

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2024-526220
(P2024-526220A)

(43)公表日 令和6年7月17日(2024.7.17)

(51)国際特許分類
A 6 1 B 34/30 (2016.01)
A 6 1 B 34/20 (2016.01)

F I
A 6 1 B 34/30
A 6 1 B 34/20

テーマコード (参考)
4 C 1 3 0

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全116頁)			
(21)出願番号	特願2023-579693(P2023-579693)	(71)出願人	523371090
(86)(22)出願日	令和4年7月1日(2022.7.1)		ムーン サージカル エスアエス
(85)翻訳文提出日	令和6年2月21日(2024.2.21)		フランス国 7 5 0 1 0 パリ, リュ ダ
(86)国際出願番号	PCT/IB2022/056159		ンギャン 9
(87)国際公開番号	WO2023/281372	(74)代理人	100078282
(87)国際公開日	令和5年1月12日(2023.1.12)		弁理士 山本 秀策
(31)優先権主張番号	21305929.8	(74)代理人	100113413
(32)優先日	令和3年7月5日(2021.7.5)		弁理士 森下 夏樹
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	100181674
(31)優先権主張番号	21306904.0		弁理士 飯田 貴敏
(32)優先日	令和3年12月22日(2021.12.22)	(74)代理人	100181641
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		弁理士 石川 大輔
(31)優先権主張番号	21306905.7	(74)代理人	230113332
	最終頁に続く		弁理士 山本 健策
		(72)発明者	アルバレス, ジェフリー バイロン
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 腹腔鏡下外科手術を実施するための外科手術用器具と併用するための光学スキャナを有する協調操作式外科手術用システム

(57)【要約】
腹腔鏡下外科手術手技を補助するために使用され得る、協調操作式ロボット型システムが、本明細書に説明される。協調操作式ロボット型システムは、外科医が、外科手術ロボット工学と関連付けられる、利益を提供しながら、市販の外科手術用ツールを使用することを可能にする。有利なこととして、外科手術用ツールは、ロボット腕の再使用可能部分が滅菌ドレーブ内に残されたまま、使い捨て結合器を使用して、ロボット腕にシームレスに結合され得る。さらに、協調操作式ロボット型システムは、外科医が、直接、器具ハンドルを用いて、器具を位置付け、さらに、ロボット腕を使用して、器具の所望の位置を維持することを可能にしながら、複数のモードで動作し、有用性および安全性を向上させ得る。

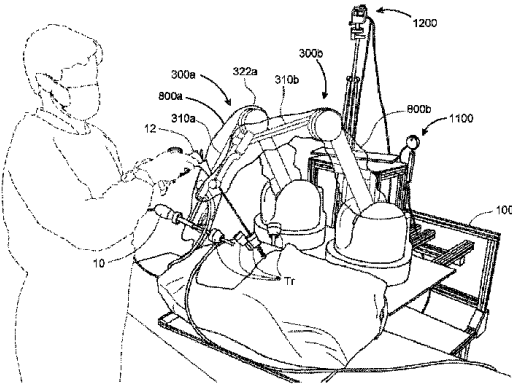


FIG. 12

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外科手術手技を実施するための協調操作式外科手術用ロボットシステムであって、前記協調操作式外科手術用ロボットシステムは、

第 1 の外科手術用ロボットであって、前記 1 の外科手術用ロボットは、

基部と、

前記基部と結合される腕と、

前記腕と結合され、前記腕を前記基部に対して移動させるように構成されるモータとを備える、第 1 の外科手術用ロボットと、

前記腕を制御するように構成されるコントローラと、

深度データを収集するように構成される光学スキャナと

を備える、協調操作式外科手術用ロボットシステム。

10

【請求項 2】

前記光学スキャナは、前記協調操作式外科手術用ロボットシステムに対する器具の位置および配向に関連する深度データを収集するように構成される、請求項 1 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記深度データに基づいて、前記器具が前記第 1 の外科手術用ロボットと結合されているかどうかを決定するようにプログラムされる、請求項 2 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

20

【請求項 4】

前記コントローラは、少なくとも部分的に、前記深度データに基づいて、前記器具のタイプを識別するようにプログラムされる、請求項 2 または 3 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 5】

前記光学スキャナは、器具の位置および移動に関連する深度データを収集するように構成され、前記器具は、外科医によって自由に保持され、外科手術用ロボットと結合されない、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 6】

前記光学スキャナは、前記患者の中に挿入されるトロカールに関連する深度データを収集するように構成される、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

30

【請求項 7】

前記システムは、前記トロカールの位置が閾値量を上回って変化する場合、前記第 1 の外科手術用ロボットの前記腕および／または前記基部を移動させるように構成される、請求項 6 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 8】

第 2 の外科手術用ロボットをさらに備え、

前記第 2 の外科手術用ロボットは、

第 2 の基部と、

前記第 2 の基部と結合される第 2 の腕と、

前記第 2 の腕と結合され、前記第 2 の腕を前記第 2 の基部に対して移動させるように構成される第 2 のモータと

40

を備える、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 9】

前記光学スキャナは、10メートルの範囲において、少なくとも5mmの正確度を有する、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 10】

前記光学スキャナは、外科手術手技の間、外科医の手に関連する深度データを収集する

50

ように構成される、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 1】

前記コントローラは、以下の動作モード、すなわち、
受動補助モードと、
協調操作補助モードと、
ロボット補助モードと、
力覚モードと

のうちの少なくとも 1 つに従って、前記第 1 の外科手術用ロボットの腕を制御するように構成され、

前記受動補助モードでは、前記腕は、静的であり、

前記協調操作補助モードでは、前記腕は、オペレータによって自由に移動可能である一方、前記モータは、少なくとも部分的に、同時に、前記腕を移動させ、前記腕の端部部分と結合される前記器具の位置および／または配向を改善および／または少なくとも前記腕および前記腕の端部部分と結合される前記器具にかかる重力を補償し、

前記ロボット補助モードでは、前記モータは、前記腕を移動させ、前記腕の端部部分と結合される前記器具を再位置付けし、

前記力覚モードでは、前記腕は、オペレータによって移動可能である一方、前記モータは、少なくとも前記腕および／または前記腕の端部部分と結合される器具にかかる重力を補償し、少なくとも前記器具を事前に定義された軌跡に沿って誘導し、前記腕および／または前記腕の端部部分と結合される前記器具の望ましくない移動を防止し、特定の空間外への前記腕の移動を防止および／または特定の空間の中への前記腕の移動を防止する、

前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 2】

前記光学スキャナは、前記深度データを使用して、前記第 1 の外科手術用ロボットの腕と、患者、少なくとも前記第 1 の外科手術用ロボットを支持する支持プラットフォーム、別の外科手術用ロボット、および／または手術室内の別の物体のうちの少なくとも 1 つとの間の潜在的不注意による衝突を識別し、ユーザに、前記潜在的不注意による衝突を警告および／または前記第 1 の外科手術用ロボットの腕の移動を阻止および／または前記第 1 の外科手術用ロボットの腕の移動を引き起こし、そのような衝突を回避するように構成される、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 3】

前記第 1 の外科手術用ロボットは、支持プラットフォームによって支持され、前記協調操作式外科手術用ロボットシステムは、前記光学スキャナによって収集された前記深度データに基づいて、前記第 1 の外科手術用ロボットを前記支持プラットフォームに対して移動させ、前記支持プラットフォーム上の前記第 1 の外科手術用ロボットの位置を最適化するように構成される、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 4】

前記光学スキャナは、外科手術手技の間、外科医の手の移動を記録するために使用される深度データを収集するように構成される、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 5】

前記第 1 の外科手術用ロボットは、支持プラットフォームの移動性を可能にするように構成される複数の車輪を備える支持プラットフォームによって支持され、前記複数の車輪は、係合され、前記支持プラットフォームの移動性を防止するように構成される制動機構を備える、前記請求項のいずれか 1 項に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 6】

前記支持プラットフォーム上に配置され、深度データを収集するように構成される 1 つまたはそれを上回る付加的な光学スキャナをさらに備える、請求項 1 5 に記載の協調操作式

10

20

30

40

50

外科手術用ロボットシステム。

【請求項 17】

前記光学スキャナまたは前記 1 つまたはそれを上回る付加的光学スキャナのうちの少なくとも 1 つは、深度カメラ、立体 RGB カメラ、LiDAR デバイス、または電磁、容量、または赤外線近接度センサのうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 16 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 18】

前記コントローラに動作可能に結合されるディスプレイをさらに備え、

前記コントローラは、前記光学スキャナまたは前記 1 つまたはそれを上回る光学スキャナのうちの少なくとも 1 つから収集された前記深度データに基づいて、前記支持プラットフォームを囲繞するエリアのマップを発生させ、前記ディスプレイに、前記マップを表示させるように構成される、

請求項 16 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 19】

前記コントローラによって発生された前記マップは、前記支持プラットフォームを囲繞するエリア内の 1 つまたはそれを上回る物体および／または 1 人またはそれを上回る人物に対する前記支持プラットフォームのグラフィカル表現を備える、請求項 18 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 20】

前記コントローラは、前記マップが、前記支持プラットフォームが前記支持プラットフォームを囲繞するエリア内の 1 つまたはそれを上回る物体および／または 1 人またはそれを上回る人物から所定の距離以内にあることを示す場合、アラートを発生させるように構成される、請求項 19 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 21】

前記制動機構に動作可能に結合されるアクチュエータであって、前記アクチュエータは、前記制動機構に係脱し、前記支持プラットフォームの移動性を可能にするように作動されるように構成される、アクチュエータ

をさらに備え、

前記コントローラは、前記制動機構に係脱されると、自動的に、前記ディスプレイに、前記マップを表示させる、

請求項 18 に記載の協調操作式外科手術用ロボットシステム。

【請求項 22】

外科手術手技を実施するための協調操作式外科手術用ロボットシステムであって、前記協調操作式外科手術用ロボットシステムは、

外科手術用ロボットであって、

基部と、

前記基部と結合される腕と、

前記腕と結合されるモータと

を備える、外科手術用ロボットと、

患者の周囲の 1 つまたはそれを上回る物体の移動を追跡するように構成される光学スキャナと、

コントローラであって、前記コントローラは、光学センサから、1 つまたはそれを上回る物体の移動に関するデータを収集し、1 つまたはそれを上回る物体の移動に応答して、前記外科手術用ロボットの腕を移動させるように構成される、コントローラと

を備える、協調操作式外科手術用システム。

【請求項 23】

前記コントローラは、前記基部を少なくとも 1 自由度において移動させるように構成される、請求項 22 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 24】

外科手術用器具を使用して実施される腹腔鏡下外科手術を補助するための協調操作式外

10

20

30

40

50

科手術用システムであって、前記外科手術用器具は、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有し、前記協調操作式外科手術用システムは、

ロボット腕であって、前記ロボット腕は、近位端と、前記外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される遠位端と、複数の連結部と、複数のジョイントとを備える、ロボット腕と、

前記ロボット腕を支持するように構成されるプラットフォームであって、前記プラットフォームは、前記プラットフォームの移動性を可能にするように構成される複数の車輪を備える、プラットフォームと、

前記プラットフォームに結合され、深度データを収集するように構成される複数の光学センサと、

前記プラットフォームに動作可能に結合されるディスプレイと、

コントローラであって、前記コントローラは、前記ロボット腕が、前記外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、自由に移動可能となることを可能にするように構成され、前記コントローラは、

前記複数の光学センサによって収集された前記深度データを受信することと、

前記深度データに基づいて、前記プラットフォームを囲繞するエリアのマップを発生させることと、

前記ディスプレイに、前記マップを表示させることと

を行うようにプログラムされる、コントローラと

を備える、協調操作式外科手術用システム。

【請求項 25】

前記複数の光学センサは、深度カメラ、立体RGBカメラ、LiDARデバイス、または電磁、容量、または赤外線近接度センサのうちの少なくとも1つを備える、請求項24に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 26】

前記コントローラによって発生された前記マップは、前記プラットフォームを囲繞するエリア内の1つまたはそれを上回る物体または1人またはそれを上回る人物のうちの少なくとも1つに対する前記プラットフォームのグラフィカル表現を備える、請求項24に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 27】

前記コントローラは、前記マップが、前記プラットフォームが前記プラットフォームを囲繞するエリア内の1つまたはそれを上回る物体または1人またはそれを上回る人物のうちの少なくとも1つから所定の距離内にあることを示す場合、アラートを発生させるように構成される、請求項26に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 28】

係合され、前記プラットフォームの移動性を防止するように構成される制動機構と、

前記制動機構に動作可能に結合されるアクチュエータであって、前記アクチュエータは、前記制動機構に係脱し、前記プラットフォームの移動性を可能にするように作動されるように構成される、アクチュエータと

をさらに備え、

前記コントローラは、前記制動機構が係脱されると、自動的に、前記ディスプレイに、前記マップを表示させる、

請求項24に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 29】

前記コントローラは、前記ロボット腕を少なくとも1自由度において前記プラットフォームに対して移動させるように構成される、請求項24に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 30】

ロボット腕を使用して、腹腔鏡下外科手術を補助するための方法であって、前記ロボッ

10

20

30

40

50

ト腕は、複数の連結部と、複数のジョイントと、プラットフォームの移動性を可能にするように構成される複数の車輪を備えるプラットフォームによって支持される近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される遠位端とを備え、前記方法は、

前記プラットフォームに結合される複数の光学スキャナから、深度データを収集することと、

前記深度データに基づいて、前記プラットフォームを圍繞するエリアのマップを発生させることであって、前記マップは、前記プラットフォームを圍繞するエリア内の1つまたはそれを上回る物体または1人またはそれを上回る人物のうちの少なくとも1つに対する前記プラットフォームのグラフィカル表現を備える、ことと、

前記プラットフォームが、移動し、手術室内で前記プラットフォームの移動を誘導している間、ディスプレイに、前記マップを表示させることと

を含む、方法。

【請求項31】

外科手術用器具を使用して実施される腹腔鏡下外科手術を補助するための協調操作式外科手術用システムであって、前記外科手術用器具は、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有し、前記協調操作式外科手術用システムは、

ロボット腕であって、前記ロボット腕は、近位端と、前記外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される遠位端と、複数の連結部と、前記近位端と前記遠位端との間の複数のジョイントとを備える、ロボット腕と、

前記ロボット腕の近位端に動作可能に結合される基部と、

前記基部内に配置される複数のモータであって、前記複数のモータは、前記複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに動作可能に結合される、複数のモータと、

コントローラであって、前記コントローラは、前記複数のモータに動作可能に結合され、前記ロボット腕が、前記外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、前記基部に対して自由に移動可能となることを可能にするように構成され、前記コントローラは、

前記ロボット腕の遠位端の位置を測定することと、

前記ロボット腕の遠位端の位置が進入点に対して移動するにつれて、前記外科手術用器具の縦軸と平行な複数の仮想線の交点を決定することによって、前記患者の中への前記外科手術用器具の進入点を決定することと、

前記ロボット腕の遠位端の位置、前記進入点、および前記コントローラのメモリ内に記憶される1つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、前記外科手術用器具の重力を補償するために要求される補償力を計算することと、

前記協調操作式外科手術用システムの動作の間、前記複数のモータを介して、前記補償力に基づいて、トルクを前記ロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、前記外科手術用器具の重力を補償することと

を行うようにプログラムされる、コントローラと

を備える、協調操作式外科手術用システム。

【請求項32】

前記コントローラは、前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する前記ロボット腕の移動が、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに応答して、前記ロボット腕に、受動モードにおいて静的位置を維持させるようにプログラムされる、請求項31に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項33】

前記コントローラは、

外力に応答する前記ロボット腕の遠位端の位置の変化を測定することと、

前記ロボット腕の遠位端の位置、前記進入点、および前記1つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、前記ロボット腕の静的位置を維持するために要求される保持力を計算することと、

前記複数のモータを介して、前記補償力および前記保持力に基づいて、トルクを前記ロ

10

20

30

40

50

ロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、前記受動モードにおいて前記ロボット腕の静的位置を維持することと

を行うようにプログラムされる、請求項 3 2 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 3 4】

前記コントローラは、前記補償力、前記保持力、前記 1 つまたはそれを上回る器具パラメータ、および前記進入点に基づいて、前記進入点において、前記外科手術用器具によって前記患者に印加される力を計算するようにプログラムされる、請求項 3 3 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 3 5】

前記コントローラは、前記補償力、前記保持力、前記 1 つまたはそれを上回る器具パラメータ、および前記進入点に基づいて、前記外科手術用器具の動作端に印加される力を計算するようにプログラムされる、請求項 3 3 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 3 6】

前記コントローラは、前記保持力が所定の閾値を超えることを決定することに応答して、前記受動モードから協調操作式モードに切り替えるようにプログラムされ、前記コントローラは、前記ロボット腕が、前記外科手術用器具の重力を補償しながら、前記外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、前記協調操作式モードにおいて、自由に移動可能となることを可能にするように構成される、請求項 3 3 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 3 7】

前記コントローラに動作可能に結合されるグラフィカルユーザインターフェースをさらに備える、請求項 3 6 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 3 8】

前記グラフィカルユーザインターフェースは、前記進入点において前記外科手術用器具によって前記患者に印加される力、前記外科手術用器具の動作端に印加される外力、前記所定の閾値、または前記 1 つまたはそれを上回る器具パラメータのうちの少なくとも 1 つを表示するように構成される、請求項 3 7 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 3 9】

前記グラフィカルユーザインターフェースは、ユーザが、前記所定の閾値を調節することを可能にするように構成される、請求項 3 7 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 4 0】

前記 1 つまたはそれを上回る器具パラメータは、器具タイプ、質量、質量中心、長さ、または器具シャフト直径のうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 3 1 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 4 1】

前記コントローラは、較正ルーチンを実行することによって、前記外科手術用器具の質量を計算するようにプログラムされる、請求項 4 0 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 4 2】

前記コントローラは、前記基部を少なくとも 1 自由度において移動させるように構成される、請求項 3 1 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 4 3】

前記基部に結合されるプラットフォームをさらに備え、前記コントローラは、前記プラットフォームに対して前記基部の垂直および水平移動を引き起こすように構成される、請求項 4 2 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 4 4】

前記ロボット腕の複数のジョイントの 1 つまたはそれを上回るジョイントに動作可能に結合される 1 つまたはそれを上回るセンサであって、前記 1 つまたはそれを上回るセンサは、前記 1 つまたはそれを上回るジョイントの位置を測定し、前記 1 つまたはそれを上回るジョイントの位置を示すデータを発生させるように構成される、1 つまたはそれを上回

10

20

30

40

50

るセンサ

をさらに備え、

前記コントローラは、前記データに基づいて、前記ロボット腕の遠位端の位置を測定するようにプログラムされる、

請求項 31 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 45】

前記 1 つまたはそれを上回るセンサは、前記ロボット腕の複数のジョイントの 1 つまたはそれを上回るジョイント上に配置される 1 つまたはそれを上回るエンコーダを備え、前記複数のエンコーダは、前記少なくともいくつかのジョイントにおける前記複数の連結部の対応する連結部の形成角を測定するように構成され、

前記コントローラは、前記複数のエンコーダによる形成角測定値に基づいて、3D 空間内の前記ロボット腕の遠位端の位置を測定するようにプログラムされる、

請求項 44 に記載の協調操作式外科手術用システム。

【請求項 46】

ロボット腕を使用して、腹腔鏡下外科手術を補助するための方法であって、前記ロボット腕は、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される遠位端と、複数の連結部と、前記近位端と前記遠位端との間の複数のジョイントとを備え、前記方法は、

前記複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに動作可能に結合される複数のモータに動作可能に結合されるコントローラを介して、前記ロボット腕の遠位端の位置を測定することと、

前記ロボット腕の遠位端の位置が進入点に対して移動するにつれて、前記外科手術用器具の縦軸と平行な複数の仮想線の交点を決定することによって、前記患者の中への前記外科手術用器具の進入点を決定することと、

前記ロボット腕の遠位端の位置、前記進入点、および前記コントローラのメモリ内に記憶される 1 つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、前記外科手術用器具の重力を補償するために要求される補償力を計算することと、

前記腹腔鏡下外科手術の間、前記複数のモータを介して、前記補償力に基づいて、トルクを前記ロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、前記外科手術用器具の重力を補償することと

を含み、

前記コントローラは、前記ロボット腕が、前記外科手術用器具の重力を補償しながら、前記外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、前記ロボット腕の近位端に動作可能に結合される基部に対して自由に移動可能となることを可能にするように構成される、方法。

【請求項 47】

前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する前記ロボット腕の移動が、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに応答して、前記ロボット腕に、受動モードにおいて静的位置を維持させることをさらに含む、請求項 46 に記載の方法。

【請求項 48】

外力に応答する前記ロボット腕の遠位端の位置の変化を測定することと、

前記ロボット腕の遠位端の位置、前記進入点、および前記 1 つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、前記ロボット腕の静的位置を維持するために要求される保持力を計算することと、

前記複数のモータを介して、前記補償力および前記保持力に基づいて、トルクを前記ロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、前記受動モードにおいて前記ロボット腕の静的位置を維持することと

をさらに含む、請求項 47 に記載の方法。

【請求項 49】

前記補償力、前記保持力、前記1つまたはそれを上回る器具パラメータ、および前記進入点に基づいて、前記進入点において、前記外科手術用器具によって前記患者に印加される力を計算することをさらに含む、請求項48に記載の方法。

【請求項50】

前記補償力、前記保持力、前記1つまたはそれを上回る器具パラメータ、および前記進入点に基づいて、前記外科手術用器具の動作端に印加される力を計算することをさらに含む、請求項48に記載の方法。

【請求項51】

前記保持力が所定の閾値を超えることを決定することに応答して、前記受動モードから協調操作式モードに切り替えることをさらに含み、前記ロボット腕は、前記外科手術用器具の重力を補償しながら、前記外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、前記外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、前記協調操作式モードにおいて、自由に移動可能である、請求項48に記載の方法。

10

【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、そのそれぞれの内容の全体が、参照することによって本明細書に組み込まれる、2022年3月30日に出願された、第PCT特許出願第PCT/IB2022/052989号、2021年12月22日に出願された、欧州特許出願第21306904.0号、2021年12月22日に出願された、欧州特許出願第21306905.7号、および2021年7月5日に出願された、欧州特許出願第21305929.8号の優先権を主張する。

20

【0002】

本開示は、腹腔鏡下外科手術手技を補助するための光学スキャナを有する、協調操作式ロボット型システムを対象とする。

【背景技術】

【0003】

腹腔鏡下手技の間の視覚およびアクセスを管理することは、課題である。外科手術助手枠組は、助手が、外科医が立っている場所に立つことなく、外科医の視点から、予想および把握し、同様に、手技全体を通して、外科医が着目組織が暴露されることを所望する程度を予想および調節するように求められているため、本質的に不完全である。例えば、腹腔鏡下手技の間、ある助手は、開創器デバイスを保持し、外科医のために組織を暴露することが要求され得る一方、別の助手は、手技の間、腹腔鏡デバイスを保持し、患者内の外科手術空間の視野を外科医に提供することが要求され得、そのうちの一人は、個別のツールを、非実践的位置において、例えば、外科医が付加的な外科手術用器具を能動的に動作させている間、外科医の腕の間から、保持することが要求され得る。

30

【0004】

種々の試行が、本問題点を解決する際に成されている。例えば、患者ベッド／台に搭載される、純粋に機械的デバイスである、レール搭載型整形外科開創器が、腹腔鏡下手技の間、腹腔鏡デバイスを定位置に保持するために使用され得、別のレール搭載型整形外科開創器が、腹腔鏡下手技の間、開創器デバイスを定位置に保持するために使用され得る。しかしながら、レール搭載型整形外科開創器は、ツールに係止解除し、再位置付けし、定位置にロックするために、広範な手動相互作用を要求する。

40

【0005】

Da Vinci外科手術用システム(Intuitive Surgical(Sunnyvale, California))によって市販されている)等の複雑なロボット補助システムが、外科医が外科手術用器具を保持する患者コンソールから遠隔の外科医コンソールから手技を遠隔可能に実施することを可能にすることによって、腹腔鏡下外科手術手技を向上させるために、外科医によって使用されている。そのような複雑なロボッ

50

ト補助システムは、非常に高価であって、非常に大占有面積を有し、手術室内の空間の多くを占める。さらに、そのようなロボット補助システムは、典型的には、システムと互換性がある、一意のシステム特有の外科手術用器具を要求し、したがって、外科医は、彼らが慣れている、標準的既製の外科手術用器具を使用することができない。したがって、外科医は、完全に異なる腹腔鏡下手技を実施する方法を習得することが要求される。

【0006】

これまでに公知になっているシステムおよび方法の前述の短所に照らして、外科医に、必要に応じて、種々の外科手術用器具をシームレスに位置付け、操作するための能力を提供し、したがって、人間および機械的解決策の両方に固有のワークフロー限界を回避する、システムの必要がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示は、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有する、外科手術用器具を使用して実施される、腹腔鏡下外科手術を補助するための、協調操作式外科手術用システムを提供することによって、これまでに公知になっているシステムおよび方法の短所を克服する。協調操作式外科手術用システムは、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合され得る、遠位端と、複数の連結部と、近位端と遠位端との間の複数のジョイントとを有する、ロボット腕を含んでもよい。協調操作式外科手術用システムはさらに、ロボット腕に動作可能に結合される、コントローラを含んでもよい。コントローラは、ロボット腕に、受動モードであって、外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する、ロボット腕の移動が、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに応答して、コントローラが、受動モードでは、ロボット腕に、静的位置を維持させるようにプログラムされ得る、受動モードと、協調操作モードであって、外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力に起因して、ロボット腕において印加される力が、所定の閾値を超えることを決定することに応答して、コントローラが、ロボット腕が、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、協調操作モードでは、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、自由に移動可能となることを可能にするようにプログラムされ得、コントローラが、協調操作モードでは、第1のインピーダンスをロボット腕に印加し、外科手術用器具およびロボット腕の重量を考慮するようにプログラムされ得る、協調操作モードとの間で自動的に切り替えさせるようにプログラムされてもよい。コントローラはさらに、ロボット腕の少なくとも一部が事前に定義された力覚障壁外にあることを決定することに応答して、ロボット腕を、力覚モードに自動的に切り替わらせるようにプログラムされてもよく、コントローラは、力覚モードでは、第1のインピーダンスを上回る第2のインピーダンスをロボット腕に印加し、それによって、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、ロボット腕の移動を、力覚モードでは、協調操作モードより粘弾性にするようにプログラムされてもよい。

【0008】

加えて、協調操作式外科手術用システムは、ロボット腕が基部に対して移動し得るように、ロボット腕の近位端に回転可能に結合される、基部を含んでもよい。例えば、基部は、基部の回転が、第1の軸を中心として、ロボット腕の回転を引き起こすように、第1の軸を中心として回転可能であってもよい。故に、本システムはさらに、コントローラが、第1のモータに動作可能に結合され、第1のモータに、インピーダンスを基部に印加させるようにプログラムされるように、基部内に配置され、基部に動作可能に結合される、第1のモータを含んでもよい。さらに、複数の連結部の肩連結部の近位端が、肩連結部の回転が、肩ジョイントの第2の軸を中心として、肩連結部の遠位に複数の連結部の連結部の回転を引き起こすように、複数のジョイントの肩ジョイントにおいて、基部に回転可能に結合されてもよい。故に、本システムはさらに、コントローラが、第2のモータに動作可能に結合され、第2のモータに、インピーダンスを肩ジョイントに印加させるようにプログラムされるように、基部内に配置され、肩ジョイントに動作可能に結合される、第2の

モータを含んでもよい。例えば、第2の軸は、第1の軸と垂直であってもよい。

【0009】

さらに、複数の連結部の肘連結部の近位端が、肘連結部の回転が、肘ジョイントの第3の軸を中心として、複数の連結部の連結部の回転を肘連結部の遠位に引き起こすように、複数のジョイントの肘ジョイントにおいて、肩連結部の遠位端に回転可能に結合されてもよい。故に、本システムはさらに、コントローラが、第3のモータに動作可能に結合され、第3のモータに、インピーダンスを肘ジョイントに印加させるようにプログラムされるように、基部内に配置され、肘ジョイントに動作可能に結合される、第3のモータを含んでもよい。肩連結部は、基部に回転可能に結合される、近位肩連結部と、肘連結部に回転可能に結合される、遠位肩連結部とを含んでもよい。遠位肩連結部は、近位肩連結部に対する遠位肩連結部の回転が、肩連結部の縦軸と平行な第4の軸を中心として回転するように、複数の連結部の連結部の回転を遠位肩連結部の遠位に引き起こすように、近位肩連結部に対して回転可能であってもよい。

10

【0010】

本システムはさらに、近位肩連結部に対する遠位肩連結部の回転を可能にするように作動され得る、アクチュエータを含んでもよく、非作動状態では、アクチュエータは、近位肩連結部に対する遠位肩連結部の回転を防止する。加えて、複数の連結部の手首連結部の近位端が、手首連結部が、近位手首ジョイントの第5の軸を中心として、肘連結部に対して回転され得るように、複数のジョイントの近位手首ジョイントにおいて、肘連結部の遠位端に回転可能に結合されてもよい。本システムはさらに、肘連結部に対する手首連結部の回転を可能にするように作動され得る、アクチュエータを含んでもよく、非作動状態では、アクチュエータは、肘連結部に対する手首連結部の回転を防止する。手首連結部は、肘連結部の遠位端に回転可能に結合される、近位手首連結部と、第6の軸を中心として、近位手首連結部に回転可能に結合される、中央手首連結部と、第7の軸を中心として、中央手首連結部に回転可能に結合される、遠位手首連結部とを含んでもよい。遠位手首連結部は、外科手術用器具に除去可能に結合されてもよい。

20

【0011】

本システムはさらに、基部に結合される、プラットフォームを含んでもよい。プラットフォームは、プラットフォームに対して、基部の垂直および水平移動を可能にし、それによって、プラットフォームに対して、ロボット腕の垂直および水平移動を引き起こしてもよい。プラットフォームは、プラットフォームの移動性を可能にし得る、複数の車輪を含んでもよく、複数の車輪は、プラットフォームの移動性を防止するように作動され得る、制動機構を有する。さらに、コントローラは、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具と関連付けられる、情報を受信するようにプログラムされてもよく、情報は、器具タイプ、重量、質量中心、長さ、または器具シャフト直径のうちの少なくとも1つを含む。

30

【0012】

本システムはさらに、複数の外科手術用器具と関連付けられる、情報を有する、データベースを含んでもよく、コントローラは、データベースにアクセスし、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具と関連付けられる、情報を読み出すようにプログラムされる。加えて、本システムは、コントローラが、測定された深度データに基づいて、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具を識別するようにプログラムされるように、深度データを測定し得る、光学スキャナを含んでもよい。さらに、コントローラは、外科手術用器具がロボット腕の遠位端に結合されると、外科手術用器具に対して較正されるようにプログラムされてもよい。

40

【0013】

本システムはさらに、ロボット腕のためのモータが全て、基部筐体内に配置されるように、ロボット腕の近位端における、基部筐体と、ロボット腕を制御するためのモータとを含んでもよい。例えば、本システムはさらに、ロボット腕が基部に対して移動し得るように、ロボット腕の近位端に回転可能に結合される、基部と、コントローラが、複数のモータ

50

タに動作可能に結合され、複数のモータの電流を測定するようにプログラムされるように、複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに動作可能に結合される、基部内に配置される、複数のモータとを含んでもよい。

【0014】

コントローラはさらに、複数のモータの測定された電流に基づいて、ロボット腕の遠位端に印加される力を計算するようにプログラムされてもよい。さらに、コントローラは、外科手術用器具がロボット腕の遠位端に結合されると、外科手術用器具の縦軸に基づいて、患者の中への外科手術用器具の進入点をリアルタイムで決定するようにプログラムされてもよい。例えば、コントローラは、外科手術用器具が進入点に対して移動するにつれて、外科手術用器具の縦軸と平行な複数の仮想線の交点を決定することによって、患者の中への外科手術用器具の進入点をリアルタイムで決定するようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、ロボット腕の遠位端に印加される力、外科手術用器具の長さ、外科手術用器具の質量中心、および進入点に基づいて、外科手術用器具の動作端に印加される力を計算するようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、ロボット腕の遠位端に印加される力、外科手術用器具の質量中心、および進入点に基づいて、患者の中への外科手術用器具の進入点において患者に印加される力を計算するようにプログラムされてもよい。コントローラはさらに、協調操作式外科手術用システムの障害条件を検出するようにプログラムされてもよく、重大な障害条件が、検出される場合、コントローラは、複数のモータの制動の作動を引き起こしてもよい。さらに、コントローラは、ロボット腕の遠位端に印加される力が、所定の期間内で所定の力閾値を超える場合、第3のインピーダンスをロボット腕に印加し、ロボット腕の移動に抵抗するようにプログラムされてもよい。

10

20

【0015】

本システムはさらに、複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイント上に配置される、複数のエンコーダを含んでもよく、複数のエンコーダは、コントローラが、複数のエンコーダによる形成角測定値に基づいて、3D空間内のロボット腕の遠位端の位置を決定するようにプログラムされ得るように、少なくともいくつかのジョイントにおける、複数の連結部の対応する連結部の形成角を測定してもよい。加えて、本システムは、ロボット腕の複数の連結部の少なくとも1つの連結部上に配置される、1つまたはそれを上回るインジケータを含んでもよく、1つまたはそれを上回るインジケータは、複数の色を照明してもよく、各色は、協調操作式外科手術用システムの状態を示す。例えば、複数の色の第1の色は、ロボット腕が受動モードにあることを示してもよく、複数の色の第2の色は、ロボット腕が協調操作モードにあることを示してもよく、複数の色の第3の色は、ロボット腕が力覚モードにあることを示してもよい。さらに、複数の色の第4の色は、協調操作式外科手術用システムの障害条件がコントローラによって検出されていることを示してもよい。加えて、複数の色の第5の色は、外科手術用器具がロボット腕の遠位端に結合されていないことを示してもよい。

30

【0016】

事前に定義された力覚障壁が、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具を誘導し、腹腔鏡下外科手術を補助するために使用されてもよい。例えば、事前に定義された力覚障壁は、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具を、トロカールの中に誘導し得る、力覚漏斗であってもよい。コントローラは、外科手術用器具がロボット腕の遠位端に結合されていないとき、第3のインピーダンスをロボット腕に印加し、ロボット腕の重量を考慮するようにプログラムされてもよい。さらに、受動モードでは、コントローラは、第3のインピーダンスをロボット腕に印加し、外科手術用器具の重量、ロボット腕の重量、および外科手術用器具に印加される外力に起因して、ロボット腕の遠位端に印加される力を考慮し、ロボット腕に、静的位置を維持させるようにプログラムされてもよい。

40

【0017】

本システムはさらに、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具と関連付けら

50

れる、情報を表示し得る、グラフィカルユーザインターフェースを含んでもよい。グラフィカルユーザインターフェースは、ユーザが、ロボット腕を受動モードに自動的に切り替わらせるための外科手術用器具のハンドルにおける所定の移動量または所定の停留期間、ロボット腕を協調操作モードに自動的に切り替わらせるための外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力の所定の閾値、事前に定義された力覚障壁の位置、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具の識別、ロボット腕の垂直高、またはロボット腕の水平位置のうちの少なくとも1つを調節することを可能にしてもよい。

【0018】

本システムはさらに、ロボット腕の遠位端に配置される、結合器インターフェースに除去可能に結合され得る、結合器本体を含んでもよい。結合器本体は、それを通して、外科手術用器具の伸長シャフトを受容するようにサイズ決めおよび成形される、管腔を有してもよく、伸長シャフトが管腔内で摺動可能に移動可能である、開放状態と、結合器本体に対する伸長シャフトの縦方向移動が、阻止される一方、結合器本体に対する伸長シャフトの回転移動が、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、可能にされ得る、閉鎖状態との間で遷移してもよい。例えば、結合器本体が、閉鎖状態において、結合器インターフェースに結合されると、ロボット腕は、外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力に起因して、ロボット腕において印加される力が、所定の閾値を超える場合、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、自由に移動可能となることを可能にされてもよい。閉鎖状態では、結合器本体の管腔と外科手術用器具の伸長シャフトとの間の摩擦力に起因して、結合器本体に対する伸長シャフトの縦方向移動は、阻止され得る一方、結合器本体に対する伸長シャフトの回転移動は、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して可能にされる。

【0019】

加えて、結合器本体は、磁気接続を介して、結合器インターフェースに除去可能に結合されてもよい。コントローラは、結合器本体が、結合器インターフェースに結合されると、磁気接続の整合に基づいて、ロボット腕の遠位端に対する外科手術用器具の配向を決定するようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、滅菌ドレープが、腹腔鏡下外科手術の間、外科手術用器具とロボット腕との間の接触を防止するように、結合器本体と結合器インターフェースとの間に配置され得る、滅菌ドレープを含んでもよい。ロボット腕の遠位端は、腹腔鏡、開創器ツール、グラスパツール、または外科手術用切断ツールのうちの少なくとも1つに除去可能に結合されてもよい。例えば、ロボット腕の遠位端が、腹腔鏡に結合されると、コントローラは、腹腔鏡の視野内の1つまたはそれを上回る外科手術用器具のエンドエフェクタを光学的に追跡し、1つまたはそれを上回る外科手術用器具のエンドエフェクタが腹腔鏡の視野内の事前に定義された境界内にないことを決定することに応答して、ロボット腕を、ロボット補助モードに自動的に切り替わらせるようにプログラムされてもよい。さらに、コントローラは、1つまたはそれを上回る外科手術用器具のエンドエフェクタが腹腔鏡の視野内の事前に定義された境界内にあるように、ロボット腕に、腹腔鏡を移動させ、腹腔鏡の視野を調節させるようにプログラムされてもよい。

【0020】

協調操作式外科手術用システムは、遠隔外科医コンソールにおいて受信されるユーザ入力を介して、遠隔操作され得ない。加えて、協調操作式外科手術用システムは、腹腔鏡下外科手術を実施する外科医が、腹腔鏡下外科手術を実施する間、協調操作式外科手術用システムの任意の部分に接触し、外科手術用器具を移動させないように、構造化されてもよい。さらに、本システムは、深度データを測定するために、光学スキャナ、例えば、LiDARデバイスを含んでもよい。例えば、コントローラは、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具に印加される移動が、意図されるユーザによるものであるかどうかを決定するようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、深度データに基づいて、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具を識別するようにプログラムされてもよい。

【0021】

加えて、本システムは、近位端と、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有する、第2の外科手術用器具に除去可能に結合され得る、遠位端と、複数の連結部と、近位端と遠位端との間の複数のジョイントとを有する、第2のロボット腕を含んでもよい。故に、コントローラは、第2のロボット腕に動作可能に結合され、第2のロボット腕を、受動モードであって、第2の外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する、第2のロボット腕の移動が、第2のロボット腕と関連付けられる、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに対応して、コントローラが、受動モードでは、第2のロボット腕に、静的位置を維持させるようにプログラムされ得る、受動モードと、協調操作モードであって、第2の外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力に起因して、第2のロボット腕において印加される力が、第2のロボット腕と関連付けられる、所定の閾値を超えることを決定することに対応して、コントローラが、協調操作モードでは、第2の外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、第2の外科手術用器具のハンドルにおける移動に対応して、第2のロボット腕が自由に移動可能となることを可能にするようにプログラムされ得、コントローラが、協調操作モードでは、第3のインピーダンスを第2のロボット腕に印加し、第2の外科手術用器具およびロボット腕の重量を考慮するようにプログラムされ得る、協調操作モードと、随意に、力覚モードであって、第2のロボット腕の少なくとも一部が、事前に定義された力覚障壁外にあることを決定することに対応して、コントローラが、力覚モードでは、第3のインピーダンスを上回る第4のインピーダンスを第2のロボット腕に印加し、それによって、第2の外科手術用器具のハンドルにおける移動に対応して、第2のロボット腕の移動を、力覚モードでは、協調操作モードより粘弾性にするようにプログラムされ得る、力覚モードとの間で自動的に切り替えさせるようにプログラムされてもよい。

10

20

30

40

50

【0022】

本開示の別の側面によると、器具を操作するための協調操作式ロボット型外科手術用デバイスが、提供される。本デバイスは、基部部分と、基部部分と結合される、第1の腕と、第1の腕を基部部分に対して回転させ得る、第1の腕と結合される、モータと、第1の腕の端部部分と結合される、器具と、以下の動作モード、すなわち、受動補助モードと、協調操作補助モードと、ロボット補助モードと、力覚モードとのうちの少なくとも2つに従って、第1の腕を制御するようにプログラムされ得る、コントローラとを含んでもよい。例えば、受動補助モードでは、第1の腕は、静的である。協調操作補助モードでは、第1の腕は、オペレータによって自由に移動可能であり得る一方、モータは、少なくとも部分的に、同時に、第1の腕を移動させ、第1の腕の端部部分と結合される、器具の位置および／または配向を改善し、および／または少なくとも、第1の腕および第1の腕の端部部分と結合される器具上にかかる重力を補償する。ロボット補助モードでは、モータは、第1の腕を移動させ、第1の腕の端部部分と結合される、器具を再位置付けしてもよい。力覚モードでは、第1の腕は、オペレータによって移動可能であり得る一方、モータは、少なくとも、第1の腕および／または第1の腕の端部部分と結合される器具上にかかる重力を補償し、少なくとも、事前に定義された軌道に沿って、器具を誘導し、第1の腕および／または第1の腕の端部部分と結合される器具の望ましくない移動を防止し、特定の空間外の第1の腕の移動を防止および／または特定の空間の中への第1の腕の移動を防止する。

【0023】

一実施形態では、コントローラは、動作モードの少なくとも3つのうちの任意のものの間で切替可能であってもよい。代替として、コントローラは、4つの動作モードのうちの任意のものの間で切替可能であってもよい。協調操作式ロボット型外科手術用デバイスは、RFID送信機チップ、バーコード、近距離通信デバイス、Bluetooth（登録商標）送信機、および／または第1の腕の端部部分と結合される器具の重量を使用して、第1の腕の端部部分と結合される、特定の器具を自動的に識別するようにプログラムされてもよい。さらに、協調操作式ロボット型外科手術用デバイスは、特定の器具が第1の腕の端部部分と結合されると、オペレータからの任意の付加的入力を伴わずに、動作モード

のうちの所定の1つに自動的に変化するようにプログラムされてもよい。例えば、協調操作式ロボット型外科手術用デバイスは、特定の器具が第1の腕の端部部分と結合されると、オペレータからの任意の付加的入力を伴わずに、受動補助モードに変化するようにプログラムされてもよい。

【0024】

本発明の別の側面によると、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有する、外科手術用器具を使用して実施される、腹腔鏡下外科手術を補助するための、別の協調操作式外科手術用システムが、提供される。協調操作式外科手術用システムは、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合され得る、遠位端と、複数の連結部と、近位端と遠位端との間の複数のジョイントとを有する、ロボット腕を含んでもよい。ロボット腕の遠位端は、結合器インターフェースを含んでもよい。本システムはさらに、結合器インターフェースに除去可能に結合され得る、結合器本体を含んでもよい。結合器本体は、それを通して、外科手術用器具の伸長シャフトを受容するようにサイズ決めおよび成形される、管腔を含んでもよく、伸長シャフトが管腔内で摺動可能に移動可能である、開放状態と、結合器本体に対する伸長シャフトの縦方向移動が、阻止される一方、結合器本体に対する伸長シャフトの回転移動が、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、可能にされ得る、閉鎖状態との間で遷移してもよい。例えば、結合器本体が、閉鎖状態において、結合器インターフェースに結合されると、ロボット腕は、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、自由に移動可能となることを可能にされる。

10

20

【0025】

結合器本体は、磁気接続を介して、結合器インターフェースに除去可能に結合されてもよい。故に、コントローラは、結合器本体が、結合器インターフェースに結合されると、磁気接続の整合に基づいて、ロボット腕の遠位端に対する外科手術用器具の配向を決定するようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、滅菌ドレープが、腹腔鏡下外科手術の間、外科手術用器具とロボット腕との間の接触を防止するように、結合器本体と結合器インターフェースとの間に配置され得る、滅菌ドレープを含んでもよい。結合器本体は、1回の腹腔鏡下外科手術後、使い捨てであってもよい。

【0026】

本発明の別の側面によると、器具、例えば、腹腔鏡下外科手術用器具または内視鏡を外科手術用ロボットの腕に結合するためのデバイスが、提供される。本デバイスは、外科手術において使用するための器具と選択的に結合するようにサイズ決めおよび成形される、本体と、本体と選択的に結合し得る、ロボット腕の端部部分と結合され得る、インターフェースとを含んでもよい。例えば、本デバイスは、器具が、デバイスに対して器具の縦軸を中心として回転することを可能にし得る、さらに、デバイスに対する器具の縦方向移動を阻止し得る。本体は、器具の外周の一部の周囲に圧着してもよい。例えば、本体は、ヒンジを用いて第2の部分と結合される、第1の部分を含んでもよく、第1の部分は、器具を本体内に形成される陥凹内に選択的に圧着させるように、第2の部分に対して、ヒンジを中心として回転してもよい。

30

【0027】

加えて、本体は、器具の外周の一部の周囲に圧着し、通常動作条件下では、本体に対する器具の回転移動を防止してもよい。例えば、インターフェースは、本体をその中に除去可能に受容するようにサイズ決めおよび成形される、陥凹を含んでもよい。インターフェースの陥凹は、インターフェースに対する本体の縦方向移動を阻止し、インターフェースに対する本体の回転移動を可能にし得る。さらに、本デバイスは、その中で器具がデバイスから除去可能である、第1の状態と、その中で器具がデバイスから除去可能ではない、第2の状態との間で移動してもよい。本体は、本体の表面から離れるように延在する、1つまたはそれを上回る突起を有してもよく、インターフェースは、1つまたはそれを上回る突起を受容し、本体とインターフェースを整合させるための1つまたはそれを上回る凹部を有してもよい。

40

50

【0028】

本発明のさらに別の側面によると、外科手術手技を実施するための協調操作式外科手術用ロボットシステムが、提供される。本システムは、基部と、基部と結合される、腕と、基部に対して腕を移動させ得る、腕と結合される、モータとを有する、第1の外科手術用ロボットと、腕を制御するようにプログラムされる、コントローラと、深度データを収集し得る、光学スキャナとを含んでもよい。例えば、光学スキャナは、協調操作式外科手術用ロボットに対する器具の位置および配向に関連する深度データを収集してもよい。本システムは、深度データを使用して、器具が第1の外科手術用ロボットと結合されているかどうかを決定するようにプログラムされてもよい。さらに、本システムは、少なくとも部分的に、深度データに基づいて、器具の識別を決定するようにプログラムされてもよい。

10

【0029】

光学スキャナは、器具の位置および移動に関連する深度データを収集してもよく、器具は、外科医によって自由に保持され、外科手術用ロボットと結合され得ない。さらに、光学スキャナは、患者の中に挿入されるトロカールに関連する深度データを収集してもよい。故に、本システムは、トロカールの位置が閾値量を上回って変化する場合、第1の外科手術用ロボットの腕および／または基部を移動させるようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、第2の基部と、第2の基部と結合される、第2の腕と、第2の腕と結合され、第2の腕を第2の基部に対して移動させ得る、第2のモータとを有する、第2の外科手術用ロボットを含んでもよい。光学スキャナは、10メートルの範囲において、少なくとも5mmの正確度を有してもよい。光学スキャナはさらに、外科手術手技の間、外科医の手に関連する深度データを収集してもよい。

20

【0030】

さらに、コントローラは、以下の動作モード、すなわち、上記に説明されるように、受動補助モードと、協調操作補助モードと、ロボット補助モードと、力覚モードとのうちの少なくとも1つに従って、第1の外科手術用ロボットの腕を制御するようにプログラムされてもよい。光学スキャナは、深度データを使用して、第1の外科手術用ロボットの腕と、患者、少なくとも第1の外科手術用ロボットを支持する支持プラットフォーム、別の外科手術用ロボット、および／または手術室内の別の物体との間の潜在的不注意による衝突を識別し、ユーザに、潜在的不注意による衝突を警告し、および／または第1の外科手術用ロボットの腕の移動を阻止し、そのような衝突を回避してもよい。加えて、第1の外科手術用ロボットは、支持プラットフォームによって支持されてもよく、協調操作式外科手術用ロボットシステムは、光学スキャナによって収集された深度データに基づいて、第1の外科手術用ロボットを支持プラットフォームに対して移動させ、支持プラットフォーム上の第1の外科手術用ロボットの位置を最適化するようにプログラムされてもよい。加えて、光学スキャナは、外科手術手技の間、外科医の手の移動を記録するために使用される、深度データを収集してもよい。

30

【0031】

本発明の別の側面によると、外科手術手技を実施するための別の協調操作式外科手術用ロボットシステムが、提供される。本システムは、基部と、基部と結合される、腕と、腕と結合される、モータとを有する、外科手術用ロボットと、患者の周囲の1つまたはそれを上回る物体の移動を追跡し得る、光学スキャナと、光学センサから、1つまたはそれを上回る物体の移動に関するデータを収集し、1つまたはそれを上回る物体の移動に応答して、外科手術用ロボットの腕を移動させるようにプログラムされる、コントローラとを含んでもよい。

40

【0032】

本発明の別の側面によると、器具の操作を補助するための協調操作式ロボット型外科手術システムが、提供される。本システムは、基部と、基部と結合される、腕であって、複数の腕区画と、複数の関節運動ジョイントとを有する、腕と、腕と結合される、複数のモータであって、複数の腕区画を複数の関節運動ジョイントを中心として回転させ得る、複数のモータと、少なくとも複数のモータを制御するようにプログラムされる、コントロ

50

ーラとを含んでもよい。例えば、腕は、ユーザが、直接、腕上に、および／または直接、腕と結合される器具上に、力を付与することによって、移動可能であってもよい。さらに、本システムは、腕および／または腕と結合される器具の第1の動作特性に関連するデータを収集するようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、第1の動作特性に関連するデータを分析し、第1の条件が存在するかどうかを検出し、第1の条件が検出される場合、腕の第1の動作パラメータを修正するようにプログラムされてもよい。

【0033】

本システムは、外科手術手技の間に収集されたデータと、器具を使用する同一ユーザに関する同一外科手術手技に関連する履歴データを比較し、第1の条件が存在するかどうかを検出するようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、光学スキャナ、腕上に位置付けられる、1つまたはそれを上回るセンサ、および／または内視鏡を含み、腕および／または腕と結合される器具の第1の動作特性に関連するデータを収集してもよい。コントローラは、撮像デバイスの位置および／または配向が、器具の画像を捕捉するためのカメラの好ましいまたは最適な位置にない場合、腕によって支持される撮像デバイスの位置および／または配向を好ましいまたは最適な位置および／または配向に自動的に変化させるようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、腕と結合される器具が置換されているかどうかを検出するようにプログラムされてもよい。

【0034】

加えて、本システムは、第1のロボット腕に印加される1つまたはそれを上回る力の大きさおよび持続時間を検出し、さらに、腕に印加される力の変化が、閾値持続時間にわたって、第1の所定の値を満たすまたはそれを超える場合、第1の条件が存在することを検出するようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、腕の遠位端におけるエンドエフェクタが向いている、実際の方向または実際の近似方向と、器具がエンドエフェクタと結合された場合、エンドエフェクタが向くであろう、計算された方向または計算された近似方向とを計算し、実際の方向または実際の近似方向と、計算された方向または計算された近似方向を比較し、実際の方向または実際の近似方向および計算された方向または計算された近似方向が異なるかどうかを決定するようにプログラムされてもよい。コントローラは、腕と結合される第1の器具が第2の器具によって置換される場合、コントローラが、第2の器具と関連付けられる、データファイルを更新するようにプログラムされてもよく、第2の器具と関連付けられる、データファイルは、少なくとも第2の器具の重心と、第2の器具の粘弾性パラメータとを含む。

【0035】

加えて、コントローラは、腕と結合される器具の遠位端において付与される力の大きさが、第1の値以上であるかどうか、および／またはそれを通して器具が通過する、トロカール上に付与される力の大きさが、第2の値以上であるかどうかを検出し、腕と結合される器具の遠位端に付与される力の大きさが、第1の値以上である場合、および／またはそれを通して器具が通過する、トロカール上に付与される力の大きさが、第2の値以上である場合、アラートを腕のユーザに提供するようにプログラムされてもよい。さらに、コントローラは、腕および／または腕と結合される器具の停留時間が、閾値停留時間以上であるかどうかを検出し、さらに腕および／または腕と結合される器具の停留時間が、閾値停留時間以上である場合、腕の動作状態を静的保持状態に変化させるようにプログラムされてもよく、停留時間は、腕および／または腕と結合される器具が静的位置に保持される、時間量である。

【0036】

静的保持状態では、本システムは、システムのユーザによって、腕および／または腕によって保持される器具に印加される力が、事前に定義された閾値解放力値以上であるときを除き、腕を静的位置に保持し、腕の静的位置からの腕の移動を阻止するようにプログラムされてもよい。腕および／または腕と結合される器具は、腕が、停留時間の間、5 mmを上回って、任意の方向に移動されないとき、静的位置に保持されていると見なされ得る。いくつかの実施形態では、閾値停留時間は、0.5秒未満であってもよい。加えて、コ

ントローラは、コントローラが、コントローラが、ユーザが第1の器具を腕から除去するように試行していることを検出する場合、腕によって第1の器具に印加される結合力を低減させるようにプログラムされ得るように、ユーザが第1の器具を腕から除去するように試行しているかどうかを検出するようにプログラムされてもよい。

【0037】

本システムはさらに、少なくとも基部を支持するための支持プラットフォームを含んでもよい。故に、コントローラは、外科手術手技が始動されているかどうかを検出し、コントローラが、外科手術手技が始動されていることを検出する場合、外科手術手技が開始する前に、特定の外科手術手技のために、基部を支持する支持プラットフォームを初期位置に移動させ、および／または腕を初期位置および／または配向に移動させるようにプログラムされてもよい。

10

本発明のさらに別の側面によると、器具の操作を補助するための別の協調操作式ロボット型外科手術用システムが、提供される。

【0038】

本システムは、基部と、基部と結合される、腕であって、複数の腕区画と、複数の関節運動ジョイントとを有する、腕と、腕と結合される、複数のモータであって、複数の腕区画を複数の関節運動ジョイントを中心として回転させ得る、複数のモータと、少なくとも複数のモータを制御するようにプログラムされる、コントローラとを含んでもよい。例えば、腕は、ユーザが、直接、腕上に、および／または直接、腕と結合される器具上に、力を付与することによって、移動可能であってもよい。第1のユーザの識別に応じて、本システムは、協調操作式ロボット型外科手術用システムの動作特性を修正するように構成される、少なくとも第1の動作パラメータを含む、第1のユーザと関連付けられる、データファイルを自動的にロードするようにプログラムされてもよい。故に、コントローラは、少なくとも第1の動作パラメータに従って、複数のモータを制御するようにプログラムされてもよい。

20

【0039】

第1の外科医と関連付けられる、データファイルの第1の動作パラメータは、少なくとも部分的に、第1のユーザによって実施された以前の外科手術手技の間に収集されたデータに基づいてもよい。加えて、第1のユーザと関連付けられる、データファイルの第1の動作パラメータは、少なくとも部分的に、第1のユーザのための手動で打ち込まれた選好に基づいてもよい。本システムは、光学スキャナを使用して、第1のユーザを自動的に識別するようにプログラムされてもよい。加えて、協調操作式システムは、第1のユーザの識別の手動入力に応じて、第1のユーザと関連付けられる、データファイルを自動的にロードするようにプログラムされてもよい。第1のユーザと関連付けられる、データファイルは、第1のユーザによって実施された手技から収集された停留時間データに基づく、閾値停留時間値、および／または第1のユーザのための手動で入力された選好を含んでもよい。さらに、第1のユーザと関連付けられる、データファイルは、第1のユーザによって実施された手技から収集されたデータに基づく停留速さ値および／または第1のユーザのための手動で入力された選好を含んでもよい。

30

【0040】

加えて、第1のユーザと関連付けられる、データファイルは、コントローラが、第1のユーザによって実施された手技から収集された腹腔鏡下視野データに従って、腹腔鏡の位置および／または配向を自動的に変化させるようにプログラムされ得るように、第1のユーザによって実施された手技から収集された腹腔鏡下視野データに基づく、腹腔鏡下視野パラメータを含んでもよい。第1のユーザと関連付けられる、データファイルは、第1のユーザによって実施された過去の手技から収集された設定ジョイント位置データに基づく、設定ジョイントパラメータを含んでもよい。加えて、データファイルは、第1のユーザによって入力される器具較正值に基づく、器具較正パラメータを含んでもよい。第1の動作パラメータは、第1のユーザの姿勢、第1のユーザの身長、または第1のユーザの利き手のうちの少なくとも1つに基づいてもよい。

40

50

【0041】

さらに、コントローラは、第1のユーザによって実施された手技から収集されたデータに基づいて、腕と結合される器具が、最適なまたは好ましい場所がないときに自動的に検出し、器具が最適なまたは好ましい場所にあるように、腕を移動させるようにプログラムされてもよい。加えて、本システムは、腕および／または腕と結合される器具の停留時間が閾値停留時間未満であるときでも、第1のユーザが、本システムの動作モードを静的保持モードに変化させることを所望するときを検出するようにプログラムされてもよい。データファイルは、協調操作式外科手術用ロボットシステムと通信するネットワークデータベースから通信可能であってもよい。加えて、第1のユーザと関連付けられる、データファイルの第1の動作パラメータは、少なくとも部分的に、複数のユーザによって実施される以前の外科手術手技の間に収集されたデータに基づいてもよい。

10

【0042】

本開示の別の側面によると、外科手術手技を実施するための協調操作式外科手術用ロボットシステムが、提供される。本システムは、基部と、基部と結合される、腕と、腕と結合され、腕を基部に対して移動させるように構成される、モータとを有する、第1の外科手術用ロボットを含んでもよい。本システムはさらに、腕を制御するようにプログラムされる、コントローラと、深度データを収集する、光学スキャナとを含んでもよい。光学スキャナは、協調操作式外科手術用ロボットシステムに対する器具の位置および配向に関連する深度データを収集してもよい。例えば、コントローラは、深度データに基づいて、器具が第1の外科手術用ロボットと結合されているかどうかを決定するようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、少なくとも部分的に、深度データに基づいて、器具のタイプを識別するようにプログラムされてもよい。

20

【0043】

さらに、光学スキャナは、器具の位置および移動に関連する深度データを収集してもよく、器具は、外科医によって自由に保持され、外科手術用ロボットと結合されない。加えて、光学スキャナは、患者の中に挿入される、トロカールに関連する深度データを収集してもよい。本システムは、トロカールの位置が閾値量を上回って変化する場合、第1の外科手術用ロボットの腕および／または基部を移動させるように構成されてもよい。加えて、本システムはさらに、第2の基部と、第2の基部と結合される、第2の腕と、第2の腕と結合され、第2の腕を第2の基部に対して移動させるように構成される、第2のモータとを有する、第2の外科手術用ロボットを含んでもよい。光学スキャナは、10メートルの範囲において、少なくとも5mmの正確度を有してもよい。加えて、光学スキャナは、外科手術手技の間、外科医の手に関連する深度データを収集してもよい。

30

【0044】

コントローラは、以下の動作モード、すなわち、受動補助モードと、協調操作補助モードと、ロボット補助モードと、力覚モードとのうちの少なくとも1つに従って、第1の外科手術用ロボットの腕を制御するようにプログラムされてもよい。例えば、受動補助モードでは、腕は、静的であってもよい。協調操作補助モードでは、腕は、オペレータによって自由に移動可能であり得ながら、モータは、少なくとも部分的に、同時に、腕を移動させ、腕の端部部分と結合される器具の位置および／または配向を改善および／または少なくとも腕および腕の端部部分と結合される器具にかかる重力を補償する。ロボット補助モードでは、モータは、腕を移動させ、腕の端部部分と結合される、器具を再位置付けしてもよい。力覚モードでは、腕は、オペレータによって移動可能であり得ながら、モータは、少なくとも腕および／または腕の端部部分と結合される器具にかかる重力を補償し、少なくとも器具を事前に定義された軌跡に沿って誘導し、腕および／または腕の端部部分と結合される器具の望ましくない移動を防止し、特定の空間外の腕の移動を防止および／または特定の空間の中への腕の移動を防止する。

40

【0045】

光学スキャナは、深度データを使用して、第1の外科手術用ロボットの腕と、患者、少なくとも第1の外科手術用ロボットを支持する支持プラットフォーム、別の外科手術用口

50

ボット、および／または手術室内の別の物体のうちの少なくとも1つとの間の潜在的不注意による衝突を識別し、ユーザに、潜在的不注意による衝突を警告し、および／または第1の外科手術用ロボットの腕の移動を阻止し、そのような衝突を回避する。加えて、第1の外科手術用ロボットは、協調操作式外科手術用ロボットシステムが、光学スキャナによって収集された深度データに基づいて、第1の外科手術用ロボットを支持プラットフォームに対して移動させ、支持プラットフォーム上の第1の外科手術用ロボットの位置を最適化するように構成され得るように、支持プラットフォームによって支持されてもよい。光学スキャナは、外科手術手技の間、外科医の手の移動を記録するために使用される、深度データを収集してもよい。

【0046】

さらに、第1の外科手術用ロボットは、支持プラットフォームの移動性を可能にする、複数の車輪を有する、支持プラットフォームによって支持されてもよい。複数の車輪は、係合され、支持プラットフォームの移動性を防止するように構成される、制動機構を含んでもよい。本システムはさらに、支持プラットフォーム上に配置され、深度データを収集するように構成される、1つまたはそれを上回る付加的な光学スキャナを含んでもよい。例えば、光学スキャナまたは1つまたはそれを上回る付加的な光学スキャナのうちの少なくとも1つは、深度カメラ、立体RGBカメラ、LiDARデバイス、または電磁、容量、または赤外線近接度センサのうちの少なくとも1つを含んでもよい。加えて、本システムは、コントローラに動作可能に結合される、ディスプレイを含んでもよい。コントローラは、光学スキャナまたは1つまたはそれを上回る光学スキャナのうちの少なくとも1つから収集された深度データに基づいて、支持プラットフォームを囲繞するエリアのマップを発生させ、ディスプレイに、マップを表示させるようにプログラムされてもよい。コントローラによって発生されたマップは、支持プラットフォームを囲繞するエリア内の1つ（人）またはそれを上回る物体および／または人物に対する支持プラットフォームのグラフィカル表現を含んでもよい。

【0047】

加えて、コントローラは、マップが、支持プラットフォームが支持プラットフォームを囲繞するエリア内の1つ（人）またはそれを上回る物体および／または人物から所定の距離以内にあることを示す場合、アラートを発生させるようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、制動機構に動作可能に結合される、アクチュエータを含んでもよい。アクチュエータは、コントローラが、制動機構が係脱されると、自動的に、ディスプレイに、マップを表示させるように、制動機構を係脱し、支持プラットフォームの移動性を可能にするように作動されてもよい。

【0048】

本開示のさらに別の側面によると、外科手術手技を実施するための協調操作式外科手術用ロボットシステムが、提供される。本システムは、基部と、基部と結合される、腕と、腕と結合される、モータとを有する、外科手術用ロボットを含んでもよい。本システムはさらに、患者の周囲の1つまたはそれを上回る物体の移動を追跡するように構成される、光学スキャナと、光学センサから、1つまたはそれを上回る物体の移動に関するデータを収集し、1つまたはそれを上回る物体の移動に応答して、外科手術用ロボットの腕を移動させるようにプログラムされる、コントローラとを含んでもよい。加えて、コントローラは、基部を少なくとも1自由度において移動させるようにプログラムされてもよい。

【0049】

本開示の別の側面によると、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有する、外科手術用器具を使用して実施される、腹腔鏡下外科手術を補助するための協調操作式外科手術用システムが、提供される。本システムは、ロボット腕と、ロボット腕を支持するように構成される、プラットフォームと、プラットフォームに結合され、深度データを収集するように構成される、複数の光学センサと、プラットフォームに動作可能に結合される、ディスプレイと、ロボット腕が、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、自由に移動可

能となることを可能にするようにプログラムされる、コントローラとを含んでもよい。ロボット腕は、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される、遠位端と、複数の連結部と、複数のジョイントとを含んでもよい。プラットフォームは、プラットフォームの移動性を可能にする、複数の車輪を含んでもよい。加えて、コントローラは、複数の光学センサによって収集された深度データを受信し、深度データに基づいて、プラットフォームを囲繞するエリアのマップを発生させ、ディスプレイに、マップを表示させるようにプログラムされてもよい。

【0050】

複数の光学センサは、深度カメラ、立体RGBカメラ、LiDARデバイス、または電磁、容量、または赤外線近接度センサのうちの少なくとも1つであってもよい。コントローラによって発生されたマップは、プラットフォームを囲繞するエリア内の1つまたはそれを上回る物体または1人またはそれを上回る人物のうちの少なくとも1つに対するプラットフォームのグラフィカル表現を含んでもよい。コントローラはさらに、マップが、プラットフォームが支持プラットフォームを囲繞するエリア内の1つまたはそれを上回る物体または1人またはそれを上回る人物のうちの少なくとも1つから所定の距離内にあることを示す場合、アラートを発生させてもよい。加えて、本システムは、係合され、支持プラットフォームの移動性を防止するように構成される、制動機構と、制動機構に動作可能に結合される、アクチュエータとを含んでもよい。アクチュエータは、コントローラが、制動機構が係脱されると、自動的に、ディスプレイに、マップを表示させ得るように、制動機構を係脱し、支持プラットフォームの移動性を可能にするように作動されてもよい。さらに、コントローラは、ロボット腕を少なくとも1自由度においてプラットフォームに対して移動させるようにプログラムされてもよく、例えば、コントローラは、プラットフォームに対するロボット腕の垂直および水平移動を引き起こしてもよい。

【0051】

本開示の別の側面によると、複数の連結部と、複数のジョイントと、プラットフォームの移動性を可能にする、複数の車輪を有する、プラットフォームによって支持される、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される、遠位端とを有する、ロボット腕を使用して、腹腔鏡下外科手術を補助するための方法が、提供される。本方法は、プラットフォームに結合される、複数の光学スキャナから、深度データを収集するステップと、深度データに基づいて、プラットフォームを囲繞するエリアのマップを発生させるステップであって、マップは、プラットフォームを囲繞するエリア内の1つまたはそれを上回る物体または1人またはそれを上回る人物のうちの少なくとも1つに対するプラットフォームのグラフィカル表現を含む、ステップと、プラットフォームが、移動し、手術室内でプラットフォームの移動を誘導している間、ディスプレイに、マップを表示させるステップとを含んでもよい。

【0052】

本開示のさらに別の側面によると、ハンドルと、動作端と、それらの間の伸長シャフトとを有する、外科手術用器具を使用して実施される、腹腔鏡下外科手術を補助するための協調操作式外科手術用システムが、提供される。本システムは、ロボット腕と、ロボット腕の近位端に動作可能に結合される、基部と、基部内に配置される、複数のモータと、複数のモータに動作可能に結合され、ロボット腕が、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、基部に対して自由に移動可能となることを可能にするようにプログラムされる、コントローラとを含んでもよい。ロボット腕は、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される、遠位端と、複数の連結部と、近位端と遠位端との間の複数のジョイントとを含んでもよい。加えて、複数のモータは、複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに動作可能に結合されてもよい。

【0053】

コントローラは、ロボット腕の遠位端の位置を測定し、ロボット腕の遠位端の位置が進入点に対して移動するにつれて、外科手術用器具の縦軸と平行な複数の仮想線の交点を決

定することによって、患者の中への外科手術用器具の進入点を決定し、ロボット腕の遠位端の位置、進入点、およびコントローラのメモリ内に記憶される、1つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、外科手術用器具の重力を補償するために要求される補償力を計算し、協調操作式外科手術用システムの動作の間、複数のモータを介して、補償力に基づいて、トルクをロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、外科手術用器具の重力を補償するようにプログラムされてもよい。さらに、コントローラは、外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因するロボット腕の移動が、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに応答して、ロボット腕に、受動モードにおいて静的位置を維持させるようにプログラムされてもよい。

10

【0054】

コントローラはさらに、外力に応答するロボット腕の遠位端の位置の変化を測定し、ロボット腕の遠位端の位置、進入点、および1つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、ロボット腕の静的位置を維持するために要求される保持力を計算し、複数のモータを介して、補償力および保持力に基づいて、トルクをロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、受動モードにおいてロボット腕の静的位置を維持するようにプログラムされてもよい。コントローラは、補償力、保持力、1つまたはそれを上回る器具パラメータ、および進入点に基づいて、進入点において、外科手術用器具によって患者に印加される力を計算するようにプログラムされてもよい。加えて、コントローラは、補償力、保持力、1つまたはそれを上回る器具パラメータ、および進入点に基づいて、外科手術用器具の動作端に印加される力を計算するようにプログラムされてもよい。

20

【0055】

コントローラは、保持力が所定の閾値を超えることを決定することに応答して、受動モードから協調操作式モードに切り替えるようにプログラムされてもよい。例えば、コントローラは、ロボット腕が、外科手術用器具の重力を補償しながら、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、協調操作式モードにおいて、自由に移動可能となることを可能にするようにプログラムされてもよい。本システムはさらに、コントローラに動作可能に結合される、グラフィカルユーザインターフェースを含んでもよい。グラフィカルユーザインターフェースは、進入点において外科手術用器具によって患者に印加される力、外科手術用器具の動作端に印加される外力、所定の閾値、または1つまたはそれを上回る器具パラメータのうちの少なくとも1つを表示してもよい。加えて、グラフィカルユーザインターフェースは、ユーザが、所定の閾値を調節することを可能にしてもよい。

30

【0056】

1つまたはそれを上回る器具パラメータは、器具タイプ、質量、質量中心、長さ、または器具シャフト直径のうちの少なくとも1つを含んでもよい。加えて、コントローラは、較正ルーチンを実行することによって、外科手術用器具の質量を計算するようにプログラムされてもよい。コントローラは、基部を少なくとも1自由度において移動させるようにプログラムされてもよい。例えば、本システムはさらに、コントローラが、プラットフォームに対して基部の垂直および水平移動を引き起こし得るように、基部に結合される、プラットフォームを含んでもよい。加えて、本システムはさらに、ロボット腕の複数のジョイントの1つまたはそれを上回るジョイントに動作可能に結合される、1つまたはそれを上回るセンサを含んでもよい。1つまたはそれを上回るセンサは、1つまたはそれを上回るジョイントの位置を測定し、コントローラが、データに基づいて、ロボット腕の遠位端の位置を測定するようにプログラムされ得るように、1つまたはそれを上回るジョイントの位置を示す、データを発生させるように構成されてもよい。例えば、1つまたはそれを上回るセンサは、ロボット腕の複数のジョイントの1つまたはそれを上回るジョイント上に配置される、1つまたはそれを上回るエンコーダであってもよい。複数のエンコーダは、コントローラが、複数のエンコーダによる形成角測定値に基づいて、3D空間内のロボ

40

50

ット腕の遠位端の位置を測定するようにプログラムされ得るように、少なくともいくつかのジョイントにおける複数の連結部の対応する連結部の形成角を測定するように構成されてもよい。

【0057】

本開示のさらに別の側面によると、近位端と、外科手術用器具に除去可能に結合されるように構成される、遠位端と、複数の連結部と、近位端と遠位端との間の複数のジョイントとを備える、ロボット腕を使用して、腹腔鏡下外科手術を補助するための方法が、提供される。本方法は、複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに動作可能に結合される、複数のモータに動作可能に結合される、コントローラを介して、ロボット腕の遠位端の位置を測定するステップと、ロボット腕の遠位端の位置が進入点に対して移動するにつれて、外科手術用器具の縦軸と平行な複数の仮想線の交点を決定することによって、患者の中への外科手術用器具の進入点を決定するステップと、ロボット腕の遠位端の位置、進入点、およびコントローラのメモリ内に記憶される、1つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、外科手術用器具の重力を補償するために要求される補償力を計算するステップと、腹腔鏡下外科手術の間、複数のモータを介して、補償力に基づいて、トルクを少なくともロボット腕の複数のジョイントのいくつかのジョイントに印加し、外科手術用器具の重力を補償するステップとを含んでもよい。コントローラは、ロボット腕が、外科手術用器具の重力を補償しながら、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、ロボット腕の近位端に動作可能に結合される、基部に対して自由に移動可能となることを可能にするようにプログラムされてもよい。

10

20

【0058】

本方法はさらに、外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因するロボット腕の移動が、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに応答して、ロボット腕に、受動モードにおいて静的位置を維持させるステップを含んでもよい。さらに、本方法は、外力に応答するロボット腕の遠位端の位置の変化を測定するステップと、ロボット腕の遠位端の位置、進入点、および1つまたはそれを上回る器具パラメータに基づいて、ロボット腕の静的位置を維持するために要求される保持力を計算するステップと、複数のモータを介して、補償力および保持力に基づいて、トルクをロボット腕の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイントに印加し、受動モードにおいてロボット腕の静的位置を維持するステップとを含んでもよい。

30

【0059】

加えて、本方法は、補償力、保持力、1つまたはそれを上回る器具パラメータ、および進入点に基づいて、進入点において、外科手術用器具によって患者に印加される力を計算するステップを含んでもよい。さらに、本方法は、補償力、保持力、1つまたはそれを上回る器具パラメータ、および進入点に基づいて、外科手術用器具の動作端に印加される力を計算するステップを含んでもよい。本方法はさらに、保持力が所定の閾値を超えることを決定することに応答して、受動モードから協調操作式モードに切り替えるステップを含んでもよく、ロボット腕は、外科手術用器具の重力を補償しながら、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、協調操作式モードにおいて、自由に移動可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】図1Aおよび1Bは、外科医および1人またはそれを上回る助手によって実施される、従来の腹腔鏡下手技を図示する。

【0061】

【図2】図2は、本開示の原理に従って構築される、例示的協調操作式外科手術用システムを図示する。

【0062】

【図3A】図3A-3Dは、本開示の原理に従って構築される、図2のシステムの例示的

50

ロボット腕を図示する。

【図 3 B】図 3 A－3 D は、本開示の原理に従って構築される、図 2 のシステムの例示的ロボット腕を図示する。

【図 3 C】図 3 A－3 D は、本開示の原理に従って構築される、図 2 のシステムの例示的ロボット腕を図示する。

【図 3 D】図 3 A－3 D は、本開示の原理に従って構築される、図 2 のシステムの例示的ロボット腕を図示する。

【0063】

【図 4 A】図 4 A および 4 B は、本開示の原理に従って構築される、図 3 A－3 D のロボット腕の例示的手首部分を図示する。

10

【図 4 B】図 4 A および 4 B は、本開示の原理に従って構築される、図 3 A－3 D のロボット腕の例示的手首部分を図示する。

【0064】

【図 4 C】図 4 C は、図 4 A および 4 B の手首部分の例示的外科手術用器具結合機構の拡大図である。

【0065】

【図 4 D】図 4 D は、本開示の原理に従って構築される、図 4 C の外科手術用器具結合機構の例示的ロボット腕結合器インターフェースの拡大図である。

【0066】

【図 5 A】図 5 A および 5 B は、本開示の原理に従って構築される、図 4 C の外科手術用器具結合機構の例示的外科手術用器具結合器本体を図示する。

20

【図 5 B】図 5 A および 5 B は、本開示の原理に従って構築される、図 4 C の外科手術用器具結合機構の例示的外科手術用器具結合器本体を図示する。

【0067】

【図 6 A】図 6 A は、本開示の原理に従って構築される、代替の例示的外科手術用器具結合器本体を図示する。

【0068】

【図 6 B】図 6 B－6 D は、本開示の原理による、図 6 A の結合器本体の外科手術用開創器デバイスへの取付を図示する。

【図 6 C】図 6 B－6 D は、本開示の原理による、図 6 A の結合器本体の外科手術用開創器デバイスへの取付を図示する。

30

【図 6 D】図 6 B－6 D は、本開示の原理による、図 6 A の結合器本体の外科手術用開創器デバイスへの取付を図示する。

【0069】

【図 7 A】図 7 A は、本開示の原理に従って構築される、別の代替の例示的外科手術用器具結合器本体を図示する。

【0070】

【図 7 B】図 7 B－7 D は、本開示の原理による、図 7 A の結合器本体の外科手術用腹腔鏡デバイスへの取付を図示する。

【図 7 C】図 7 B－7 D は、本開示の原理による、図 7 A の結合器本体の外科手術用腹腔鏡デバイスへの取付を図示する。

40

【図 7 D】図 7 B－7 D は、本開示の原理による、図 7 A の結合器本体の外科手術用腹腔鏡デバイスへの取付を図示する。

【0071】

【図 8】図 8 A および 8 B は、滅菌ドレープ準備完了構成における、ロボット腕を図示する。

【0072】

【図 9】図 9 A および 9 B は、滅菌ドレープ内に被覆される、ロボット腕を図示する。

【0073】

【図 10 A】図 10 A－10 D は、本開示の原理による、ロボット腕の肩連結部の回転を

50

図示する。

【図 10 B】図 10 A - 10 D は、本開示の原理による、ロボット腕の肩連結部の回転を図示する。

【図 10 C】図 10 A - 10 D は、本開示の原理による、ロボット腕の肩連結部の回転を図示する。

【図 10 D】図 10 A - 10 D は、本開示の原理による、ロボット腕の肩連結部の回転を図示する。

【0074】

【図 11 A】図 11 A は、本開示の原理による、光学スキャナを有する、例示的協調操作式外科手術用システムを図示し、図 11 B は、図 11 A の光学スキャナを図示する。

10

【図 11 B】図 11 A は、本開示の原理による、光学スキャナを有する、例示的協調操作式外科手術用システムを図示し、図 11 B は、図 11 A の光学スキャナを図示する。

【0075】

【図 11 C】図 11 C は、本開示の原理による、複数の光学スキャナを有する、例示的協調操作式外科手術用システムを図示する。

【0076】

【図 12】図 12 は、本開示の原理による、図 11 A の協調操作式外科手術用システムを動作させるユーザを図示する。

【0077】

【図 13】図 13 A は、腹腔鏡下外科手術手技の間の光学スキャナの視野を図示し、図 13 B は、図 13 A の光学スキャナの視野の深度マップを図示する。

20

【0078】

【図 14】図 14 は、本開示の原理による、協調操作式ロボットプラットフォーム内に含まれ得る、いくつかの例示的構成要素を示す。

【0079】

【図 15】図 15 は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムの動作を図示する、フローチャートである。

【0080】

【図 16】図 16 は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムの外科手術用器具較正を図示する、フローチャートである。

30

【0081】

【図 17】図 17 は、本開示の原理による、ロボット腕の動作を図示する、フローチャートである。

【0082】

【図 18】図 18 A および 18 B は、腹腔鏡下外科手術手技の間、ロボット腕に結合される、外科手術用器具に印加される力を図示する、自由体図である。

【0083】

【図 19】図 19 は、本開示の原理による、ロボット腕の受動モードのいくつかの配列に関連する、例示的値の表である。

【0084】

40

【図 20】図 20 は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムのいくつかの特徴および能力の例示的概要を図示する。

【0085】

【図 21】図 21 は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムのいくつかの電気構成要素およびコネクティビティの概略概要である。

【0086】

【図 22】図 22 は、本開示の原理による、光学スキャナからのデータの入手および処理の例示的プロセスおよびデータの例示的用途を図示する、フローチャートである。

【0087】

【図 23】図 23 は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムのデータフロ

50

一の概略概要である。

【0088】

【図24】図24は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムのデータフローの別の概略概要である。

【0089】

【図25】図25は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムのデータフローおよび出力制御の概略概要である。

【0090】

【図26】図26は、本開示の原理による、協調操作式外科手術用システムのネットワーク内のデータフローの概略概要である。

10

【0091】

【図27A】図27A-27Dは、本開示の原理による、ロボット腕の垂直および水平移動を図示する。

【図27B】図27A-27Dは、本開示の原理による、ロボット腕の垂直および水平移動を図示する。

【図27C】図27A-27Dは、本開示の原理による、ロボット腕の垂直および水平移動を図示する。

【図27D】図27A-27Dは、本開示の原理による、ロボット腕の垂直および水平移動を図示する。

【0092】

【図28A】図28A-28Dは、協調操作式外科手術用システムの例示的グラフィカルユーザインターフェースを図示する。

【図28B】図28A-28Dは、協調操作式外科手術用システムの例示的グラフィカルユーザインターフェースを図示する。

【図28C】図28A-28Dは、協調操作式外科手術用システムの例示的グラフィカルユーザインターフェースを図示する。

【図28D】図28A-28Dは、協調操作式外科手術用システムの例示的グラフィカルユーザインターフェースを図示する。

20

【0093】

【図29】図29は、本開示の原理に従って構築される、代替の協調操作式外科手術用システムの概略図である。

30

【0094】

【図30】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図31-1】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図31-2】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図32】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

40

【図33】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図34】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図35-1】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図35-2】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図36】図30A-43は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

50

【図 3 7】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図 3 8】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図 3 9】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図 4 0】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図 4 1】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図 4 2】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【図 4 3】図 3 0 A - 4 3 は、本開示の原理に従って構築される、種々の代替の外科手術用器具結合機構を図示する。

【発明を実施するための形態】

【0095】

詳細な説明

本明細書に開示されるものは、外科手術手技、例えば、腹腔鏡下手技を実施する際、オペレータ、例えば、外科医を補助するための協調操作式外科手術用ロボットシステムと、その使用の方法とである。現在、腹腔鏡下手技は、典型的には、外科医および 1 人またはそれを上回る助手を要求する。例えば、図 1 A に示されるように、腹腔鏡下手技の間、助手 A 1 は、外科医 S のために、開創器デバイス 1 2 を保持し、組織を暴露することが要求され得る一方、別の助手 A 2 は、手技の間、腹腔鏡デバイス 1 0 を保持し、ディスプレイ（図示せず）を介して、患者内の外科手術空間の視野を外科医 S に提供することが要求され得る。図 1 A に示されるように、助手 A 2 は、外科医が、付加的な外科手術用器具、例えば、外科手術用器具 1 4 および 1 6 を能動的に動作させている間、非実践的位置において、例えば、外科医 S の腕の間から、腹腔鏡デバイス 1 0 を保持することが要求され得る。さらに図 1 A に示されるように、外科医 S は、外科医によって所望される視野を達成するため、助手 A 2 によって保持される腹腔鏡デバイス 1 0 を誘導／再位置付けするために、外科手術用器具 1 6 から手を放す必要があり得る。

【0096】

図 1 B に示されるように、レール搭載型整形外科開創器 1 8 が、他のタスクのために外科医および／または助手の手を自由にするための試行において、かつ安定性のために、腹腔鏡下手技の間、1 つまたはそれを上回る外科手術用器具を定位置に保持するために使用され得る。図 1 B に示されるように、第 1 のレール搭載型整形外科開創器 1 8 a は、係止部 2 2 a の作動に応じて、腹腔鏡デバイス 1 0 と係合し、定位置に保持するために、開創器端 2 0 a を含んでもよい。例えば、係止部 2 2 a は、開創器 1 8 a が、手動で、患者に対して所望の場所に位置付けられ、再係合され、開創器 1 8 a、故に、そこに結合される腹腔鏡下手デバイス 1 0 を所望の位置に係止し得るように、係脱されてもよい。図 1 B に示されるように、開創器端 2 0 b を有する、第 2 のレール搭載型整形外科開創器 1 8 b も、手技の間、係止部 2 2 b の作動に応じて、別の外科手術用器具と係合し、定位置に保持するために使用され得る。したがって、開創器 1 8 a および 1 8 b は、個別のツールを再位置付けし、定位置にロックするために、係止部 2 2 a および 2 2 b と、かつ開創器 1 8 a および 1 8 b 自体とも、広範な手動相互作用を要求する。

【0097】

本明細書に説明される協調操作式外科手術用ロボットシステムは、外科医および／または助手が、必要に応じて、種々の既製の外科手術用器具をシームレスに位置付け、したがって、人間および機械的解決策の両方に固有のワークフロー限界を回避し得るように、優れた制御および安定性を提供する。例えば、協調操作式外科手術用ロボットシステムのロボット腕は、手技全体を通して安定して、第 1 のロボット腕を介して、第 1 の外科手術用

10

20

30

40

50

器具、例えば、腹腔鏡と、第2のロボット腕を介して、第2の外科手術用器具、例えば、開創器とを保持することによって、外科手術補助を提供し、外科手術用部位の最適視野を提供し、外科手術用器具によって、トロカール点における身体壁に印加される力の変動性を低減させ得る。当業者によって理解されるであろうように、本明細書に説明される協調操作式外科手術用ロボットシステムのロボット腕は、好ましくは、例えば、内視鏡／腹腔鏡、開創器、グラスパ、外科手術用鉗、持針器、持針器、クランプ、縫合器具、焼灼器ツール、ステープラ、クリップアプライヤ等を含む、腹腔鏡下手技等外科手術手技のために使用される、細長い器具シャフトを有する、任意の外科手術用器具を保持してもよい。

【0098】

協調操作式外科手術用ロボットシステムはさらに、外科医が、必要であるとき、両方のツールを容易に操縦することを可能にし、手技にわたって優れた制御および安定性および全体的安全性を提供する。本明細書に説明されるシステムの任意の実装は、外科医が、患者ベッドサイドにおいて、滅菌状態のまま、直接、器具を協調操作することを可能にする。例えば、本システムは、外科医によって、腹腔鏡および開創器の両方を保持するために使用され得る、2つのロボット腕を含んでもよい。外科手術手技の間、本システムは、器具のいずれかをシームレスに再位置付けし、外科術野の最適可視化および暴露を提供してもよい。器具は両方とも、直接、本システムのロボット腕に結合されてもよく、本システムは、常に、手技全体を通して、2つの器具および／または2つのロボット腕の位置を監視および記録してもよい。さらに、本システムは、例えば、外科手術用進入ポートの位置、外科医の手の位置および移動、外科手術用器具の位置および配向、ロボット腕に取り付けられているかどうか、患者位置、および患者台の配向および高さを含む、ロボット腕に取り付けられる、外科手術用器具の位置および配向、ロボット腕に取り付けられる、外科手術用器具の近位および遠位端において印加される力に関連するセンサ読取値、各器具を定位置に保持するために要求される力、内視鏡下ビデオストリーム、アルゴリズムパラメータ、光学走査デバイスを用いて捕捉された手術室3Dストリーム等の情報を記録してもよい。

【0099】

そのようなデータは、いくつかの実装では、本システムの動作の1つまたはそれを上回る側面を制御するために使用される、アルゴリズムを開発するために使用され得る、履歴データのデータベースを開発するために使用されてもよい。加えて、そのようなデータは、手技の間、本システムの動作の1つまたはそれを上回る側面／本システムの1つまたはそれを上回るアルゴリズムを制御するために使用されてもよい。例えば、データは、本システムのユーザの疲労のレベルを査定するために使用されてもよい。

【0100】

オペレータが、移動をロボット腕に結合される外科手術用器具に印加することによって、協調操作式外科手術用ロボットシステムのロボット腕を操作するにつれて、本システムは、事前に定義された条件の決定に応じて、自動的に、ロボット腕を種々の動作モード間で遷移させてもよい。例えば、本システムは、受動モードでは、ロボット腕が、静的位置を維持し、例えば、機器への損傷および／または患者への傷害を防止するように、外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する、ロボット腕の移動が、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満であることを決定することに応答して、ロボット腕を受動モードに遷移させてもよい。加えて、本システムは、協調操作モードでは、ロボット腕が、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、自由に移動可能となることを可能にされる一方、第1のインピーダンスが、協調操作モードでは、ロボット腕に印加され、外科手術用器具およびロボット腕の重量を考慮するように、外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力に起因して、ロボット腕において印加される力が、所定の閾値を超えることを決定することに応答して、ロボット腕を協調操作モードに遷移させてもよい。さらに、本システムは、力覚モードでは、第1のインピーダンスを上回る第2のインピーダンスが、ロボット腕に印加され、それによって、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、ロボッ

ト腕の移動を、力覚モードでは、協調操作モードより粘弾性にするように、ロボット腕の少なくとも一部が事前に定義された力覚障壁外にあることを決定することに応答して、ロボット腕を力覚モードに遷移させてもよい。本システムはさらに、そこに取り付けられる外科手術用器具を、例えば、計画された軌道に沿って誘導するために、または外科手術空間内の別の物体または人物との衝突を回避するために、ロボット腕の自動化された移動を正当とする、種々の条件を検出することに応答して、ロボット腕をロボット補助モードに遷移させてもよい。

【0101】

ここで図2を参照すると、協調操作式外科手術用ロボットシステム200が、提供される。図2に示されるように、システム200は、1つまたはそれを上回るロボット腕300、例えば、ロボット腕300aおよびロボット腕300b（ロボット腕300はそれぞれ、外科手術用器具に除去可能に結合するための外科手術用器具結合器インターフェース400を有する）を支持するようにサイズ決めおよび成形される、プラットフォーム100、例えば、外科手術用カートと、プラットフォーム100およびロボット腕300に動作可能に結合される、コンピューティングシステムとを含んでもよい。図2に示されるように、システム200はさらに、動作情報を表示し、かつユーザ入力を受信するために、グラフィカルユーザインターフェースディスプレイ110を含んでもよい。

【0102】

加えて、ロボット腕300はそれぞれさらに、個別のロボット腕と関連付けられる動作モードをリアルタイムで視覚的に示すために、インジケータ334を含んでもよい。例えば、インジケータ334は、少なくとも、ロボット腕の肘ジョイント上に位置付けられてもよい。加えて、または代替として、インジケータ334は、システム200上、例えば、プラットフォーム100上、ディスプレイ110上等の、いずれかの場所に設置されてもよい。さらに、インジケータ334は、様々な明確に異なる色において、かつ明確に異なるパターン、例えば、点灯または点滅において照明し得る、ライト、例えば、LEDライトを含んでもよい。例えば、システム200の各動作モードは、赤色、黄色、青色、緑色、紫色、白色、橙色等の一意に着色された光と関連付けられてもよい。故に、インジケータ334は、1つの動作モードから別の動作モードへの遷移を示してもよい。

【0103】

図2に示されるように、プラットフォーム100は、独立して、ロボット腕300aおよびロボット腕300bをプラットフォーム100に対して垂直に移動させるための垂直延在部106と、独立して、ロボット腕300aおよびロボット腕300bをプラットフォーム100に対して水平に移動させるための水平延在部108とを含み、それによって、ロボット腕300を患者に対して設置する際のオペレータ柔軟性を可能にしてもよい。さらに、プラットフォーム100は、複数の車輪104、例えば、キャスタ車輪を含み、手術室内でのプラットフォーム100、故に、ロボット腕300の移動性を提供してもよい。車輪104はそれぞれ、制動機構を含んでもよく、これは、車輪104を介して、プラットフォーム100の移動を防止するように作動され得る。故に、プラットフォーム100は、独立して、ロボット腕300aおよびロボット腕300bのそれぞれを、床に向かったおよびそこから離れるような第1または垂直方向、患者に向かったおよびそこから離れるような第2または水平方向、および／または患者の身長に沿った第3の方向または水平方向を含む、任意の方向に移動させてもよい。いくつかの実施形態では、プラットフォーム100は、同時に、ロボット腕300aおよびロボット腕300bを同一方向に移動させてもよく、さらに、ロボット腕300aおよびロボット腕300bの回転移動を引き起こしてもよい。動作のために準備完了となると、プラットフォーム100は、車輪104を介して、患者のベッドの側面における所望の位置に移動され、定位置に係止されてもよく、ロボット腕300aおよび300bの垂直および水平位置は、グラフィカルユーザインターフェースディスプレイ110によって受信されるユーザ入力に応答して、垂直延在部106および水平延在部108を介して、手技のために、患者に対して最適位置に調節されてもよい。下記にさらに詳細に説明されるように、プラットフォーム100は、

10

20

30

40

50

例えば、腹腔鏡下手技の間、手術室内の他の物体および／または人物との潜在的衝突の検出にตอบสนองして、ロボット腕 300 a およびロボット腕 300 b を自動的に移動させてもよい。

【0104】

外科手術用ロボットシステム 200 は、ユーザが、ユーザによって外科手術用器具に提供される力入力にตอบสนองして、ロボット腕と結合される 1 つまたはそれを上回る外科手術用器具の操作に起因して、ロボット腕 300 a および／またはロボット腕 300 b を自由に移動させることを可能にすることによって、システム 200 が、ユーザまたはオペレータ、例えば、外科医および／または外科手術助手を補助し得るように、協調操作のために構成される。故に、システム 200 は、ロボット腕 300 が、直接、オペレータによるそこに結合される外科手術用器具の移動にตอบสนองして、移動する一方、外科手術用器具および個別のロボット腕の質量を補償し、ロボット腕に沿って、局在化されたインピーダンスを提供し、それによって、オペレータが外科手術用器具を操作するにつれたオペレータの移動または作用の正確度を増加させるように、遠隔で制御されないように構成され得る。

10

【0105】

システム 200 は、特に、例えば、カニューレを介して、患者の身体の中に挿入され、外科手術介入を可能にし得る、細長い器具を利用する、腹腔鏡下外科手術手技および／または他の外科手術手技において有用であり得る。当業者によって理解されるであろうように、システム 200 は、任意の所望または好適な外科手術のために使用されてもよい。さらに、システム 200 は、システム 200 のオペレータが、結合器インターフェース 400 を介してロボット腕 300 と結合される、器具の使用を視認および監視し得るように、1 つまたはそれを上回るカメラおよび／または 1 つまたはそれを上回る内視鏡によって提供される、ビデオ監視と併用または協働して使用されてもよい。例えば、ロボット腕 300 a は、内視鏡と除去可能に結合され、それを操作してもよい一方、ロボット腕 300 b は、外科手術用器具と除去可能に結合され、それを操作してもよい。

20

【0106】

ここで図 3 A - 3 D を参照すると、外科手術用支持腕、例えば、ロボット腕 300 が、提供される。上記に説明されるように、システム 200 は、複数のロボット腕、例えば、ロボット腕 300 a およびロボット腕 300 b を含んでもよい。しかしながら、各ロボット腕は、同じように構築され得るため、単一ロボット腕のみが、簡潔にするために、集合的に、ロボット腕 300 として、図 3 A - 3 D に関して説明される。本明細書に説明されるロボット腕の側面は、L o u v e a u の米国特許第 10, 118, 289 号（その全内容が、参照することによって本明細書に組み込まれる）からの構造を利用してもよい。ロボット腕 300 は、基部部分から延在する、複数の腕区画／連結部と、複数の関節運動ジョイント 106 とを含んでもよい。例えば、ロボット腕 300 は、基部部分と、肩部分と、肘部分と、手首部分とを含み、それによって、人間の腕の運動学を模倣してもよい。図 3 A に示されるように、ロボット腕 300 は、基部を含んでもよく、これは、基部ジョイント 303 において、肩部分 304 に回転可能に結合される、基部部分 302 を含む。例えば、肩部分 304 は、基部部分 302 の上部に着座してもよく、基部ジョイント 303 において、軸 Q 1 を中心として、基部部分 302 に対して回転されてもよい。いくつかの実施形態では、ロボット腕 300 は、入れ替えられる、取り替えられる、または任意の所望の配列において基部と結合されてもよい。

30

40

【0107】

ロボット腕 300 はさらに、肩連結部 305 を含んでもよく、これは、遠位肩連結部 308 に回転可能に結合される、近位肩連結部 306 を含む。近位肩連結部 306 の近位端が、近位肩連結部 306 が、肩ジョイント 318 において、軸 Q 2 を中心として、肩部分 304 に対して回転され得るように、肩ジョイント 318 において、基部の肩部分 304 に回転可能に結合されてもよい。図 3 A に示されるように、軸 Q 2 は、軸 Q 1 と垂直であってもよい。近位肩連結部 306 の遠位端が、遠位肩連結部 308 が、ジョイント 320 において、軸 Q 3 を中心として、近位肩連結部 306 に対して回転され得るように、ジョ

50

イント 3 2 0 において、遠位肩連結部 3 0 8 の近位端に回転可能に結合されてもよい。図 3 A に示されるように、軸 Q 3 は、肩連結部 3 0 5 の縦軸と平行であってもよい。加えて、ロボット腕 3 0 0 は、遠位肩連結部 3 0 8 が、アクチュエータ 3 3 0 の作動に応じて、近位肩連結部 3 0 6 に対してのみ回転され得るように、遠位肩連結部 3 0 8 および／または近位肩連結部 3 0 6 に動作可能に結合される、アクチュエータ 3 3 0、例えば、レバー、ボタン、またはスイッチを含んでもよい。故に、軸 Q 3 は、図 1 0 A - 1 0 D に関してさらに詳細に説明されるように、遠位肩連結部 3 0 8 が、ロボット腕 3 0 0 が外科手術手技において使用される、動作段階に先立って、設定段階の間、近位肩連結部 3 0 6 に対して回転および固定され得るような、「設定」軸であってもよい。

【0108】

いくつかの実施形態では、遠位肩連結部 3 0 8 は、アクチュエータ 3 3 0 の作動に応じて、事前に定義された増分において、近位肩連結部 3 0 6 に対して手動で回転されてもよい。代替として、アクチュエータ 3 3 0 の作動に応じて、遠位肩連結部 3 0 8 は、アクチュエータ 3 3 0 が解放されるまで、近位肩連結部 3 0 6 に対して自動的に回転されてもよい。例えば、アクチュエータ 3 3 0 は、アクチュエータ 3 3 0 の作動に応じて、関連付けられるモータが、遠位肩連結部 3 0 8 を近位肩連結部 3 0 6 に対して回転させるように、遠位肩連結部 3 0 8 および／または近位肩連結部 3 0 6 に動作可能に結合される、モータに動作可能に結合される、ボタンまたはスイッチであってもよい。好ましくは、モータは、ロボット腕 3 0 0 の基部内に配置される、または代替として、モータは、肩連結部 3 0 5 上に配置されてもよい。故に、アクチュエータ 3 3 0 は、二重作動、例えば、遠位肩連結部 3 0 8 を肩連結部 3 0 6 に対して第 1 の方向に回転させるための第 1 の作動と、遠位肩連結部 3 0 8 を第 1 の方向と対向する第 2 の方向に回転させるための第 2 の作動とを可能にする、ボタンまたはスイッチであってもよい。いくつかの実施形態では、ボタンまたはスイッチは、ディスプレイ 1 1 0 等のグラフィカルユーザインターフェース上に位置してもよい。

【0109】

ロボット腕 3 0 0 はさらに、肘連結部 3 1 0 を含んでもよい。肘連結部 3 1 0 の近位端が、肘連結部 3 1 0 が、肘ジョイント 3 2 2 において、軸 Q 4 を中心として、遠位肩連結部 3 0 8 に対して回転され得るように、肘ジョイント 3 2 2 において、遠位肩連結部 3 0 8 の遠位端に回転可能に結合されてもよい。ロボット腕 3 0 0 はさらに、手首部分 3 1 1 を含んでもよく、これは、図 4 A および 4 B にさらに示されるように、手首ジョイント 3 2 4 において、肘連結部 3 1 0 の遠位端に回転可能に結合される、近位手首連結部 3 1 2 と、ジョイント 3 2 6 において、近位手首連結部 3 1 2 に回転可能に結合される、中央手首連結部 3 1 4 と、ジョイント 3 2 8 において、中央手首連結部 3 1 4 に回転可能に結合される、遠位手首連結部 3 1 6 とを含んでもよい。故に、手首部分 3 1 1 は、手首ジョイント 3 2 4 において、軸 Q 5 を中心として、肘連結部 3 1 0 に対して回転されてもよく、中央手首部分 3 1 4 は、ジョイント 3 2 6 において、軸 Q 6 を中心として、近位手首連結部 3 1 2 に対して回転されてもよく、遠位手首連結部 3 1 6 は、ジョイント 3 2 8 において、軸 Q 7 を中心として、中央手首連結部 3 1 4 に対して回転されてもよい。加えて、図 4 B に示されるように、ロボット腕 3 0 0 は、近位手首連結部 3 1 2 が、アクチュエータ 3 3 2 の作動に応じて、肘連結部 3 1 0 に対してのみ回転され得るように、アクチュエータ 3 3 2、例えば、肘連結部 3 1 0 および／または近位手首連結部 3 1 2 に動作可能に結合される、レバー、ボタン、またはスイッチを含んでもよい。故に、軸 Q 5 は、近位手首連結部 3 1 2 が、ロボット腕 3 0 0 が外科手術手技において使用される、動作段階に先立って、設定段階の間、肘連結部 3 1 0 に対して回転および固定され得るような、「設定」軸であってもよい。いくつかの好ましい実施形態では、アクチュエータ 3 3 2 の作動に応じて、近位手首連結部 3 1 2 は、事前に定義された増分において、肘連結部 3 1 0 に対して手動で回転され、それによって、付加的モータおよび／または電子機器をロボット腕 3 0 0 の遠位領域に有する必要性を除去してもよい。代替として、アクチュエータ 3 3 0 の作動に応じて、近位手首連結部 3 1 2 は、アクチュエータ 3 3 2 が解放されるまで、肘連

10

20

30

40

50

結部 310 に対して自動的に回転されてもよい。

【0110】

再び図 3A を参照すると、ロボット腕 300 は、複数のモータ、例えば、モータ M1、M2、M3 を含んでもよく、これは全て、ロボット腕 300 の基部内に配置されてもよい。モータ M1、M2、M3 はそれぞれ、ロボット腕 300 の個別のジョイント、例えば、基部ジョイント 303、肩ジョイント 318、および肘ジョイント 322 に動作可能に結合され、それによって、局在化されたインピーダンスを個別のジョイントにおいて印加してもよい。例えば、モータ M1、M2、M3 は、それぞれ、基部ジョイント 303、肩ジョイント 318、および肘ジョイント 322 のいずれかにおいて、インピーダンスを生産し、それによって、事実上、インピーダンスをロボット腕の遠位端において、例えば、外科手術用器具との取付点において印加し、外科手術用器具の操作の間のオペレータによって被られる感覚および外科手術手技の間のオペレータの作用を改善してもよい。例えば、インピーダンスは、ロボット腕 300、故に、そこに結合される外科手術用器具の遠位端に印加され、粘弾性、硬直性、および／または慣性の感覚を外科手術用器具を操作するオペレータに提供してもよい。さらに、印加されるインピーダンスは、組織密度または硬直性をシミュレートし、外科手術境界をオペレータに通信し得、所望の経路に沿って、または別様に、外科手術用器具を指向するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、モータは、個別のジョイントを作動させ、それによって、個別のジョイントを中心として、ロボット腕 300 の移動を引き起こしてもよい。故に、軸 Q1、軸 Q2、および軸 Q4 はそれぞれ、モータ M1、M2、M3 が、それぞれ、インピーダンス／トルクを基部ジョイント 303、肩ジョイント 318、および肘ジョイント 322 に印加し、個別の軸を中心とした回転を阻止または作動させ得るような、「モータ」軸であってもよい。下記にさらに詳細に説明されるように、モータ M1、M2、M3 は、協調操作式ロボットプラットフォームのプロセッサによって制御されてもよい。3つのモータ軸を用いることで、ロボット腕 300 のいくつかの実装は、力／トルクをロボット腕 300 の遠位端において、3つの方向において印加し、それによって、ロボット腕 300 の遠位端に結合される外科手術用器具を 3 自由度において移動させてもよい。

【0111】

軸 Q6 および軸 Q7 は、中央手首連結部 314 が、システム 200 からの任意の印加されるインピーダンスを用いずに、近位手首連結部 312 に対して回転され得、遠位手首連結部 316 が、システム 200 からの任意の印加されるインピーダンスを用いずに、中央手首連結部 314 に対して回転され得るような、「受動」軸であってもよい。遠位手首連結部 316 の遠位端は、図 4A および 4B に示されるように、例えば、下記にさらに詳細に説明されるように、外科手術用器具および結合器インターフェース 400 に除去可能に結合され得る、結合器本体 500 を介して外科手術用器具と除去可能に結合するための外科手術用器具結合器インターフェース 400 を含んでもよい。代替として、手首部分 11 は、米国特許第 10,582,977 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）に説明されるように、外科手術用器具との取付点に受動玉ジョイントを含んでもよい。

【0112】

再び図 3A を参照すると、ロボット腕 300 はさらに、ロボット腕 300 の複数のジョイントのうちの少なくともいくつか上に配置される、複数のエンコーダ、例えば、エンコーダ E1-E7 を含んでもよい。例えば、基部部分 302 と肩部分 304 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E1 が、基部内の基部ジョイント 303 上またはそれに隣接して配置されてもよく、肩部分 304 と近位肩連結部 306 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E2 は、基部内の肩ジョイント 318 上またはそれに隣接して配置されてもよく、近位肩連結部 306 と遠位肩連結部 308 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E3 が、ジョイント 320 上またはそれに隣接して配置されてもよく、遠位肩連結部 308 と肘連結部 310 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E4 が、肘ジョイント 322 における回転運動の伝達が、基部から肘ジョイント 322 まで延在する接続ロッ

ドを介して達成されるため、基部内の肘ジョイント 3 2 2 に動作可能に結合されるモータ M 3 に隣接して配置されてもよく、肘連結部 3 1 0 と近位手首連結部 3 1 2 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E 5 が、手首ジョイント 3 2 4 上またはそれに隣接して配置されてもよく、近位手首連結部 3 1 2 と中央手首連結部 3 1 4 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E 6 が、ジョイント 3 2 6 上またはそれに隣接して配置されてもよく、中央手首連結部 3 1 4 と遠位手首連結部 3 1 6 との間の形成角を測定するためのエンコーダ E 7 が、ジョイント 3 2 8 上またはそれに隣接して配置されてもよい。代替として、エンコーダ E 4 は、肘ジョイント 3 2 2 上またはそれに隣接して配置されてもよい。エンコーダは、個別のジョイントにおける対応する連結部の位置および／または形成角および／またはロボット腕 3 0 0 の遠位端に結合される外科手術用器具の正確な位置を正確に決定するためのデータを発生させるように構成される、絶対エンコーダまたは他の位置／形成角センサであってもよい。故に、ロボット 3 0 0 の各連結部、ジョイント、および遠位端の正確な位置は、複数のエンコーダから取得される測定値に基づいて、決定されてもよい。好ましくは、冗長エンコーダが、下記にさらに詳細に説明されるように、エンコーダが設置される、ロボット腕 3 0 0 に沿って、各場所に配置され、より正確な位置データを提供し、かつ障害条件を検出する。

10

【0113】

外科手術用器具との取付に先立って、ロボット腕 3 0 0 は、ユーザによって、手動で操作され、例えば、ロボット腕 3 0 0 を外科手術用器具と結合するための所望の位置に位置付けてもよい。例えば、ユーザは、手首部分 1 1、アクチュエータ 3 3 0、および／またはアクチュエータ 3 3 2 を介して、ロボット腕 3 0 0 を手動で操作してもよい。アクチュエータ 3 3 0 の作動に応じて、ユーザは、遠位肩連結部 3 0 8 を手動で回転させてもよく、アクチュエータ 3 3 2 の作動に応じて、ユーザは、近位手首部分 3 1 2 を手動で操作してもよい。外科手術用器具への取付に応じて、ロボット腕 3 0 0 は、依然として、ユーザが、力、例えば、1 つまたはそれを上回る線形力および／または 1 つまたはそれを上回るトルクを、直接、ロボット腕 3 0 0 に付与することによって、手動で操作されてもよい。しかしながら、腹腔鏡下手技の間、オペレータは、好ましくは、力／トルクをロボット腕 3 0 0 の遠位端、故に、ロボット腕 3 0 0 の連結部およびジョイントに印加する、外科手術用器具のハンドルのみを介して、ロボット腕 3 0 0 を操作する。オペレータが、力をロボット腕 3 0 0 に取り付けられる外科手術用器具に印加し、それによって、外科手術用器具の移動を引き起こすにつれて、ロボット腕 3 0 0 は、外科手術用器具の移動にตอบสนองして、移動し、オペレータに、外科手術用器具を患者に対して自由に移動させるための能力を提供するであろう。下記にさらに詳細に説明されるように、ロボット腕 3 0 0 は、オペレータが外科手術用器具を移動させるにつれて、インピーダンスを印加し、外科手術用器具およびロボット腕 3 0 0 自体の重量、例えば、重力補償を考慮し、それによって、ロボット腕および／または外科手術用器具上に付与されている重力および／または慣性力にもかかわらず、オペレータが器具を移動させることをより容易にしてもよい。当業者によって理解されるであろうように、ロボット腕 3 0 0 は、図 3 A に示されるものより少ないまたはより多い関節運動ジョイントおよびモータおよびエンコーダ／センサの対応する数を含んでもよい。

20

30

40

【0114】

ここで図 4 C を参照すると、結合器インターフェース 4 0 0 および結合器本体 5 0 0 の結合機構の拡大図が、提供される。結合器インターフェース 4 0 0 は、任意の好適な締結具またはコネクタ、例えば、磁石、ねじ、ピン、クランプ、溶接、接着剤、リベット、および／または任意の他の好適な締結具または前述の任意の組み合わせを使用して、遠位手首連結部 3 1 6 の遠位端に結合されてもよい。図 4 C に示されるように、結合器インターフェース 4 0 0 は、ねじ山付きである、または締結具 4 1 0、故に、結合器インターフェース 4 0 0 が、遠位手首部分 3 1 6 に選択的に取り付けられることを可能にする、他の特徴を有し得る、締結具 4 1 0 を使用して、遠位手首部分 3 1 6 の遠位端と結合されてもよい。締結具 4 1 0 は、遠位手首部分 3 1 6 の遠位端にまたはその中に位置付けられる、締

50

結具 4 1 0 をその中に受容するための開口部を有する挿入要素 4 0 8 と結合されてもよい。いくつかの実施形態では、締結具 4 1 0 は、ピンであってもよい、またはボール、ラッチ、またはその他等の他の特徴を有し、締結具 4 1 0 が遠位手首部分 3 1 6 と選択的に結合することを可能にしてもよい。

【0115】

外科手術用器具の伸長シャフトをそれを通して摺動可能かつ解放可能に受容するようにサイズ決めおよび成形される、開口部 5 1 4 を有し得る、結合器本体 5 0 0 が、結合器インターフェース 4 0 0 と除去可能に結合されてもよい。例えば、結合器本体 5 0 0 は、磁気接続を介して、結合器本体 5 0 0 に除去可能に結合され、それによって、例えば、結合器本体 5 0 0 と結合器インターフェース 4 0 0 との間の磁気結合力を克服することによって、結合器本体 5 0 0 と結合器インターフェース 4 0 0 との間の効率的取付および取外を促進してもよい。故に、図 4 C に示されるように、結合器本体 5 0 0 は、組み立てられた状態では、結合器インターフェース 4 0 0 の表面に接触する、結合器本体 5 0 0 の表面から離れるように延在する、1 つまたはそれを上回る磁石 5 0 6 を有してもよい。代替として、結合器インターフェースを有していない、実施形態では、磁石 5 0 6 は、直接、遠位手首部分 3 1 6 の遠位端に接触してもよい。

10

【0116】

故に、結合器インターフェース 4 0 0 または遠位手首部分 3 1 6 の遠位端は、結合器本体 5 0 0 が結合器インターフェース 5 0 0 および／または遠位手首部分 3 1 6 の遠位端と除去可能に結合され得るように、結合器本体 5 0 0 の磁石 5 0 6 を受容し、それと磁氣的に結合するように構成される、鉄系基部構成要素を有してもよい。図 4 D は、外科手術用器具結合器インターフェース 4 0 0 を図示する。図 4 D に示されるように、結合器インターフェース 4 0 0 は、隆起 4 0 2 によって定義される、結合器本体 5 0 0 の相補的幾何学形状を受容するようにサイズ決めおよび成形される、陥凹された部分 4 0 4 を有してもよい。故に、結合器本体 5 0 0 の相補的幾何学形状が、組み立てられた状態において、陥凹された部分 4 0 4 内に受容されると、結合器インターフェース 4 0 0 に対する結合器本体 5 0 0 の回転移動は、限定または別様に防止され得る。

20

【0117】

加えて、結合器インターフェース 4 0 0 は、1 つまたはそれを上回る磁石 5 0 6 をその中に受容するようにサイズ決めおよび成形される、1 つまたはそれを上回る陥凹または凹部 4 0 6 を有してもよい。結合器インターフェース 4 0 0 は、鉄系基部構成要素または磁石を陥凹 4 0 6 内に有し、磁石 5 0 6 と磁氣的に結合してもよい。例えば、陥凹 4 0 6 内の磁石は、南磁極を有してもよく、磁石 5 0 6 は、北磁極を有してもよい、またはその逆であってもよい。さらに、磁石の極性は、適切な結合配向を確実にすることができる。陥凹 4 0 6 は、結合器本体 5 0 0 が結合器インターフェース 4 0 0 と組み立てられた状態にあるとき、磁石 5 0 6 の軸方向（例えば、縦方向）中心線に対して半径方向または法線にある、任意の方向において、結合器本体 5 0 0 と結合器インターフェース 4 0 0 との間の移動を限定または別様に防止するようにサイズ決めおよび成形されてもよい。当業者によって理解されるであろうように、結合器インターフェース 4 0 0 は、結合器本体 5 0 0 が対応する磁石の量を有するであろうように、2 つより少ないまたはより多い陥凹 4 0 6 を有してもよい。

30

40

【0118】

ここで図 5 A および 5 B を参照すると、結合器本体 5 0 0 が、提供される。図 5 A に示されるように、結合器本体 5 0 0 は、上記に説明されるように、結合器インターフェース 4 0 0 の陥凹された部分 4 0 4 に相補的幾何学形状を有する、部分 5 0 2 上に配置される、1 つまたはそれを上回る磁石 5 0 6 を有し、結合器本体 5 0 0 と結合器インターフェース 4 0 0 との間の整合を促進してもよい。加えて、結合器本体 5 0 0 は、結合器インターフェース 4 0 0 の相補的隆起 4 0 2 と係合するようにサイズ決めおよび成形される、1 つまたはそれを上回る溝 5 0 4 を有してもよい。溝 5 0 4 および隆起 4 0 2 は、図 4 C に示されるように、少なくとも 2 つの方向 D 1 および D 2 において、結合器本体 5 0 0 と結合

50

器インターフェース４００との間の移動を限定または別様に防止することによって、結合器本体５００と結合器インターフェース４００の整合を補助するように相互作用してもよい。故に、組み立てられた状態では、結合器本体５００は、結合器インターフェース４００に対して任意の軸方向に移動することを防止され得る。

【０１１９】

図５Ａおよび５Ｂに示されるように、結合器本体５００は、第１の部分５０８と、第２の部分５１０とを有してもよい。第１の部分５０８は、例えば、第２の部分５１０が、第１の部分５０８に対して移動または回転され、第１の部分５０８および第２の部分５１０によって定義された開口部５１４を拡張（サイズの増加）または収縮（サイズの減少）させ得るように、第１および第２の部分５０８、５１０と同一材料から形成され、および／または第１および第２の部分５０８、５１０と一体的に形成される、一体型ヒンジであり得る、ヒンジ５１２を介して、第２の部分５１０と結合または一体的に形成されてもよい。第１の部分５０８および第２の部分５１０は、ねじ５１６、例えば、蝶ねじが、緊締され、器具１１２と結合器本体１４１を結合するにつれて、開口部５１４内に位置付けられる、外科手術用器具の伸長シャフトを中心として狭窄化し得る、クランプを形成してもよい。故に、結合器本体５００は、第１の非固着／開放状態または位置と、第２の固着／閉鎖状態または位置との間で遷移してもよい。

10

【０１２０】

開口部５１４の直径は、結合器本体５００に結合されるべき外科手術用器具に基づいて選択されてもよい。例えば、結合器本体は、複数の結合器本体から選択されてもよく、各結合器本体は、整形外科および外傷外科手術（ＯＴＳ）のために使用される外科手術用器具、持針器、クランプ、鉗等を含む、腹腔鏡下または他の外科手術用器具等、事前に定義された伸長シャフト直径を有する、具体的外科手術用器具の伸長シャフトを受容するようにサイズ決めおよび成形される、開口部を有する。結合器本体５００は、外科手術用器具上の任意の所望の軸方向位置において、外科手術用器具と結合されてもよい。

20

【０１２１】

図５Ｃに示されるように、結合器本体５００は、第２の部分５１０を通して延在する、陥凹５２０と、第１の部分５０８の少なくとも一部を通して延在する、陥凹５２２とを含んでもよい。陥凹５２０は、ねじ５１６の係止部分５１８を受容するための陥凹５２２と整合される。例えば、係止部分５１８は、オス型ねじ山付き表面を有してもよく、陥凹５２０、５２２は、メス型ねじ山付き表面を有し、係止部分５１８と係合してもよい。ねじ５１６は、手によって弛緩され、外科手術用器具が、除去、再位置付け、回転、および／または摺動等され得るように、開口部５１４を開放または拡張させてもよい。いったん結合器本体５００が、例えば、ねじ５１６を介して、外科手術用器具と結合されると、結合器本体５００および結合器本体５００と結合される外科手術用器具は、磁石５０６を介して、結合器インターフェース４００と除去可能に結合されてもよい。

30

【０１２２】

開口部５１４は、結合器本体５００の第１の部分５０８内の第１の半円形カットアウトと、第２の部分５１０内の第２の半円形カットアウトとによって定義され、それによって、外科手術用器具の伸長シャフトの円形外面と係合してもよい。開口部５１４は、例えば、外科手術用器具の伸長シャフトの外面に接触し、それを把持するように構成される、ゴムパッド、シート、パンプ、Ｏリング、突起、または他の構成要素または特徴を含んでもよい。例えば、ゴム材料は、シリコンゴムまたは任意の他の好適なタイプのゴムであってもよい。故に、いったん結合器本体５００が、例えば、ねじ５１６を固着させることによって、外科手術用器具と結合されると、外科手術用器具は、固着された状態では、少なくとも、軸方向に、例えば、外科手術用器具の縦軸に沿った方向に移動しないように、またはいくつかの実施形態では、結合器本体５００に対して軸方向かつ回転可能に移動しないように阻止または別様に防止され得る。好ましくは、結合器本体５００と結合される、外科手術用器具は、オペレータによって、結合器本体５００に対して自由に回転され得る一方、結合器本体５００に対する外科手術用器具の軸方向移動は、固着された状態では、

40

50

阻止または別様に防止される。例えば、外科手術用器具の伸長シャフトの外面と開口部 514 を定義する結合器本体 500 の内面との間の摩擦力は、固着された状態では、結合器本体 500 に対する外科手術用器具の回転が結合器本体 500 に対する外科手術用器具の軸方向移動未満の力を要求するように選択されてもよい。故に、結合器 500 は、外科手術用器具の直径変動および表面変動（表面の摩擦係数における変動を含む）を考慮するように構成されてもよい。

【0123】

いくつかの実施形態では、外科手術用器具は、結合器本体 500 に対する外科手術用器具上への少なくとも閾値力の印加に応じて、または解放の作動または結合器本体 500 の状態変化に応じて、結合器本体 500 に対して軸方向に移動されてもよい。例えば、そのような作動は、例えば、ボタンを押下する、係止ねじ 516 または他のコネクタ等の係止ねじを弛緩させる、ダイヤルを移動させる、または別様に、結合器本体 500 および／または結合器インターフェース 400 を第 2 の固着された状態から第 1 の非固着状態に変化させることによって達成されてもよい。故に、外科手術用器具は、ねじ 516 または結合器本体 500 内のクランプ等の他の手動締結具または締結機構を弛緩させ、外科手術用器具を所望の軸方向位置に再位置付けし、ねじ 516 または他の手動締結具または締結機構を再緊締することによって、結合器本体 500 に対して軸方向に再位置付けされてもよい。結合器本体 500 は、使い捨てであってもよい、または代替として、外科手術手技の間に滅菌され得るように、滅菌可能であってもよい。

【0124】

上記に説明されるように、結合器本体の開口部の直径は、結合器本体に結合されるべき外科手術用器具に基づいて選択されてもよい。最も一般に使用される腹腔鏡下外科手術用器具は、事前に定義された既知の伸長シャフト直径を有し、したがって、それぞれ、具体的外科手術用器具を受容し、それと係合するようにサイズ決めおよび成形される、開口部を有する、多数の結合器本体が、提供されてもよい。例えば、図 6A は、5 mm 直径外科手術用器具、例えば、開創器デバイス 12 を受容するようにサイズ決めおよび成形される、開口部 614 を有する、結合器本体 600 を図示する。結合器本体 600 は、結合器本体 500 と同様に構築されてもよい。例えば、結合器本体 600 は、ヒンジ部分 612 を介して、第 2 の部分 610 に結合される、第 1 の部分 608 と、ねじ 616 の係止部分 618 を固着して受容するための陥凹 620、622 とを含んでもよい。図 6B に示されるように、結合器本体 600 は、図 6C に示されるように、結合器本体 600 が、結合器本体 600 が開創器 12 の近位部分 12b と係合するまで、伸長シャフト 12a にわたって摺動され得るように、例えば、開創器 12 の動作端から、開口部 614 を通して、開創器 12 の伸長シャフト 12a を受容してもよい。好ましくは、結合器本体 600 は、結合器本体 600 が近位部分 12b に接触すると、下記にさらに詳細に説明されるように、開創器 12 に沿った本点が、固定され、それによって、力測定値を計算するために、一貫した参照点を提供するため、開創器 12 に結合される。故に、結合器本体 600 が、開創器 12 の伸長シャフトに沿って、例えば、近位部分 12b に隣接する、所望の場所に来ると、ねじ 616 が、結合器本体 600 に結合され、結合器本体 600 を開創器 12 に固着させてもよい。上記に説明されるように、結合器本体 600 は、結合器本体 600 に対する開創器 12 の回転移動が、可能にされる一方、結合器本体 600 に対する開創器 12 の軸方向移動が、拘束される、例えば、開創器 12 を結合器本体 600 に対して移動させるために要求される力が、開創器 12 を結合器本体 600 に対して回転させるために要求される力よりはるかに高いように、開創器 12 に固着される。

【0125】

図 7A は、10 mm 直径外科手術用器具、例えば、腹腔鏡デバイス 10 を受容するようにサイズ決めおよび成形される、開口部 714 を有する、結合器本体 700 を図示する。結合器本体 700 は、結合器本体 600 と同様に構築されてもよい。例えば、結合器本体 700 は、ヒンジ部分 712 を介して、第 2 の部分 710 に結合される、第 1 の部分 708 と、ねじ 716 の係止部分 718 を固着して受容するための陥凹 720、722 とを含

んでもよい。図 7 B に示されるように、結合器本体 700 は、図 7 C に示されるように、結合器本体 700 が、結合器本体 700 が腹腔鏡 10 の近位部分 10 b と係合するまで、伸長シャフト 10 a にわたって摺動され得るように、例えば、腹腔鏡 10 の動作端から、開口部 714 を通して、腹腔鏡デバイス 10 の伸長シャフト 10 a を受容してもよい。好ましくは、結合器本体 700 は、結合器本体 700 が近位部分 10 b に接触すると、下記にさらに詳細に説明されるように、腹腔鏡 10 に沿った本点が、固定され、それによって、力測定値を計算するために、一貫した参照点を提供するため、腹腔鏡 10 に結合される。故に、結合器本体 700 が、腹腔鏡 10 の伸長シャフトに沿って、例えば、近位部分 10 b に隣接する、所望の場所に来ると、ねじ 716 が、結合器本体 700 に結合され、結合器本体 700 を腹腔鏡 10 に固着させてもよい。上記に説明されるように、結合器本体 700 は、結合器本体 700 に対する腹腔鏡 10 の回転移動が、可能にされる一方、結合器本体 700 に対する腹腔鏡 10 の軸方向移動が、拘束される、例えば、腹腔鏡 10 を結合器本体 700 に対して移動させるために要求される力が、腹腔鏡 10 を結合器本体 700 に対して回転させるために要求される力よりはるかに高いように、腹腔鏡 10 に固着される。

10

【0126】

適切にサイズ決めされた結合器本体が選択された外科手術用器具に結合されると、結合器本体は、ロボット腕 300 の結合器インターフェース 400 に除去可能に結合され得る。結合器本体 500 および結合器インターフェース 400 は、オペレータが、片手を使用して、結合器本体 500、故に、そこに結合される外科手術用器具をロボット腕 300 の結合器インターフェース 400 に結合し得るように、片手結合のために構成されてもよい。好ましくは、外科手術用ドレープが、結合器本体と結合器インターフェース 400 との間に挟込まれ、または圧着され、ロボット腕 300 にわたってドレープされ、外科手術空間の滅菌状態を維持し、ロボット腕 300 の非滅菌構成要素との接触を防止してもよい。故に、滅菌ドレープは、結合器本体が、滅菌ドレープの第 1 の側において、システム 200 の結合器インターフェース、ロボット腕 300、および／または他の構成要素が、滅菌ドレープの他側にあるように、結合器本体と結合器インターフェースとの間を持続的に（例えば、孔、細隙、または任意の他のタイプの開口部を伴わずに）通過し得る。いくつかの実施形態では、結合器本体は、外科手術用ドレープと統合されてもよい。加えて、または代替として、外科手術用ドレープは、結合器本体 500 が、アダプタを介して、結合器インターフェース 400 に結合され得るように、それと統合されるアダプタを含んでもよく、例えば、アダプタは、結合器本体 500 と結合器インターフェース 400 との間に位置付けられてもよい。

20

30

【0127】

ここで図 8 A および 8 B を参照すると、ロボット腕 300 が、外科手術用ドレープ準備完了構成に位置付けられてもよい。図 8 A に示されるように、ロボット腕 300 は、手首部分 311、肘連結部 310、および肩連結部 305 が、基部の肩部分 304 から離れるように延在し、外科手術用／滅菌ドレープがロボット腕 300 の各構成要素にわたってドレープされることを可能にするように、延在されてもよい。さらに、図 8 B に示されるように、2 つのロボット腕、例えば、ロボット腕 300 a およびロボット腕 300 b が存在するとき、ロボット腕 300 a およびロボット腕 300 b は、例えば、手首部分 311 a、肘連結部 310 a、および肩連結部 305 a が、手首部分 311 b、肘連結部 310 b、および肩連結部 305 b から離れるように延在するように、肩部分 304 a をロボット腕 300 a の基部部分 302 a に対して回転させることによって、かつ肩部分 304 b をロボット腕 300 b の基部部分 302 b に対して回転させることによって、相互から離れるように角度付けられてもよい。本構成は、個別のロボット腕の外科手術用／滅菌ドレープでの効率的かつアクセス可能なドレープを可能にする。さらに、延在位置では、ロボット腕は、ロボット腕が、力覚モードにおいて、高レベルのインピーダンスが、ロボット腕に印加され、それによって、ロボット腕の移動をより粘弾性にし、オペレータが、ロボット腕をドレープするが、必要に応じて、移動をそこに提供することをより容易にするよう

40

50

に、仮想力覚境界外にあってもよい。例えば、図 9 A は、滅菌ドレープ 800 でドレープされる、単一口ボット腕 300 を図示し、図 9 B は、それぞれ、滅菌ドレープ 800 a、800 b でドレープされる、口ボット腕 300 a、300 b を図示する。

【0128】

滅菌ドレープ 800 は、その端部部分において、完全に閉鎖されてもよい。いくつかの実施形態では、滅菌ドレープ 800 は、その遠位部分内に、口ボット腕 300、結合器インターフェース 400、結合器本体 500、および／または外科手術用器具の一部がそれを通して通過し得る、開口部（随意に、滅菌シールまたはインターフェースを有し得る）を有してもよい。任意の開口部を伴わずに、かつその長さに沿ってシールされずに、シールされた端部部分を有する、ドレープは、システム 200 のためのより良好な滅菌障壁を提供し得る。故に、口ボット腕 300 は全て、滅菌ドレープ 800 の近位端における、例えば、口ボット腕 300 の基部の近傍の開口部を除き、滅菌ドレープ 800 の内側に位置し、および／または滅菌ドレープ 800 内に完全に封入され得る。いくつかの実施形態では、結合器本体 500 および結合器インターフェース 400 は、電気コネクタを有し、口ボット腕 300 と外科手術用器具との間の電子接続を生産してもよい。故に、電気信号が、滅菌ドレープ 800 を通して伝送されてもよい。代替として、滅菌ドレープ 800 は、電気ワイヤまたは他の構成要素が、開口部を通して通過し、有線通信チャネルを、例えば、較正のためのメモリチップ、アブレーションのための高周波プローブ、カメラ、および他の電子構成要素を含み得る、電気構成要素に提供し得るように、開口部を含んでもよい。外科手術用器具および結合器本体は、代わりに、電気ワイヤが滅菌ドレープ 800 を通して通過する必要がないように、受動的または非電子的であってもよい。

【0129】

ここで図 10 A - 10 D を参照すると、肩連結部 305 の近位肩連結部 306 に対する遠位肩連結部 308 の回転が、提供される。上記に説明されるように、軸 Q3 は、遠位肩連結部 308 が、例えば、外科手術手技における口ボット腕 300 の動作に先立って、口ボット腕 300 の設定段階の間、アクチュエータ 330 の作動に応じて、近位肩連結部 306 に対して回転され得るような、「設定」軸であってもよい。図 10 A に示されるように、肩部分 304 は、随意に、最初に、所望の位置に基部部分 302 に対して回転され、それによって、肩部分 304 に結合される、近位肩連結部 306 の遠位において、全ての連結部の回転を引き起こし、基部部分 302 に対して回転させ、ジョイント 320 を中心とする口ボット腕 300 の回転のための十分な空間を提供してもよい。さらに、図 10 に示されるように、手首部分 311 が、ジョイント 320 を中心とする口ボット腕 300 の回転に応じて、口ボット腕 300 の任意の構成要素と衝突しないように、少なくとも部分的に、基部部分 302 から離れるように延在されてもよい。図 10 B に示されるように、アクチュエータ 330 が、ジョイント 320 における近位肩連結部 306 に対する遠位肩連結部 308 の回転を可能にするために作動されなければならない。図 10 C は、近位肩連結部 306 に対する遠位肩連結部 308 の回転に応じた、具体的腹腔鏡下手技のための望ましい場所における口ボット腕 300 を図示する。図 10 D は、口ボット腕 300 b と比較した、近位肩連結部 306 a に対する遠位肩連結部 308 a の回転に応じた、望ましい場所における口ボット腕 300 a を図示する。

【0130】

ここで図 11 A および 11 B を参照すると、光学スキャナを有する、例示的協調操作式口ボット外科手術用システムが、提供される。図 11 A に示されるように、本システムは、図 2 のシステム 200 と同様に構築されてもよく、複数の口ボット腕、例えば、口ボット腕 300 a および口ボット腕 300 b を有する。上記に説明されるように、2 つのみの口ボット腕が、図 11 A に示されるが、より少ないまたはより多い口ボット腕が、光学スキャナ 1100 と併用されてもよい。加えて、本システムは、光学スキャナ 1100、例えば、RGBD カメラまたはセンサ、機械学習を伴う RGB カメラ、飛行時間深度カメラ、構造化された光、複数の投影カメラ、立体カメラ、超音波センサ、レーザスキャナ、他のタイプの座標測定面積スキャナ、または前述の任意の組み合わせ等、LiDAR スキャ

ナまたは他の好適な光学走査デバイスを含んでもよい。例えば、LiDARカメラ／スキャナは、外科術野の色（RGB）および深度（D）の両方を記録することが可能であってもよく、例えば、限定ではないが、以下の仕様、すなわち、（i）範囲：25cm～500cm、深度正確度：5mmまたは約5mm、深度視野：70×55または約70×55（度）、深度出力分解能：1,024×768ピクセルまたは約1,024×768ピクセル、深度／RGBフレームレート：30フレーム／秒、RGBフレーム分解能：1,920×1,080、および／またはRGB視野：70×43度または約70×43度のいずれかを含む、類似または好適な仕様を有する、Intel RealSense LiDARカメラL515またはIntel RealSense深度カメラD435i（Intel（Santa Clara, California）によって市販されている）または他のLiDARまたは深度カメラを含んでもよい。LiDARスキャナまたは光学スキャナはさらに、1／4－20UNCねじ山または2×M3ねじ山搭載点の両方を含んでもよい。当業者によって理解されるであろうように、光学スキャナ1100は、本明細書に説明される、他の協調操作式ロボット外科手術用システム、例えば、システム200またはその任意の変形例において使用されてもよい。

10

20

30

40

50

【0131】

図11Aに示されるように、ロボット腕300a、300bを支持するプラットフォームが、光学スキャナ1100が外科手術空間内の他の物体に対して固定された場所に搭載されるように、光学スキャナ1100および本システムの任意の他の電子機器、配線、または他の構成要素を支持してもよく、光学スキャナ1100の位置および配向は、本システム、故に、ロボット腕の大域的座標系に対して把握または決定されてもよい。これは、開発目的のために、全てのデータストリームが単一座標系に転換されることを可能にする。例えば、光学スキャナ1100は、ロッドまたはシャフト、例えば、ロッド1102上に支持されてもよく、これは、調節可能高さを有し、または別様に、任意の方向、例えば、上／下、左／右に、患者に向かって／から離れるように、調節可能であって、光学スキャナ1100が、本システムの他の構成要素、例えば、ロボット腕300a、300b、そこに取り付けられる外科手術用器具、外科医、および／または外科手術助手に対して最適視野または位置を得ることを可能にしてもよい。さらに、例えば、外科医の手、他の身体部分、および本システムの他の構成要素の移動を示す、光学スキャナ1100によって捕捉された遠隔計測データが、手技全体を通して外科医によって印加される精密な移動および力を説明する、豊かつ詳細なデータセットを提供するために記録されてもよい。

【0132】

例えば、取得されるデータは、例えば、ロボット腕300の1つまたはそれを上回る部分の自動サーボ制御（すなわち、移動）を含む、本システムによって実施される手技を最適化するために使用されてもよい。外科医がツールを特定の着目領域内に保つ傾向および／または外科医がツールを特定の着目領域の中に移動させることを回避する傾向を追跡することによって、本システムは、自動サーボ制御アルゴリズムを最適化し、特定の着目領域内でより安定性を提供してもよい。加えて、取得されるデータは、例えば、本システムの光学走査デバイスの視野の自動再心合を含む、本システムによって実施される手技を最適化するために使用されてもよい。例えば、本システムが、外科医が視野外に移動したことを検出する、または外科医が視野外に移動し得ることを予測する場合、本システムは、光学走査デバイス、例えば、腹腔鏡を支持するロボット腕に、腹腔鏡を自動的に調節させ、外科医が所望の手技を実施するにつれて、画像の所望の場所を追跡させてもよい。本挙動は、外科医特有であり得、着目動作領域のための特定の外科医の選好の理解を要求し得る。したがって、本システムは、特定の外科医の具体的動作要件および／または選好に従って、ロボット腕を制御してもよい。

【0133】

ここで図11Cを参照すると、複数の光学センサを有する、別の例示的協調操作式ロボット外科手術用システムが、提供される。図11Cに示されるように、システム200は、移動性をプラットフォーム100に提供するための複数の車輪を有する、プラットフォ

ーム１００によって支持される、複数のロボット腕、例えば、ロボット腕３００aおよびロボット腕３００bを有する。上記に説明されるように、複数の車輪はそれぞれ、制動機構を含んでもよく、これは、係合され、プラットフォーム１００の移動を防止するように作動されてもよい。例えば、制動機構は、システム２００のコントローラに動作可能に結合されてもよい。さらに、システム２００は、プラットフォーム１００上に配置される、複数の光学センサ、例えば、光学スキャナ１１００a、１１００b、および１１００cを含んでもよい。例えば、光学スキャナ１１００aは、図１１Aの光学スキャナ１１００に関して上記に説明されるように、プラットフォーム１００の上部の上に配置されてもよく、光学スキャナ１１００bおよび１１００cは、プラットフォーム１００の側面上に配置されてもよい。加えて、または代替として、１つまたはそれを上回る光学スキャナは、プラットフォーム１００の真下に配置されてもよい。光学スキャナ１１００a、１１００b、および１１００cは、深度データを捕捉するように構成される。例えば、光学スキャナ１１００a、１１００b、および１１００cは、例えば、深度カメラ、立体RGBカメラ、LiDARデバイス、および／または電磁、容量、または赤外線近接度センサ等であってもよい。

10

【０１３４】

複数の光学センサによって発生された深度データは、システム２００のコントローラによって、リアルタイムで、例えば、手術室内のプラットフォーム１００を圍繞するエリアの仮想マップ、例えば、「俯瞰図」を発生させるために使用されてもよい。例えば、仮想マップは、手術室を上方視から図示してもよい。さらに、図１１Cに示されるように、仮想マップは、プラットフォーム１００（ロボット腕３００a、３００bを含む）、ならびにプラットフォーム１００を圍繞するエリア内の１つまたはそれを上回る物体、例えば、患者台PT、および／または１人またはそれを上回る人物、例えば、オペレータO、人物P1、および人物P2のグラフィカル表現を含んでもよい。具体的には、仮想マップは、例えば、プラットフォーム１００が、オペレータOによって、手術室を通して移動されるにつれて、プラットフォーム１００と１つ（人）またはそれを上回る物体／人物との間の近接度を図式的に図示してもよい。コントローラは、ディスプレイ１１０に、オペレータOがプラットフォーム１００を手術室を通して移動させるにつれて、オペレータOが、リアルタイムで、ディスプレイ１１０上で仮想マップを視認し得るように、仮想マップを表示させてもよい。故に、オペレータOには、オペレータOが、例えば、プラットフォーム１００および／またはロボット腕３００a、３００bがオペレータOのビューを妨害することに起因して、そうでなければ、彼ら自身の眼では見ることができない、プラットフォーム１００を圍繞するエリア内の物体および／または人物が見え、プラットフォーム１００および／またはロボット腕３００a、３００bと手術室内の物体／人物との間の衝突を回避し得る。さらに、コントローラは、仮想マップが、プラットフォーム１００および／またはロボット腕３００a、３００bが手術室内の１つまたはそれを上回る物体／人物から所定の距離に接近またはその中にあることを示すと、ディスプレイ１１０に、アラート、例えば、視覚的または可聴アラートを表示させてもよい。

20

30

【０１３５】

いくつかの実施形態では、コントローラは、プラットフォーム１００が手術室内で移動されている間、ディスプレイ１１０に、仮想マップのみを表示させてもよい。例えば、プラットフォーム１００は、アクチュエータの作動に応じて、制動機構が、係脱され、したがって、プラットフォーム１００の移動性が可能にされるように、プラットフォーム１００の車輪の制動機構に動作可能に結合され得る、１つまたはそれを上回るアクチュエータ、例えば、ボタン、レバー、またはハンドルバーを含んでもよい。故に、アクチュエータが、作動されないとき、制動機構は、プラットフォーム１００の移動性が防止されるように、係合される。したがって、アクチュエータの作動に応じて、コントローラは、オペレータOが、制動機構が係脱されている間、プラットフォーム１００の移動の前、それらの間、またはその後、プラットフォーム１００を圍繞するエリアを視認し得るように、自動的に、ディスプレイ１１０に、仮想マップを表示させてもよい。いったんアクチュエータ

40

50

が、制動機構が再係合されるように、解放されると、ディスプレイ 110 は、仮想マップを表示することを停止してもよい。いくつかの実施形態では、仮想マップが、プラットフォーム 100 および／またはロボット腕 300 a、300 b が手術室内の 1 つ（人）またはそれを上回る物体／人物から所定の距離に接近またはその中にあることを示すとき、コントローラは、オペレータによるアクチュエータの作動をオーバーライドし、制動機構に再係合し、それによって、プラットフォーム 100 のさらなる移動を防止してもよい。故に、アクチュエータは、制動機構に係脱し、プラットフォーム 100 のさらなる移動を可能にするために、オペレータによって、解放および再作動される必要があり得る。

【0136】

図 12 は、腹腔鏡下手技の間、光学スキャナ 1100 が動作している、システムを示す。図 12 に示されるように、随意の付加的光学スキャナ、例えば、カメラ 1200 が、監視および分析のために、付加的視点、例えば、ロボット腕によって保持される器具の移動の冗長測定値を提供する、および／または、例えば、ストリーミングを介して、外科手術場面のビデオストリームを提供するために利用されてもよい。図 12 に示されるように、本システムは、ロボット腕 300 a が、外科医が、ロボット腕 300 b の遠位端に結合される、開創器 12 を動作および操作する間、腹腔鏡 10 を患者に対して固定された位置に保持するように、2 つのロボット腕、例えば、ロボット腕 300 a、300 b を含んでもよい。さらに、外科手術手技の間、ロボット腕 300 a、300 b は、それぞれ、滅菌ドレープ 800 a、800 b でドレープされてもよい。上記に説明されるように、外科医は、開創器 12 が、ロボット腕 300 b に結合され、それによって、外科医による開創器 12 の移動に起因して、ロボット腕 300 b の移動を引き起こしながら、かつロボット腕 300 b が、開創器 12 およびロボット腕 300 b の重量を考慮しながら、開創器 12 を自由に操作し得る。外科手術手技の間、光学スキャナ 1100 が、ロボット腕 300 a に結合される、外科手術用器具、例えば、腹腔鏡 10 の識別、位置、配向、および／または移動と、ロボット腕 300 b に結合される、外科手術用器具、例えば、開創器 12 の識別、位置、配向、および／または移動と、外科手術用器具のいずれかが、意図的または非意図的にのいずれかにおいて、個別のロボット腕から取り外されているかどうかを監視するために使用されてもよい。さらに、光学スキャナ 1100 は、トロカール Tr のいずれかの識別、位置、配向、および／または移動／変位を監視し、個別のトロカールに対するロボット腕および／または外科手術用器具の適切な整合を確実にするために使用されてもよい。本システムは、本システムによって実施されるように意図される外科手術手技に応じて、1 つ、2 つ、3 つ、4 つ、またはそれを上回るトロカールを有する、外科手術手技において使用されてもよい。

【0137】

図 13 A および 13 B は、光学スキャナ 1100 によって生産される、例示的データを図示する。例えば、図 13 A は、光学スキャナ 1100 によって捕捉された画像データを図示し、図 13 B は、光学スキャナ 1100 によって捕捉されたデータから発生された外科手術空間内の少なくともいくつかの物体の深度マップを図示する。具体的には、光学スキャナ 1100 は、深度マップ、例えば、点群を作成してもよく、各ピクセルの値は、光学スキャナ 1100 からの距離に関連する。例えば、第 1 の物体（第 1 の外科手術用器具等）および第 2 の物体（例えば、トロカール）に関するピクセル間の差異は、本システムが、外科手術用器具とトロカールとの間の距離を計算することを可能にするであろう。さらに、第 1 の時点における第 1 の物体（第 1 の外科手術用器具等）および第 2 の時点における第 1 の物体に関するピクセル間の差異は、本システムが、第 1 の物体が移動したかどうか、移動の軌道、移動の速さ、および／または第 1 の物体の変化位置と関連付けられる他のパラメータを計算することを可能にするであろう。

【0138】

図 13 A および 13 B に示されるように、外科医 S は、送気されている腹部（A）に対して位置付けられる、外科手術用ツールおよび／またはドレープされているロボット腕（DA）およびドレープされていないロボット腕（UA）を操作している。上記に説明され

るように、ロボット腕からのデータストリーム、腹腔鏡からのカメラフィールド、光学スキャナ1100から入手されたデータ、および、随意に、ロボット腕に隣接する構造、壁、天井、または手術室内の他の構造上に配置される、1つまたはそれを上回る撮像デバイスから捕捉されたデータが、個々に、または組み合わせて、記録、記憶、および使用され、外科手術用システムおよび外科手術用システムの手技を理解および制御してもよい。前述の構成要素、デバイス、およびそれらの組み合わせは、集合的に、本明細書では、光学スキャナまたは光学走査デバイスと称される。

【0139】

例えば、本システムは、本システムの座標空間内の以下、すなわち、外科医によって操作されるハンドヘルド外科手術用器具（ロボット腕に取り付けられる、またはそこから離れている）の運動、他の外科手術スタッフ（例えば、器械出し看護師、外回り看護師、麻酔科医等）の有無、外科手術台の高さおよび角度配向、外科手術台上の患者位置および体積、患者上のドレープの有無、トロカールポートの有無、存在する場合のその位置および配向、外科手術スタッフによって行われるジェスチャ、外科手術スタッフによって実施されているタスク、外科手術スタッフと本システムの相互作用、外科手術用器具識別、外科手術用器具と本システムの取付または取外「作用」、本システムに対する外科手術用器具の具体的特徴（例えば、カメラヘッド、結合器、基点マーカ等）の位置および配向追跡、外科手術の位相が識別されることを可能にする、場面内の運動プロファイルまたは具体的特徴の測定値、本システムの、または外科手術チームによって使用されている、任意の他の器具、特徴、および／または構成要素の位置、配向、識別、および／または移動のいずれかを測定および記録してもよい。

【0140】

本システムは、上記に説明される測定値および／または他のデータと、本システムからの任意の他の遠隔計測データおよび／または腹腔鏡からのビデオデータを組み合わせ、包括的データセットを提供し、それを用いて、本明細書に説明される協調操作式ロボット補助外科手術用システムの全体的有用性、機能性、および安全性を改善してもよい。例えば、本システムが、ある手技を開始するように設定されるにつれて、光学スキャナ1100は、外科手術台の高さおよび配向を検出してもよい。本情報は、本システムが、ロボット腕300を支持するプラットフォーム200の自由度を外科手術台に対して所望または正しい位置に自動的に構成することを可能にし得る。具体的には、光学スキャナ1100は、プラットフォーム100の高さが、ロボット腕300が意図される外科手術作業空間と重複することを確実にするように最適に位置付けられることを確実にするために使用されてもよい。さらに、光学スキャナ1100によって取得されるデータに基づいて、本システムは、外科手術スタッフに、本システムと手術室内の資本設備他の部品、例えば、外科手術台、腹腔鏡タワー、カメラブーム等、および外科手術スタッフのメンバとの間の潜在的衝突、例えば、スタッフメンバによる不注意によるバンプをアラートしてもよい（設定の間または術中のいずれかにおいて）。本システムは、本情報を使用して、プラットフォーム100および／または本システムの他の構成要素、外科手術台、および／または患者を再位置付けすることを推奨し、および／またはスタッフメンバとの衝突によってロボット腕に印加される力の結果として、力がロボット腕の所定の力閾値を超える場合でも、ロボット腕が協調操作モードに切り替わることを防止してもよい。

【0141】

加えて、光学スキャナ1100から取得されるデータは、外科手術手技のための設定の進行度を監視するために使用されてもよく、本システムの既知の状態と組み合わせられ、遠隔病院スタッフ（例えば、外科医）に、手技を開始するための全体的準備状況を知らせてもよい。そのような進行度ステップは、（i）台上の患者、（ii）ドレープされる患者、（iii）利用可能な滅菌器具、（iv）ドレープされるロボット腕、（v）挿入されるトロカールポート、および（vi）器具（例えば、腹腔鏡および開創器）が本システムのロボット腕に取り付けられていることの確認を含んでもよい。例えば、光学スキャナ1100から取得されるデータは、システム状態（例えば、システムがドレープされてい

る)、手技を開始するための準備状況等を示す、検出されたジェスチャを含んでもよく、さらに、外科手術用器具の取付または取外のために本システムを調製するために使用されてもよい。

【0142】

加えて、光学スキャナ1100は、本システムが、外科医の識別を使用して、特定の外科医と関連付けられるシステムプロファイルの本システムの中にロードし得るように、手技を行う具体的外科医を識別してもよい。本システムプロファイルは、外科医の動作パラメータおよび／または選好、患者毎のパラメータを有する、外科医の患者リスト、外科医のための所望または要求されるアルゴリズム感度、支持プラットフォームの位置付け自由度等に関連する情報を含んでもよい。外科医特有であり得る、アルゴリズム感度の実施例は、受動モードから協調操作モードに移行するために要求される力の適合／調節(例えば、低力から高力)、ロボット腕を協調操作するとき外科医によって感じられる粘弾性の適合／調節(例えば、低粘弾性から高粘弾性)等を含む。さらに、外科医の選好は、具体的外科手術用器具に関する、ロボット腕300の好ましい配列、例えば、患者に対するロボット腕300の連結部およびジョイントの位置付けを含んでもよく、例えば、好ましい配列は、腹腔鏡と開創器との間で異なり得る。

【0143】

いくつかの実施形態では、外科医の選好は、過去の手技および／または外科医の現在の姿勢、外科医の身長、外科医の利き手、および他の類似要因を含む、現在の手技についての情報を収集するセンサからのデータに基づいて学習されてもよい。例えば、本システムは、データセットが、外科医選好が「学習」および経時的に更新されることを可能にし得るように、ユーザが本システムと相互作用するときを記録し、また、ユーザが本システムを用いて行っている内容を記録してもよい。本学習は、従来のアルゴリズム方法(すなわち、経時的傾向、平均、オプティカルフロー等)を介して、または機械学習アプローチ(分類、判別、ニューラルネットワーク、強化学習等)を介してのいずれかにおいて行われてもよい。図24は、ユーザの学習された挙動に基づいてシステム構成を更新するためのデータフロー2400を図示する。図24に示されるように、本システムは、外科医プロファイルおよび複数の可能性として考えられるデータソースのそれぞれを記憶し得る、オンラインデータベースに接続されてもよく、これは、光学センサ、エンコーダ、および／または他のセンサ、および／または手で打ち込まれたユーザ入力データベースを含み得る。データソースは、所与の外科医、その好ましいロボット腕配列および動作パラメータ、および本システムを用いて実施される各手技と関連付けられてもよく、これは、システム構成および手技から手技へおよび手技内での変化の様子の記録および分析を可能にし得る。機械学習の場合、本システムの協調操作能力は、ユーザの作用が、データに注釈を付け、訓練データセットを作成するために使用され得るように、活用されてもよい。

【0144】

位置付け自由度に関して、外科手術台の高さは、典型的には、いくつかの手術室内において、外科医の身長に合わせるように調節される。したがって、外科医を検出し、外科医の具体的プロファイルをロードすることによって、本システムは、外科手術台の好ましい高さに合わせるように、プラットフォームを個別の外科医のために好適な高さに位置付けてもよい。加えて、ロボット腕の水平平行移動は、患者のサイズに依存し得る。したがって、患者リストにアクセスすることによって、本システムは、患者の体型指数(「BMI」)に基づいて、腕の位置を調節してもよい。例えば、高BMIを伴う患者に関して、本システムは、ロボット腕を手術台から離れるように移動させてもよく、低BMIを伴う患者に関して、本システムは、ロボット腕を手術台により近くように移動させてもよい。故に、本システムは、外科手術チームが、必要に応じて、ロボット腕の位置を患者に対して微調整することを可能にする。本システムはさらに、病院医療記録データベースにアクセスし、手技タイプおよび利用可能な任意の他の医療データ(例えば、CT走査画像、X線画像、MRI画像、および／または他の患者特有情報)にアクセスするように構成されてもよく、これは、トロカールポートの位置付けおよび患者に対するプラットフォーム10

0 の位置および配向を知らせるために使用されてもよい。

【0145】

光学スキャナ1100によって捕捉されたデータに基づいて、本システムは、仮想モデルが、記憶および監視され、例えば、潜在的衝突を検出し得るように、ロボット腕およびそこに結合される外科手術用器具と同一座標空間内のロボット腕の移動の範囲内にある、手術室内の資本設備および／または他の物体の部品の仮想モデルを発生させてもよい。加えて、本システムは、本システムが、仮想モデルまたは物体のいずれかの近接度（すなわち、それらの間の間隔）が、例えば、50mm、75mm以内、30mmまたはそれ未満～100mm、またはそれを上回る事前に定義された閾値を下回る場合、ユーザにアラートし得るように、各仮想モデルおよび物体が相互に対して移動するにつれた仮想モデル内の物体の位置および配向を追跡してもよい。いくつかの実施形態では、距離閾値は、2つの仮想モデル上の最も近い点間のユークリッド距離、仮想モデルの2つの表面間の法線距離等に基づいてもよい。さらに、本システムは、仮想モデルまたは物体、例えば、ロボット腕のいずれかの近接度が、腹腔鏡タワー、または外科手術台の表面、または外科手術空間内の他の物体に対して事前に定義された閾値に到達する、またはそれを下回る場合、ロボット腕のさらなる移動を停止または阻止（例えば、防止）する、例えば、ロボット腕をフリーズさせてもよい。加えて、本システムは、本システムが、個別のロボット腕に向かって移動している物体、例えば、資本設備または外科医以外の外科手術スタッフのメンバとの間の近接度が、事前に定義された閾値に到達する、またはそれを下回ること検出する場合、ロボット腕をフリーズさせ、それによって、そうでなければ、そのような衝突または不注意による力、例えば、スタッフのメンバまたは資本設備の別の部品等からの不注意によるバンプから生じ得る、不注意によるロボット腕の移動を防止してもよい。

10

20

【0146】

加えて、光学スキャナ1100a、1100b、1100cによって捕捉されたデータに基づいて、本システムは、例えば、ユーザがプラットフォームを手術室全体を通して移動させている間、潜在的衝突を検出するために、仮想マップが、記憶され、ユーザに表示され得るように、プラットフォームおよびロボット腕と同一座標空間内の手術室内のプラットフォームおよびロボット腕を圍繞する事前に定義されたエリア内に存在する、物体および／または人物のグラフィカル表現とともに、仮想マップを発生させてもよい。加えて、本システムは、プラットフォームおよび／またはロボット腕からの物体および／または人物のいずれかの間の近接度が、所定の閾値、例えば、50mm、75mm以内、30mmまたはそれ未満～100mm、またはそれを上回る閾値内に該当する場合、本システムがユーザにアラートし得るように、仮想マップ内のグラフィカル表現の位置および配向を追跡してもよい。

30

【0147】

さらに、光学スキャナ1100によって捕捉されたデータに基づいて、本システムは、ロボット腕と結合されない、直接かつ独立して、外科医によって制御される、ハンドヘルド外科手術用器具の運動を追跡してもよい。例えば、光学スキャナ1100は、器具の明確に定義された特徴、器具または外科医の手袋（例えば、滅菌手袋）に取り付けられる基点マーカ、ロボット腕と器具との間の結合器、器具の遠位先端、および／または器具上の任意の他の定義された場所を追跡してもよい。例えば、基点マーカは、Manus仮想現実手袋（Manus（The Netherlands）によって市販されている）または他の装着可能物および／またはOptiTrackシステム（Natural Point（Corvallis, Oregon）によって市販されている）を含んでもよい。以下は、運動データの使用および目的の実施例である。（i）ハンドヘルド器具とカメラを保持するロボット腕との間の制御ループを閉鎖し、したがって、外科医が、ハンドヘルド器具を「向ける」ことによって、カメラをサーボ制御（すなわち、移動）させることを可能にする、（ii）独立して、または他のデータストリームと組み合わせて使用され得る、情報を追跡し、外科手術手技の位相を識別する、（iii）外科医の利き手を識別する、（iv）外科医の経験と関連付けられる、計測値を監視する、（v）外科医が使用

40

50

しているツールと、他のツールのためにそれらを変更するときを識別する、および／または (v i) 患者の皮膚表面およびトロカルポートの数、位置、および配向の追跡。本データおよび情報はまた、本システムによって、協調操作式制御枠組の一部として使用および算出されてもよい。トロカルポートの真の位置および配向を測定することによって、本システムは、付加的安全性チェックを提供され、システムレベル算出が、正しいことを確実にし、例えば、ロボット腕または器具の実際の運動がロボット補助モードにおけるロボット腕または器具のコマンドされた運動に合致することを確実にし得る。

【0148】

光学スキャナ1100によって捕捉されたデータに基づいて、本システムはさらに、個別のポートにおいて使用されている器具、器具がポート間で取り替えられる頻度、本システムが患者または外科手術台が移動している間、器具を定位置に保持する場合（その場合、本システムは、ロボット腕の動作モードを受動モードに変化させ、ロボット腕300および／またはプラットフォーム100を再位置付けすることによって、移動に合わせてもよい）、付加的トロカルポートが追加されるかどうかを監視および決定するために、手動で保持される器具対ロボット腕に結合される器具を有するポート、および／または手術室またはシステムの他の条件またはパラメータを追跡してもよい。ロボット腕に対する皮膚表面およびトロカルポートの位置および配向の知識は、下記にさらに詳細に説明されるように、「仮想境界」の実装を促進し得る。

【0149】

ここで図14を参照すると、協調操作式ロボットプラットフォーム1400内に含まれ得る、構成要素が、説明される。プラットフォーム1400は、1つまたはそれを上回るプロセッサ1402、通信回路網1404、電力供給源1406、ユーザインターフェース1408、および／またはメモリ1410を含んでもよい。1つまたはそれを上回る電気構成要素および／または回路は、本明細書に説明される種々の構成要素の役割のうちのいくつかまたは全てを実施してもよい。別個に説明されるが、電気構成要素は、別個の構成要素である必要はないことを理解されたい。例えば、プラットフォーム1400および通信回路網1404は、単一チップ内に具現化されてもよい。加えて、プラットフォーム1400は、メモリ1410を有するものとして説明されるが、メモリチップは、別個に提供されてもよい。

【0150】

プラットフォーム1400は、メモリを含有し、および／または1つまたはそれを上回るバスを介して結合され、情報をメモリから読み取る、または情報をそこに書き込んでもよい。メモリ1410は、マルチレベル階層キャッシュを含む、プロセッサキャッシュを含んでもよく、その中で異なるレベルは、異なる容量およびアクセス速さを有する。メモリはまた、ランダムアクセスメモリ (RAM)、他の揮発性記憶デバイス、または不揮発性記憶デバイスを含んでもよい。メモリ1410は、RAM、ROM、フラッシュ、他の揮発性記憶デバイスまたは不揮発性記憶デバイス、または他の公知のメモリ、またはそれらのある組み合わせであってもよく、好ましくは、ストレージを含み、その中でデータは、選択的に保存されてもよい。例えば、記憶デバイスは、例えば、ハードドライブ、光学ディスク、フラッシュメモリ、およびZipドライブを含むことができる。プログラムブル命令が、メモリ1410上に記憶され、例えば、ロボット腕300および／またはそこに結合される外科手術用器具に沿って印加されるべき所望の力を計算し、インピーダンスをロボット腕300の個別のジョイントにおいて印加し、所望の力をもたらすために、アルゴリズムを実行してもよい。

【0151】

プラットフォーム1400は、プロセッサ1402を組み込んでもよく、これは、1つまたはそれを上回るプロセッサから成ってもよく、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ (DSP)、特定用途向け集積回路 (ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) または他のプログラマブル論理デバイス、離散ゲートまたはトランジスタ論理、離散ハードウェア構成要素、または本明細書に説明される機能を実施するよう

10

20

30

40

50

に設計される、それらの任意の好適な組み合わせであってもよい。プラットフォーム 1400 はまた、コンピューティングデバイスの組み合わせ、例えば、DSP とマイクロプロセッサの組み合わせ、複数のマイクロプロセッサ、DSP コアと連動する 1 つまたはそれを上回るマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装されてもよい。

【0152】

プラットフォーム 1400 は、メモリ内に記憶される、ファームウェア／ソフトウェアと連動して、例えば、Windows（登録商標）、Mac OS、QNX、Unix（登録商標）、または Solaris（登録商標）5.10 等のオペレーティングシステム（例えば、オペレーティングシステム 1446）を実行してもよい。プラットフォーム 1400 また、メモリ内に記憶される、ソフトウェアアプリケーションを実行する。例えば、ソフトウェアは、例えば、C++、PHP、または Java（登録商標）を含む、当業者に公知の任意の好適なプログラミング言語におけるプログラムであってもよい。

10

【0153】

通信回路網 1404 は、プラットフォーム 1400 が、光学スキャナおよび／または内視鏡等の画像捕捉デバイスと通信することを可能にする、回路網を含んでもよい。通信回路網 1404 は、当技術分野において公知の技法を使用して、インターネット、電話ネットワーク、Bluetooth（登録商標）ネットワーク、および／または WiFi ネットワーク等を経由して、有線および／または無線通信ネットワークのために構成されてもよい。通信回路網 1404 は、Bluetooth（登録商標）チップおよび／または WiFi チップ等の当技術分野において公知の通信チップであってもよい。通信回路網 1404 は、プラットフォーム 1400 が、トロカール挿入点における体壁上の力測定値等の情報を、ローカルで、および／またはサーバ等の遠隔場所に転送することを可能にする。

20

【0154】

電力供給源 1406 は、交流電流または直流電流を供給してもよい。直流電流実施形態では、電力供給源は、交換可能バッテリーまたは再充電可能バッテリー等の好適なバッテリーを含んでもよく、装置は、再充電可能バッテリーを充電するための回路網と、取外可能電源コードとを含んでもよい。電力供給源 1406 は、プラットフォーム 1400 が、プラットフォーム 1400 内の構成要素に給電するために、例えば、AC／DC 電力コンバータを伴うコードおよび／または USB ポートを介して、従来の壁ソケットの中に差し込まれることを可能にするためのポートであってもよい。電力供給源 1406 は、緊急スイッチの作動に応じて、例えば、ロボット腕 300 の複数のジョイントの少なくともいくつかのジョイント上に配置される、制動機構を含む、プラットフォーム 1400 内の構成要素に供給されている電力が停止するように、緊急スイッチに動作可能に結合されてもよい。例えば、制動機構は、電力が制動機構に供給されていなくても、制動機構が、電力を伴わずに、ロボット腕 300 の移動を防止するように働くように、電力が止められることを要求し得る。

30

【0155】

ユーザインターフェース 1408 が、ユーザからの入力を受信し、および／または出力をユーザに提供するために使用されてもよい。例えば、ユーザインターフェース 1408 は、タッチスクリーン、ディスプレイ、スイッチ、ダイヤル、ライト等を含んでもよい。故に、ユーザインターフェース 1408 は、選択された外科手術用器具識別およびロボット腕 300 の動作の間に観察される力測定値等の情報を表示してもよい。さらに、ユーザインターフェース 1408 は、プラットフォーム 1400 が、適宜、情報／パラメータを調節し得るように、ロボット腕を受動モードに自動的に切り替わらせるための外科手術用器具のハンドルにおける所定の移動量または所定の停留期間、ロボット腕を協調操作モードに自動的に切り替わらせるための外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力の所定の閾値、事前に定義された力覚障壁の位置、ロボット腕の遠位端に結合される、外科手術用器具の識別、ロボット腕の垂直高、ロボット腕の水平位置等に対する調節を含む、ユーザ入力を受信してもよい。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース 1408

40

50

は、プラットフォーム 1400 上に存在せず、代わりに、通信回路網 1404 を介して、プラットフォーム 1400 に通信可能に接続される、遠隔外部コンピューティングデバイス上に提供される。

【0156】

非一過性コンピュータ可読媒体の一実施例である、メモリ 1410 が、オペレーティングシステム (OS) 1446、外科手術用器具識別モジュール 1412、外科手術用器具較正モジュール 1414、エンコーダインターフェースモジュール 1416、ロボット腕位置決定モジュール 1418、トロカール位置検出モジュール 1420、力検出モジュール 1422、インピーダンス計算モジュール 1424、モータインターフェースモジュール 1426、光学スキャナインターフェースモジュール 1428、ジェスチャ検出モジュール 1430、受動モード決定モジュール 1432、協調操作モード決定モジュール 1434、力覚モード決定モジュール 1436、ロボット補助モード決定モジュール 1438、障害検出モジュール 1440、インジケータインターフェースモジュール 1442、および疲労検出モジュール 1444 を記憶するために使用されてもよい。モジュールは、本開示による種々の動作を実施するためのプロセッサ 1402 によって実行され得る、コンピュータ実行可能命令／アルゴリズムの形態において提供される。

10

【0157】

例えば、手技の間、本システムは、本システムによって収集されたデータに基づいて、本明細書に説明されるアルゴリズムを持続的に起動してもよい。そのデータは、例えば、ロボット内のセンサ／エンコーダから、ロボット型システムの他の構成要素と通信する光学走査デバイスから、および／または本システムのオペレータによる手動入力からを含む、本明細書に開示される構成要素および方法のいずれかを使用して、収集および／または記録されてもよい。故に、本システムのアルゴリズム、データ、および構成は、ユーザが、ロボット腕および／またはそこに結合される外科手術用器具の重量、重力、および従来のロボット腕が補償することができない他の力から、最小限の衝撃および影響を伴って、ロボット腕を協調操作することを可能にし得る。本明細書に説明されるアルゴリズムのパラメータのうちのいくつかは、例えば、検出される特徴のロバスト性、誤検出に対する感度、ロボット制御利得、追跡すべき特徴の数、不感帯半径等を含む、本システムの挙動の側面を制御してもよい。

20

【0158】

外科手術用器具識別モジュール 1412 は、ロボット腕のそれぞれに結合される外科手術用器具を識別し、適切な較正ファイルをコントローラシステムの中にロードするために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。例えば、外科手術用器具毎に較正ファイルが、外科手術用器具識別モジュール 1412 によってアクセス可能なデータベース内に記憶されてもよく、例えば、器具タイプ、重量、質量中心、長さ、器具シャフト直径等、外科手術用器具と関連付けられる情報を含んでもよい。故に、適切な較正ファイルが、ロードされ、関連付けられる外科手術用器具が、ロボット腕 300 に結合されると、本システムは、ロボット腕 300 が、外科手術用器具が、ロボット腕に結合され、オペレータが、外科手術用器具を放した後、外科手術用器具を定位置に保持し得るように、較正ファイル内のデータに基づいて、外科手術用器具の質量を自動的に考慮し、例えば、外科手術用器具がロボット腕 300 に取り付けられるときに外科手術用器具にかかる重力を補償するであろう。例えば、外科手術用器具識別モジュール 1412 は、ユーザインターフェース 1408 を介したユーザ入力に基づいて、外科手術用器具を識別してもよく、例えば、オペレータは、外科手術用器具をメモリ 1410 内に記憶される外科手術用器具のデータベースから選択してもよい。

30

40

【0159】

いくつかの実施形態では、外科手術用器具識別モジュール 1412 は、例えば、RFID 送信機チップおよび読取機または受信機（例えば、外科手術用器具についての情報を本システムの受信機に伝送し得る、RFID ステッカまたは送信機を外科手術用器具上に設置する）、近距離磁気誘導通信デバイス等の近距離通信（「NFC」）デバイス、バーコ

50

ードおよびスキャナまたは他の光学デバイス、磁石ベースの通信システム、リードスイッチ、Blue tooth（登録商標）送信機、光学スキャナおよびルックアップテーブルから集められた器具の重量および／またはデータ、および／または本明細書に説明されるまたは外科手術用器具の識別のために好適な任意の他の特徴または機構を使用して、結合器本体および結合器インターフェースを介してロボット腕と結合される、外科手術用器具を自動的に識別してもよい。上記に説明されるように、結合器本体は、既知の伸長シャフト直径を有する外科手術用器具を収容し、それと係合するために、それを通して延在する管腔のサイズおよび形状に基づいて選択されてもよい。故に、外科手術用器具識別モジュール1412は、結合器本体と結合器インターフェースとの間の磁気接続を介して外科手術用器具に結合される、結合器本体に基づいて、外科手術用器具を自動的に識別し得る。

10

【0160】

いくつかの実施形態では、外科手術用器具識別モジュール1412は、下記にさらに詳細に説明される光学スキャナインターフェースモジュール1428を介して、光学スキャナ1100によって取得されるデータに基づいて、外科手術用器具、例えば、外科手術用器具のタイプを識別してもよい。例えば、データは、外科手術用器具識別モジュール1412が、測定データとデータベース内に含有される情報を比較し、器具を識別し、適切な校正ファイルをコントローラシステムの中にロードし得るように、具体的器具と関連付けられる、そのようなデータを含んでもよい。同様に、外科手術用器具識別モジュール1412は、器具が除去されているかどうかを検出し、校正パラメータをデフォルト構成に戻してもよい。

20

【0161】

外科手術用器具校正モジュール1414は、外科手術用器具、例えば、現在、メモリ1410内に記憶されるデータベース内に関連付けられる校正ファイルを有していない、外科手術用器具の校正のために、プロセッサ1402によって実行されてもよい。故に、外科手術用器具校正モジュール1414は、それが、ロボット腕300に結合され、本システムが、校正モードにあるとき、図16に関して下記にさらに詳細に説明されるように、力検出モジュール1422を介した、外科手術用器具によって印加されるロボット腕300の力測定値に基づいて、外科手術用器具の測定値および仕様を計算してもよい。例えば、外科手術用器具校正モジュール1414は、外科手術用器具の器具タイプ、重量、質量中心、長さ、器具シャフト直径、粘弾性パラメータ等の情報を含む、外科手術用器具のための校正ファイルを発生させてもよい。校正ファイル内の外科手術用器具情報のうちの少なくともいくつか、例えば、器具タイプは、ユーザインターフェース1408を介して、ユーザ入力によって提供されてもよい、または、例えば、器具タイプ、器具の質量中心、器具長さ、および器具直径は、光学スキャナインターフェースモジュール1428によって検出されてもよい。

30

【0162】

外科手術用器具校正モジュール1414が、再校正結果が、本システムの中にすでにロードされている構成と一貫して異なることを決定する場合、外科手術用器具校正モジュール1414は、任意のユーザ入力を伴わずに、既存の情報を置換する、またはその既知のツールのリストに追加し、それらを自動的にロードしてもよい。外科手術用器具校正モジュール1414は、例えば、外科手術用器具が、ロボット腕と結合されるとき、ロボット腕が、外科手術用器具が患者の身体の外側に位置付けられるときに行われ得る、ロボット腕および／または外科手術用器具に作用する重力のみに起因して移動する場合、校正係数が重力を補償するために適正ではないことを決定し得る。さらに、外科手術用器具校正モジュール1414は、校正係数が重力を補償するために適正ではないことを決定する場合、校正係数（例えば、ロボット腕のジョイントに印加される力）を自動的に更新または調節してもよい。したがって、外科手術用器具校正モジュール1414は、特定の外科手術用器具のための校正係数を更新し、将来的使用のために、関連付けられる校正ファイル内に特定の外科手術用器具のための更新された校正係数を記憶してもよい。

40

【0163】

50

エンコーダインターフェースモジュール 1416 が、ロボット腕 300 複数のエンコーダの、例えば、エンコーダ E1-E7 から、リアルタイムで、形成角測定データを受信および処理するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。例えば、エンコーダインターフェースモジュール 1416 は、エンコーダと関連付けられる所与のジョイントに回転可能に結合される、ロボット腕 300 の連結部の形成角の経時的变化を計算してもよい。上記に説明されるように、本システムは、冗長エンコーダをロボット腕 300 の各ジョイントに含み、それによって、ロボット腕 300 の安全動作を確実にしてもよい。さらに、付加的エンコーダが、プラットフォーム 100 上に配置され、プラットフォーム 100 に対する各ロボット腕の形成角／位置、例えば、プラットフォーム 100 に対するロボット腕の垂直および水平位置を測定してもよい。故に、あるエンコーダが、プラットフォーム 100 上に配置され、プラットフォーム 100 の垂直軸に沿ったロボット腕の移動を測定してもよく、別のエンコーダが、プラットフォーム 100 上に配置され、プラットフォーム 100 の水平軸に沿ったロボット腕の移動を測定してもよい。

10

【0164】

ロボット腕位置決定モジュール 1418 は、プロセッサ 1402 によって、リアルタイムで、エンコーダインターフェースモジュール 1416 によって発生された形成角測定データに基づいて、3D 空間内のロボット腕 300 と、該当する場合、そこに取り付けられる外科手術用器具との位置を決定するために、実行されてもよい。例えば、ロボット腕位置決定モジュール 1418 は、ロボット腕 300 の種々の連結部およびジョイントの位置およびロボット腕 300 に結合される外科手術用器具に沿った位置を決定してもよい。ロボット腕 300 および／または外科手術用器具の位置データに基づいて、ロボット腕位置決定モジュール 1418 は、リアルタイムで、ロボット腕 300 およびそこに取り付けられる外科手術用器具の移動の速度および／または加速を計算してもよい。例えば、種々のジョイントの各ジョイントと関連付けられる、エンコーダを介して、例えば、ロボット腕 300 の種々のジョイントの個々の速度を決定することによって、ロボット腕位置決定モジュール 1418 は、ロボット腕 300 の遠位端の結果として生じる速度を決定してもよく、これは、受動モード決定モジュール 1432 によって、下記にさらに詳細に説明されるように、ロボット腕 300 の遠位端の移動が、システム 200 を受動モードに遷移させる目的のために所定の閾値内にあるかどうかを決定するために使用されてもよい。

20

【0165】

トロカール位置検出モジュール 1420 は、患者内に挿入される 1 つまたはそれを上回るトロカールポートの位置および／または配向を決定するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。トロカールポートの位置および／または配向は、例えば、慣性測定ユニットおよび／または加速度計、光学スキャナ、電気機械的追跡器具、線形エンコーダ、上記に説明されるようなセンサおよびデータから取得される、データに基づいて、導出されてもよい。例えば、患者上のトロカールポートの位置は、本システムの構成要素のうちの 1 つまたはそれを上回るもの、例えば、ロボット腕の手首部分 311 上に搭載され得、本システムによって、トロカールを挿入するための患者の身体上の最適なまたは決定された位置に向けるように制御され得る、レーザポインティングシステムを使用して決定されてもよい。さらに、トロカールを通してロボット腕 300 に取り付けられる、外科手術用器具の挿入に応じて、仮想線が、外科手術用器具の縦軸に沿って、持続的に確立されてもよく、その整合／配向は、上記に説明されるように、磁気接続を介して、結合器本体を介した外科手術用器具の結合器インターフェース 400 への取付に応じて、外科手術用器具がトロカール点を中心として移動するにつれて、リアルタイムで、自動的に決定されてもよい。さらに、外科手術用器具は、トロカールポート内に挿入されると、トロカール点に向かって向けられ、故に、遠位手首連結部 316 もまた、トロカール点に向かって向けられ、その角度は、それと関連付けられるエンコーダによって測定されてもよい。故に、トロカール点は、外科手術用器具の縦軸に沿って持続的に確立される、複数の仮想線の交点として計算されてもよい。このように、計算されたトロカール点は、外科手術用器具が、トロカールポートを中心として操縦される、例えば、患者の内外に回転または移動

30

40

50

されるにつれて、患者に対して固定されたままであろう。

【0166】

ロボット腕位置決定モジュール1418からのロボット腕300の遠位端の既知の位置に加え、トロカールポートの既知の位置および／または配向に基づいて、本システムは、例えば、プラットフォーム100によるその垂直または水平調節を介して、ロボット腕300が移動するにつれて、または患者台の高さが調節され、それによって、患者の腹部の高さを移動させるにつれて、ロボット腕300の遠位端の位置をトロカール点に対して維持し、それによって、これらの外部移動の間、患者の身体内にあって、ロボット腕300に結合される、外科手術用器具を定常に保つてもよい。これを達成するために、ロボット腕位置決定モジュール1418からのロボット腕300の遠位端の既知の位置が、プラットフォーム100の位置を運動学計算（例えば、直列連鎖ロボット型マニピュレータの文脈におけるロボット腕300の「順運動学」）に追加することによって、本システムの大域的フレーム内で計算される。大域的に把握されるロボット腕300の遠位端の位置を用いることで、本システムは、外部移動の間、その現在の位置と所望の位置との間の誤差を最小限にする、適切な力を、ロボット腕300に印加することによって、その位置を定常に保持し得る。

10

【0167】

力検出モジュール1422は、ロボット腕300上に、例えば、ロボット腕300のジョイントまたは連結部において、または外科手術用器具に沿って印加される、およびトロカール上に印加される力、例えば、体壁力を検出するために、プロセッサ1402によって実行されてもよい。例えば、力検出モジュール1422は、リアルタイムで、それぞれ、ロボット腕300のジョイント、例えば、基部ジョイント303、肩ジョイント318、肘ジョイント322、手首ジョイント332に動作可能に結合される、ロボット腕300の基部内に配置される、各モータ、例えば、M1、M2、M3におけるモータ電流測定値を受信してもよい。モータ電流測定値は、関連付けられるジョイントに印加される力の量を示す。故に、ロボット腕300の各ジョイントおよびそこに取り付けられる外科手術用器具に印加される力は、モータ電流測定値およびロボット腕位置決定モジュール1418および／またはトロカール位置検出モジュール1420によって発生された位置データに基づいて計算されてもよい。

20

【0168】

ロボット腕300の遠位端における受動軸に起因して、トロカール上のロボット腕と結合される器具によって印加される力は、概して、ロボット腕の作業空間全体を通して一貫したままであり得る。トロカールにかかる力は、器具の遠位先端と身体内の組織の相互作用によって影響され得る。例えば、トロカールを通して前進される、組織開創器が、本体組織または身体の内側の別の物体と係合される（例えば、それを握持する）場合、身体組織または他の物体から器具の端部上に付与される力は、トロカールに印加される力の変化を引き起こし得る。いくつかの側面では、トロカールにかかる力は、使用されている器具によって持ち上げられている重量の量の関数であり得る。

30

【0169】

インピーダンス計算モジュール1424は、ロボット腕300の個別のジョイントに印加されるために必要とされる、インピーダンス／トルクの量を決定し、所望の効果を達成する、例えば、受動モードにおいて、ロボット腕300を静的位置に保持する、協調操作モードにおいて、ロボット腕およびそこに取り付けられる外科手術用器具の重力を補償しながら、ロボット腕300が自由に移動することを可能にする、力覚モードにおいて、ロボット腕300および／またはそこに取り付けられる外科手術用器具が事前に定義された仮想力覚障壁内にあるとき、増加されたインピーダンスをロボット腕300に印加する等のために、プロセッサ1402によって実行されてもよい。

40

【0170】

例えば、インピーダンス計算モジュール1424は、ロボット腕位置決定モジュール1418によって発生されたロボット腕300の位置データと、トロカール位置検出モジュ

50

ール 1 4 2 0 によって発生されたトロカールの位置データとに基づいて、所望の効果を達成するために、ロボット腕 3 0 0 によって要求される力の量を決定してもよい。例えば、ロボット腕 3 0 0 の遠位端の位置、ならびに患者の中への外科手術用器具の進入点、例えば、トロカール位置を決定することによって、かつ 1 つまたはそれを上回る器具パラメータの知識、例えば、外科手術用器具較正モジュール 1 4 1 4 によって記憶される外科手術用器具の質量および質量中心を用いて、インピーダンス計算モジュール 1 4 2 4 は、図 1 8 A に関して下記にさらに詳細に説明されるように、外科手術用器具の重力を補償するために要求される力の量（補償力）を計算してもよい。故に、外科手術用器具の重力を補償するために要求される補償力の量は、例えば、モータ電流測定値によって示されるように、ロボット腕 3 0 0 のジョイントに動作可能に結合されるモータによってロボット腕 3 0 0 のジョイントにおいて印加されるべきトルクに変換されてもよい。

10

【0171】

さらに、ロボット腕 3 0 0 の遠位端の位置、故に、例えば、外科手術用器具の動作端によって保持される組織によって、例えば、ロボット腕 3 0 0 の遠位端に印加される外力に起因する、ロボット腕 3 0 0 の遠位端の位置の経時的变化を決定することによって、かつ 1 つまたはそれを上回る器具パラメータの知識、例えば、外科手術用器具較正モジュール 1 4 1 4 によって記憶される外科手術用器具の質量、質量中心、および長さを用いて、インピーダンス計算モジュール 1 4 2 4 は、図 1 8 B に関して下記にさらに詳細に説明されるように、外科手術用器具を静的位置に維持するために要求される力の量（保持力）を計算してもよい。故に、ロボット腕 3 0 0 の遠位端の位置の変化に抵抗するために要求される保持力の量が、外科手術用器具の重力を補償するために要求される補償力の量に加え、例えば、モータ電流測定値によって示されるように、ロボット腕 3 0 0 のジョイントに動作可能に結合されるモータによって、ロボット腕 3 0 0 を静的位置に維持するためにロボット腕 3 0 0 のジョイントにおいて印加されるべきトルクに変換されてもよい。加えて、インピーダンス計算モジュール 1 4 2 4 および／または力検出モジュール 1 4 2 2 は、補償力、保持力、外科手術用器具の質量、質量中心、および長さ等の外科手術用器具の 1 つまたはそれを上回るパラメータ、ならびに質量中心から進入点までの距離に基づいて、進入点、例えば、トロカールにおいて外科手術用器具によって患者に印加される力の量、ならびに外科手術用器具の動作端、例えば、外科手術用器具のグラスパ端部に印加される力の量を計算してもよい。

20

30

【0172】

加えて、または代替として、力検出モジュール 1 4 2 2 を介して、ロボット腕 3 0 0 上に印加される力、ならびにロボット腕位置決定モジュール 1 4 1 8 を介して、3 D 空間内のロボット腕 3 0 0 の遠位端の位置／速度／加速を決定することによって、印加される力を補償するためにロボット腕 3 0 0 に印加されるべき所望の力／インピーダンスが、例えば、重力補償のために、またはロボット腕 3 0 0 を受動モードにおいて静的位置に保持するために、計算されてもよい。故に、所望の力は、例えば、ロボット腕 3 0 0 のジョイントに動作可能に結合されるモータによって、ロボット腕 3 0 0 のジョイントにおいて印加されるべきトルクに変換されてもよい。例えば、ロボットヤコビ行列が、本目的のために使用されてもよい。ヤコビ行列は、ロボット腕の各所与の支柱において算出され、ジョイントにおける速度をロボット腕 3 0 0 の遠位端における速度に関連させる、行列である。

40

【化 1】

$$V = J * \dot{q}$$

【0173】

式中、V は、ロボット腕 3 0 0 の遠位端における速度ベクトルであって、J は、そのヤコビ行列であって、 $\dot{q}$ は、ベクトル形態で表される、そのジョイント速さである。エネルギー原理を使用して、ロボット腕 3 0 0 の連結部に関する質量が無視可能であって

50

、摩擦／減衰が無視可能であると仮定すると、システムの電力は、その力および速度を乗算することによって決定され得る。

【化 2】

$$F \cdot V = \tau \cdot q_{dot}$$

=>

10

$$F \cdot (J^t * q_{dot}) = \tau \cdot q_{dot}$$

【0174】

式中、F は、ロボット 300 の遠位端における一般化された力ベクトルである。さらに、ベクトル操作は、以下をもたらす。

【化 3】

$$(J^t * F) \cdot q_{dot} = \tau \cdot q_{dot}$$

20

=>

$$\tau = J^t * F$$

30

【0175】

式中、 τ は、ロボット腕 300 の遠位端における力が、ヤコビ行列を使用して、ジョイントにおいて印加されるべきトルクに変換され得るような、行列の転置を示す。

【0176】

モータインターフェースモジュール 1426 は、ロボット腕 300 の基部内に配置される、各モータ、例えば、M1、M2、M3 におけるモータ電流読取値を受信するために、かつ、例えば、所定のインピーダンスを印加することによって、個別のモータを作動させ、本明細書に説明されるような所望の結果を達成し、および／またはロボット補助モード等において、個別のモータに動作可能に結合されるジョイントを移動させるために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。

40

【0177】

光学スキャナインターフェースモジュール 1428 は、光学スキャナ 1100 によって取得される深度データを受信し、深度データを処理し、例えば、その中の事前に定義された条件を検出するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。さらに、光学スキャナインターフェースモジュール 1428 は、受信された深度データを示す、深度マップを発生させてもよく、これは、例えば、モニタを介して、オペレータに表示されてもよい。例えば、光学スキャナインターフェースモジュール 1428 は、トロカールポートのマッピングが、例えば、ディスプレイまたはユーザインターフェース 1408 を介して、オペレータに通信され得るように、トロカールポートの場所を 3D 空間内にマッピングしてもよい。光学スキャナインターフェースモジュール 1428 はさらに、画像データを

50

、例えば、本システムに動作可能に結合される内視鏡を含む、本明細書に定義されるような付加的光学走査デバイスから受信してもよい。さらに、光学スキャナインターフェースモジュール1428は、図11Cに関して上記に説明されるように、プラットフォーム100に結合された光学スキャナ1100a、1100b、1100cによって取得される、深度データを受信し、深度データを処理し、プラットフォーム100を囲繞するエリアの仮想マップを発生させてもよく、これは、モニタ、例えば、ディスプレイ110を介して、オペレータに表示されてもよい。例えば、光学スキャナインターフェースモジュール1428は、仮想マップ内での表示のために、プラットフォーム100およびロボット腕300a、300bならびにプラットフォーム100を囲繞するエリア内の任意の物体および／または人物を含む、システム200のグラフィカル表現を発生させてもよい。

10

【0178】

ジェスチャ検出モジュール1430は、事前に定義されたジェスチャパターンをユーザ入力として検出し、ユーザ入力と関連付けられる作用を実行するために、プロセッサ1402によって実行されてもよい。事前に定義されたジェスチャパターンは、例えば、外科手術用器具の移動（ロボット腕300に取り付けられているかどうか）、ロボット腕300または本システムの他の構成要素、例えば、フットペダル、ボタン等の移動、および／または事前に定義されたパターンにおけるオペレータの移動を含んでもよい。例えば、第1の方向（例えば、左／右、上／下、前方／後方、円形）における外科手術用器具の往復移動は、本システムによる第1の作用を要求する、第1のユーザ入力と関連付けられてもよく、および／または第1の方向と異なる、第2の方向（例えば、左／右、上／下、前方／後方、円形）における往復移動は、本システムによる第2の作用を要求する、第2のユーザ入力と関連付けられてもよい。同様に、事前に定義された様式における、本システムと動作可能に結合される、フットペダルまたはボタンの押下は、本システムによる第3の作用を要求する、第3のユーザ入力と関連付けられてもよく、オペレータの頭部の前後または上下繰り返しの移動は、本システムによる第4の作用を要求する、第4のユーザ入力と関連付けられてもよい。本システムの異なる構成要素またはオペレータと関連付けられる、種々の事前に定義されたジェスチャパターンは、関連付けられるユーザ入力異なるジェスチャパターンに関して同一であり得るように、冗長であってもよい。事前に定義されたジェスチャパターンは、例えば、光学スキャナインターフェースモジュール1428を介して、腹腔鏡または光学スキャナ1100等の光学走査デバイスによって、または直接、力検出モジュール1422または本システムの他の構成要素を介して、ロボット腕300に印加される力によって、検出されてもよい。

20

30

【0179】

事前に定義されたジェスチャパターンと関連付けられるユーザ入力に応答する、作用は、例えば、ツール追跡を有効にし、ハンドヘルドツールの運動に基づいて、腹腔鏡をサーボ制御（すなわち、移動）させること、制動力をロボット腕上で働かせる（例えば、そのさらなる移動を防止すること、ソフトウェアロックをロボット腕上で働かせること、ロボット腕がデフォルト設定から状態間で遷移するためにかかる時間の長さを動的に変化させること、および／または、該当する場合、ロボット腕に触れている、外科手術スタッフのメンバを識別することを含んでもよい。本情報は、本システムが、外科医が触れていない場合、ロボット腕を移動させず、例えば、外力がロボット腕に作用する（例えば、光ケーブルまたは他のワイヤがロボット腕を横断して引動される）シナリオを回避し、本システムが、外科医から意図的である力を知覚することを実行するために使用されてもよい。同一情報は、本システムが、外科医の視線があるべき方向にない場合、ロボット腕をフリーズさせ得るように、外科医の視線方向、例えば、外科医がビデオフィードまたは部屋内の他の場所を見ているかどうかを検出するために使用されてもよい。加えて、本システムは、例えば、光学スキャナ1100からのデータに基づく、外科医が面している方向に基づいて、または外科医が見ていると考えられる物体に基づいて、カメラの視野を再位置付けしてもよい。

40

【0180】

50

いくつかの実施形態では、オペレータは、例えば、ユーザインターフェース 1408 を介して、本システムを、ロボット腕、外科手術用器具、オペレータ、または本明細書に説明されるようなその他の特定の移動またはジェスチャが、ジェスチャ検出モジュール 1430 によって監視され、それらが、事前に定義されたユーザ入力と関連付けられる、事前に定義されたジェスチャパターンと一貫するかどうかを決定する、コマンドモードに能動的に切り替えてもよい。

【0181】

受動モード決定モジュール 1432 は、ロボット腕 300 の動作特性を分析し、モードロボット腕 300 の動作を、本システムが、モータインターフェースモジュール 1426 を介して、ロボット腕 300、故に、該当する場合、そこに取り付けられる外科手術用器具を静的位置に維持するために十分な量において、インピーダンスをロボット腕 300 のジョイントに印加し、それによって、ロボット腕 300 および外科手術用器具の質量ならびにロボット腕 300 および／または外科手術用器具に作用する任意の他の外力を補償する、受動モードに切り替えるかどうかを決定するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。ロボット腕 300 が、受動モードにある間、若干移動されるが、受動モードから切り替わるために十分な力を伴わない場合、本システムは、ロボット腕 300 に印加されるインピーダンスの量を調節し、静的位置を維持し、ロボット腕 300 が静的位置に保持されるまで、本プロセスを継続してもよい。例えば、受動モード決定モジュール 1432 は、力検出モジュール 1422 によって決定されるように、外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する、ロボット腕の移動が、ロボット腕 300 と関連付けられる、少なくとも所定の停留期間にわたって、所定の量未満、例えば、1～5 mm 以下である場合、ロボット腕 300 の動作モードを受動モードに切り替えることを決定してもよい。所定の停留期間は、ロボット腕 300 および／または、該当する場合、そこに取り付けられる外科手術用器具が、静的位置に保持される、時間の長さを指す。例えば、所定の停留時間は、例えば、0.1～3 秒に及ぶ、またはそれを上回ってもよく、オペレータによって調節されてもよい。図 19 は、ある範囲のサンプル器具タイプに関する閾値停留時間の表または例示的値を図示する。

【0182】

いくつかの実施形態では、受動モード決定モジュール 1432 は、力検出モジュール 1422 によって決定されるような、外科手術用器具のハンドルにおける移動に起因する、ロボット腕の遠位端の移動が、所定の停留速度／速さ未満である、速度を有する場合、ロボット腕 300 の動作モードを受動モードに切り替えることを決定してもよい。例えば、受動モード決定モジュール 1432 が、ロボット腕 300 の遠位端および／または、該当する場合、そこに取り付けられる外科手術用器具が、所定の停留期間全体の間、所定の停留速さより遅い速さで移動していることを決定する場合、受動モード決定モジュール 1432 は、ロボット腕 300 の動作モードを受動モードに切り替えてもよい。図 19 は、ある範囲のサンプル器具タイプに関する閾値停留速さの表または例示的値を図示する。例えば、検鏡および組織操作デバイス等の外科手術用器具に関して、閾値停留速さは、例えば、3～5 mm／秒であってもよく、縫合器具、持針器、高力器具、ステープラ、およびクリップアプライヤ等の外科手術用器具に関して、閾値停留速さは、例えば、1～2 mm／秒であってもよい。いくつかの実施形態では、受動モード決定モジュール 1432 は、外科手術用器具のロボット腕 300 への取付および／または外科手術用器具のロボット腕 300 からのそれに応じた取外に応じて、外科手術用器具の識別に基づいて、ロボット腕 300 の動作モードを受動モードに切り替えることを決定してもよい。

【0183】

協調操作モード決定モジュール 1434 は、ロボット腕 300 の動作特性を分析し、ロボット腕 300 の動作モードを、ロボット腕 300 が、外科手術用器具を使用して、腹腔鏡下外科手術を実施するために、外科手術用器具のハンドルにおける移動にตอบสนองして、自由に移動可能となることを可能にされる一方、本システムが、モータインターフェースモジュール 1426 を介して、外科手術用器具およびロボット腕 300 の質量を考慮するた

めに十分な量において、インピーダンスをロボット腕 300 に印加する、協調操作モードに切り替えるかどうか決定するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。さらに、ロボット腕 300 に印加されるインピーダンスは、オペレータによって知覚可能な所定のレベルの粘弾性を提供してもよい。図 19 は、ある範囲のサンプル器具タイプに関する粘弾性レベルの表または例示的値を図示する。いくつかの実施形態では、粘弾性レベルは、外科手術用器具が移動されている速さおよびトロカール点から器具の先端までの距離の関数であり得る。例えば、協調操作モード決定モジュール 1434 は、外科手術用器具のハンドルにおいて印加される力に起因して、ロボット腕 300 において印加される力が、ロボット腕 300 と関連付けられる所定の閾値（例えば、「離脱力」）を超える場合、ロボット腕 300 の動作モードを協調操作モードに切り替えることを決定してもよい。事前に定義された力閾値は、例えば、少なくとも 7 ニュートン、約 7 ニュートン、少なくとも 7 ニュートン、4 ~ 15 ニュートン、4 ~ 10 ニュートンであってもよい。事前に定義された力閾値は、使用されている外科手術用器具のタイプおよび／または外科手術用器具に印加されている外力が存在するかどうかに依存し得る。

10

20

30

40

50

【0184】

図 19 は、ある範囲のサンプル器具タイプに関する事前に定義された力閾値の表または例示的値を図示する。図 19 に示されるように、事前に定義された力閾値は、外科手術用器具上に付与され得る、典型的な外部組織力を反映させてもよい。いくつかの実施形態では、事前に定義された力閾値は、離脱力の方向に応じて、力が組織または器官またはその他によって外科手術用器具上に付与される場合、増加され得る。例えば、離脱力が、組織または器官から外科手術用器具上に付与される力と同一方向にある場合、事前に定義された力閾値は、組織または器官から外科手術用器具上に付与される力に等しいまたは相当する量だけ増加され得る。いくつかの実施形態では、個別のロボット腕のための事前に定義された力閾値は、患者の体型指数（「BMI」）に基づいて調節される。例えば、より高い BMI を伴う患者は、より大きい力を器具上に付与する可能性が高いであろう、より重い肝臓を有し得る。故に、事前に定義された力閾値は、より高い BMI を伴う患者に関して、より高くなるように選択されてもよい。故に、オペレータは、例えば、ユーザインターフェース 1408 を介して、「高力モード」を作動させてもよく、事前に定義された力閾値は、より重い組織または器官に関して働くために合わせるように増加される。例えば、事前に定義された力閾値は、20 ~ 100 % またはそれを上回って選択的に増加されてもよい。

【0185】

さらに、ユーザによって外科手術用器具上に付与される力および外科手術用器具に印加される任意の外部組織力は、方向依存であり得る。例えば、ユーザによって外科手術用器具上に付与される力が、外科手術用器具に印加される外部組織力と同一方向にある場合、2 つの力は、事前に定義された力閾値より低い力が、受動モードから出て、協調操作モードに入るために要求されるであろうように、ユーザによって事前に定義された力閾値を克服するために必要とされる外科手術用器具上に付与される力の量が、外部組織力の大きさだけ低減され得るように、加算式であり得る。他方では、ユーザによって外科手術用器具上に付与される力が、外科手術用器具に印加される外部組織力と反対方向にある場合、ユーザによって事前に定義された力閾値を克服するために必要とされる外科手術用器具上に付与される力の必要量は、事前に定義された力閾値より高い力が、受動モードから出て、協調操作モードに入るために要求されるであろうように、外部組織力の大きさだけ増加され得る。

【0186】

加えて、ユーザによって外科手術用器具上に付与される力が、外科手術用器具に印加される外部組織力と垂直な方向にある場合、ユーザによって事前に定義された力閾値を克服するために必要とされる外科手術用器具上に付与される力の必要量は、受動モードから出て、協調操作モードに入るために必要とされる、ユーザによって外科手術用器具上に付与される必要力が、事前に定義された力閾値に等しいであろうように、外部組織力の大きさ

によって影響され得ない。他の方向に関して、印加される力の力ベクトルは、該当する場合、外部組織力、およびユーザによって印加される力の方向に応じて、本システムまたはロボット腕と結合される特定の外科手術用器具のための事前に定義された力閾値を克服するために、外部組織力の力ベクトルに追加またはそこから相殺されてもよい。いくつかの実施形態では、協調操作モード決定モジュール 1434 は、外科手術用器具の識別に基づいて、ロボット腕 300 の動作モードを協調操作モードに切り替えることを決定してもよい。

【0187】

力覚モード決定モジュール 1436 は、ロボット腕 300 の動作特性を分析し、ロボット腕 300 の動作モードを、本システムが、モータインターフェースモジュール 1426 を介して、協調操作モードで印加されるものより高い量において、インピーダンスをロボット腕 300 に印加し、外科手術用器具のハンドルにおける移動に応答して、ロボット腕 300 の移動を、協調操作モードより粘弾性にする、力覚モードに切り替えるかどうか決定するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。例えば、力覚モード決定モジュール 1436 は、ロボット腕 300 および／またはそこに取り付けられる外科手術用器具の少なくとも一部が、事前に定義された仮想力覚境界内にある場合、ロボット腕 300 の動作モードを力覚モードに切り替えることを決定してもよい。具体的には、仮想力覚境界が、ロボット腕またはそこに結合される外科手術用器具が境界を侵害すべきではないように、本システムによって確立されてもよい。例えば、仮想境界は、患者の表面において確立され、ロボット腕またはロボット腕によって支持される器具の任意の部分が、1 つまたはそれを上回るトロカールを通して以外、患者に接触することを防止してもよい。同様に、仮想力覚境界は、オペレータが器具をトロカールポートの中に挿入するにつれて、器具を患者の中に誘導することに役立つための力覚漏斗を含んでもよい。故に、例えば、ロボット腕位置決定モジュール 1418 および／またはトロカール位置検出モジュール 1420 によって受信される、ロボット腕 300 および／またはそこに結合される外科手術用器具の位置データに基づいて、力覚モード決定モジュール 1436 は、ロボット腕 300 および／または外科手術用器具が事前に定義された仮想力覚境界内にあるかどうか、故に、ロボット腕 300 を、プロセッサ 1402 が、関連付けられるモータに、オペレータによって知覚可能な有効量のインピーダンスをロボット腕 300 のジョイントに印加し、オペレータに、仮想力覚境界を通信するように命令し得る、力覚モードに遷移させるかどうかを決定してもよい。故に、オペレータによって観察されるロボット腕 300 の粘弾性は、協調操作モードよりはるかに高いであろう。いくつかの実施形態では、力覚モード決定モジュール 1436 は、外科手術用器具の識別に基づいて、ロボット腕 300 の動作モードを力覚モードに切り替えることを決定してもよい。

【0188】

ロボット補助モード決定モジュール 1438 は、ロボット腕 300 の動作特性を分析し、ロボット腕 300 の動作モードを、プロセッサ 1402 が、関連付けられるモータに、モータインターフェースモジュール 1426 を介して、ロボット腕 300 の対応する連結部およびジョイントの移動に所望の結果を達成させるように命令し得る、ロボット補助モードに切り替えるかどうか決定するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。例えば、ロボット補助モード決定モジュール 1438 は、例えば、光学スキャナインターフェースモジュール 1428 から取得されるデータに基づいて、事前に定義された条件が存在する場合、ロボット腕 300 の動作モードをロボット補助モードに切り替えることを決定してもよい。

【0189】

例えば、ロボット補助モード決定モジュール 1438 は、腹腔鏡または光学スキャナ 1100 に結合される、ロボット腕が、オペレータのための外科手術用部位の視野を最適化するように再位置付けまたはズームインアウトされるべきであるように、光学スキャナインターフェースモジュール 1428 を介して、腹腔鏡または光学スキャナ 1100 から取得される画像データに基づいて、ある条件が存在する、例えば、ロボット腕 300 または

光学スキャナ 1100 に結合される腹腔鏡の視野が、例えば、外科医または助手または本システムの別の構成要素による遮断に起因して、所与の外科手術手技のために最適ではないことを決定し得る。したがって、ロボット補助モードでは、プロセッサ 1402 は、ロボット腕 300 に、自動的／準自動的に、またはオペレータによるユーザ入力に応答してのいずれかにおいて、腹腔鏡を移動させ、再位置付けし、および／または腹腔鏡をズームインまたはズームアウトさせる、または画像の分解能を増加させるように、または別様に命令してもよい。例えば、オペレータによるユーザ入力は、第 1 の方向では、事前に定義されたジェスチャパターンにおけるロボット腕または外科手術用器具の移動が、内視鏡に、分解能または拡大率を増加させ、第 2 の方向では、内視鏡に、分解能または拡大率を減少させ、別の事前に定義されたジェスチャパターンにおける移動が、ロボット腕に、腹腔鏡を保持させ、患者の身体から離れるように後退させるように、上記に説明されるように、ジェスチャ検出モジュール 1430 によって決定されてもよい。

10

【0190】

加えて、ロボット補助モード決定モジュール 1438 は、ロボット腕 300 が、再位置付けされ、トロカールを最適位置、例えば、ロボット腕 300 の移動範囲の近似中心に維持し、それによって、手技の間、ロボット腕のジョイント限界に到達するリスクを最小限にするべきであるように、ある条件が存在する、例えば、1 つまたはそれを上回るトロカールが、例えば、患者の移動に起因して、最適位置にないことを決定し得る。したがって、ロボット補助モードでは、プロセッサ 1402 は、本システムに、例えば、プラットフォーム 100 による垂直／水平調節を介して、またはロボット腕 300 のジョイントおよび連結部を介して、ロボット腕 300 を再位置付けし、外科手術用器具作業空間をより良好に整合させるように命令してもよい。

20

【0191】

ロボット補助モード決定モジュール 1438 は、ロボット腕が、物体との衝突を回避するために、フリーズされるべきであるように、光学スキャナインターフェースモジュール 1428 を介して、腹腔鏡または光学スキャナ 1100 から取得される画像データに基づいて、ある条件が存在する、例えば、物体とロボット腕 300 との間の距離が、所定の閾値内にあることを決定し得る。したがって、ロボット補助モードでは、プロセッサ 1402 は、ロボット腕 300 に、制動力を印加し、ロボット腕を減速させる、または他の物体から所定の距離内での移動を阻止または防止するように命令してもよい。

30

【0192】

障害検出モジュール 1440 は、本システムの動作特性を示す、データ、例えば、ロボット腕位置決定モジュール 1418 および／またはトロカール位置検出モジュール 1420 によって発生された位置データおよび／または力検出モジュール 1422 によって計算される力測定値を分析し、障害条件が存在するかどうかを検出するために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。例えば、障害検出モジュール 1440 は、本システムの障害条件を検出し、障害条件が、「軽微な障害」「重大な障害」、または「致命的障害」かどうかを決定してもよく、障害条件の各カテゴリは、異なる事前に定義された様式において解消されてもよい。

【0193】

例えば、障害検出モジュール 1440 は、所定の速度閾値を超える速度で移動されているロボット腕 300 等の軽微な障害条件を検出し得、これは、例えば、ロボット腕 300 の移動を減速させることによって解消され得る。いくつかの実施形態では、本システムは、ロボット腕 300 が、あまりに高速で移動しており、それによって、ロボット腕 300 の移動を減速させるようにオペレータを強制することができないとき、自動的に、付加的インピーダンスをロボット腕 300 に印加してもよい。さらに、障害検出モジュール 1440 は、オペレータ以外の人物によってロボット腕 300 に印加される大きな力によって示されるような、ロボット腕 300 の不注意によるバンプ等の重大な障害条件を検出し得る。重大な障害条件の検出にตอบสนองして、障害検出モジュール 1440 は、ロボット腕 300 の各モータ式ジョイント（または少なくとも、重大な障害条件と関連付けられるジョイ

40

50

ント)と関連付けられる、制動機構を作動させ、それによって、ロボット腕300をフリーズさせ、ロボット腕300のさらなる移動を阻止してもよい。そのような重大な障害条件は、オペレータが、ユーザインターフェース1408上に表示される、「解消」オプションを作動させることによって、解消され得る。障害検出モジュール1440は、ロボット腕300の所与のジョイントと関連付けられる冗長エンコーダが、所定の閾値を超えるデルタを伴う、異なる形成角測定値を発生させる等の致命的障害条件を検出し得る。致命的障害条件の検出に応答して、障害検出モジュール1440は、ロボット腕300の各モータ式ジョイントと関連付けられる、制動機構を作動させ、それによって、ロボット腕300をフリーズさせ、ロボット腕300のさらなる移動を阻止してもよい。そのような致命的障害条件は、オペレータが本システムを再始動することによって、解消され得る。本システムの再始動に応じて、致命的障害条件が、依然として、障害検出モジュール1440によって検出される場合、ロボット腕300は、致命的障害条件が解消されるまで、フリーズされたままであろう。

10

【0194】

インジケータインターフェースモジュール1442は、例えば、受動モード決定モジュール1432、協調操作モード決定モジュール1434、力覚モード決定モジュール1436、および／またはロボット補助モード決定モジュール1438によって行われる決定に基づいて、インジケータ334に、本システムの状態、例えば、ロボット腕300の動作モードをオペレータまたは他のユーザに通信させるために、プロセッサ1402によって実行されてもよい。例えば、インジケータインターフェースモジュール1442は、本システムの具体的状態と関連付けられる、具体的色の光において、インジケータ334を照明させてもよい。例えば、インジケータインターフェースモジュール1442は、外科手術用器具がロボット腕に取り付けられておらず、ロボット腕が、本システムがロボット腕の質量を補償するように、自由に移動され得ることを示すために、第1の色(例えば、黄色)において、外科手術用ツールが、ロボット腕に取り付けられており、ロボット腕が、本システムがロボット腕の質量およびロボット腕に結合される外科手術用器具の質量を補償するように、自由に移動され得ることを示すために、第2の色(例えば、紫色)において、外科手術用器具が、ロボット腕に取り付けられており、ロボット腕が、受動モード決定モジュール1432によって決定されるように、受動モードにあることを示すために、第3の色(例えば、青色)において、ロボット腕および／またはそこに取り付けられる外科手術用器具の少なくとも一部が、仮想力覚境界内に、例えば、接地面から1.4mまたはそれを上回る上方にあることを示すために、第4の色(例えば、パルス化橙色)において、障害が、障害検出モジュール1440によって、本システムによって検出されていることを示すために、第5の色(例えば、パルス化赤色)において、インジケータ334を照明させてもよい。当業者によって理解されるであろうように、異なる色およびパターンが、インジケータ334によって、上記に説明される本システムの状態を示すために通信されてもよい。

20

30

【0195】

加えて、インジケータ334は、他の明確に異なる色および／またはパターンにおいて照明され、例えば、ロボット腕300が、ロボット補助モードにおいて、外科手術用腕を後退させる、またはロボット補助モードにおいて、別のロボット補助操縦を実施するとき、ロボット腕300による付加的操縦を通信してもよい。上記に説明されるように、インジケータ334はさらに、可聴アラートまたはテキストアラート等の他のアラートを放出するためのデバイスを含んでもよい。故に、インジケータインターフェースモジュール1442は、インジケータ334に、オーディオまたはテキストおよび光を使用して、または光の代わりに、それらを使用して、本システムの状態をオペレータに通信させてもよい。

40

【0196】

疲労検出モジュール1444は、図25に関して下記にさらに詳細に説明されるように、外科手術手技におけるロボット腕300の動作の間に生じ得る、ユーザ疲労を検出する

50

ために、プロセッサ 1402 によって実行されてもよい。例えば、例えば、ロボット腕位置決定モジュール 1418、力検出モジュール 1422、インピーダンス計算モジュール 1424 からのデータに基づいて、疲労検出モジュール 1444 は、ロボット腕 300 に結合される外科手術用器具を使用する、オペレータの疲労のレベルを決定し、疲労のレベルと所定の疲労閾値を比較してもよい。例えば、疲労検出モジュール 1444 は、例えば、オペレータの手の振戦、器具先端によって進行される距離／最小経路、手技ステップを達成するまでの時間、および／または手技を完了するまでの時間に基づいて、所与の手技に関する全体的スコアを査定し、疲労のレベルを決定してもよい。疲労検出モジュール 1444 によって発生されたデータに基づいて、インピーダンス計算モジュール 1422 は、モータインターフェースモジュール 1426 が、関連付けられるモータに、必要なインピーダンスをロボット腕 300 に印加させ得るように、ロボット腕 300 に印加し、例えば、オペレータの振戦を低減させるために必要なインピーダンスの量を決定してもよい。さらに、疲労検出モジュール 1444 によって発生されたデータに基づいて、モータインターフェースモジュール 1426 は、関連付けられるモータに、ロボット腕 300 の連結部を移動させ、そこに取り付けられる外科手術用器具のオペレータの操作を誘導させてもよい。

10

【0197】

本明細書に説明される協調操作式外科手術用ロボットシステムは、取得されるデータに基づいて、付加的タスクを実行するために、付加的モジュールをプラットフォーム 200 のメモリ 1410 内に含んでもよい。例えば、本システムは、力検出モジュール 1422 を介して、例えば、結合器本体と結合器インターフェース 400 との間の磁気接続の引力に起因してロボットに印加される、力の高速または突然の変化（「スナップ運動」）を検出することによって、外科手術用器具がロボット腕 300 に取り付けられていることを決定し得る。例えば、結合器本体および結合器インターフェース 400 上の磁石の引力は、磁石が整合しているとき、少なくともロボット腕の端部部分上における突然の移動および／またはロボット腕の最後のジョイントの突然の回転を引き起こし得る。故に、本突然の移動は、検出され得、外科手術用器具識別モジュール 1412 が、器具が、ロボット腕に取り付けられている、またはそこから取り外されていることを決定するようにトリガし得る。同様に、外科手術用器具識別モジュール 1412 は、例えば、ロボット腕 300 の遠位端の後続運動が、ロボット腕 300 の最遠位ジョイントにおける回転を殆どまたは全く伴わないとき、外科手術用器具がロボット腕 300 から取り外されていることを決定し得る。

20

30

【0198】

加えて、本システムは、トロカール位置検出モジュール 1420 によって発生されたトロカール点に対するロボット腕 300 の遠位端の位置、および器具シャフトの方向および／またはロボット腕 300 の最遠位連結部、例えば、遠位手首連結部 316 の配向を示すデータに基づいて、外科手術用器具がロボット腕 300 から取り外されているかどうかを決定してもよい。例えば、器具が、直接、トロカールに向いている場合、ツールがロボット腕に取り付けられていることのより高い確率が存在する。さらに、ロボット腕 300 の軸 Q7 は、器具の向いている方向を示し得、器具が、トロカールポートを通して通過している場合、遠位手首連結部 316 は、トロカールポートの方向に向いているであろう。したがって、遠位手首連結部 316 が、トロカールポートに向かって向いていない場合、本システムは、ロボット腕が器具を支持していない、または器具がトロカールポートを通して前進されていないことを決定し得る。例えば、器具が、ロボット腕 300 から取り外され、ロボット腕 300 が、移動されると、器具シャフトの算出された方向（例えば、器具がロボット腕 300 に取り付けられる場合に向くであろう、方向）は、もはやトロカール進入点に向いていない場合があり、トロカール進入点に向いていない可能性が高いであろう。故に、本システムが、ツールがロボット腕 300 と結合されていないことを決定する場合、例えば、インジケータ 334 を介して、ユーザにアラートしてもよい。

40

【0199】

50

加えて、本システムは、ユーザが外科手術用器具をロボット腕 300 から除去または結合解除するように試行している可能性があるときを識別し、外科手術用器具、故に、結合器本体を結合器インターフェース 400 から結合解除するために要求される、除去力を調節してもよい。例えば、1つまたはそれを上回る磁石が、付勢力を提供し、外科手術用結合器本体を結合器インターフェースに対して付勢するために使用される場合、1つまたはそれを上回る磁石によって提供される引力を上回る力が、1つまたはそれを上回る磁石によって提供される力に対向する方向において、引力を克服し、結合器本体および外科手術用器具を結合器インターフェースから結合解除するために、外科手術用器具および／または外科手術用器具と結合される結合器本体上に付与されなければならない。例えば、除去力は、30～60ニュートンであってもよい。

10

【0200】

さらに、本システムは、ロボット腕に印加されている力に関する遠隔計測データを集め、分析し、ユーザがツールをロボット腕から除去するように試行しているかどうかを査定または推定し、該当する場合、結合器本体と結合器インターフェースとの間の結合力を低減させ、ユーザが外科手術用器具をロボット腕から係脱することをより容易にしてもよい。例えば、結合／除去力は、50～80%低減されてもよい。履歴データおよびユーザフィードバック、および器具の不注意による除去を示し得る、ユーザが器具の場所を調節せずに器具を置換するかどうか等のデータに基づいて、本システムは、結合器本体と結合器インターフェースとの間の結合力を低減させるための最適時間を推定し得る。さらに、結合力は、動作の間、外科手術用器具のロボット腕からの不注意による除去を防止するために増加されてもよい。

20

【0201】

加えて、本システムは、本システムと併用される光学走査デバイスから取得されるデータに基づいて、ロボット腕 300 およびそのジョイント、ロボット腕と結合される外科手術用器具、またはロボット腕および／または本システムの他の構成要素の最適位置付けを決定し、最適位置付けを達成するために、指針を本システムのオペレータに提供してもよい。最適位置付けを示す、データはさらに、プロセッサ 1402 によって、例えば、設定段階の間またはその後、例えば、ロボット補助モードにおいて、モータに、ロボット腕 300 の対応する連結部およびジョイントを移動させ、ロボット腕 300 および／または光学走査デバイスを最適位置に自動的に再位置付けするように命令するために使用されてもよい。

30

【0202】

加えて、本システムは、プロセッサ 1402 が、モデルまたは最適移動パターンと比較して、現在のユーザの移動またはプロセスの逸脱を検出し、逸脱を現在のユーザにリアルタイムで通信し得るように、手技の間、例えば、ロボット腕 300 の設定または動作の間、センサからのデータ、例えば、エンコーダまたは光学走査デバイスを介して、ロボット腕 300 またはそこに取り付けられる外科手術用器具の位置データ、および／または身体センサまたは光学走査デバイスを介して、オペレータの位置データを収集してもよい。例えば、プロセッサ 1402 は、モニタに、現在のユーザに対して逸脱をリアルタイムで、および最適および／または実際の移動パターンを表示させてもよい。加えて、または代替として、インジケータインターフェースモジュール 1440 は、例えば、具体的色および／または具体的パターンにおいて照明することによって、インジケータ 334 に、モデルまたは最適移動パターンからの逸脱を示させてもよい。加えて、または代替として、モータインターフェースモジュール 1426 は、振動、移動に関する制限、または感覚を含む、力覚フィードバックとして、オペレータによって知覚可能なインピーダンスをロボット腕 300 に印加し、モデルまたは最適移動パターンからの逸脱を示してもよい。故に、本システムは、そのようなデータが外科手術用デバイスの位置をリアルタイムで最適化するために使用され得るように、新しいユーザのための訓練ツールとして使用されてもよい。

40

【0203】

本システムはさらに、光学走査デバイスによって発生された深度マップを分析し、（深

50

度) ピクセルの異なる群を一意的な物体の中にクラスタ化してもよく、そのプロセスは、物体区画化と称される。区画化のためのそのようなアルゴリズムの実施例は、入手された深度マップデータを区画化するための物体の既知のテンプレートに合致させるステップ、深度とRGB色画像の組み合わせを使用して、物体のための関連ピクセルを識別および隔離するステップ、および／または識別および区画するための物体に対する実際のまたは合成データセット上で訓練された機械学習アルゴリズムを含んでもよい。深度マップ上のそのような区画化の実施例は、ロボット腕を位置特定する、またはロボット腕の位置を決定するステップ、患者ポート(例えば、トロカールポート)を識別し、器具からトロカールポートまでの距離を決定するステップ、外科医を識別し、外科医を部屋内の他のオペレータから区別するステップ、および／またはセンサの視野内の外科医を識別するステップを含んでもよい。さらに、本システムは、物体区画化アルゴリズムを使用して、外科医を一意的に識別し、例えば、外科手術台、患者、1つまたはそれを上回るロボット腕等に対して、外科医を追跡してもよい。加えて、本システムは、物体区画化アルゴリズムを使用して、外科医が、ロボット腕のいずれかに触れている、またはそれを取り扱っているかどうかを決定し、該当する場合、外科医によって触れられている、または取り扱われている、ロボット腕を識別してもよい。本システムはさらに、本システムが、例えば、外科手術用器具とロボット腕の遠位端との間の近接度に基づいて、外科手術用器具がロボット腕の遠位端に取り付けられているかどうかを決定し得るように、物体区画化を使用して、3D空間内の外科手術用器具およびロボット腕の遠位端を位置特定してもよい。

10

【0204】

20

ここで図15を参照すると、本明細書に説明される協調操作式外科手術用ロボットシステムの動作1500が、提供される。図15に示されるように、ステップ1502では、オペレータは、結合器本体、例えば、結合器本体500、600、700を介して、選択された外科手術用器具をロボット腕300の結合器インターフェース400に結合してもよい。上記に説明されるように、オペレータは、例えば、外科手術用器具の伸長シャフト直径に基づいて、選択された外科手術用器具と結合するようにサイズ決めおよび成形される、結合器本体を選択してもよい。外科手術用器具および結合器本体が、ロボット腕300に結合される準備ができると、オペレータは、選択された外科手術用器具、例えば、腹腔鏡または開創器と関連付けられる情報が、本システムの中にロードされるように、例えば、ユーザインターフェース1408を介して、選択された外科手術用器具の校正ファイル

30

【0205】

選択された外科手術用器具のための校正ファイルが、データベース内で利用不可能である場合、オペレータは、本システムを使用して、外科手術用器具を自己校正してもよい。例えば、図16は、外科手術用器具を校正し、例えば、動作の間、外科手術用器具およびロボット腕300にかかる正確な力測定値を計算する際に使用され得る、外科手術用器具の質量中心を決定するための外科手術用器具校正プロセス1600を図示する。ステップ1601では、オペレータは、「始動」オプションをユーザインターフェース1408上で作動させてもよい。ステップ1602では、オペレータは、「装填ツール校正」を選択し、校正プロセスを開始してもよい。ステップ1603では、本システムは、外科手術用器具の重力補償のために、任意のインピーダンスをロボット腕300に印加しない。本システムは、インピーダンスをロボット腕300に印加し、ロボット腕300の重量を考慮し、例えば、ロボット腕300が接地面から落下することを防止してもよい。ステップ1604では、外科手術用器具は、適切にサイズ決めされた結合器本体を介して、ロボット腕300の結合器インターフェース400に結合され、これは、ロボット腕300の手首部分411を軸Q7を中心として回転させ、結合器本体と係合させ得る。

40

【0206】

50

ステップ1605では、本システムは、例えば、外科手術用器具の質量に起因して、ロボット腕300の遠位端に印加される力を測定することによって、外科手術用器具の重力およびオペレータの手によって印加される力を補償する。上記に説明されるように、ロボット腕300の遠位端に印加される力は、ロボット腕300の基部内に配置されるモータを横断するモータ電流を測定することによって測定されてもよい。本システムが、外科手術用器具の重力を過補償する場合、ステップ1606では、ロボット腕300は、「暴走」、例えば、上向きにドリフトし得る。暴走効果は、ステップ1607において検出され得、ステップ1608では、インジケータ334が、点滅し、オペレータに、暴走を示してもよい。ステップ1609では、本システムは、暴走を軽微な障害として識別し、故に、付加的インピーダンスをロボット腕300に印加し、付加的インピーダンスを除去する前に、ロボット腕300が減速するとき、ロボット腕300をフリーズさせてもよい。いったん軽微な障害が、対処されると、較正プロセス1600は、ステップ1603に戻り得る。

10

【0207】

ステップ1605後、本システムが、外科手術用器具の重力を補償するとき、外科手術用器具が、偶発的に、またはステップ1611において、オペレータによって手動でのいずれかにおいて、取り外される場合、ステップ1610では、本システムは、外科手術用器具のロボット腕300からの取外を検出する。結果として、本システムは、外科手術用器具の重力の補償を停止し、較正プロセス1600は、ステップ1603に戻り得る。ステップ1605後、本システムが、外科手術用器具の重力を補償すると、較正プロセス1600は、ステップ1612において、較正モードに入る準備ができる。例えば、オペレータは、ステップ1613において、ユーザインターフェース1408を介して、較正モードを始動させてもよい。ステップ1614では、本システムは、オペレータが、ステップ1616において、外科手術用器具を放し得るように、オペレータに、例えば、ユーザインターフェース1408および／またはインジケータ334の点滅を介して、外科手術用器具を放しても安全であることを示してもよい。ステップ1615では、本システムは、外科手術用器具を較正する。

20

【0208】

再び図15を参照すると、外科手術用器具および結合器本体が、ロボット腕300に結合される準備ができ、適切な較正ファイルが、ロードされると、オペレータは、結合器本体と結合器インターフェース400との間の磁気接続が、外科手術用器具をロボット腕300に自動的に整合および結合されるように、結合器本体を結合器インターフェース400の近傍に容易に設置し得る。本システムは、ここで、選択された外科手術用器具の重力を正確に補償するであろう。ステップ1504では、ユーザは、そこに結合されるロボット腕300を伴わずに、オペレータが行うであろう、通常の様式において、ロボット腕300に結合される外科手術用器具を自由に操作することによって、協調操作式外科手術用システムを使用してもよい。図15に示されるように、オペレータが、外科手術用器具、故に、そこに結合されるロボット腕300を操作するにつれて、本システムは、図17に関して下記に説明されるように、事前に定義された条件の検出に応じて、自動的に、例えば、協調操作モード1506と、受動モード1508と、力覚モード1510と、ロボット補助モード1512（集合的に、「動作モード」と称される）との間で切り替えてもよい。いくつかの実施形態では、本システムは、協調操作モード1506、受動モード1508、および力覚モード1510のみ間で自動的に切り替えてもよい。いくつかの実施形態では、オペレータは、ステップ1504において、協調操作式外科手術用システムを使用することに先立って、本システムを設定するための動作モードを選択してもよい。

30

40

【0209】

例えば、オペレータは、オペレータが特定のロボット腕の動作モードを変化させることを所望することを示すために、例えば、ロボット腕300に結合される外科手術用器具を操作することによって、特定の力をロボット腕300の遠位端上に付与してもよい。センサおよび／またはモータ電流読取値が、ロボット腕300の遠位端に印加される力を検出

50

し、例えば、力と本システム内に記憶される１つまたはそれを上回る事前に定義された力シグネチャを比較することによって、力が動作変化と関連付けられる事前に定義された力シグネチャに合致するかどうかを決定するために使用されてもよい。合致が存在する場合、本システムは、ロボット腕の動作モードを、力シグネチャに合致する、特定の動作モードに変化させてもよい。

【０２１０】

上記に説明されるように、協調操作式外科手術用システムの動作の間、本システムは、図１７の方法１７００に説明されるように、ロボット腕およびそこに印加される力を持続的に監視し、本システムの動作モードを切り替えることを要求する、事前に定義された条件を検出してもよい。図１７に示されるように、ステップ１７０２では、本システムは、ロボット腕および／またはロボット腕と結合される外科手術用器具の第１の動作特性に関連する、データを持続的に収集する。例えば、上記に説明されるように、本システムは、ロボット腕のエンコーダによる測定値に基づいて、ロボット腕のジョイントに動作可能に結合されるモータのモータ電流およびロボット腕の連結部の形成角を測定し、ロボット腕の位置および外科手術用器具、およびロボット腕の任意の部分と、該当する場合、外科手術用器具とに作用する力を、リアルタイムで計算してもよい。ステップ１７０４では、本システムは、第１の動作特性に関連するデータを分析し、第１の条件が存在するかどうかを決定してもよい。例えば、ロボット腕および／または外科手術用器具の位置および力データに基づいて、本システムは、そこに結合される外科手術用器具の移動に起因するロボット腕の移動が、ロボット腕の所定の停留時間より長いある期間にわたって、ロボット腕の所定の移動閾値内にあるかどうかを決定してもよい。本第１の条件の検出に応じて、ステップ１７０６では、本システムは、ロボット腕の第１の動作パラメータを修正してもよい。例えば、本システムは、ロボット腕の動作モードを、ロボット腕が外科手術用器具を静的位置に維持する、受動モードに切り替えてもよい。

【０２１１】

例えば、第１のロボット腕は、腹腔鏡に結合されてもよく、オペレータは、例えば、腹腔鏡からの画像を給送することを表示するモニタを介して、望ましい視野が腹腔鏡によって提供されるまで、腹腔鏡を患者内で操作してもよい。協調操作モードにおいて、第１のロボット腕に結合される、腹腔鏡を自由に移動させるために、オペレータは、所定の力閾値を超える、十分な力を腹腔鏡に印加しなければならない。所定の力閾値は、腹腔鏡を自由に移動させるためにオペレータによる力をあまり要求しないように、十分に低くあるべきである。さらに、所定の力閾値は、受動モードから離れるような不注意による移動に抵抗するように選択されてもよい。オペレータが、上記に説明されるように、協調操作モードにおいて、腹腔鏡を自由に移動させるにつれて、本システムは、第１のロボット腕の質量または重量が、オペレータによって検出可能ではない、または別様に有意に減衰されるように、十分なインピーダンスを第１のロボット腕に印加し、移動の間、第１のロボット腕および腹腔鏡の質量（すなわち、慣性）および／または重力の影響を補償するであろう。いくつかの実施形態では、オペレータが、腹腔鏡を第１のロボット腕に結合するとき、腹腔鏡が、患者の本体内にまだ位置付けられていない場合、本システムは、外科手術用器具に作用する外力が存在しないことを決定し得、例えば、トロカールポートを中心として確立される、仮想力覚漏斗を介して、オペレータが、トロカールポートを通して、腹腔鏡を適切な場所に移動させることを誘導するために、自動的に、第１のロボット腕を力覚モードに切り替えてもよい。

【０２１２】

腹腔鏡が、患者および患者内の外科手術用部位に対して所望の位置にあるとき、本システムは、外科手術用器具の移動に起因する第１のロボット腕の移動が、所定の停留時間を超える、ある期間にわたって、所定の移動閾値内にあることの検出に応じて、協調操作モードから受動モードに自動的に切り替わるであろう。例えば、所望の位置に到達することに応じて、オペレータは、例えば、少なくとも０．２５秒にわたって、腹腔鏡を所望の位置に保持するであろう。したがって、所定の停留時間が、０．２５秒である場合、所定の

停留期間よりさらに長い時間にわたって、腹腔鏡を所望の位置に保持することは、本システムを、自動的に、受動モードに切り替わらせるであろう。さらに、オペレータが、腹腔鏡を完璧に静止して保持することが不可能であり得るため、腹腔鏡の少なくともある程度の移動は、受動モードに入るために、所定の停留時間の持続時間にわたって許容される。上記に説明されるように、受動モードでは、第1のロボット腕は、例えば、本システムが十分なインピーダンスを第1のロボット腕に印加し、腹腔鏡に作用する全ての外力を補償することによって、腹腔鏡を静的位置に保持するであろう。

【0213】

同様に、第2のロボット腕が、開創器に結合されてもよく、オペレータは、協調操作モードにおいて、開創器を患者内で自由に操作し、例えば、第2のロボット腕の所定の力閾値を超える、開創器において印加される力に起因して、十分な力を第2のロボット腕に印加することによって、患者内の組織を握持し、組織を後退させ、第1のロボット腕に結合される腹腔鏡によって、外科手術用部位の鮮明な視野を提供してもよい。オペレータが、開創器を用いて、組織を握持し／持ち上げ／後退させるにつれて、本システムは、オペレータが、限定ではないが、組織から器具に作用する力を含む、開創器に作用する任意の他の力を感じ得るように、第2のロボット腕および／または器具の重力のみを補償し、握持されている組織のものは補償しなくてもよい。本随意的構成では、故に、握持されている組織と関連付けられる、力覚が、保存され得る。

【0214】

開創器が、組織を十分に握持し、後退させると、本システムは、オペレータが、例えば、第2のロボット腕の所定の停留期間を超える、ある期間にわたって、第2のロボット腕の所定の移動閾値を超えない、移動を伴って、開創器を定位置に保持することに応じて、自動的に、受動モードに遷移してもよい。故に、開創器が、受動モードにおいて、患者内の組織を後退させるとき、第2のロボット腕は、開創器および第2のロボット腕の質量に加え、組織の質量を考慮するであろう。したがって、第2のロボット腕を受動モードから切り替えさせるための所定の力閾値は、組織によって外科手術用器具に印加される力が、第2のロボット腕の所定の第1の閾値を超える場合、本システムが、自動的に、第2のロボット腕を受動モードから、例えば、協調操作モードに切り替わらせるであろうように、組織によって開創器の先端に印加される力に起因して第2のロボット腕に印加される、力を上回らなければならない。しかしながら、所定の力閾値は、オペレータが開創器を移動させることが非常に困難であるほど高くあるべきではない。上記に説明されるように、オペレータは、例えば、ユーザインターフェース1408を介して、所定の力閾値を調節してもよい。

【0215】

第2のロボット腕に結合される開創器を介した組織の後退に応じて、オペレータは、第1のロボット腕に結合される腹腔鏡の視野を再調節する必要がある。故に、オペレータは、本システムが、自動的に、第1のロボット腕を受動モードから協調操作モードに切り替えるように、第1のロボット腕の所定の力閾値を超える、力を腹腔鏡に印加してもよい。腹腔鏡の新しい所望の位置が、達成されると、第1のロボット腕は、上記に説明される事前に定義された条件が満たされる場合、自動的に、受動モードに戻ってもよい。代替として、腹腔鏡を再調節し、または第1のロボット腕の連結部を再位置付けし、腹腔鏡下手技の間の潜在的衝突を回避するために、または腹腔鏡を完全に異なるロボット腕に切り替えるために、オペレータは、腹腔鏡を結合解除し、ロボット腕および／または腹腔鏡を再調節し、腹腔鏡を第1のロボット腕（または他のロボット腕）に再取付することを選んでよい。腹腔鏡の第1のロボット腕への再取付に応じて、第1のロボット腕は、上記に説明される事前に定義された条件が満たされる場合、受動モードに自動的に切り替わってもよい。

【0216】

さらに、オペレータが、例えば、開創器の先端を患者内のトロカールを通して挿入することに先立って、協調操作モードにおいて、開創器を自由に移動させるにつれて、オペレ

ータが、開創器の先端をトロカールポートから離れるように患者の皮膚の非常に近くまで移動させ、仮想力覚境界が、本システムによって、トロカールポートの外側の患者の皮膚上に確立された場合、本システムは、力覚モードに自動的に切り替わってもよい。故に、本システムは、協調操作モードにおいて第2のロボット腕に印加されるものよりはるかに高い、インピーダンスを第2のロボット腕に印加し、オペレータに、それらが仮想力覚境界に接近する、またはその中にあることを示してもよい。例えば、オペレータによる開創器の移動は、力覚モードでは、はるかに粘弾性を感じ得る。本システムは、オペレータが開創器を仮想力覚境界から外に移動させるまで、力覚モードに留まってもよい。いくつかの実施形態では、力覚モードでは、第2のロボット腕は、重力の影響を低減させ、器具先端の振戦を排除し、カフィードバックを印加し、仮想力覚境界によって定義されるような重要な構造を回避してもよい。故に、本システムは、オペレータに取って代わるのではなく、むしろ、重力補償、振戦除去、力覚障壁、カフィードバック等の特徴を通して、オペレータの能力を増強させる。

10

【0217】

いくつかの実施形態では、本システムは、第2のロボット腕をロボット補助モードに切り替えてもよい。例えば、オペレータが、組織を後退させようと試行するにつれて、オペレータが、開創器に印加することが可能である、またはそれを厭わないものより多くの力が、組織を後退させるために要求される場合、オペレータは、ユーザ入力をシステムに提供し、オペレータが、第2のロボット腕が組織の後退を補助することを所望することを示してもよい。例えば、上記に説明されるように、オペレータは、本システムが、第2の

20

【0218】

加えて、説明されるように、第1のロボット腕に結合される腹腔鏡を手動で操作する代わりに、オペレータは、別のユーザ入力をシステムに提供し、オペレータが、本システムが腹腔鏡を再位置付けすることを所望することを示してもよい。例えば、オペレータが、外科手術用鉗の先端が、第1のロボット腕に結合される腹腔鏡の視野内にあるように、本システムのロボット腕に結合される場合とそうではない場合がある、外科手術用鉗を能動的に操作する場合、オペレータは、外科手術用鉗の先端を用いて、事前に定義されたジェスチャパターンを実施する、例えば、外科手術用鉗を迅速に特定の方向に前後に移動させてもよい。外科手術用鉗の事前に定義されたジェスチャパターンは、腹腔鏡によって、画像データとして捕捉されてもよく、データに基づいて、本システムは、事前に定義されたジェスチャパターンを検出し、それを、本システムが第1のロボット腕を受動モードからロボット補助モードに切り替えることを要求する、事前に定義されたユーザ入力と関連付け、第1のロボット腕自体を再位置付けさせ、故に、腹腔鏡に、視野を外科手術用鉗のパターン運動の方向に調節させてもよい。上記に説明されるように、付加的ジェスチャパターンは、外科手術用鉗を介して、腹腔鏡の視野内で実施され、第1のロボット腕に、腹腔鏡を後退させ、および／または腹腔鏡自体をズームインまたはズームアウトさせる、または分解能を改善させてもよい。いくつかの実施形態では、腹腔鏡によって捕捉されたデータ画像に基づいて、腹腔鏡の視野内の付加的ツール、例えば、オペレータによって能動的に動作される外科手術用鉗の物体追跡を使用して、本システムは、腹腔鏡に結合される第1のロボット腕をロボット補助モードに自動的に切り替わらせ、第1のロボット腕自体を再位置付けさせ、視野を調節させ、外科手術用鉗の先端が、手技の間、腹腔鏡の視野内の最適位置内に留まることを確実にしてもよい。

30

40

【0219】

ロボット腕のうちの任意の1つの動作モードは、本システムの他のロボット腕の動作モードから独立して、変化されてもよい。加えて、各ロボット腕の動作パラメータは、そこに結合される具体的外科手術用器具に合わせて調整されてもよい。例えば、開創器デバイ

50

スに結合されるロボット腕のための所定の力閾値は、開創器が、手技の間、より高い力に耐えるであろうため、腹腔鏡に結合されるロボット腕のための所定の力閾値より高くあり得る。本システムのセンサ、モータ等は、全てのモードにおいてアクティブであってもよいが、例えば、非アクティブであるかのように作用することを含め、各モードで非常に異なるように作用してもよい。当業者によって理解されるであろうように、本システムは、オペレータが、腹腔鏡下手技の間、動作のために、第3の外科手術用器具、例えば、グラスパデバイスを第3のロボット腕に、第4の外科手術用器具、例えば、外科手術用鉗デバイスを第4のロボット腕に結合し得るように、2つを上回るロボット腕を含んでもよい。

【0220】

いくつかの実施形態では、ロボット腕の動作モードは、オペレータによって提供されるユーザ入力に応答して、変化されてもよい。例えば、オペレータは、ロボット腕上に位置する、ボタン、ダイヤル、またはスイッチ、フットペダルまたはフットスイッチ、音声コマンド、タッチスクリーン上の入力を作動させることによって、または上記に説明されるように、ジェスチャまたはカシングネチャを使用して、ロボット腕の動作モードを選択的に変化させてもよい。いくつかの実施形態では、ロボット腕の動作モードは、結合器本体を介した外科手術用器具の結合器インターフェースへの結合のみに基づいて、変化されてもよい。上記に説明されるように、本システムは、結合器本体の結合器インターフェースへの結合に基づいて、外科手術用器具を自動的に識別してもよい。故に、ロボット腕に結合される外科手術用器具の識別に基づいて、本システムは、外科手術用器具が内視鏡である場合、自動的に、ロボット腕の動作モードを所定の動作モード、例えば、受動モードに切り替えてもよい、またはロボット腕がすでに受動モードにある場合、本システムは、内視鏡とロボット腕の結合に応じて、受動モードに留まるであろう。

【0221】

同様に、外科手術用器具のロボット腕への取付に応じた、外科手術用器具の識別に基づいて、本システムは、例えば、外科手術用器具識別が、腹腔鏡下手技の間、オペレータによって能動的に動作されるであろうツールであることを示す場合、自動的に、ロボット腕の動作モードを協調操作モードに切り替えてもよい。加えて、外科手術用器具のロボット腕への取付に応じた、外科手術用器具の識別に基づいて、本システムは、例えば、外科手術用器具識別が、灌注デバイス等、オペレータが完全にロボット制御されることを所望するツールであることを示す場合、自動的に、ロボット腕の動作モードをロボット補助モードに切り替えてもよい。故に、灌注デバイスのロボット腕への取付に応じて、本システムは、ロボット補助モードに切り替え、ロボット腕に、灌注デバイスを身体内の所望の位置に位置付けさせるであろう。

【0222】

さらに、本システムは、オペレータによって、例えば、ユーザインターフェース1408を介して、上記に議論される4つ未満の動作モードにおいて、ロボット腕を動作させるように命令されてもよい。例えば、オペレータは、所与の手技のために、動作モードのうちの任意の1つをアクティブ化解除してもよい。いくつかの実施形態では、本システムは、ロボット腕をロックモード等の付加的動作モードで動作させてもよく、これは、ロボット腕が受動／ロックモードから不注意に切り替わらないように保護する、例えば、ロボット腕の不注意によるバンプに起因する移動を回避するように、受動／ロックモードから切り替えるためのロボット腕の所定の力閾値が、ロボット腕が事実上フリーズされるほど高くあり得ることを除き、受動モードに類似し得る。本ロックモードでは、不注意によるバンプからの力が、ロボット腕の若干の移動でさえ引き起こすほど十分に高い場合、本システムは、ロボット腕自体を不注意によるバンプに先立ってあった位置に再位置付けさせてもよい。

【0223】

加えて、外科手術用器具が、本システムのロボット腕の遠位端に結合されていないとき、本システムは、依然として、上記に説明される事前に定義された条件の検出に応じて、オペレータによるロボット腕の移動に応答して、ロボット腕の動作モードを自動的に切り

替えることが可能である。故に、本システムは、ロボット腕が、受動モードにあるとき、静的位置に留まり得、協調操作モードでは、本システムが、オペレータによってロボット腕に印加される力がロボット腕の所定の力閾値を超えることを検出する場合、ロボット腕がオペレータによって自由に移動可能となることを可能にするであろうように、インピーダンスをロボット腕のジョイントに印加し、ロボット腕の質量を補償するであろう。加えて、本システムは、オペレータがロボット腕の任意の部分を事前に定義された仮想力覚障壁内で移動させようと試行する場合、ロボット腕を力覚モードに切り替えるであろう。

【0224】

ステップ1514では、腹腔鏡下手技が完了すると、オペレータは、外科手術用器具を個別のロボット腕から除去してもよい。

【0225】

ここで図18A-18Cを参照すると、ロボット腕300の動作の間の力測定値が、提供される。上記に説明されるように、外科手術用器具に結合される結合器本体を介した外科手術用器具の結合器インターフェース400への取付に応じて、外科手術用器具の配向が、自動的に、結合器インターフェースと結合器本体との間の磁気接続に基づいて、決定されてもよい。さらに、上記に説明されるように、本システム上にロードされる、ロボット腕300に結合される外科手術用器具の校正ファイルは、質量中心と器具先端との間の距離D3が導出され得るように、例えば、外科手術用器具の質量、外科手術用器具の質量中心、および外科手術用器具の長さを含む、外科手術用器具の情報を含んでもよい。加えて、上記に説明されるように、例えば、外科手術用器具が患者の身体に進入する、トロカールにおける外科手術用器具の位置が、外科手術用器具の質量中心およびトロカールとの間の距離D2がリアルタイムで導出され得るように、リアルタイムで計算されてもよい。加えて、上記に説明されるように、結合器本体は、好ましくは、外科手術用器具の伸長シャフトに沿って、例えば、外科手術用器具の近位部分に隣接して、固定された既知の位置（校正ファイル内に含まれてもよい）において、外科手術用器具に結合され、したがって、外科手術用器具の質量中心と結合器本体との間の距離D1、例えば、ロボット腕300の遠位端への取付点が、導出されてもよい。代替として、または加えて、上記に説明されるように、光学走査デバイスが、D1、D2、またはD3のうちの任意の1つを決定するために使用されてもよい。

【0226】

図18Aに示されるように、外科手術用器具が、トロカールTrにおいて以外、外科手術用器具に作用する任意の付加的外力を伴わずに、トロカールTrを通して位置付けられる、例えば、外科手術用器具が、患者内の組織を持ち上げていない、または後退させていないとき、体壁によってトロカールTrにおいて外科手術用器具に印加される力（例えば、「体壁力」または「トロカール力」）が、以下の方程式を用いて計算されてもよい。

【化4】

$$F_{eff} + W + F_{tr} = 0 \Rightarrow F_{tr} = -W - F_{eff}$$

式中、 F_{eff} は、ロボット腕300の遠位端における力（例えば、ロボット腕300の「エンドエフェクタ力」）であって、 W は、外科手術用器具の重量ベクトル（ $= -mgz$ ）であって、 F_{tr} は、トロカール力である。故に、 F_{eff} は、システムに送られる所望の力であって、これは、例えば、重力補償、保持等を含む、アルゴリズムパイプライン内で発生された全ての力の和である。

【0227】

図18Bに示されるように、外科手術用器具が、外力が外科手術用器具の先端に印加されるように、トロカールTrおよび保持／後退組織を通して位置付けられると、分解するための2つの力、すなわち、 F_{tr} および F_{tt} が、存在する。故に、2つの方程式が、2つの未知のベクトルを解決するために必要とされ、これは、外科手術用器具の質量中心、例えば、 L_{cg} の周囲の力の平衡およびまたモーメントの平衡であり得る。

【化 5】

$$W + F_{eff} + F_{tr} + F_{tt} = 0$$

$$F_{eff} \times D1 + F_{tr} \times D2 + F_{tt} \times D3 = 0$$

【0228】

10

式中、距離 D1 および D3 は、上記に説明されるように把握され、D2 は、ロボット腕 300 の遠位端の既知の位置と、トロカール Tr の計算された位置とに基づいて、導出されてもよい。図 18B に示されるように、外科手術用器具の質量中心 L_{cg} は、結合器本体のロボット腕 300 の遠位端への取付点の背後にある。

【0229】

上記に説明されるように、本システムは、力、例えば、器具の先端に印加される力 F_t および／または使用しているトロカールにおいて器具によって印加される力 F_{tr} が、個別の閾値力を上回る場合、オペレータにアラートし、故に、計算された力が、閾値力を上回る場合、本システムをフリーズさせる、および／または制動または停止力をロボット腕 300 に自動的に印加することによって、器具またはトロカールの先端において印加される力を増加させるであろう方向における器具のさらなる移動を減速または妨害することによって、および／またはロボット腕を器具先端および／または体壁におけるトロカール点において付与されている力を低減させる方向に自動的に移動させることによって、体壁におけるトロカール点または器具の先端において付与される力を低減させてもよい。

20

【0230】

ここで図 20 を参照すると、本明細書に開示されるシステム、例えば、システム 200 の種々のセンサおよびデバイスのためのデータ入力と、本明細書に開示されるシステムの任意の実装が有し得、少なくとも部分的に、複数の可能性として考えられるデータ入力に基づいて、生産し得る、複数の特徴および能力との異なる組み合わせの高レベル実施例 2000 が、提供される。図 20 に示されるように、本システムのいくつかの実装は、本システムからの遠隔計測（ロボット腕からの力データ、ロボット腕からの位置データ等を含み得る）、腹腔鏡タワーからのビデオ、および／または光学スキャナ 1100 からのデータを含む、少なくとも 3 つの監視源 2002 からデータを集めるように構成されてもよい。監視源 2002 から集められたデータは、本システム内の 1 つまたはそれを上回るプロセッサを使用して、データ処理ステップ 2004 を受けてもよい。データ処理ステップは、例えば、データ融合（例えば、監視源 2002 から集められたデータの融合）と、アルゴリズム算出を含み得る、データ分析とを含んでもよい。加えて、監視源 2002 からのデータは、システム有用性特徴 2006、システム安全性特徴 2008、およびシステム性能特徴 2010 の開発のために、処理 2004 を受けてもよい。本システムは、特徴をリアルタイムで提供してもよい。例えば、システム有用性特徴は、外科医を識別し、外科医のプロファイルに基づいて、プラットフォーム高さを調節するステップ、患者の皮膚表面を検出し、仮想境界を皮膚表面の周囲に作成し、患者の皮膚表面との不注意による接触を防止するステップ、器具タイプを検出し、特定の器具のために適切な較正ファイルを自動的にロードするステップ等を含んでもよい。加えて、システム安全性特徴は、例えば、オペレータが、プラットフォーム 100 とプラットフォーム 100 を囲繞するエリア内の任意の物体および／または人物との間の衝突を回避し得るように、オペレータがプラットフォーム 100 を手術室全体を通して移動させるにつれて、プラットフォーム 100 を囲繞するエリアの仮想マップを表示し、オペレータに、プラットフォーム 100 を囲繞するエリアのビューを提供することを含んでもよい。

30

40

【0231】

50

図 2 1 を参照すると、本システムの電気システムおよびコネクティビティ 2 1 0 0 の電気構成要素の概略概要が、提供される。これは、本システムの図示される部分全体を通じたエネルギーのフロー、コネクティビティのために使用され得るポート、および種々の電子構成要素に関連する他の詳細を含む。例えば、本システムは、データを光学走査デバイスから入手し、他の機能を実施するために使用され得る、非リアルタイムコンピュータ 2 1 0 2 を含んでもよい。非リアルタイムコンピュータ 2 1 0 2 はまた、外科医が相互作用するためのシステムのグラフィカルユーザインターフェースを制御してもよい。上記に説明されるように、グラフィカルユーザインターフェースは、タッチスクリーンを含んでもよい。非リアルタイムコンピュータ 2 1 0 2 は、例えば、第 1 0 世代 Intel (登録商標) Core™ i7-10700 プロセッサ、32 GB の RAM (随意に、2 × 16 GB、DDR4、2933 Mhz であり得る)、標準的キーボードおよび 512 GB PCIe M.2 SSD + 1 TB SATA 7200 RPM ハードドライブ、無線および Bluetooth (登録商標) カード、例えば、Killer™ Wi-Fi 6 AX1650i (2 × 2) 802.11ax 無線および Bluetooth (登録商標) 5.1、および／または NVIDIA (登録商標) GeForce RTX™ 2060 6 GB GDDR6 グラフィックカードを含んでもよい。本システムはさらに、ロボット腕および関連ロボットコントローラおよび／またはデータおよび情報を光学走査デバイスから入手する等の他の機能を動作および制御するために使用され得る、リアルタイムコンピュータ 2 1 0 4 を含んでもよい。リアルタイムコンピュータ 2 1 0 4 は、例えば、Intel Core i7 (第 8 世代) プロセッサ、メモリのための 32 GB の RAM、500 GB SSD ハードドライブ、および／または Ethernet (登録商標) コネクティビティのための 2 つまたはそれを上回る RJ45 コネクタを含んでもよい。

10

20

30

40

50

【0232】

ここで図 2 2 を参照すると、光学走査デバイスからのデータの入手および処理のためのプロセス 2 2 0 0 のフローチャートが、提供される。図 2 2 に示されるように、ステップ 2 2 0 2 では、深度データが、1 つまたはそれを上回る光学走査デバイス、例えば、光学スキャナ 1 1 0 0 から入手されてもよい。ステップ 2 2 0 4 では、フィルタ処理／他の信号処理アルゴリズム、例えば、中央値フィルタ、ガウス雑音除去、アンチエイリアシングアルゴリズム、モルフォロジー演算、周囲光調節等が実施されてもよい。ステップ 2 2 0 6 では、3D 物体区画化が、例えば、テンプレートマッチング、機械学習、総当たりマッチング、色 + 深度区画化、2D-3D 検知、ピクセル値閾値処理等を使用して実施されてもよい。ステップ 2 2 0 8 では、物体座標が、タスク空間に転換されてもよい。例えば、物体座標をタスク空間に転換するステップは、物体の位置および配向を光学走査デバイスの座標フレームから必要とされるタスクの座標フレーム (例えば、ロボット制御のためのロボットフレーム、システム設定のためのカートフレーム等) に変換するステップを含んでもよい。加えて、または代替として、物体座標をタスク空間に転換するステップは、既知の光学走査デバイスから支持プラットフォーム (例えば、カート) への転換、外科手術用ロボット転換、および／またはユーザインターフェース画面転換を使用するステップと、本システムの異なる要素 (例えば、支持プラットフォーム、ロボット腕、画面等) に対して外科医の身体 (例えば、顔、手等) を追跡する、カートプラットフォームに対して外科手術台を追跡する、システム設定のために患者配向を追跡する、設定のためにトロカールポート場所および配向を追跡する、安全性のために手術室スタッフの位置を追跡する等の具体的タスクのための新しい転換を発生させるステップとを含んでもよい。ステップ 2 2 1 0 では、所望のタスク、例えば、容易な設定のためにロボット腕を患者／トロカールポートの近傍に移動させること、手術室スタッフを追跡し、本システムが外科医コマンドのみに応答することを確認にすること、外科手術の異なる位相の間、外科医の手の移動を記録すること等が実施されてもよい。

【0233】

加えて、図 2 2 は、光学走査デバイスからのデータの入手および処理のためのプロセス

2 2 1 2 のフローチャートを図示する。ステップ 2 2 1 4 では、深度データが、1 つまたはそれを上回る光学走査デバイス、例えば、光学スキャナ 1 1 0 0 から入手されてもよい。ステップ 2 2 1 6 では、鏡面反射雑音フィルタ処理が、実施されてもよい。ステップ 2 2 1 8 では、患者／トロカールポート区画化および識別が、実施されてもよい。ステップ 2 2 1 8 では、追跡されたポート座標が、ロボット座標空間に転換されてもよい。ステップ 2 2 2 2 では、ロボット腕が、患者／トロカールポートの所望の近傍に移動されてもよい。

【0 2 3 4】

ここで図 2 3 を参照すると、本システムの例示的データフロー 2 3 0 0 が、提供される。図 2 3 に示されるように、非リアルタイムコンピュータ 2 3 0 2 は、光学走査デバイス、例えば、光学スキャナ 1 1 0 0 から、および／または腹腔鏡からのカメラフィールドから、データを集めてもよい。非リアルタイムコンピュータ 2 3 0 2 はまた、ロボットコントローラを有する、リアルタイムコンピュータ 2 3 0 8 から、ロボット腕の位置、ロボット腕の種々のモータ／センサに印加される力、動作モード情報等の遠隔計測情報を含む、データを受信してもよい。非リアルタイムコンピュータ 2 3 0 2 はまた、例えば、CT 走査データ、関連健康条件、および外科医によって所望され得る他の情報を含む、手技における患者に特有の情報を有する、患者データベース 2 3 1 0 から、データを受信してもよい。

10

【0 2 3 5】

非リアルタイムコンピュータ 2 3 0 2 はさらに、ユーザインターフェース 2 3 1 4 を介して、ユーザフィードバック 2 3 1 2 をユーザに提供してもよい。ユーザフィードバックは、例えば、衝突通知、本システムの種々の構成要素に関する位置付け情報および／または推奨、本システムによって検出されている動作モード等を含んでもよい。非リアルタイムコンピュータ 2 3 0 2 はさらに、コマンド 2 3 1 8、例えば、高レベルコマンドをリアルタイムコンピュータ 2 3 0 8 に提供してもよい。高レベルコマンドは、例えば、モード変化、軌道、力覚障壁、ユーザ構成等を含んでもよい。リアルタイムコンピュータ 2 3 0 8 は、ロボットコマンド 2 3 2 2、例えば、運動または力コマンドを 1 つまたはそれを上回るロボット腕 2 3 2 4、例えば、ロボット腕 3 0 0 に提供するようにプログラムされる、ロボットコントローラ 2 3 2 0 を含んでもよい。ロボットコントローラ 2 3 2 0 は、ロボットフィードバックデータ 2 3 2 6、例えば、運動、力、および／またはタッチ点データ等を 1 つまたはそれを上回るロボット腕 2 3 2 4 から受信してもよい。

20

30

【0 2 3 6】

ここで図 2 5 を参照すると、ロボット腕 3 0 0 を使用する外科手術手技の間のユーザ疲労を推定するための方法 2 5 0 0 が、提供される。上記に説明されるように、重力補償、粘弾性、および／または質量の影響に関するアルゴリズムが、ユーザ疲労を考慮するために使用されてもよい。具体的には、腹腔鏡下手技の間、外科医は、手技が進捗するにつれて、疲労を被り得、例えば、鉗、持針器、焼灼器ツール、グラスパ等の外科手術用ツールに関して、手振戦または誤ったツール運動を体験し得る。図 2 5 に示されるように、ステップ 2 5 0 2 では、本システムは、例えば、外科手術手技中、オペレータがロボット腕 3 0 0 に結合される外科手術用器具を操縦する間、LiDAR カメラ、ロボット遠隔計測、および／または内視鏡等の光学スキャナ 1 1 0 0 から、オペレータの性能を示す、データを受信および監視してもよい。臨床手技の大量のデータセットから学習し、および／または手技または手技の一部の間、データを集め、分析することは、本システムが、ステップ 2 5 0 4 において、手技が進捗するにつれて、外科医の能力のレベルを推測することを可能にし得、さらに、本システムが、外科医が、ロボット腕に取り付けられる外科手術用器具を協調操作しながら、より効果的に移動することに役立つために、アルゴリズムパラメータを適合させることを可能にし得る。例えば、ステップ 2 5 0 6 では、本システムは、ロボット腕 3 0 0 の 1 つまたはそれを上回る動作パラメータを調節し、その挙動を変化させてもよい。疲労レベルが、具体的閾値を上回る場合、ステップ 2 6 0 8 では、本システムは、外科医に警告してもよい。加えて、手技をランク付けするステップが、本システム

40

50

が、外科医に、所与の手技に関するその性能の概要を提供し、手技毎のその全体的進行度を示すことを可能にするために使用されてもよい。

【0237】

いくつかの実施形態では、本システムは、手技の間、オペレータの手の振戦、器具先端によって進行される距離／最小経路、手技ステップを達成するまでの時間、および／または手技を完了するまでの時間のうちの少なくとも1つを示す、データを収集し、係数毎に、そのようなデータと閾値または事前に定義された値を比較し、係数のうちの任意の1つの大きさが、本システムに、オペレータに警告させるために十分な、および／または本システムに、1つまたはそれを上回る動作パラメータを調節させ、ユーザの疲労を軽減させるために十分なレベルに到達するかどうかを決定してもよい。例えば、本システムは、力を器具上に付与し、器具のインピーダンスまたは粘弾性を増加させ、重要な構造を回避し、および／または力フィードバックを印加することによって、器具先端の振戦を排除または低減させてもよい。ユーザ疲労は、例えば、手技時間が特定の手技のための閾値を超えて増加するとき、外科手術用器具の移動の回数が特定の手技のための閾値を超えて増加する、または別様に、誤ったまたは非制御移動を示すとき、オペレータが、事前に定義された回数、器具を力覚障壁の中に移動させる場合、オペレータが、1回または所定の回数、過剰な力をトロカール上に付与する場合等、識別されてもよい。上記に説明されるように、そのようなデータは、ロボット腕上のセンサおよび／または1つまたはそれを上回る光学走査デバイスを使用して、収集されてもよい。ユーザ疲労の特定のレベルが、本システムによって識別されると、本システムは、器具および／または器具と関連付けられるロボット腕の粘弾性またはインピーダンスを増加させ、外科手術用器具および／またはロボット腕の移動の大きさおよび／または移動の数を低減させてもよい。

10

20

【0238】

加えて、本システムは、移動に関わる振戦の量の推定値とともに、それを用いてオペレータが種々の器具／腹腔鏡を移動させる、速さおよび頻度に関するデータを収集し、その運動を妨害せずに、または不必要な疲労をオペレータに追加せずに、振戦を低減させるために要求される追加粘弾性を推定してもよい。いくつかの実施形態では、ロボット腕300のコントローラは、特定の器具のための粘弾性値を反復的に調節し、器具の移動に関連するデータを収集し、付加的調節が器具に印加される粘弾性に対して必要とされるかどうかを査定してもよい。さらに、本システムは、特定の動作特性またはパラメータに関連するデータを収集するステップと、動作特性またはパラメータを変化させるステップと、動作特性またはパラメータに関連する付加的データを収集するステップと、データを分析し、例えば、動作特性またはパラメータの実際のデータ値と好ましいまたは最適な値との間の逸脱に基づき得る、動作特性またはパラメータに対する付加的変化が行われるべきであるかどうかを決定するステップとを含む、付加的アルゴリズムを使用して、反復アプローチを採用し、ロボット腕300の特定の動作特性またはパラメータを最適化してもよい。

30

【0239】

ここで図26を参照すると、協調操作式外科手術用ロボットシステムの分散型ネットワークのデータフロー2600が、提供される。例えば、協調操作式ロボット型（「コボット」）外科手術用システムの分散型ネットワークは、それぞれ、オンラインデータベースに接続され得る、複数の病院において使用されてもよい。本配列は、動作時、コボットシステムのいずれかによって使用され得る、著しくより多くのデータおよびユーザ情報を提供し得る。本システムは、データを本システムの分散型ネットワークから集約し、手技タイプ、外科医経験、患者属性等の係数に基づいて、最適構成を識別し得る。分析または臨床医入力を通して、コボットシステムは、ルーチン手技対より複雑であり得る手技を識別してもよい。本情報は、助言または指針を未熟外科医に提供するために使用されてもよい。

40

【0240】

さらに、一元化手技データは、異なるユーザから生じる広範囲の臨床手技に関する大量のデータ分析の起動を可能にし得る。データの分析は、例えば、最適化されたシステムの

50

位置付け、最適ポート設置、ロボット腕毎の最適アルゴリズム設定、および／または手技異常（例えば、過剰な力、時間、出血等）の検出を含む、具体的手技のための最適化された設定をもたらし得る。これらの最適設定またはパラメータは、患者およびツール特性に依存し得る。上記に説明されるように、外科医は、最適設定を別の外科医または外科医群からロードし、使用してもよい。このように、最適設定は、例えば、外科医の専門知識のレベルに応じて、達成されてもよい。種々のユーザをコボットシステムの分散型ネットワーク内で追跡するために、各ユーザを識別することが有益であり得る。したがって、ユーザは、コボットシステムにログインし、必要に応じて、オンラインでそのプロファイルにアクセスしてもよい。このように、ユーザは、任意の場所において、そのプロファイルへのアクセスを有し得、異なる病院場所におけるその設定を用いて臨床手技を実施することが可能であろう。

10

【0241】

例示的ユーザプロファイルは、例えば、ユーザ名、専門知識のレベル、実施される異なる手技、および／または臨床実践の領域を含む、ユーザの具体的設定および情報を含ってもよい。加えて、臨床手技は、ユーザが、臨床手技（例えば、胆嚢摘出術、ヘルニア等）、台配向および高さ、好ましいポート設置、アルゴリズム毎の補助腕あたりの設定、患者特性（例えば、BMI、年齢、性別）、および／または外科手術用ツール特性および仕様（例えば、重量、長さ、重心等）等の具体的設定を記憶することを要求し得る。ユーザは、その独自のプロファイルを有効にすることが可能であり得、随意に、同僚のプロファイル、ユーザの実践分野の外科医の最も代表的プロファイル、具体的専門知識のレベルを伴う外科医の最も代表的プロファイル、および／または患者特性に従って推奨されるプロファイル等、別のユーザのプロファイルを有効にしてもよい。

20

【0242】

ユーザの識別は、パスワード、RFIDキー、顔認識等を介して、実施されてもよい。多数の手技からの学習は、所与の手技のためのコボットシステム設定より大きいレベルの最適化をもたらし得る。これは、例えば、カート位置、個々のロボット腕位置、外科手術台高さおよび配向、ポート設置、および／または設定ジョイント位置を含んでもよい。これらの設定は、患者身長、体重、および性別に基づいてもよく、さらに、相互依存であってもよい。例えば、最適ポート設置は、患者台配向に依存し得る。

【0243】

加えて、臨床手技は、臨床手技ステップのシーケンスとして説明されてもよい。これらの異なるステップを学習することは、コボットシステムが、所与の手技のためのリアルタイムで実際のステップを推測することを可能にし得る。例えば、臨床ステップを手技から学習することは、アルゴリズム設定の調節、本システムが実践的カスタムリマインダを与えること、本システムがスタッフに推定手技終了時間を通知すること、必要な機器が部屋内で利用不可能である場合、本システムがスタッフにアラートすること、および／または本システムがスタッフに緊急状況の発生をアラートすることを可能または有効にし得る。

30

【0244】

臨床手技の間、外科医は、多くの場合、握持、後退、切断等の単純かつルーチン外科手術用タスクを認識するであろう。これらの異なるタスクを学習することは、コボットシステムが、リアルタイムの手技のシーケンスに関する外科医の選好および習慣をリアルタイムで推測することを可能にし得る。コボットシステムのいくつかのアルゴリズムは、手技の間、本シーケンス認識に基づいて、調整（すなわち、調節および最適化）され、ユーザが本単純外科手術用タスクをより良好に行うことに役立ち得る。そのようなタスクの実施例は、胆嚢手技の間の肝臓の自動化された後退である。情報を多くの症例にわたって集約することによって、最適化されたカベクトルが、開発され得る。

40

【0245】

さらに、予期しないステップまたは外科手術行為をもたらし得る、いくつかの合併症が、臨床手技の間、生じ得る。これらの予期しない事象を判別する方法を学習することは、コボットシステムが、いくつかの具体的安全性特徴を有効にすることに役立つであろう。

50

緊急の場合、ロボット腕は、本システムによって検出される緊急のレベルに応じて、停止または運動制限されてもよい。

【0246】

ここで図27A-27Dを参照すると、協調操作式外科手術用システムの設定が、提供される。プラットフォーム2700は、プラットフォーム2700が、1つまたはそれを上回るロボット腕、例えば、ロボット腕300a'およびロボット腕300b'を支持し、ロボット腕をプラットフォーム2700に対して移動させ得るように、プラットフォーム100と同様に構築されてもよい。図27Aに示されるように、プラットフォーム2700は、ユーザによって、例えば、車輪104'を介して、患者台PTに対して望ましい位置に移動されてもよい一方、ロボット腕300a'、300b'は、その個別の格納された構成にある。 10

【0247】

プラットフォーム2700が、患者に向かって移動されるにつれて、場面は、直接、深度マッピングセンサ、例えば、プラットフォーム2700上に搭載され得る、光学スキャナ1100'によって、観察されてもよい。光学スキャナ1100'によって観察および発生された深度マップから、例えば、患者台PTの高さおよび／または場所、患者の腹部の表面、外科医の身長を含む、外科医の位置および他の特性、およびトロカールポート、ロボット腕300a'、300b'の基部、例えば、基部部分302a'、302b'および肩部分304a'、304b'、ロボット腕300a'、300b'、および／またはロボット腕と結合される1つまたはそれを上回る外科手術用器具等の重要な特徴が、識別されてもよい。そのような重要な特徴の識別は、テンプレートマッチング、特徴追跡、エッジ検出等の標準的コンピュータビジョン技法を使用して、行われてもよい。各特徴が、位置合わせされるにつれて、その位置および配向は、局所座標系を割り当てられ、標準的転換行列を使用して、本システムの大域的座標系に転換されてもよい。いったん全ての特徴が、単一大域的座標系に転換されると、最適化アルゴリズム、例えば、最小二乗および勾配降下法が、ロボット腕300a'、300b'の最も適切な垂直および水平位置を識別するために使用されてもよく、これは、プラットフォーム2700を介して、患者上の挿入点に対してロボット腕の作業空間を最大限にするように調節されてもよい。最適作業空間は、実施されるべき外科手術および／または外科医の好ましい位置に依存し得る。 20

【0248】

図27Bに示されるように、プラットフォーム2700が、車輪104'がロックされるように、患者台PTに対してその所望の位置にあるとき、ロボット腕300a'、300b'は、その個別の格納された構成から離れるように延在されてもよい。図27Cに示されるように、プラットフォーム2700に対するロボット腕の垂直位置は、所望の位置に調節されてもよく、図27Dに示されるように、プラットフォーム2700に対するロボット腕の水平位置は、所望の位置に調節されてもよい。 30

【0249】

ここで図28A-28Dを参照すると、例示的グラフィカルユーザインターフェース2800のスクリーンショットが、提供される。例示的グラフィカルユーザインターフェース2800は、ユーザによって構成可能であってもよく、ディスプレイ110と統合されてもよい。図28Aは、例示的開始メニューを図示する。オペレータは、「開始」オプションを作動させることによって、協調操作式システムの動作を始動させてもよい。図28Bは、例示的システム設定画面を図示する。図28Bに示されるように、本システムが、2つのロボット腕を含むとき、グラフィカルユーザインターフェース2800は、どのロボット腕がどの器具、例えば、開創器腕2806および内視鏡腕2808と併用されるべきかと、完了されるべき手技とを識別してもよい。グラフィカルユーザインターフェース2800は、ユーザが、実施されている手技および／または手技を実施する外科医に基づいて、具体的較正ファイルまたは設定ジョイント位置を事前にロードすることを可能にし得る。例えば、ユーザが、手技が腹腔鏡下胆嚢摘出術であることを入力する場合、本システムは、その手技と関連付けられるべきであることが既知のツールタイプを事前にロード 40 50

してもよい。これらの事前にロードされた設定を取り込むことは、ユーザが所与の手技のために手動で選択するツールを監視することによって達成されてもよい。所与のツールが、所定の数の手技のために一貫して選択される場合、本システムは、自動的に、次回、手技がユーザによって選択されると、そのツールを事前に取り込んでもよい。

【0250】

加えて、オペレータは、上記の図27Cおよび27Dに示されるように、各ロボット腕の垂直および水平位置を調節してもよい。図28Bに示されるように、開創器デバイスに結合されるであろう、または現在結合されている、ロボット腕の垂直および／または水平位置を調節するために、オペレータは、調節アクチュエータ2802をトグルしてもよく、内視鏡デバイスに結合されるであろう、または現在結合されている、ロボット腕の垂直および／または水平位置を調節するために、オペレータは、調節アクチュエータ2804をトグルしてもよい。いくつかの実施形態では、ユーザは、感力入力デバイスとして、ロボット腕を使用することによって、ロボット腕の水平および垂直位置を調節してもよい。例えば、ロボット腕は、ユーザによってロボット腕上に印加される力を測定することによって、ユーザの意図を感知するように構成されてもよい。ユーザが、力を正の水平方向に印加する場合、プラットフォームは、ユーザがもはや力を印加しなくなるまで、ロボット腕をその方向に移動させてもよい。類似アプローチは、他の方向、例えば、負の水平、正の垂直、および負の垂直に関しても行われる。図28Bに示されるように、グラフィカルユーザインターフェース2800は、エラー通知2810を介して、エラー、例えば、障害条件が、本システムの設定または動作の間、本システムによって検出されるかどうかを示してもよい。

【0251】

図28Cに示されるように、グラフィカルユーザインターフェース2800は、上記に説明されるように、選択された外科手術用器具と関連付けられる、情報を表示してもよい。例えば、グラフィカルユーザインターフェース2800は、各ロボット腕に結合されるべき器具毎に、器具タイプ、全長、結合器本体と器具先端との間の距離、質量中心と器具先端との間の距離、質量、および器具をロック解除するために要求される事前に設定されたロック解除力を表示してもよい。図28Cに示されるように、グラフィカルユーザインターフェース2800は、オペレータが、外科手術用器具の高ロック解除力と低ロック解除力との間で選択することを可能にし得る。加えて、グラフィカルユーザインターフェース2800は、オペレータが、例えば、本システム内に記憶される関連付けられる較正ファイルをまだ有していない、新しい外科手術用器具のために、外科手術用器具較正を始動させることを可能にし得る。図28Dは、本システムの動作の間の、例えば、外科手術手技の間の、例示的画面を図示する。図28Dに示されるように、グラフィカルユーザインターフェース2800は、トロカール力と、例えば、患者の身体内の組織によって外科手術用器具の先端に印加されている力とを表示してもよい。

【0252】

ここで図29を参照すると、代替の協調操作式外科手術用ロボットシステムが、提供される。システム2900は、図2のシステム200と同様に構築されてもよい。例えば、プラットフォーム1400'、基部部分302'、肩部分304'、エンコーダE1'、E240'、E3'、E5'、E6'、E7'、モータM1'、肩ジョイント318'、肩連結部305'、肘ジョイント322'、肘連結部310'、手首部分311'、および外科手術用器具SIをロボット腕に結合するための結合器インターフェース400'は、それぞれ、プラットフォーム1400、基部部分302、肩部分304、エンコーダE1、E2、E3、E5、E6、E7、モータM1、肩ジョイント318、肩連結部305、肘ジョイント322、肘連結部310、手首部分311、および結合器インターフェース400と同様に構築されてもよい。システム2900は、システム2900が、ロボット腕のジョイントに配置される、モータを含むという点で、システム200と異なる。例えば、システム2900は、関連付けられる連結部を回転させ、ロボット腕を操作するように構成される、肘ジョイント318'に配置される、モータM2'と、肘ジョイント322'に配置される、モ

10

20

30

50

ータ M 3' とを含んでもよい。加えて、エンコーダ E 4' は、肘ジョイント 3 2 2' 上に、またはそれに隣接して、位置付けられてもよい。

【0253】

本明細書に説明されるシステムのいくつかの実装は、遠隔で、例えば、ジョイスティックまたは他の好適な遠隔制御デバイス、コンピュータビジョンアルゴリズム、力測定アルゴリズムを介して、および／または他の手段によって、制御または操作されるように構成されてもよい。しかしながら、好ましい実施形態では、本明細書に説明されるシステムは、任意の遠隔計測を伴わずに動作し、例えば、ロボット腕は、ロボット腕と別個の遠隔外科医コンソールを介して、遠隔操作されず、代わりに、ロボット腕は、そこに結合される外科手術用器具に印加される移動に応答して、移動する。例えば、ロボット補助モードにおいて、本システムによって外科手術用器具に印加される、任意のロボット補助移動は、遠隔外科医コンソールにおいて受信されるユーザ入力に応答しない。

【0254】

図 3 0 A は、結合器インターフェース 3 0 0 1（本明細書には、インターフェースとも称される）と結合される、結合器本体 3 0 0 2（本明細書には、本体とも称される）を示す、外科手術用器具 S I をロボット腕に結合するための結合器 3 0 0 0 の上面図を図示する。図 2 B は、結合器インターフェース 3 0 0 1 から結合解除される、結合器本体 3 0 0 2 を示す、図 3 0 A の結合器 3 0 0 0 の上面図を図示する。図 3 0 A および 3 0 B に示されるように、結合器 3 0 0 0 は、結合器本体 3 0 0 2 と、結合器インターフェース 3 0 0 1 とを有してもよい。結合器インターフェース 3 0 0 1 は、ロボット腕 3 0 0 と結合されてもよく、結合器本体 3 0 0 2 が結合器インターフェース 3 0 0 1 と除去可能に結合され得るように構成されてもよい。結合器本体 1 5 0 は、外科手術用器具 S I 上の任意の所望の軸方向位置において、外科手術用器具 S I と結合されてもよい。いったん結合器本体 3 0 0 2 が、外科手術用器具 S I と結合されると、結合器本体 3 0 0 2 および結合器本体 3 0 0 2 と結合される外科手術用器具 S I は、結合器インターフェース 3 0 0 1 と結合されてもよい。結合器本体 3 0 0 2 は、いったん結合器本体 3 0 0 2 が、外科手術用器具 S I と結合されると、外科手術用器具 S I が、少なくとも、結合器本体 3 0 0 2 に対して軸方向に移動しないように、またはいくつかの実施形態では、軸方向および回転可能に移動しないように阻止（例えば、防止）され得るように構成されてもよい。結合器 3 0 0 0 は、結合器本体 3 0 0 2 が、少なくとも、結合器インターフェース 3 0 0 1 に対して任意の軸方向に移動しないように阻止（例えば、防止）されるように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、結合器 3 0 0 0 は、結合器本体 3 0 0 2 が、結合器インターフェース 3 0 0 1 に対して自由に回転するように構成されてもよい。本構成では、結合器本体 3 0 0 2 と結合される、外科手術用器具 S I は、結合器本体 3 0 0 2 が結合される、結合器インターフェース 3 0 0 1 に対して自由に回転してもよく、少なくとも、結合器本体 3 0 0 2 が結合される、結合器インターフェース 3 0 0 1 に対する任意の軸方向移動から阻止（例えば、防止）されてもよい。

【0255】

他の実施形態では、結合器 3 0 0 は、外科手術用器具 S I が、結合器本体 3 0 0 2 に対する外科手術用器具 S I 上への少なくとも閾値力の印加に応じて、または結合器本体 3 0 0 2 の解放または状態変化の作動に応じて、結合器本体 3 0 0 2 に対して軸方向に移動され得るように構成されてもよい。そのような作動は、いくつかの実施形態では、例えば、ボタンを押下する、止めねじまたは他のコネクタを弛緩させる、ダイヤルを移動させる、または別様に、結合器 3 0 0 0、結合器本体 3 0 0 2、および／または結合器インターフェース 3 0 0 1 を第 2 の固着状態から第 1 の非固着状態に変化させることによって、達成されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、外科手術用器具 S I は、結合器本体 3 0 0 2 内の 1 つまたはそれを上回る蝶ねじ 3 0 1 0 またはクランプ等の他の手動締結具または締結機構を弛緩させ、外科手術用器具 S I を所望の軸方向位置に再位置付けし、蝶ねじ 3 0 1 0 または他の手動締結具または締結機構を再緊締することによって、結合器 3 0 0 0 に対して軸方向に再位置付けされてもよい。

【0256】

図30Bに示されるように、結合器インターフェース3001は、結合器本体3002を受容するようにサイズ決めおよび成形される、陥凹3003を有してもよい。陥凹3003は、結合器インターフェース3001に対する結合器本体3002の軸方向移動、またはいくつかの実施形態では、軸方向および回転移動を阻止（例えば、防止）し得る一方、結合器インターフェース3001に対する結合器本体3002の自由な回転移動を可能にする。結合器3000は、外科手術用器具SIが、少なくとも、結合器3000に対する回転移動から阻止（例えば、防止）され得るように構成されてもよい。これは、少なくとも、外科手術用器具SIと結合器3000との間または結合器本体3002と結合器インターフェース3001との間の回転移動を阻止（例えば、防止）することによって達成されてもよい。いくつかの実施形態では、外科手術用ドレープが、結合器本体3002と結合器インターフェース3001との間に挟込または圧着されてもよい。

10

【0257】

図30Cは、その中で外科手術用器具SIが除去および置換または結合器本体3002に対して再位置付けされ得る、第1の非固着または開放状態における結合器本体3002を示す、結合器本体3002および外科手術用器具SIの端面図を図示する。図30Dは、その中で外科手術用器具SIが、少なくとも、結合器本体3002に対する軸方向移動、またはいくつかの実施形態では、軸方向および回転移動から阻止（例えば、防止）され得る、第2の固着または閉鎖状態における結合器本体3002を示す、図30Cの結合器本体3002の端面図を図示する。いくつかの実施形態では、結合器本体3002は、第1の部分3004と、第2の部分3006とを有してもよい。いくつかの実施形態では、第1の部分3004は、ヒンジ3005またはシャフトを介して、または別様に、第2の部分3006と堅く結合されてもよい。いくつかの実施形態では、第1および第2の部分3004、3006は、外科手術用器具SIをその中に受容するようにサイズ決めおよび成形される、半円形カットアウトまたは陥凹3008をその中に有してもよい。締結具3010は、図30Dに示されるように、外科手術用器具SIが陥凹3008内に位置付けられるとき等、第1の部分3004と第2の部分3006を結合するために使用されてもよい。上記に説明されるように、結合器本体3002は、少なくとも、結合器本体3002に対する外科手術用器具SIの軸方向移動、またはいくつかの実施形態では、軸方向および回転移動を実質的に阻止（例えば、防止）するように構成されてもよい。外科手術用器具SIの外側を把持するように構成される、ゴムパッド、シート、バンプ、リング、突起、または他の構成要素または特徴が、本明細書に開示される結合器実施形態のいずれかと併用されてもよい。例えば、ゴムインターフェースは、結合器本体3002の第1の部分3004および／または第2の部分3006の陥凹3008等の結合器本体の陥凹または複数の陥凹内に位置付けられてもよく、結合器本体3002に結合されてもよい。ゴムは、シリコンゴムまたは任意の他の好適なタイプのゴムであってもよい。

20

30

【0258】

図31A-31Dは、器具をロボット腕の端部部分に結合するために本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され得る、結合器3100の別の実施形態を図示する。結合器3100は、結合器本体3101と、結合器本体3101をその中に受容するように構成される、陥凹または凹部3190を有し得る、結合器インターフェース3120とを含んでもよい。結合器インターフェース3120は、ロボット腕300の端部部分と結合されてもよい。結合器3100は、直接、ロボット腕300の端部部分と除去可能にまたは非除去可能に結合する、結合器本体3101を有してもよい。

40

【0259】

図31Aに示されるように、結合器本体3101は、円筒形本体部分3102の表面から離れるように突出する、環状フランジ3104を有する、円筒形本体部分3102を有してもよい。本体部分3102は、本体部分3102を通して軸方向に延在する、開口部3106を有してもよい。開口部3106は、外科手術用器具SIをその中に受容するようにサイズ決めおよび成形されてもよい。開口部3106は、外科手術用器具SIの直径

50

または外側サイズより若干大きくてもよい。結合器本体 3101 は、タブ 3108 が半径方向内向きに偏向されると、タブ 3108 が力を外科手術用器具 S I の外面上に付与するように、半径方向内向きに偏向するように構成され得る、1 つまたはそれを上回る偏向可能タブ 3108 (2 つが示される) または 4 つまたはそれを上回る偏向可能タブ 3108 を有してもよい。結合器 3100 は、結合器本体 3101 が、結合器インターフェース 3120 の陥凹 3109 内に位置付けられ、結合器インターフェース 3120 が、第 2 の閉鎖または固着状態にあるとき、結合器インターフェース 3120 が、外科手術用器具 S I を把持し、少なくとも、結合器本体 3101 に対する外科手術用器具 S I の軸方向移動または軸方向および回転移動を阻止 (例えば、防止) するように、力をタブ 3108 に付与する、または別様に、それを半径方向内向きに偏向し得るように構成されてもよい。例えば、タブ 3108 は、弛緩状態または第 1 の開放状態では、タブ 3108 の遠位端 3110 が、結合器本体 3101 の本体部分 3102 の外面から離れるように突出または膨出し得るように、タブ 3108 の遠位端 3110 の近傍により大きい厚さを有してもよい。本構成では、結合器本体 3101 が、結合器インターフェース 3120 の陥凹 3109 内に位置付けられると、結合器インターフェース 3120 を第 2 の閉鎖状態に移動させることは、力をタブ 3108 の遠位端部分 3110 に印加させ、それによって、タブ 3108 を外科手術用器具 S I の外面に対して内向きに偏向させ得る。

10

【0260】

いくつかの実施形態では、陥凹 3109 は、環状フランジ 3104 をその中に受容し、フランジ 3104 の回転移動を可能にする一方、また、軸方向限界を環状フランジ 3104 の移動に提供することによって、結合器本体 3101 の軸方向移動を制限または少なくとも阻止 (例えば、防止) するようにサイズ決めおよび成形される、拡大部分 3111 を有してもよい。本配列では、外科手術用器具 S I は、結合器本体 3101 の開口部 3106 を通して任意の所望の場所まで軸方向に前進されてもよい。その後、外科手術用器具 S I は、そこに結合される結合器本体 3101 とともに、結合器インターフェース 3120 の陥凹 3109 内に位置付けられてもよい。結合器インターフェース 3120 は、本明細書に開示される協調操作式外科手術用システムのいずれかのロボット腕 300 の端部部分と除去可能にまたは非除去可能に結合されてもよい。

20

【0261】

図 31C に示されるように、外科手術用器具 S I の外側を把持するように構成される、ゴムパッド、シート、バンブ、リング、突起、または他の把持特徴 3112 (リングが示される) が、結合器本体 3101 内に位置付けられ、外科手術用器具 S I と結合器本体 3101 との間の摩擦力を増加させてもよい。いくつかの実施形態では、1 つまたはそれを上回るタブ 3108 は、1 つまたはそれを上回るタブ 3108 が内向きに偏向されるとき、力を把持特徴 3112 上に付与するように構成されてもよい。

30

【0262】

図 31D に示されるように、結合器インターフェース 3120 は、第 2 の部分 3103 と結合され得る、第 1 の部分 3105 を有してもよい。いくつかの実施形態では、第 1 および第 2 の部分 3105、3103 は、剛性であってもよく、機械的ヒンジ 3107 を介して、相互に結合されてもよい。代替として、一体型ヒンジ、シャフト、1 つまたはそれを上回る締結具、または他の構成要素または特徴が、第 1 および第 2 の部分 3105、3103 をともに結合するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、第 2 の部分 3103 は、弾性的に伸長可能なまたは弾性的に剛性のストラップ等、可撓性であってもよく、陥凹 3109 内に支持される外科手術用器具 S I および／または結合器本体 3101 にわたって延在するように構成されてもよい。付加的締結具、クランプ、留め金、または他の構成要素または特徴が、ヒンジ 3107 と併用され、またはその代わりに使用され、いったん結合器本体 3101 が、結合器インターフェース 3120 の陥凹 3109 内に受容され、外科手術用器具 S I と結合器 3100 を固着して結合すると、第 1 および第 2 の部分 3105、3103 をともに固着して結合してもよい。

40

【0263】

50

いくつかの実施形態では、結合器は、結合器本体と、結合器本体を受容するように構成される、陥凹を有する、結合器インターフェースを含んでもよい。結合器本体は、器具を受容するように構成される、それを通して軸方向に延在する、開口部と、その外面の周囲に延在する、環状フランジとを有してもよい。結合器インターフェース内の陥凹は、環状フランジを受容し、フランジの回転移動を可能にする一方、軸方向限界を環状フランジの移動に提供することによって、少なくとも、結合器本体の軸方向移動を阻止（例えば、防止）するように構成される、拡大部分を有してもよい。結合器インターフェースは、ロボット腕の端部部分と結合するように構成されてもよい。

【0264】

図32Aおよび32Bは、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器本体3200を図示する。結合器本体3200は、図32Aおよび32Bに示される結合器本体3200の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される結合器本体の他の実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される結合器本体の他の実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器本体実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器本体3200の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

【0265】

結合器本体3200は、外科手術用器具をその中に受容するようにサイズ決めおよび成形される、軸方向にそれを通る開口部3202と、結合器本体3200を、図32Aに示されるような第1の非固着または開放状態から、図32Bに示されるような第2の固着または閉鎖状態に移動させるように、咬持機構3204が作動されるにつれて、開口部3202の内径を低減させるように構成される、咬持機構3204とを有してもよい。本配列では、結合器本体3200は、結合器本体3200が第1の開放または非固着状態にある間、外科手術用器具の外面の周囲に位置付けられてもよい。その後、咬持機構3204は、結合器本体3200自体を外科手術用器具の外面に固着させるように、作動されてもよい。次いで、結合器本体3200は、結合器本体3200を受容および支持するようにサイズ決めおよび構成される、結合器インターフェースと結合されてもよい。

【0266】

図33Aおよび33Bは、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器本体3300を図示する。結合器本体3300は、結合器本体3300の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される結合器本体の他の実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される結合器本体の他の実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器本体実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器本体3300の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

【0267】

結合器本体3300は、外科手術用器具をそれを通して受容するようにサイズ決めおよび成形される、軸方向にそれを通る開口部3302と、結合器本体3300を、図33Aに示されるような第1の非固着または開放状態から、図33Bに示されるような第2の固着または閉鎖状態に移動させるように、咬持機構3304が、作動されるにつれて、開口部3302の内径を低減させるように構成される、第1および第2のハンドル部材またはタブを有する、咬持機構3304とを有してもよい。本配列では、結合器本体3300は、結合器本体3300が第1の開放または非固着状態にある間、外科手術用器具の外面の周囲に位置付けられてもよい。結合器本体3300は、図33Aに示されるように、咬持機構3204のハンドルとともに圧搾または移動させることによって、第1の開放または非固着状態に移動されてもよい。その後、咬持機構3204は、結合器本体3300自体

を外科手術用器具の外面に固着させるように、解放されてもよい。結合器本体 3300 は、次いで、結合器本体 3300 を受容および支持するようにサイズ決めおよび構成される、結合器インターフェースと結合されてもよい。

【0268】

図 34A-34C は、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器 3400 を図示する。結合器 3400 は、結合器 3400 の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器 3400 の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

10

【0269】

結合器 3400 は、結合器インターフェース 3404 と結合される、1 つまたはそれを上回る結合器本体 3402 (2 つが示される) を有してもよい。結合器本体 3402 は、結合器インターフェース 3404 内の開口部 3406 内に摺動可能に受容されてもよい。結合器インターフェース 3404 は、陥凹 3408 を有してもよく、これは、外科手術用器具 S I の外面をその中に受容するように構成され得る、その長さに沿って延在する、外科手術用器具の外面の形状に合致する、半円形断面形状または他の断面形状を有してもよい。結合器本体 3402 は、少なくとも部分的に、外科手術用器具 S I の外面の周囲に配策または湾曲するようにサイズ決めおよび成形される、湾曲端部部分 3410 を有してもよい。本構成では、結合器本体 3402 は、図 34A に示されるような第 2 の固着または閉鎖位置にあるとき、外科手術用器具 S I を陥凹 3408 内に選択的に固着させる、または別様に、外科手術用器具 S I を結合器インターフェース 3404 に固着させるために使用されてもよい。ばねまたは他の付勢機構 3412 が、結合器本体 3402 を図 34A に示されるような第 2 の閉鎖または固着位置に付勢するために使用されてもよい。ユーザは、結合器本体 3402 を第 2 の閉鎖または固着位置から第 1 の開放または非固着位置に移動させるように、結合器本体 3402 を矢印 A1 によって示される軸方向に押動させてもよい。結合器本体 3402 上に付与される力は、結合器本体 3402 のそれぞれと結合される、ばねまたは付勢機構 3412 からのばねまたは付勢力を上回るべきである。

20

30

【0270】

図 34B に示されるように、結合器本体 3402 は、傾きが付けられた端部表面 3414 を有してもよい。傾きが付けられた端部表面 3414 は、外科手術用器具 S I が、結合器インターフェース 3404 内の陥凹 3408 に向かって側方に前進されるにつれて、外科手術用器具 S I の外面が、結合器本体の端部表面 3414 に接触し得、結合器本体 3400 の端部表面 3414 の傾きが、結合器本体 3400 を第 2 の閉鎖または固着状態から第 1 の開放または非固着状態に向かって移動させ、外科手術用器具 S I が陥凹 3408 内に受容されることを可能にするであろうように、結合器端部表面 3414 と結合器インターフェース 3404 の隣接する表面との間の空間が、陥凹からより離れた結合器端部表面 3414 の位置において、より大きいように構成されてもよい。結合器本体 3400 は、結合器本体 3400 を第 2 の閉鎖または固着状態または位置に付勢するように構成される、ばねまたは他の付勢機構 3416 を有してもよい。

40

【0271】

図 34C に示されるように、結合器本体 3402 の任意の実施形態の傾きが付けられた端部表面 3414 は、外科手術用器具 S I が、結合器本体 3400 の端部表面 3418 に対して下向き方向に前進されるにつれて、外科手術用器具 S I の外面と結合器本体 3402 の傾き付き表面 3418 との間のそのような相互作用が、陥凹 3408 から離れるように、結合器本体 3400 を枢動点 3420 を中心として回転させ、外科手術用器具 S I が陥凹 3408 内に受容されることを可能にし得るように、傾きが付けられてもよい。

【0272】

50

図 3 5 A - 3 5 D は、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器 3 5 0 0 を図示する。結合器 3 5 0 0 は、結合器 3 5 0 0 の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器 3 5 0 0 の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

【 0 2 7 3 】

結合器 3 5 0 0 は、結合器インターフェース 3 5 0 4 と結合または係合され得る、結合器本体 3 5 0 2 を有してもよい。例えば、結合器本体 3 5 0 2 は、結合器インターフェース 3 5 0 4 内に形成される、陥凹 3 5 0 6 内に摺動可能に受容されてもよい。結合器本体 3 5 0 2 はまた、少なくとも、結合器 3 5 0 0 が図 3 5 B に示されるような第 2 の状態にあるとき、外科手術用器具 S I の外面を受容し、少なくとも部分的に、それを圍繞する、またはいくつかの実施形態では、完全に圍繞するように構成され得る、結合器本体 3 5 0 2 の長さに沿って延在する、外科手術用器具の外面の形状に合致する、半円形断面形状または他の断面形状を有し得る、陥凹 3 5 0 5 を有してもよい。

【 0 2 7 4 】

結合器本体 3 5 0 2 は、ネオプレンを含む、ゴム等の可撓性材料から作製されてもよい。結合器本体 3 5 0 2 は、陥凹の幅を上回る幅を有してもよく、図 3 5 A に示されるように、平面または略平面形状に向かって付勢されてもよい。結合器本体 3 5 0 2 は、結合器本体 3 5 0 2 が、陥凹 3 5 0 6 の遠位表面 3 5 0 6 a に向かって押勢されると、結合器本体 3 5 0 2 は、中央部分または陥凹 3 5 0 5 に隣接する他の部分を中心として屈曲または折畳するように十分に可撓性であってもよい。いったん結合器本体 3 5 0 2 が、結合器インターフェース 3 5 0 4 の陥凹 3 5 0 6 の中に完全に前進されると、結合器 3 5 0 0 は、結合器本体 3 5 0 2 を付勢し、陥凹 3 5 0 6 内の第 2 の固着位置内に留まるように構成されてもよい。本構成では、外科手術用器具 S I を結合器 3 5 0 0 内に固着させるために、オペレータは、外科手術用器具 S I を結合器本体 3 5 0 2 の陥凹 3 5 0 5 の中に前進させ、外科手術用器具 S I および／または結合器本体 3 5 0 2 を遠位表面 3 5 0 6 a に向かって前進させ続けることができる。結合器 3 5 0 0 のいくつかの実施形態は、いったん結合器本体 3 5 0 2 および外科手術用器具 S I が、結合器インターフェース 3 5 0 4 の陥凹 3 5 0 6 の中に前進されると、外科手術用器具 S I が、結合器 3 5 0 0 に軸方向および／または回転可能に固着されるであろうように構成されてもよい。その後、結合器 3 5 0 0 は、ロボット腕 3 0 0 が外科手術用器具 S I と結合され得るように、ロボット腕 3 0 0 の端部部分と結合されてもよい。任意の実施形態では、陥凹は、陥凹の中につながる、傾きが付けられた、湾曲された、または別様にテーパ状の前縁表面 3 5 0 7 を有し、結合器本体 3 5 0 2 の結合器インターフェース 3 5 0 4 の陥凹 3 5 0 6 の中への前進を促進してもよい。

【 0 2 7 5 】

図 3 5 E に示されるように、外科手術用ドレープ 8 0 0 が、外科手術用器具 S I と結合器本体 3 3 0 2 との間に位置付けられてもよい。他の実施形態では、外科手術用ドレープ 8 0 0 は、図 3 5 F に示されるように、結合器本体 3 5 0 2 が外科手術用ドレープの一部を形成し得るように、結合器本体 3 0 5 2 の中に統合されてもよい。結合器本体 3 5 0 2 は、いったん結合器本体 3 5 0 2 が陥凹 3 5 0 6 から除去されると、結合器本体 3 5 0 2 の元々の形状に戻るために十分に可撓性であってもよい。本明細書に開示される任意の実施形態では、結合器本体または結合器の他の構成要素または特徴は、器具を半径方向に制約するように構成されることができる。

【 0 2 7 6 】

図 3 5 C に示されるように、結合器 3 5 0 0 は、結合器本体 3 5 0 2 が、結合器本体 3 5 0 2 が図 3 5 C に示されるような第 1 の開放または非固着状態にあるときでも、結合器

10

20

30

40

50

インターフェース 3504 の陥凹 3506 の中に延在するように構成される、突起 3503 を有するように構成されてもよい。突起 3503 は、結合器本体 3502 を付勢し、結合器本体 3502 が第 1 の開放または非固着状態にあるときでも、結合器インターフェース 3504 の陥凹 3506 と係合されたままであることに役立ち得る。図 35D に示されるように、結合器本体 3502 はまた、結合器本体 3502 の把持および陥凹 3506 からの除去を促進するように構成される、突出部、フランジ、ハンドル、タブ、または他の突起 3509 をその近位端部分に有してもよい。

【0277】

いくつかの実施形態では、結合器は、可撓性材料から作製される、結合器本体と、結合器本体を受容するように構成される陥凹を有する、結合器インターフェースとを含んでもよい。結合器本体は、器具をその中に受容するように構成される、その第 1 の主要表面の長さに沿って湾曲プロファイルを有する、陥凹を有してもよい。結合器本体は、結合器本体が、陥凹の遠位表面に向かって押勢されると、結合器本体が、陥凹に隣接するその一部を中心として折畳し、それによって、器具を少なくとも軸方向および半径方向に制約するであろうように十分に可撓性であってもよい。結合器本体は、いったん結合器本体が陥凹から除去されると、結合器本体 3502 の元々の形状に戻るために十分に可撓性であってもよい。

【0278】

図 36 は、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器 3600 を図示する。結合器 3600 は、結合器 3600 の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器 3600 の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

【0279】

結合器 3600 は、結合器インターフェース 3604 と結合または係合され得る、結合器本体 3602 を有してもよい。例えば、結合器本体 3602 は、結合器インターフェース 3604 内に形成される、陥凹 3606 内に受容されてもよい。結合器本体 3602 はまた、少なくとも、結合器 3600 が第 2 の状態にあるとき、外科手術用器具 S I の外面を受容し、少なくとも部分的に、それを囲繞する、またはいくつかの実施形態では、完全に囲繞するように構成され得る、結合器本体 3602 の長さに沿って延在する、外科手術用器具の外面の形状に合致する、半円形断面形状または他の断面形状を有し得る、陥凹 3615 を有してもよい。

【0280】

結合器本体 3202 は、ネオプレンを含む、ゴム等の可撓性材料から作製されてもよい。結合器本体 3202 の他の実施形態は、ゴム等、増加された把持力を有し得る、可撓性材料から作製される、第 1 の層 3608 と、プラスチック、金属、またはその他等、より剛性材料から作製され得る、第 1 の層 3608 のための基材層または支持層であり得る、第 2 の層 3610 とを含む、複数の材料から作製されてもよい。陥凹 3615 が、第 1 の層 3608 内に形成されてもよい。陥凹 3615 は、第 1 の層 3608 の中央部分内に形成されてもよい。第 2 の層 3610 のいくつかの実施形態は、その中央部分にある、またはそこに取り付けられる、ヒンジ 3612 を有してもよい。いくつかの実施形態では、ヒンジ 3612 は、第 1 の層 3608 内に形成される、陥凹 3615 と、結合器インターフェース 3604 内に形成される、陥凹 3606 と略平行に延設されてもよい。いくつかの実施形態では、結合器本体 3602 は、ヒンジ 3612 を中心として折畳または蝶着することによって、外科手術用器具 S I を中心として第 1 の開放状態と第 2 の閉鎖または固着状態との間で折畳または蝶着してもよい。

【0281】

結合器本体 3600 は、陥凹 3606 の幅を上回る幅を有してもよい。結合器本体 3602 は、結合器本体 3602 が、陥凹 3606 の遠位表面 3606a に向かって押勢されると、結合器本体 3602 が、外科手術用器具 S I を結合器本体 3602 および結合器インターフェース 3604 内に固着させるように、結合器本体 3602 の陥凹 3615 内に位置付けられる外科手術用器具 S I を中心として圧潰または閉鎖するように、ヒンジ 3612 を中心として屈曲または折畳するであろうように構成されてもよい。

【0282】

結合器インターフェース 3604 のいくつかの実施形態は、1 つまたはそれを上回るローラ 3614 (2 つが示される) を、結合器インターフェース 3604 内に形成される、陥凹 3606 の近位端 3606b に有してもよい。1 つまたはそれを上回るローラ 3614 は、結合器本体 3602 が陥凹 3606 の中に前進されるにつれて、結合器本体 3602 がローラ上で転動することを可能にすることによって、結合器本体 3602 の陥凹 3606 の中への移動を促進し得る。結合器インターフェース 3604 のいくつかの実施形態は、陥凹 3606 の側壁表面 3606c に沿って、付加的ローラ 3616 を有し、結合器本体 3602 の陥凹 3606 の中への前進を促進し続けてもよい。いくつかの実施形態では、陥凹 3606 は、略長形状を有してもよい。他の実施形態では、陥凹 3606 は、テーパ状または狭窄プロファイルを有してもよい。

【0283】

いったん結合器本体 3602 が、結合器インターフェース 3604 の陥凹 3606 の中に完全に前進されると、結合器 3600 のいくつかの実施形態は、結合器本体 3602 を付勢し、陥凹 3606 内の第 2 の固着位置内に留まるように構成されてもよい。本構成では、外科手術用器具 S I を結合器 3600 内に固着させるために、オペレータは、外科手術用器具 S I を結合器本体 3602 の陥凹 3615 の中に前進させ、外科手術用器具 S I および／または結合器本体 3602 を陥凹 3606 の遠位表面 3606a に向かって前進させ続けてもよい。結合器 3600 のいくつかの実施形態は、いったん結合器本体 3602 および外科手術用器具 S I が、結合器インターフェース 3604 の陥凹 3606 の中に前進されると、外科手術用器具 S I が、結合器 3600 に軸方向および／または回転可能に固着されるであろうように構成されてもよい。その後、結合器 3600 は、ロボット腕 300 が外科手術用器具 S I と結合され得るように、ロボット腕 300 の端部部分と結合されてもよい。

【0284】

図 37 は、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器 3700 を図示する。結合器 3700 は、結合器 3700 の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器 3700 の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

【0285】

結合器 3700 は、結合器インターフェース 3704 と結合または係合され得る、結合器本体 3702 を有してもよい。結合器本体 3702 は、結合器インターフェース 3704 内に形成される、陥凹 3796 内に受容されてもよい。結合器本体 3702 はまた、少なくとも、結合器 3704 が図 37 に示されるような第 2 の状態にあるとき、外科手術用器具 S I の外面を受容し、少なくとも部分的に、それを囲繞する、またはいくつかの実施形態では、完全に囲繞するように構成され得る、結合器本体 3702 の長さに沿って延在する、外科手術用器具の外面の形状に合致する、半円形断面形状または他の断面形状を有し得る、陥凹 3705 を有してもよい。

【0286】

結合器本体 3702 は、ゴム等、増加された把持力を有し得る、可撓性材料から作製さ

10

20

30

40

50

れる、第1の層3710と、プラスチック、金属、またはその他等、より剛性材料から作製され得る、第1の層3710のための基材層または支持層であり得る、第2の層3712を含む、複数の材料から作製されてもよい。陥凹3705が、第1の層3710内に形成されてもよい。いくつかの実施形態では、陥凹3705は、第1の層3710の中央部分内に形成されてもよい。第2の層3712のいくつかの実施形態は、その中央部分にある、またはそこに取り付けられる、ヒンジ3714を有してもよい。いくつかの実施形態では、ヒンジ3714は、第1の層3710内に形成される、陥凹3705と、結合器インターフェース3704内に形成される、陥凹3706と略平行に延設されてもよい。いくつかの実施形態では、結合器本体3702は、ヒンジ3714を中心として折畳または蝶着することによって、外科手術用器具SIを中心として第1の開放状態と第2の閉鎖または固着状態との間で折畳または蝶着してもよい。

10

【0287】

結合器本体3702は、陥凹3706の幅を上回る幅を有してもよい。結合器本体3702は、結合器本体3702が、陥凹3706の遠位表面3706aに向かって押勢されると、結合器本体3702が、外科手術用器具SIを結合器本体3702および結合器インターフェース3704内に固着させるように、結合器本体3702の陥凹3705内に位置付けられる外科手術用器具SIを中心として圧潰または閉鎖するように、ヒンジ3714を中心として屈曲または折畳するであろうように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、第2の層3712は、結合器本体3702の陥凹3706からの除去を促進するために使用され得る、ウィングまたはタブ3716を有してもよい。タブ3716は、結合器本体3702が図37に示されるような第2の位置にあるとき、タブ3716が、間隙または空間3720がタブ3716と結合器インターフェース3704の上側表面3704aとの間に存在するように、第1の表面3704a（結合器インターフェース3704は、図37に示されるように、位置付けられるとき、上側表面であり得る）から離間され得るように形成されてもよい。空間3720は、力が、第1の表面3704aの方向に、タブ3716に印加されると、タブ3716が第1の表面3704aに向かって移動することを可能にするために十分に大きくあり得る。タブ3716が、第1の表面3704aに向かって偏向されるにつれて、タブ3716のそのような移動は、結合器本体3702の残部を陥凹3706の遠位表面3706aから離れるように移動させるように押勢し、それによって、結合器本体3704が陥凹3706から除去されることを可能にし得る。

20

30

【0288】

結合器インターフェース3704のいくつかの実施形態は、1つまたはそれを上回るローラ3717（2つが示される）を、結合器インターフェース3704内に形成される、陥凹3706の近位端3706bに有してもよい。1つまたはそれを上回るローラ3717は、結合器本体3702が陥凹3706の中に前進されるにつれて、結合器本体3702がローラ上で転動することを可能にすることによって、結合器本体3702の陥凹3706の中への移動を促進し得る。結合器インターフェース3704のいくつかの実施形態は、陥凹3706の側壁表面3706cに沿って、付加的ローラ3718を有し、結合器本体3702の陥凹3706の中への前進を促進し続けてもよい。

40

【0289】

いったん結合器本体3702が、結合器インターフェース3704の陥凹3706の中に完全に前進されると、結合器3700のいくつかの実施形態は、結合器本体3702を付勢し、陥凹3706内の第2の固着位置内に留まるように構成されてもよい。本構成では、外科手術用器具SIを結合器3700内に固着させるために、オペレータは、外科手術用器具SIを結合器本体3703の陥凹3705の中に前進させ、外科手術用器具SIおよび／または結合器本体3702を陥凹3706の遠位表面3706aに向かって前進させ続けてもよい。結合器3700のいくつかの実施形態は、いったん結合器本体3702および外科手術用器具SIが、結合器インターフェース3704の陥凹3706の中に前進されると、外科手術用器具SIが、結合器3700に軸方向および／または回転可能

50

に固着されるであろうように構成されてもよい。その後、結合器 3700 は、ロボット腕 300 が外科手術用器具 S I と結合され得るように、ロボット腕 300 の端部部分と結合されてもよい。

【0290】

図 38A および 38B は、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器 3800 を図示する。結合器 3800 は、結合器 3800 の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器 3800 の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

10

【0291】

結合器 3800 は、結合器インターフェース（図示せず）と結合または係合され得る、または結合器インターフェースの存在を伴わずに、ロボット腕と結合または係合され得る（例えば、本明細書に開示される任意の実施形態の結合器本体は、直接、ロボット腕 300 の端部部分と係合またはインターフェースすることができる）、結合器本体 3802 を有してもよい。結合器本体 3802 は、第 1 の部分 3804 と、第 1 の部分 3804 と結合される、第 2 の部分 3806 とを有してもよい。いくつかの実施形態では、第 1 の部分 3804 は、第 2 の部分 3806 と蝶着または回転可能に結合されてもよい。例えば、結合器本体 3802 は、第 1 および第 2 の部分 3804、3806 をともに結合し得る、ヒンジまたはジョイント 3810 を有してもよい。

20

【0292】

いくつかの実施形態では、結合器本体 3802 の第 1 の部分 3804 は、近位部分 3804a と、近位部分 3804a と一体的に形成または結合される、遠位部分 3804b とを有してもよい。結合器本体 3802 の第 1 の部分 3804 は、陥凹 3812 を有してもよく、結合器本体 3802 の第 2 の部分 3806 は、陥凹 3814 を有してもよく、それぞれ、少なくとも、結合器 3800 が第 2 の状態にあるとき、外科手術用器具 S I の外面を受容し、少なくとも部分的に、それを囲繞する、またはいくつかの実施形態では、完全に囲繞するように構成され得る、結合器本体 3802 の長さに沿って延在する、外科手術用器具の外面の形状に合致する、半円形断面形状または他の断面形状を有することができる。結合器本体 3802 の第 2 の状態は、図 38B に示される。いくつかの実施形態では、第 2 の部分 3806 は、近位部分 3806a と、近位部分 3806a と一体的に形成または結合される、遠位部分 3806b とを伴い、第 1 の部分 3804 と同様に据え付けられてもよく、その鏡映複製物であってもよい。

30

【0293】

結合器 3800 のいくつかの実施形態は、結合器 3800 が、第 1 の開放または非固着状態または第 2 の閉鎖または固着状態のいずれかに向かって付勢され、第 1 および第 2 の状態を除く、任意の位置または状態では、不安定であるという点で、双安定であるように構成されてもよい。第 1 の状態では、結合器 3800 の第 1 の部分 3804 の遠位部分 3804b は、結合器 3800 の第 2 の部分 3806 の遠位部分 3806b と接触し、結合器 3800 の第 1 の部分 3804 の近位部分 3804a は、結合器 3800 の第 2 の部分 3806 の近位部分 3806a から離れるように回転および離間される。第 1 の開放または非固着状態では、外科手術用器具 S I は、結合器 3800 の中に装填される、またはそこから除去されてもよい。第 2 の状態では、結合器 3800 の第 1 の部分 3804 の近位部分 3804a は、結合器 3800 の第 2 の部分 3806 の近位部分 3806a と接触し、結合器 3800 の第 1 の部分 3804 の遠位部分 3804b は、結合器 3800 の第 2 の部分 3806 の遠位部分 3806b から離れるように回転および離間される。第 2 の閉鎖または固着状態では、結合器 3800 の中に装填される、外科手術用器具 S I は、外科

40

50

手術用器具 S I が、少なくとも、結合器 3800 に対する軸方向移動、またはいくつかの実施形態では、軸方向および回転移動から阻止（例えば、防止）され得るように、結合器 3800 によって固着または支持されてもよい。

【0294】

本構成では、結合器 3800 が、図 38 A に示されるような第 1 の開放状態にあるとき、外科手術用器具 S I を陥凹 3812 または陥凹 3814 のいずれか内に位置付けた後、オペレータは、図 38 A に示されるように、方向 A3 および A4 に沿って、力を第 1 および第 2 の部分 3804、3806 の近位部分 3804a、3806a 上に付与すること等によって（例えば、第 1 および第 2 の部分 3804、3806 の近位部分 3804a、3806a をともに圧搾することによって）、第 1 の部分 3804 の近位部分 3804a を第 2 の部分 3806 の近位部分 3806a に向かって挟込または移動させることによって、結合器 3800 を第 2 の閉鎖状態に変化させてもよい。結合器 3800 が、図 38 B に示されるような第 2 の閉鎖状態にあるとき、オペレータは、図 38 B に示されるように、方向 A5 および A6 に沿って、力を第 1 および第 2 の部分 3804、3806 の遠位部分 3804b、3806b 上に付与すること等によって（例えば、第 1 および第 2 の部分 3804、3806 の遠位部分 3804b、3806b をともに圧搾することによって）、第 1 の部分 3804 の遠位部分 3804b を第 2 の部分 3806 の遠位部分 3806b に向かって挟込または移動させることによって、結合器 3800 を第 1 の開放状態に変化させてもよい。

【0295】

図 39 A および 39 B は、本明細書に開示される任意のロボット型システム実施形態と併用され、器具をロボット腕の端部部分に結合し得る、結合器 3900 を図示する。

【0296】

結合器 3900 は、結合器 3900 の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器 3900 の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

【0297】

結合器 3900 は、結合器インターフェース（図示せず）と結合または係合され得る、または結合器インターフェースの存在を伴わずに、ロボット腕と結合または係合され得る、結合器本体 3902 を有してもよい。結合器本体 3902 は、結合器本体 3902 を結合器インターフェースに対して心合または位置付けるために使用され得る、1 つまたはそれを上回る突起 3903（2 つが示される）を有してもよい。例えば、突起 3903 は、結合器インターフェース内の凹部または開口部と係合し、結合器本体 3902 と結合器インターフェースを整合させるように構成される、円錐形突起であってもよい。いくつかの実施形態では、結合器インターフェースは、突起 3903 の数と比較して、等しい数または異なる数の凹部または開口部を有してもよい。他の実施形態では、突起 3903 は、円筒形状に成形されてもよい。いくつかの実施形態では、結合器本体 3902 は、3 つまたはそれを上回る突起 3903 を有してもよい。

【0298】

結合器本体 3902 は、結合器本体 3902 と蝶着または回転可能に結合される、第 1 のタブ 3904 と、結合器本体 3902 と蝶着または回転可能に結合される、第 2 のタブ 3906 とを有してもよい。例えば、結合器本体 3902 は、第 1 のタブ 3904 と結合器本体 3902 を結合し得る、第 1 のヒンジまたはジョイント 3910 と、第 2 のタブ 3906 と結合器本体 3902 を結合し得る、第 2 のヒンジまたはジョイント 3911 とを有してもよい。第 1 のタブ 3904 は、図 39 B に示されるように、近位端部分 3904a と、遠位端部分 3904b とを有してもよい。第 2 のタブ 3906 は、近位端部分 49

06aと、遠位端部分4906bとを有してもよい。

【0299】

結合器本体3902は、その中に形成される、陥凹3914を有してもよく、第1のタブ3904は、その遠位端部分内に形成される、陥凹3916を有してもよく、第2のタブ3906は、その遠位端部分内に形成される、陥凹3918を有してもよく、それぞれ、全て合わせると、結合器本体3902、第1のタブ3904号、および第2のタブ3906の長さに沿って延在する、外科手術用器具SIの外面の形状に合致し得、少なくとも、結合器3900が第2の状態にあるとき、外科手術用器具SIの外面を受容し、少なくとも部分的に、それを囲繞する、またはいくつかの実施形態では、完全に囲繞するように構成され得る、半円形断面形状または他の断面形状を有してもよい。結合器本体3902の第2の状態は、図39Bに示される。いくつかの実施形態では、第2のタブ3906は、第1のタブ3904と同様に据え付けられてもよく、その鏡映複製物であってもよい。

10

【0300】

結合器3900のいくつかの実施形態は、ばねまたは他の捻転付勢要素を使用して、第2の状態に向かって付勢されてもよい。オペレータは、ともにまたは相互に向かって、第1および第2のタブ3904、3906の近位端部分3904a、3906aを圧搾することによって、結合器本体3902を、図39Bに示されるような第2の状態から、図39Aに示されるような第1の状態に付勢力を克服する、または別様に移動させてもよい。第1の状態では、オペレータは、外科手術用器具SIを結合器3900から除去してもよい。結合器3900が第1の開放状態にある間、外科手術用器具SIを結合器3900内に支持するために、オペレータは、外科手術用器具SIを陥凹3914と接触させてまたはその近傍に位置付け、第1および第2のタブ3904、3906に印加された力を解放する、または別様に、第1および第2のタブ3904、3906を弛緩させ、第1および第2のタブ3904、3906が、第1および第2のタブ3904、3906の弛緩位置に戻ることを可能にしてもよい。

20

【0301】

図40-43は、付加的結合器4000、4100、4200、4300を図示する。結合器4000、4100、4200、4300は、結合器4000、4100、4200、4300の実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかの構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。本明細書に開示される他の結合器実施形態のいずれかは、本明細書に開示される他の結合器実施形態の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかとの任意の組み合わせにおいて、結合器4000、4100、4200、4300の構成要素、特徴、および／または他の詳細のいずれかを有してもよい。

30

【0302】

図40に示されるように、結合器4000は、第1の本体部分4002と、第1の本体部分4002と摺動可能に結合または係合され得る、第2の本体部分4004とを有してもよい。結合器4000は、第2の本体部分4004が、第1の本体部分4002に向かって移動されると、拡大され得、外科手術用器具SIをその中に受容するように構成され得る、陥凹または開口部4006を有してもよい。ばねまたは他の付勢機構4008が、オペレータが第1および第2の本体部分4002、4004を解放すると、結合器4000が、力を外科手術用器具上に付与し、外科手術用器具をその中に固着させ得るように、結合器4000を第2の閉鎖または固着状態に向かって付勢するために使用されてもよい。結合器4000のいくつかの実施形態は、外科手術用器具をその中で軸方向に制約するが、外科手術用器具の回転を可能にするように構成されてもよい。結合器4000は、結合器インターフェース、または、直接、ロボット腕300の端部部分と結合されてもよい。

40

【0303】

図41に示されるように、結合器4100は、第1の本体部分4102と、第1の本体部分4102と摺動可能に結合または係合され得る、第2の本体部分4104とを有して

50

もよい。結合器 4100 は、第 2 の本体部分 4104 が、第 1 の本体部分 4102 に向かって移動されると、拡大され得、外科手術用器具 S I をその中に受容するように構成され得る、陥凹または開口部 4106 を有してもよい。ばね 4108 または他の付勢機構が、オペレータが、第 1 および第 2 の本体部分 4102、4104 を解放すると、結合器 4100 が、力を外科手術用器具上に付与し、外科手術用器具をその中に固着させ得るように、結合器 4100 を第 2 の閉鎖または固着状態に向かって付勢するために使用されてもよい。結合器 4100 のいくつかの実施形態は、外科手術用器具をその中で軸方向に制約するが、外科手術用器具の回転を可能にするように構成されてもよい。結合器 4100 は、結合器インターフェース、または、直接、ロボット腕 300 の端部部分と結合されてもよい。

10

【0304】

図 42 に示されるように、結合器 4200 は、近位端部分 4202a と、遠位端部分 4202b とを有する、第 1 の本体部分 4202 と、軸またはシャフト 4207 を中心として、第 1 の本体部分 4202 と回転可能に結合または係合され得る、近位端部分 4204a と、遠位端部分 4204b とを有する、第 2 の本体部分 4204 とを有してもよい。結合器 4200 は、第 2 の本体部分 4204 の遠位端部分 4204b が、第 1 の本体部分 4202 の遠位端部分 4202b から離れるように回転されると、拡大され得、外科手術用器具 S I をその中に受容するように構成され得る、遠位端部分 4202b、4204b 内に形成される、陥凹または開口部 4206 を有してもよい。ばね 4208 または他の付勢機構が、オペレータが、第 1 および第 2 の本体部分 4202、4204 を解放すると、結合器 4200 が、力を外科手術用器具に付与し、外科手術用器具をその中に固着させ得るように、結合器 4200 を第 2 の閉鎖または固着状態に向かって付勢するために使用されてもよい。結合器 4200 のいくつかの実施形態は、外科手術用器具をその中で軸方向に制約するが、外科手術用器具の回転を可能にするように構成されてもよい。結合器 4200 は、結合器インターフェース、または、直接、ロボット腕 300 の端部部分に結合されてもよい。

20

【0305】

図 43 に示されるように、結合器 4300 は、ロボット腕の結合器インターフェースまたは遠位端部分 4301 と係合するように構成されてもよい。結合器 4300 は、結合器 4200 と同様に構築されてもよく、類似構成要素は、同様のプライム付き参照番号を有する。結合器 4300 は、結合器 4300 が第 2 の閉鎖状態にあるとき、結合器 4300 が、ロボット腕の遠位端部分 4301 内に形成される、陥凹 4304 内に受容され得る、第 1 の本体部分 4202' の近位端部分 4202a' の内面および第 2 の本体部分 4204' の近位端部分 4204a' の内面から内向きに延在する、突起 4302 を有し得るという点で、結合器 4200 と異なる。

30

【0306】

本発明の種々の例証的实施形態が、上記に説明されるが、種々の変更および修正が、本発明から逸脱することなく、その中で行われてもよいことが当業者に明白であろう。添付の請求項は、本発明の真の範囲内に該当する、全てのそのような変更および修正を網羅するように意図される。

40

【図面】
【図 1 A】

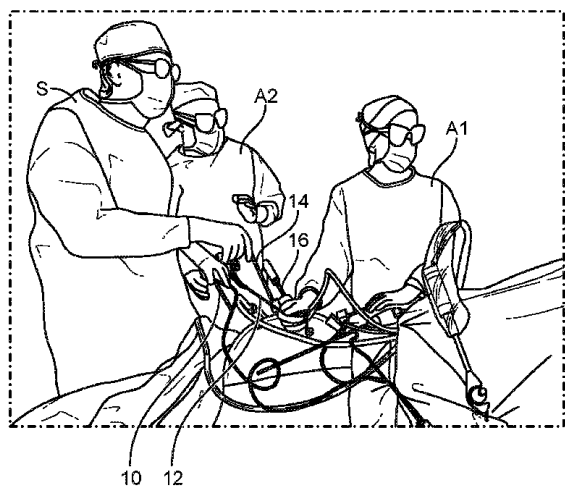


FIG. 1A

【図 1 B】

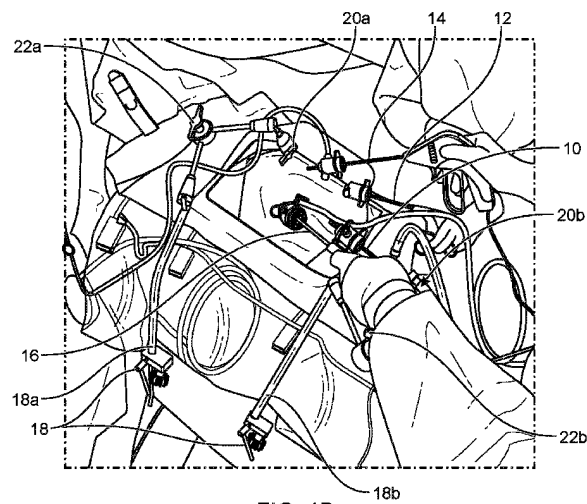


FIG. 1B

【図 2】

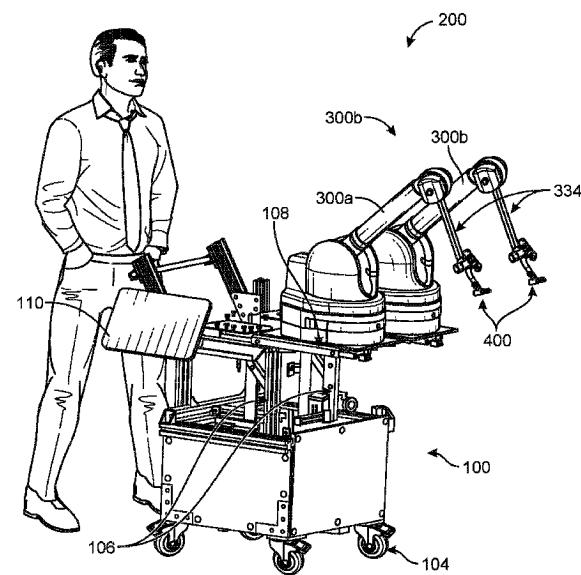


FIG. 2

【図 3 A】

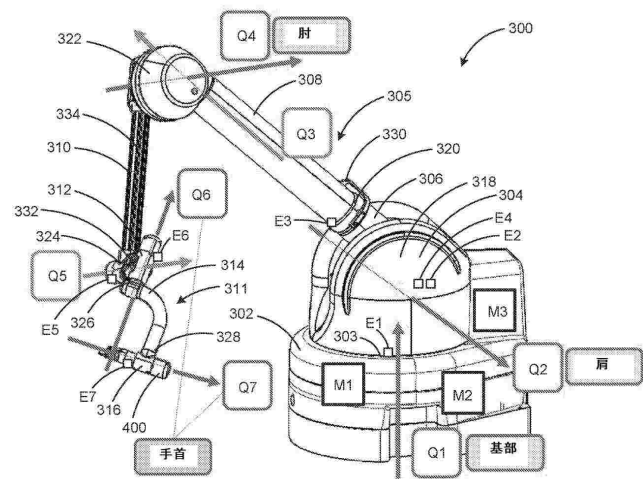


FIG. 3A

10

20

30

40

50

【図 3 B】

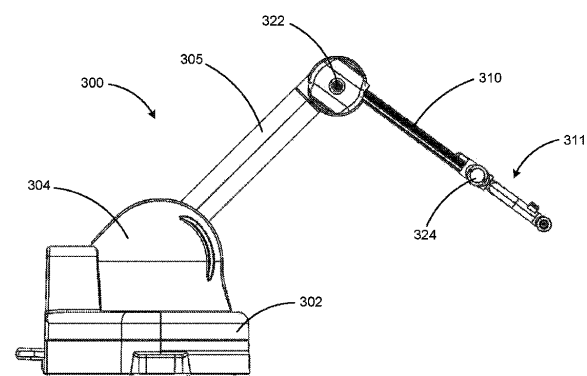


FIG. 3B

【図 3 C】

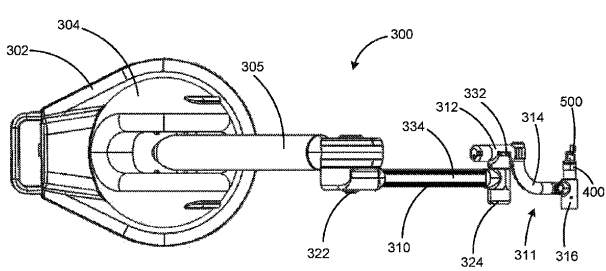


FIG. 3C

【図 3 D】

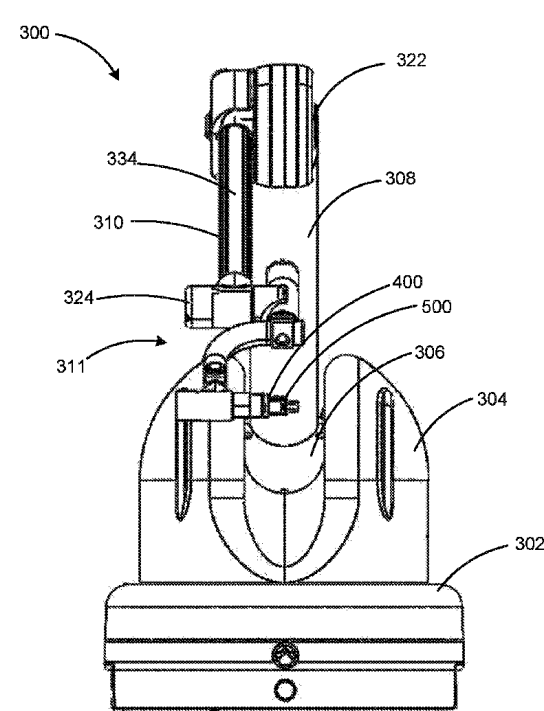


FIG. 3D

【図 4 A】

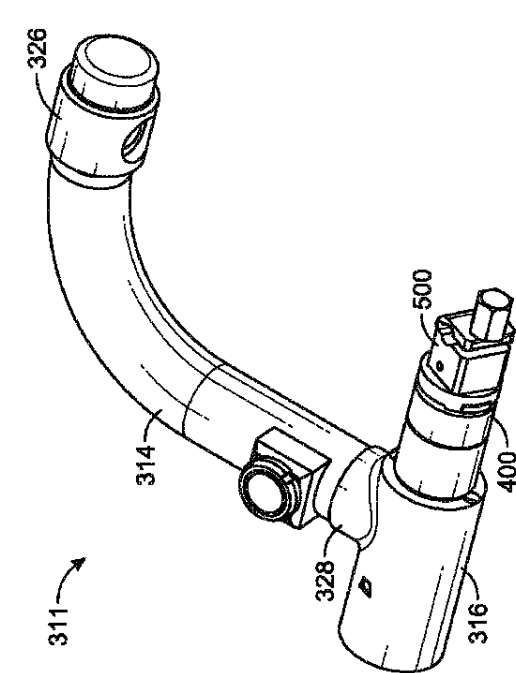


FIG. 4A

10

20

30

40

50

【図 4 B】

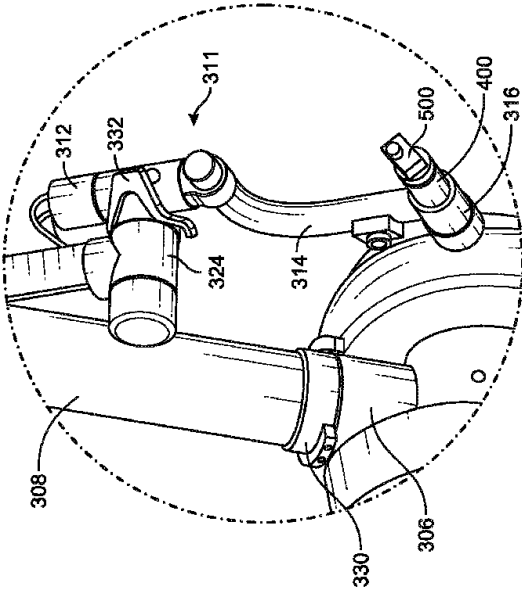


FIG. 4B

【図 4 C】

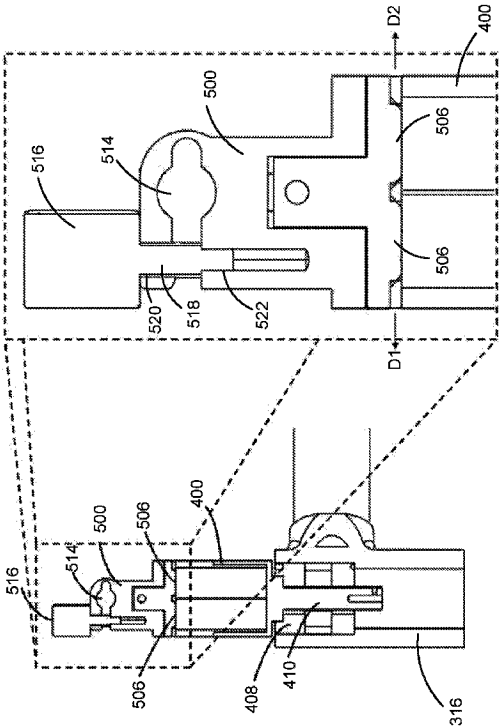


FIG. 4C

【図 4 D】

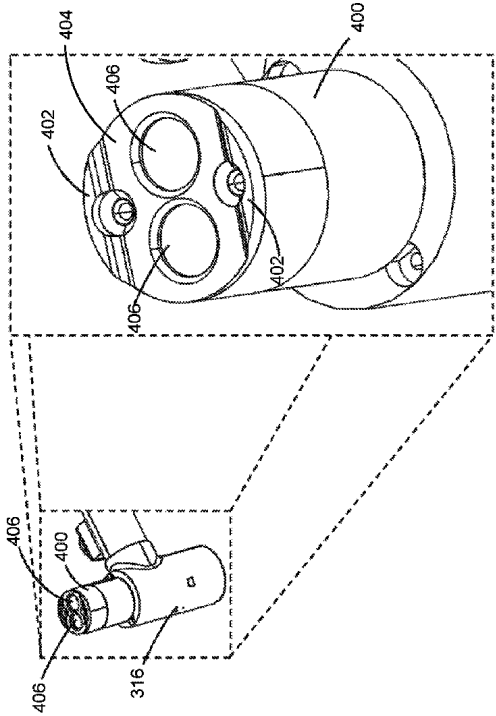


FIG. 4D

【図 5 A】

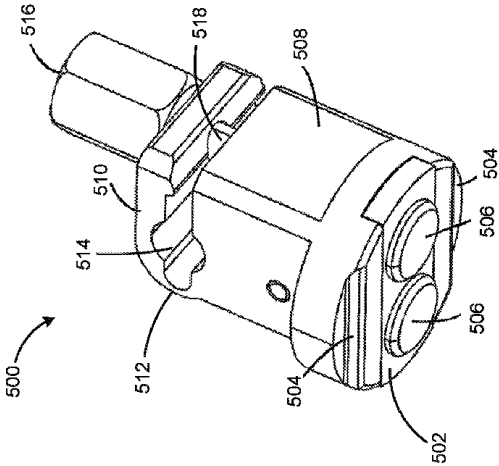


FIG. 5A

10

20

30

40

50

【図 5 B】

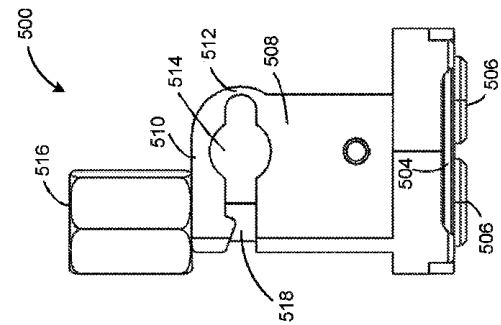


FIG. 5B

【図 6 A】

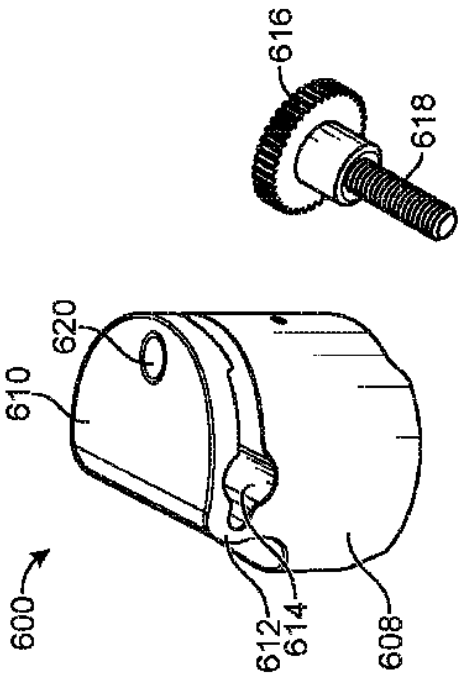


FIG. 6A

【図 6 B】

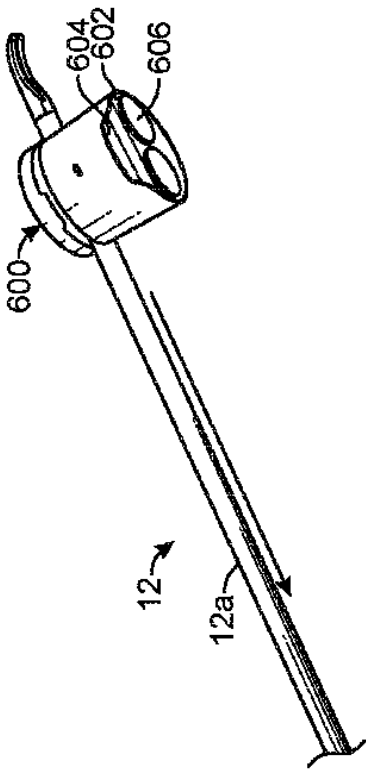


FIG. 6B

【図 6 C】

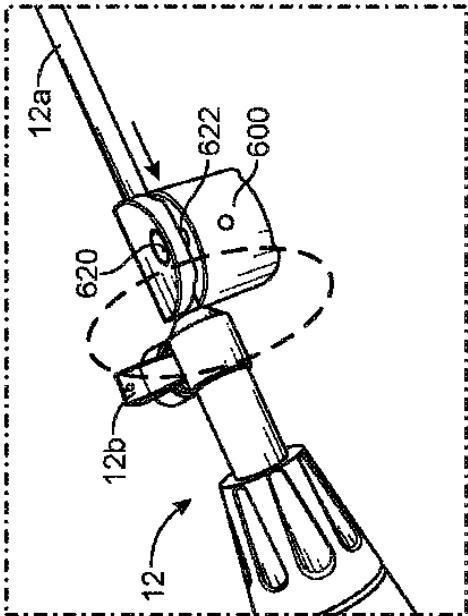


FIG. 6C

10

20

30

40

50

【図 6 D】

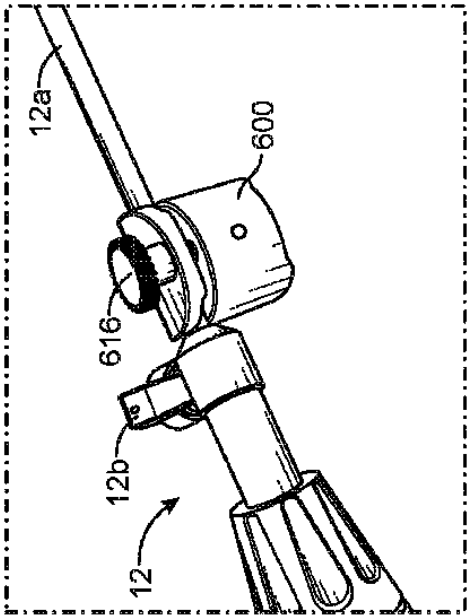


FIG. 6D

【図 7 A】

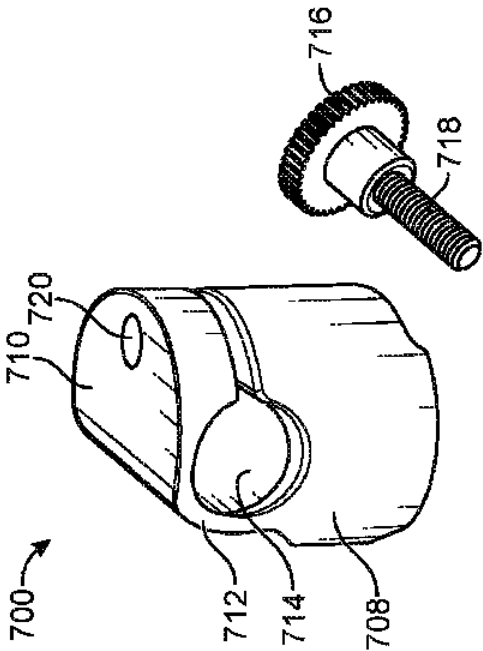


FIG. 7A

【図 7 B】

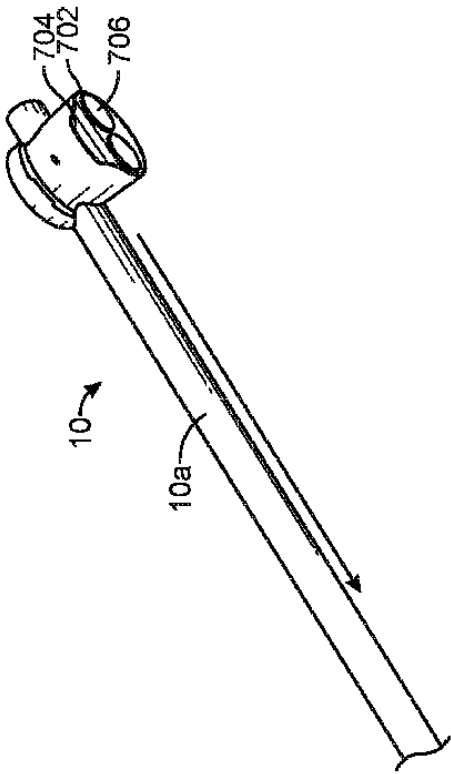


FIG. 7B

【図 7 C】

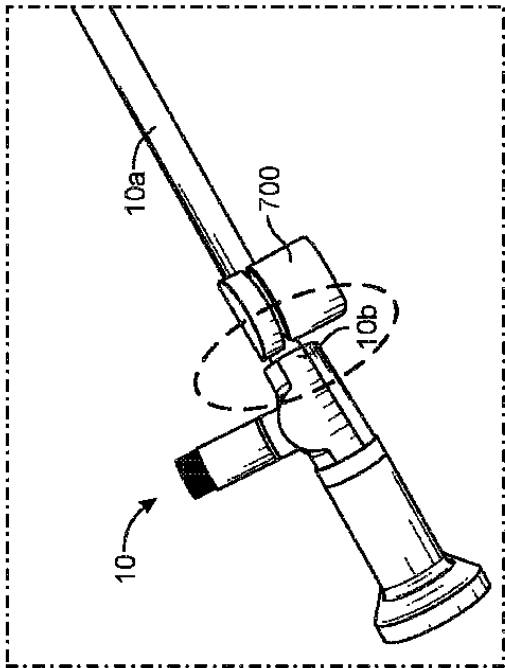


FIG. 7C

10

20

30

40

50

【図 7 D】

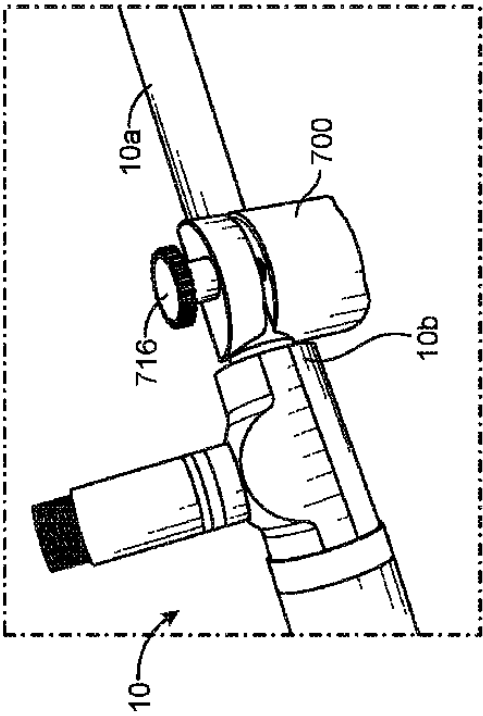


FIG. 7D

【図 8 A】

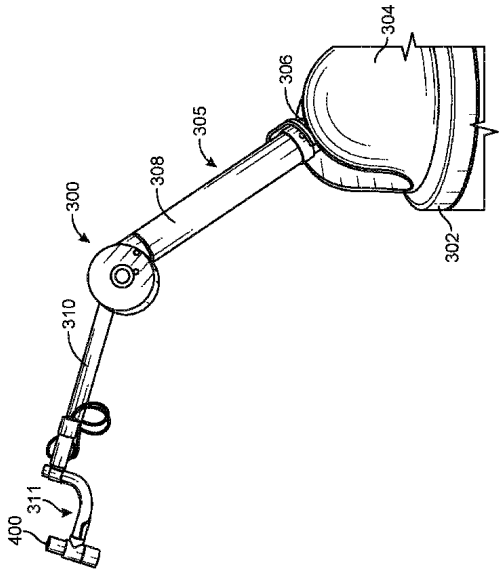


FIG. 8A

【図 8 B】

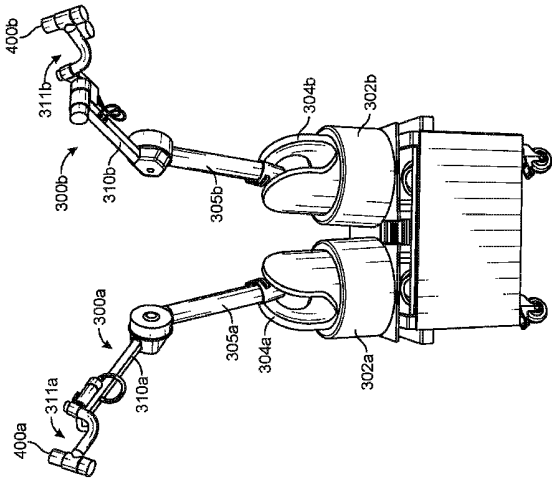


FIG. 8B

【図 9 A】

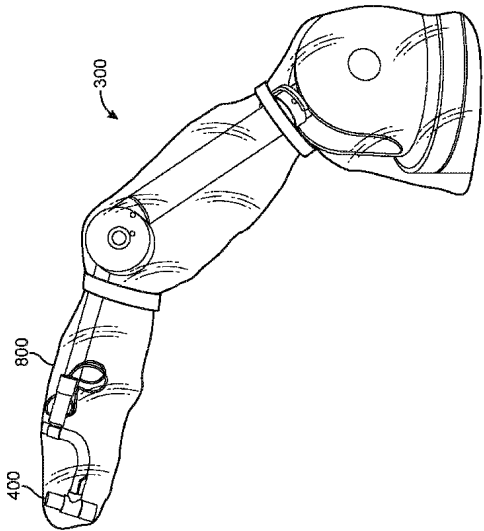


FIG. 9A

10

20

30

40

50

【図 9 B】

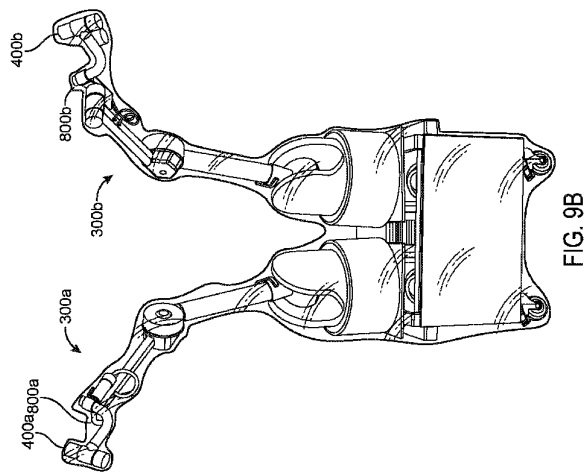


FIG. 9B

【図 10 A】

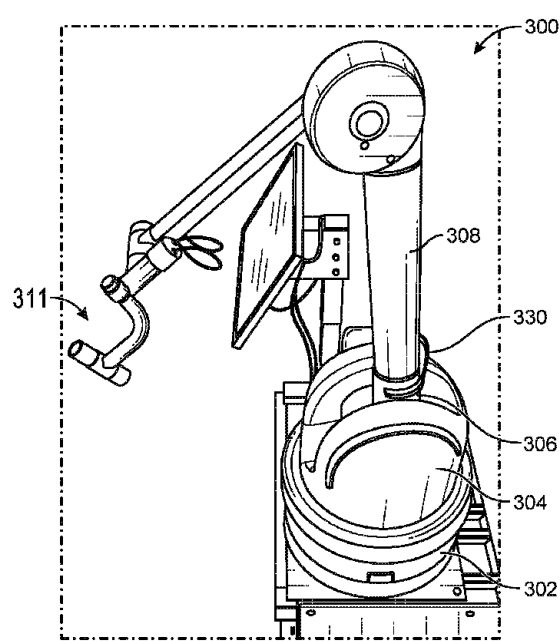


FIG. 10A

【図 10 B】

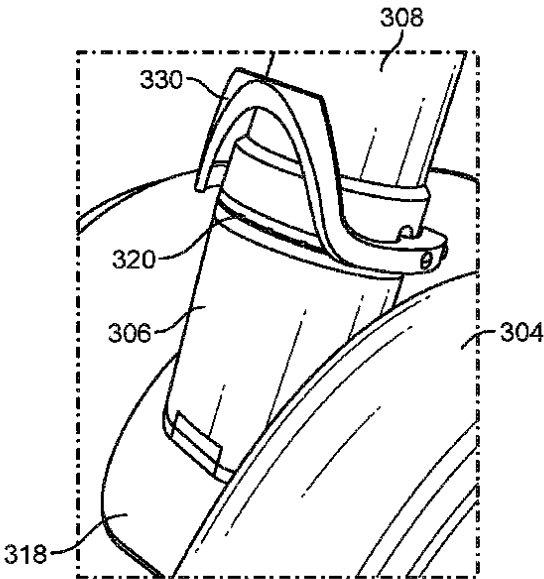


FIG. 10B

【図 10 C】

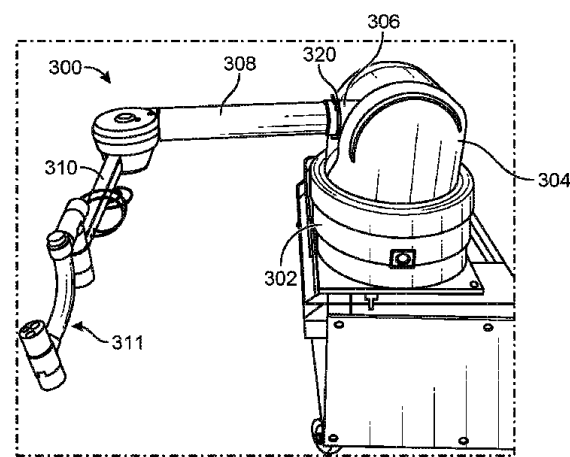


FIG. 10C

10

20

30

40

50

【図 1 2】

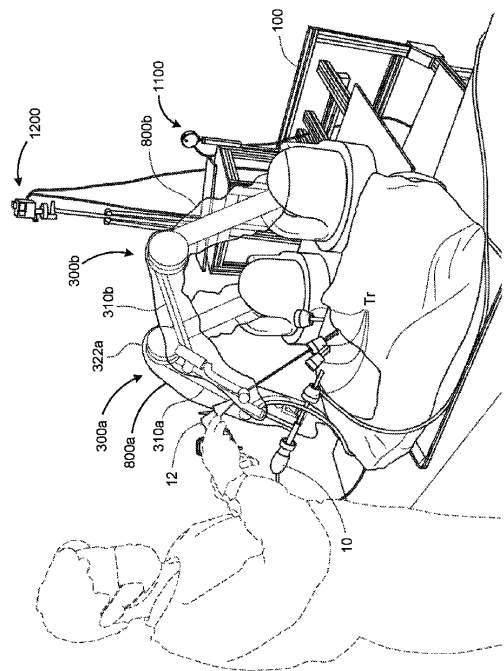


FIG. 12

【図 1 3】

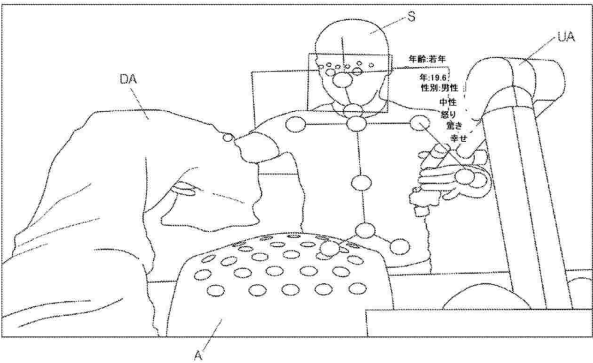


FIG. 13A

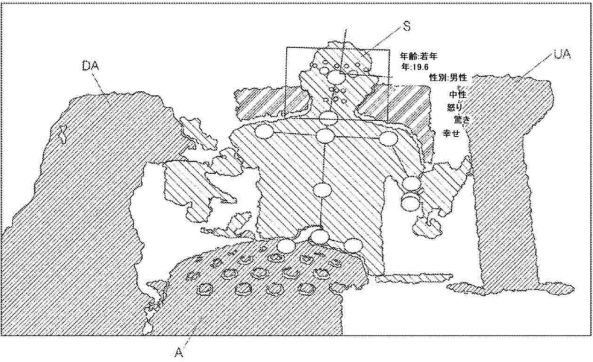


FIG. 13B

【図 1 4】



FIG. 14

【図 1 5】

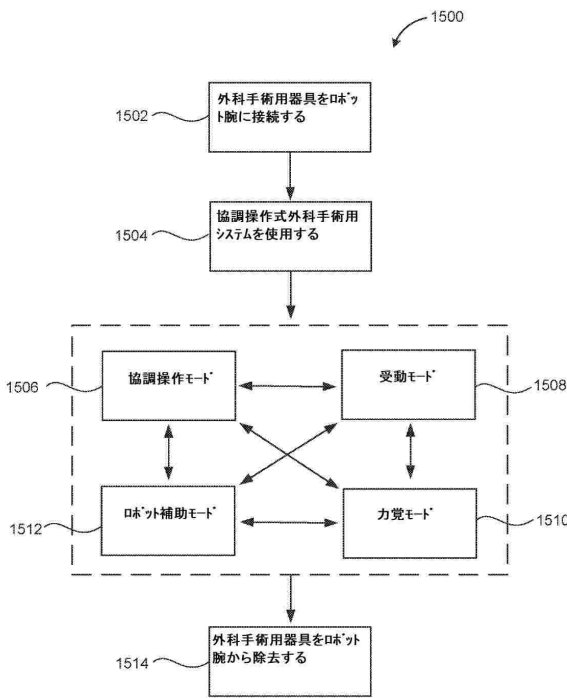


FIG. 15

10

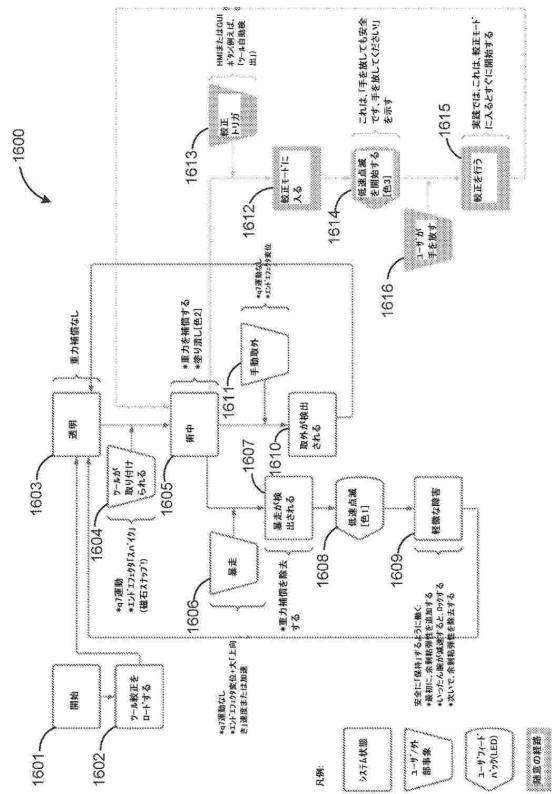
20

30

40

50

【図 16】



【図 17】

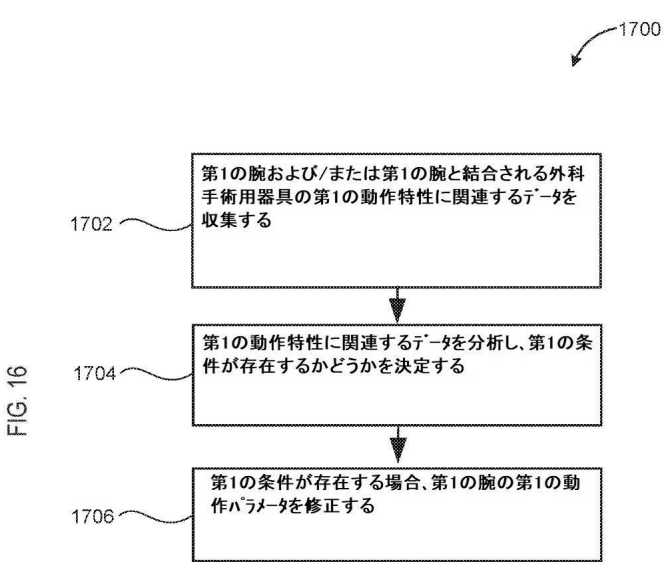


FIG. 16

FIG. 17

【図 18 A】

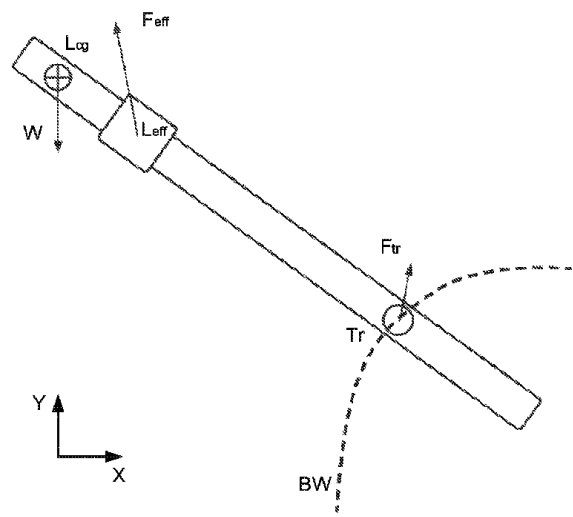


FIG. 18A

【図 18 B】

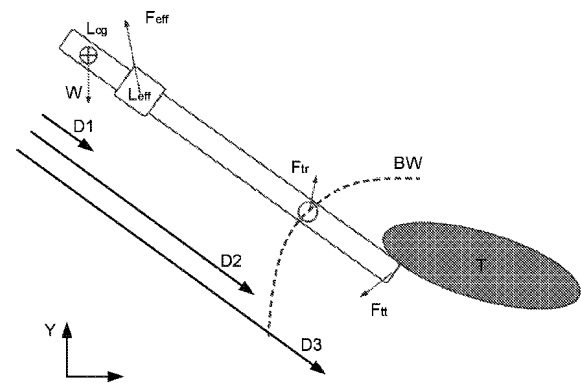
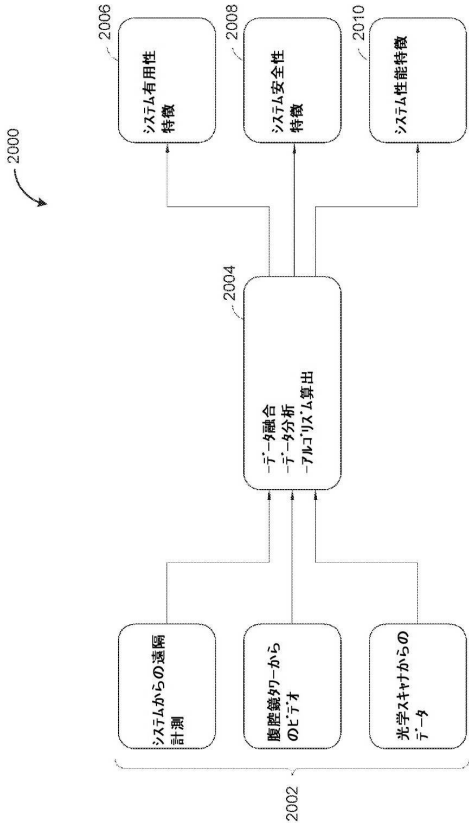


FIG. 18B

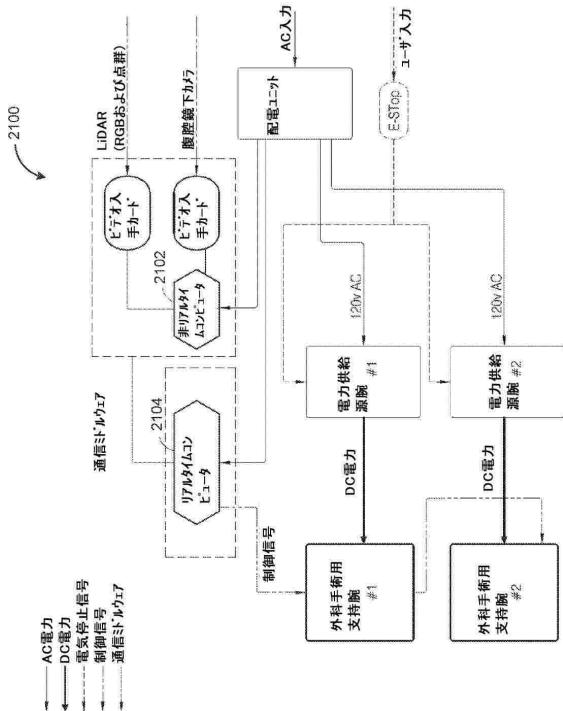
【図 19】

器具タイプ	随意の事前に定義された閾値解放力	随意の粘弾性レベル	随意の閾値停留時間	随意の停留速度
換鏡例えば、限定ではないが、5mmまたは10mm	中程度(例えば、限定ではないが、7N、または約7N)	可変*	低(0.25秒)	中程度(5mm/秒または約5mm/秒)
組織操作器具例えば、限定ではないが、グラブ/開創器	組織から外科手術用器具にかかるとる外力に関する潜在的に起因して可変(例えば、限定ではないが、7Nまたは約7N~15Nまたは約15N)	低(0N)	低(0.25秒)	中程度(5mm/秒または約5mm/秒)
縫合器具例えば、限定ではないが、特創器	中程度(例えば、限定ではないが、7Nまたは約7N)	可変*	低(0.25秒)	低(1mm/秒または約1mm/秒)
高力器具例えば、限定ではないが、スクリュー/ドリル/アライヤ	高例えば、限定ではないが、10Nまたは約10N)	可変*	低(0.25秒)	低(1mm/秒または約1mm/秒)

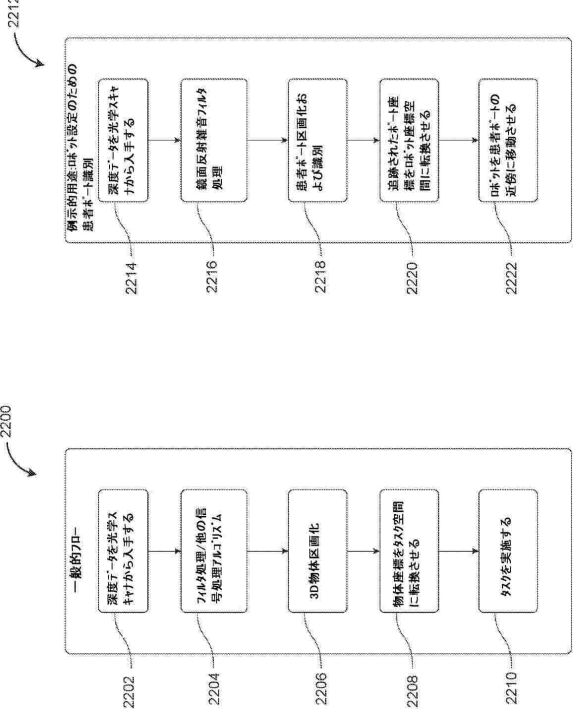
【図 20】



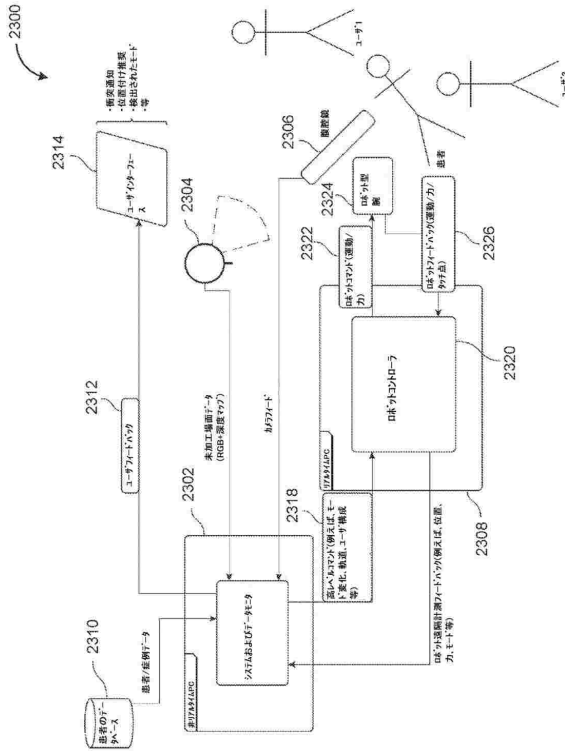
【図 21】



【図 22】



【圖 23】



【図 24】

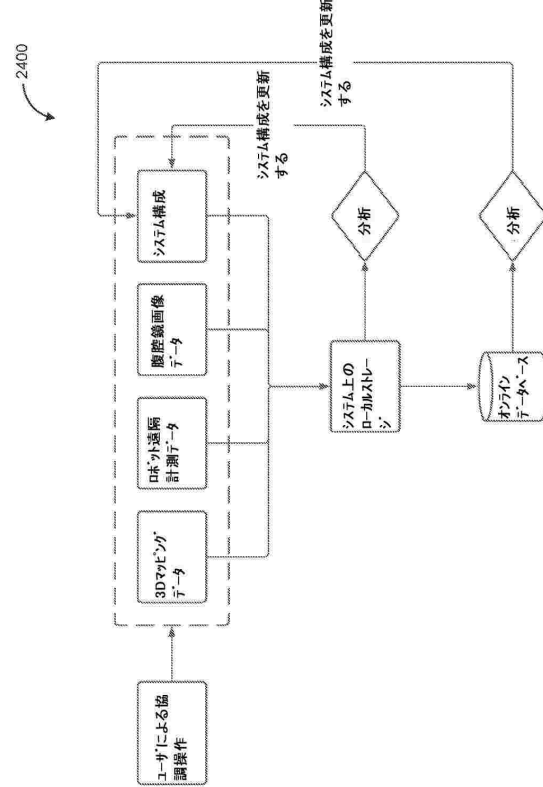


FIG. 24

10

20

【図 25】

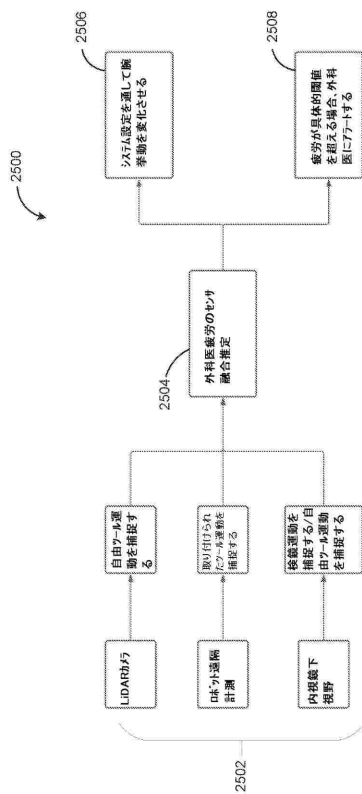


FIG. 25

【図 26】

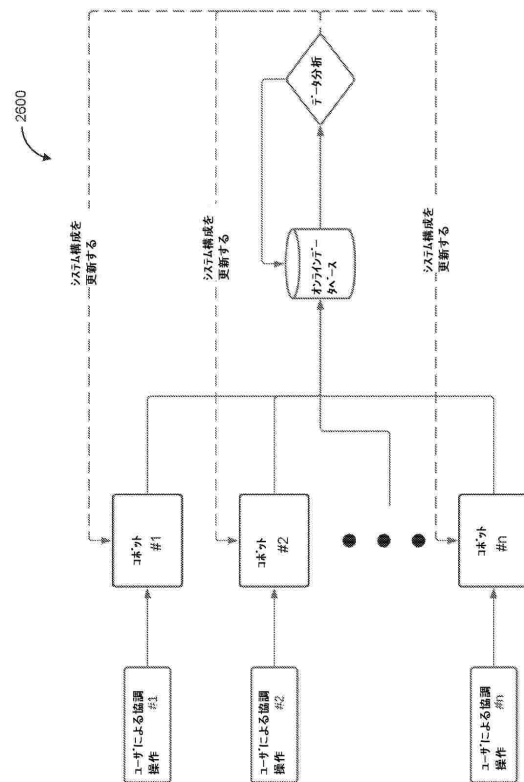


FIG. 26

30

40

50

【図 27 A】

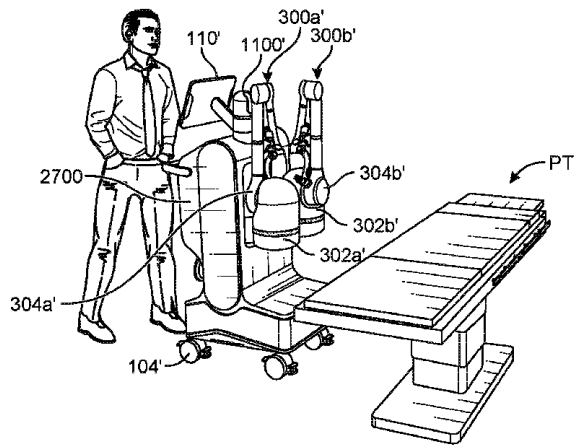


FIG. 27A

【図 27 B】

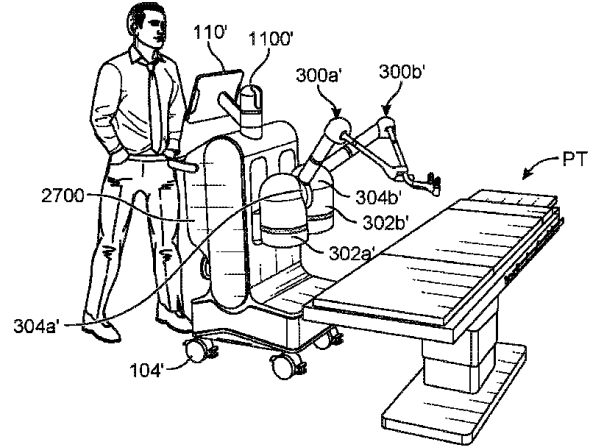


FIG. 27B

【図 27 C】

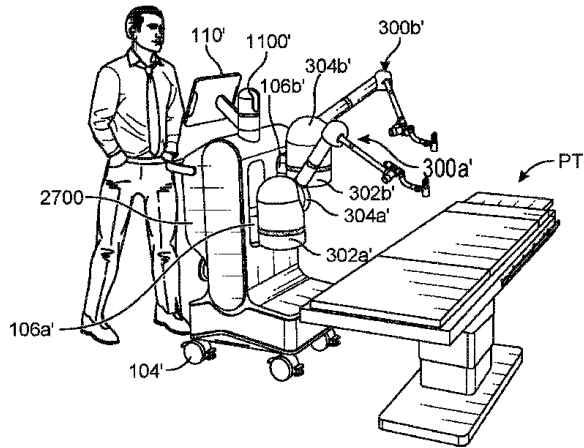


FIG. 27C

【図 27 D】

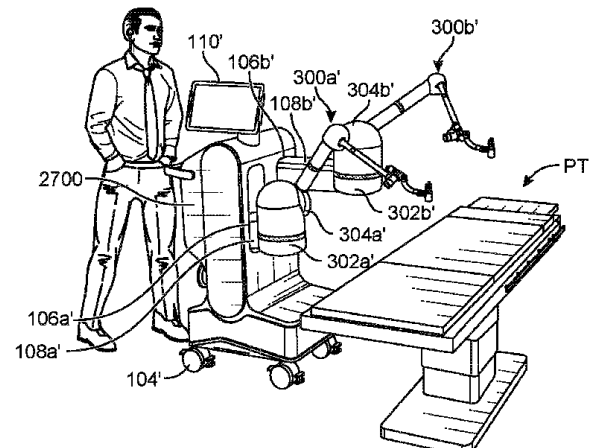


FIG. 27D

10

20

30

40

50

【図 28 A】

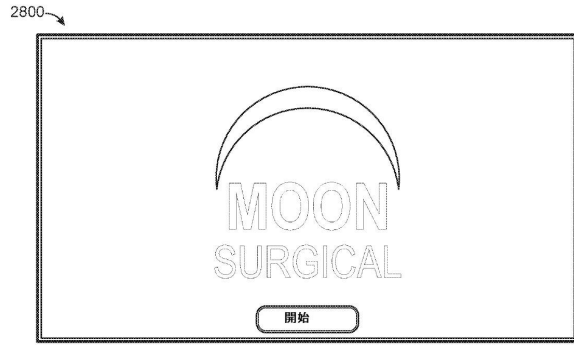


FIG. 28A

【図 28 B】

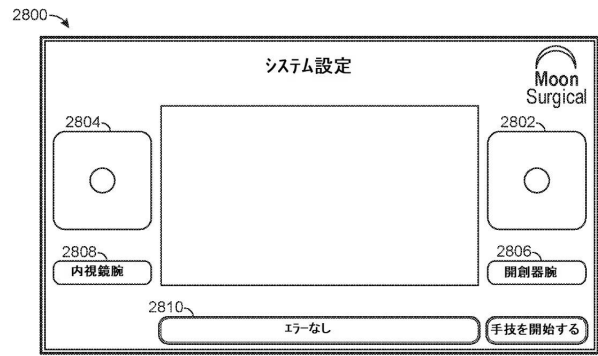


FIG. 28B

【図 28 C】

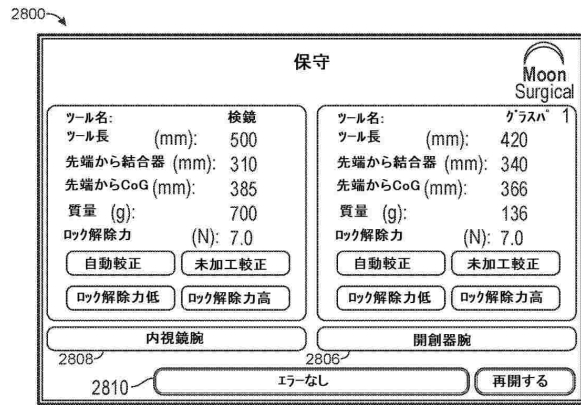


FIG. 28C

【図 28 D】

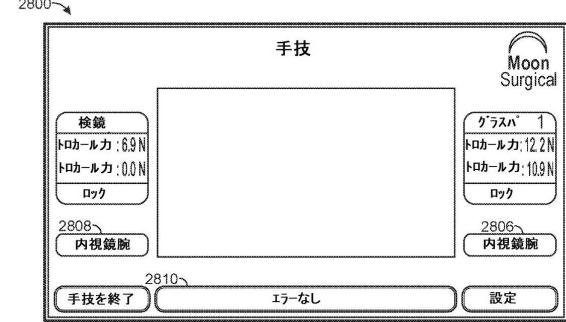


FIG. 28D

10

20

30

40

50

【図 29】

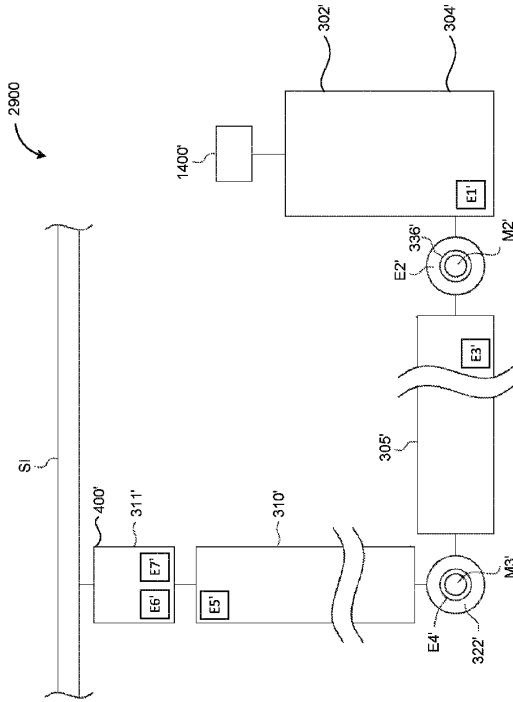


FIG. 29

【図 30 A】

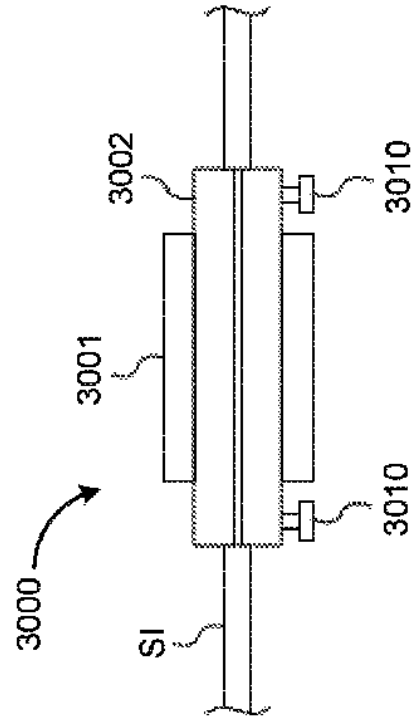


FIG. 30A

【図 30 B】

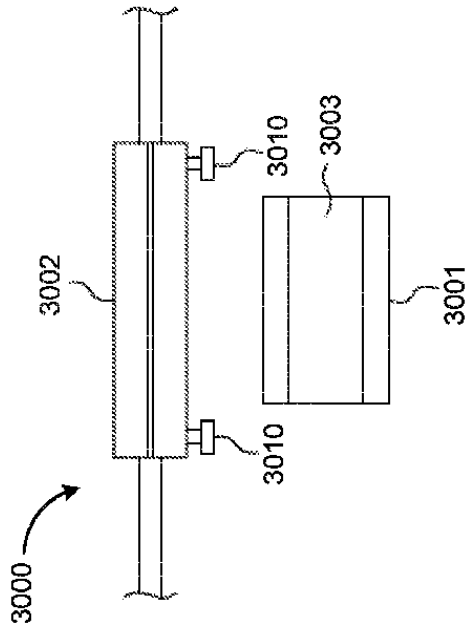


FIG. 30B

【図 30 C】

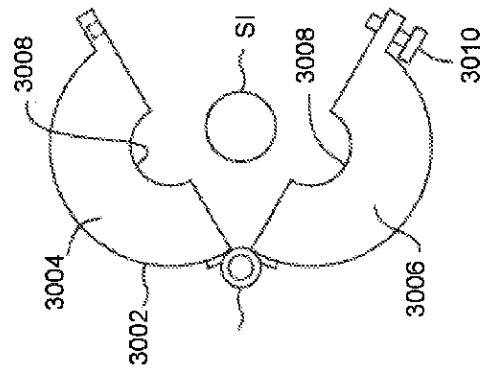


FIG. 30C

10

20

30

40

50

【図 30D】

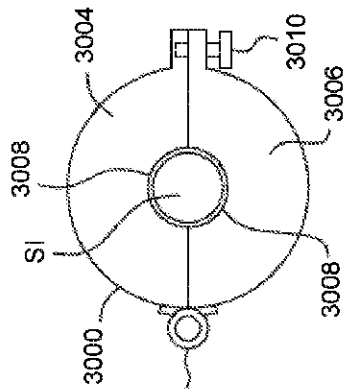


FIG. 30D

【図 31A】

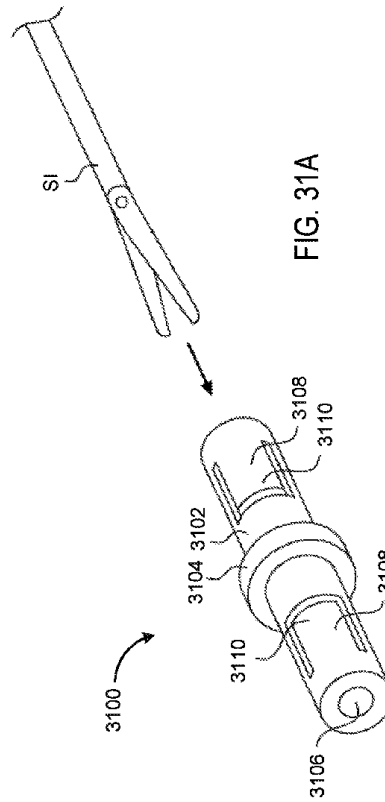


FIG. 31A

【図 31B】

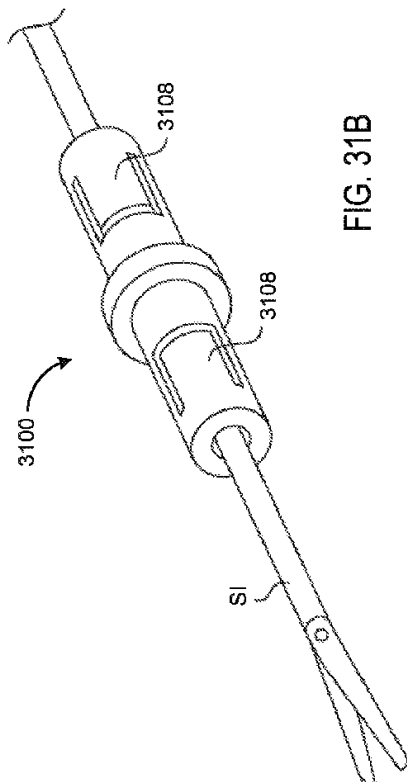


FIG. 31B

【図 31C】

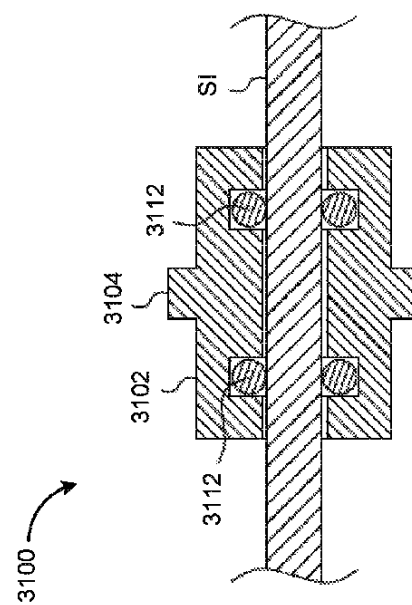


FIG. 31C

10

20

30

40

50

【図 3 1 D】

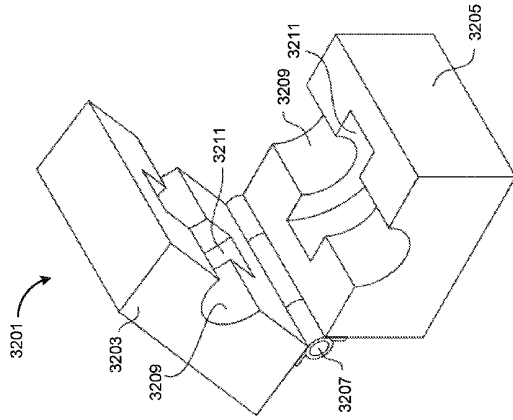


FIG. 31D

【図 3 2 A】

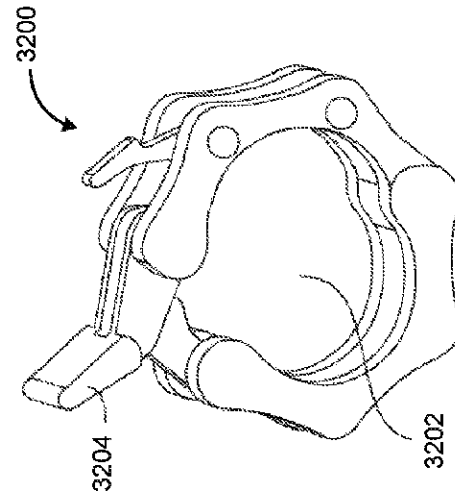


FIG. 32A

10

【図 3 2 B】

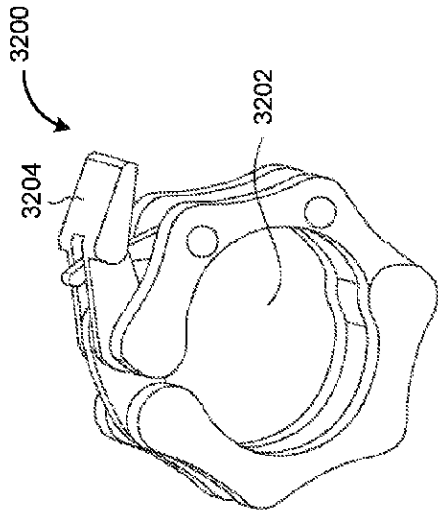


FIG. 32B

【図 3 3 A】

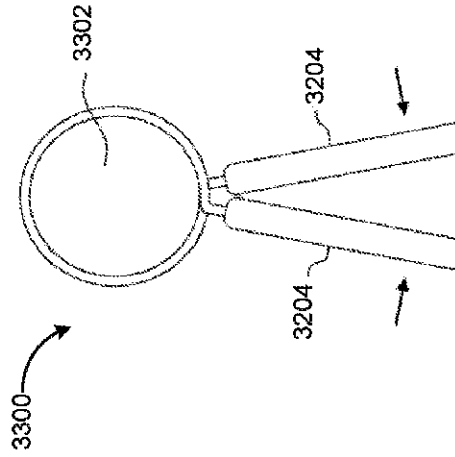


FIG. 33A

20

30

40

50

【図 3 3 B】

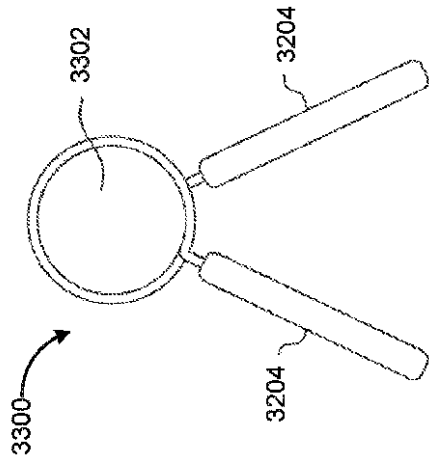


FIG. 33B

【図 3 4 A】

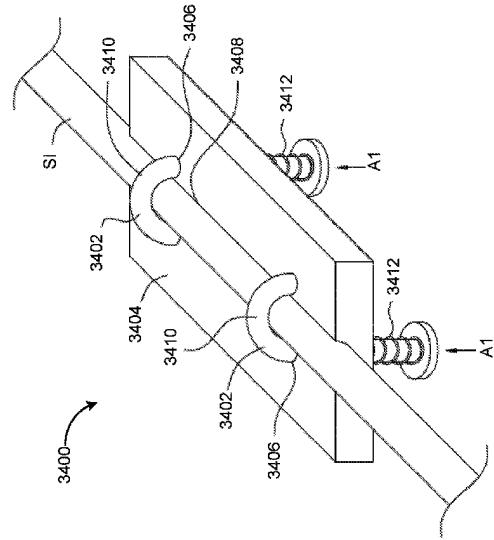


FIG. 34A

10

【図 3 4 B】

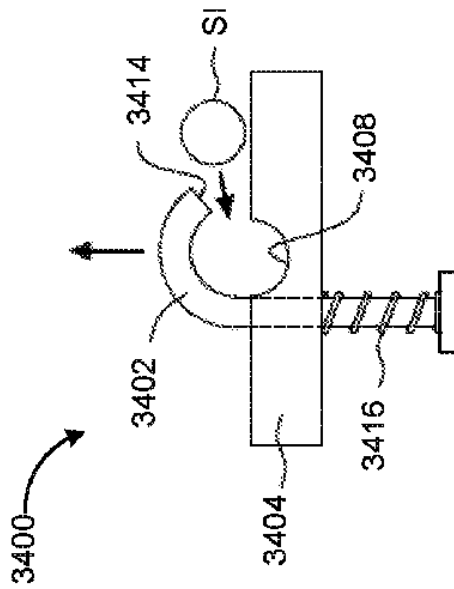


FIG. 34B

【図 3 4 C】

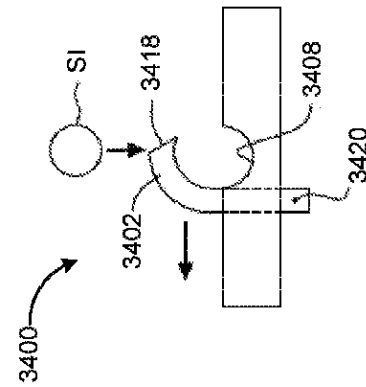


FIG. 34C

20

30

40

50

【図 35 A】

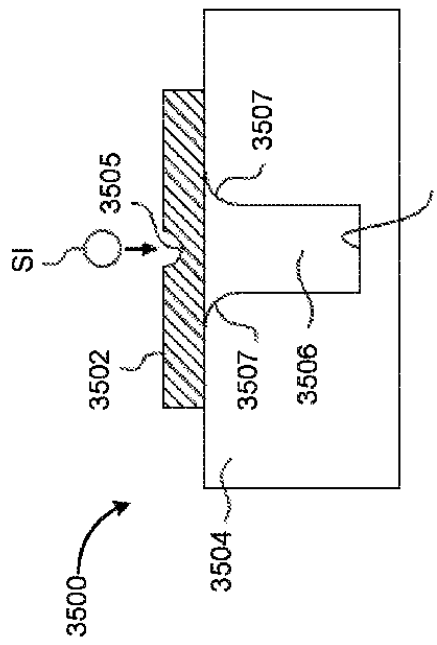


FIG. 35A

【図 35 B】

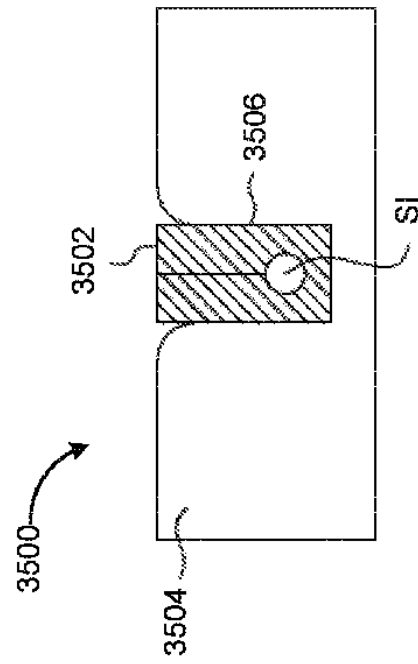


FIG. 35B

【図 35 C】

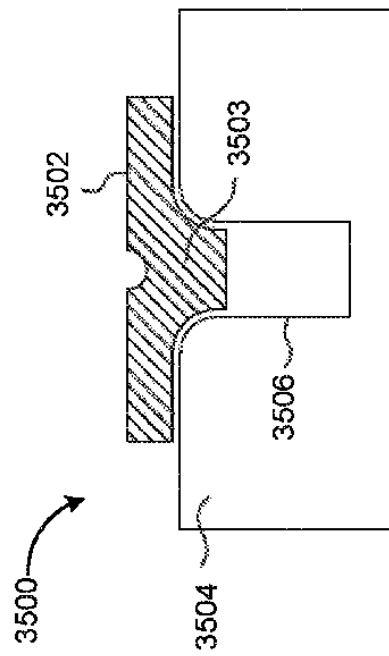


FIG. 35C

【図 35 D】

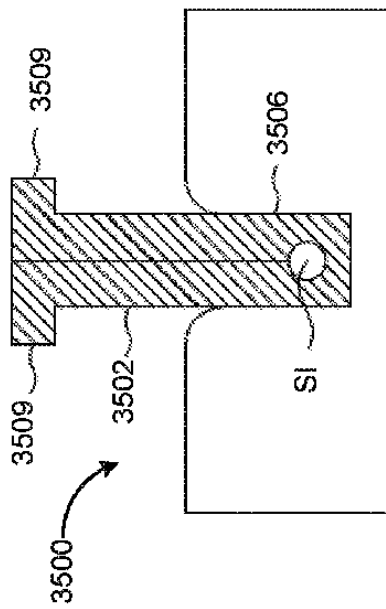


FIG. 35D

10

20

30

40

50

【図 38 A】

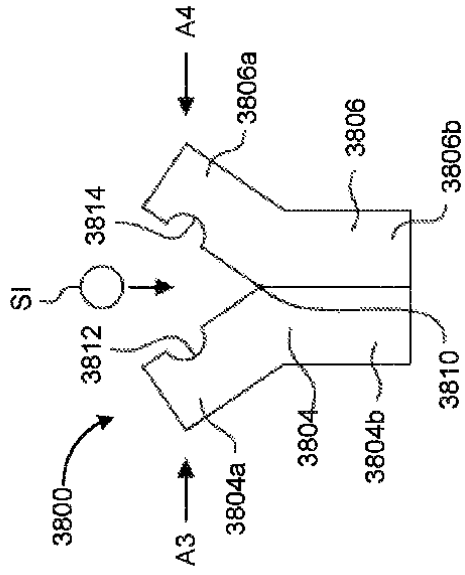


FIG. 38A

【図 38 B】

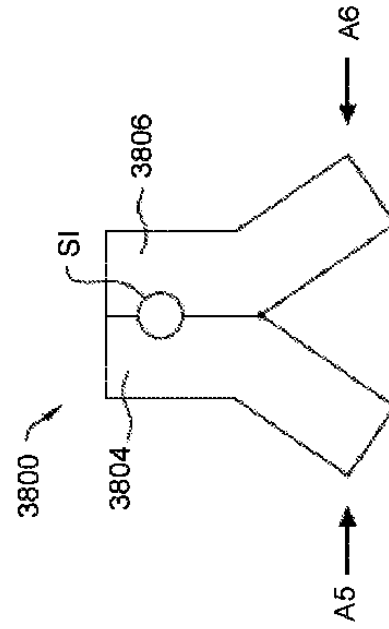


FIG. 38B

【図 39 A】

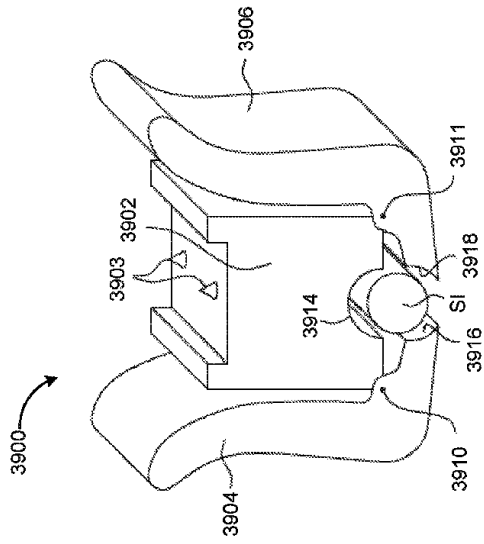


FIG. 39A

【図 39 B】

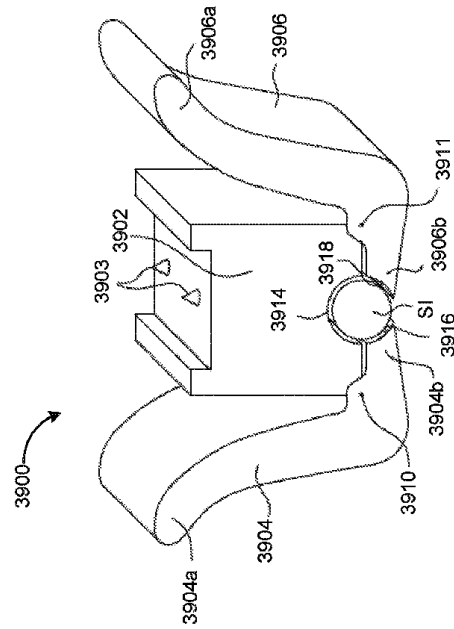


FIG. 39B

10

20

30

40

50

【図 40】

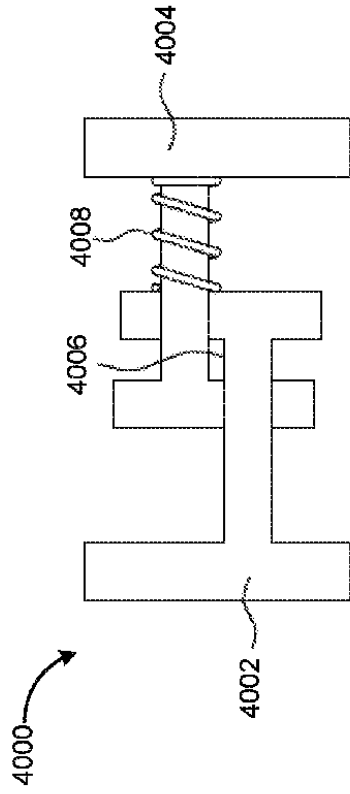


FIG. 40

【図 41】

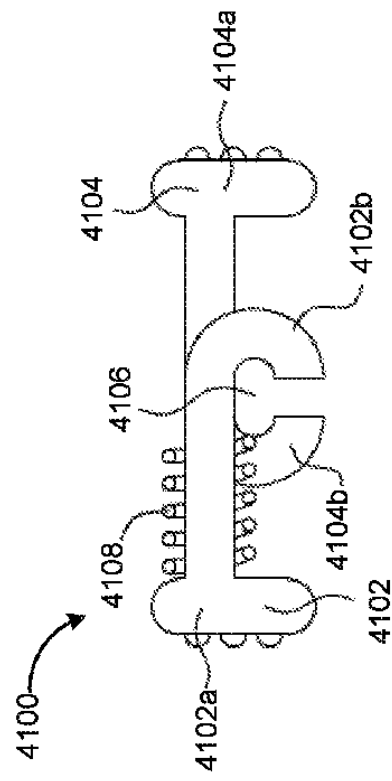


FIG. 41

【図 42】

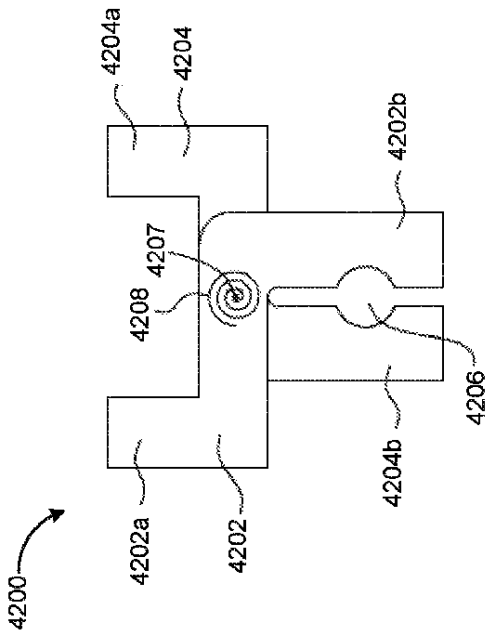


FIG. 42

【図 43】

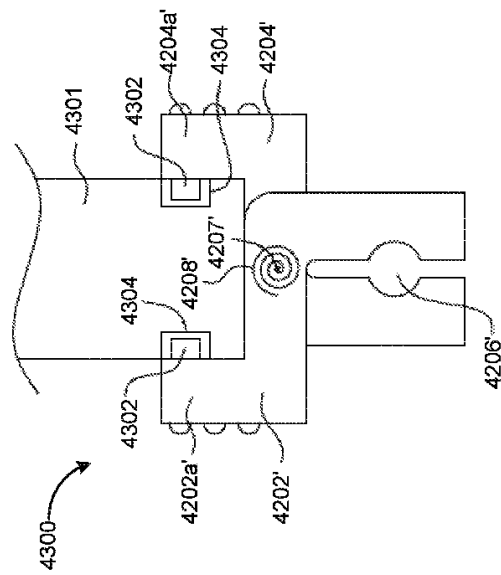


FIG. 43

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2022/056159

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	A61B34/30	G06T7/50
		G06T7/70
		A61B34/20
		A61B34/00
ADD.	A61B17/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
A61B G06T B25J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 11 007 031 B2 (VERB SURGICAL INC [US]) 18 May 2021 (2021-05-18)	1, 2, 8, 9, 22, 23
Y	columns 1, 5, 6, 7; figures 1-3, 6-9	4
X	US 2019/199915 A1 (COISEUR FLORIAN [FR]) 27 June 2019 (2019-06-27)	1, 2, 5, 22
	figures 2, 4, 5	
X	US 2020/279394 A1 (HONG DEOK HWA [KR] ET AL) 3 September 2020 (2020-09-03)	1, 2, 5, 22
Y	paragraph [0059]; figure 1	4
X	US 2019/254757 A1 (PIRON CAMERON ANTHONY [CA] ET AL) 22 August 2019 (2019-08-22)	1, 2, 5, 22
	paragraphs [0066], [0093]; figures 1, 2, 5	
	----- -/--	
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone		
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art		
"&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
27 January 2023		06/02/2023
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Schmidt, Matthias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2022/056159

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 102 188 334 B1 (KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY [KR]) 9 December 2020 (2020-12-09) paragraph [0006]; figures 1,2 -----	1, 2, 4, 5, 8, 9, 22
A	US 2020/305984 A1 (ZHAO TAO [US] ET AL) 1 October 2020 (2020-10-01) figures 8-11 -----	4
A	US 11 007 020 B2 (NZ TECH INC [CA]) 18 May 2021 (2021-05-18) figures 1-3 -----	1, 2, 4, 5, 8, 9, 22
A, P	US 2022/032473 A1 (MARET ALEXANDER JOHN [US]) 3 February 2022 (2022-02-03) paragraphs [0039], [0069]; figure 8 -----	31-45
A	US 2016/361125 A1 (BALICKI MARCIN ARKADIUSZ [US] ET AL) 15 December 2016 (2016-12-15) paragraph [0027]; figure 4 -----	31-45

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2022/056159

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

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

1. ☒ Claims Nos.: **46-51**
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

10

20

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
2-5, 8, 9 (completely); 1, 22, 23, 31-45 (partially)
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims;; it is covered by claims Nos.:

30

40

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

50

International Application No. PCT/IB2022 /056159

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 2-5, 8, 9(completely); 1, 22, 23(partially)

The optical scanner is configured to collect depth data related to a position and an orientation of an instrument with respect to the co-manipulation surgical robot.

2. claims: 6, 7(completely); 1(partially)

The optical scanner is configured to collect depth data related to a trocar inserted into the patient.

3. claims: 10, 14(completely); 1(partially)

The optical scanner is configured to collect depth data related to a surgeon's hand during a surgical procedure.

4. claims: 11(completely); 1, 22, 23(partially)

The controller is configured to control the arm of the first surgical robot according to different operational modes: co-manipulation assistant mode, robotic assistant mode, and haptic mode.

5. claims: 12, 13(completely); 1(partially)

The optical scanner is configured to use the depth data to identify a potential inadvertent collision with the arm of the first surgical robot.

6. claims: 15-21, 24-30(completely); 1(partially)

Robot support platform comprises a plurality of wheels to permit mobility of the support platform, and a brake mechanism to prevent mobility of the support platform.

7. claims: 31-51

Controller configured to provide gravity compensation to robot arm at a laparoscopic entry point

10

20

30

40

50

International Application No. PCT/IB2022 /056159

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.1

Claims Nos.: 46-51

Claims 46-51 include the steps of "applying torque to the at least some joints of the robot arm" (claim 46) and "calculating a force applied by the surgical instrument to the patient" (claim 49). According to para. 171 of the description and fig. 18, the surgical instrument applies a force to tissue on the inside of the patient and/or at the entry point, which corresponds to a surgical step. Claims 46-51 there define a method of treatment by surgery in the meaning of Rules 39.1(iv) and Rule 67.1(iv) PCT. Therefore, according to Article 34(4)(a)(i) PCT no written opinion regarding novelty, inventive step or industrial applicability is given.

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2022/056159

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 11007031	B2	18-05-2021	CN 113194862 A	30-07-2021
			EP 3836864 A1	23-06-2021
			US 2020054412 A1	20-02-2020
			US 2021228309 A1	29-07-2021
			WO 2020036611 A1	20-02-2020

US 2019199915	A1	27-06-2019	CN 109998677 A	12-07-2019
			EP 3501443 A1	26-06-2019
			US 2019199915 A1	27-06-2019
			US 2021289127 A1	16-09-2021

US 2020279394	A1	03-09-2020	CN 109938837 A	28-06-2019
			CN 113813046 A	21-12-2021
			EP 3503033 A1	26-06-2019
			JP 6475311 B1	27-02-2019
			JP 2019113393 A	11-07-2019
			KR 20190074841 A	28-06-2019
			US 2019188877 A1	20-06-2019
			US 2020279394 A1	03-09-2020

US 2019254757	A1	22-08-2019	CA 3042091 A1	03-05-2018
			GB 2571857 A	11-09-2019
			US 2019254757 A1	22-08-2019
			US 2022079686 A1	17-03-2022
			WO 2018076094 A1	03-05-2018

KR 102188334	B1	09-12-2020	NONE	

US 2020305984	A1	01-10-2020	CN 102341054 A	01-02-2012
			EP 2391289 A1	07-12-2011
			KR 20110118640 A	31-10-2011
			US 2010168763 A1	01-07-2010
			US 2018071033 A1	15-03-2018
			US 2020305984 A1	01-10-2020
			US 2023000568 A1	05-01-2023
WO 2010078016 A1	08-07-2010			

US 11007020	B2	18-05-2021	CA 3052869 A1	23-08-2018
			EP 3582707 A1	25-12-2019
			KR 20190126331 A	11-11-2019
			US 2020038120 A1	06-02-2020
			US 2021307844 A1	07-10-2021
			US 2022168052 A1	02-06-2022
			WO 2018148845 A1	23-08-2018

US 2022032473	A1	03-02-2022	US 2019202066 A1	04-07-2019
			US 2022032473 A1	03-02-2022

US 2016361125	A1	15-12-2016	US 2016361125 A1	15-12-2016
			WO 2016201303 A1	15-12-2016

フロントページの続き

(32)優先日 令和3年12月22日(2021.12.22)

(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

(31)優先権主張番号 PCT/IB2022/052989

(32)優先日 令和4年3月30日(2022.3.30)

(33)優先権主張国・地域又は機関
国際事務局(IB)

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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. MAC OS

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94070, サン カルロス, エッジヒル ドライブ 108

(72)発明者 リナール, ニコラ

フランス国 92120 モンルージュ, アヴェニュー ブロッソレット 135

(72)発明者 バサファ, エフサン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94065, レッドウッド シティ, ソルト コート 1024

(72)発明者 ウマラネニ, リトウィック

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94109, サンフランシスコ, ブロードウェイ 1790,
アパートメント 406

(72)発明者 ファイド, ジャド

フランス国 75007 パリ, リュ ピエール ルルー 4

(72)発明者 ヌーナン, デイビッド ポール

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94110, サンフランシスコ, ブラッドフォード ストリート 261

(72)発明者 ウー, ビクトリア チェン-タン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94102, サンフランシスコ, ブキャナン ストリート 520, アpartment 17

(72)発明者 マゴ, ヘスス

フランス国 94160 サン-マンデ, リュ アラー 19

F ターム (参考) 4C130 AB01 AC01 AD08 AD11