は、操縦可能先端、エンドエフェクタ411、又は、ロボット400の遠位に取り付けられる他の構造体を含む。エンドエフェクタ411は、ロッドの位置が、ロッドを支えるシャフト（図3）の長手軸に対するエンドエフェクタ411の回転を提供するように複数の並進可能ロッドを含む。

#### 【0045】

一実施形態では、操縦可能先端411は、（1つ以上のモータ410に対して）2つのモータ410'を、また、（1つ以上のジョイント408に対して）ユニバーサルジョイント408'を使用してヨー及びピッチ運動を実現することができる。2つ以上の並列モータ410'を使用して、操縦角が実現される。別の実施形態では、2つ以上の腱がデバイス102に埋め込まれ、腱の遠位端においてアクチュエータ／モータに結合される腱駆動システム300がステアリングを提供することができる。更に別の実施形態では、追加の回転自由度によって、デバイス402を、デバイス402の主軸（長手軸）を軸として回転させることができる。これらの作動及び／又は回転スキームのうちの1つ以上を、必要に応じて、任意の1つ以上の他の作動及び／又は回転スキームと組み合わせてもよい。

10

#### 【0046】

添付の請求項を解釈する際に、次の通りに理解されるべきである。

a) 「含む」との用語は、所与の請求項に列挙される要素又は行為以外の要素又は行為の存在を排除しない。

20

b) 要素に先行する「a」又は「a n」との用語は、当該要素が複数存在することを排除しない。

c) 請求項における任意の参照符号は、その範囲を限定しない。

d) 幾つかの「手段」は、同じアイテム、ハードウェア若しくはソフトウェアによって実現される構造体又は機能によって表される。

e) 特に明記されない限り、行為の特定の順番を必要とすることを意図していない。

#### 【0047】

（例示的であって限定を意図していない）画像誘導されるロボット誘導カテーテル配置の好適な実施形態が説明されたが、上記教示内容に鑑みて、当業者によって修正及び変更がなされうることに留意されたい。したがって、開示された開示内容の特定の実施形態に変更を行ってもよく、これらの変更は、添付の請求項によって概説される本明細書に開示される実施形態の範囲内であることは理解されるべきである。したがって、特許法によって義務付けられているように、詳細及び特殊性を説明することによって、特許証によって請求され、保護を望むものは、添付の請求項に記載される。

30

40

50

## 【図面】

## 【図 1】

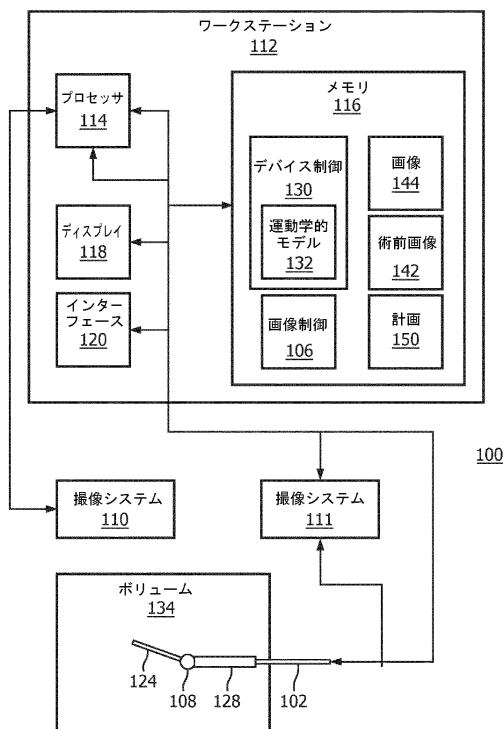


図 1

## 【図 2】

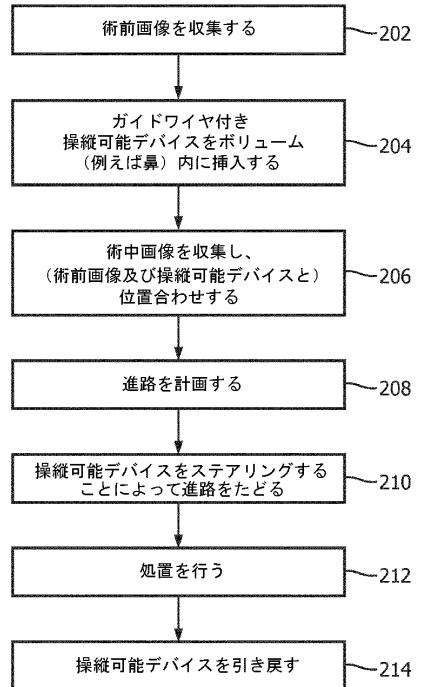


図 2

## 【図 3】

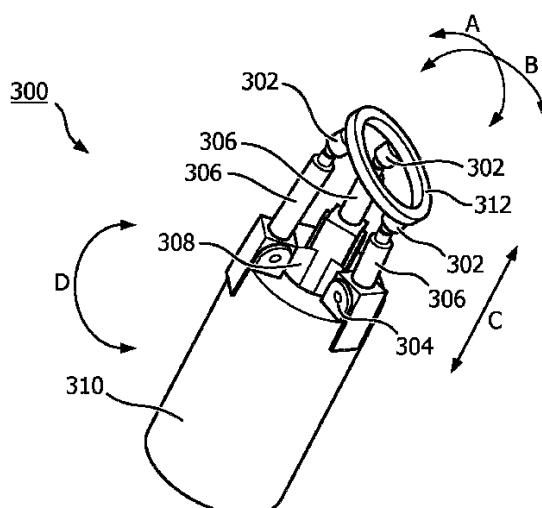


FIG. 3

## 【図 4 A】

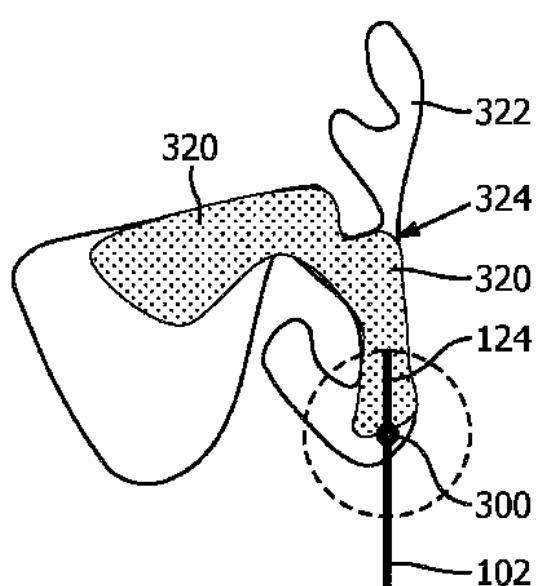


FIG. 4A

【図 4 B】

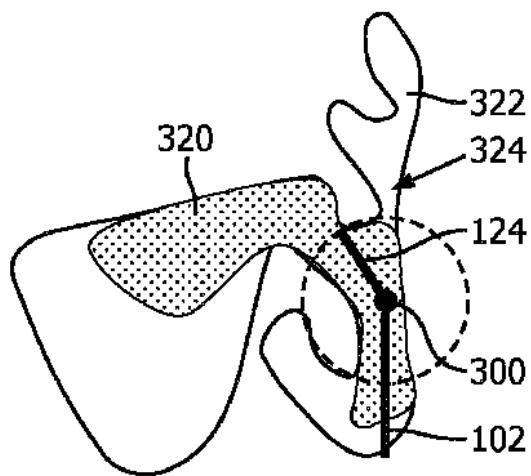
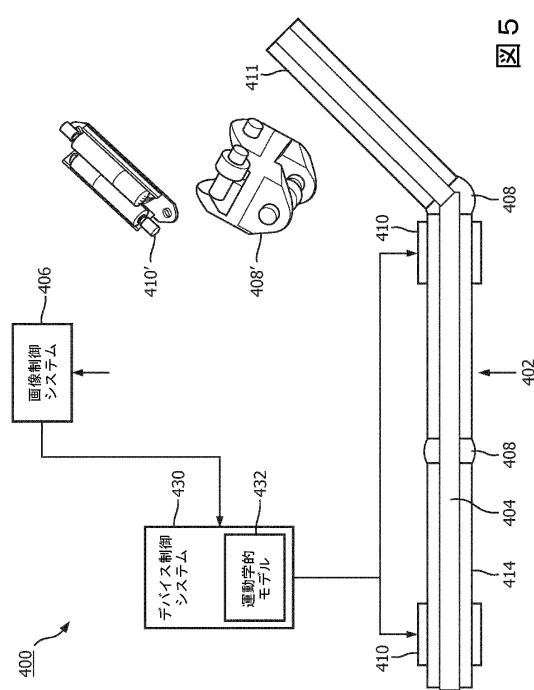


FIG. 4B

【図 5】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

米国(US)

(72)発明者 ヌーナン デイビッド ポール

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイントーフェン ハイ テック キャンパス 5

合議体

審判長 内藤 真徳

審判官 倉橋 紀夫

審判官 安井 寿儀

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 4 3 4 1 6 ( U S , A 1 )

国際公開第 2 0 1 5 / 1 4 2 9 5 3 ( W O , A 1 )

特表 2 0 0 5 - 5 0 7 6 7 9 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

A61B 34/20

A61B 34/30

B25J 13/08