

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7670295号
(P7670295)

(45)発行日 令和7年4月30日(2025.4.30)

(24)登録日 令和7年4月21日(2025.4.21)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 34/35 (2016.01)

A 6 1 B 34/35

G 0 6 T 7/00 (2017.01)

G 0 6 T 7/00 6 1 2

請求項の数 12 (全45頁)

(21)出願番号	特願2022-540385(P2022-540385)	(73)特許権者	518083032
(86)(22)出願日	令和2年12月14日(2020.12.14)		オーリス ヘルス インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2023-508521(P2023-508521 A)		アメリカ合衆国、9 5 0 5 4 カリフォルニア州、サンタ・クララ、グレート・アメリカ・パークウェイ 5 4 9 0
(43)公表日	令和5年3月2日(2023.3.2)	(74)代理人	100130384
(86)国際出願番号	PCT/IB2020/061908		弁理士 大島 孝文
(87)国際公開番号	WO2021/137072	(72)発明者	イ・メンロン
(87)国際公開日	令和3年7月8日(2021.7.8)		アメリカ合衆国、9 4 0 6 5 カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ 1 5 0
審査請求日	令和5年12月12日(2023.12.12)	(72)発明者	ワン・ヤンウェイ
(31)優先権主張番号	62/955,991		アメリカ合衆国、9 4 0 6 5 カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ 1 5 0
(32)優先日	令和1年12月31日(2019.12.31)		最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 解剖学的特徴の識別及び標的化

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

解剖学的特徴を標的化するための医療システムの実行方法であって、
前記医療システムの電磁場発生器が、電磁場を発生することと、
前記医療システムの制御回路が、前記電磁場によって定義される3次元（3D）空間において標的解剖学的特徴の第1の位置を示す標的位置データを受信することと、
前記制御回路が、第1の時間に捕捉された手術部位の第1の画像を受信することと、
前記制御回路が、人工ニューラルネットワークに基づいて、前記第1の画像内の前記手術部位の形状または形態を表す特徴領域として第1の形態を識別することと、
前記制御回路が、前記第1の画像内の前記第1の形態と前記3D空間における前記第1の位置との間のマッピングを決定することと、
前記制御回路が、前記第1の時間に続く第2の時間に捕捉された前記手術部位の第2の画像を受信することと、
前記制御回路が、前記人工ニューラルネットワークに基づいて、前記第2の画像内の前記手術部位の形状または形態を表す特徴領域として第2の形態を識別することと、
前記制御回路が、前記第1の形態と前記第1の位置との間の前記マッピング、および前記第1の画像と前記第2の画像との間の差に少なくとも部分的に基づいて、前記第2の画像内の第2の形態と前記3D空間における第2の位置との間のマッピングを決定することと、
前記制御回路が、前記第2の画像が前記第1の画像に重ねられているときに、前記第1

の画像および前記第2の画像の全体を比較し、前記第2の形態と前記第1の形態との間の重複の量を前記第1の画像および前記第2の画像の全体に対する重複率として決定することと、

前記制御回路が、前記重複の量が前記第1の形態及び前記第2の形態の間の重複の所定の閾値の量よりも大きいかなかを決定することと、

前記制御回路が、前記重複の量が前記所定の閾値の量よりも大きいと決定することに応答して、前記第2の画像内の前記第2の形態の位置、前記第1の時間および前記第2の時間における前記医療システムの内視鏡の遠位端の位置に少なくとも部分的に基づいて、前記3D空間における前記第2の位置に移動するように、前記標的位置データを調整することと、

を含む、方法。

【請求項2】

前記制御回路が、前記標的位置データを調整することに応答して、医療器具を関節運動させることを更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記標的位置データ及び前記第1の画像は、前記医療システムの内視鏡から受信されたものである、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記標的解剖学的特徴は、腎臓の杯内の乳頭の露出部分である、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記人工ニューラルネットワークは、公知の画像及び標識データに基づいて事前訓練される、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記人工ニューラルネットワークは、多層特徴ピラミッドネットワークを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

調整された前記標的位置データは、前記解剖学的特徴に関連する公知の呼吸器情報に少なくとも部分的に基づく、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

前記第2の形態を前記第2の位置にマッピングすることは、前記第2の形態の相対的サイズに少なくとも部分的に基づく、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

医療システムであって、
電磁場を発生するように構成されている、電磁場発生器と、

カメラを有する内視鏡であって、その遠位端と関連付けられた前記電磁場内の位置を示す電磁位置センサを有する、内視鏡と、

複数の関節運動アームを含む、ロボット医療サブシステムと、

前記内視鏡及び前記ロボット医療サブシステムに通信可能に結合された制御回路であって、

ユーザ入力に応答して、治療部位まで前記内視鏡を前進させ、
前記電磁場内の前記内視鏡の前記遠位端の位置を記録し、

前記位置を標的解剖学的位置として示すユーザインターフェースデータを生成し、

前記内視鏡の前記カメラから第1の時間に捕捉された前記治療部位の第1の画像を受信し、

事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、前記第1の画像内の前記治療部位の形状または形態を表す特徴領域として第1の解剖学的特徴を識別し、

前記内視鏡の前記カメラから前記第1の時間に続く第2の時間に捕捉された第2の画像を受信し、

前記事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、前記第2の画像内の前記治療部位の形状または形態を表す特徴領域として第2の解剖学的特徴を識別し、

10

20

30

40

50

前記第 1 の画像及び前記第 2 の画像に少なくとも部分的に基づいて、前記第 2 の画像の前記第 2 の解剖学的特徴が前記第 1 の画像の前記第 1 の解剖学的特徴と同じ標的解剖学的特徴を表すか否かを、前記第 1 の画像を前記第 2 の画像に重ねることによって、そして、前記第 1 の画像が前記第 2 の画像に重ねられているときに、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の全体を比較し、前記第 1 の解剖学的特徴および前記第 2 の解剖学的特徴との間の重複の量を前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の全体に対する重複率として決定することによって、決定し、かつ、

前記第 1 の解剖学的特徴と前記第 2 の解剖学的特徴とが同一の標的解剖学的特徴を表すと決定することに応答して、前記第 1 の画像における前記第 1 の解剖学的特徴と前記第 2 の画像における前記第 2 の解剖学的特徴との間の差、前記第 1 の時間および前記第 2 の時間における前記内視鏡の前記遠位端の位置に少なくとも部分的に基づいて、前記標的解剖学的位置の動的相対移動を補償することによって、前記標的解剖学的位置を追跡するように構成された、制御回路と、を備える、医療システム。

10

【請求項 10】

前記制御回路は、前記電磁場内の前記内視鏡の前記遠位端を前記標的解剖学的位置と位置合わせするように更に構成されている、請求項 9 に記載の医療システム。

【請求項 11】

前記制御回路に通信可能に結合されたロボット腎臓鏡を更に備える、請求項 9 に記載の医療システム。

【請求項 12】

20

医療システムのコンピューティングデバイスであって、

内視鏡インターフェースと、

1 つ又は 2 つ以上のプロセッサ及び 1 つ又は 2 つ以上のデータ記憶デバイスを備える、制御回路であって、

前記内視鏡インターフェース上で前記制御回路に結合された内視鏡の遠位端の 3 次元 (3D) 空間内の位置を示すセンサデータを受信し、前記 3D 空間は、前記医療システムの電磁場発生器によって発生される電磁場によって定義され、

前記内視鏡の前記遠位端の前記位置を前記 3D 空間における標的解剖学的特徴に対する第 1 の位置として示す、第 1 のユーザインターフェースデータを生成し、

前記内視鏡インターフェース上で第 1 の時間に捕捉された医療部位の第 1 の画像を受信し、

30

前記第 1 の画像内の前記医療部位の形状または形態を表す特徴領域として第 1 の解剖学的形態を識別し、

前記第 1 の画像内の前記第 1 の解剖学的形態と前記 3D 空間内の前記第 1 の位置との間のマッピングを決定し、

前記内視鏡インターフェース上で前記第 1 の時間に続く第 2 の時間に捕捉された前記医療部位の第 2 の画像を受信し、

前記第 2 の画像内の前記医療部位の形状または形態を表す特徴領域として第 2 の解剖学的形態を識別し、

前記第 1 の解剖学的形態と前記第 1 の位置との間の前記マッピング、および前記第 1 の画像と前記第 2 の画像との間の差に少なくとも部分的に基づいて、前記第 2 の画像内の前記第 2 の解剖学的形態と前記 3D 空間内の第 2 の位置との間のマッピングを決定し、

40

前記第 2 の画像が前記第 1 の画像に重ねられているときに、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の全体を比較し、前記第 1 の解剖学的形態と前記第 2 の解剖学的形態との重複の量を前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の全体に対する重複率として決定し、

前記第 1 の解剖学的形態及び前記第 2 の解剖学的形態の重複の量が、前記第 1 の解剖学的形態及び前記第 2 の解剖学的形態に対する重複の所定の閾値の量よりも大きいかなかを決定し、

前記重複の量が前記所定の閾値の量よりも大きいと決定することに応答して、前記第 2 の画像内の前記第 2 の解剖学的形態の位置、前記第 1 の時間および前記第 2 の時間にお

50

ける前記内視鏡の前記遠位端の位置に少なくとも部分的に基づいて、前記3D空間における前記第2の位置に移動するように前記第1のユーザインターフェースデータを調整するように構成された、制御回路と、を備える、コンピューティングデバイス。

【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、2019年12月31日出願に出願され、「ANATOMICAL FEATURE IDENTIFICATION AND TARGETING」と題された、米国仮出願第62/955,991号の優先権を主張し、その開示は、その全体として参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

(発明の分野)

本開示は、医療手技の分野に関する。

【背景技術】

【0003】

様々な医療手技は、個別の医療手技と関連付けられた特定の解剖学的特徴の視覚化を提供するために利用され得る、特定の画像捕捉機能を伴って構成された1つ又は2つ以上のスコープ型デバイスの使用を伴う。特定の動作プロセスは、そのようなデバイスを使用して捕捉された画像データによって、少なくとも部分的に誘導することができる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

本明細書に記載されるものは、スコープデバイス又は他の医療器具を使用して取得された様々な解剖学的特徴の画像に基づいて、そのような特徴の識別及び追跡を促進するためのシステム、デバイス、及び方法である。そのような特徴の識別及び／又は追跡は、例えば、腎臓の解剖学的構造にアクセスする腎臓鏡検査又は他の手技などの医療手技に関連して特定の解剖学的特徴の標的化を促進することができる。

【0005】

いくつかの実装では、本開示は、外科用器具を位置決めする方法に関する。本方法は、患者の治療部位まで第1の医療器具を前進させることであって、第1の医療器具が、カメラを備える、前進させることと、治療部位における標的解剖学的特徴と関連付けられた標的位置を記録することと、第1の医療器具のカメラを使用して、治療部位の第1の画像を生成することと、事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、第1の画像内の標的解剖学的特徴を識別することと、第1の画像内の識別された標的解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、標的位置を調整することを含む。

【0006】

本方法は、第1の画像内の識別された標的解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、第1の医療器具の配向を調整することを更に含むことができる。例えば、第1の医療器具の配向の調整は、識別された標的解剖学的特徴をカメラと関連付けられた視野内で中心に置くことを伴うことができる。

【0007】

いくつかの実施形態では、標的位置の記録は、標的解剖学的特徴を第1の医療器具の遠位端と接触させることと、標的解剖学的特徴及び第1の医療器具の遠位端の接触位置を示す位置データを生成することと、位置データを1つ又は2つ以上のデータ記憶デバイスに記憶させることを伴う。例えば、本方法は、第1の画像の当該生成の前に、第1の医療器具の遠位端を標的解剖学的特徴から離して後退させることを更に含むことができる。

【0008】

いくつかの実施形態では、本方法は、第1の画像の生成の後に、第1の医療器具のカメラを使用して、治療部位の第2の画像を生成することと、事前訓練されたニューラルネッ

10

20

30

40

50

トワークを使用して、第2の画像内の解剖学的特徴を識別することと、第2の画像の解剖学的特徴及び第1の画像の標的解剖学的特徴が同じ特徴を表すと決定することと、当該決定に応答して、第2の画像内の識別された解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、標的位置を調整することとを更に含む。例えば、第2の画像の解剖学的特徴及び第1の画像の標的解剖学的特徴が同じ特徴を表すと決定することは、第2の画像の解剖学的特徴の少なくとも一部と第1の画像の標的解剖学的特徴の少なくとも一部との間の重複の量が所定の閾値よりも大きいと決定することを伴うことができる。本方法は、第1の画像の標的解剖学的特徴の少なくとも一部をマスクする、第1の画像の第1のマスクを生成することと、第2の画像の解剖学的特徴の少なくとも一部をマスクする、第2の画像の第2のマスクを生成することとを更に含み得、重複の量の決定は、第1のマスク及び第2のマスクを使用して実施される。いくつかの実施形態では、第2の画像の解剖学的特徴及び第1の画像の標的解剖学的特徴が同じ特徴を表すと決定することは、第1の画像と第2の画像との間の特徴の移動を追跡することを伴うことができる。いくつかの実施形態では、本方法は、第1の画像及び第2の画像に少なくとも部分的に基づいて、第2の画像の解剖学的特徴の三次元位置を推定することを更に含む。例えば、解剖学的特徴の三次元位置の推定は、カメラ焦点距離、カメラ主点、第1の医療器具の相対運動、第1の医療器具の回転、並びに電磁、構造化照明、及び／又は飛行時間センサ読み取り値のうちの1つ又は2つ以上に基づく。

【0009】

いくつかの実施形態では、標的位置の調整は、第1の医療器具の決定された移動に少なくとも部分的に更に基づく。本方法は、患者の組織を通して標的位置に向かって第2の医療器具を経皮的に方向付けることを更に含むことができる。例えば、患者の組織を通して標的位置に向かって第2の医療器具を経皮的に方向付けることは、第1の医療器具及び第2の医療器具の両方の整合センサによって提供されるセンサデータを使用して実施することができる。いくつかの実施形態では、本方法は、少なくとも部分的にロボットシステムによって実施される。

【0010】

いくつかの実装では、本開示は、解剖学的特徴を標的化する方法に関する。本方法は、患者の標的解剖学的特徴と関連付けられた標的位置を示す標的位置データを受信することと、標的位置データを1つ又は2つ以上のデータ記憶デバイスに記憶することと、患者内の手術部位の第1の画像を受信することと、人工ニューラルネットワークを使用して、標的解剖学的特徴を表す第1の画像内の第1の形態を識別することと、第1の画像内の識別された形態に基づいて、標的位置を示す更新された標的位置データを記憶することとを含む。

【0011】

本方法は、更新された標的位置データに応答して、医療器具を関節運動させ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、医療システムの制御回路によって実施され、標的位置データ及び第1の画像は、医療システムの内視鏡から受信される。標的解剖学的特徴は、患者の腎臓の杯内の乳頭の露出部分であり得る。人工ニューラルネットワークは、公知の画像及び標識データに基づいて事前訓練することができる。例えば、人工ニューラルネットワークは、多層特徴ピラミッドネットワークを含むことができる。

【0012】

更新された標的位置データは、患者に関連する公知の呼吸器情報に少なくとも部分的に基づくことができる。いくつかの実施形態では、本方法は、手術部位の第2の画像を受信することと、人工ニューラルネットワークを使用して、標的解剖学的特徴を表す第2の画像内の第2の形態を識別することと、第1の形態及び第2の形態に少なくとも部分的に基づいて、標的解剖学的特徴の三次元位置を決定することを更に含む。例えば、標的解剖学的特徴の三次元位置の決定は、第2の形態の相対的サイズに少なくとも部分的に基づくことができる。いくつかの実施形態では、標的解剖学的特徴の三次元位置の決定は、構造化

10

20

30

40

50

照明センサ、飛行時間センサ、及び／又は同等物などの１つ又は２つ以上の外部カメラセンサによって生成されたデータに基づく。

【００１３】

いくつかの実装では、本開示は、カメラ有する内視鏡であって、その遠位端と関連付けられた電磁位置センサを有する、内視鏡と、複数の関節運動アームを含む、ロボット医療サブシステムと、内視鏡及びロボット医療サブシステムに通信可能に結合された制御回路とを備える、医療システムに関する。制御回路は、ユーザ入力に応答して、患者の治療部位まで内視鏡を前進させ、電磁場内の内視鏡の遠位端の位置を記録し、位置を標的解剖学的位置として示すユーザインターフェースデータを生成し、内視鏡のカメラから第１の画像を受信し、事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、第１の画像内の標的解剖学的特徴を識別し、かつ第１の画像内の識別された標的解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、標的解剖学的位置を調整するように構成されている。

10

【００１４】

制御回路は、電磁場内の内視鏡の遠位端を較正するように更に構成することができる。いくつかの実施形態では、医療システムは、制御回路に通信可能に結合されたロボット腎臓鏡を更に備える。

【００１５】

いくつかの実装態様では、本開示は、内視鏡インターフェースと、１つ又は２つ以上のプロセッサ及び１つ又は２つ以上のデータ記憶デバイスを含む制御回路とを備える、コンピューティングデバイスに関する。制御回路は、内視鏡インターフェース上で制御回路に結合された内視鏡の遠位端の位置を示す整合センサデータを受信し、内視鏡の遠位端の位置を標的腎臓鏡検査位置として示す、第１のユーザインターフェースデータを生成し、内視鏡インターフェース上で医療部位の第１の画像を受信し、第１の画像内の第１の解剖学的形態を識別し、内視鏡インターフェース上で医療部位の第２の画像を受信し、第２の画像内の第２の解剖学的形態を識別し、第１の解剖学的形態及び第２の解剖学的形態が同じ標的解剖学的特徴を表すと決定し、かつ当該決定に基づいて、標的腎臓鏡検査位置を更新するように構成されている。

20

【００１６】

制御回路は、第１の画像及び第２の画像のオーバーレイにおける第１の形態及び第２の形態の重複の量が、所定の閾値よりも大きいと決定するように更に構成することができる。いくつかの実施形態では、制御回路は、標的腎臓鏡検査位置の当該更新に応答して、更新された標的腎臓鏡検査位置を示す第２のユーザインターフェースデータを生成するように構成されている。

30

【００１７】

本開示を要約する目的のために、特定の態様、利点、及び新規の特徴が記載されている。必ずしも全てのそのような利点が、任意の特定の実施形態に従って達成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提案され得るような他の利点を必ずしも達成することなく、本明細書で教示されるような１つの利点又は利点の群を達成又は最適化する様式で、実行され得る。

【図面の簡単な説明】

40

【００１８】

様々な実施形態が、例証目的のために添付の図面に描写され、決して本発明の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。加えて、異なる開示された実施形態の様々な特徴は、本開示の一部である追加の実施形態を形成するために組み合わせることができる。図面の全体を通して、参照番号は、参照要素間の対応を示すために再利用され得る。

【図１】 １つ又は２つ以上の実施形態による、ロボット医療システムの実施形態を図示する。

【図２】 １つ又は２つ以上の実施形態による、図１の医療システムに実装され得る例示的デバイスを図示する。

【図３】 １つ又は２つ以上の実施形態による、泌尿器系の尿管鏡配置部分を図示する。

50

【図４－１】１つ又は２つ以上の実施形態による、誘導型経皮的腎結石摘出術を実施するためのプロセスを図示するフロー図である。

【図４－２】１つ又は２つ以上の実施形態による、誘導型経皮的腎結石摘出術を実施するためのプロセスを図示するフロー図である。

【図５－１】１つ又は２つ以上の実施形態による、図４のプロセスと関連付けられた様々なブロック、状態、及び／又は動作に対応する特定の画像を示す。

【図５－２】１つ又は２つ以上の実施形態による、図４のプロセスと関連付けられた様々なブロック、状態、及び／又は動作に対応する特定の画像を示す。

【図６】１つ又は２つ以上の実施形態による、解剖学的特徴を標的化するためのプロセスを図示するフロー図である。

【図７】１つ又は２つ以上の実施形態による、標的識別及び／又は分類アーキテクチャを図示する。

【図８】１つ又は２つ以上の実施形態による、ニューラルネットワークベースの画像セグメンテーションアーキテクチャを図示する。

【図９】１つ又は２つ以上の実施形態による、標的解剖学的特徴を追跡するためのプロセスを図示するフロー図である。

【図１０－１】１つ又は２つ以上の実施形態による、標的解剖学的特徴を追跡するためのプロセスを図示するフロー図を提供する。

【図１０－２】１つ又は２つ以上の実施形態による、標的解剖学的特徴を追跡するためのプロセスを図示するフロー図を提供する。

【図１１】１つ又は２つ以上の実施形態による、図１０－１及び図１０－２のプロセスと関連付けられた様々なブロック、状態、及び／又は動作に対応する特定の画像を示す。

【図１２】１つ又は２つ以上の実施形態による、三次元位置推定フレームワークを図示する。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

本明細書で提供される見出しは、単に便宜上のものであり、特許請求される発明の範囲又は意味に必ずしも影響を及ぼさない。特定の好ましい実施形態及び実施例が以下に開示されるが、発明の主題は、具体的に開示された実施形態を超えて他の代替実施形態及び／又は用途まで、並びにそれらの修正及び均等物まで拡張する。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、本明細書に開示される任意の方法又はプロセスでは、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実施され得、必ずしも任意の特定の開示された順序に限定されない。様々な動作が、特定の実施形態を理解することに役立ち得る様式で、複数の別個の動作として説明され得る。しかしながら、説明の順序は、これらの動作が順序依存的であることを暗示すると解釈されるべきではない。加えて、本明細書に記載の構造、システム、及び／又はデバイスは、統合された構成要素として、又は別個の構成要素として具現化され得る。様々な実施形態を比較する目的のために、これらの実施形態の特定の態様及び利点が記載される。必ずしも全てのそ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達成されるわけではない。したがって、例えば、様々な実施形態は、本明細書で同様に教示又は提案され得るような他の態様又は利点を必ずしも達成することなく、本明細書で教示されるような１つの利点又は利点の群を達成又は最適化する様式で、実行され得る。

【００２０】

場所の特定の標準的な解剖学的用語が、本明細書では、好ましい実施形態に関して、動物、すなわち、ヒトの解剖学的構造を指すために使用される。「外側」、「内側」、「上側」、「下側」、「下方」、「上方」、「垂直」、「水平」、「上部」、「底部」、及び同様の用語などの特定の空間的に相対的な用語は、本明細書では、１つの装置／要素又は解剖学的構造の別の装置／要素又は解剖学的構造との空間的関係を説明するために使用されるが、これらの用語は、図面に図示されるように、要素／構造の間の位置関係を説明す

10

20

30

40

50

るための説明を容易にするために本明細書で使用されることが理解される。空間的に相対的な用語は、図面に描写される配向に加えて、使用又は動作時の要素／構造の異なる配向を包含することを意図していると理解されたい。例えば、別の要素／構造の「上方」として記載される要素／構造は、対象患者又は要素／構造の代替配向に対してそのような他の要素／構造の下方にある、又はその傍にある位置を表し得、逆もまた同様である。

【0021】

本開示は、特定の医療手技を補助するために患者の標的解剖学的特徴を識別及び追跡するためのシステム、デバイス、及び方法に関する。本開示の特定の態様は、腎臓結石除去／治療手技などの腎臓、泌尿器、及び／又は腎臓学的手技の文脈において本明細書で詳細に記載されているが、そのような文脈は、便宜上及び明確性のために提供され、本明細書に開示される解剖学的特徴の識別及び追跡概念は、任意の好適な医療手技に適用可能であることを理解されたい。しかしながら、記述されたように、腎臓／泌尿器系の解剖学的構造並びに関連する医学的問題及び手技の説明が、本明細書に開示される発明の概念の説明を補助するために以下に提示される。

【0022】

尿路結石症としても知られる腎臓結石病は、比較的良好に見られる医学的状态であり、「腎臓結石」、「尿路結石」、「腎結石」、「腎臓結石症」、又は「腎結石症」と称される固体材料片の尿路内の形成を伴う。尿路結石は、腎臓、尿管、及び膀胱内で形成され、かつ／又は見出され得る（「膀胱結石」と称される）。尿路結石は、濃縮された鉱物の結果として形成し、尿管又は尿道を通した尿流を妨げるために十分なサイズに達すると、著しい腹痛を引き起こし得る。尿路結石は、カルシウム、マグネシウム、アンモニア、尿酸、システイン、及び／又は他の化合物から形成され得る。

【0023】

膀胱及び尿管から尿路結石を除去するために、外科医は、尿道を通して尿路の中に尿管鏡を挿入させ得る。典型的には、尿管鏡は、尿路の可視化を可能にするように構成された内視鏡をその遠位端に含む。尿管鏡はまた、尿路結石を捕捉又は破碎するための結石摘出機構を含むこともできる。尿管鏡検査手技中に、1人の医師／技術者が、尿管鏡の位置を制御し得る一方で、もう1人の他の医師／技術者は、結石摘出機構を制御し得る。

【0024】

腎臓から比較的大きな結石（すなわち、「腎臓結石」）を除去するために、医師は、皮膚を通して腎臓鏡を挿入して結石を破壊及び／又は除去することを含む、経皮的腎石切除（percutaneous nephrolithotomy、「PCNL」）技法を使用し得る。腎臓結石を位置特定することは、腎臓鏡の挿入のための標的を提供するために、蛍光透視法を使用して達成され得る。しかしながら、蛍光透視法は、蛍光透視鏡自体のコスト、並びに蛍光透視鏡を操作するための技術者のコストにより、腎石切除手技のコストを増加させる。蛍光透視法はまた、長期間にわたって患者を放射線に曝露する。蛍光透視法でさえも、腎臓結石にアクセスするための経皮的切開を正確に加えることは、困難であり、不必要に不正確であり得る。更に、いくつかの腎石切除技法は、2日間又は3日間の入院を伴う。要するに、特定の腎石切除技法は、比較的高価であり、患者にとって問題となり得る。

【0025】

特定の外科的手技によると、内視鏡（例えば、尿管鏡）は、位置センサを装備することができ、センサの位置は、PCNLのためなどの経皮的アクセスのための標的として使用される。例えば、電磁センサを装備した尿管鏡及び／又は電磁センサを装備した経皮的アクセス針が、腎臓結石の除去及び／又は同等物のための経皮的腎臓アクセスを誘導するために使用され得る。そのような手技では、外科医／医師は、腎臓の標的杯に尿管鏡を駆動し、針のための経皮的アクセス標的として尿管鏡の遠位端／先端と関連付けられた電磁センサ（例えば、ビーコン）を使用することができ、一般に、標的杯に対する経皮軸の有効性は、例えば、それを通して経皮的アクセスが標的杯まで行われ得る乳頭に対する尿管鏡の位置及び／又は先端方位に対して、医師が尿管鏡を位置決めする／駐留させる場所に少なくとも部分的に依存し得る。尿管鏡の遠位端／先端が経皮的アクセス標的として使用

される、いくつかの手技について、経皮的アクセス／接近中に尿管鏡の遠位先端が可能な限り乳頭／杯の近くにあることが望ましくあり得る。

【0026】

「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医療器具を指し得る。例えば、本明細書でのスコープ又は内視鏡の言及は、尿管鏡、膀胱鏡、腎臓鏡、気管支鏡、関節鏡、結腸鏡、腹腔鏡、ポアスコープ、又は同等物を指し得る。スコープ／内視鏡は、いくつかの事例では、剛性又は可撓性チューブを備えてもよく、外側シース、カテーテル、導入器、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。

10

【0027】

ロボット支援型経皮的手技は、腎臓結石除去手技などの様々な医療手技に関連して実装することができ、ロボットツールは、医師／泌尿器科医が内視鏡標的アクセス（例えば、尿管鏡）並びに経皮的アクセス又は治療を実施することを可能にすることができる。しかしながら、動作中の標的解剖学的特徴の移動は、操作する医師が固定された経皮的アクセス標的位置に依拠する場合に問題となり得る。有利なことに、本開示の態様は、医療手技におけるリアルタイム標的追跡／誘導に関し、これは、経皮的アクセス器具（例えば、針又は他の剛性ツール）を方向付けるために、かつ／又はそのようなリアルタイム標的追跡情報に応答して、内視鏡位置並びに／若しくは整合を自動的に調整することなどによって、ロボット計装を誘導するために、操作する医師によって利用され得る。そのような機能を促進するために、本開示の実施形態は、有利には、腎臓鏡検査などの様々な外科手術のための比較的効率的かつ正確な経皮的アクセスを達成するように医師（例えば、泌尿器科医）を支援するための自動標的検出、追跡、及び／又は三次元位置決め推定のための機構を提供し得る。本開示の態様は、便宜上、尿管鏡誘導型腎臓鏡検査の文脈において本明細書に記載されているが、本開示の発明の態様は、ロボットであるか否かにかかわらず、任意の好適な又は望ましいタイプの経皮的及び／又は内視鏡的医療手技で実装され得ることを理解されたい。

20

【0028】

医療システム

30

図1は、本開示の態様による、様々な医療手技を実施するための例示的医療システム10を図示する。医療システム10は、医療器具32と係合し、かつ／又はそれを制御し、患者13に手技を実施するように構成されたロボットシステム11を含む。医療システム10はまた、ロボットシステム11とインターフェース接続し、手技に関する情報を提供し、かつ／又は種々の他の動作を実施するように構成された制御システム50も含む。例えば、制御システム50は、特定の情報を提示し、医師5を支援するためのディスプレイ42を含むことができる。医療システム10は、患者130を保持するように構成されたテーブル15を含むことができる。システム10は、ロボットシステム11のロボットアーム12のうちの1つ又は2つ以上によって保持され得るか、又は独立型デバイスであり得る、電磁（electromagnetic、EM）場発生器（図示せず、図3参照）を更に含んでもよい。

40

【0029】

いくつかの実装では、システム10は、経皮的腎石切除術（PCNL）などの経皮的手技を実施するために使用され得る。例証すると、患者13が、大きすぎて尿路を通して除去することができない腎臓結石80を有する場合、医師は、患者13上の経皮的アクセス点を通して腎臓結石を除去するための手技を実施することができる。いくつかの実施形態では、医師は、制御システム50及び／又はロボットシステム11と相互作用してロボットシステム11を制御し、尿道67から、膀胱65を通して、尿管63の上方に、かつ結石80が位置する腎臓70の中に、医療器具32（例えば、スコープ）を前進させてナビゲートすることができる。制御システム50は、医師5が医療器具をナビゲートすること

50

を支援するために、それを用いて捕捉されたリアルタイム内視鏡画像などの医療器具 3 2 に関する情報をディスプレイ 4 2 を介して提供することができる。

【0030】

腎臓の解剖学的構造は、本発明の概念の態様に関連する特定の医療手技に関して参考のために本明細書に記載されている。図 1 の典型的な解剖学的位置に大まかに示された腎臓は、一般に、後腹膜腔内で左右に位置する 2 つの豆形状の器官を含む。成人のヒトでは、腎臓は、一般に、長さが約 11 cm である。腎臓は、対の腎動脈から血液を受容し、血液は、対の腎静脈の中に流出し、そのうちのいずれも視覚的に明確にするために示されていない。各腎臓 7 0 は、腎臓から膀胱 6 5 に排泄された尿を運搬する管である、尿管 6 3 に付着している。

10

【0031】

腎臓は、典型的には、腹腔内で比較的高く位置し、わずかに斜めの角度で後腹膜位置にある。肝臓の位置によって引き起こされる腹腔内の非対称性は、典型的には、右腎臓を左よりわずかに低く、かつ小さくし、左腎臓よりもわずかに中央に配置させる。各腎臓の上部には、副腎がある。腎臓の上部は、第 11 肋骨及び第 12 肋骨によって部分的に保護される。その副腎を伴う各腎臓は、脂肪の 2 つの層、すなわち、腎筋膜と腎被膜との間に存在する腎周囲脂肪、及び腎筋膜の上方にある腎傍脂肪によって囲繞される。

【0032】

腎臓は、様々な体液区画の体積、流体浸透圧、酸塩基平衡、様々な電解質濃度、及び毒素の除去の制御に関与する。腎臓は、特定の物質を分泌し、他の物質を再吸収することによって、濾過機能を提供する。尿中に分泌される物質の例は、水素、アンモニウム、カリウム、及び尿酸である。加えて、腎臓はまた、ホルモン合成及びその他などの様々な他の機能も実行する。

20

【0033】

腎臓 7 0 の凹状境界上の陥凹領域は、腎動脈（図示せず）が腎臓に進入し、腎静脈（図示せず）及び尿管 6 3 が退出する、腎門 7 8 である。腎臓は、頑丈な線維組織である、腎被膜 7 4 によって囲繞され、これは、それ自体が腎周囲脂肪、腎筋膜、及び腎傍脂肪によって囲繞される。これらの組織の前（正）面が、腹膜である一方で、後（裏）面は、横筋筋膜である。

【0034】

腎臓の機能的物質又は実質は、2 つの主要な構造、すなわち、外側腎皮質 7 7 及び内側腎髄質 8 7 に分割される。これらの構造は、それぞれ、腎錐体 7 2 と呼ばれる髄質の一部を囲繞する腎皮質を含有する、複数の円錐形の腎葉の形状をとる。腎錐体 7 2 の間には、腎柱 7 3 と呼ばれる皮質の突起がある。腎臓の尿産生機能構造である、ネフロン（図 1 に詳細に示されていない）は、皮質及び髄質にまたがる。ネフロンの初期濾過部分は、皮質に位置する腎小体である。これに、皮質から髄錐体の奥深くに通過する尿細管が続く。腎皮質の一部である、髄線は、単一の集合管の中に排出する尿細管の集合である。

30

【0035】

各錐体の先端又は乳頭 7 9 は、個別の小腎杯 7 5 の中に尿を出し、小腎杯 7 5 は、大腎杯 7 6 の中に出し、大腎杯 7 6 は、尿管 6 3 に移行する腎盂 7 1 の中に出す。腎門 7 8 では、尿管 6 3 及び腎静脈が腎臓から出て、腎動脈が入る。腎門脂肪及びリンパ節を伴うリンパ組織は、これらの構造を囲繞する。腎門脂肪は、腎洞と呼ばれる脂肪で充填された空洞と隣接している。腎洞は、腎盂及び杯を集合的に含有し、これらの構造を腎髄組織から分離する。

40

【0036】

医療システム 1 0 を更に参照すると、医療器具（例えば、スコープ）3 2 は、尿路を通して腎臓 7 0 の中に前進させることができる。腎臓結石 8 0 の部位に（例えば、それを通して結石 8 0 がアクセス可能である腎臓 7 0 の杯内に）来ると、医療器具 3 2 を使用して、腎臓 7 0 への経皮的アクセスのための標的場所を指定する／タグ付けすることができる。腎臓及び／又は周辺解剖学的構造への損傷を最小限に抑えるために、医師 5 は、経皮的

50

アクセス器具（例えば、針、図示せず）を用いて腎臓の中に進入するための標的場所として腎臓 70 の特定の乳頭 79 を指定することができる。しかしながら、他の標的場所も、指定又は決定することができる。経皮的アクセス器具が標的場所（例えば、杯）に到達すると、利用された経皮的アクセス経路は、患者 13 から腎臓結石 80 を抽出するために使用され得る。

【0037】

図 1 の例では、医療器具 32 は、スコープとして実装される。しかしながら、医療器具 32 はそれぞれ、カテーテル、ガイドワイヤ、碎石器、バスケット回収デバイスなどの任意の好適なタイプの医療器具として実装することができる。いくつかの実施形態では、医療器具が、操縦可能デバイスである一方で、他の実施形態では、医療器具は、非操縦可能デバイスである。いくつかの実施形態では、外科用ツールは、針、メス、ガイドワイヤなどのヒトの解剖学的構造を穿刺するか、又はそれを通して挿入されるように構成されたデバイスを指す。しかしながら、外科用ツールは、他のタイプの医療器具も指し得る。

【0038】

スコープ 32 などのスコープは、ヒトの解剖学的構造の自然口又は管腔内などの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、腎臓にアクセスするための）腎臓鏡、（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）膀胱鏡などを含むことができる。

【0039】

ロボットシステム 11 は、医療手技の実行を少なくとも部分的に促進するように構成することができる。ロボットシステム 11 は、特定の手技に応じて種々の方法で配列することができる。ロボットシステム 11 は、スコープ 32 と係合し、かつ／又はそれを制御し、手技を実施するように構成された 1 つ又は 2 つ以上のロボットアーム 12 を含むことができる。示されるように、各ロボットアーム 12 は、複数の移動度を提供し得る、関節に結合された複数のアームセグメントを含むことができる。図 1 の例では、ロボットシステム 110 は、患者の脚に近接して位置決めされ、ロボットアーム 12 は、患者 13 の尿道 67 などのアクセス点の中へのアクセスのために、スコープ 32 と係合し、それを位置決めするように作動される。ロボットシステム 110 が適切に位置決めされると、スコープ 120 は、ロボットアーム 12 を使用してロボット制御で、医師 5 によって手動で、又はそれらの組み合わせで、患者 13 に挿入することができる。

【0040】

ロボットシステム 11 は、制御システム 50、テーブル 15、EM 場発生器（図示せず、図 3 参照）、スコープ 32、及び／又は経皮的アクセス器具（例えば、針、図 3 参照）などの医療システム 100 の任意の構成要素に結合することができる。いくつかの実施形態では、ロボットシステム 11 は、制御システム 50 に通信可能に結合される。例えば、ロボットシステム 11 は、制御システム 50 から制御信号を受信し、特定の様式でロボットアーム 12 を位置決めする、スコープ 32 を操作するなどの動作を実施するように構成され得る。それに応答して、ロボットシステム 11 は、ロボットシステム 11 の構成要素を制御し、動作を実施することができる。いくつかの実施形態では、ロボットシステム 11 は、患者 13 の内部解剖学的構造、すなわち、図 1 の特定の描写に関する泌尿器系を表す画像及び／又は画像データをスコープ 32 から受信し、かつ／若しくは画像／画像データを制御システム 50 に送信する（これは、次いで、ディスプレイ 43 又は他の出力デバイス上に表示され得る）ように構成される。更に、いくつかの実施形態では、ロボットシステム 11 は、流体、光学系、電力、又は同等物がそこから受容されることを可能にするような様式で、制御システム 50 などの医療システム 10 の構成要素に結合される。ロボットシステムの追加の例示的な詳細は、図 2 を参照して以下で更に詳細に論じられる。

【0041】

制御システム 50 は、医療手技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

10

20

30

40

50

成することができる。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 11 に結合され、ロボットシステム 11 と協働して動作し、患者 13 に医療手技を実施することができる。例えば、制御システム 50 は、（例えば、ロボットシステム 11 及び／又はスコープ 32 を制御する、スコープ 32 によって捕捉された画像を受信するなどのために）無線又は有線接続を介してロボットシステム 11 と通信する、1 つ又は 2 つ以上の流体チャネルを介してロボットシステム 11 に流体を提供する、1 つ又は 2 つ以上の電気接続を介してロボットシステム 11 に電力を提供する、1 つ又は 2 つ以上の光ファイバ若しくは他の構成要素を介してロボットシステム 11 に光学系を提供することなどができる。更に、いくつかの実施形態では、制御システム 50 は、針及び／又は腎臓鏡と通信して、そこから位置データを受信することができる。更に、いくつかの実施形態では、制御システム 50 は、テーブル 15 と通信して、テーブル 15 を特定の配向に位置決めするか、又は別様にテーブル 15 を制御することができる。更に、いくつかの実施形態では、制御システム 50 は、EM 場発生器（図示せず）と通信して、患者 13 の周囲の領域内の EM 場の生成を制御することができる。

【0042】

制御システム 50 は、医師 5 又は他者が医療手技を実施することを支援するように構成された様々な I/O デバイスを含むことができる。例えば、制御システム 50 は、患者 13 内でスコープ 32 をナビゲートするためなどのスコープ 32 を制御するためのユーザ入力を可能にするように構成された特定の入力／出力（I/O）構成要素を含むことができる。いくつかの実施形態では、例えば、医師 5 は、制御システム及び／又はロボットシステムに入力を提供することができ、それに応答して、制御信号を、スコープ 32 を操作するためにロボットシステム 11 に送信することができる。図 1 にも示されるように、制御システム 50 は、手技に関する様々な情報を提供するためにディスプレイ 42 を含むことができる。例えば、ディスプレイ 42 は、スコープ 32 に関する情報を提供することができる。例えば、制御システム 50 は、スコープ 32 によって捕捉されるリアルタイム画像を受信し、ディスプレイ 42 を介してリアルタイム画像を表示することができる。加えて、又は代替として、制御システム 140 は、医療モニタ及び／又は患者 13 と関連付けられたセンサから信号（例えば、アナログ、デジタル、電気、音響／音波、空気圧、触覚、油圧など）を受信することができ、ディスプレイ 42 は、患者 13 の健康又は環境に関する情報を提示することができる。そのような情報は、例えば、心拍数（例えば、ECG、HRV など）、血圧／速度、筋肉生体信号（例えば、EMG）、体温、血液酸素飽和度（例えば、SpO₂）、CO₂、脳波（例えば、EEG）、環境及び／又は局所若しくは中核体温などを含む、医療モニタを介して表示される情報を含むことができる。

【0043】

制御システム 50 の機能を促進するために、制御システムは、様々な構成要素（「サブシステム」と称されることもある）を含むことができる。例えば、制御システム 50 は、制御電子機器／回路、並びに 1 つ又は 2 つ以上の電源、空気圧デバイス、光源、アクチュエータ、データ記憶デバイス、及び／又は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、制御システム 50 は、実行されると、様々な動作を実装させる、実行可能な命令を記憶するように構成された、コンピュータベースの制御システムを備える、制御回路を含む。いくつかの実施形態では、制御システム 50 が、可動である一方で、他の実施形態では、制御システム 50 は、実質的に静止したシステムである。様々な機能及び構成要素が、制御システム 50 によって実装されるものとして論じられているが、そのような機能及び／又は構成要素のうちのいずれかは、例えば、ロボットシステム 11、テーブル 15 などの他のシステム及び／又はデバイスに統合され、かつ／若しくはそれによって実施することができる。例示的なロボットシステムの構成要素は、図 2 を参照して以下で更に詳細に論じられる。

【0044】

医療システム 10 は、医師が手技を実施することを支援するための誘導（例えば、器具追跡、器具整合情報など）を提供すること、医師がぎこちない腕の運動及び／又は位置を

10

20

30

40

50

必要とすることなく人間工学的位置から手技を実施することを可能にすること、1人の医師が1つ又は2つ以上の医療器具を用いて手技を実施することを可能にすること、(例えば、蛍光透視技法と関連付けられた)放射線曝露を回避すること、手技が単一手術設定で実施されることを可能にすること、連続的吸引を提供し、より効率的に物体を除去する(例えば、腎臓結石を除去する)ことなどの種々の利益を提供することができる。例えば、医療システム10は、出血及び／又は解剖学的構造(例えば、決定器官、血管など)への損傷を最小限に抑えながら、医師が様々な医療器具を使用して、標的解剖学的特徴にアクセスすることを支援するための誘導情報を提供することができる。更に、医療システム10は、医師及び患者の放射線への曝露を低減し、かつ／又は手術室内の機器の量を低減するための非放射線ベースのナビゲーション並びに／若しくは位置特定技法を提供することができる。更に、医療システム10は、少なくとも制御システム50と、独立して可動であり得るロボットシステム11との間に分布する機能を提供することができる。そのような機能及び／又は移動度の分布は、制御システム50並びに／若しくはロボットシステム11が、特定の医療手技のために最適な場所に配置されることを可能にし、これは、患者の周囲の作業領域を最大限にし、かつ／又は医師が手技を実施するための最適化された場所を提供することができる。

【0045】

システム10の様々な構成要素は、ネットワーク上で相互に通信可能に結合することができ、これは、無線及び／又は有線ネットワークを含み得る。例示的なネットワークは、1つ又は2つ以上のパーソナルエリアネットワーク(PAN)、ローカルエリアネットワーク(LAN)、広域ネットワーク(WAN)、インターネットエリアネットワーク(EAN)、セルラーネットワーク、インターネットなどを含む。更に、いくつかの実施形態では、システム10の様々な構成要素は、1つ又は2つ以上の支持ケーブル、管、又は同等物を介して、データ通信、流体／ガス交換、電力交換などのために接続することができる。

【0046】

図2は、ロボットシステム11(例えば、カートベースのロボット対応システム)及び図1に示される制御システム50の実施形態の詳細な例証を提供する。ロボットシステム11は、一般に、細長い支持構造14(「カラム」とも称される)、ロボットシステム基部25、及びカラム14の上部におけるコンソール16を含む。カラム14は、1つ又は2つ以上のロボットアーム12(図2には3つが示されている)の展開を支持するための1つ又は2つ以上のアーム支持体17(「キャリッジ」とも称される)を含んでもよい。アーム支持体17は、患者に対するより良好な位置決めのために、垂直軸に沿って回転してロボットアーム12の基部を調整する、個別に構成可能なアームマウントを含んでもよい。アーム支持体17はまた、アーム支持体17がカラム14に沿って垂直方向に並進することを可能にする、カラムインターフェース19も含む。

【0047】

カラムインターフェース19は、アーム支持体17の垂直方向の並進を誘導するためにカラム14の反対側に位置決めされる、スロット20などのスロットを通してカラム14に接続することができる。スロット20は、ロボットシステム基部25に対して様々な垂直方向の高さにおいてアーム支持体17を位置決めし、保持するための垂直方向の並進インターフェースを含有する。アーム支持体17の垂直方向の並進は、ロボットシステム11が、種々のテーブルの高さ、患者のサイズ、及び医師の選好を満たすようにロボットアーム12の到達範囲を調整することを可能にする。同様に、アーム支持体17上の個別に構成可能なアームマウントは、ロボットアーム12のロボットアーム基部21が種々の構成で角度付けられることを可能にする。

【0048】

ロボットアーム12は、一般に、各関節が1つ又は2つ以上の独立したアクチュエータを備える、一連の関節24によって接続される一連のリンケージ23によって分離されたロボットアーム基部21及びエンドエフェクタ22を備えてもよい。各アクチュエータは

10

20

30

40

50

、独立して制御可能なモータを備えてもよい。各独立して制御可能な関節 2 4 は、ロボットアームに利用可能な独立した自由度を提供するか、又は表すことができる。いくつかの実施形態では、アーム 1 2 の各々は、7 つの関節を有し、したがって、「冗長」自由度を含む 7 つの自由度を提供する。冗長自由度は、ロボットアーム 1 2 が、異なる結合位置及び関節角度を使用して空間内の特定の位置、配向、及び軌道で、それらのそれぞれのエンドエフェクタ 2 2 を位置決めすることを可能にする。これにより、システムが空間内の所望のポイントから医療器具を位置決めし、方向付けることが可能になると同時に、医師がアーム関節を患者から離れる臨床的に有利な位置へと移動させて、アームの衝突を回避しながらよりよいアクセスを生み出すことを可能にする。

【0049】

ロボットシステム基部 2 5 は、床の上のカラム 1 4、アーム支持体 1 7、及びアーム 1 2 の重量の平衡を保つ。したがって、ロボットシステム基部 2 5 は、電子機器、モータ、電源、並びに移動を選択的に可能にするか、又はロボットシステムを固定化する構成要素などのより重い構成要素を収容し得る。例えば、ロボットシステム基部 2 5 は、手技前にロボットシステムが部屋中をあちこちに容易に移動することを可能にする、ホイール形状のキャスタ 2 8 を含む。適切な位置に到達した後、キャスタ 2 8 は、手技中にロボットシステム 1 1 を定位置に保持するためのホイールロックを使用して、固定化され得る。

【0050】

カラム 1 4 の上端に位置決めされると、コンソール 1 6 は、ユーザ入力を受信するためのユーザインターフェース並びに術前及び術中データの両方を医師ユーザに提供するための表示画面（又は、例えば、タッチスクリーン 2 6 などの二重目的デバイス）の両方を可能にする。タッチスクリーン 2 6 上の潜在的な術前データは、術前計画、術前コンピュータ断層撮影（computerized tomography、CT）スキャンから導出されたナビゲーション及びマッピングデータ、並びに／又は術前の患者への問診からのメモを含んでもよい。ディスプレイ上の術中データは、ツールから提供される光学情報、センサからのセンサ及び座標情報、及び呼吸、心拍数、及び／又はパルスなどの不可欠な患者統計を含んでもよい。コンソール 1 6 は、医師がアーム支持体 1 7 の反対側のカラム 1 4 側からコンソールにアクセスすることを可能にするように位置決めされ、傾転され得る。この位置から、医師は、コンソール 1 6 をロボットシステム 1 1 の背後から操作しながら、コンソール 1 6、ロボットアーム 1 2、及び患者を視認し得る。示されるように、コンソール 1 6 はまた、ロボットシステム 1 1 の操作及び安定化を支援するためのハンドル 2 7 を含むこともできる。

【0051】

ロボットアーム 1 2 の各々のエンドエフェクタ 2 2 は、機構交換器インターフェース（mechanism changer interface、MCI）を使用して取り付けられ得る、器具デバイスマニピュレータ（instrument device manipulator、IDM）を備えてもよい。いくつかの実施形態では、IDM は、除去され、異なるタイプの IDM と交換することができ、例えば、第 1 のタイプの IDM が、内視鏡を操作し得る一方で、第 2 のタイプの IDM は、腹腔鏡を操作し得る。MCI は、空気圧、電力、電気信号、及び／又は光信号をロボットアーム 1 2 から IDM に伝達するためのコネクタを含むことができる。IDM は、例えば、直接駆動、高調波駆動、ギア駆動、ベルト及びプーリ、磁気駆動、及び同等物を含む技法を使用して、スコープ 3 2 などの医療器具（例えば、外科用ツール／器具）を操作するように構成され得る。

【0052】

図 2 に示される制御システム 5 0 は、例示的な外科用ロボットシステム 1 1 のためのコマンドコンソールとしての役割を果たし得る。制御システム 5 0 は、コンソール基部 5 1 及び 1 つ又は 2 つ以上の表示デバイス 4 2 を含むことができる。

【0053】

システム 1 0 は、本明細書に記載の機能のうちの特定のものを実施するように構成された特定の制御回路 6 0 を含んでもよい。制御回路 6 0 は、ロボットシステム、制御システ

10

20

30

40

50

ム 50、又は両方の一部であり得る。すなわち、本明細書における制御回路の言及は、ロボットシステム、制御システム、又は図 1 に示される医療システム 10 などの医療システムの任意の他の構成要素に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 つ又は 2 つ以上の能動及び／又は受動デバイス並びに／若しく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／若しく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 つ又は 2 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、及び／又は搭載パッド、コネクタ、並びに／若しく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 つ又は 2 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てもよい。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。

【0054】

図 2 を更に参照すると、制御回路 60 は、本図のうちの 1 つ又は 2 つ以上に図示され、かつ／又は本明細書に記載されるステップ並びに／若しく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 60 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）。

【0055】

いくつかの実施形態では、制御回路 60 の少なくとも一部は、（例えば、基部 25、コラム 14、及び／又はコンソール 14 内で）ロボットシステム 11、又はロボットシステム 11 に通信可能に結合された別のシステムと統合される。いくつかの実施形態では、制御回路 60 の少なくとも一部は、（例えば、コンソール基部 51 及び／又は表示ユニット 42 内で）制御システム 50 と統合される。したがって、本明細書における機能的制御回路の任意の説明は、ロボットシステム 11、制御システム 50、又は両方のいずれか、及び／又は少なくとも部分的に 1 つ又は 2 つ以上の他のローカル若しくは遠隔システム／デバイスで具現化されると理解され得る。

【0056】

システム 10 は、1 つ又は 2 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、及び／又は手のジェスチャ並びに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）などの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、及び／又はそのためのインターフェース／コネクタを備え得る、特定のユーザ制御装置 65 を含む。ユーザ制御装置 65 は、制御回路 60 の少なくとも一部に通信可能及び／又は物理的に結合される。

【0057】

いくつかの実施形態では、ユーザ制御装置 65 及び／又は制御回路 60 は、ユーザが、少なくとも部分的にロボットシステムによって操作可能な器具などの内視鏡又は腎臓鏡などの医療器具を速度モード又は位置制御モードで制御することを可能にするためのユーザ入力を受信するように構成されている。速度モードでは、ユーザは、制御装置 65 を使用する直接手動制御に基づいて、例えば、内視鏡又は他の器具の遠位端のピッチ及びヨー運動を直接制御することを許容され得る。例えば、ジョイスティック上の移動は、スコープ／デバイスの遠位端におけるヨー及びピッチ移動にマッピングされ得る。いくつかの実施形態では、ユーザ制御装置 65 は、ユーザに触覚フィードバックを提供するように構成されている。例えば、ジョイスティック又は他の制御機構は、無効又は潜在的に問題のある入力を示すために振動し得る。いくつかの実施形態では、制御システム 50 及び／又はロボットシステム 11 はまた、ロボット動作と関連付けられた問題を示すために、視覚的フィードバック（例えば、ポップアップメッセージ）及び／又はオーディオフィードバック（例えば、ビープ音）を提供することもできる。

【0058】

位置制御モードでは、制御回路 60 は、患者の三次元（3D）マップ及び／又は患者の所定のコンピュータモデルを使用して、外科用器具（例えば、内視鏡）を制御し得る。例えば、制御回路 60 は、ロボットシステム 11 のロボットアーム 12 に制御信号を提供して、関連する器具を操作し、標的場所、位置、及び／又は配向／整合で同器具を位置決めするように構成することができる。3D マッピングを実装する実施形態については、位置制御モードは、患者の解剖学的構造の十分に正確なマッピングを必要とし得る。

【0059】

いくつかの実施形態では、ユーザは、ユーザ制御装置 65 を使用することなく、ロボットシステム 11 のロボットアーム 12 を手動で操作することができる。例えば、外科手術室内の設定中に、ユーザは、ロボットアーム 12 及び／又は任意の他の医療器具を動かして、患者への所望のアクセスを提供し得る。ロボットシステム 11 は、ユーザからの力フィードバック及び慣性制御に依拠し、ロボットアーム 12 及び関連計装の適切な構成を決定し得る。

【0060】

制御システム 50 の表示デバイス 42 は、例えば、ユーザ入力を提供するタッチスクリーンを伴うタブレットデバイスとして、ユーザ制御装置 65 と統合され得る。表示デバイス 42 は、統合されたディスプレイタッチ制御装置を使用して、ロボットシステム 11 にデータ及び入力コマンドを提供するように構成することができる。表示デバイス 42 は、1 つ又は 2 つ以上の位置センサによって提供された情報に基づいて、患者及び／又はシステム内で動作する様々な器具の位置及び配向に関する情報を示す、グラフィカルユーザインターフェースを表示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、医療器具（例えば、内視鏡）と関連付けられた位置センサは、位置を示す信号を生成し、センサに結合されたワイヤ及び／又は伝送機上で同信号を伝送するように構成され得る。そのような接続性構成要素は、制御回路 60 によるその処理のために、及び表示デバイスを介した提示のために、位置情報をコンソール基部 51 に伝送するように構成され得る。

【0061】

図 3 は、本開示の 1 つ又は 2 つ以上の実施形態による、患者の泌尿器系の部分に配置された尿管鏡 340 を図示する。上記で参照されるように、尿管鏡手技は、ヒトの尿管内の異常を調査し、かつ／又は同異常を治療するために実装することができる。例えば、尿管鏡手技は、腎臓結石を治療及び／又は除去するために実装することができる。そのような手技は、少なくとも部分的に手動で実装され得、かつ／又は図 1 並びに図 2 に示されるロボットシステム 11 などのロボット技術を少なくとも部分的に使用して実施され得る。例えば、特定の内視鏡手技のためのロボットデバイス及び／又はシステムの使用は、厳密に手動の手技と比較して、比較的高い精度、制御、及び／又は協調を提供することができる。いくつかの実施形態では、スコープ 340 は、医療器具（例えば、碎石器、バスケットデバイス、鉗子など）、灌注、及び／又は吸引をスコープの遠位端における動作領域に展

10

20

30

40

50

開するための作業チャネル 3 4 4 を含む。

【0 0 6 2】

スコープ 3 4 0 は、スコープがヒトの解剖学的構造内で操縦され得るように、スコープの少なくとも遠位部分などに対して関節運動可能であり得る。いくつかの実施形態では、スコープ 3 4 0 は、例えば、X Y Z 座標移動、並びにピッチ及びヨーを含む、5 自由度で関節運動されるように構成される。いくつかの実施形態では、針センサは、X、Y、及び Z 縦座標位置、並びにピッチ、ロー、及びヨーを含む、6 自由度を提供する。スコープ 3 4 0 の位置センサは同様に、それらが生成／提供する位置情報に関して同様の自由度を有し得る。図は、いくつかの実施形態による、スコープ 3 4 0 の複数の運動度を図示する。図 3 に示されるように、スコープ 3 4 0 の先端 3 4 2 は、その縦軸 3 0 6 (「ロール軸」

10

【0 0 6 3】

先端 3 4 2 の異なる配向において画像を捕捉するために、ロボットシステムは、先端 3 4 2 を正のヨー軸 3 0 2、負のヨー軸 3 0 3、正のピッチ軸 3 0 4、負のピッチ軸 3 0 5、又はロール軸 3 0 6 上で偏向させるように構成され得る。スコープ 3 4 2 の先端 3 4 2 又は本体 3 4 5 は、縦軸 3 0 6、x 軸 3 0 8、又は y 軸 3 0 9 において伸長又は並進され得る。スコープ 3 4 0 は、スコープの位置を較正するための参照構造 (図示せず) を含んでもよい。例えば、ロボットシステムは、参照構造に対するスコープ 3 4 0 の偏向を測定し得る。参照構造は、例えば、内視鏡 3 4 0 の近位端上に位置することができ、キー、スロット、又はフランジを含んでもよい。参照構造は、初期較正のために第 1 の駆動機構に結合し、かつ外科手技を実施するために第 2 の駆動機構に結合することができる。

20

【0 0 6 4】

ロボット実装のために、ロボットシステムのロボットアームは、細長い移動部材を使用してスコープ 3 4 0 を操作するように構成される／構成可能であり得る。細長い移動部材は、1 つ又は 2 つ以上のプルワイヤ (例えば、プル若しくはプッシュワイヤ)、ケーブル、ファイバ、及び／又は可撓性シャフを含んでもよい。例えば、ロボットアームは、スコープ 3 4 0 に結合された複数のプルワイヤ (図示せず) を作動させて、スコープ 1 1 8 の先端 3 4 2 を偏向させるように構成され得る。プルワイヤは、ステンレス鋼、ケブラー、タングステン、炭素繊維、及び同等物などの金属及び非金属材料などの任意の好適な又は望ましい材料を含んでもよい。いくつかの実施形態では、スコープ 3 4 0 は、細長い移動部材によって印加された力に応答して、非直線的挙動を呈するように構成される。非直線的挙動は、スコープの剛性及び圧縮性、並びに異なる細長い移動部材間の緩み又は剛性の変動性に基づき得る。

30

【0 0 6 5】

スコープ (例えば、内視鏡／尿管鏡) 3 4 0 は、解剖学的構造の画像を捕捉するために患者の解剖学的構造に挿入されるように構成される管状かつ可撓性の医療器具を備えてもよい。いくつかの実施形態では、スコープ 3 4 0 は、光学カメラなどの撮像デバイス 3 4 8 を含むことができる、光学アセンブリ及びスコープ 3 4 0 の遠位端 3 4 2 に／から信号を伝達するためのワイヤ及び／又は光ファイバを収容することができる。

【0 0 6 6】

カメラ／撮像デバイス 3 4 8 を使用して、腎臓 7 0 の標的杯／乳頭などの内部解剖学的空間の画像を捕捉することができる。スコープ 3 4 0 は、発光ダイオードなどの近位に位置する光源からスコープの遠位端 3 4 2 に光を搬送するための光ファイバを収容するように更に構成され得る。スコープ 3 4 0 の遠位端 3 4 2 は、カメラ／撮像デバイスを使用するときに解剖学的空間を照明するための光源用のポートを含むことができる。いくつかの実施形態では、スコープ 3 4 0 は、図 1 及び図 2 に示されるロボットシステム 1 1 と 1 つ又は 2 つ以上の点で同様のロボットシステムによって制御されるように構成される。撮像デバイスは、光ファイバ、ファイバアレイ、及び／又はレンズを備えてもよい。光学構成要素は、スコープの先端の移動が撮像デバイス 3 4 8 によって捕捉された画像に変化をもたらすように、スコープ 3 4 0 の先端とともに移動する。

40

50

【0067】

経皮的腎石切除（PCNL）手技については、患者の皮膚及び介在組織を通して標的杯の中にアクセスが行われる。一般に、腎臓の杯への好ましいアクセスは、軟部組織乳頭構造を通したものであり、そのような組織を通したアクセスは、一般に、出血及び／又は他の合併症のリスクの低下と関連付けられ得る。針が乳頭構造を通して挿入される場合、出血がないことに加えて、そのような経路は、腎臓の相互接続された内部チャネル（例えば、杯）への完全なアクセスを提供することができる。

【0068】

PCNLは、大きな腎結石を治療するための比較的に有効な方法を表すが、多くの医師は、標的乳頭／杯を正確に標的化することの困難に部分的に起因して、他の手技を選択する。より具体的には、PCNLを実施することは、患者の脇腹を通した腎臓の標的杯への経皮的アクセスを獲得するために針を使用することを伴う。このステップは、医師が、周辺器官を横断せず、また、剛性器具が尿路結石に到達して治療することを可能にする、腎臓への針経路を選択しなければならないため、手技の最終的な成功にとって極めて重要と見なされ得る。医師が効果的にそのようにすることができない場合、内臓若しくは胸膜損傷を引き起こすか、又は結石を完全に治療することができないリスクがある。これらの課題により、好適な患者位置（例えば、修正された仰臥位）においてPCNLを実施するために経皮針アクセスを獲得することと関連付けられた学習曲線は、非常に高い。

【0069】

いくつかの手技では、医師は、患者の術前コンピュータ断層撮影（CT）画像を研究して、尿路結石の場所、周辺器官及び骨構造の場所を決定し、杯の形態測定を調べる。この知識を用いて、医師は、経皮的針経路のための術前計画を思考的に生成し得る。典型的には、医師は、剛性器具を収容するために穿刺する後部杯を識別しなければならない。具体的には、後部杯は、一般に、腎盂の中への比較的に直線的な発射を提供する。医師は、腎血管系を損傷し、出血を引き起こすことを避けるために、乳頭を通して腎臓の中に針を挿入しようとしなければならない。術中に、医師は、いくつかの手技では、標的杯への針の整合及び挿入を誘導するために、蛍光透視法又は超音波に依拠する。しかしながら、そのような撮像技法と関連付けられた解像度及び解釈の困難は、針穿刺を十分に実行する際に比較的高い程度の困難をもたらし得る。したがって、乳頭及び杯などの標的解剖学的特徴の改善された追跡及び視覚化を提供する本開示の実施形態は、手術結果を改善し、他のPCNL方法論よりも更なる一部の医師の興味を引くことができる。

【0070】

いくつかの実施形態では、医療器具（例えば、スコープ）340は、センサ位置データを生成し、かつ／又は別のデバイスに送信するように構成されたセンサを含む。センサ位置データは、医療器具340（例えば、その遠位端342）の位置及び／又は配向を示すことができ、かつ／若しくは医療器具の位置／配向を決定／推定するために使用することができる。例えば、センサ（「位置センサ」と称されることもある）は、導電性材料のコイルを伴う電磁（electromagnetic、EM）センサ、又はアンテナの他の形態／実施形態を含むことができる。

【0071】

図3は、医療器具上のEMセンサによって検出されるEM場90をブロードキャストするように構成された、EM場発生器315を示す。磁場90は、EMセンサとEM場発生器315との間の距離及び角度／配向を決定するために分析され得る、わずかな電流をEM位置センサのコイル内で誘発することができる。更に、医療器具／スコープ340は、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（global positioning system、GPS）センサ）、高周波トランシーバなどの他のタイプのセンサを含むことができる。いくつかの実施形態では、医療器具上のセンサは、センサデータを制御システムに提供することができ、これは、次いで、医療器具の位置及び／又は配向を決定するために使用される。いくつかの実施形態では、位置センサが、医療器具340の遠位端342上に位置決めされる一方で、他の実施形態では

10

20

30

40

50

、センサは、医療器具上の別の場所に位置決めされる。尿管鏡は、標的乳頭に近接する位置に駆動され得る。

【0072】

いくつかの実装形態では、以下で更に詳細に記載されるように、尿管鏡340の遠位端は、標的解剖学的特徴（例えば、乳頭）に接触するように前進され得る。標的解剖学的特徴に接触及び／又は近接するスコープ340の遠位端と関連付けられた位置センサを用いると、スコープ340の遠位端の位置は、経皮的アクセス器具（例えば、針）が乳頭を通して標的杯にアクセスするように方向付けられ得る、標的経皮的アクセス位置として記録され得る。

【0073】

本開示の特定の実施形態は、有利には、標的解剖学的特徴への経皮的アクセスを獲得するためのプロセスを通して自動化し、医師を誘導することに役立つ。例えば、電磁測位及びスコープ画像をともに使用して、針の患者への挿入を誘導することができる。そのような解決策は、非熟練医師が、例えば、修正された仰臥位で腎臓の中へのアクセスを獲得すること、及びPCNLを実施することを可能にすることができる。

【0074】

本開示の特定の実施形態は、腎臓内の標的場所などの標的治療部位への位置センサ誘導型経皮的アクセスを伴う。例えば、スコープ340が、1つ又は2つ以上の電磁センサを装着され、腎臓鏡アクセス針が、1つ又は2つ以上の電磁センサを更に含み、そのようなセンサが、電場発生器315によって作成された電磁場90を受ける場合、関連システム制御回路は、それらの場所を検出及び追跡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、尿管鏡340の先端は、ユーザが経皮的アクセス針を挿入している間に誘導ビーコンとして作用する。そのような解決策は、ユーザが種々のアプローチから標的に命中することを可能にし、それによって、蛍光透視又は超音波画像診断法に依拠する必要性を排除することができる。

【0075】

いくつかの実施形態では、スコープ340と関連付けられた制御システム（図3には示されていない）は、スコープ340及び／又は経皮的アクセス針（図示せず）などの医療器具の場所／位置を決定並びに／若しくは追跡するために、位置特定／測位技法を実装するように構成される。いくつかの例では、上記のように、EM場発生器315は、患者の環境内にEM場90を提供するように構成される。スコープ340及び／又は経皮的アクセス針は、EM信号を検出し、検出されたEM信号に関するセンサデータを制御システムに送信するように構成される、EMセンサを含むことができる。制御システムは、センサデータを分析して、スコープ340の位置及び／又は配向（例えば、EMセンサとEM場発生器315との間の距離並びに／若しくは角度／配向）を決定することができる。代替として、又は加えて、いくつかの例では、制御システムは、他の技法を使用して、スコープ340の位置及び／又は配向を決定することができる。例えば、スコープ340（及び／又は針）は、形状感知ファイバ、加速度計、ジャイロスコープ、加速度計、衛星ベースの測位センサ（例えば、全地球測位システム（GPS））、高周波トランシーバなどを含むことができる。制御システムは、スコープ340からセンサデータを受信し、その位置及び／又は配向を決定することができる。いくつかの実施形態では、制御システムは、患者の座標系及び／又は解剖学的構造に対してスコープ340の位置並びに／若しくは配向をリアルタイムで追跡することができる。

【0076】

スコープ340は、ユーザ入力に基づいて、又は自動的のいずれかで、任意の好適な又は望ましい方法で制御可能であり得る。制御装置311、312は、ユーザ入力を受信するために使用され得る例を提供する。いくつかの実施形態では、スコープ340の制御装置は、スコープの近位ハンドル上に位置し、これは、尿管鏡の配向が変化するにつれて、いくつかの手技姿勢／位置で把持することが比較的困難であり得る。いくつかの実施形態では、スコープ340は、画像312のように、両手コントローラを使用して制御される

10

20

30

40

50

。コントローラ 311、312 は、ハンドヘルドコントローラとして示されているが、ユーザ入力は、タッチスクリーン／パッド、マウス、キーボード、マイクロフォンなどの任意のタイプの I/O デバイスを使用して受信され得る。

【0077】

図 4（部分 4-1 及び 4-2 に表される）は、本開示の 1 つ又は 2 つ以上の実施形態による、患者の標的杯又は他の器官にアクセスするためのプロセス 400 を図示するフロー図である。図 5（部分 5-1 及び 5-2 に表される）は、1 つ又は 2 つ以上の実施形態による、図 4 のプロセスと関連付けられた様々なブロック、状態、及び／又は動作に対応する特定の画像を示す。プロセス 400 は、腎臓結石の除去（例えば、PCNL）のための腎臓 70 への経皮的アクセスを伴い得る。そのような経皮的アクセスは、尿管鏡を介した除去が非現実的であるか、又は望ましくないほど十分に大きい結石の抽出のために望ましくあり得る。例えば、結石は、直径が 2 cm より大きくあり得る一方で、特定の尿管鏡は、それを通して約 1.2 mm の直径を有する結石又は断片が除去され得る作業チャネルを有する。尿管鏡検査を介した除去のために結石をより小さな断片に破砕することは、多くの事例で功を奏するが、研究は、残りの結石の破片が、しばしば新しい結石の形成源であり、将来の同様の治療を必要とすることを示している。

10

【0078】

ブロック 402 では、プロセス 400 は、上記に記載されるように、尿管鏡 440 を使用して、患者の尿管を通して腎臓にアクセスすることを伴う。特に、ブロック 402 の動作は、尿管 63 を通して、腎盂 71 を越えて、1 つ又は 2 つ以上の杯若しくはその付近の領域の中にスコープ 440 を前進させることを伴い得る。

20

【0079】

ブロック 404 では、プロセス 400 は、内視鏡の遠位端 442 と関連付けられた画像捕捉デバイス（例えば、カメラ）を使用して、患者が治療される腎臓結石 480 を位置特定することを伴う。例えば、腎臓結石 480 は、少なくとも部分的にプロセス 400 の目標として抽出され得る。

【0080】

ブロック 406 では、プロセス 400 は、それを通して腎臓結石 480 へのアクセスが達成され得る、標的杯 475 内で露出される標的乳頭 479 を識別することを伴う。標的乳頭 479 を識別することは、それを通して腎臓結石 480 へのアクセスが経皮的アクセスを介して行われ得る、作業可能な管を作成するために重要であり得る。例えば、それを通して腎臓結石 480 に到達し得る杯（例えば、小腎杯 475）にアクセスするような方法で、比較的剛性の腎臓鏡によるアクセスのために適切である角度を決定する必要がある。いくつかの実装では、腎盂尿管移行部 71 への十分に直線的なアクセスを提供するために、後部杯を通して腎臓結石 480 に到達することが望ましいか、又は必要であり得る。一般に、標的小腎杯は、比較的小さい標的と見なされ得る。例えば、そのような杯は、直径が約 4～8 mm であり得る。したがって、精密な標的化が、腎臓結石を効果的に抽出するために重要であり得る。

30

【0081】

それを通して標的杯 475 への針／腎臓鏡アクセスが達成される経路は、それを通して針／腎臓鏡が位置決めされ得る乳頭 479 と関連付けられた腎錐体 476 の周囲の血管に命中することを回避するために、有利には、可能な限り直線的であり得る。更に、患者の様々な重要な解剖学的構造の位置は、患者の組織／解剖学的構造の制約された窓を通したナビゲーションを必要とし得る。例えば、第 12 肋骨の下方にある下極杯は、肺胸膜を回避するために好適なアクセスを提供し得る。更に、このアクセス経路は、結腸及び／又は傍脊椎筋を回避するために、有利には、後腋窩線の内側（例えば、第 12 肋骨の先端の約 1 cm 下方及び 1 cm 内側）にあり得る。加えて、このアクセス経路は、有利には、肋骨の近接内に来ることを回避し、肋間神経を回避し得る。更に、進入を杯 475 の軸方向中心の領域内に標的化することによって、いくつかの事例では、主幹動脈及び／又は他の血管を回避することができる。

40

50

【0082】

ブロック408では、プロセス400は、それを通して所望のアクセスが達成されるべき標的杯479内の露出した乳頭479の位置をタグ付けする／記録することを伴う。例えば、位置情報／データは、電磁場空間などの三次元空間で表される／識別可能であり得る。

【0083】

乳頭179の位置を記録するために、スコープ440は、前進したスコープ先端443によって示されるように、標的乳頭479に物理的に触れる／接触するように前進させられ得、それに関連して、そのような接触位置は、スコープ440及び／又はオペレータによって標的位置として識別され、かつ／若しくは別様に示され得る。いくつかの実装では、尿管鏡の遠位端／先端442と関連付けられた電磁ビーコン又は他のセンサデバイスは、標的位置を示し、それによって、電磁場空間内の標的位置を位置合わせし得る。乳頭479に接触し／触れ、位置を記録した後、スコープの端部442は、後退させられ得、そのような後退の深度は、ある様式で測定され得る。いくつかの実装では、オペレータは、一般に、接触が行われたときに閉塞した／真っ暗になった状態になり得る、それによって生成されたカメラ画像を監視することによって、スコープ440の遠位端443が乳頭479に接触していることを通知され得る。

【0084】

ブロック410では、プロセス400は、針などの医療器具450を患者に経皮的に導入することを伴う。例えば、そのようなアクセスは、いくつかの実装では、患者の脇腹を介して行われ得る。ブロック412では、プロセス400は、標的位置に向かって経皮的に前進した医療器具450を方向付け、最終的に標的乳頭479を横断し、それを通して標的杯475にアクセスすることを伴う。

【0085】

いくつかの実施形態では、標的杯475の中への針450の先端の進入の視覚的確認は、スコープ440のカメラによって提供され得る。例えば、スコープ440は、上記に記載されるように、標的位置から後退させられ、それによって、針450の先端が乳頭479の表面を通して突出するにつれて見えるように、杯475内の乳頭479を含む視野を提供し得る。

【0086】

標的場所が記録されると、経皮的に挿入された医療器具（例えば、針450）は、記録された位置に向かって方向付けられ得る。しかしながら、そのような記録された位置が静的である場合、標的位置の記録後に生じる解剖学的運動は、それを通してアクセスが所望される標的解剖学的特徴と関連付けられたリアルタイム位置を正確に反映しない、標的位置をもたらし得る。例えば、針450を患者に挿入する行為は、標的器官（例えば、腎臓70）及び／又は標的器官自体の周囲の特定の解剖学的構造を移動させ、かつ／若しくはある様式で歪曲した／不格好な状態にさせ、それによって、標的解剖学的特徴（例えば、乳頭479）に、標的アクセス位置が記録された時間とは異なる位置／形状をとらせ得る。腎臓手技に関して、尿管鏡440は、尿管鏡に対する腎臓70の変形及び／又は運動がそのような標的位置破損をもたらし得るように、腎盂71の位置に固定され得る。したがって、乳頭479は、解剖学的運動がシステムに導入されると、正確に追跡されない場合がある。

【0087】

針のアクセスが杯475に行われると、より大きな直径のデバイスが、結石除去のためのより大きなポートを提供するために針450と交換され得る。いくつかの実装では、針450は、スタイレット及びカニユーレを備える。針先端が杯475の中に前進させられた状態で、スタイレットは、腎臓結石の場所への開放ポートを形成するために、カニユーレを残して除去され得る。カニユーレを通して、ガイドワイヤが、結石480を除去するプロセスの残りを実施するために配置及び使用され得る。例えば、ガイドワイヤは、収縮したバルーン又は拡張器をワイヤに沿って通過させるために使用することができる。バル

10

20

30

40

50

ーン又は拡張器は、腎臓管などの中空吸引チューブを杯475に直接導入するために十分に大きなポートを作成するために拡張することができる。この時点で、腎臓鏡又はいくつかの他の器具のうちのいずれか1つが、結石480の除去を支援するために、吸引チューブに導入され得る。例えば、碎石機、レーザ、超音波、バスケット、把持器、ドレナージ管などが、結石又はその断片を除去するために使用され得、かつ／又は腎臓カテーテルなどのドレナージ管が、腎内圧力を低減するために吸引チューブの下に展開され得る。そのような機能の任意の組み合わせが、腎臓鏡（図示せず）及び／又は尿管鏡440で具現化され得る。

【0088】

画像処理強調器具誘導及び自動化

本明細書に記載のプロセスは、尿管鏡の文脈で記載されているが、乳頭又は尿路結石などの標的解剖学的特徴を追跡するための位置センサ（例えば、電磁場センサ）及び／又はカメラを利用する、任意の他のタイプの外科手技に適用され得る。記載されるように、静的位置マーカが、標的解剖学的特徴／目印と関連付けられた標的位置を識別するように位置合わせ／記録され得る。いくつかの実施形態では、本開示は、特定の標的識別及び／又は標的追跡画像処理技法を考慮して、少なくとも部分的に静的位置マーカに基づいて、内視鏡並びに／若しくは経皮的アクセス器具を誘導及び／又は自動化するためのシステム、デバイス、及び方法を提供する。本開示の実施形態による標的識別及び追跡は、任意のタイプのロボット内視鏡検査手技に適用することができる。

【0089】

いくつかの実装では、特定の画像データを収集し、標的解剖学的特徴を識別するために使用することができる。そのような識別は、少なくとも部分的に機械学習フレームワークを使用して達成され得る。例えば、本開示のシステム、デバイス、及び方法は、リアルタイム内視鏡画像内の標的解剖学的特徴の識別を提供し得、画像内の標的解剖学的特徴の識別は、特定の応答アクションを促し得る。例えば、ロボット内視鏡検査及び／又は経皮的アクセスデバイスに通信可能に結合された制御回路は、標的特徴の移動を追跡し、内視鏡の1つ又は2つ以上の部分（例えば、遠位端部）を関節運動させること、又は標的位置データを調整することなどの措置を講じるように構成され得る。例えば、制御回路は、内視鏡カメラのインターフェース及び／又は画像フィールドの視野の中心又はその付近で標的位置／点を中心に置くように、内視鏡を関節運動させるように構成され得る。

【0090】

ロボット支援型経皮的アクセスを利用することにより、医師は、動作標的アクセス及び治療を実施することが可能であり得る。更に、経皮的アクセスは、以下で更に詳細に記載される本開示の態様による自動標的識別及び追跡を利用して、更に支援することができ、これは、経皮的アクセス誘導のための標的位置を正確に維持するために依拠され得る。本開示の態様による、スコープ対応標的追跡によって誘導される経皮的アクセスは、技能集約度が比較的低くあり得る。いくつかの実装では、単一のオペレータ又はロボットシステムが、プロセスを実行し得る。更に、蛍光透視法の必要性を排除することができる。

【0091】

自動標的検出

図6は、1つ又は2つ以上の実施形態による、解剖学的特徴を標的化するためのプロセス600を図示するフロー図である。本明細書に開示される特定の他のプロセスと同様に、プロセス600は、ブロック610では、少なくとも部分的に標的器官内に配置された管腔又は小室などの治療部位までスコープ（例えば、尿管鏡）などの医療器具を前進させることを伴う。例えば、ブロック610の動作は、患者の腎臓の標的杯まで医療器具を前進させることを伴い得る。医療器具と標的との間の相対位置は、本明細書に開示される特定のプロセスに従って、解剖学的運動に起因して、及び／又は経皮的針器具が標的に接近するときに、わずかに変化し得る。そのような位置の相対的变化は、標的器官の位置を追跡するための所望又は必要性につながり得る。例えば、位置は、二次元空間で追跡され得、位置は、以下で更に詳細に記載されるように、三次元空間で回収され得る。

【0092】

上記で参照されるように、本開示の態様による、ロボット内視鏡誘導型経皮的アクセスは、それを通して治療部位へのアクセスが達成される標的解剖学的特徴に対して、場所追跡技術を利用することができる。例えば、医療器具（例えば、スコープ）及び／又は経皮的アクセス器具（例えば、針）の遠位端と関連付けられた位置追跡機構／センサを、経皮的アクセス器具を治療部位（例えば、標的杯）と整合させる際に、医師／技術者を誘導するために実装することができる。本開示の態様によって可能にされるような、正確なリアルタイム標的追跡は、治療部位への比較的精密な単一穿刺アクセスを可能にすることができる。

【0093】

ブロック620では、プロセス600は、標的解剖学的構造の位置をタグ付けすることを伴う。この手動タグ付けプロセスは、画像処理アプローチが標的の3D場所を与えることができるときに必要とされないことを明確にする方が良い。例えば、標的解剖学的位置の位置をタグ付けすることは、決定及び／又は記録（例えば、本明細書に示され、記載されるような特定の制御回路の揮発性及び／又は不揮発性データ記憶装置内の捕捉）を伴うことができる。ブロック620に関連して標的解剖学的特徴の位置をタグ付けすることは、それぞれ、ブロック624及び623に関連して以下に説明される、少なくとも部分的に手動のタグ付けサブプロセス622又は少なくとも部分的に画像ベースのタグ付けサブプロセス621を使用することなどの任意の好適な又は望ましい方法で実施することができる。

【0094】

特定の手動タグ付けプロセスに関して、ブロック622では、プロセス600は、治療部位内の標的解剖学的特徴を医療器具の遠位端と接触させることを伴う。例えば、医療器具は、医療器具の遠位端の位置を示し得る、電磁センサ／ビーコンなどのセンサデバイスを備えてもよく、したがって、医療器具の遠位端が標的解剖学的特徴に対して及び／又は隣接して配置されると、そのような位置読み取りは、標的解剖学的特徴の位置を示すものとして依拠することができる。一例として、ユーザは、ある様式で、標的解剖学的特徴の露出面（例えば、標的杯内で露出された乳頭面）をタグ付け／位置合わせすることによって、標的解剖学的特徴の特徴接触位置に関連するコンピューティング／医療システムに通知するための入力を提供し得る。そのようなタグ付けは、ある様式でユーザ入力の提供を通して実装され得るか、又は知覚された組織接触若しくは同等物に基づいて実質的に自動的にあり得る。

【0095】

特定の画像ベースのタグ付けプロセスに関して、ブロック623では、プロセス600は、図7及び図8に関して以下で詳細に記載されるように、画像データ入力及び特定のニューラルネットワーク機能を使用して、標的解剖学的特徴の位置を決定することを伴う。いくつかの実装では、畳み込みニューラルネットワークが、標的位置識別／タグ付けに使用される。

【0096】

ブロック620の動作に関連して記録された特徴接触位置は、経時的に変化し得る、標的解剖学的特徴の潜在的に動的な相対位置に対する静的位置と見なされ得る。特徴接触位置は、1つ又は2つ以上のデータ記憶デバイスに記憶されるなど、任意の好適な又は望ましい様式で記録及び／又は維持され得る。

【0097】

プロセス600は、標的解剖学的特徴の方向に針又は同等物などの経皮的アクセス器具を前進させながら、手術期間にわたって標的解剖学的特徴を追跡することを含み得る、サブプロセス630に進む。標的解剖学的特徴の動的な相対位置のリアルタイム追跡は、有利には、治療部位への経皮的アクセス器具の正確な方向を促進することができる。

【0098】

サブプロセス630は、様々な方法で実装され得る。例えば、サブプロセス632とし

10

20

30

40

50

て示されるように、ライブ器具（例えば、スコープ）追跡が、標的解剖学的特徴の動作追跡を提供するように実装され得る。例えば、関連する手術期間の全体を通して、医療器具の遠位端は、医療器具によって示される位置センサデータが、標的解剖学的特徴のリアルタイムの正確な場所を提供し得るように、標的解剖学的特徴と接触して維持され得る（ブロック 634）。したがって、ブロック 636 に示されるように、医療器具のライブ位置は、所望の経皮的アクセス経路を提供するように標的化され得る。しかしながら、医療器具の遠位端が標的解剖学的特徴と近接／接触していると、標的解剖学的特徴のリアルタイム視覚化は、カメラの視野内の特徴自体による標的解剖学的特徴の閉塞に起因して、可能ではないか、又は十分に明確ではない場合がある。すなわち、局所器具と関連付けられたカメラは、標的解剖学的特徴の塊によって十分に遮断されるか、又は隠され得、それによって、医師／ユーザが経皮的アクセス器具（例えば、針）による標的解剖学的特徴の貫通の視覚的確認を有することを妨げる。

10

【0099】

代替サブプロセス 631 が、経皮的アクセス器具の接近中に標的解剖学的特徴の明確な視覚を依然として維持しながら、標的解剖学的特徴を追跡するために示されている。そのようなサブプロセス 631 は、ブロック 620 の動作に関連して、標的解剖学的特徴の静的なタグ付けされた位置を利用し得る。例えば、ブロック 633 では、サブプロセス 631 は、上記に記載されるブロック 620 の動作に関連して実装された標的解剖学的特徴との接触と関連付けられた特徴接触位置を記録することを伴い得る。

【0100】

20

サブプロセス 632 と同様に、動作追跡を提供するために、標的解剖学的特徴と接触／近接して医療器具を維持し続けるのではなく、サブプロセス 631 は、医療器具を標的解剖学的特徴から離れた距離に（例えば、近位方向に）後退させ、それによって、医療器具が、ブロック 635 に示されるように、それと関連付けられたカメラの視野内の標的解剖学的特徴を明確に捕捉することを可能にすることを伴い得る。例えば、いくつかの実装では、医師／ユーザは、医療器具が標的解剖学的特徴から離れた所望の距離に駐留されたときに、ある様式でシステムに通知し得る。

【0101】

明確にするために、サブプロセス 631、632 は、サブプロセス 630 の代替実装を表すことに留意されたい。すなわち、プロセス 600 は、一般に、サブプロセス 632 又はサブプロセス 631 の両方ではなく、いずれかの実装を伴い得る。例えば、サブプロセス 632 は、一般に、標的解剖学的特徴（例えば、乳頭）の位置／表面におけるワイヤ又はスコープと関連付けられた位置追跡デバイス（例えば、電磁ビーコン）を残すことを伴う解決策を例証し、位置追跡デバイスは、針挿入中に乳頭とともに移動させられる／移動することを許容され得る。標的位置は、したがって、センサが標的解剖学的特徴とともに移動するにつれて、連続的に更新することができる。サブプロセス 632 は、一般に、任意のリアルタイム画像データを必要としない／必要とする場合がある。しかしながら、サブプロセス 632 の解決策は、閉塞により、標的乳頭の針穿刺の即時の視覚的確認を提供しない場合がある。

30

【0102】

40

場合によっては、スコープが標的杯の内側に留まり、乳頭とスコープの位置合わせが保存されると想定され得る。スコープ位置センサに対する標的解剖学的特徴の相対的移動がない場合、標的位置は、決定された現在のスコープ位置に基づいて連続的に更新することができる。例えば、ブロック 634 と関連付けられた動作は、器具／センサと標的解剖学的特徴との間の接触を継続的に維持するのではなく、スコープがそのカメラ視認を可能にするように標的から離して後退され得ることを伴い得る。スコープの後退中に収集された位置データ（例えば、EM データ）は、スコープに対する乳頭の場所を登録／記録するために使用することができる。例えば、1 つの使用事例によると、スコープの後退／位置決めは、乳頭の前方に約 5 mm 及び左に 2 mm であり得る。そのような位置オフセットは、スコープの現在の位置に対する標的の位置を決定するために使用され得る。しかしながら

50

、標的解剖学的特徴とスコープとの間の相対移動は、位置オフセット計算の信頼性の欠如をもたらし得、したがって、そのようなプロセスは、相対移動を補償することなく不十分であり得る。

【0103】

ある特定の点で、サブプロセス631は、サブプロセス632と比較した改良を表し得る。例えば、静的位置データ及び／又はスコープオフセットデータへの依拠は、一般に、標的解剖学的特徴並びに／若しくは他の運動に対する解剖学的偏移を補償するためのロバストな解決策をそれ自体が提供しない場合があり、これは、例えば、経皮的アクセス器具の挿入及び／又は他の要因に起因し得る。解剖学的移動に加えて、治療部位における医療器具の駆動／位置決めと関連付けられたロボット機構及び／又は他の構成要素の物理的位置決めの相違は、標的解剖学的特徴及び医療器具の遠位端の相対的位置決めに対する不正確性を更に導入し得る。標的解剖学的特徴の望ましくない移動により、その静的な記録された位置は、標的解剖学的特徴の実際の追跡位置を提供するために確信を持って依拠されない場合がある。したがって、ブロック620において記録された静的標的位置が、上記に記載されるように解剖学的運動及び／又は他の導入された不正確性に適応するように更新されることが望ましくあり得る。

【0104】

医療器具がもはや標的解剖学的特徴と接触／近接しなくなると、医療器具の遠位端のリアルタイム位置は、したがって、それ自体が標的解剖学的特徴のリアルタイム位置を示さない場合がある。むしろ、サブプロセス631は、ブロック633の動作に関連して記録／タグ付けされた静的位置に基づいて、標的解剖学的特徴の場所を追跡するための様々な解決策を実装し得る。例えば、ブロック637では、サブプロセス631は、本開示の実施形態による、特定のシステム制御回路によって実装されたニューラルネットワーク回路及び／又は他の画像追跡機能を使用して、標的解剖学的特徴のリアルタイム画像を処理することによって、標的解剖学的特徴の場所を追跡することを伴い得る。例えば、ニューラルネットワーク及び／又は他の画像追跡機構は、標的解剖学的特徴の入力リアルタイム画像として受信し得、ニューラルネットワーク回路及び／又は他の画像追跡機構は、その中の標的解剖学的特徴の位置を識別及び決定するように構成される。そのような特徴識別機能は、ブロック633に関連して記録された静的位置に対してリアルタイムで標的解剖学的特徴を追跡するために使用され得る。

【0105】

サブプロセス631は、接触624及び後退635ステップを含む／伴う場合とそうではない場合があり、ユーザは、標的乳頭の場所に物理的に接触し、スコープの視野内に乳頭を示すためにスコープを後退させる。例えば、画像ベースのタグ付け621がブロック620に関連して実装される場合、標的解剖学的特徴に物理的に接触して、その位置／場所を決定する必要がない場合がある。むしろ、位置／場所は、スコープ／器具の1つ又は2つ以上のカメラによって捕捉／生成された画像データに基づいて、本明細書に開示される標的識別機構を使用して決定され得る。例えば、いくつかの実施形態では、標的は、画像／視覚及び／又は位置（例えば、EM）データの複数のフレームを使用して識別及び追跡される。そのような標的位置決定の例は、図12に関連して以下に記載される。いくつかの実装では、2つの明確に異なる位置及び／又は整合から標的解剖学的特徴（例えば、乳頭）を見ることによって、三次元空間に対して標的位置を推定／決定することができる。

【0106】

ブロック639では、サブプロセス631は、経皮的アクセス器具を用いて標的解剖学的特徴の追跡された場所を標的化することを伴う。例えば、治療部位のリアルタイム画像内の識別された乳頭形状又は形態の重心は、経皮的アクセス器具のための標的位置において使用され得る。

【0107】

ブロック640では、プロセス600は、プロセス600の特定の実装に応じて、サブプロセス632に関する標的解剖学的特徴への視覚的確認を伴わずに、又はサブプロセス

631による視覚的確認を伴ってのいずれかで、標的解剖学的特徴を穿刺することを伴う。

【0108】

ブロック633で特徴接触位置を記録するか、又はブロック636でライブ器具位置を標的化するためなどの、本開示の実施形態に関連して使用される様々な位置センサは、任意のタイプの位置センサであり得る。一例として、そのようなセンサは、電磁（EM）センサ／プローブであり得る。スコープに関して、位置センサは、その先端の近位に取り付けられるか、又は統合され得る。代替として、センサは、コイルにおいて生成され、ワイヤを辿って渡された電気信号を解釈するように構成された外部制御回路に接続される、スコープの長さ延設される電気ワイヤに接続されたコイルを備えてもよい。本開示の実施形態に関連して実装され得る位置センサデバイスのタイプの例としては、加速度計、ジャイロスコープ、磁力計、光ファイバ形状感知（例えば、ブラッグ格子、レイリー散乱、干渉測定、又は関連技法を介した）などが挙げられるが、これらに限定されない。実装形態に応じて、CTスキャンなどの患者画像の別個の形態への位置合わせは、患者内の尿路結石を位置特定するための基準枠を提供するために必要である場合とそうではない場合がある。

【0109】

参考のため、開示された実施形態のうちのいくつかで実装され得る特定の位置決定／位置特定機構が記載されている。コイル又は他のアンテナなどのEM型センサに関して、そのようなセンサデバイスは、EMセンサがフィールド内で（例えば、腎臓内で）移動するにつれてEM場の変化を検出するように構成することができる。したがって、特定の形態は、EMセンサによって拾われるEM場を放出するように構成された1つ又は2つ以上のEM発生器を使用して実装される。EM発生器は、それらの放出されたEM場がEMセンサによって捕捉され、適切な制御回路によって処理されるときに、異なるEM発生器からの信号が、位置情報の追加の次元を提供するために分離可能であるように、任意の好適な又は望ましい方法で変調され得る。EM発生器は、時間又は周波数を変調され得、各信号が、可能性として時間的に重複するにもかかわらず、各他の信号から完全に分離可能であるように、直交変調を使用し得る。更に、別個のEM発生器は、EMセンサの配向の変化が、EMセンサに、任意の瞬間にEM発生器のうちの少なくとも1つから少なくともある信号を受信させるように、ゼロではない非直交角度においてデカルト空間内で相互に対して配向され得る。

【0110】

図6のブロック633における特徴接触位置の記録を更に参照すると、EM位置データが、EMデータのための基準枠を確立するために、CTスキャンなどのEM以外の異なる技法を用いて捕捉された患者の画像に位置合わせされ得る（又はあらゆる機構が整合センサのデータを捕捉するために使用される）。スコープに加えて、経皮的アクセス針は、EMセンサなどの1つ又は2つ以上の位置／整合センサを含んでもよい。針EMセンサから受信された位置／整合データは、上記に記載されるように、スコープ位置データと同様に受信及び処理され得る。本明細書に記載の様々なプロセスは、完全若しくは部分的に手動で、及び／又は完全若しくは部分的にロボットを使用して、実施され得る。

【0111】

本明細書に開示されるプロセスは、胆嚢結石除去、肺（肺／経胸腔）腫瘍生検、及びその他などの腎臓結石除去手技以外の手技に関連して実装され得る。一般に、任意のタイプの経皮手技が、本開示の実施形態によるニューラルネットワーク処理を使用して、特徴識別及び追跡のための画像データを捕捉するように構成された内視鏡を使用することによって、実施され得る。追加の例としては、胃の手術、食道及び肺の手術などが挙げられる。更に、除去される物体は、必ずしも尿路結石である必要はなく、それらは、人体内で生成される異物又は物体などの任意の物体であり得る。

【0112】

ニューラルネットワークに基づく解剖学的特徴の識別及び追跡

図7は、本開示の1つ又は2つ以上の実施形態による、標的位置データを動的に更新す

るための内視鏡カメラ画像内の1つ又は2つ以上の標的解剖学的特徴を識別するための特徴識別フレームワークを図示する。特徴識別フレームワーク700は、1つ又は2つ以上のプロセッサ、データ記憶デバイス、接続性特徴、基板、受動及び／又は能動ハードウェア回路デバイス、チップ／ダイ、並びに／若しくは同等物などを含む、特定の制御回路で具現化され得る。例えば、フレームワーク700は、図2に示され、上記に記載される制御回路60で具現化され得る。特徴識別フレームワーク700は、機械学習機能を採用して、例えば、内部腎臓解剖学的構造の尿管鏡画像上で自動標的検出を実施し得る。

【0113】

特徴識別フレームワーク700は、1つ又は2つ以上の医療手技と関連付けられた治療部位の少なくとも一部を表す画像データなどの特定の画像タイプのデータ構造上で動作するように構成され得る。そのような入力データ／データ構造は、フレームワーク700の画像処理部分と関連付けられた特定の変換回路720によって、ある様式で動作され得る。変換回路720は、任意の好適な又は望ましい人工ニューラルネットワークアーキテクチャなどの任意の好適な若しくは望ましい変換及び／又は分類アーキテクチャを備えてもよい。

【0114】

変換回路720は、入力／出力対としての公知の解剖学的画像712及び個別の画像712に対応する標的標識732に従って訓練され得、変換／分類フレームワーク720は、それと関連付けられた1つ又は2つ以上のパラメータ又は重みを調整し、公知の入力及び出力画像データを相関させるように構成される。例えば、変換回路720（例えば、畳み込みニューラルネットワーク）は、標識されたデータセット及び／又は機械学習を使用して訓練され得る。いくつかの実装では、機械学習フレームワークは、任意の好適な又は望ましい様式で学習／訓練を実行するように構成され得る。

【0115】

公知の標的標識732は、少なくとも部分的に、公知の解剖学的画像712内の解剖学的特徴を手動で標識することによって生成され得る。例えば、手動標識は、例えば、乳頭の解剖学的構造が杯間解剖学的画像の中にある場所を標識するように、関連する医療専門家によって決定及び／又は適用され得る。公知の入力／出力対は、いくつかの実施形態では、動的に更新可能であり得る変換回路720のパラメータを示すことができる。

【0116】

公知の標的標識732は、その中に存在する標的解剖学的特徴の境界及び／又は内部領域を描写し得る。いくつかの実施形態では、フレームワーク700は、リアルタイム解剖学的画像715の特定の画像が標的解剖学的特徴を含むか否かをバイナリ方式で示すような様式で、リアルタイム標的標識735を生成するように構成され得、更なる処理が、標的解剖学的特徴の場所及び／又は他の態様を更に識別するように、標的解剖学的特徴の1つ又は2つ以上の事例を含有するものとして識別される画像に実施され得る。いくつかの実施形態では、更なる処理が、識別された標的解剖学的特徴及び／又はその1つ又は2つ以上の部分の三次元場所を決定するために実施され得る。

【0117】

フレームワーク700は、変換回路720の訓練されたバージョンを使用して、リアルタイム解剖学的画像715と関連付けられたリアルタイム標的標識735を生成するように更に構成され得る。例えば、医療手技中、治療部位に配置された内視鏡又は他の医療器具と関連付けられた治療部位のリアルタイム画像は、リアルタイム画像内の1つ又は2つ以上の標的解剖学的特徴の存在及び／又は位置を識別するリアルタイム標的標識735を生成するように、変換回路720を使用して処理され得る。例えば、いくつかの実装では、尿管鏡画像は、本明細書で詳細に説明されるように、経皮的アクセス器具を用いて標的化され得る標的乳頭の存在、位置、及び／又は形状を識別するように、変換回路720によって処理され得る。尿管鏡用途に関して、乳頭の解剖学的構造は、一般に、対象全体の外観において同様に存在し得、したがって、乳頭の解剖学的構造は、広い人口統計学にわたって識別可能であり得る。

10

20

30

40

50

【0118】

いくつかの実施形態では、変換回路720は、標的解剖学的特徴（例えば、乳頭）、並びに識別された解剖学的特徴を含有し、かつ／又は画像内の識別された解剖学的特徴を包囲するセグメント外領域を識別するように構成され得る。変換フレームワーク720は、畳み込みニューラルネットワークなどの人工ニューラルネットワークを含んでもよい。例えば、フレームワーク720は、入力画像内に取り込む深層学習アーキテクチャを実装し、学習可能な重み／バイアスを画像内の様々な態様／物体に割り当て、一方を他方から区別し得る。フレームワーク720のフィルタ／特性は、手動設計され得るか、又は機械学習を通して学習され得る。

【0119】

フレームワーク720は、入力画像の視覚領域を網羅する入力画像の重複領域に対応する複数のニューロン（例えば、図7に示されるようなニューロンの層）を含んでもよい。フレームワーク720は、ある様式で入力画像又はその部分を平坦化するように更に動作し得る。フレームワーク720は、特定のフィルタの適用を通して、入力画像715内の空間的及び／又は時間的依存性を捕捉するように構成され得る。そのようなフィルタは、所望の出力データを達成するように様々な畳み込み演算で実行され得る。そのような畳み込み演算は、エッジ、輪郭、及び同等物などの特徴を抽出するために使用され得る。フレームワーク720は、任意の数の畳み込み層を含んでもよく、より多くの層が、より高いレベルの特徴の識別を提供し得る。フレームワーク720は、畳み込みされた特徴の空間サイズを縮小するように構成され得る、1つ又は2つ以上のプーリング層を更に含み得、これは、特定の解剖学的特徴と同様に、回転及び／又は位置不変である特徴を抽出するために有用であり得る。平坦化、プーリング、及び／又は他のプロセスを通して作成されると、画像データは、マルチレベルパーセプトロン及び／又はフィードフォワードニューラルネットワークによって処理され得る。更に、逆伝搬が、訓練の各反復に適用され得る。フレームワークは、入力画像内の支配的特徴と特定の低レベル特徴とを区別し、任意の好適な又は望ましい技法を使用してそれらを分類することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、ニューラルネットワークアーキテクチャは、以下の公知の畳み込みニューラルネットワークアーキテクチャ、すなわち、LeNet、AlexNet、VGGNet、GoogLeNet、ResNet、又はZFNetのうちのいずれかを含む。

【0120】

フレームワーク720への入力、ビデオ又は静止画像であり得る。いくつかの実施形態では、入力は、ビデオを含み、フレームワーク720は、ビデオの特定の特徴が変化する様子を示す出力（例えば、時間モデルの実装）を生成するように構成される。いくつかの実装形態では、ニューラルネットワーク720が訓練されると、ニューラルネットワークフレームワークへの動作入力は、複数（例えば、2つ）の画像を含むことができ、出力735は、画像にわたって（例えば、経時的に）1つ又は2つ以上の標的の場所を示すデータを含む。入力715は、画像若しくは画像データを含むことができ、及び／又は別個の（例えば、連続的な）画像間の差異を示すデータを含み得る。例えば、フレームワーク720は、ピクセル間の運動又は空間変化を検出することができ、ピクセル位置の変化は、画像間の及び／又は経時的な運動を示す。出力は、画像間の差異を示すことができる。いくつかの実施形態では、ニューラルネットワークフレームワーク720は、光学フローを推定するように訓練される。

【0121】

図8は、本開示の1つ又は2つ以上の実施形態による、例示的ニューラルネットワーク特徴分類／識別フレームワーク800を図示する。フレームワーク800は、畳み込みニューラルネットワークアーキテクチャを表し得、図示された構成要素のうちの1つ又は2つ以上を含んでもよく、これは、それぞれが本開示のシステム、デバイス、及び／又は方法のうちのいずれかと関連付けられた制御回路の1つ又は2つ以上の部分又は構成要素で具現化され得る、特定の機能的構成要素を表し得る。フレームワーク800は、図7の変換回路720の実施形態、又はその一部を表し得る。

【0122】

ニューラルネットワークフレームワーク800は、ResNet50ニューラルネットワーク又は同等物などの事前訓練されたニューラルネットワーク821を含んでもよい。フレームワーク800は、特徴ピラミッドネットワークなどの特徴抽出構成要素822（例えば、特徴抽出ネットワーク（SDN））を更に含んでもよい。特徴抽出構成要素822は、入力画像の1つ又は2つ以上の特徴マップを抽出し、かつ／又は特徴検出器輪郭を設計するように構成され得る。特徴ピラミッドネットワーク機能を実装する実施形態では、複数の画像が、出力変異型を提供するように異なるレベルの解像度で処理され得る。

【0123】

フレームワーク800は、領域提案ネットワーク構成要素823を更に含み得る。領域提案ネットワーク823は、特徴抽出構成要素822によって生成及び／又は提供された特徴マップ上で示された／識別された標的をカプセル化する、画像上の特定の境界ボックスを提案するように構成され得る。

【0124】

いくつかの実施形態では、粗から微細な処理図が、画像内の標的を抽出するように実行することができる。領域提案ネットワーク823によって提供される提案された境界ボックスは、1つ又は2つ以上の追加の構成要素827によって使用され得る。例えば、バイナリ分類ネットワーク構成要素826は、それらが目的の標的特徴を含有するか否かに基づいて境界ボックスを分類するように構成され得る。更に、ボックス回帰ネットワーク825は、領域提案ネットワーク823によって提案された境界ボックスを精緻化するように位置し、構成され得る。加えて、マスク予測ネットワーク構成要素824は、識別された標的特徴のシルエット又は形状／形態を計算する、かつ／又は表すように構成され得る。

【0125】

標的解剖学的特徴の追跡

標的解剖学的特徴及びその位置を正しく識別する能力は、有利には、医療手技中に医療器具による標的解剖学的特徴の標的化を可能にすることができる。しかしながら、標的解剖学的特徴の標的位置の決定後の解剖学的運動の発生は、標的解剖学的特徴を公知の標的位置から離れるように移動させ得る。したがって、標的位置データのリアルタイム更新を提供する本開示の実施形態は、術中の解剖学的運動と関連付けられた問題を排除することに役立ち得る。

【0126】

いくつかの実施形態では、測位システム（例えば、本明細書に記載されるような電磁測位システム）が、1つ又は2つ以上の医療器具の場所を決定するために実装され得る。いくつかの実施形態では、測位システムは、測位フィールド内のカメラ画像に表される特徴の場所を決定するためにカメラ画像を用いて較正され得る。

【0127】

標的解剖学的特徴追跡は、様々な方法論に従って達成することができる。例えば、いくつかの実施形態では、標的追跡は、治療部位の2つの連続的又は順次に捕捉された画像のニューラルネットワーク（若しくは他の画像処理）回路の出力を比較することによって、達成することができる。例えば、異なる時間に捕捉された画像に対するニューラルネットワーク又は他のタイプの標的識別回路の出力として標的解剖学的特徴のシルエット又はマスクを考慮して、重複の割合の文脈内などのそのようなシルエット／マスクの重複（例えば、一対融合上交差（intersection-over-union、IOU））を決定することができる。一般に、少なくとも十分に高いサンプルレートにおける画像捕捉に関して、連続画像間のコンテンツ差は有意に異ならないと想定され得る。したがって、連続的に捕捉された画像のマスクは、重複率が事前定義された／所定の閾値よりも高い場合、同じ標的解剖学的特徴を表すと見なすことができ、閾値は、サンプリング上の標的の最大移動に関連する。

【0128】

図9は、本開示の1つ又は2つ以上の実施形態による、治療部位における標的解剖学的特徴を追跡するためのプロセス900を図示するフロー図である。ブロック902では、

プロセス 900 は、標識された画像データを使用してニューラルネットワークを訓練することを伴う。例えば、ニューラルネットワークは、それぞれ、図 7 及び図 8 に示されるフレームワーク 700、800 と特定の点で同様のフレームワークを含んでもよい。

【0129】

ブロック 904 では、プロセス 900 は、治療部位又はその付近に配置された内視鏡又は他の医療器具から治療部位の第 1 の画像を受信することを伴う。ブロック 906 では、プロセス 900 は、ニューラルネットワークアーキテクチャ／フレームワークを使用して、第 1 の画像内の第 1 の特徴を識別することを伴う。例えば、第 1 の特徴は、治療部位に存在する標的乳頭であり得る。例えば、1 つ又は 2 つ以上の機械学習構成要素又はモジュールが、第 1 の画像に対する第 1 の特徴のセグメント化を実施するために実装され得る。

10

【0130】

ブロック 908 では、プロセス 900 は、治療部位の第 2 の画像を受信することを伴う。第 2 の画像は、第 1 の画像に対して連続的及び／又は順次に捕捉され得る。ブロック 910 では、プロセス 900 は、ニューラルネットワークを使用して第 2 の画像内の第 2 の特徴を識別することを伴う。例えば、第 2 の特徴は、標的杯治療部位内の乳頭であり得る。ブロック 912 では、プロセス 900 は、第 1 の特徴及び第 2 の特徴が治療部位における同じ標的乳頭などの同じ標的解剖学的特徴を表すと決定することを伴う。第 1 の特徴及び第 2 の特徴が同じ標的解剖学的特徴を表すという決定は、第 1 の特徴及び第 2 の特徴並びに及び／又はそれらの部分の決定された重複又は移動を比較することなどによって、任意の方法で行われ得る。

20

【0131】

ブロック 914 では、プロセス 900 は、識別された第 2 の特徴及び／又は器具位置データに基づいて、標的解剖学的特徴と関連付けられた標的追跡位置を修正することを伴う。例えば、器具位置データは、医療器具の初期のタグ付けされた位置及び／又はその関節運動若しくは相対移動に対応し得る。標的追跡位置の修正は、その動的相対移動を補償することによって、標的解剖学的特徴を追跡する役割を果たし得る。更に、第 1 の画像及び第 2 の画像を捕捉するために使用される内視鏡又は他の医療器具は、それと関連付けられた電磁センサ又は他の位置センサを有してもよい。そのような位置センサは、標的追跡位置データへの医療器具の移動の補償を導入するために使用され得る。

【0132】

標的追跡位置の修正は、第 1 の画像の捕捉時間と第 2 の画像の捕捉時間との間の標的解剖学的特徴の相対運動に基づいて、必要とされ、かつ／又は望ましくあり得る。上記に記載されるように、そのような運動は、治療部位の一般的領域内の針などの経皮的アクセス器具の挿入及び／又は操作によって引き起こされ得る。運動により、標的解剖学的特徴（例えば、乳頭）は、一般に、初期標的位置を決定するために使用され得るスコープに対して固定されたままではない場合がある。したがって、本開示のシステム、デバイス、及び方法に関連して開示される特徴識別及び追跡機能は、カメラ画像を使用した経時的な標的解剖学的特徴の追跡を可能にし得る。そのような追跡は、標的解剖学的特徴の三次元場所を動的に予測するために使用され得、三次元場所は、本明細書に記載されるように、経皮的アクセス器具のための標的追跡位置として使用され得る。経皮的アクセス器具と標的解剖学的特徴との間の会合を達成することは、本明細書に記載されるように、動的標的推定によって大いに支援され得る。

30

40

【0133】

医療器具（例えば、内視鏡）のカメラの位置は、医療器具の遠位端と関連付けられた位置センサの位置に関して決定され得る。そのようなカメラ位置情報を用いて、画像空間に現れる物体／特徴の場所は、位置センサと関連付けられた位置空間（例えば、電磁場空間）に関して決定され得る。したがって、第 2 の画像内の第 2 の特徴の位置は、三次元空間で決定され得、経皮的アクセス器具（例えば、針）の方向のために提供することができる。

【0134】

図 9 は、第 2 の特徴識別及び／又は位置に基づいて標的追跡位置を修正することを記載

50

するが、任意のタイプの応答アクションが、更新された解剖学的特徴識別に少なくとも部分的に基づいて実装され得ることを理解されたい。例えば、内視鏡の位置を制御するロボットに通信可能に結合された特定の制御回路が、実装され、それによって、標的解剖学的特徴の移動に基づいてスコープを調整／関節運動させ得る。例えば、スコープは、標的解剖学的特徴の重心又は他の部分が、カメラ、インターフェース、又は治療部位の他の視覚的表現の視野の中心又はその付近の位置になるように、移動することができる。

【0135】

本明細書に開示されるニューラルネットワーク及びマスキング概念は、その内容全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる、刊行物「Mask R-CNN」(He, Kaiming, Georgia Gkioxari, Piotr Dollár, and Ross Girshick, 「Mask r-cnn.」 In Computer Vision (ICCV), 2017 IEEE International Conference on, pp. 2980-2988. IEEE, 2017) の態様に従って実装することができる。

【0136】

図10は、本開示の1つ又は2つ以上の実施形態による、治療部位における標的解剖学的特徴を追跡するためのプロセスを図示するフロー図である。図10の追跡プロセス1000は、直接追跡実施形態と見なされ得る。図11は、図10に示されるプロセス1000の様々なステップに関する特定の特徴マスク及び関連画像を示す。

【0137】

ブロック1002では、プロセス1000は、第1の時間(t)に撮影された治療部位の第1の画像121のための標的マスク122を生成することを伴う。画像121に示されるように、第1の画像は、杯／腎臓治療部位内から可視である乳頭を表し得る、標的解剖学的特徴111の少なくとも一部を含む。画像122は、標的解剖学的特徴のマスクを表す。任意のマスクが、本開示の実施形態に従って使用され得るが、図示されたマスク122は、標的解剖学的特徴111の可視部分の形状又は形態を表す特徴領域112、及び標的解剖学的特徴111に対応しない画像121の領域を表す背景部分119を含む、バイナリマスクである。マスク122は、任意のタイプのセグメント化及び／又は機械学習機構を使用して生成され得、セグメント化された領域は、示されるように、領域マスクを提供するように分岐している。

【0138】

ブロック1004では、プロセス1000は、第1の画像121が捕捉された時間(t)に続く時間($t+1$)に撮影された第2の画像123のための標的マスク124を生成することを伴う。本開示の態様による、ニューラルネットワーク画像処理又は他の標的識別メカニズムを通して、標的解剖学的特徴113は、画像123内で識別され得る。標的特徴113に対する画像123のマスク124は、標的解剖学的特徴113及び画像123の可視部分の形状／シルエット又は形態を表す特徴領域114、並びに標的解剖学的特徴113に対応しない画像123の領域を表す背景部分127を含む、画像124として示される。

【0139】

ブロック1006では、プロセス1000は、その個別のマスク122、124を使用して、第1の画像121及び第2の画像123内の標的又は特徴重複を決定することを伴う。画像125は、第1のマスク122及び第2のマスク124のオーバーレイを表す。結果として生じる画像125は、第1の画像121及び第2の画像123の両方のための背景に対応する部分115、第2の画像123に対する特徴領域以外の第1の画像121に対する背景に対応する部分116、並びに第1の画像121に対する特徴領域以外の第2の画像123に対する背景に対応する部分117を含む。残りの領域118は、識別された解剖学的特徴111、113間の重複領域を表す。重複領域／形状は、明確にするために画像126として別々に示され、マスク122、124の特徴領域のいずれか以下の領域を表す。

【0140】

プロセス1000は、決定ブロック1008に進み得、そこで、重複の量118、126が、第1の特徴領域112、第2の特徴領域114、又はその両方の領域に対する重複の所定の閾値量よりも大きいかが決定され得る。決定が肯定的である場合、プロセス1000は、応答アクションが講じられ得る、ブロック1010に進む。例えば、ブロック1010では、第1の識別された解剖学的特徴111及び第2の識別された解剖学的特徴113は、同じ標的解剖学的特徴を表すと想定され得る。例えば、両方の識別された特徴は、患者の腎臓内の同じ乳頭を表し得る。したがって、画像121と画像123との間の位置の任意の変化は、解剖学的移動を表し得、したがって、応答アクションは、標的解剖学的特徴と関連付けられた標的位置を調整すること、及び／又は画像121、123を捕捉するために利用される器具（例えば、内視鏡並びに／若しくはそのカメラ）などの利用されている医療器具の位置を調整することを伴い得る。例えば、1つ又は2つ以上のロボットアームは、ロボットアームによって制御されるアーム及び／又は内視鏡位置を調整することによって応答するように構成され得る。関連する領域の重複の決定は、二次元X／Y軸に基づき得る。画像121、123間の差異は、解剖学的移動に起因するものとして説明されているが、そのような差異は、少なくとも部分的に1つ又は2つ以上の手術ツール若しくは器具の移動に起因し得ることを理解されたい。

10

【0141】

特徴重複が所定の閾値を満たさない場合、プロセス1000は、任意の応答アクションと関連付けられる場合とそうではない場合がある、ブロック1012に進み得る。例えば、ブロック1012では、特徴111、113は、別個の解剖学的特徴及び／又はその部分を表すと想定され得る。したがって、特徴111、113間の位置の差異は、標的解剖学的特徴の特定の解剖学的移動を表すものとして依拠されない場合がある。いくつかの実施形態では、所定の閾値は、動的に調整可能であり得、所望の又は最適な鑑別性能を生じるように選択及び／又は決定され得る。例えば、閾値は、本明細書に記載されるように、以前の公知のデータの分析に基づいて決定され得る。いくつかの実施形態では、周期的呼吸作用に起因し得る移動は、そのような移動が標的解剖学的特徴の移動に起因しないように除外され得る。例えば、画像121、123のサンプリングは、呼吸周期の期間内の同様の点に対応するように実施され得る。いくつかの実装では、画像は、毎秒約30フレーム、又は任意の他の好適な若しくは望ましいサンプリングレートでサンプリングされる。

20

30

【0142】

上記に記載されるような直接追跡方法に加えて、間接追跡方法が、本開示に従って実装され得る。例えば、光学フロー追跡が、複数の画像にわたる標的解剖学的特徴部分及び／又はその対応するピクセル表現の移動を追跡するために実装され得る。例えば、共通画像特徴を表すピクセルを追跡することは、標的解剖学的特徴の移動情報を提供し得る。更に、コーナー、ブログ、ピクセル群、及び／又は任意の他の画像特徴の追跡などの他の特徴追跡機構が、実装され得る。

【0143】

セグメント化／マスキングは、ニューラルネットワークフレームワーク及び同等物を含む、本明細書に記載されるような画像処理方法論を使用して実施することができるが、いくつかの実装では、セグメント化／マスキングは、医師又は他の技術者／オペレータによって少なくとも部分的に手動で実施される。例えば、技術者は、標的解剖学的特徴を選択し、後続の画像内の同様の特徴を識別し得、順次特徴識別／セグメント化によって表される移動は、本開示に従って任意の好適な又は望ましい様式で考慮することができる。いくつかの実装では、特徴記述子は、識別された特徴領域内でローカルに実行され得、これは、後続の画像内の特徴の存在の高い可能性がある領域と見なされ得る。

40

【0144】

本発明の開示の態様は、尿管鏡の文脈で提示されているが、そのような概念は、任意のタイプの内視鏡検査用途に適用可能であることを理解されたい。例えば、本明細書に記載の特徴識別及び追跡技法は、ポリープ又は他の標的解剖学的特徴を識別及び追跡する目的

50

で利用され得る。気管支鏡検査手技に関して、本開示の標的解剖学的特徴の識別及び追跡概念が、腫瘍を識別し、かつ／又はサンプル若しくは同等物を収集する目的でスコープ位置を管理するために利用され得る。呼吸器手技に関して、本開示による特徴識別及び標的化が、標的気道の内側の結節、気道自体、及び／又は他の特徴を識別並びに／若しくは追跡するために利用され得る。

【0145】

本明細書に開示される実施形態のうちのいずれかに関して、公知のスコープ移動データは、標的解剖学的特徴識別及び／又は追跡に関して補償され得ることを理解されたい。更に、位置センサ情報は、補償が標的特徴追跡目的のために行われ得る、移動を示す情報を更に提供し得る。図10を更に参照すると、いくつかの実施形態では、ブロック1010において任意の応答アクションを開始する前に、プロセス1000は、ユーザが開始したスコープ移動又は非意図的なスコープ移動が行われたかどうかを決定することを伴い得る。そうである場合、生成されたマスクは、そのような移動が重複決定及び／又は応答アクションに反映されないように、そのような移動を補償するように調整され得る。

【0146】

本明細書に開示される様々な実施形態に関して、位置情報は、任意の好適な若しくは望ましいタイプのセンサ、デバイス、又はそれらの組み合わせを使用して、決定及び／又は生成され得る。例えば、本開示の位置センサ／デバイスは、以下のうちのいずれかの1つ又は2つ以上、すなわち、電磁センサ、インピーダンス分光センサ、同軸センサ、慣性測定センサ、加速度計、磁気メータ、ジャイロスコープ、及び／又は位置、距離、配向、加速度、整合、若しくは同等物を示す情報を提供する任意の他のタイプのセンサを含んでもよい。

【0147】

三次元標的位置推定

本開示の態様による、標的解剖学的特徴追跡の目的のための三次元（3D）位置推定は、任意の好適な若しくは望ましい技法又は機構に従って実装され得る。例えば、いくつかの実施形態では、内視鏡カメラと標的解剖学的特徴との間の距離は、画像内の解剖学的特徴の代表的なサイズに基づいて推定され得る。

【0148】

いくつかの実施形態では、スコープ及び／又は解剖学的特徴の移動の角度に関する情報は、3D位置を決定するために使用され得る。例えば、電磁場／空間内の電磁センサ／ビーコンは、そのような移動角度情報を提供することができる。電磁センサデータを画像データと組み合わせることにより、そのような距離の移動後に捕捉された結果として生じる画像内の標的解剖学的特徴からの距離と標的解剖学的特徴のサイズとの間のマッピングを使用して、後続の画像内の特徴の深度／距離を推定することができる。いくつかの実施形態では、標的解剖学的特徴（例えば、乳頭）に接触し、スコープをそのような特徴から離して後退させ、スコープを望ましい視野を提供する位置に駐留させるとき、移動した距離は、例えば、電磁センサデータを使用して位置合わせされ得る。更に、後続の画像は、そのような画像にどの程度大きな解剖学的特徴が現れるかに関連する情報を提供し、したがって、特徴サイズと距離との間の関係／マッピングを決定して、将来の位置決定に使用することができる。いくつかの実装では、機械学習が、画像を分類し、そのような画像内の特徴のサイズに基づいて位置情報を決定するために利用され得る。

【0149】

いくつかの実施形態では、機械学習が、画像データを解釈し、画像ピクセルの3D深度を示す出力を生成するようにニューラルネットワークフレームワークを訓練するために利用され得る。そのような機械学習は、本明細書に記載の任意の好適な若しくは望ましいプロセス又は機構に従って実装され得る。いくつかの実施形態では、医療器具（例えば、スコープ）と関連付けられた外部カメラセンサを、標的の3D場所を取得するために利用することができる。例えば、構造化照明センサ及び／又は飛行時間センサを、3D測位の決定で使用するすることができる。

【0150】

いくつかの実施形態によると、幾何学的並進アプローチが、標的解剖学的特徴の3D位置を検出するために実施され得る。例えば、本開示の特定の他の実施形態と同様に、別個のタイムスタンプと関連付けられる潜在的な画像が捕捉され得る。そのような画像に関連して、任意の好適な若しくは望ましいセンサ又はデバイスからのセンサ情報に基づいて決定され得る、カメラに関する回転並進情報が、3D空間内のそのような画像の位置を三角測量及び／又は決定し、それによって、3D空間内の標的解剖学的特徴の3D場所を示す情報を提供するために使用され得る。回転並進情報は、カメラ及び／又はスコープと関連付けられ、電磁場空間内のカメラの位置を示す、電磁ビーコンデバイスからなどのロボットアクチュエータ移動並びに／若しくは位置センサ情報に基づき得る。

10

【0151】

図12は、別個の時間、すなわち、それぞれ、時間(t)及び時間(t+1)に対応する時間(C_t及びC_{t+1}と称される)に撮影された第1の画像91及び第2の画像92を伴う、3D位置推定プロセスの態様を図示する図である。

【0152】

カメラの内因性及び外因性パラメータ(主点、焦点距離及び歪み係数、相対運動)を考慮すると、次いで、画像上の追跡された標的二次元(2D)場所に少なくとも部分的に基づいて、標的解剖学的特徴の3D場所を計算することができる。固有パラメータについては、カメラ主点及び焦点距離が、考慮され得る。考慮され得る追加のデータは、半径方向及び接線の歪み係数を含み得る。センサ読み取り値(例えば、ロボット又はEMベースのいずれか)に基づいて、2つの画像が撮影された場所間のスコープの回転R及び並進Tを含む、外因性パラメータも取得され得る。便宜上、Kは、内因性パラメータを含有するマトリックスとして表され得、Hは、C_tとC_{t+1}との間の外因性回転及び並進を含有する4×4マトリックスとして表され得る。

20

【0153】

C_tについては、3Dと2Dの投影関係は、 $x_t = KX$ として表すことができ、式中、Xは、3D座標w.r.t.である。C_t及びx_tは、画像t上の2D座標(標的の検出された重心)である。ここで、Kは、以下のように表現され得る3×4マトリックスであり、

【0154】

【数1】

$$K = \begin{bmatrix} K_{(1)} \\ K_{(2)} \\ K_{(3)} \end{bmatrix}$$

K_(n)は、Kの中の第n行である。

【0155】

同様に、C_{t+1}については、 $x_{t+1} = K'X$ であり、

【0156】

【数2】

$$K' = KH = \begin{bmatrix} K'_{(1)} \\ K'_{(2)} \\ K'_{(3)} \end{bmatrix}$$

である。

【0157】

x_t及びKXが並列ベクトルであるため、 $x_t \times KX = 0$ であり、同様に、 $x_{t+1} \times K'X = 0$ である。ここで、「×」は、クロス積演算子である。したがって、

50

【 0 1 5 8 】

【数 3】

$$x_t \times KX = 0 \Rightarrow \det \begin{bmatrix} i & j & k \\ u_t & v_t & 1 \\ K_{(1)}X & K_{(2)}X & K_{(3)}X \end{bmatrix} = 0$$

である。

【 0 1 5 9 】

上記は、 $i (v_t K_{(3)} X - K_{(2)} X) - j (u_t K_{(3)} X - K_{(1)} X) + k (u_t K_{(2)} X - v_t K_{(1)} X) = 0$ を生成し得、式中、 u_t 及び v_t は、 x_t の2D座標である。したがって、

【 0 1 6 0 】

【数 4】

$$v_t K_{(3)} X - K_{(2)} X = 0$$

$$u_t K_{(3)} X - K_{(1)} X = 0$$

$$u_t K_{(2)} X - v_t K_{(1)} X = 0$$

である。

【 0 1 6 1 】

ここで、第3の方程式が最初の2つの線形結合であるため、最初の2つの方程式のみが必要とされ得る。同様に、 C_{t+1} については、以下の2つの方程式を得ることができる。

【 0 1 6 2 】

【数 5】

$$v_{t+1} K'_{(3)} X - K'_{(2)} X = 0$$

$$u_{t+1} K'_{(3)} X - K'_{(1)} X = 0$$

【 0 1 6 3 】

C_t 及び C_{t+1} の方程式を積み重ねた後、以下が生成され得る。

$$AX = 0$$

式中、 A は、 4×4 マトリックスである。

【 0 1 6 4 】

【数 6】

$$A = \begin{bmatrix} v_t K_{(3)} - K_{(2)} \\ u_t K_{(3)} - K_{(1)} \\ v_{t+1} K'_{(3)} - K'_{(2)} \\ u_{t+1} K'_{(3)} - K'_{(1)} \end{bmatrix}$$

【 0 1 6 5 】

A 中の要素が公知である（検出された2D座標、内因性及び外因性パラメータ）ため、 X は、 A に特異値分解（singular value decomposition、SVD）を実施することによって計算することができる。

$$A = U \Sigma V^T$$

V の最後の列は、 X の解である。

【 0 1 6 6 】

したがって、前述の開示を考慮して、本明細書に開示される様々な発明の概念が、自動標的検出、標的追跡、及び／又は三次元位置推定を実施するために利用され得る。いくつ

10

20

30

40

50

かの実施形態では、本開示の態様は、有利には、標的解剖学的特徴との物理的接触を必要とすることなく、標的解剖学的特徴追跡を可能にし、これは、尿管鏡の使用の改良された人間工学を促進し得る。

【0167】

図12のシステムを実装するように構成された制御回路は、有利には、2つ（例えば、時間的に連続する）画像に存在する標的と関連付けられた三次元（3D）場所情報を生成することができる。いくつかの実装では、3D情報は、ニューラルネットワークフレームワークを使用して生成することができ、これは、図7に示され、かつ上記に記載される計算実装の代替として、又はそれに加えて上記に記載されるフレームワーク720と1つ又は2つ以上の点で同様であり得る。例えば、ニューラルネットワークへの入力は、標的解剖学的構造の3Dサイズ、3D場所（例えば、xyz座標）、又は画像パラメータに関連する他のデータを示す、画像、標識、又は他のデータを含むことができる。深度情報は、CTから決定することができるか、又は他の情報から導出することができる。例えば、深度及び／又はピクセル座標情報は、ニューラルネットワークからの出力であり得る。

【0168】

追加の実施形態

実施形態に応じて、本明細書に記載されるプロセス又はアルゴリズムのうちのいずれかの特定の行為、事象、又は機能は、異なる順序で実施することができ、追加、マージ、又は完全に除外され得る。したがって、特定の実施形態では、全ての記載された行為又は事象が、プロセスの実践のために必要であるわけではない。

【0169】

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仮定的な言語は、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、一般的に、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えることを意図している。したがって、そのような仮定的な言語は、一般的に、特徵、要素、及び／又はステップが、1つ又は2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つ又は2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、これらの特徵、要素、及び／又はステップが任意の特定の実施形態に含まれるか、若しくは実施されるかどうかを判断するための論理を必ず含むことを暗示することを意図しない。「備える（comprising）」、「含む（including）」、「有する（having）」、及び同等物などの用語、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、追加の要素、特徵、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、アイテム、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、一般に、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。

【0170】

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つ又は2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ともに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図示及び／又は記載される任意の構成要素、特徵、又はステップは、任意の他の実施形態に適用されるか、又はそれとともに使用することができる。更に、いずれの構成要素、特徵

、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、本明細書に開示され、以下に請求される本発明の範囲は、上記に記載される特定の実施形態によって限定されるべきではないが、以下に続く特許請求の範囲の公正な読み取りのみによって決定されるべきであることが意図される。

【0171】

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得、必ずしも物理的特性又は順序付けを暗示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、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対する要素の優先順位又は順序を示すわけではなく、むしろ、一般に、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。更に、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つ又は2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つ又は2つ以上の他の条件又は事象に基づいて実施され得る。

【0172】

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、例示的实施形態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。

【0173】

「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、図面に図示されるような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、図面に描写される配向に加えて、使用又は動作時のデバイスの異なる配向を包含することを意図していると理解されたい。例えば、図面に示される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」という例示的用語は、下側及び上側位置の両方を含み得る。デバイスはまた、他の方向に配向され得、したがって、空間的に相対的な用語は、配向に応じて異なって解釈され得る。

【0174】

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は「より少ない」だけでなく、「以下」も意味することができる。

【0175】

〔実施の態様〕

（1） 外科用器具を位置決めする方法であって、

患者の治療部位まで第1の医療器具を前進させることであって、前記第1の医療器具が、カメラを備える、前進させることと、

前記治療部位における標的解剖学的特徴と関連付けられた標的位置を記録することと、

前記第1の医療器具の前記カメラを使用して、前記治療部位の第1の画像を生成することと、

事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、前記第1の画像内の前記標的解剖学的特徴を識別することと、

前記第1の画像内の識別された前記標的解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、前記標的位置を調整することと、を含む、方法。

(2) 前記第1の画像内の前記識別された標的解剖学的特徴の前記位置に少なくとも部分的に基づいて、前記第1の医療器具の配向を調整することを更に含む、実施態様1に記載の方法。

(3) 前記第1の医療器具の前記配向の前記調整は、前記識別された標的解剖学的特徴を前記カメラと関連付けられた視野内で中心に置くことを伴う、実施態様2に記載の方法。

(4) 前記標的位置の前記記録は、
前記標的解剖学的特徴を前記第1の医療器具の遠位端と接触させることと、
前記標的解剖学的特徴及び前記第1の医療器具の前記遠位端の接触位置を示す位置データを生成することと、
前記位置データを1つ又は2つ以上のデータ記憶デバイスに記憶させることと、を伴う、実施態様1に記載の方法。

10

(5) 前記第1の画像の前記生成の前に、前記第1の医療器具の前記遠位端を前記標的解剖学的特徴から離して後退させることを更に含む、実施態様4に記載の方法。

【0176】

(6) 前記第1の画像の前記生成の後に、前記第1の医療器具の前記カメラを使用して、前記治療部位の第2の画像を生成することと、

前記事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、前記第2の画像内の解剖学的特徴を識別することと、

前記第2の画像の前記解剖学的特徴及び前記第1の画像の前記標的解剖学的特徴が同じ特徴を表すと決定することと、

20

前記決定に応答して、前記第2の画像内の識別された前記解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、前記標的位置を調整することと、を更に含む、実施態様1に記載の方法。

(7) 前記決定は、

前記第2の画像の前記解剖学的特徴の少なくとも一部と前記第1の画像の前記標的解剖学的特徴の少なくとも一部との間の重複の量を決定することと、

前記重複の量が所定の閾値よりも大きいと決定することと、を伴う、実施態様6に記載の方法。

(8) 前記第1の画像の前記標的解剖学的特徴の前記少なくとも一部をマスクする、前記第1の画像の第1のマスクを生成することと、

30

前記第2の画像の前記解剖学的特徴の前記少なくとも一部をマスクする、前記第2の画像の第2のマスクを生成することと、を更に含む、

前記重複の量の前記決定は、前記第1のマスク及び前記第2のマスクを使用して実施される、実施態様7に記載の方法。

(9) 前記決定は、前記第1の画像と前記第2の画像との間の特徴の移動を追跡することを伴う、実施態様6に記載の方法。

(10) 前記第1の画像及び前記第2の画像に少なくとも部分的に基づいて、前記第2の画像の前記解剖学的特徴の三次元位置を推定することを更に含む、実施態様6に記載の方法。

【0177】

40

(11) 前記解剖学的特徴の前記三次元位置の前記推定は、カメラ焦点距離、カメラ主点、前記第1の医療器具の相対運動、前記第1の医療器具の回転、及び電磁センサ読み取り値のうちの1つ又は2つ以上に基づく、実施態様10に記載の方法。

(12) 前記標的位置の前記調整は、前記第1の医療器具の決定された移動に少なくとも部分的に更に基づく、実施態様1に記載の方法。

(13) 前記患者の組織を通して前記標的位置に向かって第2の医療器具を経皮的に方向付けることを更に含む、実施態様1に記載の方法。

(14) 前記方向付けは、前記第1の医療器具及び前記第2の医療器具の両方の整合センサによって提供されたセンサデータを使用して実施される、実施態様13に記載の方法。

(15) 前記方法は、少なくとも部分的にロボットシステムによって実施される、実施

50

態様 1 に記載の方法。

【0178】

(16) 解剖学的特徴を標的化する方法であって、

患者の標的解剖学的特徴と関連付けられた標的位置を示す標的位置データを受信することと、

前記標的位置データを1つ又は2つ以上のデータ記憶デバイスに記憶することと、

患者内の手術部位の第1の画像を受信することと、

人工ニューラルネットワークを使用して、前記標的解剖学的特徴を表す前記第1の画像内の第1の形態を識別することと、

前記第1の画像内の識別された前記形態に基づいて、前記標的位置を示す更新された標的位置データを記憶することと、を含む、方法。

10

(17) 前記更新された標的位置データに応答して、医療器具を関節運動させることを更に含む、実施態様16に記載の方法。

(18) 前記方法は、医療システムの制御回路によって実施され、

前記標的位置データ及び前記第1の画像は、前記医療システムの内視鏡から受信される、実施態様16に記載の方法。

(19) 前記標的解剖学的特徴は、前記患者の腎臓の杯内の乳頭の露出部分である、実施態様16に記載の方法。

(20) 前記人工ニューラルネットワークは、公知の画像及び標識データに基づいて事前訓練される、実施態様16に記載の方法。

20

【0179】

(21) 前記人工ニューラルネットワークは、多層特徴ピラミッドネットワークを含む、実施態様20に記載の方法。

(22) 前記更新された標的位置データは、前記患者に関連する公知の呼吸器情報に少なくとも部分的に基づく、実施態様16に記載の方法。

(23) 前記手術部位の第2の画像を受信することと、

前記人工ニューラルネットワークを使用して、前記標的解剖学的特徴を表す前記第2の画像内の第2の形態を識別することと、

前記第1の形態及び前記第2の形態に少なくとも部分的に基づいて、前記標的解剖学的特徴の三次元位置を決定することと、を更に含む、実施態様16に記載の方法。

30

(24) 前記標的解剖学的特徴の前記三次元位置の前記決定は、前記第2の形態の相対的サイズに少なくとも部分的に基づく、実施態様23に記載の方法。

(25) 医療システムであって、

カメラを有する内視鏡であって、その遠位端と関連付けられた電磁位置センサを有する、内視鏡と、

複数の関節運動アームを含む、ロボット医療サブシステムと、

前記内視鏡及び前記ロボット医療サブシステムに通信可能に結合された制御回路であって、

ユーザ入力に応答して、患者の治療部位まで前記内視鏡を前進させ、

電磁場内の前記内視鏡の前記遠位端の位置を記録し、

40

前記位置を標的解剖学的位置として示すユーザインターフェースデータを生成し、

前記内視鏡の前記カメラから第1の画像を受信し、

事前訓練されたニューラルネットワークを使用して、前記第1の画像内の標的解剖学的特徴を識別し、かつ

前記第1の画像内の識別された前記標的解剖学的特徴の位置に少なくとも部分的に基づいて、前記標的解剖学的位置を調整するように構成された制御回路と、を備える、医療システム。

【0180】

(26) 前記制御回路は、前記電磁場内の前記内視鏡の前記遠位端を校正するように更に構成されている、実施態様25に記載の医療システム。

50

(27) 前記制御回路に通信可能に結合されたロボット腎臓鏡を更に備える、実施態様25に記載の医療システム。

(28) コンピューティングデバイスであって、
内視鏡インターフェースと、

1つ又は2つ以上のプロセッサ及び1つ又は2つ以上のデータ記憶デバイスを備える、
制御回路であって、

前記内視鏡インターフェース上で前記制御回路に結合された内視鏡の遠位端の位置を示す整合センサデータを受信し、

前記内視鏡の前記遠位端の前記位置を標的腎臓鏡検査位置として示す、第1のユーザインターフェースデータを生成し、

前記内視鏡インターフェース上で医療部位の第1の画像を受信し、

前記第1の画像内の第1の解剖学的形態を識別し、

前記内視鏡インターフェース上で前記医療部位の第2の画像を受信し、

前記第2の画像内の第2の解剖学的形態を識別し、

前記第1の解剖学的形態及び前記第2の解剖学的形態が同じ標的解剖学的特徴を表すと決定し、かつ

前記決定に基づいて、前記標的腎臓鏡検査位置を更新するように構成された制御回路と、を備える、コンピューティングデバイス。

(29) 前記制御回路は、前記第1の画像及び前記第2の画像のオーバーレイにおける前記第1の形態及び前記第2の形態の重複の量が、所定の閾値よりも大きいと決定するように更に構成されている、実施態様28に記載のコンピューティングデバイス。

(30) 前記制御回路は、前記標的腎臓鏡検査位置の前記更新に応答して、更新された前記標的腎臓鏡検査位置を示す第2のユーザインターフェースデータを生成するように構成されている、実施態様28に記載のコンピューティングデバイス。

【図面】

【図1】

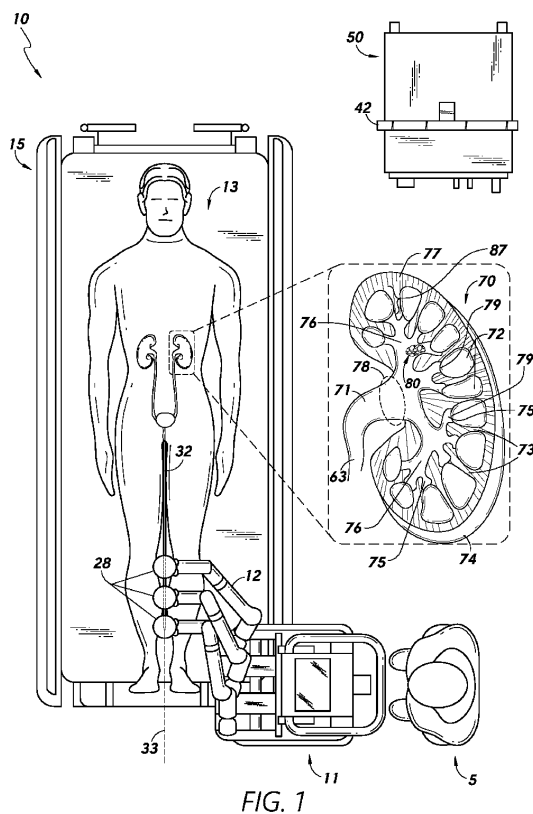
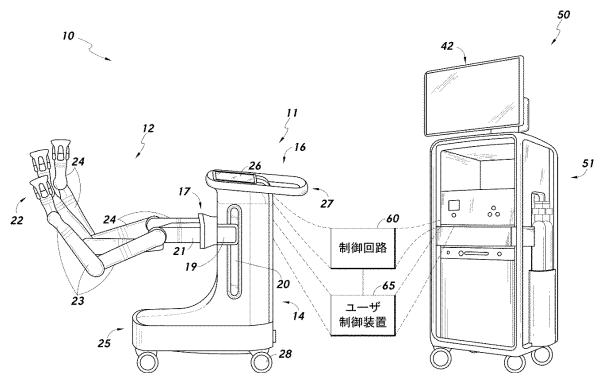


FIG. 1

【図2】



10

20

30

40

50

【図 3】

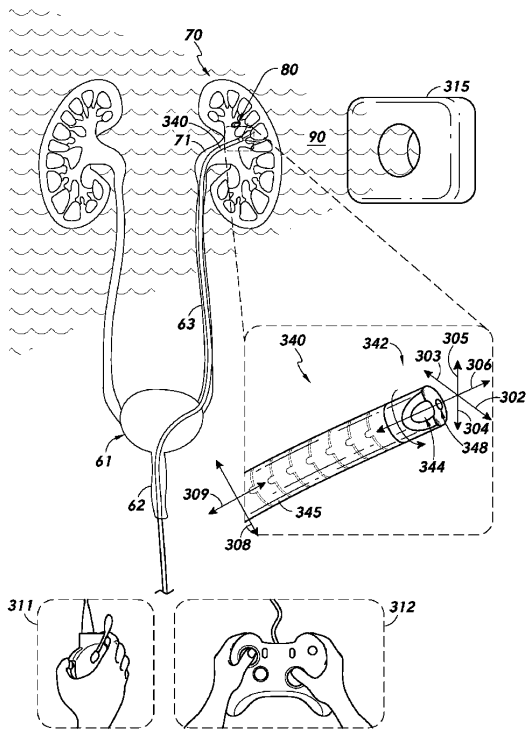
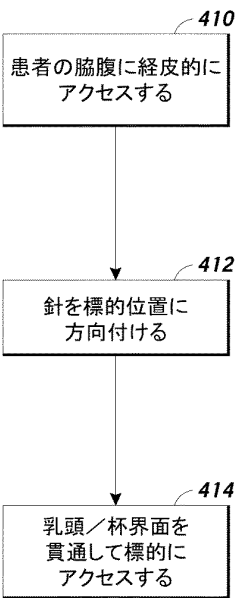


FIG. 3

【図 4 - 1】



【図 4 - 2】



【図 5 - 1】

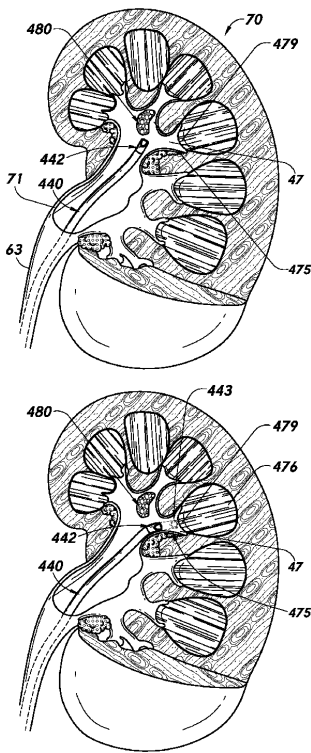


FIG. 5-1

【図 5 - 2】

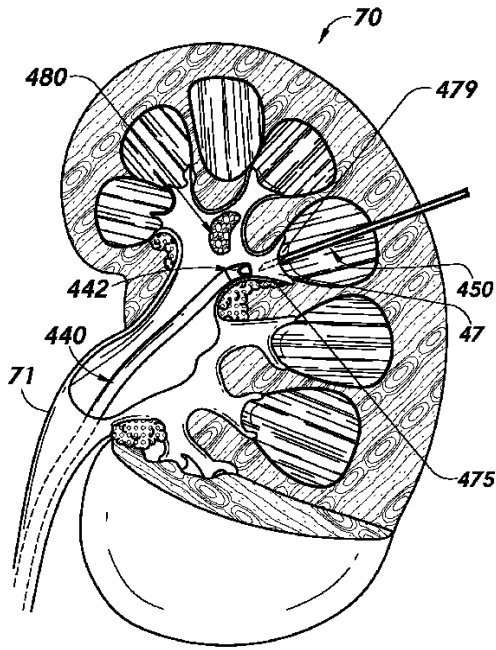
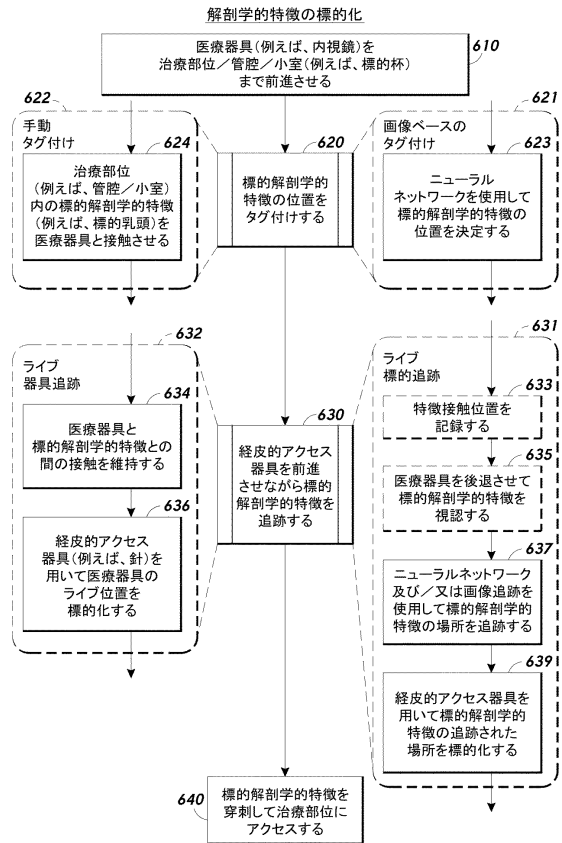
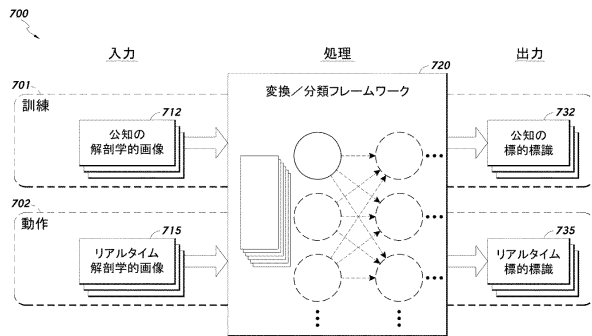


FIG. 5-2

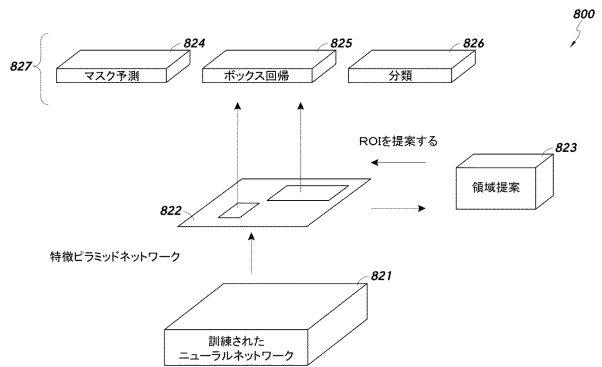
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

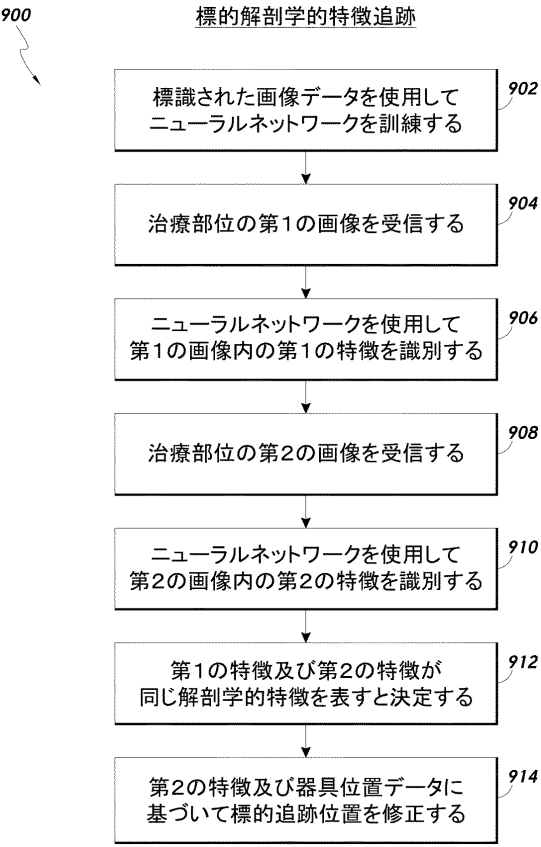
20

30

40

50

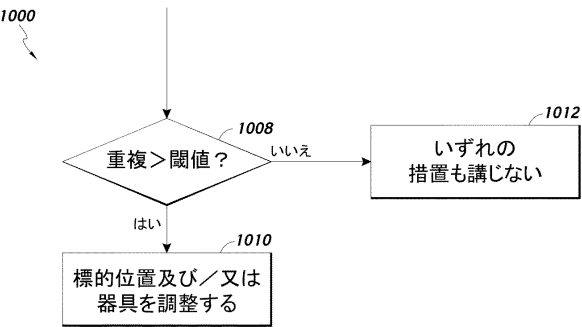
【図 9】



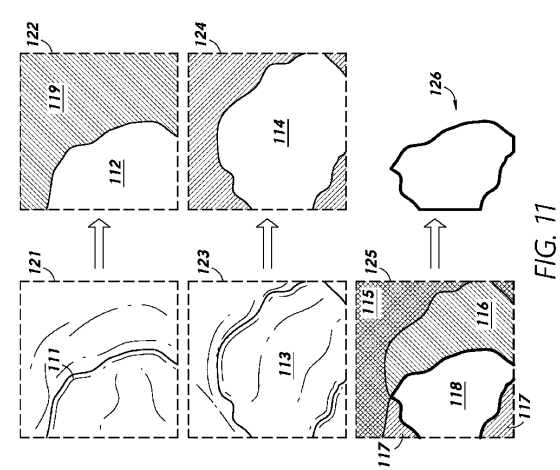
【図 10-1】



【図 10-2】



【図 11】



10

20

30

40

50

【図 12】

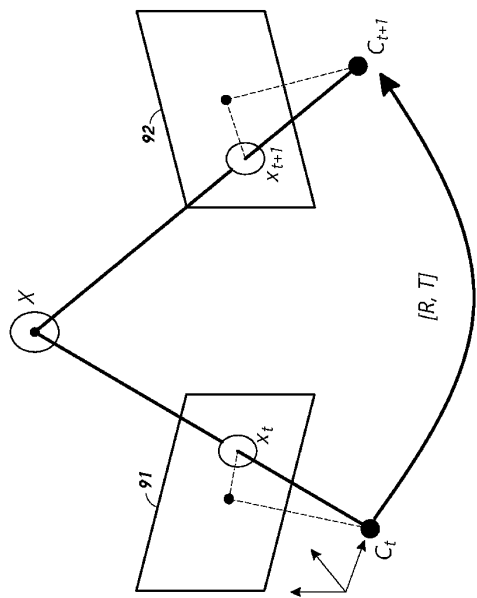


FIG. 12

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 アイバリ・エリフ

アメリカ合衆国、9 4 0 6 5 カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ 1 5 0

(72)発明者 ヌーナン・デイビッド・ポール

アメリカ合衆国、9 4 1 0 3 カリフォルニア州、サン・フランシスコ、パール・ストリート 7 8

審査官 槻木澤 昌司

(56)参考文献 米国特許出願公開第2019/0365209 (US, A1)

米国特許出願公開第2019/0201106 (US, A1)

米国特許出願公開第2019/0262084 (US, A1)

特表2019-508072 (JP, A)

特表2019-505245 (JP, A)

特表2021-525584 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

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

G 0 6 T 7 / 0 0