

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7607574号  
(P7607574)

(45)発行日 令和6年12月27日(2024.12.27)

(24)登録日 令和6年12月19日(2024.12.19)

(51)国際特許分類 F I  
A 6 1 B 34/30 (2016.01) A 6 1 B 34/30

請求項の数 20 (全123頁)

(21)出願番号	特願2021-552595(P2021-552595)	(73)特許権者	322004636
(86)(22)出願日	令和2年3月9日(2020.3.9)		プロセプト バイオロボティクス コーポ レイション
(65)公表番号	特表2022-533297(P2022-533297 A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1 3 4 , サン ノゼ , ベイテック ドライブ 1 5 0
(43)公表日	令和4年7月22日(2022.7.22)	(74)代理人	100078282
(86)国際出願番号	PCT/US2020/021756		弁理士 山本 秀策
(87)国際公開番号	WO2020/181290	(74)代理人	100113413
(87)国際公開日	令和2年9月10日(2020.9.10)		弁理士 森下 夏樹
審査請求日	令和5年3月8日(2023.3.8)	(74)代理人	100181674
(31)優先権主張番号	62/814,966		弁理士 飯田 貴敏
(32)優先日	平成31年3月7日(2019.3.7)	(74)代理人	100181641
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100181641
(31)優先権主張番号	62/933,793		弁理士 石川 大輔
(32)優先日	令和1年11月11日(2019.11.11)	(74)代理人	230113332
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 組織切除および撮像のためのロボットアームおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

患者の組織を治療または撮像するシステムであって、前記システムは、  
前記患者の中への挿入のためにサイズを決定されたプローブと、  
前記プローブに結合するように構成されたロボットアームと、  
前記ロボットアームに動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスと  
を備え、  
前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、  
支点場所に対する前記プローブのための許容可動域に対する制限を、ユーザによる前記プ  
ローブの操作に応答した前記許容可動域に対する前記制限を検出することによって、確立  
することであって、前記プローブは、前記患者内に挿入されている間において操作され、  
前記支点場所の周りでの運動の角度範囲を伴って前記ロボットアームに接続され、前記許  
容可動域に対する前記制限は、前記1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に  
記憶されている、ことと、

10

前記プローブを用いて、前記患者の標的組織を治療または撮像することと、  
前記ロボットアームを移動させ、前記プローブのための前記許容可動域内の前記プロー  
ブの移動に影響を及ぼすことと  
を行うための命令で構成されている、システム。

【請求項2】

前記プローブは、前記ロボットアームが受動モードである間に前記ロボットアームに結

20

合するように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記プローブのための前記許容可動域は、前記ロボットアームが受動モードである間に確立される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記プローブのための前記許容可動域を確立することは、ユーザ入力に応答して前記プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記プローブのための前記許容可動域を確立することは、前記プローブの位置に応答して前記プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 6】

前記標的組織に対する前記プローブの位置は、前記標的組織の 1 つ以上の画像内の 1 つ以上の組織目印に応答して決定される、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

リアルタイムで前記プローブのための前記許容可動域を更新することをさらに含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスをさらに備え、前記ユーザ入力デバイスは、前記ロボットアームの移動を制御するための 1 つ以上のユーザ命令を提供し、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記ロボットアームを移動させることは、前記ロボットアームの移動を制御するための前記 1 つ以上のユーザ命令に応答して前記ロボットアームを移動させることを含む、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 9】

前記ユーザ入力デバイスは、前記ロボットアームの端部の近傍のコントローラ、ディスプレイ画面上のユーザインターフェース、コンソール上のユーザインターフェース、または、定位置に前記ロボットアーム上のプローブを誘導するために前記ユーザによって提供される前記アームの前記端部上の力に応答するコントローラのうちの 1 つ以上を備えている、請求項 8 に記載のシステム。

30

【請求項 10】

前記プローブおよび 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の力センサをさらに備え、前記 1 つ以上の力センサは、前記プローブを用いた前記患者の組織の圧縮を検出する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、圧縮の事前決定された閾値レベルを超える前記組織の検出された圧縮に応答して前記治療を中断するための命令で構成されたプロセッサを備えている、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記 1 つ以上の力センサは、前記ロボットアームに動作可能に結合されている、請求項 10 に記載のシステム。

40

【請求項 13】

前記プローブおよび前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の運動センサをさらに備え、前記 1 つ以上の運動センサは、前記患者の移動を検出し、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、前記患者の検出された移動に応答して前記プローブの位置を調節するように構成されている、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記ロボットアームは、前記プローブを手動で設定された位置に手動で調節するための受動モードを備えている、請求項 1 に記載のシステム。

50

## 【請求項 15】

前記受動モードにおいて、前記プローブは、前記ロボットアームを用いて支持され、前記プローブは、前記ロボットアームと前記プローブとの間のインターフェースにおける複数のセンサを備え、前記複数のセンサは、前記ユーザが前記プローブを導くための前記複数のセンサに結合されたハンドルからユーザ入力を受信する、請求項 14 に記載のシステム。

## 【請求項 16】

前記複数のセンサに結合されたハンドルは、前記ハンドルのユーザ操作に応じるように構成され、前記インターフェースにおける前記複数のセンサは、前記ハンドルのユーザ操作に応答して前記プローブを操作するための前記 1 つ以上のコンピューティングデバイス  
10

## 【請求項 17】

前記複数のセンサは、6 自由度を伴う前記ハンドルのユーザ操作を検出するように構成され、前記プロセッサは、6 自由度で前記プローブを移動させるように構成され、前記 6 自由度に対応する運動は、前記ユーザ操作に応答している、請求項 16 に記載のシステム。

## 【請求項 18】

前記受動モードで前記ロボットアームを手動で調節することは、少なくとも 1 つの回転軸または少なくとも 1 つの平行移動軸のうちの 1 つ以上において前記プローブを手動で調節することを含む、請求項 14 に記載のシステム。

## 【請求項 19】

前記少なくとも 1 つの回転軸は、第 1 の回転軸と、前記第 1 の回転軸に直交する第 2 の回転軸と、前記第 1 および第 2 の回転軸に直交する第 3 の回転軸とを備え、前記少なくとも 1 つの平行移動軸は、第 1 の平行移動軸と、前記第 1 の平行移動軸に直交する第 2 の平行移動軸と、前記第 1 および第 2 の平行移動軸に直交する第 3 の平行移動軸とを備えている、請求項 18 に記載のシステム。  
20

## 【請求項 20】

前記第 1 の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第 2 の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第 3 の回転軸は、ロール軸を備え、前記第 1 の平行移動軸は、X 軸を備え、前記第 2 の平行移動軸は、Y 軸を備え、前記第 3 の平行移動軸は、Z 軸を備えている、請求項 19 に記載のシステム。  
30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、その開示が参照によってそれらの全体として組み込まれる 2019 年 11 月 1 日に出願された米国仮出願第 62/933,793 号、および 2019 年 3 月 7 日に出願された米国仮出願第 62/814,966 号の 35 U.S.C. § 119(e) の下の利益を主張する。

## 【0002】

本願の主題は、その内容全体が参照することによって本明細書に組み込まれる以下の特許および特許出願：2008 年 1 月 2 日に出願され、現在は米国特許第 7,882,841 号である米国特許出願第 11/968,445 号、2009 年 3 月 6 日に出願され、現在は米国特許第 8,814,921 号である米国特許出願第 12/399,585 号、2014 年 7 月 17 日に出願され、現在は米国特許第 9,364,251 号である米国特許出願第 14/334,247 号、および 2015 年 9 月 4 日に出願された国際出願第 PCT/US2015/048695 号に関連する。  
40

## 【背景技術】

## 【0003】

本開示の分野は、エネルギーを用いた組織の治療に関し、より具体的に、流体流エネルギーを用いた前立腺等の器官の治療に関する。  
50

## 【 0 0 0 4 】

患者等の対象を治療する以前の方法及び装置は、少なくともいくつかの事例では、準理想的組織除去をもたらす得る。例えば、前立腺外科手術の以前の方法は、少なくともいくつかの事例では、理想的であろうものより長い治療時間、およびあまり望ましくない転帰をもたらす得る。

## 【 0 0 0 5 】

組織を撮像する以前の方法及び装置は、治療された組織を撮像するために準理想的であり得る。例えば、以前の超音波方法及び装置は、治療中に治療部位を視認するために適していないこともあり、治療画像との診断画像の整列は、準理想的であり得る。また、組織を治療する以前の治療方法及び装置のうちの少なくともいくつかは、従来技術の撮像システムとの組み合わせから適していないこともある。少なくともいくつかの事例では、例えば、組織のリアルタイム画像に基づいてユーザが治療を調節することを可能にするであろう組織のリアルタイム撮像を提供するように、外科手術中に組織の向上した撮像を提供することが役立つであろう。外科手術中に組織を撮像するための以前の方法及び装置のうちの少なくともいくつかは、使用することが若干煩雑であり得、患者治療の遅延をもたらす得る。

10

## 【 0 0 0 6 】

前立腺等の器官を治療するための以前の方法及び装置は、ユーザにとって若干煩雑であり、手術の準理想的計画を提供し得るユーザインターフェースを提供し得る。また、前立腺組織等の組織を治療するための以前の技術の方法及び装置のうちの少なくともいくつかは、理想的であろうものより若干低正確度であり得る。少なくともいくつかの事例では、以前の方法及び装置は、準理想的ユーザ体験を提供し得る。また、以前のインターフェースのうちの少なくともいくつかは、組織構造との治療装置の準理想的結合を提供し得る。

20

## 【 0 0 0 7 】

ロボット計装を用いて組織を治療する以前の方法及び装置は、治療中に準理想的であり得る。ロボット外科手術システムのロボットアームおよび外科用プローブは、治療に先立って、相互および患者と整列させられ得る。いくつかの事例では、ロボットアームおよび外科用プローブは、最初に、互いに結合される前に手動で移動させられ、位置付けられ、さらなるコントローラベースの調節のために定位置で係止される。例えば、ロボットアームに結合される外科用プローブまたは他のツールが、経直腸超音波（「TRUS」）の場合、肛門および直腸を通して、または敏感な生体構造を通して急カーブを伴う尿道、前立腺、および膀胱頸部の蛇行性経路を通して等、標的部位に到達するように、生体構造を通して手動で誘導され得る。少なくともいくつかの事例では、手動調節後および治療中の所望の整列の維持およびロボットアームの安定性は、準理想的であり得る。例えば、以前のロボットアームおよび端部外科用プローブは、過剰に堅く保持され得、潜在的に患者移動に関連する組織傷害につながり得るか、または、準理想的支持強度で保持され得、例えば、ぶつけられると、または結合に続いてユーザの把持から解放されると、ロボットアームおよび外科用プローブが妨害された場合、標的部位との準理想的整列につながり得る。

30

## 【 0 0 0 8 】

本開示に関連する研究は、プローブをロボットアームと整列させることへの以前のアプローチが、少なくともいくつかの事例では準理想的であり得ることを示唆する。

40

## 【 0 0 0 9 】

これらの前述の方法及び装置は、非常に効果的であり得、以前の管腔組織治療アプローチと比べて大きな進歩を表し得るが、完全自動および医師支援動作モードの両方で、より正確な組織除去を支援するように、改良を提供することが望ましいであろう。これらの目的の少なくともいくつかは、以降で説明される本発明によって満たされるであろう。

## 【 発明の概要 】

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

50

本開示の実施形態は、組織切除等の組織治療を実施するための改良された方法および装置を提供する。いくつかの実施形態では、画像誘導治療システムは、治療プローブと、撮像プローブとを備えている。撮像プローブは、治療プローブが標的組織の切除を実施している間に、標的部位の画像を提供するように構成され得る。いくつかの実施形態では、治療プローブおよび撮像プローブの各々は、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下でロボットアームに結合される。治療プローブは、治療プローブを用いた組織切除の間に治療プローブのコンピュータ制御された移動を提供するように構成される、第1のロボットアームに結合され得る。撮像プローブは、撮像プローブを用いた標的部位の走査の間に、治療プローブを用いた組織切除手技の前および/または間に、撮像プローブのコンピュータ制御された移動を提供するように構成される、第2のロボットアームに結合され得る。1つ以上のコンピューティングデバイスは、同一または異なる組織部位からの撮像およびそこでの治療等のために、ロボットアームが手動で調節され、治療および撮像プローブを手動で設定された位置に位置付けるように構成される、受動モードでロボットアームを動作させるための命令を実行するように構成され得る。1つ以上のコンピューティングデバイスは、ロボットアームが手動調節から解放された後、プローブの手動で設定された位置を維持するための命令を実行するように構成され得る。ロボットアームは、平行移動軸または回転軸のうちの1つ以上において手動で設定された位置を維持するように構成され得る。いくつかの実施形態では、回転角度は、5°以内に維持され、平行移動位置は、5mm以内またはそれ未満に維持される。いくつかの実施形態では、回転角度および平行移動位置は、3つの軸毎に維持され、これは、プローブを用いた撮像および治療の正確度を改良し得る。

10

20

#### 【0011】

第1および第2のロボットアームに動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスは、例えば、事前計画またはプログラムされた走査プロファイルに基づいて、もしくは種々の事前プログラムされたパラメータに従って、治療プローブおよび/または撮像プローブの移動を自動的に制御するように構成され得る。治療プロファイルに沿った治療プローブの自動的に制御された移動は、例えば、標的部位の治療を実施することができる。撮像プロファイルに沿った画像プローブの自動的に制御された移動は、例えば、標的部位の3次元レンダリングを発生させることができる。ロボットアームを使用する、撮像プローブを用いた標的部位の自動的なコンピュータ制御された走査もまた、追加の治療のための標的部位に関する有用な情報を発生させるために使用されることができる。例えば、撮像プローブは、止血を要求する標的部位内の出血部位を特定するために、切除手技後に標的部位のカラー/ドップラ走査を実施するように構成され得る。撮像プローブを使用する標的部位の3次元走査もまた、腫瘍等の標的部位における組織異常を識別するために使用され得る。

30

#### 【0012】

代替として、または加えて、1つ以上のコンピューティングデバイスは、例えば、治療装置のグラフィカルユーザインターフェースを通じた、ユーザ入力にตอบสนองして、治療プローブおよび/または撮像プローブの移動を制御するように構成され得る。いくつかの実施形態では、1つ以上のコンピューティングデバイスは、コンピュータ制御下で第1または第2のアームの使用を開始することに先立って、第1および/または第2のロボットアームにプログラムされ得る、許容可動域内で治療プローブおよび/または撮像プローブの移動を限定するように構成され得る。

40

#### 【0013】

第1のロボットアームおよび/または第2のロボットアームは、第1のアームおよび/または第2のアームの位置および/または向きを調節し、治療プローブおよび撮像プローブの適切な位置または整列を維持するように、および/または患者の身体の外側の治療プローブと撮像プローブとの間の衝突または干渉を防止するように構成され得る。

#### 【0014】

第1のロボットアームおよび/または第2のロボットアームは、1つ以上のフィードバ

50

ック感知機構を備え得る。例えば、第1のロボットアームおよび/または第2のロボットアームは、治療プローブおよび/または撮像プローブの前方の組織の圧縮を検出するように構成されている、力センサと動作可能に結合され得る。1つ以上のコンピューティングデバイスは、例えば、前部組織の過剰圧縮ならびに組織および/またはプローブへの結果として生じる損傷を防止するために、センサによって検出される力に応答して、ロボットアームの移動を制御する命令を備え得る。別の例示的フィードバック感知機構は、第1および/または第2のロボットアームと動作可能に結合される、位置および/または運動センサを備え得る。1つ以上のコンピューティングデバイスは、例えば、治療および/または走査手技の間の患者移動に応答して、治療および/または撮像プローブの位置を調節するために、センサによって検出される位置および/または運動に応答して、ロボットアームの移動を制御する命令を備え得る。

10

【0015】

これらおよび他の実施形態は、添付の図面に関連する以下の説明においてさらに詳細に説明される。

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

患者の組織を治療または撮像するシステムであって、前記システムは、  
前記患者の中への挿入のためにサイズを決定されたプローブと、  
前記プローブに結合するように構成されたロボットアームと、  
前記ロボットアームに動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスと  
を備え、

20

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、  
前記プローブのための許容可動域を確立することであって、前記許容可動域は、1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶されている、ことと、  
前記プローブを用いて、前記患者の標的組織を治療または撮像することと、  
前記ロボットアームを移動させ、前記プローブのための前記許容可動域内の前記プローブの移動に影響を及ぼすことと  
を行うための命令で構成されている、システム。

(項目2)

前記プローブは、前記ロボットアームが受動モードである間に前記ロボットアームに結合するように構成されている、項目1に記載のシステム。

30

(項目3)

前記プローブのための前記許容可動域は、前記ロボットアームが受動モードである間に確立される、項目1に記載のシステム。

(項目4)

前記プローブのための前記許容可動域を確立することは、ユーザ入力に応答して前記プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、項目1に記載のシステム。

(項目5)

前記プローブのための前記許容可動域を確立することは、前記プローブの位置に応答して前記プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、項目1に記載のシステム。

40

(項目6)

前記標的組織に対する前記プローブの位置は、前記標的組織の1つ以上の画像内の1つ以上の組織目印に応答して決定される、項目5に記載のシステム。

(項目7)

リアルタイムで前記プローブのための前記許容可動域を更新することをさらに含む、項目1に記載のシステム。

(項目8)

1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスをさらに備え、前記ユーザ入力デバイスは、前記ロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令を提供し、前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前

50

前記ロボットアームを移動させることは、前記ロボットアームの移動を制御するための前記1つ以上のユーザ命令にตอบสนองして前記ロボットアームを移動させることを含む、項目1に記載のシステム。

(項目9)

前記ユーザ入力デバイスは、前記ロボットアームの端部の近傍のコントローラ、ディスプレイ画面上のユーザインターフェース、コンソール上のユーザインターフェース、または、定位置に前記ロボットアーム上のプローブを誘導するために前記ユーザによって提供される前記アームの前記端部上の力にตอบสนองするコントローラのうちの1つ以上を備えている、項目8に記載のシステム。

(項目10)

前記プローブおよび1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上の力センサをさらに備え、前記1つ以上の力センサは、前記プローブを用いた前記患者の組織の圧縮を検出する、項目1に記載のシステム。

(項目11)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、圧縮の事前決定された閾値レベルを超える前記組織の検出された圧縮にตอบสนองして前記治療を中断するための命令で構成されたプロセッサを備えている、項目10に記載のシステム。

(項目12)

前記1つ以上の力センサは、前記ロボットアームに動作可能に結合されている、項目10に記載のシステム。

(項目13)

前記プローブおよび前記1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上の運動センサをさらに備え、前記1つ以上の運動センサは、前記患者の移動を検出し、前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記患者の検出された移動にตอบสนองして前記プローブの位置を調節するように構成されている、項目12に記載のシステム。

(項目14)

前記ロボットアームは、前記プローブを手動で設定された位置に手動で調節するための受動モードを備えている、項目1に記載のシステム。

(項目15)

前記受動モードにおいて、前記プローブは、前記ロボットアームを用いて支持され、前記プローブは、前記ロボットアームと前記プローブとの間のインターフェースにおける複数のセンサを備え、前記複数のセンサは、前記ユーザが前記プローブを導くための複数のセンサに結合されたハンドルからユーザ入力を受信する、項目14に記載のシステム。

(項目16)

前記複数のセンサに結合されたハンドルは、前記ハンドルのユーザ操作に応じるように構成され、前記インターフェースにおける前記複数のセンサは、前記ハンドルのユーザ操作にตอบสนองして前記プローブを操作するための前記1つ以上のコンピューティングデバイスのプロセッサに結合されている、項目15に記載のシステム。

(項目17)

前記複数のセンサは、6自由度を伴う前記ハンドルのユーザ操作を検出するように構成され、前記プロセッサは、6自由度で前記プローブを移動させるように構成され、前記6自由度に対応する運動は、前記ユーザ操作にตอบสนองしている、項目16に記載のシステム。

(項目18)

前記受動モードで前記ロボットアームを手動で調節することは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上において前記プローブを手動で調節することを含む、項目14に記載のシステム。

(項目19)

前記少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、前記第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、前記第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、前記少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、前記第1の平行移動軸に直交する第2の平

10

20

30

40

50

行移動軸と、前記第 1 および第 2 の平行移動軸に直交する第 3 の平行移動軸とを備えている、項目 1 8 に記載のシステム。

(項目 2 0)

前記第 1 の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第 2 の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第 3 の回転軸は、ロール軸を備え、前記第 1 の平行移動軸は、X 軸を備え、前記第 2 の平行移動軸は、Y 軸を備え、前記第 3 の平行移動軸は、Z 軸を備えている、項目 1 9 に記載のシステム。

(項目 2 1)

前記プローブの前記手動で設定された位置は、前記ロボットアームが手動調節から解放された後、維持される、項目 1 4 に記載のシステム。

10

(項目 2 2)

前記ロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの 1 つ以上における公差を伴って前記手動で設定された位置を維持するように構成され、随意に、前記公差は、3 つの軸のうちの 1 つ以上のまわりの回転に関して  $5^\circ$ 、3 つの軸のうちの 1 つ以上に沿った平行移動に関して 5 mm 以内であり、随意に、3 つの軸のうちの 1 つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$  以内であり、随意に、平行移動公差は、3 mm 以内、随意に、2 mm である、項目 2 1 に記載のシステム。

(項目 2 3)

前記プローブは、撮像プローブを備えている、項目 2 1 に記載のシステム。

(項目 2 4)

前記プローブは、治療プローブを備え、前記ロボットアームは、第 1 のロボットアームを備え、前記システムは、

20

前記患者の中への挿入のためにサイズを決定された撮像プローブと、

前記撮像プローブに結合された第 2 のロボットアームと

をさらに備え、

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、前記撮像プローブのための許容可動域を確立するための命令で構成されている、項目 2 1 に記載のシステム。

(項目 2 5)

前記撮像プローブは、前記撮像プローブを用いて前記患者の標的部位を撮像するように構成され、前記第 2 のロボットアームは、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で移動し、前記撮像プローブのための前記許容可動域内の前記撮像プローブの移動に影響を及ぼすように構成されている、項目 2 4 に記載のシステム。

30

(項目 2 6)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、前記組織の撮像および治療のための命令を備えている、項目 1 に記載のシステム。

(項目 2 7)

患者の標的部位における標的組織を治療する方法であって、前記方法は、

プローブを前記患者の中に手動で挿入することと、

前記プローブをロボットアームに結合することと、

前記プローブのための許容可動域を確立することであって、前記許容可動域は、前記ロボットアームと動作可能に結合された 1 つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶されている、ことと、

40

前記プローブを用いて、前記患者の標的組織を治療または撮像することと、

前記プローブと動作可能に結合された前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で、前記ロボットアームを移動させ、前記プローブのための前記許容可動域内の前記プローブの移動に影響を及ぼすことと

を含む、方法。

(項目 2 8)

前記プローブは、前記ロボットアームが受動モードである間に前記ロボットアームに結合される、項目 2 7 に記載の方法。

50

(項目 29)

前記プローブのための前記許容可動域は、前記ロボットアームが受動モードである間に確立される、項目 27 に記載の方法。

(項目 30)

前記プローブのための前記許容可動域を確立することは、ユーザ入力に応答して前記プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、項目 27 に記載の方法。

(項目 31)

前記プローブのための前記許容可動域を確立することは、前記プローブの位置に応答して前記プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、項目 27 に記載の方法。

(項目 32)

前記標的組織に対する前記プローブの位置は、前記標的組織の 1 つ以上の画像内の 1 つ以上の組織目印に応答して決定される、項目 31 に記載の方法。

(項目 33)

リアルタイムで前記プローブのための前記許容可動域を更新することをさらに含む、項目 27 に記載の方法。

(項目 34)

1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスから、前記ロボットアームの移動を制御するための 1 つ以上のユーザ命令を受信することをさらに含み、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記ロボットアームを移動させることは、前記ロボットアームの移動を制御するための前記 1 つ以上のユーザ命令に応答して前記ロボットアームを移動させることを含む、項目 27 に記載の方法。

(項目 35)

前記ユーザ入力デバイスは、前記ロボットアームの端部上のコントローラ、ディスプレイ画面上のユーザインターフェース、コンソール上のユーザインターフェース、または、定位置に前記ロボットアーム上のプローブを誘導するための前記ユーザによって提供される前記アームの端部上の力に応答するコントローラのうちの 1 つ以上を備えている、項目 34 に記載の方法。

(項目 36)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の力センサから、センサデータを受信することをさらに含み、前記 1 つ以上の力センサは、前記プローブを用いた前記患者の組織の圧縮を検出するように構成されている、項目 27 に記載の方法。

(項目 37)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、圧縮の事前決定された閾値レベルを超える前記組織の検出された圧縮に応答して前記治療を中断するための命令で構成されたプロセッサを備えている、項目 36 に記載の方法。

(項目 38)

前記 1 つ以上の力センサは、前記ロボットアームに動作可能に結合されている、項目 36 に記載の方法。

(項目 39)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の運動センサから、センサデータを受信することをさらに含み、前記 1 つ以上の運動センサは、前記患者の移動を検出するように構成され、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記ロボットアームを移動させることは、前記患者の検出された移動に応答して前記プローブの位置を調節することを含む、項目 38 に記載の方法。

(項目 40)

受動モードで前記ロボットアームを手動で調節し、前記プローブを手動で設定された位置に手動で調節することをさらに含む、項目 27 に記載の方法。

(項目 41)

前記受動モードにおいて、前記プローブは、前記ロボットアームを用いて支持され、前

10

20

30

40

50

記プローブは、前記ロボットアームと前記プローブとの間のインターフェースにおける複数のセンサを備え、前記複数のセンサは、前記ユーザが前記プローブを導くための複数のセンサに結合されたハンドルからユーザ入力を受信する、項目 4 0 に記載の方法。

(項目 4 2)

前記複数のセンサに結合されたハンドルは、前記ハンドルのユーザ操作に応じるように構成され、前記インターフェースにおける前記複数のセンサは、前記ハンドルのユーザ操作に応答して前記プローブを操作するための前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスのプロセッサに結合されている、項目 4 1 に記載の方法。

(項目 4 3)

前記複数のセンサは、6 自由度を伴う前記ハンドルのユーザ操作を検出するように構成され、前記プロセッサは、6 自由度で前記プローブを移動させるように構成され、前記 6 自由度に対応する運動は、前記ユーザ操作に応答している、項目 4 2 に記載の方法。

10

(項目 4 4)

前記受動モードで前記ロボットアームを手動で調節し、前記プローブを手動で調節することは、少なくとも 1 つの回転軸または少なくとも 1 つの平行移動軸のうちの 1 つ以上において前記プローブを手動で調節することを含む、項目 4 0 に記載の方法。

(項目 4 5)

前記少なくとも 1 つの回転軸は、第 1 の回転軸と、前記第 1 の回転軸に直交する第 2 の回転軸と、前記第 1 および第 2 の回転軸に直交する第 3 の回転軸とを備え、前記少なくとも 1 つの平行移動軸は、第 1 の平行移動軸と、前記第 1 の平行移動軸に直交する第 2 の平行移動軸と、前記第 1 および第 2 の平行移動軸に直交する第 3 の平行移動軸とを備えている、項目 4 4 に記載の方法。

20

(項目 4 6)

前記第 1 の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第 2 の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第 3 の回転軸は、ロール軸を備え、前記第 1 の平行移動軸は、X 軸を備え、前記第 2 の平行移動軸は、Y 軸を備え、前記第 3 の平行移動軸は、Z 軸を備えている、項目 4 5 に記載の方法。

(項目 4 7)

前記プローブの手動で設定された位置は、前記ロボットアームが手動調節から解放された後、維持される、項目 4 0 に記載の方法。

30

(項目 4 8)

前記ロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの 1 つ以上における公差を伴って前記手動で設定された位置を維持するように構成され、随意に、前記公差は、3 つの軸のうちの 1 つ以上のまわりの回転に関して  $5^\circ$ 、3 つの軸のうちの 1 つ以上に沿った平行移動に関して 5 mm 以内であり、随意に、3 つの軸のうちの 1 つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$  以内であり、随意に、平行移動公差は、3 mm 以内、随意に、2 mm である、項目 4 7 に記載の方法。

(項目 4 9)

前記プローブは、撮像プローブを備えている、項目 2 7 に記載の方法。

(項目 5 0)

前記プローブは、治療プローブを備え、前記ロボットアームは、第 1 のロボットアームを備え、前記方法は、

40

撮像プローブを前記患者の中に手動で挿入することと、

前記撮像プローブを第 2 のロボットアームに結合することと、

前記撮像プローブのための許容可動域を確立することであって、前記許容可動域は、前記第 1 のロボットアームおよび前記第 2 のロボットアームと動作可能に結合された 1 つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶されている、ことと

をさらに含む、項目 4 7 に記載の方法。

(項目 5 1)

前記撮像プローブは、前記第 2 のロボットアームが受動モードである間に前記第 2 のロ

50

ロボットアームに結合される、項目 5 0 に記載の方法。

(項目 5 2)

前記撮像プローブのための前記許容可動域は、前記第 2 のロボットアームが受動モードである間に確立される、項目 5 0 に記載の方法。

(項目 5 3)

前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することは、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の距離または整列に応答して前記許容可動域を確立することを含む、項目 5 0 に記載の方法。

(項目 5 4)

前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することは、ユーザ入力に応答して前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することを含む、項目 5 0 に記載の方法。

10

(項目 5 5)

前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することは、前記標的組織に対する前記撮像プローブの位置に応答して前記許容可動域を確立することを含む、項目 5 0 に記載の方法。

(項目 5 6)

前記標的組織に対する前記撮像プローブの位置は、前記標的組織の 1 つ以上の画像内の 1 つ以上の組織目印に応答して決定される、項目 5 5 に記載の方法。

(項目 5 7)

リアルタイムで前記撮像プローブのための前記許容可動域を更新することをさらに含む、項目 5 0 に記載の方法。

20

(項目 5 8)

1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスから、前記第 2 のロボットアームの移動を制御するための 1 つ以上のユーザ命令を受信することをさらに含み、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第 2 のロボットアームを移動させることは、前記第 2 のロボットアームの移動を制御するための前記 1 つ以上のユーザ命令に応答して前記第 2 のロボットアームを移動させることを含む、項目 5 0 に記載の方法。

(項目 5 9)

前記第 2 のロボットアームの移動を制御するための前記 1 つ以上のユーザ命令に応答して前記第 2 のロボットアームの許容可動域を確立することをさらに含む、項目 5 8 に記載の方法。

30

(項目 6 0)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の力センサから、センサデータを受信することをさらに含み、前記 1 つ以上の力センサは、前記撮像プローブを用いた前記患者の組織の圧縮を検出するように構成され、前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第 2 のロボットアームを移動させることは、前記組織の検出された圧縮が圧縮の事前決定された閾値レベルを超えるという決定に応答して前記組織から離れるように前記撮像プローブを移動させることを含む、項目 5 0 に記載の方法。

40

(項目 6 1)

前記 1 つ以上の力センサは、前記第 2 のロボットアームに動作可能に結合されている、項目 6 0 に記載の方法。

(項目 6 2)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の位置センサから、センサデータを受信することをさらに含み、前記 1 つ以上の位置センサは、前記第 1 のロボットアーム、前記治療プローブ、前記第 2 のロボットアーム、または前記撮像プローブの 1 つ以上の位置を検出するように構成されている、項目 5 0 に記載の方法。

(項目 6 3)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された 1 つ以上の運動セ

50

ンサから、センサデータを受信することをさらに含み、前記1つ以上の運動センサは、前記患者の移動を検出するように構成され、前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第2のロボットアームを移動させることは、前記患者の検出された移動に応答して前記撮像プローブの位置を調節することを含む、項目50に記載の方法。

(項目64)

前記第2のロボットアームに対するその位置を識別するために前記第1のロボットアームを較正することと、前記第1のロボットアームに対するその位置を識別するために前記第2のロボットアームを較正することとをさらに含む、項目50に記載の方法。

(項目65)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させることは、前記第2のロボットアームの移動に応答して前記第1のロボットアームの移動を自動的に調節すること、または、前記第1のロボットアームの移動に応答して前記第2のロボットアームの移動を自動的に調節することを含む、項目50に記載の方法。

10

(項目66)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させることは、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させ、前記患者の外側に配置された前記治療プローブの一部と前記撮像プローブの一部との間の接触を防止することを含む、項目50に記載の方法。

(項目67)

20

前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させることは、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させ、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の整列を維持することを含む、項目66に記載の方法。

(項目68)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間で維持される前記整列は、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の平行整列を含み、前記治療プローブの縦軸と前記撮像プローブの縦軸とは、互いに平行である、項目67に記載の方法。

(項目69)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間で維持される前記整列は、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の同一平面内整列を含み、前記治療プローブの縦軸と前記撮像プローブの縦軸とは、互いに同一平面内にある、項目67に記載の方法。

30

(項目70)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間で維持される前記整列は、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の非平行整列を含み、前記治療プローブの縦軸と前記撮像プローブの縦軸とは、互いに横断する、項目67に記載の方法。

(項目71)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の距離または整列のうちの1つ以上を検出することをさらに含む、項目50に記載の方法。

(項目72)

40

前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させることは、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを移動させ、前記1つ以上のコンピューティングデバイス上に記憶された走査プロファイルに沿って、前記治療プローブまたは前記撮像プローブを自動的に移動させることを含む、項目50に記載の方法。

(項目73)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第1のロボットアームを移動させることは、前記第1のロボットアームを移動させ、治療プロファイルを備えている前記走査プロファイルにわたって前記治療プローブを自動的に移動させることを含む、項目72に記載の方法。

50

(項目74)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で前記第2のロボットアームを移動させることは、前記第2のロボットアームを移動させ、撮像プロファイルを備えている前記走査プロファイルにわたって前記撮像プローブを自動的に移動させることを含む、項目72に記載の方法。

(項目75)

前記撮像プロファイルは、前記標的部位の複数回の横断像走査または複数回の矢状像走査を含み、方法は、前記標的部位の3次元画像を発生させることをさらに含む、項目74に記載の方法。

(項目76)

前記第2のロボットアームは、前記治療プローブが前記標的組織を治療している間、前記撮像プロファイルを備えている前記走査プロファイルにわたって前記撮像プローブを自動的に移動させるように移動させられる、項目74に記載の方法。

(項目77)

前記撮像プローブを用いて前記標的部位を撮像することは、ドップラモードで動作する前記撮像プローブを用いて前記標的部位を撮像することを含み、前記方法は、前記撮像プローブを用いて取得された前記標的部位の1つ以上の画像に基づいて前記標的部位内の高血流の領域を識別することをさらに含む、項目50に記載の方法。

(項目78)

止血を前記標的部位内の識別された高血流の領域に適用することをさらに含む、項目77に記載の方法。

(項目79)

前記標的部位内の識別された高血流の領域に位置する組織の生検を実施することをさらに含む、項目77に記載の方法。

(項目80)

前記高血流の領域を癌組織として識別することをさらに含む、項目77に記載の方法。

(項目81)

前記撮像プローブを用いて前記標的部位を撮像することは、前記撮像プローブを回転させることを含む、項目77に記載の方法。

(項目82)

前記撮像プローブを用いて前記標的部位を撮像することは、前記標的部位の術中画像を発生させることを含む、項目50に記載の方法。

(項目83)

前記術中画像を前記標的部位の術前画像とマッピングすることをさらに含む、項目82に記載の方法。

(項目84)

前記標的部位の術前画像は、X線画像、蛍光透視画像、コンピュータ断層撮影(CT)画像、超音波画像、またはMRI画像のうちの1つ以上を備えている、項目83に記載の方法。

(項目85)

前記術中画像を前記術前画像とマッピングすることは、前記術中および術前画像内の1つ以上の解剖学的領域を互いにマッピングすることを含む、項目83に記載の方法。

(項目86)

前記1つ以上の解剖学的領域は、膀胱頸部、外括約筋、または精丘のうちの1つ以上を備えている、項目85に記載の方法。

(項目87)

ロボットアームを動作させ、患者の標的部位における標的組織を撮像または治療する方法であって、前記方法は、

少なくとも1つのプローブを少なくとも1つのロボットアームに結合することと、  
受動モードで前記少なくとも1つのロボットアームを手動で調節し、前記少なくとも1

10

20

30

40

50

つのプローブを手動で設定された位置に手動で調節することと、

前記受動モードから前記少なくとも1つのロボットアームを解放することと

を含み、

前記少なくとも1つのロボットアームは、手動調節からの解放後、前記少なくとも1つのプローブの手動で設定された位置を維持し、

前記少なくとも1つのプローブは、前記維持された手動で設定された位置から、前記患者の前記標的部位における前記標的組織の撮像または治療のうちの1つ以上を行う、方法。

(項目88)

前記少なくとも1つのプローブは、前記少なくとも1つのプローブを前記患者の中に挿入することに先立って、前記少なくとも1つのロボットアームに結合される、項目87に記載の方法。

(項目89)

前記少なくとも1つのプローブは、前記少なくとも1つのプローブを前記患者の中に挿入した後、前記少なくとも1つのロボットアームに結合される、項目87に記載の方法。

(項目90)

前記少なくとも1つのロボットアームは、前記少なくとも1つのロボットアームの係止構成を用いて、前記少なくとも1つのプローブの手動で設定された位置を維持し、随意に、前記少なくとも1つのロボットアームの継手のセンサと前記ロボットアームの前記継手に結合されたアクチュエータとが、前記係止構成で前記少なくとも1つのロボットアームの手動で設定された位置を維持する、項目87に記載の方法。

(項目91)

前記受動モードで前記少なくとも1つのロボットアームを手動で調節することは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上において前記少なくとも1つのプローブを手動で調節することを含む、項目87に記載の方法。

(項目92)

前記少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、前記第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、前記第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、前記少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、前記第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動軸と、前記第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、項目91に記載の方法。

(項目93)

前記第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第2の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第3の回転軸は、ロール軸を備え、前記第1の平行移動軸は、X軸を備え、前記第2の平行移動軸は、Y軸を備え、前記第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、項目92に記載の方法。

(項目94)

前記少なくとも1つのロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差以内に前記手動で設定された位置を維持し、随意に、前記公差は、3つの軸のうちの1つ以上のまわりの回転に関して $5^\circ$ 、3つの軸のうちの1つ以上に沿った平行移動に関して5mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの1つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3mm以内、随意に、2mmである、項目87に記載の方法。

(項目95)

前記少なくとも1つのプローブを前記少なくとも1つのロボットアームに結合することは、治療プローブを第1のロボットアームに結合すること、または撮像プローブを第2のロボットアームに結合することのうちの1つ以上を含む、項目87に記載の方法。

(項目96)

前記受動モードで前記少なくとも1つのロボットアームを手動で調節することは、前記治療プローブと前記撮像プローブとを互いに整列させることを含む、項目95に記載の方法。

10

20

30

40

50

(項目 9 7)

前記治療プローブと前記撮像プローブとは、平行または同一平面内のうちの1つ以上であるように互いに整列させられている、項目 9 6 に記載の方法。

(項目 9 8)

前記少なくとも1つのロボットアームは、手動調節からの解放後、前記撮像プローブと治療プローブとの間の前記整列を維持する、項目 9 6 に記載の方法。

(項目 9 9)

前記撮像プローブと治療プローブとの間の前記整列は、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差以内に維持され、随意に、前記公差は、3つの軸のうちの1つ以上のまわりの回転に関して $5^\circ$ 、3つの軸のうちの1つ以上に沿った平行移動に関して5 mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの1つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3 mm以内、随意に、2 mmである、項目 9 8 に記載の方法。

10

(項目 1 0 0)

システムであって、前記システムは、項目 1 - 9 9 のいずれか1項に記載の方法を実施するための命令で構成されたプロセッサを備えている、システム。

(項目 1 0 1)

ロボットアームを動作させ、患者の標的部位における標的組織を撮像または治療するためのシステムであって、前記システムは、

前記患者の前記標的組織の治療または撮像のうちの1つ以上のための少なくとも1つのプローブに結合された少なくとも1つのロボットアームと、

20

前記少なくとも1つのロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスと

を備え、

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、

前記少なくとも1つのロボットアームが手動で設定された位置に前記少なくとも1つのロボットアームを手動で調節するように手動で調節されることが可能であるように、前記少なくとも1つのプローブを受動モードで動作させることと、

前記少なくとも1つのプローブが前記手動で設定された位置に手動で調節された後、前記受動モードから前記少なくとも1つのロボットアームを解放することと、

30

前記手動調節からの解放後、前記少なくとも1つのプローブの前記手動で設定された位置を維持することと

を行うための命令を実行するように構成されている、システム。

(項目 1 0 2)

前記少なくとも1つのプローブは、前記少なくとも1つのプローブを前記患者の中に挿入することに先立って、前記少なくとも1つのロボットアームに結合するように構成されている、項目 1 0 1 に記載のシステム。

(項目 1 0 3)

前記少なくとも1つのプローブは、前記少なくとも1つのプローブを前記患者の中に挿入した後、前記少なくとも1つのロボットアームに結合するように構成されている、項目 1 0 1 に記載のシステム。

40

(項目 1 0 4)

前記少なくとも1つのロボットアームは、前記少なくとも1つのロボットアームの係止構成を用いて、前記少なくとも1つのプローブの前記手動で設定された位置を維持し、随意に、前記少なくとも1つのロボットアームの継手のセンサと前記ロボットアームの前記継手に結合されたアクチュエータとが、前記係止構成で前記少なくとも1つのロボットアームの前記手動で設定された位置を維持する、項目 1 0 1 に記載のシステム。

(項目 1 0 5)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記少なくとも1つのロボットアームの移動を制御するための命令を実行するようにさらに構成されている、項目 1 0 1 に記載

50

のシステム。

(項目106)

前記少なくとも1つのロボットアームは、手動で調節され、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上において前記少なくとも1つのプローブを手動で調節するように構成されている、項目101に記載のシステム。

(項目107)

前記少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、前記第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、前記第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、前記少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、前記第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動軸と、前記第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、項目106に記載のシステム。

10

(項目108)

前記第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第2の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第3の回転軸は、ロール軸を備え、前記第1の平行移動軸は、X軸を備え、前記第2の平行移動軸は、Y軸を備え、前記第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、項目107に記載のシステム。

(項目109)

前記少なくとも1つのロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差を伴って前記手動で設定された位置を維持するように構成され、随意に、前記公差は、3つの軸のうちの1つ以上のまわりの回転に関して $5^\circ$ 、3つの軸のうちの1つ以上に沿った平行移動に関して5mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの1つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3mm以内、随意に、2mmである、項目106に記載のシステム。

20

(項目110)

前記少なくとも1つのプローブは、治療プローブまたは撮像プローブのうちの1つ以上を備えている、項目101に記載のシステム。

(項目111)

前記少なくとも1つのプローブは、前記治療プローブと、前記撮像プローブとを備え、前記少なくとも1つのロボットアームは、前記治療プローブに結合された第1のロボットアームと、前記撮像プローブに結合された第2のロボットアームとを備えている、項目110に記載のシステム。

30

(項目112)

前記少なくとも1つのプローブは、前記治療プローブと、前記撮像プローブとを備え、前記治療プローブおよび前記撮像プローブは、手動で調節され、前記治療プローブと前記撮像プローブとを互いに整列させるように構成されている、項目110に記載のシステム。

(項目113)

前記治療プローブと前記撮像プローブとは、平行または同一平面内のうちの1つ以上であるように互いに整列させられている、項目112に記載のシステム。

(項目114)

前記少なくとも1つのロボットアームは、手動調節からの解放後、前記撮像プローブと治療プローブとの間の前記整列を維持する、項目113に記載のシステム。

40

(項目115)

前記撮像プローブと治療プローブとの間の前記整列は、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差以内に維持される、項目114に記載のシステム。

(項目116)

患者の標的部位における標的組織を治療するためのシステムであって、前記システムは、前記患者の前記標的組織を治療するための治療プローブに結合された第1のロボットアームと、

前記患者の前記標的組織を撮像するための撮像プローブに結合された第2のロボットアームと、

50

前記第1のロボットアームおよび前記第2のロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスと

を備え、

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームのうちの1つ以上の移動を制御するための命令を実行するように構成されている、システム。

(項目117)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記患者の中への前記治療プローブまたは前記撮像プローブの進入軸に沿って、前記治療プローブまたは前記撮像プローブのピッチ、ヨー、ロールまたは線形位置のうちの1つ以上を調節するように前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

10

(項目118)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブまたは前記撮像プローブを前記進入軸に沿って後退させるように、それぞれ、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することを含む命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目119)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブまたは前記撮像プローブを前記進入軸に沿って後退させるが、前進させないように、それぞれ、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することを含む命令を実行するように構成されている、項目118に記載のシステム。

20

(項目120)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスを用いて受信されるユーザ命令にตอบสนองして前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することを含む命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目121)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記1つ以上のコンピューティングデバイス内に記憶された前記治療プローブまたは前記撮像プローブのための許容可動域内で、前記治療プローブまたは前記撮像プローブを移動させるように、それぞれ、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することを含む命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

30

(項目122)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、ユーザ入力にตอบสนองして前記治療プローブまたは前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することを含む命令を実行するように構成されている、項目121に記載のシステム。

(項目123)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の距離または整列にตอบสนองして前記治療プローブまたは前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することを含む命令を実行するように構成されている、項目121に記載のシステム。

40

(項目124)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記標的組織に対する前記治療プローブまたは前記撮像プローブの位置にตอบสนองして前記治療プローブまたは前記撮像プローブのための前記許容可動域を確立することを含む命令を実行するように構成されている、項目121に記載のシステム。

(項目125)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記標的組織の1つ以上の画像に基づいて前記標的組織に対する前記治療プローブまたは前記撮像プローブの位置を検出するこ

50

とを含む命令を実行するように構成され、前記1つ以上の画像は、1つ以上の組織目印を備えている、項目124に記載のシステム。

(項目126)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、リアルタイムで前記治療プローブまたは前記撮像プローブのための前記許容可動域を更新するための命令を実行するように構成されている、項目121に記載のシステム。

(項目127)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の整列を維持するように前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することをを含む命令を実行するように構成され、随意に、前記整列は、前記撮像プローブの視野内に前記治療プローブを維持する、項目116に記載のシステム。

(項目128)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間で維持される前記整列は、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の実質的に平行な整列を含み、前記治療プローブの縦軸と前記撮像プローブの縦軸とは、互いに実質的に平行である、項目127に記載のシステム。

(項目129)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間で維持される前記整列は、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の同一平面内整列を含み、前記治療プローブの縦軸と前記撮像プローブの縦軸とは、互いに同一平面内にある、項目127に記載のシステム。

(項目130)

前記治療プローブと前記撮像プローブとの間で維持される前記整列は、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の非平行整列を含み、前記治療プローブの縦軸と前記撮像プローブの縦軸とは、互いに横断する、項目127に記載のシステム。

(項目131)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブと前記撮像プローブとの間の距離または整列のうちの1つ以上を検出することをを含む命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目132)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記患者の外側に配置された前記治療プローブの一部と前記撮像プローブの一部との間の接触を防止するように前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することをを含む命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目133)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記第2のロボットアームの移動にตอบสนองして前記第1のロボットアームの移動を自動的に調節するための命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目134)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記第1のロボットアームの位置にตอบสนองして前記第2のロボットアームの移動を自動的に調節するための命令を実行するように構成され、随意に、前記第2のロボットアームは、前記治療プローブの位置にตอบสนองして前記撮像プローブを移動させ、前記撮像プローブの視野内に前記治療プローブを維持する、項目116に記載のシステム。

(項目135)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記1つ以上のコンピューティングデバイス上に記憶された走査プロファイルに沿って、前記治療プローブまたは前記撮像プローブを自動的に移動させるように前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目136)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、治療プロファイルを備えている前記走

10

20

30

40

50

査プロフィールに沿って前記治療プローブを自動的に移動させるように前記第1のロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成されている、項目135に記載のシステム。

(項目137)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、撮像プロフィールを備えている前記走査プロフィールに沿って前記撮像プローブを自動的に移動させるように前記第2のロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成されている、項目135に記載のシステム。

(項目138)

前記撮像プロフィールは、前記標的部位の複数回の横断像走査または複数回の矢状像走査を含み、前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記標的部位の3次元画像を発生させることを含む命令を実行するようにさらに構成されている、項目137に記載のシステム。

(項目139)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブが前記標的組織を治療している間、前記撮像プロフィールを備えている前記走査プロフィールに沿って前記撮像プローブを自動的に移動させるための前記命令を実行するように構成されている、項目137に記載のシステム。

(項目140)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上のセンサから受信されるセンサデータにตอบสนองして前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御することを含む命令を実行するように構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目141)

前記1つ以上のセンサは、前記第1または第2のロボットアームのうちの1つ以上に動作可能に結合されている、項目140に記載のシステム。

(項目142)

前記1つ以上のセンサは、前記第1のロボットアーム、前記治療プローブ、前記第2のロボットアーム、または前記撮像プローブのうちの1つ以上に結合された1つ以上の位置センサを備えている、項目140に記載のシステム。

(項目143)

前記1つ以上のセンサは、前記治療プローブまたは前記撮像プローブを用いた前記患者の組織の圧縮を検出するように構成されている1つ以上の力センサを備え、前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記組織の前記検出された圧縮が圧縮の事前決定された閾値レベルを超えるという決定にตอบสนองして前記組織から離れるように前記治療プローブまたは前記撮像プローブを移動させることを含む命令を実行するように構成されている、項目140に記載のシステム。

(項目144)

前記1つ以上のセンサは、前記患者の移動を検出するように構成されている1つ以上の運動センサを備え、前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記患者の前記検出された移動にตอบสนองして前記治療プローブまたは前記撮像プローブの位置を調節することを含む命令を実行するように構成されている、項目140に記載のシステム。

(項目145)

前記第1のロボットアームおよび前記第2のロボットアームの各々は、複数のアクチュエータと動作可能に結合された複数の継手を備え、前記複数のアクチュエータは、前記1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの移動を制御するための前記命令は、前記複数のアクチュエータのうちの1つ以上の作動を制御するための命令を備えている、項目116に記載のシステム。

(項目146)

10

20

30

40

50

前記第1のロボットアームおよび前記第2のロボットアームに結合された移動式基部をさらに備えている、項目116に記載のシステム。

(項目147)

前記移動式基部は、前記1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上のユーザ入力デバイスを備え、前記1つ以上のユーザ入力デバイスは、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームのうちの1つ以上の移動を制御するためのユーザ命令を受信するように構成されている、項目146に記載のシステム。

(項目148)

前記移動式基部は、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームのうちの1つ以上の移動を制御するための命令を実行するように構成された前記1つ以上のコンピューティングデバイスを備えている、項目146に記載のシステム。

10

(項目149)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブまたは前記撮像プローブのうちの1つ以上と動作可能に結合され、前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記治療プローブを用いた治療または前記撮像プローブを用いた撮像のうちの1つ以上を制御するための命令を実行するようにさらに構成されている、項目116に記載のシステム。

(項目150)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、前記1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたディスプレイ上に撮像プローブを用いて取得された前記標的部位の1つ以上の画像を表示することを含む命令を実行するようにさらに構成されている、項目116に記載のシステム。

20

(項目151)

前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームは、それぞれ、前記治療プローブまたは前記撮像プローブに磁気的に結合するように構成された結合構造を備えている、項目116に記載のシステム。

(項目152)

前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームは、それぞれ、迅速解放機構を用いて前記治療プローブまたは前記撮像プローブに除去可能に結合するように構成された結合構造を備え、前記迅速解放機構は、エラーが前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームの動作において検出されたとき、前記治療プローブまたは前記撮像プローブから、それぞれ、前記第1のロボットアームまたは前記第2のロボットアームを結合解除するように構成されている、項目116に記載のシステム。

30

(項目153)

共通アームをさらに備え、前記第1のロボットアームは、第1の場所において前記共通アームに動作可能に結合され、前記第2のロボットアームは、第2の場所において前記共通アームに動作可能に結合されている、項目116に記載のシステム。

(項目154)

前記共通アームに動作可能に結合された移動式基部をさらに備えている、項目153に記載のシステム。

40

(項目155)

前記撮像プローブは、前記標的組織の超音波画像を捕捉するように構成された超音波トランスデューサを備えている、項目116に記載のシステム。

(項目156)

前記超音波トランスデューサは、前記標的部位内の高血流の領域が識別可能であるように、ドップラモードで動作させられるように構成されている、項目155に記載のシステム。

(項目157)

前記1つ以上のコンピューティングデバイスは、受動モードで前記第1のロボットアームを動作させるための命令を実行するように構成され、前記第1のロボットアームは、前

50

記受動モードにおいて、手動で調節され、前記治療プローブを手動で設定された位置に位置付けるように構成されている、項目 1 1 6 に記載のシステム。

(項目 1 5 8)

前記治療プローブは、前記第 1 のロボットアームが前記受動モードであるとき、少なくとも 1 つの回転軸または少なくとも 1 つの平行移動軸のうちの 1 つ以上において手動で調節されるように構成されている、項目 1 5 7 に記載のシステム。

(項目 1 5 9)

前記少なくとも 1 つの回転軸は、第 1 の回転軸と、前記第 1 の回転軸に直交する第 2 の回転軸と、前記第 1 および第 2 の回転軸に直交する第 3 の回転軸とを備え、前記少なくとも 1 つの平行移動軸は、第 1 の平行移動軸と、前記第 1 の平行移動軸に直交する第 2 の平行移動軸と、前記第 1 および第 2 の平行移動軸に直交する第 3 の平行移動軸とを備えている、項目 1 5 8 に記載のシステム。

10

(項目 1 6 0)

前記第 1 の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第 2 の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第 3 の回転軸は、ロール軸を備え、前記第 1 の平行移動軸は、X 軸を備え、前記第 2 の平行移動軸は、Y 軸を備え、前記第 3 の平行移動軸は、Z 軸を備えている、項目 1 5 9 に記載のシステム。

(項目 1 6 1)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、前記第 1 のロボットアームが手動調節から解放された後に前記治療プローブの手動で設定された位置を維持するための命令を実行するように構成されている、項目 1 5 7 に記載のシステム。

20

(項目 1 6 2)

前記第 1 のロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの 1 つ以上における公差を伴って前記手動で設定された位置を維持するように構成されている、項目 1 6 1 に記載のシステム。

(項目 1 6 3)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、受動モードで前記第 2 のロボットアームを動作させるための命令を実行するように構成され、前記第 2 のロボットアームは、前記受動モードにおいて、手動で調節され、前記撮像プローブを手動で設定された位置に位置付けるように構成されている、項目 1 1 6 に記載のシステム。

30

(項目 1 6 4)

前記撮像プローブは、前記第 2 のロボットアームが前記受動モードであるとき、少なくとも 1 つの回転軸または少なくとも 1 つの平行移動軸のうちの 1 つ以上において手動で調節されるように構成されている、項目 1 6 3 に記載のシステム。

(項目 1 6 5)

前記少なくとも 1 つの回転軸は、第 1 の回転軸と、前記第 1 の回転軸に直交する第 2 の回転軸と、前記第 1 および第 2 の回転軸に直交する第 3 の回転軸とを備え、前記少なくとも 1 つの平行移動軸は、第 1 の平行移動軸と、前記第 1 の平行移動軸に直交する第 2 の平行移動軸と、前記第 1 および第 2 の平行移動軸に直交する第 3 の平行移動軸とを備えている、項目 1 6 4 に記載のシステム。

40

(項目 1 6 6)

前記第 1 の回転軸は、ピッチ軸を備え、前記第 2 の回転軸は、ヨー軸を備え、前記第 3 の回転軸は、ロール軸を備え、前記第 1 の平行移動軸は、X 軸を備え、前記第 2 の平行移動軸は、Y 軸を備え、前記第 3 の平行移動軸は、Z 軸を備えている、項目 1 6 5 に記載のシステム。

(項目 1 6 7)

前記 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、前記第 2 のロボットアームが手動調節から解放された後に前記撮像プローブの手動で設定された位置を維持するための命令を実行するように構成されている、項目 1 6 3 に記載のシステム。

(項目 1 6 8)

50

前記第2のロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差のうちの1つ以上を伴って前記手動で設定された位置を維持するように構成されている、  
項目167に記載のシステム。

(項目169)

患者を治療するためのシステムであって、前記システムは、  
プローブと、

前記プローブを受け取るための結合構造と、

前記患者を受け取るための支持体と、

前記支持体に結合されたアームと、

第1の方向に平行移動するように前記アームに結合された第1のスライダと、

前記第1の方向を横断する第2の方向に平行移動するように前記第1のスライダ、前記アーム、および前記支持体に結合された第2のスライダと、

前記第2のスライダと前記結合構造との間の調節可能拡張部と  
を備え、

前記調節可能拡張部は、前記第1の方向および前記第2の方向を横断する第3の方向に拡張および後退するように構成された拡張継手を備え、

前記結合構造は、前記結合構造が3次元体積内で移動することを可能にするために、前記アーム、前記第1のスライダ、前記第2のスライダ、および前記拡張部を用いて支持されている、システム。

(項目170)

前記結合構造と前記拡張継手との間で前記アームおよび前記結合構造に結合された旋回部をさらに備え、前記旋回部は、前記患者に対して上下に前記結合構造を回転させるように構成され、随意に、回転の回転軸は、実質的に水平方向に延び、随意に、実質的に水平は、水平の約10度以内の角度を備えている、項目169に記載のシステム。

(項目171)

前記結合構造と前記拡張継手との間で前記アームおよび前記結合構造に結合されたタレットをさらに備え、前記タレットは、回転軸まわりの前記結合構造の回転を可能にするように構成され、随意に、前記タレットの回転軸は、垂直の約10度以内であり、随意に、前記タレットは、前記結合構造と前記旋回部との間で前記結合構造および前記アームに結合されている、項目170に記載のシステム。

(項目172)

前記第1のスライダ、前記第2のスライダ、前記拡張継手、前記タレット、および前記旋回部の各々は、ブレーキを備え、前記ブレーキは、前記プローブが前記患者の中に挿入され、結合構造を用いて前記アームに結合されているとき、前記第1のスライダ、前記第2のスライダ、前記拡張継手、前記タレット、および前記旋回部の位置を係止し、前記プローブの位置および向きを維持する、項目171に記載のシステム。

(項目173)

前記第1のスライダ、前記第2のスライダ、前記拡張継手、前記タレット、または前記旋回部のうちの1つ以上に結合されたプロセッサ制御アクチュエータをさらに備え、前記プロセッサ制御アクチュエータは、前記プローブが前記患者の中に挿入されているとき、前記プローブの結合構造に向かって前記結合構造を移動させる、項目171に記載のシステム。

(項目174)

前記結合構造の位置または向きのうちの1つ以上を制御するためにプロセッサに結合された連鎖部をさらに備え、前記連鎖部は、対応するアクチュエータに結合された前記第1のスライダ、前記第2のスライダ、前記拡張継手、前記タレット、および前記旋回部のうちの1つ以上を備えている、項目173に記載のシステム。

(項目175)

第2のプローブに結合するための第2の結合構造をさらに備え、随意に、前記第2の結合構造は、前記プローブの上方に前記第2のプローブを支持するように構成されている、

10

20

30

40

50

項目 1 7 1 に記載のシステム。

( 項目 1 7 6 )

第 2 のプロープに結合するための第 2 の結合構造をさらに備え、前記第 2 の結合構造は、第 2 の拡張継手、第 2 のタレット、および第 2 の旋回部に結合され、前記第 2 の結合構造、前記第 2 の拡張継手、前記第 2 のタレット、および前記第 2 の旋回部は、前記第 2 のプロープを支持するように前記アームを用いて支持されている、項目 1 7 1 に記載のシステム。

( 項目 1 7 7 )

前記第 1 の方向は、前記第 2 の方向と垂直である、項目 1 6 9 に記載のシステム。

( 項目 1 7 8 )

前記プロープの結合構造は、前記プロープの下面上の突出部または溝のうちの 1 つ以上を備え、前記アームを用いて支持された前記結合構造は、前記プロープの結合構造を前記アームを用いて支持された前記結合構造に結合するための前記結合表面の上面上の突出部または溝のうちの 1 つ以上を備えている、項目 1 - 1 7 7 のいずれか 1 項に記載のシステム。

( 項目 1 7 9 )

患者支持体に結合するための搭載アセンブリであって、前記搭載アセンブリは、前記患者支持体の第 1 の側面上の第 1 のレールに取り付くための第 1 のクランプと、第 1 の端部および第 2 の端部を有する第 1 のアームであって、前記第 1 の端部は、前記第 1 のクランプに旋回可能に接続されている、第 1 のアームと、

前記患者支持体の第 2 の側面上の第 2 のレールに取り付くための第 2 のクランプと、第 1 の端部および第 2 の端部を有する第 2 のアームであって、前記第 1 の端部は、前記第 2 のクランプに旋回可能に接続されている、第 2 のアームとを備え、

伸長支持体が、前記第 1 のアームと前記第 2 のアームとの間に延び、前記患者の中に挿入されるべきプロープを支持する、搭載アセンブリ。

( 項目 1 8 0 )

第 1 のアームおよび前記第 2 のアームの各々は、前記伸長支持体に旋回可能に接続され、前記第 1 のレールと前記第 2 のレールとの間の距離の変動に適應する、項目 1 7 9 に記載の搭載アセンブリ。

( 項目 1 8 1 )

前記第 1 のレールは、前記第 2 のレールと実質的に平行であり、前記第 1 のアームおよび前記第 2 のアームは、それぞれ、前記第 1 のクランプおよび前記第 2 のクランプに旋回可能に接続され、前記第 1 および第 2 のクランプが、実質的に平行な構成で前記第 1 のレールおよび前記第 2 のレールに係合することを可能にする、項目 1 8 0 に記載の搭載アセンブリ。

( 項目 1 8 2 )

前記第 1 のクランプおよび第 1 のアームに旋回可能に接続するための第 1 の結合器であって、前記第 1 の結合器は、前記第 1 のアームの前記第 1 の端部に解放可能に結合するように構成されている、第 1 の結合器と、

前記第 2 のクランプおよび第 2 のアームに旋回可能に接続するための第 2 の結合器であって、前記第 2 の結合器は、前記第 2 のアームの前記第 1 の端部に解放可能に結合するように構成されている、第 2 の結合器と

をさらに備えている、項目 1 7 9 に記載の搭載アセンブリ。

( 項目 1 8 3 )

前記第 1 の結合器および前記第 2 の結合器の各々は、前記アームの第 1 の端部を受け取るための縦軸と、前記縦軸を横断する旋回軸とを有する、項目 1 8 2 に記載の搭載アセンブリ。

( 項目 1 8 4 )

前記第 1 の結合器は、前記第 1 のアームの第 1 の端部を受け入れるように構成された第

10

20

30

40

50

1の中空空洞を画定し、前記第2の結合器は、前記第2のアームの第1の端部を受け入れるように構成された第2の中空空洞を画定する、項目183に記載の搭載アセンブリ。

(項目185)

前記第1のクランプおよび前記第2のクランプの各々は、第1のジョーと第2のジョーとを備え、前記第1のジョーと第2のジョーとは、前記レールにしっかりと接続するためにそれらの間の相対移動のために構成されている、項目179に記載の搭載アセンブリ。

(項目186)

前記第1のジョーは、レバーを用いて前記第2のジョーに向かって移動可能である、項目185に記載の搭載アセンブリ。

(項目187)

前記第1のレールおよび前記第2のレールは、前記患者支持体の1つ以上のレールの一部を備え、随意に、前記患者支持体は、ベッドを備えている、項目179に記載の搭載アセンブリ。

(項目188)

前記患者支持体の第1の側面上の前記第1のレールと前記患者支持体の第2の側面上の前記第2のレールとの間の可変空間に適應するために、前記第1のアームは、前記第1のクランプに対して回転するように構成され、前記第2のアームは、前記第2のクランプに対して回転するように構成されている、項目179に記載の搭載アセンブリ。

(項目189)

搭載アセンブリは、前記伸長支持体への150kg荷重に應答して、前記第1のレールおよび前記第2のレールに対する前記伸長支持体の移動を5mm以下に限定するように構成され、随意に、前記移動は、前記伸長支持体への100kg荷重に應答して、3mm以下である、項目179に記載の搭載アセンブリ。

(項目190)

前記伸長支持体、前記第1のクランプ、前記第1のアーム、前記第2のクランプ、および前記第2のアームは、前記伸長支持体への150kg荷重に應答して、前記伸長支持体の移動を5mm以下に限定するために構成され、随意に、前記移動は、前記伸長支持体への100kg荷重に應答して、3mm以下である、項目179に記載の搭載アセンブリ。

(項目191)

前記患者の中に挿入されるべき前記プローブは、約20cm~約60cmの範囲内の距離を備え、前記搭載アセンブリは、前記伸長支持体への前記荷重に應答して、前記プローブの遠位端を6mm以下移動させるように構成されている、項目190に記載の搭載アセンブリ。

(項目192)

前記伸長支持体に取り付けられたロボットアームをさらに備えている、項目179に記載の搭載アセンブリ。

(項目193)

前記プローブは、前記ロボットアームに接続されている、項目192に記載の搭載アセンブリ。

(項目194)

前記プローブは、治療プローブまたは撮像プローブのうちの1つ以上を備えている、項目193に記載の搭載アセンブリ。

(項目195)

前記ロボットアームは、前記伸長支持体に取り付けられた第1のロボットアームと、第2のロボットアームとを備えている、項目194に記載の搭載アセンブリ。

(項目196)

前記治療プローブは、前記第1のロボットアームに結合され、前記撮像プローブは、前記第2のロボットアームに結合されている、項目195に記載の搭載アセンブリ。

(項目197)

前記治療プローブおよび前記撮像プローブは、実質的に同一平面内にあるように互いに

10

20

30

40

50

整列させられている、項目 196 に記載の搭載アセンブリ。

(項目 198)

前記伸長支持体、前記第 1 のアーム、前記第 2 のアーム、前記第 1 のクランプ、または前記第 2 のクランプのうちの 1 つ以上に接続され、それから下向きに延び、床面に係合する 1 つ以上の拡張可能脚部をさらに備えている、項目 179 に記載の搭載アセンブリ。

(項目 199)

前記伸長支持体に接続され、それから下向きに延び、床面に係合する拡張可能脚部をさらに備えている、項目 179 に記載の搭載アセンブリ。

(項目 200)

前記第 1 のクランプに接続され、それから下向きに延び、床面に係合する第 1 の拡張可能脚部と、前記第 2 のクランプに接続され、それから下向きに延び、床面に係合する第 2 の拡張可能脚部とをさらに備えている、項目 179 に記載の搭載アセンブリ。

10

(項目 201)

前記第 1 のレールに係合するための第 3 のクランプと、前記第 2 のレールに係合するための第 4 のクランプとをさらに備え、前記第 1 のクランプは、それらの間に延びている第 1 のブレースを用いて前記第 3 のクランプに結合され、前記第 1 のレールに沿って第 1 の荷重を分配し、前記第 2 のクランプは、それらの間に延びている第 2 のブレースを用いて前記第 4 のクランプに結合され、前記第 2 のレールに沿って第 1 の荷重を分配する、項目 179 に記載の搭載アセンブリ。

(項目 202)

20

前記伸長支持体は、前記第 1 のアームと前記第 2 のアームとの間に延びているクロスバーを備えている、項目 179 に記載の搭載アセンブリ。

(項目 203)

患者の標的部位における標的組織を治療するためのシステムであって、前記システムは、項目 179 - 198 のいずれか 1 項に記載の搭載アセンブリと、

前記伸長支持体に結合された第 1 のロボットアームと、

前記第 1 のロボットアームに結合された治療プローブと、

前記伸長支持体に結合された第 2 のロボットアームと、

前記第 2 のロボットアームに結合された撮像プローブと

を備えている、システム。

30

(項目 204)

前記治療プローブは、連鎖部に結合され、前記連鎖部は、伸長軸に沿って前記治療プローブを平行移動させることと、前記第 1 のロボットアームの端部が静止したままで、前記伸長軸まわりに前記治療プローブを回転させることとを行うように構成され、前記撮像プローブは、連鎖部に結合され、前記連鎖部は、前記第 2 のロボットアームの端部が静止したままで、前記撮像プローブの伸長軸に沿って前記撮像プローブを平行移動させる、項目 203 に記載のシステム。

(項目 205)

前記第 1 のロボットアームは、前記治療プローブを平行移動および回転させるための第 1 の複数の継手を備え、前記第 2 のロボットアームは、前記治療プローブを平行移動および回転させるための第 2 の複数の継手を備えている、項目 203 に記載のシステム。

40

(項目 206)

前記ロボットアームの各々は、5 ~ 7 自由度を備えている、項目 203 に記載のシステム。

(項目 207)

患者を治療するためのシステムであって、前記システムは、

ロボットアームと、

前記ロボットアームに結合するためのプローブであって、前記プローブは、前記患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されている、プローブと、

前記ロボットアームに結合された複数のセンサであって、前記複数のセンサは、前記プ

50

ローブが前記ロボットアームから分断された状態の前記ロボットアームに関して、前記プローブの相対位置および向きを示す、ことと、

前記ロボットアームおよび前記複数のセンサに動作可能に結合されたプロセッサとを備え、

前記プロセッサは、前記ロボットアームを係合位置および向きに移動させ、前記プローブを前記ロボットアームと係合させるための命令で構成されている、システム。

(項目 208)

前記プロセッサは、前記ロボットアームを用いて前記プローブを探求することと、前記プローブを前記ロボットアームと係合させることとを行うための命令で構成されている、項目 207 に記載のシステム。

(項目 209)

前記プロセッサは、前記プローブが前記患者の中に挿入された状態でユーザが前記プローブを安定して保持している間に前記ロボットアームを用いて前記プローブを探求するための命令で構成され、随意に、間隙が、前記プローブを探求することに先立って、前記プローブと前記ロボットアームとの間に延びており、前記ロボットアームの遠位端部分は、前記プローブに接触し、前記プローブに係合する、項目 208 に記載のシステム。

(項目 210)

前記ロボットアームは、前記プローブに係合するための係合構造を備え、前記プローブは、前記係合位置および向きで前記ロボットアームに係合するための係合構造を備えている、項目 207 に記載のシステム。

(項目 211)

前記プロセッサは、前記プローブに接触することに先立って、前記ロボットアームを前記係合向きに対応する向きまで移動させることと、前記係合向きで前記プローブ上に前記ロボットアームを平行移動させることとを行うための命令で構成されている、項目 210 に記載のシステム。

(項目 212)

前記複数のセンサは、前記ロボットアームが遠距離において前記プローブを感知するための粗センサと、近接性センサとを備え、随意に、前記複数のセンサは、前記ロボットアーム上に位置している、項目 207 に記載のシステム。

(項目 213)

前記粗センサは、赤外線伝送機と、ビーコンとを備えている、項目 212 に記載のシステム。

(項目 214)

前記粗センサは、赤外線伝送機と、ビーコンとを備えている、項目 212 に記載のシステム。

(項目 215)

前記複数のセンサは、前記ロボットアームに結合されたセンサアレイと、前記ロボットアームに関して前記プローブの位置および向きを決定するための前記プローブ上の 1 つ以上の基準とを備えている、項目 207 に記載のシステム。

(項目 216)

前記複数のセンサは、前記プローブが前記ロボットアームに係合したとき、前記プローブの方に向けられている、項目 207 に記載のシステム。

(項目 217)

患者を治療するためのシステムであって、前記システムは、ロボットアームと、

前記ロボットアームに結合するためのプローブであって、前記プローブは、前記患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されている、プローブと、

ロボットアームを結合するための係合構造と前記プローブの遠位端との間で前記プローブに結合された複数のセンサと、

前記ロボットアームおよび前記複数のセンサに動作可能に結合されたプロセッサと

10

20

30

40

50

を備え、

前記プロセッサは、前記複数のセンサから検出されたユーザ入力にตอบสนองして前記ロボットアームを移動させるための命令で構成されている、システム。

(項目 2 1 8)

前記プロセッサは、前記プローブを前記患者の中に挿入することに先立って、前記プローブが前記ロボットアーム上で自立型構成にある状態でゼロ重力モードを確立するための命令で構成され、前記ゼロ重力モードは、前記アーム上に結合された前記プローブを伴う前記ロボットアームの重量に実質的に対抗するための力を用いて、前記ロボットアームの継手を駆動するように構成されている、項目 2 1 7 に記載のシステム。

(項目 2 1 9)

前記ユーザ入力、前記複数のセンサを用いて検出される歪みを備え、前記歪みは、前記遠位端と前記係合構造との間の前記プローブの偏向に関連する歪みを備えている、項目 2 1 7 に記載のシステム。

(項目 2 2 0)

前記プローブは、前記患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定された伸長プローブを備えている、項目 2 1 7 に記載のシステム。

(項目 2 2 1)

前記プローブは、前記ユーザが前記複数のセンサと前記プローブの前記遠位端との間で把持するための伸長部分を備え、前記プローブの挿入に対する組織の抵抗は、前記ユーザの手からの挿入力を反対側に押し、前記複数のセンサへの入力を減少させ、前記患者の中への前記プローブの前進を減少させる、項目 2 2 0 に記載のシステム。

(項目 2 2 2)

挿入に対する前記組織の前記抵抗は、前記プローブの減少した前進を伴って前記ユーザによって感知される、項目 2 2 1 に記載のシステム。

(項目 2 2 3)

前記複数のセンサおよび前記プローブは、前記プローブが移動に対する抵抗に遭遇すると、触覚フィードバックを前記ユーザに提供するように配置されている、項目 2 1 7 に記載のシステム。

(項目 2 2 4)

前記ロボットアームは、複数の継手と、複数の内部継手センサとを備え、前記プロセッサは、前記プローブの受動モードを実装し、前記ユーザが前記プローブを前記患者の中に挿入することを可能にするように構成され、前記プロセッサは、反力を前記複数の内部継手に提供し、前記受動モードで前記アームを安定させるように構成されている、項目 2 1 7 に記載のシステム。

(項目 2 2 5)

前記プローブまたは前記ロボットアームの前記遠位部分のうちの 1 つ以上は、前記プローブの移動を検出するための慣性測定ユニット(「IMU」)を備え、随意に、前記プロセッサは、前記 IMU から出力を受信し、前記プローブの位置および向きを決定するように構成されている、項目 2 1 7 に記載のシステム。

(項目 2 2 6)

前記プローブは、前記 IMU の前記位置および向きにตอบสนองして前記プローブの位置および向きを決定するために、前記 IMU に対して所定の位置および向きで前記アーム上に搭載されるように構成され、随意に、前記 IMU は、前記アームの遠位端に関する所定の位置および向きで前記アームに結合されている、項目 2 2 5 に記載のシステム。

(項目 2 2 7)

前記プロセッサは、前記 IMU からの出力および前記複数のセンサからの出力を受信し、前記プローブを移動させるための位置または向きのうちの 1 つ以上を決定するように構成されている、項目 2 2 5 に記載のシステム。

(項目 2 2 8)

前記プローブは、前記ユーザが前記プローブおよび前記センサを把持するために構成さ

10

20

30

40

50

れ、前記プロセッサは、前記ユーザが前記プローブを把持することに対応して前記ユーザ入力を決定するように構成されている、項目 2 2 5 に記載のシステム。

( 項目 2 2 9 )

患者を治療するためのシステムであって、前記システムは、

前記患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されたシースであって、前記シースは、伸長軸を備えている、シースと、

前記シースに結合されたアームと、

エネルギー源を備えている治療プローブであって、前記治療プローブは、伸長軸を備え、前記治療プローブは、前記シースの管腔の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されている、治療プローブと、

前記治療プローブに結合されたロボットアームと  
を備え、

前記ロボットアームは、前記治療プローブの前記伸長軸を前記シースの前記伸長軸と整列させ、前記治療プローブを前記シースの中に前進させるように構成されている、システム。

( 項目 2 3 0 )

前記治療プローブに結合された前記ロボットアームは、前記治療プローブを前記シースの中に前進させることに先立って、前記治療プローブの前記軸を前記シースの前記軸と整列させるように構成されている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 1 )

前記ロボットアームは、前記治療プローブの向きを決定するためのセンサを備え、随意に、前記センサは、加速度計、ジャイロスコープ、または慣性測定ユニットのうちの 1 つ以上を備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 2 )

シースに結合された前記アームは、前記シースの向きを決定するためのセンサを備え、随意に、前記センサは、加速度計、ジャイロスコープ、または慣性測定ユニットのうちの 1 つ以上を備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 3 )

前記シースに結合された前記アームは、ロボットアームを備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 4 )

前記シースは、前記治療プローブを受け取るための近位開口部と、遠位開口部とを備え、前記治療プローブは、少なくとも前記遠位開口部まで延びているために十分な長さを備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 5 )

前記治療プローブは、前記治療プローブが前記シースの中に前進させられたとき、前記エネルギー源が少なくとも前記遠位開口部まで延びているために寸法を決定されている、項目 2 3 4 に記載のシステム。

( 項目 2 3 6 )

前記エネルギー源は、前記ロボットアームの端部分と前記シースとの間に間隙を伴って少なくとも前記遠位開口部まで延びている、項目 2 3 5 に記載のシステム。

( 項目 2 3 7 )

前記シースは、堅いシースを備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 8 )

前記シースは、1 つ以上の開口部を通して灌注流体を提供するために、前記 1 つ以上の開口部に結合された灌注管腔を備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 3 9 )

前記シースは、切除された組織を前記管腔から吸引するために、前記管腔内の開口部まで延びている吸引チャンネルを備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

( 項目 2 4 0 )

10

20

30

40

50

前記シースの前記管腔は、前記治療プローブ、内視鏡カメラおよび吸引管腔、および灌注管腔を受け取るようにサイズを決定されている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

(項目 2 4 1)

前記吸引管腔は、組織切除生成物を吸引するための開口部まで延びている、項目 2 4 0 に記載のシステム。

(項目 2 4 2)

前記灌注管腔は、治療部位を洗浄するための開口部まで延びている、項目 2 4 0 に記載のシステム。

(項目 2 4 3)

前記吸引管腔および前記灌注管腔は、二重管腔管の管腔を備えている、項目 2 4 0 に記載のシステム。

10

(項目 2 4 4)

前記治療プローブは、前記シースの中に前進させるための堅い部分を備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

(項目 2 4 5)

前記治療プローブは、前記シースの中に前進させるための可撓性部分を備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

(項目 2 4 6)

前記治療プローブは、前記エネルギー源を回転および平行移動させるように構成されている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

20

(項目 2 4 7)

前記エネルギー源は、レーザービーム、水噴射、電極、または超音波トランスデューサのうちの 1 つ以上を備えている、項目 2 4 6 に記載のシステム。

(項目 2 4 8)

前記ロボットアームは、前記エネルギー源を回転させるように構成されている、項目 2 4 6 に記載のシステム。

(項目 2 4 9)

前記治療プローブは、前記治療プローブを回転させるための前記ロボットアーム上に設置された連鎖部に結合されている、項目 2 4 6 に記載のシステム。

(項目 2 5 0)

30

前記連鎖部は、前記治療プローブを平行移動させるように構成されている、項目 2 4 9 に記載のシステム。

(項目 2 5 1)

前記内視鏡カメラは、前記シースの中に前進させられたときに前記治療プローブを視認するように構成されたレンズとセンサアレイとを備えている、項目 2 4 0 に記載のシステム。

(項目 2 5 2)

前記内視鏡カメラは、前記内視鏡カメラを前進および後退させるための連鎖部に結合されている、項目 2 5 1 に記載のシステム。

(項目 2 5 3)

40

前記連鎖部は、前記ロボットアームに結合されている、項目 2 5 2 に記載のシステム。

(項目 2 5 4)

前記内視鏡カメラは、前記管腔内で前記内視鏡カメラを前進および後退させるために十分な柱強度で前記連鎖部に結合するように構成された可撓性延長部を備えている、項目 2 5 2 に記載のシステム。

(項目 2 5 5)

前記内視鏡カメラは、前記連鎖部に結合するように構成された堅い延長部を備えている、項目 2 5 2 に記載のシステム。

(項目 2 5 6)

超音波プローブに結合されたアームをさらに備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

50

(項目 2 5 7)

前記超音波プローブに結合された前記アームは、ロボットアームを備えている、項目 2 5 6 に記載のシステム。

(項目 2 5 8)

前記超音波プローブに結合された前記ロボットアームは、前記治療プローブを撮像するために、前記超音波プローブの視野を位置付けるように構成されている、項目 2 5 7 に記載のシステム。

(項目 2 5 9)

前記超音波プローブに結合された前記ロボットアームは、前記治療プローブの位置にตอบสนองして前記超音波プローブを移動させるように構成されている、項目 2 5 8 に記載のシステム。

10

(項目 2 6 0)

前記超音波プローブは、経直腸超音波 ( T R U S ) プローブを備えている、項目 2 5 6 に記載のシステム。

(項目 2 6 1)

前記超音波プローブは、連鎖部を備え、前記連鎖部は、前記超音波プローブを平行移動および回転させ、前記超音波プローブの視野内に前記治療プローブを位置付ける、項目 2 5 6 に記載のシステム。

(項目 2 6 2)

前記ロボットアームの端部分に結合するように構成された結合アセンブリをさらに備え、前記結合アセンブリは、前記治療プローブを前記ロボットアームに結合するように構成されている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

20

(項目 2 6 3)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分に対する前記治療プローブの向きを確立するために、前記ロボットアームの端部分に関する向きで前記ロボットアームの端部分に結合するように構成され、随意に、前記端部分に関する前記結合アセンブリの前記向きは、事前決定された向きを備えている、項目 2 6 2 に記載のシステム。

(項目 2 6 4)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部に結合するための係合構造を備え、前記ロボットアームは、対応する係合構造を備えている、項目 2 6 3 に記載のシステム。

30

(項目 2 6 5)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブを回転させるように構成されている、項目 2 6 2 に記載のシステム。

(項目 2 6 6)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブを平行移動させるように構成されている、項目 2 6 5 に記載のシステム。

(項目 2 6 7)

結合アセンブリは、前記ロボットアセンブリの前記端部分が静止したままで、内視鏡カメラを平行移動させるように構成されている、項目 2 6 6 に記載のシステム。

40

(項目 2 6 8)

結合アセンブリは、前記ロボットアセンブリの前記端部分が静止したままで、灌注管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成されている、項目 2 6 6 に記載のシステム。

(項目 2 6 9)

結合アセンブリは、前記ロボットアセンブリの前記端部分が静止したままで、吸引管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成されている、項目 2 6 6 に記載のシステム。

(項目 2 7 0)

前記結合アセンブリは、前記治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔を一緒に平行移動させるように構成されている、項目 2 6 2 に記載のシステム。

(項目 2 7 1)

50

前記結合アセンブリは、前記治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔を独立して平行移動させるように構成されている、項目 2 6 2 に記載のシステム。

(項目 2 7 2)

前記ロボットアームに結合されたプロセッサをさらに備えている、項目 2 2 9 に記載のシステム。

(項目 2 7 3)

前記プロセッサは、前記治療プローブを前記シースの中に前進させるための命令で構成されている、項目 2 7 2 に記載のシステム。

(項目 2 7 4)

前記プロセッサは、前記治療プローブの前記伸長軸を前記シースの前記伸長軸と整列させるように構成されている、項目 2 7 2 に記載のシステム。

(項目 2 7 5)

前記プロセッサは、前記治療プローブの前記伸長軸が前記シースの前記伸長軸と整列させられたことを示す入力を受信し、前記入力に応答して前記シースの前記伸長軸に沿って前記治療プローブを前進させるための命令で構成されている、項目 2 7 4 に記載のシステム。

(項目 2 7 6)

前記プロセッサは、前記堅いシースの向きを決定するように構成され、前記プロセッサは、前記シースの前記向きで前記治療プローブを向けるための命令で構成されている、項目 2 7 2 に記載のシステム。

(項目 2 7 7)

前記シースに結合された前記アームは、前記シースの向きを決定するためのセンサを備えている、項目 2 7 6 に記載のシステム。

(項目 2 7 8)

前記プロセッサは、前記シースに結合された前記アームの継手状態から前記シースの前記向きを決定するように構成されている、項目 2 7 6 に記載のシステム。

(項目 2 7 9)

前記ロボットアームは、前記治療プローブの向きを決定するためのセンサを備えている、項目 2 7 6 に記載のシステム。

(項目 2 8 0)

前記ロボットアームの端部分に構成された結合アセンブリであって、前記結合アセンブリは、

治療プローブを受け取るための構造と、

ロボットアームの端部分に結合し、前記ロボットアームの前記端部分に対する前記治療プローブの向きを確立するための係合構造と

を備えている、結合アセンブリ。

(項目 2 8 1)

前記端部分に関する前記結合アセンブリの向きは、前記ロボットアームの前記端部分に対する前記プローブの事前決定された向きを確立するための事前決定された向きを備えている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 2)

前記ロボットアームは、対応する係合構造を備えている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 3)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブを回転させるように構成されている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 4)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブを平行移動させるように構成されている、項目 2 8 3 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 5)

10

20

30

40

50

結合アセンブリは、前記ロボットアセンブリの前記端部分が静止したままで、内視鏡カメラを平行移動させるように構成されている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 6)

結合アセンブリは、前記ロボットアセンブリの前記端部分が静止したままで、灌注管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成されている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 7)

結合アセンブリは、前記ロボットアセンブリの前記端部分が静止したままで、吸引管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成されている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 8)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔と一緒に平行移動させるように構成されている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 8 9)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔を独立して平行移動させるように構成されている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 9 0)

前記結合アセンブリは、前記ロボットアームの前記端部分が静止したままで、前記治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、または吸引管腔と一緒に移動させるための 1 つ以上の連鎖部を備えている、項目 2 8 0 に記載の結合アセンブリ。

(項目 2 9 1)

患者を治療する方法であって、前記方法は、

治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させることと、

前記治療プローブの前記伸長軸が前記シースの前記伸長軸と整列させられたことを示す入力を受信することと、

前記入力にตอบสนองして、前記シースの前記伸長軸に沿って前記治療プローブを前進させることと

を含む、方法。

(項目 2 9 2)

受動モードは、ゼロ重力モードを備えている、項目 1 - 2 9 1 のいずれか 1 項に記載のシステムまたは方法。

(項目 2 9 3)

クランプに結合されたセンサをさらに備え、前記クランプは、レールに結合するように構成され、前記センサは、前記クランプ、前記レール、またはロボットアームに結合された支持体のうちの 1 つ以上の荷重を測定するように構成されている、項目 1 - 2 9 2 のいずれか 1 項に記載のシステムまたは方法。

(参照による組み込み)

**【0 0 1 6】**

本明細書に述べられる全ての出版物、特許、および特許出願は、各個々の出版物、特許、または特許出願が、参照することによって組み込まれるように具体的かつ個別に示された場合と同一の程度に、参照することによって本明細書に組み込まれる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0 0 1 7】**

本発明の新規の特徴が、添付の請求項において詳細に記載される。本開示の特徴および利点のさらなる理解が、本開示の原理が利用される、例証的实施形態を記載する以下の発明を実施するための形態および付随する図面を参照することによって取得されるであろう。

**【0 0 1 8】**

**【図 1】** 図 1 は、いくつかの実施形態による、患者において組織切除を実施するためのシ

10

20

30

40

50

ステムの正面図を示す。

【0019】

【図2】図2は、いくつかの実施形態による、患者において組織切除を実施するためのシステムを図式的に図示する。

【0020】

【図3】図3Aおよび3Bは、いくつかの実施形態による、1つ以上のロボットアームを支持するための共通基部またはマウントの斜視図を示す。

【0021】

【図4A】図4Aおよび4Bは、それぞれ、いくつかの実施形態による、移動式基部を備えている患者において組織切除を実施するためのシステムの斜視および側面図を図示する。

10

【図4B】図4Aおよび4Bは、それぞれ、いくつかの実施形態による、移動式基部を備えている患者において組織切除を実施するためのシステムの斜視および側面図を図示する。

【0022】

【図5】図5Aおよび5Bは、いくつかの実施形態による、治療プローブと第1のロボットアームとの間の結合部の上面図を示し、図5Aは、結合解除された治療プローブおよび第1のロボットアームを示し、図5Bは、結合された治療プローブおよび第1のロボットアームを示す。

【0023】

【図6】図6は、いくつかの実施形態による、治療プローブに結合されるロボットアームを動作させる方法に関するフローチャートを示す。

20

【0024】

【図7】図7は、いくつかの実施形態による、撮像プローブに結合されるロボットアームを動作させる方法を示す。

【0025】

【図8A】図8Aは、いくつかの実施形態による、患者の治療中の治療プローブおよび撮像プローブの構成を図示する。

【0026】

【図8B】図8Bは、いくつかの実施形態による、プローブおよび力検出センサを伴うロボットアームの概略図である。

【0027】

【図9】図9A、9B、および9Cは、いくつかの実施形態による、撮像プローブの矢状面との治療プローブ軸の整列を図式的に図示する。

30

【0028】

【図10】図10は、いくつかの実施形態による、出血部位の識別を含む外科手術野の術中画像を示す。

【0029】

【図11A】図11A、11B、および11Cは、それぞれ、いくつかの実施形態による、患者において組織切除を実施するためのシステムであり、撮像および治療プローブを位置付けるためのスライダおよびマウントのシステムに結合された治療台を備えているシステムの側面、正面、および斜視図を示す。

40

【図11B】図11A、11B、および11Cは、それぞれ、いくつかの実施形態による、患者において組織切除を実施するためのシステムであり、撮像および治療プローブを位置付けるためのスライダおよびマウントのシステムに結合された治療台を備えているシステムの側面、正面、および斜視図を示す。

【図11C】図11A、11B、および11Cは、それぞれ、いくつかの実施形態による、患者において組織切除を実施するためのシステムであり、撮像および治療プローブを位置付けるためのスライダおよびマウントのシステムに結合された治療台を備えているシステムの側面、正面、および斜視図を示す。

【0030】

【図12】図12は、いくつかの実施形態による、患者において組織切除を実施するため

50

の治療システムであり、ディスプレイを伴うモバイルカートと、ロボットアームが撮像および治療プローブを作動させるための共通ロボットアーム基部とを備えているシステムの斜視図を図示する。

【0031】

【図13】図13は、いくつかの実施形態による、組織切除を実施するための治療システムの斜視図を図示する。

【0032】

【図14】図14A、14B、および14Cは、いくつかの実施形態による、治療システムとの使用のためのクランプの斜視図を図示する。

【0033】

【図15】図15A、15B、15C、および15Dは、いくつかの実施形態による、治療システムとの使用のためのクランプの斜視内部図を図示する。

【0034】

【図16】図16A、16B、16C、および16Dは、いくつかの実施形態による、治療システムとの使用のためのクランプの側面内部図を図示する。

【0035】

【図17】図17A、17B、および17Cは、それぞれ、いくつかの実施形態による、締め付けシステムの斜視、側面、および斜視図を図示する。

【0036】

【図18】図18Aおよび18Bは、いくつかの実施形態による、治療システムとの使用のためのマウントを伴うクロスバーの斜視図を図示する。

【0037】

【図19】図19Aおよび19Bは、いくつかの実施形態による、治療システムとの使用のためのマウントを伴うクロスバーの斜視図を図示する。

【0038】

【図20】図20は、いくつかの実施形態による、制御ハンドルの斜視図を図示する。

【0039】

【図21】図21は、いくつかの実施形態による、それぞれの制御ハンドルに結合され、共平面性を示す撮像プローブおよび治療プローブの平面図を図示する。

【0040】

【図22】図22は、いくつかの実施形態による、撮像および治療プローブを位置付けるためのシステムであり、クランプと、プレースト、ロボットアームとを備えているシステムの斜視図を図示する。

【0041】

【図23】図23は、いくつかの実施形態による、撮像および治療プローブを位置付けるためのシステムの側面図を図示する。

【0042】

【図24】図24は、いくつかの実施形態による、治療システムであり、車輪付きプローブ搭載および調節アセンブリを備えている治療システムの斜視図を図示する。

【0043】

【図25】図25は、いくつかの実施形態による、1つ以上のプローブを位置付け、較正するためのシステムを図示する。

【0044】

【図26】図26は、いくつかの実施形態による、シースに結合されたアーム、治療プローブに結合されたロボットアーム、および超音波プローブに結合されたアームを図示する。

【0045】

【図27】図27は、図26のように、治療プローブに結合されたロボットアームと、シースに結合されたアームとを備えているシステムを図示する。

【0046】

【図28A】図28Aは、ロボットアームを治療プローブに結合するための結合部を図示

10

20

30

40

50

する。

【0047】

【図28B】図28Bは、図28Aのような結合部によって提供される治療プローブ、内視鏡、灌注管腔、および吸引管腔の移動を図示する。

【0048】

【図29】図29は、いくつかの実施形態による、治療の方法を図示する。

【発明を実施するための形態】

【0049】

本開示の実施形態は、組織切除、例えば、前立腺組織切除等の組織治療を実施するための改良された方法および装置を提供する。本明細書に開示される方法および装置は、多くのタイプの外科的演技に非常に適しており、多くの以前のシステムおよび方法の中に組み込まれることができる。本開示のいくつかの実施形態は、前立腺の経尿道治療を対象とするが、本開示のいくつかの側面はまた、脳、心臓、肺、腸、眼、皮膚、腎臓、肝臓、膵臓、胃、子宮、卵巣、睾丸、膀胱、耳、鼻、口、骨髄、脂肪組織、筋肉、腺および粘膜組織、脊髄および神経組織、軟骨等の軟組織、歯、骨等の硬質生物組織、ならびに洞、尿管、結腸、食道、肺通路、血管、および喉等の身体管腔ならびに通路等の他の組織および関連付けられる器官を治療ならびに修正するために使用され得る。本明細書に開示されるデバイスは、既存の身体管腔を通して挿入される、または身体組織に生成される開口部を通して挿入され得る。

10

【0050】

本開示される方法および装置は、エネルギー源を用いて多くのタイプの組織を治療するために非常に適している。組織は、例えば、腺組織または被膜組織等の軟組織、もしくは骨または腎臓結石等の妨害物等の硬組織を備え得る。エネルギー源は、レーザビーム、水噴射、電極、超音波、高強度集束超音波、機械的振動、無線周波数(RF)エネルギー、超音波トランスデューサ、マイクロ波エネルギー、空洞形成水噴射または超音波キャビテーション等の空洞形成エネルギー、放射性同位体からの電離放射線等の放射線、もしくはイオン化電極からのイオンエネルギー、またはプラズマ電極からのプラズマエネルギーのうちの一つ以上を備え得る。本開示される方法および装置は、例えば、碎石術を実施し、腎臓結石を破壊するために非常に適している。本開示される方法および装置は、治療プローブ上の放射性同位体等の放射線を用いた治療のために非常に適している。放射線治療は、例えば、癌の治療のために、プローブ上に提供され、プローブを用いて除去される、または治療プローブから埋め込まれることができる。

20

30

【0051】

いくつかの実施形態では、画像誘導治療システムは、治療プローブと、撮像プローブとを備えている。撮像プローブは、治療プローブが標的組織の切除を実施している間に、標的部位の画像を提供するように構成され得る。治療プローブおよび撮像プローブの各々は、アームの一方または両方のより精密に制御された移動を可能にするため、かつ治療システムを使用する治療の安全性および効率を改良するために、一つ以上のコンピューティングデバイスの制御下でロボットアームに結合され得る。

【0052】

ロボットアームは、多くの方法で構成されることができる。本開示に関連する研究は、TRUSプローブが力をロボットアームに及ぼし得ることを示唆する。いくつかの実施形態では、本力は、プローブに対する患者からの力に関連する。いくつかの実施形態では、本力は、施術外科医が、意図された治療に対する撮像または組織位置を改良する目的のために、組織に対してプローブを移動させ、組織を移動させることによって引き起こされる、力に関連する。プローブの長さは、ロボットアーム上に対応するトルクをもたらし得る。

40

【0053】

本発明者らは、ロボットアームに印加され得るTRUSプローブからの力の量を決定するために、実験を行ってきた。本力は、例えば、患者の外部のモータマウントにおいて測定されることができる。力は、プローブおよび患者の外科的設置に応じて、0~約5キロ

50

グラムに及ぶことができる。いくつかの実施形態では、アームから前立腺との接触点までの距離は、アーム上のトルクの量に対応する。

【0054】

器具位置付けは、本明細書に開示されるいくつかの実施形態による、運動制御および能力の3つのカテゴリを有することができる。運動の3つのカテゴリは、概して、1)移動、格納、および外科手術の準備のための粗動能力と、2)プローブを患者と整列させ、プローブを患者の中に挿入するための中間移動能力と、3)正確な外科手術のための位置公差に対応する微細移動能力とを備えている。

【0055】

粗動能力は、例えば、患者位置付けの間に、テーブルの下方に、かつそれに隣接して、格納を可能にする。

10

【0056】

中間運動は、例えば、システムが患者進入のために準備され、位置付けられているときに、外科用支持構造、例えば、手術室(「OR」)台上の患者に対する器具位置付けを可能にする。TRUSプローブまたは任意の好適な外科的侵襲性プローブのための位置の典型的範囲は、X、Y、Z座標系を用いて説明され得る、患者の中への挿入のための自由運動を有するものである。適切な座標基準系を用いると、患者の管腔への進入は、X、Y、Z座標系における0、0、0の値に対応し得る。座標基準はまた、X'、Y'、Z'の角度座標基準を備え得る。管腔への進入は、患者の肛門を備え得る。0、0、0における肛門入口および患者軸と同一線上にあるプローブを用いると、中間運動は、+/-2~15cmのX運動公差と、+/-2~15cmのY運動公差と、+/-2~30cmのZ運動公差とを備え得る。いくつかの実施形態では、XおよびY運動は、XおよびY座標基準に沿ったプローブの平行移動に対応する。Z軸位置は、管腔の軸に沿った移動に対応し、身体管腔に沿ったプローブの前進および後退、例えば、患者の中および外への平行移動に対応し得る。X'、Y'、Z'の角度調節を用いると、角度位置能力は、患者の天然軸に対して、X'+/-0~30度と、Y'+/-0~30度と、Z'+/-0~30度とを備え得る。本開示に関連する研究は、これらの角度能力を伴うプローブが、患者の中への挿入のためにユーザによって操作され得ることを示唆する。

20

【0057】

いくつかの実施形態では、微細移動能力および公差は、プローブが、例えば、組織切除および撮像の間に患者内に位置付けられた、ロボットプローブおよびアームの構成に対応する。本システムが、診断および治療のために位置付けられる器具と併用されているとき、本明細書に説明されるセンサおよび制御は、組織損傷を防止し、また、治療プローブおよび撮像プローブを位置付け、確実な画像、例えば、最適な画像を取得するように構成されることができ、治療および撮像プローブは、精密に位置付けられ、組織圧力に対して定位置で堅く保持されることができる。X、Y、Z基準フレームは、0、0、0における管腔入口(および患者軸と同一線上にあるプローブ)上で心合されることができる。いくつかの実施形態では、X運動公差は、+/-0~5cmであり、Y運動公差は、+/-0~5cmであり、Z運動公差は、+/-0~15cmである。XおよびY運動は、概して、プローブの平行移動に対応し、Z軸は、患者の中および外へのプローブの前進ならびに後退に対応する。X'、Y'、Z'のための対応する角度調節範囲は、例えば、患者の正中線に沿って延びているZ軸を伴う患者の正中線を参照して、患者の天然軸に対して、X'+/-0~10度、Y'+/-0~10度、およびZ'+/-0~15度である。上記の値は、可動域を表すが、ロボットアームおよび外科用プローブは、プローブの固定位置構成に関して、より厳密な公差を提供し得る。例えば、プローブが、固定位置で保持されることを意図しているとき、回転公差は、+/-5°公差以内またはそれ未満、例えば、+/-3°に、X'、Y'、Z'のうちの1つ以上を維持することができる。平行移動に関して、手動で設定された位置は、例えば、X、Y、Z軸のうちの1つ以上に関して、5mmまたはそれ未満、3mmまたはそれ未満、もしくは2mmまたはそれ未満の位置公差に維持されることができる。いくつかの実施形態では、これらの公差は、X、Y、ZおよびX'、Y'、Z'

30

40

50

毎に維持される。いくつかの実施形態では、プローブは、手動で設定され、平行移動および回転公差は、上記の値以内に維持され、これは、組織治療および関連付けられる撮像の正確度を改良することができる。これらの公差は、例えば、その上に搭載されたプローブを伴うアームの最大構造弛緩または荷重に対応し得る。

#### 【0058】

プローブは、多くの方法で操作され、患者の中に挿入されることができる。例えば、プローブは、手動で操作されることができ、ロボットアームは、プローブと整列するように移動させられ、プローブに結合されることができ、プローブは、ユーザによって解放されたときに上記の公差を維持し、アームは、続いて、患者およびプローブの全荷重を支持する。アームは、手動で、またはセンサおよび誘導回路が、アームをユーザによって保持されるプローブと整列させるために使用される、少なくとももある自動化を用いて、プローブと整列させられることができる。アームは、アーム上の結合構造が、プローブ上の結合構造と精密に整列させられ得るように、6自由度でプローブに係合するための結合構造を備え得る。結合構造は、続いて、整列の検出に応答して、係合され、互いに結合されることができる。いくつかの実施形態では、センサが、アームとプローブとの間の整列を検出するように、アームまたはプローブのうちの1つ以上の上に提供され、結合構造が、検出された整列に応答して係合される。ロボットアームは、プロセッサに結合される連鎖部を備え得、プロセッサは、アームの移動を制御し、アームをユーザによって保持されるプローブと整列させる。

#### 【0059】

いくつかの実施形態では、尿道プローブは、TRUSプローブに類似する寸法、運動、および公差能力を有する。

#### 【0060】

いくつかの実施形態では、プローブは、約250グラム~1,500グラムの範囲内の質量を備え、アームは、本範囲内の質量を備えているプローブを用いて、本明細書に説明される公差を維持する。

#### 【0061】

本明細書に説明されるようなロボットアームは、撮像TRUSプローブの矢状面を備え得る、治療プローブと撮像プローブとの間の整列を改良することができる。例えば、治療プローブは、撮像プローブの矢状面に沿って実質的に同一平面内に整列させられることができる。本共平面性は、治療プローブおよび撮像プローブの座標の撮像ならびに整列を提供することができる。いくつかの実施形態では、本共平面性の公差は、治療プローブの幅および撮像面能力の幅、例えば、超音波ビーム形成を用いて捕捉される画像の幅の組み合わせに関連する。治療プローブに対するTRUSの相対位置は、実質的に平行であり、角度公差以内で整列させられることができる。整列は、 $+/-0$  (平行) ~ 約30度の範囲内であり得る。いくつかの実施形態では、治療プローブおよびTRUSプローブの伸長軸は、実質的に同一平面内構成で整列させられ、プローブの間の分離距離は、撮像および治療プローブの長さに沿って変動する。例えば、治療プローブの遠位先端は、TRUSプローブから最も遠く離れ得、近位端は、TRUSプローブのより近くにあり得、2つのプローブは、互いに対して傾斜しているが、実質的に同一平面内にある。2つのプローブの間の傾斜は、各一意のヒトの天然口の組織制約に関連し得る。自然に利用可能な口への入口の間の距離は、例えば、約5cm~約25cm分離の範囲内で変動し得る。

#### 【0062】

いくつかの実施形態では、撮像プローブおよび治療プローブは、治療プローブが撮像プローブの視野内にあるように、整列させられる。いくつかの実施形態では、整列は、撮像プローブの視野内に治療プローブを維持するように構成される。いくつかの実施形態では、治療プローブは、ある位置まで移動するように構成され、撮像プローブは、視野内に治療プローブを維持するように構成される。

#### 【0063】

図1は、患者において組織切除を実施するためのシステム400の例示的实施形態を示

す。システム 400 は、治療プローブ 450 と、撮像プローブ 460 とを備え得る。治療プローブ 450 は、第 1 のアーム 442 に結合され得、撮像プローブ 460 は、第 2 のアーム 444 に結合され得る。第 1 のアーム 442 および第 2 のアーム 444 の一方または両方は、その移動が、アームと動作可能に結合される 1 つ以上のコンピューティングデバイスによって制御され得る、ロボットアームを備え得る。治療プローブ 450 は、患者内の標的部位から標的組織を除去するためのデバイスを備え得る。治療プローブ 450 は、標的組織を除去するために十分なエネルギーを治療プローブ 450 から標的組織に送達するように構成され得る。例えば、治療プローブ 450 は、電気外科的アブレーションデバイス、レーザアブレーションデバイス、経尿道針アブレーションデバイス、水噴射アブレーションデバイス、またはそれらの任意の組み合わせを備え得る。撮像プローブ 460 は、標的組織を撮像するために十分なエネルギーを撮像プローブ 460 から標的組織に送達するように構成され得る。撮像プローブ 460 は、例えば、超音波プローブ、磁気共鳴プローブ、内視鏡、または蛍光透視法プローブを備え得る。第 1 のアーム 442 および第 2 のアーム 444 は、独立して調節可能である、固定関係に従って調節可能である、ユーザ選択関係に従って調節可能である、独立して係止可能である、または同時に係止可能である、もしくはそれらの任意の組み合わせであるように構成され得る。第 1 のアーム 442 および第 2 のアーム 444 は、それぞれ、治療プローブ 450 および撮像プローブ 460 を操作するための複数の自由度、例えば、6 自由度を有し得る。治療システム 400 は、患者の前立腺等の患者の器官において組織切除を実施するために使用され得る。患者は、ベッド、テーブル、椅子、またはプラットフォーム等の患者支持体 449 上に位置付けられ得る。治療プローブ 450 は、治療プローブの伸長軸 451 と一致する進入軸に沿って患者の標的部位の中に挿入され得る。例えば、治療プローブ 450 は、患者の前立腺内に治療プローブのエネルギー送達領域を位置付けるように、患者の尿道の中への挿入のために構成され得る。撮像プローブ 460 は、撮像プローブの伸長軸 461 と一致する進入軸に沿って、患者の標的部位において、または標的部位に隣接する部位において、患者の中に挿入され得る。例えば、撮像プローブ 460 は、患者の前立腺および周辺組織を視認するように患者の直腸の中への挿入のために構成される、経直腸超音波 (TRUS) プローブを備え得る。図 1 に示されるように、第 1 のアーム 442 および第 2 のアーム 444 は、無菌手術環境を提供し、ロボットアームを清潔に保ち、ロボットアームを損傷する危険性を低減させるように、無菌ドレープで被覆され得る。本明細書に開示されるような実施形態と組み込むために好適なシステム 400 の種々のコンポーネントに関するさらなる詳細が、米国特許第 7,882,841 号、米国特許第 8,814,921 号、米国特許第 9,364,251 号、および PCT 公開第 WO 2013/130895 号 (その開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる) で見出され得る。

#### 【0064】

図 2 は、患者において組織切除を実施するためのシステム 400 の例示的实施形態を図式的に図示する。システム 400 は、治療プローブ 450 を備え、随意に、撮像プローブ 460 を備え得る。治療プローブ 450 は、コンソール 420 および連鎖部 430 に結合される。連鎖部 430 は、ロボットアーム 442 の 1 つ以上のコンポーネントを備え得る。撮像プローブ 460 は、撮像コンソール 490 に結合される。撮像プローブは、例えば、第 2 のロボットアーム 444 に結合され得る。患者治療プローブ 450 および撮像プローブ 460 は、共通基部 440 に結合されることができる。患者は、患者支持体 449 を用いて支持される。治療プローブ 450 は、第 1 のアーム 442 を用いて基部 440 に結合される。撮像プローブ 460 は、第 2 のアーム 444 を用いて基部 440 に結合される。第 1 のアーム 442 および第 2 のアーム 444 の一方または両方は、その移動が、本明細書にさらに詳細に説明されるように、アームと動作可能に結合される 1 つ以上のコンピューティングデバイスによって制御され得る、ロボットアームを備え得る。

#### 【0065】

共通基部が参照されるが、ロボットアームは、ロボットアームの基部を支持するように、ベッドレール、コンソール、または任意の好適な支持構造に結合されることができる。

## 【 0 0 6 6 】

いくつかの実施形態では、システム 4 0 0 は、ユーザがロボットアーム上の外科用器具を操作するためのプロセッサ 4 2 3 に結合されるユーザ入力デバイス 4 9 6 を備えている。ユーザ入力デバイス 4 9 6 は、任意の好適な場所に、例えば、コンソール上、ロボットアーム上、移動式基板上に位置することができ、入力の冗長手段、一意の入力コマンド、または組み合わせのいずれかを提供するためにシステム 4 0 0 と併せて使用される、1つ、2つ、3つ、4つ、またはそれを上回るユーザ入力デバイスが存在し得る。いくつかの実施形態では、ユーザ入力デバイスは、ユーザ入力デバイスの機械的移動に応答して、移動により治療プローブまたは撮像プローブの端部を移動させるためのコントローラを備えている。プローブの端部は、ディスプレイ 4 2 5 上に示されることができ、ユーザは、プローブの端部を操作することができる。例えば、ユーザ入力デバイスは、ユーザが6自由度で入力デバイスを移動させることができ、プローブの遠位端がコントローラの移動に応答して移動する、6自由度入力コントローラを備え得る。いくつかの実施形態では、6自由度は、3平行移動自由度と、3回転自由度とを備えている。プロセッサは、プローブ制御が、例えば、ユーザ入力デバイスのユーザ移動により、エネルギー源を用いた自動画像誘導治療とエネルギー源を用いた治療との間で切り替えるための命令で構成されることができる。

10

## 【 0 0 6 7 】

患者は、治療プローブ 4 5 0 および超音波プローブ 4 6 0 が患者の中に挿入され得るように、患者支持体 4 4 9 上に設置される。患者は、例えば、腹臥、仰臥、直立、または傾斜等の多くの体位のうちの1つ以上のもので設置されることができ、いくつかの実施形態では、患者は、碎石位で設置され、例えば、あぶみが使用され得る。いくつかの実施形態では、治療プローブ 4 5 0 は、患者の第1の側面で第1の方向へ患者の中に挿入され、撮像プローブは、患者の第2の側面で第2の方向へ患者の中に挿入される。例えば、治療プローブは、患者の前側から患者の尿道の中に挿入されることができ、撮像プローブは、患者の後側から患者の腸の中に経直腸的に挿入されることができ、治療プローブおよび撮像プローブは、尿道組織、尿道壁組織、前立腺組織、腸組織、または腸壁組織のうちの1つ以上のものでその間に延びている状態で、患者の中に設置されることができ、

20

## 【 0 0 6 8 】

治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 は、多くの方法のうちの1つ以上の方法で患者の中に挿入されることができ、挿入の間に、第1および第2のアームの各々は、治療または撮像プローブが、プローブを患者の中に挿入するために望ましく回転および平行移動させられ得るように、実質的に係止解除された構成を備え得る。プローブが所望の場所に挿入されているとき、アームは、係止されることができ、係止構成では、プローブは、例えば、平行、歪曲、水平、斜角、または非平行等の多くの方法のうちの1つ以上の方法で互いに関連して配向されることができ、撮像プローブの画像データを治療プローブ座標参照にマップするために、本明細書に説明されるような角度センサを用いてプローブの向きを決定することが役立つ。組織画像データを治療プローブ座標参照空間にマップさせることは、医師等のオペレータによる治療のために識別される組織の正確な標的化および治療を可能にすることができる。

30

40

## 【 0 0 6 9 】

いくつかの実施形態では、治療プローブ 4 5 0 は、撮像プローブ 4 6 0 からの画像に基づいて治療をプローブ 4 5 0 と整列させるために、撮像プローブ 4 6 0 に結合される。結合は、示されるように共通基部 4 4 0 を用いて達成されることができ、代替として、または組み合わせて、治療プローブおよび/または撮像プローブは、患者の組織を通じた整列でプローブを保持するための磁石を備え得る。いくつかの実施形態では、第1のアーム 4 4 2 は、治療プローブ 4 5 0 が患者内の所望の場所に位置付けられ得るように、移動可能かつ係止可能なアームである。プローブ 4 5 0 が患者の所望の場所に位置付けられているとき、第1のアーム 4 4 2 は、アームロック 4 2 7 を用いて係止されることができ、撮像プローブは、第2のアーム 4 4 4 を用いて基部 4 4 0 に結合されることができ、これ

50

は、治療プローブが定位置で係止されたときに撮像プローブの整列を調節するために使用されることができる。第2のアーム444は、例えば、撮像システム、またはコンソール、およびユーザインターフェースの制御下で、係止可能かつ移動可能なプローブを備え得る。移動可能アーム444は、撮像プローブ460が、例えば、治療プローブ450に関連して1ミリメートル程度のわずかな移動で調節され得るように、微細作動可能であり得る。

#### 【0070】

いくつかの実施形態では、治療プローブ450および撮像プローブ460は、治療が、撮像プローブ460および治療プローブ450の整列に基づいて制御され得るように、角度センサに結合される。第1の角度センサ495は、支持体438を用いて治療プローブ450に結合され得る。第2の角度センサ497は、撮像プローブ460に結合され得る。角度センサは、多くのタイプの角度センサのうちの1つ以上を備え得る。例えば、角度センサは、ゴニオメータ、加速度計、およびそれらの組み合わせを備え得る。いくつかの実施形態では、第1の角度センサ495は、3次元で治療プローブ450の向きを決定するための3次元加速度計を備えている。多くの実施形態では、第2の角度センサ497は、3次元で撮像プローブ460の向きを決定するための3次元加速度計を備えている。代替として、または組み合わせて、第1の角度センサ495は、治療プローブの伸長軸451に沿った治療プローブ450の角度を決定するためのゴニオメータを備え得る。第2の角度センサ497は、撮像プローブ460の伸長軸461に沿った撮像プローブ460の角度を決定するためのゴニオメータを備え得る。第1の角度センサ495は、治療コンソール420のコントローラ424に結合される。撮像プローブの第2の角度センサ497は、撮像コンソール490のプロセッサ492に結合される。代替として、または組み合わせて、第2の角度センサ497は、治療コンソール420のコントローラ424に結合され得る。

#### 【0071】

コンソール420は、治療プローブ450を制御するために使用されるコンポーネントの中のプロセッサシステムに結合される、ディスプレイ425を備えている。コンソール420は、メモリ421を有するプロセッサ423を備えている。通信回路422は、プロセッサ423およびコントローラ422に結合される。通信回路422は、撮像コンソールの通信回路494を介して、撮像コンソール490に結合される。コンソール420のアームロック427は、第1のアームを係止するように、または第1のアームが、プローブ450を患者の中に挿入するために自由に移動可能であることを可能にするように、第1のアーム442に結合され得る。

#### 【0072】

随意に、コンソール420は、治療プローブ450のアンカ24に結合される、内視鏡426のコンポーネントを備え得る。内視鏡426は、コンソール420のコンポーネントと、患者を治療するように治療プローブ450とともに挿入可能な内視鏡とを備えていることができる。

#### 【0073】

随意に、コンソール420は、治療プローブを用いた治療の側面を制御するように治療プローブ450と動作可能に結合される、モジュールのうちの1つ以上を備え得る。例えば、コンソール420は、エネルギーを治療プローブに提供するためのエネルギー源22、標的治療部位において治療プローブを係留するために使用されるバルーンの膨張に影響を及ぼすためのバルーン膨張制御26、プローブの注入および洗浄を制御するための注入/洗浄制御28、プローブによる吸引を制御するための吸引制御30、標的治療部位(例えば、前立腺)の吹送を制御するための吹送制御32、または光エネルギーを治療プローブに提供するための赤外線、可視光、もしくは紫外線光源等の光源33のうちの1つ以上を備え得る。

#### 【0074】

プロセッサ、コントローラ、および制御電子機器ならびに回路は、1つ以上のプロセッ

10

20

30

40

50

サ、1つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、および1つ以上のメモリ記憶デバイス等の多くの好適なコンポーネントのうちの1つ以上を含むことができる。いくつかの実施形態では、制御電子機器は、ユーザ規定治療パラメータに従って手技前計画を提供するように、ならびに外科手術手技に対するユーザ制御を提供するように、グラフィックユーザインターフェース（以降では「GUI」）のコントロールパネルを制御する。

【0075】

治療プローブ450は、アンカ24を備え得る。アンカ24は、エネルギーがプローブ450を用いてエネルギー送達領域20に送達されている間に、プローブ450の遠位端を係留することができる。プローブ450は、ノズル200を備え得る。

10

【0076】

治療プローブ450は、連鎖部430を用いて第1のアーム442に結合され得る。連鎖部430は、例えば、患者の画像に基づいて、エネルギー送達領域20を患者の所望の標的場所まで移動させるためのコンポーネントを備え得る。連鎖部430は、第1の部分432と、第2の部分434と、第3の部分436とを備え得る。第1の部分432は、実質的に固定された係留部分を備え得る。実質的に固定された係留部分432は、支持体438に固定され得る。支持体438は、連鎖部430の参照フレームを備え得る。支持体438は、第1のアーム442を治療プローブ450に剛直性または剛性に結合するための剛直性シャーシまたはフレームもしくは筐体を備え得る。第1の部分432が、実質的に固定されたままであることができる一方、第2の部分434および第3の部分436は、移動し、プローブ450から患者にエネルギーを指向することができる。第1の部分432は、アンカ24までの実質的に一定の距離437に固定され得る。アンカ24と連鎖部の固定された第1の部分432との間の実質的に固定された距離437は、治療が正確に設置されることを可能にする。第1の部分432は、治療プローブ450の伸長軸451に沿った所望の軸方向位置で、エネルギー送達領域20内に中に高圧ノズル200を正確に位置付けるための線形アクチュエータを備え得る。

20

【0077】

プローブ450の伸長軸451は、概して、連鎖部430の近傍のプローブ450の近位部分と、それに取り付けられたアンカ24を有する遠位端との間に延びている。第3の部分436は、伸長軸451の周囲の回転角453を制御することができる。患者の治療中に、エネルギー送達領域20と連鎖部の第1の部分432との間の距離439は、アンカ24を参照して変動し得る。距離439は、アンカ24に参照された治療プローブの伸長軸451に沿って標的場所を設定するように、コンピュータ制御に応答した様式418で調節し得る。連鎖部の第1の部分が、固定されたままである一方、第2の部分434は、軸451に沿ったエネルギー送達領域20の位置を調節する。連鎖部436の第3の部分は、治療の角度における軸に沿った距離が、アンカ24を参照して非常に正確に制御され得るように、コントローラ424に回答して軸の周囲の角度453を調節する。プローブ450は、連鎖部430からアンカ24までの距離が、治療中に実質的に一定のままであるように、支持体438とアンカ24との間に延びているスパイン等の剛性部材を備え得る。治療プローブ450は、噴射からの機械エネルギー、電極からの電気エネルギー、またはレーザ源等の光源からの光エネルギー等の1つ以上の形態のエネルギーを用いた治療を可能にするように、本明細書に説明されるような治療コンポーネントに結合される。光源は、赤外線、可視光、または紫外線光を備え得る。エネルギー送達領域20は、意図した形態のエネルギーを患者の標的組織に送達する等のために、連鎖部430の制御下で移動させられることができる。

30

40

【0078】

撮像コンソール490は、メモリ493と、通信回路494と、プロセッサ492とを備え得る。対応する回路内のプロセッサ492は、撮像プローブ460に結合される。アームコントローラ491が、撮像プローブ460を精密に位置付けるようにアーム444に結合される。撮像コンソールはさらに、ディスプレイ425を備え得る。

50

## 【 0 0 7 9 】

患者の治療中に治療プローブおよび/または撮像プローブの精密な制御を促進するために、治療プローブおよび撮像プローブの各々は、ロボットのコンピュータ制御可能アームに結合され得る。例えば、図2に示されるシステム400を参照すると、治療プローブ450に結合される第1のアーム442および撮像プローブ460に結合される第2のアーム444の一方または両方は、ロボットのコンピュータ制御可能アームを備え得る。ロボットアームは、ロボットアームの移動を制御するように構成される、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され得る。例えば、第1のロボットアーム442は、コンソール420のプロセッサ423と動作可能に結合され得る、または第2のロボットアーム444は、撮像コンソール490のプロセッサ492と、および/またはコンソール420のプロセッサ423に動作可能に結合され得る。プロセッサ423および492等の1つ以上のコンピューティングデバイスは、1つ以上のロボットアームの移動を制御するためのコンピュータ実行可能命令を備え得る。第1および第2のロボットアームは、構造および機能が実質的に類似し得る、またはそれらは、治療プローブ対撮像プローブの移動を制御するための具体的機能要件に適応するように異なり得る。

10

## 【 0 0 8 0 】

ロボットアームは、アームがコンピュータ制御下で移動することを可能にするための6つ、または7つ、もしくはそれを上回る継手を備え得る。好適なロボットアームは、RoboDK Inc.、Kinova Inc. および他の製造業者等のいくつかの製造業者から市販されている。

20

## 【 0 0 8 1 】

第1および第2のロボットアームに動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスは、治療プローブおよび/または撮像プローブの移動を自動的に制御するように構成され得る。例えば、ロボットアームは、1つ以上の事前プログラムされたパラメータに従って、患者の治療中に治療プローブおよび/または撮像プローブの位置および/または向きを自動的に調節するように構成され得る。ロボットアームは、1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶され得る、事前計画またはプログラムされた治療もしくは走査プロファイルに沿って、治療プローブおよび/または撮像プローブを自動的に移動させるように構成され得る。ロボットアームの自動調節の代替として、またはそれに加えて、1つ以上のコンピューティングデバイスは、例えば、治療装置のグラフィカルユーザインターフェースを通して、ユーザ入力にตอบสนองして、治療プローブおよび/または撮像プローブの移動を制御するように構成され得る。ロボットアームの自動調節の代替として、またはそれに加えて、1つ以上のコンピューティングデバイスは、リアルタイム測位情報にตอบสนองして、例えば、撮像プローブまたは他の撮像源（そこから治療プローブおよび/または撮像プローブの許容可動域が確立され得る）によって捕捉される1つ以上の画像内で認識される生体構造、および/またはプローブおよび/またはロボットアームに結合される1つ以上のセンサからの治療プローブおよび/または撮像プローブの位置情報にตอบสนองして、治療プローブおよび/または撮像プローブの移動を制御するように構成され得る。

30

## 【 0 0 8 2 】

図3Aおよび3Bは、本明細書に開示されるような画像誘導治療システムの1つ以上のロボットアームを支持するための共通基部もしくはマウント440の例示的实施形態を示す。図3Aは、1つ以上のレール452を備えている、患者支持体449を示す。患者支持体449は、手術台またはプラットフォームを備え得る。治療プローブまたは撮像プローブのうちの1つ以上に関連付けられる、1つ以上のロボットアームは、レールが共通基部440として機能するように、レール452に搭載され得る。図3Bは、治療プローブに接続される第1のロボットアームおよび/または撮像プローブに接続される第2のロボットアームに結合するように構成される床スタンド454を備えている、共通基部440を示す。床スタンド454は、治療手技の間に患者の脚の間に位置付けられ得る。

40

## 【 0 0 8 3 】

50

図4Aおよび4Bは、移動式基部470を備えている、本明細書に説明されるような治療システム400の例示的实施形態を図示する。図4Aは、治療システム400の正面図であり、図4Bは、側面図である。治療システム400は、第1のロボットアーム442に結合される治療プローブ450と、第2のロボットアーム444に結合される撮像プローブ460とを備えている。第1のロボットアーム442および第2のロボットアーム444の各々は、近位端と、遠位端とを備え、遠位端は、それぞれ、治療プローブ450および撮像プローブ460に結合され、近位端は、移動式基部470を備えている、共通基部440に結合される。第1のロボットアーム442は、治療プローブ450に結合するための第1のアーム結合構造504を備え得、第2のロボットアーム444は、撮像プローブ460に結合するための第2のアーム結合構造505を備え得る。治療プローブ450は、本明細書に説明されるような治療プローブの移動(例えば、回転、平行移動、ピッチ等)に影響を及ぼすように構成される連鎖部を備え得る、取り付けデバイス500を介して第1のロボットアーム442の遠位端に結合され得る。第1のロボットアーム442への治療プローブ450の結合は、固定される、解放可能である、またはユーザ調節可能であり得る。同様に、第2のロボットアーム444への撮像プローブ460の結合は、固定される、解放可能である、またはユーザ調節可能であり得る。

10

**【0084】**

第1のロボットアーム442は、1つ以上の第1のアーム継手443において関節動作し得る。撮像アーム444は、1つ以上の第2のアーム継手445において関節動作し得る。各アーム継手443または445は、継手における移動に影響を及ぼすように、ステッピングモータ等のコンピュータ制御可能アクチュエータと動作可能に結合され得る。各アーム継手443または445は、限定ではないが、角柱、回転、平行円柱、円柱、球状、平面、縁スライダ、円柱スライダ、点スライダ、球状スライダ、または交差円柱継手、もしくはそれらの任意の組み合わせを含む、種々の運動学的継手のうちの1つを備え得る。さらに、各アーム継手443または445は、線形、直交、回転、捻転、または回転式継手、もしくはそれらの任意の組み合わせを備え得る。

20

**【0085】**

システム400はさらに、移動式基部470と別個の移動式支持体480によって支持され得る、本明細書に説明されるようなコンソール420を備え得る。コンソール420は、第1のロボットアームを介して移動式基部に結合される治療プローブ450の制御を可能にするように、電力および通信ケーブル475を介して移動式基部470と動作可能に結合され得る。治療コンソール420は、プロセッサと、図2を参照して本明細書に説明されるようなエネルギー源、注入/洗浄制御、吸引制御、および他のコンポーネント等の治療コンソールの種々のモジュールまたは機能を制御するように、プロセッサによる実行のためのコンピュータ実行可能命令をその上に記憶しているメモリとを備えている。治療コンソール420はさらに、プロセッサと通信するディスプレイ425を備え得る。ディスプレイ425は、例えば、心拍数、呼吸数、温度、血圧、酸素飽和度、または任意の生理学的パラメータ、もしくはそれらの任意の組み合わせ等の対象生命兆候、手技のステータス、1つ以上のビューからの治療部位の1つ以上の前もって撮影された画像もしくは一連の画像、撮像プローブ460によって入手される1つ以上のビューからの治療部位の1つ以上のリアルタイム画像もしくは一連の画像、限定ではないが、切断または凝固等の治療モード、治療の強度、治療中に経過した時間、治療中に残っている時間、治療の深度、治療された治療部位の面積または体積、治療されるであろう治療部位の面積、治療されないであろう治療部位の面積または体積、治療プローブ450または撮像プローブ460もしくは両方の場所情報を含む、治療パラメータのセット、治療の深度、治療の強度、治療プローブ450の場所および/または向き、撮像の深度、もしくは撮像プローブ460の場所および/または向き、またはそれらの任意の組み合わせを調節するための手段等の治療調節制御、またはシステム構成パラメータのうちの1つ以上を表示するように構成され得る。

30

40

**【0086】**

50

移動式基部 470 はさらに、1つ以上のロボットアームの動作を制御するための1つ以上のコンピューティングデバイスを備え得る。例えば、移動式基部は、プロセッサと、1つ以上のプロセッサによる実行のためのコンピュータ実行可能命令をその上に記憶しているメモリとを備え得る。メモリは、移動式基部に結合される1つ以上のロボットアームを動作させるための命令をその上に記憶していることもある。プロセッサは、ロボットアームの移動に影響を及ぼすように、好適な電気機械コンポーネントを介してロボットアームと動作可能に結合され得る。例えば、ロボットアームの1つ以上の継手の各々は、ステップモータを備え得、プロセッサは、規定方向への規定増分によってモータを作動させるように、各継手においてステップモータと動作可能に結合され得る。代替として、1つ以上のロボットアームは、コンソール 420 または別個の撮像コンソール (図 2 に示される撮像コンソール 490 等) の1つ以上のプロセッサと動作可能に結合され得、1つ以上のコンソールプロセッサは、1つ以上のロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成され得、通信回路 (コンソール 420 の通信回路 422 または図 2 に示されるコンソール 490 の通信回路 494) を介して命令をロボットアームに通信し得る。ロボットアームの移動を制御するためのコンピュータ実行可能命令は、事前プログラムされ、メモリ上に記憶され得る、または治療システムを使用する患者の治療中もしくは間に、1つ以上のユーザ入力を介してユーザによって提供され得る。

10

## 【0087】

第1および/または第2のロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスは、標的部位に沿った治療プローブおよび/または撮像プローブのピッチ、ヨー、ロール、および/または線形位置を調節するように、アームの移動を制御するように構成され得る。

20

## 【0088】

移動式基部 470 は、ユーザがコンピュータ命令下でロボットアームの移動を制御することを可能にするための1つ以上のユーザ入力デバイスを備え得る。例えば、図 4A および 4B に示されるように、移動式基部は、キーボード 474 および/またはフットスイッチ 471 を備え得、フットスイッチは、フットスイッチケーブル 472 を介して移動式基部と動作可能に結合される。キーボード 474 およびフットスイッチ 471 は、独立して、または組み合わせて、例えば、1つ以上の継手における一方もしくは両方のロボットアームの関節動作を介して、第1のロボットアーム 442 および/または第2のロボットアーム 444 の動作を制御するように構成され得る。キーボードおよびフットスイッチは、ロボットアームの移動を制御するように構成される、1つ以上のプロセッサと通信し得る。ユーザが、キーボードおよび/またはフットスイッチに命令を入力するとき、ユーザ命令は、1つ以上のプロセッサによって受信され、電気信号に変換されることができ、電気信号は、1つ以上のロボットアームと動作可能に結合される、1つ以上のコンピュータ制御可能アクチュエータに伝送され得る。キーボードおよび/またはフットスイッチは、治療位置、着目位置、事前決定された場所、またはユーザ規定場所、もしくはそれらの任意の組み合わせに向かって、またはそこから離れるように、一方もしくは両方のアームの移動を制御し得る。

30

## 【0089】

随意に、キーボード 474 およびフットスイッチ 471 は、独立して、または組み合わせて、治療プローブ 450 および/または撮像プローブ 460 の動作を制御するように構成され得る。例えば、キーボード 474 および/またはフットスイッチ 471 は、治療プローブを用いた治療を開始、停止、一時停止、もしくは再開するように構成され得る。キーボード 474 および/またはフットスイッチ 471 は、撮像プローブによって前もって入手された、もしくは現在入手されている画像または一連の画像を撮像し始める、もしくはディスプレイ 425 上にフリーズする、保存する、または表示するように構成され得る。

40

## 【0090】

コンソール 420 の移動式基部 470 および移動式支持体 480 は、プラットフォーム等の患者支持体 449 によって支持される患者の周囲に独立して位置付け可能であり得る

50

。例えば、第1および第2のロボットアームならびに治療および撮像プローブを支持する、移動式基部470は、患者の脚の間に位置付けられ得る一方、コンソール420およびディスプレイ425を担持する移動式支持体480は、患者の胴体の近傍等の患者の側面に位置付けられ得る。移動式基部470または移動式支持体480は、複数の車輪等の基部または支持体が移動することを可能にする、1つ以上の移動可能要素を備え得る。移動式基部470は、汚染および流体浸入を防止するために、治療手技の全体を通して無菌ドレーピングで被覆され得る。

#### 【0091】

図5A-5Bは、治療プローブ450と第1のロボットアーム442との間の例示的結合部を示す。図5Aは、ロボットアームから結合解除された治療プローブを示す。図5Bは、ロボットアームに結合された治療プローブを示す。示されるように、治療プローブ450は、再利用可能なモータバックを備え得る、取り付けデバイス500を伴ってロボットアーム442に結合され得る。治療プローブ450は、取り付けデバイス500に除去可能に結合され得る。取り付けデバイスはさらに、ロボットアームに結合し、定位置で取り付けデバイスを係止するように構成される、コネクタ502を備え得る。ロボットアーム442は、取り付けデバイス500のコネクタ502を係止して受け取るように構成される、アームの遠位端に配置される結合構造504を備え得る。治療プローブおよびロボットアームがともに結合されると、治療プローブの移動は、ロボットアームを移動させることによって(例えば、コンピュータ制御下でロボットアームの1つ以上の継手を関節動作させることによって)制御され得る。

#### 【0092】

いくつかの実施形態では、治療プローブは、ロボットアームが位置を失う、または別様に正しく動作することができない場合において、プローブとロボットアームとの間の結合部が、患者への傷害を防止するために迅速接続解除が可能であるように、迅速解放機構を介してロボットアームに結合される。治療プローブおよびロボットアームは、機械的に(例えば、ブルームクリップ)、および/または磁氣的に等の多くの方法で、互いに結合され得る。例えば、図5Aおよび5Bに示される実施形態では、結合構造504は、その中に配置された磁石508を有する、スロット506を備え得、コネクタ502は、スロット506内に嵌合し、磁石508に係合するように構成される、強磁性固定具を備え得る。結合構造504はさらに、コネクタ502を磁石508と選択的に係合または係合解除させるための掛止機構510を備え得る。例えば、図5Aおよび5Bに示されるように、掛止機構510は、取り付けデバイス500のコネクタ502との結合構造504の磁石508に係合に影響を及ぼすように回転させられ得る、回転可能ノブを備え得る。掛止機構は、取り付けデバイス500、故に、それに結合された治療プローブ450をロボットアーム442に、それぞれ、結合または分断するように、自動的に、もしくはユーザによって手動で係合または係合解除され得る。いくつかの実施形態では、結合構造504は、ロボットアームを制御するように構成される、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され得、1つ以上のコンピューティングデバイスは、エラーがロボットアームの動作において検出されるときに、プローブへの結合構造の結合を解放する命令を備え得る。

#### 【0093】

いくつかの実施形態では、第1のロボットアーム442は、取り付けデバイス500または結合構造504のうちの1つ以上のものからのセンサ場所データに応答して、治療プローブ450を自動的に特定するように構成され得る。第1のロボットアーム442は、例えば、取り付けデバイス500を特定するように、「探求」モードで動作させられ得る。いくつかの実施形態では、プローブは、1つ以上の基準標的を備え、ロボットアームは、3D空間内のプローブの相対位置を識別するために十分な分解能および位置付けの対応するセンサを備えている。いくつかの実施形態では、プロセッサは、例えば、プローブが患者内に位置付けられているときに、ユーザがプローブを安定して保持している間に、ロボットアーム上に搭載構造を伴う治療プローブまたは撮像プローブを探求するための命令

10

20

30

40

50

で構成される。

【0094】

第1のロボットアーム442等のロボットアーム上のセンサおよび治療プローブ等のプローブ上のセンサは、例えば、図8Bに示されるように、多くの方法で配列されることができる。

【0095】

プロセッサは、アーム上のプローブに係合しようとしながら、ロボットアームの移動の間に相対場所を動的に更新するように、ロボットアームの端部の近傍またはプローブ上のセンサに結合されることができる。ロボットアーム上のセンサは、ロボットアームとプローブとの間の相対距離を決定するために、容量、容量変位、ドップラ、誘導、磁気、光学、レーダ、ソーナ、超音波、またはホール効果センサのうちの1つ以上を備えている、複数のセンサを備え得る。いくつかの実施形態では、プローブは、複数の標的を備え、センサは、複数の標的からの距離に応答して、信号を発生させるように構成される。代替として、または組み合わせで、センサは、プローブおよびロボットアーム上の標的に位置することができる。いくつかの実施形態では、センサは、例えば、プローブおよびアームが互いにのドッキングの数ミリメートル以内にあるときに、ロボットアームに関連するプローブの位置を感知するように、ロボットアーム上またはアームに近接するプローブのドッキングを確認するための密接接触機械センサを備えている。密接接触機械センサは、マイクロ運動スイッチ、ウィスカタッチセンサ、またはピンインホール接触スイッチのうちの1つ以上を備え得る。いくつかの実施形態では、プローブおよびロボットアームは、接触の最終位置における非移動係止係合を提供するための統合型係止機構を備えている。統合型係止機構は、磁気、電磁、掛止、多重旋回掛止ねじもしくは4分の1旋回係止ねじ等のねじ、真空、または当業者によって理解されるであろうような可逆的取り付けの他の機械的手段のうちの1つ以上を備え得る。

【0096】

いくつかの実施形態では、プローブとロボットアームとの間の近い分離距離のための1つ以上のセンサ、中間分離距離のための1つ以上のセンサ、遠い分離距離のための1つ以上のセンサ等の複数のセンサが、使用される。粗場所センサ、例えば、ビーコンが、プローブの近似場所を決定するために使用されることができる。1つ以上のセンサ、例えば、近接性センサが、ロボットアームに関連するプローブの微細な場所位置付けのために使用されることができる。いくつかの実施形態では、プローブ上の1つ以上のマーカが、カメラおよび1つ以上のマーカの機械視覚検出と併用される。

【0097】

いくつかの実施形態では、プローブへのロボットアームのホーミング検出のための粗位置空間場所を可能にする、赤外線(IR)ビーコンであり得る、粗場所センサが、提供され得る。ある場合、IRビーコン等のホーミングビーコンが、基準の視覚認識に依拠し得るセンサと比較して、より長い距離を横断したホーミングを可能にする。

【0098】

いくつかの実施形態では、ドッキング検出センサは、ロボットアームがプローブに係合している、またはそれに近接近していることを確認する。実施例として、ホール効果センサが、センサ出力に影響を及ぼすために永久磁石と併せて使用されることができる。いくつかの実施形態では、ホール効果センサは、雑音耐性があり、非接触型であり、一貫した検出範囲を有する。いくつかの異なるタイプのホールセンサのうちのいずれかが、利用され得、多くの場合、センサは、全体的出力電圧が供給電圧によって設定され、磁場の強度に比例して変動する、単純なスイッチおよび線形範囲測定ならびに検出として機能する。これは、センサと位置特定磁石との間の距離測定をもたらし、ロボットアームとプローブとの間の距離を測定し、ドッキングを補助するために使用され得る。センサおよびビーコンは、ロボットアームおよびプローブのそれぞれの筐体内に位置し得る。

【0099】

いくつかの実施形態では、ロボットアームの位置感知が、最大9軸の検出を含み得る、

10

20

30

40

50

慣性測定ユニット（IMU）によって実施される。ある場合、ロボットアームの継手内に位置し得る6軸IMUが、運動検出、振動検出、位置向き情報、冗長性、および一次エンコーダ信号のバックアップのために使用されることができ、IMUは、ロボットアームとのドッキング、ならびに本明細書に説明されるような力検出および運動補償のためのプローブを探求する二重機能を実施し得る。説明されるセンサは、本明細書に説明される任意のロボットアームまたはプローブと組み合わせて使用されることができ、

#### 【0100】

いくつかの実施形態によると、ロボットアームをプローブとドッキングするための手技は、ホーム検出のための粗位置および空間場所を提供するためのIRビーコンと、アームまたはプローブのいずれかの上の基準と、XY平面内の位置場所の微細な整列を可能にするために使用され得る、基準を視認するための光学センサと、ドッキングのためのZ方向近接性を検出するためのホール効果センサとを備え得る。IRビーコンは、プローブに対するロボットアームのホーム位置のより長い距離の探求を可能にする。基準および光学センサは、ロボットアームによるプローブの2D場所および2D向き的高速低遅延検出を可能にし得る。ロボットアーム上、プローブ上、またはロボットアーム制御ユニット上に位置し得る、ユーザインターフェースが、距離、位置、ドッキングされたステータス、または他の情報を示し得る。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェースは、アームおよびプローブの相対位置および/またはドッキングステータスを示すためのLEDインジケータ等の1つ以上の視覚合図を含む。

#### 【0101】

図5Aおよび5Bに示される結合機構は、治療プローブを第1のロボットアームに結合することに関連して説明されるが、実質的に類似する機構もまた、撮像プローブを第2のロボットアーム444に結合するために使用され得る。例えば、第2のロボットアーム444の結合構造は、撮像プローブに接続される取り付けデバイスに係合するための類似結合機構を備え得る。

#### 【0102】

図6は、いくつかの実施形態による、治療プローブに結合されるロボットアームを動作させる方法600を示す。

#### 【0103】

ステップ605では、治療プローブが、手動で、半自動的に、または自動的に患者の片側でロボットアームがスタンバイしている状態で、患者の中に挿入される。例えば、前立腺組織切除システムに関して、治療プローブは、前立腺に向かって患者の尿道の中に手動で挿入され得る。治療プローブは、尿道、前立腺、および膀胱頸部の蛇行性経路を追跡するように前進させられるにつれて、操作され得る。尿道に進入した後、治療プローブは、尿道球を通したさらなる前進の前に、（例えば、90度）旋回され得る。命令が、そのような旋回を実施するようにユーザに提供され得る、または挿入が自動的にもしくは半自動的にある場合において、ロボットアームは、画像、位置、および/または力フィードバックデータにตอบสนองして、そのような旋回を行うように命令され得る。いくつかの実施形態では、治療プローブは、撮像プローブと並行して、またはその後、患者の中に挿入され、いくつかの事例では、治療プローブ挿入は、挿入された画像プローブから画像データによって誘導され得る。

#### 【0104】

ステップ610では、ロボットアームが、治療プローブに結合される。ユーザは、ロボットアームが受動または「ゼロ重力」モードのままである間に、本明細書に説明されるようにロボットアーム結合構造を治療プローブの取り付けデバイスに手動で整列させることができる。取り付けデバイスおよびロボットアームの結合構造は、ロボットアームを治療プローブにともに取り付けられることができる。

#### 【0105】

ステップ615では、ロボットアームのための許容可動域が、プログラムされる。例えば、ユーザは、ロボットアームが依然として受動モードである状態でプローブがロボット

10

20

30

40

50

アームに接続されている間に、治療プローブを手動で移動させ、回転させ、角度を付け、治療プローブの許容可動域のための境界を設定することができる。ユーザは、膀胱鏡、超音波、および触覚フィードバックの組み合わせに基づいて、境界を設定し得る。代替として、境界は、解剖学的モデルまたは組織状態等の生体構造に基づいてもよい。ロボットアームと動作可能に結合されたプロセッサは、ロボットアームが、能動モードに切り替えられたときに、これらの境界を使用し、許容可動域外の移動を回避し得るように、許容可動域のための境界を検出および記憶することができる。

#### 【0106】

いくつかの実施形態では、治療プローブが、陰茎尿道内に手動で挿入され、遠位端が中葉を約1cm越え、患者の膀胱内にある状態で設置される。プローブは、例えば、TRUSプローブ等の超音波を用いて撮像されることができる。プローブの画像は、例えば、膀胱内の中葉を約1cm越えて、患者生体構造内の最終場所の近傍に手動で位置付けられたプローブを示し得る。いくつかの実施形態では、可動域は、医師が、恥骨または尿道弓内で上向きに治療プローブをドッキングする初期挿入の角度と平行にプローブを操作し、X平面内で側方に約3mm~約5mmの範囲内、Y平面内で下向きに約0mm~約10mmの範囲内に運動を制限することによって、手動で較正される。(患者の中および外への)Z平面に関する訓練された運動は、患者に向かって0cm内向きに、および患者から外への完全抽出に設定されるであろう。例えば、30cmプローブが、患者からそれを除去するように、30+cmと同程度に後退させられ、臨床治療のための有効面積を調節する場合、はるかに少なく後退させられ得る。角度的に、医師の完全挿入位置から測定されると、患者内の安全可動域は、組織弾性および骨構造等の解剖学的構造に依存する。骨盤切痕骨構造に支点を伴う角度位置付けの実施例として、運動の許容角度範囲は、例えば、側方X方向に約0度~約+/-5度の範囲内、Y平面に沿って垂直方向に約0度~+/-25度の範囲内、または患者生体構造に応じてこれらの範囲内の運動の組み合わせに設定されることができる。

#### 【0107】

代替として、または加えて、治療プローブの許容可動域のための境界は、撮像プローブまたは他の撮像源(例えば、膀胱鏡、外部超音波源、CTスキャナ、MRIシステム、蛍光透視撮像システム等)から等の標的部位の画像データの自動分析に回答して、1つ以上のシステムプロセッサを用いて自動的もしくは半自動的に決定され得る。画像データは、リアルタイムで発生され得る。例えば、1つ以上のシステムプロセッサは、画像データ内の生体構造(例えば、前立腺、外括約筋、精丘、膀胱頸部等)、ある場合、治療および/または撮像プローブを認識し、回答して許容可動域のための境界を決定するように命令され得る。代替として、または加えて、治療プローブの許容可動域のための境界は、治療プローブおよび/または治療プローブロボットアーム上の1つ以上の位置および/または力センサからの治療プローブの位置および/または力フィードバックデータに回答して、1つ以上のシステムプロセッサを用いて自動的もしくは半自動的に決定され得る。例えば、治療プローブおよび/または治療プローブロボットアーム上の1つ以上の力センサは、プローブ前進がより制限され、組織損傷の危険性を提示し得る面積を示し得る、組織圧力データを提供することができる。

#### 【0108】

いくつかの実施形態では、ロボットアーム内の継手センサは、患者の中に挿入されるプローブへの力を検出するための力フィードバックセンサを備えている。代替として、または組み合わせで、プロセッサに結合されるセンサが、プローブのうちの1つ以上に、もしくはプローブとロボットアームとの間のインターフェースに位置することができる。例えば、プローブ内のプローブセンサは、プローブの遠位端の近傍の圧力を感知することができる。プロセッサは、感知される遠位圧力に回答して、平行移動または回転してプローブの遠位端を調節する命令で構成されることができる。センサは、組織に対するプローブの圧力を感知するようにプローブに沿って位置する、多平面歪みゲージ要素のうちの1つ以上を備え得る。プロセッサは、閾値限界を実装し、望ましくない組織損傷を回避する命令

で構成されることができる。多平面歪みゲージ要素は、電気伝導度薄膜センサ、半導体センサ、 piezo抵抗器、ナノ粒子ベースの歪みセンサ、容量センサ、光学リング共振器、光ファイバセンサ、またはエラストマ内の伝導性流体のうちの1つ以上を備え得る。いくつかの実施形態では、プローブシャフトは、ばね定数と、屈曲およびシャフトに沿った具体的点における軸方向圧力を測定するためのシャフトに沿った周期的場所における埋め込み歪みゲージとを備えている。これらのセンサ測定値は、アーム継手センサと組み合わせられることができる。いくつかの実施形態では、プロセッサは、骨への近接性に関連する骨拘束、丈夫な組織進入支点、または内側生体構造組織に対して押進されているプローブの遠位先端のうちの1つ以上のもの等の圧力抵抗源を識別する命令で構成される。代替として、または組み合わせて、プローブ上のプローブは、プローブの周囲のリング、線形側面構造、またはプローブの遠位端の近傍のボタンセンサ要素等の要素から情報を報告する圧力センサと結合される、露出された「タッチ面積」を有する、エラストマ管状シースを備え得る。

10

#### 【0109】

ステップ620では、ロボットアームが、ユーザ入力を通してコンピュータ制御下で操作される。ユーザは、画像誘導治療システムのグラフィックユーザインターフェース（例えば、本明細書に説明されるような治療コンソールを通して提供されるユーザインターフェースソフトウェア）に提供される入力を介して、ロボットアーム運動を操作し得る。例えば、ユーザは、治療プローブの回転、平行移動、および/またはピッチ角の調節に影響を及ぼし得る。能動モードである間、ロボットアームは、ステップ615で設定されるような許容可動域の境界内のみで移動するように構成され得る。ロボットアームは、能動モードである間に、患者から治療プローブを後退させるが、治療プローブを患者の中に前進させず、患者の安全性を確実にするように構成され得、患者の中へのプローブの任意の前進は、ユーザによって手動で実施されることができる。プローブの後退の間に、ロボットアームは、プローブのz軸位置が実質的に一定のままであるように、線形トラック上でプローブを維持するようにプログラムされ得る。ロボットアームおよび治療プローブは、自動であり得る、治療プロトコルを実施するように、コンピュータ制御下で操作され得る。いくつかの実施形態では、組織切除手技が、撮像プローブまたは他の撮像源からの画像データに基づいて、自動的に計画される。例えば、1つ以上のシステムプロセッサは、前立腺またはその他の関連性がある生体構造を認識し、生体構造およびプローブの場所に応答して、治療プロトコルを発生させ、ロボットアームおよび/または治療プローブを操作することによって実装される前に、ユーザが治療プロトコルを修正および/または容認することを可能にするように命令され得る。

20

30

#### 【0110】

ステップ625では、ロボットアームが、治療プローブの位置を調節するように、コンピュータ制御下で自動的に操作される。治療プローブの位置は、事前プログラムされたパラメータ、ユーザ命令、（例えば、撮像、位置、および/またはカフィードバックデータからの）リアルタイムフィードバック、またはそれらの組み合わせに従って、調節され得る。例えば、撮像システムは、例えば、超音波撮像プローブを用いて取得される標的部位の超音波画像に基づくスマート画像認識を使用して、治療中に治療プローブの場所を検出するように構成され得る。治療プローブの検出された場所に基づいて、ロボットアームは、治療プローブを患者の標的組織に、および/または撮像プローブに整列させるために、および/または患者移動を補償するために、治療プローブの位置および/または向きを自動的に調節するように操作され得る。

40

#### 【0111】

ステップ630では、治療プローブが、ロボットアームから結合解除される。治療手技が、完了したとき、ユーザは、ロボットアームから治療プローブを接続解除し、ロボットアームを脇に手動で移動させ、次いで、患者から治療プローブを除去することができる。

#### 【0112】

方法600の1つ以上のステップは、本明細書に説明されるような回路、例えば、本明

50

細書に説明されるシステムのプロセッサまたは論理回路のうちの1つ以上を用いて実施され得る。回路は、方法600の1つ以上のステップを提供するようにプログラムされ得、プログラムは、コンピュータ可読メモリ上に記憶されたプログラム命令、またはプログラマブルアレイ論理もしくはフィールドプログラマブルゲートアレイを伴うもの等の論理回路のプログラムされたステップを含み得る。

【0113】

上記のステップは、いくつかの実施形態による、治療プローブに結合されるロボットアームを動作させる方法600を示すが、当業者は、本明細書に説明される教示に基づいて、多くの変形例を認識するであろう。例えば、ステップは、異なる順序で完了され得る。1つ以上のステップが、追加または省略され得る。ステップのうちのいくつかは、サブステップを含み得る。ステップの多くは、必要である、または所望されるように頻繁に繰り返され得る。

10

【0114】

図7は、いくつかの実施形態による、撮像プローブに結合されるロボットアームを動作させる方法700を示す。

【0115】

ステップ705では、撮像プローブが、手動で、半自動的に、または自動的に患者の片側でロボットアームがスタンバイしている状態で、患者の中に挿入される。例えば、画像誘導前立腺組織切除システムに関して、撮像プローブは、TRUSプローブを備え得、患者の直腸の中に手動で挿入され得る。いくつかの実施形態では、撮像プローブは、治療プローブと並行して、またはその前に挿入される。撮像プローブは、横断面に沿って1つ以上の画像を提供し得る。撮像プローブは、撮像プローブ（および/または撮像プローブ内の撮像トランスデューサ）が前進および/または後退させられるにつれて発生され得る、矢状面に沿った1つ以上の画像を提供し得る。横断および/または矢状画像は、3次元画像を発生させるように組み合わせられ得る。

20

【0116】

ステップ710では、ロボットアームが、撮像プローブに結合される。例えば、ロボットアームおよび撮像プローブは、治療プローブを参照して本明細書に説明されるものに実質的に類似する結合機構を使用して、ともに結合され得る。

【0117】

ステップ715では、ロボットアームのための許容可動域が、プログラムされる。例えば、ユーザは、ロボットアームが依然として受動モードである状態でプローブがロボットアームに接続されている間に、撮像プローブを手動で移動させ、回転させ、角度を付け、撮像プローブの許容可動域のための境界を設定することができる。ユーザは、膀胱鏡、超音波、および触覚フィードバックの組み合わせに基づいて、境界を設定し得る。

30

【0118】

いくつかの実施形態では、プローブが、患者の直腸の生体構造内の最終場所の近傍に手動で位置付けられる。可動域は、医師が、例えば、初期挿入の角度と略平行にプローブを操作することによって、手動で較正される。医師は、許容可動域、例えば、側方X平面または垂直Y平面のうちの1つ以上に沿って約3cm~約5cmの範囲内の境界を伴う許容可動域内で、挿入されたプローブを移動させる。いくつかの実施形態では、医師は、Z平面に沿って（患者の中および外に）プローブを移動させる。いくつかの実施形態では、Z平面に沿った可動域は、患者に向かって0cm内向き（不慮のロボットによって引き起こされる直腸損傷を回避するための0）から患者から外への完全抽出の範囲内であり得る。例えば、10cmプローブが、患者からそれを除去するように、10+cm後退させられ得る。角度的に、医師の完全挿入位置から測定されると、患者内の安全可動域は、組織弾性および骨構造等の解剖学的構造に依存する。組織表面に（または代替として、骨構造によって画定される平面に）支点を伴うプローブの角度位置付けの実施例として、許容可動域は、例えば、XまたはY平面のうちの1つ以上において、0度~約+/-15度、例えば、約0~約+/-30度に設定されることができる。いくつかの実施形態では、角度境

40

50

界は、これらの境界内で円錐を辿ることに対応する、運動の組み合わせを備え得る。

【 0 1 1 9 】

ロボットアームと動作可能に結合されたプロセッサは、ロボットアームが、能動モードに切り替えられたときに、これらの境界を使用し、許容可動域外の移動を回避し得るように、許容可動域のための境界を検出および記憶することができる。代替として、または加えて、撮像プローブの許容可動域のための境界は、撮像プローブまたは他の撮像源（例えば、膀胱鏡、外部超音波源、CTスキャナ、MRIシステム、蛍光透視撮像システム等）から等の標的部位の画像データの自動分析に応答して、1つ以上のシステムプロセッサを用いて自動的もしくは半自動的に決定され得る。画像データは、リアルタイムで発生され得る。例えば、1つ以上のシステムプロセッサは、画像データ内の生体構造（例えば、前立腺、外括約筋、精丘、膀胱頸部等）、ある場合、治療および/または撮像プローブを認識し、応答して許容可動域のための境界を決定するように命令され得る。代替として、または加えて、撮像プローブの許容可動域のための境界は、撮像プローブおよび/または治療プローブロボットアーム上の1つ以上の位置および/または力センサからの撮像プローブの位置および/または力フィードバックデータに응答して、1つ以上のシステムプロセッサを用いて自動的もしくは半自動的に決定され得る。例えば、撮像プローブおよび/または撮像プローブロボットアーム上の1つ以上の力センサは、プローブ前進がより制限され、組織損傷の危険性を提示し得る面積を示し得る、組織圧力データを提供することができる。

10

【 0 1 2 0 】

ステップ720では、ロボットアームが、組織を走査するようにコンピュータ制御下で自動的に操作される。例えば、治療手技の計画の間に、ロボットアームは、標的部位を自動的に走査し、標的部位の3次元画像をレンダリングするように事前プログラムされることができる。能動モードである間、ロボットアームは、ステップ715で設定されるような許容可動域の境界内のみで移動するように構成され得る。ロボットアームは、能動モードである間に、患者から治療プローブを後退させるが、治療プローブを患者の中に前進させず、患者の安全性を確実にするように構成され得、患者の中へのプローブの任意の前進は、ユーザによって手動で実施されることができる。プローブの後退の間に、ロボットアームは、プローブのz軸位置が実質的に一定のままであるように、線形トラック上でプローブを維持するようにプログラムされ得る。

20

30

【 0 1 2 1 】

ステップ725では、ロボットアームが、ユーザ入力を通してコンピュータ制御下で操作される。ユーザは、画像誘導治療システムのグラフィックユーザインターフェース（例えば、本明細書に説明されるような治療または撮像コンソールを通して提供されるユーザインターフェースソフトウェア）に提供される入力を介して、ロボットアーム運動を操作し得る。例えば、ユーザは、撮像プローブの回転、平行移動、および/またはピッチ角の調節に影響を及ぼし得る。能動モードである間、ロボットアームは、ステップ715で設定されるような許容可動域の境界内のみで移動するように構成され得る。ロボットアームは、能動モードである間に、患者から治療プローブを後退させるが、治療プローブを患者の中に前進させず、患者の安全性を確実にするように構成され得、患者の中へのプローブの任意の前進は、ユーザによって手動で実施されることができる。

40

【 0 1 2 2 】

ステップ730では、ロボットアームが、撮像プローブの位置を調節するように、コンピュータ制御下で自動的に操作される。撮像プローブの位置は、事前プログラムされたパラメータ、ユーザ命令、（例えば、撮像、位置、および/または力フィードバックデータからの）リアルタイムフィードバック、またはそれらの組み合わせに従って、調節され得る。例えば、撮像システムは、例えば、超音波撮像プローブを用いて取得される標的部位の超音波画像に基づくスマート画像認識を使用して、治療中に治療プローブの場所を検出するように構成され得る。治療プローブの検出された場所に基づいて、ロボットアームは、撮像プローブを治療プローブに整列させるために、および/または患者移動を補償する

50

ために、撮像プローブの位置および／または向きを自動的に調節するように操作され得る。

【0123】

ステップ735では、撮像プローブが、ロボットアームから結合解除される。治療手技が、完了したとき、ユーザは、ロボットアームから撮像プローブを接続解除し、ロボットアームを脇に手で移動させ、次いで、患者から撮像プローブを除去することができる。

【0124】

方法700の1つ以上のステップは、本明細書に説明されるような回路、例えば、本明細書に説明されるシステムのプロセッサまたは論理回路のうちの1つ以上を用いて実施され得る。回路は、方法700の1つ以上のステップを提供するようにプログラムされ得、プログラムは、コンピュータ可読メモリ上に記憶されたプログラム命令、またはプログラマブルアレイ論理もしくはフィールドプログラマブルゲートアレイ論理を伴うもの等の論理回路のプログラムされたステップを含み得る。

【0125】

上記のステップは、いくつかの実施形態による、撮像プローブに結合されるロボットアームを動作させる方法700を示すが、当業者は、本明細書に説明される教示に基づいて、多くの変形例を認識するであろう。例えば、ステップは、異なる順序で完了され得る。1つ以上のステップが、追加または省略され得る。ステップのうちのいくつかは、サブステップを含み得る。ステップの多くは、必要である、または所望されるように頻繁に繰り返され得る。

【0126】

図8Aは、本明細書に説明されるような治療システムを用いた患者の治療中の治療プローブ450および撮像プローブ460の構成を図示する。いくつかの実施形態では、患者身体の外側の治療プローブおよび撮像プローブが、システムの使用の間に互いに衝突または別様に干渉しないことを確実にし、それによって、プローブの移動の精度およびシステムの無菌性を維持することが望ましい。治療プローブおよび撮像プローブに結合され、それらの移動を制御するように構成される、本明細書に説明されるようなロボットアームは、境界を維持し、2つのプローブの間の衝突または干渉を防止するように構成され得る。例えば、治療プローブに結合された第1のロボットアームおよび撮像プローブに結合された第2のロボットアーム444の一方または両方は、2つのプローブの間の距離520を感知し、距離を実質的に一定に、または最小閾値を上回って維持し、衝突を防止するように構成され得る。代替として、または加えて、図6および7に示される方法を参照して説明されるように、ユーザは、プローブの間の衝突または干渉を防止するであろう可動域のための境界を設定するように、治療プローブおよび撮像プローブの一方もしくは両方のための許容可動域をプログラムし得る。

【0127】

例えば、ロボットアームが能動モードに切り替えられる前に、ユーザは、プローブの許容ピッチ角525の範囲にわたってプローブの一方または両方を回転させ、その内側で2つのプローブが互いに接触しない、プローブの許容可動域をプログラムし得る。

【0128】

図8Bを加えて参照すると、ロボットアーム442は、本明細書に説明されるようなモータパック802に結合される。モータパック802は、プローブ450のハンドピースに結合され得る。いくつかの実施形態では、治療プローブおよび撮像プローブに結合されるロボットアームの一方または両方は、1つ以上のフィードバック感知機構を備え得る。例えば、第1のロボットアーム442および／または第2のロボットアーム444は、治療プローブおよび／または撮像プローブの前方の組織の圧縮を検出するように構成されている、力センサと動作可能に結合され得る。いくつかの実施形態では、撮像プローブによって及ぼされる力は、上向きに及ぼされる0～4kgの範囲内であり、組織を圧縮し、治療プローブおよび標的組織領域の可視化を達成する。いくつかの実施形態では、治療プローブによって及ぼされる力は、尿道等の管腔内のプローブの位置に関連する。いくつかの実施形態では、力は、尿道切痕における支点および標的生体構造を持ち上げるための巡回

10

20

30

40

50

に関連する。これらの力は、それぞれ、骨構造に対して0～10kgの範囲内であり、前立腺等の標的生体構造上の0～2kgの力の範囲内であり得る。

#### 【0129】

いくつかの実施形態によると、1つ以上のX方向力センサ810、1つ以上のY方向力センサ812、および/または1つ以上のZ方向力センサ814が、ロボットアーム442、ハンドピース804、および/またはプローブ450上に提供され得る。1つ以上の力センサは、例えば、歪みゲージ、圧力センサ、または圧電トランスデューサを備え得る。いくつかの実施形態では、歪みゲージは、ホイートストンブリッジのいくつかの構成のうちの一つを備えている。ホイートストンブリッジ回路は、抵抗のわずかな変化を、印加された力に等しくあり得る測定可能な電圧差に変換する。力センサは、本明細書に説明される任意のハンドピース実施形態等のハンドピースに結合され得る。いくつかの事例では、1つ以上の力センサが、撮像プローブ、治療プローブ、または両方に動作可能に結合される。

10

#### 【0130】

いくつかの実施形態では、力センサを動作させるための回路は、撮像プローブおよび治療プローブから絶縁ならびに隔離される。これは、プローブが、任意の患者漏出電流要件を満たすことを可能にし、プローブによって拾われるであろう任意の雑音を低減させ、したがって、力センサの信号対雑音比(S/N)を向上させる。いくつかの実施形態では、力センサからの信号ワイヤは、ともに捻転され得、随意に、信号完全性を維持し、耐性を改良し、適切なS/N比を維持するように遮蔽され得る。力センサは、任意の好適な材料から形成され得、ある場合、治療の前、間、または後に患者と接触するようになり得るセンサの部分のための生体適合性材料から形成される。

20

#### 【0131】

いくつかの実施形態では、1つ以上の力センサが、撮像プローブまたは治療プローブシャフト等のプローブシャフト上もしくは内に嵌合するようにサイズを決定される。力センサは、抵抗の相対変化の間の比例因子である、任意の好適な歪み感度「k」を伴って構成され得る。歪み感度は、無次元であり、ゲージ率(「GF」)と呼ばれる数字である。線形パターン歪みゲージは、ハンドピース上の単一の方向への歪みを測定するために使用され得る。伝導性信号ワイヤが、信号を入力増幅器に搬送するセンサのパッドに接合され得る。1つ以上のセンサが、金属プローブシャフト等のプローブの任意の金属からセンサを絶縁し得る、キャリア基板上の1つ以上のプローブに接合され得る。

30

#### 【0132】

ハンドピースのZ方向への変位が、ばねおよびセンサ814によって検出されることが可能である。本構成を利用して、プローブアセンブリ全体は、好適な距離をスライドし、組織壁の中に駆動されているプローブからの保護を提供することが可能であり得る。プローブアセンブリは、一定かつ既知の力「K」ばね定数を提供するように単純なばねに対して跳ね返され得る、スライドトロリー820上に配列され得る。トロリーの任意の変位等のハンドピースの正確な距離測定が、2インチ未満等の好適な配列を伴う短い距離にわたって可能である。他の位置エンコーダ線形センサが、組み合わせて、または代替として使用され得る。例えば、線形可変差動変圧器(LVDT)は、機械的運動を可変電流に変換するために使用される電気機械センサであり、プローブの挿入力に対する抵抗を測定するために使用されることが可能である。光学エンコーダ、またはいくつかの好適な誘導線形エンコーダのうちの一つである。センサが、誘導線形エンコーダ824に基づいて力を測定することができ、高い信頼性を確実にするために非接触のために配列され得る。高分解能エンコーダ824が、デジタルエンコーダに関して約15マイクロメートル～アナログエンコーダ等に関して約54マイクロメートルの線形分解能のために提供され得る。

40

#### 【0133】

1つ以上のセンサが、位置、向き、力、またはある他のパラメータを測定するように、1つ以上のロボットアーム上に提供され得る。いくつかの事例では、2つのセンサは、ロボットアームアセンブリの一部であってもよく、意図的ではない移動を決定するために利

50

用されることができる。これらのセンサは、ロボットアームの1つ以上の継手に位置し得、慣性測定ユニット（IMU）822であり得る、内部エンコーダであり得る。IMUは、センサの力、角度率、および/または向き等の1つ以上のパラメータを測定および配向し、加速度計、ジャイロスコープ、および/または磁力計の組み合わせを使用し得る、電子センサデバイスである。1つ以上のロボットアームの中に組み込むために好適である、いくつかのIMUは、 $\pm 2 / \pm 4 / \pm 8 / \pm 16 \text{ g}$ （重力に起因する加速度に関連する「g」値）の全面的加速度範囲と、 $\pm 125 / \pm 250 / \pm 500 / \pm 1,000 / \pm 2,000 / \pm 4,000$ 度/秒（「dps」）の広角度率範囲とを有し得る。IMUは、ロボットアーム上の力を検出し、外力の規模および/または方向をロボット制御システム等のコンピューティングデバイスに通信することができる。1つ以上のIMU822は、1つ以上のロボットアームを制御し、振動、位置認識、および安定化補償を補償するために使用され得る、フィードバックを提供することができる。

10

#### 【0134】

本明細書に説明されるように、ロボットアーム442は、粗位置整列、中間位置整列、および微細位置整列のうちの1つ以上を補助するように、センサの使用によってプローブ450とドッキングされることができる。例えば、プローブは、IRビーコン等のビーコン830に関連付けられてもよく、ロボットアーム442は、粗整列のためにIRビーコン830からの放出を検出することができる、IR受信機832を担持し得る。1つ以上の整列基準834が、プローブ450に関連付けられてもよく、1つ以上の整列センサ836が、ロボットアーム442に関連付けられ得る。整列センサ836は、整列基準の位置を検出し、したがって、本明細書に説明されるように、プローブ450に対するロボットアーム442の位置を決定することができる。いくつかの実施形態では、ホール効果センサ等の近接性センサまたは近接性スイッチが、プローブとアームを係合させ、例えば、アームが定位置に好適に操作されたときにプローブをアーム上に掛止するために、プローブとアームとの間の整列を検出するように使用される。

20

#### 【0135】

いくつかの実施形態では、治療が完了したとき、アームは、ユーザがプローブを保持している間にプローブから分断されることができ、アームは、プローブから引き離される、例えば、プローブから自動的に引き離されることができる。

#### 【0136】

ロボットアームと動作可能に結合される1つ以上のコンピューティングデバイス（本明細書に説明されるようなコンソール420またはコンソール490のプロセッサ等）は、例えば、前部組織の過剰圧縮ならびに組織および/またはプローブへの結果として生じる損傷を防止するように、センサによって検出される力にตอบสนองして、ロボットアームの移動を制御する命令を備え得る。前立腺組織切除のための治療システムの例示的ユースケースでは、治療プローブは、理想的に、患者の前立腺空洞の前中心に位置付けられるが、前部前立腺を過剰に圧縮することなく、尿道/前立腺への不慮の傷害（例えば、過剰な出血、壊死、組織の穿孔）および/または撮像プローブならびに治療プローブの一方もしくは両方への損傷を防止する。同様に、TRUSプローブであり得る撮像プローブは、理想的に、直腸への不慮の傷害（例えば、出血または組織の穿孔）および/または撮像プローブならびに治療プローブの一方もしくは両方への損傷を回避するように、前立腺および治療プローブを視認するために十分な前方圧縮を伴うが、組織を過剰に圧縮することなく、患者の直腸内に位置付けられる。治療プローブ、それに結合された第1のロボットアーム、撮像プローブ、および/またはそれに結合された第2のロボットアーム444は、プローブを用いた組織の前方圧縮を検出するように構成される力センサを具備し得る。検出された力レベルは、ロボットアームと動作可能に結合されたプロセッサに通信され、コンピューティングシステムのメモリ内に事前プログラムまたは記憶された力の閾値と比較され得る。検出された力が、閾値を超える場合、ロボットアームの移動は、前部組織から離れるようにプローブを移動させ、それによって、前部組織の圧縮を少なくとも部分的に緩和するように調節され得る。

30

40

50

## 【 0 1 3 7 】

別の例示的フィードバック感知機構は、第1および/または第2のロボットアーム444と動作可能に結合される、位置および/または運動センサを備え得る。ロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスは、例えば、治療および/または走査手技の間の患者移動に応答して、治療および/または撮像プローブの位置を調節するように、センサによって検出される位置および/または運動に応答して、ロボットアームの移動を制御する命令を備え得る。治療プローブまたは撮像プローブ等の剛直性要素が患者の身体の内側に位置付けられている間の患者移動は、潜在的に患者に傷害を引き起こし得、プローブの移動および後続の再配置の間にプローブの除去を余儀なくさせ得る。患者の感知された移動に応答して、プローブの位置を自動的に調節するロボットアームは、手技の安全性ならびに効率を改良することができる。コイルおよび/または加速度計等の1つ以上の位置もしくは運動センサが、患者に取り付けられてもよく、センサは、ロボットアームを制御するコンピューティングデバイスと動作可能に結合され得る。センサは、小さい局所的電磁場または他の信号を発生させ、例えば、患者の場所および/または移動を決定することに役立つように構成され得る。プロセッサは、検出された患者移動データを受信し、故に、ロボットアームに結合されたプローブが、組織または患者器官に対する位置の許容範囲内にとどまり得るように、患者移動に実質的に合致するようにロボットアームの移動を調節することができる。いくつかの実施形態では、プロセッサは、センサへの力が閾値量を超える場合、治療を中断するように構成される。

10

## 【 0 1 3 8 】

随意に、いくつかの実施形態では、ロボットアームは、連鎖様式で自動的に移動するように構成され得る。例えば、システムのユーザが、第1のロボットアームを移動させる場合、第2のロボットアーム444は、それに応じてその位置を自動的に調節するように構成され得る。前立腺組織切除のための治療システムの例示的ユースケースでは、患者の前立腺は、生体構造が対称ではないこともあり、ユーザは、それに応じて治療プローブの位置または向きを調節する(例えば、プローブを脇に押動する、プローブのピッチ角を調節する等)必要があり得る。撮像プローブに結合されるロボットアームは、治療プローブに結合されるロボットアームに行われる調節を自動的に検出し、対応する調節を撮像プローブ位置および/または向きに行うように構成され得る。2つのロボットアームのそのような連鎖移動は、例えば、治療プローブの伸長軸が撮像プローブの伸長軸と実質的に整列させられた状態で、互いに対して所望の位置関係において治療および撮像プローブを維持するために有用であり得る。

20

30

## 【 0 1 3 9 】

図9A-9Cは、撮像プローブ460の矢状面950との治療プローブ軸451の整列を図式的に図示する。図9Aは、撮像プローブ460に対して傾斜している治療プローブ450の側面図である。治療プローブ450は、伸長軸451を備え、撮像プローブ460は、撮像プローブによって発生される画像のための参照を提供する、伸長軸461を備えている。伸長軸461は、矢状画像面950を少なくとも部分的に画定し得る。図9Bは、矢状画像面950と実質的に整列させられた治療プローブ450の上面図である。治療プローブ軸451が、矢状画像面950と実質的に整列させられるとき、治療プローブの実質的部分は、超音波プローブの視野内にあり、矢状画像内で可視である。いくつかの実施形態では、2つのプローブは、伸長軸が矢状画像面と垂直な面に対して相互の約5度以内に整列させられるときに、実質的に整列させられる。プローブの間により大きい傾斜角があると、治療プローブは、超音波プローブの視野を横断して延び、超音波プローブの視野内のプローブの一部のみが、超音波画像内で可視であろう。

40

## 【 0 1 4 0 】

プローブが、矢状画像面内で実質的に整列させられるが、図9Aに示されるような角度において傾斜しているとき、治療プローブおよび組織は、矢状画像内で回転させられて見え得、容認可能な回転量は、例えば、5度を上回り得る。図9Cは、矢状画像面950を横断する治療プローブ450の上面図である。撮像プローブが、治療プローブと十分に整

50

列させられていないとき、治療プローブは、治療プローブの一部のみが画像内に出現する矢状場を通して延びている状態で、矢状面画像内で歪曲されて見え得る。いくつかの実施形態では、治療および撮像プローブは、相互へのプローブの所望の整列（平行および/または同一平面内）を確認するための1つ以上のセンサを備え得る。例えば、本システムは、それぞれ、治療プローブ450および撮像プローブ460上に、第1の向きセンサ473と、第2の向きセンサ476とを備え得る。いくつかの実施形態では、第1の向きセンサおよび第2の向きセンサ476は、磁気要素、ホール効果センサ、ダイヤル、可変抵抗器、電位差計、加速度計、または相互へのプローブの相対位置および向きを示し得る、それらの任意の組み合わせを備えている。いくつかの実施形態では、超音波撮像プローブの矢状面の角度は、超音波撮像プローブの伸長軸まわりに超音波撮像プローブを回転させることによって、回転させられることができる。例えば、一部の患者では、前立腺が対称ではなく、または尿道切痕が変形され、撮像プローブおよび治療プローブは、患者の反対側に位置し、または患者の正中線に対して互いに対して少なくともオフセットされることができ、その伸長軸を中心とした撮像プローブの回転は、超音波プローブの矢状面を回転させ、治療プローブおよび組織治療領域を超音波撮像プローブの視野内に運ぶことができる。治療および撮像プローブの整列、向き、および相対位置付けは、治療手技の間に監視され続け得る。

10

#### 【0141】

治療プローブおよび撮像プローブが、十分に整列させられるとき、ユーザは、撮像プローブを用いて取得される治療プローブの画像を使用し、例えば、治療プローブまたは撮像プローブに結合されるロボットアームを制御するためにユーザ入力をGUIの中に提供することによって、治療プローブを撮像プローブと整列させることができる。代替として、または加えて、ロボットアームは、本明細書に説明されるように、移動を自動的に調節し、十分な整列でプローブを維持するようにプログラムされ得る。例えば、ユーザが、治療プローブに結合された第1のロボットアームを制御することによって、治療プローブの位置または向きを調節するとき、撮像プローブに結合された第2のロボットアーム444は、第1のロボットアームに行われる調節を自動的に検出し、治療プローブ軸に沿った治療プローブのピッチ、ロール、ヨー、および/または線形位置に実質的に合致するように対応する調節を行い得る。

20

#### 【0142】

2つのロボットアームの自動的連鎖移動を提供するために、較正ステップが、治療手技に追加され得、各アームが、他方のアームに対してその位置を識別する。例えば、各ロボットアームは、既知の場所のアーム上の「標的」を備え得、較正手技の間に、ユーザは、第1のアームを操作し、第1のアーム結合構造を用いて第2のアーム上に位置する標的に触れ、第2のアームを操作し、第2のアーム結合構造を用いて第1のアーム上に位置する標的に触れてもよい。2つのロボットアームの移動を自動的に連鎖させることは、したがって、ユーザが第1のアームを移動させた後に第2のアームの移動を別個に調節する必要性を排除することによって、治療手技を促進することができる。加えて、2つのアームの連鎖移動は、本明細書に説明されるように、プローブが患者の身体の中に挿入されている間に患者が移動する場合の治療手技の安全性および効率を改良することを補助することができる。

30

40

#### 【0143】

随意に、いくつかの実施形態では、治療プローブと結合されるロボットアームは、標的部位の治療を実施するための事前プログラムされた治療プロファイルに沿って治療プローブを移動させるように構成され得る。例えば、治療プロファイルは、治療システムのユーザによってプログラムされ、ロボットアームと動作可能に結合される1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ内に記憶され得る、標的部位の組織切除プロファイルを備え得る。プログラムされた治療プロファイルを使用する自動治療に関するさらなる詳細が、参照することによって本明細書に前述で組み込まれた、PCT公開第WO2013/130895号で見出され得る。

50

## 【 0 1 4 4 】

随意に、いくつかの実施形態では、撮像プローブと結合されるロボットアームは、治療プローブを用いた治療の前および/または間に、標的部位の3次元レンダリングを発生させるための事前プログラムされた撮像プロファイルに沿って撮像プローブを移動させるように構成され得る。標的部位の3次元画像が、1)撮像プローブが標的部位の矢状図画像を捕捉する状態で、定位置で撮像プローブを回転させ、次いで、矢状図画像を補間すること、または2)撮像プローブが標的部位の横断図画像を捕捉する状態で、標的部位を横断して(プローブのz軸に沿って)撮像プローブを平行移動させ、次いで、横断図画像を補間することによって、2平面撮像プローブから導出され得る。3D画像レンダリングの効率および結果として生じた3D画像の分解能を改良するために、ロボットアームは、事前プログラムされた撮像プロファイルに沿って標的部位を急速に走査するように構成され得る。3D画像は、実質的にリアルタイムで治療部位の3D画像をレンダリングするためのソフトウェアを使用して、発生され得る。事前プログラムされた撮像プロファイルは、1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶され得る。撮像プローブが定位置で回転している間に事前決定された時間間隔において撮影される複数の矢状図走査、および/または撮像プローブが標的部位を横断して(撮像プローブのz軸もしくは伸長軸に沿って)平行移動している間に事前決定された時間間隔において撮影される複数の横断図走査を備え得る。

10

## 【 0 1 4 5 】

ロボットアームを使用する撮像プローブを用いた標的部位の自動コンピュータ制御走査もまた、追加の治療のための標的部位に関する有用な情報を発生させるために使用されることが可能である。例えば、撮像プローブは、止血を要求する標的部位内の出血部位を特定するために、切除手技後に標的部位のカラー/ドップラ走査を実施するように構成され得る。

20

## 【 0 1 4 6 】

いくつかの実施形態では、ドップラ超音波画像は、超音波プローブから離れるように移動する血液を青色として、超音波プローブに向かって移動する血液を赤色として示す。いくつかの実施形態では、組織切除プロファイルは、ドップラ超音波画像に存在する血管の切除を減少させ、いくつかの事例では、回避するように、組織切除に先立って調節されることが可能である。例えば、超音波画像は、3D超音波画像と、血管を減少させる、または回避するように調節される3D切除プロファイルとを備え得る。

30

## 【 0 1 4 7 】

図10は、患者の組織805の超音波画像800からの高血液灌流部位810の識別を図示する。本明細書に説明されるように、撮像プローブに結合されるロボットアームは、撮像プローブがドップラ撮像モードで動作している間に撮像プローブから走査を取得するように、自動的に移動させられ得る。高血液灌流部位810は、撮像プローブの撮像面のより近くに、またはそこからより遠く流動する血液の検出に基づいて、結果として生じたドップラ走査画像から識別されることが可能である。ある場合、高血液灌流部位810は、出血部位を備え、ドップラ情報に基づいて、ユーザは、例えば、焦点焼灼器またはゲルおよび基質等の止血剤を使用することによって、出血を効率的に特定および治療し、それによって、出血、焼灼時間、および組織への熱または他の影響を低減させることができる。高血液灌流部位810はまた、ある場合、異常または癌組織成長さえも備え得る。これらの面積は、後続の治療のためにフラグを付けられる、または識別され得る。例えば、正常な組織が、局所薬物送達等を用いて後に治療される異常組織の島を残すように、異常組織の周囲で切除され得る。

40

## 【 0 1 4 8 】

撮像プローブを使用する標的部位の3次元走査はまた、腫瘍等の標的部位における組織異常を識別するために使用され得る。例えば、腫瘍が、撮像された組織の高エコー性面積と低エコー性面積との間の差異に基づいて、撮像プローブを用いた標的部位の自動走査により取得される標的部位の画像から識別され得る。標的部位のロボット制御の走査は、画像分析の速度、したがって、組織異常の正確な検出を改良することができる。加えて、撮

50

像プローブは、潜在的癌の場所に対応し得る、より高い血流の領域を識別するように、自動走査の間にドップラ撮像モードで動作させられ得る。生検が、癌の検出を改良するように、組織の識別された領域において実施され得る。

【 0 1 4 9 】

図 1 1 A、1 1 B、および 1 1 C は、治療台を備えている、治療システム 1 1 0 0 の例示的实施形態を図示する。システム 1 1 0 0 は、システム 4 0 0 の 1 つ以上のコンポーネントを備え得、プローブのうちの 1 つ以上のものが患者の中に挿入された後、アームを患者への撮像プローブ 4 6 0 および治療プローブ 4 5 0 のうちの 1 つ以上に結合するためのプローブマウントおよび旋回部上の結合構造を備え得る。図 1 1 A は、側面図であり、図 1 1 B は、治療システム 1 1 0 0 の正面図であり、図 1 1 C は、患者 P の位置付けを示す治療システムの斜視図である。図 1 1 A - 1 1 C はまた、X 軸と、Y 軸と、Z 軸とを備えている、3 次元座標系凡例も示し、X 軸、Y 軸、および Z 軸の各々は、互いに垂直であり、X および Z 軸は、直交水平軸であり、Y 軸は、垂直軸であり、システム 1 1 0 0 の視認および説明を補助する。治療システム 1 1 0 0 は、治療プローブ 4 5 0 と、撮像プローブ 4 6 0 と、プラットフォーム 1 1 1 3 と、プローブ搭載および調節アセンブリ 1 1 2 0 とを備え得る。プローブ搭載および調節アセンブリ 1 1 2 0 は、プローブマウント 1 1 0 4 と、旋回部 1 1 0 5 と、垂直タレット 1 1 0 6 と、第 1 の Z 平行移動方向 1 1 3 3 に沿って（すなわち、Z 軸またはそれと平行な軸に沿って）垂直タレット 1 1 0 6 を平行移動させるための第 1 の水平スライダ 1 1 0 7 と、Z 方向に沿って配向される一対の第 1 の水平アーム 1 1 0 8 と、Y 方向に沿って（すなわち、Y 軸またはそれと平行な軸に沿って）配向される一対の垂直アーム 1 1 1 1 と、一対の垂直アーム 1 1 1 1 のための一対の第 1 の係止機構 1 1 1 0 と、第 2 の Z 平行移動方向 1 1 3 1 に沿って（すなわち、Z 軸またはそれと平行な軸に沿って）一対の垂直アーム 1 1 1 1 を平行移動させるための一対の第 2 の水平スライダ 1 1 1 2 と、それに結合された一対の第 2 の水平スライダ 1 1 1 2 を有する、プラットフォーム 1 1 1 3 等の患者支持体と、各第 2 の水平アーム 1 1 1 4 がそれぞれの第 1 の水平アーム 1 1 0 8 に結合された状態で X 方向に沿って配向される一対の第 2 の水平アーム 1 1 1 4 と、一対の第 1 の水平アーム 1 1 0 8 のための一対の第 2 の係止機構 1 1 1 5 と、垂直タレット 1 1 0 6 のための水平アジャスタ 1 1 1 6 と、垂直タレット 1 1 0 6 のための第 3 の係止機構 1 1 1 7 と、第 1 の X 平行移動方向 1 1 3 6 に（すなわち、X 軸またはそれと平行な軸に沿って）第 1 の水平スライダ 1 1 0 7 を平行移動させるための第 3 の水平スライダ 1 1 1 8 とを備え得る。これらのアーム、スライダ、および係止機構は、互いに対してロボット制御で、または手動で作動されること、もしくは再配置されることのうちの 1 つ以上のものであり得る。治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 は、本明細書に説明されるように、互いに対して平行または同一平面内のうちの 1 つ以上であるように整理させられ得る。治療プローブ 4 5 0、撮像プローブ 4 6 0、種々のアーム、種々のスライダ、または種々の機構のうちの 1 つ以上は、無菌手術環境を提供することを促進すること、もしくはシステム 1 1 0 0 の種々のコンポーネントのための後続の清掃を最小限にすることのうちの 1 つ以上を行うように、1 つ以上の保護ドレープで被覆され得る。

【 0 1 5 0 】

治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 は、実質的に垂直に整列させられ、1 つ以上のプローブ結合マウント 1 1 0 4 に剛性（例えば、剛直性）かつ調節可能に接続され得、プローブ結合マウント 1 1 0 4 は、図 1 1 A - 1 1 C に示されるような Y Z 平面（またはそれと平行な平面）内等で垂直タレット 1 1 0 6 に対して第 1 の回転方向 1 1 3 5 に（すなわち、X 軸またはそれと平行な軸を中心として）旋回部 1 1 0 5 によって画定される軸を中心として回転することができる。いくつかの実施形態では、撮像プローブ 4 6 0 の伸長軸 4 6 1 に対する治療プローブ 4 5 0 の伸長軸 4 5 1 の位置は、プローブマウント 1 1 0 4 に対する治療プローブ 4 5 0 の位置を調節することによって、かつプローブマウント 1 1 0 4 に対する撮像プローブ 4 6 0 の位置を調節することによって、設定され得る。いくつかの実施形態では、治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 の各々は、ネ

10

20

30

40

50

ジ、ナット、ワッシャ、ボルト、ピン、旋回部、ヒンジ、軸受、クランプ、ストラップ、つまみねじ、ラッチ、コレット、ダブテール、チャンネル、ばね、磁石、ねじ切り、キー、スロット、歯車、滑車、ラック、ピニオン、またはそれらの任意の組み合わせを備えている、締結具によって、プローブ結合マウント 1 1 0 4 に取外可能に搭載される。いくつかの実施形態では、治療プローブ 4 5 0 は、第 1 のプローブ結合マウント 1 1 0 4 に取外可能に搭載され、撮像プローブ 4 6 0 は、第 2 のプローブ結合マウント 1 1 0 4 に取外可能に搭載される。いくつかの実施形態では、プローブ結合マウント 1 1 0 4 は、治療プローブ 4 5 0 および / または撮像プローブ 4 6 0 へ、もしくはそこからの電力および / またはデータをコンピュータまたはプロセッサに伝送するための電気コネクタを備えている。いくつかの実施形態では、プローブ結合マウント 1 1 0 4 は、液体および / またはガスを治療プローブ 4 5 0 に伝送するためのホースコネクタを備えている。いくつかの実施形態では、締結具、電気コネクタ、およびホースコネクタは、唯一のコンポーネントを備えている。いくつかの実施形態では、締結具および電気コネクタは、複数のコンポーネントを備えている。いくつかの実施形態では、プローブ結合マウント 1 1 0 4 に対する治療プローブ 4 5 0 の位置およびプローブ結合マウント 1 1 0 4 に対する撮像プローブ 4 6 0 の位置は、手動で、または駆動型アクチュエータによって、もしくは両方で調節される。いくつかの実施形態では、プローブマウント 1 1 0 4 に対する治療プローブ 4 5 0 の位置およびプローブマウント 1 1 0 4 に対する撮像プローブ 4 6 0 の位置は、つまみねじ、旋回部、ヒンジ、ピン、スロット、軸受、滑車、ラック、ピニオン、線形アクチュエータ、モータ、ソレノイド、またはそれらの任意の組み合わせによって調節される。

10

20

#### 【 0 1 5 1 】

いくつかの実施形態では、プローブ結合マウント 1 1 0 4 はさらに、ユーザがその位置を手動で操作することを可能にする、手動作動特徴を備えている。いくつかの実施形態では、手動作動特徴は、ハンドル、ノブ、柄、バー、グリップ、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。

#### 【 0 1 5 2 】

いくつかの実施形態では、プローブ結合マウント 1 1 0 4 は、第 1 の回転方向 1 1 3 5 を中心として、少なくとも約 3 1 5 度、少なくとも約 3 0 0 度、少なくとも約 2 8 0 度、少なくとも約 2 6 0 度、少なくとも約 2 4 0 度、少なくとも約 2 2 0 度、少なくとも約 2 0 0 度、少なくとも約 1 8 0 度、少なくとも約 1 6 0 度、少なくとも約 1 4 0 度、少なくとも約 1 2 0 度、少なくとも約 1 0 0 度、または少なくとも約 8 0 度回転することができる。

30

#### 【 0 1 5 3 】

いくつかの実施形態では、プローブ結合マウント 1 1 0 4 はさらに、治療プローブ 4 5 0 または撮像プローブ 4 6 0 から退出する任意のケーブルを拘束および保護するためのケーブルガイド、ケーブルリリース部材、スリッピング、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。

#### 【 0 1 5 4 】

いくつかの実施形態では、略垂直タレット 1 1 0 6 が、加えて、第 1 の Y 平行移動方向 1 1 3 2 に (すなわち、Y 軸またはそれと平行な軸に沿って) 延長および後退し、第 1 の水平スライダ 1 1 0 7 に対してプローブマウント 1 1 0 4 の高さを設定する。タレットは、伸縮式スライド管、またはねじ山付きアセンブリ、およびそれらの組み合わせ等の延長および後退を可能にするための拡張継手を備え得る。いくつかの実施形態では、垂直タレット 1 1 0 6 の位置は、手動で、または被駆動アクチュエータによって、もしくは両方で調節される。垂直タレット 1 1 0 6 に対するプローブマウント 1 1 0 4 の回転は、ロボット制御で制御される、または手動で設定され得る。いくつかの実施形態では、第 2 の回転方向 1 1 3 4 へのその垂直対称軸を中心とした (すなわち、Y 軸またはそれと平行な軸を中心とした) 垂直タレット 1 1 0 6 の回転は、第 3 の係止機構 1 1 1 7 によって設定および係止されることができる。いくつかの実施形態では、一对の第 1 の水平スライダ 1 1 0 7 は、患者 P に向かって、またはそこから離れるように、治療プローブ 4 5 0 および撮像

40

50

プローブ460を平行移動させることが可能である。いくつかの実施形態では、第1の水平スライダ1107は、手動アクチュエータ、被駆動アクチュエータ、または両方を備えている。いくつかの実施形態では、患者に向かって、またはそこから離れた垂直タレット1106の位置は、水平スライダ1107によって修正される。水平アジャスタ1116が、患者支持体を横断するX方向にロボットアームを平行移動させることができる。水平アジャスタ1116は、手動アクチュエータ、被駆動アクチュエータ、または両方によって動作させられることができる。

#### 【0155】

いくつかの実施形態では、第3の水平スライダ1118は、患者の左または右側に向かって水平方向に（すなわち、X軸に沿って）第1の水平スライダ1107、したがって、治療プローブ450および撮像プローブ460の平行移動を可能にし、1つ以上の第3の係止機構1117は、第3の水平スライダ1118に沿って水平に平行移動する垂直タレット1106の能力を係合および係合解除させ得る。いくつかの実施形態では、第3の水平スライダ1118の各端部は、第2の水平アーム1114に取り付けられ、各第2の水平アーム1114は、第1の水平アーム1108に垂直に取り付けられてもよく、各第1の水平アーム1108は、垂直アーム1111に垂直に取り付けられ得る。いくつかの実施形態では、各垂直アーム1111は、プラットフォーム1113上の第2の水平スライダ1112に取り付けられ、第2の水平スライダ1112は、患者に向かって、またはそこから離れるように、水平方向に（すなわち、Z軸に沿って）1つ以上の垂直アーム1111を平行移動させることが可能であり、1つ以上の第1の係止機構1110は、プラットフォーム1113に対して1つ以上の垂直アーム1111の位置を設定する。

#### 【0156】

いくつかの実施形態では、治療システム1100のコンポーネントの例示的实施形態のうちの一つ以上は、金属、プラスチック、織物、布、発泡体、木材、炭素繊維、繊維ガラス、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせから成る。

#### 【0157】

いくつかの実施形態では、垂直タレット1106、第1の水平スライダ1107、第2の水平スライダ1112、および第3の水平スライダ1118は、アクチュエータ、軸受、シャフト、ウォーム駆動、ラック、ピニオン、歯車、ベルト、チェーン、滑車、スライド、カラー、シャフト、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。いくつかの実施形態では、垂直タレット1106、第1の水平スライダ1107、第2の水平スライダ1112、および第3の水平スライダ1118のうち少なくとも一つはさらに、エンコーダを備え、エンコーダは、平行移動または回転変位を測定する。

#### 【0158】

いくつかの実施形態では、第1の係止機構1110、第2の係止機構1115、および第3の係止機構1117は、カム、ねじ、ハンドル、ノブ、シャフト、クランプ、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。

#### 【0159】

いくつかの実施形態では、スライダ、タレット、および垂直拡張継手の各々は、結合構造の位置ならびに角度を制御するようにプロセッサに結合される、アクチュエータを備えている。いくつかの実施形態では、水平アーム1108と第2の水平アーム1114との間の結合部は、電動継手を備えている。ある場合、電動継手は、プロセッサのロボット制御下にあり、ハードウェアを邪魔にならないように移動させ、患者支持体からの患者抽出を支援する等のために作動させることができる。

#### 【0160】

いくつかの実施形態では、本システムは、プロセッサに結合される連鎖部を備え、連鎖部は、スライダ、タレット、および垂直拡張継手のうちの一つ以上を備えている。これらの一つ以上のコンポーネントの各々は、プロセッサからの制御信号にตอบสนองして、アーム上の結合構造の位置および角度を制御するようにプロセッサに結合される、アクチュエータを備え得る。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 6 1 】

アームは、例えば、複数のアームおよびスライダを備え得る。

## 【 0 1 6 2 】

いくつかの実施形態では、治療システム 1 1 0 0 コンポーネントの例示的实施形態のうちの一つ以上は、分解される、携行可能である、または両方であり得る。いくつかの実施形態では、治療システム 1 1 0 0 はさらに、ケーブル管理部材、車輪、踏み台、電源、搭載部材、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。

## 【 0 1 6 3 】

1つ以上の画像センサ 1 1 4 5 が、治療システム 1 1 0 0 を中心とした1つ以上の場所に提供され得、第1および/または第2の水平アーム上に提供され得る。1つ以上の画像センサは、撮像プローブ 4 6 0 または治療プローブ 4 5 0 もしくは両方の上の基準マーカの画像を入手し、プローブとのロボットアームの整列および/またはドッキングを補助するために、もしくはプローブの位置、向き、または整列を検出するために、使用され得る。ユーザインターフェース 1 1 4 0 が、プローブを伴うロボットアームのドッキングされたステータスを示すように、ロボットアーム、プローブ、または両方の上に提供され得る。いくつかの事例では、ユーザインターフェースは、LEDインジケータ等の1つ以上の視覚インジケータである。1つ以上の視覚インジケータは、ロボットアームまたはプローブの追加の動作もしくはステータス情報を伝達し得る。

## 【 0 1 6 4 】

図 1 2 は、治療プラットフォームを備えている、治療システム 1 2 0 0 の例示的实施形態を図示する。システム 1 2 0 0 は、本明細書に説明されるようなシステム 4 0 0 またはシステム 1 1 0 0 の1つ以上のコンポーネントを備え得る。図 1 2 は、治療システム 1 2 0 0 の斜視図である。治療システム 1 2 0 0 は、治療カート 1 2 1 0 を備え得る。カート 1 2 1 0 は、筐体 1 2 1 3 と、筐体 1 2 1 3 に対する回転または平行移動のうちの一つ以上を行い得る、共通ロボットアーム 1 2 1 4 と、流体コンテナハンガ 1 2 1 5 と、生理食塩水のため等の流体コンテナ 1 2 1 6 と、プッシュハンドル 1 2 1 7 と、1つ以上の車輪 1 2 1 8 と、支持体 1 2 1 9 と、1つ以上のディスプレイ画面 1 2 2 0 と、共通ロボットアーム 1 2 1 4 に対する回転または平行移動のうちの一つ以上を行い得る、治療プローブロボットアーム 4 4 2 と、治療プローブロボットアーム 4 4 2 に結合される治療プローブ 4 5 0 と、共通ロボットアーム 1 2 1 4 に対する回転または平行移動のうちの一つ以上を行い得る、撮像プローブロボットアーム 4 4 4 と、撮像プローブアーム 4 4 4 に結合される撮像プローブ 4 6 0 とを備え得る。

## 【 0 1 6 5 】

いくつかの実施形態では、治療プローブロボットアーム 4 4 2 および撮像プローブロボットアーム 4 4 4 は、共通ロボットアーム 1 2 1 4 と協調して、それぞれ、治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 を互いに整列（すなわち、平行および/または同一平面内整列）して位置付ける。いくつかの実施形態では、筐体 1 2 1 3 は、電源、圧力源、通信部材、電力ケーブル、薬剤、またはそれらの任意の組み合わせを含有する。いくつかの実施形態では、共通ロボットアーム 1 2 1 4 は、筐体 1 2 1 3 に対して約1つ以上の自由度で回転もしくは平行移動することができる。一実施例では、共通ロボットアーム 1 2 1 4 は、約 2 2 0 度の角度を中心とした床と垂直な垂直軸を中心として回転することができる。いくつかの実施形態では、共通ロボットアーム 1 2 1 4 は、延在および収縮することが可能である。いくつかの実施形態では、カート 1 2 1 0 は、可搬型であり、カート 1 2 1 0 は、プッシュハンドル 1 2 1 7、および1つ以上の車輪 1 2 1 8、ならびに患者治療中にカート 1 2 1 0 の安定性を維持するための支持体 1 2 1 9 を備え得る。いくつかの実施形態では、カート 1 2 1 0 はさらに、組織切除のための加圧流体噴射を提供し得る、治療プローブ 4 5 0 との使用のためのある量の流体または生理食塩水を貯蔵する、生理食塩水または流体コンテナ 1 2 1 6 を支持することが可能な流体コンテナハンガ 1 2 1 5 を備えている。いくつかの実施形態では、カート 1 2 1 0 はさらに、撮像プローブ 1 2 0 2 または他の源から医師もしくは患者に情報を表示することが可能である、1つ以上の画面 1

10

20

30

40

50

220を備えている。いくつかの実施形態では、治療システム1200はさらに、除去された組織および使用済み生理食塩水を貯蔵するためのコンテナを備えている。

#### 【0166】

図13は、プローブ搭載および調節アセンブリ1600の例示的实施形態を図示する。プローブ搭載および調節アセンブリ1600は、複数のクランプ1302によって患者支持体に取り付けられる。いくつかの実施形態によると、患者支持体は、ベッド、テーブル、またはプラットフォームであり、クランプは、患者支持体のレール上への機械的締め付け等によって患者支持体に取り付けられる。プローブ搭載および調節アセンブリ1600は、患者支持体に取り付けるための2つ、3つ、4つ、6つ、またはそれを上回るクランプ1302を含み得る。いくつかの実施形態では、搭載アセンブリ1600は、医療専門家

10

#### 【0168】

搭載アセンブリ1600は、多くの方法で構成されることができ、いくつかの実施形態では、搭載アセンブリは、伸長支持体1310へ、例えば、クロスバー1310への150kg荷重にตอบสนองして、第1のレールおよび第2のレールに対する伸長支持体1310の移動を5mm以下に限定するように構成される。本明細書で使用されるように、用語「伸長支持体」および「クロスバー」は、同義的に使用される。いくつかの実施形態では、移動は、伸長支持体1310への100kg荷重にตอบสนองして、3mm以下である。いくつかの実施形態では、伸長支持体1310、第1のクランプ1302、第1のアーム442、第2のクランプ1304、および第2のアーム444は、伸長支持体1310への150kg荷重にตอบสนองして、伸長支持体1310の移動を5mm以下に限定するために構成され得、移動は、伸長支持体1310への100kg荷重にตอบสนองして、3mm以下であり得る。いくつかの実施形態では、患者の中に挿入されるべきプローブは、約20cm~約60cmの範囲内の距離を備え、搭載アセンブリ1600は、伸長支持体1310への荷重にตอบสนองして、プローブの遠位端を6mm以下移動させるように構成される。

20

30

#### 【0169】

プローブ搭載および調節アセンブリ1600は、圧潰可能万能手術台搭載システム、および万能マウント上に配設される一対の係止可能位置付けアームから成る、モジュール式システムであり得る。万能マウントは、調節することが容易かつ直感的であり、異なるサイズ搭載レール、変動するテーブル幅、および除去可能かつ折畳式脚部支持体を伴うテーブルを含む、一般的に使用されている手術台の大部分に適合する。これは、搭載アーム1312、1314が、重量、剛性、流体移動、および可動域のために最適化され、優れた外科手術計画能力を提供する、剛直性プラットフォームを提供する。

#### 【0170】

2つの機械的アーム442、444は、定義された外科手術計画野内で円滑な流体運動を可能にする。それらは、プローブ整列を補助し、外科手術計画を合理化しながら、患者生体構造の触覚フィードバックを提供し、傷害の危険性を最小限にする。係止されたとき、機械的アーム442、444は、オペレータが、それらが位置付けられることを所望する、撮像および治療プローブの両方を保持する、剛直性インターフェースを提供する。手技設定および分解の間に、プローブ搭載および調節アセンブリ1600は、1人の人物によって展開され、格納のためにコンソール内/上に搭載され得る、コンパクトで容易に管理可能なコンポーネントに分割されることができ。

40

#### 【0171】

いくつかの実施形態によると、プローブ搭載および調節アセンブリ1600は、2つの類似する、例えば、実質的に同じレールクランプ1302、1304と、クロスバー13

50

10とを備えている。レールクランプ1302、1304は、全ての一般的に使用されているテーブルレールサイズに適合し、レバー1406の単純なスローにより配設/除去するように、調節および設定されることができる。レバー1406は、レールクランプの一次タッチ点であり、それらが単一の運動において片手で配設されることを可能にする。クロスバー1310は、レールクランプ1302、1304の2つのレセプタクル1316の中にドッキングし、テーブル搭載システムを完成させ、格納のために平坦に折畳する。これは、各手に1つずつ、2つの制御トリガを圧搾することによって展開される。制御トリガは、格納のための折畳、ならびに患者支持体に搭載するための微細幅調節を可能にする、角旋回部を係止解除する。制御トリガはまた、クロスバー1310をレールクランプに固着させる機構を係止解除する。いくつかの実施形態によると、クロスバー1310上の機構は、定位置に押動されるときに自己係合し、自己係止して不適切な組立の可能性を最小限にする。クロスバー1310はまた、異なる手術台幅への粗調節のための幅調節機構も有し得る。コンポーネントは、OR台に対する等脚台形幾何学形状を生成するように、対称形態で位置付けられることができる。いくつかの実施形態では、レールクランプ1302、1304は、異なるZ位置に設置され得、患者は、異なるX位置に設置され、複数の非対称性を生成するZ'角度において台の上で角度を付けられ得る。レールクランプ1302、1304と、レールクランプレセプタクル1316と、係止可能クロスバー搭載アーム1312、1314と、クロスバー1310(Y軸を中心としたアーム回転が含まれる)とを含む、搭載アセンブリ1600の設計は、機器設定、患者生体構造、および患者位置の全ての変数に適應する、撮像プローブ460および治療プローブ450の精密な場所を可能にする、アーム構造の調節を提供する。

10

20

#### 【0172】

いくつかの実施形態によると、機械的アーム442、444は、2つの類似するアーム(例えば、実質的に同じアーム)と、側方調節機構とを備えている。各アームは、アームセグメントによってともに連結される3つの回転/係止可能継手と、クロスバー1310にしっかりと搭載するための底部上のインターフェースと、上部における制御ハンドル1318およびステップマウント1320とを備え得る。継手は、X軸を中心として回転するように構成され得る。制御ハンドル1318は、操作のための主要タッチ点であり、各プローブ450、460の片手位置付けおよび調節を可能にする。ステップマウント1320は、撮像プローブ460および治療プローブ450の微細制御のために使用される、ステップを搭載するためのドレープ安全インターフェースを提供する。各機械的アーム442、444は、汚染を最小限にし、手技後の清掃を単純化するように、外科用ドレーピングで覆われ得る。制御ハンドル1318は、2段階作動機構、すなわち、全ての継手を一斉に係止解除し、それらを係止解除された状態で保つための第1段階と、所望の位置にあるときにシステムを再係止するための第2の段階とを有し得る。これは、改良された感触およびより精密な制御のための操作の間に緊密な握持で各アームを保持する必要性を低減させ得る。いくつかの実施形態では、制御ハンドル1318は、ロボットアームを操作するためのハンドルを備え、ボタンまたはスイッチが、継手内の係止機構に係合もしくは係合解除させ、ロボットアームの手動操作を有効または無効にする。

30

#### 【0173】

クランプ1302、1304は、クランプ結合部1324によってレセプタクル1316に接続される。クランプ結合部1324は、クランプ1302とレセプタクル1316との間の自由度を可能にし、それによって、クランプ1302の向きまたは位置の調節を可能にし、患者支持体への締め付けを促進し得る。レセプタクル1316は、搭載アーム1312に接続される。いくつかの実施形態では、レセプタクル1316は、陥凹を画定し、搭載アーム1312は、陥凹の内側に嵌合することによって、レセプタクル1316と結合し、ボール戻り止め、摩擦嵌合、位置決めねじ、つまみねじ、キー溝、突起およびポケット、ピン、干渉構造、またはある他の好適な接続構造等の任意の好適な機械的相互作用を通して固着され得る。いくつかの実施形態では、搭載アーム1312は、係止ピンを回転させ、搭載アーム1312とレセプタクル1316との間の確実な接続を可能にす

40

50

る、レバーを備えている。例示的使用では、いくつかの実施形態によると、搭載アーム 1312 は、レセプタクル 1316 の陥凹の中に挿入され得、係止ピンは、搭載アーム 1312 がレセプタクル 1316 の内側表面内に係合するにつれて後退し得る。完全挿入に応じて、搭載アーム 1312 から離れるように延びているように付勢され得る、係止ピンまたは他の突起構造は、搭載アームから外向きに、レセプタクル 1316 に形成された陥凹、空洞、孔、またはポケットの中にスナップ留めし、搭載アーム 1312 をレセプタクル 1316 にしっかりと接続し得る。搭載アーム 1312 上のレバーが、レバーが押下されるときに、突起構造が搭載アーム 1312 の中に引き出され、搭載アーム 1312 がレセプタクル 1316 から引き出されることを促進するように、突起構造に結合され得る。

#### 【0174】

搭載アーム 1312 は、クロスバー結合部 1326 等によって、クロスバー 1310 に接続される。クロスバー結合部 1326 は、搭載アーム 1312 とクロスバー 1310 との間の旋回移動を可能にし得る。図示されるように、一对の搭載アーム 1312、1314 が、クロスバー 1310 のいずれかの端部においてクロスバー 1310 に接続され得る。一对の搭載アーム 1312、1314 は、クランプ 1302、1304 の間の距離を変動させるように、クロスバー結合部 1326 を中心として回転または旋回され得る。このように、クランプ 1302、1304 の間の距離は、種々の異なるようにサイズを決定された患者支持体上に嵌合するように調節されることができる。

#### 【0175】

クロスバー 1310 は、機械的アーム基部 1328 を担持する。機械的アーム基部 1328 は、機械的アーム基部 1328 が、X 軸に沿ってスライドし、患者に対して水平に左右に移動することを可能にする、クロスバー 1310 にスライド可能に接続され得る。機械的アーム基部 1328 は、ねじ、つまみねじ、カム、レバー、ロック、ツイストロック、または機械的アーム基部 1328 をクロスバー 1310 に固着させるための任意の好適な構造等によって、任意の好適な方法でクロスバー 1310 に固着され得る。

#### 【0176】

機械的アーム基部 1328 は、1 つ、2 つ、またはそれを上回る機械的アーム 442、444 のための取り付け点を提供する。示されるように、いくつかの実施形態では、2 つの機械的アームが、機械的アーム基部 1328 に接続される。機械的アーム 442、444 は、ねじ、スライドロック、クリップ、または他の好適なコネクタ等の任意のタイプの確実な接続によって接続され得る。プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 のコンポーネントは、任意の好適な材料から形成されることができ、いくつかの実施形態では、1 つ以上のコンポーネントは、ステンレス鋼、チタン、タンタル、白金、パラジウム、または任意の好適な合金等の金属から形成される。プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 のコンポーネントは、代替として、または加えて、例えば、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレン (PE)、ポリスチレン (PS)、ならびにナイロン、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリイミド (PA)、ポリカーボネート (PC)、アクリロニトリルブタジエン (ABS)、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、またはポリウレタン (PU) のうちの 1 つ以上のもの等の任意の好適なポリマーから形成されることができる。

#### 【0177】

いくつかの実施形態では、クランプ 1302、クランプ結合部 1324、レセプタクル 1316、搭載アーム 1312、クロスバー結合部 1326、クロスバー 1310、機械的アーム基部 1328、または機械的アーム 444 は、アクチュエータ、軸受、シャフト、ウォーム駆動、ラック、ピニオン、歯車、ベルト、チェーン、滑車、スライド、カラー、シャフト、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。いくつかの実施形態では、クランプ 1302、クランプ結合部 1324、レセプタクル 1316、搭載アーム 1312、クロスバー結合部 1326、クロスバー 1310、機械的アーム基部 1328、または機械的アーム 444 のうちの少なくとも 1 つは、エンコーダを備え、エンコーダは、平行移動または回転変位もしくは位置を測定する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 8 】

機械的アーム 4 4 2、4 4 2 は、セグメントの間に自由度を提供する継手によって分離される、1 つ以上のセグメントを具備し得る。例えば、機械的アームは、隣接するセグメント 1 3 3 0 の間の相対旋回または回転移動を可能にする継手 1 3 3 2 によって互いにそれぞれ結合される、2 つ、3 つ、4 つ、またはそれを上回るセグメント 1 3 3 0 を有し得る。機械的アーム自体は、1 つ以上の軸を中心とした機械的アームの回転を可能にする継手によって、機械的アーム基部 1 3 2 8 に結合され得る。

## 【 0 1 7 9 】

機械的アーム 4 4 2 は、プローブ 4 5 0 が搭載され得る、プローブマウント 1 3 3 4 を担持する。図示されるように、第 1 の機械的アーム 4 4 2 は、撮像プローブ 4 6 0 を担持し、第 2 の機械的アーム 4 4 4 は、治療プローブ 4 5 0 を担持する。いくつかの実施形態では、プローブマウント 1 3 3 4 は、治療プローブ 4 5 0 が撮像プローブ 4 6 0 よりも高いように、Y 方向に治療プローブ 4 5 0 等のプローブを上昇させるように構成される、ライザ 1 3 3 6 を備えている。したがって、治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 が互いに垂直整列させられる場合において、ライザ 1 3 3 6 は、それらが相互から垂直に離間されるにつれて、治療プローブ 4 5 0 が撮像プローブ 4 6 0 との接触を回避することを促進する。

## 【 0 1 8 0 】

治療プローブ 4 5 0 は、治療プローブ 4 5 0 のシャフトに沿って伸長軸を有し、同様に、撮像プローブ 4 6 0 は、撮像プローブ 4 6 0 のシャフトに沿って伸長軸を有する。いくつかの構成では、治療プローブ軸および撮像プローブ軸は、平面内で整列させられる。すなわち、軸は、互いに平行であり、したがって、それらを同一平面内にする。いくつかの実施形態では、機械的アーム 4 4 2、4 4 4 およびプローブマウント 1 3 3 4 の構成は、治療プローブ軸および撮像プローブ軸を垂直平面内で互いに同一平面内に位置付けることができる。言い換えれば、2 つの軸は、一方のプローブが他方のプローブの直接上方にある状態で、垂直に整列させられることができる。

## 【 0 1 8 1 】

いくつかの実施形態によると、プローブは、X、Y、および Z 方向に外科手術計画野内で移動可能であるとともに、これらの軸のうちのいずれかを中心として回転運動する。ある場合、撮像プローブ 4 6 0 および治療プローブ 4 5 0 は、YZ 平面内で独立して位置付け可能であり、ある場合、X 軸に沿って限定された相対移動が存在する。いくつかの実施形態によると、撮像プローブ 4 6 0 は、平行移動運動の限定された範囲を有し、ある場合、X 方向に中心位置から約 ± 2 インチ、Y 方向に - 3 インチ ~ + 4 インチ、Z 方向に - 9 インチ ~ + 2 インチ（およびステッピングモータの微細制御を伴って Z 方向にさらに 1 0 0 mm）である。撮像プローブ 4 6 0 は、回転運動の限定された範囲を有し得、いくつかの実施形態では、X 軸を中心として 0 ° ~ 約 4 5 ° のいずれか、Y 軸を中心として ± 1 5 °、Z 軸を中心として ± 3 2 ° 回転させられることができる。

## 【 0 1 8 2 】

いくつかの実施形態によると、治療プローブ 4 5 0 は、X 軸に沿って中心から約 ± 2 インチ、患者支持体の上部から 3 インチ ~ 1 2 インチ、Z 方向に - 9 インチ ~ 2 インチ（およびステッピングモータ制御下でさらに約 1 0 0 mm）であり得る、限定された可動域を有し得る。いくつかの実施形態では、治療プローブ 4 5 0 は、X 軸を中心として約 ± 3 0 °、Y 軸を中心として約 ± 1 5 °、および Z 軸を中心として非常にわずかな調節等で回転させられ得る。

## 【 0 1 8 3 】

機械的アームはまた、制御ハンドル 1 3 1 8 を備え得る。いくつかの実施形態によると、制御ハンドル 1 3 1 8 が、機械的アームのうちの 1 つ以上に結合され、オペレータが、機械的アーム 4 4 2、4 4 4、それに付随して、機械的アームによって担持されるプローブを手動で位置付けることを可能にする。制御ハンドル 1 3 1 8 は、機械的アームを手動で調節する、または移動させる方法を提供する、任意の好適な構成であり得る。いくつか

10

20

30

40

50

の実施形態では、制御ハンドル1318は、機械的アームのセグメントを分離する継手のうちの1つ以上の中のクラッチを係合解除させる、レバーを備えている。いくつかの事例では、制御ハンドル1318のレバーは、押下されると、1つ、2つ、3つ、またはそれを上回る継手を係合解除させ、継手が、旋回する、回転する、またはオペレータが機械的アームを手動で位置付けることを可能にするある組み合わせを行うことを可能にする。制御ハンドル1318は、プローブスライダ1340に接続され得る、またはそれと一体的に形成され得る。プローブスライダ1340は、撮像プローブ460または治療プローブ450、もしくは両方が、患者の中および外に実質的にZ方向に平行移動することを可能にする。プローブスライダ1340は、手動で動作させられる、ロボット制御で動作させられる、または両方の組み合わせであり得る。

10

#### 【0184】

使用時、クランプ1302、1304が、患者支持体に結合される。いくつかの事例ではベッドである、患者支持体に結合される、2つのクランプ、4つのクランプ、6つのクランプ、またはそれを上回るものが、存在し得る。クランプは、クランプ内のジョーの離間を可能にする、クランプアジャスタ1342を含み得る。各クランプ上のハンドル1408が、オペレータによって操作され、クランプのジョーは、患者支持体をしっかりと把持する。レセプタクル1316は、プローブ搭載および調節アセンブリ1600の搭載アーム1312と結合するように構成される向きでレセプタクル1316を位置付けるように操作され得る。搭載アーム1312、1314は、次いで、レセプタクル1316に結合され、任意の好適な様式で搭載アームに固着される。

20

#### 【0185】

クロスバー1310は、搭載アーム1312に接続され得るが、しかしながら、いくつかの実施形態では、クロスバー1310および搭載アーム1312、1314は、相互から除去可能ではなく、レセプタクル1316への搭載アームの結合は、患者の治療のための適切な位置にクロスバー1310を設置する。クロスバー1310が定位置に来ると、機械的アーム442、444は、クロスバー1310の機械的アーム基部1328に固着され得る。撮像プローブ460、治療プローブ450、または両方は、次いで、プローブマウント1334に結合される。オペレータは、次いで、制御ハンドル1318を使用すること等によって、機械的アーム442、444を手動で操作し、撮像プローブ460および治療プローブ450を位置付け得る。

30

#### 【0186】

機械的アーム442、444は、次いで、ロボット制御で制御され得る、または手技の一部もしくは全ての間を手動で制御され得る。いくつかの実施形態では、機械的アーム442、444は、開始位置に置かれる。プローブ搭載および調節アセンブリ1600のモジュール性質が、コンポーネントが分離され、容易に管理され、個別に設定されることを可能にする。図示される構成はさらに、撮像プローブ460および治療プローブ450を同一平面内で自動的に整列させることによって、治療計画を可能にし、プローブの円滑な触覚位置付けおよび調節を可能にする。さらに、いくつかの実施形態では、機械的アームが、プローブへの位置付けおよび圧縮調節を可能にする一方、継手内のステッピングモータは、プローブのコンピュータ制御されたZ方向位置付けおよび角度調節を可能にする。いくつかの実施形態では、説明は、唯一の機械的アーム442、搭載アーム1312、および付随するハードウェアのコンポーネントを参照するが、追加の機械的アームが、同じまたは類似ハードウェアを有し得ることを理解されたい。

40

#### 【0187】

図14A、14B、および14Cは、プローブ搭載および調節アセンブリ1600と併用され得る、クランプ1302の例示的实施形態を図示する。クランプ1302は、固定ジョー1402と、移動可能ジョー1404と、固定ジョー1402と移動可能ジョー1404との間の距離を変動させるレバー1406とを有する。レバー1406は、クランプを握持および操作するために構成されるハンドル1408を含む。レバー1406は、移動可能ジョー1404に機械的に結合され、ハンドル1408が、クランプ1302に

50

対して上向き位置にあるとき、ジョーは、離間され、レバー 1 4 0 6 がクランプ 1 3 0 2 に対して下向きに移動させられるにつれて、移動可能ジョー 1 4 0 4 は、第 1 の位置 1 4 1 0 から第 2 の位置 1 4 1 2 まで固定ジョー 1 4 0 2 により近接近させられる。いくつかの事例では、上側ジョー 1 4 0 2 および下側ジョー 1 4 0 4 は両方とも、互いに対して移動可能であるが、図示される実施形態では、上側ジョー 1 4 0 2 は、固定されたものとして図示され、下側ジョー 1 4 0 4 は、移動可能である。

【 0 1 8 8 】

クランプ 1 3 0 2 は、クランプをレセプタクル 1 3 1 6 に取り付く、クランプ結合部 1 3 2 4 を含む。いくつかの実施形態では、レセプタクル 1 3 1 6 は、その中に搭載アーム 1 3 1 2 の一部を受け入れ、レセプタクル 1 3 1 6 と搭載アーム 1 3 1 2 との間の確実な取り付けを促進するように構成される、陥凹 1 4 2 0 を有する。クランプ結合部 1 3 2 4 は、クランプ 1 3 0 2 に対するレセプタクル 1 3 1 6 の回転運動を提供する。これは、クランプ 1 3 0 2 が任意の角度または構成で患者支持体に結合されることを可能にし、レセプタクル 1 3 1 6 が好適な方向に向き、搭載アーム 1 3 1 2 を受け取ることを可能にする。図示される実施形態は、レセプタクル 1 3 1 6 とクランプ 1 3 0 2 との間の回転結合部を示すが、例えば、ボールソケット継手、ヒンジ、旋回部、またはレセプタクルがクランプ 1 3 0 2 に対して移動することを可能にするための他の構造等の他の形態の取り付けも、検討される。

10

【 0 1 8 9 】

クランプアジャスタ 1 3 4 2 が、クランプ 1 3 0 2 の初期調節を提供するように提供される。例えば、クランプアジャスタ 1 3 4 2 は、移動可能ジョー 1 4 0 4 を第 1 の位置 1 4 1 0 まで移動させるために使用されることができ、ハンドル 1 4 0 8 は、次いで、移動可能ジョー 1 4 0 4 を第 2 の位置 1 4 1 2 まで移動させるために使用されることができ、患者支持体は、固定ジョー 1 4 0 2 と移動可能ジョー 1 4 0 4 との間で握持される。患者支持体上の握持が、十分に緊密ではない場合、クランプ 1 3 0 2 は、患者支持体から係合解除されることができ、クランプアジャスタ 1 3 4 2 は、移動可能ジョー 1 4 0 4 を第 1 の位置 1 4 1 0 に再配置するために使用されることができ、レバー 1 4 0 6 が、次いで、移動可能ジョー 1 4 0 4 を第 2 の位置 1 4 1 2 まで移動させ、患者支持体上に固定ジョー 1 4 0 2 および移動可能ジョー 1 4 0 4 を緊密に係合させるために使用されることができ、本明細書で使用されるように、移動可能ジョー 1 4 0 4 の第 1 の位置 1 4 1 0 は、係合解除構成時のクランプに関連付けられ、移動可能ジョー 1 4 0 4 の第 2 の位置 1 4 1 2 は、係合構成時のクランプに関連付けられる。クランプアジャスタ 1 3 4 2 は、第 1 の位置 1 4 1 0 を変動させるために使用されることができ、これは、移動可能ジョー 1 4 0 4 が第 2 の位置 1 4 1 2 まで移動させられるときに、締め付け力を変動させる効果を有する。

20

30

【 0 1 9 0 】

図 1 5 A、1 5 B、1 5 C、および 1 5 D は、本明細書に説明されるプローブ搭載および調節アセンブリ 1 6 0 0 の実施形態と併用可能である、例示的クランプ 1 3 0 2 の内部構造を図示する。図 1 5 A および 1 5 B は、係合解除構成時のクランプを図示し、図 1 5 C および 1 5 D は、係合構成時のクランプを図示する。クランプ 1 3 0 2 は、その中に形成されたハンドル 1 4 0 8 を伴うレバー 1 4 0 6 を備えている。レバー 1 4 0 6 は、レバーシャフト 1 5 0 2 によって固定ジョー 1 4 0 2 に旋回可能に結合され、上側係合解除向きと下側係合向きとの間で旋回するように構成される。レバーシャフト 1 5 0 2 は、ひいては、アジャスタブロック 1 5 0 6 に結合される、レバーアーム 1 5 0 4 に結合される。アジャスタブロック 1 5 0 6 は、アジャスタ支柱 1 5 0 8 上に形成されるねじ山と協働する内部ねじ山をアジャスタブロック 1 5 0 6 に形成すること等によって、アジャスタ支柱 1 5 0 8 に接続される。

40

【 0 1 9 1 】

いくつかの実施形態では、レバーシャフト 1 5 0 2 は、レバーアーム上側結合部 1 5 1 0 においてレバーアーム 1 5 0 4 に旋回可能に接続され、レバーアーム下側結合部 1 5 1

50

8においてアジャスタブロック1506に旋回可能に接続され、レバーシャフト1502を中心としたレバー1406の移動は、レバーシャフト1502を中心としたレバーアーム上側結合部1510の移動を引き起こす。レバーアーム1504は、アジャスタブロック1506に旋回可能に接続され、レバーシャフト1502を中心としたレバーアーム1504の旋回移動は、アジャスタブロック1506の平行移動、その結果として、アジャスタ支柱1508の平行移動運動を引き起こす。

【0192】

移動可能ジョー1404は、ジョー支柱1512にわたって移動可能ジョー1404の  
 スライド可能な移動を可能にする、一对のジョー支柱1512を捕捉する、貫通孔を備え  
 ている。ジョー支柱1512は、クランプ基部1514と固定ジョー1402との間に延  
 びている。アジャスタブロック1506は、移動可能ジョー1404に接触するように構  
 成される、ジョームーバ1516突出部を含み、アジャスタブロック1506が上向きに  
 移動するにつれて、ジョームーバ1516は、移動可能ジョー1404に接触し、第1の  
 位置と第2の位置との間で移動可能ジョー1404を移動させる。アジャスタ支柱150  
 8は、クランプが取り付けられることになる患者支持体のサイズに応じて、アジャスタ  
 ブロック1506の第1の位置を変動させるように、クランプアジャスタ1342上のつま  
 みねじまたはノブ等によって、回転させられることができる。いくつかの実施形態では、  
 クランプ1302は、アジャスタ支柱1508およびアジャスタブロック1506の調節  
 が、後続のクランプまたは後続の手技のために繰り返され得るように、移動可能ジョー1  
 404の第1の位置と対応する印を有し得る。例えば、第1のクランプ1302が患者支  
 持体上に適切な量の締め付け力を印加するようにダイヤルインされると、印は、全てのク  
 ランプが患者支持体上に類似締め付け力を有するように、第2のクランプ1304、第3  
 のクランプ、第4のクランプ等の後続のクランプを調節するために使用され得る、クラン  
 プアジャスタ1342の位置または設定を視覚的に示し得る。本締め付け方法は、高い締  
 め付け力および解放防止を達成するように、中心にわたる高い応力を受けた連鎖部に依  
 拠する(但し、ラッチ係止特徴(図示せず)が解放を防止するために使用され得る)。いく  
 つかの実施形態では、ベッドレール上に締め付けるとき、レバー1406が下げられ、ジ  
 ョー間隙(固定ジョー1402と移動可能ジョー1404との間の距離)を閉鎖するにつ  
 れて、ジョーは、レバー1406がそのホーム位置に来る前にレールに接触する。本時点  
 で、連鎖部およびジョー(固定および移動可能の両方)は、それらを材料の弾性変形内で  
 移動させる、力を受ける。本弾性変形は、閉鎖レバー1406上の力の「感覚」を増加さ  
 せるが、連鎖部の設計が有意なレバーアーム機械効率を提供する点にある。全ての金属は  
 、クランプが閉鎖されるにつれて応力を受けた状態になり、連鎖部は、変形の最大距離を  
 横断し、変形の少ない(但し、依然として有意な)位置まで移動する。このより小さい距  
 離は、クランプ1302を解放するために、最大距離にわたってそれを戻すように移動さ  
 せるための力を要求する。本締め付けの性能に関連性があるものは、ばね定数(k)、材  
 料係数、およびコンポーネントの恒久変形を引き起こすであろう材料の弾性収率に到達  
 することを防止する設計考慮を含む、固定および移動可能ジョー(線形ばね)、レバーア  
 ム1504(cまたはs字形ばね)、レバーシャフト1502の材料特性の考慮である。  
 加えて、上記のコンポーネントが、完全剛直性システムであった場合、これは、アジャ  
 スタブロック1506の中に設計されるばね要素を要求し得る。

【0193】

図16A、16B、16C、および16Dは、ハンドル1408が、係合解除位置から  
 、それぞれ、途中、4分の3、および完全係合位置まで、その可動域を通して移動させら  
 れるにつれて順に示される、いくつかの実施形態による、プローブ搭載および調節アセン  
 ブリ1600と併用され得るクランプの側面図を図示する。使用時、クランプアジャスタ  
 1342は、クランプアジャスタ1342を旋回させ、アジャスタ支柱1508のねじ山  
 付き部分に沿ってアジャスタブロック1506を前進させることによって、下側ジョー1  
 404の初期の第1の位置を確立するために使用される。これは、レバー1406が係合  
 解除位置にとどまっている間に、移動可能ジョー1404の初期の第1の位置が、確立さ

10

20

30

40

50

れることを可能にする。

【0194】

レバーアーム上側結合部1510は、距離Mだけレバーシャフト1502からオフセットされ、レバーアーム上側結合部1510は、レバーシャフト1502を中心として回転する。図16Aに図示されるように、移動可能ジョー1404は、アジャスタブロック1506に接触し、これが、固定ジョー1402から離れた方向への移動可能ジョー1404の移動を限定するまで、固定ジョー1402から離れるように下向きに自由に移動することに留意されたい。レバー1406が図16Aに示される位置から図16Dに図示される位置まで移動させられるにつれて、レバーアーム上側結合部1510は、レバーシャフト1502を中心として回転し、レバーシャフト1502のほぼ下方の位置から、レバーシャフト1502のほぼ直接上方の位置まで移動する。本運動は、2Mの距離にアジャスタブロック1506の線形平行移動をもたらす。対応して、アジャスタブロック1506および移動可能ジョー1404はまた、2Mに等しい線形距離を移動する。例えば、図16Dでは、上部ピンは、A（レバーアーム上側結合部1510）であり、中間ピンは、B（レバーシャフト1502）であり、底部ピンは、C（レバーアーム下側結合部1518）である。Bは、空間内に位置し、固定ジョー1402に対して移動不可能である。Aは、Bを中心として回転し、レバーアーム1504を、Cを中心として回転させる。レバーアーム1504の移動は、CをY軸において平行移動させる（移動可能ジョーの移動を引き起こす）。点BおよびCは、Y軸（BCYと呼ばれる軸）に沿って同一線上のままであり、Aは、BおよびCを中心とする異なる半径の弧を横断することが想像され得る。A、B、およびCの各々は、それらを通して想像上の平行X線Ax、Bx、Cxを有し、それらの間の距離は、ハンドル1408が移動させられるときに変化する。さらに、AxとCxとの間の距離は、 $D_{rotate}$ （多くの位置）、 $D_{max}$ （Aが最高である）（これが獲得される最大の力である）、および $D_{locked}$ （AがBCY軸を横断する）（これが持続的締め付け力である）である。本設計の係止機構は、ハンドル1408閉鎖の間に、AxとCxとの間の距離が最大距離 $D_{max}$ に到達されるときに到達されるAの係止位置に依拠し、レバー1406のさらなる閉鎖に応じて、AxとCxとの間の距離は、 $D_{locked}$ に到達する $D_{max}$ 未満である。本位置は、軸BCYを横断するAに依拠する。

【0195】

クランプ1302のコンポーネントは、任意の好適な材料から形成されることができ、いくつかの実施形態では、固定ジョー1402および移動可能ジョー1404は、種々の鋼鉄もしくは鋼鉄合金、アルミニウム、または他のタイプの金属もしくは金属合金のうちのいずれか等の好適な金属から形成される。レバー1406およびハンドル1408は、任意の好適な材料から形成され得、ポリマー材料であってもよく、ある場合、強化ポリマーである。固定ジョー1402および移動可能ジョー1404は、任意の好適な形状であり得、いくつかの実施形態では、固定ジョー1402および移動可能ジョー1404のうちの1つ以上は、楔形、U字形、L字形、または種々の患者支持体上に締め付けるための他の好適な断面形状である。ある場合、固定ジョー1402および移動可能ジョー1404は、管、平坦なバー、卵形の管、またはある他の幾何学形状を有するレールとして成形されるレール上に締め付けるように構成される。使用時、クランプは、手技に備えて第1のステップとして患者支持体に添着されることができ、クロスバー1310は、次いで、搭載アームおよびレセプタクル1316によってクランプに搭載されることができ

【0196】

図17A、18B、および17Cは、それぞれ、後面斜視図、側面図、ならびに正面斜視図で、レール1702に添着されたクランプ1302を図示する。図示されるクランプ1302は、実質的に、図16A-16D等に関して本明細書の他の場所に説明される通りである。患者支持体1113は、その側面に沿ってレール1702を備えている。レール1702は、人および物体がレール1702を把持すること、および/またはそれに搭載されることを可能にするための距離で、患者支持体1113から離間され得る。クラン

ブ 1 3 0 2 は、レール 1 7 0 2 および患者支持体 1 1 1 3 との確実な係合を生成するために十分な締め付け力で、レールに搭載されることができる。いくつかの実施形態では、クランプ 1 3 0 2 は、薄型外形を有し、患者支持体 1 1 1 3 の上面の上方に延びない。本明細書で使用されるように、用語「薄型外形」は、患者支持体 1 1 1 3 の上面の上方に上向きに延びない、クランプ 1 3 0 2 を説明するために使用される。これは、患者が患者支持体 1 1 1 3 上に設置される前に、クランプ 1 3 0 2 を患者支持体 1 1 1 3 に取り付けることを促進する。薄型クランプは、患者支持体上に設置されている患者に干渉しない。

【 0 1 9 7 】

いくつかの実施形態では、センサ 1 3 9 9 は、レールに結合するように構成されるクランプ等の本明細書に説明されるような 1 つ以上のクランプに結合される。いくつかの実施形態では、センサ 1 3 9 9 は、レールの各側面上のクランプに結合された複数のセンサを備えている。センサは、クランプ、レール、または本明細書に説明されるようなロボットアームに結合された支持体のうちの 1 つ以上の荷重を測定するように構成されることができる。

10

【 0 1 9 8 】

図 1 8 A および 1 8 B は、本明細書に説明されるようなプローブ搭載および調節アセンブリ 1 6 0 0 と併せて使用され得る、取り付けられた搭載アーム 1 3 1 2、1 3 1 4 を伴うクロスバー 1 3 1 0 の例示的实施形態の斜視図を図示する。クロスバー 1 3 1 0 は、第 1 の端部と、第 2 の端部とを有し、その両方とも、搭載アーム 1 3 1 2 に接続されることができる。クロスバー結合部 1 3 2 6 が、搭載アーム 1 3 1 2 をクロスバー 1 3 1 0 に接続し、クロスバー 1 3 1 0 に対する搭載アーム 1 3 1 2 の旋回移動を提供する。クロスバー結合部 1 3 2 6 は、プローブ搭載および調節アセンブリ 1 6 0 0 の設定の間に搭載アーム 1 3 1 2 の旋回移動を可能にし、クランプ 1 3 0 2 が、締め付けるために患者支持体 1 1 1 3 上に適切に位置付けられることを可能にし、いくつかの実施形態では、クロスバー 1 3 1 0 に対する搭載アーム 1 3 1 2 の旋回移動に抵抗するように緊締されることができる。クロスバー結合部 1 3 2 6 は、搭載アーム 1 3 1 2 の調節可能性を可能にする、任意の好適な結合部であり得、アクチュエータ、軸受、シャフト、ウォーム駆動、ラック、ピニオン、歯車、ベルト、チェーン、滑車、スライド、カラー、シャフト、またはそれらの任意の組み合わせを備え得る。クロスバー結合部 1 3 2 6 はさらに、搭載アーム 1 3 1 2 およびクロスバー結合部 1 3 2 6 の相対位置を選択的に固定するための係止機構を含み得る。いくつかの実施形態では、係止機構は、カム、ねじ、ハンドル、ノブ、シャフト、クランプ、またはそれらの任意の組み合わせを備えている。

20

30

【 0 1 9 9 】

機械的アーム基部 1 3 2 8 が、クロスバー 1 3 1 0 上にスライド可能に配置され得、クロスバー 1 3 1 0 の長さに沿って選択的にスライドするように構成される。機械的アーム基部 1 3 2 8 は、ねじ、カム、ハンドル、ノブ、クランプ、またはそれらの任意の組み合わせ等の任意の搭載機構によって、所望の場所においてクロスバー 1 3 1 0 に選択的に固着されることができる。いくつかの実施形態では、機械的アーム基部 1 3 2 8 は、クロスバー 1 3 1 0 に剛直性に固定され、クロスバー 1 3 1 0 に沿って移動可能ではない。機械的アーム基部 1 3 2 8 は、ロボットアーム、手動作動型アーム、または機械的およびロボット作動型の組み合わせであり得る、機械的アーム 4 4 2 を受容および保持するように構成される、1 つ、2 つ、3 つ、またはそれを上回るアームマウント 1 8 0 2 を含む。

40

【 0 2 0 0 】

いくつかの実施形態では、機械的アーム基部 1 3 2 8 は、第 1 のアーム 1 8 0 2 マウントと、第 2 のアームマウント 1 8 0 4 とを含み、第 1 および第 2 のアームマウントは、第 1 の機械的アームおよび第 2 の機械的アームと結合するために構成される。第 1 および第 2 の機械的アームは、それぞれ、治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 を担持し得る。第 1 および第 2 のアームマウントは、クロスバー 1 3 1 0 に沿って相互から固定距離で離間され得る。いくつかの事例では、アームマウント、したがって、機械的アームの間の固定された既知の間隔が、治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 を互いに対

50

して整列させるために、コントローラによって使用されることができる。例えば、アームマウント1802、1804の固定位置を用いると、コントローラは、互いに対するプローブのホーム位置を決定することができ、これはまた、撮像プローブ軸に対する治療プローブ軸の適切な整列を促進することもできる。

#### 【0201】

機械的アームは、ねじ、ノブ、カム、クリップ、戻り止め、クランプ、または任意の組み合わせ等の任意の好適な機構によってアームマウントに固着される。いくつかの実施形態では、機械的アーム基部1328は、2つの機械的アームが添着されるためのマウントを提供し、アームマウント1802、1804は、固定距離で離れ得る。これは、機械的アーム上に搭載されるプローブの向きおよび整列を促進し、さらに、プローブの位置の校正を補助する。

10

#### 【0202】

図19Aおよび19Bを加えて参照すると、クロスバー1310の例示的实施形態が、示され、搭載アームの可動域が、種々のサイズ of 患者支持体上の搭載構成とともに示される。搭載アームは、クロスバー1310に対する搭載アームの巡回移動を可能にするクロスバー結合部1326によって、クロスバー1310に取り付けられる。搭載アームは、プローブ搭載および調節アセンブリ1600の格納のために、または輸送の間に使用され得る、第1の位置1902と、搭載アームがクロスバー1310から離れるように回転させられ、患者支持体上の搭載を促進するように相互から離して広げられる、第2の位置1904との間で、選択的に移動可能である。搭載アーム1312、1314は、角度を通して選択的に移動可能であり、任意の向きで固着されることができる。いくつかの実施形態では、可動域は、少なくとも90°であり、いくつかの実施形態では、搭載アームの可動域は、100°、110°、120°、130°、140°、150°、160°、170°、または180°である。いくつかの実施形態では、搭載アーム1312、1314は、対称に位置付けられず、したがって、角度は、搭載アームの間で一貫していない。例えば、第1の搭載アーム1312が、100°の角度で位置付けられてもよく、第2の搭載アーム1314が、125°の角度で位置付けられ得る。

20

#### 【0203】

図19Bに示されるように、搭載アーム1312、1314は、それに取り付けられたクランプ1302を伴って図示され、搭載アームは、変動する幅を有する患者支持体に適応するように広げられることができる。例えば、第1の患者支持体1906が、第1の幅を有し、搭載アームは、患者支持体上に搭載するべき搭載アームに結合されるクランプを位置付けるように、第1の距離を離して広げられることができる。搭載アームが患者支持体幅に適応するように可動域を通して回転させられるにつれて、クランプは、クランプのジョーが患者支持体と並ぶように、回転させられることができる。第1の患者支持体よりも大きい幅を有する第2の患者支持体1908に搭載するとき、搭載アームは、このより大きくサイズを決定された患者支持体に適応するように、さらに離して広げられることができる。示されるように、搭載アームが、さらに離して広げられるほど、クロスバー1310は、患者支持体により近い。搭載アームにクロスバー1310に対する巡回運動の範囲を提供し、クランプ1302が搭載アームに対して巡回することを可能にするることによって、プローブ搭載および調節アセンブリ1600は、多くの異なるようにサイズを決定された患者支持体上に嵌合することができる。いくつかの実施形態では、クランプ1302が、患者支持体のより広いサイズに適合するためのさらなる調節可能性のためにクロスバー1310と併用され得る、より長い搭載アームに固着され得る。

30

40

#### 【0204】

図20は、制御ハンドル1318を伴う機械的アーム442の例示的实施形態を図示する。機械的アーム442は、ロボットアームであり、ロボットアームおよびそれに取り付けられたプローブの精密な移動を可能にするように、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下にあり得る。ロボットアームは、継手2004によって結合される、2つ、3つ、またはそれを上回るセグメント2002を用いて関節動作させられ得る。セグメン

50

ト 2 0 0 2 は、隣接するセグメント 2 0 0 2 の間の回転を可能にする継手 2 0 0 4 によって、結合され得る。継手 2 0 0 4 は、任意の好適な継手であってもよく、機械的アーム 4 4 2 の選択的移動および機械的アームの係止を可能にするための係止機構を備え得る。継手 2 0 0 4 は、円錐形クラッチ係止継手を備え得、機械的アームの移動を促進するための水力学を含み得る。他の好適な継手は、単一プレートクラッチ、多重プレートクラッチ、係止カムインターフェース、連動歯車の歯、油圧作動、プッシュロッド作動、電動式作動、およびケーブル作動を備えている。各継手 2 0 0 4 は、限定ではないが、角柱、回転、平行円柱、円柱、球状、平面、縁スライダ、円柱スライダ、点スライダ、球状スライダ、または交差円柱継手、もしくはそれらの任意の組み合わせを含む、種々の運動学的継手のうちの 1 つを備え得る。さらに、各継手 2 0 0 4 は、線形、直交、回転、捻転、または回転式継手、もしくはそれらの任意の組み合わせを備え得る。いくつかの実施形態では、継手 2 0 0 4 は、挟む危険の可能性を低減させるための限定された可動域を有する。

10

#### 【 0 2 0 5 】

機械的アーム 4 4 2 は、クロスバー 1 3 1 0 ( 図 1 3 ) に結合される機械的アーム基部 1 3 2 8 への機械的アーム 4 4 2 の取り付けを促進するための搭載クリート 2 0 0 6 を備えている。機械的アーム 4 4 2 はさらに、プローブスライダ 1 3 4 0 を受け入れるように構成される、マウント 2 0 0 8 を含む。プローブスライダ 1 3 4 0 は、それに取り付けられたプローブが、コンピュータ制御下で Z 方向に前進または後退させられることを可能にする、モータを備え得る。いくつかの実施形態では、ステッピングモータを含み得る、プローブスライダ 1 3 4 0 は、それに取り付けられたプローブの微細制御を提供するように構成され得る。いくつかの実施形態では、プローブ搭載および調節アセンブリ 1 6 0 0 は、それぞれ、それに搭載されたプローブを伴う、2 つの機械的アームを備え、各プローブは、コンピューティングデバイスおよびプローブスライダ 1 3 4 0 のステッピングモータを作動させる命令によって、制御された Z 方向に前進させられることができる。

20

#### 【 0 2 0 6 】

制御ハンドル 1 3 1 8 は、機械的アーム 4 4 2 に取り付けられ、機械的アーム 4 4 2 を手動で操作するために使用されることができる。制御レバー 2 0 1 0 が、機械的アーム内の各継手 2 0 0 4 に結合される。制御レバー 2 0 1 0 は、プルワイヤ、ベルト、チェーン、または同等物等によって、継手に機械的に結合され得る。代替として、制御レバー 2 0 1 0 は、継手 2 0 0 4 に電子的に結合され得る。本明細書に説明されるように、継手 2 0 0 4 は、機械的アーム 4 4 2 のロボット作動を可能にするためのアクチュエータを含み得る。いくつかの実施形態では、制御レバー 2 0 1 0 は、アクチュエータを係合解除させ、機械的アーム 4 4 2 の手動操作を可能にするように動作可能である。例えば、継手 2 0 0 4 は、継手 2 0 0 4 内のアクチュエータを選択的に係合解除させる、クラッチ機構を備え得る。したがって、オペレータが、制御レバー 2 0 1 0 を引動するとき、継手内のクラッチは、アクチュエータを係合解除させ、オペレータが、ハンドル 1 3 1 8 上に力を印加することによって機械的アーム 4 4 2 を移動させることを可能にする。機械的アーム 4 4 2 は、各継手 2 0 0 4 の軸を中心とした移動を提供し得、さらに、機械的アーム基部 1 3 2 8 を中心とした回転移動を可能にし得る。機械的アーム 4 4 2 の手動作動は、オペレータが、Y 方向 ( 例えば、垂直 ) および Z 方向 ( 例えば、患者により近い、または患者から離れている ) に機械的アーム 4 4 2 ならびに取り付けられたプローブを位置付けることを可能にする。オペレータは、機械的アームに取り付けられたプローブを手動で位置付け、プローブ先端の位置を校正し、治療計画に従って機械的アームを動作させるように 1 つ以上のコンピューティングデバイスに命令することができる。

30

40

#### 【 0 2 0 7 】

いくつかの実施形態では、機械的アーム 4 4 2 の幾何学形状は、3 つの回転継手 2 0 0 4 を含み、制約された外科手術計画野面積内で流体運動を可能にする。いくつかの実施形態では、機械的アーム 4 4 2 は、X 軸を中心とした機械的アームのセグメント 2 0 0 2 の運動を全て可能にする、3 つの回転継手 2 0 0 4 を含む。その結果として、機械的アーム 4 4 2 は、YZ 平面内で自由に移動させられることができ、XY 平面内で操作されるその

50

能力が限定される。ある場合、継手 2004 は、低い抵抗を伴う流体移動を可能にするように係止解除されることができ、これは、患者生体構造の精密な位置付けおよび触覚フィードバックを可能にする。

#### 【0208】

図 21 は、2つのプローブが垂直平面内で整列させられる、取り付けられたプローブを伴う2つの機械的アームを図示する。第1のアーム 442 および第2のアーム 444 が、プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 のクロスバー 1310 上で担持される機械的アーム基部 1328 等の共通基部に結合される。第1および第2のアームは、機械的アーム基部 1328 によって決定付けられる固定距離であり得る距離によって、搭載および離間される。第1のアームは、撮像プローブ 460 を担持し、撮像プローブ 460 は、撮像プローブ軸 2102 を有する。第2のアーム 444 は、治療プローブ 450 を担持し、治療プローブ 450 は、治療プローブ軸を有する。機械的アームは、治療プローブ軸と平行であるように撮像プローブ軸 2102 を配向するために、必要である場合、調節される。いくつかの実施形態では、撮像プローブ軸 2102 および治療プローブ軸は、垂直平面内で同一平面内にあり、これは、手技を受ける患者の生体構造に対する撮像プローブ 460 および治療プローブ 450 の適切な位置付けを促進することができる。図 13 を参照して説明されるように、第2のアーム 444 は、撮像プローブ軸 2102 および治療プローブ軸が、垂直平面内で整列させられるときに、第1のアームおよび第2のアーム 444 が互いに干渉しないように、撮像プローブ 460 の上方に治療プローブ 450 を上昇させるためのライザ 1336 をプローブマウントに組み込んでよい。撮像プローブ軸 2102 および治療プローブ軸は、垂直ではなく、略垂直であり得る、平面内で同一平面内にあり得、それらは、第1のアームおよび第2のアーム 444 のコンピュータ制御下で整列させられ得る。

#### 【0209】

図 22 は、患者支持体 1113 に取り付けられたプローブ搭載および調節アセンブリ 1600 の例示の実施形態を図示する。クロスバー 1310 は、独立してクロスバー 1310 に取り付けられ、したがって、クロスバー 1310 に沿って独立して移動し得る、2つの機械的アーム 442、444 を担持する。クロスバー 1310 はまた、脚部 2202、ブレース材 2204、ストレッチャ 2206、クロスブレース材 2208、および足部 2210 等の追加の支持構造を含み得る。いくつかの実施形態では、クロスバー 1310 は、クロスバー 1310 から床まで延びている、1つ以上の脚部 2202 に結合される。脚部 2202 は、調節可能であり得、プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 の重量の多くの割合を担持するように構成される。1つ以上の脚部 2202 は、地面上に荷重を広げるための足部 2210 を含んでもよく、床上でスライドする脚部 2202 の傾向を低減させるための滑り止め材料を含み得る。1つ以上のストレッチャ 2206 が、傾斜した力に応答して傾く脚部の傾向を低減させるように、2つ以上の脚部 2202 の間に提供され得る。

#### 【0210】

1つ以上のクロスブレース 2208 が、支持構造の剛直性を提供するように、脚部 2202 の間に取り付けられ得る。1つ以上のブレース 2204 が、脚部の上部から、クランプが搭載アームに接続する場所の近傍の位置まで、1つ以上のブレースを接続すること等によって、クランプ結合部 1324 の剛性を増加させるように提供され得る。脚部、クロスブレース材、ストレッチャ、ブレース、およびそれらの任意の組み合わせの使用は、余剰な支持構造を伴わないプローブ搭載および調節アセンブリと比較して、プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 の剛直性ならびに剛性を増加させるように選択されることができ得る。いくつかの実施形態では、支持構造は、プローブ搭載および調節アセンブリと患者支持体との間の相対運動を低減させる。

#### 【0211】

加えて、または代替として、1つ以上の追加のクランプ 1302 が、好適な場所において脚部、ストレッチャ、クロスバー 1310、またはクロスブレース材に接続されること

10

20

30

40

50

ができる。追加のクランプが、クロスバー 1310 の端部に接続されているものとしてすでに示され、説明されているクランプに加えて、使用されることができ、プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 と患者支持体との間の追加の取り付け点を提供することができる。

#### 【0212】

図 23 は、患者支持体の片側の第 2 のクランプを利用する、プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 を図示する。クランプアセンブリは、プレース材を用いてともに結合され、固定距離で離間される、第 1 のクランプ 1302 と、第 2 のクランプ 1304 とを備え得る。クランプアセンブリは、第 1 のクランプ 1302 および第 2 のクランプ 1304 が、患者支持体の同一のレール上で締め付けること等によって、患者支持体 1113 の同一側面上のレール 1702 に締め付けることを可能にするように構成される。第 1 のクランプ 1302 および第 2 のクランプ 1304 は、剛直性に離間され得る、または異なる患者支持体構造への締め付けに適応するように、それらの相対間隔に調節可能性を有し得る。第 1 のクランプと第 2 のクランプとの間の間隔が調節可能である、それらの実施形態では、クランプの間隔は、相対間隔が選択されると、剛直性に固定され得る。例えば、間隔は、ねじ、カム、ロック、ノブ、またはある他の固定構造によって剛直性に固定され得る。

10

#### 【0213】

類似クランプアセンブリが、患者支持体の対向側のために提供され、クロスバー 1310 に結合され得る。本構成では、プローブ搭載および調節アセンブリ 1600 を患者支持体に結合する、4 つのクランプが存在し得る。患者支持体への複数の取り付け点は、より少ないクランプを使用することと比較して、患者支持体とプローブ搭載および調節アセンブリ 1600 との間の相対移動を低減させ得る。図 23 に図示されるクランプアセンブリが、脚部、ストレッチャ、プレース、クロスプレース、および同等物のうちの 1 つ以上を備えている、図 22 に示される構造等の示される、または説明される他の構造のうちのいずれかと併せて使用され得ることを理解されたい。

20

#### 【0214】

いくつかの実施形態では、センサ 1399 が、レールに結合するように構成される、1 つ以上のクランプに結合される。いくつかの実施形態では、センサ 1399 は、レールの各側面上のクランプに結合される、複数のセンサを備えている。センサは、クランプ、レール、またはロボットアームに結合された支持体のうちの 1 つ以上の荷重を測定するように構成されることができる。1 つ以上のセンサが、クランプ、クランプに結合される拡張部、またはクロスバー等の 1 つ以上のロボットアームが結合される支持体上等の荷重を測定するように、任意の好適な場所に位置することができる。いくつかの実施形態では、クランプは、本明細書に説明されるような 1 つ以上のコンピューティングデバイスに動作可能に結合される。いくつかの実施形態では、プロセッサは、荷重が閾値量を超えるとときにユーザにアラートを発生させるように構成される。いくつかの実施形態では、センサは、例えば、クランプのジョーまたはクランプの別の係止構造上に位置する。いくつかの実施形態では、例えば、圧力センサ、圧電センサ、または本明細書に説明されるような歪みゲージである。

30

40

#### 【0215】

図 24 は、移動式基部 2402 を備えている、本明細書に説明されるような治療システム 2400 の例示の実施形態を図示する。治療システムは、第 1 のロボットアーム 442 に結合される治療プローブ 450 と、第 2 のロボットアーム 444 に結合される撮像プローブ 460 とを備えている。いくつかの事例では、治療プローブ 450 および撮像プローブ 460 は、同一のロボットアームに結合され得、2 つのプローブの間に相対移動および整列を提供する、プローブマウントを有し得る。

#### 【0216】

第 1 のロボットアーム 442 および第 2 のロボットアーム 444 の各々は、近位端と、遠位端とを備え、遠位端は、それぞれ、治療プローブ 450 および撮像プローブ 460 に

50

結合され、近位端は、移動式基部 2 4 0 2 を備えている、共通基部に結合される。第 1 のロボットアーム 4 4 2 は、治療プローブ 4 5 0 に結合するための第 1 のアーム結合構造を備え得、第 2 のロボットアーム 4 4 4 は、撮像プローブ 4 6 0 に結合するための第 2 のアーム結合構造を備え得る。治療プローブ 4 5 0 は、本明細書に説明されるような治療プローブ 4 5 0 の移動（例えば、回転、平行移動、ピッチ等）を可能にするように構成される連鎖部を備え得る、プローブマウントによって、第 1 のロボットアーム 4 4 2 の遠位端に結合され得る。第 1 のロボットアーム 4 4 2 への治療プローブ 4 5 0 の結合は、固定される、解放可能である、またはユーザ調節可能であり得る。同様に、第 2 のロボットアーム 4 4 4 への撮像プローブ 4 6 0 の結合は、固定される、解放可能である、またはユーザ調節可能であり得る。

10

## 【 0 2 1 7 】

第 1 のロボットアーム 4 4 2 は、1 つ以上のアーム継手 2 0 0 4 において関節動作し得る。撮像アームは、1 つ以上の第 2 のアーム継手において関節動作し得る。各アーム継手は、例えば、継手における移動に影響を及ぼすように、ステッピングモータ等のコンピュータ制御可能アクチュエータと動作可能に結合され得る。各アーム継手は、限定ではないが、角柱、回転、平行円柱、円柱、球状、平面、縁スライダ、円柱スライダ、点スライダ、球状スライダ、または交差円柱継手、もしくはそれらの任意の組み合わせを含む、種々の運動学的継手のうちの 1 つを備え得る。さらに、各アーム継手は、線形、直交、回転、捻転、または回転式継手、もしくはそれらの任意の組み合わせを備え得る。いくつかの実施例では、第 1 のロボットアーム 4 4 2 および第 2 のロボットアーム 4 4 4 は、治療プローブ 4 5 0 および撮像プローブ 4 6 0 が、6 自由度で、ある場合、さらなる自由度で移動することを可能にする、アーム継手 2 0 0 4 を提供する。撮像プローブ 4 6 0 および治療プローブ 4 5 0 の移動は、手動で、コンピュータ制御下のロボット制御で、または両方の組み合わせで行われ得る。

20

## 【 0 2 1 8 】

治療システムはさらに、本明細書に説明されるようなコンソール（図示せず）を備え得る。コンソールは、第 1 のロボットアーム 4 4 2 を介して移動式基部に結合される治療プローブ 4 5 0 の制御を可能にするように、電力および通信ケーブルを介して移動式基部 2 4 0 2 と動作可能に結合され得る。治療コンソールは、プロセッサと、本明細書の他の場所に説明されるようなエネルギー源、注入 / 洗浄制御、吸引制御、および他のコンポーネント等の治療コンソールの種々のモジュールまたは機能を制御するように、プロセッサによる実行のためのコンピュータ実行可能命令をその上に記憶しているメモリとを備えている。治療コンソールはさらに、プロセッサと通信するディスプレイを備え得る。ディスプレイは、例えば、心拍数、呼吸数、温度、血圧、酸素飽和度、または任意の生理学的パラメータ、もしくはそれらの任意の組み合わせ等の対象生命兆候、手技のステータス、1 つ以上のビューからの治療部位の 1 つ以上の前もって撮影された画像もしくは一連の画像、撮像プローブ 4 6 0 によって入手される 1 つ以上のビューからの治療部位の 1 つ以上のリアルタイム画像もしくは一連の画像、限定ではないが、切断または凝固等の治療モード、治療の強度、治療中に経過した時間、治療中に残っている時間、治療の深度、治療された治療部位の面積または体積、治療されるであろう治療部位の面積、治療されないであろう治療部位の面積または体積、治療プローブ 4 5 0 または撮像プローブ 4 6 0 もしくは両方の場所情報を含む、治療パラメータのセット、治療の深度、治療の強度、治療プローブ 4 5 0 の場所および / または向き、撮像の深度、もしくは撮像プローブ 4 6 0 の場所および / または向き、またはそれらの任意の組み合わせを調節するための手段等の治療調節制御、またはシステム構成パラメータのうちの 1 つ以上を表示するように構成され得る。

30

40

## 【 0 2 1 9 】

移動式基部 2 4 0 2 はさらに、1 つ以上のロボットアームの動作を制御するための 1 つ以上のコンピューティングデバイスを備え得る。例えば、移動式基部は、プロセッサと、1 つ以上のプロセッサによる実行のためのコンピュータ実行可能命令をその上に記憶しているメモリとを備え得る。メモリは、移動式基部に結合される 1 つ以上のロボットアーム

50

を動作させるための命令をその上に記憶していることもある。プロセッサは、ロボットアームの移動に影響を及ぼすように、好適な電気機械コンポーネントを介してロボットアームと動作可能に結合され得る。例えば、ロボットアームの1つ以上の継手の各々は、ステップモータを備え得、プロセッサは、規定方向への規定増分によってモータを作動させるように、各継手においてステッピングモータと動作可能に結合され得る。代替として、1つ以上のロボットアームは、コンソールまたは別個の撮像コンソールの1つ以上のプロセッサと動作可能に結合され得、1つ以上のコンソールプロセッサは、1つ以上のロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成され得、通信回路を介して命令をロボットアームに通信し得る。ロボットアームの移動を制御するためのコンピュータ実行可能命令は、事前プログラムされ、メモリ上に記憶され得る、または治療システムを使用する患者の治療中もしくは間に、1つ以上のユーザ入力を介してユーザによって提供され得る。

10

**【0220】**

第1および/または第2のロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスは、アームの移動を制御し、標的部位に沿った治療プローブ450、撮像プローブ460、または両方のピッチ、ヨー、ロール、および/または線形位置を調節するように構成され得る。

**【0221】**

治療システムは、ユーザが、コンピュータ命令下で、ロボットアーム、移動式基部、撮像プローブ460、治療プローブ450、または治療システムに関連付けられる動作可能コンポーネントのうちのいずれかの移動を制御することを可能にするための1つ以上のユーザ入力デバイスを備え得る。例えば、移動式基部は、キーボード、マウス、タッチスクリーン、デジタルペン、タッチパッド、音声制御入力、および/またはフットスイッチを備え得る。ユーザ入力デバイスは、例えば、1つ以上の継手における一方もしくは両方のロボットアームの関節動作を介して、第1のロボットアーム442および/または第2のロボットアーム444の動作を制御するように構成され得る。ユーザ入力デバイスは、ロボットアームの移動を制御するように構成される、1つ以上のプロセッサと通信し得る。ユーザ入力デバイスは、任意の好適な場所に、例えば、コンソール上、ロボットアーム上、移動式基部上に位置することができ、入力の冗長手段、一意の入力コマンド、治療システムの制御離散部分、または組み合わせのいずれかを提供するために治療システムと併せて使用される、1つ、2つ、3つ、4つ、またはそれを上回るユーザ入力デバイスが存在し得る。使用時、ユーザが、ユーザ入力デバイスによって命令を入力するとき、ユーザ命令は、1つ以上のプロセッサによって受信され、電気信号に変換されることができ、電気信号は、1つ以上のロボットアームと動作可能に結合される、1つ以上のコンピュータ制御可能アクチュエータに伝送され得る。ユーザ入力デバイスは、治療位置、着目位置、事前決定された場所、またはユーザ規定場所、もしくはそれらの任意の組み合わせに向かって、またはそこから離れるように、一方もしくは両方のアームの移動を制御し得る。

20

30

**【0222】**

随意に、ユーザ入力デバイスは、治療プローブ450および/または撮像プローブ460の動作を制御するように構成され得る。例えば、ユーザ入力デバイスは、治療プローブ450を用いて治療を開始、停止、一時停止、または再開する、もしくは撮像プローブ460を用いて画像を開始、停止、フリーズ、保存、または表示するように構成され得る。

40

**【0223】**

移動式基部はさらに、床との接触を生成することによって治療システムを安定させるための1つ以上の展開可能支持体2404を有し得る。例えば、1つ、2つ、3つ、またはそれを上回る展開可能支持体が、移動式基部から延び、移動式基部が定位置まで車輪で動かされると、地面と接触し得る。展開可能支持体2404は、移動式基部2402の車輪が床から持ち上げられ、治療システムが手技の間に移動し得る可能性を低減させるように、移動式基部から下向きに延び得る。展開可能支持体2404は、治療システムが位置にあるときに、手動で作動される、またはモータ展開され得る。いくつかの事例では、展開

50

可能支持体 2 4 0 4 は、ユーザが展開可能支持体を展開し、定位置で係止するために押下する、フットペダルによって手動で作動される。

【 0 2 2 4 】

治療システムは、治療システムが移動式であり、内蔵治療システム内で部屋から部屋に車輪で動かされることを可能にするように、治療プローブ 4 5 0、撮像プローブ 4 6 0、ディスプレイ、1つ以上のコンピューティングデバイス、第1および第2のロボットアーム、ならびに治療システムに関連付けられる他の機器に電氣的に結合される、バッテリー等の移動式電力システムを備え得る。

【 0 2 2 5 】

治療システムは、治療システムまたは患者支持体に衝突することに起因する移動、治療システムもしくはテーブル支持体上の圧力の増加、患者支持体の移動、または患者の移動を検出するように構成されている、1つ以上のセンサを含み得る。センサは、治療システム、患者支持体、または患者の感知された移動にตอบสนองして、撮像プローブ 4 6 0 および/または治療プローブ 4 5 0 の位置を調節するように構成されることができ得る。加えて、アラームは、患者支持体の移動が存在する場合、オペレータに警告するように構成され得、患者支持体または患者の移動が閾値移動規模を超える場合において、可聴、視覚、または複合アラートを提供するように構成され得る。

10

【 0 2 2 6 】

いくつかの実施形態では、移動式基部は、キャストを具備し、3つ、4つ、5つ、またはそれを上回るキャストを含み得る。キャストは、移動式基部の移動を限定するために、手動または電動であり得る、ブレーキを含み得る。キャストのうちの1つ以上は、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下等で、移動式基部の移動を可能にするためのモータをその中に有し得る。キャストは、移動式基部が、手技のために治療システムを位置付けるために、病院の全体を通して、および治療室（例えば、手術室）内で治療システムを輸送することを可能にする。

20

【 0 2 2 7 】

移動式基部は、クロスバー 1 3 1 0 を担持し、ロボットアームおよび2つ、3つ、4つ、またはそれを上回るクランプを患者支持体に搭載する。いくつかの実施形態では、2つのクランプは、クランプが患者支持体の側面上に位置付けられることを可能にするように、対向する調節可能搭載アームによって保持される。いくつかの実施形態によると、追加のクランプが、治療システムと患者支持体との間の係合支持体の数を増加させ、治療システムと患者支持体との間の結合部の剛直性を増加させるように、提供される。例えば、1つ以上のクランプ 1 3 0 2 が、クロスバー 1 3 1 0 に結合され、患者支持体の近位部分上に締め付けられることができる。追加のクランプが、クロスバー 1 3 1 0 に結合され、基部、脚部、支持体、フレーム、レール、または患者支持体の他の構造等の患者支持体の他の部分上に締め付けられることができる。

30

【 0 2 2 8 】

示され、説明される実施形態は、以前に見られなかった多数の利点を提供する。プローブ搭載および調節アセンブリ 1 6 0 0 の展開は、効率的であり、1人の人物によって容易に取り扱われることができ、柔軟な設計は、広範囲の患者支持体、患者提示と連動し、患者支持体の端部からオフセットして配設され、患者支持体の端部上にあぶみを搭載することを促進する能力を提供する。

40

【 0 2 2 9 】

いくつかの実施形態によると、プローブ搭載および調節アセンブリ 1 6 0 0 の個々のコンポーネントは、分解されると、約8ポンド未満、約10ポンド未満、約12ポンド未満の重量を有する。

【 0 2 3 0 】

図 2 5 は、プローブを位置付けること、プローブを較正すること、または較正されたプローブ移動を用いてシステムを訓練することのうちの1つ以上のためのシステム 2 5 0 0 を図示する。いくつかの実施形態では、較正デバイス 2 5 0 2 は、治療プローブ 4 5 0 お

50

よび撮像プローブ460を受け取るためのレセプタクルを備えている。レセプタクルは、プローブを受け取るように、かつプローブが外科手術中に使用され得る位置まで移動させられることを可能にするように、サイズおよび形状を決定される。アームおよびプローブの位置は、患者内のプローブの設置に先立って、較正された移動の間に監視されることができる。

#### 【0231】

いくつかの実施形態では、プロセッサは、プローブの機械的移動を受容し、例えば、別のプローブまたは別のロボットアームとの衝突回避のために、1つ以上の境界を確立するための命令で構成される。いくつかの実施形態では、プロセッサは、「教示セッション」を実装し、例えば、患者内にプローブのうちの1つ以上を設置することに先立って、境界を確立するように構成される。本教示セッションの間に、較正デバイスとも称される、無菌保護較正ガイド2502が、提供されることができ、撮像プローブ460が、その中に挿入され、ロボットアームの位置データベースの中に組み込むための地理的位置データを測定するために使用されることができ、いくつかの実施形態では、本ガイドは、撮像プローブ460を受け取るための捕捉管腔2504、治療プローブ450の先端を識別するためのタッチ点2506、撮像プローブ460に対する線形シャフト場所を識別するための1つ以上の二重切り欠き構造2508、2510、もしくは「横断しない」解剖学的平面を識別する平面的表面のうちの1つ以上を備えている。代替として、または組み合わせで、複数のカメラおよび機械視覚ソフトウェア命令が、それらのそれぞれの起点に対して3D空間内のプローブ位置を測定し、2つのプローブの間の許容相対位置のデータベースを生成するために、使用されることができ、

10

20

#### 【0232】

較正デバイス2502が、第1のプローブ460上への位置付け、および第1のプローブ460に対する第2のプローブ450の較正のための設置を可能にする特徴を伴って無菌で提供され得る。捕捉管腔2504または開放構造が、既知の位置および向きに第1のプローブ460を位置付けるための1つの方法を可能にする。第1のプローブ460は、較正デバイス2502の中への制御された設置深度で捕捉管腔2504内に移動させられ得、空間境界の包絡線、例えば、境界体積が、生成され、データベースに保存され得る。

#### 【0233】

いくつかの実施形態では、較正デバイス2502は、第2のプローブ450の先端との接触を検出するための先端場所ポケット2506を含む。第1の切り欠き構造2508は、第2のプローブ450がタッチ点2506まで前進させられるにつれて、第2のプローブ450のシャフトのためのガイドを提供する。第1の切り欠き構造2508およびタッチ点2506の組み合わせは、したがって、第2のプローブ450の設置のための指示経路を提供し、その位置は、第1のプローブ460および第2のプローブ450の相対場所も記憶する、位置データベース内に記憶されることができる。

30

#### 【0234】

較正デバイス2502の先端場所ポケット内に第2のプローブの先端があると、第2のプローブのシャフトは、第1のプローブのシャフトに対して位置付けられることができ、信号が、第1のプローブおよび第2のプローブを保持する両方のアームの位置に留意するようにプロセッサに送信されることができ、

40

#### 【0235】

同様に、第1のプローブ460および第2のプローブ450のシャフトは、第2の切り欠き構造2510に沿って第2のプローブ450を前進させること等によって、互いに対して別の空間向きに移動させられることができ、較正信号が、第1のプローブおよび第2のプローブの相対位置を記憶するようにプロセッサに送信されることができ、

#### 【0236】

加えて、較正デバイス2502は、第2のプローブ特徴を受け入れ、第2のプローブ450の回転保証、同様に、例えば、超音波の横断および矢状面の両方に対して治療プローブノズルを整列させるために使用され得る、第1のプローブ460の回転位置を検出およ

50

び決定するように構成されることができる。

【0237】

較正デバイス2502は、したがって、確実な物理的捕捉領域を提供し、較正デバイス2502に対する先端の単純な設置およびドッキングを保証し得、その位置および向きは、第2のプローブ450に対する第1のプローブ460の相対位置および向きの許容空間包絡線をロボットアームコントローラシステムに教示するように、空間データベース内に記憶されることができる。

【0238】

本明細書に開示される方法および装置は、多くの方法で構成されることができ、基準と、ナビゲーションおよび外科手術誘導を外科医等のユーザに提供するための命令で構成されたプロセッサとを備え得る。例えば、撮像プローブ460、例えば、TRUSプローブ、治療プローブ450、治療プローブ450の近位端、撮像プローブ460の近位端、またはロボットアームのうちの1つ以上は、ナビゲーション基準を備え得る。これらのナビゲーション基準は、患者および本明細書に説明されるような基部等の固定参照フレームに対する治療プローブ450および撮像プローブ460の位置ならびに向き情報を提供するように、センサを用いて検出されることができる。基準は、例えば、反射構造、エネルギー放出構造、コイル、磁石、または視覚参照を備え得る。これらの基準は、位置情報をコンピューティングナビゲーションシステムに提供し、逸脱した運動をユーザに知らせることができる。位置情報は、治療および撮像プローブの場所ならびに移動を測定および制御するために使用されることができる。位置情報はまた、ユーザに可視であるディスプレイ上に示されることもできる。プロセッサは、患者上の標的場所に関連してディスプレイ上に治療基準を示し、例えば、リアルタイムで、患者のリアルタイム画像を標的治療プロファイルと位置合わせする命令を備え得る。

【0239】

いくつかの実施形態では、位置情報は、相対運動を監視するために、かつ意図的な運動を制御する、または意図的ではない運動に応答するためのフィードバックループとして使用される。

【0240】

図26は、シース2620に結合されたアーム2610と、治療プローブ2640に結合されるロボットアーム2630と、超音波プローブ2680に結合されたアーム2670とを備えている、システム2600を図示する。アームは、例えば、患者支持体のレールに結合されるクロスバー等の本明細書に説明されるような任意の好適な基部を備え得る、基部2690に結合される。アーム2610は、本明細書に説明されるような任意のアームを備え得、ロボットアーム、または、例えば、定位置に係止するように構成される手動で調節可能なアームを備え得る。シース2610は、尿道等の患者の管腔の中への挿入のために構成され、例えば、堅いシースまたは可撓性シースを備え得る。ロボットアーム2630は、本明細書に説明されるような任意の好適なロボットアームを備え得る。治療プローブ2640は、本明細書に説明されるような任意の好適な治療プローブを備え得る。アーム2670は、本明細書に説明されるような任意の好適なアームを備え得、手動係止可能アームまたは本明細書に説明されるようなロボットアームを備え得る。超音波プローブ2680は、本明細書に説明されるような任意の好適な超音波プローブ、例えば、TRUSプローブを備え得る。ロボットアーム、治療プローブ、および超音波プローブは、本明細書に説明されるようなプロセッサに動作可能に結合される。

【0241】

図27は、図26のような、治療プローブ2640に結合されるロボットアーム2630、およびシース2620に結合されたアーム2610を図示する。シース2620は、アーム2610に結合される。いくつかの実施形態では、シース2620は、1つ以上の開口部2624まで延び、外科手術部位を洗浄する、灌注管腔2622を備えている。灌注管腔は、生理食塩水等の灌注流体源に接続されることができる。シースは、治療プローブを受け取るようにサイズを決定される管腔2626を備え得る。管腔2626は、近位

10

20

30

40

50

開口部 2625 を備え、遠位開口部 2627 まで延びている。いくつかの実施形態では、シース 2620 は、管腔 2620 の中への開口部まで延び、管腔 2626 を吸引ポンプに流体的に結合し、切除生成物を除去する、吸引チャネル 2629 を備えている。治療プローブ 2640 は、レーザ、水ポンプ、または電源等の本明細書に説明されるようなエネルギー源に結合され、組織に向かってエネルギーを指向するためのノズル、光ファイバ端部、開口、または電極等のエネルギー放出構造を備えている。治療プローブは、治療プローブからエネルギー 2644 を平行移動 2646 および回転させる 2648 ように構成される。内視鏡 2650 は、シースの中に延びている。内視鏡は、平行移動する 2654 ように構成される、内視鏡カメラ 2652 の視認ポート等の視認ポートを備えている。内視鏡は、内視鏡を用いて治療プローブおよび治療部位を視認するように、ビデオディスプレイ

10

#### 【0242】

結合部 2700 が、ロボットアーム 2630 の端部分に結合される。結合部 2700 は、ロボットアームの端部分に結合するための 1 つ以上の係合構造 2710 を備えている。ロボットアーム 2630 は、結合部 2700 をロボットアームに接続するための 1 つ以上の対応する係合構造 2712 を備えている。いくつかの実施形態では、結合部 2700 は、ロボットアームに対して、治療プローブ、内視鏡、灌注管腔、または吸引管腔のうちの 1 つ以上を平行移動させるための本明細書に説明されるような連鎖部およびアクチュエータ等の内部構造を備えている。いくつかの実施形態では、結合部 2700 は、内視鏡、灌注管腔、および吸引管腔から独立して、治療プローブを回転させるように構成される。いくつかの実施形態では、結合部 2700 は、治療プローブを受容し、結合部に対して治療プローブの向きを画定するための構造を備えている。治療プローブを受け取るための構造は、例えば、開口または連鎖部に結合されるチャネルのうちの 1 つ以上を備え得る。いくつかの実施形態では、結合部 2700 は、ロボットアームの端部分に結合し、ロボットアームの端部分に対して治療プローブの向きを確立するための係合構造を備えている。

20

#### 【0243】

いくつかの実施形態では、アームまたはシースのうちの 1 つ以上は、患者内に設置されたときのシースの向きを決定するためのセンサ 2750 を備えている。いくつかの実施形態では、ロボットアーム 2752 は、ロボットアームに結合される治療プローブ 2640 の向きを決定するための向きセンサ 2752 を備えている。代替として、またはセンサと組み合わせて、ロボットアーム 2630 の継手状態が、治療プローブの向きを決定するために使用されることができ、アーム 2610 の継手状態は、シースの向きを決定するために使用されることができる。

30

#### 【0244】

いくつかの実施形態では、治療プローブは、伸長軸を備え、シースは、治療プローブを受け取るための伸長軸を備えている。

#### 【0245】

本システムは、多くの方法で患者を治療するように、多くの方法で構成されることができる。いくつかの実施形態では、シースは、患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定される。シースは、伸長軸を備え、アームは、シースに結合される。治療プローブは、エネルギー源と、伸長軸とを備えている。治療プローブは、シースの管腔の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定される。ロボットアームは、治療プローブに結合され、治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させ、治療プローブをシースの中に前進させるように構成される。治療プローブに結合されるロボットアームは、治療プローブをシースの中に前進させることに先立って、治療プローブの軸をシースの軸と整列させるように構成される。

40

#### 【0246】

いくつかの実施形態では、ロボットアームは、治療プローブの向きを決定するためのセンサを備え、センサは、加速度計、ジャイロスコープ、または慣性測定ユニット (IMU) のうちの 1 つ以上を備えている。代替として、または組み合わせて、シースに結合され

50

たアームは、シースの向きを決定するためのセンサを備えている。センサは、加速度計、ジャイロスコープ、またはIMUのうちの1つ以上を備え得る。

【0247】

いくつかの実施形態では、シースは、治療プローブを受け取るための近位開口部と、遠位開口部とを備え、治療プローブは、少なくとも遠位開口部まで延びているために十分な長さを備えている。いくつかの実施形態では、治療プローブは、治療プローブがシースの中に前進させられたとき、エネルギー源が少なくとも遠位開口部まで延びているために寸法を決定される。

【0248】

いくつかの実施形態では、エネルギー源は、ロボットアームの端部分とシースとの間に間隙を伴って少なくとも遠位開口部まで延びている。

10

【0249】

治療プローブを回転させる結合構造が参照されるが、いくつかの実施形態では、ロボットアーム2630は、治療プローブを回転させるように構成される。

【0250】

プロセッサは、アーム2610、アーム2630、または、アーム2720のうちの1つ以上に結合されることができる。いくつかの実施形態では、プロセッサは、シースとの治療プローブの整列を促進し得る、治療プローブをシースの中に前進させるための命令で構成される。いくつかの実施形態では、プロセッサは、治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させるように構成される。いくつかの実施形態では、プロセッサは、治療プローブの伸長軸がシースの伸長軸と整列させられたことを示す入力を受信し、入力にตอบสนองして、治療プローブの伸長軸に沿って治療プローブを前進させるための命令で構成される。入力は、ユーザ入力を備え得る、または入力は、センサデータからの入力を備え得る。いくつかの実施形態では、堅いシースに結合されたアームは、シースの向きを決定するようにプロセッサに動作可能に結合されるセンサを備え、プロセッサは、センサを用いて測定される堅いシースの向きにตอบสนองして、シースを伴って治療プローブを向けるための命令で構成される。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、治療プローブの向きを決定するためのセンサを備えている。代替として、または組み合わせで、治療プローブの向きは、ロボットアームの継手状態から決定されることができる。いくつかの実施形態では、シースの向きは、堅いシースに結合されたアームの継手状態から決定される。

20

30

【0251】

図28Aは、ロボットアーム2630を治療プローブ2640に結合するための結合部2700を図示する。いくつかの実施形態では、結合部2700は、治療プローブ2740、内視鏡2650、灌注管腔2812、および吸引管腔2814をロボットアームに結合するように構成される。これらの管腔の各々は、管腔を画定する伸長管によって画定され得る。いくつかの実施形態では、灌注管腔および吸引管腔は、カテーテル等の二重管腔の管腔を備えている。代替として、灌注管腔および吸引管腔は、別個のカテーテルを備え得る。

【0252】

図28Bは、図28Aのような結合部によって提供される、治療プローブ2640、内視鏡2650、灌注管腔2812、および吸引管腔2814の移動を図示する。灌注管腔2812は、開口部2813まで延び、灌注流体を放出する。吸引管腔2814は、開口部2814まで延び、切除生成物を受け取る。シース2620は、これらの管腔、および管腔を画定する対応する構造、例えば、管を受け取るようにサイズを決定される。シース2620は、治療プローブを受け取るようにサイズを決定される。いくつかの実施形態では、シース2620は、内視鏡2650を受け取るようにサイズを決定される。

40

【0253】

結合部2700は、治療プローブ、内視鏡、灌注管腔、または吸引管腔のうちの1つ以上を移動させるように、多くの方法で構成されることができる。いくつかの実施形態では、結合部は、ロボットアーム2630に接続し、ロボットアームは、運動を治療プローブ

50

に提供する。例えば、ロボットアームは、治療プローブを回転させるように構成されることができる。代替として、または組み合わせて、ロボットアームは、治療アームを回転および平行移動させるように構成されることができる。

【0254】

いくつかの実施形態では、結合部2700は、治療プローブを回転させるように構成される。例えば、結合部は、治療プローブを回転させる2648ように構成されることができる。ロボットアームは、結合部2700が治療プローブを回転させている間に、治療プローブを平行移動させる2646ように構成されることができる。いくつかの実施形態では、内視鏡2750は、治療プローブとともに平行移動する2654ように構成される。いくつかの実施形態では、灌注管腔および吸引管腔は、治療プローブとともに平行移動するように構成される。

10

【0255】

いくつかの実施形態では、結合部2700は、独立平行移動を、治療プローブ、および内視鏡、灌注管腔、または吸引管腔のうちの1つ以上に提供するように構成される。いくつかの実施形態では、結合部は、独立平行移動を、治療プローブ、内視鏡、および灌注プローブまたは吸引プローブのうちの1つ以上に提供するように構成される。

【0256】

図29は、いくつかの実施形態による、治療の方法2900を図示する。

【0257】

ステップ2910では、シースの向きが、決定される。シースの向きは、シースに結合されたアーム上の向きセンサ等のシースに結合される1つ以上のセンサから、もしくはシースに結合されたアームの継手状態から、決定されることができる。

20

【0258】

ステップ2920では、治療プローブの向きが、決定される。治療プローブの向きは、治療プローブに結合されたアーム上の向きセンサ等の治療プローブに結合される1つ以上のセンサから、もしくは治療プローブに結合されたアームの継手状態から、決定されることができる。

【0259】

ステップ2930では、治療プローブの伸長軸が、シースの伸長軸と整列させられる。本整列は、手動で実施されることができる。代替として、プロセッサは、治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させる命令で構成されることができる。

30

【0260】

ステップ2940では、治療プローブの伸長軸がシースの伸長軸と整列させられたことを示す入力、受信される。本入力は、可視化に基づくユーザ入力、またはセンサデータからの入力、もしくはそれらの組み合わせを備え得る。

【0261】

ステップ2950では、治療プローブが、入力にตอบสนองして、シースの伸長軸に沿って前進させられる。

【0262】

本明細書に説明されるように、本明細書に説明および/または図示されるコンピューティングデバイスならびにシステムは、広義に、本明細書に説明されるモジュール内に含有されるもの等のコンピュータ可読命令を実行することが可能な任意のタイプまたは形態のコンピューティングデバイスもしくはシステムを表す。それらの最も基本的な構成では、これらのコンピューティングデバイスの各々は、少なくとも1つのメモリデバイスと、少なくとも1つの物理的プロセッサとを備え得る。

40

【0263】

本明細書で使用されるような用語「メモリ」または「メモリデバイス」は、概して、データおよび/またはコンピュータ可読命令を記憶することが可能な任意のタイプまたは形態の揮発性もしくは不揮発性記憶デバイスまたは媒体を表す。一実施例では、メモリデバイスは、本明細書に説明されるモジュールのうちの1つ以上を記憶、ロード、および/ま

50

たは維持し得る。メモリデバイスの実施例は、限定ではないが、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読取専用メモリ（ROM）、フラッシュメモリ、ハードディスクドライブ（HDD）、ソリッドステートドライブ（SSD）、光ディスクドライブ、キャッシュ、同部分のうちの1つ以上の変形例もしくは組み合わせ、または任意の他の好適な記憶メモリを備えている。

【0264】

加えて、本明細書で使用されるような用語「プロセッサ」または「物理的プロセッサ」は、概して、コンピュータ可読命令を解釈および/または実行することが可能な任意のタイプもしくは形態のハードウェア実装処理ユニットを指す。一実施例では、物理的プロセッサは、上記に説明されるメモリデバイス内に記憶された1つ以上のモジュールにアクセス、および/またはそれを修正し得る。物理的プロセッサの実施例は、限定ではないが、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、中心処理ユニット（CPU）、ソフトコアプロセッサを実装するフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、特定用途向け集積回路（ASIC）、同部分のうちの1つ以上の一部、同部分のうちの1つ以上の変形例もしくは組み合わせ、または任意の他の好適な物理的プロセッサを備えている。

10

【0265】

別個の要素として図示されるが、本明細書に説明および/または図示される方法ステップは、単一の用途の一部を表し得る。加えて、いくつかの実施形態では、これらのステップのうちの1つ以上は、コンピューティングデバイスによって実行されると、コンピューティングデバイスに方法ステップ等の1つ以上のタスクを実施させ得る、1つ以上のソフトウェアアプリケーションもしくはプログラムを表す、またはそれに対応し得る。

20

【0266】

加えて、本明細書に説明されるデバイスのうちの1つ以上は、データ、物理的デバイス、および/または物理的デバイスの表現を、1つの形態から別の形態に変換し得る。加えて、または代替として、本明細書に記載されるモジュールのうちの1つ以上は、コンピューティングデバイス上で実行されること、コンピューティングデバイス上にデータを記憶すること、および/または別様にコンピューティングデバイスと相互作用することによって、プロセッサ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、および/または物理的コンピューティングデバイスの任意の他の部分を、1つの形態のコンピューティングデバイスから別の形態のコンピューティングデバイスに変換し得る。

30

【0267】

本明細書で使用されるような用語「コンピュータ可読媒体」は、概して、コンピュータ可読命令を記憶または搬送することが可能な任意の形態のデバイス、キャリア、もしくは媒体を指す。コンピュータ可読媒体の実施例は、限定ではないが、搬送波等の伝送型媒体、および磁気記憶媒体（例えば、ハードディスクドライブ、テープドライブ、およびフロッピー（登録商標）ディスク）、光学記憶媒体（例えば、コンパクトディスク（CD）、デジタルビデオディスク（DVD）、およびBLU-RAY（登録商標）ディスク）、電子記憶媒体（例えば、ソリッドステートドライブおよびフラッシュ媒体）、ならびに他の分配システム等の非一過性型媒体を備えている。

【0268】

当業者は、本明細書に開示される任意のプロセスまたは方法が多くの方法で修正され得ることを認識するであろう。プロセスパラメータならびに本明細書に説明および/または図示されるステップのシーケンスは、一例のみとして挙げられ、所望に応じて変動されることができる。例えば、本明細書に図示および/または説明されるステップは、特定の順序で示される、または議論され得るが、これらのステップは、必ずしも図示または議論される順序で実施される必要はない。

40

【0269】

本明細書に説明および/または図示される種々の例示的方法はまた、本明細書に説明もしくは図示されるステップのうちの1つ以上を省略する、または開示されるものに加えて追加のステップを備え得る。さらに、本明細書に開示されるような任意の方法のステップ

50

が、本明細書に開示されるような任意の他の方法のいずれかの1つ以上のステップと組み合わせられることができる。

【0270】

本明細書に説明されるようなプロセッサは、本明細書に開示される任意の方法の1つ以上のステップを実施するように構成されることができる。代替として、または組み合わせで、プロセッサは、本明細書に開示されるような1つ以上の方法の1つ以上のステップを組み合わせるように構成されることができる。

【0271】

別様に記述されない限り、本明細書および請求項で使用されるような用語「～に接続される」および「～に結合される」（ならびにそれらの派生語）は、直接および間接的（すなわち、他の要素またはコンポーネントを介した）接続の両方を許容するものとして解釈されることになる。加えて、本明細書および請求項で使用されるような用語「a」または「an」は、「～のうちの少なくとも1つ」を意味するものとして解釈されることになる。最後、使用を容易にするために、本明細書および請求項で使用されるような用語「～を含む」および「～を有する」（ならびにそれらの派生語）は、用語「～を備えている」と同義的であり、それと同一の意味を有するものとする。

【0272】

本明細書に開示されるようなプロセッサは、本明細書に開示されるような任意の方法のいずれか1つ以上のステップを実施する命令で構成されることができる。

【0273】

用語「第1の」、「第2の」、「第3の」等は、事象のいずれの特定の順序またはシーケンスも参照することなく、種々の層、要素、コンポーネント、領域、または区分を説明するために本明細書で使用され得ることを理解されたい。これらの用途は、単に、1つの層、要素、コンポーネント、領域、または区分を、別の層、要素、コンポーネント、領域、または区分と区別するために使用される。本明細書に説明されるような第1の層、要素、コンポーネント、領域、または区分は、本開示の教示から逸脱することなく、第2の層、要素、コンポーネント、領域、または区分と称され得る。

【0274】

本明細書で使用されるように、用語「または」は、代替として、および組み合わせで、項目を指すために包括的に使用される。

【0275】

本明細書で使用されるように、番号等の文字が、同様の要素を指す。

【0276】

本明細書で使用されるように、用語「粗」および「総」は、同義的に使用される。

【0277】

本明細書で使用されるように、用語「1つ以上のコンピューティングデバイス」および「プロセッサ」は、同義的に使用される。

【0278】

本開示は、以下の付番された付記を含む。

【0279】

（付記1）患者の組織を治療または撮像するシステムであって、患者の中への挿入のためにサイズを決定されたプローブと、プローブに結合するように構成されたロボットアームと、ロボットアームに動作可能に結合され、プローブのための許容可動域であって、1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶された許容可動域を確立し、プローブを用いて、患者の標的組織を治療または撮像し、ロボットアームを移動させ、プローブのための許容可動域内のプローブの移動に影響を及ぼすための命令で構成される、1つ以上のコンピューティングデバイスとを備えている、システム。

【0280】

（付記2）プローブは、ロボットアームが受動モードである間にロボットアームに結合するように構成される、付記1に記載のシステム。

10

20

30

40

50

## 【0281】

(付記3)プローブのための許容可動域は、ロボットアームが受動モードである間に確立される、付記1に記載のシステム。

## 【0282】

(付記4)プローブのための許容可動域を確立するステップは、ユーザ入力に応答して、プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、付記1に記載のシステム。

## 【0283】

(付記5)プローブのための許容可動域を確立するステップは、プローブの位置に応答して、プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、付記1に記載のシステム。

## 【0284】

(付記6)標的組織に対するプローブの位置は、標的組織の1つ以上の画像内の1つ以上の組織目印に応答して決定される、付記5に記載のシステム。

## 【0285】

(付記7)リアルタイムでプローブのための許容可動域を更新するステップをさらに含む、付記1に記載のシステム。

## 【0286】

(付記8)ロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令を提供するように、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスをさらに備え、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下でロボットアームを移動させるステップは、ロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令に応答して、ロボットアームを移動させるステップを含む、付記1に記載のシステム。

## 【0287】

(付記9)ユーザ入力デバイスは、ロボットアームの端部の近傍のコントローラ、ディスプレイ画面上のユーザインターフェース、コンソール上のユーザインターフェース、またはユーザによって提供されるアームの端部上の力に応答し、定位置にロボットアーム上のプローブを誘導するコントローラのうちの1つ以上を備えている、付記8に記載のシステム。

## 【0288】

(付記10)プローブを用いた患者の組織の圧縮を検出するように、プローブおよび1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上の力センサをさらに備えている、付記1に記載のシステム。

## 【0289】

(付記11)1つ以上のコンピューティングデバイスは、圧縮の事前決定された閾値レベルを超える組織の検出された圧縮に応答して、治療を中断する命令で構成されたプロセスを備えている、付記10に記載のシステム。

## 【0290】

(付記12)1つ以上の力センサは、ロボットアームに動作可能に結合される、付記10に記載のシステム。

## 【0291】

(付記13)患者の移動を検出するように、プローブおよび1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上の運動センサをさらに備え、1つ以上のコンピューティングデバイスは、患者の検出された移動に応答して、プローブの位置を調節するように構成される、付記12に記載のシステム。

## 【0292】

(付記14)ロボットアームは、プローブを手動で設定された位置に手動で調節するための受動モードを備えている、付記1に記載のシステム。

## 【0293】

(付記15)受動モードでは、プローブは、ロボットアームを用いて支持され、プローブは、ユーザがプローブを導くための複数のセンサに結合されたハンドルからユーザ入力を受信するための複数のセンサをロボットアームとプローブとの間のインターフェースに

10

20

30

40

50

備えている、付記 1 4 に記載のシステム。

【 0 2 9 4 】

( 付記 1 6 ) 複数のセンサに結合されたハンドルは、ハンドルのユーザ操作に応じるように構成され、インターフェースにおける複数のセンサは、ハンドルのユーザ操作に応答して、プローブを操作するように、1つ以上のコンピューティングデバイスのプロセッサに結合される、付記 1 5 に記載のシステム。

【 0 2 9 5 】

( 付記 1 7 ) 複数のセンサは、6自由度を伴うハンドルのユーザ操作を検出するように構成され、プロセッサは、ユーザ操作に応答して、6自由度に対応する運動により、6自由度でプローブを移動させるように構成される、付記 1 6 に記載のシステム。

【 0 2 9 6 】

( 付記 1 8 ) 受動モードでロボットアームを手動で調節するステップは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上においてプローブを手動で調節するステップを含む、付記 1 4 に記載のシステム。

【 0 2 9 7 】

( 付記 1 9 ) 少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動軸と、第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、付記 1 8 に記載のシステム。

【 0 2 9 8 】

( 付記 2 0 ) 第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、第2の回転軸は、ヨー軸を備え、第3の回転軸は、ロール軸を備え、第1の平行移動軸は、X軸を備え、第2の平行移動軸は、Y軸を備え、第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、付記 1 9 に記載のシステム。

【 0 2 9 9 】

( 付記 2 1 ) プローブの手動で設定された位置は、ロボットアームが手動調節から解放された後、維持される、付記 1 4 に記載のシステム。

【 0 3 0 0 】

( 付記 2 2 ) ロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差を伴って手動で設定された位置を維持するように構成され、随意に、公差は、3つの軸のうちの1つ以上のまわりの回転に関して $5^{\circ}$ 、3つの軸のうちの1つ以上に沿った平行移動に関して5 mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの1つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^{\circ}$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3 mm以内、随意に、2 mmである、付記 2 1 に記載のシステム。

【 0 3 0 1 】

( 付記 2 3 ) プローブは、撮像プローブを備えている、付記 2 1 に記載のシステム。

【 0 3 0 2 】

( 付記 2 4 ) プローブは、治療プローブを備え、ロボットアームは、第1のロボットアームを備え、本システムはさらに、患者の中への挿入のためにサイズを決定された撮像プローブと、撮像プローブに結合された第2のロボットアームとを備え、1つ以上のコンピューティングデバイスは、撮像プローブのための許容可動域を確立するための命令で構成される、付記 2 1 に記載のシステム。

【 0 3 0 3 】

( 付記 2 5 ) 撮像プローブは、撮像プローブを用いて患者の標的部位を撮像するように構成され、第2のロボットアームは、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で移動し、撮像プローブのための許容可動域内の撮像プローブの移動に影響を及ぼすように構成される、付記 2 4 に記載のシステム。

【 0 3 0 4 】

( 付記 2 6 ) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、組織の撮像および治療のための命令を備えている、付記 1 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

## 【0305】

(付記27)患者の標的部位における標的組織を治療する方法であって、プローブを患者の中に手動で挿入するステップと、プローブをロボットアームに結合するステップと、プローブのための許容可動域を確立するステップであって、許容可動域は、ロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶される、ステップと、プローブを用いて、患者の標的組織を治療または撮像するステップと、プローブと動作可能に結合される1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で、ロボットアームを移動させ、プローブのための許容可動域内のプローブの移動に影響を及ぼすステップとを含む、方法。

## 【0306】

(付記28)プローブは、ロボットアームが受動モードである間にロボットアームに結合される、付記27に記載の方法。

## 【0307】

(付記29)プローブのための許容可動域は、ロボットアームが受動モードである間に確立される、付記27に記載の方法。

## 【0308】

(付記30)プローブのための許容可動域を確立するステップは、ユーザ入力にตอบสนองして、プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、付記27に記載の方法。

## 【0309】

(付記31)プローブのための許容可動域を確立するステップは、プローブの位置にตอบสนองして、プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、付記27に記載の方法。

## 【0310】

(付記32)標的組織に対するプローブの位置は、標的組織の1つ以上の画像内の1つ以上の組織目印にตอบสนองして決定される、付記31に記載の方法。

## 【0311】

(付記33)リアルタイムでプローブのための許容可動域を更新するステップをさらに含む、付記27に記載の方法。

## 【0312】

(付記34)1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスから、ロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令を受信するステップをさらに含み、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下でロボットアームを移動させるステップは、ロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令にตอบสนองして、ロボットアームを移動させるステップを含む、付記27に記載の方法。

## 【0313】

(付記35)ユーザ入力デバイスは、ロボットアームの端部上のコントローラ、ディスプレイ画面上のユーザインターフェース、コンソール上のユーザインターフェース、またはユーザによって提供されるアームの端部上の力にตอบสนองし、定位置にロボットアーム上のプローブを誘導するコントローラのうちの1つ以上を備えている、付記34に記載の方法。

## 【0314】

(付記36)プローブを用いた患者の組織の圧縮を検出するように構成されている、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上の力センサから、センサデータを受信するステップをさらに含む、付記27に記載の方法。

## 【0315】

(付記37)1つ以上のコンピューティングデバイスは、圧縮の事前決定された閾値レベルを超える組織の検出された圧縮にตอบสนองして、治療を中断する命令で構成されたプロセスを備えている、付記36に記載の方法。

## 【0316】

(付記38)1つ以上の力センサは、ロボットアームに動作可能に結合される、付記36に記載の方法。

## 【0317】

10

20

30

40

50

(付記 39) 1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、患者の移動を検出するように構成されている1つ以上の運動センサから、センサデータを受信するステップをさらに含み、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下でロボットアームを移動させるステップは、患者の検出された移動にตอบสนองして、プローブの位置を調節するステップを含む、付記 38 に記載の方法。

【0318】

(付記 40) 受動モードでロボットアームを手動で調節し、プローブを手動で設定された位置に手動で調節するステップをさらに含む、付記 27 に記載の方法。

【0319】

(付記 41) 受動モードでは、プローブは、ロボットアームを用いて支持され、プローブは、ユーザがプローブを導くための複数のセンサに結合されたハンドルからユーザ入力を受信するための複数のセンサをロボットアームとプローブとの間のインターフェースに備えている、付記 40 に記載の方法。

10

【0320】

(付記 42) 複数のセンサに結合されたハンドルは、ハンドルのユーザ操作に応じるように構成され、インターフェースにおける複数のセンサは、ハンドルのユーザ操作にตอบสนองして、プローブを操作するように、1つ以上のコンピューティングデバイスのプロセッサに結合される、付記 41 に記載の方法。

【0321】

(付記 43) 複数のセンサは、6自由度を伴うハンドルのユーザ操作を検出するように構成され、プロセッサは、ユーザ操作にตอบสนองして、6自由度に対応する運動により、6自由度でプローブを移動させるように構成される、付記 42 に記載の方法。

20

【0322】

(付記 44) 受動モードでロボットアームを手動で調節し、プローブを手動で調節するステップは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上においてプローブを手動で調節するステップを含む、付記 40 に記載の方法。

【0323】

(付記 45) 少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動軸と、第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、付記 44 に記載の方法。

30

【0324】

(付記 46) 第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、第2の回転軸は、ヨー軸を備え、第3の回転軸は、ロール軸を備え、第1の平行移動軸は、X軸を備え、第2の平行移動軸は、Y軸を備え、第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、付記 45 に記載の方法。

【0325】

(付記 47) プローブの手動で設定された位置は、ロボットアームが手動調節から解放された後、維持される、付記 40 に記載の方法。

【0326】

(付記 48) ロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差を伴って手動で設定された位置を維持するように構成され、随意に、公差は、3つの軸のうちの1つ以上のまわりの回転に関して $5^\circ$ 、3つの軸のうちの1つ以上に沿った平行移動に関して5mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの1つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3mm以内、随意に、2mmである、付記 47 に記載の方法。

40

【0327】

(付記 49) プローブは、撮像プローブを備えている、付記 27 に記載の方法。

【0328】

(付記 50) プローブは、治療プローブを備え、ロボットアームは、第1のロボットア

50

ームを備え、本方法はさらに、撮像プローブを患者の中に手動で挿入するステップと、撮像プローブを第2のロボットアームに結合するステップと、撮像プローブのための許容可動域を確立するステップであって、許容可動域は、第1のロボットアームおよび第2のロボットアームと動作可能に結合された1つ以上のコンピューティングデバイスのメモリ上に記憶される、ステップとを含む、付記47に記載の方法。

【0329】

(付記51) 撮像プローブは、第2のロボットアームが受動モードである間に第2のロボットアームに結合される、付記50に記載の方法。

【0330】

(付記52) 撮像プローブのための許容可動域は、第2のロボットアームが受動モードである間に確立される、付記50に記載の方法。

10

【0331】

(付記53) 撮像プローブのための許容可動域を確立するステップは、治療プローブと撮像プローブとの間の距離または整列にตอบสนองして、許容可動域を確立するステップを含む、付記50に記載の方法。

【0332】

(付記54) 撮像プローブのための許容可動域を確立するステップは、ユーザ入力にตอบสนองして、撮像プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、付記50に記載の方法。

【0333】

(付記55) 撮像プローブのための許容可動域を確立するステップは、標的組織に対する撮像プローブの位置にตอบสนองして、許容可動域を確立するステップを含む、付記50に記載の方法。

20

【0334】

(付記56) 標的組織に対する撮像プローブの位置は、標的組織の1つ以上の画像内の1つ以上の組織目印にตอบสนองして決定される、付記55に記載の方法。

【0335】

(付記57) リアルタイムで撮像プローブのための許容可動域を更新するステップをさらに含む、付記50に記載の方法。

【0336】

(付記58) 1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスから、第2のロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令を受信するステップをさらに含み、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第2のロボットアームを移動させるステップは、第2のロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令にตอบสนองして、第2のロボットアームを移動させるステップを含む、付記50に記載の方法。

30

【0337】

(付記59) 第2のロボットアームの移動を制御するための1つ以上のユーザ命令にตอบสนองして、第2のロボットアームの許容可動域を確立するステップをさらに含む、付記58に記載の方法。

40

【0338】

(付記60) 1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、撮像プローブを用いた患者の組織の圧縮を検出するように構成されている1つ以上の力センサから、センサデータを受信するステップをさらに含み、1つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第2のロボットアームを移動させるステップは、組織の検出された圧縮が圧縮の事前決定された閾値レベルを超えるという決定にตอบสนองして、組織から離れるように撮像プローブを移動させるステップを含む、付記50に記載の方法。

【0339】

(付記61) 1つ以上の力センサは、第2のロボットアームに動作可能に結合される、付記60に記載の方法。

50

## 【 0 3 4 0 】

( 付記 6 2 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、第 1 のロボットアーム、治療プローブ、第 2 のロボットアーム、または撮像プローブの 1 つ以上の位置を検出するように構成されている、1 つ以上の位置センサから、センサデータを受信するステップをさらに含む、付記 5 0 に記載の方法。

## 【 0 3 4 1 】

( 付記 6 3 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、患者の移動を検出するように構成されている 1 つ以上の運動センサから、センサデータを受信するステップをさらに含み、1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 2 のロボットアームを移動させるステップは、患者の検出された移動にตอบสนองして、撮像プローブの位置を調節するステップを含む、付記 5 0 に記載の方法。

10

## 【 0 3 4 2 】

( 付記 6 4 ) 第 1 のロボットアームを校正し、第 2 のロボットアームに対するその位置を識別するステップと、第 2 のロボットアームを校正し、第 1 のロボットアームに対するその位置を識別するステップとをさらに含む、付記 5 0 に記載の方法。

## 【 0 3 4 3 】

( 付記 6 5 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させるステップは、第 2 のロボットアームの移動にตอบสนองして、第 1 のロボットアームの移動を自動的に調節するステップ、または第 1 のロボットアームの移動にตอบสนองして、第 2 のロボットアームの移動を自動的に調節するステップを含む、付記 5 0 に記載の方法。

20

## 【 0 3 4 4 】

( 付記 6 6 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させるステップは、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させ、患者の外側に配置される治療プローブおよび撮像プローブの一部の間の接触を防止するステップを含む、付記 5 0 に記載の方法。

## 【 0 3 4 5 】

( 付記 6 7 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させるステップは、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させ、治療プローブと撮像プローブとの間の整列を維持するステップを含む、付記 6 6 に記載の方法。

30

## 【 0 3 4 6 】

( 付記 6 8 ) 治療プローブと撮像プローブとの間で維持される整列は、治療プローブと撮像プローブとの間の平行整列を含み、治療プローブおよび撮像プローブの縦軸は、互いに平行である、付記 6 7 に記載の方法。

## 【 0 3 4 7 】

( 付記 6 9 ) 治療プローブと撮像プローブとの間で維持される整列は、治療プローブと撮像プローブとの間の同一平面内整列を含み、治療プローブおよび撮像プローブの縦軸は、互いに同一平面内にある、付記 6 7 に記載の方法。

## 【 0 3 4 8 】

( 付記 7 0 ) 治療プローブと撮像プローブとの間で維持される整列は、治療プローブと撮像プローブとの間の非平行整列を含み、治療プローブおよび撮像プローブの縦軸は、互いに横断する、付記 6 7 に記載の方法。

40

## 【 0 3 4 9 】

( 付記 7 1 ) 治療プローブと撮像プローブとの間の距離または整列のうちの 1 つ以上を検出するステップをさらに含む、付記 5 0 に記載の方法。

## 【 0 3 5 0 】

( 付記 7 2 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させるステップは、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームを移動させ、1 つ以上のコンピューティングデバイス上に記憶された走

50

査プロファイルに沿って、治療プローブまたは撮像プローブを自動的に移動させるステップを含む、付記 5 0 に記載の方法。

【 0 3 5 1 】

( 付記 7 3 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 1 のロボットアームを移動させるステップは、第 1 のロボットアームを移動させ、治療プロファイルを備えている走査プロファイルにわたって治療プローブを自動的に移動させるステップを含む、付記 7 2 に記載の方法。

【 0 3 5 2 】

( 付記 7 4 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスの制御下で第 2 のロボットアームを移動させるステップは、第 2 のロボットアームを移動させ、撮像プロファイルを備えている走査プロファイルにわたって撮像プローブを自動的に移動させるステップを含む、付記 7 2 に記載の方法。

10

【 0 3 5 3 】

( 付記 7 5 ) 撮像プロファイルは、標的部位の複数回の横断像走査または複数回の矢状像走査を含み、方法はさらに、標的部位の 3 次元画像を発生させるステップを含む、付記 7 4 に記載の方法。

【 0 3 5 4 】

( 付記 7 6 ) 第 2 のロボットアームは、治療プローブが標的組織を治療している間、撮像プロファイルを備えている走査プロファイルにわたって撮像プローブを自動的に移動させるように移動させられる、付記 7 4 に記載の方法。

20

【 0 3 5 5 】

( 付記 7 7 ) 撮像プローブを用いて標的部位を撮像するステップは、ドップラモードで動作する撮像プローブを用いて標的部位を撮像するステップを含み、本方法はさらに、撮像プローブを用いて取得される標的部位の 1 つ以上の画像に基づいて、標的部位内の高血流の領域を識別するステップを含む、付記 5 0 に記載の方法。

【 0 3 5 6 】

( 付記 7 8 ) 止血を標的部位内の識別された高血流の領域に適用するステップをさらに含む、付記 7 7 に記載の方法。

【 0 3 5 7 】

( 付記 7 9 ) 標的部位内の識別された高血流の領域に位置する組織の生検を実施するステップをさらに含む、付記 7 7 に記載の方法。

30

【 0 3 5 8 】

( 付記 8 0 ) 高血流の領域を癌組織として識別するステップをさらに含む、付記 7 7 に記載の方法。

【 0 3 5 9 】

( 付記 8 1 ) 撮像プローブを用いて標的部位を撮像するステップは、撮像プローブを回転させるステップを含む、付記 7 7 に記載の方法。

【 0 3 6 0 】

( 付記 8 2 ) 撮像プローブを用いて標的部位を撮像するステップは、標的部位の術中画像を発生させるステップを含む、付記 5 0 に記載の方法。

40

【 0 3 6 1 】

( 付記 8 3 ) 術中画像を標的部位の術前画像とマッピングするステップをさらに含む、付記 8 2 に記載の方法。

【 0 3 6 2 】

( 付記 8 4 ) 標的部位の術前画像は、X 線画像、蛍光透視画像、コンピュータ断層撮影 ( C T ) 画像、超音波画像、または M R I 画像のうちの 1 つ以上を備えている、付記 8 3 に記載の方法。

【 0 3 6 3 】

( 付記 8 5 ) 術中画像を術前画像とマッピングするステップは、術中および術前画像内の 1 つ以上の解剖学的領域を互いにマッピングするステップを含む、付記 8 3 に記載の方

50

法。

【0364】

(付記86) 1つ以上の解剖学的領域は、膀胱頸部、外括約筋、または精丘のうちの1つ以上を備えている、付記85に記載の方法。

【0365】

(付記87) ロボットアームを動作させ、患者の標的部位における標的組織を撮像または治療する方法であって、少なくとも1つのプローブを少なくとも1つのロボットアームに結合するステップと、受動モードで少なくとも1つのロボットアームを手動で調節し、少なくとも1つのプローブを手動で設定された位置に手動で調節するステップと、受動モードから少なくとも1つのロボットアームを解放するステップとを含み、少なくとも1つのロボットアームは、手動調節からの解放後、少なくとも1つのプローブの手動で設定された位置を維持し、少なくとも1つのプローブは、維持された手動で設定された位置から患者の標的部位における標的組織の撮像または治療のうちの1つ以上を行う、方法。

10

【0366】

(付記88) 少なくとも1つのプローブは、少なくとも1つのプローブを患者の中に挿入することに先立って、少なくとも1つのロボットアームに結合される、付記87に記載の方法。

【0367】

(付記89) 少なくとも1つのプローブは、少なくとも1つのプローブを患者の中に挿入した後、少なくとも1つのロボットアームに結合される、付記87に記載の方法。

20

【0368】

(付記90) 少なくとも1つのロボットアームは、少なくとも1つのロボットアームの係止構成を用いて、少なくとも1つのプローブの手動で設定された位置を維持し、随意に、少なくとも1つのロボットアームの継手のセンサおよびロボットアームの継手に結合されるアクチュエータは、係止構成で少なくとも1つのロボットアームの手動で設定された位置を維持する、付記87に記載の方法。

【0369】

(付記91) 受動モードで少なくとも1つのロボットアームを手動で調節するステップは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上において少なくとも1つのプローブを手動で調節するステップを含む、付記87に記載の方法。

30

【0370】

(付記92) 少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動軸と、第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、付記91に記載の方法。

【0371】

(付記93) 第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、第2の回転軸は、ヨー軸を備え、第3の回転軸は、ロール軸を備え、第1の平行移動軸は、X軸を備え、第2の平行移動軸は、Y軸を備え、第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、付記92に記載の方法。

40

【0372】

(付記94) 少なくとも1つのロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差以内に手動で設定された位置を維持し、随意に、公差は、3つの軸のうちの1つ以上のまわりの回転に関して $5^\circ$ 、3つの軸のうちの1つ以上に沿った平行移動に関して5mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの1つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3mm以内、随意に、2mmである、付記87に記載の方法。

【0373】

(付記95) 少なくとも1つのプローブを少なくとも1つのロボットアームに結合するステップは、治療プローブを第1のロボットアームに結合するステップ、または撮像プロ

50

ープを第2のロボットアームに結合するステップのうちの一つ以上を含む、付記87に記載の方法。

【0374】

(付記96)受動モードで少なくとも一つのロボットアームを手動で調節するステップは、治療プローブおよび撮像プローブを互いに整列させるステップを含む、付記95に記載の方法。

【0375】

(付記97)治療プローブおよび撮像プローブは、平行または同一平面内のうちの一つ以上であるように互いに整列させられている、付記96に記載の方法。

【0376】

(付記98)少なくとも一つのロボットアームは、手動調節からの解放後、撮像プローブと治療プローブとの間の整列を維持する、付記96に記載の方法。

【0377】

(付記99)撮像プローブと治療プローブとの間の整列は、回転軸または平行移動軸のうちの一つ以上における公差以内に維持され、随意に、公差は、3つの軸のうちの一つ以上のまわりの回転に関して $5^\circ$ 、3つの軸のうちの一つ以上に沿った平行移動に関して5mm以内であり、随意に、3つの軸のうちの一つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$ 以内であり、随意に、平行移動公差は、3mm以内、随意に、2mmである、付記98に記載の方法。

【0378】

(付記100)システムであって、前記付記のいずれか一つに記載の方法を実施するための命令で構成されたプロセッサを備えている、システム。

【0379】

(付記101)ロボットアームを動作させ、患者の標的部位における標的組織を撮像または治療するためのシステムであって、患者の標的組織の治療または撮像のうちの一つ以上のための少なくとも一つのプローブに結合された少なくとも一つのロボットアームと、少なくとも一つのロボットアームと動作可能に結合された一つ以上のコンピューティングデバイスであって、少なくとも一つのロボットアームが、少なくとも一つのプローブを手動で設定された位置に手動で調節するために手動で調節され得るように、受動モードで少なくとも一つのロボットアームを動作させ、少なくとも一つのプローブが手動で設定された位置に手動で調節された後、受動モードから少なくとも一つのロボットアームを解放し、手動調節からの解放後、少なくとも一つのプローブの手動で設定された位置を維持するための命令を実行するように構成される、一つ以上のコンピューティングデバイスとを備えている、システム。

【0380】

(付記102)少なくとも一つのプローブは、少なくとも一つのプローブを患者の中に挿入することに先立って、少なくとも一つのロボットアームに結合するように構成される、付記101に記載のシステム。

【0381】

(付記103)少なくとも一つのプローブは、少なくとも一つのプローブを患者の中に挿入した後、少なくとも一つのロボットアームに結合するように構成される、付記101に記載のシステム。

【0382】

(付記104)少なくとも一つのロボットアームは、少なくとも一つのロボットアームの係止構成を用いて、少なくとも一つのプローブの手動で設定された位置を維持し、随意に、少なくとも一つのロボットアームの継手のセンサおよびロボットアームの継手に結合されるアクチュエータは、係止構成で少なくとも一つのロボットアームの手動で設定された位置を維持する、付記101に記載のシステム。

【0383】

(付記105)一つ以上のコンピューティングデバイスはさらに、少なくとも一つの口

10

20

30

40

50

ロボットアームの移動を制御するための命令を実行するように構成される、付記 1 0 1 に記載のシステム。

【 0 3 8 4 】

(付記 1 0 6) 少なくとも 1 つのロボットアームは、手動で調節され、少なくとも 1 つの回転軸または少なくとも 1 つの平行移動軸のうちの 1 つ以上において少なくとも 1 つのプローブを手動で調節するように構成される、付記 1 0 1 に記載のシステム。

【 0 3 8 5 】

(付記 1 0 7) 少なくとも 1 つの回転軸は、第 1 の回転軸と、第 1 の回転軸に直交する第 2 の回転軸と、第 1 および第 2 の回転軸に直交する第 3 の回転軸とを備え、少なくとも 1 つの平行移動軸は、第 1 の平行移動軸と、第 1 の平行移動軸に直交する第 2 の平行移動軸と、第 1 および第 2 の平行移動軸に直交する第 3 の平行移動軸とを備えている、付記 1 0 6 に記載のシステム。

10

【 0 3 8 6 】

(付記 1 0 8) 第 1 の回転軸は、ピッチ軸を備え、第 2 の回転軸は、ヨー軸を備え、第 3 の回転軸は、ロール軸を備え、第 1 の平行移動軸は、X 軸を備え、第 2 の平行移動軸は、Y 軸を備え、第 3 の平行移動軸は、Z 軸を備えている、付記 1 0 7 に記載のシステム。

【 0 3 8 7 】

(付記 1 0 9) 少なくとも 1 つのロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの 1 つ以上における公差を伴って手動で設定された位置を維持するように構成され、随意に、公差は、3 つの軸のうちの 1 つ以上のまわりの回転に関して  $5^\circ$ 、3 つの軸のうちの 1 つ以上に沿った平行移動に関して 5 mm 以内であり、随意に、3 つの軸のうちの 1 つ以上の各々に関して、随意に、回転公差は、 $3^\circ$  以内であり、随意に、平行移動公差は、3 mm 以内、随意に、2 mm である、付記 1 0 6 に記載のシステム。

20

【 0 3 8 8 】

(付記 1 1 0) 少なくとも 1 つのプローブは、治療プローブまたは撮像プローブのうちの 1 つ以上を備えている、付記 1 0 1 に記載のシステム。

【 0 3 8 9 】

(付記 1 1 1) 少なくとも 1 つのプローブは、治療プローブと、撮像プローブとを備え、少なくとも 1 つのロボットアームは、治療プローブに結合された第 1 のロボットアームと、撮像プローブに結合された第 2 のロボットアームとを備えている、付記 1 1 0 に記載のシステム。

30

【 0 3 9 0 】

(付記 1 1 2) 少なくとも 1 つのプローブは、治療プローブと、撮像プローブとを備え、治療プローブおよび撮像プローブは、手動で調節され、治療プローブおよび撮像プローブを互いに整列させるように構成される、付記 1 1 0 に記載のシステム。

【 0 3 9 1 】

(付記 1 1 3) 治療プローブおよび撮像プローブは、平行または同一平面内のうちの 1 つ以上であるように互いに整列させられている、付記 1 1 2 に記載のシステム。

【 0 3 9 2 】

(付記 1 1 4) 少なくとも 1 つのロボットアームは、手動調節からの解放後、撮像プローブと治療プローブとの間の整列を維持する、付記 1 1 3 に記載のシステム。

40

【 0 3 9 3 】

(付記 1 1 5) 撮像プローブと治療プローブとの間の整列は、回転軸または平行移動軸のうちの 1 つ以上における公差以内に維持される、付記 1 1 4 に記載のシステム。

【 0 3 9 4 】

(付記 1 1 6) 患者の標的部位における標的組織を治療するためのシステムであって、患者の標的組織を治療するための治療プローブに結合された第 1 のロボットアームと、患者の標的組織を撮像するための撮像プローブに結合された第 2 のロボットアームと、第 1 のロボットアームおよび第 2 のロボットアームと動作可能に結合された 1 つ以上のコンピューティングデバイスであって、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームのう

50

ちの1つ以上の移動を制御するための命令を実行するように構成される、1つ以上のコンピューティングデバイスとを備えている、システム。

【0395】

(付記117) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御し、患者の中への治療プローブまたは撮像プローブの進入軸に沿って、治療プローブまたは撮像プローブのピッチ、ヨー、ロールまたは線形位置のうち1つ以上を調節するための命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

【0396】

(付記118) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御し、進入軸に沿って、それぞれ、治療プローブまたは撮像プローブを後退させるステップを含む、命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

10

【0397】

(付記119) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御し、進入軸に沿って、それぞれ、治療プローブまたは撮像プローブを後退させるが、前進させないステップを含む、命令を実行するように構成される、付記118に記載のシステム。

【0398】

(付記120) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたユーザ入力デバイスを用いて受信されるユーザ命令に応答して、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

20

【0399】

(付記121) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御し、1つ以上のコンピューティングデバイス内に記憶された治療プローブもしくは撮像プローブのための許容可動域内で、それぞれ、治療プローブまたは撮像プローブを移動させるステップを含む、命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

【0400】

(付記122) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、ユーザ入力に応答して、治療プローブまたは撮像プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記121に記載のシステム。

30

【0401】

(付記123) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、治療プローブと撮像プローブとの間の距離または整列に応答して、治療プローブまたは撮像プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記121に記載のシステム。

【0402】

(付記124) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、標的組織に対する治療プローブまたは撮像プローブの位置に応答して、治療プローブまたは撮像プローブのための許容可動域を確立するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記121に記載のシステム。

40

【0403】

(付記125) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、標的組織の1つ以上の画像に基づいて、標的組織に対する治療プローブまたは撮像プローブの位置を検出するステップを含む、命令を実行するように構成され、1つ以上の画像は、1つ以上の組織目印を備えている、付記124に記載のシステム。

【0404】

(付記126) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、リアルタイムで治療プローブ

50

ブまたは撮像プローブのための許容可動域を更新するための命令を実行するように構成される、付記 1 2 1 に記載のシステム。

【 0 4 0 5 】

( 付記 1 2 7 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームの移動を制御し、治療プローブと撮像プローブとの間の整列を維持するステップを含む、命令を実行するように構成され、随意に、整列は、撮像プローブの視野内に治療プローブを維持する、付記 1 1 6 に記載のシステム。

【 0 4 0 6 】

( 付記 1 2 8 ) 治療プローブと撮像プローブとの間で維持される整列は、治療プローブと撮像プローブとの間の実質的に平行な整列を含み、治療プローブおよび撮像プローブの縦軸は、互いに実質的に平行である、付記 1 2 7 に記載のシステム。

10

【 0 4 0 7 】

( 付記 1 2 9 ) 治療プローブと撮像プローブとの間で維持される整列は、治療プローブと撮像プローブとの間の同一平面内整列を含み、治療プローブおよび撮像プローブの縦軸は、互いに同一平面内にある、付記 1 2 7 に記載のシステム。

【 0 4 0 8 】

( 付記 1 3 0 ) 治療プローブと撮像プローブとの間で維持される整列は、治療プローブと撮像プローブとの間の非平行整列を含み、治療プローブおよび撮像プローブの縦軸は、互いに横断する、付記 1 2 7 に記載のシステム。

【 0 4 0 9 】

( 付記 1 3 1 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、治療プローブと撮像プローブとの間の距離または整列のうちの 1 つ以上を検出するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記 1 1 6 に記載のシステム。

20

【 0 4 1 0 】

( 付記 1 3 2 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームの移動を制御し、患者の外側に配置される治療プローブおよび撮像プローブの一部の間の接触を防止するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記 1 1 6 に記載のシステム。

【 0 4 1 1 】

( 付記 1 3 3 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 2 のロボットアームの移動に応答して、第 1 のロボットアームの移動を自動的に調節するための命令を実行するように構成される、付記 1 1 6 に記載のシステム。

30

【 0 4 1 2 】

( 付記 1 3 4 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 1 のロボットアームの位置に応答して、第 2 のロボットアームの移動を自動的に調節するための命令を実行するように構成され、随意に、第 2 のロボットアームは、治療プローブの位置に応答して、撮像プローブを移動させ、撮像プローブの視野内に治療プローブを維持する、付記 1 1 6 に記載のシステム。

【 0 4 1 3 】

( 付記 1 3 5 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 1 のロボットアームまたは第 2 のロボットアームの移動を制御し、1 つ以上のコンピューティングデバイス上に記憶された走査プロファイルに沿って、治療プローブまたは撮像プローブを自動的に移動させるための命令を実行するように構成される、付記 1 1 6 に記載のシステム。

40

【 0 4 1 4 】

( 付記 1 3 6 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 1 のロボットアームの移動を制御し、治療プロファイルを備えている走査プロファイルに沿って治療プローブを自動的に移動させるための命令を実行するように構成される、付記 1 3 5 に記載のシステム。

【 0 4 1 5 】

( 付記 1 3 7 ) 1 つ以上のコンピューティングデバイスは、第 2 のロボットアームの移動を制御し、撮像プロファイルを備えている走査プロファイルに沿って撮像プローブを自

50

動的に移動させるための命令を実行するように構成される、付記 1 3 5 に記載のシステム。

【0416】

(付記 1 3 8) 撮像プロファイルは、標的部位の複数回の横断像走査または複数回の矢状像走査を含み、1つ以上のコンピューティングデバイスはさらに、標的部位の3次元画像を発生させるステップを含む、命令を実行するように構成される、付記 1 3 7 に記載のシステム。

【0417】

(付記 1 3 9) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、治療プローブが標的組織を治療している間、命令を実行し、撮像プロファイルを備えている走査プロファイルに沿って撮像プローブを自動的に移動させるように構成される、付記 1 3 7 に記載のシステム。

10

【0418】

(付記 1 4 0) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合された1つ以上のセンサから受信されるセンサデータにตอบสนองして、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記 1 1 6 に記載のシステム。

【0419】

(付記 1 4 1) 1つ以上のセンサは、第1または第2のロボットアームのうちの1つ以上に動作可能に結合される、付記 1 4 0 に記載のシステム。

【0420】

(付記 1 4 2) 1つ以上のセンサは、第1のロボットアーム、治療プローブ、第2のロボットアーム、または撮像プローブのうちの1つ以上に結合された1つ以上の位置センサを備えている、付記 1 4 0 に記載のシステム。

20

【0421】

(付記 1 4 3) 1つ以上のセンサは、治療プローブまたは撮像プローブを用いた患者の組織の圧縮を検出するように構成されている1つ以上の力センサを備え、1つ以上のコンピューティングデバイスは、組織の検出された圧縮が圧縮の事前決定された閾値レベルを超えるとこの決定にตอบสนองして、組織から離れるように治療プローブまたは撮像プローブを移動させるステップを含む、命令を実行するように構成される、付記 1 4 0 に記載のシステム。

【0422】

30

(付記 1 4 4) 1つ以上のセンサは、患者の移動を検出するように構成されている1つ以上の運動センサを備え、1つ以上のコンピューティングデバイスは、患者の検出された移動にตอบสนองして、治療プローブまたは撮像プローブの位置を調節するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記 1 4 0 に記載のシステム。

【0423】

(付記 1 4 5) 第1のロボットアームおよび第2のロボットアームの各々は、複数のアクチュエータと動作可能に結合された複数の継手を備え、複数のアクチュエータは、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの移動を制御するための命令は、複数のアクチュエータのうちの1つ以上の作動を制御するための命令を備えている、付記 1 1 6 に記載のシステム。

40

【0424】

(付記 1 4 6) 第1のロボットアームおよび第2のロボットアームに結合された移動式基部をさらに備えている、付記 1 1 6 に記載のシステム。

【0425】

(付記 1 4 7) 移動式基部は、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合され、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームのうちの1つ以上の移動を制御するためのユーザ命令を受信するように構成される、1つ以上のユーザ入力デバイスを備えている、付記 1 4 6 に記載のシステム。

【0426】

(付記 1 4 8) 移動式基部は、第1のロボットアームまたは第2のロボットアームのう

50

ちの1つ以上の移動を制御するための命令を実行するように構成される、1つ以上のコンピューティングデバイスを備えている、付記146に記載のシステム。

【0427】

(付記149) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、治療プローブまたは撮像プローブのうちの1つ以上と動作可能に結合され、1つ以上のコンピューティングデバイスはさらに、治療プローブを用いた治療または撮像プローブを用いた撮像のうちの1つ以上を制御するための命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

【0428】

(付記150) 1つ以上のコンピューティングデバイスはさらに、1つ以上のコンピューティングデバイスと動作可能に結合されたディスプレイ上に撮像プローブを用いて取得される標的部位の1つ以上の画像を表示するステップを含む、命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

10

【0429】

(付記151) 第1のロボットアームまたは第2のロボットアームは、それぞれ、治療プローブもしくは撮像プローブに磁気的に結合するように構成された結合構造を備えている、付記116に記載のシステム。

【0430】

(付記152) 第1のロボットアームまたは第2のロボットアームは、エラーが第1のロボットアームまたは第2のロボットアームの動作において検出されたとき、それぞれ、治療プローブもしくは撮像プローブから第1のロボットアームまたは第2のロボットアームを結合解除するように構成される迅速解放機構を用いて、それぞれ、治療プローブもしくは撮像プローブに除去可能に結合するように構成された結合構造を備えている、付記116に記載のシステム。

20

【0431】

(付記153) 共通アームをさらに備え、第1のロボットアームは、第1の場所において共通アームに動作可能に結合され、第2のロボットアームは、第2の場所において共通アームに動作可能に結合される、付記116に記載のシステム。

【0432】

(付記154) 共通アームに動作可能に結合された移動式基部をさらに備えている、付記153に記載のシステム。

30

【0433】

(付記155) 撮像プローブは、標的組織の超音波画像を捕捉するように構成された超音波トランスデューサを備えている、付記116に記載のシステム。

【0434】

(付記156) 超音波トランスデューサは、標的部位内の高血流の領域が識別可能であるように、ドップラモードで動作させられるように構成される、付記155に記載のシステム。

【0435】

(付記157) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第1のロボットアームが手動で調節され、治療プローブを手動で設定された位置に位置付けるように構成される、受動モードで第1のロボットアームを動作させるための命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

40

【0436】

(付記158) 第1のロボットアームが、受動モードであるとき、治療プローブは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上において手動で調節されるように構成される、付記157に記載のシステム。

【0437】

(付記159) 少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動

50

軸と、第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、付記158に記載のシステム。

【0438】

(付記160) 第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、第2の回転軸は、ヨー軸を備え、第3の回転軸は、ロール軸を備え、第1の平行移動軸は、X軸を備え、第2の平行移動軸は、Y軸を備え、第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、付記159に記載のシステム。

【0439】

(付記161) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第1のロボットアームが手動調節から解放された後に治療プローブの手動で設定された位置を維持するための命令を実行するように構成される、付記157に記載のシステム。

10

【0440】

(付記162) 第1のロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差を伴って手動で設定された位置を維持するように構成される、付記161に記載のシステム。

【0441】

(付記163) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第2のロボットアームが手動で調節され、撮像プローブを手動で設定された位置に位置付けるように構成される、受動モードで第2のロボットアームを動作させるための命令を実行するように構成される、付記116に記載のシステム。

【0442】

(付記164) 第2のロボットアームが、受動モードであるとき、撮像プローブは、少なくとも1つの回転軸または少なくとも1つの平行移動軸のうちの1つ以上において手動で調節されるように構成される、付記163に記載のシステム。

20

【0443】

(付記165) 少なくとも1つの回転軸は、第1の回転軸と、第1の回転軸に直交する第2の回転軸と、第1および第2の回転軸に直交する第3の回転軸とを備え、少なくとも1つの平行移動軸は、第1の平行移動軸と、第1の平行移動軸に直交する第2の平行移動軸と、第1および第2の平行移動軸に直交する第3の平行移動軸とを備えている、付記164に記載のシステム。

【0444】

(付記166) 第1の回転軸は、ピッチ軸を備え、第2の回転軸は、ヨー軸を備え、第3の回転軸は、ロール軸を備え、第1の平行移動軸は、X軸を備え、第2の平行移動軸は、Y軸を備え、第3の平行移動軸は、Z軸を備えている、付記165に記載のシステム。

30

【0445】

(付記167) 1つ以上のコンピューティングデバイスは、第2のロボットアームが手動調節から解放された後に撮像プローブの手動で設定された位置を維持するための命令を実行するように構成される、付記163に記載のシステム。

【0446】

(付記168) 第2のロボットアームは、回転軸または平行移動軸のうちの1つ以上における公差のうちの1つ以上を伴って手動で設定された位置を維持するように構成される、付記167に記載のシステム。

40

【0447】

(付記169) 患者を治療するためのシステムであって、プローブと、プローブを受け取るための結合構造と、患者を受け取るための支持体と、支持体に結合されたアームと、第1の方向に平行移動するようにアームに結合された第1のスライダと、第1の方向を横断する第2の方向に平行移動するように第1のスライダ、アーム、および支持体に結合された第2のスライダと、第2のスライダと結合構造との間の調節可能拡張部であって、第1の方向および第2の方向を横断する第3の方向に拡張および後退するように構成された拡張継手を備えている、調節可能拡張部とを備え、結合構造は、結合構造が3次元体積内で移動することを可能にするために、アーム、第1のスライダ、第2のスライダ、および

50

拡張部を用いて支持されている、システム。

【0448】

(付記170) 結合構造と拡張継手との間でアームおよび結合構造に結合された旋回部をさらに備え、旋回部は、患者に対して上下に結合構造を回転させるように構成され、随意に、回転の回転軸は、実質的に水平方向に伸び、随意に、実質的に水平は、水平の約10度以内の角度を備えている、付記169に記載のシステム。

【0449】

(付記171) 結合構造と拡張継手との間でアームおよび結合構造に結合されたタレットをさらに備え、タレットは、回転軸まわりの結合構造の回転を可能にするように構成され、随意に、タレットの回転軸は、垂直の約10度以内であり、随意に、タレットは、結合構造と旋回部との間で結合構造およびアームに結合される、付記170に記載のシステム。

10

【0450】

(付記172) 第1のスライダ、第2のスライダ、拡張継手、タレット、および旋回部の各々は、プローブが患者の中に挿入され、結合構造を用いてアームに結合されているとき、第1のスライダ、第2のスライダ、拡張継手、タレット、および旋回部の位置を係止し、プローブの位置および向きを維持するためのブレーキを備えている、付記171に記載のシステム。

【0451】

(付記173) プローブが患者の中に挿入されているときに、プローブの結合構造に向かって結合構造を移動させるように、第1のスライダ、第2のスライダ、拡張継手、タレット、または旋回部のうちの1つ以上に結合されたプロセッサ制御アクチュエータをさらに備えている、付記171に記載のシステム。

20

【0452】

(付記174) 結合構造の位置または向きのうちの1つ以上を制御するためにプロセッサに結合された連鎖部をさらに備え、連鎖部は、対応するアクチュエータに結合される、第1のスライダ、第2のスライダ、拡張継手、タレット、および旋回部のうちの1つ以上を備えている、付記173に記載のシステム。

【0453】

(付記175) 第2のプローブに結合するための第2の結合構造をさらに備え、随意に、第2の結合構造は、プローブの上方に第2のプローブを支持するように構成される、付記171に記載のシステム。

30

【0454】

(付記176) 第2のプローブに結合するための第2の結合構造をさらに備え、第2の結合構造は、第2の拡張継手、第2のタレット、および第2の旋回部に結合され、第2の結合構造、第2の拡張継手、第2のタレット、および第2の旋回部は、第2のプローブを支持するようにアームを用いて支持される、付記171に記載のシステム。

【0455】

(付記177) 第1の方向は、第2の方向と垂直である、付記169に記載のシステム。

【0456】

(付記178) プローブの結合構造は、プローブの下面上の突出部または溝のうちの1つ以上を備え、アームを用いて支持される結合構造は、プローブの結合構造を、アームを用いて支持される結合構造に結合するための結合表面の上面上の突出部または溝のうちの1つ以上を備えている、前記付記のいずれか1つに記載のシステム。

40

【0457】

(付記179) 患者支持体に結合するための搭載アセンブリであって、患者支持体の第1の側面上の第1のレールに取り付くための第1のクランプと、第1の端部および第2の端部を有する第1のアームであって、第1の端部は、第1のクランプに旋回可能に接続されている、第1のアームと、患者支持体の第2の側面上の第2のレールに取り付くための第2のクランプと、第1の端部および第2の端部を有する第2のアームで

50

あって、第1の端部は、第2のクランプに旋回可能に接続されている、第2のアームとを備え、伸長支持体が、第1のアームと第2のアームとの間に延び、患者の中に挿入されるべきプローブを支持する、搭載アセンブリ。

【0458】

(付記180) 第1のアームおよび第2のアームの各々は、第1のレールと第2のレールとの間の距離の変動に適應するように伸長支持体に旋回可能に接続される、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0459】

(付記181) 第1のレールは、第2のレールと実質的に平行であり、第1のアームおよび第2のアームは、第1および第2のクランプが、実質的に平行な構成で第1のレールおよび第2のレールに係合することを可能にするように、それぞれ、第1のクランプおよび第2のクランプに旋回可能に接続される、付記180に記載の搭載アセンブリ。

10

【0460】

(付記182) 第1のクランプおよび第1のアームに旋回可能に接続するための第1の結合器であって、第1のアームの第1の端部に解放可能に結合するように構成されている、第1の結合器と、第2のクランプおよび第2のアームに旋回可能に接続するための第2の結合器であって、第2のアームの第1の端部に解放可能に結合するように構成されている、第2の結合器とをさらに備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0461】

(付記183) 第1の結合器および第2の結合器の各々は、アームの第1の端部を受け取るための縦軸と、縦軸を横断する回転軸とを有する、付記182に記載の搭載アセンブリ。

20

【0462】

(付記184) 第1の結合器は、第1のアームの第1の端部を受け入れるように構成された第1の中空空洞を画定し、第2の結合器は、第2のアームの第1の端部を受け入れるように構成された第2の中空空洞を画定する、付記183に記載の搭載アセンブリ。

【0463】

(付記185) 第1のクランプおよび第2のクランプの各々は、レールにしっかりと接続するためにそれらの間の相対移動のために構成されている、第1のジョーと、第2のジョーとを備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

30

【0464】

(付記186) 第1のジョーは、レバーを用いて第2のジョーに向かって移動可能である、付記185に記載の搭載アセンブリ。

【0465】

(付記187) 第1のレールおよび第2のレールは、患者支持体の1つ以上のレールの一部を備え、随意に、患者支持体は、ベッドを備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0466】

(付記188) 第1のアームは、第1のクランプに対して旋回するように構成され、第2のアームは、第2のクランプに対して旋回し、患者支持体の第1の側面上の第1のレールと患者支持体の第2の側面上の第2のレールとの間の可変空間に適應するように構成される、付記179に記載の搭載アセンブリ。

40

【0467】

(付記189) 搭載アセンブリは、伸長支持体への150kg荷重に應答して、第1のレールおよび第2のレールに対する伸長支持体の移動を5mm以下に限定するように構成され、随意に、移動は、伸長支持体への100kg荷重に應答して、3mm以下である、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0468】

(付記190) 伸長支持体、第1のクランプ、第1のアーム、第2のクランプ、および第2のアームは、伸長支持体への150kg荷重に應答して、伸長支持体の移動を5mm

50

以下に限定するために構成され、随意に、移動は、伸長支持体への100kg荷重にตอบสนองして、3mm以下である、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0469】

(付記191)患者の中に挿入されるべきプローブは、約20cm~約60cmの範囲内の距離を備え、搭載アセンブリは、伸長支持体への荷重にตอบสนองして、プローブの遠位端を6mm以下移動させるように構成される、付記190に記載の搭載アセンブリ。

【0470】

(付記192)伸長支持体に取り付けられたロボットアームをさらに備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0471】

(付記193)プローブは、ロボットアームに接続されている、付記192に記載の搭載アセンブリ。

【0472】

(付記194)プローブは、治療プローブまたは撮像プローブのうちの1つ以上を備えている、付記193に記載の搭載アセンブリ。

【0473】

(付記195)ロボットアームは、伸長支持体に取り付けられた第1のロボットアームと、第2のロボットアームとを備えている、付記194に記載の搭載アセンブリ。

【0474】

(付記196)治療プローブは、第1のロボットアームに結合され、撮像プローブは、第2のロボットアームに結合される、付記195に記載の搭載アセンブリ。

【0475】

(付記197)治療プローブおよび撮像プローブは、実質的に同一平面内にあるように互いに整列させられている、付記196に記載の搭載アセンブリ。

【0476】

(付記198)伸長支持体、第1のアーム、第2のアーム、第1のクランプ、または第2のクランプのうちの1つ以上に接続され、それから下向きに延び、床面に係合する1つ以上の拡張可能脚部をさらに備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0477】

(付記199)伸長支持体に接続され、それから下向きに延び、床面に係合する拡張可能脚部をさらに備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0478】

(付記200)第1のクランプに接続され、それから下向きに延び、床面に係合する第1の拡張可能脚部と、第2のクランプに接続され、それから下向きに延び、床面に係合する第2の拡張可能脚部とをさらに備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0479】

(付記201)第1のレールに係合するための第3のクランプと、第2のレールに係合するための第4のクランプとをさらに備え、第1のクランプは、それらの間に延び、第1のレールに沿って第1の荷重を分配する第1のブレースを用いて、第3のクランプに結合され、第2のクランプは、それらの間に延び、第2のレールに沿って第1の荷重を分配する第2のブレースを用いて、第4のクランプに結合される、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0480】

(付記202)伸長支持体は、第1のアームと第2のアームとの間に延びているクロスバーを備えている、付記179に記載の搭載アセンブリ。

【0481】

(付記203)患者の標的部位における標的組織を治療するためのシステムであって、付記179-198のいずれか1つに記載の搭載アセンブリと、伸長支持体に結合された第1のロボットアームと、第1のロボットアームに結合される、治療プローブと、伸長支持体に結合された第2のロボットアームと、第2のロボットアームに結合される、撮像プ

10

20

30

40

50

ローブとを備えている、システム。

【0482】

(付記204)治療プローブは、伸長軸に沿って治療プローブを平行移動させるように、かつ第1のロボットアームの端部が静止したままで、伸長軸まわりに治療プローブを回転させるように構成される、連鎖部に結合され、撮像プローブは、第2のロボットアームの端部が静止したままで、撮像プローブの伸長軸に沿って撮像プローブを平行移動させるように連鎖部に結合される、付記203に記載のシステム。

【0483】

(付記205)第1のロボットアームは、治療プローブを平行移動および回転させるための第1の複数の継手を備え、第2のロボットアームは、治療プローブを平行移動および回転させるための第2の複数の継手を備えている、付記203に記載のシステム。

10

【0484】

(付記206)ロボットアームの各々は、5~7自由度を備えている、付記203に記載のシステム。

【0485】

(付記207)患者を治療するためのシステムであって、ロボットアームと、ロボットアームに結合するためのプローブであって、患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されている、プローブと、プローブがロボットアームから分断された状態でロボットアームに関連するプローブの相対位置および向きを示すようにロボットアームに結合された複数のセンサと、ロボットアームおよび複数のセンサに動作可能に結合されたプロセッサであって、ロボットアームを係合位置および向きまで移動させ、プローブをロボットアームと係合させるための命令で構成されたプロセッサとを備えている、システム。

20

【0486】

(付記208)プロセッサは、ロボットアームを用いてプローブを探求し、かつプローブをロボットアームと係合させるための命令で構成される、付記207に記載のシステム。

【0487】

(付記209)プロセッサは、プローブが患者の中に挿入された状態でユーザがプローブを安定して保持している間に、ロボットアームを用いてプローブを探求するための命令で構成され、随意に、間隙が、プローブを探求することに先立って、プローブとロボットアームとの間に延び、ロボットアームの遠位端部分は、プローブに接触し、プローブに係合する、付記208に記載のシステム。

30

【0488】

(付記210)ロボットアームは、プローブに係合するための係合構造を備え、プローブは、係合位置および向きでロボットアームに係合するための係合構造を備えている、付記207に記載のシステム。

【0489】

(付記211)プロセッサは、プローブに接触することに先立って、ロボットアームに係合向きに対応する向きまで移動させ、かつ係合向きでプローブ上にロボットアームを平行移動させるための命令で構成される、付記210に記載のシステム。

【0490】

(付記212)複数のセンサは、ロボットアームが遠距離においてプローブを感知するための粗センサと、近接性センサとを備え、随意に、複数のセンサは、ロボットアーム上に位置している、付記207に記載のシステム。

40

【0491】

(付記213)粗センサは、赤外線伝送機と、ビーコンとを備えている、付記212に記載のシステム。

【0492】

(付記214)粗センサは、赤外線伝送機と、ビーコンとを備えている、付記212に記載のシステム。

【0493】

50

(付記 2 1 5) 複数のセンサは、ロボットアームに結合されたセンサアレイと、ロボットアームに関連するプローブの位置および向きを決定するためのプローブ上の 1 つ以上の基準とを備えている、付記 2 0 7 に記載のシステム。

【 0 4 9 4 】

(付記 2 1 6) 複数のセンサは、プローブがロボットアームに係合しているときにプローブに向かって配向される、付記 2 0 7 に記載のシステム。

【 0 4 9 5 】

(付記 2 1 7) 患者を治療するためのシステムであって、ロボットアームと、ロボットアームに結合するためのプローブであって、患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されている、プローブと、ロボットアームを結合するための係合構造とプローブの遠位端との間でプローブに結合された複数のセンサと、ロボットアームおよび複数のセンサに動作可能に結合されたプロセッサであって、複数のセンサから検出されたユーザ入力に応答してロボットアームを移動させるための命令で構成されたプロセッサとを備えている、システム。

【 0 4 9 6 】

(付記 2 1 8) プロセッサは、プローブを患者の中に挿入することに先立って、自立型構成でロボットアーム上にプローブを伴ってゼロ重力モードを確立するための命令で構成され、ゼロ重力モードは、アーム上に結合されたプローブを伴うロボットアームの重量に実質的に対抗するための力を用いて、ロボットアームの継手を駆動するように構成される、付記 2 1 7 に記載のシステム。

【 0 4 9 7 】

(付記 2 1 9) ユーザ入力は、複数のセンサを用いて検出される歪みを備え、歪みは、遠位端と係合構造との間のプローブの偏向に関連する歪みを備えている、付記 2 1 7 に記載のシステム。

【 0 4 9 8 】

(付記 2 2 0) プローブは、患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定された伸長プローブを備えている、付記 2 1 7 に記載のシステム。

【 0 4 9 9 】

(付記 2 2 1) プローブは、ユーザが複数のセンサとプローブの遠位端との間で把持するための伸長部分を備え、プローブの挿入に対する組織の抵抗は、複数のセンサへの入力を減少させ、患者の中へのプローブの前進を減少させるように、ユーザの手からの挿入力を反対側に押す、付記 2 2 0 に記載のシステム。

【 0 5 0 0 】

(付記 2 2 2) 挿入に対する組織の抵抗は、プローブの減少した前進を伴ってユーザによって感知される、付記 2 2 1 に記載のシステム。

【 0 5 0 1 】

(付記 2 2 3) 複数のセンサおよびプローブは、プローブが移動に対する抵抗に遭遇すると、触覚フィードバックをユーザに提供するように配置されている、付記 2 1 7 に記載のシステム。

【 0 5 0 2 】

(付記 2 2 4) ロボットアームは、複数の継手と、複数の内部継手センサとを備え、プロセッサは、プローブの受動モードを実装し、ユーザが、プローブを患者の中に挿入することを可能にするように構成され、プロセッサは、反力を複数の内部継手に提供し、受動モードでアームを安定させるように構成される、付記 2 1 7 に記載のシステム。

【 0 5 0 3 】

(付記 2 2 5) プローブまたはロボットアームの遠位部分のうちの 1 つ以上は、プローブの移動を検出するための慣性測定ユニット(「IMU」)を備え、随意に、プロセッサは、IMUから出力を受信し、プローブの位置および向きを決定するように構成される、付記 2 1 7 に記載のシステム。

【 0 5 0 4 】

10

20

30

40

50

(付記 2 2 6) プローブは、IMU の位置および向きに応答して、プローブの位置および向きを決定するために、IMU に対して所定の位置および向きでアーム上に搭載されるように構成され、随意に、IMU は、アームの遠位端に関する所定の位置および向きでアームに結合される、付記 2 2 5 に記載のシステム。

【0 5 0 5】

(付記 2 2 7) プロセッサは、IMU からの出力および複数のセンサからの出力を受信し、プローブを移動させるための位置または向きのうちの 1 つ以上を決定するように構成される、付記 2 2 5 に記載のシステム。

【0 5 0 6】

(付記 2 2 8) プローブは、ユーザがプローブおよびセンサを把持するために構成され、プロセッサは、ユーザがプローブを把持することに応答して、ユーザ入力を決定するように構成される、付記 2 2 5 に記載のシステム。

10

【0 5 0 7】

(付記 2 2 9) 患者を治療するためのシステムであって、患者の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されたシースであって、伸長軸を備えている、シースと、シースに結合されたアームと、エネルギー源を備えている治療プローブであって、治療プローブは、伸長軸を備え、シースの管腔の中への挿入のためにサイズおよび形状を決定されている、治療プローブと、治療プローブに結合されたロボットアームであって、ロボットアームは、治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させ、治療プローブをシースの中に前進させるように構成される、ロボットアームとを備えている、システム。

20

【0 5 0 8】

(付記 2 3 0) 治療プローブに結合されるロボットアームは、治療プローブをシースの中に前進させることに先立って、治療プローブの軸をシースの軸と整列させるように構成される、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【0 5 0 9】

(付記 2 3 1) ロボットアームは、治療プローブの向きを決定するためのセンサを備え、随意に、センサは、加速度計、ジャイロスコープ、または慣性測定ユニットのうちの 1 つ以上を備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【0 5 1 0】

(付記 2 3 2) シースに結合されたアームは、シースの向きを決定するためのセンサを備え、随意に、センサは、加速度計、ジャイロスコープ、または慣性測定ユニットのうちの 1 つ以上を備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

30

【0 5 1 1】

(付記 2 3 3) シースに結合されたアームは、ロボットアームを備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【0 5 1 2】

(付記 2 3 4) シースは、治療プローブを受け取るための近位開口部と、遠位開口部とを備え、治療プローブは、少なくとも遠位開口部まで延びているために十分な長さを備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【0 5 1 3】

(付記 2 3 5) 治療プローブは、治療プローブがシースの中に前進させられたとき、エネルギー源が少なくとも遠位開口部まで延びているために寸法を決定されている、付記 2 3 4 に記載のシステム。

40

【0 5 1 4】

(付記 2 3 6) エネルギー源は、ロボットアームの端部分とシースとの間に間隙を伴って少なくとも遠位開口部まで延びている、付記 2 3 5 に記載のシステム。

【0 5 1 5】

(付記 2 3 7) シースは、堅いシースを備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【0 5 1 6】

(付記 2 3 8) シースは、1 つ以上の開口部を通して灌注流体を提供するために 1 つ以

50

上の開口部に結合された灌注管腔を備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【 0 5 1 7 】

( 付記 2 3 9 ) シースは、管腔内の開口部まで延び、管腔から切除された組織を吸引する、吸引チャンネルを備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【 0 5 1 8 】

( 付記 2 4 0 ) シースの管腔は、治療プローブ、内視鏡カメラおよび吸引管腔、および灌注管腔を受け取るようにサイズを決定されている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【 0 5 1 9 】

( 付記 2 4 1 ) 吸引管腔は、組織切除生成物を吸引するための開口部まで延びている、付記 2 4 0 に記載のシステム。

【 0 5 2 0 】

( 付記 2 4 2 ) 灌注管腔は、治療部位を洗浄するための開口部まで延びている、付記 2 4 0 に記載のシステム。

【 0 5 2 1 】

( 付記 2 4 3 ) 吸引管腔および灌注管腔は、二重管腔管の管腔を備えている、付記 2 4 0 に記載のシステム。

【 0 5 2 2 】

( 付記 2 4 4 ) 治療プローブは、シースの中に前進させるための堅い部分を備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【 0 5 2 3 】

( 付記 2 4 5 ) 治療プローブは、シースの中に前進させるための可撓性部分を備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【 0 5 2 4 】

( 付記 2 4 6 ) 治療プローブは、エネルギー源を回転および平行移動させるように構成される、付記 2 2 9 に記載のシステム。

【 0 5 2 5 】

( 付記 2 4 7 ) エネルギー源は、レーザービーム、水噴射、電極、または超音波トランスデューサのうちの 1 つ以上を備えている、付記 2 4 6 に記載のシステム。

【 0 5 2 6 】

( 付記 2 4 8 ) ロボットアームは、エネルギー源を回転させるように構成される、付記 2 4 6 に記載のシステム。

【 0 5 2 7 】

( 付記 2 4 9 ) 治療プローブは、治療プローブを回転させるためにロボットアーム上に設置された連鎖部に結合される、付記 2 4 6 に記載のシステム。

【 0 5 2 8 】

( 付記 2 5 0 ) 連鎖部は、治療プローブを平行移動させるように構成される、付記 2 4 9 に記載のシステム。

【 0 5 2 9 】

( 付記 2 5 1 ) 内視鏡カメラは、レンズと、シースの中に前進させられたときに治療プローブを視認するように構成されるセンサアレイとを備えている、付記 2 4 0 に記載のシステム。

【 0 5 3 0 】

( 付記 2 5 2 ) 内視鏡カメラは、内視鏡カメラを前進および後退させるための連鎖部に結合される、付記 2 5 1 に記載のシステム。

【 0 5 3 1 】

( 付記 2 5 3 ) 連鎖部は、ロボットアームに結合される、付記 2 5 2 に記載のシステム。

【 0 5 3 2 】

( 付記 2 5 4 ) 内視鏡カメラは、管腔内で内視鏡カメラを前進および後退させるために十分な柱強度で連鎖部に結合するように構成された可撓性延長部を備えている、付記 2 5 2 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

## 【 0 5 3 3 】

(付記 2 5 5) 内視鏡カメラは、連鎖部に結合するように構成された堅い延長部を備えている、付記 2 5 2 に記載のシステム。

## 【 0 5 3 4 】

(付記 2 5 6) 超音波プローブに結合されたアームをさらに備えている、付記 2 2 9 に記載のシステム。

## 【 0 5 3 5 】

(付記 2 5 7) 超音波プローブに結合されたアームは、ロボットアームを備えている、付記 2 5 6 に記載のシステム。

## 【 0 5 3 6 】

(付記 2 5 8) 超音波プローブに結合されるロボットアームは、超音波プローブの視野を位置付け、治療プローブを撮像するように構成される、付記 2 5 7 に記載のシステム。

## 【 0 5 3 7 】

(付記 2 5 9) 超音波プローブに結合されるロボットアームは、治療プローブの位置に反応して、超音波プローブを移動させるように構成される、付記 2 5 8 に記載のシステム。

## 【 0 5 3 8 】

(付記 2 6 0) 超音波プローブは、経直腸超音波 ( T R U S ) プローブを備えている、付記 2 5 6 に記載のシステム。

## 【 0 5 3 9 】

(付記 2 6 1) 超音波プローブは、超音波プローブを平行移動および回転させ、超音波プローブの視野内に治療プローブを位置付けるための連鎖部を備えている、付記 2 5 6 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 0 】

(付記 2 6 2) ロボットアームの端部分に結合するように構成された結合アセンブリをさらに備え、結合アセンブリは、治療プローブをロボットアームに結合するように構成される、付記 2 2 9 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 1 】

(付記 2 6 3) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分に対して治療プローブの向きを確立するために、ロボットアームの端部分に関する向きでロボットアームの端部分に結合するように構成され、随意に、端部分に関連する結合アセンブリの向きは、事前決定された向きを備えている、付記 2 6 2 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 2 】

(付記 2 6 4) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部に結合するための係合構造を備え、ロボットアームは、対応する係合構造を備えている、付記 2 6 3 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 3 】

(付記 2 6 5) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブを回転させるように構成される、付記 2 6 2 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 4 】

(付記 2 6 6) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブを平行移動させるように構成される、付記 2 6 5 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 5 】

(付記 2 6 7) 結合アセンブリは、ロボットアセンブリの端部分が静止したままで、内視鏡カメラを平行移動させるように構成される、付記 2 6 6 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 6 】

(付記 2 6 8) 結合アセンブリは、ロボットアセンブリの端部分が静止したままで、灌注管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成される、付記 2 6 6 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 7 】

(付記 2 6 9) 結合アセンブリは、ロボットアセンブリの端部分が静止したままで、吸引管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成される、付記 2 6 6 に記載のシステム。

## 【 0 5 4 8 】

10

20

30

40

50

(付記 270) 結合アセンブリは、治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔を一緒に平行移動させるように構成される、付記 262 に記載のシステム。

【0549】

(付記 271) 結合アセンブリは、治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔を独立して平行移動させるように構成される、付記 262 に記載のシステム。

【0550】

(付記 272) ロボットアームに結合されたプロセッサをさらに備えている、付記 229 に記載のシステム。

【0551】

(付記 273) プロセッサは、治療プローブをシースの中に前進させるための命令で構成される、付記 272 に記載のシステム。 10

【0552】

(付記 274) プロセッサは、治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させるように構成される、付記 272 に記載のシステム。

【0553】

(付記 275) プロセッサは、治療プローブの伸長軸がシースの伸長軸と整列させられたことを示す入力を受信し、入力にตอบสนองして、シースの伸長軸に沿って治療プローブを前進させるための命令で構成される、付記 274 に記載のシステム。

【0554】

(付記 276) プロセッサは、堅いシースの向きを決定するように構成され、プロセッサは、シースの向きで治療プローブを向きする命令で構成される、付記 272 に記載のシステム。 20

【0555】

(付記 277) シースに結合されたアームは、シースの向きを決定するためのセンサを備えている、付記 276 に記載のシステム。

【0556】

(付記 278) プロセッサは、シースに結合されたアームの継手状態からシースの向きを決定するように構成される、付記 276 に記載のシステム。

【0557】

(付記 279) ロボットアームは、治療プローブの向きを決定するためのセンサを備えている、付記 276 に記載のシステム。 30

【0558】

(付記 280) ロボットアームの端部分に構成された結合アセンブリであって、治療プローブを受け取るための構造と、ロボットアームの端部分に結合し、ロボットアームの端部分に対する治療プローブの向きを確立するための係合構造とを備えている、結合アセンブリ。

【0559】

(付記 281) 端部分に関連する結合アセンブリの向きは、ロボットアームの端部分に対するプローブの事前決定された向きを確立するための事前決定された向きを備えている、付記 280 に記載の結合アセンブリ。 40

【0560】

(付記 282) ロボットアームは、対応する係合構造を備えている、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0561】

(付記 283) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブを回転させるように構成される、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0562】

(付記 284) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブを平行移動させるように構成される、付記 283 に記載の結合アセンブリ。

【0563】

(付記 285) 結合アセンブリは、ロボットアセンブリの端部分が静止したままで、内視鏡カメラを平行移動させるように構成される、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0564】

(付記 286) 結合アセンブリは、ロボットアセンブリの端部分が静止したままで、灌注管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成される、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0565】

(付記 287) 結合アセンブリは、ロボットアセンブリの端部分が静止したままで、吸引管腔の遠位開口部を平行移動させるように構成される、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0566】

(付記 288) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔と一緒に平行移動させるように構成される、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0567】

(付記 289) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、および吸引管腔を独立して平行移動させるように構成される、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0568】

(付記 290) 結合アセンブリは、ロボットアームの端部分が静止したままで、治療プローブ、内視鏡カメラ、灌注管腔、または吸引管腔と一緒に移動させるための 1 つ以上の連鎖部を備えている、付記 280 に記載の結合アセンブリ。

【0569】

(付記 291) 患者を治療する方法であって、治療プローブの伸長軸をシースの伸長軸と整列させるステップと、治療プローブの伸長軸がシースの伸長軸と整列させられたことを示す入力を受信するステップと、入力にตอบสนองして、シースの伸長軸に沿って治療プローブを前進させるステップとを含む、方法。

【0570】

(付記 292) 受動モードは、ゼロ重力モードを備えている、前記付記のいずれか 1 つに記載のシステムまたは方法。

【0571】

(付記 293) クランプに結合されたセンサをさらに備え、クランプは、レールに結合するように構成され、センサは、クランプ、レール、またはロボットアームに結合された支持体のうちの 1 つ以上の荷重を測定するように構成される、前記付記のいずれか 1 つに記載のシステムまたは方法。

【0572】

本発明の好ましい実施形態が、本明細書に示され、説明されているが、そのような実施形態は、一例のみとして提供されることが当業者に明白となるであろう。多数の変形例、変更、および代用が、ここで、本発明から逸脱することなく、当業者に想起されるであろう。本明細書に説明される本発明の実施形態の種々の代替物が、本発明を實踐する際に採用され得ることを理解されたい。以下の請求項は、本発明の範囲を定義し、これらの請求項およびそれらの均等物の範囲内の方法ならびに構造は、それによって網羅されることが意図される。

10

20

30

40

50



【 図 4 A 】

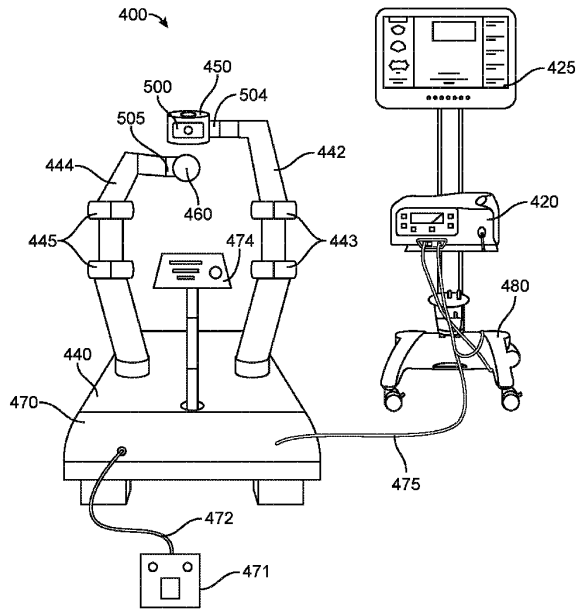


FIG. 4A

【 図 4 B 】

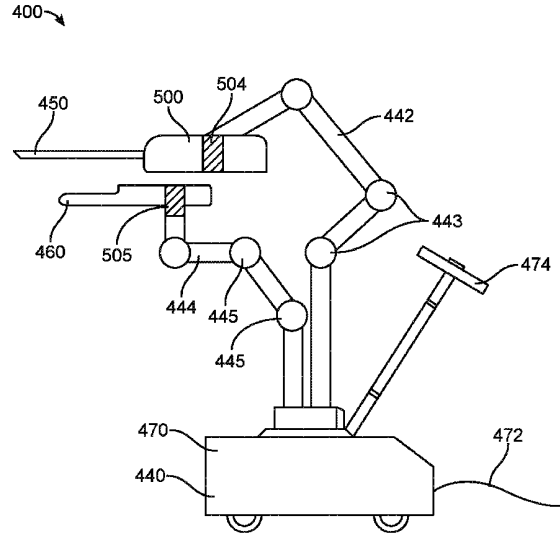


FIG. 4B

【 図 5 A 】

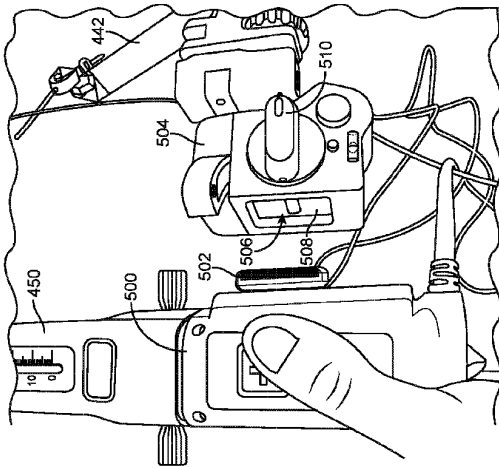


FIG. 5A

【 図 5 B 】

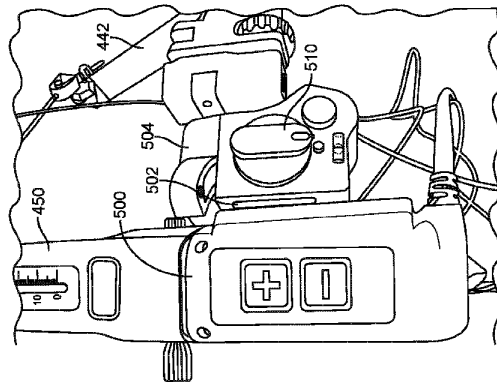


FIG. 5B

10

20

30

40

50

【 図 6 】

600 ↘

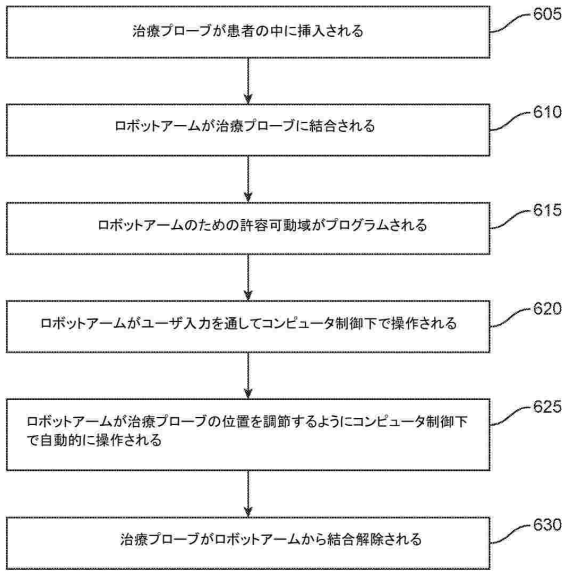


FIG. 6

【 図 7 】

700 ↘

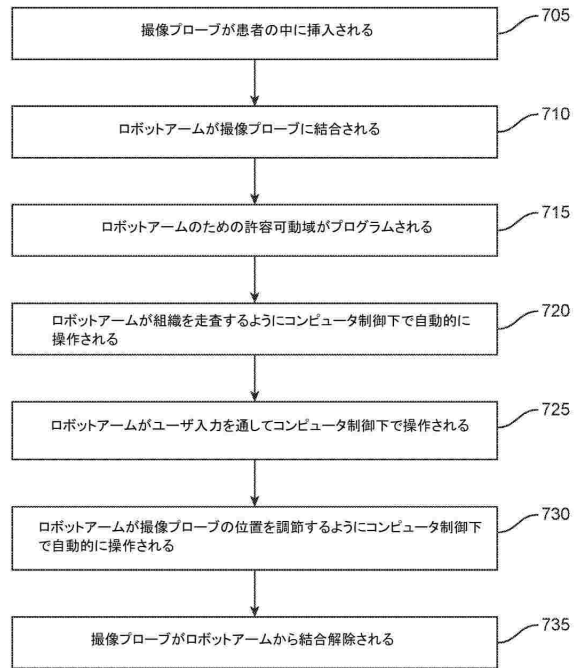


FIG. 7

【 図 8 A 】

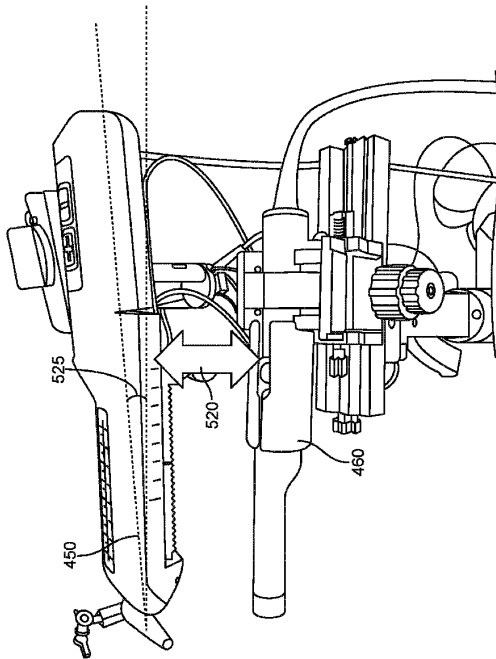


FIG. 8A

【 図 8 B 】

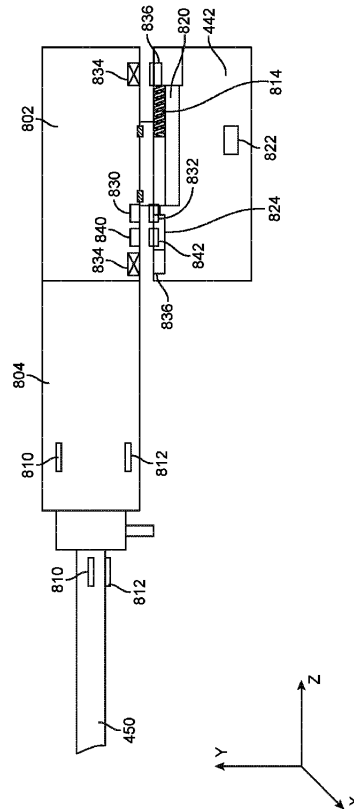


FIG. 8B

10

20

30

40

50

【 図 9 A 】

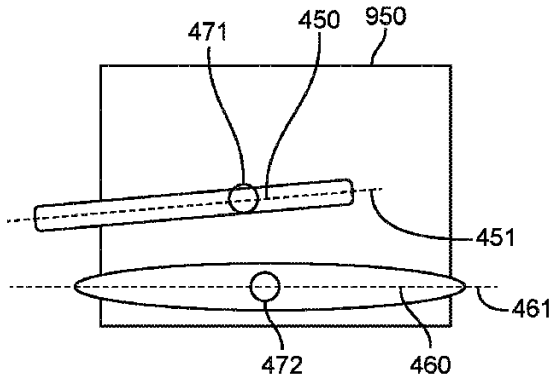


FIG. 9A

【 図 9 B 】

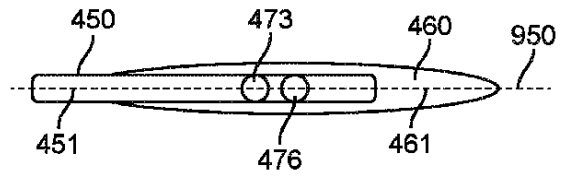


FIG. 9B

【 図 9 C 】

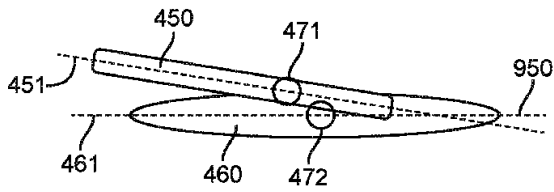


FIG. 9C

【 図 1 0 】

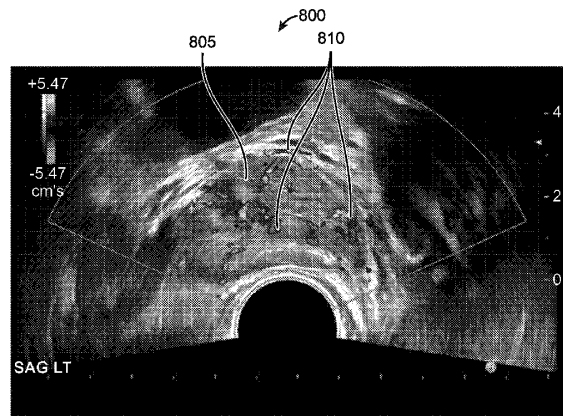


FIG. 10

10

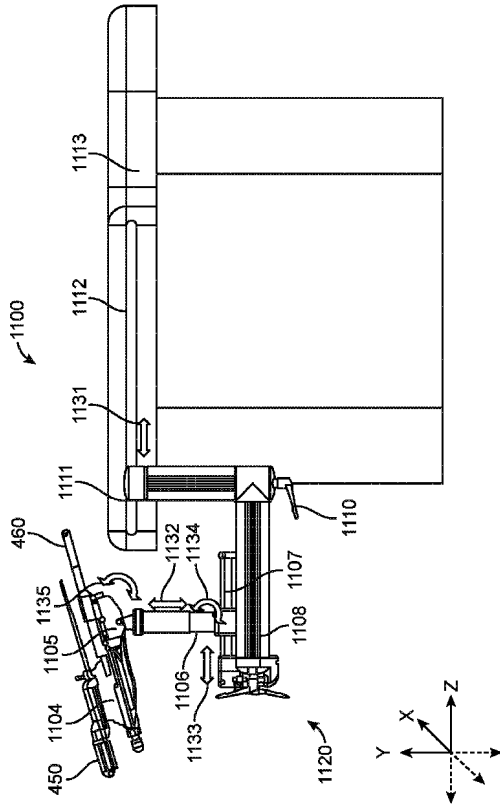
20

30

40

50

【図 11A】



【図 11B】

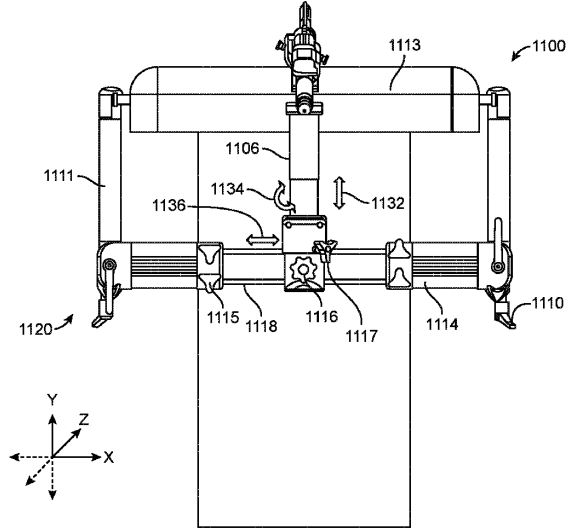
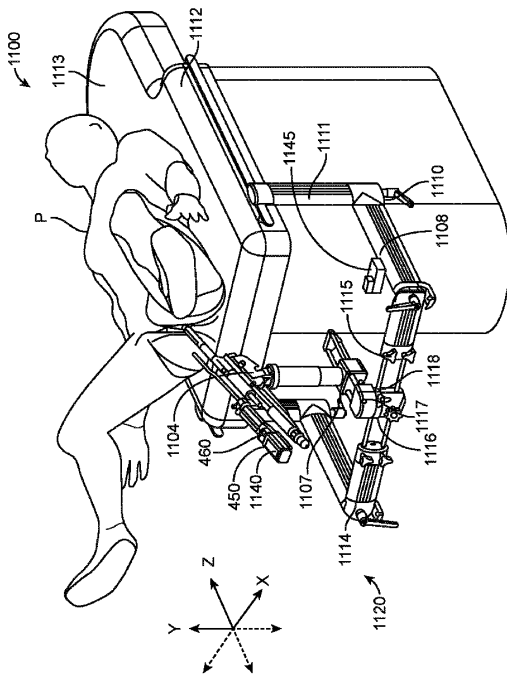


FIG. 11A

FIG. 11B

【図 11C】



【図 12】

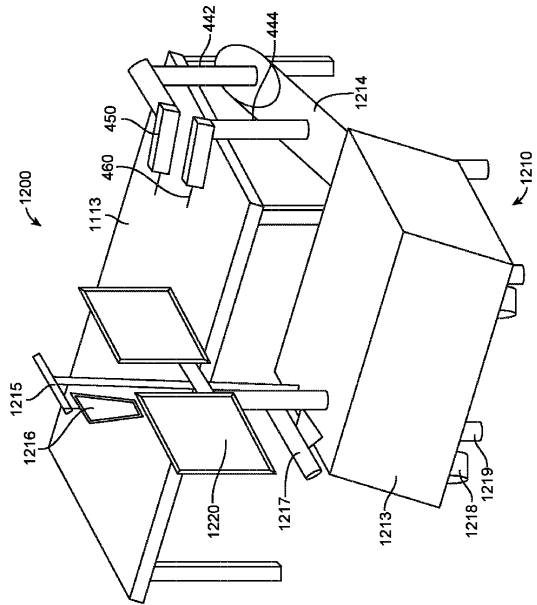


FIG. 11C

FIG. 12

10

20

30

40

50

【 図 1 3 】

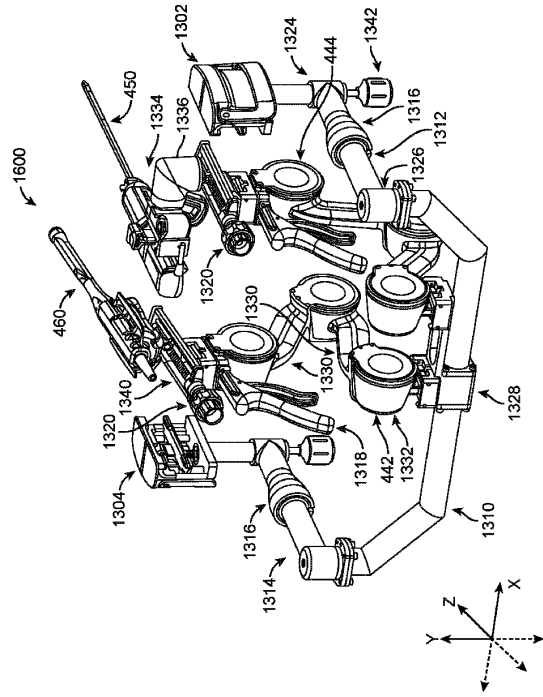


FIG. 13

【 図 1 4 A 】

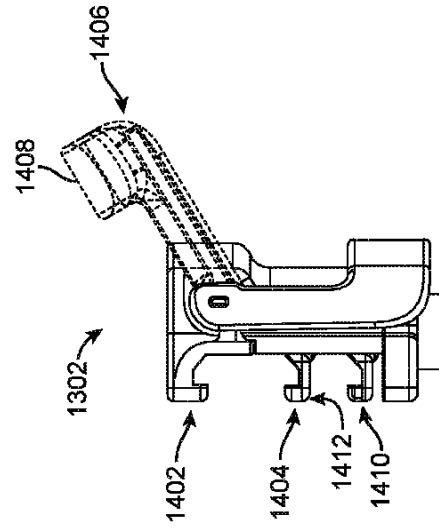


FIG. 14A

【 図 1 4 B 】

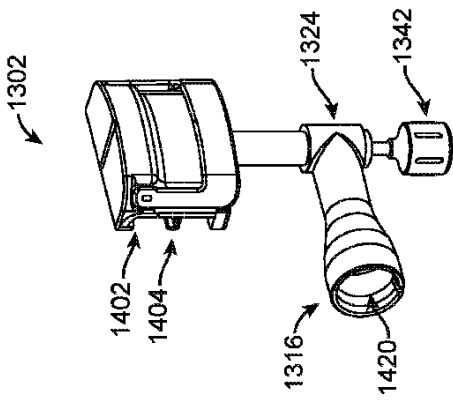


FIG. 14B

【 図 1 4 C 】

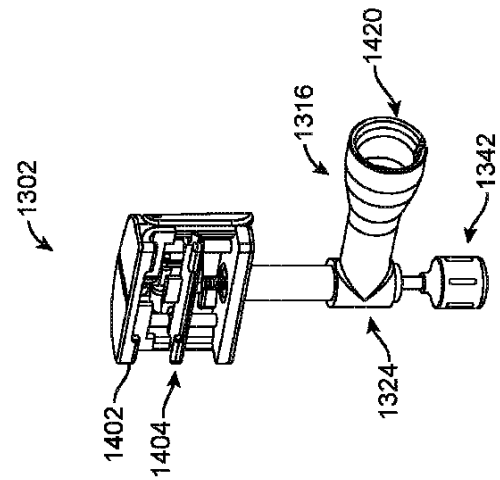


FIG. 14C

10

20

30

40

50

【 15 A 】

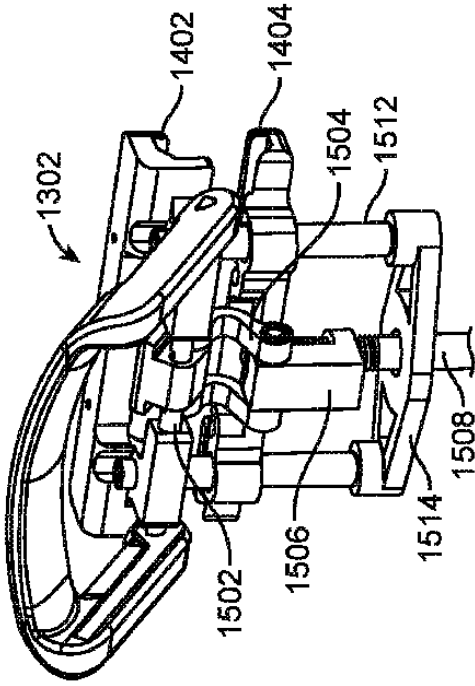


FIG. 15A

【 15 B 】

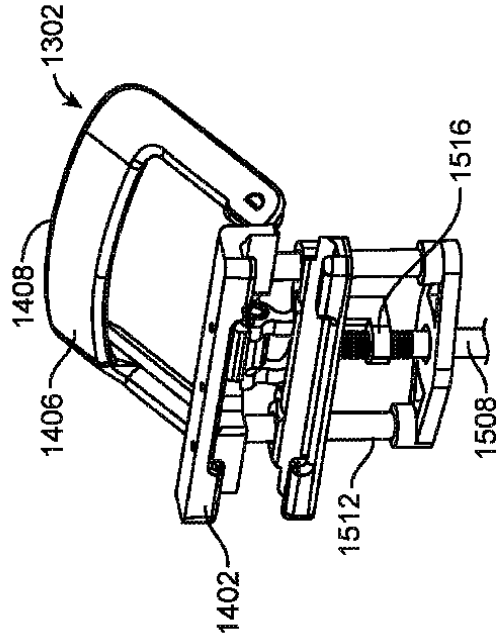


FIG. 15B

【 15 C 】

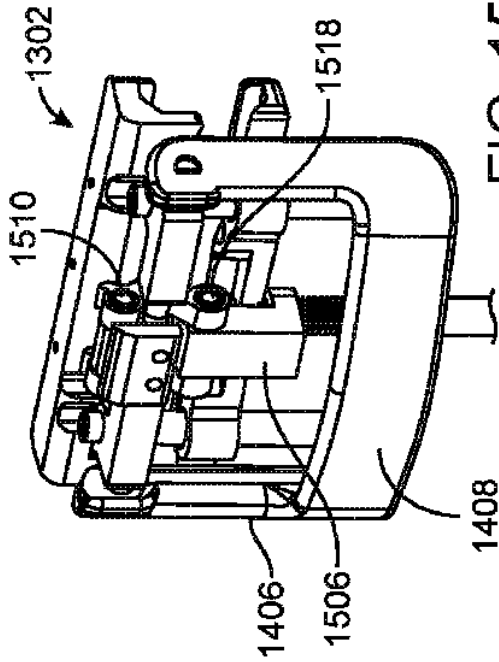


FIG. 15C

【 15 D 】

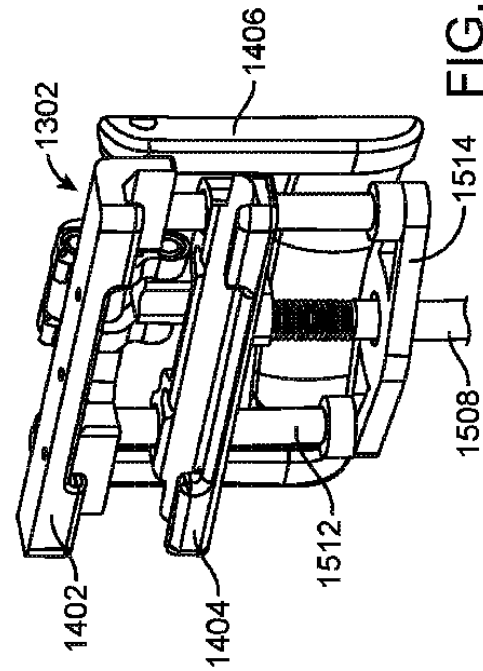


FIG. 15D

10

20

30

40

50

【図 16 A】

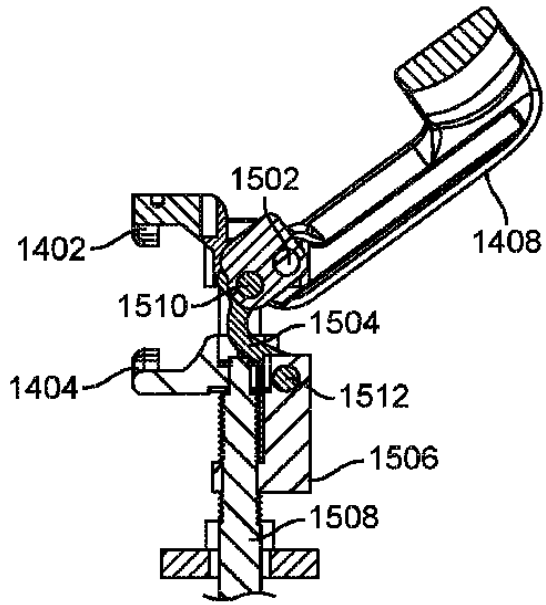


FIG. 16A

【図 16 B】

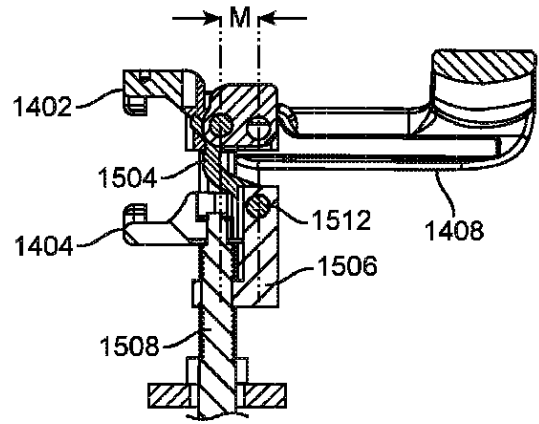


FIG. 16B

【図 16 C】

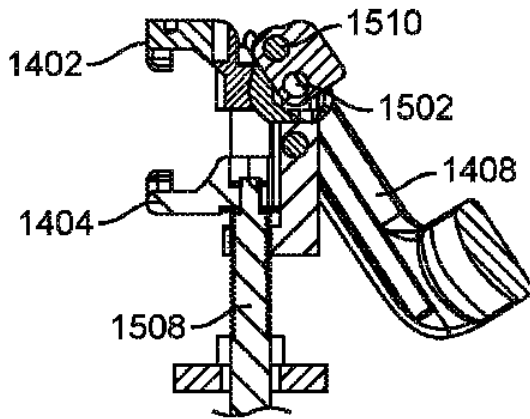


FIG. 16C

【図 16 D】

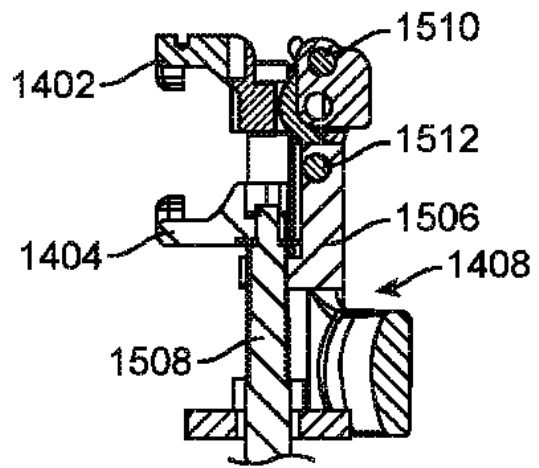


FIG. 16D

10

20

30

40

50

【 17 A 】

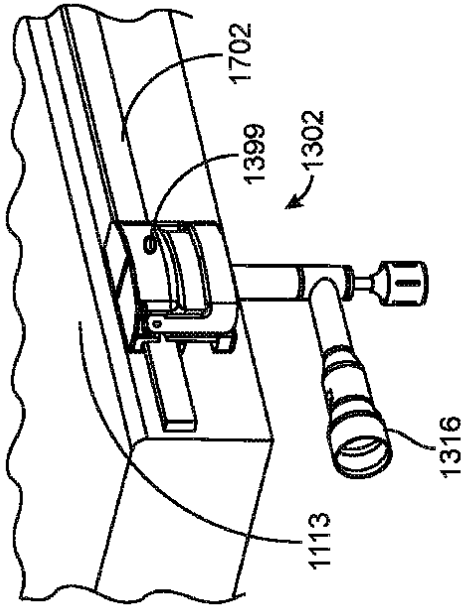


FIG. 17A

【 17 B 】

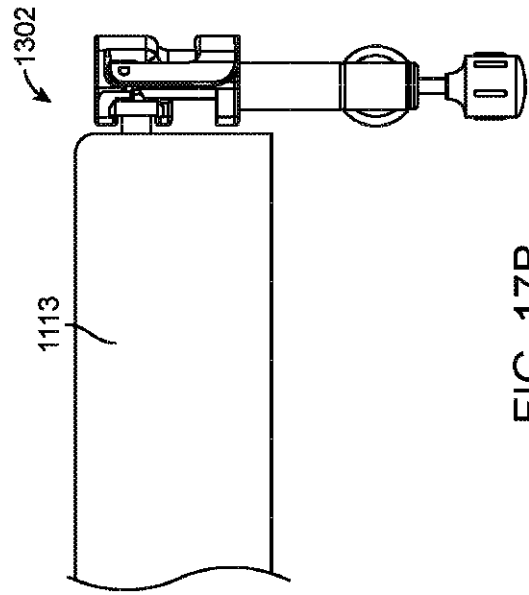


FIG. 17B

【 17 C 】

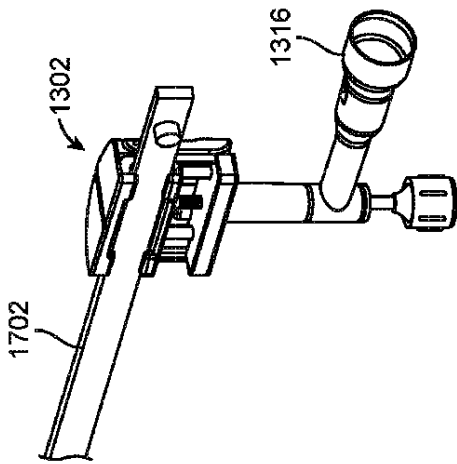


FIG. 17C

【 18 A 】

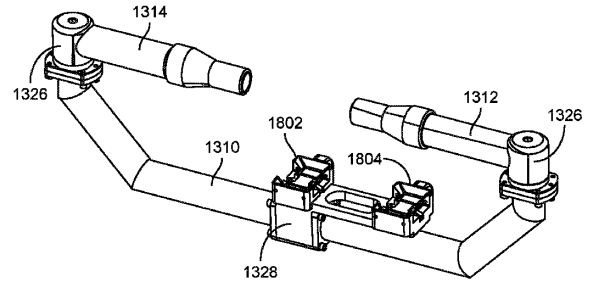


FIG. 18A

10

20

30

40

50

【 18 B 】

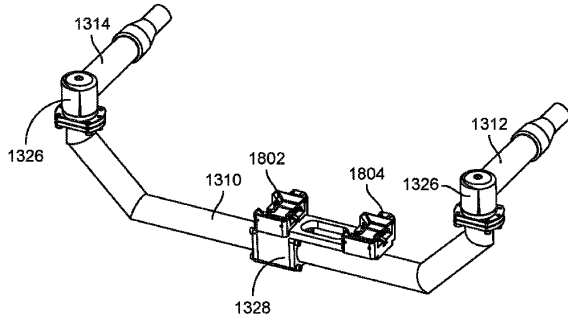


FIG. 18B

【 19 A 】

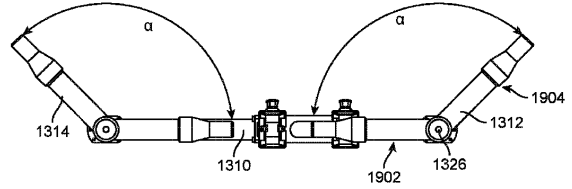


FIG. 19A

【 19 B 】

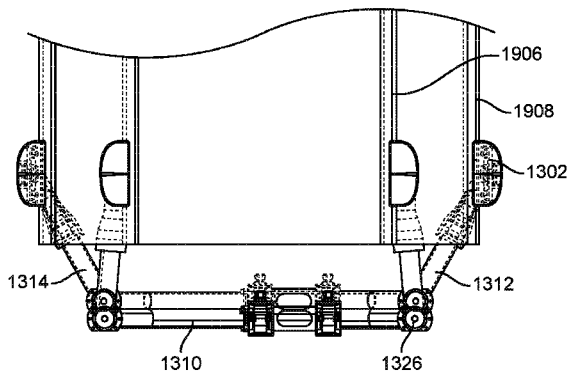


FIG. 19B

【 20 】

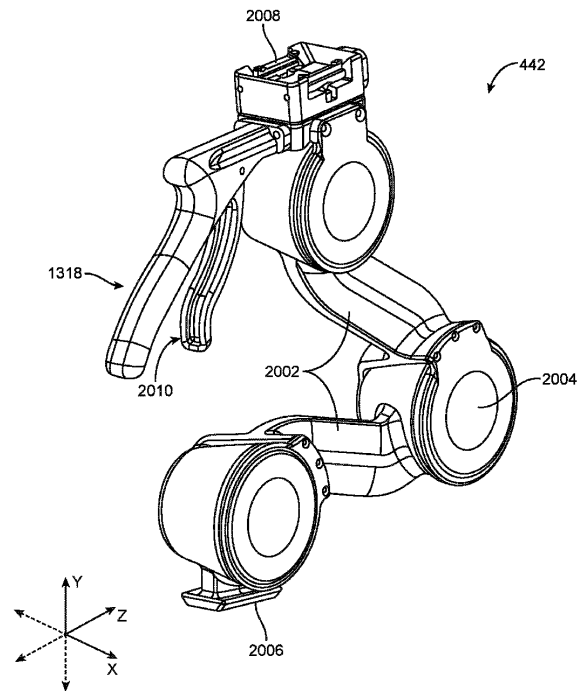


FIG. 20

10

20

30

40

50

【 2 1 】

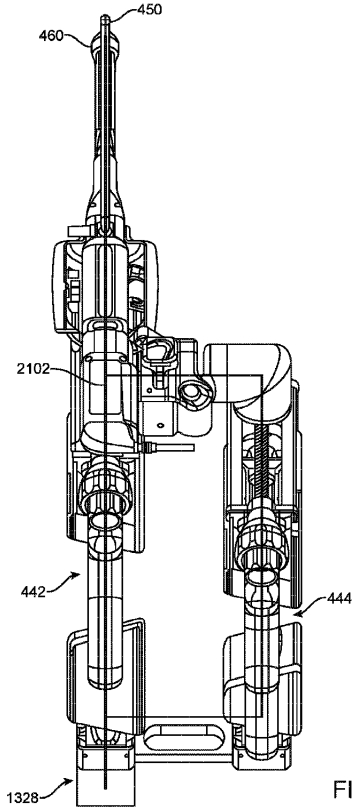


FIG. 21

【 2 2 】

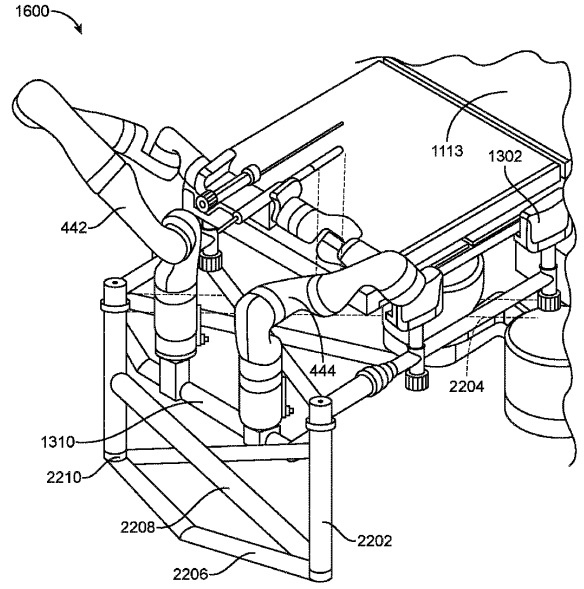


FIG. 22

【 2 3 】

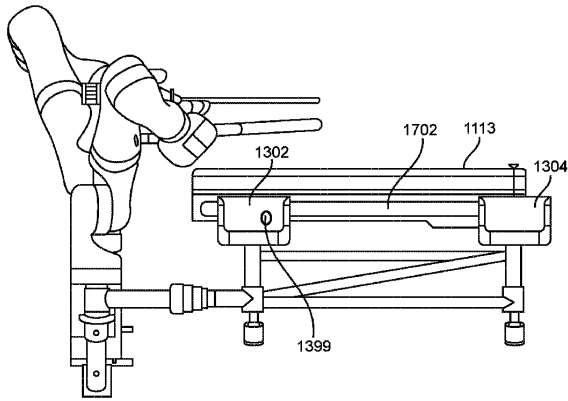


FIG. 23

【 2 4 】

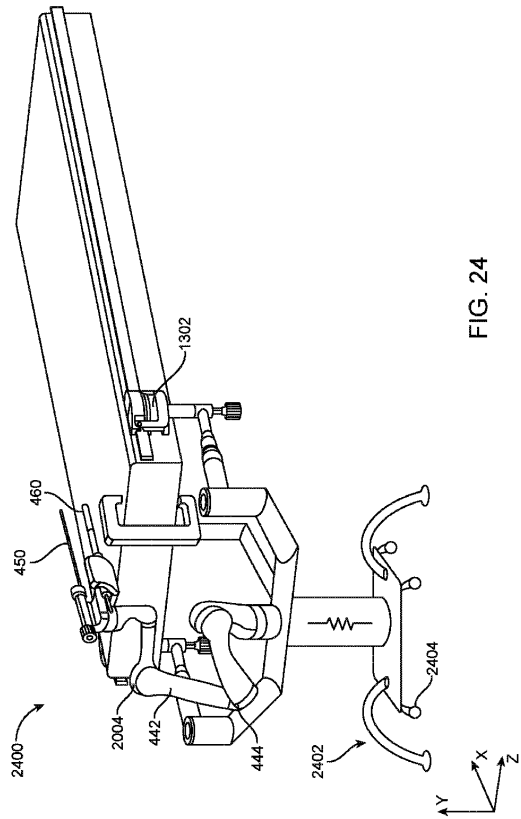


FIG. 24

10

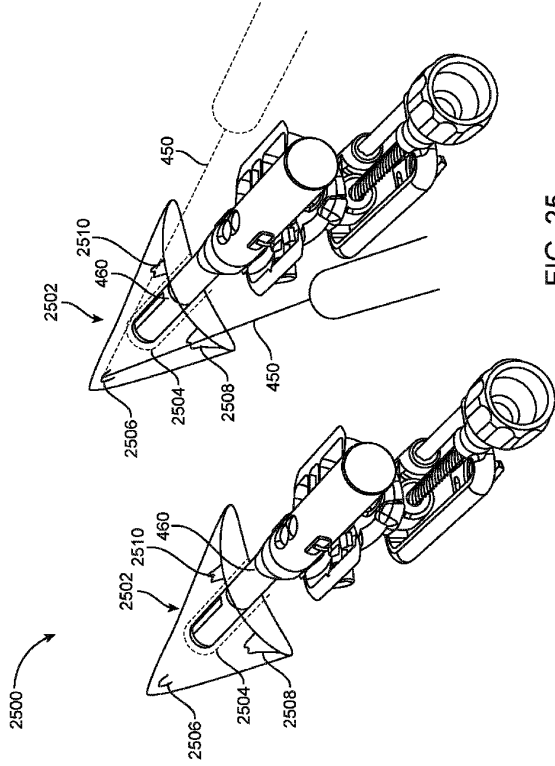
20

30

40

50

【 図 2 5 】



【 図 2 6 】

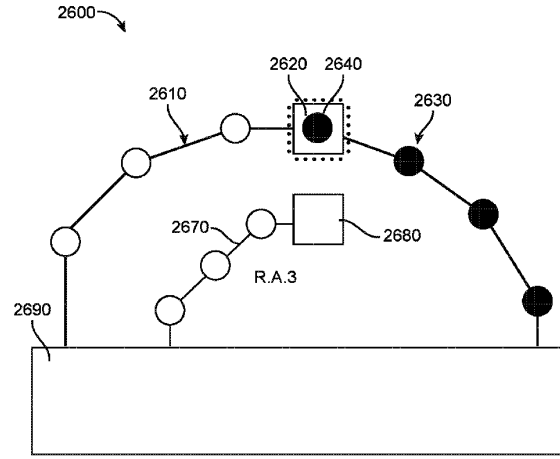


FIG. 25

FIG. 26

10

20

【 図 2 7 】

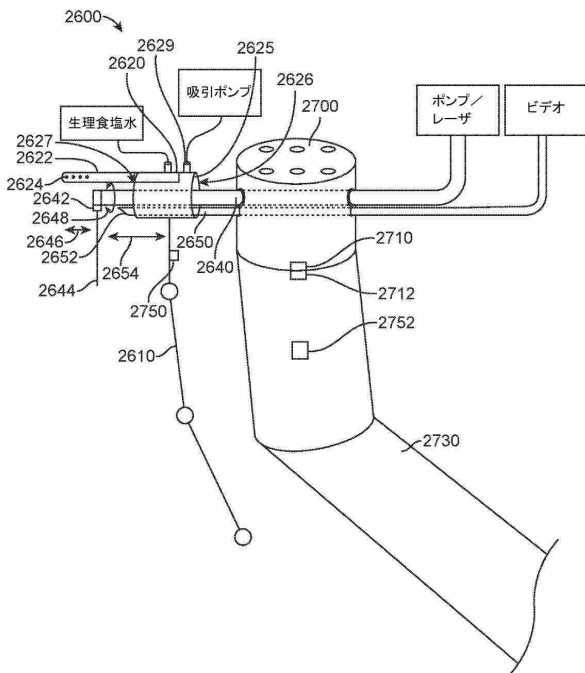


FIG. 27

【 図 2 8 A 】

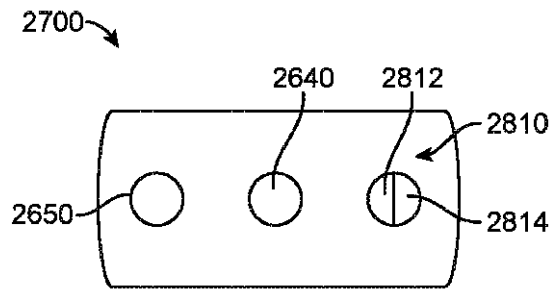


FIG. 28A

30

40

50

【図 28B】

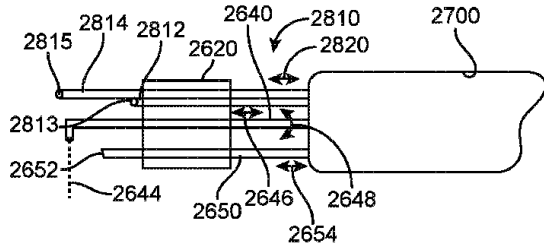


FIG. 28B

【図 29】

2900

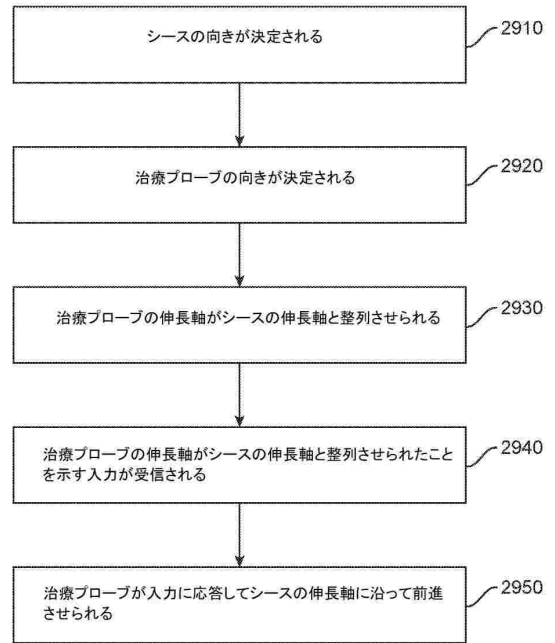


FIG. 29

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

弁護士 山本 健策

## (72)発明者 マントリ, スラゲ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94303, イースト パロ アルト, テイト ストリート 1944

## (72)発明者 アルジュリ, ニコライ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94010, ヒルズバラ, サウスダウン ロード 1212

## (72)発明者 ステイド, ケビン パトリック

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01852, ローエル, ダットン ストリート 265

## (72)発明者 ヘンフィル, ジェイソン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95032, ロス ガトス, カジェ エル パドリー 105

## (72)発明者 ミック, キーガン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94107, サンフランシスコ, 3アールディー ストリート  
2290 ユニット 504

## (72)発明者 ビービー, ルース

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95050, サンタ クララ, フォレスト アベニュー 3611

## (72)発明者 ベントレー, ピーター

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94560, ニューアーク, チェスナット ストリート 37  
042

## (72)発明者 シャー, アレックス

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95120, サン ノゼ, タグリオ コート 6815

審査官 木村 立人

## (56)参考文献 特開2018-198750(JP,A)

特開2015-123201(JP,A)

特開2010-142575(JP,A)

特表2019-501718(JP,A)

## (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 1/32

A61B 17/00 34/37

A61B 90/00 90/98