

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)(11)特許番号
特許第7221862号
(P7221862)

(45)発行日 令和5年2月14日(2023.2.14)

(24)登録日 令和5年2月6日(2023.2.6)

(51)国際特許分類

A 6 1 B 34/10 (2016.01)

F I

A 6 1 B 34/10

請求項の数 9 (全44頁)

(21)出願番号	特願2019-516644(P2019-516644)	(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9月28日(2017.9.28)		
(65)公表番号	特表2019-530506(P2019-530506 A)		
(43)公表日	令和1年10月24日(2019.10.24)		
(86)国際出願番号	PCT/EP2017/074582		
(87)国際公開番号	WO2018/060304		
(87)国際公開日	平成30年4月5日(2018.4.5)		
審査請求日	令和2年9月25日(2020.9.25)		
(31)優先権主張番号	62/402,263	(74)代理人	110001690 弁理士法人M&Sパートナーズ
(32)優先日	平成28年9月30日(2016.9.30)	(72)発明者	パンセ アシシュ 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
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	62/447,051		
(32)優先日	平成29年1月17日(2017.1.17)		
	最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 医療器具の位置計画及び器具誘導のための解剖学的モデル

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

解剖学的モデルの医療処置を実行するための、解剖学的モデル医療システムであって、前記解剖学的モデル医療システムは、

患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び治療のうちの少なくとも1つを行うように構成されている医療器具と、

前記医療器具の物理的表現となるように構成されている器具レプリカと、

医療処置コントローラと、を備え、

前記医療処置コントローラは、術前段階の間、前記解剖学的モデルに対する前記器具レプリカの手動器具誘導又はロボット器具誘導から、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の位置計画を示す計画データを生成し、

術中段階の間、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記手動器具誘導のために前記計画データを提供するか、又は前記計画データに従って前記器具レプリカが前記患者の解剖学的構造の前記解剖学的モデルに対して手動案内されるときに、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記ロボット器具誘導を制御する、解剖学的モデル医療システム。

【請求項2】

前記医療処置コントローラは更に、前記患者の解剖学的構造の撮像から導出される、前記解剖学的モデルの製造又は選択のための情報の生成を制御するように構造的に構成される、請求項1に記載の解剖学的モデル医療システム。

【請求項 3】

前記医療処置コントローラは更に、前記解剖学的モデルの前記製造又は選択のための情報への、生理学的に関連する情報及び処置上の関連する情報のうちの少なくとも一方の組み込みを制御するように構造的に構成される、請求項 2 に記載の解剖学的モデル医療システム。

【請求項 4】

前記医療処置コントローラは更に、前記解剖学的モデルの前記製造又は選択のための情報への、前記解剖学的モデルに対する、前記医療器具及び前記器具レプリカのうちの少なくとも一方の前記位置計画の組み込みを制御するように構造的に構成される、請求項 2 に記載の解剖学的モデル医療システム。

10

【請求項 5】

前記医療処置コントローラと通信する追跡システムを更に備え、前記追跡システムは、前記解剖学的モデルに対する、前記医療器具及び前記器具レプリカのうちの少なくとも一方の配置を知らせる、追跡データを生成するように構造的に構成され、前記追跡システムによる前記追跡データの生成に応答して、前記医療処置コントローラは、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記位置計画を制御する、請求項 1 に記載の解剖学的モデル医療システム。

【請求項 6】

前記医療処置コントローラと通信するロボットシステムを更に備え、前記ロボットシステムは、前記患者の解剖学的構造及び前記解剖学的モデルのうちの少なくとも一方に対する、器具ロボットのリアルタイムの姿勢を知らせる、姿勢データを生成するように構造的に構成され、前記ロボットシステムによる前記姿勢データの生成に応答して、前記医療処置コントローラは、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記位置計画を制御する、請求項 1 に記載の解剖学的モデル医療システム。

20

【請求項 7】

前記医療処置コントローラと通信する拡張現実システムを更に備え、前記拡張現実システムは、少なくとも 1 つのホログラムとのユーザの相互作用を制御するように構造的に構成され、前記少なくとも 1 つのホログラムとの前記ユーザの相互作用に応答して、前記医療処置コントローラは、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記位置計画を制御する、請求項 1 に記載の解剖学的モデル医療システム。

30

【請求項 8】

前記医療処置コントローラが、前記医療器具の少なくとも 1 つの運動制限に基づいて、前記解剖学的モデルに対する前記器具レプリカの前記位置計画を制御することを更に有する、請求項 1 に記載の解剖学的モデル医療システム。

【請求項 9】

解剖学的モデル医療システムの作動方法であって、

前記解剖学的モデル医療システムは、

患者の解剖学的構造の物理的表現である解剖学的モデルと、

前記患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び治療のうちの少なくとも 1 つを行うように構成されている医療器具と、

前記医療器具の物理的表現となるように構成されている器具レプリカと、

医療処置コントローラと、を含み、

前記解剖学的モデル医療システムの作動方法は、

前記医療処置コントローラが、術前段階の間、前記解剖学的モデルに対する前記器具レプリカの手動器具誘導又はロボット器具誘導から、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の位置計画を示す計画データを生成することと、

前記医療処置コントローラが、術中段階の間、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記手動器具誘導のために前記計画データを提供するか、又は前記計画データに従って前記器具レプリカが前記患者の解剖学的構造の前記解剖学的モデルに対して手動案内されるときに、前記患者の解剖学的構造に対する前記医療器具の前記ロボット器具誘導

40

50

を制御することと、を有する、解剖学的モデル医療システムの作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概ね、様々な医療処置（たとえば、腹腔鏡手術、脳神経外科手術、脊椎手術、自然開口経管手術、心臓医療、肺／気管支鏡手術、生検、切除、及び診断のための介入）に関する。本開示は、詳細には、医療処置中の位置計画及び器具誘導のための解剖学的モデルに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の手術は、外科医個人のスキルに依存しており、特に外科医の手腕は、外科医の手及び精密な器具に制限される。これは特に、手術のための空間が入口箇所で、且つ解剖学的構造によって制限される、最小侵襲性手術又は自然開口手術において大きな問題となる。この問題に対処するために、外科用ロボットが、体内での外科医の手腕を改善するよう設計される。かかる外科用ロボットは、マルチアームシステム、柔軟なロボット、及びカテーテルロボットの形態である。

【0003】

ロボットシステムは、外科医によって、ジョイスティック、触覚インタフェース、ヘッドマウントディスプレイ、コンピュータインタフェース（たとえばキーボード、マウス等）を含む、様々な入力機構を使用して制御される。外科医がロボットシステムを制御するとき、手術部位の視覚的フィードバックは、内視鏡カメラ、又は他の撮像様式（たとえば、CT、MRI、X線、及び超音波）からの画像の描写された提示によってもたらされる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

より具体的には、外科医の手腕を向上させるために、外科用ロボットは通常、6以上の自由度を有し、それらを制御するのは直感に反する。これは、最小侵襲性手術又は自然開口手術等の限定空間、及び蛇型ロボット等の超冗長ロボットにおいて大きな問題となる。こうしたロボットの制御は、通常、操作が複雑で、通常急峻な学習曲線に関連付けられたハンドルを使用して実行される。更に、最小侵襲性の処置では、外科医への装置及び解剖学的構造の視覚的フィードバックは、著しく限られている。たとえば、心臓の介入治療では、経食道心エコー検査（TEE：Transesophageal Echocardiography）プローブ及びX線画像を使用して、心臓及び弁のリアルタイム画像を生成する。腫瘍外科では、画像は内視鏡によって提供される。この画像は解釈が難しく、解剖学的構造に関係する。画像が2次元（2D）スクリーン上に表示され、完全な3次元（3D）情報を得るために必要なモデルとの相互作用（すなわち回転、平行移動）が作業の流れを中断し、処置の時間を増やすという事実によって、この潜在的な問題が大きくなる。

【0005】

更に、3Dプリントは多くの応用分野で人気が高まっている。医療分野では、医者は、医療処置の知的な計画を容易にする目的で、患者の解剖学的構造を含む医療処置を視覚化するために、特定の患者の解剖学的構造の3Dプリントされた解剖学的モデルを使用する。たとえば、大動脈弁の3Dプリントされた解剖学的モデルは、大動脈弁の3Dプリントされた解剖学的モデル内の経カテーテル弁の配置を視覚化するために使用され、それによって医者は、経カテーテル弁を寸法決定し、位置決めし、且つ首尾良く配置するための適切な行動に基づいて、容易に知的な計画立案を行う。

【0006】

更に、マウス、キーボード、及び2Dディスプレイを介して、3D画像、モデル、及びデータと相互作用することは時々課題となる。拡張現実は、3D情報を視覚化し、ユーザが3D画像、モデル、及びデータと直接相互作用できるようにするための新しい手法を提

10

20

30

40

50

供することによって、この問題を解決するために使用される。

【0007】

より具体的には、拡張現実は、一般に、ライブ画像ストリームが、コンピュータで生成された追加情報を使って補足されるときを指す。ライブ画像ストリームは、操作者の目、カメラ、スマートフォン、タブレット等を介して視覚化される。この画像ストリームは、操作者に対してディスプレイを通して拡張され、眼鏡、コンタクトレンズ、投影を介して、又はライブ画像ストリーム装置自体（たとえば、スマートフォン、タブレット等）上で達成される。また、複雑な解剖学的構造において、画像で誘導される介入治療中に最良の視野を得ることは、特にほとんどの撮像システムが、あらゆる可能なポジション（すなわち、位置及び向き）に到達することができず、利用可能な位置が常に操作者にとって直感的な位置というわけではないという事実を考えると、困難であることが多い。たとえば、ロボットの強度変調放射線療法（「IMRT：intensity modulated radiation therapy」）マシン（たとえば、CyberKnife（登録商標）システム）は、軽量の線形加速器を備える、制限されたロボット操縦機である。更なる例では、ロボットCアーム（たとえばSiemensのArtis Zeego）が、診断のための2D及び3D X線撮像に使用される。かかるシステムは、作業空間の制約内で操縦され、ソフトウェアとハードウェアとを組み合わせて実施することによって実現する。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示は、患者の解剖学的構造の物理的表現としての解剖学的モデルの新規且つ独自の組み込み、及び医療器具の物理的表現としての器具レプリカの任意選択での組み込みによる、医療処置中の医療器具の直観的制御のための、医療処置及び医療スイートに対する改良について説明する。かかる任意の物理的表現は、患者の解剖学的構造及び/又は対応する医療器具の両方に位置させられ、それにより物理的表現が医療処置（たとえば最小侵襲性療法）を誘導するために使用され、それによってユーザに、オープンな処置のすべてではないにしても、いくらかの経験及び利益を与える。

20

【0009】

より具体的には、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル（たとえば、3Dプリントされた解剖学的モデル、標準的なアトラス解剖学的モデル、又は患者の解剖学的構造のホログラム）は、術前又は術中の、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置計画及び/又は器具誘導に利用される。更に、生理学的情報、計画情報及び/又は誘導フィードバック情報は、解剖学的モデルに組み込まれ、且つ/又は解剖学的モデルと関係付けられる。

30

【0010】

本開示は更に、3Dモデル、画像、及びデータを視覚化し、それらと直接相互作用するための新しい手法を提供する、拡張現実の組み込みを含む医療処置及び医療スイートの改良について説明する。

【0011】

本開示は更に、撮像システムが到達可能な位置の制約内で、画像に誘導される介入治療中に、関心のある解剖学的構造の最良で可能な視野を得るために、患者に対する撮像システムの位置決めを容易にする、医療処置及び医療スイートの改良について説明する。

40

【0012】

本開示の発明の説明及び特許請求において、

（1）用語「医療処置」は、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び/又は治療のための、本開示の技術分野で知られている、又は以後に考えられる、すべての診断的、外科的、且つ介入治療的処置を広義に包含する。

（2）用語「医療スイート」は、1つ又は複数の特定の種類の医療処置を実行するために必要なシステム及び医療器具を組み込んだ、本開示の技術分野で知られている、また以後に考えられる、すべての医療スイートを広義に包含する。かかるスイートの例は、A11ure Xper Interventional Suitesを含むが、それらに限定

50

されるものではない。かかるシステムの例は、撮像システム、追跡システム、ロボットシステム、及び拡張現実システムを含むが、それらに限定されるものではない。

(3) 用語「撮像システム」は、患者の解剖学的構造の撮像のための、本開示の技術分野で知られている、また以後に考えられる、すべての撮像システムを広義に包含する。撮像システムの例は、独立型X線撮像システム、携帯型X線撮像システム、超音波撮像システム（たとえばTEE、TTE、IVUS、ICE）、コンピュータ断層撮影（CT）撮像システム、陽電子放射断層撮影（PET）撮像システム、及び磁気共鳴撮像（MRI）システムを含むが、それらに限定されるものではない。

(4) 用語「追跡システム」は、座標空間内の物体を追跡するための、本開示の技術分野で知られている、また以後に考えられる、すべての追跡システムを広義に包含する。追跡システムの例は、電磁（EM）追跡システム（たとえば、Auora（登録商標）電磁追跡システム）、光ファイバベースの追跡システム（たとえば、Fiber-Optic RealShape（「FORIS」）追跡システム）、超音波追跡システム（たとえば、InSitu又は画像ベースのUS追跡システム）、光学式追跡システム（たとえばPolaris光学式追跡システム）、無線周波数識別追跡システム、及び磁気追跡システムを含むが、それらに限定されるものではない。

(5) 用語「FORISセンサ」は、当該技術分野で知られているように、光ファイバの中に放射され、光ファイバを通って伝播され、光ファイバ内で伝搬された光とは反対方向に反射して戻された光、及び／又は光ファイバで伝搬された光の方向に送信された光から導出される、光ファイバの高密度歪み測定値を抽出するよう構造的に構成された光ファイバを広義に包含する。FORISセンサの例は、光ファイバの特徴的な後方散乱（たとえば、レイリー後方散乱）、又は反射要素及び／若しくは透過要素の他の任意の構造が、光ファイバ内に埋め込まれるか、エッチングされるか、刻み込まれるか、若しくは他のやり方で光ファイバ内に形成される、光ファイバ内の制御された格子パターン（たとえば、ファイバラッピング格子）を介して、光ファイバの中に放射され、光ファイバを通って伝播され、光ファイバ内で伝搬された光とは反対方向に反射して戻された光、及び／又は光ファイバで伝搬された光の方向に送信された光から導出された、光ファイバの高密度歪み測定値を抽出するための、光周波数領域反射測定法（OFDR：Optical Frequency Domain Reflectometry）の原理に基づいて、構造的に構成される光ファイバを含むが、それらに限定されるものではない。商業的に及び学術的に、Fiber-Optic RealShapeはまた光学式形状検知（「OSS：optical shape sensing」）として知られている。

(6) 用語「ロボットシステム」は、ロボットが座標空間内の医療器具を誘導するための、本開示の技術分野で知られている、また以後に考えられる、すべてのロボットシステムを広義に包含する。ロボットシステムの例は、davinci（登録商標）ロボットシステム、Medrobotics Flex（登録商標）ロボットシステム、Magellan（商標）ロボットシステム、及びCorePath（登録商標）ロボットシステムを含むが、それらに限定されるものではない。

(7) 用語「拡張現実システム」は、ホログラムを用いる物理的な相互作用のための、本開示の技術分野で知られている、また以後に考えられる、すべての拡張現実システムを広義に包含する。拡張現実システムの例は、Google、Microsoft、Meta、Magic Leap、及びVuzixから市販されている拡張現実システムを含むが、それらに限定されるものではない。

(8) 用語「医療器具」は、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び／又は治療を行うための、本開示の技術分野で理解される、また以後に考えられる、器具、道具、装置等を広義に包含する。医療器具の例は、ガイドワイヤ、カテーテル、メス、焼灼器、切除装置、バルーン、ステント、エンドグラフト、粥腫切除装置、クリップ、針、鉗子、kワイヤ及び関連するドライバ、内視鏡、超音波プローブ、X線装置、錐、スクリュードライバ、骨刀、ノミ、マレット、搔爬器、鉗子、箝子、ペリアスティアム、及びJタイプ針を含むが、それらに限定されるものではない。

10

20

30

40

50

(9) 用語「位置計画」は、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び／又は治療を行う目的で、本開示の技術分野で理解される、また本明細書で例示的に説明される、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置決めを計画する際の、システム又は装置の動作を広義に包含する。かかるシステム及び装置の非限定的な例は、ワークステーション内に収容された、又はワークステーションに結合されたコントローラであり、それによってコントローラは、患者の解剖学的構造の画像を選択的に編集（たとえば、画像のスライス、切り出し、及び／又は回転）するためのグラフィカルユーザインターフェースを提供し、それにより、患者の解剖学的構造に対する医療器具の計画された配置を図示する（たとえば、患者の解剖学的構造から離れているか又はその上にある、医療器具の遠位端／動作片部に関する、対象物の描写、或いは患者の解剖学的構造の外部及び／又は内部を空間的に及び／又は連続的に通過する遠位端／動作片部の経路の描写）。

(10) 用語「器具誘導」は、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び／又は治療を行う目的で、本開示の技術分野で理解される、また本明細書で例示的に説明される、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置決めを制御する際のシステム又は装置の動作を広義に包含する。かかるシステム及び装置の非限定的な例は、ワークステーションのコントローラであり、それによってコントローラは、特に、患者の解剖学的構造に対する医療器具の、追跡された撮像内で示される位置計画に従って、患者の解剖学的構造に対して操縦が可能な医療器具を平行移動させ、回転させ、及び／又は枢動させるユーザ入力デバイス（たとえば、ジョイスティック）を提供する。他の非限定的な例は、特に、位置計画を知らせる計画データをロボットシステムのコントローラが実行することによって、患者の解剖学的構造に対して、ロボット作動される医療器具の平行移動、回転、及び／又は枢動を制御するためのロボットシステムである。

(11) 用語「解剖学的モデルの医療処置」は、本明細書で例示的に説明される、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに基づく、医療器具の位置計画及び／又は器具誘導のための、本開示の発明の原理を組み込んだ医療処置を広義に包含する。

(12) 用語「解剖学的モデルの医療スイート」は、本明細書で例示的に説明される、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに基づく、医療器具の位置計画及び／又は器具誘導のための、本開示の発明の原理を組み込んだ医療スイートを広義に包含する。

(13) 用語「解剖学的モデル」は、本明細書で例示的に説明される、3Dプリントされた解剖学的モデル、標準的なアトラス解剖学的モデル、及びホログラフの解剖学的モデルを含むが、それらに限定されるものではない、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置計画及び／又は器具誘導に適した、患者の解剖学的構造の任意の種類の物理的表現を広義に包含する。解剖学的モデルは、たとえば、患者の解剖学的構造の撮像からの解剖学的モデルの製作、特に解剖学的アトラスから製作された、汎用の解剖学的モデルの選択若しくはモーフィングを容易にするための患者の解剖学的構造の撮像からの解剖学的モデルの描写、又は患者の解剖学的構造の撮像から生成されたホログラフの解剖学的モデル等によって、患者固有のものとなる。或いは、解剖学的モデルは、たとえば、解剖学的アトラスから製作／選択された汎用の解剖学的モデル、解剖学的アトラスから選択された汎用の解剖学的モデルから生成されたホログラフの解剖学的モデル、又は患者の解剖学的構造を物理的に表現する任意の種類の物体等、患者固有ではないものである。

(14) 用語「器具レプリカ」は、本明細書で例示的に説明される、医療器具の物理的操作と構造的に等しい又は機能的に等しい、任意の種類の医療器具の物理的表現を広義に包含する。器具レプリカの例は、医療器具のモデル、ロボット、レーザポインタ、光学式プロジェクタ、撮像システムの規模縮小したモデル、及び拡張現実システムの対話型ツールによって生成されたホログラフ器具を含むが、それらに限定されるものではない。

(15) 用語「コントローラ」は、本明細書で後述する、本開示の様々な発明の原理のアプリケーションを制御するための本開示の技術分野で理解される、また本明細書で例示的に説明される、特定用途向けメインボード又は特定用途向け集積回路のすべての構造的な構成を広義に包含する。コントローラの構造的構成は、プロセッサ、コンピュータ使用可能／コンピュータ可読の記憶媒体、オペレーティングシステム、アプリケーションモジュ

ール、周辺装置コントローラ、スロット、及びポートを含むが、それらに限定されるものではない。コントローラは、ワークステーション内に収容されるか、又はワークステーションと結合される。ワークステーションの例は、独立型のコンピュータ処理システム、サーバシステムのクライアントコンピュータ、デスクトップ、又はタブレットの形態の1つ又は複数のコンピュータ処理装置、ディスプレイ/モニタ、及び1つ又は複数の入力装置（たとえば、キーボード、ジョイスティック、及びマウス）の組立体を含むが、それらに限定されるものではない。

(16) 本明細書での用語「コントローラ」の説明的な表示は、「コントローラ」という用語に対するどんな追加の限定をも特定又は暗示することなく、本明細書で説明及び特許請求されるコントローラ間の区別を容易にする。10

(17) 用語「モジュール」は、特定のアプリケーションを実行するための電子回路及び/又は実行可能なプログラム（たとえば、非一時的なコンピュータ可読の媒体上に格納された、実行可能なソフトウェア及び/又はファームウェア）からなる、コントローラ内に組み込まれた、又はコントローラによってアクセス可能なモジュールを広義に包含する。

(18) 本明細書での用語「モジュール」の説明的な表示は、「モジュール」という用語に対するどんな追加の限定をも特定又は暗示することなく、本明細書で説明及び特許請求されるモジュール間の区別を容易にする。

(19) 用語「データ」及び「コマンド」は、本明細書で後述する、本開示の様々な発明の原理の適用をサポートする、情報及び/又は命令を送信するための本開示の技術分野で理解され、また本明細書で例示的に説明される、検出可能な物理量又はインパルス（たとえば電圧、電流、又は磁場強度）のあらゆる形態を広義に包含する。本開示の解剖学的モデルの医療スイートの構成要素間のデータ/コマンド通信は、任意の種類の有線又は無線のデータリンク、及びコンピュータ使用可能/コンピュータ可読の記憶媒体にアップロードされたデータ/コマンドの読み取りを介してのデータ/コマンドの送信/受信を含むが、それらに限定されるものではない、本開示の技術分野で知られている任意の通信方法を含む。20

(20) 本明細書での用語「データ」の説明的な表示は、「データ」という用語に対するどんな追加の限定をも特定又は暗示することなく、本明細書で説明及び特許請求されるデータ間の区別を容易にする。

【0013】

本開示の発明の第1の実施形態は、解剖学的モデルの医療処置を実行するための患者の解剖学的構造を物理的に表す解剖学的モデル（たとえば、3Dプリントされた解剖学的モデル、標準的なアトラスの解剖学的モデル、又はホログラムの解剖学的モデルであり、これらのすべてが患者固有か、又は患者固有ではない）を備える、解剖学的モデルの医療スイートである。30

【0014】

解剖学的モデルの医療スイートは、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び/又は治療を行うための医療器具を使用する。

【0015】

解剖学的モデルの医療スイートは更に、解剖学的な世界に関連する医療器具、及び/又は解剖学的モデルに対する器具レプリカの位置計画及び/又は器具誘導から導出される、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置計画及び/又は器具誘導を制御するための、医療処置コントローラを使用する。40

【0016】

器具レプリカは、医療器具を物理的に表現する。

【0017】

本開示の発明の第2の実施形態は、解剖学的モデルの医療処置を実行するための、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び/又は治療を行うための医療器具を備え、更に患者の解剖学的構造を物理的に表す解剖学的モデル（たとえば、3Dプリントされた解剖学的モデル、標準的なアトラスの解剖学的モデル、又はホログラムの解剖学的モデルであり、こ50

れらのすべてが患者固有か、又は患者固有ではない)を備える、解剖学的モデルの医療スイートである。

【 0 0 1 8 】

解剖学的モデルの医療スイートは、医療処置コントローラを使用し、並びに更に、患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び／又は治療の術前段階及び／又は術中段階の間に、医療処置コントローラと共に動作する、撮像システム、追跡システム、ロボットシステム、及び／又は拡張現実システムを使用する。

【 0 0 1 9 】

医療処置コントローラは、解剖学的モデルに対する医療器具、及び／又は解剖学的モデルに対する器具レプリカの位置計画及び／又は器具誘導から導出される、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置計画及び／又は器具誘導を制御する。

10

【 0 0 2 0 】

本明細書で例示的に説明される例では、解剖学的モデルの医療処置は、術前に、患者の解剖学的構造に対する医療器具の位置計画を知らせる計画データを生成するために、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに対する器具レプリカの手動での器具誘導又はロボットの器具誘導を含み、術中に、その計画データに従った、患者の解剖学的構造に対する医療器具の手動での器具誘導又はロボットの器具誘導を含む。

【 0 0 2 1 】

更に、計画立案及び／又は器具誘導の行動を向上させるために、生理学的情報が解剖学的モデルに組み入れられ、及び／又は解剖学的モデルに関係付けられる。

20

【 0 0 2 2 】

より具体的には、C o x - M a z e 手術では、術前に、追跡システムによって追跡されるレーザポインタの光ビームは、患者の心臓のカテーテル切除のシミュレーションとして、患者の心臓の解剖学的モデルの外部全体にわたって手動で誘導され、それにより、医療処置コントローラは、患者の心臓のシミュレーションされたカテーテル切除を知らせる計画データの生成を制御する。術中には、医療処置コントローラは、シミュレーションされたカテーテル切除を実施するための計画データに従って、患者の心臓全体にわたって、切除カテーテルのロボットシステムによるロボットの器具誘導を制御する。

【 0 0 2 3 】

更に、解剖学的モデルは、C o x - M a z e 手術のために、患者の心臓の安全な／手術可能領域と危険な／手術不能領域とを識別するために色分け又は紋様分けされ、それによってシミュレーションされたカテーテル切除は、危険な／手術不能領域を回避する。

30

【 0 0 2 4 】

或いは術前に、レーザポインタの光ビームは、患者の心臓のカテーテル切除のシミュレーションとして、患者の心臓の外部全体にわたって、ロボットシステムによってロボット誘導され、それにより、医療処置コントローラは、患者の心臓のシミュレーションされたカテーテル切除を知らせる計画データの生成を制御する。

【 0 0 2 5 】

更に本明細書で例示的に説明される例では、解剖学的モデルの医療処置は、術前に、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル内に組み込まれた計画情報を含み、それによって計画情報は、患者の解剖学的構造に対する医療器具の計画された経路を示し、術中には、器具レプリカが、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル内に組み込まれた、計画された経路に対して手動で誘導されるような、患者の解剖学的構造に対する医療器具のロボット器具誘導を含む。

40

【 0 0 2 6 】

より具体的には、膝関節置換手術では、術前に、医療処置コントローラが、撮像システムによって撮像された患者の膝の画像内の患者の膝全体にわたって、手術経路の位置計画を制御し、それによって医療処置コントローラは、手術経路を組み込んでいる患者の膝の解剖学的モデルの製作(たとえば、3 D プリント)のための解剖学的モデルのプロファイルを生成する。術中に、医療処置コントローラは、ロボットシステムによるロボット鋸の

50

ロボット器具誘導を、患者の膝全体にわたって制御し、患者の膝の解剖学的モデルの手術経路全体にわたって、追跡システムにより追跡されたレプリカ鋸の手動器具誘導に従って、又は患者の膝の解剖学的モデルの手術経路全体にわたって、追加の鋸のロボットシステムによるロボット器具誘導に従って、手術経路を形成する。

【0027】

更に本明細書で例示的に説明される例では、解剖学的モデルの医療処置は、術前に、材料へ熱又は光が加わることに応答して、色の変化を受けやすい材料から、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルを製作及び／又は被覆することを含み、術中には、患者の解剖学的構造に対する、医療器具の手動での器具誘導を模倣する、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに対するレーザポインタでのロボットシステムによるロボット器具誘導を含み、それによって、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル上のレーザポインタによって加えられる熱／光は、患者の解剖学的構造に対する医療器具の手動での器具誘導を示す。

10

【0028】

より具体的には、Cox-Maze手術では、術前に、患者の心臓の解剖学的モデルが、材料へ熱又は光が加わることに応答して、色の変化を受けやすい材料から製作され、又は被覆される。術中には、医療処置コントローラは、患者の心臓に対する医療器具の手動での器具誘導を模倣する、患者の心臓の解剖学的モデルに対するレーザポインタでのロボットシステムによるロボット器具誘導を制御し、それにより、患者の心臓の解剖学的モデル上のレーザポインタによって加えられる熱／光は、患者の心臓全体にわたる切除カテーテルの手動での器具誘導を示す。

20

【0029】

更に本明細書で例示的に説明される例では、解剖学的モデルの医療処置は、術前に、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに対するエンコードされた面セレクタの手動での又はロボットの操作を含む。面セレクタの位置は、術前の患者の解剖学的構造の3D画像（たとえば、超音波、MRI、CT等）からの特定のスライスを抽出するために使用される。或いは、面セレクタの位置は、術中に、撮像装置の位置決めを制御する（たとえば、介入治療のX線Cアームの角度付け制御、ロボット制御TEEプローブの位置決めの制御、又は超音波トランスデューサの焦点深度／視野の制御）ために使用される。

【0030】

更に本明細書で例示的に説明される例では、解剖学的モデルは、術前に、患者の解剖学的構造又は汎用の標準解剖学的モデルの画像からのホログラムの解剖学的モデルの生成を含み、それによって経路計画及び／又は器具誘導のベースとして機能するホログラムの解剖学的モデルとの相互作用を利用する。より具体的には、患者の解剖学的構造の所望の視野は、術前又は術中に、ホログラフの解剖学的モデルとのユーザの相互作用を介して、計画及び／又は誘導され、それによって術中に撮像システムは、患者の解剖学的構造の所望の視野を実現させるように操作される。ホログラフの解剖学的モデルとのかかる相互作用は、術中に、撮像システムの運動制限内で実行される。

30

【0031】

本開示の発明の前述の実施形態及び他の実施形態、並びに本開示の様々な特徴及び利点は、添付図面と併せて読まれる本開示の発明の様々な実施形態の、以下の詳細な説明から更に明らかになるであろう。詳細な説明及び図面は、限定するものではなく本開示の発明の単なる例示であり、本開示の発明の範囲は、添付の特許請求の範囲及びその均等物によって定義されることになる。

40

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1A】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの医療スイートの、第1の例示的な実施形態の構成図である。

【図1B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの医療処置の第1の例示的な実施形態の構成図である。

【図2A】本開示の発明の原理による、画像ベースのモデル製作方法を実行するための、

50

解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 2 B】本開示の発明の原理による、画像ベースのモデル選択方法を実行するための、解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 3 A】本開示の発明の原理による、画像ベースのモデル製作方法の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 3 B】本開示の発明の原理による、画像ベースのモデル選択方法の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 4 A】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル向上の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4 B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル向上の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4 C】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル向上の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4 D】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル向上の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4 E】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル向上の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4 F】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル向上の例示的な実施形態を示す図である。

【図 5 A】本開示の発明の原理による、非モデルベースの位置計画方法を実行するための解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 5 B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルベースで、術前／術中ベースの位置計画方法を実行するための解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 6 A】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル内に組み込まれた非モデルベースの位置計画の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 6 B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル内に組み込まれた非モデルベースの位置計画の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 6 C】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル内に組み込まれた解剖学的モデルベースの術前の位置計画の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 6 D】本開示の発明の原理による、解剖学的モデル内に組み込まれた解剖学的モデルベースの術中の位置計画の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 7 A】本開示の発明の原理による、非モデルベースの器具誘導方法を実行するための解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 7 B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルベースの術前の器具誘導方法を実行するため、解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 7 C】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルベースで、術中の器具誘導方法を実行するための解剖学的モデルの医用ワークステーションの例示的な実施形態の構成図である。

【図 8 A】本開示の発明の原理による、非モデルベースの器具誘導方法の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 8 B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルベースの術前の器具誘導方法の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 8 C】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルベースの術中の器具誘導方法の例示的な実施形態の作業の流れを示す図である。

【図 9 A】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの医療スイートの第2の例示的な実施形態の構成図である。

【図 9 B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの医療処置の第2の例示的な実施形態の構成図である。

10

20

30

40

50

【図10A】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの3次元ホログラムの解剖学的モデルの第1の例示的な実施形態を示す図である。

【図10B】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの3次元ホログラムの解剖学的モデルの第2の例示的な実施形態を示す図である。

【図11A】本開示の発明の原理による、ユーザの図10Aに示すホログラムの解剖学的モデルとの相互作用の第1の例示的な実施形態を示す図である。

【図11B】本開示の発明の原理による、ユーザの図10Aに示すホログラムの解剖学的モデルとの相互作用の第2の例示的な実施形態を示す図である。

【図11C】本開示の発明の原理による、ユーザの図10Aに示すホログラムの解剖学的モデルとの相互作用の第3の例示的な実施形態を示す図である。

【図12】本開示の発明の原理による、運動制御方法を表すフローチャートの例示的な実施形態を示す図である。

【図13】本開示の発明の原理による、解剖学的モデルの医療スイートの第3の実施形態の例示的な概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

本開示の理解を容易にするために、図1Aの以下の説明は、本開示の例示的な解剖学的モデルの医療スイートの、発明の基本原理を教示する。当業者であれば、本説明から、本開示の解剖学的モデルの医療スイートの多数の変更された実施形態を製作及び使用するために、本開示の発明の原理を、どのように適用するかを理解するであろう。

【0034】

図1Aを参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート10は、1つ又は複数の医療機器20、1つ又は複数の任意選択の器具レプリカ30、及び1つ又は複数の解剖学的モデル40を使用する。

【0035】

医療器具20は、本開示の技術分野で知られている医療処置に従って、患者の解剖学的構造の撮像、診断及び/又は治療を行うために使用される。医療器具の例は、ガイドワイヤ、カテーテル、メス、焼灼器、切除装置、バルーン、ステント、エンドグラフト、粥腫切除装置、クリップ、針、鉗子、kワイヤ及び関連するドライバ、内視鏡、超音波プローブ、X線装置、錐、スクリュードライバ、骨刀、ノミ、マレット、搔爬器、鉗子、箝子、ペリアスティアム、及びJタイプ針を含むが、それらに限定されるものではない。

【0036】

実際には、解剖学的モデルの医療スイート10によって使用される特定の種類の医療器具20は、解剖学的モデルの医療スイート10を使って実行されることになる、特定の種類の解剖学的モデルの医療処置に依存する。本開示の発明の説明において、明確にするために、図2～図8で説明される医療器具20の実施形態は、切除カテーテル、ロボット鋸、及びCT Cアームに限定することとする。それでもなお、本開示の分野の技術者には、本開示の発明に適用可能な医療器具の、多数の変更された実施形態が理解されよう。

【0037】

また実際には、医療器具20は、解剖学的モデルの医療スイート10を使って実行される、1つ又は複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート10の標準構成要素であるか、又は解剖学的モデルの医療スイート10を使って実行されることになる、特定の解剖学的モデルの医療処置のために選択的に収集される医療器具である。

【0038】

器具レプリカ30は、本明細書で例示的に説明される、医療器具20の物理的動作と構造的に等しい又は機能的に等しい、医療器具20の物理的表現である。器具レプリカ30の例は、医療器具のモデル、ロボットのモデル、レーザポインタ、及び光学式プロジェクタを含むが、それらに限定されるものではない。

【0039】

10

20

30

40

50

実際には、解剖学的モデルの医療スイート 10 によって使用される、特定の種類の器具レプリカ 30 は、解剖学的モデルの医療スイート 10 によって使用される特定の種類の医療器具 20 に依存する。本開示の発明の説明において、明確にするために、図 2 ~ 図 8 で説明される器具レプリカ 30 の実施形態は、レーザポインタ及びロボット鋸のレプリカに限定することとする。それでもなお、本開示の分野の技術者には、本開示の発明に適用可能な器具レプリカの多数の変更された実施形態が理解されよう。

【 0 0 4 0 】

また実際には、器具レプリカ 30 は、解剖学的モデルの医療スイート 10 を使って実行される、1つ又は複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート 10 の標準構成要素であるか、又は解剖学的モデルの医療スイート 10 を使って実行されることになる、特定の解剖学的モデルの医療処置のために製造される、又は選択的に取得される器具レプリカである。

10

【 0 0 4 1 】

解剖学的モデル 40 は、更に本明細書で以下に説明するように、医療処置の対象者である患者の解剖学的構造の物理的表現である。実際には、解剖学的モデルの医療スイート 10 によって使用される特定の種類の医療器具 40 は、解剖学的モデルの医療スイート 10 を使って実行されることになる、解剖学的モデルの医療処置の対象者である患者の解剖学的構造に依存する。実際には、解剖学的モデル 40 はまた、特に解剖学的アトラスから製作された汎用の解剖学的モデルの、選択若しくはモーフィングを容易にするための、患者の解剖学的構造の撮像からの解剖学的モデル 40 の製作、又は患者の解剖学的構造の撮像からの解剖学的モデル 40 の描写によって、患者固有のものとなる。或いは、解剖学的モデル 40 は、たとえば、特に解剖学的アトラスから製作された汎用の解剖学的モデル、又は患者の解剖学的構造を物理的に表現する任意の種類の物体等、患者固有ではないものである。

20

【 0 0 4 2 】

実際には、患者固有ではない解剖学的モデル 40 は、解剖学的モデルの医療スイート 10 を使って実行される、1つ又は複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート 10 の標準構成要素である。

【 0 0 4 3 】

本開示の発明の説明において、明確にするために、図 2 ~ 図 8 で説明される解剖学的モデル 40 の実施形態は、患者の心臓、患者の膝、及び患者の肝臓の解剖学的モデルに限定することとする。それでもなお、本開示の分野の技術者には、本開示の発明に適用可能な解剖学的モデルの多数の変更された実施形態が理解されよう。

30

【 0 0 4 4 】

実際には、解剖学的モデル 40 は部分的に、又は全体的に、対象者である患者の解剖学的構造を物理的に表現し、また解剖学的モデル 40 は中実であるか、又は部分的に、若しくは全体的に中空である。

【 0 0 4 5 】

依然として図 1A を参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート 10 は、1つ又は複数の撮像システム 50 を使用する。

40

【 0 0 4 6 】

実際には、撮像システム 50 は、使用されるときに、解剖学的モデルの医療スイート 10 を使って実行される、1つ又は複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート 10 の標準構成要素であるか、又は解剖学的モデルの医療スイート 10 を使って実行されることになる、特定の解剖学的モデルの医療処置のために選択的に取得される。

【 0 0 4 7 】

更に撮像システム 50 は、使用されるときに、本開示の技術分野で知られている撮像様式を実施するための医用撮像装置 51 を備える。医用撮像装置 51 を使って実施される撮像様式の例は、コンピュータ断層撮影法（「CT」）、磁気共鳴イメージング法（「MR

50

I」)、陽電子放射断層撮影法(「PET」)、超音波(「U S : u l t r a s o u n d」)、X線、及び内視鏡を含むが、それらに限定されるものではない。

【0048】

各撮像システム50は更に、撮像様式に従って、対象者である患者の解剖学的構造、医療器具20、器具レプリカ30及び/又は解剖学的モデル40の2次元(「2D」)画像及び/又は3次元(「3D」)画像を示す撮像データIDの医用撮像装置51による生成を制御するように構造的に構成された撮像コントローラ52を備える。

【0049】

実際には、解剖学的モデルの医療スイート10によって使用される特定の種類の撮像システム50は、使用されるときに、解剖学的モデルの医療スイート10を使って実行されることになる、特定の種類の解剖学的モデルの医療処置に基づいて選択される。

10

【0050】

また実際には、撮像システム50は、本明細書で更に以下に説明するように、解剖学的モデルの医療処置の、術前段階及び/又は術中段階の間に使用される。

【0051】

更に実際には、撮像システム50を使用する代わりに、解剖学的モデルの医療スイート10は、撮像システム50によって生成されるのと同様にリアルタイムで撮像データIDを受信するために、撮像システム50と遠隔通信し、且つ/又は撮像システム50によって以前に生成された撮像データIDのアップロード/ダウンロードのために、記憶装置(図示せず)(たとえばデータベース)を使用する。

20

【0052】

依然として図1Aを参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート10は、1つ又は複数の追跡システム60を使用する。

【0053】

実際には、追跡システム60は、使用されるときに、解剖学的モデルの医療スイート10を使って実行される、1つ又は複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート10の標準構成要素であるか、又は追跡システム60は、解剖学的モデルの医療スイート10を使って実行されることになる、特定の解剖学的モデルの医療処置のために選択的に取得される。

30

【0054】

更に追跡システム60は、使用されるときに、本開示の技術分野で知られている追跡方式(たとえば、信号/磁場/光発生器、エミッタ、送信機、受信機及び/又はセンサ)を実施するための空間追跡機61を備える。空間追跡機61によって実施される追跡方式の例は、Fiber-Optic Real Shape(「FOR S」)センサ追跡、電磁式追跡、カメラを用いた光学式追跡、カメラ画像ベースの追跡、及び機械式デジタル化追跡を含むが、それらに限定されるものではない。

【0055】

各追跡システム60は更に、1つ又は複数の座標空間内で、追跡方式に従って、対象者である患者の解剖学的構造、医療器具20、器具レプリカ30、及び/又は解剖学的モデル40の追跡を知らせる追跡データTDの空間追跡機61による生成を制御するように、構造的に構成された追跡コントローラ62を備える。

40

【0056】

実際には、解剖学的モデルの医療スイート10によって使用される特定の種類の追跡システム60は、使用されるときに、座標空間内の特定の種類の対象者である患者の解剖学的構造、医療器具20、器具レプリカ30、及び/又は解剖学的モデル40に基づいて選択される。

【0057】

また実際には、追跡システム60は、本明細書で更に以下に説明するように、解剖学的モデルの医療処置の術前段階及び/又は術中段階の間に使用される。

【0058】

50

依然として図 1 A を参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート 1 0 は、1 つ又は複数のロボットシステム 7 0 を使用する。

【 0 0 5 9 】

実際には、ロボットシステム 7 0 は、使用されるときに、解剖学的モデルの医療スイート 1 0 を使って実行される、1 つ又は複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート 1 0 の標準構成要素であるか、又はロボットシステム 7 0 は、解剖学的モデルの医療スイート 1 0 を使って実行されることになる、特定の解剖学的モデルの医療処置のために選択的に取得される。

【 0 0 6 0 】

更にロボットシステム 7 0 は、使用されるときに、対象者である患者の解剖学的構造又は解剖学的モデル 4 0 に対する経路に沿って、医療器具 2 0 又は器具レプリカ 3 0 を誘導するための器具ロボット 7 1 を備える。器具ロボット 7 1 の例は、以下を含むがそれらに限定されるものではない。

(1) 1 つ又は複数の関節及び複数の連結部を備える、精密なロボット（たとえば、自由度 6 のロボット、又は動作ロボットの遠隔センタ）

(2) ギアードモータの連結又は腱駆動を介して作動可能な、複数の関節を備える蛇型ロボット

(3) カテーテル及び類似の医療器具を支持するロボット（たとえば、作動可能な駆動システムによって駆動される受動カテーテルを支持するロボット、又はモータ及び腱を備える作動可能なカテーテルを支持する、若しくは磁力のような外力によって駆動されるロボット）

(4) 自由度 1 のロボット（たとえば、有窓血管内動脈瘤修復中に使用されるロボット）

【 0 0 6 1 】

実際には、医療器具 2 0 及び / 又は器具レプリカ 3 0 は、器具ロボット 7 0 への取り付け / 取り外し可能であるか（たとえば、遠隔センタ動作ロボットによって支持される内視鏡、蛇型ロボット内に配置される切除カテーテル、後付けロボットアタッチメントによって操作される TEE プローブ、血管ナビゲーション又はステント配置のための腱駆動のカテーテルのルート）、又は器具ロボット 7 0 と一体化される（たとえば、遠位に鋸器具を備える精密ロボット、ロボットに組み込まれたトランステューサを有する超音波ロボット）。

【 0 0 6 2 】

各ロボットシステム 7 0 は更に、本開示の技術分野で知られている、関連する座標空間内での器具ロボット 7 1 の指令される姿勢を指示する姿勢コマンド PC に応答して、器具ロボット 7 1 の作動を制御するように構造的に構成されたロボットコントローラ 7 2 を備える。

【 0 0 6 3 】

実際には、器具ロボット 7 0 は、本開示の技術分野で知られている、関連する座標空間内での器具ロボット 7 1 のリアルタイムの姿勢を知らせる姿勢データ PD を生成するために、エンコーダ等を組み込み、それによってロボットコントローラ 7 2 は更に、本開示の技術分野で知られている、関連する座標空間内での器具ロボット 7 1 のリアルタイムの姿勢を知らせる姿勢データ PD の生成を制御するように、構造的に構成される。代替的に又は併行して、器具ロボット 7 0 に取り付けられる、又は器具ロボット 7 0 と一体化された空間追跡機 6 1 の構成要素は、器具ロボット 7 0 の姿勢データ PD として機能する追跡データ TD を提供する。

【 0 0 6 4 】

実際には、解剖学的モデルの医療スイート 1 0 によって使用される、特定の種類のロボットシステム 7 0 は、使用されるときに、解剖学的モデルの医療スイート 1 0 によって使用される特定の種類の医療器具 2 0 及び器具レプリカ 3 0 に基づいて選択される。

【 0 0 6 5 】

また実際には、ロボットシステム 7 0 は、本明細書で更に以下に説明するように、解剖

10

20

30

40

50

学的モデルの医療処置の、術前段階及び／又は術中段階の間に使用される。

【0066】

更に実際には、ロボットシステム70を使用する代わりに、解剖学的モデルの医療スイート10は、ロボットシステム70によって生成されるのと同様にリアルタイムで姿勢データP.Dを受信するために、及び姿勢コマンドをロボットシステム70にリアルタイムで送信するために、ロボットシステムと遠隔通信し、並びに／又はロボットシステム70は、解剖学的モデルの医療スイート10を使って以前に生成された姿勢コマンドP.Cのアップロード／ダウンロードのために、記憶装置（図示せず）（たとえばデータベース）を使用する。

【0067】

依然として図1Aを参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート10は更に、本開示の発明の原理を実施するための医用ワークステーション80を使用する。

【0068】

医用ワークステーション80は、コンピュータ（図示せず）にインストールされた医療処置コントローラ90への遠隔アクセス権を含む、又は有する。医用ワークステーション80は更に、モニタ及び1つ又は複数のユーザ入力装置（たとえば、キーボード及びマウス）を含むがそれらに限定されるものではない、ワークステーションに関連する追加の構成要素（図示せず）を含むのが通例である。

【0069】

医療処置コントローラ90は、患者の解剖学的構造を撮像、診断、及び／又は治療するために、解剖学的モデル40の医療処置の術前段階及び／又は術中段階の間に動作する。

【0070】

一般に医療処置コントローラ90は、解剖学的モデル40に対する医療器具20、又は解剖学的モデル40に対する器具レプリカ30の位置計画及び／又は器具誘導から導出される、患者の解剖学的構造に対する医療器具20の位置計画及び／又は器具誘導を制御する。

【0071】

非制限的な例では、解剖学的モデルの医療処置は、術前に、患者の解剖学的構造に対する医療器具20の経路計画を知らせる計画データを生成するために、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル40に対する器具レプリカ30の手動での又はロボットの器具誘導を含み、術中に、その計画データに従って患者の解剖学的構造に対する医療器具20の手動での又はロボットの器具誘導を含む。

【0072】

更に、本明細書で更に以下に説明するように、計画立案及び／又は器具誘導作業を向上させるために、生理学的情報を解剖学的モデル40に組み入れ、且つ／又は解剖学的モデル40と関係付ける。

【0073】

より具体的には、Cox-Maze手術では、術前に、追跡システム60によって追跡されるレーザポインタの光ビームは、患者の心臓のカテーテル切除のシミュレーションとして、患者の心臓の解剖学的モデル40の外部全体にわたって手動で誘導され、それにより、医療処置コントローラ90は、患者の心臓のシミュレーションされたカテーテル切除を知らせる計画データの生成を制御する。術中には、医療処置コントローラ90は、シミュレーションされたカテーテル切除を実施するための計画データに従って、患者の心臓全体にわたって、切除カテーテルのロボットシステム70によるロボット器具の誘導を制御する。

【0074】

更に、解剖学的モデル40は、Cox-Maze手術のために、患者の心臓の安全な／手術可能領域と危険な／手術不能領域とを識別するために色分け又は紋様分けされ、それによってシミュレーションされたカテーテル切除は、危険な／手術不能領域を回避する。

【0075】

10

20

30

40

50

或いは術前に、レーザポインタの光ビームは、患者の心臓のカテーテル切除のシミュレーションとして、患者の心臓の外部全体にわたって、ロボットシステム 70 によってロボット誘導され、それにより、医療処置コントローラ 90 は、患者の心臓のシミュレーションされたカテーテル切除を知らせる計画データの生成を制御する。

【 0 0 7 6 】

更に非限定的な例では、解剖学的モデル 40 の医療処置は、術前に、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 内に組み込まれた計画情報を含み、それによって計画情報は、患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 の計画された経路を示し、術中には、器具レプリカ 30 が、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 内に組み込まれた、計画された経路に対して手動で誘導されるのと同様の、患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 のロボット器具の誘導を含む。

10

【 0 0 7 7 】

より具体的には、膝関節置換手術では、術前に、医療処置コントローラ 90 が、撮像システム 50 によって撮像された患者の膝の画像内の患者の膝全体にわたって、手術経路の位置計画を制御し、それによって医療処置コントローラ 90 は、手術経路を組み込んでいる患者の膝の解剖学的モデル 40 の製作（たとえば、3D プリント）のための解剖学的モデル 40 のプロファイルを生成する。術中に、医療処置コントローラ 90 は、ロボットシステム 70 によるロボット鋸のロボット器具誘導を、患者の膝全体にわたって制御し、患者の膝の解剖学的モデル 40 の手術経路全体にわたって、追跡システム 60 により追跡されたレプリカ鋸の手動器具誘導に従って、又は患者の膝の解剖学的モデル 40 の手術経路全体にわたって、追加の鋸のロボットシステム 70 によるロボット器具誘導に従って、手術経路を形成する。

20

【 0 0 7 8 】

更に非制限的な例では、解剖学的モデル 40 の医療処置は、術前に、材料へ熱又は光が加わることに応答して、色の変化を受けやすい材料から、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 の製作及び／又は被覆することを含み、術中には、患者の解剖学的構造に対する、医療器具 20 の手動での器具誘導を模倣する、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 に対するレーザポインタでのロボットシステム 70 によるロボット器具誘導を含み、それによって、患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 上のレーザポインタによって加えられる熱／光は、患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 の手動での器具誘導を示している。

30

【 0 0 7 9 】

より具体的には、C o x - M a z e 手術では、術前に、患者の心臓の解剖学的モデル 40 が、材料へ熱又は光が加わることに応答して、色の変化を受けやすい材料から製作され、又は被覆される。術中には、医療処置コントローラ 90 は、患者の心臓に対する医療器具 20 の手動での器具誘導を模倣する、患者の心臓の解剖学的モデル 40 に対するレーザポインタでのロボットシステム 70 によるロボット器具誘導を制御し、それにより、患者の心臓の解剖学的モデル 40 上のレーザポインタによって加えられる熱／光は、患者の心臓全体にわたる切除カテーテルの手動での器具誘導を示している。

【 0 0 8 0 】

40

本明細書に例示的に記載される更なる例では、解剖学的モデルの医療処置は、術前に、患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに対する、エンコードされた面のセレクタの手動又はロボットによる操作を含み、それによって、医療処置コントローラ 90 は、術前の患者の解剖学的構造の 3D 画像（たとえば超音波、M R I 、C T 等）から特定のスライスを抽出するための、面セレクタの使用を制御する。或いは、医療処置コントローラ 90 は、術中に、撮像装置の位置決めを制御する（たとえば、介入治療の X 線 C アームの角度付け制御、ロボット制御 T E E プローブの位置決め制御、又は超音波トランスデューサの焦点深度／視野の制御）ために、面セレクタの位置の使用を制御する。

【 0 0 8 1 】

依然として図 1 A を参照して、本開示の発明の原理による、前述の非限定的で例示的な

50

解剖学的モデルの医療処置、並びに追加の解剖学的モデルの医療処置を実行する目的で、医療処置コントローラ 9 0 は、撮像データ処理モジュール 9 1、追跡データ処理モジュール 9 2、及び／又はロボット姿勢データ処理モジュール 9 3 を使用する。

【 0 0 8 2 】

撮像データ処理モジュール 9 1 は、対象者である患者の解剖学的構造の当該の 2 D / 3 D 画像、及び関連するグラフィカルユーザインターフェースを、医用ワークステーション 8 0 のモニタ上に表示するように、撮像コントローラ 5 2 からの撮像データ I D を処理するための本開示の技術分野において知られているソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。撮像データ処理モジュール 9 1 は更に、解剖学的モデルの医療処置に必要な 2 D / 3 D 画像に示されるように、医療器具 2 0 、器具レプリカ 3 0 、解剖学的モデル 4 0 、及び／又は器具ロボット 7 1 間での画像位置合せを容易にするための、本開示の技術分野で知られているソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。画像位置合せの例は、手動での位置合せ、ランドマークベースの位置合せ、特徴ベースの位置合せ、及び機械式位置合せを含むが、それらに限定されるものではない。

【 0 0 8 3 】

追跡データ処理モジュール 9 2 は、医療処置に必要な、医療器具 2 0 、器具レプリカ 3 0 、解剖学的モデル 4 0 、医用撮像装置 5 1 、及び器具ロボット 7 1 間での空間位置合せを容易にする、追跡データ T D を処理するための本開示の技術分野で知られているソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。空間位置合せの例は、手動での位置合せ、ランドマークベースの位置合せ、特徴ベースの位置合せ、及び機械式位置合せを含むが、それらに限定されるものではない。

【 0 0 8 4 】

ロボット姿勢データ処理モジュール 9 3 は、姿勢データ P D を処理し、それによって、関連する座標空間内での器具ロボット 7 1 の指示された姿勢と、姿勢データ P D によって示された関連する座標空間内での器具ロボット 7 1 のリアルタイムの姿勢との間の差分に基づいて、姿勢コマンド P C を生成するための本開示の技術分野で知られているソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。

【 0 0 8 5 】

本開示の発明の原理を実施する目的で、医療処置コントローラ 9 0 は更に、モデル取得モジュール 9 4 、位置計画モジュール 9 5 、及び／又は器具誘導モジュール 9 6 を使用する。

【 0 0 8 6 】

モデル取得モジュール 9 4 は、主に、撮像コントローラ 5 2 によって処理される画像データ I D 、追跡コントローラ 6 2 によって処理される追跡データ T D 、及び／又は本明細書において更に以下で説明される当該座標系での位置合せに基づいて、対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 4 0 の製作又は選択を容易にするための、ソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。モデル取得モジュール 9 4 は更に、本明細書において更に以下で説明される、解剖学的モデル 4 0 を向上させるためのソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路を構造的に備える。

【 0 0 8 7 】

位置計画モジュール 9 5 は、対象者である患者の解剖学的構造に対する、医療器具 2 0 の位置計画を容易にするためのソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。位置計画は主に、撮像コントローラ 5 2 によって処理される画像データ I D 、追跡コントローラ 6 2 によって処理される追跡データ T D 、ロボットコントローラ 7 2 によって処理される姿勢データ P D 、及び／又は本明細書において更に以下で説明される当該座標系での位置合せに基づく。

【 0 0 8 8 】

器具誘導モジュール 9 6 は、特に位置計画に従って、対象者である患者の解剖学的構造に対する、医療器具 2 0 の器具誘導を容易にするためのソフトウェア／ファームウェア／

10

20

30

40

50

ハードウェア / 回路で構造的に構成される。器具誘導は主に、追跡コントローラ 6 2 によって処理される追跡データ T D、ロボットコントローラ 7 2 によって処理される姿勢データ P D、及び / 又は本明細書において更に以下で説明される当該座標系での位置合せに基づく。

【 0 0 8 9 】

依然として図 1 A を参照して、実際には、医療処置コントローラ 9 0 の各モジュール 9 1 ~ 9 6 は、図示のように医用ワークステーション 8 0 にインストールされるか、又は医用ワークステーション 8 0 に結合される。或いは、医療処置コントローラ 9 0 のモジュール 9 1 ~ 9 6 のうちの各モジュールは、システム 5 0 、 6 0 、及び / 若しくは 7 0 のコントローラのうちの 1 つの中に、部分的に若しくは完全に統合されるか、又は医療処置コントローラ 9 0 のモジュール 9 1 ~ 9 6 は、部分的に若しくは完全に、システム 5 0 、 6 0 、及び 7 0 のコントローラの間に分散される。

10

【 0 0 9 0 】

本開示、特にモジュール 9 4 ~ 9 6 の理解を更に容易にするために、図 1 B の以下の説明は、本開示の例示的な解剖学的モデルの医療処置の、発明の基本原理を教示する。当業者であれば、本説明から、本開示の解剖学的モデルの医療処置の、多数の変更された実施形態を製作及び使用するために、本開示の発明の原理を、どのように適用するかを理解されよう。

【 0 0 9 1 】

図 1 の解剖学的モデルの医療処置の説明において、明確にするために、図 2 ~ 図 8 について、撮像システム 5 0 について説明する実施形態は C T 撮像システムに限定し、追跡システム 6 0 について説明する実施形態は、電磁式追跡システムに限定し、ロボットシステム 7 0 について説明する実施形態は、蛇型ロボットに限定することとする。それでもなお、本開示の分野の技術者には、本開示の解剖学的モデルの医療処置に適用可能な撮像システム、追跡システム、及びロボットシステムの、多数の変更された実施形態が理解されよう。

20

【 0 0 9 2 】

図 1 B を参照して、一般に、本開示の解剖学的モデルの医療処置 1 0 0 は、対象者である患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び / 又は治療を行うために、解剖学的モデル取得段階 1 1 0 、位置計画段階 1 5 0 、及び器具誘導段階 1 9 0 を実施する。

30

【 0 0 9 3 】

解剖学的モデル取得段階 1 1 0 は、一般に、本明細書において以下に更に例示的に説明されるように、対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 4 0 (図 1 A) を提供する。実際に解剖学的モデル取得段階 1 1 0 では、医療処置コントローラ 8 0 は、解剖学的モデル 4 0 を取得するために必要な任意の撮像及び / 若しくは空間位置合せを実行し、且つ / 又は解剖学的モデル 4 0 を取得するために必要な、任意の種類のロボット制御を実施する。

【 0 0 9 4 】

位置計画段階 1 5 0 は、一般に、本明細書において以下に更に例示的に説明されるように、解剖学的モデルに対する医療器具 2 0 又は器具レプリカ 3 0 (図 1) の器具誘導から導出された、対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 2 0 (図 1 A) の計画された配置又は計画された経路を提供する。実際に位置計画段階 1 5 0 では、医療処置コントローラ 8 0 は、対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 2 0 の位置計画のために必要な任意の撮像及び / 若しくは空間位置合せを実行し、且つ / 又は対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 2 0 の位置計画のために必要な任意の種類のロボット制御を実施する。

40

【 0 0 9 5 】

器具誘導段階 1 9 0 は、一般に、本明細書において以下に更に例示的に説明されるように、解剖学的モデル 4 0 (図 1) の位置計画から導出される、対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 2 0 (図 1 A) の器具誘導、及び / 又は解剖学的モデル 4 0 に対

50

する器具レプリカ 3 0 (図 1) の器具誘導を提供する。実際に器具誘導段階 1 9 0 では、医療処置コントローラ 8 0 は、医療器具 2 0 及び / 若しくは器具レプリカ 3 0 の器具誘導のために必要な、任意の撮像及び / 若しくは空間位置合せを実行し、且つ / 又は医療器具 2 0 及び / 若しくは器具レプリカ 3 0 の器具誘導のために必要な、任意の種類のロボット制御を実施する。

【 0 0 9 6 】

実際には、解剖学的モデルの医療スイート 1 0 (図 1 A) は、順次及び / 又は同時に、段階 1 2 0 、 1 3 0 、及び 1 4 0 を実行する。

【 0 0 9 7 】

図 1 B の説明を、排他的に本開示の発明の原理に向ける目的で、解剖学的モデルの医療処置 1 0 0 は、本明細書に記載されていない、追加の段階を実行することを、当業者は理解されよう。

10

【 0 0 9 8 】

依然として図 1 B を参照して、解剖学的モデル取得段階 1 1 0 は、対象者である患者の解剖学的構造の画像から解剖学的モデルを製作するよう、モデルのプロファイルを生成するための画像ベースのモデル製作方法 1 2 0 、解剖学的モデルのデータベースから解剖学的モデルを選択するよう、モデルのプロファイルを生成するための、画像ベースのモデル選択方法 1 3 0 、並びに / 又はモデル取得方法 1 2 0 及び 1 3 0 に適用可能な、解剖学的モデル向上方法 1 4 0 を包含する。

【 0 0 9 9 】

方法 1 2 0 及び 1 3 0 は、解剖学的モデルを取得するための患者固有の方法である。方法 1 2 0 及び 1 3 0 の代替では、解剖学的モデルは、たとえば、解剖学的アトラスから製作 / 選択された汎用の解剖学的モデル、又は患者の解剖学的構造を物理的に表現する任意の種類の物体等、患者固有ではないものである。解剖学的モデル向上方法 1 4 0 はまた、患者固有ではない解剖学的モデルにも適用可能である。

20

【 0 1 0 0 】

依然として図 1 B を参照して、画像ベースのモデル製作方法 1 2 0 は、本開示の技術分野で知られている、解剖学的モデルの 3 D プリント / 高速プロトタイプ作製 (又は他の好適な技術) を提供する。実際には、解剖学的モデルのかかる 3 D プリント / 高速プロトタイプ作製は、単一の合成解剖学的モデルとして、又は解剖学的モデルの中に後から組み合わせられる個々の部品として、解剖学的モデルの製作を容易にする。

30

【 0 1 0 1 】

画像ベースのモデル製作方法 1 2 0 の一実施形態では、図 2 A に示す医用ワークステーション 9 0 a 上にインストールされる、又は医用ワークステーション 9 0 a によってアクセス可能なモデル取得モジュール 9 4 a は、図 3 A に示す画像ベースのモデル製作方法 1 2 0 a を実行するよう動作する。

【 0 1 0 2 】

図 3 A を参照して、画像ベースのモデル製作方法 1 2 0 a は、医用撮像装置 5 1 (図 1 A) によって、患者の解剖学的構造 P を術前に撮像又は術中に撮像し、それによって、方法 1 2 0 a のステージ S 1 2 4 中に、撮像コントローラ 5 2 (図 1 A) 又はモデル取得モジュール 9 4 a (図 2 A) によって処理される、 3 D 画像 5 3 の形の画像データ I D (図 1 A) を生成するステップを有する、ステージ S 1 2 2 を含む。撮像コントローラ 5 3 又はモデル取得モジュール 9 4 a によるかかる処理は、方法 1 2 0 a のステージ S 1 2 6 の間に、モデル取得モジュール 9 4 a による、患者の解剖学的構造 P の 3 D 画像のセグメント化、及び患者の解剖学的構造 P の 1 つ又は複数の 3 D 解剖学的メッシュ 5 4 の生成を含み、それによって、方法 1 2 0 a の段階 S 1 2 8 の間に、モデル取得モジュール 9 4 a によって生成されたモデルのプロファイル 5 5 を介して、 3 D プリント / 高速プロトタイプ作製 (又は他の好適な技術) を利用して、患者の解剖学的構造 P のスケーリングされていない又はスケーリングされた解剖学的モデル 4 0 (図 1 A) がプリントされる。より具体的には、本開示のモデルプロファイルは、メッシュ 5 4 から導出された解剖学的モデルの

40

50

寸法仕様及び材料組成を描写し、それによって仕様及び材料組成は、解剖学的モデルのプリントに好適なものとなる。

【0103】

方法120aの結果、解剖学的モデル40は、患者の解剖学的構造Pの物理的表現となる。実際には、本開示は、解剖学的モデルの医療処置100（図1B）の実行に必要であるか、又は最小限必要であると見なされる、患者の解剖学的構造Pの解剖学的モデル40aの物理的表現のどんなレベルの詳細をも意図している。

【0104】

たとえば、依然として図3Aを参照して、CT撮像システムのCアーム51aは、患者の心臓Hの術前の画像を生成し、それによってモデル取得モジュール94A（図2A）によって処理される3D画像53aの形の画像データIDを生成するよう操作される。モデル取得モジュール94Aによるかかる処理は、画像のセグメント化と、患者の心臓Hの1つ又は複数の3D解剖学的メッシュ54aの生成とを含み、それによって、患者の心臓Hのスケーリングされていない又はスケーリングされた解剖学的モデル40aが、3Dプリント／高速プロトタイプ作製（又は他の好適な技術）を利用してプリントされる。この結果、解剖学的モデル40aは、患者の心臓Hの物理的表現となる。

10

【0105】

図1Bに戻って参照して、画像ベースのモデル選択方法130は、本開示の技術分野で知られている、解剖学的アトラスから当該の解剖学的モデルをモーフィングすることによって、対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデルの導出をもたらす。実際には、解剖学的アトラスからの当該の解剖学的モデルのかかるモーフィングは、単一の合成解剖学的モデルとして、又は解剖学的モデルの中に後から組み合わせられる個々の部品として、解剖学的モデルの選択を容易にする。

20

【0106】

画像ベースのモデル製作方法130の一実施形態では、図2Bに示すワークステーション90b上にインストールされる、又はワークステーション90bによってアクセス可能なモデル取得モジュール94bは、図3Bに示す画像ベースのモデル選択方法130aを実行するよう動作する。

【0107】

図3Bを参照して、画像ベースのモデル製作方法130aは、医用撮像装置51（図1A）によって、患者の解剖学的構造Pを術前に撮像又は術中に撮像し、それによって、方法130aのステージS134中に、撮像コントローラ52（図1A）又はモデル取得モジュール94b（図2B）によって処理される、一連の3D画像53の形の画像データID（図1A）を生成するステップを有する、ステージS132を含む。撮像コントローラ52又はモデル取得モジュール94bによるかかる処理は、対象者である患者の解剖学的構造Pの2D／3D画像内に示されたランドマークの測定を含み、それによって、方法130aのステージS136の間に、モデルのプロファイル56の生成を容易にする。より具体的には、本開示のモデルのプロファイルは、フローチャート130のステージS138の間に、モデル取得モジュール94bによる、データベース97からの対応する解剖学的モデルの選択に好適な解剖学的モデルの寸法仕様及び材料組成を描写し、それにより選択された解剖学的モデルは使用されるか、又は患者の解剖学的構造Pのスケーリングされていない若しくはスケーリングされた解剖学的モデル40（図1A）へモーフィングされる。

30

【0108】

実際には、データベース97は、特に解剖学的アトラスからの多数の様々な解剖学的構造のリストを含み、それによって選択された解剖学的モデルが製作されるか、又は予め作製されている。

40

【0109】

方法130aの結果、解剖学的モデル40は、患者の解剖学的構造Pの物理的表現となる。実際には、本開示は、解剖学的モデルの医療処置100（図1B）の実行に必要であ

50

るか、又は最小限必要であると見なされる、患者の解剖学的構造 P の解剖学的モデル 4 0 の物理的表現のどんなレベルの詳細をも意図している。

【 0 1 1 0 】

たとえば、依然として図 3 B を参照して、C T 撮像システムの C アーム 5 1 a は、患者の心臓 H の術前の画像又は術中の画像を生成し、それによってモデル取得モジュール 9 4 b (図 2 B) によって処理される、時間的に連続する 3 D 画像 5 3 a の形の画像データ I D を生成するよう操作される。モデル取得モジュール 9 4 b によるかかる処理は、患者の心臓 H の 2 D / 3 D 画像内で示されるランドマークの描画 / 測定を含み、それによって、使用される、又は患者の心臓 H のスケーリングされていない若しくはスケーリングされた解剖学的モデル 4 0 b にモーフィングされる、モデルのデータベース 9 7 からの解剖学的モデルの選択を容易にする。この結果、解剖学的モデル 4 0 b は、患者の心臓 H の物理的表現となる。

10

【 0 1 1 1 】

図 1 B に戻って参照して、解剖学的モデルの向上方法 1 4 0 は、方法 1 2 0 / 1 3 0 によって生成 / 選択された解剖学的モデルへの生理学的に関連する情報の組み込みをもたらし、それによって解剖学的モデルは、かかる生理学的に関連する情報を視覚的に強調する。

【 0 1 1 2 】

より具体的には、本開示で説明される、また特許請求の範囲としての用語「生理学的に関連する」は、臓器運動、電気 / 血管経路、及び介入治療のための安全領域対回避されるべき危険領域を含むがこれらに限定されない、対象者である患者の解剖学的モデルの医療処置に関連する、対象者である患者の解剖学的構造に生理学的に関連する任意の情報を包含する。

20

【 0 1 1 3 】

実際には、生理学的に関連する情報は、以下を含むがこれらに限定されない様々なやり方で、解剖学的モデルに組み込まれる。

(1) レーザポインタ若しくは様々な色の複数のレーザポインタ、又は光学式プロジェクタを介した、解剖学的モデル上への光投射による照射

(2) 様々な紋様又は色を用いた、解剖学的モデルのプリント及び / 又は描写

(3) 解剖学的モデル内での L E D 等の組み込み

(4) 熱又は光のために色を変化させる、解剖学的モデルの材料組成及び / 又は被覆 (たとえば、熱変色性又は光変色性材料)

30

(5) 解剖学的モデルは可撓性の材料組成を有し、それによって、対象者である患者の解剖学的構造の生理学的運動をシミュレーションするために、能動電子部品 / 機械部品が、解剖学的モデル内に埋め込まれる、解剖学的モデル上に装着される、又は解剖学的モデルに取り付けられる (たとえば、心臓の拍動をシミュレーションするための振動モータ、触覚スクリーン、圧電素子等の触覚素子) 。

【 0 1 1 4 】

実際には、本開示の技術分野の製作 / 被覆技術が、解剖学的モデルへの生理学的に関連する情報の組み込みに適用可能であることを、当業者は理解されよう。

40

【 0 1 1 5 】

たとえば図 4 A は、医療処置に関連する解剖学的モデル 4 0 a の安全領域でのレーザポインタ (図示せず) の光投射 4 1 による照射を示す。

【 0 1 1 6 】

更なる例では、図 4 B は、医療処置に関連する安全領域 4 2 S 及び危険領域 4 3 U に相異なる紋様又は色を有する、解剖学的モデル 4 0 b のプリントを示す。

【 0 1 1 7 】

更なる例では、図 4 C は、たとえば大動脈 4 4 Y に黄色、心室 4 5 O にくすんだ色、心室 4 5 O をわたる動脈 / 静脈 (図示せず) に赤色等、相異なる色を有する、解剖学的モデル 4 0 c のプリントを示す。

【 0 1 1 8 】

50

更なる例では、図 4 D は、解剖学的モデル 4 0 d 内の溝 4 7 のプリントを示し、それによって L E D 4 7 は溝 4 7 内に挿入され、L E D 4 8 が緑色 4 8 G と青色 4 8 B との間で切り替えられて、解剖学的モデル 4 0 d 上の動的な生理機能を強調する。

【 0 1 1 9 】

図 4 A ~ 図 4 D の 4 つの例では、患者の心臓の鼓動をシミュレーションするために、触覚要素（図示せず）が解剖学的モデルに埋め込まれる / 装着される / 取り付けられる。

【 0 1 2 0 】

図 1 B に戻って参照して、解剖学的モデルの向上方法 1 4 0 は、方法 1 2 0 / 1 3 0 によって生成 / 選択された解剖学的モデルへの処置上の関連する情報の組み込みをもたらし、それによって解剖学的モデルは、かかる処置上の関連する情報を視覚的に強調する。より具体的には、本開示で説明される、また特許請求の範囲としての用語「処置上の関連する」は、解剖学的モデル内の埋め込み型装置の位置及び向き、解剖学的モデルに対する医療器具 2 0 の基準位置、及び解剖学的モデルに対する医療器具 2 0 の経路が計画された位置を含むがこれらに限定されない、解剖学的モデル及び / 又は対象者である患者の解剖学的構造に対する、医療器具及び器具レプリカの位置計画及び器具誘導に関する任意の情報を包含する。

10

【 0 1 2 1 】

実際には、処置上の関連する情報は、1 つ又は複数の物理的な特徴（たとえば、フック、孔、クリップ等）の解剖学的モデルへのプリント又は統合を含むが、これらに限定されない様々なやり方で解剖学的モデル内に組み込まれる。

20

【 0 1 2 2 】

一実施形態では、処置上の関連する情報は、対象物の位置として、解剖学的モデル上へ、又は解剖学的モデルの中に組み込まれる。たとえば、図 4 E は、患者の肝臓の解剖学的モデル 4 0 e の中に入る対象物の孔 4 9 として識別される、患者の肝臓への入口箇所を有する、対象物への組み込みを示す。

【 0 1 2 3 】

図 1 B に戻って参照して、解剖学的モデルの向上方法 1 4 0 は、医療器具のモデルとして、器具レプリカ 3 0 の製作を提供する。かかる製作された器具レプリカの例は、医療器具自体、ステント、ガイドワイヤ、及び埋め込み型装置（たとえば弁、クリップ、ネジ、ロッド等）、ポインタ、指、レーザポインタ、C アーム又は T E E プローブのモデルを含むが、それらに限定されるものではない。

30

【 0 1 2 4 】

実際には、器具レプリカ 3 0 は、配置されていない、半ば配置された、又は完全に配置された状態で、そして様々な位置にある医療器具のモデルである。

【 0 1 2 5 】

たとえば、図 4 F は、患者の心臓の中空の解剖学的モデル 4 0 f と共に製作されるか、又はそれと共に使用するために選択された、配置されていない大動脈弁の配置システムのモデル 3 1 を示す。実際には、当業者には、本開示の分野の技術が、医療器具のレプリカ製作に適用可能であることが、理解されよう。

40

【 0 1 2 6 】

図 1 B に戻って参照して、本明細書で前述した、解剖学的モデルのいかなる向上も、解剖学的モデルの製作に適用可能なモデルのプロファイルと結合される、又は解剖学的モデルの選択に適用可能なモデルのプロファイル内に組み込まれる。

【 0 1 2 7 】

更に、実際には、解剖学的モデルの医療処置 1 0 0 は、多数の連続した時間セグメントにわたって実行され、それによって患者の解剖学的構造の物理的状態は時間セグメントごとに変化する（たとえば Cox - Maze 手術）。したがって、実際には、方法 1 4 0 によって任意選択で向上される方法 1 2 0 及び / 又は 1 3 0 は、各時間セグメントについて実行され、それによって、対応する時間セグメント中に、患者の解剖学的構造を物理的に表現するそれぞれの解剖学的モデルを使って、複数のバージョンの解剖学的モデルを生成

50

/ 選択する。

【 0 1 2 8 】

依然として図 1 B を参照して、位置計画段階 150 は、対象者である患者の解剖学的構造の撮像からの対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 (図 1 A) の位置計画のための非モデルベースの位置計画方法 160 を有する。位置計画段階 150 は更に、解剖学的モデル 40 (図 1 A) に対する医療器具 20 、又は解剖学的モデル 40 (図 1 A) に対する器具レプリカ 30 (図 1 A) の器具誘導のための対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 の位置計画に向けた、モデルベースの術前位置計画方法 170 及びモデルベースの術中位置計画方法 180 を包含する。

【 0 1 2 9 】

一般に、位置計画は、対象者である患者の解剖学的構造を診断及び / 又は治療する目的で、対象者である患者の解剖学的構造上の位置に至る幾何学的空間内での医療器具 20 若しくは器具レプリカ 30 の任意の平行移動、任意の回転移動、及び任意の枢動移動、並びに / 又は対象者である患者の解剖学的構造の外側及び / 若しくは内側を、空間的若しくは連続的に通過する、医療器具 20 若しくは器具レプリカ 30 の任意の平行移動、任意の回転移動、及び任意の枢動移動を広義に包含する、「処置上の位置決め」計画を含む。

【 0 1 3 0 】

実際には、計画は、以下を含むがこれらに限定されない、空間的表現として表される。

(1) 面 (たとえば、膝又は股関節置換手術等の整形外科的処置のための切断面)

(2) 1 つの経路又は 1 組の経路 (たとえば、心臓又は E P に対する C o x - M a z e 手術のため)

(3) エリア (たとえば血管内で、グラフト配置でのステントの留置領域、又は腫瘍エリア)

(4) 安全領域 (たとえば、脈管構造、脳内の傷つきやすい構造体等)

(5) 点 (たとえば、針生検又は針切除のための挿入箇所)

(6) 血管又は気道の対象物の分岐を描写するためのリング

【 0 1 3 1 】

依然として図 1 B を参照して、位置計画段階の方法 160 は、本開示の技術分野で知られている、対象者である患者の解剖学的構造の撮像に基づく位置計画を提供する。

【 0 1 3 2 】

位置計画段階の方法 160 の一実施形態では、図 5 A に示す医用ワークステーション 90 c 上にインストールされる、又は医用ワークステーション 90 c によってアクセス可能な位置計画モジュール 95 a は、それぞれ図 6 A 及び図 6 B に示す非モデルベースの位置計画方法 160 a 及び 160 b を実行するよう動作する。

【 0 1 3 3 】

図 6 A を参照して、方法 160 a のステージ S 162 a は、患者の心臓の撮像 57 a の表示を包含し、それによって、本開示の技術分野で知られている位置計画技術は、患者の心臓に対する医療器具 20 の計画された経路を描写するためのグラフィカルユーザインターフェースを介して、実施される。方法 160 a のステージ S 164 a は、器具誘導段階 190 を実行するための、計画された経路の記憶装置を包含するか、或いは、方法 120 のモデルのプロファイル内又は方法 130 のモデルのプロファイル内への計画された経路の組み込みを包含し、それによって、解剖学的モデル 40 は、解剖学的モデル 40 内に組み込まれた、計画された経路の機能を使って取得される。

【 0 1 3 4 】

より具体的には、図 6 A は、点線によってかたどられた、患者の心臓の壁内に埋め込まれた、 C o x - M a z e 手術のための計画された経路の機能を有する、解剖学的モデル 40 g を示す。本明細書で前述したように、計画された経路の埋め込みは、計画された経路を残りの解剖学的モデルから区別するために、色分け若しくは紋様分けされる方式を含むか、又は患者の心臓の壁内の計画された経路を表現する溝を有する、解剖学的壁の 3 D プリントを含み、それによって L E D が溝内に埋め込まれるか、又は埋め込まれない。

10

20

30

40

50

【0135】

同様に図6Bを参照して、方法160bのステージS162bは、患者の膝の撮像57bの表示を包含し、それによって、本開示の技術分野で知られている位置計画技術は、患者の膝に対する医療器具20の計画された経路を描写するためのグラフィカルユーチュイナタフェースを介して、実施される。方法160bのステージS164bは、器具誘導段階190を実行するための計画された経路の記憶装置を包含するか、或いは、方法120のモデルのプロファイル内又は方法130のモデルのプロファイル内への計画された経路の組み込みを包含し、それによって、解剖学的モデル40は、解剖学的モデル40内に埋め込まれた、解剖学的モデル40上に装着された、又は解剖学的モデル40に取り付けられた、計画された経路の機能を使って取得される。

10

【0136】

より具体的には、図6Bは患者の膝の撮像57bの表示を示し、それによって膝置換手術のための計画された経路の機能を有する解剖学的モデル40hは、点線によって象られた、患者の膝の骨内に埋め込まれる。本明細書で前述したように、計画された経路の埋め込みは、計画された経路を残りの解剖学的モデルから区別するために、色分け若しくは紋様分けされる方式を含むか、又は患者の心臓の壁内の計画された経路を表現する溝を有する、解剖学的壁の3Dプリントを含み、それによってLEDが溝内に埋め込まれるか、又は埋め込まれない。

【0137】

図1Bに戻って参照して、モデルベースの位置計画方法170及び180は、本開示の発明の原理に従って、位置計画ベースの解剖学的モデルを提供する。

20

【0138】

モデルベースの位置計画方法170及び180の一実施形態では、図5Bに示す医用ワークステーション90d上にインストールされる、又は医用ワークステーション90dによってアクセス可能な位置計画モジュール95bは、図6Cに示す術前ベースの位置計画方法170a、及び/又は図6Dに示す術中ベースの位置計画方法180aを実行するよう動作する。方法160a及び170aのために、医用ワークステーション90dは、追跡センサ(たとえばFORISセンサ)を含むレーザポインタ30aの形の器具レプリカ30、及びエンコードされたロボットアーム30bの形の追加の器具レプリカ30を提供する。レーザポインタ30a及びエンコードされたロボットアーム30bは、対象者である患者の解剖学的構造上での医療装置20の処置上の位置決めのシミュレーションを容易にする。

30

【0139】

図6Cを参照して、術前位置計画方法170aの実行に先立ち、本開示の技術分野で知られている任意の好適な位置合せ技術によって、たとえば、対象者である患者の解剖学的構造の術前画像58aに示されている、解剖学的モデル40i上の箇所を識別するレーザポインタ30aを使用すること等によって、患者の心臓の解剖学的モデル40iの患者の心臓の術前画像58aへの追跡位置合せが行われる。追跡位置合せが完了すると、方法170aのステージS172は、器具誘導段階190中に、対象者である患者の解剖学的構造上の医療器具20のシミュレーションされた位置又は通過をマークするために、解剖学的モデル上のレーザポインタ30aの処置上の位置決めを行うステップを有する。

40

【0140】

方法170aの方法S174は、Cox-Maze手術のため、点線によって象られた患者の心臓の術前画像58a上へ、計画された経路を重ね合わせるステップを有する。

【0141】

図6Dを参照して、術中位置計画方法180aの実行に先立ち、本開示の技術分野で知られている任意の好適な位置合せ技術によって、たとえば、ロボットアーム30b上に追跡センサを置くことを含む位置合せ等によって、エンコードされたロボットアーム30bを患者の膝の解剖学的モデル40jの術中画像58bへの追跡システム50を使った位置合せが実行される。追跡位置合せが完了すると、方法180aのステージS182は、器

50

具誘導段階 190 中に、対象者である患者の解剖学的構造上の精密なロボットアーム 30 b のシミュレーションされた位置又は通過をマークするために、解剖学的モデル上の精密なロボットアーム 30 b の処置上の位置決めを行うステップを有する。

【 0142 】

方法 180 a のステージ S184 は、膝置換手術のための点線によってかたどられた患者の膝の術中画像 58 b 上へ、計画された経路を重ね合わせるステップを有する。

【 0143 】

図 1 B に戻って参照して、器具誘導段階 190 は、対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 (図 1 A) の術前に計画された経路を実行するための非モデルベースの器具誘導方法 200、並びに対象者である患者の解剖学的構造に対する医療器具 20 を誘導するためのモデルベースの術前器具誘導方法 210 及びモデルベースの術中器具誘導方法 220 を包含する。

10

【 0144 】

一般に、器具誘導は、術前に計画された経路に従って、関連する座標空間内で器具ロボット 71 (図 1 A) の指示される姿勢を知らせる姿勢コマンド PC を生成し、対象者である患者の解剖学的構造に対する、医療器具 20 の処置上の位置決めを行う、又は対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 (図 1 A) に対する、器具レプリカ 30 (図 1 A) の処置上の位置決めを行う、器具誘導モジュール 96 (図 1 A) を含む。器具誘導は更に、対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデル 40 に対する器具レプリカ 30 の処置上の位置決めに従って、関連する座標空間内で医用撮像装置 51 (図 1) の指示される姿勢を知らせる姿勢コマンド PC を生成する、器具誘導モジュール 96 を含む。

20

【 0145 】

依然として図 1 B を参照して、非モデルベースの器具誘導方法 200 は、術前に計画された経路、特に、方法 160、170、及び 280 によって生成された、術前に計画された経路に従って、医療器具 20 の器具誘導を提供する。

【 0146 】

非モデルベースの器具誘導方法 200 の一実施形態では、図 7 A に示す医用ワークステーション 90 e 上にインストールされる、又は医用ワークステーション 90 e によってアクセス可能な器具誘導モジュール 96 a は、非モデルベースの器具誘導方法 200 を実行するよう動作する。

30

【 0147 】

方法 200 の本実施形態の実行に先立って、ロボットシステム 70 b は、位置計画段階 150 において使用される場合、追跡システム 60 (図 1 A) に位置合せされる。かかる位置合せは、たとえば、ロボットシステム 70 b のロボットアーム上に追跡センサを置くことを含む位置合せ等、本開示の技術分野で知られた位置合せ技術に従って実行される。さもなければ、ロボットシステム 70 b は、ロボットシステム 70 b 又は同等のロボットシステムが位置計画段階 150 で使用されていた場合、エンコードされた術前の経路計画データを有することになる。

【 0148 】

方法 200 は、最初に、術前に計画された経路の始点に応じて、患者に挿入される又は患者の解剖学的構造の近位に位置決めされる医療器具 20 (図示せず) (たとえば、切除カテーテル) を支持する、ロボット器具 71 a を包含する。

40

【 0149 】

方法 200 はその後、追跡された術前計画経路をロボット座標系に変換し、また姿勢コマンド PC をロボットシステム 70 b に伝達し、それによって、ロボット器具 71 a が、対象者である患者の解剖学的構造の術前画像上のロボット器具 71 a の仮想オーバレイに示される術前経路をたどる、器具誘導モジュール 96 a、又はエンコードされた術前経路計画データを処理し、それによってロボット器具 71 a が、対象者である患者の解剖学的構造の術前画像上のロボット器具 71 a の仮想オーバレイに示される術前経路をたどる、ロボットシステム 70 b のどちらか一方を包含する。

50

【0150】

方法200は更に、解剖学的モデル40fに対して、ロボット器具71bを位置決めするためのロボットシステム70bを組み込み、それにより対象者である患者の解剖学的構造に対する、ロボット器具71aの処置上の位置決めの追加のフィードバックを提供する。

【0151】

たとえば、ロボットシステム70bは、器具レプリカ30(図1A)(たとえば、レザポインタ)を支持するロボット器具71bを備え、それによって、ロボットシステム70bはロボットシステム70aに位置合せされる。ロボット器具71bは、解剖学的モデルに対して、術前に計画された経路の始点に位置決めされ、それによってロボットシステム70aは、ロボット器具71aの姿勢データPDを器具誘導モジュール96aに提供し、そこで姿勢データPDをロボットシステム70bのための姿勢コマンドに変換して、ロボット器具71bによって支持された器具レプリカ30を、解剖学的モデル40fに対して、実際的に位置決めする。

10

【0152】

結果として、図8Aに示すように、ロボット器具71bによって支持される器具レプリカ30は、対象者である患者の解剖学的構造に対する、ロボット器具71aの処理する位置決めのフィードバックを提供する。

【0153】

図1Bに戻って参照して、モデルベースの術前器具誘導方法210は、対象者である患者の解剖学的構造を診断するための医療器具として機能する、医用撮像装置51(図1A)の器具誘導を提供する。たとえば、医用撮像装置51は、CTCアーム、ロボット制御される超音波トランスデューサ(たとえば、TEEプローブ)、又はロボット制御される内視鏡を含むがこれらに限定されない任意の医用撮像装置である。適切に位置合せされた器具レプリカ30(図1A)は、次いで、解剖学的モデルに対する器具レプリカ30の任意の配置を、対象者である患者の解剖学的構造に対する医用撮像装置51の処置上の位置に変換するために使用される。

20

【0154】

たとえば、方法210の一実施形態では、図7Bに示す医用ワークステーション90f上にインストールされる、又は医用ワークステーション90fによってアクセス可能な器具誘導モジュール96bは、方法210を実行するよう動作する。本実施形態において、追跡ポインタ30aは、図8Bに示す解剖学的モデル40fに対する、関心のある位置又は面を識別するために使用され、次いでX線アーム51aは、患者の心臓Hの所望の位置上の視野を提供するように方向付けられる。

30

【0155】

或いは、CTCアーム51aのモデルは追跡ポインタであり、それによってユーザは、CTCアーム51aのモデルを、解剖学的モデルに対して意図された位置及び向きに操作し、次いでCTCアーム51aは、対象者である患者の解剖学的構造に対する、対応する位置及び向きをとる。

【0156】

更なる例では、医用撮像装置51は、ロボット制御されるTEEプローブであり、それによって、TEEプローブのヘッドの器具レプリカとして機能する追跡ポインタが、対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに対して位置決めされ、ロボット制御されるTEEプローブは、解剖学的モデルに対して対応する位置に移動するようになる。或いは、追跡ポインタは、対象者である患者の解剖学的構造の解剖学的モデルに対して直角に移動し、3D超音波ボリュームの2D断面を選択するために使用される面セレクタを表現する。

40

【0157】

方法210の別の実施形態では、医用撮像装置51は、ユーザによって手動で制御される。たとえば、CTCアーム51aの角度は、そうした角度の値についての知識に基づいて、ユーザによって、撮像コントローラ52(図1A)を介して制御される。本実施形

50

態では、器具誘導モジュール 9 6 b は、解剖学的モデルに対して位置合せされた器具レプリカ 3 0 の配置から導出された、対象者である患者の解剖学的構造に対する医用撮像装置 5 1 の配置を、ディスプレイを介して通知する。たとえば、器具誘導モジュール 9 6 b は、図 8 B に示される解剖学的モデル 4 0 f に対する、追跡ポインタ 3 0 a への位置決めによって導出される、患者の心臓 H に対する C T C アーム 5 1 a の所望の位置及び向きを、ディスプレイを介してユーザに知らせ、ユーザは、撮像コントローラ 5 2 を使って、C T C アーム 5 1 a を患者の心臓 H に対して所望の位置及び向きに操作する。

【 0 1 5 8 】

図 1 B に戻って参照して、モデルベースの術中器具誘導方法 2 2 0 は、対象者である患者の解剖学的構造を診断、及び / 又は治療するための医療器具の器具誘導を提供する。

10

【 0 1 5 9 】

方法 2 2 0 の一実施形態では、図 7 C に示す医用ワークステーション 9 0 g 上にインストールされる、又は医用ワークステーション 9 0 g によってアクセス可能な器具誘導モジュール 9 6 c は、方法 2 2 0 を実行するよう動作する。方法 2 2 0 を実行する前提条件は、以下の通り。

(1) 本開示の技術分野において知られている、対象者である患者の解剖学的構造の術前の画像に、解剖学的モデル 3 0 (図 1 A) を位置合せすること。

(2) 本開示の技術分野において知られている、手術室の対象者である患者の解剖学的構造に、追跡システム 6 0 (図 1 A) を位置合せすること。

(3) 本開示の技術分野において知られている、対象者である患者の解剖学的構造の術前の画像に、対象者である患者の解剖学的構造を位置合せするために、追跡システム 6 0 を使用すること。それによって暗に、解剖学的モデルを、患者の解剖学的構造に位置合せすることになる。

20

【 0 1 6 0 】

或いは、術中撮像システムは、対象者である患者の解剖学的構造を、対象者である患者の解剖学的構造の術前の映像に位置合せするために、又は解剖学的モデルと対象者である患者の解剖学的構造との両方を示す、術中の画像を生成するために使用される。

【 0 1 6 1 】

位置合せに続いて、方法 2 2 0 は、患者の中に挿入される、又は医療現場の近くに配置されることになる、ロボット器具 7 1 a によって支持される医療器具を包含する。その後、レーザポインタ 3 0 a は、ロボット器具 7 1 a が、患者の心臓 H に対して位置決めされるべき経路又は位置をマークするために、解剖学的モデル上に位置決めされる。器具誘導モジュール 9 6 c は、所望の経路又は位置をロボットシステム 7 0 b の座標フレームに変換し、姿勢コマンド P C のロボットコントローラ 7 2 への伝送を制御し、ロボットコントローラ 7 2 は、姿勢コマンドをロボット器具 7 1 b のための作動信号に変換し、それによって、ロボット器具 7 1 b は、図 8 C に示す解剖学的モデル 4 0 f に対するレーザポインタ 3 0 a の経路によって定義される、患者の心臓 H に対する経路をたどる。撮像システム 3 0 は、患者の解剖学的構造の仮想表現における医療器具の位置を表示する。

30

【 0 1 6 2 】

本開示の更なる理解を容易にするために、以下の図 9 A の説明は、解剖学的モデル 4 0 (図 1 A) 及び / 又はホログラムの器具レプリカ 3 0 (図 1 A) を組み込んだ、本開示の例示的な解剖学的モデルの医療スイートの発明の基本原理を教示している。当業者であれば、本説明から、解剖学的モデル及び / 又はホログラムの器具レプリカを組み込む、本開示の解剖学的モデルの医療スイートの多数の変更された実施形態を製作及び使用するためには、本開示の発明の原理を、更にどのように適用するかを理解されよう。

40

【 0 1 6 3 】

図 9 A を参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート 1 0 ' は、図 1 A で示した解剖学的モデルの医療スイート 1 0 に向けて本明細書に前述したのと同様に、1 つ又は複数の医療器具 2 0 、1 つ又は複数の任意選択の器具レプリカ 3 0 、1 つ又は複数の任意選択の撮像システム 5 0 、1 つ又は複数の任意選択の追跡システム 6 0 、及び 1 つ又は複数の

50

任意選択のロボットシステム 70 を使用する。

【 0 1 6 4 】

依然として図 9 A を参照して、解剖学的モデルの医療スイート 10' は更に、本開示の技術分野で知られている、1つ若しくは複数のホログラムの解剖学的モデル 40、及び / 又は1つ若しくは複数の任意選択のホログラムの器具レプリカ 30 を生成するための、1つ又は複数の拡張現実システム 300 を使用する。

【 0 1 6 5 】

実際には、拡張現実システム 300 は、解剖学的モデルの医療スイート 10' によって実行される、1つ若しくは複数の解剖学的モデルの医療処置のために使用可能な、解剖学的モデルの医療スイート 10' の標準構成要素であるか、又は解剖学的モデルの医療スイート 10' によって実行されることになる、特定の解剖学的モデルの医療処置のために選択的に取得される。

【 0 1 6 6 】

更に実際には、拡張現実システム 300 は、本開示の技術分野で知られている、ユーザが解剖学的モデル 40 及び / 又は器具レプリカ 30 の 2D 又は 3D ホログラムと相互作用するのを容易にするための1つ又は複数の対話型ツール 301 を備える。対話型ツール 301 の例は、以下を含むがそれらに限定されるものではない。

1. ポインタ（エンコードされた、追跡された、ロボットの）
2. 指 / 手 / 身振り追跡装置（カメラベースの身振り認識）
3. 面セレクタ（エンコードされた、追跡された、ロボットの）
4. 音声認識装置
5. ユーザ位置追跡装置（たとえば、室内での物理的位置、視線、頭の位置）
6. ロボット
7. 3D プリントされた、同じホログラムの解剖学的モデル
8. 撮像システム 50 のレプリカ
9. マーカベースの追跡物体

【 0 1 6 7 】

それぞれの拡張現実システム 300 は更に、本開示の技術分野で知られている、ユーザの解剖学的モデル 40 及び / 又は器具レプリカ 30 の 2D ホログラム又は 3D ホログラムとの相互作用を制御するよう構造的に構成される、相互作用コントローラ 302 を備える。より詳細には、相互作用コントローラ 302 は、本明細書で以下に更に例示的に説明する、医療処置コントローラ 90' のホログラム制御モジュール 310 によって、撮像されたホログラムデータ IHD で示される、解剖学的モデル 40 及び / 又は器具レプリカ 30 のホログラム表示を制御する。ホログラムの表示によって、相互作用コントローラ 302 は、操作されるホログラムデータ MHD をホログラム制御モジュール 310 に伝送し、それによってホログラム制御モジュール 310 に、ユーザの解剖学的モデル 40 及び / 又は器具レプリカ 30 の 2D ホログラム又は 3D ホログラムとの相互作用での、任意の経路計画及び / 又は器具誘導の態様を知らせる。

【 0 1 6 8 】

実際には、解剖学的モデルの医療スイート 10' によって使用される特定の種類の拡張現実システム 300 は、解剖学的モデルの医療スイート 10' によって実行されることになる、特定の種類の解剖学的モデルの医療処置に基づいて選択される。

【 0 1 6 9 】

また実際には、拡張現実システム 300 は、本明細書で更に以下に説明するように、解剖学的モデルの医療処置の術前段階及び / 又は術中段階の間に使用される。

【 0 1 7 0 】

更に実際には、拡張現実システム 300 を使用する代わりに、解剖学的モデルの医療スイート 10' は、拡張現実システム 300 によって生成されるのと同様にリアルタイムで、操作されるホログラムデータ MHD を受信するために、拡張現実システム 300 と遠隔通信し、且つ / 又は拡張現実システム 300 によって以前に生成された、操作されたホログ

10

20

30

40

50

ラムデータMHDのアップロード／ダウンロードのために、記憶装置（図示せず）（たとえばデータベース）を使用する。

【0171】

依然として図9Aを参照して、本開示の解剖学的モデルの医療スイート10'は更に、本開示の発明の原理を実施するための医用ワークステーション80'を使用する。

【0172】

医用ワークステーション80'は、コンピュータ（図示せず）にインストールされた医療処置コントローラ90'への遠隔アクセス権を含む、又は有する。医用ワークステーション80'は更に、モニタ及び1つ又は複数のユーザ入力装置（たとえば、キーボード及びマウス）を含むがそれらに限定されるものではない、ワークステーションに関連する追加の構成要素（図示せず）を含むのが通例である。

10

【0173】

医療処置コントローラ90'は、患者の解剖学的構造を撮像、診断、及び／又は治療するために、解剖学的モデル40の医療処置の術前段階及び／又は術中段階の間に動作する。

【0174】

一般に、医療処置コントローラ90'（図1A）と同様に、医療処置コントローラ90'は、解剖学的モデル40に対する医療器具20、又は解剖学的モデル40に対する器具レプリカ30の位置計画及び／又は器具誘導から導出される、患者の解剖学的構造に対する医療器具20の位置計画及び／又は器具誘導を制御する。医療処置コントローラ90'と同様に、医療処置コントローラ90'は、モジュール91～96（図1A）を使用する。更に、医療処置コントローラ90'は、ホログラム制御モジュール310及び任意選択の運転制限モジュール311を使用する。

20

【0175】

ホログラム制御モジュール310は、術前又は術中に、患者の関心のある解剖学的構造の実例の撮像データID情報から、撮像されたホログラムデータIHを生成するための、ソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。実際には、ホログラム制御モジュール310は、本開示の技術分野で知られているセグメント化技術を実行し、それによって関心のある患者の解剖学的構造を、撮像データIDからセグメント化し、セグメント化された患者の解剖学的構造を、撮像されたホログラムデータIHとして伝送する。

30

【0176】

ホログラム制御モジュール310は、ホログラムの解剖学的モデル40及び／又は器具レプリカ30とユーザとの任意の相互作用を反映するように、操作されるホログラムデータMHDを処理するためのソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成され、それによって、かかる処理が行われ操作されたホログラムデータMHDを、表示する目的で撮像システム50へ、計画する目的で計画モジュール95へ、及び／又は誘導する目的で器具誘導モデル96へ伝送する。かかる処理の例は、以下を含むがそれらに限定されるものではない。

1. ホログラフの解剖学的モデル40及び／又はホログラフの器具レプリカ30の、任意のユーザ編集（たとえば、ホログラフの解剖学的モデルの画像切り出し）を反映するための、ホログラフの解剖学的モデル40及び／又はホログラフの器具レプリカ30の更新

40

2. ホログラフの解剖学的モデル40及び／又はホログラフの器具レプリカ30の、任意のユーザ編集（たとえば、超音波画像の切り出し、術前のCT画像の回転）を反映するための、撮像システム50とは別個のモニタ上の撮像データIDの表示の更新

3. 撮像システム50の撮像パラメータ制御（たとえば、Cアームの構台の位置、超音波トランスデューサの焦点等）

【0177】

或いは実際には、相互作用コントローラ302は、ホログラム制御モジュール310を使用するか、又はホログラム制御モジュール310は、医療処置コントローラ90'に相互作用コントローラ302との間に分配される。

50

【0178】

運動制限モジュール311は、本開示の当業者によって理解されるように、撮像システム50、撮像システム50の器具レプリカ30、及び／又は拡張現実システム300の対話型ツール301（たとえば、運動装置）の、運動制限を示すためのソフトウェア／ファームウェア／ハードウェア／回路で構造的に構成される。かかる運動制限の例は、以下を含むがそれらに限定されるものではない。

1. 実際に確認されるような、関心のある解剖学的構造を囲繞する、患者の解剖学的構造の干渉

2. 実際に確認されるような、患者及び／又は撮像システム／レプリカを囲繞する、物体及び／又は医療従事者との干渉

3. 実際に確認されるような、運動装置の及ばない位置

4. 実際に確認されるような、患者の解剖学的構造及び／又は医療器具20の、知られた部分的に最適な視野

5. 実際に確認されるような、患者及び／又は医療従事者への放射線被曝を制限する、特定位置の回避

6. 実際に確認されるような、治療上の放射線量情報

7. 手術固有の制限

【0179】

実際には、運動制限モジュール311は、撮像システム50、撮像システム50の器具レプリカ30、及び／又は拡張現実システム300の対話型ツール301と通信して、その位置を確認し、以下を含むがそれらに限定されるものではない、本開示の技術分野で知られた任意のフィードバック技術を実行する。

1. 運動装置の位置が制約に違反するか、又は解剖学的モデル若しくは患者の解剖学的構造に対して不都合な／到達し得ない位置に近づくたびに、触覚フィードバック（たとえば、振動）を提供すること

2. 運動装置が解剖学的モデル又は患者の解剖学的構造に対して不都合な、又は到達し得ない位置に近づくときに、運動装置の機械的抵抗が増すように制御すること

3. 運動装置の、解剖学的モデル若しくは患者の解剖学的構造に対して好都合な／到達可能な位置を示す（たとえば、LEDは緑）、又は運動装置の解剖学的モデル若しくは患者の解剖学的構造に対して不都合な／到達し得ない位置を示す（たとえば、LEDは赤）ように、視覚的インジケータ（たとえばLED）の作動／非作動を制御すること

4. 解剖学的モデル及び運動装置の表示を制御し、それによって視覚的フィードバックが、解剖学的モデル若しくは患者の解剖学的構造に対する運動装置の好都合な／到達可能な位置の指示（たとえば、運動装置は緑）、又は解剖学的モデル若しくは患者の解剖学的構造に対する運動装置の不都合な／到達し得ない位置の指示（たとえば、運動装置は灰色／赤、及び／又は点滅）を提供すること

5. 特に拡張現実のヘッドセットを介して、聴覚的フィードバックを制御すること

【0180】

運動制限モジュール311、撮像システム50、撮像システム50の器具レプリカ30、及び／又は拡張現実システム300（すなわち、運動装置）の対話型ツール301と並行して、又は代替的に、本開示の技術分野で知られている、運動装置が不都合な位置に移動するのを防ぐ／妨げる物理的停止及び／又は機械的抵抗の組み込みを含むがこれらに限定されない機械的フィードバックが提供されるよう、製作／後付けされる。

【0181】

本開示の特にモジュール310及び311（図9A）の更なる理解を容易にするために、以下の図9Bの説明は、解剖学的モデル40（図9A）及び／又はホログラムの器具レプリカ30（図1A）を組み込んだ、本開示の例示的な解剖学的モデルの医療処置の、発明の基本原理を教示している。当業者であれば、本説明から、解剖学的モデル及び／又はホログラムの器具レプリカを組み込む、本開示の解剖学的モデルの医療処置の、多数の変更された実施形態を製作及び使用するために、本開示の発明の原理をどのように適用する

10

20

30

40

50

かを理解されよう。

【0182】

図9Bの解剖学的モデルの医療処置の説明において、明確にするために、図10A～図11Cに関して、ホログラムの解剖学的モデル40について説明する実施形態は、腹部大動脈瘤に限定し、撮像システム50について説明する実施形態は、CT撮像システムに限定することとする。それでもなお、本開示の分野の技術者には、本開示の解剖学的モデルの医療処置に適用可能な、解剖学的モデル及び撮像システムの多数の変更された実施形態が理解されよう。

【0183】

図9Bを参照して、解剖学的モデルの医療処置100(図1B)と同様に、本開示の解剖学的モデルの医療処置100'は、対象者である患者の解剖学的構造の撮像、診断、及び/又は治療を行うために、解剖学的モデル取得段階110'、位置計画段階150'、及び器具誘導段階190'を実施する。

10

【0184】

解剖学的モデル取得段階110'は、本明細書に前述したように、解剖学的モデル取得段階110(図1B)への追加として、画像ベースのホログラム生成400を組み込む。

【0185】

実際には、解剖学的モデル取得段階110は、本明細書に前述したように、ホログラムの解剖学的モデル40及び/又はホログラムの器具レプリカ30のホログラム制御モジュール310(図9A)による生成を含む。更に実際には、ホログラム制御モジュール310は、本明細書に前述したように、以下を含むがこれらに限定されない解剖学的モデル向上140を、ホログラムの解剖学的モデル40に適用する。

20

1. その身体的特徴(たとえば、患者の血圧、心拍数、及び他の生体情報)を反映するためのホログラムの解剖学的モデル40の一部又は全体の色変更

2. 呼吸、心拍等による、任意の実際の解剖学的動きを模倣するためのホログラムの解剖学的モデル40の大きさ及び/又は位置/向きの変更

3. ホログラムの解剖学的モデル40に対する、対話型ツール301の現在の撮像位置を強調するためのホログラムの解剖学的モデル40の陰影付け

【0186】

実際には、ホログラムの解剖学的モデル40及び/又はホログラムの器具レプリカ30は、位置計画段階150'及び/又は器具誘導段階190'の間に使用される。

30

【0187】

例では、術前の撮像システム50(図9A)による患者の胸部領域のCTスキャンは、ホログラム制御モジュール310(図9A)によってセグメント化され、それによって拡張現実システム300(図9A)は、腹部大動脈瘤及び大動脈の分岐血管の患者固有のホログラフの3Dモデル600を生成するように動作する。図10Aは、Microsoftによって市販されているHololens(商標)の使用により生成される、かかる腹部大動脈瘤及び大動脈の分岐血管の患者固有のホログラムの3Dモデルを示す。図10Bに示すように、操作者は、対話型ツール301(図1B)を使用して、モデル600を全体にわたって切断し、モデル601に対する対象者の頭の位置決めを通して、モデル601の様々な態様を見るためにモデル601を作成し、それによってその解剖学的構造をより良く理解していることを確認する。

40

【0188】

実際には、モデル600の任意の編集の前又は後に、操作者は、経路計画目的及び/又は器具誘導目的で、以下を含むがこれらに限定されない様々なやり方で、モデル600又はモデル601と相互作用する。

1. 操作者が、骨盤に対して輪状のランドマークを追加するために、3Dモデル600又は3Dモデル601を指すこと

2. 操作者が、たとえば図11Aに示すように、X線透視を取得するようCアームの位置を画定するために、ポインタとして指を使用すること

50

3. 操作者が、たとえば図 1 1 に示すように、3 D モデル 6 0 0 又は 3 D モデル 6 0 1 を、身振りを使って所望の視野に向けること

4. 補足的拡張現実システム（たとえば、FlexiVisioN）を使用して、それにより、補足的システムの 2 D 表示が同じ向き及び位置を模倣し、それによって術前の CT の再構成を示すこと

5. 操作者が、3 D モデル 6 0 0 又は 3 D モデル 6 0 1 に対して、エンドグラフトの 3 D ホログラムを位置決めし、それによってエンドグラフトの位置決めの練習をすること

6. 操作者が、3 D モデル 6 0 0 又は 3 D モデル 6 0 1 と相互作用し、たとえば図 1 1 C に示すような、エンドグラフトの留置領域を画定するために、エンコードされたポインタ（物理的な）を使用すること

10

【0189】

図 9 B に戻って参考して、本明細書で前述した、位置計画段階 1 5 0 （図 1 B ）及び器具誘導段階 1 9 0 （図 1 B ）それぞれへの追加として、位置計画段階 1 5 0 ' 及び器具誘導段階 1 9 0 ' は、運動制限を組み込む。

【0190】

図 1 2 は、位置計画段階 1 5 0 ' 及び器具誘導段階 1 9 0 ' に組み込まれる、本開示の運動制御方法を表すフローチャート 5 0 0 を示す。

20

【0191】

図 1 2 を参考して、フローチャート 5 0 0 のステージ S 5 0 2 は、経路計画モジュール 9 5 （図 9 B ）又は器具誘導モジュール 9 6 （図 9 B ）で、本開示の技術分野で知られる任意の好適な位置合せ技術による、ホログラムの解剖学的モデル 4 0 を、患者の解剖学的構造の術前 CT 画像へ位置合せするステップを有する。

【0192】

フローチャート 5 0 0 のステージ S 5 0 4 は、ホログラムの解剖学的モデルに対して、対話型ツール 3 0 1 で対話式に位置決めし、それによって、関心のある撮像角度を描写するステップを有する。ステージ S 5 0 4 は更に、ホログラムの解剖学的モデルに対する、対話型ツール 3 0 1 での対話式位置決めを容易にするために、患者の解剖学的構造の、術前 CT 画像をシミュレーションして観察するステップを有する。

30

【0193】

段階 S 5 0 4 の一実施形態では、追跡されたポインタ、手振り等を利用して、関心のある視野角が描写される。

【0194】

ステージ S 5 0 4 の第 2 の実施形態では、関心のある視野角を描写するために、撮像システム 5 0 （図 9 B ）の運動が正確にスケーリングされたホログラフの解剖学的モデルが、ホログラフの解剖学的モデルに対して、位置決めされる。たとえば、図 1 3 は、腹部大動脈瘤の関心のある視野角を描写するために、3 D モデル 6 0 0 に対して位置決めされた CT 撮像システム 7 0 0 の運動が正確にスケーリングされたホログラフの解剖学的モデルを示す。

40

【0195】

図 1 2 に戻って参考して、ステージ S 5 0 6 は、経路計画モジュール 9 5 （図 9 B ）又は器具誘導モジュール 9 6 （図 9 B ）で、本開示の技術分野で知られるように、術中の撮像システムに関連する任意の運動制限に基づいて、視野角が到達可能かどうかを判断するステップを有する。

【0196】

視野角が到達不可能である場合、操作者は、本明細書で前述したように、フィードバックを介して通知され、それによって操作者は、ステージ S 5 0 4 に戻って、ホログラフの解剖学的モデルに対する対話型ツール 3 0 1 で、新たに対話式位置決めを実行する。

50

【0197】

視野角が到達可能である場合、経路計画モジュール 9 5 （図 9 B ）又は器具誘導モジュール 9 6 （図 9 B ）は、フローチャート 5 0 0 のステージ S 5 0 8 に進み、患者の解剖学

的構造を観察する目的で、術中の撮像システムに視野角を伝達する。たとえば図13は、Cアームの構台を位置決めする目的での、術中のCT撮像システム702への視野角の伝送701を示す。

【0198】

実際には、ステージS502～S508は、位置計画段階150'（図9B）、器具誘導段階190'（図9B）、又はその組合せで実行される。

【0199】

図1～図13を参照して、本開示の当業者には、医療処置の実行中での医療器具の直感的な制御を含むがこれに限定されない、本開示の多くの利点を理解されよう。

【0200】

更に、当業者が本明細書で与えられる教示に鑑みて理解することになるように、本開示/明細書に記載された、且つ/又は図に示された、特徴、要素、構成要素等は、電子部品/電子回路、ハードウェア、実行可能なソフトウェア、及び実行可能なファームウェアの様々な組合せで実施され、単一の要素又は複数の要素に組み合わせられる機能を提供する。たとえば、図中で開示された/例示された/描かれた、様々な特徴、要素、構成要素等の機能は、専用ハードウェア、並びに適切なソフトウェアと関連してソフトウェアを実行することができるハードウェアを使用することによって、提供され得る。この機能は、プロセッサによって提供されるとき、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、又はそのうちのいくつかが共有及び/若しくは多重化され得る、複数の個別のプロセッサによって提供され得る。更に、用語「プロセッサ」の明示的な使用は、ソフトウェアを実行することができる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、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）ハードウェア、メモリ（たとえば、ソフトウェアを格納するための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）、並びにプロセスを実行及び/又は制御できる（及び/又は設定できる）、実質的にどんな手段及び/又は機械（ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、回路、その組合せ等を含む）をも暗黙的に含むことができ、またこれらに限定されない。

【0201】

更に、本発明の原理、態様、及び実施形態、並びにその特定の例を列挙する本明細書のすべての記載は、その構造的及び機能的な、その両方の均等物を包含することを意図している。更に、かかる均等物は、現在知られている均等物並びに将来開発される均等物（たとえば、構造にかかわらず、同じ又は実質的に類似の機能を実行することができる、開発される任意の要素）の両方を含むことを意図している。したがって、たとえば、本明細書で提供される教示に鑑みて、本明細書に提示される任意の構成図が、発明の原理を具体化する例示的なシステム構成要素及び/又は回路の概念図を表すことができることが、当業者には理解されよう。同様に、当業者には、本明細書で提供される教示に鑑みて、任意のフローチャート、流れ図等が、コンピュータ可読記憶媒体内で実質的に表され、かかる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どうかにかかわらず、コンピュータ、プロセッサ、又は処理機能を有する他の装置によってそのように実行され得る、様々なプロセスを表すことが可能であることを理解されたい。

【0202】

更に、本開示の例示的実施形態は、たとえばコンピュータ又は任意の命令実行システムによって、又はそれらに関連して使用されるプログラムコード及び/又は命令を提供する、コンピュータが使用可能な、及び/又はコンピュータ可読の記憶媒体からアクセス可能な、コンピュータプログラム製品又はアプリケーションモジュールの形態を取り得る。本開示によれば、コンピュータが使用可能な又はコンピュータ可読の記憶媒体は、命令実行システム、装置、若しくはデバイスによって又はそれらに関連して使用されるプログラムを、たとえば含む、格納する、通信する、伝搬する、又は転送することが可能な任意の装置であり得る。かかる例示的な媒体は、たとえば電子、磁気、光、電磁気、赤外線、若しくは半導体のシステム（又は装置若しくはデバイス）又は伝播媒体であり得る。コンピュ

10

20

30

40

50

ータ可読の媒体の例は、たとえば、半導体又は固体メモリ、磁気テープ、取り外し可能なコンピュータのフロッピーディスク、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、フラッシュ（ドライブ）、剛性磁気ディスク、及び光ディスクを含む。現在の光ディスクの例は、読み出し専用メモリのコンパクトディスク（CD-ROM）、読み／書きできるコンパクトディスク（CD-R/W）及びDVDを含む。更に、今後開発されるどんな新しいコンピュータ可読媒体もまた、本開示及び開示の例示的実施形態に従って、使用又は参照されるようなコンピュータ可読媒体と見なすべきであることを理解されたい。

【0203】

医療処置中の位置計画及び器具誘導のための、新規且つ発明性のある解剖学的モデルの好ましい例示的実施形態を説明してきたが（これらの実施形態は例示的であり、非限定的であることを意図している）、図を含む、本明細書で提供される教示に照らして、当業者によって修正形態及び変更形態が作製され得ることに留意されたい。したがって、本明細書に開示されている実施形態の範囲内にある、本開示の好ましい例示的な実施形態の中での実施形態に対して、変更を加えることができることを理解されたい。

10

【0204】

更に、本開示による、装置、又は装置内で使用される／実施されるもの等を組み込む且つ／又は実施する、対応する及び／又は関連するシステムもまた、本開示の範囲内であると意図され、解釈されることが意図されている。更に、本開示による装置及び／又はシステムを製作及び／又は使用するための対応する及び／又は関連する方法もまた、本開示の範囲内であると意図され、解釈される。

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

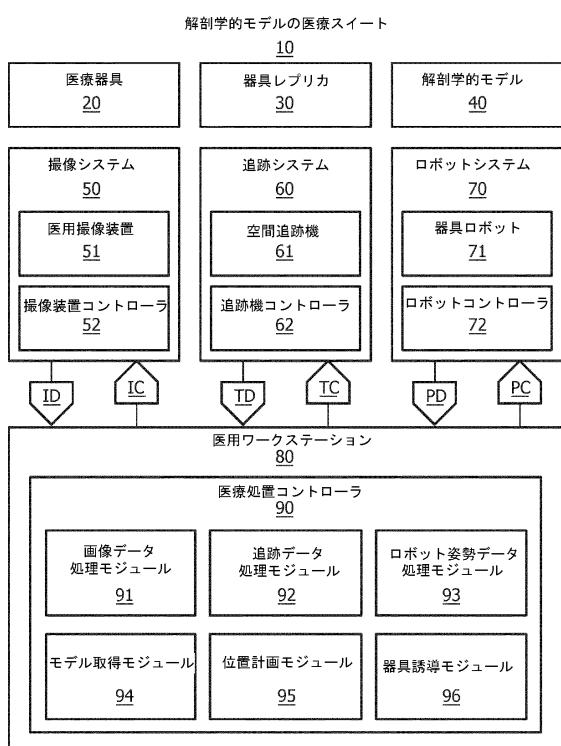


図 1 A

【図 1 B】

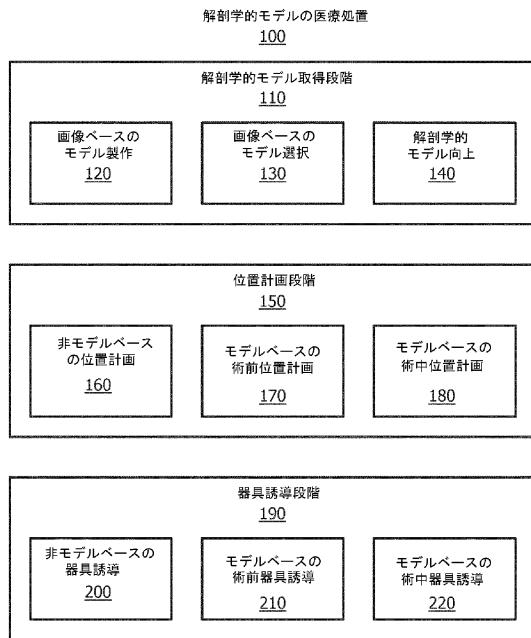


図 1 B

10

20

30

40

【図 2 A】

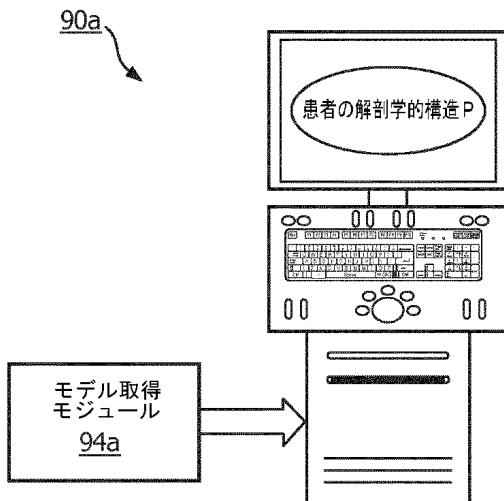


図 2 A

【図 2 B】

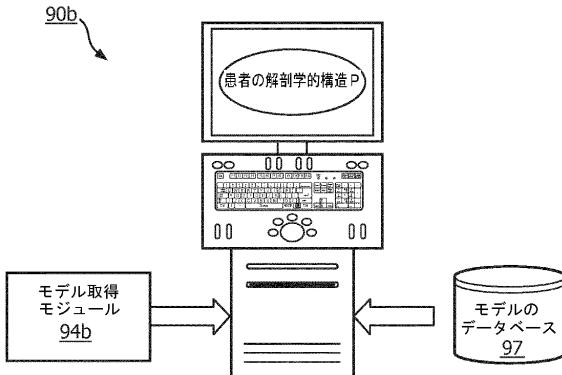
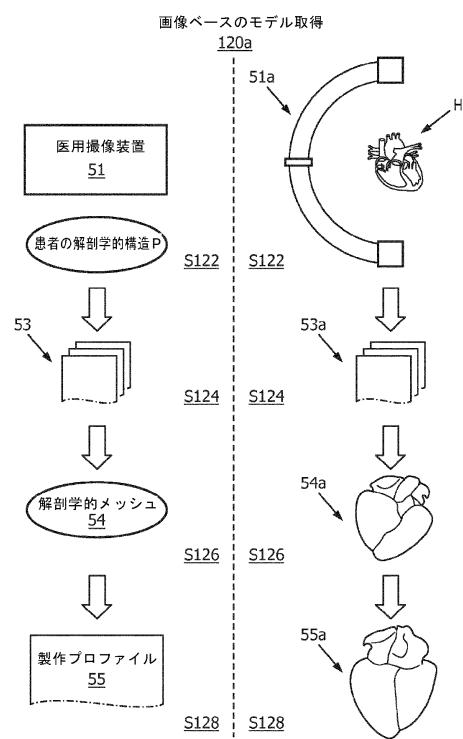


図 2 B

50

【図 3 A】



【図 3 B】

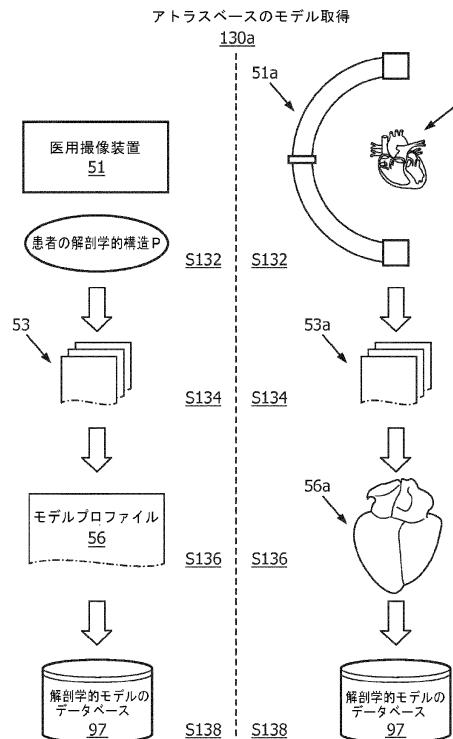


図 3 A

図 3 B

【図 4 A】

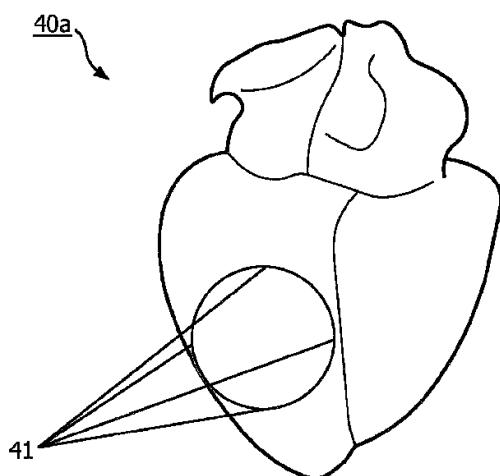


FIG. 4A

【図 4 B】

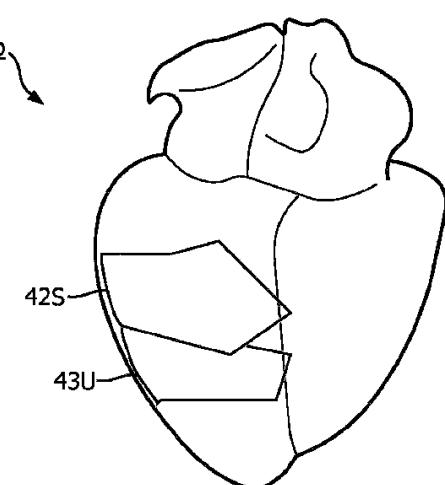


FIG. 4B

10

20

30

40

50

【図 4 C】

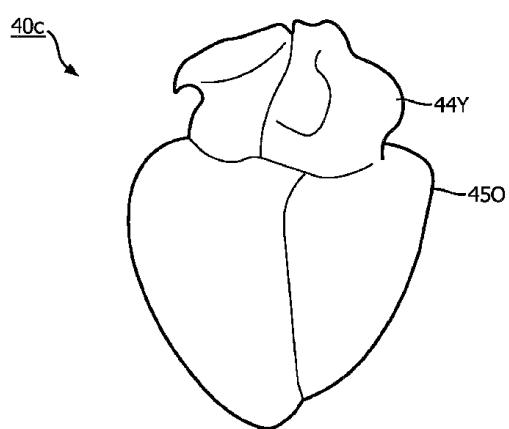
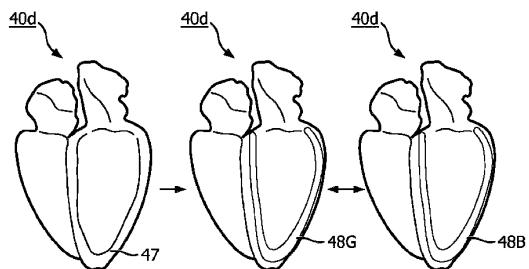


FIG. 4C

【図 4 D】



10

FIG. 4D

【図 4 E】

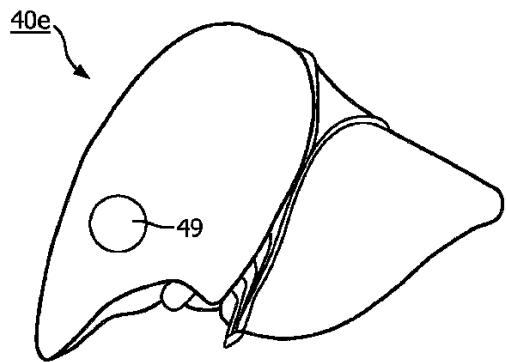
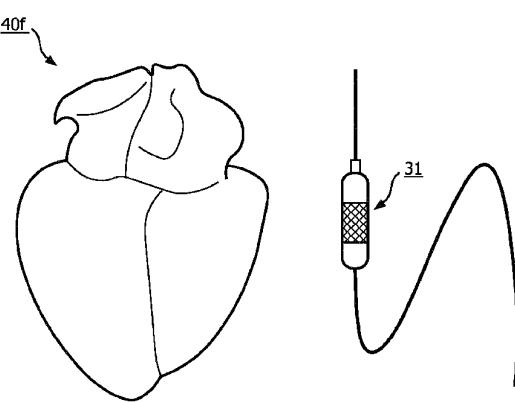


FIG. 4E

【図 4 F】



20

FIG. 4F

30

40

50

【図 5 A】

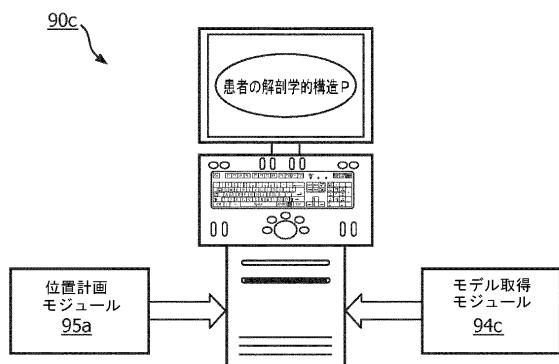


図 5 A

【図 5 B】

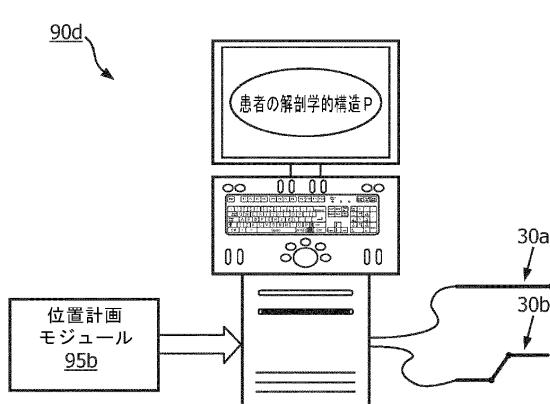


図 5 B

【図 6 A】

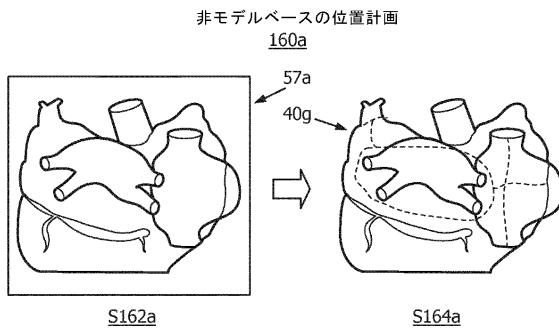


図 6 A

【図 6 B】

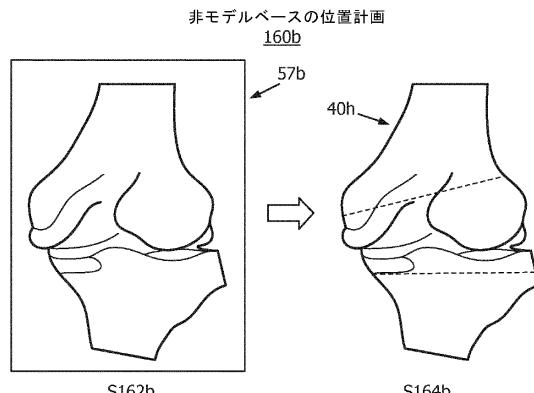


図 6 B

10

20

30

40

50

【図 6 C】

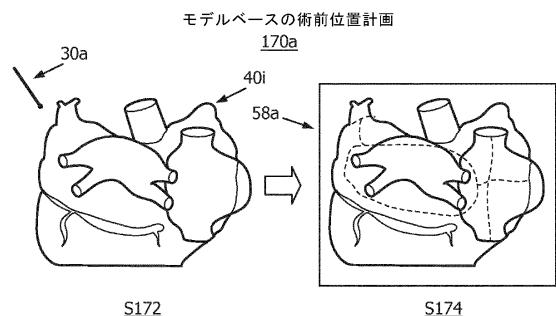


図 6 C

【図 6 D】

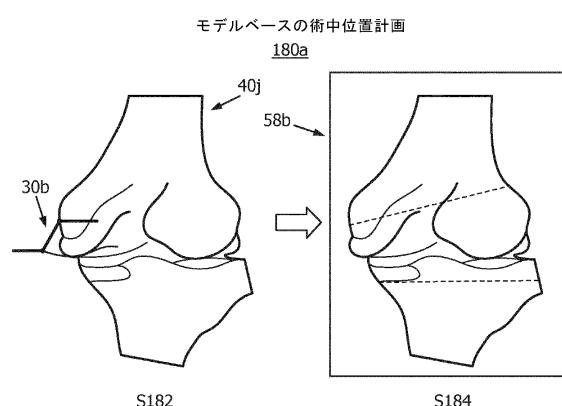


図 6 D

10

【図 7 A】

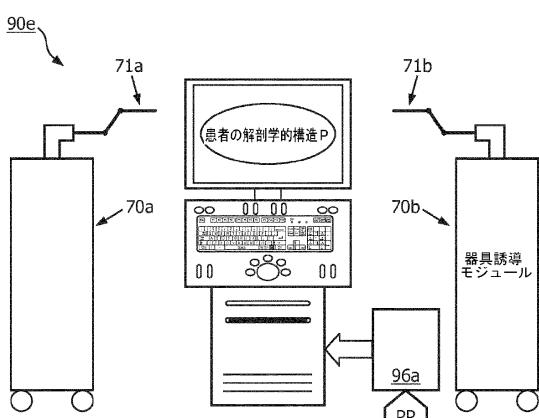


図 7 A

【図 7 B】

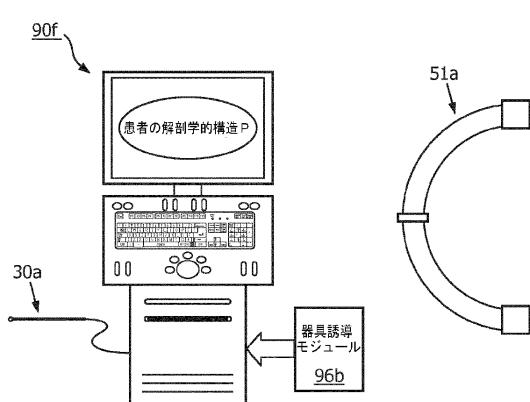


図 7 B

20

30

40

50

【図 7 C】

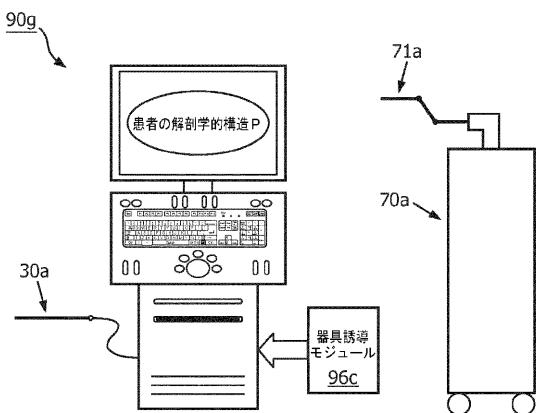


図 7 C

【図 8 A】

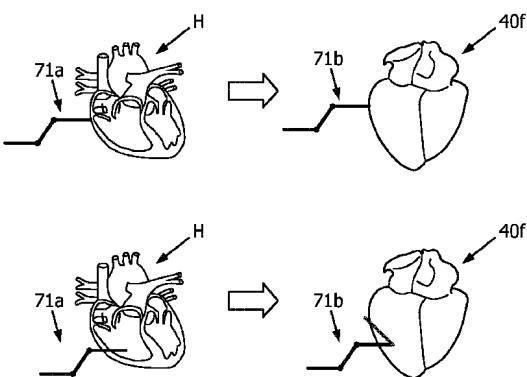


FIG. 8A

10

【図 8 B】

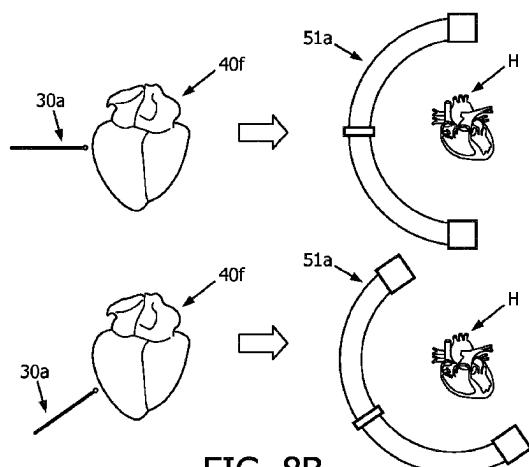


FIG. 8B

【図 8 C】

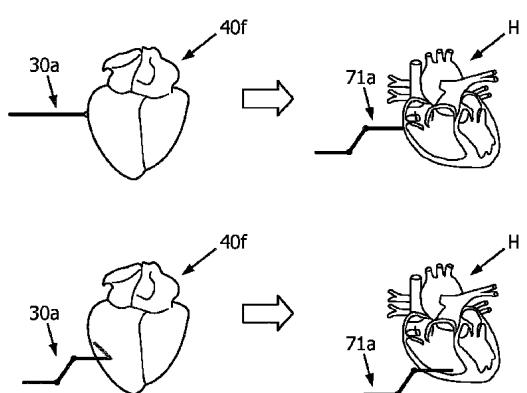


FIG. 8C

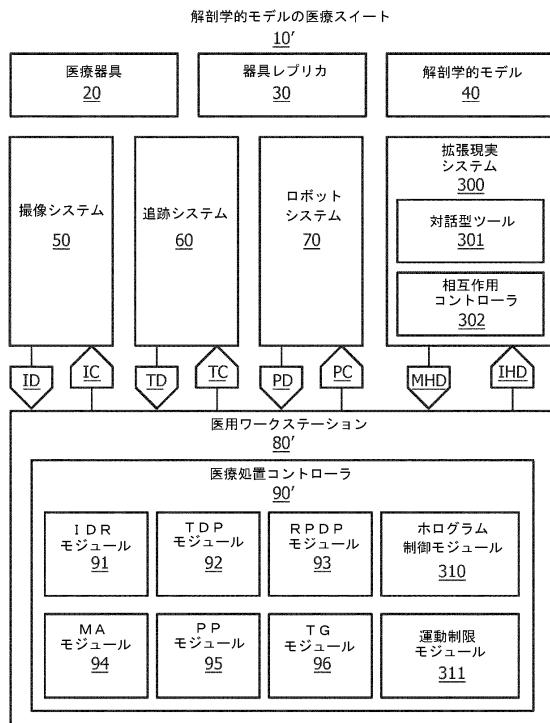
20

30

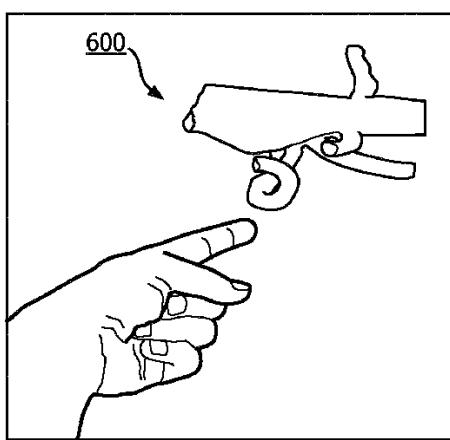
40

50

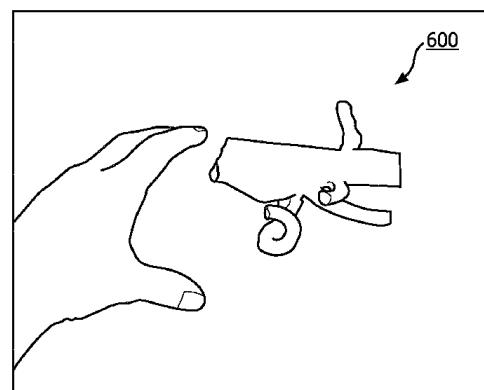
【図 9 A】



【図 11 A】



【図 11 B】



10

FIG. 11B

FIG. 11A

【図 11 C】

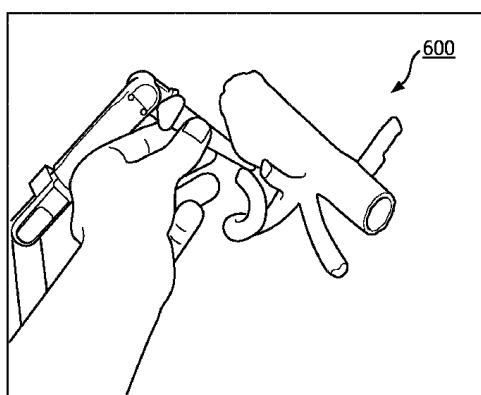
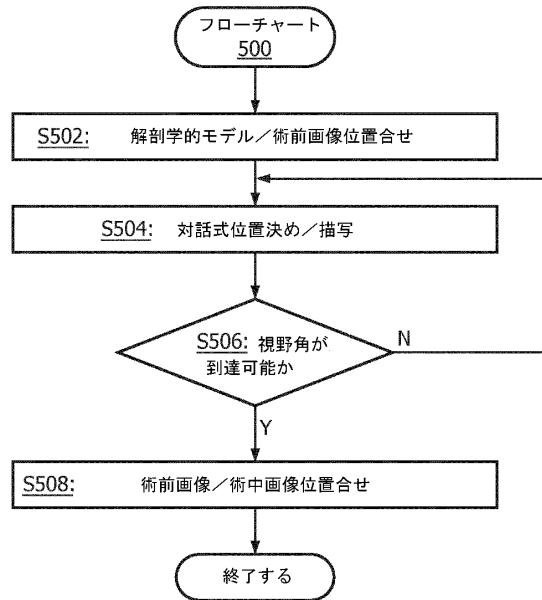


FIG. 11C

【図 12】



20

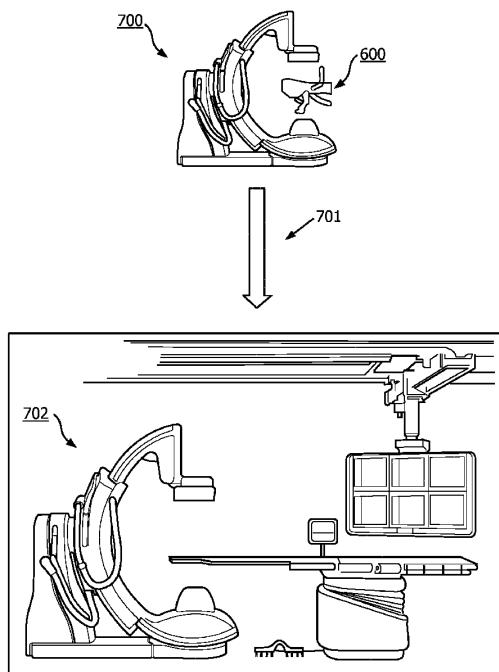
30

図 12

40

50

【図 1 3】



10

20

FIG. 13

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(72)発明者 フレックスマン モリー ララ

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

(72)発明者 ポポヴィッチ アレクサン德拉

オランダ国 5 6 5 6 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 榎木澤 昌司

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 0 3 6 7 0 0 (J P , A)

韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 5 - 0 0 0 7 5 1 7 (K R , A)

特表 2 0 1 6 - 5 0 5 3 2 6 (J P , A)

特表 2 0 1 6 - 5 0 6 2 6 0 (J P , A)

特表 2 0 0 7 - 5 3 4 3 5 1 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 5 7 4 1 6 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

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