

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-221660

(P2017-221660A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 34/20 (2016.01)	A 6 1 B 34/20	3 C 7 0 7
A 6 1 B 34/30 (2016.01)	A 6 1 B 34/30	
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08	A
B 2 5 J 5/00 (2006.01)	B 2 5 J 5/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2017-114197 (P2017-114197)
 (22) 出願日 平成29年6月9日(2017.6.9)
 (31) 優先権主張番号 15/180, 135
 (32) 優先日 平成28年6月13日(2016.6.13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 507400686
 グローバス メディカル インコーポレイ
 ティッド
 アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 オー
 デュボン ジェネラル アーミステッド
 アベニュー 2560

(74) 代理人 110000338
 特許業務法人HARAKENZO WOR
 LD PATENT & TRADEMA
 RK

(72) 発明者 ノーバート, ジョンソン
 アメリカ合衆国, 01845 マサチュー
 セッツ州, ノース アンドーバー, ストー
 ンウェッジ サークル 32

最終頁に続く

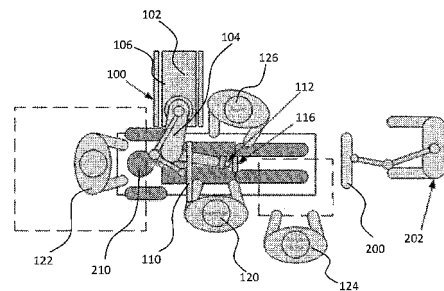
(54) 【発明の名称】 外科用ツールシステム及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 外科用器具等の器具が、移動される際に、高度の的確さをもって追跡できるようにするために、ロボットの場所が精密であることを確保し、かつ、動作室環境の周囲の、ロボットシステムまたは他の医療用機器の移動を制御することができる外科用システムツールを提供する。

【解決手段】 外科用ロボットシステム100は、ロボット基部106、ロボット基部に連結されたロボットアーム104、及びロボットアームに連結されたエンドエフェクタ112を有する、ロボット102を含んでもよい。ロボットは、ロボット基部に取り付けられ、ロボットの多軸移動を可能にする複数の全方向性車輪を含んでもよい。ロボットは、ロボット基部の所望の移動を検出するためのセンサ200、及び複数の全方向性車輪のうちの2つ以上を作動させることによってロボットの多軸移動を制御するために、複数のセンサに応答する制御システムを更にも含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ロボット基部、前記ロボット基部に連結されたロボットアーム、及び前記ロボットアームに連結されたエンドエフェクタを有するロボットであって、前記エンドエフェクタが、少なくとも 1 つのカメラによって検出可能な複数の追跡マーカを含む、ロボットと、

前記ロボット基部に取り付けられ、前記ロボットの多軸移動を可能にする複数の全方向性車輪と、

前記ロボット基部の所望の移動を検出するための複数のセンサと、

前記複数の全方向性車輪のうち 2 つ以上を作動させることによって前記ロボットの前記多軸移動を制御するために、前記複数のセンサに応答する制御システムと、を備える、
外科用ロボットシステム。

10

【請求項 2】

前記複数の全方向性車輪のそれぞれが、中心ハブを含み、複数のローラが、前記中心ハブに装着されている、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項 3】

前記複数のローラが、前記中心ハブの中心軸に対して角度を付けて装着される、請求項 2 に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項 4】

前記多軸移動が、平面内における移動と、2D 座標系における移動と、前後方向における 3 軸移動、側方向における移動、ならびに前記前後及び側方向に垂直な定義された軸の周囲の回転と、から成る群から選択される、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

20

【請求項 5】

前記所望の移動を検出するための複数のセンサが、ひずみゲージ、力感知抵抗器、 piezo 電気センサ、piezo 容量圧力センサ、piezo 抵抗器、及び微小電気機械システム (MEMS) 微小規模ひずみゲージから成る群から選択される、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項 6】

前記所望の移動を検出するための複数のセンサが、前記ロボット基部の左及び右ハンドルに装着される、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項 7】

前記所望の移動を検出するための複数のセンサが、前記ロボット基部のジョイスティックに装着され、前記所望の移動が、前記ジョイスティックの移動によって指示される、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

30

【請求項 8】

前記複数のセンサが、前/後方向における所望の前方左車輪力、前記前/後方向における所望の後方左車輪力、側方向における所望の後方左車輪力、前/後方向における所望の前方右車輪力、側方向における後方右車輪力、及び後/前方向における後方右車輪力を感知するように動作可能である、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項 9】

前記複数のセンサが、略円形アレイ、略楕円形アレイ、略矩形アレイ、及び略正方形アレイから成る群から選択される平面構成で装着されたセンサアレイを含む、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

40

【請求項 10】

前記複数の全方向性車輪のそれぞれに電力を供給するために前記制御システムの制御下にある少なくとも 1 つのモータを更に備える、請求項 1 に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項 11】

前記エンドエフェクタにおける前記複数の追跡マーカが、アクティブ状態及び非アクティブ状態を有するアクティブマーカであって、前記アクティブ状態は、前記少なくとも 1 つのカメラによって検出される赤外信号を発出し、前記非アクティブ状態は、前記複数の

50

追跡マーカが前記少なくとも1つのカメラによって検出されないように、前記赤外信号を発生しない、請求項1に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項12】

前記ロボットシステムによって追跡されるべき1つ以上の追跡マーカを有する外科用器具を更に備え、前記外科用器具が、外科手技のための所与の軌道に沿って前記外科用器具を整合するために、前記エンドエフェクタ内に位置付けられるように構成される、請求項1に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項13】

ロボット基部、前記ロボット基部に連結されたロボットアーム、及び前記ロボットアームに連結されたエンドエフェクタを有するロボットであって、前記エンドエフェクタが、
少なくとも1つの器具を受け入れるための誘導管を含む、ロボットと、

前記ロボット基部に取設され、平面の全般的領域における前記ロボットの3軸移動を可能にする複数の全方向性車輪と、

前記ロボット基部の所望の移動を検出するための複数のセンサと、

前記複数の全方向性車輪のうち2つ以上を作動させることによって前記ロボット基部の前記3軸移動を制御するために、前記複数のセンサに応答する制御システムと、を備える、外科用ロボットシステム。

【請求項14】

前記複数の全方向性車輪のそれぞれが、中心ハブを含み、複数のローラが、前記中心ハブに装着される、請求項13に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項15】

前記所望の移動を検出するための複数のセンサが、ひずみゲージ、力感知抵抗器、 piezo電気センサ、piezo容量圧力センサ、piezo抵抗器、及び微小電気機械システム(MEMS)微小規模ひずみゲージから成る群から選択される、請求項13に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項16】

複数のモータを更に備え、1つのモータが、前記複数の全方向性車輪のそれぞれのためのものであり、各モータが、前記複数の全方向性車輪のうち1つを独立して給電するために前記制御システムによって制御される、請求項13に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項17】

前記複数のセンサが、前/後方向における所望の前方左車輪力、前記前/後方向における所望の後方左車輪力、側方向における所望の後方左車輪力、前/後方向における所望の前方右車輪力、側方向における後方右車輪力、及び後/前方向における後方右車輪力を感知するように動作可能である、請求項13に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項18】

前記複数のセンサが、略円形アレイ、略楕円形アレイ、略矩形アレイ、及び略正方形アレイから成る群から選択される平面構成で装着されたセンサアレイを含む、請求項13に記載の外科用ロボットシステム。

【請求項19】

ロボット基部、前記ロボット基部に連結されたロボットアーム、及び前記ロボットアームに連結されたエンドエフェクタを有するロボットであって、前記エンドエフェクタが、少なくとも1つのカメラによって検出可能な複数の追跡マーカを含む、ロボットと、

前記ロボット基部に取り付けられ、前記ロボットの多軸移動を可能にする複数の全方向性車輪であって、前記複数の全方向性車輪のそれぞれが、中心ハブを含み、複数のローラが前記中心ハブに装着される、複数の全方向性車輪と、を備える、外科用ロボットシステム。

【請求項20】

前記複数のローラが、前記中心ハブの中心軸に対して角度を付けて装着される、請求項19に記載の外科用ロボットシステム。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2016年4月11日に出願された米国特許出願第15/095,883号の一部継続であり、その米国特許出願は、2013年10月24日に出願された米国特許出願第14/062,707号の一部継続であり、その米国特許出願は、2013年6月21日に出願された米国特許出願第13/924,505号の一部継続出願であり、その米国特許出願は、2012年6月21日に出願された仮出願第61/662,702号に対する優先権を主張し、及び2013年3月15日に出願された仮出願第61/800,527号に対する優先権を主張し、それらの全ては、全ての目的のためにその全体として参照することにより本明細書に組み込まれる。

10

【0002】

〔技術分野〕

本開示は、医療用ロボットシステム、より詳細には、ロボットシステムまたはその構成要素の制御された移動に関する。

【0003】

〔背景技術〕

位置認識システムは、3次元(3D)における特定の物体の位置を判定するために及びその物体を追跡するために使用される。ロボット支援手術において、例えば、ある物体、例えば、外科用器具等は、その器具が、例えば、ロボットまたは医師によって位置付けられ、移動される際に、高度の的確さをもって追跡される必要がある。

20

【0004】

赤外信号に基づく位置認識システムは、物体の追跡のためにパッシブ及び/もしくはアクティブセンサまたはマーカを使用してもよい。パッシブセンサまたはマーカにおいて、追跡されるべき物体は、パッシブセンサ、例えば、反射性球体ボール等を含んでもよく、それらは、追跡されるべき物体上の効果的な場所に位置付けられる。赤外伝送器は信号を伝送し、反射性球体ボールは信号を反射して、3Dにおける物体の位置の判定を助ける。アクティブセンサまたはマーカにおいて、追跡されるべき物体は、アクティブ赤外伝送器、例えば、発光ダイオード(LED)等を含み、このため、3D検出のためにそれら自体の赤外信号を発生する。

30

【0005】

アクティブまたはパッシブ追跡センサのいずれかを用いて、システムは、次いで、赤外カメラ、デジタル信号、アクティブもしくはパッシブセンサの既知の場所、距離、それが応答信号を受信するためにかかった時間、他の既知の変数、またはこれらの組み合わせのうちの一つ以上からの情報あるいはそれに関する情報に基づいて、アクティブ及び/またはパッシブセンサの3次元位置を幾何学的に解明する。

【0006】

1つの問題は、ロボットの場所が精密であることを確保し、かつ、例えば、動作室環境の周囲の、ロボットシステムまたは他の医療用機器の移動を制御することである。

40

【0007】

〔発明の概要〕

この及び他のニーズを満たすために、例えば、全方向性車輪を用いる、ロボット支援手術の移動を制御するためのデバイス、システム、及び方法が提供される。

【0008】

一実施形態によれば、外科用ロボットシステムは、ロボット基部、ロボット基部に連結されたロボットアーム、及びロボットアームに連結されたエンドエフェクタであって、少なくとも一つのカメラによって検出可能な複数の追跡マーカを含むエンドエフェクタを有するロボットと、ロボット基部に取り付けられ、ロボットの多軸移動を可能にする複数の全方向性車輪と、ロボット基部の所望の移動を検出するための複数のセンサと、複数の全

50

方向性車輪のうちの2つ以上を作動させることによってロボットの多軸移動を制御するための複数のセンサに応答する制御システムと、を含む。

【0009】

別の実施形態によれば、外科用ロボットシステムは、ロボット基部、ロボット基部に連結されたロボットアーム、及びロボットアームに連結されたエンドエフェクタであって、少なくとも1つの器具を受け入れるための誘導管を含むエンドエフェクタを有するロボットと、ロボット基部に取設され、平面の全般的領域におけるロボットの3軸移動を可能にする複数の全方向性車輪と、ロボット基部の所望の移動を検出するための複数のセンサと、複数の全方向性車輪のうちの2つ以上を作動させることによって、ロボット基部の3軸移動を制御するための複数のセンサに応答する制御システムと、を含む。

10

【0010】

更に別の実施形態によれば、外科用ロボットシステムは、ロボット基部、ロボット基部に連結されたロボットアーム、及びロボットアームに連結されたエンドエフェクタであって、少なくとも1つのカメラによって検出可能な複数の追跡マーカを含むエンドエフェクタを有するロボットと、ロボット基部に取り付けられ、ロボットの多軸移動を可能にする複数の全方向性車輪であって、複数の全方向性車輪のそれぞれが、複数のローラが装着された中心ハブを含む、複数の全方向性車輪と、を備える、外科用ロボットシステムを含む。

【0011】

〔図面の簡単な説明〕

20

図1は、外科手技の間のロボットシステム、患者、外科医、及び他の医療要員の場所についての潜在的配設の頭上図である。

【0012】

図2は、一実施形態に係る患者に対する外科用ロボット及びカメラの位置付けを含むロボットシステムを例解する。

【0013】

図3は、例示的な実施形態に従って外科用ロボットシステムを例解する。

【0014】

図4は、例示的な実施形態に従って外科用ロボットの一部分を例解する。

【0015】

図5は、例示的な実施形態に従って外科用ロボットのブロック図を例解する。

30

【0016】

図6は、例示的な実施形態に従って外科用ロボットを例解する。

【0017】

図7A～7Cは、例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタを例解する。

【0018】

図8は、一実施形態に係るエンドエフェクタの誘導管への外科用器具の挿入前及び後の、外科用器具及びエンドエフェクタを例解する。

【0019】

図9A～9Cは、例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタ及びロボットアームの一部分を例解する。

40

【0020】

図10は、例示的な実施形態に従う動的参照アレイ、画像化アレイ、及び他の構成要素を例解する。

【0021】

図11は、例示的な実施形態に従って登録の方法を例解する。

【0022】

図12A～12Bは、例示的な実施形態に係る画像化デバイスの実施形態を例解する。

【0023】

図13は、本開示の制御システム及び全方向性車輪（「全車輪」）が装備されたロボッ

50

トデバイスの上面図であり、センサのアレイの第 1 の実施例を描写する。

【 0 0 2 4 】

図 1 4 A ~ 1 4 D は、ロボットの移動に有用なセンサのアレイを描写する。

【 0 0 2 5 】

図 1 5 A 及び 1 5 B は、電力をロボットの全車輪に加えるための構成を描写する。

【 0 0 2 6 】

図 1 6 は、本開示に係る画像化システムにおいて有用な第 1 の種類の全方向性車輪（「全車輪」）の実施例の斜視図である。

【 0 0 2 7 】

図 1 7 は、本開示において有用な第 2 の種類の全車輪の実施例の斜視図である。

10

【 0 0 2 8 】

図 1 8 は、本開示において有用な第 3 の種類の全車輪の実施例の斜視図である。

【 0 0 2 9 】

図 1 9 は、本開示において有用な第 4 の種類の全車輪の実施例の立面図である。

【 0 0 3 0 】

〔 発 明 を 実 施 す る た め の 形 態 〕

本開示は、その用途において、本明細書における説明に記載される、または図面において例解される、構成要素の構築及び配設の詳細に制限されないことが理解されるものとする。本開示の教示は、他の実施形態において使用及び実践されてもよいし、種々の方法において実践または実行されてもよい。また、本明細書において使用される専門表現及び専門用語が、説明目的のためであり、制限として見なされるべきではないことが理解されるものとする。本明細書における「含む (i n c l u d i n g)」、「備える (c o m p r i s i n g)」、または「有する (h a v i n g)」、及びこれらの変化形の使用は、その後列記される項目、及びそれらの同等物、ならびに追加の項目を包含することが意味される。別途指定または制限されない限り、「装着された (m o u n t e d)」、「接続された (c o n n e c t e d)」、「支持された (s u p p o r t e d)」、及び「連結された (c o u p l e d)」という用語、ならびにこれらの変化形は、広義に使用され、直接的及び間接的双方の装着、接続、支持、及び連結を包含する。更に、「接続された (c o n n e c t e d)」及び「連結された (c o u p l e d)」は、物理的もしくは機械的接続または連結に制限されない。

20

30

【 0 0 3 1 】

以下の考察は、当業者が本開示の実施形態を作製及び使用することを可能にするために提示される。例解される実施形態への種々の修正は、当業者には容易に明らかであり、本明細書における原理は、本開示の実施形態から逸脱することなく、他の実施形態及び用途に適用され得る。このため、実施形態は、示される実施形態に制限されることを意図しないが、本明細書において開示される原理及び特性と一致する最も広い範囲が与えられるものとする。以下の発明を実施するための形態は、異なる図面における同様の要素が同様の参照番号を有する図面を参照して読まれるものとする。図面は、必ずしも縮尺通りではなく、選択された実施形態を描写し、実施形態の範囲を制限することを意図しない。当業者は、本明細書において提供される実施例が、多くの有用な代替物を有し、実施形態の範囲内にあることを認識するであろう。

40

【 0 0 3 2 】

ここで、図面を参照すると、図 1 及び 2 は、例示的な実施形態に従って外科用ロボットシステム 1 0 0 を例解する。外科用ロボットシステム 1 0 0 は、例えば、外科用ロボット 1 0 2、1 つ以上のロボットアーム 1 0 4、基部 1 0 6、表示器 1 1 0、例えば、誘導管 1 1 4 を含む、エンドエフェクタ 1 1 2、及び 1 つ以上の追跡マーカ 1 1 8 を含んでもよい。外科用ロボットシステム 1 0 0 は、患者追跡デバイス 1 1 6 を含んでもよく、また、患者追跡デバイス 1 1 6 は、1 つ以上の追跡マーカ 1 1 8 を含み、それは、患者 2 1 0 に（例えば、患者 2 1 0 の骨に）直接固定されるように適合される。外科用ロボットシステム 1 0 0 はまた、例えば、カメラスタンド 2 0 2 上に位置付けられた、カメラ 2 0 0 を利

50

用してもよい。カメラスタンド202は、カメラ200を所望の位置に移動、配向、及び支持するために、任意の適切な構成を有することができる。カメラ200は、任意の適切なカメラまたは複数のカメラ、例えば、カメラ200の視点から見る事ができる所与の測定量においてアクティブ及びパッシブ追跡マーカ118を識別することができる、例えば、1つ以上の赤外カメラ（例えば、2焦点または立体写真測量カメラ）等を含んでもよい。カメラ200は、所与の測定量をスキャンしてもよく、3次元におけるマーカ118の位置を識別及び判定するために、マーカ118から来る光を検出してもよい。例えば、アクティブマーカ118は、電気信号（例えば、赤外発光ダイオード（LED））によって作動される赤外発光マーカを含んでもよく、パッシブマーカ118は、例えば、カメラ200または他の適切なデバイス上の照明器によって発出される赤外光を反射するレトロな反射性マーカ（例えば、それらは、入射光の方向に入射するIR放射を反射する）を含んでもよい。

10

20

30

40

50

【0033】

図1及び2は、動作室環境における外科用ロボットシステム100の配置のための潜在的な構成を例解する。例えば、ロボット102は、患者210の近くまたは次に位置付けられてもよい。患者210の頭部の近くが描写されるが、ロボット102は、手術を受けている患者210の領域に依りて、患者210の近くの任意の適切な場所に位置付けることができることが理解されるであろう。カメラ200は、ロボットシステム100から分離されてもよいし、患者210の足に位置付けられてもよい。この場所は、カメラ200が、手術野208への直接的な視線を有することを可能にする。再度、カメラ200は、手術野208への見通し線を有する任意の適切な位置に位置してもよいことが意図される。示される構成において、外科医120は、ロボット102の向かいに位置付けられてもよいが、依然として、エンドエフェクタ112及び表示器110を操作することができる。外科助手126は、さらにまた、エンドエフェクタ112及び表示器110の双方にアクセス可能に、外科医120の向かいに位置付けられてもよい。所望される場合、外科医120及び助手126の場所は、逆にされてもよい。麻酔医122及び看護師または洗浄技師124のための伝統的な領域は、ロボット102及びカメラ200の場所によって邪魔されないままである。

【0034】

ロボット102の他の構成要素に関して、表示器110は、外科用ロボット102に取設することができる。他の例示的な実施形態において、表示器110は、外科用ロボット102を伴う手術室内、または遠隔の場所のいずれかにおいて、外科用ロボット102から取り外すことができる。エンドエフェクタ112は、ロボットアーム104に連結されてもよく、少なくとも1つのモータによって制御されてもよい。例示的な実施形態において、エンドエフェクタ112は、患者210上で手術を実施するために使用される（本明細書において更に説明される）外科用器具608を受け入れる及び配向させることができる、誘導管114を備えることができる。本明細書において使用される際、「エンドエフェクタ」という用語は、「エンドイフェクチュエータ」及び「イフェクチュエータ要素」という用語と同義的に使用される。誘導管114を用いて一般的に示されるが、エンドエフェクタ112は、手術中の使用に適した任意の適切な器具類と置き換えてもよいことが理解されるであろう。一部の実施形態において、エンドエフェクタ112は、所望の様態における外科用器具608の移動をもたらすために任意の既知の構造を備えることができる。

【0035】

外科用ロボット102は、エンドエフェクタ112の並進及び配向を制御することができる。ロボット102は、例えば、x、y、及びz軸に沿って、エンドエフェクタ112を移動させることができる。エンドエフェクタ112は、（エンドエフェクタ112と関連付けられるオイラー角（例えば、ロール、ピッチ、及びヨー）のうちの1つ以上を選択的に制御することができるように）x、y、及びz軸、ならびにZフレーム軸のうちの1つ以上の周囲の選択的回転のために構成することができる。一部の例示的な実施

形態において、エンドエフェクタ 1 1 2 の並進及び配向の選択的制御は、例えば、回転軸のみを備える 6 自由度のロボットアームを利用する従来のロボットと比較して、有意に改善された精密性をもって医療手技の実施を可能にすることができる。例えば、外科用ロボットシステム 1 0 0 は、患者 2 1 0 上で動作させるために使用されてもよく、ロボットアーム 1 0 4 は、患者 2 1 0 の身体の上に位置付けることができ、エンドエフェクタ 1 1 2 は、患者 2 1 0 の身体に向かって z 軸に対して選択的に角度付けられる。

【 0 0 3 6 】

一部の例示的な実施形態において、外科用器具 6 0 8 の位置は、外科用ロボット 1 0 2 が、手技中、常に外科用器具 6 0 8 の場所を認識することができるように、動的に更新することができる。結果として、一部の例示的な実施形態において、外科用ロボット 1 0 2 は、医師からのいかなる更なる支援も伴わずに（医師がそのように所望しない限り）素早く所望の位置に外科用器具 6 0 8 を移動させることができる。一部の更なる実施形態において、外科用ロボット 1 0 2 は、外科用器具 6 0 8 が、選択された、事前に計画された軌道から外れた場合、外科用器具 6 0 8 の経路を補正するように構成することができる。一部の例示的な実施形態において、外科用ロボット 1 0 2 は、エンドエフェクタ 1 1 2 及び/または外科用器具 6 0 8 の移動の停止、修正、及び/または手動制御を可能にするように構成することができる。このため、使用中、例示的な実施形態において、医師または他のユーザは、システム 1 0 0 を動作させることができ、エンドエフェクタ 1 1 2 及び/または外科用器具 6 0 8 の自主的な移動を停止、修正、または手動で制御するオプションを有する。外科用ロボット 1 0 2 による外科用器具 6 0 8 の制御及び移動を含む、外科用ロボットシステム 1 0 0 の更なる詳細は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる、同時係属米国特許出願通し番号第 1 3 / 9 2 4 , 5 0 5 号において見出すことができる。

【 0 0 3 7 】

ロボット外科用システム 1 0 0 は、3 次元においてロボットアーム 1 0 4 、エンドエフェクタ 1 1 2 、患者 2 1 0 、及び/または外科用器具 6 0 8 の移動を追跡するように構成された 1 つ以上の追跡マーカ 1 1 8 を備えることができる。例示的な実施形態において、複数の追跡マーカ 1 1 8 は、例えば、制限することなく、ロボット 1 0 2 の基部 1 0 6 上、ロボットアーム 1 0 4 上、またはエンドエフェクタ 1 1 2 上等の、ロボット 1 0 2 の外表面に装着（またはそうでなければ固定）することができる。例示的な実施形態において、複数の追跡マーカ 1 1 8 のうちの少なくとも 1 つの追跡マーカ 1 1 8 は、エンドエフェクタ 1 1 2 に装着またはそうではなければ固定することができる。1 つ以上の追跡マーカ 1 1 8 は、更に患者 2 1 0 に装着（またはそうではなければ固定）することができる。例示的な実施形態において、複数の追跡マーカ 1 1 8 は、外科医、外科用ツール、またはロボット 1 0 2 の他のパーツによって遮られる可能性を低減するように、手術野 2 0 8 から離間して、患者 2 1 0 上に位置付けることができる。更に、1 つ以上の追跡マーカ 1 1 8 は、外科用ツール 6 0 8（例えば、スクリュードライバ、拡張器、インプラント挿入器、または同様のもの）に更に装着（またはそうではなければ固定）することができる。このため、追跡マーカ 1 1 8 は、マークされた物体（例えば、エンドエフェクタ 1 1 2 、患者 2 1 0 、及び外科用ツール 6 0 8）のそれぞれが、ロボット 1 0 2 によって追跡されることを可能にする。例示的な実施形態において、システム 1 0 0 は、例えば、エンドエフェクタ 1 1 2 、（例えば、エンドエフェクタ 1 1 2 の管 1 1 4 内に位置付けられた）外科用器具 6 0 8 の、配向及び場所、ならびに患者 2 1 0 の相対位置を計算するために、マークされた物体のそれぞれから収集された追跡情報を使用することができる。

【 0 0 3 8 】

例示的な実施形態において、マーカ 1 1 8 のうちの 1 つ以上は、光学マーカであってもよい。一部の実施形態において、エンドエフェクタ 1 1 2 上の 1 つ以上の追跡マーカ 1 1 8 の位置付けは、エンドエフェクタ 1 1 2 の位置をチェックまたは検証する役割を果たすことによって、位置測定値の精密性を最大化することができる。外科用ロボット 1 0 2 及び外科用器具 6 0 8 の制御、移動、ならびに追跡を含む、外科用ロボットシステム 1 0 0

10

20

30

40

50

の更なる詳細は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる、同時係属米国特許出願通し番号第13/924,505号において見出すことができる。

【0039】

例示的な実施形態は、外科用器具608に連結された1つ以上のマーカ118を含む。例示的な実施形態において、例えば、患者210及び外科用器具608に連結される、これらのマーカ118、ならびにロボット102のエンドエフェクタ112に連結されるマーカ118は、従来の赤外発光ダイオード(LED)または、例えば、Optotrak(登録商標)等の商業的に入手可能な赤外光追跡システムを使用して追跡されることが可能なOptotrak(登録商標)ダイオードを備えることができる。Optotrak(登録商標)は、Northern Digital Inc., Waterloo, Ontario, Canadaの登録商標である。他の実施形態において、マーカ118は、Polaris Spectra等の商業的に入手可能な光学追跡システムを使用して追跡されることが可能な従来の反射性球体を備えることができる。Polaris Spectraはまた、Northern Digital Inc.の登録商標である。例示的な実施形態において、エンドエフェクタ112に連結されたマーカ118は、オン及びオフにされ得る赤外発光ダイオードを備えるアクティブマーカであり、患者210及び外科用器具608に連結されるマーカ118は、パッシブ反射性球体を備える。

10

【0040】

例示的な実施形態において、マーカ118から発出された及び/またはマーカ118によって反射された光は、カメラ200によって検出することができ、マークされた物体の場所及び移動を監視するために使用することができる。代替の実施形態において、マーカ118は、無線周波数及び/もしくは電磁リフレクタまたはトランシーバを備えることができ、カメラ200は、無線周波数及び/もしくは電磁トランシーバを含むか、またはそれによって置き換えることができる。

20

【0041】

外科用ロボットシステム100と同様に、図3は、本開示の例示的な実施形態と一致するドッキング型構成における、外科用ロボットシステム300及びカメラスタンド302を例解する。外科用ロボットシステム300は、表示器304、上部アーム306、下部アーム308、エンドエフェクタ310、垂直カラム312、キャスト314、キャビネット316、タブレット引出し318、コネクタパネル320、制御パネル322、及び情報のリング部324を含む、ロボット301を備えてもよい。カメラスタンド302は、カメラ326を備えてもよい。これらの構成要素は、図5に関してより多く説明される。図3は、カメラスタンド302が、例えば、使用中でないときに、ロボット301と入れ子にされる、ドッキング型構成における外科用ロボットシステム300を例解する。カメラ326及びロボット301は、例えば、図1及び2に示されるように、外科手技中に、互いに分離してもよいし、任意の適切な場所に位置付けてもよいことが、当業者によって理解されるであろう。

30

【0042】

図4は、本開示の例示的な実施形態と一致する基部400を例解する。基部400は、外科用ロボットシステム300の一部であってもよく、キャビネット316を備えてもよい。キャビネット316は、限定されるものではないが、バッテリー402、配電モジュール404、プラットフォームインターフェースボードモジュール406、コンピュータ408、ハンドル412、及びタブレット引出し414を含む、外科用ロボットシステム300のある構成要素を収容してもよい。これらの構成要素間の接続及び関係は、図5に関してより詳細に説明される。

40

【0043】

図5は、外科用ロボットシステム300の例示的な実施形態のある構成要素のブロック図を例解する。外科用ロボットシステム300は、プラットフォームサブシステム502、コンピュータサブシステム504、動き制御サブシステム506、及び追跡サブシステム532を備えてもよい。プラットフォームサブシステム502は、バッテリー402、配電モ

50

ジュール404、プラットフォームインターフェースボードモジュール406、及びタブレット充電ステーション534を更に備えてもよい。コンピュータサブシステム504は、コンピュータ408、表示器304、及びスピーカ536を更に備えてもよい。動き制御サブシステム506は、駆動回路508、モータ510、512、514、516、518、安定器520、522、524、526、エンドエフェクタ310、及びコントローラ538を更に備えてもよい。追跡サブシステム532は、位置センサ540及びカメラ変換器542を更に備えてもよい。システム300はまた、フットペダル544及びタブレット546を備えてもよい。

【0044】

入力電力は、電源548を介してシステム300に供給され、それは、配電モジュール404に提供されてもよい。配電モジュール404は、入力電力を受け取り、システム300の他のモジュール、構成要素、及びサブシステムに提供される異なる電力供給電圧を発生するように構成される。配電モジュール404は、異なる電圧供給をプラットフォームインターフェースモジュール406に提供するように構成されてもよく、それは、例えば、コンピュータ408、表示器304、スピーカ536、ドライバ508等の他の構成要素に、例えば、電力モータ512、514、516、518及びエンドエフェクタ310、モータ510、リング部324、カメラ変換器542、ならびにシステム300のための他の構成要素、例えば、キャビネット316内の電気構成要素を冷却するための送風機に提供されてもよい。

【0045】

配電モジュール404はまた、電力を他の構成要素、例えば、タブレット引出し318内に位置し得るタブレット充電ステーション534等に提供してもよい。タブレット充電ステーション534は、テーブル546を充電するためにタブレット546と無線または有線通信してもよい。タブレット546は、本開示と一致する及び本明細書に説明される外科医によって使用されてもよい。

【0046】

配電モジュール404はまた、バッテリー402に接続されてもよく、そのバッテリーは、万一配電モジュール404が入力電力548からの電力を受信しない場合において、一時的な電源としての役割を果たす。他の時には、配電モジュール404は、必要な場合、バッテリー402を充電する役割を果たしてもよい。

【0047】

プラットフォームサブシステム502の他の構成要素はまた、コネクタパネル320、制御パネル322、及びリング部324を含んでもよい。コネクタパネル320は、異なるデバイス及び構成要素をシステム300及び/または関連付けられた構成要素ならびにモジュールに接続する役割を果たしてもよい。コネクタパネル320は、異なる構成要素からの線路または接続を受け入れる1つ以上のポートを含んでもよい。例えば、コネクタパネル320は、システム300を他の機器に接地し得る接地端子ポート、フットペダル544をシステム300に接続するためのポート、位置センサ540、カメラ変換器542、及びカメラスタンド302と関連付けられたカメラ326を備え得る追跡サブシステム532に接続するためのポートを有してもよい。コネクタパネル320はまた、他の構成要素、例えば、コンピュータ408等へのUSB、イーサネット（登録商標）、HDMI（登録商標）通信を可能にするために、他のポートを含んでもよい。

【0048】

制御パネル322は、システム300の動作を制御する種々のボタンもしくは指示器を提供してもよいし、及び/またはシステム300に関する情報を提供してもよい。例えば、制御パネル322は、システム300の電源をオンまたはオフにするためのボタン、垂直コラム312を上げるまたは下げるためのボタン、及びシステム300が物理的に移動することを係止するようにキャスト314に係合するように設計され得る安定器520～526を上げるまたは下げるためのボタンを含んでもよい。万一緊急の場合には、他のボタンがシステム300を停止してもよく、それは、全てのモータ電力をなくし得、全ての

動きの発生を停止するために機械的制動を加え得る。制御パネル 3 2 2 はまた、ユーザにあるシステム状況を通知する指示器、例えば、線路電力指示器等、またはバッテリー 4 0 2 用の充電の状態を通知する指示器を有してもよい。

【 0 0 4 9 】

リング部 3 2 4 は、システム 3 0 0 のユーザに、システム 3 0 0 が不十分に動作している異なるモード及び該ユーザへのある警告を通知するための視覚的指示器であってもよい。

【 0 0 5 0 】

コンピュータサブシステム 5 0 4 は、コンピュータ 4 0 8、表示器 3 0 4、及びスピーカ 5 3 6 を含む。コンピュータ 5 0 4 は、システム 3 0 0 を動作させるためのオペレーティングシステム及びソフトウェアを含む。コンピュータ 5 0 4 は、情報をユーザに表示するために、他の構成要素（例えば、追跡サブシステム 5 3 2、プラットフォームサブシステム 5 0 2、及び/または動き制御サブシステム 5 0 6）からの情報を受信及び処理してもよい。更に、コンピュータサブシステム 5 0 4 はまた、音声をユーザに提供するためにスピーカ 5 3 6 を含んでもよい。

10

【 0 0 5 1 】

追跡サブシステム 5 3 2 は、位置センサ 5 0 4 及び変換器 5 4 2 を含んでもよい。追跡サブシステム 5 3 2 は、図 3 に関して説明されたようなカメラ 3 2 6 を含むカメラスタンド 3 0 2 に対応してもよい。位置センサ 5 0 4 は、カメラ 3 2 6 であってもよい。追跡サブシステムは、外科手技中にユーザによって使用されるシステム 3 0 0 及び/または器具の異なる構成要素上に位置するあるマーカの場所を追跡してもよい。この追跡は、それぞれ、アクティブまたはパッシブ要素、例えば、LED または反射性マーカ等の場所を追跡する赤外技術の使用を含む、本開示と一致する様態で行われてもよい。これらの種類のマーカを有する構造の場所、配向、及び位置は、表示器 3 0 4 上でユーザに表示され得るコンピュータ 4 0 8 に提供されてもよい。例えば、これらの種類のマーカを有し、（ナビゲーション空間として呼ばれ得る）この様態で追跡される外科用器具 6 0 8 が、患者の解剖学的構造の 3 次元画像に関連してユーザに示されてもよい。

20

【 0 0 5 2 】

動き制御サブシステム 5 0 6 は、垂直コラム 3 1 2、上部アーム 3 0 6、下部アーム 3 0 8 を物理的に移動させる、またはエンドエフェクタ 3 1 0 を回転させるように構成されてもよい。物理的移動は、1 つ以上のモータ 5 1 0 ~ 5 1 8 の使用を通じて行われてもよい。例えば、モータ 5 1 0 は、垂直コラム 3 1 2 を垂直に上げるまたは下げるように構成されてもよい。モータ 5 1 2 は、図 3 に示されるように垂直コラム 3 1 2 との係合点の周囲に、上部アーム 3 0 8 を横に移動させるように構成されてもよい。モータ 5 1 4 は、図 3 に示されるように上部アーム 3 0 8 との係合点の周囲に、下部アーム 3 0 8 を横に移動させるように構成されてもよい。モータ 5 1 6 及び 5 1 8 は、一方がロールを制御し得、かつもう一方が傾きを制御し得るような様態で、エンドエフェクタ 3 1 0 を移動させるように構成されてもよく、それによって、エンドエフェクタ 3 1 0 が移動され得る複数の角度を提供する。これらの移動は、コントローラ 5 3 8 によって達成されてもよく、そのコントローラは、エンドエフェクタ 3 1 0 上に配置されたロードセルを通してこれらの移動を制御し得、ユーザが、これらのロードセルを係合することによって作動され得、所望の様態においてシステム 3 0 0 を移動させる。

30

40

【 0 0 5 3 】

更に、システム 3 0 0 は、ユーザが、（タッチスクリーン入力デバイスであってもよい）表示器 3 0 4 上に、表示器 3 0 4 上の患者の解剖組織の 3 次元画像上に外科用器具または構成要素の場所を指示することを通じて、垂直コラム 3 1 2、上部アーム 3 0 6、及び下部アーム 3 0 8 の自動移動を提供してもよい。ユーザは、フットペダル 5 4 4 を踏むことまたはいくらかの他の入力手段によって、この自動移動を開始してもよい。

【 0 0 5 4 】

図 6 は、例示的な実施形態と一致する外科用ロボットシステム 6 0 0 を例解する。外科

50

用ロボットシステム 600 は、エンドエフェクタ 602、ロボットアーム 604、誘導管 606、器具 608、及びロボット基部 610 を備えてもよい。器具ツール 608 は、1 つ以上の追跡マーカ（例えば、マーカ 118 等）を含む追跡アレイ 612 に取設してもよく、関連付けられた軌道 614 を有してもよい。軌道 614 は、器具ツール 608 が、一度それが誘導管 606 を通して位置付けられるまたは誘導管 606 内に固定されると進むように構成される移動の経路、例えば、患者への器具ツール 608 の挿入の経路を表現してもよい。例示的な動作において、ロボット基部 610 は、外科用ロボットシステム 600 が、患者 210 上で動作している際に、ユーザ（例えば、外科医）を支援してもよいように、ロボットアーム 604 及びエンドエフェクタ 602 と電子通信するように構成されてもよい。外科用ロボットシステム 600 は、前に説明した外科用ロボットシステム 100 及び 300 と一致してもよい。

10

【0055】

追跡アレイ 612 は、器具ツール 608 の場所及び配向を監視するために、器具 608 上に装着されてもよい。追跡アレイ 612 は、器具 608 に取設されてもよく、追跡マーカ 804 を備えてもよい。図 8 に最も良く見られるように、追跡マーカ 804 は、例えば、発光ダイオード及び/または他の種類の反射性マーカ（例えば、本明細書における他の箇所に説明されるようなマーカ 118）であってもよい。追跡デバイスは、外科用ロボットシステムと関連付けられた 1 つ以上の見通し線デバイスであってもよい。例として、追跡デバイスは、外科用ロボットシステム 100、300 と関連付けられた 1 つ以上のカメラ 200、326 であってもよいし、また、ロボットアーム 604、ロボット基部 610、エンドエフェクタ 602、及び/または患者 210 に対する器具 608 の定義された領域または相対的配向について追跡アレイ 612 を追跡してもよい。追跡デバイスは、カメラスタンド 302 及び追跡サブシステム 532 と併せて説明された構造のものとも一致してもよい。

20

【0056】

図 7A、7B、及び 7C は、例示的な実施形態と一致するエンドエフェクタ 602 のそれぞれ、上面図、正面図、及び側面図を例解する。エンドエフェクタ 602 は、1 つ以上の追跡マーカ 702 を備えてもよい。追跡マーカ 702 は、発光ダイオードまたは他の種類のアクティブ及びパッシブマーカ、例えば、前に説明した追跡マーカ 118 等であってもよい。例示的な実施形態において、追跡マーカ 702 は、電気信号によって作動されるアクティブ赤外発光マーカ（例えば、赤外発光ダイオード（LED））である。このため、追跡マーカ 702 は、赤外マーカ 702 がカメラ 200、326 に認識できるように作動させてもよいし、または赤外マーカ 702 がカメラ 200、326 に認識できないように非作動にしてもよい。このため、マーカ 702 がアクティブであるとき、エンドエフェクタ 602 は、システム 100、300、600 によって制御されてもよいし、マーカ 702 が非作動にされるとき、エンドエフェクタ 602 は、適切な位置に係止され、システム 100、300、600 によって移動されることができなくともよい。

30

【0057】

マーカ 702 は、マーカ 702 が、外科用ロボットシステム 100、300、600 と関連付けられた 1 つ以上のカメラ 200、326 または他の追跡デバイスによって認識されることができるといった状態で、エンドエフェクタ 602 上または内に配置してもよい。カメラ 200、326 または他の追跡デバイスは、追跡マーカ 702 の移動を追うことによって、エンドエフェクタ 602 を、それが異なる位置及び視野角に移動する際に、追跡してもよい。マーカ 702 及び/またはエンドエフェクタ 602 の場所は、外科用ロボットシステム 100、300、600 と関連付けられた表示器 110、304、例えば、図 2 に示されるような表示器 110 及び/または図 3 に示される表示器 304 上に示されてもよい。この表示器 110、304 は、ユーザが、エンドエフェクタ 602 が、ロボットアーム 604、ロボット基部 610、患者 210、及び/またはユーザに対する望ましい位置にあることを確保することを可能にし得る。

40

【0058】

50

例えば、図7Aに示されるように、マーカ702は、追跡デバイスが、手術野208から離れて配置され、ロボット102、301の方に向くように、かつ、カメラ200、326が、追跡デバイス100、300、600に対するエンドエフェクタ602の共通配向の範囲を通してマーカ702のうちの少なくとも3つを見ることができるよう、エンドエフェクタ602の表面の周囲に配置されてもよい。例えば、マーカ702の分配は、このようにして、エンドエフェクタ602が手術野208において並進及び回転されるときに、エンドエフェクタ602が追跡デバイスによって監視されることを可能にする。

【0059】

加えて、例示的な実施形態において、エンドエフェクタ602は、外部カメラ200、326がマーカ702を読み取る準備ができたときを検出することができる赤外（IR）受信機を装備してもよい。この検出の直後、エンドエフェクタ602は、次いで、マーカ702を照明してもよい。外部カメラ200、326がマーカ702を読み取る準備ができているというIR受信機による検出は、外部カメラ200、326に、発光ダイオードであり得るマーカ702のデューティサイクルを同期させる必要性を信号で伝えてもよい。これはまた、全体としてロボットシステムによる低電力消費を可能にし得、それによって、マーカ702が、連続的に照明される代わりに、適時にのみ照明されるであろう。更に、例示的な実施形態において、マーカ702は、他のナビゲーションツール、例えば、異なる種類の外科用器具608等との干渉を防ぐために、電源をオフにしてもよい。

10

【0060】

図8は、追跡アレイ612及び追跡マーカ804を含む1つの種類の外科用器具608を描写する。追跡マーカ804は、限定されるものでないが、発光ダイオードまたは反射性球体を含む、本明細書に説明される任意の種類のものであってもよい。マーカ804は、外科用ロボットシステム100、300、600と関連付けられた追跡デバイスによって監視され、カメラ200、326の見通し線のうちの1つ以上であってもよい。カメラ200、326は、追跡アレイ612及びマーカ804の位置ならびに配向に基づいて、器具608の場所を追跡してもよい。ユーザ、例えば、外科医120等は、追跡アレイ612及びマーカ804が、追跡デバイスまたはカメラ200、326によって十分に認識され、器具608及びマーカ804を、例えば、例示的な外科用ロボットシステムの表示器110上に表示させるような状態で、器具608を配向させてもよい。

20

【0061】

外科医120が、器具608をエンドエフェクタ602の誘導管606の中に配置し得、器具608を調節し得る状態が、図8において明らかである。エンドエフェクタ112、310、602の中空管または誘導管114、606は、外科用器具608の少なくとも一部分を受け入れるようにサイズ決定及び構成される。誘導管114、606は、外科用器具608のための挿入及び軌道が、患者210の身体内またはその上で所望の解剖学的対象に到達することができるように、ロボットアーム104によって配向されるように構成される。外科用器具608は、略円筒形器具の少なくとも一部分を含んでもよい。スクレイドライバが外科用ツール608として例示されるが、任意の適切な外科用ツール608がエンドエフェクタ602によって位置付けられてもよいことが理解されるであろう。例として、外科用器具608は、誘導ワイヤ、カニューレ、レトラクタ、掘削器、リーマ、スクレイドライバ、挿入ツール、除去ツール、または同様のもののうちの1つ以上を含んでもよい。中空管114、606は円筒形構成を有するように一般的に示されるが、誘導管114、606は、外科用器具608に適應するために及び手術位置にアクセスするために所望された任意の適切な形状、サイズ、及び構成を有してもよいことが当業者によって理解されるであろう。

30

40

【0062】

図9A～9Cは、例示的な実施形態と一致するエンドエフェクタ602及びロボットアーム604の一部を例解する。エンドエフェクタ602は、本体1202及びクランプ1204を更に備えてもよい。クランプ1204は、ハンドル1206、ボール1208、パネ1210、及びリップ部1212を備えてもよい。ロボットアーム604は、凹部

50

1 2 1 4、装着プレート 1 2 1 6、リップ部 1 2 1 8、及び磁石 1 2 2 0 を更に備えてもよい。

【 0 0 6 3 】

エンドエフェクタ 6 0 2 は、1 つ以上の連結を通して外科用ロボットシステム及びロボットアーム 6 0 4 と機械的にインターフェースを取ってもよいし、及び/または係合してもよい。例えば、エンドエフェクタ 6 0 2 は、位置決め連結及び/または補強連結を通してロボットアーム 6 0 4 と係合してもよい。これらの連結を通して、エンドエフェクタ 6 0 2 は、可撓性及び無菌バリアの外側のロボットアーム 6 0 4 と締結してもよい。例示的な実施形態において、位置決め連結は、磁気運動学的装着であってもよく、補強連結は、5 つの棒状オーバーセンタ克蘭ピングリンク機構であってもよい。

10

【 0 0 6 4 】

位置決め連結に関して、ロボットアーム 6 0 4 は、装着プレート 1 2 1 6 を備えてもよく、それは、非磁気材料、1 つ以上の凹部 1 2 1 4、リップ部 1 2 1 8、及び磁石 1 2 2 0 であってもよい。磁石 1 2 2 0 は、凹部 1 2 1 4 のそれぞれの下に装着される。克蘭プ 1 2 0 4 の部分は、磁気材料を備えてもよく、1 つ以上の磁石 1 2 2 0 によって吸引されてもよい。克蘭プ 1 2 0 4 及びロボットアーム 6 0 4 の磁気吸引を通して、ボール 1 2 0 8 は、それぞれの凹部 1 2 1 4 の中に着座されることになる。例えば、図 9 B に示されるようなボール 1 2 0 8 は、図 9 A に示されるような凹部 1 2 1 4 内に着座される。この着座は、磁氣的に支援される運動学的連結と考えられ得る。磁石 1 2 2 0 は、エンドエフェクタ 6 0 2 の配向に関わらず、エンドエフェクタ 6 0 2 の全重量を支持するのに十分強いように構成されてもよい。位置決め連結は、6 自由度を固有に抑制する任意の様式の運動学的装着であってもよい。

20

【 0 0 6 5 】

補強連結に関して、克蘭プ 1 2 0 4 の一部分は、固定接地リンクであるように構成されてもよく、そのように、克蘭プ 1 2 0 4 は、5 つの棒リンク機構としての役割を果たしてもよい。克蘭プハンドル 1 2 0 6 を閉じることは、リップ部 1 2 1 2 及びリップ部 1 2 1 8 が、エンドエフェクタ 6 0 2 及びロボットアーム 6 0 4 を固定するような状態で克蘭プ 1 2 0 4 に係合する際に、エンドエフェクタ 6 0 2 をロボットアーム 6 0 4 に締結し得る。克蘭プハンドル 1 2 0 6 が閉じられると、バネ 1 2 1 0 は、克蘭プ 1 2 0 4 が係止位置にある間に伸長または加圧され得る。係止位置は、中心を過ぎたリンク機構を提供する位置であり得る。中心を過ぎた閉じた位置の理由で、リンク機構は、克蘭プ 1 2 0 4 を解放するために克蘭プハンドル 1 2 0 6 に加えられる力がなければ開かない。このため、係止位置において、エンドエフェクタ 6 0 2 は、ロボットアーム 6 0 4 に強固に固定され得る。

30

【 0 0 6 6 】

バネ 1 2 1 0 は、張力における曲がり梁であってもよい。バネ 1 2 1 0 は、高剛性及び高降伏ひずみを呈する材料、例えば、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン) パージン材等から成ってもよい。エンドエフェクタ 6 0 2 及びロボットアーム 6 0 4 間のリンク機構は、エンドエフェクタ 6 0 2 及びロボットアーム 6 0 4 間に、2 つの連結の締結を妨害せず、無菌バリアを提供し得る。

40

【 0 0 6 7 】

補強連結は、複数のバネ部材を用いるリンク機構であってもよい。補強連結は、カムまたは摩擦に基づく機構を用いて掛止めしてもよい。補強連結はまた、ロボットアーム 6 0 4 へのエンドエフェクタ 1 0 2 の締結を支持する十分に強力な電磁石であってもよい。補強連結は、エンドエフェクタ 6 0 2 及びロボットアーム 6 0 4 間の界面上を滑り、かつスクリュウ機構、オーバーセンタリンク機構、またはカム機構を用いて締め付ける、エンドエフェクタ 6 0 2 及び/またはロボットアーム 6 0 4 のいずれかから完全に分離したマルチピースカラーであってもよい。

【 0 0 6 8 】

図 1 0 及び 1 1 を参照すると、外科手技の前または間に、ある登録手技が、ナビゲーシ

50

ョン空間及び画像空間の両方において、物体及び患者 2 1 0 の対象の解剖学的構造を追跡するために行われてもよい。かかる登録を行うために、登録システム 1 4 0 0 は、図 1 0 に例解されるように使用されてもよい。

【 0 0 6 9 】

患者 2 1 0 の位置を追跡するために、患者追跡デバイス 1 1 6 は、患者 2 1 0 の硬い解剖学的構造に固定されるべき患者固定器具 1 4 0 2 を含んでもよく、動的参照基部 (D R B) 1 4 0 4 は、患者固定器具 1 4 0 2 に確実に取設されてもよい。例えば、患者固定器具 1 4 0 2 は、動的参照基部 1 4 0 4 の開口部 1 4 0 6 に挿入されてもよい。動的参照基部 1 4 0 4 は、追跡デバイス、例えば、追跡サブシステム 5 3 2 等が認識できるマーカ 1 4 0 8 を含んでもよい。これらのマーカ 1 4 0 8 は、本明細書に前に考察されたように、光学マーカまたは反射性球体、例えば、追跡マーカ 1 1 8 等であってもよい。

10

【 0 0 7 0 】

患者固定器具 1 4 0 2 は、患者 2 1 0 の硬い解剖組織に取設され、外科手技全体を通して取設されたままであってもよい。例示的な実施形態において、患者固定器具 1 4 0 2 は、患者 2 1 0 の硬い領域、例えば、外科手技を受ける対象の解剖学的構造から離れて位置する骨に取設される。対象の解剖学的構造を追跡するために、動的参照基部 1 4 0 4 は、対象の解剖学的構造の場所を用いて動的参照基部 1 4 0 4 を登録するために、対象の解剖学的構造上またはその近くに一時的に配置される登録固定具の使用を通して対象の解剖学的構造と関連付けられる。

【 0 0 7 1 】

登録固定具 1 4 1 0 は、枢動アーム 1 4 1 2 の使用を通じて、患者固定器具 1 4 0 2 に取設される。枢動アーム 1 4 1 2 は、登録固定具 1 4 1 0 の開口部 1 4 1 4 を通して患者固定器具 1 4 0 2 を挿入することによって、患者固定器具 1 4 0 2 に取設される。枢動アーム 1 4 1 2 は、例えば、枢動アーム 1 4 1 2 の開口部 1 4 1 8 を通してノブ 1 4 1 6 を挿入することによって、登録固定具 1 4 1 0 に取設される。

20

【 0 0 7 2 】

枢動アーム 1 4 1 2 を使用して、登録固定具 1 4 1 0 は、対象の解剖学的構造の上に配置されてもよく、その場所は、登録固定具 1 4 1 0 上の追跡マーカ 1 4 2 0 及び / または基準 1 4 2 2 を使用して、画像空間及びナビゲーション空間において判定されてもよい。登録固定具 1 4 1 0 は、ナビゲーション空間において認識できるマーカ 1 4 2 0 の集合物を含んでもよい (例えば、マーカ 1 4 2 0 は、追跡サブシステム 5 3 2 によって検出可能であってもよい)。追跡マーカ 1 4 2 0 は、本明細書において前に説明されるように、赤外光において認識できる光学マーカであってもよい。登録固定具 1 4 1 0 はまた、画像化空間 (例えば、3次元CT画像)において認識できる基準 1 4 2 2、例えば、軸受ボール等の集合物を含んでもよい。図 1 1 に関してより詳細に説明されるように、登録固定具 1 4 1 0 を使用して、対象の解剖学的構造は、動的参照基部 1 4 0 4 と関連付けられてもよく、それによって、ナビゲーション空間における物体の描写が、解剖学的構造の画像上に重ね合わされることを可能にする。対象の解剖学的構造から離れた位置に位置する動的参照基部 1 4 0 4 は、参照点になり得、それによって、外科用領域からの登録固定具 1 4 1 0 及び / または枢動アーム 1 4 1 2 の取外しを可能にする。

30

40

【 0 0 7 3 】

図 1 1 は、本開示と一致する登録のための例示的な方法 1 5 0 0 を提供する。方法 1 5 0 0 は、ステップ 1 5 0 2 において始まり、そのステップにおいて、対象の解剖学的構造のグラフィカル表現 (または画像 (複数可)) が、システム 1 0 0、3 0 0、6 0 0、例えば、コンピュータ 4 0 8 にインポートされてもよい。グラフィカル表現は、登録固定具 1 4 1 0 及び基準 1 4 2 0 の検出可能な画像化パターンを含む、患者 2 1 0 の対象の解剖学的構造の 3次元CTまたは蛍光透視スキャンであってもよい。

【 0 0 7 4 】

ステップ 1 5 0 4 において、基準 1 4 2 0 の画像化パターンが、画像化空間において検出及び登録され、コンピュータ 4 0 8 内に記憶される。任意選択的に、この時に、ステッ

50

ブ 1 5 0 6 において、登録固定具 1 4 1 0 のグラフィカル表現が、対象の解剖学的構造の画像上に重ね合わされてもよい。

【 0 0 7 5 】

ステップ 1 5 0 8 において、登録固定具 1 4 1 0 のナビゲーションパターンが、マーカ 1 4 2 0 を認識することによって検出及び登録される。マーカ 1 4 2 0 は、位置センサ 5 4 0 を介して追跡サブシステム 5 3 2 によって赤外光を通してナビゲーション空間において認識される光学マーカであってもよい。このため、対象の解剖学的構造の場所、配向、及び他の情報は、ナビゲーション空間において登録される。したがって、登録固定具 1 4 1 0 は、基準 1 4 2 2 の使用による画像空間とマーカ 1 4 2 0 の使用によるナビゲーション空間の両方において認識されてもよい。ステップ 1 5 1 0 において、画像空間内の登録固定具 1 4 1 0 の登録が、ナビゲーション空間に転移される。この転移は、例えば、マーカ 1 4 2 0 のナビゲーションパターンの位置と比較して、基準 1 4 2 2 の画像化パターンの相対位置を使用することによって、行われる。

10

【 0 0 7 6 】

ステップ 1 5 1 2 において、（画像空間を用いて登録された）登録固定具 1 4 1 0 のナビゲーション空間の登録が、患者固定器具 1 4 0 2 に取設された動的登録アレイ 1 4 0 4 のナビゲーション空間に更に転移される。このため、登録固定具 1 4 1 0 は、取り外されてもよく、動的参照基部 1 4 0 4 は、ナビゲーション空間が画像空間と関連付けられるので、ナビゲーション及び画像空間の両方において、対象の解剖学的構造を追跡するために使用されてもよい。

20

【 0 0 7 7 】

ステップ 1 5 1 4 及び 1 5 1 6 において、ナビゲーション空間は、ナビゲーション空間において認識できるマーカ（例えば、光学マーカ 8 0 4 を用いる外科用器具 6 0 8 ）を用いて、画像空間及び物体上に重ね合わせてもよい。物体は、対象の解剖学的構造の画像上の外科用器具 6 0 8 のグラフィカル表現を通して追跡されてもよい。

【 0 0 7 8 】

図 1 2 A ~ 1 2 B は、患者 2 1 0 の手術前、手術中、手術後、及び/またはリアルタイムの画像データを取得するためにロボットシステム 1 0 0、3 0 0、6 0 0 と併せて使用され得る画像化デバイス 1 3 0 4 を例解する。任意の適切な主題が、画像化システム 1 3 0 4 を使用して任意の適切な手技のために画像化されてもよい。画像化システム 1 3 0 4 は、任意の画像化デバイス、例えば、画像化デバイス 1 3 0 6 及び/または C アーム 1 3 0 8 デバイス等であってもよい。X 線システムにおいて要求され得る患者 2 1 0 の頻繁な手動の再位置付けを必要とせず、いくらかの異なる位置から患者 2 1 0 の X 線写真を取ることが望ましいであろう。図 1 2 A に例解されるように、画像化システム 1 3 0 4 は、「C」形状の両遠位端 1 3 1 2 において終端する細長い C 形状部材を含む C アーム 1 3 0 8 の形態にあってもよい。C 形状部材 1 1 3 0 は、X 線源 1 3 1 4 及び画像受信器 1 3 1 6 を更に備えてもよい。アームの C アーム 1 3 0 8 内の空間は、X 線支持構造 1 3 1 8 からの実質的な干渉なしで患者を診療するための余地を医師に提供し得る。図 1 2 B に例解されるように、画像化システムは、支持構造画像化デバイス支持構造 1 3 2 8、例えば、車輪 1 3 3 2 を有する車輪付可動カート 1 3 3 0 等に取設されるガントリー筐体 1 3 2 4 を有する画像化デバイス 1 3 0 6 を含んでもよく、それは、例解されない、画像捕捉部分を取り囲んでもよい。画像捕捉部分は、X 線源及び/または発出部分ならびに X 線受信及び/または画像受信部分を含んでもよく、それらは、互いから約 1 8 0 度に配置されてもよいし、画像捕捉部分の軌道に対してロータ（例解されない）上に装着されてもよい。画像捕捉部分は、画像取得の間に 3 6 0 度回転するように動作可能であってもよい。画像捕捉部分は、中心点及び/または軸の周囲に回転してもよく、患者 2 1 0 の画像データが、多方向からまたは複数の平面において取得されることを可能にする。ある画像化システム 1 3 0 4 が本明細書に例示されるが、任意の適切な画像化システムが、当業者によって選択されてもよいことが理解されるであろう。

30

40

【 0 0 7 9 】

50

次に、図13～19を参照して、ロボットシステムのセンサ制御式及び/または全方向性移動を説明する。特に、種々の実施形態は、例えば、全方向性車輪62、64を使用して、任意のz軸の周囲のWag回転を伴って、任意のXY方向において、システムの制御された移動を提供してもよい。

【0080】

図13を参照して、ロボットシステムのセンサ制御式移動のための制御システム20の一実施形態が示される。先で説明したように、制御システム20は、コンピュータサブシステム504、動き制御サブシステム506を含んでもよい。入力デバイスは、タッチスクリーン機能を有する表示器110、ファンクションキー12を有するキーボード、ハンドル17、19、ジョイスティック14、または同様のものを含んでもよい。これらの入力デバイスのうちのいずれかは、動き制御部分506及びコンピュータサブシステム504のいずれかまたは両方を制御してもよい。動き制御モード及びロボット制御モードの間の切り換えは、ファンクションキー、表示デバイスのうちの1つからのタッチスクリーン命令、または他の所望の方法によって達成されてもよい。ロボットシステムはまた、動き制御部分506及び/またはコンピュータサブシステム504の一部として、患者またはロボットシステムの位置に関する情報を通信するために有用であり得るスマートホンもしくは携帯電話リンクまたは全地球測位システム(GPS)を含んでもよい。

10

【0081】

図13の制御システム20は、ロボットシステムの平面図として描写され、外科用ロボット102及びロボットアーム104の上面図を描写する。全車輪62、64は、前方部分全車輪62の左及び右、ならびに後方部分全車輪64の同様に左及び右に分離される。図13はまた、システムの全車輪の3自由度の動きのための3つの軸を描写する。図に描写されるように、これらは、y軸に沿って左または右に移動するための自由、x軸に沿って前及び後に移動するための自由、ならびにx及びy軸によって形成される平面に垂直である回転軸Wag、すなわち、垂直軸に沿う回転の自由を含む。このため、図13における垂直軸Wagは、図面の平面に垂直である。

20

【0082】

図13はまた、本開示に使用されるセンサの考察のために有用な参照を提供し得る。左センサ21、25は、左ハンドル17上に装着され、一方で、右センサ23及び27は、右ハンドル19上に装着される。第1の実施形態は、示されるように、これらの4つのセンサ21、23、25、27を含んでもよい。ロボットシステム100を動作させる人物、例えば、健康管理専門家等は、ハンドル17、19及び動き制御部分504を使用することによって、デバイスを位置付けてもよい。

30

【0083】

一実施形態において、動き制御は、2つのモード、移送モード及び微調整モードを有してもよい。例えば、ロボットシステム100が、医療または他の健康管理施設のある翼部から移送される場合、速度は、微調整される位置付けよりも更に高い値にされてもよい。このため、システム100の後方部分ハンドル17、19を押すことが、移送モードを作動させてもよい。2つのハンドル17、19のいずれかを押すことが、微調整モードを作動させてもよく、それにおいて、全車輪62、64のあらゆる移動は、より遅く、よりゆっくりである。これらのモード間の切り換えはまた、ユーザが、ファンクションキー、命令、タッチスクリーン入力、及びその他によって切り換えることを可能にする適切なプログラミングによって達成されてもよい。

40

【0084】

微調整モードにおいて、動き制御504は、ロボットシステム100を設定位置に戻すために、例えば、所定位置に再設定するために使用されてもよい。例えば、図3を参照して、外科手技が終了した場合、ユーザは、ロボットシステム100を事前設定された構成に移動することを望み得る。位置は、動き制御504にプログラムされてもよい。これは、操作者に利用可能なキーボードまたはファンクションボタン12、表示デバイス110のタッチスクリーン、ジョイスティック14、またはハンドル17、19に加えられた所

50

定の力及び方向を使用して達成されてもよい。キーボード、ファンクションボタン、及びタッチスクリーン表示デバイスはまた、全方向性車輪 6 2、6 4 の移動を含む、ロボット機能及び動き制御部分を制御するために使用されてもよい。

【0085】

全車輪 6 2、6 4 の機能はまた、システムが指定された軸の周囲に移動するように使用されてもよい。これは、任意の便利な軸、例えば、ロボット 100 の幾何学的中心、ロボットシステム 100 もしくはその基部 106 の特定の特性または一部分、ロボットの特性、例えば、それに装着されるエンドエフェクタ 112 等、及びその他等であってもよい。全車輪 6 2、6 4 によって加えられる動きはまた、センサ（複数可）21、23、25、27 に加えられる力（複数可）に比例し得る。軽い力は、より遅く、よりゆっくりした速度をもたらし得、一方で、大きな力または重い接触は、全車輪 6 2、6 4 によって加えられる高速度をもたらし得る。加えて、力が加えられる方向は、ロボットシステム 100 の移動の所望の方向を指示し得る。センサ（複数可）21、23、25、27 に加えられる力は、所望の動きを提供するために、必要に応じて、前方車輪 6 2 及び後方車輪 6 4 のそれぞれを駆動するために使用される合成ベクトル及びモーメントに動き制御 504 によって分解されてもよい。

10

【0086】

次に、図 13 を使用して移動の実施例を考察する。一実施例において、左ハンドル 17 を前に押すことは、デバイスを前に進めさせ、デバイスを右にターンさせるように動作するであろう。別の実施例において、左ハンドル 17 を押すことは、センサ 21、25 を作動させ、前移動を要求する。センサ（複数可）21、23、25、27 は、センサ 21、25 のための特定の方向において前に加えられるものとして、ただし、力をセンサ 23、27 に加えずに、力を解釈するひずみゲージであってもよい。力が右ハンドル 19 及びそのセンサ 23、27 に加えられないので、動き制御 504 は、センサ 23、27 からの信号を、わずかな前方への動きのみを伴う右ターンのための呼出しとして解釈する。このため、ロボット 100 は、全車輪 6 2、6 4 による最小の前移動を伴って右に小回りにターンさせる。実施形態において、4 つの車輪 6 2、6 4 の全てが、この実施例において、わずかな右向きターン移動を達成するために移動してもよい。車輪 6 2、6 4 は、それらの移動がロボット基部 106 の所望の移動を達成するように、個々に制御されてもよい。上で考察したように、これは、微調整モードにおける移動の実施例である。他の実施形態において、左車輪 6 2、6 4 のみ、または右車輪 6 2、6 4 のみが、所望の移動に応じて作動されてもよい。

20

30

【0087】

別の実施例において、左ハンドル 17 を右に押すことは、力をセンサ 21、25 に加え、右横向きまたは側方移動を呼出す。前または後向きの力がセンサ 21、25 に加えられず、かつ力が右センサ 23、27 に加えられない場合、動き制御 504 は、信号を、依然として、微調整モードにおいて、前または後向きの動きを伴わない右横向き移動を呼出すものとして解釈する。それに応じて、4 つの全車輪 6 2、6 4 の全てが、指示される方向に、すなわち、数 mm または数インチ右に、小さく移動させてもよい。別の実施例において、所定の位置において左ターンまたは回転を達成するために、前方車輪 6 2 は、前及び左向き方向にターンしてもよく、一方、後方車輪 6 4 は、後及び右にターンする。別の実施例において、ハンドル 17、19 の両方を左に押すことは、微細移動モードではなくて、移送モードをもたらす。これは、ロボット 100 を左向き位置へと左に移動させ得る。同じことが、ハンドル 17、19 の両方を前に押すことに言うことができ、今度は、微調整モードではなくて移送モードにおいて、x 軸方向において、基部 106 を前に移動させる。力を特定のハンドル 17、19 及びセンサ 21、23、25、27 に加えることに關して説明したが、より多くのもしくは少ないハンドル及び/またはセンサが、システムと共に採用されてもよいことが理解されるであろう。加えて、異なる力及び/または移動が、微調整及び/もしくは移送モードを採用するために、ならびに/または動作室の付近にロボットシステム 100 を移動させるために、いくらかの異なる構成において生じてもよ

40

50

い。これらの種類のセンサ、全車輪、及び移動制御は、カメラスタンド 202、カート、画像化デバイス、または他の重い機械類もしくは動作室機器を含む、動作室環境における他の機器に適用されてもよいこともまた想像される。

【0088】

本開示の実施形態に使用されるセンサ 21、23、25、27は、1つ以上の力センサを含んでもよい。これらは、ひずみゲージ、力感知抵抗器、 piezo 電気センサ、 piezo 容量圧力センサ、 piezo 抵抗器、及び微小電気機械システム (MEMS) 微小規模ひずみゲージを含む。典型的には、力センサは、ユーザがセンサに力を加えるときに変化される電気特性を持つ。その特性は、圧力が加えられるときに、予測可能な状態で増加または減少する電気伝導性、抵抗、または容量であり得る。 piezo 型センサは、圧力が加えられるときに、小さな微小電圧を発生し得る。センサは、かかる変化を検出するための電気回路の一部、例えば、ホイートストンブリッジであってもよい。ひずみゲージまたはセンサのレイアウトあるいは複数のひずみゲージまたはセンサを使用することによって、ユーザは、全車輪に加えられるべき所望の力の方向を微調整してもよい。

10

【0089】

図 13 及び以下の実施例に使用されるセンサ 21、23、25、27は、ロボットシステム 100 の車輪 62、64 を制御するために使用されてもよい。かかる技法の実施例は、図 15 A 及び 15 B に描写される。図 15 A において、ロボットシステム 100 の基部 106 は、前方車輪 62 及び後方車輪 64 と共に描写され、それらは、同じであってもよいし、または異なってもよい。この実施形態において、動き制御 504 の指図下でモータ 1100 は、所望の通りに、電力を車輪 62、64 のそれぞれに伝送する。車輪 62、64 に供給される電力は、手動動作、自動動作、またはその両方の組み合わせを含んでもよい。モータ 1100 は、全車輪 62、64 を個々に給電するように電力を車軸 1102、1104、1106、1108 に供給するために、2つ以上のシャフトを有してもよい。これは、基部 106 及びその上に装着されるロボット機器の的確な配置のための各車輪 62、64 の微細制御を可能にする。一実施形態において、モータ 1100 及び各シャフトまたは車軸 1102、1104、1106、1108 は、ロータリエンコーダまたは位置フィードバックを動き制御モジュールに提供するための他のフィードバック機構を更に備えてもよい。

20

【0090】

代替的に、図 15 B に描写されるように、基部 106 は、全車輪 62、64 のそれぞれに対する独立した車軸 1124、1126、1128、1130 を給電する別個のモータ 1122 を介して電力を割り当てるためにローカルコントローラ 1120 を含んでもよい。動き制御 504 が、全車輪 62、64 のそれぞれの別個の制御を、それ自体のモータを介して維持することはより単純であろう。この実施形態において、各モータ 1122 は、位置フィードバックのためのそれ自体のエンコーダを含んでもよく、また、車軸 1124、1126、1128、1130 上にエンコーダまたは他のフィードバック機構を含んでもよい。電力を車輪 62、64 に供給するための他の方法が、使用されてもよい。ローカルコントローラまたは動き制御モジュールは、センサの読取りを、モータ 1122 及び車軸 1124、1126、1128、1130 のそれぞれに対する命令に分解するコンピュータプログラムを含んでもよい。この技法を用いて、全方向性車輪 62、64 が、提供されるセンサによって非常に精密な移動のために個々に制御される。動きからの、例えば、車軸 1124、1126、1128、1130 上のロータリエンコーダ等からの、また他のデバイスによるフィードバックは、基部 106 を所望の場所に戻す際の後の使用のための所与の位置を記憶するために使用することができる。

30

40

【0091】

ロボット 100 の所望の方向を感知するために使用されるセンサ 21、23、25、27は、上で開示したように、ハンドル 17、19 内に装着されてもよい。代替的に、センサ 21、23、25、27は、図 14 A ~ 14 D に開示されるように、ジョイスティックまたは他の種類のハンドル内に装着されてもよい。第 1 の代替の実施形態は、図 14 A に

50

開示される。この制御システム 1610 において、複数の力センサ 1612、6 個のセンサが、円形配設で装着される。ユーザは、制御システムの表面を押して、ロボットシステム 100 を適切な方向に誘導するためにセンサ 1612 を作動させる。方向は、作動されるセンサ 1612 によって、及びユーザにより加えられる力または圧力の量によって決定される。これは、ロボット 100 のハンドル 17、19 の上記実施例に使用されたものと同じ原理である。円形制御配設は、平面内での、全 x y 方向におけるデバイスの誘導のために有用である。所定の軸の周囲の回転はまた、ジョイスティックを押し上げるもしくは下げることによって、またはキーボードもしくはファンクションボタン入力への命令によって達成されてもよい。例えば、ジョイスティックを数秒間下に押すことは、システムに軸の周囲に時計回りに回転することを命令し得、一方、数秒間上向きに引くことは、反時計回りの回転を命令し得る。

10

【0092】

類似の動作モードを用いる他の実施例が、図 14B ~ 14D に描写される。図 14B において、8 個のセンサ 1622 が、側方ハンドルであるように、前後移動、x 方向をより示唆する制御システム 1620 のために楕円形に配設される。より多くのセンサ 1622 が、操作者によって所望される方向への更なる感度のために使用されてもよい。図 14C において、制御システム 1630 は、示されるように正方形パターンに装着された 6 個の力センサ 1632 を含み、2 個のセンサ 1632 が前 / 後移動用であり、また、残りの 4 個のセンサ 1632 の 4 隅の分配でもって左 / 右または横方向のための更なる感度を有する。図 14D は、矩形配設にある複数のセンサ 1642 を用いて構成された制御システム 1640 の実施例を描写する。この配設は、側面毎に 3 個のセンサ 1642 を含み、ロボットの横方向移動の微細調整を可能にする。他の構成が、ロボットシステム 100 及びその全方向性車輪 62、64 を誘導するために使用されてもよい。

20

【0093】

本開示の実施形態、例えば、図 16 ~ 19 に描写されるもの等に有用な多くの種類の全車輪 62、64 が存在する。デバイスが一方向（例えば、前及び後）のみに移動することを可能にする伝統的な車輪とは異なり、全方向性車輪は、ロボットが、あらゆる方向（例えば、前、後、左、右、斜め、円弧状、または同様の方向）に移動されることを可能にする。このため、全方向性車輪 62、64 は、ロボットが任意の方向に移動されることを可能にする。全方向性車輪 62、64 またはメカナム型の車輪は、一般的に、その円周上に複数のより小さな車輪またはローラを伴う中心ハブを有する。より小さな車輪は、ハブの中心軸に対して、例えば、45 度または 90 度等の角度を付けて装着される。図 16 は、全方向性車輪 130 を描写する。この車輪 130 は、中心軸 A の周囲に中心ハブ 132 を含み、複数のローラまたは車輪 134 が、中心軸に対して約 45 度の角度において 2 つの非同軸列 136、138 に装着される。これらの車輪またはローラ 134 は、交代で地面上にあり、ターンをより容易にさせる。これらの種類の車輪 130 は、米国特許出願 2010/0187779 に説明され、その米国特許出願は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる。

30

【0094】

本開示において有用な別の種類の全方向性車輪 62、64 が、図 17 に描写される。メカナム車輪 140 は、中心軸 A を伴う中心ハブ 142 を有する。複数のローラ 144 が、中心ハブ 142 の周縁部上のフランジ 146 上に装着される。この実施例において、フランジ 146 は、約 45 度の角度に曲げられ、このため、ローラ 144 はまた、中心軸 A に対して約 45 度の角度に装着される。他の角度が、使用されてもよい。各車輪 62、64 は、ロボットを所望の方向に誘導するために、個々に給電されてもよい。これらの種類の車輪 140 は、米国特許出願 2013/0292918 に説明され、その米国特許出願は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる。

40

【0095】

図 18 は、本開示において有用な、別の種類の全方向性車輪 62、64、メカナム車輪 150 を描写する。車輪 150 は、中心ハブ軸 A を有する中心ハブ 152 及び複数の平坦

50

な円周表面（図示しない）を含む。各表面は、突出スポーク154を装着し、それは、次いで、円周ローラ156を装着するために使用される。この車輪150において、ローラ156のうちの1つまたは2つのみが、一度に床面または表面上にあり、ターンを容易にさせる。これらの種類の車輪150は、米国特許8,011,735に説明され、その米国特許は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる。

【0096】

更に別の種類の全方向性車輪62、64、車輪160が、図19に開示される。車輪160は、中心ハブ162を含み、それは、2つの一連のスポークまたはマウント164、166を装着する。第1の一連のスポーク164のそれぞれは、車輪165を装着し、その回転の軸は、車輪160及び中心ハブ162の回転の方向に対して90度反対である。第2の一連のスポーク166のそれぞれは、車輪167を装着し、その回転の軸もまた、車輪160の回転の方向に対して90度反対である。第2の一連の車輪167は、第1の一連の車輪164よりもわずかに大きな直径を有する。車輪160は、その中心ハブ162に垂直な軸（図示しない）の周囲に回転することができる。ローラ165、167は、車輪160が方向を容易に変更することを可能にし、このため、これを適切な全車輪62、64にさせる。これらの種類の車輪160は、米国特許出願2015/0130260に説明され、その米国特許出願は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる。他の種類のメカナムまたは全方向性車輪62、64はまた、本開示の実施形態に使用されてもよい。

【0097】

一度ロボット100の場所が動作室内に置かれると、基部106は、適切な位置に係止されてもよい。例えば、全方向性車輪62、64は、それらが移動することができないように係止されてもよい。代替案において、キックスタンドまたは他の係止機構が、基部106の移動を防止するために採用されてもよい。一度係止機構が解放されると、基部106は、再び、本明細書に説明されるように任意の方向に自由に移動する。

【0098】

本開示の利点は、上で説明される3軸、3自由度の機能を使用して、任意の所望の位置または方向において、大型機器を精密に位置付ける能力を含む。搭載型GPSシステムがまた、機器の位置を追跡するために、ならびに機器が使用されている位置を記憶する及び呼び戻すために使用されてもよい。全車輪62、64の固有の3軸動き機能は、回転軸を含み、それは、所望に応じて選ばれてもよい。動き制御及びロボット制御の両方を使用することによって、操作者または診断する人物は、患者を伴うシステムの位置を調整することができる。動き制御システム、エンコーダ、及び全車輪62、64によって可能となる的確な位置付けは、システム100が、固定された非可動システムの制御及び的確さを有することを可能にする。

【0099】

動き制御システム、センサ、エンコーダ、及びシステムメモリは、システムが、スマートシステムとしての役割を果たすことを可能にする。センサは、センサ及びメモリを使用して、所望通り、システムを位置付けることを可能にする。システムは、患者用の特定の手技のための的確で小さな移動、ならびに、例えば、別の患者または別の部屋に移動するための移送モードのための機能を含む。これは、ユーザが、システムをより便利な場所に止めておくこと、次いで、所望されるときに、システムを的確な場所に呼び戻すことを可能にする。システムのメモリは、ユーザに、基部106を特定の位置に、それが後で必要とされるときに、素早く及び精密に呼び戻す能力を与える。

【0100】

本発明のいくつかの実施形態を、前述の明細書において開示してきたが、本発明が関連し、前述の説明及び関連する図面において提示される教示の利益を有する、本発明の多くの修正及び他の実施形態が着想されようことが理解される。このため、本発明が上で開示される具体的な実施形態に制限されないこと、ならびに多くの修正及び他の実施形態が、添付の請求項の範囲内に含まれることが意図されることが、理解される。一実施形態から

の特性が、本明細書に説明される異なる実施形態からの特性と組み合わせられてもよいまたは使用されてもよいことが更に想像される。更に、本明細書、ならびに以下の請求項において、具体的な用語が採用されるが、それらは、一般的かつ説明的意味においてのみ使用され、説明される発明も、以下の請求項も制限する目的で使用されない。本明細書において引用される各特許及び公開物の開示全体は、各かかる特許または公開物が本明細書において参照することにより個々に組み込まれるかのように、参照することにより組み込まれる。本発明の種々の特性及び利点は、以下の請求項において記載される。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図1】外科手技の間のロボットシステム、患者、外科医、及び他の医療要員の場所についての潜在的配設の頭上図である。 10

【図2】一実施形態に係る患者に対する外科用ロボット及びカメラの位置付けを含むロボットシステムを例解する。

【図3】例示的な実施形態に従って外科用ロボットシステムを例解する。

【図4】例示的な実施形態に従って外科用ロボットの一部分を例解する。

【図5】例示的な実施形態に従って外科用ロボットのブロック図を例解する。

【図6】例示的な実施形態に従って外科用ロボットを例解する。

【図7A】例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタを例解する。

【図7B】例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタを例解する。

【図7C】例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタを例解する。 20

【図8】一実施形態に係るエンドエフェクタの誘導管への外科用器具の挿入前及び後の、外科用器具及びエンドエフェクタを例解する。

【図9A】例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタ及びロボットアームの一部分を例解する。

【図9B】例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタ及びロボットアームの一部分を例解する。

【図9C】例示的な実施形態に従ってエンドエフェクタ及びロボットアームの一部分を例解する。

【図10】例示的な実施形態に従う動的参照アレイ、画像化アレイ、及び他の構成要素を例解する。 30

【図11】例示的な実施形態に従って登録の方法を例解する。

【図12A】例示的な実施形態に係る画像化デバイスの実施形態を例解する。

【図12B】例示的な実施形態に係る画像化デバイスの実施形態を例解する。

【図13】本開示の制御システム及び全方向性車輪（「全車輪」）が装備されたロボットデバイスの上面図であり、センサのアレイの第1の実施例を描写する。

【図14A】ロボットの移動に有用なセンサのアレイを描写する。

【図14B】ロボットの移動に有用なセンサのアレイを描写する。

【図14C】ロボットの移動に有用なセンサのアレイを描写する。

【図14D】ロボットの移動に有用なセンサのアレイを描写する。

【図15A】電力をロボットの全車輪に加えるための構成を描写する。 40

【図15B】電力をロボットの全車輪に加えるための構成を描写する。

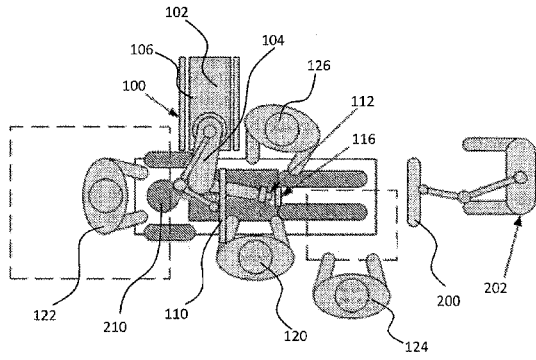
【図16】本開示に係る画像化システムにおいて有用な第1の種類の全方向性車輪（「全車輪」）の実施例の斜視図である。

【図17】本開示において有用な第2の種類の全車輪の実施例の斜視図である。

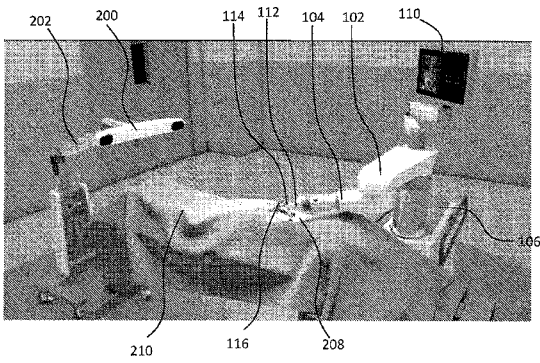
【図18】本開示において有用な第3の種類の全車輪の実施例の斜視図である。

【図19】本開示において有用な第4の種類の全車輪の実施例の立面図である。

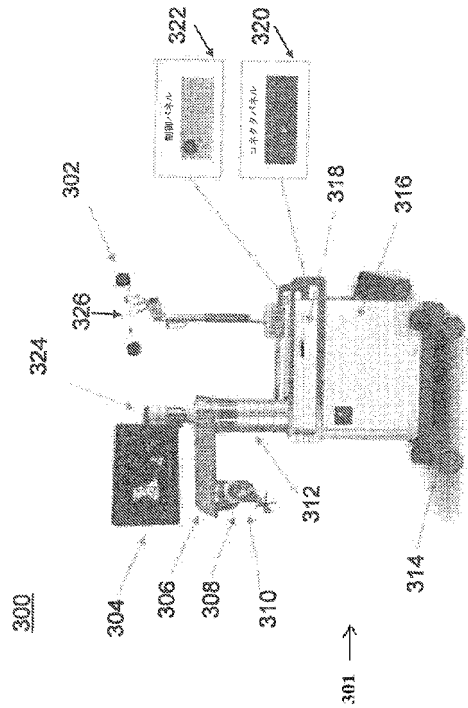
【 図 1 】



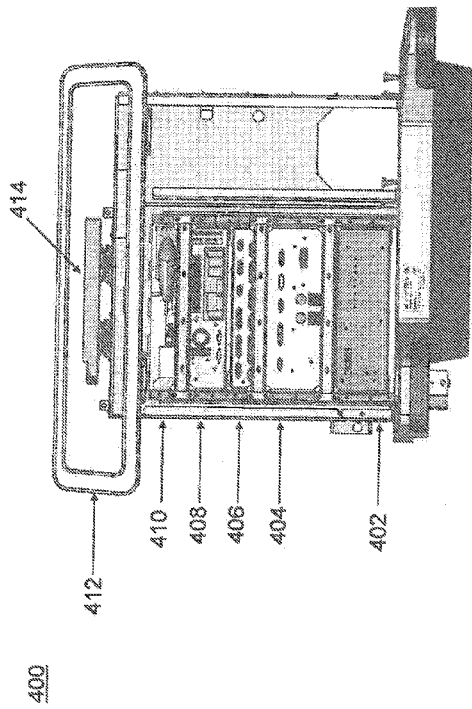
【 図 2 】



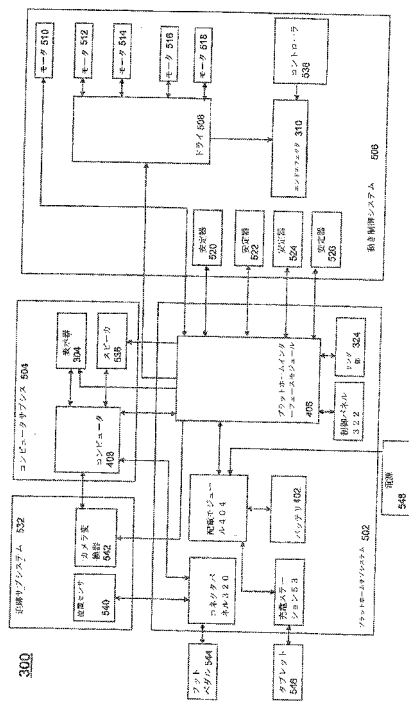
【 図 3 】



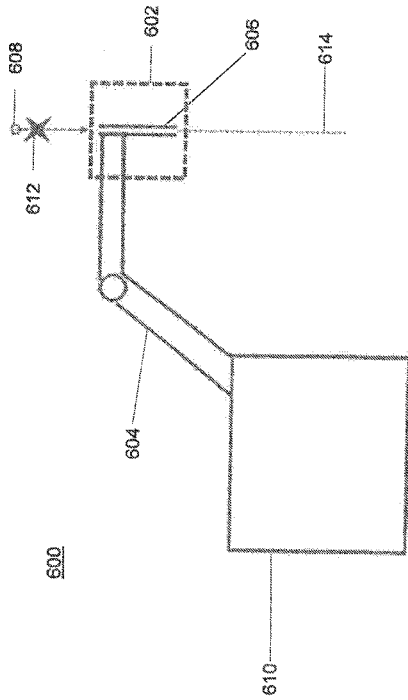
【 図 4 】



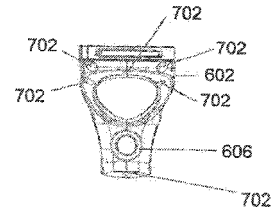
【 図 5 】



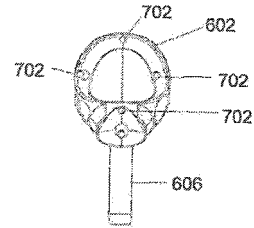
【 図 6 】



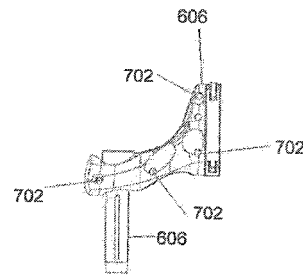
【 図 7 A 】



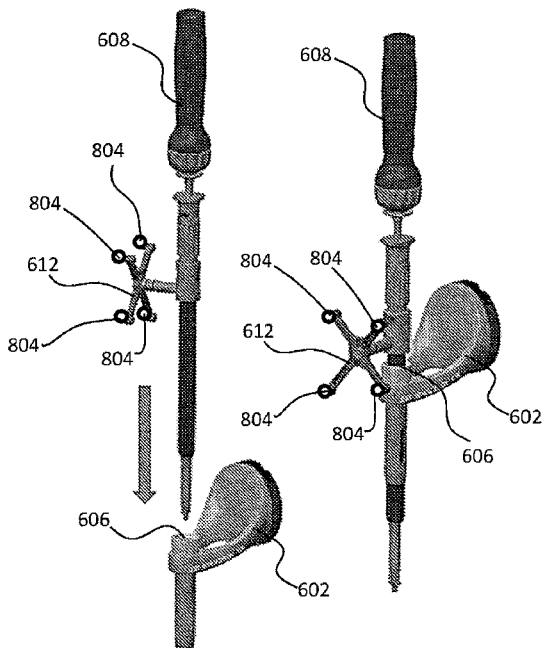
【 図 7 B 】



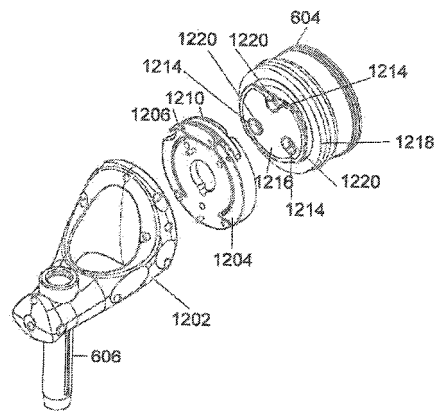
【 図 7 C 】



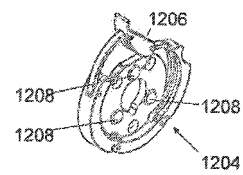
【 図 8 】



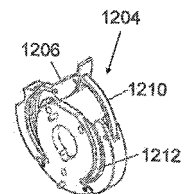
【 図 9 A 】



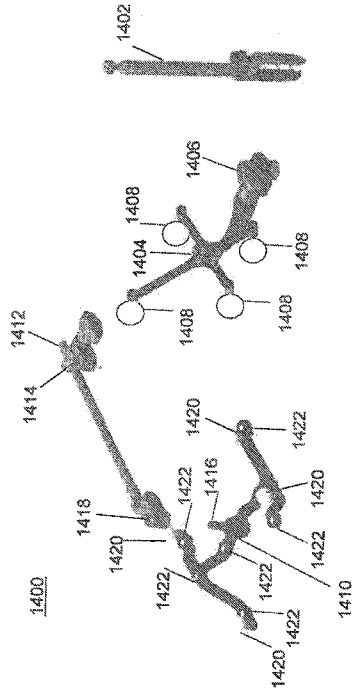
【 図 9 B 】



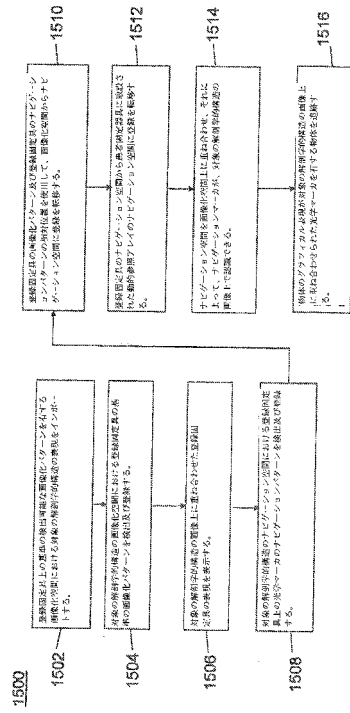
【 図 9 C 】



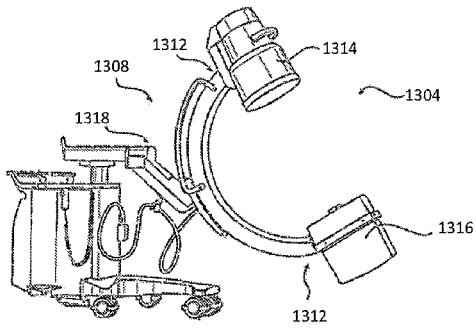
【図10】



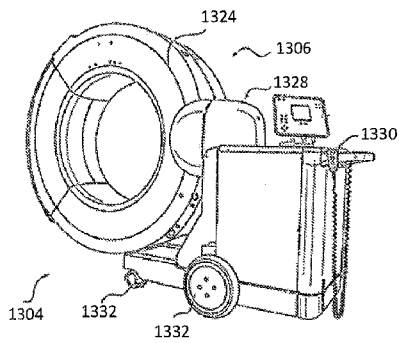
【図11】



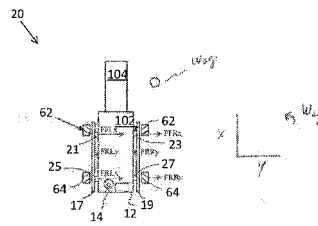
【図12A】



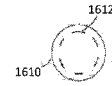
【図12B】



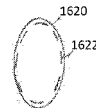
【図13】



【図14A】



【図14B】



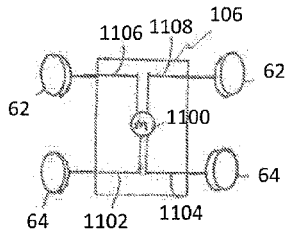
【図14C】



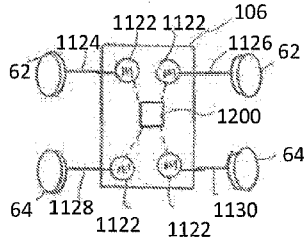
【図14D】



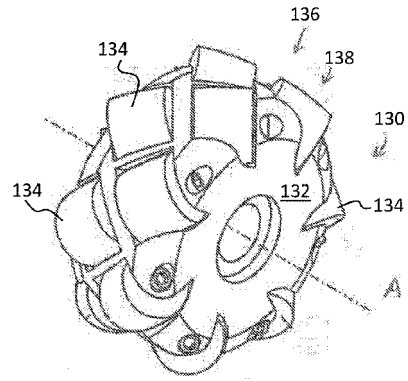
【 図 1 5 A 】



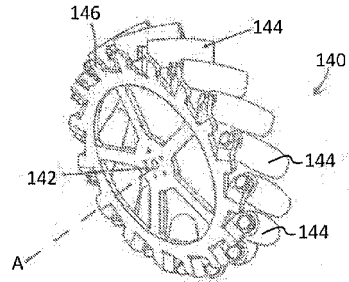
【 図 1 5 B 】



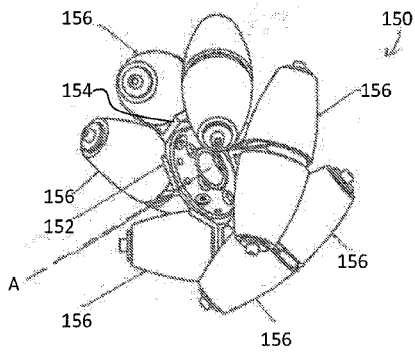
【 図 1 6 】



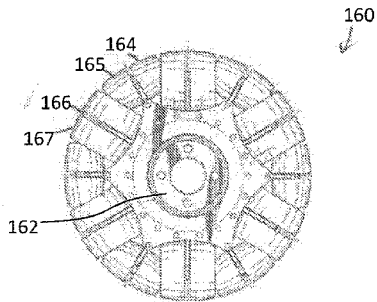
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ロバート, スティーブズ
アメリカ合衆国, 01863 マサチューセッツ州, ノース チェルムズフォード, ストーンヒル
ロード 2
- (72)発明者 ヒシャム, サレム
アメリカ合衆国, 02460 マサチューセッツ州, ニュートン, ビレッジ ロード 24
- (72)発明者 ユアン, チェン
アメリカ合衆国, 01810 マサチューセッツ州, アンドーバー, アップル ブロッサム ロー
ド 16

Fターム(参考) 3C707 AS35 CS08 JT08 KS18 KS33 KT03 KT06 KX17 WA16

【外国語明細書】

201722166000001.pdf