

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-510327

(P2021-510327A)

(43) 公表日 令和3年4月22日(2021.4.22)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 34/35 (2016.01)

F I

A 6 1 B 34/35

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2020-538102 (P2020-538102)
 (86) (22) 出願日 平成31年1月9日 (2019.1.9)
 (85) 翻訳文提出日 令和2年7月29日 (2020.7.29)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2019/012847
 (87) 国際公開番号 W02019/139949
 (87) 国際公開日 令和1年7月18日 (2019.7.18)
 (31) 優先権主張番号 62/615,590
 (32) 優先日 平成30年1月10日 (2018.1.10)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(71) 出願人 512269650
 コヴィディエン リミテッド パートナー
 シップ
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02
 048, マンスフィールド, ハンプシ
 ャー ストリート 15
 (74) 代理人 100107489
 弁理士 大塩 竹志
 (72) 発明者 ペイン, ウィリアム
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01
 721, アッシュランド, ホーリー
 レーン 24

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンピュータビジョンを利用したロボット外科システムのツールの位置および状態の判定

(57) 【要約】

ロボット外科システムおよびロボット外科システムを制御する方法が、本明細書で開示される。1つの開示された方法は、固定参照フレームにおいて、撮像装置を用いて手術部位内のツールのツール姿勢を視覚的に捕捉することと、固定参照フレームにおいて、ツールを支持するリンケージのアーム姿勢をリンケージの既知の形状から判定することと、固定参照フレームにおいて、制御信号にตอบสนองして、リンケージを操作してツールを所望のツール姿勢に移動させることと、を含む。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

外科ロボットを制御する方法であって、

撮像装置を用いて、固定参照フレームにおいて、手術部位内の第 1 のツールの第 1 のツール姿勢を視覚的に捕捉することと、

前記固定参照フレームにおいて、前記第 1 のリンケージの既知の形状から、前記第 1 のツールを支持する第 1 のリンケージの第 1 のアーム姿勢を判定することと、

第 1 の制御信号に応答して、前記固定参照フレームにおいて、前記第 1 のリンケージを操作して、前記第 1 のツールを所望の第 1 のツール姿勢に移動させることと、を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記固定参照フレームにおいて、前記第 1 のツールの前記第 1 のツール姿勢を視覚的に捕捉することが、前記撮像装置によって画定されるフレームにおける前記固定参照フレームを画定することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記固定参照フレームにおいて、前記第 1 のツールの第 1 のツール姿勢を視覚的に捕捉することが、前記撮像装置の第 1 のレンズおよび第 2 のレンズの両方を用いて前記第 1 のツール姿勢を捕捉することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 のツール姿勢を視覚的に捕捉することが、前記第 1 のツール上の 1 つ以上のマーカーの位置を識別することを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記第 1 のツール姿勢を視覚的に捕捉することが、光の赤外スペクトル内の前記 1 つ以上のマーカーの前記位置を捕捉することを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記撮像装置を用いて、前記固定参照フレームにおいて、前記手術部位内の第 2 のツールの第 2 のツール姿勢を視覚的に捕捉することと、

前記固定参照フレームにおいて、前記第 2 のリンケージの既知の形状から、前記第 2 のツールを支持する第 2 のリンケージの第 2 のアーム姿勢を判定することと、

第 2 の制御信号に応答して、前記固定参照フレームにおいて、前記第 2 のリンケージを操作して、前記第 2 のツールを所望の第 2 のツール姿勢に移動させることと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記第 1 のアーム姿勢を判定することおよび前記第 2 のアーム姿勢を判定することが、完全に前記固定参照フレーム内で行われる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

ロボット外科システムのユーザインターフェースから前記制御信号を受信することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

外科システムのツールの機能を制御する方法であって、

撮像装置を用いて、手術部位の画像を捕捉することと、

標的組織に対する前記手術部位内の前記ツールの距離を判定することと、

前記ツールが前記標的組織から所定の距離内にあるときに、前記ツールの機能の作動を有効化することと、

制御信号に応答して、前記ツールの前記機能を作動させて、前記ツールを用いて組織を操作することと、を含む、方法。

40

【請求項 10】

前記ツールの機能の前記作動を有効化することが、前記外科システムに従事している臨床医に、前記機能が有効化されている視覚的しるしを提供することを含む、請求項 9 に記載の方法。

50

【請求項 1 1】

視覚的しるしを提供することが、前記外科システムのディスプレイの境界の色を変更することを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記ツールが前記標的組織からの前記所定の距離を超えているときに、前記ツールの前記機能の作動を無効化することをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記機能の作動を無効化することが、前記外科システムに従事している臨床医に、前記機能が無効化されている視覚的しるしを提供することを含む、請求項 1 2 に記載の方法。

10

【請求項 1 4】

視覚的しるしを提供することが、前記外科システムのディスプレイの境界の色を変更することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記ツールが前記標的組織からの前記所定の距離内にあるときに、前記外科システムが、前記ツールを用いて前記手術部位内で自動化タスクを完了することをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記自動化タスクを完了することは、前記ツールが前記標的組織からの前記所定の距離内にあるときに、前記標的組織を縫合することを含む、請求項 1 5 に記載の方法。

20

【請求項 1 7】

前記ツールの機能の前記作動を有効化する前に、前記外科システムに従事する臨床医の注視が前記外科システムのディスプレイ上の有効化されたゾーンに向けられていることを確認することをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記ツールの前記機能を作動させて、前記組織を操作することが、前記ツールで組織を挟持すること、前記ツールで組織に電気外科エネルギーを送達すること、前記ツールで組織をステープル留めすること、前記ツールで組織を縫合すること、または組織に前記ツールの刃先を進めることのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 9】

外科システムであって、
手術部位の画像を捕捉するように構成されている撮像装置と、
機能を有するツールであって、前記機能が、制御信号に応答して組織を操作するように構成されている、ツールと、
前記撮像装置および前記ツールと通信する処理ユニットと、を含み、前記処理ユニットが、
前記捕捉画像から標的組織に対する前記ツールの距離を判定することと、
前記ツールが前記標的組織の所定の距離内に配置されているときに、前記ツールの前記機能の作動を有効化することと、を行うように構成されている、外科システム。

30

【請求項 2 0】

前記手術部位の表示を提供するように構成されているディスプレイをさらに含む、請求項 1 9 に記載の外科システム。

40

【請求項 2 1】

前記処理ユニットが、前記手術部位の前記表示内の前記所定の距離によって画定される有効化されたゾーンの表示を提供するように構成されている、請求項 2 0 に記載の外科システム。

【請求項 2 2】

前記処理ユニットは、前記ツールの前記機能が有効化されているときに、前記ディスプレイ上に視覚的しるしを提供するように構成されている、請求項 2 0 に記載の外科システム。

50

【請求項 23】

前記ディスプレイは、前記ツールの前記機能が有効化されているときに、前記ディスプレイの境界の色を変更するように構成されている、請求項 22 に記載の外科システム。

【請求項 24】

前記手術部位の表示を提供するように構成されているディスプレイをさらに含み、前記処理ユニットが、前記ツールの前記機能の作動を有効化する前に、臨床医の注視が前記ディスプレイに向けられていることを確認するように構成されている、請求項 19 に記載の外科システム。

【請求項 25】

前記処理ユニットは、前記ツールが前記標的組織の前記所定の距離内にあるときに自動化タスクを完了するように構成されている、請求項 19 に記載の外科システム。

10

【請求項 26】

前記処理ユニットは、前記ツールが前記標的組織からの前記所定の距離を超えて配置されたときに、前記ツールの前記機能の作動を防止するように構成されている、請求項 19 に記載の外科システム。

【請求項 27】

撮像装置を操作する方法であって、
前記撮像装置の視界内で追跡重心を識別することと、
前記追跡重心を前記撮像装置の前記視界の中心に配置するために前記撮像装置の姿勢を操作することと、

20

前記追跡重心が前記撮像装置の前記視界内で移動するように、前記視界内で第 1 のツールを移動させることと、

前記第 1 のツールが前記視界内で移動するときに前記追跡重心を追跡し、前記追跡重心を前記撮像装置の前記視界の中心に維持することと、を含む、方法。

【請求項 28】

前記追跡重心を識別することが、前記追跡重心を、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心として画定することを含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

前記追跡重心を識別することが、前記追跡重心を、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心と標的組織との間の点として画定することを含む、請求項 27 に記載の方法。

30

【請求項 30】

前記追跡重心が前記撮像装置の前記視界内で移動するように、前記視界内で第 2 のツールを移動させることをさらに含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 31】

前記追跡重心を識別することが、前記追跡重心を、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心と前記第 2 のツールの第 2 のツール重心との間の点として画定することを含む、請求項 30 に記載の方法。

【請求項 32】

前記追跡重心を識別することが、前記追跡重心を、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心、前記第 2 のツールの第 2 のツール重心、および標的組織の間で三角測量された点として画定することを含む、請求項 30 に記載の方法。

40

【請求項 33】

前記撮像装置の前記姿勢を操作することが、前記撮像装置を支持する外科ロボットのアームを移動させることを含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 34】

前記追跡重心を追跡することが、前記追跡重心が前記視界の中心から所定の距離だけずれるまで、前記撮像装置の前記視界の中心を直すことを遅らせることを含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 35】

前記追跡重心を追跡することが、前記撮像装置の前記視界の移動速度を制限することを

50

含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 36】

外科システムであって、
追跡重心を少なくとも部分的に画定する第 1 のツールと、
手術部位内で移動可能なアームと、
前記アームに支持され、視界を有する撮像装置であって、前記追跡重心を前記視界の中心に維持するように操作されるように構成されている撮像装置と、を含む、外科システム

【請求項 37】

前記追跡重心が、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心で画定される、請求項 36 に記載の外科システム。

10

【請求項 38】

前記追跡重心が、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心と前記手術部位内の標的との間の点で画定される、請求項 36 に記載の外科システム。

【請求項 39】

第 2 のツールをさらに含み、前記追跡重心が、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心と前記第 2 のツールの第 2 のツール重心との間の点で画定される、請求項 36 に記載の外科システム。

【請求項 40】

第 2 のツールをさらに含み、前記追跡重心が、前記第 1 のツールの第 1 のツール重心、前記第 2 のツールの第 2 のツール重心、および前記手術部位内の標的の間の点で三角測量される、請求項 36 に記載の外科システム。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

遠隔外科システムなどのロボット外科システムは、より少ない痛み、より短い入院期間、通常の活動へのより迅速な復帰、瘢痕の最小化、回復時間の低減、および組織へのより少ない損傷を含む、従来の観血的外科技術に勝る多くの利点を提供する低侵襲外科処置を実行するために使用される。

【0002】

ロボット外科システムは、手術部位の画像捕捉装置によって捕捉された画像を視認する外科医による入力装置の動きに応答して、画像捕捉装置、ステープラ、電気外科器具などの、取り付けられた器具またはツールを移動させる、複数のロボットアームを有することができる。ロボット外科処置中、各ツールは、自然または切開のいずれかの開口部を通して患者に挿入され、手術部位で組織を操作するように配置される。開口部は、外科器具が、協働してロボット外科処置を行うために使用され得、画像捕捉装置が、手術部位を視認し得るように、患者の身体の周りに位置付けられる。

30

【0003】

ロボット外科処置中、手術部位内のツールの位置を正確に把握および制御することが重要である。したがって、ロボット外科処置中、手術部位内のツールの位置を検出および制御するためのシステムおよび方法が引き続き必要とされている。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

本開示は、外科手術部位内でツール姿勢を視覚的に捕捉することから外科ロボットを制御することに関する。開示された方法では、撮像装置が、手術部位内のツールのツール姿勢を捕捉する。次いで、外科ロボットは、ツールを支持するリンケージのアーム姿勢を判定する。次いで、外科ロボットは、アームを操作して、臨床医からの入力に応答してツールを所望のツール姿勢に移動させる。ツール姿勢を視覚的に判定すると、手術部位内のツールの位置の精度と解像度が向上する。改善された精度と解像度は、精密な動きを完了す

50

るために使用でき、自動化されたアクションを完了するのに役立つ。ツール姿勢を視覚的に判定することで、荷重と関節の動的パフォーマンスによって引き起こされる運動学モデルの不一致も解消される。

【0005】

本明細書で開示されるいくつかの方法では、視覚的に捕捉されたツールの姿勢に基づいて、ツールの機能が有効化および無効化される。ツールのエンドエフェクタが手術部位の有効化されたゾーン内にあるときに、ツールの機能が有効化され得る。有効化されたゾーンは、標的組織の場所、標的組織のサイズ、標的組織に対する非標的組織の近接性、またはツールの機能のタイプに基づいて判定され得る。外科ロボットは、ディスプレイを含むユーザインターフェースによって制御され得る。ディスプレイは、手術部位のグラフィック表現を示し、ツールの機能の有効化されたゾーンと有効化/無効化ステータスの視覚的なしるしを提供することができる。例えば、ディスプレイは、ツールの機能が有効化されているときにある色を示し、ツールの機能が無効化されているときに別の色を示す境界を有することができる。追加的または代替的に、ディスプレイは、ツールの機能が有効化されているときにツールをある色で示し、ツールの機能が無効化されているときに別の色でツールを示すことができる。ツールが有効化されたゾーンにあるとき、外科ロボットは、ツールを使用して手術部位内で自動化タスクを完了することができると考えられる。特定の方法では、ユーザインターフェースは、臨床医の注視を追跡して、臨床医の注視が、ツールの機能を有効化する前に、ディスプレイ上の有効化されたゾーンの表示に焦点を合わせているか、または向けられていることを確認することができる。ツールが有効化されたゾーン内にあることを要求することにより、および/またはツールの機能を作動させる前に臨床医の注視が有効化されたゾーンに向けられることにより、ツールが有効化されたゾーンの外にあるときに、ツールの不注意または意図しない作動を減らすことにより、ロボット外科処置中の安全性を高めることができると考えられる。

10

20

【0006】

特定の方法では、撮像装置の視野の中心は、外科処置中に重心を自動的に追跡することができる。追跡重心は、ツールの重心、ツールの重心と標的組織の間の点、または複数のツールの重心の間の点とすることができる。追跡重心は、手術部位内のアクティブなツールに自動的に割り当てることも、臨床医によって選択的に割り当てることもできる。外科処置中に重心を自動的に追跡することにより、臨床医が、撮像装置の移動に集中することを必要とせずに、処置に集中することができる。本方法は、ロボット外科システムのユーザインターフェースから制御信号を受信することを含み得る。

30

【0007】

本開示の一態様では、外科ロボットを制御する方法は、撮像装置を用いて、固定参照フレームにおいて、手術部位内の第1のツールの第1のツール姿勢を視覚的に捕捉することと、固定参照フレームにおいて、第1のツールを支持する第1のリンケージの第1のアーム姿勢を第1のリンケージの既知の形状から判定することと、第1の制御信号に応答して、固定参照フレームにおいて、第1のリンケージを操作して、第1ツールを所望の第1のツール姿勢に移動させることと、を含む。

【0008】

態様では、固定参照フレームにおいて、第1のツールの第1のツール姿勢を視覚的に捕捉することは、撮像装置によって画定されたフレーム内に固定参照フレームを画定することを含む。固定参照フレームにおいて、第1のツールの第1のツール姿勢を視覚的に捕捉することは、撮像装置の第1のレンズおよび第2のレンズの両方を用いて第1のツール姿勢を捕捉することを含み得る。

40

【0009】

一部の態様では、第1のツール姿勢を視覚的に捕捉することは、第1のツール上の1つ以上のマーカーの位置を識別することを含む。第1のツール姿勢を視覚的に捕捉することは、光の赤外スペクトル内の1つ以上のマーカーの位置を捕捉することを含み得る。

【0010】

50

特定の態様では、本方法は、撮像装置を用いて、固定参照フレームにおいて、手術部位内の第2のツールの第2のツール姿勢を視覚的に捕捉することと、固定参照フレームにおいて、第2のツールを支持する第2のリンケージの第2のアーム姿勢を第2のリンケージの既知の形状から判定することと、第2の制御信号に応答して、固定参照フレームにおいて、第2のリンケージを操作して第2のツールを所望の第2のツール姿勢に移動させることと、を含む。第1のアーム姿勢を判定することおよび前記第2のアーム姿勢を判定することが、完全に固定参照フレーム内で行われ得る。

【0011】

本開示の別の態様において、外科システムのツールの機能を制御する方法は、撮像装置を用いて、手術部位の画像を捕捉することと、標的組織に対する手術部位内のツールの距離を判定することと、ツールが標的組織からの所定の距離内にあるときに、ツールの機能の作動を有効化することと、制御信号に応答して、ツールの機能を作動させて、ツールを操作することと、を含む。

10

【0012】

態様では、ツールの機能の作動を有効化することは、機能が有効化されていることを外科システムに従事している診療所に視覚的にしるしを提供することを含む。視覚的にしるしを提供することは、外科システムのディスプレイの境界の色を変更することを含み得る。

【0013】

一部の態様では、本方法は、ツールが標的組織からの所定の距離を超えているときに、ツールの機能の作動を無効化することを含み得る。機能の作動を無効化することは、機能が無効化される外科システムに従事している臨床医に視覚的なしるしを提供することを含み得る。視覚的にしるしを提供することは、外科システムのディスプレイの境界の色を変更することを含み得る。

20

【0014】

特定の態様では、本方法は、ツールが標的組織からの所定の距離内にあるときに、外科システムがツールを用いて手術部位内で自動化タスクを完了することを含み得る。自動化タスクを完了することは、ツールが標的組織から所定の距離内にあるときに、標的組織を縫合することを含み得る。

【0015】

特定の態様では、本方法は、ツールの機能の作動を有効化する前に、外科システムとインターフェースする臨床医の注視が外科システムのディスプレイ上の有効化されたゾーンに向けられていることを確認することを含み得る。ツールの機能を作動させて、組織を操作することは、ツールで組織を挟持すること、ツールで組織に電気外科エネルギーを送達すること、ツールで組織をステーブル留めすること、ツールで組織を縫合すること、または組織にツールの刃先もしくはナイフを進めることのうち少なくとも1つを含み得る。

30

【0016】

本開示の別の態様では、外科システムは、撮像装置と、ツールと、処理ユニットと、を含む。撮像装置は、手術部位の画像を捕捉するように構成されている。ツールは、制御信号に応答して組織を操作するように構成されている機能を有する。処理ユニットは、撮像装置およびツールと通信し、捕捉された画像から標的組織に対するツールの距離を判定することと、ツールが標的組織の所定の距離内に配置されたときにツールの機能の作動を可能にすることと、を行うように構成されている。

40

【0017】

態様では、外科システムは、手術部位の表示を提供するように構成されているディスプレイを含む。処理ユニットは、手術部位の表示内の所定の距離によって画定される有効化されたゾーンの表示を提供するように構成され得る。処理ユニットは、ツールの機能が有効化されたときに、ディスプレイ上に視覚的にしるしを提供するように構成され得る。ディスプレイは、ツールの機能が有効化されたときに、ディスプレイの境界の色を変更するように構成され得る。

【0018】

50

一部の態様では、外科システムは、外科部位の表示を提供するように構成されているディスプレイを含む。処理ユニットは、ツールの機能の作動を有効化する前に、臨床医の注視がディスプレイに向けられていることを確認するように構成され得る。処理ユニットは、ツールが標的組織の所定の距離内にあるときに自動化タスクを完了するように構成され得る。処理ユニットは、ツールが標的組織から所定の距離を超えて配置されたときに、ツールの機能の作動を防止するように構成され得る。

【0019】

本開示の別の態様では、撮像装置を操作する方法は、撮像装置の視野内で追跡重心を識別することと、追跡重心を撮像装置の視界の中心にポージングするために撮像装置の姿勢を操作することと、追跡重心が撮像装置の視野内で移動するように、視野内で第1のツールを移動させることと、第1のツールが視野内で移動するときに追跡重心を追跡し、追跡重心を撮像装置の視界の中心に維持することと、を含む。

10

【0020】

態様では、追跡重心を識別することは、追跡重心を、第1のツールの第1のツール重心として画定することを含む。代替的に、追跡重心を識別することは、追跡重心を、第1のツールの第1のツール重心と標的組織との間の点として画定することを含み得る。追跡重心は、第1のツール重心と標的組織の重心との間の線の中点であり得る。

【0021】

いくつかの態様では、本方法は、追跡重心が撮像装置の視界内で移動するように、視野内で第2のツールを移動させることをさらに含む。追跡重心を識別することは、追跡重心を、第1のツールの第1のツール重心と第2のツールの第2のツール重心との間の点として画定することを含み得る。追跡重心は、第1のツール重心と第2のツール重心との間の線の中点であり得る。代替的に、追跡重心を識別することは、追跡重心を、第1のツールの第1のツール重心、第2のツールの第2のツール重心、および標的組織の間で三角測量された点として画定することを含み得る。

20

【0022】

特定の態様では、撮像装置の姿勢を操作することは、撮像装置を支持する外科ロボットのアームを移動させることを含む。追跡重心を追跡することは、追跡重心が視界の中心から所定の距離だけずれるまで、撮像装置の視野の再入場を遅らせることを含み得る。追跡重心を追跡することは、撮像装置の視界の移動速度を制限することを含み得る。

30

【0023】

本開示の別の態様において、外科システムは、第1のツールと、アームと、撮像装置と、を含む。第1のツールは、追跡重心を少なくとも部分的に画定する。アームは、手術部位内で移動可能である。撮像装置は、アームに支持され、視界を有する。撮像装置は、追跡重心を視界の中心に維持するように操作されるように構成されている。

【0024】

態様では、追跡重心は、第1のツールの第1のツール重心で画定される。代替的に、追跡重心は、第1のツールの第1のツール重心と手術部位内の標的との間の点で画定され得る。

【0025】

一部の態様では、外科システムは、第2のツールを含む。追跡重心は、第1のツールの第1のツール重心と第2のツールの第2のツール重心との間の点で画定され得る。追跡重心は、第1のツールの第1のツール重心、第2のツールの第2のツール重心、および手術部位内の標的の間の点で三角測量され得る。

40

【0026】

本明細書における方法は、既存のシステムの有効性を改善するために、既存のロボット外科システムのソフトウェアで実装することができることが想定される。加えて、本明細書で詳述されている一部の方法は、特殊な機器で強化することができる。

【0027】

さらに、矛盾しない程度に、本明細書に記載される態様のいずれかを、本明細書に記載

50

される他の態様のいずれかまたは全てと併せて使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

本開示の様々な態様を、本明細書に組み込まれ、その一部を構成する図面を参照して下で説明する。

【図1】本開示による、ユーザインターフェースおよびロボットシステムの概略図である。

【図2】図1のロボットシステムのリンケージの斜視図である。

【図3】図1のロボットシステムのツールが挿入された手術部位の概略図である。

【図4】ツールのツール姿勢に応答して、図3のツールの機能を有効化する方法を示すフローチャートである。

【図5】図1のユーザインターフェースのディスプレイの図である。

【図6】図1のロボットシステムのツールが挿入された手術部位の概略図であり、撮像装置の視野の中心を向けるための重心を示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

ここで本開示の実施形態が図面を参照して詳細に記載され、図面の中で同様の参照番号は、いくつかの図の各々において同一のまたは対応する要素を示す。本明細書に使用される際、「臨床医」という用語は、医師、看護師、または任意の他の医療提供者を指し、医療支援従事者を含み得る。本説明全体を通じて、「近位」という用語は、臨床医または外科ロボットアームに最も近い装置の部分または装置の構成要素を指し、「遠位」という用語は、臨床医または外科ロボットアームから最も遠い装置の部分または装置の構成要素を指す。

【0030】

図1を参照すると、本開示によるロボット外科システム1は、ロボットシステム10、処理ユニット30、およびユーザインターフェース40として概略的に示されている。ロボットシステム10は概して、リンケージまたはアーム12およびロボットベース18を含む。アーム12は、組織に作用するように構成されているエンドエフェクタ22を有するツール20を移動可能に支持する。アーム12はそれぞれ、ツール20を支持する端部14を有する。加えて、アーム12の端部14は、手術部位「S」を撮像する撮像装置16を含むことができる。ユーザインターフェース40は、処理ユニット30を介してロボットベース18と通信する。

【0031】

ユーザインターフェース40は、3次元画像を表示するように構成される表示装置44を含む。表示装置44は、手術部位「S」の3次元画像を表示し、3次元画像は、アーム12の端部14に配置された撮像装置16により捕捉されるデータを含み得るか、および/または手術現場の周りに配置された撮像装置（例えば、手術部位「S」内に配置された撮像装置、患者に隣接して配置された撮像装置、リンケージまたはアーム52の遠位端に配置された撮像装置56）により捕捉されるデータを含み得る。撮像装置（例えば、撮像装置16、56）は、手術部位「S」の視覚画像、赤外線画像、超音波画像、X線画像、熱画像、および/または任意の他の既知のリアルタイム画像を捕捉してもよい。撮像装置は、捕捉した撮像データを処理ユニット30に送信し、処理ユニット30は、撮像データからリアルタイムで手術部位「S」の3次元画像を作成し、その3次元画像を表示するために表示装置44に送信する。

【0032】

ユーザインターフェース40は、制御アーム43に支持される入力ハンドル42も含み、制御アーム43により、臨床医がロボットシステム10を操作することができる（例えば、アーム12、アーム12の端部14、および/またはツール20を移動させる）。入力ハンドル42の各々は、処理ユニット30と通信し、そこに制御信号を送信し、そこからフィードバック信号を受信する。追加的または代替的に、入力ハンドル42の各々は、

外科医がアーム 1 2 の端部 1 4 に支持されたツール 2 0 のエンドエフェクタ 2 2 を操作すること（例えば、挟持する、把持する、発射する、開く、閉じる、回転させる、突き出す、スライスするなど）を可能にする入力装置（図示せず）を含み得る。

【 0 0 3 3 】

入力ハンドル 4 2 の各々は、手術部位「S」内でアーム 1 2 の端部 1 4 を移動させるために、所定の作業空間を通して可動である。表示装置 4 4 上の 3 次元画像は、入力ハンドル 4 2 の移動により、アーム 1 2 の端部 1 4 が表示装置 4 4 上で見られるように移動するように配向される。表示装置上の 3 次元画像の配向は、患者の上からの視野に対して鏡映または回転され得ると理解されよう。加えて、表示装置 4 4 上の 3 次元画像のサイズは、手術部位「S」の実際の構造よりも大きくまたは小さく縮尺変更されて、臨床医が手術部位「S」内の構造をより良好な視野を有するようにし得ると理解されよう。入力ハンドル 4 2 が移動されると、ツール 2 0、したがって、エンドエフェクタ 2 2 が下記に詳述するように手術部位「S」内で移動する。本明細書で詳説するように、ツール 2 0 の移動はまた、ツール 2 0 を支持するアーム 1 2 の端部 1 4 の移動を含み得る。

10

【 0 0 3 4 】

ロボット外科システム 1 の構成および動作の詳細な考察については、その内容全体が参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 8, 8 2 8, 0 2 3 号を参照することができる。

【 0 0 3 5 】

図 2 を参照すると、ロボットシステム 1 0 は、その上でツール 2 0（図 1）を支持し、患者「P」（図 1）の小切開に対して、ツール 2 0 を小切開内に維持しながら、複数の配向でツール 2 0 を選択的に移動させるように構成されている。アーム 1 2 は、アーム 1 2 に様々な自由度を提供するために互いに枢動可能に接続された複数の細長い部材またはリンク 1 1 0、1 2 0、1 3 0、1 4 0 を含む。特に、アーム 1 2 は、第 1 のリンク 1 1 0、第 2 のリンク 1 2 0、第 3 のリンク 1 3 0、および第 4 のリンク 1 4 0 を含む。

20

【 0 0 3 6 】

第 1 のリンク 1 1 0 は、第 1 の端部 1 1 0 a および第 2 の端部 1 1 0 b を有する。第 1 の端部 1 1 0 a は、固定構造に回転可能に結合される。固定構造は、所定の位置にロックされた可動カート 1 0 2、手術台、支柱、手術室の壁、または手術室に存在する他の構造であり得る。第 1 のモータ「M 1」は、第 1 の端部 1 1 0 a に動作可能に結合され、第 1 のリンク 1 1 0 の長手方向軸を横切る第 1 の端部 1 1 0 a を通過する第 1 の回転軸 A₁ 周りで第 1 のリンク 1 1 0 を回転させる。第 1 のリンク 1 1 0 の第 2 の端部 1 1 0 b は、第 2 のリンク 1 2 0 の第 1 の端部 1 2 0 a に動作可能に結合された第 2 のモータ「M 2」を有し、モータ「M 2」の作動が、第 1 のリンク 1 1 0 の第 2 の端部 1 1 0 b および第 2 のリンク 1 2 0 の第 1 の端部 1 2 0 a を通して画定される第 2 の回転軸 A₂ 周りで第 1 のリンク 1 1 0 に対する第 2 のリンク 1 2 0 の回転をもたらすようにする。第 2 の回転軸 A₂ は、第 1 のリンク 1 1 0 の長手方向軸および第 2 のリンク 1 2 0 の長手方向軸を横切ることができると思定される。

30

【 0 0 3 7 】

第 2 のリンク 1 2 0 の第 2 の端部 1 2 0 b は、第 3 のリンク 1 3 0 の第 1 の端部 1 3 0 a に動作可能に結合され、第 3 のリンク 1 3 0 が、第 2 のリンクの第 2 の端部 1 2 0 b および第 3 のリンク 1 3 0 の第 1 の端部 1 3 0 a を通過する第 3 の回転軸 A₃ 周りで第 2 のリンク 1 2 0 に対して回転するようにする。第 3 の回転軸 A₃ は、第 2 の回転軸 A₂ と平行である。第 2 の回転軸 A₂ 周りの第 2 リンク 1 2 0 の回転は、第 3 の回転軸 A₃ 周りの第 3 のリンク 1 3 0 の回転に影響を与え、第 1 および第 3 のリンク 1 1 0、1 3 0 が互いに実質的に平行な関係を維持するようにする。第 1 のリンクと第 3 のリンクとの間の実質的に平行な関係を維持する例示的なメカニズムの詳細な説明については、2 0 1 8 年 1 月 1 0 日に出願された、米国仮特許出願第 6 2 / 6 1 5, 5 7 8 号 [代理人整理番号 # 3 5 5 8 7 2 . U S P 1 (2 0 3 - 1 0 5 4 2 P R O)]、発明の名称「SURGICAL ROBOTIC ARMS AND PULLEY ASSEMBLIES THERE

40

50

OF」、および2019年1月9日に出願された、国際特許出願第PCT/US2019/12839号[代理人整理番号#355872WO01]、発明の名称「SURGICAL ROBOTIC ARMS AND PULLEY ASSEMBLIES THEREOF」が参照され得、その内容全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0038】

第3のリンク130の第2の端部130bは、第4のリンク140の第1の端部140aに動作可能に結合される。第4のリンク140は、第3のリンク130の第2の端部130bおよび第4のリンク140の第1の端部140aを通過する第4の回転軸A₄周りで第3のリンク130に対して回転可能である。

【0039】

図3をさらに参照すると、第4のリンク140が、スライダ142を支持するレールの形態であることができる。スライダ142は、第4のリンク140の長手方向軸に平行な軸に沿ってスライド可能であり、ツール20を支持する。

【0040】

外科処置中に、ロボットシステム10は、ユーザインターフェース40から入力コマンドを受信し、ツール20を移動させて、エンドエフェクタ22が移動し、手術部位「S」内の組織を操作および/またはこれに作用するようにする。具体的には、ロボットアーム12のリンク110、120、130、140は、互いに対して回転され、スライダ142は、入力コマンドに応答して、手術部位「S」内でツール20を配置および配向するように並進される。ロボットアーム12を制御するために、ロボットシステム10は、入力コマンドからツール20の所望のツール姿勢を計算し、ツール20のツール姿勢を捕捉し、ロボットアーム12を操作して、ツール20を所望のツール姿勢に移動させる。所望のツール姿勢から、ロボットシステム10は、ロボットアーム12の必要なアーム姿勢を計算して、所望のツール姿勢を達成する。次に、ロボットアーム12は、どのリンク110、120、130、140を操作して必要なアームポーズに到達するか、つまり、ユーザインターフェース40(図1)によって捕捉された入力に回答して、手術部位「S」内のツール20の所望のツール姿勢に到達するかを判定する。

【0041】

ロボットアーム12のアームポーズを判定するために、ロボットシステム10は、手術部位「S」内に配置された撮像装置または内視鏡200を使用して、手術部位「S」内のツール20の位置および配向またはツール姿勢を捕捉する。本明細書で以下に詳述するように、内視鏡200は、手術部位内でツール姿勢を捕捉するものとして説明されるが、撮像装置を使用することができ、撮像装置のそれぞれが2次元または3次元画像を捕捉するために単一または複数のレンズを含み得ることが考えられる。

【0042】

内視鏡200は、手術部位「S」内で静止しているか、手術室内の臨床医によって操作され得るか、または内視鏡200の位置および配向が外科処置中に操作され得るように別のロボットアーム12に取り付けられ得る。ロボットシステム10は、内視鏡200を使用して、既知の技術を使用して手術部位「S」内のツール20のツール姿勢を視覚的に捕捉する。ツール20は、明確な色、明確なマーキング、明確な形状、またはそれらの組み合わせを使用することを含み得るが、これらに限定されない、ツール姿勢を捕捉するのを助けるためのしるしを含み得る。ツール20のツール姿勢は、内視鏡200に対してカメラフレームにおいて捕捉され、手術部位「S」のフレーム、ツール20のフレーム、ロボットアーム12のフレーム、または任意の他の所望の参照フレームに変換され得る。ツール20のツール姿勢を固定フレームに変換することが有益であり得ると想定される。

【0043】

ロボットシステム10は、ツール20のツール姿勢から、ロボットアーム12の既知の運動学を使用して、ツール20のツール姿勢から始まり、第1のリンク110に向かって動作するロボットアーム12のアーム姿勢を計算することができる。ツール20のツール姿勢からロボットアーム12のアーム姿勢を計算することにより、ツール20を手術部位

10

20

30

40

50

「S」内で所望のツール姿勢に移動させる解決策は、負荷がかかっているときのロボットアーム12またはツール20の変形を明らかにする。さらに、ツール姿勢からアーム姿勢を計算することにより、アーム12の第1のリンク110(図2)が結合されている固定構造(例えば、可動カート102)の位置を知る必要がなく、ツール20を所望のツール姿勢に移動させる解決策を判定する。解決策を計算する際に、ロボットシステム10は、アーム12と他のアーム12、手術室内の臨床医、患者、または手術室内の他の構造との任意の起こり得る衝突を明らかにする。さらに、共通フレーム、例えば単一の内視鏡のカメラフレームにおいてツール姿勢および/またはアーム姿勢を計算することにより、ツールおよび/またはアームの姿勢を、アーム、例えばアーム12のそれぞれの運動学を使用して同時に計算でき、リンク、例えばリンク110の場所を計算して、アーム12の起こり得る衝突を推定する。

【0044】

ロボットシステム10は、内視鏡200を用いて複数のツール20のツール姿勢を同時に捕捉するために使用され得ると考えられる。複数のツール20のツール姿勢を捕捉することにより、それらのツール20の相互作用とツール20のエンドエフェクタ22を高精度で制御することができる。この高精度制御は、自動化タスク、例えば組織の縫合を完了するために使用され得る。単一の内視鏡200を使用して複数のツール20のツール姿勢を捕捉することにより、自動化タスクの期間に対して、高精度のツール姿勢をカメラフレームから別のフレームに変換する必要性を減らすことで、自動化タスクの速度と精度を高めることができると想定される。

【0045】

2つ以上のカメラおよび/または内視鏡200を使用して、手術部位「S」内のツール20のツール姿勢を同時に捕捉できると考えられる。複数のカメラが使用されるときに、ツール20の位置および配向を、それらのカメラのうちの1つによって画定されるフレーム以外のフレームに変換することが有益であり得ることが理解されよう。

【0046】

捕捉されたツール姿勢からアーム姿勢を判定することにより、捕捉されたツール姿勢およびアーム12の運動学からアーム12のそれぞれを支持する可動カート102の位置を判定することが可能になると考えられる。外科処置が完了した後、外科処置の効率を判定し、可動カート102の位置を記録することができる。外科処置中の可動カート102の位置を高効率レーティングと比較することにより、所与の処置に対する可動カート102のガイドまたは推奨位置が提供されて、将来の外科処置の効率を上げることができる。外科処置の効率が上がると、手術結果を改善しながら、費用、手術時間、および回復時間を短縮することができる。

【0047】

引き続き図3、およびさらに図4を参照すると、捕捉された姿勢に応答して、ツール20の機能を有効および無効化する方法が、本開示に従って開示される。外科処置中、内視鏡200は、手術部位「S」内の解剖学的構造の位置を判定するために使用される。解剖学的構造の位置は、標的組織「T」が手術部位「S」内で識別できるように、術前スキャンに登録することができる。標的組織「T」は、外科処置の前および/または最中に識別でき、外科手術を行う臨床医または外科処置から離れた臨床医によって識別することができる。

【0048】

標的組織「T」が識別されると、標的組織「T」周りに有効化されたゾーン「EZ」が作成され、ツール20の機能の作動は、ツール20のエンドエフェクタ22が有効化されたゾーン「EZ」内にあるときに制限される。ツール20の機能の作動をエンドエフェクタ22が有効化されたゾーン「EZ」内にあるときに制限することにより、ツール20の不注意または意図しない作動を防止することができる。

【0049】

有効化されたゾーン「EZ」は、標的組織「T」に隣接する手術部位「S」内の幾何学

的な場所に基づく。有効化されたゾーン「EZ」のサイズは、ツール20の1つまたは複数の機能（例えば、挟持すること、電気外科エネルギーの送達、ステーブル留め、縫合、ナイフを進めることなど）に基づくことができる。有効化されたゾーン「EZ」は、標的組織「T」への他の解剖学的構造の近接性に基づくこともできる。例えば、他の解剖学的構造が標的組織「T」から離れているときに、他の解剖学的構造が標的組織「T」に近いまたは接触しているときよりも、有効化されたゾーン「EZ」が大きくなることがある。有効化されたゾーン「EZ」は、外科処置の前または最中に手動で設定することができ、またはツール20の機能に基づいて自動的に設定することができる。所与の外科処置について、標的組織「T」は、手術部位「S」を有する複数の場所にあり得ることが考えられる。そのような外科処置中、手術部位「S」は、各標的組織「T」周りに有効化されたゾーン「EZ」を含み得る。 10

【0050】

図5をさらに参照すると、有効化されたゾーン「EZ」のグラフィック表示をディスプレイ44に示すことができる。有効化されたゾーン「EZ」を標的組織「T」周りに雲のように示すことができるか、または有効化されたゾーン「EZ」の外側の領域が曇って見えるようにはっきりと示すことができる。追加的にまたは代替的に、有効化されたゾーン「EZ」をディスプレイ44上の別の形態の視覚的描写によって表すことができる。

【0051】

外科処置中、ツール20のツール姿勢は、上記に詳述したようにカメラによって捕捉される。ロボットシステム10が、ツール姿勢から、エンドエフェクタ22が有効化されたゾーン「EZ」の外側にあると判定したときに、ロボットシステム10は、臨床医がツール20の機能を作動させることを防止する。ディスプレイ44はまた、ツール20の機能が無効化されているという視覚的指標を提供し得ることが考えられる。例えば、ディスプレイ44上の境界45の色が赤であってもよく、ツール20またはツール20の一部（例えば、エンドエフェクタ22）の色が赤であってもよい。追加的または代替的に、ユーザインターフェース40の入力ハンドル42（図1）上の作動ボタン（図示せず）は、ツール20の機能が無効化されていることの視覚的指標（例えば、バックライトの色が赤色）を提供してもよい。 20

【0052】

ロボットシステム10が、ツール姿勢から、エンドエフェクタ22が有効化されたゾーン「EZ」に入ったことを判定すると、ロボットシステム10は、ツール20の機能を有効化する。ツール20が有効化されたゾーン「EZ」に入ると、ディスプレイ44が、ツール20の機能が有効化されていることの視覚的指標を提供してもよい。例えば、ディスプレイ44上の境界45が緑色であってもよく、ツール20またはツール20の一部（例えば、エンドエフェクタ22）が緑色であってもよい。追加的または代替的に、ユーザインターフェース40の入力ハンドル42（図1）上の作動ボタン（図示せず）は、ツール20の機能が有効化されていることの視覚的指標（例えば、バックライトが緑色）を提供してもよい。 30

【0053】

外科処置中、複数のツール20が手術部位「S」内にあることが想定される。ツール20は、標的組織「T」の有効化されたゾーン「EZ」に対するそれぞれのツールのエンドエフェクタ22の位置に基づいて、ツール20の機能を独立して有効化してもよい。代替的に、複数のツールが手術部位「S」内にある場合、ツール20の機能は、両方のエンドエフェクタ22が有効化されたゾーン「EZ」内に配置されるときにのみ有効化され得ると考えられる。このような方法で機能の有効化を制限することは、ツール20が協働して標的組織「T」に作用するときにより好ましいことがある。 40

【0054】

本方法は、ツール20の機能を有効化する前に、ユーザインターフェース40に従事する臨床医の注視がディスプレイ44上の有効化されたゾーン「EZ」に向けられていることを確認することを含み得る。具体的には、外科処置中、ユーザインターフェース40は 50

、それに従事している臨床医の注視を追跡する。内視鏡 200 が、ツール 20 のうちの 1 つのエンドエフェクタ 22 が有効化されたゾーン「EZ」に入るとを判定すると、ユーザインターフェース 40 は、ユーザインターフェース 40 に従事する臨床医の注視が標的組織「T」および/または有効化されたゾーン「EZ」の表示を含むディスプレイ 44 の一部に向けられていることを確認する。ツール 20 の機能を有効化する前に、臨床医の注視が標的組織「T」または有効化されたゾーン「EZ」に向けられることを要求することで、外科処置にさらなるレベルの安全性を提供する。

【0055】

上記で詳述したように、内視鏡 200 は、手術部位「S」周りに移動可能とすることができる。内視鏡 200 が手術部位「S」周りに移動すると、内視鏡 200 の位置が静止するまで、ツール 20 の機能は無効化されると考えられる。内視鏡 200 が手術部位「S」周りで移動する際に、ツール 20 の機能を無効化することにより、外科処置にさらなるレベルの安全性を提供する。

10

【0056】

図 6 を参照すると、外科処置中、撮像装置または内視鏡 200 の視野の中心および/または視界を変更する方法が、上記に詳述したロボット外科システム 1 を利用して説明される。外科処置中、手術部位「S」の視野は、手術部位「S」内のツール 20 のエンドエフェクタ 22 を追跡することができる。ツール 20 のエンドエフェクタ 22 を追跡することにより、ユーザインターフェース 40 に従事する臨床医の注意または焦点を外科処置に向け、内視鏡 200 の視野の中心を向けることによって気を散らすこと、または浪費することがないようにすることができる。

20

【0057】

内視鏡 200 は、ロボットシステム 10 (図 2) のアーム 12 上に配置され、ロボットシステム 10 が、外科処置中に内視鏡 200 を操作することができる。最初に、内視鏡 200 は、関心領域に向けられた内視鏡の視野の中心を伴って手術部位「S」に導入される。関心領域は、手術部位「S」へのツール 20 のエンドエフェクタ 22 の入口点とすることができ、または手術部位「S」内の標的組織「T」に向けられることができる。加えて、内視鏡 200 の視界を、手術部位「S」の広い領域を包含するように設定することができる。

【0058】

内視鏡 200 の視界および視野の中心「CV」が設定されると、ツール 20 のエンドエフェクタ 22 は、内視鏡 200 の視界「FV」内にもたらされる。次いで、内視鏡 200 を使用して、上記に詳述したようにツール 20 のツール姿勢を判定する。ツール姿勢から、エンドエフェクタ 22 の重心「C₁」を判定することができる。内視鏡 200 の視野の中心は、重心「C₁」が内視鏡 200 によって追跡されるように、エンドエフェクタ 22 の重心「C₁」に向けられるように中心直しがされる。本明細書で使用されるように、重心は、特徴など、または数学的に計算可能な場所を含み得ることが理解される。

30

【0059】

外科処置中、エンドエフェクタ 22 の重心「C₁」が、手術部位「S」周りに移動することが理解されよう。重心「C₁」が移動すると、内視鏡 200 の視野の中心「CV」は、エンドエフェクタ 22 の重心「C₁」を追跡するように中心直しをする。外科処置中、内視鏡 200 の視野の中心「CV」の中心直しをすることにより、臨床医の注意および焦点を外科処置に向けることができる。

40

【0060】

中心直しは、ディスプレイ 44 (図 1) を見る臨床医の気をそらさせないような方法で視野の中心「CV」が移動するような方法で行うことができる。中心直しは、中心直しの速度を制御して、視野の中心「CV」の中心直し中に知覚的に適切な体験を確実にすることができるような方法で行われる。中心直しは、中心直しがスムーズな方法で生じるように、重心「C₁」の滞留時間を実装することができる。中心直しは、内視鏡 200 の視野の中心「CV」の最大速度を有することもできる。加えて、中心直しはまた、移動の開始

50

時および終了時における内視鏡 200 の視野の中心「C V」の加速/減速を形成して、視野の中心「C V」の中心直しをユーザインターフェース 40 に従事する臨床医に快適に保つことができる。さらに、中心直しが、エンドエフェクタ 22 への視野の中心「C V」の継続的な追跡を防止するために、ヒステリシスの形態を組み込んでもよい。例えば、中心直しは、エンドエフェクタ 22 の重心、例えば、重心「C₁」が、内視鏡の視野の中心「C V」から、所定の距離、例えば、約 3 cm だけオフセットされるまで発生しなくてもよい。中心直しを、完全に自動化することができるか、または臨床医の裁量で選択的に作動させることができると想定される。

【0061】

内視鏡 200 の視野の中心は、エンドエフェクタ 22 の重心「C₁」と標的組織「T」との間の中央の重心「C₂」を追跡できることが考える。加えて、内視鏡 200 は、エンドエフェクタ 22 の重心「C₁」と標的組織「T」との間の距離に基づいて、エンドエフェクタ 22 が標的組織に近づくにつれて、内視鏡 200 がズームインするか、視界「F V」のサイズを縮小するようにその視界「F V」を調整することができる。加えて、エンドエフェクタ 22 が標的組織「T」から離れるように移動するにつれて、内視鏡 200 はズームアウトするか、視界「F V」のサイズを拡大する。

10

【0062】

手術部位「S」内で 2 つのツール 20 を用いた外科処置中、内視鏡 200 の視野の中心「C V」は、第 1 のエンドエフェクタ 22 の重心「C₁」と第 2 のエンドエフェクタ 22 の重心「C₃」の重心との間の中央の重心「C₄」を追跡することができる。内視鏡 200 の視野の中心「C V」で重心「C₄」を追跡することにより、第 1 および第 2 のエンドエフェクタ 22 の相互作用を臨床医が見ることができる。加えて、内視鏡 200 は、重心「C₁」と重心「C₃」との間の距離に基づいてズームインおよびズームアウトするようにその視界「F V」を変更することができる。代替的に、内視鏡 200 の視野の中心「C V」は、第 1 のエンドエフェクタ 22 の重心「C₁」および標的組織「T」との間の中央の重心「C₂」を追跡し、第 2 のエンドエフェクタ 22 の重心「C₃」を無視することができる。内視鏡 200 の視野の中心「C V」を用いた重心「C₄」の追跡に、ある形態のヒステリシスが導入されてもよいことが理解されよう。

20

【0063】

手術部位「S」内に 3 つ以上のツール 20 を用いた外科処置中、内視鏡 200 の視野の中心「C V」は、2 つのツール 20 に関して上記で詳述したものと同様の方法で、アクティブなエンドエフェクタ 22 の重心（例えば、重心「C₁」および「C₃」）の間の中央の重心（例えば、重心「C₄」）を追跡することができる。アクティブなエンドエフェクタ 22 が手術部位「S」内で変化すると、内視鏡 200 の視野の中心「C V」は、アクティブなエンドエフェクタ 22 の間の重心に中心直しをする。

30

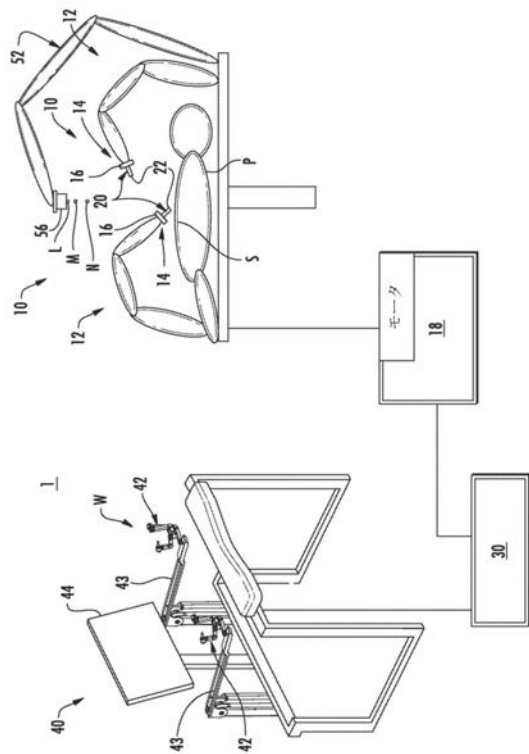
【0064】

本開示のいくつかの実施形態が図面に示されているが、本開示は当該技術分野が許容するものと同程度に広い範囲であるとされるべきであり、本明細書が同様に読み取られるべきであると意図されているので、本開示は、これらの実施形態に限定されることを意図していない。上記実施形態の任意の組み合わせがさらに考えられ、添付の特許請求の範囲に含まれる。したがって、上記の説明は、限定的であるとして解釈されるべきではなく、特定の実施形態の単なる例示として解釈されるべきである。当業者は、本明細書に添付される特許請求の範囲内の他の修正を想定するであろう。

40

【図 1】

【図 1】



【図 2】

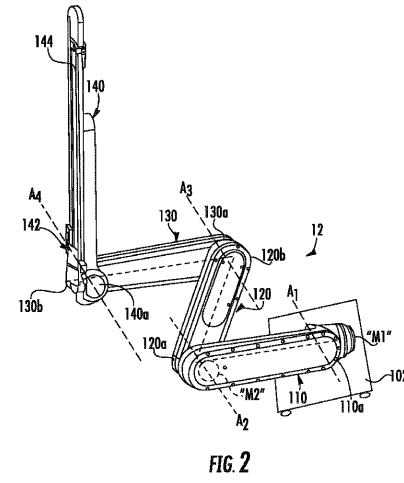


FIG. 2

【図 3】

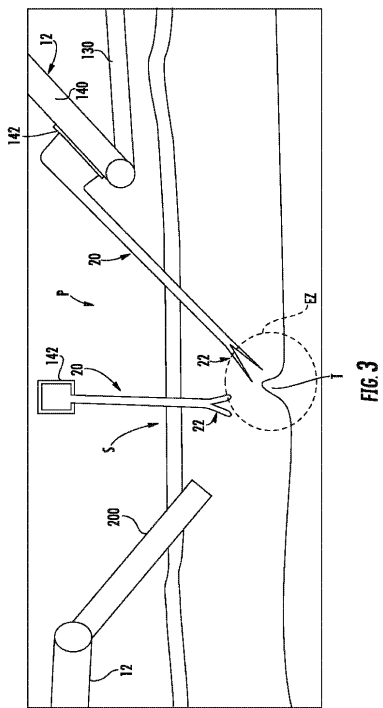
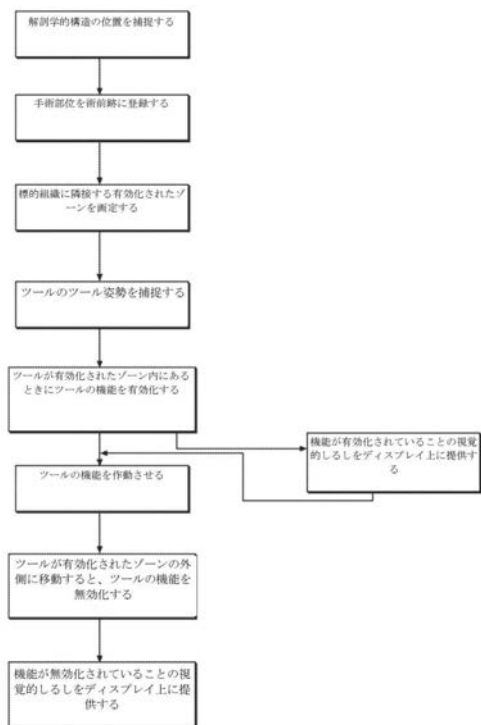


FIG. 3

【図 4】

【図 4】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2019/012847
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B 34/35(2016.01)i, A61B 34/20(2016.01)i, A61B 90/00(2016.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B 34/35; A61B 17/00; A61B 19/00; A61B 3/113; A61B 34/30; A61B 5/055; A61B 90/00; B25J 9/16; H04N 13/04; A61B 34/20		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: capturing, first tool pose, first arm pose, manipulating, distance, enablement zone, visual indicia, display, tracked centroid, center of the field of view, tracking		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016-0008078 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 14 January 2016 See abstract; paragraphs [0063]-[0067]claims 1-20; and figures 1-15.	1-8
A		9-40
X	US 9259290 B2 (JENKINS, K. L. et al.) 16 February 2016 See column 3, lines 27-36; column 14, line 51 - column 15, line 24; claims 1-12; and figures 1-26.	9-16, 18-23, 25, 26
Y		17, 24
Y	US 9360934 B2 (RUIZ MORALES, E. et al.) 07 June 2016 See abstract; claims 1-31; and figures 1, 2.	17, 24
Y	US 2017-0339399 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 23 November 2017 See abstract; paragraphs [0047], [0166]-[0172]; and figures 1A-18B.	27-40
Y	US 2016-0354166 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 08 December 2016 See abstrat; claims 1-20; and figures 1-9B.	27-40
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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		"I" 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 01 May 2019 (01.05.2019)		Date of mailing of the international search report 02 May 2019 (02.05.2019)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer HAN, Inho Telephone No. +82-42-481-3362

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2019/012847

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date		
US 2016-0008078 A1	14/01/2016	CN 105188590 A	23/12/2015		
		EP 2928407 A1	14/10/2015		
		JP 2016-504077 A	12/02/2016		
		JP 2018-110873 A	19/07/2018		
		JP 6293777 B2	14/03/2018		
		KR 10-2015-0120944 A	28/10/2015		
		US 10064682 B2	04/09/2018		
		US 2014-0163736 A1	12/06/2014		
		US 2018-0338804 A1	29/11/2018		
		US 9259282 B2	16/02/2016		
		WO 2014-093367 A1	19/06/2014		
		US 9259290 B2	16/02/2016	CN 102625669 A	01/08/2012
				CN 102625669 B	23/09/2015
CN 102625670 A	01/08/2012				
CN 102625670 B	15/07/2015				
EP 2440129 A2	18/04/2012				
EP 2440130 A2	18/04/2012				
EP 2440131 A2	18/04/2012				
EP 2440131 B1	04/04/2018				
EP 2442717 A2	25/04/2012				
EP 2442718 A2	25/04/2012				
EP 2442718 B1	25/04/2018				
EP 2678067 A2	01/01/2014				
JP 2012-529352 A	22/11/2012				
JP 2012-529977 A	29/11/2012				
JP 2015-142744 A	06/08/2015				
JP 5859431 B2	10/02/2016				
JP 6082414 B2	15/02/2017				
US 2010-0312094 A1	09/12/2010				
US 2010-0312095 A1	09/12/2010				
US 2010-0312096 A1	09/12/2010				
US 2010-0317961 A1	16/12/2010				
US 2010-0317962 A1	16/12/2010				
US 2013-0116543 A1	09/05/2013				
US 2013-0123598 A1	16/05/2013				
US 2013-0131496 A1	23/05/2013				
US 2014-0024909 A1	23/01/2014				
US 8369930 B2	05/02/2013				
US 8396532 B2	12/03/2013				
US 8768433 B2	01/07/2014				
US 8825133 B2	02/09/2014				
US 8886288 B2	11/11/2014				
US 9439735 B2	13/09/2016				
WO 2010-144402 A2	16/12/2010				
WO 2010-144402 A3	03/03/2011				
WO 2010-144405 A2	16/12/2010				
WO 2010-144405 A3	03/03/2011				
WO 2010-144419 A2	16/12/2010				

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2019/012847

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		WO 2010-144419 A3	03/03/2011
		WO 2010-148083 A2	23/12/2010
		WO 2010-148083 A3	31/03/2011
		WO 2010-148088 A2	23/12/2010
		WO 2010-148088 A3	31/03/2011
		WO 2012-116265 A2	30/08/2012
		WO 2012-116265 A3	27/12/2012
US 9360934 B2	07/06/2016	CA 2795216 A1	13/10/2011
		CN 102958464 A	06/03/2013
		CN 102958464 B	02/03/2016
		CN 105852972 A	17/08/2016
		EP 2555703 A1	13/02/2013
		EP 2555703 B1	25/07/2018
		EP 3395251 A1	31/10/2018
		ES 2692695 T3	04/12/2018
		IT 1401669 B1	02/08/2013
		IT MI20100579 A1	08/10/2011
		RU 2012142510 A	20/05/2014
		RU 2015145035 A	10/01/2019
		RU 2569699 C2	27/11/2015
		US 10251713 B2	09/04/2019
		US 2013-0030571 A1	31/01/2013
		US 2016-0249992 A1	01/09/2016
		WO 2011-125007 A1	13/10/2011
US 2017-0339399 A1	23/11/2017	US 10038888 B2	31/07/2018
		US 2009-0245600 A1	01/10/2009
		US 2012-0154564 A1	21/06/2012
		US 2018-0324414 A1	08/11/2018
		US 8155479 B2	10/04/2012
		US 9699445 B2	04/07/2017
US 2016-0354166 A1	08/12/2016	CN 105992568 A	05/10/2016
		CN 105992568 B	08/06/2018
		EP 3104804 A1	21/12/2016
		JP 2017-505202 A	16/02/2017
		WO 2015-121765 A1	20/08/2015

フロントページの続き

(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, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 ローゼンバーグ, メイア

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02459, ニュートン, バーディーロード 27

(72)発明者 メグラン, ドワイト

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02090, ウェストウッド, ワイルドウッド
ドライブ 90