

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

解剖学的構造の部分に従ってラベル付けされた 1 つ以上のコンピュータ断層撮影 (CT) スキャンからポリュメトリックデータを取得することと、
器具の幾何学的特性を取得することと、

前記ポリュメトリックデータ及び前記幾何学的特性に基づいて合成蛍光透視画像を生成することと、

前記合成蛍光透視画像を使用して 1 つ以上のニューラルネットワークを訓練することであって、前記ニューラルネットワークは、処置部位又は前記器具に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成される、訓練することと、

を含む方法。

10

【請求項 2】

前記 1 つ以上のニューラルネットワークは、前記処置部位に従って前記蛍光透視画像をセグメント化するように構成された第 1 のニューラルネットワークと、前記器具に従って前記蛍光透視画像をセグメント化するように構成された第 2 のニューラルネットワークとを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記 1 つ以上のニューラルネットワークは、前記処置部位及び前記器具の両方に従って前記蛍光透視画像をセグメント化するように構成された単一のニューラルネットワークを含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

医療システムによって患者に対して実行される処置に対応するドメインデータを取得することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ドメインデータは、主点、焦点距離、又は歪み係数のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記合成蛍光透視画像を生成することは、前記ドメインデータに更に基づく、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記合成蛍光透視画像を生成することは、前記幾何学的特性及び術前経路に基づいて、前記器具の表現を前記合成蛍光透視画像上に重ね合わせることに基づく、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記 CT スキャンは、前記器具の表現を欠く、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記処置部位が肺結節である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記合成蛍光透視画像を生成することは、第 1 の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第 1 の合成蛍光透視画像と、前記第 1 の角度と異なる第 2 の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第 2 の合成蛍光透視画像とを生成することを含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 11】

前記合成蛍光透視画像を生成することは、前記第 1 の角度及び前記第 2 の角度とは異なる第 3 の角度で解剖学的構造の前記一部に焦点を合わせた第 3 の合成蛍光透視画像を生成することを更に含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

術中蛍光透視画像をセグメント化するために使用可能な 1 つ以上のニューラルネットワークを訓練するシステムであって、

制御回路と、

50

コンピュータ可読媒体と、を備え、前記コンピュータ可読媒体は命令を有し、前記命令は実行されると、前記制御回路に、

解剖学的構造の部分に従ってラベル付けされた１つ以上のコンピュータ断層撮影（ＣＴ）スキャンからのポリュメトリックデータ及び器具の幾何学的特性のうちの少なくとも１つを取得させ、

前記ポリュメトリックデータ及び前記幾何学的特性のうちの少なくとも１つに基づいて合成蛍光透視画像を生成させ、

前記合成蛍光透視画像を使用して前記１つ以上のニューラルネットワークを訓練させ、前記ニューラルネットワークは、処置部位又は前記器具に従って前記術中蛍光透視画像をセグメント化するように構成される、システム。

10

【請求項１３】

解剖学的構造内の器具及び処置部位の３次元モデルを再構成する方法であって、

患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を取得することと、

１つ以上のニューラルネットワークを取得することと、

前記１つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記器具に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別することと、

前記１つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別することと、

前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーション、及び前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションに基づいて、前記器具及び前記処置部位の前記３次元モデルを再構成することと、

20

前記再構成された３次元モデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせることと、

を含む、方法。

【請求項１４】

前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションに基づいて関心領域を決定することを更に含み、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションの前記識別は、前記関心領域に基づく、請求項１３に記載の方法。

【請求項１５】

前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションの前記識別は、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションの前記識別と並行して実行される、請求項１３又は１４に記載の方法。

30

【請求項１６】

前記器具及び前記処置部位の前記３次元モデルの前記再構成は、前記患者の前記解剖学的構造の前記蛍光透視画像を生成した前記撮像デバイスから導出された較正データに更に基づく、請求項１３に記載の方法。

【請求項１７】

前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションと、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションとを前記ディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせることを更に含む、請求項１３に記載の方法。

40

【請求項１８】

前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーション、及び前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションは、前記再構成された３次元モデルが前記ディスプレイデバイスにおいてレンダリングされる前に、前記ディスプレイデバイスにおいてレンダリングされる、請求項１７に記載の方法。

【請求項１９】

前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションは、第１のサブセグメンテーション及び第２のサブセグメンテーションを含み、前記第１のサブセグメンテーション及び前記第２のサブセグメンテーションは、前記器具の異なる構成要素に対応する、請求項１３に記載の方法。

50

【請求項 20】

前記処置部位が生検部位に対応する、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 21】

前記患者の前記解剖学的構造の前記蛍光透視画像は、第 1 の角度で前記解剖学的構造に焦点を合わせた第 1 の蛍光透視画像と、前記第 1 の角度と異なる第 2 の角度で前記解剖学的構造に焦点を合わせた第 2 の蛍光透視画像とを含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 22】

前記器具及び前記処置部位の前記 3 次元モデルを再構成することは、前記第 1 の蛍光透視画像において識別されたセグメント及び前記第 2 の蛍光透視画像において識別されたセグメントを三角測量することを含む、請求項 21 に記載の方法。

10

【請求項 23】

前記第 1 の蛍光透視画像及び前記第 2 の蛍光透視画像を生成した撮像デバイスの通信インターフェースを介して、前記第 1 の角度又は前記第 2 の角度のうちの少なくとも 1 つを取得することを更に含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 24】

オペレータユーザインターフェースを介して前記第 1 の角度又は前記第 2 の角度のうちの少なくとも 1 つを取得することを更に含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 25】

外部追跡センサを介して前記第 1 の角度又は前記第 2 の角度のうちの少なくとも 1 つを取得することを更に含む、請求項 21 に記載の方法。

20

【請求項 26】

解剖学的構造内の器具及び処置部位の 3 次元モデルを再構成するシステムであって、制御回路と、

コンピュータ可読媒体と、を備え、前記コンピュータ可読媒体は命令を有し、前記命令は実行されると、前記制御回路に、

患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を取得させ、

1 つ以上のニューラルネットワークを取得させ、

前記 1 つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記器具に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別させ、

前記 1 つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別させ、

30

前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションに基づいて前記器具及び前記処置部位の前記 3 次元モデルを再構成させ、

前記再構成された 3 次元モデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせる、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2022 年 2 月 24 日に提出された「THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION OF AN INSTRUMENT AND PROCEDURE SITE」と題する米国特許仮出願第 63 / 313, 350 号の優先権を主張するものであり、その開示は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

40

【背景技術】

【0002】

様々な医療処置は、人体解剖学的構造を貫通して治療部位に到達するように構成された 1 つ以上のデバイスの使用を伴う。特定の動作プロセスは、患者内の医療器具の位置を特定し、患者内の関心領域を視覚化することを含むことができる。そうするために、多くの医療器具は、器具の位置を追跡するためのセンサを含んでもよく、埋め込みカメラ又は視覚プローブとの互換性のある使用などの視覚能力を含んでもよい。

50

【図面の簡単な説明】

【0003】

種々の実施形態を説明を目的として添付図面に示すが、決して本開示の範囲を限定するものと解釈するべきではない。加えて、開示した異なる実施形態の種々の特徴を組み合わせ、本開示の一部である更なる実施形態を形成することができる。図面の全体を通して、参照番号を、参照要素間の対応関係を示すために再使用する場合がある。

【図1】本開示の態様による、様々な医療処置を行うための例示的な医療システムを示す。

【図2】例示的な実施形態による、図1に示す制御システムの構成要素及びサブシステムを示す図である。

【図3】例示的な実施形態による、医療処置中又は医療処置の一部として取得された2次元画像から器具及び処置部位の3次元モデルを再構成する方法を示すフローチャートである。

【図4】例示的な実施形態による、ニューラルネットワーク生成システム400を示すシステム図である。

【図5】例示的な実施形態による、器具及び処置部位の3次元モデルを再構成するために使用可能な訓練されたニューラルネットワークを生成する方法を示すフローチャートである。

【図6】例示的な実施形態による、蛍光透視画像処理のための例示的なデータアーキテクチャを示すブロック図である。

【図7】例示的な実施形態による、ニューラルネットワークによって生成され得る一連の器具セグメンテーションを示す図である。

【図8】例示的な実施形態による、サブパーツであるスコープ先端部及び関節運動可能セクションを含む、器具のセグメンテーションを示す図である。

【図9】例示的な実施形態による、処置部位のセグメンテーションの例を示す。

【図10】例示的な実施形態による、セグメント化された器具の領域を中心とする距離などの、関心領域に基づくセグメンテーションを示す図である。

【図11】例示的な実施形態による、校正オブジェクトを示す図である。

【図12】例示的な実施形態による、校正画像を示す図である。

【図13】例示的な実施形態による、再構成された3Dモデルレンダリングを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0004】

本明細書で提供される進行方向は、便宜的なものに過ぎず、必ずしも開示の範囲又は意味に影響を及ぼすものではない。ある特定の例示的な実施形態を以下に開示するが、主題は、具体的に開示した実施形態を越えて他の代替的な実施形態及び／又は使用まで、並びに変更及びその均等物にまで及ぶ。したがって、本明細書から生じ得る特許請求の範囲は、以下に記載される特定の実施形態のうちのいずれかによって限定されない。例えば、本明細書で開示した任意の方法又はプロセスにおいて、方法又はプロセスの行為又は動作は、任意の好適な順序で行ってもよく、必ずしも何らかの特定の開示した順序に限定されない。様々な動作が、ある特定の実施形態を理解することに役立ち得る方法で、複数の別個の動作として順々に説明され得るが、しかしながら、説明の順序は、これらの動作が順序に依存することを含意するように解釈されるべきではない。更に、本明細書に記載の構造体、システム、及び／又はデバイスは、統合された構成要素又は別個の構成要素として具体化され得る。様々な実施形態を比較する目的で、これらの実施形態のある特定の態様及び利点について説明する。必ずしも全てのこのような態様又は利点が、任意の特定の実施形態によって実現されるわけではない。したがって、例えば、様々な実施形態が、本明細書で同様に教示又は示唆され得る他の態様又は利点を必ずしも実現することなく、本明細書で教示される1つの利点又は利点の群を実現又は最適化する方法で行われ得る。

【0005】

概要

本開示は、処置部位及び器具の再構成された３次元モデルを生成するためのシステム、デバイス及び方法に関する。本明細書において、再構成という用語は、構築を意味すると理解することができ、逆もまた同様である。多くの医療処置は、患者の解剖学的構造の正確な表現と、その解剖学的構造内で器具を制御する際のナビゲーションとに依存している。例えば、気管支鏡検査において、正確かつ安全な生検は、操縦可能な気管支鏡と、結節や病変などの生検部位との正確な位置合わせに依存し得る。ロボット気管支鏡検査は、生検部位への気管支鏡のナビゲーションを促進し、気管支鏡の先端部を生検部位と位置合わせする際に有用な情報を提供するために、ナビゲーションシステムを含むことができる。ナビゲーションシステムは、解剖学的構造の３次元モデルを含んでもよい。気管支鏡検査法の場合、３次元モデルは、肺の気道によって形成される管腔網の構造に関するデータを含んでもよい。この３次元モデルは、患者の術前コンピュータ断層撮影（Computerized Tomography、ＣＴ）スキャンから生成することができる。処置中、３次元モデルの座標系は、気管支鏡に組み込まれた位置センサ（又は複数の位置センサ）の座標系と位置合わせされ、それにより、ナビゲーションシステムは、肺の管腔網内における気管支鏡の位置の推定値を提供することができる。位置センサの例は、ロボット化センサ、慣性測定ユニット（Inertial Measurement Unit、ＩＭＵ）、光ファイバ形状センサ、電磁（Electromagnetic、ＥＭ）センサ、及びカメラセンサを含む。

10

【０００６】

位置センサは、ナビゲーション機能を提供するために使用されるときに制限を有する。例えば、ロボット化センサの精度は、それらの小型化されたサイズにより低下する可能性があり、ＩＭＵの精度は、累積誤差により低下する可能性があり、光ファイバ形状センサの精度は、環境温度によって影響を受ける可能性があり、ＥＭセンサの精度は、強磁性体により低下する可能性があり、カメラセンサの位置特定精度は、低品質画像により低下する可能性がある。この点に関して、蛍光透視／Ｘ線走査デバイスなどの介入撮像モダリティが、患者体内のロボット気管支鏡の付加的コンテキスト情報を提供するために使用されてもよい。

20

【０００７】

しかしながら、蛍光透視画像は本質的に２次元であり、単一の又は一連の蛍光透視画像から解剖学的構造の体積形態を理解することは、医師にとって困難であり得る。本明細書に記載の実施形態は、限られた一組の２次元画像から器具及び処置部位の３次元モデルを再構成し得る。再構成された３次元モデルをレンダリングすることは、３次元コンテキストをオペレータに提供するユーザインターフェースをオペレータに提供し得、それにより、気管支鏡先端部を生検部位に位置合わせするとき、より良好な洞察を可能にする。加えて、又は代わりに、再構成されたモデルは、術前モデルに位置合わせされてもよく、この位置合わせは、ナビゲーションシステムに対する改善を促進し得る。

30

【０００８】

３次元姿勢推定システム

図１に、本開示の態様による、様々な医療処置を行うための医療システム例１００を示す。医療システム１００は、例えば、内視鏡処置に使用されてもよい。ロボット医療ソリューションは、人の手のみによる処置と比較して、特定の器具に対して比較的より高い精度、より優れた制御、及び／又はより優れた視覚と手との協調をもたらし得る。図１のシステム１００は、気管支鏡検査処置の文脈から提示されているが、本明細書に開示される原理は、任意のタイプの内視鏡処置において実装され得ることを理解されたい。

40

【０００９】

医療システム１００は、患者７に対し処置を実行するために、近位ハンドル３１と、その近位部分でハンドル３１に結合されたシャフト４０とを含む医療器具（例えば、気管支鏡）に係合し、かつ／又はそれを制御するように構成されたロボットシステム１０（例えば、移動式ロボットカート）を含む。器具４０は、内視鏡（尿管鏡又は気管支鏡など）、カテーテル（操縦可能又は操縦不可能なカテーテルなど）、針、腎鏡、腹腔鏡、又は他の

50

種類の医療器具を含む、任意の種類のシャフトベースの医療器具であってもよいことを理解されたい。器具 40 は、直接アクセスを通して（例えば、自然開口部を通して）、及び／又は皮膚／組織穿刺を介した経皮的アクセスを通して、内部患者解剖学的構造にアクセスしてもよい。

【0010】

医療システム 100 は、ロボットシステム 10 と連動し、処置に関する情報を提供し、かつ／又は種々の他の動作を実行するように構成された制御システム 50 を含む。例えば、制御システム 50 は、医師 5 及び／又は他の技師若しくは個人を支援するために特定の情報を提示するように構成された 1 つ以上のディスプレイ 56 を含むことができる。医療システム 100 は、患者 7 を保持するように構成された台 15 を含むことができる。システム 100 は、テーブル 15 又は他の構造体に取り付けられたロボット取り付け EM 場発生器 80 又は／及び EM 場発生器 85 などの電磁（EM）場発生器を更に含むことができる。

10

【0011】

様々なロボットアーム 12 が様々な位置で示され、様々なツール／デバイスに結合されているが、そのような構成は、便宜上及び例解目的上、示されており、そのようなロボットアームは、経時的に、かつ／又は医療処置中の異なる時点で異なる構成を有し得ることを理解されたい。更に、ロボットアーム 12 は、図 1 に示すものとは異なるデバイス／器具に結合されてもよく、いくつかの場合又は期間において、アームのうちの 1 つ以上は、医療器具に利用又は結合されない場合がある。ロボットシステム 10 への器具の結合は、それぞれのアーム 12 の遠位端に関連付けられたロボットエンドエフェクタ 6 を介してもよい。「エンドエフェクタ」という用語は、本明細書では、その広義かつ通常の意味に従って使用され、任意のタイプのロボットマニピュレータデバイス、構成要素、及び／又はアセンブリを指し得る。「ロボットマニピュレータ」及び「ロボットマニピュレータアセンブリ」という用語は、それらの広義及び通常の意味に従って使用され、ロボットエンドエフェクタ及び／あるいはエンドエフェクタに結合された滅菌アダプタ又は他のアダプタ構成要素を集合的に若しくは個別に指し得る。例えば、「ロボットマニピュレータ」又は「ロボットマニピュレータアセンブリ」は、ロボットエンドエフェクタ、アダプタ、及び／又は他の構成要素において具現化されるかどうかにかかわらず、1 つ以上の駆動出力部を含む器具デバイスマニピュレータ（instrument device manipulator、IDM）を指し得る。

20

30

【0012】

いくつかの実施形態では、医師 5 は、制御システム 50 及び／又はロボットシステム 10 と相互作用して、ロボットシステム 10 に、患者の解剖学的構造を通して標的部位まで医療器具シャフト 40（例えば、スコープ）を前進及びナビゲートさせ、かつ／又は関連器具類を使用して特定の動作を実施させる／実施を制御することができる。制御システム 50 は、医師 5 がそのような器具をナビゲート／制御するのを支援するために、医療器具 40 及び／又はシステム 100 の他の器具と関連付けられた情報、例えば、それで捕捉されたリアルタイムの内視鏡画像を、ディスプレイ 56 を介して提供し得る。制御システム 50 は、本明細書に詳細に説明されるように、蛍光透視法、超音波、光学／カメラ撮像、EM 場位置決め、又は他のモダリティなどの特定の位置決めモダリティに基づく撮像／位置情報を医師 5 に提供してもよい。

40

【0013】

システム 100 のシャフト 40 など、本明細書に開示される様々なスコープ／シャフト型器具は、ヒトの解剖学的構造の自然開口又は管腔内など、ヒトの解剖学的構造内でナビゲートするように構成することができる。「スコープ」及び「内視鏡」という用語は、それらの広義かつ通常の意味に従って本明細書で使用され、画像生成、視認、及び／又は捕捉機能を有し、かつ身体の任意のタイプの器官、空洞、管腔、小室、又は空間に導入されるように構成された任意のタイプの細長い（例えば、シャフト型）医用器具を指し得る。スコープは、例えば、（例えば、尿路にアクセスするための）尿管鏡、腹腔鏡、（例えば

50

、腎臓にアクセスするための) 測雲鏡、(例えば、気管支などの気道にアクセスするための) 気管支鏡、(例えば、結腸にアクセスするための) 結腸鏡、(例えば、関節にアクセスするための) 関節鏡、(例えば、膀胱にアクセスするための) 膀胱鏡、(例えば、結腸及び／又は直腸にアクセスするための) 結腸鏡、ポアスコープなどを含むことができる。スコープ／内視鏡は、いくつかの事例では、少なくとも部分的に剛性及び／又は可撓性チューブを備え得、外側シース、カテーテル、イントロデューサ、若しくは他の管腔型デバイス内を通過させられるように定寸され得るか、又はそのようなデバイスを用いることなく使用され得る。本明細書に記載される内視鏡及び他の器具は、1つ以上の位置決め(例えば、撮像)システム／モダリティに関連付けられた視野／空間内で可視／検出可能であるように構成された特定のマーカ／センサを遠位端又はその他の部分に関連付けることができる。

10

【0014】

システム100は、撮像デバイス(例えば、蛍光透視システム)70を含むものとして図示されており、撮像デバイス70は、X線発生器75及び画像検出器74(いくつかの文脈では「画像インテンシファイア」と呼ばれる)を含む。いずれかの構成要素74、75は、本明細書では「源」と呼ばれることがあり、両方とも可動Cアーム71上に取り付けられ得る。制御システム50又は他のシステム／デバイスは、撮像デバイス70を使用して生成された画像を記憶及び／又は操作するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、ベッド15は放射線透過性であり、その結果、発生器75からの放射線は、ベッド15及び患者の解剖学的構造の標的領域を通過することができ、患者7は、Cアーム71の端部の間に位置決めされる。蛍光透視システム70の構造体／アーム71は、回転可能であっても固定されていてもよい。撮像デバイス70は、画像誘導手術を容易にするためにライブ画像を見ることを可能にするように実装されてもよい。構造体／アーム71は、患者7及び／又は術野の種々の画像が蛍光透視パネル源74によって撮影されることを可能にするように、選択的に移動可能であることができる。

20

【0015】

図1に示される例示的気管支鏡検査構成では、場発生器67は、ベッドに搭載される。他の例示的な実施形態では、場発生器67は、ロボットアームに取り付けられてもよい。電場発生器67によって発生される電界は、その中の金属又は他の導電性構成要素の存在によって歪められる可能性があるので、システムの他の構成要素が電界と実質的に干渉しないように電場発生器67を位置決めすることが望ましい場合がある。例えば、電場発生器67を蛍光透視システムに関連する支持アーム71から少なくとも8インチ以上離して位置決めすることが望ましい場合がある。

30

【0016】

システム100(本明細書に開示される他のシステムと同様に)は、カメラデバイス(例えば、立体カメラアセンブリ、深度感知カメラアセンブリ(例えば、RGB／RGBD))などの光学撮像源(図示しない)を含むことができる。光学撮像源は、手術環境内の視野を見て、視野内に配置された特定のマーカを識別するように構成／使用されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、撮像源は、赤外線(IR)又は他の周波数電磁放射を放出し、及び／又はそのような放射の反射を検出して、そのような放射を反射する表面を含むマーカを識別することができる。そのような光学偏向は、特定の光学モダリティに関連付けられたマーカの位置及び／又は向きを示すことができる。システム100は、それぞれの位置決めモダリティに関連付けられた1つ以上の基準／座標フレーム／空間において検出可能／位置決め可能であり得る特定のマーカ／基準を有することができる。

40

【0017】

図1に示すように、画像検出器74は、1つ以上の外部追跡センサ78を含んでもよい。外部追跡センサ78は、撮像デバイス70の姿勢を決定するために使用可能な、上述のような位置センサ、光学追跡、深度感知カメラ、又はそれらの何らかの組み合わせを含む。

【0018】

50

図 2 は、例示的な実施形態による、図 1 に示す制御システム 50 の構成要素及びサブシステムを示す図である。上述したように、制御システム 50 は、医療処置の実施を支援するための様々な機能を提供するように構成することができる。例えば、制御システム 50 は、（例えば、ロボットシステム 10 を制御するために）無線又は有線接続を介してロボットシステム 10 と通信することができる。いくつかの実施形態では、制御システム 50 は、ロボットシステム 10 と通信して、スコープ 40 の遠位端又は他の器具類の位置に関する位置データをロボットシステムから受信することができる。そのような測位データは、それぞれの器具類に関連付けられた 1 つ以上の位置センサ（例えば、電磁センサ、形状感知ファイバ、加速度計、ジャイロスコープ、衛星ベースの測位センサ（例えば、全地球測位システム（GPS））、無線周波数送受信機など）を使用して、並びに／又はロボットシステムデータ（例えば、アーム位置／姿勢データ、種々のシステム構成要素の既知のパラメータ又は寸法など）及び視覚ベースのアルゴリズムに少なくとも部分的に基づいて、導出されてもよい。いくつかの実施形態では、制御システム 50 は、EM 場発生器と通信して、患者 7 の周囲及び／又は追跡される器具類の周囲の領域における EM 場の生成を制御することができる。

10

20

30

40

50

【0019】

上で言及されるように、システム 100 は、制御システム 50 の制御回路 251 を含む、本明細書に記載の特定の機能を実行するように構成された、特定の制御回路を含むことができる。つまり、システム 100 の制御回路は、ロボットシステム 10、制御システム 50、又はそのいくつかの組み合わせの一部であり得る。したがって、本明細書における制御回路への全ての言及は、ロボットシステム、制御システム、又は図 1 に示す医療システム 100 など医療システムの任意の他の構成要素にそれぞれ具現化された回路を指し得る。「制御回路」という用語は、その広義かつ通常の意味に従って本明細書で使用され、プロセッサ、処理回路、処理モジュール／ユニット、チップ、ダイ（例えば、1 つ以上の能動及び／又は受動デバイス及び／又は接続性回路を含む、半導体ダイ）、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、マイクロコンピュータ、中央処理ユニット、フィールドプログラマブルゲートアレイ、プログラマブル論理デバイス、状態機械（例えば、ハードウェア状態機械）、論理回路、アナログ回路、デジタル回路、及び／又は回路のハードコーディング並びに／あるいは動作命令に基づいて信号（アナログ及び／又はデジタル）を操作する任意のデバイスの任意の集合を指し得る。本明細書で言及される制御回路は、1 つ以上の回路基板（例えば、プリント回路基板）、導電性トレース及びビア、並びに／又は搭載パッド、コネクタ、並びに／又は構成要素を更に含んでもよい。本明細書で言及される制御回路は、単一のメモリデバイス、複数のメモリデバイス、及び／又はデバイスの埋め込まれた回路で具現化され得る、1 つ以上の記憶デバイスを更に備えてもよい。そのようなデータ記憶装置は、読み取り専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、スタティックメモリ、ダイナミックメモリ、フラッシュメモリ、キャッシュメモリ、データ記憶レジスタ、及び／又はデジタル情報を記憶する任意のデバイスを備え得る。制御回路が、ハードウェア及び／又はソフトウェア状態機械、アナログ回路、デジタル回路、並びに／若しくは論理回路を備える、実施形態では、任意の関連動作命令を記憶するデータ記憶デバイス／レジスタは、状態機械、アナログ回路、デジタル回路、及び／又は論理回路を備える回路内に埋め込まれるか、又はその外部にあり得ることに留意されたい。

【0020】

制御回路 251 は、本図のうちの 1 つ以上に例解され、かつ／又は本明細書に記載されたステップ及び／又は機能のうちの少なくともいくつかに対応する、ハードコード化及び／又は動作命令を記憶する、及び／又はそれらを記憶するように構成されたコンピュータ可読媒体を備えてもよい。そのようなコンピュータ可読媒体は、いくつかの事例では、製造物品に含めることができる。制御回路 251 は、完全にローカルに維持／配置され得るか、又は少なくとも部分的に遠隔に位置し得る（例えば、ローカルエリアネットワーク及び／又は広域ネットワークを介して間接的に通信可能に結合される）。制御回路 251 の

いずれかは、本明細書で開示される様々なプロセスの任意の態様（複数可）を実行するように構成され得る。

【0021】

図2を更に参照すると、制御システム50は、医療処置の実行時に医師5又は他者を支援するように構成された様々なI/O構成要素258を含むことができる。例えば、入力／出力（input/output、I/O）構成要素258は、ユーザ入力が、患者7内でスコープ40及び／又はバスケットシステムを制御／ナビゲートすることを可能にするように構成することができる。いくつかの実施形態では、例えば、医師5は、制御システム50及び／又はロボットシステム10に入力を提供することができ、そのような入力に応答して、ロボットシステム10に制御信号を送信してスコープ40及び／又は他のロボット制御器具類を操作することができる。

10

【0022】

制御システム50及び／又はロボットシステム10は、1つ以上のボタン、キー、ジョイスティック、ハンドヘルドコントローラ（例えば、ビデオゲーム型コントローラ）、コンピュータマウス、トラックパッド、トラックボール、制御パッド、並びに／又は手のジェスチャ及び指のジェスチャを捕捉するセンサ（例えば、モーションセンサ若しくはカメラ）など任意のタイプのユーザ入力（及び／又は出力）デバイス若しくはデバイスインターフェース、タッチスクリーン、並びに／又はそのためのインターフェース／コネクタを備えてもよい、特定のユーザ制御（例えば、制御55）を含むことができる。そのようなユーザ制御は、それぞれの制御回路に通信可能に及び／又は物理的に結合される。制御システムは、構造タワー51、並びにタワー51を支持する1つ以上の車輪58を含むことができる。制御システム50は、特定の通信インターフェース254及び／又は電源インターフェース259を更に含むことができる。

20

【0023】

制御回路251は、術中画像220、訓練されたネットワーク222、センサデータ224、校正データ226、及び術前3Dモデル228など種々のタイプのデータを記憶する、データストア260を含んでもよい。術中画像220は、例えば、蛍光透視スキャナ、コーンビーム又はCアームスキャナを介して処置中に取得された画像を表すデータであってもよい。術中画像は、器具及び処置部位の2D位置決めを示す2次元画像であってもよい。本開示において後でより詳細に論じられるように、術中画像220は、器具と処置部位との適切な3D位置合わせに関するより多くの洞察を提供するために、これらの位置決めの3D表現を生成するための入力として使用されてもよい。

30

【0024】

訓練されたネットワーク222は、術中画像に示された器具又は処置部位の一方又は両方を識別するように構成されたデータ及び論理を含んでもよい。いくつかの実施形態では、訓練されたネットワーク222は、器具のみをセグメント化する1つ以上の訓練されたネットワークと、次いで、処置部位のみをセグメント化する1つ以上の訓練されたネットワークの別のセットとを含んでもよい。他の実施形態では、訓練されたネットワーク222は、器具（又は複数の器具）及び処置部位の両方を識別するように構成されたネットワークを含んでもよい。以下でより詳細に論じられるように、訓練されたネットワークは、制御システム50と通信可能に又は電氣的に結合されたネットワークトレーニングシステムによって生成されてもよい。

40

【0025】

センサデータ224は、器具の推定状態情報及び出力ナビゲーションデータを生成するために、入力デバイス（例えば、制御システム50、光学センサ、EMセンサ、IDM）から集められ、かつ／又は入力デバイスによって処理される生データを含んでもよい。限定ではなく例として、センサデータ224は、画像データ、位置センサデータ、ロボットデータを含んでもよい。画像データは、器具先端部で撮像デバイスによってキャプチャされた1つ以上の画像フレーム、並びにフレームのペアの間で経過した時間の判定を可能にするフレームレート又はタイムスタンプなどの情報を含んでもよい。ロボットデータは、

50

管状網内における医療器具又は医療器具の一部（例えば、器具先端部又はシース）の物理的移動に関連するデータを含む。例示的なロボットデータとしては、器具先端部に対して、管状網内の特定の解剖学的部位に到達するように、かつ／又はその向きを変更するように（例えば、リーダ及びシースのうちの一方又は両方の、特定のピッチ、ロール、ヨー、挿入、及び後退を用いて）指示するコマンドデータ、医療器具の一部の挿入運動を表す挿入データ（例えば、器具先端部又はシース）、IDMデータ、並びに医療器具の細長い部材の機械的移動、例えば、管状網内で内側器具（medial instrument）の実際の動きを駆動する内視鏡の1つ以上のプルワイヤ、腱、又はシャフトの動作を表す機械的データが挙げられる。位置センサデータは、器具の位置センサ（例えば、EMセンサ、形状検知ファイバなど）によって収集されたデータを含んでもよい。

10

【0026】

較正データ226は、主点、焦点距離、歪み係数などの撮像デバイスの内因性パラメータを表すデータを含んでもよい。較正データ226は、撮像デバイス較正手順によって取得してもよい。

【0027】

術前3次元モデルデータ228は、一実施形態によれば、解剖学的空間を表すコンピュータ生成3Dモデルであってもよい。術前3次元モデルデータ228は、術前に生成されたCTスキャンを処理することによって得られた中心線を使用して生成されてもよい。いくつかの実施形態では、コンピュータソフトウェアは、術前3次元モデルデータによって表されるモデル内の処置部位にアクセスするために、管状網内のナビゲーション経路をマッピングすることが可能であってもよい。

20

【0028】

制御回路251の種々のモジュールは、データストア221に記憶されたデータを処理してもよい。例えば、制御回路は、3Dモデルレンダラ240と、ナビゲーションモジュール242と、ツールセグメンタ244と、部位セグメンタ246と、較正モジュール248とを含んでもよい。ツールセグメンタ244は、術中画像データに示される器具に対応するセグメント化されたデータを生成するために、1つ以上の訓練されたネットワーク（例えば、訓練されたネットワーク222）を使用して術中画像データを処理してもよい。ツールセグメンタ244と同様に、部位セグメンタ246は、術中画像データに示された処置部位に対応するセグメント化データを生成するために、同様に1つ以上の訓練されたネットワーク（例えば、訓練されたネットワーク222）を使用して術中画像データを処理してもよい。ツールセグメンタ244及び部位セグメンタ246は、別個のモジュールとして図2に示されているが、他の実施形態は、ツールセグメンタ244及び部位セグメンタ246の両方の機能を実行する単一のモジュールを有してもよいことを理解されたい。一般に、セグメンタ244、246によって生成されたセグメント化されたデータは、以下で説明する3Dモデルレンダラの入力に供給してもよい。しかしながら、いくつかの実施形態では、セグメント化されたデータは、システム100のオペレータに提供されて、オペレータにとって有用な方法でレンダリングされてもよい。以下に説明するように、セグメント化されたストリームは、オペレータが器具の配置をリアルタイムで調整する際にオペレータに提供されてもよい。

30

40

【0029】

3Dモデルレンダラ240は、セグメント化された術中画像データを処理し、処置部位に対する器具の3Dレンダリングを再構成するように構成された制御回路であってもよい。

【0030】

ナビゲーションモジュール242は、様々なデータ（例えば、センサデータ224）を処理し、時間の関数として器具先端部の位置特定データを提供し、位置特定データは、解剖学的構造内の器具先端部の推定された位置及び向き情報を示す。いくつかの実施形態では、ナビゲーションモジュール242は、器具の位置センサに対応する座標フレームを術前3Dモデル228の座標フレームに位置合わせする。

50

【0031】

3次元モデル再構成方法及び動作

次に、例示的なモデル再構成システムの動作の詳細について説明する。本明細書に開示される方法及び動作は、図1に示されるモデル再構成システム100並びに図2に示されるモジュール及び他の構成要素に関連して説明される。しかしながら、方法及び動作は、本明細書で考察される構成要素のいずれかによって、単独で、又は組み合わせて実行され得ることを理解されたい。

【0032】

モデル再構成システムは、医療処置中に又は医療処置の一部として取得された比較的限定された数の2次元画像に基づいて3次元解剖学的構造の表現を生成することができる。図3は、例示的な実施形態による、医療処置中又は医療処置の一部として取得された2次元画像から器具及び処置部位の3Dモデルを再構成する方法300を示すフローチャートである。図3が示すように、方法300は、システム100が撮像デバイス70によって取得された患者の解剖学的構造の2次元画像（例えば、蛍光透視画像）を取得するブロック310から開始してもよい。いくつかの実施形態では、ドメイン移動は、撮像デバイス70が所望の特性を複製するように構成される場合に行われる。一例として、いくつかの実施形態は、撮像デバイスの主点、焦点距離、歪み係数、又は任意の他のパラメータを調整するように撮像デバイス70を構成してもよい。

【0033】

ブロック320において、システムは、1つ以上のコンピュータ断層撮影スキャンに基づいて生成された画像によって以前に訓練された1つ以上のニューラルネットワークを取得する。本明細書で使用されるように、システム又は装置は、プッシュ若しくはプルモデル又はローカルストレージを通じたアクセスなど、任意の数の機構においてデータを「取得」し得る。例えば、ニューラルネットワークサービス（以下で説明される）は、決定可能な事象（例えば、ニューラルネットワークが更新されたか、又は新しいものが利用可能であるかを決定すること）に基づいて、又は制御システムのニューラルネットワークを定期的に更新するスケジュールに基づいて、1つ又は複数のニューラルネットワークを制御システム50に送信してもよい。他の例では、制御システム50は、ニューラルネットワークに対する要求をニューラルネットワークサービスに送信してもよく、要求に応答して、ニューラルネットワークサービスは、要求されたニューラルネットワークを制御システム50に送信してもよい。また更に、制御システムのいくつかの実施形態は、ニューラルネットワークのそれら自体のローカルコピーを生成してもよく、データストア260などのローカル記憶デバイスからそれらを検索することを介して、ブロック320においてニューラルネットワークを取得してもよい。

【0034】

ブロック330において、システムは、1つ以上のニューラルネットワークを使用して、ブロック310において取得された2次元画像（例えば、蛍光透視画像）において器具に対応するセグメンテーションを識別する。器具に対応する2次元画像のセグメンテーションの例は、図7及び図8を参照して示される。図7は、例示的な実施形態による、ニューラルネットワークによって生成され得る一連の器具セグメンテーション700を示す図である。蛍光透視画像712、714、716の各々は、患者の同じ解剖学的位置であるが異なる角度に向けられた撮像デバイス70から得られる。限定ではなく例として、画像712は、15度の左前斜位ビューで撮影されてもよい。画像714は、0度前後ビューで撮影されてもよい。画像716は、15度右前斜位で撮影されてもよい。画像712、714、716の各々は、器具のそれぞれのセグメンテーション720a、720b、720を含む。いくつかの実施形態では、セグメンテーションは、器具の検出可能な部分を表すサブセグメントを含む。例えば、図8は、例示的な実施形態による、サブパーツであるスコープ先端部820及び関節運動可能セクション822を含む、器具のセグメンテーションを示す図である。更に、いくつかの実施形態では、サブパーツ間の関係に基づいて方向関係を決定することができる。

10

20

30

40

50

【0035】

図3に戻って参照すると、ブロック340において、システム100は、1つ以上のニューラルネットワークを使用して、処置部位（例えば、腫瘍又はレギオン）に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別してもよい。図9は、例示的な実施形態による、処置部位のセグメンテーションの例を示す。例えば、図9は、蛍光透視画像のセグメンテーションであり、腫瘍結節が画像の残りにセグメント化されている。

【0036】

図3に戻って参照すると、ブロック330及び340を実行する順序及びタイミングは柔軟であることを理解されたい。例えば、ブロック330及び340は、並行して、又は順次に行うことができる。いくつかの実施形態において、ブロック340は、ブロック330の結果に依存して実行することができる。例えば、ブロック330における器具セグメンテーションは、関心領域（Region-Of-Interest、ROI）を生成するために使用されてもよく、ROIは、次いで、ブロック340のより微細な処置部位セグメンテーションを容易にするために使用することができる。すなわち、システムは、器具の周りの決定可能な領域、又は器具先端部などの器具の識別可能な部分に分割する。図10は、例示的な実施形態による、セグメント化された器具の領域を中心とする距離などの、関心領域1020に基づくセグメンテーションを示す図である。例示的な距離は、3センチメートルを含むが、処置の状況に基づいて任意の適切な距離であり得る。

【0037】

図3に戻って参照すると、ブロック350において、システムは、器具に対応する2次元画像内のセグメンテーション及び処置部位に対応する2次元画像内のセグメンテーションを使用して、器具及び処置部位の3次元モデルを再構成してもよい。再構成には、2つ以上の2次元画像を用いてもよい。2つの2次元画像により十分な精度が提供されることが企図されるが、多くの実施形態は、2次元画像の数を増やし、例えば、3つ以上を選択してもよい。例えば、一実施形態は、3つの2次元画像、すなわち、15度左前斜位ビューからの1つ、0度前後ビューからの第2の画像、及び15度右前斜位ビューからの第3の画像を使用して再構成してもよい。

【0038】

再構成は、異なる2次元画像及び術中撮像デバイス姿勢及び撮像デバイス内因性パラメータの三角測量を使用して実行することができる。撮像デバイスの内因性パラメータ（主点、焦点距離、及び歪み係数）は、カメラ較正手順を介して得ることができる。術中撮像デバイス姿勢は、複数の方法で取得することができる。電動スキャナが使用される場合、蛍光透視画像が撮影される姿勢は、撮像デバイスの提供された出力から取得することができる。姿勢情報がシステムによって提供されない場合、図1の外部追跡センサ78（光学追跡、慣性測定ユニット、RGB／RGBDカメラ）をスキャナ上に配置して、姿勢情報を取得することができる。いくつかの実施形態では、システムは、事前定義された角度で画像を取得するようにオペレータに指示してもよく、システムは、オペレータが指示に従ったと仮定することができる。

【0039】

ニューラルネットワークトレーニング

上述したように、図3のブロック320を参照すると、システム100は、1つ以上のCTスキャンからの画像によって訓練されたニューラルネットワークを取得してもよい。また、上述したように、ニューラルネットワークは、ニューラルネットワークサービスを介してアクセスされてもよい。次に、ニューラルネットワークの生成及びニューラルネットワークサービスを含む概念をより詳細に説明する。図4は、例示的な実施形態による、ニューラルネットワーク生成システム400を示すシステム図である。ニューラルネットワーク生成システム400は、ネットワーク420を介した、図1の制御システム50とニューラルネットワークトレーニングシステム410との間のネットワーク通信を含んでもよい。ネットワーク420は、2つ以上のコンピュータシステムが互いに通信することを可能にする任意の好適な通信ネットワークを含んでもよく、それは、無線及び／又は有

10

20

30

40

50

線ネットワークを含むことができる。例示的なネットワークは、1つ以上のパーソナルエリアネットワーク（Personal Area Network、PAN）、ローカルエリアネットワーク（Local Area Network、LAN）、ワイドエリアネットワーク（Wide Area Network、WAN）、インターネットエリアネットワーク（Internet Area Network、IAN）、セルラーネットワーク、インターネットなどを含む。

【0040】

ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、術中2次元画像（例えば、蛍光透視画像）から器具及び処置部位の再構成された3次元モデルを生成するために使用可能なニューラルネットワーク412を生成するように構成されたコンピュータシステムであってもよい。図4に示されるニューラルネットワークトレーニングシステム410は、ネットワーク420を介して制御システム50と通信するが、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、制御システムに対してオンサイトであってもよく、制御システムに関連付けられた術前ソフトウェアに従って動作してもよいことを理解されたい。制御システム50の術前ソフトウェアは、患者の解剖学的構造の術前3次元モデルの生成、処置部位への経路の計画などに使用可能なソフトウェアであってもよい。

【0041】

ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、2次元画像データベース430に結合されてもよい。2次元画像データベース430は、肺や腎臓などの解剖学的構造の注釈付き画像を含んでもよい。CTスキャンは、腫瘍の既知の形状及び位置を含んでもよい。一例では、形状は、経験のある人間の観察者によって含まれる手動注釈に基づいて、又はコンピュータベースの視覚アルゴリズムからの自動注釈に基づいて既知であってもよい。場合によっては、患者群の代わりに、又はそれに加えて、2次元画像データベース430は、処置が計画されている患者のCTスキャンを含んでもよい。

【0042】

ニューラルネットワークトレーニングシステム410はまた、器具モデルデータベース440に結合されてもよい。器具モデルデータベース440は、器具の既知の幾何学的特性を特徴付けるデータを含み、これは、例えば、コンピュータ支援設計ファイルに記憶されてもよい。

【0043】

示されるように、ニューラルネットワークトレーニングシステム410及び制御システム50は、ドメインデータを交換してもよい。ドメインデータ414は、撮像デバイス又は患者の較正に基づく動作を特徴付けるデータであってもよい。ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、制御システム50に送信されるニューラルネットワークをトレーニングするために使用されているデータを特殊化するために、ドメインデータ414を使用してもよい。

【0044】

図5は、例示的な実施形態による、器具及び処置部位の3次元モデルを再構成するために使用可能な訓練されたニューラルネットワークを生成する方法500を示すフローチャートである。方法500は、ニューラルネットワークトレーニングシステム410が1つ以上のCTスキャンからポリュメトリックデータを取得するブロック510で開始してもよい。いくつかの実施形態では、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、ドメインデータ414に基づいて1つ以上のCTスキャンを選択してもよく、ドメインデータ414は、年齢、人種、性別、健康状態などに基づいて患者を特徴付ける。他の実施形態では、1つ以上のCTスキャンは、術前計画手順の一部として患者から取得されたCTスキャンを含む。

【0045】

ブロック520において、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、器具の幾何学的特性を取得する。上述したように、器具の幾何学的特性は、CADファイルから導出された幾何学的データを含んでもよい。

【0046】

10

20

30

40

50

ブロック530において、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、ボリュメトリックデータ及び幾何学的特性を使用して合成蛍光透視画像を生成する。一実施形態では、ブロック530の一部として、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、患者固有のCTスキャンデータを利用して、デジタル再構成放射線（Digital ly Reconstructed Radiology、DRR）画像を生成する。DRRデータ生成のための入力、処置部位（例えば、腫瘍／結節）の既知の3D形状及び位置、並びに（CADファイルにおいて利用可能な）既知の器具幾何学的特性を含む。CTスキャン座標フレームの3D空間における視野角及び距離のサンプリングに基づいて、DRRデータ生成は、逆投影／光線追跡技法又は深層学習ベースの技法を使用することができる。生成されたDRR画像は、実際の蛍光透視画像と同様の画像特性を共有する。実際の蛍光透視画像と同様の画像特性を共有するDRR画像を更に生成するために、撮像デバイスによって生成された設定及び例示的な画像が、ドメイン転送の一部として提供されてもよい。ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、これらの設定及び例示的な画像を使用して、DRR画像を生成してもよい。

10

【0047】

ブロック540において、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、合成蛍光透視画像を使用してニューラルネットワークを訓練する。ニューラルネットワークは、訓練されると、処置部位又は器具に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成される。ブロック530において、ニューラルネットワークトレーニングシステム410がCTスキャンからDRR画像を生成する上述の例において、これらのDRR画像は、器具セグメンテーション及び処置部位セグメンテーションのためのニューラルネットワークを訓練するための合成蛍光透視画像として使用することができる。セグメンテーションネットワークのアーキテクチャは、畳み込みニューラルネットワーク（例えば、UNet及びResNetなど）、トランスフォーマ、又はグラフニューラルネットワークに基づくことができる。

20

【0048】

次いで、ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、1つ又は複数の訓練されたニューラルネットワークを制御システム50に利用可能にする。ニューラルネットワークトレーニングシステム410は、ネットワーク420を介したアクセスを提供することによって、又はコンピュータ可読媒体を介した転送を提供することによって、ニューラルネットワークを利用可能にしてもよく、ここで、ニューラルネットワークトレーニングシステム410及び制御システム50はコロケートされる。

30

【0049】

フレームワーク全体の例

図6は、例示的な実施形態による、蛍光透視画像処理のための例示的なデータアーキテクチャ600を示すブロック図である。例示的なデータアーキテクチャ600の機能ブロックは、上述したフローチャートからの対応するブロックに従ってラベル付けされる。図6が示すように、合成蛍光透視画像及び術中蛍光透視画像の一部として転送又は交換されるドメインデータが存在する。これは、合成蛍光透視画像が、医療処置を実行する医療システムによって生成される術中蛍光透視画像を正確に反映するように、ニューラルネットワークトレーニングシステムによって生成され得るようにするためである。例えば、ドメインデータは、図1の撮像デバイス70の主点、焦点距離、及び歪み係数を含んでもよい。次いで、生成されたDRRは、これらのパラメータを反映して、撮像デバイス70が生成する可能性が高い画像をより厳密に位置合わせしてもよい。

40

【0050】

同様に、撮像デバイスがそれ自体を構成する能力を有する場合、ドメインデータは、撮像デバイスを構成するために医療システムによって使用可能なデータを含んでもよい。制御システムによって使用されてもよいドメインデータの例は、撮像角度、画像コントラスト、深さなどを含む。

【0051】

50

また、図 6 に示される例示的なデータアーキテクチャ 600 は、セグメンタ 330' 及び 340' が相関して使用されてもよいことを理解されたい。すなわち、器具セグメンタ 330' は、最初に、術中画像から器具をセグメント化してもよく、次いで、システムは、器具セグメンテーションに基づいて関心領域を識別してもよい。関心領域に基づいて、処置部位セグメンタ 340' は、関心領域内の領域に基づいて処置部位の精緻化されたセグメンテーションを生成してもよい。

【0052】

ナビゲーション統合

上述したように、図 2 を参照すると、制御システム 50 は、3D 術前モデルを介して器具を患者に位置特定するナビゲーションシステムを含んでもよい。制御システムが器具及び処置部位の再構成された 3D モデルを生成した後、制御システムは、器具及び処置部位の再構成された 3D モデルを CT / 患者基準系に位置合わせしてもよい。位置合わせされると、セグメント化された 3D スコープ又は 3D 結節情報は、ナビゲーション出力の精度を改善するためにナビゲーションモジュールへの別の入力として使用されることができ、ナビゲーション出力はまた、CT / 患者基準系内にある。

10

【0053】

情報は、複数の方法で使用することができる。例えば、制御システム 50 は、ナビゲーションである「Fusion」フレームワーク出力の精度を向上させるために、Fusion フレームワークへの別の入力として 3D 再構成スコープ姿勢情報を使用して、EM ベース、視覚ベース、及びロボットベースのアルゴリズムからの他の出力と組み合わせてもよい。

20

【0054】

別の例として、制御システム 50 は、術中結節位置推定を補正し、結節位置を更新するために、3D 再構成結節を使用してもよい。これは、術中に引き起こされる CT と身体の乖離及び解剖学的変形によって引き起こされる誤差を補償するのを助けることができる。

【0055】

別の例として、制御システム 50 は、スコープ先端部と結節との間の相対距離を計算するために 3D 再構成スコープ及び結節位置を使用し、ユーザに表示されるターゲットまでの距離測定値を補正するためにこの情報を使用してもよい。

【0056】

別の例として、制御システム 50 は、形状情報をナビゲーションフレームワークに入力するために、スコープの 3D 再構成形状を使用してもよい。形状情報は、スコープ先端部位置だけに対してより安定したナビゲーション情報を提供するために、骨格 / 経路に対して位置合わせされることができ。

30

【0057】

別の例として、制御システム 50 は、術中の解剖学的変形を検出し、モデル化するために、スコープからの形状情報を使用してもよい。いくつかの実施形態では、制御システムは、スコープの形状情報に基づいて 3D マップ / 肺モデルを適応的に更新することができる。

【0058】

セグメンテーションストリーム

いくつかの状況では、オペレータが処置部位の近くに器具を有すると、オペレータは、処置部位に対する器具の姿勢を確認するために蛍光透視画像を撮影することを選択してもよい。本開示の多くは、器具及び処置部位の再構成された 3D モデルを生成する実施形態を説明するが、これら及び他の実施形態は、器具の微調整を行う際にオペレータを支援するために中間結果をレンダリングしてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、制御システムは、術中蛍光透視画像内の異なるセグメンテーションを識別するデータと共に、術中蛍光透視画像をオペレータにレンダリングしてもよい。術中蛍光透視画像をセグメンテーションデータで拡張することは、術中画像が 2D のみであっても、器具の姿勢を視覚化する際にオペレータにとって有用であり得る、器具及び処置部位の強調された画像を提供

40

50

してもよい。これは、オペレータが撮像デバイスを、本明細書で「術中画像ストリーム」と呼ばれる、高速連続又はビデオ様外観で蛍光透視画像を提供するモードにする場合に特に有用である。術中画像ストリームを用いると、器具及び処置部位の3Dモデルを再構成するための処理時間が、術中画像がキャプチャされるレートよりも長くなってもよい。したがって、2D術中画像のストリームが提供される場合、制御システムは、術中画像のストリームのセグメント化されたビューをレンダリングしてもよく、セグメント化されたビューは、セグメント化された器具及びセグメント化された処置部位の視覚的インジケータを含む。本明細書で使用される場合、セグメンテーションデータで拡張された術中画像のストリームのビューは、本明細書では「セグメンテーションストリーム」と呼ばれることがある。

10

【0059】

処置部位のこの2D視覚化は、2D術中画像が撮影される時間における撮像デバイスの姿勢情報に基づいて、異なる角度から撮影された蛍光透視画像上に示すことができる。制御システムは、姿勢情報（又は向き若しくは位置などの姿勢のいくつかの側面）を、手動で（例えば、制御システムによって提供されるユーザインターフェースを介してシステムのオペレータによって入力された日付）、制御システムと撮像デバイスとの間の通信インターフェース、又は外部追跡センサを介して、取得してもよい。次いで、制御システムは、カメラパラメータ及び姿勢情報を使用して、処置部位の3Dモデルを2D術中画像上に逆投影してもよい。

20

【0060】

撮像デバイス校正

Cアームスキャナによって取得された蛍光透視／X線画像は、3D解剖学的シーンの再構成に使用することができる。制御システム50（図2参照）の再構成モジュールは、比較的正確な3D再構成を達成するために、Cアームスキャナの内因性及び外因性パラメータを使用してもよい。前述のように、Cアームスキャナは、（X線源を放出する）線源発生器と、画像を作成するためにX線を識別する検出器とを含む。校正モジュールは、この線源－検出器撮像機構をピンホールカメラモデルとして扱うことができ、したがって、内因性パラメータは、主点、焦点距離、及び歪み係数である。Cアームスキャナがフラットパネル検出器を有する場合、取得された蛍光透視／X線画像に歪みは存在せず、したがって、歪み係数は校正プロセスにおいて無視することができる。

30

【0061】

蛍光透視／X線スキャナの内因性パラメータを計算するために、校正モジュールのための校正オブジェクトは、これを容易にするように設計されることができる。図11は、例示的な実施形態による、校正オブジェクト1100を示す図である。校正オブジェクト1100は、その上に小型ボールが取り付けられた、平面オブジェクトであり得る。校正オブジェクト1100を作製するために使用される材料は、金属ボールが撮像デバイスから明確に見えるように、蛍光透視撮像下で低い不透明度を有してもよい。校正オブジェクト1100上のボール配置の矩形の幾何学的パターンは、工具機械加工の前に任意に生成することができる。次いで、この既知の幾何学的パターンが校正プロセスで使用される。

40

【0062】

i. 内因性校正

次に、内因性校正について説明する。データ収集のために、校正プロセスを実行するオペレータは、校正オブジェクトを患者ベッド上に配置し、校正オブジェクトが線源発生器と検出器との間のほぼ中心にあるように蛍光透視スキャナの高さを調整してもよい。次いで、スキャナを様々な所定の角度で回転させ、各角度で校正オブジェクト上の蛍光透視画像を撮影する。これらのデータの例示的画像1200が図12に提供される。

【0063】

データ処理のために、収集された任意の画像に対して、校正モジュールは、校正オブジェクトの画像上の金属ボール位置を検出し、これは、例えば、プロブ検出アルゴリズムによって行うことができる。校正オブジェクトの画像上のボール位置を取得した後、校正モ

50

ジュールは、これらの検出されたボールを較正オブジェクトの既知の幾何学的パターン内の対応関係と照合する。この照合プロセスは、以下のステップを有することができる。

1：ボール位置間のペアワイズ距離を計算し、各ボール位置にわたってループし、以下を行う。

1 a：各ボール位置において、上位X個（例えば、8個）の最近隣位置を集める。

2：画像上の支配的な向きを見つける。

2 a：各ボール位置において、それからその8つの最近隣接位置へのベクトルをそれぞれ作成する。

2 b：ベクトルの向きを計算し、次いで、これは、向きのヒストグラムを出力する（ここで、向きは0～180度の範囲であり、これは225が45度として割り当てられることを意味する）。

2 c：向きのヒストグラムから、既知の幾何学的パターン上の水平方向及び垂直方向に対応する2つの向きを識別する。

3：ボール位置及びそれらの最近隣をチェックすることによってグラフを作成する。グラフ内の2つの頂点間の接続のコストは、それらの位置距離及び向きの組み合わせとして定義することができる。

4：グラフの最大連結成分を見つけ、既知の幾何学的パターン内のこの最大連結成分を照合する。グラフ照合の後、検出されたボールとパターンとの間の位置対応が決定される。

【0064】

較正モジュールは、全ての収集された画像と既知の幾何学的パターンとの上記対応検索を実行する。次いで、これらの取得された対応関係を使用して、カメラ較正アルゴリズムを介して、主点、焦点距離、及び歪み係数（任意選択）を含む内因性パラメータを取得する。

【0065】

i．外因性較正

外因性較正の場合、ほとんどの蛍光透視／X線スキャナは、撮像中に6自由度（Degree-of-Freedom、Dof）姿勢情報（向き及び平行移動）を提供しない。この情報を取得するために、外部追跡センサを使用することができる。この外部追跡センサは、IMUデバイス又はRGB-Dカメラ（又はその2つの組み合わせ）のいずれかであり得る。この外部追跡センサは、それ自体の座標フレーム上で6Dof姿勢データを生成する。姿勢データをスキャナ撮像座標フレームに変換するために、ハンドアイ較正を実行することができる。

【0066】

この較正プロセスのためのデータを収集するために、外部追跡センサが、スキャナに、好ましくは検出器の近くに取り付けられる。次いで、システムは、オブジェクトが蛍光透視画像内で少なくとも部分的に可視である、種々の角度／平行移動で較正オブジェクトに対して蛍光透視／X線撮像を行う。画像が撮影されるとき各姿勢において、較正モジュールは、外部追跡センサから出力された姿勢を記録する。これらのペアリングされた画像及び姿勢データセットを用いて、較正モジュールは、次いで、ハンドアイ較正アルゴリズムを実行し、センサからスキャナへの変換を計算することができる。次いで、この変換を術中に使用して、センサからの読み取り値をスキャナ撮像座標フレームに変換し、したがって、3Dシーン再構成に必要な姿勢情報を提供することができる。

【0067】

例示的な3次元再構成

図3のブロック360を参照して上述したように、制御システムは、再構成された3Dモデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせてもよい。図13は、例示的な実施形態による、再構成された3Dモデルレンダリング1300を示す図である。再構成された3Dモデルレンダリング1300は、ディスプレイデバイスによってレンダリングされたときに、処置部位1304に対する器具1302の形状及び姿勢を示すデータを含

10

20

30

40

50

んでもよい。再構成された３Ｄモデルを生成するための方法及びシステムは、上でより詳細に説明されている。

【００６８】

図示されていないが、いくつかの実施形態では、再構成された３Ｄモデルが解剖学的構造（例えば、肺、腎臓、胃腸系など）の仮想モデルに位置合わせされる場合、解剖学的構造の仮想モデルの特徴は、再構成された３Ｄモデルと併せて（例えば、重ね合わせて）描写されてもよい。

【００６９】

図示されていないが、いくつかの実施形態では、再構成された３Ｄモデルレンダリング１３００は、器具と処置部位との位置合わせを容易にするユーザインターフェース特徴を含んでもよい。例えば、一実施形態では、再構成された３Ｄモデルレンダリング１３００は、器具１３０２の先端部から軸方向に延在する線（パターン化されているか又はされていない）などのグラフィカル要素を含んでもよい。これらの実施形態では、オペレータは、レンダリング１３００に示される器具１３０２から延びる線が処置部位１３０４と交差するまで、ロボットシステムに器具の姿勢を調整させてもよい。いくつかの実施形態では、レンダリング１３００は、器具１３０２と処置部位１３０４との位置合わせなど特定の事象が検出されると、システムによって更新されてもよい。１つのそのような更新は、器具と処置部位との位置合わせに応じて、処置部位又は器具１３０２から延在するグラフィカル要素の色を変更することであってもよい。例えば、処置部位１３０４は、位置合わせがないときに１つの色でレンダリングされ、位置合わせがあるときに別の色でレンダリングされるように更新されてもよい。いくつかの実施形態では、色は、位置合わせの強度を表すことができ、その結果、オペレータは、結節のエッジをサンプリングすることになり得る位置合わせと結節の中心をサンプリングすることになり得る位置合わせとを区別することができる。

【００７０】

実装システム及び用語

本明細書に開示される実装形態は、２次元画像を使用して解剖学的構造の３次元モデルを再構成するためのシステム、方法及び装置を提供する。本明細書で説明される様々な実装形態は、医療ロボットを使用する医療処置中の解剖学的構造の改善された可視化を提供する。

【００７１】

システム１００は、様々な他の構成要素を含むことができる。例えば、システム１００は、１つ以上の制御電子機器／回路、電源、空気圧、光源、アクチュエータ（例えば、ロボットアームを動かすためのモータ）、メモリ、及び／又は（例えば、別のデバイスと通信するための）通信インターフェースを含むことができる。いくつかの実施形態では、メモリは、コンピュータ実行可能命令を記憶することができ、コンピュータ実行可能命令は、制御回路によって実行されると、制御回路に、本明細書で考察される動作のうちのいずれかを実行させる。例えば、メモリは、コンピュータ実行可能命令を記憶することができ、コンピュータ実行可能命令は、制御回路によって実行されると、制御回路に、ロボットアームの操作に関する入力及び／又は制御信号を受信させ、それに応答して、ロボットアームを制御して、特定の配列で配置する。

【００７２】

システム１００の様々な構成要素は、ある特定の接続回路／デバイス／特徴を使用して、電氣的及び／又は通信可能に結合され得るが、それら構成要素は、制御回路の一部であってもなくてもよい。例えば、接続特徴部（複数の場合もある）は、システム１００の種々の構成要素／回路のうちの少なくとも一部の取り付け及び／又は相互接続を容易にするように構成された１つ以上のプリント回路基板を含むことができる。いくつかの実施形態では、制御回路、データ記憶装置／メモリ、通信インターフェース、電源ユニット（複数可）、及び／又は入力／出力（Ｉ／Ｏ）構成要素（複数可）のうちの２つ以上は、互いに電氣的及び／又は通信可能に結合され得る。

【0073】

用語「メモリ」は、本明細書では、その広義及び通常の意味に従って使用され、任意の好適な又は望ましいタイプのコンピュータ可読媒体を指すことができる。例えば、コンピュータ可読媒体としては、1つ以上の揮発性データ記憶装置、不揮発性データ記憶装置、取り外し可能なデータ記憶装置、及び／又は取り外し不可能なデータ記憶装置であって、任意の技術、レイアウト、及び／又はデータ構造／プロトコルを用いて実装されるものを挙げることができ、これらは、任意の好適な又は望ましいコンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュール、又は他のタイプのデータを含む。

【0074】

本開示の実施形態により実装することができるコンピュータ可読媒体としては、限定することなく、以下を挙げることができる。相変化メモリ、スタティックランダムアクセスメモリ (static random-access memory、SRAM)、ダイナミックランダムアクセスメモリ (dynamic random-access memory、DRAM)、他のタイプのランダムアクセスメモリ (random access memory、RAM)、読み出し専用メモリ (read-only memory、ROM)、電氣的消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ (electrically erasable programmable read-only memory、EEPROM)、フラッシュメモリ若しくは他のメモリ技術、コンパクトディスク読み出し専用メモリ (compact disk read-only memory、CD-ROM)、デジタル多用途ディスク (digital versatile disk、DVD) 若しくは他の光記憶装置、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスク記憶装置若しくは他の磁気記憶装置、又は任意の他の非一時的媒体であって、コンピュータデバイスによるアクセスのための情報を記憶するために使用できるもの。本明細書において特定の文脈で用いる場合、コンピュータ可読媒体は全般的に、変調データ信号及び搬送波などの通信媒体を含まない場合がある。したがって、コンピュータ可読媒体は全般的に、非一時的媒体を指すと理解しなければならない。

【0075】

本明細書に記載されるのは、処置部位及び器具の再構成された3次元モデルを生成するためのシステム、デバイス、及び方法である。本開示のいくつかの実装形態は、解剖学的構造の部分に従ってラベル付けされた1つ以上のコンピュータ断層撮影 (CT) スキャンからポリュメトリックデータを取得することと、器具の幾何学的特性を取得することと、ポリュメトリックデータ及び幾何学的特性に基づいて合成蛍光透視画像を生成することと、合成蛍光透視画像を使用して1つ以上のニューラルネットワークを訓練することと、を含む方法に関する。ニューラルネットワークは、処置部位又は器具に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成されることができる。

【0076】

いくつかの実施形態では、1つ以上のニューラルネットワークは、処置部位に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成される第1のニューラルネットワークと、器具に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成される第2のニューラルネットワークとを含むことができる。いくつかの実施形態では、1つ以上のニューラルネットワークは、処置部位及び器具の両方に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成される単一のニューラルネットワークを含む。

【0077】

いくつかの実施形態では、本方法は、医療システムによって患者に対して実行される処置に対応するドメインデータを取得することを更に含むことができる。いくつかの実施形態では、ドメインデータは、主点、焦点距離、又は歪み係数のうちの少なくとも1つを含むことができる。いくつかの実施形態では、合成蛍光透視画像を生成することは、ドメインデータに更に基づくことができる。

【0078】

いくつかの実施形態では、合成蛍光透視画像を生成することは、幾何学的特性及び術前経路に基づいて、器具の表現を合成蛍光透視画像上に重ね合わせることに基づくことができる。いくつかの実施形態では、CTスキャンは、器具の表現を欠くことができる。いく

つかの実施形態では、処置部位は肺結節であり得る。いくつかの実施形態では、合成蛍光透視画像を生成することは、第1の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第1の合成蛍光透視画像と、第1の角度と異なる第2の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第2の合成蛍光透視画像とを生成することを含むことができる。いくつかの実施形態では、合成蛍光透視画像を生成することは、第1の角度及び第2の角度とは異なる第3の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第3の合成蛍光透視画像を生成することを更に含むことができる。

【0079】

本開示のいくつかの実装形態は、術中蛍光透視画像をセグメント化するために使用可能な1つ以上のニューラルネットワークを訓練するシステムに関し、このシステムは、制御回路及びコンピュータ可読媒体を備える。コンピュータ可読媒体は命令を有することができ、命令は実行されると、制御回路に、解剖学的構造の部分に従ってラベル付けされた1つ以上のコンピュータ断層撮影（CT）スキャンからボリュメトリックデータ及び器具の幾何学的特性のうちの少なくとも1つを取得させ、ボリュメトリックデータ及び幾何学的特性のうちの少なくとも1つに基づいて合成蛍光透視画像を生成させ、合成蛍光透視画像を使用して1つ以上のニューラルネットワークを訓練させる。ニューラルネットワークは、処置部位又は器具に従って術中蛍光透視画像をセグメント化するように構成されることができる。

【0080】

本開示のいくつかの実装形態は、解剖学的構造内の器具及び処置部位の3次元モデルを再構成する方法に関する。本方法は、患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を取得することと、1つ以上のニューラルネットワークを取得することと、1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別することと、1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別することと、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーション、及び処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションに基づいて、器具及び処置部位の3次元モデルを再構成することと、再構成された3次元モデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせることと、を含むことができる。

【0081】

いくつかの実施形態では、本方法は、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションに基づいて関心領域を決定することを更に含むことができる。処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションの識別は、関心領域に基づくことができる。いくつかの実施形態では、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションの識別は、処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションの識別と並行して実行することができる。いくつかの実施形態では、器具及び処置部位の3次元モデルの再構成は、患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を生成した撮像デバイスから導出された校正データに更に基づくことができる。

【0082】

いくつかの実施形態では、本方法は、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションと、処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションとをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせることを更に含むことができる。

【0083】

いくつかの実施形態では、処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーション、及び器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションは、再構成された3次元モデルがディスプレイデバイスにおいてレンダリングされる前に、ディスプレイデバイスにおいてレンダリングされることができる。いくつかの実施形態では、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションは、第1のサブセグメンテーション及び第2のサブセグメンテーションを含むことができ、第1のサブセグメンテーション及び第2のサブセグメンテーションは、器具の異なる構成要素に対応する。

【0084】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、処置部位は生検部位に対応することができる。いくつかの実施形態では、患者の解剖学的構造の蛍光透視画像は、第1の角度で解剖学的構造に焦点を合わせた第1の蛍光透視画像と、第1の角度と異なる第2の角度で解剖学的構造に焦点を合わせた第2の蛍光透視画像とを含むことができる。

【0085】

いくつかの実施形態では、器具及び処置部位の3次元モデルの再構成は、第1の蛍光透視画像において識別されたセグメント及び第2の蛍光透視画像において識別されたセグメントを三角測量することを含むことができる。

【0086】

いくつかの実施形態では、本方法は、第1の蛍光透視画像及び第2の蛍光透視画像を生成した撮像デバイスの通信インターフェースを介して、第1の角度又は第2の角度のうちの少なくとも1つを取得することを更に含むことができる。いくつかの実施形態では、本方法は、オペレータユーザインターフェースを介して第1の角度又は第2の角度のうちの少なくとも1つを取得することを更に含むことができる。いくつかの実施形態では、本方法は、外部追跡センサを介して第1の角度又は第2の角度のうちの少なくとも1つを取得することを更に含むことができる。

【0087】

本開示のいくつかの実装形態は、解剖学的構造内の器具及び処置部位の3次元モデルを再構成するシステムに関する。システムは、制御回路及びコンピュータ可読媒体を備えることができる。コンピュータ可読媒体は命令を有することができ、命令は実行されると、制御回路に、患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を取得させ、1つ以上のニューラルネットワークを取得させ、1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、器具に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別させ、1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、処置部位に対応する蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別させ、蛍光透視画像内のセグメンテーションに基づいて、器具及び処置部位の3次元モデルを再構成させ、再構成された3次元モデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせる。

【0088】

本開示を要約する目的のために、ある特定の態様、利点、及び新規の特徴が記載されている。必ずしも全てのこのような利点が、任意の特定の実施形態により実現され得るわけではないことを理解されたい。したがって、開示された実施形態は、本明細書で教示又は示唆され得る他の利点を必ずしも実現することなく、本明細書で教示される1つの利点又は利点の群を実現又は最適化する、方法で行われ得る。

【0089】

更なる実施形態

実施形態に応じて、本明細書に記載のアルゴリズム又はプロセスのうちのいずれかの特定の行為、事象、又は機能は、異なる順序で行うことができ、追加し、マージし、又は完全に除外してもよい。したがって、ある特定の実施形態では、説明した行為又は事象の全てがプロセスの実行にとって必要なわけではない。

【0090】

とりわけ、「することができる (can)」、「することができる (could)」、「し得る (might)」、「し得る (may)」、「例えば (e.g.)」、及び同等物などの本明細書で使用される条件的文言は、別途具体的に記述されない限り、又は使用される文脈内で別途理解されない限り、その通常の意味で意図され、全般的に、ある特定の実施形態が、ある特定の特徵、要素、及び／又はステップを含むが、他の実施形態が含まないことを伝達することを意図している。したがって、そのような条件的文言は、一般的に、特徴、要素、及び／又はステップが、1つ以上の実施形態のために任意の方法で必要とされること、又は1つ以上の実施形態が、オーサ入力若しくはプロンプティングの有無を問わず、これらの特徴、要素、及び／若しくはステップが任意の特定の実施形態に含まれるか、又は実施されるかどうかを決定するための論理を必ず含むことを含意することを意図しない。「備える (comprising)」、「含む (including)」、「有する (having)」な

10

20

30

40

50

どの用語は、同意語であり、それらの通常の意味で使用され、非限定的な様式で包括的に使用され、更なる要素、特徴、行為、動作などを除外しない。また、「又は」という用語は、使用される場合、例えば、要素の列挙を接続するために、「又は」という用語は、列挙された要素のうちの1つ、いくつか、又は全てを意味するように、その包含的な意味で（かつその排他的な意味ではなく）使用される。別途具体的に記述されない限り、「X、Y及びZのうちの少なくとも1つ」という語句などの接続言語は、項目、用語、要素などがX、Y、又はZのいずれかであり得ることを伝えるために、一般的に使用されるような文脈で理解される。したがって、そのような接続言語は、全般的に、特定の実施形態が、Xのうちの少なくとも1つ、Yのうちの少なくとも1つ、及びZのうちの少なくとも1つが、それぞれ存在することを要求することを暗示することを意図しない。

10

【0091】

実施形態の上記の説明では、様々な特徴は、時として、本開示を合理化し、様々な発明の態様のうちの1つ以上の理解を補助する目的で、単一の実施形態、図、又はその説明においてグループ化されることを理解されたい。しかしながら、本開示の方法は、任意の請求項がその請求項に明示的に記載されているよりも多くの特徴を必要とするという意図を反映すると解釈されるべきではない。更に、本明細書の特定の実施形態に例解及び／又は記載される任意の構成要素、特徴、又はステップは、任意の他の実施形態に適用されるか、又はそれと共に使用することができる。更に、いずれの構成要素、特徴、ステップ、又は構成要素、特徴、若しくはステップの群も、各実施形態のために必要又は不可欠ではない。したがって、本開示の範囲は、上記の特定の実施形態によって限定されるべきではなく、以下の特許請求の範囲の公正に読むことによってのみ判定されるべきであることが意図される。

20

【0092】

特定の序数用語（例えば、「第1」又は「第2」）が参照を容易にするために提供される場合があり、必ずしも物理的特性又は順序付けを含意するわけではないことを理解されたい。したがって、本明細書で使用される場合、構造体、構成要素、動作などの要素を修正するために使用される序数用語（例えば、「第1」、「第2」、「第3」など）は、必ずしも任意の他の要素に関して要素の優先順位又は順序を示すわけではなく、むしろ、全般的に、要素を（序数用語の使用を別として）同様又は同一の名称を有する別の要素と区別し得る。加えて、本明細書で使用される場合、不定冠詞（「a」及び「an」）は、「1つ」ではなく「1つ以上」を示し得る。更に、条件又は事象に「基づいて」実施される動作はまた、明示的に列挙されていない1つ以上の他の条件又は事象に基づいて実施され得る。

30

【0093】

別途定義されない限り、本明細書で使用されている全ての用語（技術的及び科学的用語を含む）は、実施形態例が属する分野の当業者によって一般的に理解されるものと同じ意味を有している。一般的に使用される辞書で定義されているものなどの用語は、関連技術の文脈におけるそれらの意味と一致する意味を有するものとして解釈されるべきであり、本明細書で明示的にそのように定義されない限り、理想的な意味又は過度に形式的な意味で解釈されるべきではないことを更に理解されたい。

40

【0094】

「外側」、「内側」、「上側」、「下側」、「下方」、「上方」、「垂直」、「水平」という空間的に相対的な用語、及び同様の用語は、図面に例解されるような1つの要素又は構成要素と別の要素又は構成要素との間の関係を説明するための説明を容易にするために、本明細書で使用され得る。空間的に相対的な用語は、図面に描写される向きに加えて、使用又は動作時のデバイスの異なる向きを包含することを意図していると理解されたい。例えば、図面に示すデバイスが反転される場合、別のデバイスの「下方」又は「下に」位置決めされたデバイスは、別のデバイスに「上方」に配置され得る。したがって、「下方」という例解的用語は、下側及び上側位置の両方を含み得る。デバイスはまた、他の方向に向きされる場合があり、したがって、空間的に相対的な用語は、向きに応じて異なっ

50

て解釈され得る。

【0095】

別途明記されない限り、「より少ない」、「より多い」、「より大きい」などの比較及び／又は定量的用語は、平等の概念を包含することを意図している。例えば、「より少ない」は、厳密な数学的意味での「より少ない」だけでなく、「以下」も意味することができる。

【0096】

〔実施の態様〕

(1) 解剖学的構造の部分に従ってラベル付けされた1つ以上のコンピュータ断層撮影(CT)スキャンからポリュメトリックデータを取得することと、

10

器具の幾何学的特性を取得することと、

前記ポリュメトリックデータ及び前記幾何学的特性に基づいて合成蛍光透視画像を生成することと、

前記合成蛍光透視画像を使用して1つ以上のニューラルネットワークを訓練することであって、前記ニューラルネットワークは、処置部位又は前記器具に従って蛍光透視画像をセグメント化するように構成される、訓練することと、

を含む方法。

(2) 前記1つ以上のニューラルネットワークは、前記処置部位に従って前記蛍光透視画像をセグメント化するように構成された第1のニューラルネットワークと、前記器具に従って前記蛍光透視画像をセグメント化するように構成された第2のニューラルネットワークとを含む、実施態様1に記載の方法。

20

(3) 前記1つ以上のニューラルネットワークは、前記処置部位及び前記器具の両方に従って前記蛍光透視画像をセグメント化するように構成された単一のニューラルネットワークを含む、実施態様1又は2に記載の方法。

(4) 医療システムによって患者に対して実行される処置に対応するドメインデータを取得することを更に含む、実施態様1～3のいずれかに記載の方法。

(5) 前記ドメインデータは、主点、焦点距離、又は歪み係数のうちの少なくとも1つを含む、実施態様4に記載の方法。

【0097】

(6) 前記合成蛍光透視画像を生成することは、前記ドメインデータに更に基づく、実施態様4に記載の方法。

30

(7) 前記合成蛍光透視画像を生成することは、前記幾何学的特性及び術前経路に基づいて、前記器具の表現を前記合成蛍光透視画像上に重ね合わせることに基づく、実施態様1～3のいずれかに記載の方法。

(8) 前記CTスキャンは、前記器具の表現を欠く、実施態様1～3のいずれかに記載の方法。

(9) 前記処置部位が肺結節である、実施態様1～3のいずれかに記載の方法。

(10) 前記合成蛍光透視画像を生成することは、第1の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第1の合成蛍光透視画像と、前記第1の角度と異なる第2の角度で解剖学的構造の一部に焦点を合わせた第2の合成蛍光透視画像とを生成することを含む、実施態様1～3のいずれかに記載の方法。

40

【0098】

(11) 前記合成蛍光透視画像を生成することは、前記第1の角度及び前記第2の角度とは異なる第3の角度で解剖学的構造の前記一部に焦点を合わせた第3の合成蛍光透視画像を生成することを更に含む、実施態様10に記載の方法。

(12) 術中蛍光透視画像をセグメント化するために使用可能な1つ以上のニューラルネットワークを訓練するシステムであって、

制御回路と、

コンピュータ可読媒体と、を備え、前記コンピュータ可読媒体は命令を有し、前記命令は実行されると、前記制御回路に、

50

解剖学的構造の部分に従ってラベル付けされた1つ以上のコンピュータ断層撮影（CT）スキャンからのボリュメトリックデータ及び器具の幾何学的特性のうちの少なくとも1つを取得させ、

前記ボリュメトリックデータ及び前記幾何学的特性のうちの少なくとも1つに基づいて合成蛍光透視画像を生成させ、

前記合成蛍光透視画像を使用して前記1つ以上のニューラルネットワークを訓練させ、前記ニューラルネットワークは、処置部位又は前記器具に従って前記術中蛍光透視画像をセグメント化するように構成される、システム。

（13） 解剖学的構造内の器具及び処置部位の3次元モデルを再構成する方法であって、患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を取得することと、

1つ以上のニューラルネットワークを取得することと、

前記1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記器具に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別することと、

前記1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別することと、

前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーション、及び前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションに基づいて、前記器具及び前記処置部位の前記3次元モデルを再構成することと、

前記再構成された3次元モデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせることと、

を含む、方法。

（14） 前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションに基づいて関心領域を決定することを更に含み、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションの前記識別は、前記関心領域に基づく、実施態様13に記載の方法。

（15） 前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションの前記識別は、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションの前記識別と並行して実行される、実施態様13又は14に記載の方法。

【0099】

（16） 前記器具及び前記処置部位の前記3次元モデルの前記再構成は、前記患者の前記解剖学的構造の前記蛍光透視画像を生成した前記撮像デバイスから導出された較正データに更に基づく、実施態様13～15のいずれかに記載の方法。

（17） 前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションと、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションとを前記ディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせることを更に含む、実施態様13～15のいずれかに記載の方法。

（18） 前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーション、及び前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションは、前記再構成された3次元モデルが前記ディスプレイデバイスにおいてレンダリングされる前に、前記ディスプレイデバイスにおいてレンダリングされる、実施態様17に記載の方法。

（19） 前記器具に対応する前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションは、第1のサブセグメンテーション及び第2のサブセグメンテーションを含み、前記第1のサブセグメンテーション及び前記第2のサブセグメンテーションは、前記器具の異なる構成要素に対応する、実施態様13～15のいずれかに記載の方法。

（20） 前記処置部位が生検部位に対応する、実施態様13～15のいずれかに記載の方法。

【0100】

（21） 前記患者の前記解剖学的構造の前記蛍光透視画像は、第1の角度で前記解剖学的構造に焦点を合わせた第1の蛍光透視画像と、前記第1の角度と異なる第2の角度で前記解剖学的構造に焦点を合わせた第2の蛍光透視画像とを含む、実施態様13～15のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

50

(22) 前記器具及び前記処置部位の前記3次元モデルを再構成することは、前記第1の蛍光透視画像において識別されたセグメント及び前記第2の蛍光透視画像において識別されたセグメントを三角測量することを含む、実施態様21に記載の方法。

(23) 前記第1の蛍光透視画像及び前記第2の蛍光透視画像を生成した撮像デバイスの通信インターフェースを介して、前記第1の角度又は前記第2の角度のうちの少なくとも1つを取得することを更に含む、実施態様21に記載の方法。

(24) オペレータユーザインターフェースを介して前記第1の角度又は前記第2の角度のうちの少なくとも1つを取得することを更に含む、実施態様21に記載の方法。

(25) 外部追跡センサを介して前記第1の角度又は前記第2の角度のうちの少なくとも1つを取得することを更に含む、実施態様21に記載の方法。

10

【0101】

(26) 解剖学的構造内の器具及び処置部位の3次元モデルを再構成するシステムであって、

制御回路と、

コンピュータ可読媒体と、を備え、前記コンピュータ可読媒体は命令を有し、前記命令は実行されると、前記制御回路に、

患者の解剖学的構造の蛍光透視画像を取得させ、

1つ以上のニューラルネットワークを取得させ、

前記1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記器具に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別させ、

20

前記1つ以上のニューラルネットワークに基づいて、前記処置部位に対応する前記蛍光透視画像内のセグメンテーションを識別させ、

前記蛍光透視画像内の前記セグメンテーションに基づいて前記器具及び前記処置部位の前記3次元モデルを再構成させ、

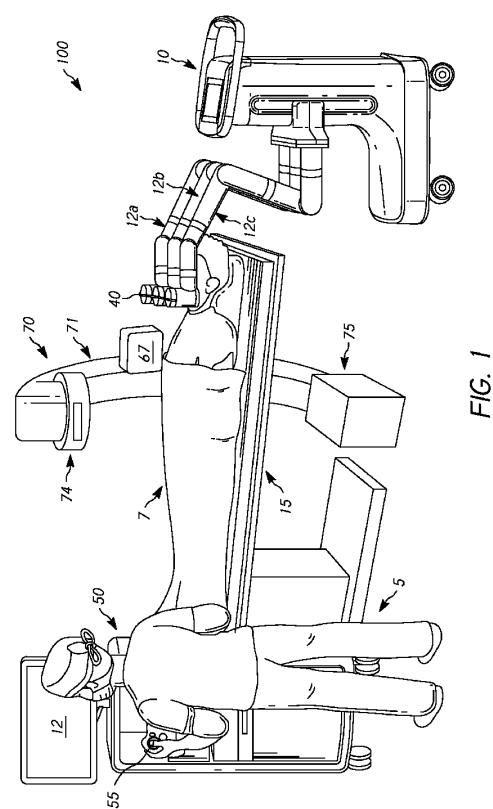
前記再構成された3次元モデルをディスプレイデバイスにおいてレンダリングさせる、システム。

30

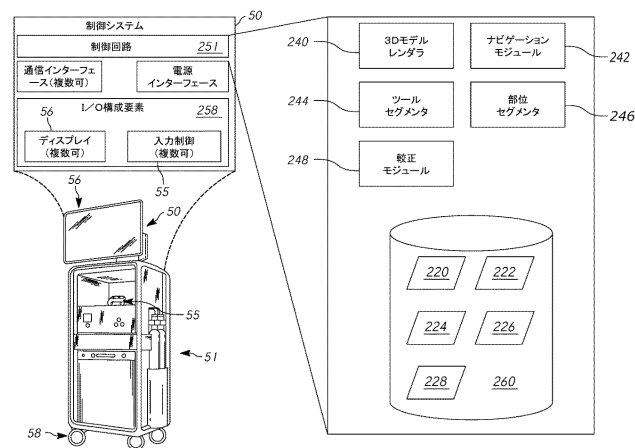
40

50

【図面】
【図 1】



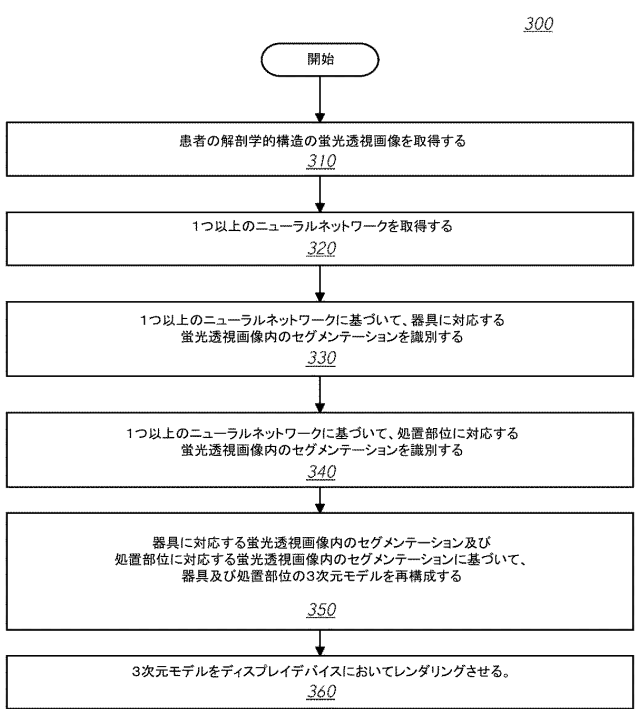
【図 2】



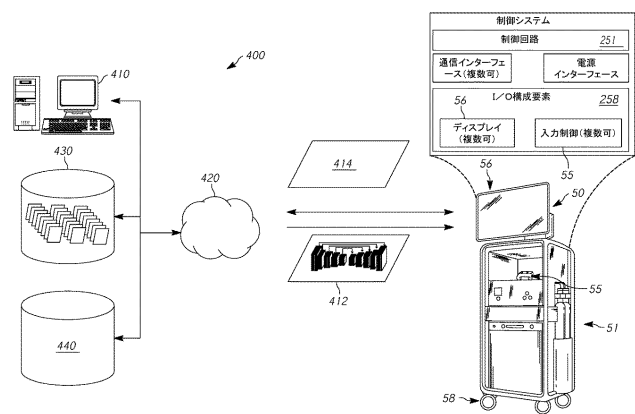
10

20

【図 3】



【図 4】

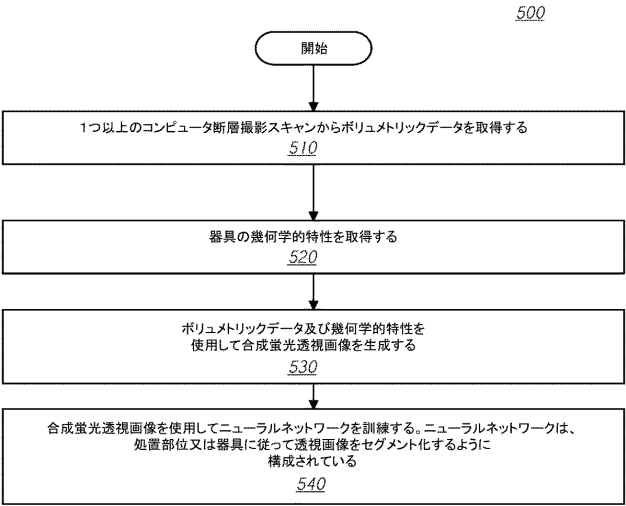


30

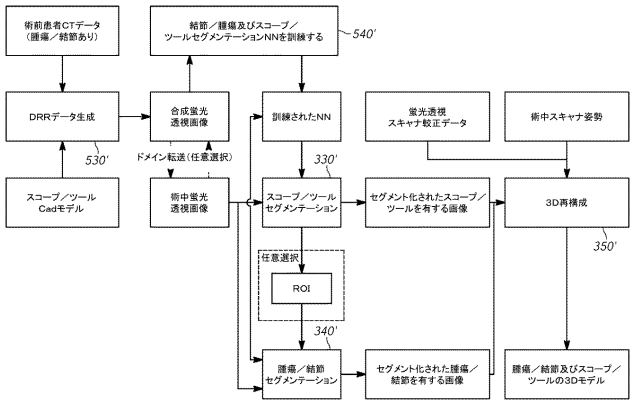
40

50

【図 5】



【図 6】



【図 7】

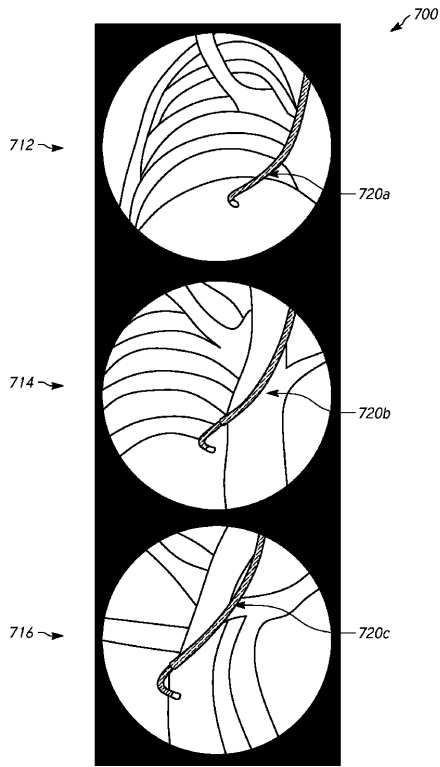


FIG. 7

【図 8】

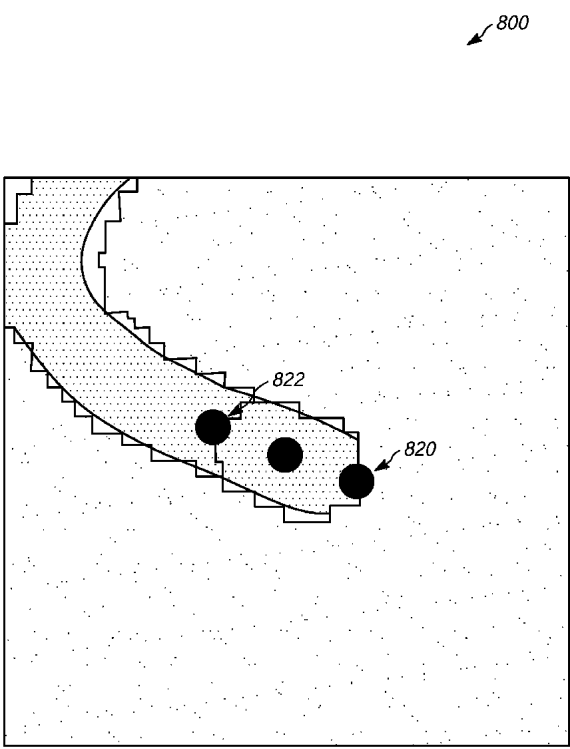


FIG. 8

【図 9】

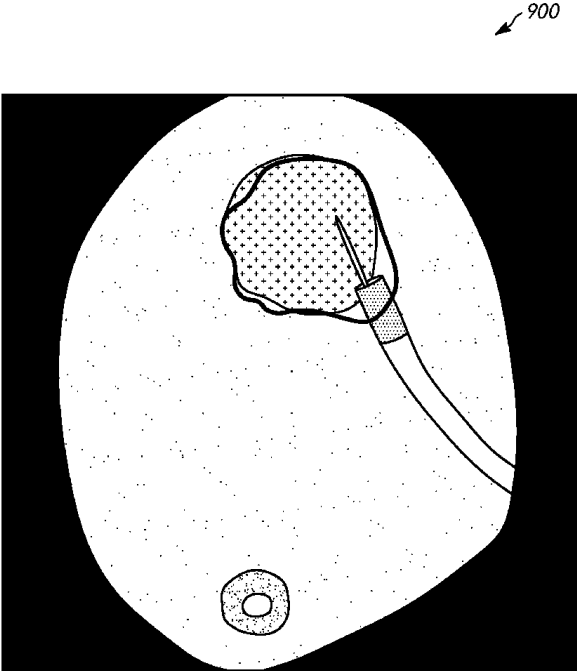


FIG. 9

【図 10】

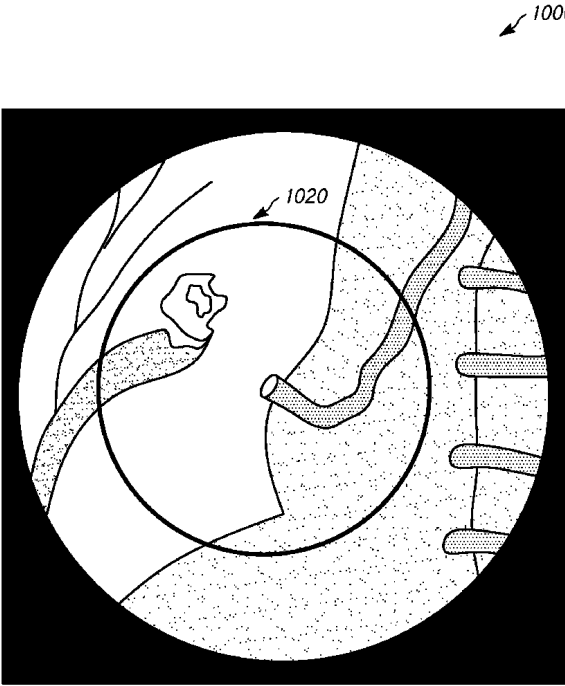


FIG. 10

【図 11】

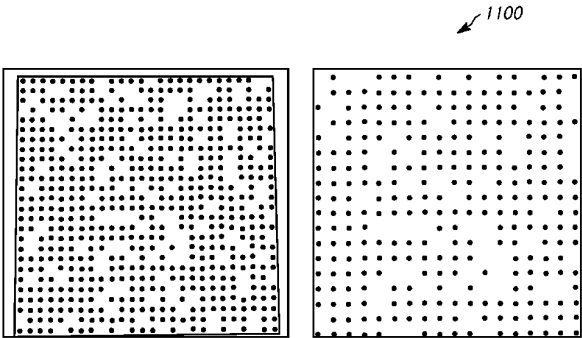


FIG. 11

【図 12】

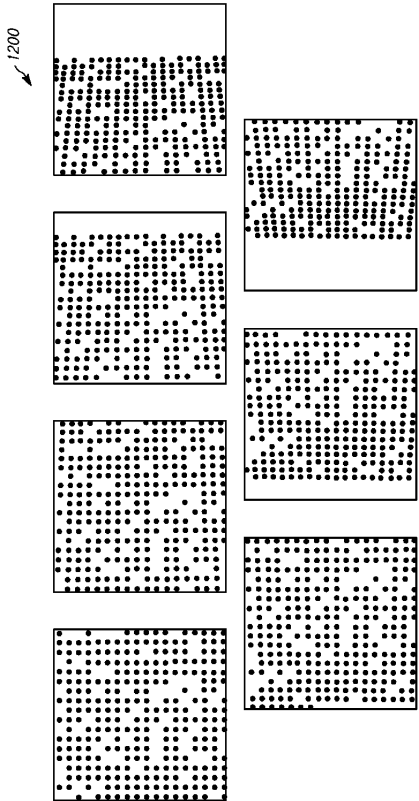


FIG. 12

10

20

30

40

50

【 図 1 3 】

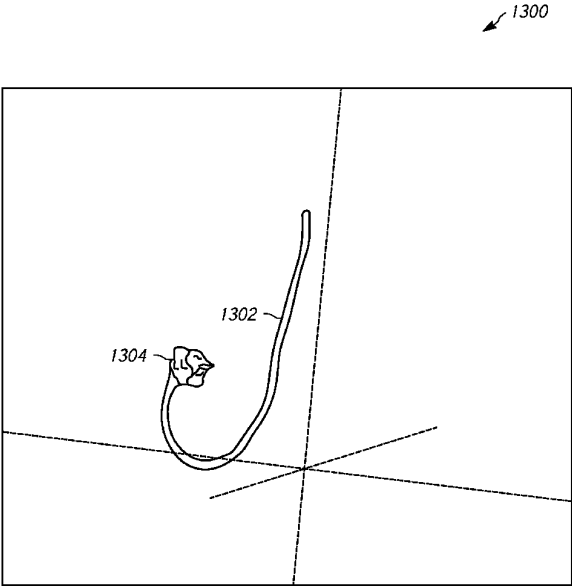


FIG. 13

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IB2023/051682
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B 34/10(2016.01); A61B 90/00(2016.01); A61B 34/20(2016.01); G16H 30/40(2018.01); G16H 20/40(2018.01); G06N 3/08(2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B 34/10(2016.01); A61B 1/00(2006.01); A61B 1/31(2006.01); A61B 34/00(2016.01); A61B 34/20(2016.01); A61B 34/37(2016.01); A61B 5/00(2006.01); A61B 6/03(2006.01); A61B 90/00(2016.01); G06T 7/30(2017.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: medical image processing, training neural network, 3D model reconstruction, labeled CT scan, instrument geometry, synthetic fluoroscopic training image, procedure site segmentation, instrument segmentation		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2021-171394 A1 (SHIMADZU CORPORATION et al.) 02 September 2021 (2021-09-02) See abstract; paragraphs [0009], [0021]-[0027], [0054]-[0055], [0127]; claims 2-3; and figures 1, 10, 12, 17-23.	1-3,12
A		13-15,26
X	US 2021-0307870 A1 (CILAG GMBH INTERNATIONAL) 07 October 2021 (2021-10-07) See abstract; paragraphs [0003], [0197], [0241], [0266], [0346], [0588], [0656]; claims 1-2; and figures 2, 79-82.	13-15,26
A	US 2020-0297444 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 24 September 2020 (2020-09-24) See the whole document.	1-3,12-15,26
A	US 2021-0307841 A1 (THE TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA) 07 October 2021 (2021-10-07) See the whole document.	1-3,12-15,26
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 May 2023		Date of mailing of the international search report 24 May 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer HEO, Joo Hyung Telephone No. +82-42-481-5373

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

International application No.

PCT/IB2023/051682

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021-247744 A1 (NOAH MEDICAL CORPORATION) 09 December 2021 (2021-12-09) See the whole document.	1-3,12-15,26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2023/051682

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: **5-6, 11, 18, 22-25**
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

Claims 5-6, 11, 18, 22-25 are not clear because they refer to multiple dependent claims, which do not comply with PCT Rule 6.4(a).
3. ☒ Claims Nos.: **4, 7-10, 16-17, 19-21**
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2023/051682

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2021-171394	A1	02 September 2021	CN	115209808	A	18 October 2022
US	2021-0307870	A1	07 October 2021	EP	4104743	A1	21 December 2022
				US	11284963	B2	29 March 2022
				US	2021-0307865	A1	07 October 2021
US	2020-0297444	A1	24 September 2020	None			
US	2021-0307841	A1	07 October 2021	CA	3107582	A1	30 January 2020
				EP	3826525	A1	02 June 2021
				EP	3826525	A4	20 April 2022
				WO	2020-023740	A1	30 January 2020
WO	2021-247744	A1	09 December 2021	AU	2021-283341	A1	22 December 2022
				EP	4161351	A1	12 April 2023
				KR	10-2023-0040311	A	22 March 2023

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I		テーマコード (参考)
	A 6 1 B	6/03	5 6 0 G
	A 6 1 B	6/03	5 6 0 T
	A 6 1 B	6/12	

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

Fターム (参考)	4C093	AA22	AA26	CA22	FD03	FF16	FF35	FF42	FG13		
	5L096	BA06	CA11	DA01	DA02	EA26	FA35	FA67	FA69	HA11	KA04