

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7547395号
(P7547395)

(45)発行日 令和6年9月9日(2024.9.9)

(24)登録日 令和6年8月30日(2024.8.30)

(51)国際特許分類

A 6 1 B 34/30 (2016.01)
B 2 5 J 9/06 (2006.01)

F I

A 6 1 B 34/30
B 2 5 J 9/06

A

請求項の数 19 (全57頁)

(21)出願番号	特願2021-576516(P2021-576516)
(86)(22)出願日	令和2年6月23日(2020.6.23)
(65)公表番号	特表2022-540765(P2022-540765)
	A)
(43)公表日	令和4年9月20日(2022.9.20)
(86)国際出願番号	PCT/US2020/039203
(87)国際公開番号	WO2020/263870
(87)国際公開日	令和2年12月30日(2020.12.30)
審査請求日	令和5年6月22日(2023.6.22)
(31)優先権主張番号	62/865,658
(32)優先日	令和1年6月24日(2019.6.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(31)優先権主張番号	62/877,141
(32)優先日	令和1年7月22日(2019.7.22)
	最終頁に続く

(73)特許権者	522440603 ヴィカリアス・サーボカル・インコーポ レイテッド アメリカ合衆国 02451 マサチューセツ州 ウォルサム 4番 アベニュー 78
(74)代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(74)代理人	100110364 弁理士 実広 信哉
(74)代理人	100133400 弁理士 阿部 達彦
(72)発明者	サックス、アダム アメリカ合衆国 02129 マサチューセツ州 チャールズタウン ローランド 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 口ボットアセンブリ用の装置および方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

口ボットアームであって、前記口ボットアームは、

(i) 原点を含む、前記口ボットアームの第1の区分と、

(ii) 口ボット肘関節を含む、前記口ボットアームの第2の区分と、

(iii) エンドエフェクタを含む、前記口ボットアームの第3の区分と、

を形成するように、前記口ボットアームの前記原点から、前記口ボットアームの前記エンドエフェクタへと順に連結された複数の関節を含み、

ここで、前記第1の区分内に位置している関節と前記第3の区分内に位置している関節とによって、前記口ボットアームの前記原点または前記エンドエフェクタの移動から独立して、前記第2の区分の少なくとも一部分の移動が可能であり、

前記口ボットアームの前記複数の関節の大きさは、体腔内に配置されるように構成され、
前記体腔内に前記複数の関節を位置付けて、前記口ボットアームを形成することによつて、前記体腔内で少なくとも8自由度を有する前記口ボットアームの移動範囲が可能である、口ボットアーム。

【請求項2】

前記口ボット肘関節は、ヒンジ関節を含む、請求項1に記載の口ボットアーム。

【請求項3】

前記複数の関節は、ヒンジ関節、回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含む、請求項1に記載の口ボットアーム。

【請求項 4】

前記第1の区分内に位置している前記関節は、ヒンジ関節を含む、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 5】

前記第3の区分内に位置している前記関節は、ヒンジ関節を含む、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 6】

前記第1の区分内に位置している前記関節と前記第3の区分内に位置している前記関節とによって、前記原点および前記エンドエフェクタの移動から独立して、前記第2の区分の少なくとも一部分の移動が可能である、請求項1に記載のロボットアーム。 10

【請求項 7】

前記エンドエフェクタは、手術道具を含む、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 8】

前記複数の関節は、少なくとも3つのヒンジ関節を含む、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 9】

前記複数の関節は、少なくとも3つの回転関節を含む、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 10】

関節の移動は、モータユニットによって行われる、請求項1に記載のロボットアーム。 20

【請求項 11】

関節の変位は、磁気センシングシステムによって測定される、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 12】

磁気センシングシステムは、関節の一部分内に位置している、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 13】

前記複数の関節は、ヒンジ関節と回転関節との交互のパターンで位置している関節の区分を含む、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 14】

前記エンドエフェクタは、ヒンジ関節に直接連結される、請求項1に記載のロボットアーム。 30

【請求項 15】

ヒンジ関節は、前記ロボットアームの長手方向軸に対して垂直である軸の周りを回転運動するように構成される、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 16】

回転関節は、前記ロボットアームの長手方向軸の周りを運動するように構成される、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 17】

ヒンジ関節は、特異平面に沿って移動するように構成される、請求項1に記載のロボットアーム。 40

【請求項 18】

前記ロボットアームは、サポートチューブを含む手術用ロボットアセンブリを含み、前記サポートチューブは、前記ロボットアームと連結するように、かつ、前記ロボットアームの少なくとも一部分は、前記ロボットアームの一部分がトロカールを出ると、外側に偏向するように、前記トロカールを介して前記ロボットアームを届けるように構成される、請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項 19】

請求項1から18のいずれか一項に記載のロボットアームを複数備える、手術用ロボットシステム。 50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****関連出願の相互参照**

本出願は、2019年6月24日に出願された米国仮特許出願第62/865,658号、2019年7月22日に出願された米国仮特許出願第62/877,141号、2019年8月5日に出願された米国仮特許出願第62/882,921号、および2019年10月9日に出願された米国仮特許出願第62/912,910号の利益を主張するものであり、当該出願の全体は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】**参照による引用**

本明細書で言及されるすべての刊行物、特許および特許出願は、個々の刊行物、特許または特許出願がそれぞれ参照により具体的かつ個別に組み込まれる場合と同じ程度に、参照により本明細書に組み込まれる。

【発明の概要】**【0003】**

本明細書には、ロボットアームであって、該ロボットアームは、(i)原点を含む、ロボットアームの第1の区分と、(ii)ロボット肘関節を含む、ロボットアームの第2の区分と、(iii)エンドエフェクタを含む、ロボットアームの第3の区分と、を形成するように、前記ロボットアームの原点から、前記ロボットアームのエンドエフェクタへと順に連結された複数の関節を含み、ここで、第1の区分内に位置している関節と第3の区分内に位置している関節とによって、ロボットアームの原点またはエンドエフェクタの移動から独立して、第2の区分の少なくとも一部分の移動が可能である、ロボットアームが、記載されている。いくつかの実施形態では、ロボット肘関節は、ヒンジ関節を含む。いくつかの実施形態では、複数の関節は、ヒンジ関節、回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含む。いくつかの実施形態では、第1の区分内に位置している関節は、ヒンジ関節を含む。いくつかの実施形態では、第3の区分内に位置している関節は、ヒンジ関節を含む。いくつかの実施形態では、第1の区分内に位置している関節と第3の区分内に位置している関節とによって、原点およびエンドエフェクタの移動から独立して、第2の区分の少なくとも一部分の移動が可能である。いくつかの実施形態では、エンドエフェクタは、手術道具を含む。いくつかの実施形態では、複数の関節は、少なくとも3つのヒンジ関節を含む。いくつかの実施形態では、複数の関節は、少なくとも3つの回転関節を含む。いくつかの実施形態では、関節の移動は、モータユニットによって行われる。いくつかの実施形態では、関節の変位は、磁気センシングシステムによって測定される。いくつかの実施形態では、磁気センシングシステムは、関節の一部分内に位置している。いくつかの実施形態では、複数の関節を位置付けし、ロボットアームを形成することによって、少なくとも8自由度を有するロボットアームの移動範囲が可能である。いくつかの実施形態では、ロボットアームの大きさは、体腔内に配置されるように構成される。いくつかの実施形態では、複数の関節は、ヒンジ関節と回転関節との交互のパターンで位置している関節の区分を含む。いくつかの実施形態では、エンドエフェクタは、ヒンジ関節に直接連結される。いくつかの実施形態では、ヒンジ関節は、ロボットアームの長手方向軸に対して垂直である軸の周りを回転運動するように構成される。いくつかの実施形態では、回転関節は、ロボットアームの長手方向軸の周りを運動するように構成される。いくつかの実施形態では、ヒンジ関節は、特異平面に沿って移動するように構成される。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、サポートチューブを含む手術用ロボットアセンブリを含み、サポートチューブは、ロボットアームと連結するように、かつ、ロボットアームの少なくとも一部分は、ロボットアームの一部分がトロカールを出ると、外側に偏向するように、トロカールを介してロボットアームを届けるように構成される。

【0004】

本明細書には、方法であって、該方法は、トロカールを介してロボットアセンブリの複

10

20

30

40

50

数の作業端を挿入する工程であって、サポートチューブは、複数のうちの対応する作業端と、トロカールの外側に位置しているロボットアセンブリの一部分を動作可能に連結する工程と、サポートチューブの少なくとも一部分をトロカール内に挿入する工程であって、対応する作業端がトロカールから出ると、サポートチューブの少なくとも一部分がトロカールの内壁の一部分に向かって径方向外側に移動する、工程と、を含む、方法が、記載されている。いくつかの実施形態では、遷移要素は、対応する作業端と連結される。いくつかの実施形態では、遷移要素の近位端は、トロカールを出ると、対応する作業端を径方向外側に誘導する。いくつかの実施形態では、サポートチューブの剛性によって、サポートチューブを径方向外側に駆動する。いくつかの実施形態では、サポートチューブは、弾性要素と連結され、弾性要素は、サポートチューブを径方向外側に駆動する。いくつかの実施形態では、弾性要素は、ばねを含む。いくつかの実施形態では、複数の作業端は、カメラの作業端、第1のロボットアームの作業端、および第2のロボットアームの作業端のうちの少なくとも2つを含む。いくつかの実施形態では、複数の作業端は、カメラの作業端、第1のロボットアームの作業端、および第2のロボットアームの作業端を含む。いくつかの実施形態では、遷移要素の近位端の少なくとも一部分は、その長さの少なくとも一部分に沿って屈曲する側面を含む。いくつかの実施形態では、遷移要素の遠位端の少なくとも一部分は、先細りの端部を含む。いくつかの実施形態では、複数の作業端を挿入する工程は、順に行われる。いくつかの実施形態では、複数の作業端を挿入する工程の順序は、複数の作業端の各々の相対断面積に少なくとも部分的に基づくものである。いくつかの実施形態では、挿入する工程は、複数の作業端の各々をトロカール内に個別に挿入することを含む。いくつかの実施形態では、挿入する工程は、ロボットアセンブリと連結された1つ以上のモータユニットによって行われる。いくつかの実施形態では、1つ以上のモータユニットは、モータ、駆動列、電子部品、あるいはそれらの任意の組み合わせを含む。いくつかの実施形態では、1つ以上のモータユニットは、複数の作業端の挿入の軸に対して実質的に平行になるようにモータユニットを平行移動させるように構成された搭載部材を含む。いくつかの実施形態では、複数の作業端の各作業端は、対応するモータユニットと連結される。いくつかの実施形態では、サポートチューブは、機械的な動力要素、電気的な動力要素、あるいはそれらの組み合わせを含む。いくつかの実施形態では、1つ以上の作業端がトロカールを介して体腔内に挿入されると、トロカールは、体腔の吹送を維持する。いくつかの実施形態では、当該方法は、カメラの作業端を、第1のロボットアームの作業端と第2のロボットアームの作業端との間に位置付ける工程をさらに含む。いくつかの実施形態では、カメラの作業端は、第1のロボットアームの作業端と第2のロボットアームの作業端との間に実質的に等距離に位置している。いくつかの実施形態では、位置付ける工程は、1つ以上のモータユニットによって行われる。いくつかの実施形態では、カメラは、ステレオカメラを含む。いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリの一部は、トロカールと連結される。いくつかの実施形態では、当該方法は、複数の作業端を、トロカールに再び入れることによって除去する工程をさらに含む。いくつかの実施形態では、遷移要素は、トロカールに再び入れると、作業端を径方向内側に誘導する。いくつかの実施形態では、当該方法は、複数のうちの1つの作業端の相対深さを個別に調節する工程をさらに含む。

【 0 0 0 5 】

本明細書には、磁気センシングシステムを含むロボット関節であって、磁気センシングシステムは、(a)磁場を形成する磁石の配列と、(b)地場の少なくとも一部分の変化を測定するように構成されたセンサの配列と、を含み、変化は、ロボット関節の変位に対応する、ロボット関節が、記載されている。いくつかの実施形態では、磁石の配列は、実質的に磁気カラムを形成する2つ以上の磁石を含む。いくつかの実施形態では、2つ以上の磁石は、N-S、N-SまたはS-N、S-Nの双極子配列で位置している。いくつかの実施形態では、磁石の配列は、第1の磁気カラムと第2の磁気カラムとを含む。いくつかの実施形態では、第1の磁気カラムの磁石の磁化方向は、第2の磁気カラムの磁石と反対の双極子配列を有する。いくつかの実施形態では、第1の磁気カラムの磁石の磁化方向

10

20

30

40

50

は、第2の磁気カラムの磁石と同じ双極子配列を有する。いくつかの実施形態では、センサの配列は、磁石の配列に対して実質的に垂直である平面上またはその近傍に位置している。いくつかの実施形態では、実質的に垂直である平面は、第1の磁石と第2の磁石との間に位置し、第1の磁石と第2の磁石は、磁気カラムを形成する。いくつかの実施形態では、磁石の配列とセンサの配列は、ロボット関節の周縁部に実質的に近位に位置している。いくつかの実施形態では、磁気センシングシステムは、磁石の配列およびセンサの配列がない同等のロボット関節と比較して、より高い分解能でロボット関節の変位を測定する。いくつかの実施形態では、磁石の配列は、磁気センシングシステムの別個の空間上の象限に位置している磁石のセットを含む。いくつかの実施形態では、セットのうちの第1の磁石は、対角に位置している象限にある第2の磁石と整合された磁化方向を含む。いくつかの実施形態では、カラムの第1の磁石は、第1象限内に位置し、カラムの第2の磁石は、第2象限内に位置している。いくつかの実施形態では、磁場は、直交磁場成分、平行磁場成分、非平行磁場成分、あるいはそれらの任意の組み合わせを含む。いくつかの実施形態では、複数の磁石のうちの1つの磁石は、ネオジム、鉄、あるいはそれらの任意の組み合わせを含む。いくつかの実施形態では、複数の磁石のうちの1つの磁石は、電磁石を含む。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、ケーブル駆動型ロボットアームを含む。いくつかの実施形態では、磁石の配列は、少なくとも4つの磁石を含む。いくつかの実施形態では、センサの配列は、センサアレイを含む。いくつかの実施形態では、センサアレイは、少なくとも2つのセンサを含む。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、ロボット関節を含む。いくつかの実施形態では、複数のロボット関節の各々は、ロボット関節を含む。

【0006】

本明細書には、関節を含むロボットアームであって、関節は、電気通信構成要素の一部分を含み、当該一部分は、関節の第1の部分と第2の部分と関連付けられ、そして、当該一部分は、(a)関節の軸の周りに巻き付けられ、当該一部分のいくつかの巻き付けは、関節の運動に比例して変動するか、あるいは(b)延在して移動屈曲を形成し、関節の作動中に、移動屈曲は、第1の部分と第2の部分とに対して移動する、ロボットアームが、記載されている。いくつかの実施形態では、当該一部分は、延在して移動屈曲を形成し、移動屈曲は、関節の筐体のチャネル内に位置し、チャネル内を移動する。いくつかの実施形態では、チャネルは、関節の中心軸の外側に位置している。いくつかの実施形態では、関節の第1の可動域において、最小量の移動屈曲がチャネル内に位置し、関節の第2の可動域において、最大量の移動屈曲がチャネル内に位置している。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、ピンを含む。いくつかの実施形態では、関節の一部分は、カムとして動作可能に構成され、ピンは、カムフォロアとして動作可能に構成される。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、電気構成要素と連結された弾性要素を含む。いくつかの実施形態では、弾性要素は、ばねまたは弾性バンドを含む。いくつかの実施形態では、弾性要素は、定力ばねであるばねを含む。いくつかの実施形態では、当該一部分は、関節の軸の周りに巻き付けられ、関節は、回転関節を含む。いくつかの実施形態では、当該一部分は、延在して移動屈曲を形成し、関節は、ヒンジ関節を含む。いくつかの実施形態では、関節の第1の位置、関節の第2の位置、あるいはそれらの組み合わせとの関連は、固定される。いくつかの実施形態では、当該一部分は、関節の軸の周りに巻き付けられて、少なくとも部分的にヘリカルコイルを形成する。いくつかの実施形態では、当該一部分は、関節の軸の周りに巻き付けられ、いくつかの巻き付けは、関節の筐体とシャフトとの間に位置している。いくつかの実施形態では、関節の第1の可動域において、巻き付け回数は、最大にされ、当該一部分は、シャフトの周りに巻き付けられ、関節の第2の可動域において、巻き付け回数は、最小にされ、当該一部分は、筐体に抗して拡張される。いくつかの実施形態では、電気通信構成要素は、ロボットアームのエンドエフェクタと制御システムを動作可能に連結する。いくつかの実施形態では、電気通信構成要素は、ロボットアームの一部分に、あるいはその一部分から1つ以上の電気信号を伝送するように構成される。いくつかの実施形態では、当該一部分は、関節の移動に対して移動するように構成さ

10

20

30

40

50

れる。いくつかの実施形態では、関節の移動中に、当該一部分は、湾曲半径を実質的に維持するように構成される。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、ロボットアームの可動域を限定するために停止要素を含む。いくつかの実施形態では、ロボットアームは、電気通信構成要素の少なくとも一部分を被覆するコーティングまたはフィルムを含む。いくつかの実施形態では、コーティングまたはフィルムは、潤滑剤を含む。

【図面の簡単な説明】

【0007】

本特許出願は少なくとも1枚のカラー図面を含む。カラー図面を添付した本特許または本特許出願の写しは、申請し必要な手数料を支払うことで、特許庁から提供される。

【図1】いくつかの実施形態に従って、複数の関節を含むロボットアームを図示する。 10

【図2】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図3】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図4】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図5】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図6】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図7】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図8】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図9】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図10】いくつかの実施形態に従って、手術用ロボット分割アームアーキテクチャを図示する。

【図11】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介したカメラモータユニットの挿入を図示する。 30

【図12】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介したカメラモータユニットの挿入を図示する。

【図13】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介したカメラモータユニットの挿入を図示する。

【図14】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介したカメラモータユニットの挿入を図示する。

【図15】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介したカメラモータユニットの挿入を図示する。

【図16】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。 40

【図17】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。

【図18】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。

【図19】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。

【図20】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。

【図21】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。 50

【図22】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。
 【図23】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された後の第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。

【図24】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された後の第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。

【図25】いくつかの実施形態に従って、トロカールを介して挿入された後の第1のアームモータユニット、第2のアームモータユニット、およびカメラモータユニットを図示する。 10

【図26】いくつかの実施形態に従って、センサアレイと回転磁石とを含むシステムを図示する。

【図27】いくつかの実施形態に従って、センサアレイと回転磁石とを含むシステムを図示する。

【図28】いくつかの実施形態に従って、ロボット関節アセンブリを図示する。

【図29】いくつかの実施形態に従って、磁石の配列を図示する。

【図30】いくつかの実施形態に従って、磁石の配列によって発生した磁場のシミュレーションを図示する。

【図31】いくつかの実施形態に従って、磁石の配列によって発生した磁場の垂直成分を図示する。 20

【図32】いくつかの実施形態に従って、複数の磁石と、複数の磁石によって発生した磁場を感知するためのセンサアレイとを図示する。

【図33】いくつかの実施形態に従って、関節に実装されたセンシングシステムを図示する。

【図34】いくつかの実施形態に従って、関節の軸の周りに可撓性プリント回路基板が巻き付けられた回転関節を図示する。

【図35】いくつかの実施形態に従って、関節の軸の周りに可撓性プリント回路基板が巻き付けられた回転関節を図示する。

【図36】いくつかの実施形態に従って、関節の周りに配置された電気通信構成要素と後退機構とを図示する。 30

【図37】いくつかの実施形態に従って、関節の周りに配置された電気通信構成要素と後退機構とを図示する。

【図38】いくつかの実施形態に従って、ヒンジ関節と、関節を介して送られた電気通信構成要素とを図示する。

【図39】いくつかの実施形態に従って、ヒンジ関節と、関節を介して送られた電気通信構成要素とを図示する。

【図40】外科的処置を受ける患者と、ロボットアセンブリの助けを借りて外科的処置を行う医療専門家とに対して位置しているロボットアセンブリを図示する。

【図41】外科的処置を受ける患者と、ロボットアセンブリの助けを借りて外科的処置を行う医療専門家とに対して位置しているロボットアセンブリを図示する。 40

【図42】外科的処置を受ける患者と、ロボットアセンブリの助けを借りて外科的処置を行う医療専門家とに対して位置しているロボットアセンブリを図示する。

【図43】トロカールを介した患者内へのロボットアームの進入を図示する。

【図44】ロボットアセンブリの種々の寸法を図示する。

【図45】ロボットアセンブリの一部分がトロカールを介して患者内に挿入されたときの、挿入ピッチ角と、モータユニットと患者との間の隙間を図示する。

【図46】トロカールの断面および直径、あるいは関連付けられる構成要素を図示する。

【図47】サポートチューブと、その内に収容された電気構成要素および機械構成要素の一例との断面を図示する。 50

【図48】サポートチューブの断面を図示し、例示的なサポートチューブの各側面の湾曲の例を実証する。

【図49】断面二次モーメントなどの種々のパラメータを計算するためのソフトウェアプログラム（Solidworks（商標））の使用を図示する。

【図50】サポートチューブと、対応するロボットアームとの間の取り付けの一例を図示する。

【図51】サポートチューブと、対応するモータユニットとの間の取り付けの一例を図示する。

【0008】

本開示の新規な特徴は、添付の特許請求の範囲に詳細に述べられる。本開示の特徴および利点のより良い理解は、例示的な実施形態を述べた以下の詳細な説明を参照することによって得られる。

10

【発明を実施するための形態】

【0009】

本開示の好ましい実施形態が本明細書で示され記載されているが、このような実施形態は、一例として提示されているに過ぎないことは、当業者に明白であろう。当業者であれば、本開示から逸脱することなく、多数の変形、変更および置換に思い至るであろう。本明細書に記載の本開示の実施形態の種々の代替物が、本開示を実施する上で利用され得ることが理解されるべきである。以下の請求項は本開示の範囲を定義するものであり、この請求項とその均等物の範囲内の方法および構造体がそれによって包含されるものであるということが意図されている。

20

【0010】

絶対用語または順序用語、例えば、「will」「will not」「shall」「shall not」「must」「must not」「第1に」「最初に」「次に」「続いて」「前に」「後に」「最後に」および「最終的に」は、本明細書に記載の本実施形態の範囲を限定することを意味しておらず、本発明の範囲を限定することを意味しておらず、例示であることを意味している。

【0011】

本明細書で使用される場合、単数形「a」、「an」および「the」は、別に明確に指示していない限り、複数形を含むことが意図されている。さらに、用語「含んでいる（including）」、「含む（includes）」、「有している（having）」、「有する（has）」、「有する（with）」、あるいはそれらの变形語は、詳細な説明および／または特許請求の範囲のいずれかで使用される程度まで、このような用語は、用語「含んでいる（comprising）」と同様に包括的であることが意図している。

30

【0012】

本明細書で使用される場合、用語「少なくとも1つ」、「1つ以上」および「および／または」は、両方とも、動作において連言的でも選言的でもあるオープンエンド表現である。たとえば、表現「A、BおよびCのうちの少なくとも1つ」、「A、BまたはCのうちの少なくとも1つ」、「A、BおよびCのうちの1つ以上」、「A、BまたはCのうちの1つ以上」および「A、Bおよび／またはC」の各々は、Aのみ、Bのみ、Cのみ、AとBを共に、AとCを共に、BとCを共に、またはAと、BとCを共に意味している。

40

【0013】

本明細書に記載のいずれのシステム、方法、ソフトウェアおよびプラットフォームは、モジュール式であり、順序工程に限定されていない。さらに、用語「第1の」および「第2の」は、必ずしも優先順序、重要順序または動作順序を意味していない。

【0014】

用語「約」または「およそ」は、当業者によって決定される、特定の値について許容可能な誤差範囲内を意味し、これは、例えば測定システムの限界など、どのようにその値が測定または決定されるかに、部分的に左右される。例えば、「約」は、ある値について、

50

慣習によって、1または1を超える標準偏差以内であることを意味してもよい。本出願および特許請求の範囲において特定の値が記載されている場合、別に述べられていない限り、用語「約」は、その特定の値について許容可能な誤差範囲内を意味していると想定されるべきである。

【0015】

図40～42の一連の画像で示されているように、外科的処置は、ロボットアセンブリ(501)を有するロボットマシン(500)の助けを借りて、医療専門家(502)(外科医など)によって患者(503)に行われることができる。ロボットアセンブリ(501)の少なくとも一部分は、患者(503)の一部分に挿入されることができる。ロボットアセンブリ(501)の少なくとも一部分は、患者(503)の外側に留まってもよい。挿入されることができる一部分は、カメラと、2つのロボットアームとを含むことができる。患者(503)の外側に留まってもよい一部分は、モータユニット、レール、サポートチューブの一部分、制御システム、およびその他を含むことができる。患者(503)は、手術台などの表面(504)上に位置してもよい。ロボットアセンブリ(501)は、移動可能であってもよい。ロボットアセンブリ(501)は、患者の場所の上に位置してもよい。外科的処置は、ロボットアセンブリ(501)の一部分を患者(503)の一部分内に挿入する工程を含むことができ、場合によっては、1つ以上のトロカールを介して挿入する工程を含むことができる。外科的処置は、治療処置、診断処置、予防処置、セラノスティックス(theranostic)処置、あるいはそれらの組み合わせを含むことができる。

10

【0016】

ロボットアセンブリは、ロボットアセンブリの磁気センシングシステムなどの1つ以上の磁石を含むことができる。磁気センシングシステムは、関節などの、ロボットアセンブリの一部分内に位置してもよい。ロボットアセンブリの1つ以上の関節は、1つ以上の磁石を含む磁気センシングシステムを含むことができる。1つ以上の磁石の磁場は、関節などのロボットアセンブリの一部分の変位または移動の結果として変化することができる。対応する1つ以上のセンサは、磁場の変化を測定するように構成されることができる。磁気センシングシステムの磁石は、リング磁石、円磁石、棒磁石、U字磁石、ポール磁石、円筒磁石、あるいはそれらの任意の組み合わせであってもよい。磁石またはその一部分は、セラミック磁石であってもよい。磁石またはその一部分は、ネオジム、ホウ素、鉄、あるいはこれらの任意の組み合わせを含んでもよい。磁石またはその一部分は、ネオジム、フェライト、ゴム、鉄、天然磁石、磁鉄鉱、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。磁石またはその一部分は、NdFeBを含んでもよい。磁石またはその一部分は、約N33～N52の磁力の強さを含んでもよい。磁石は、約N35の磁力の強さを含んでもよい。磁石は、約N42の磁力の強さを含んでもよい。磁石またはその一部分は、約Y10～Y30BHの磁力の強さを含んでもよい。磁石またはその一部分は、等方性磁石であってもよい。磁石またはその一部分は、異方性磁石であってもよい。磁石またはその一部分は、ゴム磁石であってもよい。磁石またはその一部分は、フェライト、AlNiCo(AN)、SmCo(SC)、NdFeB(ND)、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。磁石またはその一部分は、電磁石を含んでもよい。

20

30

【0017】

ロボットアセンブリは、1つ以上のセンサを含んでもよい。ロボットアセンブリの磁気センシングシステムは、1つ以上のセンサを含んでもよい。センサは、関節などのロボットアセンブリの一部分内に位置してもよい。ロボットアセンブリの1つ以上の関節は、1つ以上のセンサを含む磁気センシングシステムを含むことができる。センサは、関節などのロボットアセンブリの一部分の変位または移動に対応する1つ以上の磁石の磁場の一部分の変化を測定するように構成されてもよい。センサは、地場の一部分の変化を測定するように構成されてもよい。センサは、サーチコイル磁力計、フラックスゲート磁力計、光ポンピング磁力計、核歳差磁力計(nuclear-procession magnetometer)、SQUID磁力計、ホール効果センサ、磁気抵抗磁力計、磁気ダイオ

40

50

ード、磁気トランジスタ、光ファイバ磁力計、光磁気センサ、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。

【0018】

ロボットアセンブリは、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、20、25、30、35、40、45、50、75、100、150、200、またはそれ以上のセンサを含んでもよい。ロボットアセンブリの関節は、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、またはそれ以上のセンサを含んでもよい。関節は、約1～約10のセンサを含んでもよい。関節は、約1～約8のセンサを含んでもよい。関節は、約1～約6のセンサを含んでもよい。関節は、約2～約8のセンサを含んでもよい。関節は、約2～約6のセンサを含んでもよい。ロボットアセンブリの関節または他の構成要素は、偶数のセンサまたは奇数のセンサを含んでもよい。関節は、2、4、6、8、10、またはそれ以上のセンサを含んでもよい。関節は、1、3、5、7、9、またはそれ以上のセンサを含んでもよい。1つ以上のセンサは、センサの配列を形成してもよい。配列は、関節などのロボットアセンブリの構成要素の実質的に周囲にセンサを位置付ける配列を含んでもよい。配列は、同じ軸に沿って、あるいはある平面内に1つ以上のセンサを含んでもよい。1つ以上のセンサは、センサアレイを形成してもよい。センサアレイは、 2×2 のセンサ、 3×3 のセンサ、 4×4 のセンサ、 2×3 のセンサ、 2×4 のセンサ、 3×4 のセンサ、あるいは他の組み合わせを含んでもよい。

10

【0019】

ロボットアセンブリは、複数の関節を含んでもよい。複数の関節のうちの少なくとも2つの関節は、同じタイプのものであってもよい。複数の関節のうちの少なくとも2つの関節は、異なるタイプのものであってもよい。ロボットアセンブリのロボットアームは、複数の関節を含んでもよい。関節は、平行移動運動するように構成されるか、回転運動するように構成されるか、あるいはそれらの任意の組み合わせであってもよい。ロボットアセンブリは、平行移動運動するように構成された関節、回転運動するように構成された関節、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。関節は、線形関節、直交関節、回転関節、ねじり関節または旋回関節であってもよい。ロボットアセンブリは、線形関節、直交関節、回転関節、ねじり関節、旋回関節、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。関節は、ヒンジ関節または回転関節を含んでもよい。ロボットアセンブリは、ヒンジ関節、回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。

20

【0020】

ロボットアセンブリは、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、またはそれ以上の関節を含んでもよい。ロボットアセンブリは、少なくとも約2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、またはそれ以上の関節を含んでもよい。ロボットアームは、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、またはそれ以上の関節を含んでもよい。ロボットアームは、少なくとも約2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、またはそれ以上の関節を含んでもよい。ロボットアセンブリは、1つ以上のヒンジ関節を含んでもよい。ロボットアセンブリは、1つ以上の回転関節を含んでもよい。ロボットアセンブリのロボットアームは、1つ以上のヒンジ関節、1つ以上の回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。ロボットアームは、約1～10のヒンジ関節、約1～10の回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。ロボットアームは、約2～15のヒンジ関節、2～15の回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。ロボットアームの一部分は、ヒンジ関節と回転関節の交互のパターンを含んでもよい。ロボットアームの一部分は、ヒンジ関節の繰り返しパターン、または回転関節の繰り返しパターンを含んでもよい。関節のパターンは、ロボットアームが少なくとも7自由度、少なくとも8自由度、またはそれ以上で移動するように構成されてよい。

30

【0021】

ロボットアセンブリは、ロボットアームを含んでもよい。ロボットアセンブリは、1つ以上のロボットアームを含んでもよい。ロボットアームの少なくとも一部分は、被験体の

40

50

体腔内に入り、タスクを実行するように構成されてもよい。ロボットアームは、エンドエフェクタを含んでもよい。エンドエフェクタは、ロボットアームの遠位端と連結されてもよい。ロボットアームは、2、3、またはそれ以上のエンドエフェクタなどの1つを越えるエンドエフェクタを含んでもよい。エンドエフェクタは、ロボットアームから連結および脱連結されてもよい。第1のロボットアームのエンドエフェクタは、ロボットアセンブリの第2のロボットアームのエンドエフェクタとは異なるタイプであってもよい。第1のロボットアームのエンドエフェクタは、ロボットアセンブリの第2のロボットアームのエンドエフェクタと同じタイプであってもよい。エンドエフェクタは鉗子、針、メス、クランプ、ハサミ、フック、開創器、クランプ、吸込道具、ステープラ、膀胱鏡、鋸（骨切り鋸など）、関節鏡、エネルギー道具（電気メス道具、超音波道具またはエンドステープラなど）、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。

10

【0022】

ロボットアセンブリは、1つ以上の作業端を含んでもよい。ロボットアセンブリは、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、またはそれ以上の作業端を含んでもよい。ロボットアセンブリは、少なくとも約2、3、4、5、6、7、8、9、10、またはそれ以上の作業端を含んでもよい。作業端は、体腔に入るロボットアセンブリの一部分であってもよい。作業端は、カメラ、エンドエフェクタを含むロボットアーム、あるいは他のロボット構成要素を含んでもよい。作業端は、トロカールを介して挿入されて、体腔に入ることができる。場合によっては、トロカールを介して1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、またはそれ以上の作業端が挿入されてもよい。場合によっては、トロカールを介して少なくとも約2、3、4、5、6、7、8、9、10の作業端が挿入されてもよい。場合によっては、作業端のあるサブセットが第1のトロカールを通過させることによって体腔内に挿入されてもよく、作業端の第2のサブセットが第2のトロカールを通過させることによって体腔内に挿入されてもよい。場合によっては、ロボットアセンブリは、単一のトロカールを通過する3つの作業端を含む。

20

【0023】

ロボットアセンブリは、弾性要素を含んでもよい。弾性要素は、ロボットアセンブリの作業端（ロボットアームの作業端、またはカメラの作業端など）、遷移要素、サポートチューブ、モータユニット、あるいはそれらの任意の組み合わせと動作可能に接続されるよう、またはその内に埋め込まれるように構成されてもよい。ロボットアセンブリの作業端は、対応する弾性要と動作可能に連結されてもよい。ロボットアセンブリの各作業端は、対応する弾性要素と動作可能に（operative）連結されてもよい。弾性要素は、トロカール内に挿入される作業端の外側への付勢を生じさせてもよく、それによって、接続サポートチューブは、トロカールの内壁に隣接する位置に向かって径向外側に駆動される。弾性要素は、ばね、または弾性バンドもしくはゴムバンドを含んでもよい。ばねは、圧縮ばね、引張ばね、ねじりばね、定力ばね、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。ばねは、板ばね、渦巻ばね、つる巻きばね、皿ばね、筒状ばね、膜、アネロイドボックス、ベロー（bellow）、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。

30

【0024】

本明細書に記載されるようなロボットアセンブリまたはその一部分は、1種以上のコーティングを含んでもよい。例えば、ロボットアセンブリのロボットアームの電気構成要素は、コーティングで被覆されてもよい。コーティングは、コンフォーマルコーティングを含んでもよい。コーティングまたはその一部分は、非晶質フルオロポリマーなどのポリマー系であってもよい。コーティングまたはその一部分は、アクリル樹脂、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、エポキシ樹脂、パリレン、シリコーン、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。コーティングまたはその一部分は、ナノコーティング、薄膜コーティング、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。

40

【0025】

ロボットアーム - 移動範囲

50

手術用ロボットアームの前世代は一般的には、エンドエフェクタを含む 7 自由度以下しか有していない。実際には、多数の手術用ロボットは、7自由度未満で動作する。ほとんどの場合、7自由度であれば、ユーザは、作業場所内の位置範囲内または配向範囲内で、ロボット / 手術道具のエンドエフェクタを位置付けることと、配向することとの両方が可能である（7自由度 = x、y、z、ヨー、ピッチ、ロール、エンドエフェクタの開閉）。しかし、エンドエフェクタの位置および配向の各々において、通常、ロボットの各関節に対して 1 つの許容可能な位置しか存在しない。例えば、エンドエフェクタのある位置および配向に対して、ロボットの肘は、通常、1力所の場所にしかない。

【0026】

ある外科的処置において、7自由度では不十分である。人間の腕は、さらなる自由度を有し、それによって、人間は、肩や手を静止状態に保ちながら肘を移動させることができある。人間の腕は、7を超える自由度を有するので、手を同じ場所に保ちながら肘を種々の位置（例えば上下）に移動 / 回転させることができる。ある外科的処置において、進入経路の選択は重要である。例えば、この選択は、切開手術において重要であり、切開手術では、患者の腹腔内容物との衝突を防止するために、外科医が、腕と肘を患者の上に保つ必要がある。いくつかの例では、非ロボット手術においても、手術用ロボットの進入経路を選択することは重要である。

10

【0027】

8自由度を組み込むことによって、開示のロボットアームは、7自由度しか有さないロボットアームにおいて利用可能でない、ある進入経路を実行することができる（例えば、腹部の天井（腹壁）に向かって到達させ、動作させる）。いくつかの実施形態では、ロボットは、組織の近傍に到達し、任意の器官に後方から侵入することができ、これは、人間がコーヒーマグを回転させることなく、コーヒーマグを後方から持ち上げができるのと同様である。これは、例えば Intuitive Surgical 社製 Da Vinci ロボットを含む既存の技術では不可能なことである。いくつかの実施形態によると、開示のロボットアームによって、外科医は、より理想的な進入経路を選択し、ほぼすべての角度から任意の組織に侵入することができる。

20

【0028】

手術用ロボットアセンブリなどのロボットアセンブリは、ロボットアームを含んでもよい。場合によっては、ロボットアームは、複数の関節を含む。複数の関節は、ロボットアームの原点からロボットアームのエンドエフェクタへと順に配列されてもよい。複数の関節は、複数の区分などの 1 つ以上の区分を形成してもよい。場合によっては、ロボットアームの第 1 の区分は、ロボットアームの肩部などの原点を含んでもよい。ロボットアームの第 2 の区分は、ロボット肘関節を含んでもよい。ロボットアームの第 3 の区分は、エンドエフェクタ（手術道具など）を含んでもよい。ロボットアームは、第 1 の区分内に位置している関節（ヒンジ関節など）と、第 3 の区分内に位置している関節（ヒンジ関節など）とを含んでもよく、それによって、ロボットアームの原点またはエンドエフェクタの移動から独立して、第 2 の区分の少なくとも一部分の移動を提供する。場合によっては、第 1 の区分内に位置している関節と第 3 の区分内に位置している関節の組み合わせによって、原点およびエンドエフェクタの移動から独立して、第 2 の区分の少なくとも一部分の移動が可能である。ロボット肘関節は、人間の肘を模倣するために、ヒンジ関節であってもよい。ロボットアームの複数の関節は、ヒンジ関節、回転関節、あるいはそれらの組み合わせなどの異なるタイプの関節の任意の組み合わせを含んでもよい。ロボットアームの複数の関節は、少なくとも 3 つのヒンジ関節、少なくとも 3 つの回転関節、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。ロボットアームを形成するために複数の関節を位置付けるが、これには、関節の配列または関節のパターンなどがある。ロボットアームの一部分は、ヒンジ関節と回転関節との交互のパターンで位置している関節の区分を含んでもよい。エンドエフェクタは、ヒンジ関節と連結されてもよい。複数の関節を位置付けることによって、ロボットアームの移動範囲を可能にしてもよい。ロボットアームの移動範囲は、少なくとも 7 自由度、少なくとも 8 自由度、またはそれ以上を含んでもよい。ロボットアーム

30

40

50

ムの移動範囲は、人間の腕に実質的に類似してもよい。ロボットアームの大きさは、トロカールを介して体腔内に配置されるように構成されてもよい。

【0029】

ヒンジ関節は、ロボットアームの長手方向である軸に対して実質的に垂直である軸の周りを回転運動するように構成されてもよい。ヒンジ関節は、特異平面に沿って移動するように構成されてもよい。回転関節は、ロボットアームの実質的に長手方向軸の周りを平行運動するように構成されてもよい。

【0030】

ロボットアームの1つ以上の関節の移動は、モータユニットによって行われてもよい。複数の関節の関節は、対応するモータユニットと動作可能に連結されてもよい。複数の関節の各関節は、対応するモータユニットと動作可能に連結されてもよい。複数の関節のうちの1つ以上の変位は、磁気センシングシステムによって測定されてもよい。ロボットアームは、磁気センシングシステムを含んでもよい。複数の関節の関節は、対応するモータユニットを含んでもよい。複数の関節の各関節は、磁気センシングシステムを含んでもよい。磁気センシングシステムは、ロボットアームの関節の一部分内に位置してもよい。

10

【0031】

図1は、本発明のある実施形態による手術用ロボットを図示している。ロボットのアームは、人間の腕と同じ構成を有する。すなわち、ロボットは、エンドエフェクタと同じ位置および配向に保ちながら、肘を下げる動作で腹部の天井上で動作することができる。図1に示されているように、ロボットの構成は(肩部から順に)、第1の回転関節(101)、第1のヒンジ関節(102)、第2の回転関節(103)、第2のヒンジ関節(104)、第3の回転関節(105)、第3のヒンジ関節(106)、第4のヒンジ関節(107)およびエンドエフェクタ(108)である。いくつかの実施形態では、ヒンジ関節(102)、(104)、(106)および(107)は、アームの長手方向軸に対して垂直である軸において回転運動を有するものとして定義される。いくつかの実施形態では、回転関節(101)、(103)および(105)は、アームの長手方向軸に対して平行である運動を有するものとして定義される。

20

【0032】

ある実施形態によると、これらの8自由度に基づく可動域は、腹部腔内または体腔内で、人間のような配向で完全に達成されてもよい。いくつかの実施形態では、可動域は、腹腔の外側で、任意の自由度で達成されてもよい。いくつかの例では、Da Vinciのようなロボットと同様に、4自由度に基づく運動は、切開部位の外側で達成されてもよい。

30

【0033】

ある実施形態によると、開示のシステムと共に、種々の好適なロボットアクチュエータ、あるいは、可撓性ロボットを含む他の手術用ロボット技術を使用することができる。いくつかの実施形態によると、図1の手術用装置システムは、Virtual Reality Surgical Deviceと題された米国特許第10,285,765B2号、および/または、Virtual Reality Wrist Assemblyと題された米国特許出願公開第2019/0142531A1号に開示されている特殊なアクチュエータを組み込む。両参照は、付属書類に添付されており、その全体は、本明細書に組み込まれる。

40

【0034】

再び図1を参照すると、実線および破線は、ロボットアームの2つの例示的な構成/位置を描寫する。特に、肘(第2のヒンジ関節(104)における)は、アームのエンドエフェクタまたは原点(例えば肩部)を移動/調節することなく、種々の位置に移動させることができる。

【0035】

トロカールを介して複数の作業端を挿入

個々の手術用ロボットアームアーキテクチャは、本明細書では分割アームアーキテクチャとも称されるが、これは、トロカールを介して手術器具を挿入することと、前記手術器

50

具を手術準備ができている状態に展開することと、続いて、そのトロカールを介して前記手術器具を除去することと、を単純化して効率を向上するように設計されているシステムである。一例として、トロカールを介して手術器具を挿入して、患者の腹部腔にアクセスし、患者の腹部腔上で動作を行う。いくつかの実施形態では、種々の手術器具が利用されてもよく、これには、ロボット手術器具、ならびに、当技術分野で公知の他の手術器具が含まれるが、これらに限定されない。

【0036】

トロカールの断面積は、空間上限定される。限定された空間を介してロボットアームの複数の作業端を挿入することは、困難な場合がある。さらに、作業端は、電気構成要素および機械構成要素を届けるサポートチューブと連結され、それによって、作業端と、体腔の外側に留まるモータユニットまたは他の大きな構成要素を動作可能に接続する。したがって、各サポートチューブの少なくとも一部分は、トロカールの一部分に留まっていた。現在の設計の利点によって、挿入される各構成要素に要素を追加し、径方向外側に作業端を付勢し、かつ、トロカールの内壁に、対応するサポートチューブを付勢することによって、複数の作業端は、トロカールを通過して体腔内に入ることが可能である。

10

【0037】

本明細書に記載の方法は、トロカールを介してロボットアセンブリの作業端を体腔内に挿入する工程を含んでもよい。当該方法は、トロカールを介してロボットアセンブリの複数の作業端を対象の体腔内に挿入する工程を含んでもよい。複数の作業端の挿入を最適化することができるよう、トロカールの内腔の断面積が限定されてもよい。さらに、1つ以上の作業端は、対応するサポートチューブと動作可能に連結されてもよく、サポートチューブは、作業端と、トロカールを介して挿入されていないロボットアームの一部分（モータユニットなど）を動作可能に連結する。サポートチューブの少なくとも（例えば、作業端をモータユニットに動作可能に連結する）一部分は、トロカールの内側に留まてもよい。したがって、複数の作業端と、対応するサポートチューブとを収容するために、トロカールの内腔内のサポートチューブの空間分布を最適化することが重要である場合がある。

20

【0038】

本明細書に記載の方法は、トロカールを介してロボットアセンブリの複数の作業端を挿入する工程を含んでもよい。例えば、1つのトロカールを介して1、2、3、4、5、6、7、8、またはそれ以上の作業端が挿入されてもよい。作業端の少なくとも一部分は、順に挿入されてもよい。挿入の順序は、複数の作業端の各々の断面積を比較することに基づいて決定されてもよい。作業端の少なくとも一部分は、同時に挿入されてもよい。サポートチューブは、複数の作業端の対応する作業端と、トロカールの外側に位置しているロボットアセンブリの一部分、例えばモータユニットまたは制御システムとに動作可能に連結されてもよい。当該方法は、サポートチューブの少なくとも一部分をトロカールに挿入する工程を含んでもよい。トロカールに入るサポートチューブの一部分は、それが連結されている作業端を移動させることによって、引き抜かれてもよい。対応する作業端がトロカールから（対象の体腔内などへ）出ると、トロカールに入っているサポートチューブの一部分は、引か抜かれてもよい。対応する作業端がトロカールを出ると、サポートチューブの少なくとも一部分は、トロカールの内壁の一部分に向かって径方向外側に移動してもよい。

30

【0039】

遷移要素は、作業端と連結されてもよい。遷移要素は、作業端の遠位端と連結されてもよい。例えば、作業端は、カメラを含んでもよく、遷移要素は、カメラを含む端部と反対にある遠位端に連結されてもよい。作業端は、遷移要素を含んでもよい。遷移要素は、対応するサポートチューブと作業端を動作可能に連結してもよい。遷移要素の一部分（屈曲縁部または先細りなど）は、トロカールを出ると、作業端を径方向外側に誘導してもよい。

40

【0040】

作業端は、対応するサポートチューブと動作可能に連結されてもよい。サポートチュー

50

ブは、作業端と、トロカール内に挿入されていないロボットアセンブリの一部分との間の接続を促進することができ、この一部分には、例えば、作業端を駆動するがトロカール内に挿入されなくてよいモータユニットなどがある。ロボットアセンブリの特性（例えばサポートチューブ、遷移要素、あるいはそれらの組み合わせ）によって、径方向外側への付勢、径方向外側への力、または偏向を提供することができ、それによって、作業端は、トロカールを通過した後に、径方向外側に押される。ロボットアセンブリのこの特性はまた、トロカールに留まっているサポートチューブの一部分を、トロカールの内壁に実質的に隣接するように移動させることができる。サポートチューブは、機械的な動力要素、電気的な動力要素、あるいはそれらの組み合わせを含む。

【0041】

10

径方向外側への力を提供する特性には、サポートチューブ、遷移要素、あるいはそれらの組み合わせの剛性を含んでもよい。剛性は、サポートチューブまたは遷移要素の壁の厚さ、サポートチューブまたは遷移要素の材料成分、サポートチューブまたは遷移要素の形状または長さ、あるいはそれらの任意の組み合わせを調節することによって修正されることができる。当該特性には、モータユニットまたはサポートチューブにおけるヒンジなどのヒンジを組み込むことを含んでもよい。当該特性には、ロボットアセンブリに、ばねなどの弾性要素を組み込むことを含んでもよい。径方向外側への付勢を提供する特性には、サポートチューブとトロカールとの間の取り付け（可逆的な取り付けなど）が含まれてもよい。

【0042】

20

複数の作業端がトロカール内に挿入されてもよい。例えば、カメラの作業端（ステレオカメラなど）、第1のロボットアームの作業端および第2のロボットアームの作業端がトロカール内に挿入されてもよい。挿入は、ユーザによる手動挿入であってもよい。挿入は、モータユニットの助けを借りて行われてもよい。作業端の相対深さは、残りの作業端がさらに移動されることなく、独立して調節されることができる。作業端は、対応するモータユニットと動作可能に連結されてもよい。各作業端は、対応するモータユニットと個別に連結されてもよい。モータユニットは、互いに独立して動作してもよい。モータユニットは、モータ、駆動列、電子構成部品、制御システム、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。モータユニットは、複数の作業端の挿入の軸に対して実質的に平行になるようにモータユニットを平行移動するように構成された搭載部材を含んでもよい。

30

【0043】

ロボットアセンブリの一部分は、トロカールに連結されてもよい。場合によっては、サポートチューブの一部分は、トロカールに連結されてもよい。場合によっては、ロボットアセンブリのレールは、トロカールに連結されてもよい。連結は、可逆的であってもよい。

【0044】

1つ以上の作業端を、トロカールに再び入れることによって体腔から除去されてもよい。作業端を再び入れる工程は、順に行われるか、あるいは同時に行われてもよい。最初に、作業端が、実質的にトロカールの断面の中心点を介してトロカールに再び入ることができるように、再び入れる工程は、トロカールの内壁から離れるようにサポートチューブを移動させること、あるいは径方向外側への付勢に打ち勝つことを含んでもよい。トロカールに再び入るように、遷移要素（遷移要素の形状など）が作業端を径方向内側に誘導してもよい。

40

【0045】

いくつかの実施形態では、システムは、いくつかの自由度を有する構造によって支持され、それによって、当該構造は、患者の上で、システムを使用するのに好適な位置へと操縦されてもよい。いくつかの実施形態では、構造は、手術台、あるいは床または天井に直接搭載されていてもよい。いくつかの実施形態では、種々の締結手段によって搭載が達成され、これには、クランプ、ねじ、あるいはそれらの組み合わせが含まれるが、これらに限定されない。いくつかの実施形態では、当該構造は、自立してもよい。図2および図10Aで図示されているように、当該構造は、本明細書でロボット支援システム（RSS）

50

と称される。

【0046】

いくつかの実施形態では、システムは、2つの区画を含む。第1の区画は、RSSに恒久的に連結され、複数の可動本体を有し、各々は、モータユニット(MU)と呼ばれる。いくつかの実施形態では、図3および図10Bにも示されているように、複数の可動本体は、カメラMU(203)、第1のアームMU(204-1)および第2のアームMU(204-2)を含んでもよい。第2の区画は、自由自在に第1の区画から連結および脱連結することができるが、これは、ロボットアセンブリと呼ばれる。いくつかの実施形態では、システムは、1つのカメラのロボットアセンブリと、2つのアームのロボットアセンブリと、の3つのロボットアセンブリで作製される。いくつかの実施形態では、システムは、3つを超えるロボットアセンブリを含む。いくつかの実施形態では、システムは、3つ未満のロボットアセンブリを含む。

【0047】

いくつかの実施形態では、モータユニット(MU)は、モータ、駆動列および電子部品を収容し、ロボットアセンブリの作業端を制御する必要がある場合がある。MUは、より大きな電気システムに電気的に連結され、それによって、各MUに、適切な力と、動作させる通信チャネルとを設ける。いくつかの実施形態では、MUは、1つ以上の搭載部材、MU電子筐体およびMU係合要素を含む。

【0048】

カメラMUは、図2に示されているものなどの、中心に位置した要素を含んでもよい。カメラMUは、図10Aに示されているものなどのくさびを含んでもよい。筐体(205)は、ロールケージを含んでもよい。筐体(205)は、回転運動を提供することができるか、あるいは筐体(205)内の進路またはチャネルは、回転運動を提供することができる。

【0049】

アームMUは、図3に(204-1)および(204-2)として示されているものなどのハーフディスクを含んでもよい。アームMUは、図10Bに(204-1)および(204-2)として示されているものなどのくさびを含んでもよい。ロボットアセンブリの各作業端は、それぞれMUと連結されてもよい。ロボットアセンブリのMUは、筐体(205)内で細分化されて、(203)、(204-1)および(204-2)などの個々のくさびが形成されてもよい。多数の作業端は、各くさびが、図10Bで示されている3つのくさびより比較的小さな大きさを有する、多数のくさびで収容されてもよい。1つ以上のMUは、図10Bで示されているようにレールに沿ってなど、互いから独立して移動することができる。1つ以上のMUは、図10Jおよび図10Kで示されているように回転運動など、1つ以上のMUと集合的に移動することができる。

【0050】

トロカール内および外など、作業端の直線運動が可能になるように、集合アセンブリが、図6～図7に示されているようにバー(201)に沿って摺動してもよい。代わりに、バー(201)に沿って筐体(205)を移動させることなく、および/または、アームの作業端を移動させることなく、カメラMUおよび係合要素(211)を直線状に平行移動させることによって、カメラの作業端(212)などの個々の作業端がトロカール内に挿入されてもよい。

【0051】

図2は、搭載部材(202)と連結されたバー(201)を図示している。搭載部材(202)は、カメラMU(203)用のカメラMU電子筐体(205)と連結される。搭載部材(202)は、カメラMU(203)を支持し、搭載部材(202)によって、カメラMU(203)は、トロカール(210)を介して、挿入の軸に対して平行になるようにシステムの他のMUに対して平行移動させることができある。いくつかの実施形態では、カメラMU(203)は、レール(213)と連結される。レール(213)は、バー(201)に対して平行に位置してもよい。レールは、その経路上でのカメラMU(

203)の運動が可能になるように構成されてもよい。レール(213)は、実質的にトロカールから離れるように延在するように構成されてもよく、それによって、レール(213)は、トロカールの近位にある空間に食い込むことがない。図3は、第1のアームMU(204-1)および第2のアームMU(204-2)が個別に第1のレール(214)および第2のレール(215)と連結されることを示している。第1のレール(214)および第2のレール(215)は、バー(201)に対して平行に位置してもよい。レール(214)および(215)は、独立して第1のアームおよび第2のアームの運動が可能になるように構成されてもよい。レール(214)および(215)は、実質的にトロカールから離れるように延在するように構成されてもよく、それによって、レール(214)および(215)は、トロカールの近位にある空間に実質的に食い込むことがない。レールは、伸縮レールなどの折りたたみ式レールであってもよい。それぞれのレール(213)、(214)、(215)と連結されたモータユニット(203)、(204-1)、(204-2)によって、筐体(205)から独立して、かつ、別のモータユニットから独立して、モータユニットの移動が可能である。

【0052】

いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリの作業端に対して作業空間のロールを生成するために、作業空間の視覚が操作されてもよい。いくつかの実施形態では、1つ以上の作業端は、軸の周りを機械的に回転させられる。これは、1つ以上のMUを回転させ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、各MU(作業端と動作可能に連結されてもよい)は、図10J～図10Kに示されているように、挿入の軸の周りを転がるか、または回転してもよい。各MUは、独立して回転してもよい。1つ以上のMUは、集合体として転がってもよい。2つのアームMUは、カメラMUから独立して、集合体として転がってもよい。レールは、MUと共に、筐体(205)に対して転がってもよい。筐体は、MUとレールと共に転がってもよい。いくつかの実施形態では、作業空間は、視覚的に操作され、作業空間が視覚的に操作されることによって、1つ以上の作業端が回転されることができる。ある実施形態では、MU電子筐体は、少なくともモータを収容し、いくつかの実施形態では、モータを制御するために他の電子部品も収容する。MU係合要素は、いくつかの要素を収容するように製造されてもよく、このいくつかの要素は、MUと、対応するロボットアセンブリを機械的および電気的に連結するのに必要とされる場合がある。いくつかの実施形態では、システムの第1の区画は、少なくとも1つのMUを含むように製造される。いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリと同じ数のMUが存在する。

【0053】

いくつかの実施形態では、3つのモータユニット(MU)が存在する。これらの実施形態では、1つのMUは、以下に定義されているようにカメラのロボットアセンブリに接続することが意図され、カメラモータユニット(203)と呼ばれる。残りの2つのMUは、各々個別にアームMU(204-1)および(204-2)として知られ、以下に詳述されているように2つのアームのロボットアセンブリに別個に接続することが意図されている。

【0054】

いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリは、ロボット係合要素、サポートチューブ、遷移要素および作業端を含む。ロボット係合要素は、いくつかの実施形態によると、ロボットアセンブリと、対応するMUを機械的および/または電気的に連結することができる1つ以上の要素を含む。図4および図10Cは、第1のアームMU(204-1)用の第1のロボット係合要素(206)と、第1のアームMU(204-1)用の第1の作業端(208)とを示している。図5および図10Dは、第2のアームMU(204-2)用の第2のロボット係合要素(207)と、第2のアームモータユニット(204-2)用の第2の作業端(209)とを示している。図6および図10Eは、カメラモータユニット(203)用のカメラロボット係合要素(211)と、カメラモータユニット(203)用のカメラモータユニットの作業端(212)とを示している。サポート

10

20

30

40

50

チューブは、いくつかの実施形態によると、ロボットアセンブリの作業端を機械的に支持し、機械力および電力の伝送ならびに通信を促進する。いくつかの実施形態によると、遷移要素によって、ロボットアセンブリの作業端は、トロカールを介して挿入されると、トロカール内で径方向に平行移動することが可能である。図11～図15は、カメラモータユニットの遷移要素(220)を図示し、当該カメラモータユニットの遷移要素(220)によって、カメラモータユニットの作業端(212)は、トロカール(210)を介して挿入されている間はトロカール(210)内で径方向に平行移動することが可能である。

【0055】

図11のA1の断面図で示されているように、カメラの作業端(212)は、トロカールの内腔の断面に入ると、わずかに見えてもよい。図12のA2の断面図で示されているように、カメラの作業端(212)の一部分は、トロカールの内腔の断面内で完全に見えてもよい。図13のA3の断面図で示されているように、カメラの作業端(212)の一部分と、カメラの作業端(212)と連結されてもよい遷移要素(220)の一部分は、両方とも、トロカールの内腔の断面内で完全に見えてもよい。図14のA4の断面図で示されているように、作業端がトロカールを通過すると、サポートチューブの一部分は、トロカールの内腔の中心領域内で見えてよい。図15のA5の断面図で示されているように、サポートチューブの一部分は、径方向外側に移動させられてもよく、作業端がトロカールを通過すると、トロカールの内壁に隣接して見えてよい。図16のA6の断面図で示されているように、サポートチューブの一部分は、トロカールの内壁に隣接して見えてよい。サポートチューブの一部分は、トロカールの内腔の中心領域内で見えてよい。図17のA7の断面図で示されているように、サポートチューブの一部分は、トロカールの内壁に隣接して見えてよく、ロボットアームの作業端の一部分は、トロカールの中心領域に見えてよい。図18のA9の断面図で示されているように、カメラの作業端に取り付けられたサポートチューブの一部分と、ロボットアームの作業端に取り付けられたサポートチューブの一部分とは、両方とも、トロカールの内壁に隣接して見えてよい。サポートチューブは、内壁に隣接するように径方向外側に移動させられてもよい。図19のA10の断面図で示されているように、カメラの作業端に取り付けられたサポートチューブの一部分と、ロボットアームの作業端に取り付けられたサポートチューブの一部分とは、両方とも、トロカールの内壁に隣接して見えてよく、第2のロボットアームの作業端は、トロカールに入り始めてよい。図20のA11の断面図で示されているように、第2のロボットアームの作業端の一部分は、トロカールの利用可能な断面を通過してもよい。図21のA12の断面図で示されているように、第2のロボットアームの作業端に取り付けられたサポートチューブの一部分は、トロカールの利用可能な断面を通過してもよい。図22のA13の断面図で示されているように、カメラの作業端用のサポートチューブ、ロボットアームの作業端、および第2のロボットアームの作業端の各々は、トロカールの内壁に隣接して位置してもよい。

【0056】

図12～図15は、カメラモータユニットの作業端(212)を機械的に支持するサポートチューブ(221)を図示し、機械力および電力の伝送ならびに通信を促進する。

【0057】

上述されているように、いくつかの実施形態では、システムは、1つのカメラのロボットアセンブリと、2つのアームのロボットアセンブリと、の3つの別個のロボットアセンブリを含有する。これらの実施形態では、各ロボットアセンブリは、対応するモータユニット(203)、(204-1)または(204-2)に取り付けられる(例えば図2～図6および図10A～図10E参照)。いくつかの実施形態では、カメラのロボットアセンブリの作業端は、Virtual Reality Surgical Camera Systemと題された米国特許出願第16/130,734号に開示されているステレオカメラアセンブリを組み込んで、これを利用するように設計される。当該参照は、付属書類に添付されており、その全体は、本明細書に組み込まれる。他の実施形態では、カメラのロボットアセンブリの作業端は、他のカメラシステム、例えば、ヨー方向およびピッ

10

20

30

40

50

チ方向に作動することが可能なステレオカメラを組み込んで、これを利用するように設計される。いくつかの実施形態では、アームのロボットアセンブリの作業端は、Virtual Reality Surgical Deviceと題された米国特許第10,285,765 B2号に開示されているロボットアーム、および／または、Virtual Reality Wrist Assemblyと題された米国特許出願公開第2019/0142531号に開示されている手首アセンブリなどの、遠位端にエンドエフェクタを有する多自由度ロボットを組み込んで、これを利用するように設計される。両方の参照は、付属書類に添付されており、その全体は、本明細書に組み込まれる。他の実施形態では、アームのロボットアセンブリの作業端は、他のロボット手術器具を組み込んで、これを利用するように設計される。

10

【0058】

いくつかの実施形態では、システムは、複数のカメラのロボットアセンブリを含む。いくつかの実施形態では、各モータユニット、およびその対応するロボットアセンブリは、統一されてもよく、それによって、ロボットアセンブリの作業端は、モータユニットから容易に分離されることできない。

【0059】

いくつかの実施形態では、ユーザは、RSSを設定し、それによって、RSSは、手術に好適な場所にあり、かつ、適切なロボットアセンブリが、それらに対応するモータユニットに取り付けられる準備ができるよう位置してもよい。各モータユニットは、各ロボットアセンブリの取り付け前、取り付け中、あるいは取り付け後に適切に覆われ（無菌バリアで被覆され）てもよい。一旦ロボットアセンブリが取り付けられ適切に覆われると（該当する場合）、患者は、運び込まれて手術台に載せられ、手術の準備がされてもよい。その後、トロカール（210）用に切開され、トロカールが患者内に挿入されて、所望の動作部位へのアクセスが提供される。例えば、患者の腹腔にアクセスするために、トロカール（210）は、患者の腹壁内に挿入されてもよい。この例では、その後、患者の腹部に、二酸化炭素が吹送される。患者の腹部への吹送に伴って、RSSは、その後、患者およびトロカール（210）上の位置へと操縦されてもよい。RSSは、その後、トロカール（210）と連結されてもよい。一旦トロカール（210）がRSSと整合され RSSに取り付けられると、ロボットアセンブリは、一つずつ患者内に挿入されてもよい（例えば、図7～図9および図10G～図10I）。

20

【0060】

いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリの作業端がトロカール（210）内に挿入されると、ロボットアセンブリの作業端は、トロカール（210）の内壁に接触することによって、トロカール（210）の中心に向かって偏向され、それによって、ロボットアセンブリの作業端は、トロカール（210）を通過することが可能である。いくつかの実施形態では、作業端がトロカール（210）を通過すると、トロカール（210）はその周りの密閉を維持し、それによって、吹送を維持する。一旦作業端がトロカール（210）を通過すると、遷移要素は、偏向しないように誘導し、それによって、トロカール（210）内で径方向外側に移動し、次のトロカール（210）が通過する空間を与える。いくつかの実施形態では、トロカール（210）内の径方向運動は、ロボットアセンブリのサポートチューブ内、あるいは対応するモータユニット内、あるいはRSSに、作動している別の関節または機構を組み込むことによって、自動的に、または制御様式で達成されてもよい。図10Jおよび図10Kで示されているように、1つ以上の作業端は、互いに相対位置を維持しながら集合的に回転してもよい。この回転運動は、筐体（205）を回転させることによって達成されてもよい。この回転運動は、筐体（205）の内部表面内でチャネルまたは進路を回転させることによって達成されてもよい。

30

【0061】

場合によっては、作業端が、サポートチューブによってなど、サポートチューブと動作可能に連結されてもよい。場合によっては、サポートチューブは、遷移要素を含んでもよい。場合によっては、サポートチューブは、遷移要素とは別個の要素であってもよい。遷

40

50

移要素は、先細りの端部を含んでもよい。遷移要素は、屈曲縁部を含んでもよい。場合によっては、サポートチューブは、遷移要素を含まなくてもよい。

【 0 0 6 2 】

遷移要素（屈曲縁部または先細りの端部）の形状によって、トロカールを出て体腔に入る際の作業端の径方向外側への移動を少なくとも部分的に提供してもよい。サポートチューブ、遷移要素、あるいはそれらの組み合わせの剛性によって、トロカールを出て体腔に入る際の作業端の径方向外側への移動を少なくとも部分的に提供してもよい。遷移要素、サポートチューブ、あるいはそれらの組み合わせの剛性は、少なくとも部分的に、サポートチューブの厚さを選択すること、サポートチューブを形成する1つ以上の材料を選択すること、サポートチューブの長さを選択すること、あるいはそれらの任意の組み合わせによって選択されてもよい。

10

【 0 0 6 3 】

トロカールを出て体腔に入る際の作業端の径方向外側への移動は、サポートチューブの剛性を操作すること、ばね構成要素を追加することによってサポートチューブ、またはサポートチューブが接続されるモータユニットをヒンジすること、あるいはそれらの任意の組み合わせによって少なくとも部分的に提供されてもよい。場合によっては、作業端がトロカールを出ると、作業端に径方向外側への力を提供または増加させるために、サポートチューブは、トロカールと部分的に連結されるか、あるいは一時的に連結されてもよい。

【 0 0 6 4 】

図43および図44を参照すると、(208)または(209)などのロボットアームは、トロカール(210)を介してロボットアームを挿入することによって患者(503)の一部分内に挿入される。ロボットアーム((208)または(209))は、サポートチューブ(221)によって、患者(503)の外側に留まっているモータユニット((203)、(204-1)、(204-2))と動作可能に接続されてもよい。サポートチューブ(221)は、電気構成要素、機械構成要素、あるいはそれらの組み合わせを含んでもよい。サポートチューブ(221)の長さは、サポートロボットの幾何学的な形状、ロボット配置の手順のパラメータ、外科的処置で使用される構成要素の長さ、あるいはそれらの任意の組み合わせによって変動してもよい。別のサポートチューブの長さ(505)が修正されてもよい。トロカールの長さ(506)が修正されてもよい。ロボットアームの長さ(507)が修正されてもよい。患者(503)の体腔内にあるロボットアームの所望の挿入深さ(509)が修正されてもよい。モータユニットの半径(508)が修正されてもよい。

20

【 0 0 6 5 】

図45が示しているように、患者からさらに離れるようにモータユニットを保つことができる別のサポートチューブの長さが存在してもよく、それによって、挿入ピッチ角(510)の範囲にわたってモータユニットと患者(503)との間の接触を回避し、その間に隙間(511)を提供する。ロボットアームがトロカールを越えて延在してもよい距離は、ある医療処置と別のものとでパラメータによって変動してもよい。トロカールの長さ(506)は、開口の大きさによって固定されてもよく、病院に供給されているものなどの既製の構成要素に基づいて固定されてもよい。モータユニットの大きさは、1つ以上の設計パラメータによって決定されてもよい。したがって、サポートチューブの長さは、モータユニットと患者の間に十分な距離を維持しながら、ロボットアームを所望の深さ(509)まで挿入させることが可能な1つのパラメータであってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、ロボットアームとモータユニットとの間で約500ミリメートル(mm)であってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、約400mm～約600mmであってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、約300mm～約700mmであってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、約300mm～約800mmであってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、約400mm～約1000mmであってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、少なくとも約400mmであってもよい。場合によっては、サポートチューブの

30

40

50

長さは、少なくとも約300mmであってもよい。場合によっては、サポートチューブの長さは、少なくとも約500mmであってもよい。

【0066】

場合によっては、サポートチューブにおいては、少なくともロボットアームの重量の一部（好ましくは、ロボットアームの実質的に全重量）を支持するのに十分な剛性を（例えば挿入中に）設けることと、トロカールを介して（例えば初期挿入中に）ロボットアームを押動することができることが有利であってもよい。トロカールは、密閉膜を含んでもよい。密閉膜は、アームの挿入に対して摩擦を提供してもよい。この摩擦が与えられることで、サポートチューブを実質的に座屈させることなく、サポートチューブの剛性によって、この力に打ち勝つことができる。一旦挿入されると、トロカールは、サポートチューブとトロカールの内壁の一部分を直接連結するか、あるいはそれらを関連付けるかのいずれかによって、サポートチューブにさらなる剛性を設けてもよい。トロカールを出るサポートチューブの量または長さは、サポートチューブの全体の長さより短くてもよく、その長さより実質的に屈曲に関して剛性であってもよい。この設計または類似によって、ロボットアームは、ロボットアームが縫合糸を牽引したり、あるいは組織を鈍的に離したりすることができるときなど1つ以上の動作中により力を及ぼすことが可能であってもよい。

10

【0067】

図46を参照すると、2つのロボットアームと1つのロボットカメラとが、トロカールを介して順に挿入されてもよい。順に挿入されるのを促進するために、トロカールの内径（210-b）と、したがってトロカールの外径（201-a）とは、最小限にされてもよい。図46は、トロカールの内径（210-b）と、トロカール内に挿入された3つのサポートチューブ（2つのアームと1つのカメラ）の配置とを示している。

20

【0068】

アームおよびカメラの最大の直径、ならびに、トロカールの内径に応じて、サポートチューブが利用可能な空間は、非常に重要である場合がある。第1にカメラが挿入され、その後一方のアーム、そして最終的に他方のアームが順番に挿入されると仮定すると、強調されている領域（221-1）、（221-2）、（221-3）は、各サポートチューブの許容可能な大きさであってもよい。第2のアームがトロカールを介して挿入されると、カメラのサポートチューブおよび他方のアームのサポートチューブに加えて、第2のアームもトロカールの内径（210-b）にはまつてもよい。図46は、内径および外径（210-a）を有するトロカール（210）を示している。強調されている領域は、カメラのサポートチューブ（221-1）、第1のロボットアームのサポートチューブ（221-2）および第2のロボットアームのサポートチューブ（221-3）を示している。カメラの外径（212a）、ロボットアームの外径（208a）およびロボットアームの外径（209a）も示されている。

30

【0069】

サポートチューブの目的は、少なくとも部分的に、ロボットアームに機械的な支持を設けること、ならびに、1つ以上の電子通信構成要素（601）および機械構成要素（602）（駆動ケーブルなど）に導管を設けることであってもよい。サポートチューブは、中空であってもよい。サポートチューブは、その長さの少なくとも一部分に沿って内腔を含んでもよい。図47は、サポートチューブを通過する際のこれらの構成要素のいくつかのレイアウトを示している。

40

【0070】

サポートチューブの内側に複数の電気構成要素および機械構成要素（駆動ケーブル、1つまたは2つの電気信号／電源線など）用の領域を生成するために、サポートチューブの壁の厚さは、最小限にされてもよい。電気構成要素および機械構成要素を収容するためにサポートチューブの厚さを最小限にすることで、屈曲に関する、および圧縮に関する、サポートチューブの剛性を妥協することになる場合がある。実装を選択するときに、サポートチューブの断面の形状、壁の厚さ、材料、製造方法、取り付け方法、使用パラメータお

50

および潜在故障モードが考慮されてもよい。

【0071】

製造方法

サポートチューブに関して、種々の製造方法が実施されてもよい。場合によっては、円形チューブをロール成形して、アイリス形の輪郭を製造してもよい。別の選択肢は、チューブの2つの円形区画を溶接することであってもよい。溶接は困難である場合があり、粗い、あるいはきれいでない内部の継ぎ目を残す場合がある。別の選択肢は、型を使用してサポートチューブを絞り成形することであってもよい。この方法によって、材料は、成形される際に冷間加工されることが可能であってもよい。

【0072】

結果として得られる断面形状は、図48に示されている輪郭の隅より丸みを帯び、これは、内部表面がより平滑であるという点で望ましい場合があり、サポートチューブの圧縮性能および屈曲性能は、より予測可能である場合がある。

【0073】

サポートチューブの輪郭は、トロカールの内径に効率的に密着する外部（左）曲線（701）を有してもよく、一方、内部（右）曲線（702）はより小さな直径を有してもよく、これによって、全体的にサポートチューブは、幅広くなってもよい。上部曲線（703a）および下部曲線（703b）は、屈曲に関してより弱い場合がある金属チューブに折り目を付けずに、一方から他方にスムーズに平行移動してもよい。コーナ半径は、1つ以上のデータ線を収容するのに十分に大きなものであってもよい。

【0074】

図48に示されている断面の曲げ剛性は、以下の式で支配されてもよい（サポートチューブがビームとして挙動すると仮定される場合）。

【0075】

$$M(x) = -EI$$

【0076】

「M」は、曲げモーメントであり、「E」は、材料の弾性率であり、「I」は、断面二次モーメントであり、「K」は屈曲によるビームの曲率である。材料は、304ステンレス鋼であってもよい（医療用途に適合している場合があり、316ステンレスより溶接性が改善されている場合がある）。弾性率は、求められてもよい。形成されたサポートチューブの断面によって、断面二次モーメントを求めてよく、これは、Solidworks（商標）で計算された（図49参照）。

【0077】

主断面二次モーメントは、計算されると、「x」屈曲方向に 19.6 mm^4 （薄い寸法）、「y」屈曲方向に 54.3 mm^4 であってもよい。したがって、断面形状によって、サポートチューブは、垂直方向において、水平方向のほぼ3倍剛性である場合があることがわかる。ロボットでは、「y」方向は、重力方向とより密に整合している場合があり、サポートチューブは、ロボットアームの重量の下でより剛性である場合がある。

【0078】

サポートチューブは、1つ以上の駆動ケーブル（14の駆動ケーブルなど）を含有してもよい。駆動ケーブルは、異なるレベルで張力状態にあってもよい（常に張力状態にある場合もある）。サポートチューブは、その長い軸に沿って一定圧縮状態にあってもよい。従来は、圧縮状態の長いビームは、曲げ剛性が低すぎる場合や圧縮荷重が高すぎる場合に、座屈する傾向があるので、あまり望ましくない場合がある。サポートチューブの内部にある、張力が加えられたケーブルによって、チューブの曲げ剛性を改善するための機構が設けられてもよい。

曲げ剛性に影響を及ぼし得る異なる特性

チューブの壁の厚さがより厚い（内側方向に。外側の輪郭はそのままである）：断面二次モーメント（ビームの屈曲の式における「I」）が略直線的に大きくなる場合がある。薄壁の丸いサポートチューブの粗い近似は、以下の式、 $I = \pi * r^3 * t$ に基づいて

10

20

30

40

50

いてもよく、式中、 t = 厚さであり、これによって、座屈強度は、わずかに大きくなるか、サポートチューブの重量は、(少量である場合があるが) 大きくなるか、断面の圧縮強度は、明らかに大きくなるか、サポートチューブの内側面積 (ケーブルおよび配線が通ることができる場所) は、小さくなるか、あるいはそれらの任意の組み合わせである場合がある。

外側方向にチューブの壁の厚さがより厚い：断面二次モーメントは、著しく大きくなり (再び、 $I = P_i * r^3 * t$) 、式中、「 r 」は、サポートチューブの半径であり、大きくなるか、座屈強度がわずかに大きくなるか、サポートチューブの重量がわずかに大きくなるか、寸法が著しく変化しない限りは圧縮強度が明らかに変更しないか、配線およびケーブル用のサポートチューブの内側面積が維持されるか、あるいはそれらの任意の組み合わせである場合がある。10

サポートチューブがより長い：屈曲が弱いか、固有振動数が低いか、座屈強度 (軸方向に沿った圧縮剛性) が下がるか、あるいはそれらの任意の組み合わせである場合がある。

【 0 0 7 9 】

サポートチューブの取り付け方法

サポートチューブにおいて、ロボットアームとモータユニットの両方に強固に取り付けられることが望ましい場合がある。ロボットアームが近位端に鋼を含む場合があるので、2つの本体を一緒に溶接することが望ましい場合がある。突合せ接合を用いず、サポートチューブが、ロボットアーム本体の近位端内に部分的に挿入されてもよく、より長い、屈曲に関して実質的により剛性である溶接線 (801) が生成されてもよい。図 50 は、サポートチューブ (221) およびロボットアーム ((208) または (209)) がどのようにインターフェースし得るのかを示している。赤色の点線は、溶接線 (801) である。20

【 0 0 8 0 】

サポートチューブの近位端は、モータユニットに搭載してもよく、これは、アルミニウムを含んでもよい。サポートチューブをモータユニットに直接溶接することは、選択肢にない場合がある。代わりに、1つ以上のブラケットおよび1つ以上の補剛板が、サポートチューブの近位端に溶接されてもよく、それによって、サポートチューブは、モータユニットにボルトで固定されることが可能である。

【 0 0 8 1 】

サポートチューブは、モータユニットに対して正確に位置している必要がある場合がある。このような場合は、1つ以上の整合ダウエルピンが使用されてもよい。30

【 0 0 8 2 】

図 51 に示されているように、サポートチューブの断面は、ボルトからの大きな圧縮荷重の下で、実質的に剛性の2つのブラケット (903) 間でクランピングされてもよい。確実に、この力の下で断面が折りたたまれないようにするために、ブラケット (903) 自体および小さい補剛板 (902) がサポートチューブ (221) に溶接されてもよい。屈曲剛性のよりスムーズな遷移を生成するのを助けるために、補剛板 (902) 、およびブラケット (902) の薄い突起 (901) は、搭載用ブラケット (903) を超えて延在してもよい。サポートチューブ (221) と搭載用ブラケット (903) との間の曲げ剛性の鋭い遷移によって、サポートチューブが曲げモーメントの下にあるときに、弱い部分を生じさせる場合がある。1つ以上のプレートが追加されることによって、この影響を最小限にする助けとなる場合がある。40

【 0 0 8 3 】

図 16 は、第 1 のアーム MU の第 1 の作業端 (208) と、トロカール (210) を介して挿入されたカメラ MU の作業端 (212) とを図示している。図 17 ~ 図 22 に示されているように、第 1 のアーム MU 用の遷移要素 (222) は、トロカール (210) を介して第 1 のアーム MU の第 1 の作業端 (208) を誘導してもよい。さらに、第 2 のアーム MU 用の遷移要素 (224) は、トロカール (210) を介して第 1 のアーム MU の第 2 の作業端 (209) を誘導してもよい。第 1 のアーム MU 用および第 2 のアーム MU50

用の遷移要素（222）および（224）は、トロカールを介して第1のアームMUの第1の作業端（208）および第2のアームMUの第2の作業端（209）を誘導してもよい。以上で説明されているように、カメラMUの遷移要素は同様に、トロカール（210）を介してカメラMUの作業端を誘導してもよく、それによって、3つの作業端すべてがトロカールを介して挿入される。図23～図25は、トロカール（210）を介して挿入された第1のアームMUの第1の作業端（208）、第2のアームMUの第2の作業端（209）、およびカメラMUの作業端（212）を示している。第1のアームMU用の遷移要素（222）および第2のアームMU用の遷移要素（224）も、トロカール（210）を介して挿入されてもよい。

【0084】

各ロボットアセンブリが挿入された後に、さらなるロボットアセンブリおよび／または他の器具が挿入されることができるトロカール（210）中の残りの断面積が減少する。これは、各ロボットアセンブリのサポートチューブがトロカール（210）の内部内の空間を占有するからである。ある実施形態によれば、これが図11～図22に図示されている。そのため、確実に、動作部位に挿入される必要なロボットアセンブリまたは他の器具に十分な空間が存在しているようにするために、より大きな断面積を有するロボットアセンブリまたは器具は第1に挿入され、その後、より小さい断面積を有するロボットアセンブリまたは器具が続く。異なる大きさの器具のセットを挿入する1つの方法は、第1に最も大きな器具を挿入して、その後、2番目に大きなものを続けて、その後、3番目に大きなものなどを続けることである。

【0085】

ロボットアセンブリまたは器具すべてが同様または同一の断面積を有する場合、あるいはロボットアセンブリまたは器具の断面積すべてが十分に小さい場合のいくつかの実施形態では、挿入の順序は、他の要因に基づいてよい。ロボットアセンブリまたは器具のうちの1つの断面積が他のものよりも大きい（それによって、他のものがすでに挿入されていると挿入されることができない）場合の実施形態では、より大きな器具が、第1に挿入されるべきである。例えば、カメラのロボットアセンブリが、アームのロボットアセンブリがすでに挿入されていると挿入されることができないような大きな断面積を有する場合は、カメラのロボットアセンブリが、第1に挿入されるべきである。

【0086】

いくつかの実施形態によると、所望のロボットアセンブリすべてがトロカール（210）を介して患者内に挿入されるまで、各ロボットアセンブリに対してこの手順が繰り返される。一旦患者内に挿入されると、各ロボットアセンブリは、外科医の指示または自動様式のいずれかで、手術準備ができる位置に移動されてもよい。いくつかの実施形態では、カメラのロボットアセンブリのステレオカメラは、各ロボットアームの肩部関節から等距離にあるように、したがってアーム間の中心にあるように構成される。ステレオカメラと2つの肩部関節とのこの整合によって、ロボットの仮想肩部ができる。いくつかの実施形態では、少なくとも6自由度を有する少なくとも2つのロボットアームと、2自由度を有する少なくとも1つのステレオカメラが存在し、それによって、ロボットは、対面して離散方向（例えば、左、右、直線）に作動することが可能である。いくつかの実施形態では、ロボットは、任意の所望の位置で作動する複数の離散位置間で連続して移動するように構成されてもよい（図23～図25）。いくつかの実施形態によると、ロボットの仮想肩部の対面角を変更することによって、連続した移動が達成される。対面角は、ある時点におけるユーザの作業空間の中心によって規定した方向である。これを説明する別の方法として、対面角は、ユーザが正面と規定した方向であるということである。いくつかの実施形態によると、仮想肩部の対面角は、各ロボットの相対的な挿入深さを調節することによって、かつ、ロボットアームとカメラロボットの各々の関節の角度を同時に調節することによって制御され、それによって、スムーズな遷移が達成される。

【0087】

挿入後に、ユーザは、米国特許第10,285,765B2号に開示されている入力デ

10

20

30

40

50

バイスおよびHMDを使用して動作させてもよい。いくつかの実施形態では、システムの対面角は、動作中にユーザによって調節されることができ、それによって、ユーザには、自分が椅子の周りを回転しているかのように見える。いくつかの実施形態によると、この効果は、あるユーザインターフェース(UI)要素を組み込むことによって達成されてもよく、これには、ユーザの椅子、ドラッグして世界を回転させるようなピンチまたはクリック、ハンドコントローラのボタンなどを追跡することなどが挙げられる。ユーザが手術環境にアクセスする領域は、作業空間と称されることもある。所定位置で回転するこの能力によって、ユーザに、あるトロカールの配置用により大きな作業空間を与え、それによって、処置を完了させるのにより多くの自由度が可能である。さらに、いくつかの実施形態では、ユーザは、RSSによって設けられたさらなる自由度を利用して、手術野にわたってロボットアセンブリを移動させて旋回させ、それによって、使用可能な作業空間をさらに向上させてもよい。

【0088】

一旦ユーザが処置を完了すると、ロボットアセンブリは、トロカール(210)を介して除去する必要がある。いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリは、除去される準備ができる配向に自動的に移動する。例えば、ロボットアセンブリの作業端が真っすぐにされて、挿入の軸と整合してもよい。いくつかの実施形態では、ロボットアセンブリは、緩むことが可能であってもよい。一旦ロボットアセンブリが除去される準備ができると、いくつかの実施形態では、それらは、トロカール(210)を介して後方に平行移動させられることによって一つずつ除去される。一実施形態では、各ロボットアセンブリがトロカール(210)に向かって移動させられると、遷移要素は、トロカール(210)の内側先端に接触して、ロボットアセンブリの作業端がトロカール(210)に対して径方向内側に偏向するように誘導してもよい。これによって、ロボットアセンブリの作業端は、トロカール(210)を通過し続けることが可能である。この実施形態では、作業端がトロカール(210)を通過した後に、トロカールの壁は、作業端が非偏向するように誘導する。この地点では、ロボットアセンブリが完全に除去されるまで、引き戻すことができる。ユーザはここで、残りのロボットアセンブリの移動にかかり、それらがすべて除去されるまで続く。他の実施形態では、ロボットアセンブリのサポートチューブ内、あるいは対応するMU内、あるいはRSSに、作動している別の関節または機構を組み込むことによって、トロカール(210)内の径方向後退運動が自動的に、または制御様式で達成されてもよい。

【0089】

ロボットアセンブリまたは器具すべてが同様または同一の断面積を有する場合、あるいはロボットアセンブリまたは器具の断面積すべてが十分に小さい場合の実施形態では、除去の順序は、他の要因に基づいてもよい。ロボットアセンブリまたは器具のうちの1つの断面積が他のものよりはるかに大きい(それによって、他のものがまだ除去されていないと除去されることができない)場合の実施形態では、より大きな器具が、最後に除去される。

【0090】

いくつかの実施形態では、各MUは、他のものに対して連結されるか、あるいは1つに一体化されるMUであってもよく、そして、挿入に必要となり得る直線進行は、各ロボットアセンブリの各サポートチューブが直線状に延在することによって提供されてもよい。いくつかの実施形態では、2つのMUは、3つ目のMUに比べて直線状に平行移動可能であり、3つ目のMUは、RSSに比べて直線状に平行移動可能であってもよい(例えば図7~図9参照)。これらの実施形態では、3つ目のMUが平行移動するときに、他の2つのMUは、それと共に平行移動する。いくつかの実施形態では、各MUは、それ自体のRSSに連結されて、独立して整合される。

【0091】

以上に詳述されている設定のいくつかの著しい利点が存在する。最初に、作業端がトロカール内で径方向外側に平行移動する能力によって、空間が生成され、それによって、他

の器具が、同じトロカールを介して挿入されることが可能である（例えば図11～図22参照）。さらに、一旦ロボットアセンブリが挿入されると、システムの作業空間は、一方の側、直線、または他方の側で作業するために、カメラのロボットアセンブリおよびアームのロボットアセンブリの相対深さを調節することによってなど、単にロボットアセンブリの相対深さを調節することによって移動させられてもよい。よって、ユーザは、1つの挿入部位からより大きな面積にアクセスすることが可能である。さらに、カメラのロボットアセンブリおよびアームのロボットアセンブリの挿入は、いくつかの実施形態によるところ、それらを真っすぐに挿入することによって行われてもよい。また、いくつかの実施形態では、各ロボットアセンブリは、各アセンブリを外に真っすぐに後退させることによって患者から除去されてもよい。

10

【0092】

本明細書に記載の主題の態様は、デジタル電子回路、あるいはコンピュータソフトウェア、ファームウェアまたはハードウェアで実施されてもよく、これには、本明細書で開示されている構造手段、その構造等価物、あるいはそれらの組み合わせが含まれる。さらに、本明細書に記載の主題の態様は、1つ以上のコンピュータプログラム製品を使用して実施することができ、これには、データ処理装置（例えば、プログラマブルプロセッサ、コンピュータ、または複数のコンピュータ）によって実行するための、あるいは操作を制御するための、情報担体（例えば、機械可読保存媒体）で有形で具現化される、あるいは伝播信号で具現化される1つ以上のコンピュータプログラムが挙げられる。コンピュータプログラム（プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーションまたはコードとしても知られている）は、コンパイラ型言語またはインタープリタ型言語を含む、任意の形式のプログラミング言語で記述されていてもよく、スタンドアローンプログラムとして、あるいはモジュール、コンポーネント、サブルーチン、または演算環境での使用に適した他のユニットとしてのものを含む、任意の形式で展開されてもよい。コンピュータプログラムは、必ずしもファイルに対応しない。プログラムは、他のプログラムまたはデータを保持しているファイルの一部分に保存されるか、当該プログラム専用の1つのファイルに保存されるか、あるいは連携した複数のファイル（例えば、1つ以上のモジュール、サブプログラムまたはコードの一部分を記憶するファイル）に記憶されてもよい。

20

【0093】

本明細書に記載のプロセスおよび論理フローは、本明細書に記載の主題の方法ステップを含み、1つ以上のコンピュータプログラムを実行して、入力データに対して演算を行い、出力を生成することによって本明細書に記載の主題の機能を行う、1つ以上のプログラマブルプロセッサによって行われてもよい。プロセスおよび論理フローはまた、特殊目的論理回路、例えば、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはASIC（特定用途向け集積回路）によって行われてもよく、かつ、本明細書に記載の器具は、特殊目的論理回路として実施されてもよい。

30

【0094】

コンピュータプログラムの実行に適切なプロセッサは、例として、汎用マイクロプロセッサおよび特殊目的マイクロプロセッサの両方、ならびに、任意の種類のデジタルコンピュータの、任意の1つ以上のプロセッサを含む。一般的に、プロセッサは、読み専用メモリまたはランダムアクセスメモリ、あるいはその両方から命令およびデータを受け取る。コンピュータの重要な要素は、命令を実行するためのプロセッサと、命令およびデータを記憶するための1つ以上のメモリ装置である。一般的には、コンピュータはまた、データを記憶するための1つ以上の大容量記憶装置、例えば、磁気、光磁気ディスクまたは光ディスクなどを含み、あるいはそれらからデータを受け取り、またはそれらにデータを転送し、またはその両方を行うように動作可能に連結されてもよい。コンピュータプログラム命令およびデータを具現化するために好適な適切な情報担体は、不揮発性メモリのすべての形態を含み、これは、例えば、半導体メモリ装置（例えばEEPROM、EEPROMおよびフラッシュメモリ装置）、磁気ディスク（例えば内部ハードディスクまたはリムーバブルディスク）、光磁気ディスク、ならびに光ディスク（例えばCDおよびDVD）を含

40

50

む。プロセッサおよびメモリは、特殊目的論理回路によって補完されるか、あるいはそこに組み込まれてもよい。

【 0 0 9 5 】

本開示発明のシステム、装置、方法およびプロセスは、本明細書で説明されている実施形態からの情報を使用して開発される変形例および適合を包含することが想定される。本明細書で説明されているシステム、装置、方法およびプロセスの適合および／または修正は、関連技術分野の当業者によって行われることができる。

【 0 0 9 6 】

本説明全体を通して、物品、装置、システムが、特定の構成要素を有する、含む、または備えるものとして説明される場合、あるいはプロセスおよび方法が、特定のステップを有する、含む、または備えるものとして説明される場合は、列挙される構成要素から本質的になる、またはそれらからなる、本開示の物品、装置およびシステムが存在すること、ならびに列挙される処理ステップから本質的になる、またはそれらからなる、本開示に係るプロセスおよび方法が存在することが想定される。

10

【 0 0 9 7 】

ステップの順序またはある行為を実施するための順序は、本発明が動作可能なままである限り、重要ではない場合があることを理解されたい。さらに、2つ以上のステップまたは行為が、同時に実行されてもよい。

【 0 0 9 8 】

開示される主題は、その用途が、以上の説明に記載されるか、または図面に図示される、構成の詳細および構成要素の配列に限定されないことを理解されたい。開示される主題は、他の実施形態が可能であり、種々の方法で実施および実行が可能である。さらに、本明細書で用いられる表現および用語は、説明の目的のためであり、制限するものと見なされるべきではないことを理解されたい。このように、当業者であれば、本開示に基づく概念が、開示される主題のいくつかの目的を実行するために、他の構造、方法およびシステムの設計の基礎として容易に利用され得ることを理解するであろう。

20

【 0 0 9 9 】

磁気センシングシステム

以下の説明において、開示の主題の完全な理解を提供するために、開示の主題のシステムおよび方法、ならびにこのようなシステムおよび方法が動作できる環境に関して多数の具体的な詳細を記載する。しかし、開示の主題はこのような具体的な詳細がなくとも実施できること、および当該技術分野で周知の特定の特徴は開示の主題を複雑にするのを回避するために記載されていないことは、当業者にとって明白であろう。加えて、以下に提供される例は例示的なものであり、開示の主題の範囲内にある他のシステム、器具および／または方法が存在することが想定されていることが理解されよう。

30

【 0 1 0 0 】

本システム／方法は、小型化した手術用ロボット装置の1つの関節および／または複数の関節の配向および作動を追跡および感知するように設計されているが、このシステムは、磁石を利用してロボット関節の配向および作動を追跡および感知する任意の装置で実施されてもよい。本システム／方法はまた、課されている幾何学的な制約により、現在利用可能な磁気追跡システムおよび磁気センシングシステムでは大きすぎる場合に、磁気追跡および／または磁気センシングを必要とし得る、および／または、それを利用し得る、任意の装置またはシステムで実施されてもよい。

40

【 0 1 0 1 】

ロボットアセンブリは、ロボット関節用の磁気センシングシステムなど（ケーブル駆動型ロボットアームのロボット関節など）の磁気センシングシステムを含んでもよい。ロボット関節は、対応する磁気センシングシステムと動作可能に連結されてもよい。ロボット関節は、対応する磁気センシングシステムを含んでもよい。磁気センシングシステムは、ロボット関節の変位または移動を感知するように構成されてもよい。

【 0 1 0 2 】

50

磁気センシングシステムは、磁石およびセンサを含んでもよい。センサは、磁石の磁場の少なくとも一部分の変化を感知するように構成されてもよい。磁気センシングシステムは、複数の磁石および複数のセンサを含んでもよい。センサは、複数の磁石の少なくとも一部分の磁場の少なくとも一部分の変化を測定するように構成されてもよい。

【0103】

磁気センシングシステムの1つ以上の磁石は、配列に位置してもよい。磁石の配列は、地場を形成してもよい。磁気センシングシステムの1つ以上のセンサは、配列に位置してもよい。センサの配列は、1つ以上の磁石によって生成された磁場の少なくとも一部分を個別に測定してもよい。センサおよび磁石の配列は、(i)複数の構成要素(ケーブルなど)が収容されるための、あるいは関節(ケーブル駆動型ロボットアームなど)を通過するための空間、(ii)関節の可動域または移動、(iii)磁気センシングシステムの測定の精度、あるいは(iv)それらの任意の組み合わせを最適化するように構成されてもよい。

10

【0104】

配列は、1つ以上の磁石を含んでもよい。配列は、少なくとも2つの磁石を含んでもよい。配列は、少なくとも4つの磁石を含んでもよい。2つ以上の磁石は、実質的にカラムに配列されてもよい。2つ以上の磁石は、実質的に1つの平面内に配列されてもよく、例えば、4つの磁石は、実質的に1つの平面内に配列されてもよい。磁石の配列は、 2×2 の磁石、 2×3 の磁石、 2×4 の磁石、 3×4 の磁石、 4×4 の磁石、あるいは他のものなどの磁石アレイを含んでもよい。

20

【0105】

各々がN極およびS極を有する磁石は、多数の異なる方法で互いに対して配列されてもよい。2つの磁石(各々が実質的に異なるカラムに配列された磁石など)は、互いに反対の極に配向されてもよく、それによって、第1の磁石は、第2の磁石に対してN-Sに配向され、第2の磁石は、第1の磁石に対してS-Nに配向される。第1のカラムの磁石は、それらの双極子が第2のカラムの双極子に対して交互の配向に配向されるように位置してもよく、例えば、第1のカラムはN-S、N-Sに配向され、第2のカラムはS-N、S-Nに配向されてもよい。N-Sの双極子を有する磁石は、S-Nの双極子を有する磁石と対角して、傾斜して、あるいは交差して位置してもよい。磁石のS極は、第2の磁石のN極に直に対面してもよい。N極からS極に移動する磁石の側面は、S極からN極に移動するように位置している第2の磁石の側面に直に対面してもよい。

30

【0106】

1つ以上の磁石の配列は、磁場を形成してもよい。磁場の少なくとも一部分の変化は、1つ以上のセンサによって測定されてもよい。磁場は、直交磁場成分、平行磁場成分、非平行磁場成分、あるいはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。

【0107】

磁石は、関節の区分内に配列されてもよい。例えば、2つの磁石を含む関節は、関節の第1の半分に位置している第1の磁石と、関節の第2の半分に位置している第2の磁石を有してもよい。4つの磁石を含む関節は、関節の第1象限内に位置している第1の磁石と、関節の第2象限内に位置している第2の磁石と、関節の第3象限内に位置している第3の磁石と、関節の第4象限内に位置している第4の磁石とを有してもよい。関節の小区分内にある複数の磁石のこの位置付けは、1つの関節内にある約2、3、4、5、6、7、8、9、10、またはそれ以上の磁石で実施されている。

40

【0108】

1つ以上のセンサは、実質的に1つの平面に沿ってセンサの配列を形成してもよい。センサの平面は、1つ以上の磁石または磁石の配置に対して実質的に垂直に位置してもよい。センサの平面は、1つ以上の磁石または磁石の配列に対して実質的に平行に位置してもよい。1つ以上のセンサは、1を超える平面に沿ってセンサの配列を形成してもよい。センサの配列は、 2×2 のセンサ、 2×3 のセンサ、 2×4 のセンサ、 3×4 のセンサ、 4×4 のセンサ、あるいは他のものなどのセンサアレイを含んでもよい。

50

【 0 1 0 9 】

センサの平面（磁石の配列に対して実質的に垂直に位置しているなど）は、2つ以上の磁石間に位置してもよい。センサの平面は、磁石の配列の外側に位置してもよい。センサの平面は、カラムの第1の磁石と、カラムの第2の磁石との間に位置してもよい。センサの平面（plan）は、第1のカラムの第1の磁石と、第2のカラムの第2の磁石との間に位置してもよい。

【 0 1 1 0 】

磁気センシングシステムの1つ以上の磁石は、実質的にロボット関節の周縁部に位置してもよい。1つ以上のセンサは、ロボット関節の中心の場所の実質的に遠位に位置してもよい。磁気センシングシステムの1つ以上のセンサは、実質的にロボット関節の周縁部に位置してもよい。1つ以上の磁石は、ロボット関節の中心の場所の実質的に遠位に位置してもよい。

10

【 0 1 1 1 】

磁気センシングシステムの磁石およびセンサの配列は、配列がない同等のロボット関節と比較して、より高い分解能でロボット関節の変位の測定を提供してもよい。より高い分解能は、約1.1x、1.2x、1.3x、1.4x、1.5x、1.6x、1.7x、1.8x、1.9x、2.0x、またはそれ以上である。

【 0 1 1 2 】

磁気センシングシステムの磁石およびセンサの配列は、配列がない同等のロボット関節と比較して、より高い精度でロボット関節の変位の測定を提供してもよい。測定精度は、少なくとも約70%、80%、85%、90%、95%、96%、97%、98%、99%、または以上の精度でもよい。

20

【 0 1 1 3 】

いくつかの実施形態によると、本明細書に記載の仮想ダイアメトリック磁石は、Virtual Reality Surgical Deviceと題された米国特許第10,285,765 B2号に開示されているロボットアーム、および／または、Virtual Reality Wrist Assemblyと題された国際特許出願第PCT/US2018/606556号（国際特許出願第W02019094896A1号として公開）に開示されている手首アセンブリに組み込まれるか、および／または、これと共に利用されるように設計されてもよい。両方の参照は、付属書類に添付されており、その全体は、本明細書に組み込まれる。いくつかの実施形態では、仮想ダイアメトリック磁石システムはまた、他の既存および将来の手術用ロボットシステムまたは装置によって実装されて利用されてもよい。

30

【 0 1 1 4 】

本明細書で使用される場合、磁石は、磁場を発生することができる物体または物体の集合を少なくとも含み、これには、ネオジム、鉄、ならびに、永久磁石、電磁石、および／または、磁場を発生することができる任意の他の物体の他の形成物を含むが、これらに限定されない。

【 0 1 1 5 】

本明細書で使用される場合、センサは、磁場の強さを測定することができる、あるいは磁場の強さを導出することができる何らかの量を測定することができる、物体または物体の集合を含み、これには、集積回路（IC）、MEMSシステム、ディスクリート用電子部品、機械変換器、純粹な機械計算器、および／または、磁場を測定または変換することができる当該技術分野で周知の任意の他の物体を含むが、これらに限定されない。

40

【 0 1 1 6 】

本明細書で使用される場合、関節は、平行移動するか、または角度を持つかのいずれかの相対変位できる物体または物体の集合を含む。

【 0 1 1 7 】

本明細書で使用される場合、センサアレイは、磁石に対してかつ互いに対し位置している、1つのセンサ、またはセンサの集合を含み、それによって、センサは、関節の変位

50

と共に変動する磁場の1つ以上の成分を測定するように位置している。

【0118】

上述されているように、本明細書に開示のシステムは、いくつかの実施形態に従って、米国特許第10,285,765 B2号に開示されているロボットアームに組み込まれて、これと共に利用されるように設計されている。図28は、ある実施形態によるロボット関節(301)を示している。図28に示されているロボット関節(301)は、ケーブル駆動型関節である。図28は、関節の他の構成要素用に残されており、したがってセンシング構成要素用に使用されることができない、ロボット関節(301)の領域を図示している。いくつかの実施形態によると、図28で図示されているハッチ領域は、遠位にある関節の駆動ケーブルによって、あるいはスムーズなロボットアームの運動を提供するためにケーブル負荷を運ぶ軸受によって使用される。ケーブル駆動型ロボット関節によって課された制約に起因して、以前に述べた標準磁気センシングソリューションのいずれを実施するにも十分な量の空き空間が存在していない。図28では、関節(301)の中心にある利用可能な空間は、厚さ約1ミリメートル未満(mm)×直径約5mmであり、これは、現在利用可能な磁石を使用して、許容可能な強さを備えた磁場を発生するのに不十分である。さらに、内部空間に1つ以上のセンサ(302)を配置して、内部空間の外側に磁石を位置付けることも、図26で示されているように、ロボット関節設計の制約に起因して機能しない。回転の軸上の、関節の外側の極端部にある軸受のセットは、十分に大きいディスク状の磁石の使用の妨げとなる。さらに、軸受は、約360度構造的に支持される場合があり、大きい一方向負荷を有する場合があり、それによって、大きい環状の磁石の使用の妨げとなる。10

【0119】

図26は、回転磁石(304)の軸に、軸方向にある距離だけ離間したセンサアレイ(303)を配置しているシステムの等角図である。センサアレイ(303)は、1つ以上のセンサ(302)を含んでもよい。図27は、磁石(304)の中心を介して平面に、またはその近傍に、かつ、回転の軸に対して垂直に、センサアレイ(303)を配置しているシステムの等角図である。図26および図27に示されているセンサ(302)および磁石(304)の配列は、これらの配列が必要な場合がある空間体積に起因してロボット関節に配置ができる場合に限定されてもよく、それによって、関節の設計が限定される場合がある。システムは、システムの周辺部分の周りに延在する可撓性プリント回路基板(PCB)(305)をさらに含んでもよい。20

【0120】

本明細書に開示のシステムは、概して、磁石とセンサアレイの配列に向けられており、その空間と相対的な場所によって、多量のケーブルが関節の中心を介して送られるのに十分な空間が提供され、かつ、関節の配向および精度に関して正確なセンサの読み取りが可能になる。ある実施形態によると、本明細書に開示のシステムの磁石とセンサアレイの配列によって、磁気エネルギーは、関節の利用可能な空間にわたって分配されることが可能になる。ある意味では、当該配列によって、高分解能で、関節変位情報をレカバリする、単純かつ繰り返し可能な方法を提供する。

【0121】

図29は、いくつかの実施形態によるシステムの磁石(311)、(312)、(313)、(314)の配列の輪郭である。図29では、磁石の2つのカラム(320-1)および(320-2)が存在する。カラム1(320-1)は、磁石1(311)および磁石4(314)で構成され、カラム2(320-2)は、磁石2(312)および磁石3(313)で構成される。カラム1(320-1)およびカラム2(320-2)は、互いから一定距離離し、各カラムは、2つの部分に分離されて、4象限を生成する。これらの実施形態でわかるように、1つの磁石をセンサの近傍で使用する代わりに、4つの磁石のセットを複数の象限に配列し、磁化方向が、磁石1(311)と磁石4(314)との間で整合し、磁化方向が、磁石2(312)と磁石3(313)との間で整合する。さらに、この実施形態では、磁石1(311)と磁石4(314)との間の磁化方向は、30

磁石 2 (312) と磁石 3 (313) との間の磁化方向と反対である。図 30 は、図 29 に図示されている配列によって発生した、結果として生じる磁場のシミュレーションを示している。いくつかの実施形態では、4 つの磁石 (311)、(312)、(313)、(314) のセットは、ネオジム永久磁石である。

【 0122 】

ある実施形態によると、図 32 に図示されているように、カラム 1 (320 - 1) およびカラム 2 (320 - 2) に対して垂直である平面にあるセンサアレイ (303) は、各カラムを分離する空間を占有し、あるカラムの 1 つの磁石から、同カラムの対応する磁石に、磁場が流れる。いくつかの実施形態では、センサアレイ (303) によって感知された磁場の成分は、空間中のある地点における直交磁場成分、空間中の異なる地点における個々の平行磁場成分または非平行磁場成分、あるいはそれらの任意の組み合わせであってもよい。センサアレイ (303) によって収集されたデータは、その後、関節の変位を推定するために、1 つ以上のセンサ (302) または遠隔計算のいずれかによって使用されてもよい。1 つ以上のセンサ (302) は、プリント回路基板 (PCB) の基板 (330) の表面に配置されてもよい。ある実施形態によれど、計算の結果は、磁石が静止状態で、センサアレイ (303) が移動すると考える場合、あるいはその逆と考える場合と同じである。

10

【 0123 】

図 32 を再び参照すると、カラム 1 (320 - 1) のより近傍にあるセンサ (302) は、カラム 1 の磁石 (311) および (314) (磁石 1 および磁石 4) によって発生した磁場を感知し、一方で、カラム 2 (320 - 2) のより近傍にあるセンサ (302) は、カラム 2 の磁石 (312) および (313) (磁石 2 および磁石 3) によって発生した磁場を感知する。この配列の感知読み取りは、図 31 に示されているシミュレーション結果で図示されている。図 31 は、カラム 1 (320 - 1) とカラム 2 (320 - 2) の間のセンサアレイ (303) の平面における磁場の垂直成分を示している。以上で説明されているように、センサアレイは、1 つ以上のセンサ (302) を含んでもよい。いくつかの実施形態では、カラムの正確な間隔と、磁石 (311)、(312)、(313)、(314) 間の間隔とは、磁石の強さ、および / または、関節の幾何学的な形状および設計仕様に実質的にに基づいて異なってもよい。図 32 で図示されている配列によって、センサ (302) の比較的細い平面は、関節の中心、または近傍に配置されることが可能であり、一方で、前記関節の周辺に配置されるいくつかの磁石を有する関節体積にわたって使用可能な十分な空間を設ける。図 33 は、関節 (301) に実装されているようなセンシングシステムの例示的な実施形態を示している。図 33 でわかるように、センシングシステムが利用可能な、制限ありの体積であり、したがって、1 つ以上の磁石 (315) が、関節 (301) の極端部に配置され、センサ (302) が、中心に位置する。この配列を用いて、遠位の関節を駆動する多数のケーブルは、関節 (301) を通過することができ、それによって、転がり要素軸受 (340) 用の空間を統合することによってスムーズな運動が可能になり、関節の角変位の閉ループ制御に関して正確な感知を提供する。

20

30

【 0124 】

本明細書に記載の主題の態様は、デジタル電子回路、あるいはコンピュータソフトウェア、ファームウェアまたはハードウェアで実施されてもよく、これには、本明細書で開示されている構造手段、その構造等価物、あるいはそれらの組み合わせが含まれる。さらに、本明細書に記載の主題の態様は、1 つ以上のコンピュータプログラム製品を使用して実施することができ、これには、データ処理装置（例えば、プログラマブルプロセッサ、コンピュータ、または複数のコンピュータ）によって実行するための、あるいは操作を制御するための、情報担体（例えば、機械可読保存媒体）で有形で具現化される、あるいは伝播信号で具現化される 1 つ以上のコンピュータプログラムが挙げられる。コンピュータプログラム（プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーションまたはコードとしても知られている）は、コンパイラ型言語またはインターブリタ型言語を含む、任意の形式のプログラミング言語で記述されていてもよく、スタンドアローンプログラムとして

40

50

、あるいはモジュール、コンポーネント、サブルーチン、または演算環境での使用に適した他のユニットとしてのものを含む、任意の形式で展開されてもよい。コンピュータプログラムは、必ずしもファイルに対応しない。プログラムは、他のプログラムまたはデータを保持しているファイルの一部分に保存されるか、当該プログラム専用の1つのファイルに保存されるか、あるいは連携した複数のファイル（例えば、1つ以上のモジュール、サブプログラムまたはコードの一部分を記憶するファイル）に記憶されてもよい。

【0125】

本明細書に記載のプロセスおよび論理フローは、本明細書に記載の主題の方法ステップを含み、1つ以上のコンピュータプログラムを実行して、入力データに対して演算を行い、出力を生成することによって本明細書に記載の主題の機能を行う、1つ以上のプログラムブロックによって行われてもよい。プロセスおよび論理フローはまた、特殊目的論理回路、例えば、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはASIC（特定用途向け集積回路）によって行われてもよく、かつ、本明細書に記載の器具は、特殊目的論理回路として実施されてもよい。

【0126】

コンピュータプログラムの実行に適切なプロセッサは、例として、汎用マイクロプロセッサおよび特殊目的マイクロプロセッサの両方、ならびに、任意の種類のデジタルコンピュータの、任意の1つ以上のプロセッサを含む。一般的に、プロセッサは、読み取り専用メモリまたはランダムアクセスメモリ、あるいはその両方から命令およびデータを受け取る。コンピュータの重要な要素は、命令を実行するためのプロセッサと、命令およびデータを記憶するための1つ以上のメモリ装置である。一般的には、コンピュータはまた、データを記憶するための1つ以上の大容量記憶装置、例えば、磁気、光磁気ディスクまたは光ディスクなどを含み、あるいはそれらからデータを受け取り、またはそれらにデータを転送し、またはその両方を行うように動作可能に連結されてもよい。コンピュータプログラム命令およびデータを具現化するために好適な適切な情報担体は、不揮発性メモリのすべての形態を含み、これは、例えば、半導体メモリ装置（例えばEEPROM、EEPROMおよびフラッシュメモリ装置）、磁気ディスク（例えば内部ハードディスクまたはリムーバブルディスク）、光磁気ディスク、ならびに光ディスク（例えばCDおよびDVD）を含む。プロセッサおよびメモリは、特殊目的論理回路によって補完されるか、あるいはそこに組み込まれてもよい。

【0127】

本開示発明のシステム、装置、方法およびプロセスは、本明細書で説明されている実施形態からの情報を使用して開発される変形例および適合を包含することが想定される。本明細書で説明されているシステム、装置、方法およびプロセスの適合および／または修正は、関連技術分野の当業者によって行われることができる。

【0128】

本説明全体を通して、物品、装置、システムが、特定の構成要素を有する、含む、または備えるものとして説明される場合、あるいはプロセスおよび方法が、特定のステップを有する、含む、または備えるものとして説明される場合は、列挙される構成要素から本質的になる、またはそれらからなる、本開示の物品、装置およびシステムが存在すること、ならびに列挙される処理ステップから本質的になる、またはそれらからなる、本開示に係るプロセスおよび方法が存在することが想定される。

【0129】

ステップの順序またはある行為を実施するための順序は、本発明が動作可能なままである限り、重要ではない場合があることを理解されたい。さらに、2つ以上のステップまたは行為が、同時に実行されてもよい。

【0130】

開示される主題は、その用途が、以上の説明に記載されるか、または図面に図示される、構成の詳細および構成要素の配列に限定されなくてもよいことを理解されたい。開示される主題は、他の実施形態が可能であってもよく、種々の方法で実施および実行が可能で

10

20

30

40

50

あってもよい。さらに、本明細書で用いられる表現および用語は、説明の目的のためであり、制限するものと見なされるべきではないことを理解されたい。このように、当業者であれば、本開示が基づく概念が、開示される主題のいくつかの目的を実行するために、他の構造、方法およびシステムの設計の基礎として容易に利用され得ることを理解するであろう。

【0131】

関節内の電気通信構成要素の位置付け

以下の説明において、開示の主題の完全な理解を提供するために、開示の主題のシステムおよび方法、ならびにこのようなシステムおよび方法が動作できる環境に関して多数の具体的な詳細を記載する。しかし、開示の主題はこのような具体的な詳細がなくとも実施できること、および当該技術分野で周知の特定の特徴は開示の主題を複雑にするのを回避するために記載されていないことは、当業者にとって明白であろう。加えて、以下に提供される例は例示的なものであり、開示の主題の範囲内にある他のシステム、器具および/または方法が存在することが想定されていることが理解されよう。

10

【0132】

システム／方法は、複数の自由度を有する小型化した手術用ロボット装置の関節を介して電気通信構成要素を送るように設計されているが、このシステム／方法は、関節の運動を限定することなく、関節の位置および配向を正確に感知することを望む任意の装置で実装されてもよい。

【0133】

20

本明細書に開示のシステム／方法は、いくつかの実施形態によると、Virtual Reality Surgical Deviceと題された米国特許第10,285,765B2号に開示されているロボットアーム、または、Virtual Reality Wrist Assemblyと題された国際特許出願第PCT/US2018/60656号（国際特許出願第W02019094896A1号として公開）に開示されている手首アセンブリ、または、Virtual Reality Surgical Camera Systemと題された米国特許出願第16/130,734号に開示されているカメラシステムに組み込まれて、これと共に利用されるように設計されてもよい。前述の参照は、付属書類に添付されており、その全体は、本明細書に組み込まれる。いくつかの実施形態では、本明細書に開示のシステム／方法は、他の既存および将来の手術用ロボットシステムまたは装置によって実装されて利用されてもよい。

30

【0134】

複雑な多自由度システムでは、連続して電気通信構成要素を有することは、組立または製造の観点から必ずしも実現可能ではない。いくつかの例では、空間的な制約に対応するために、複数の電気通信構成要素は、電気通信構成要素が互いに動作可能に連結されて利用される。各通信構成要素は、装置がすでに組み立てられているか否かに関わらず、装置に配置される能够性があるように設計される。これによって、故障の際、または、動作後の再目的化（repurposing）中に容易に修理が可能になる。自由度の数が大きくなると、各関節は独立して感知されるので、データ量も大きくなる。電気通信構成要素に沿ったマイクロコントローラによって、各センサによって収集されたデータは、各構成要素当たりの電気伝導体の数を低減できるような方法で処理されて再度传送される。これによって、多数のセンサが、より少数の伝導体数を有した一連の電気通信構成要素に配置されることが可能である。その結果、電気通信構成要素の幅または厚さは、大きくなりすぎない。

40

【0135】

いくつかの実施形態によると、本明細書に開示のシステムは、8自由度を有する手術用ロボット装置を介して電気通信構成要素を送るために使用され、当該8自由度を有する手術用ロボット装置は、位置センシング要素を有し、ロボット装置の各関節の閉ループ制御を提供する。システムは、確実に、制御システムからの制御入力が正確かつ精密に達成されるように構成される。いくつかの実施形態では、異なる電気通信構成要素が

50

利用されてもよく、これには、可撓性プリント回路基板（「F P C B」）、光ファイバケーブル、および／または、電気信号を送受信することができる当該技術分野で周知の他の通信素子が含まれるが、これらに限定されない。

【0136】

異なるタイプのロボット関節およびアクチュエータを介して電気通信構成要素を送るための様々な方法が、本明細に開示されている。ロボット関節のいくつかの例は、前述の特許および特許出願に記載され、これには、ヒンジ関節／アクチュエータならびに回転関節／アクチュエータが含まれるが、これらに限定されない。いくつかの実施形態によると、開示の送るための方法によって、ホール効果センサによる読み取りおよびカメラセンサによる読み取りなどの、電気信号および通信は、装置の遠位部分から制御システムに、あるいはその逆に渡すことが可能である。いくつかの実施形態では、電気通信構成要素は、1つ以上のロボット関節の運動に対して移動するように設計された、1つ以上の移動区分を有する。電気通信構成要素を疲労させるのを回避するために、それらが各関節を通過すると、電気通信構成要素の移動区分は、可能な限り大きな湾曲半径を有するように、そして、1つの地点ではなく複数の領域にわたって任意の屈曲を生じさせるように設計される。いくつかの実施形態では、移動区分は、可撓性回路のコイルとして構築され、関節の軸の周り、あるいは別の地点の周りに巻き付けられる。いくつかの実施形態では、移動区分は、直線運動を半分に折り畳まれることができ、電子通信構成要素の2つの端部は、2つの異なる本体に固定され、折畳（または屈曲）部分は、固定端部に対して移動する。いくつかの実施形態では、移動区分は、半分に折り畳まれができる移動区分と共に、以上に述べられているようにコイルとして構築される。これらの開示のシステム／方法は、システムの残りに影響を及ぼすことなく、動的システムからのデータ伝送を促進する。

10

【0137】

ロボットシステムのロボットアームは、1つ以上の関節を含んでもよい。ロボットアームの関節は、電気通信構成要素の少なくとも一部分を含んでもよい。電気通信構成要素は、関節を通過して2つの末端で動作可能に終わり、エンドエフェクタとロボットアームの原点を動作可能に接続するか、あるいはエンドエフェクタ（手術道具）と制御システムを動作可能に接続することなどが挙げられる。電気通信構成要素は、ロボットアームの一部分に、あるいはその一部分から1つ以上の電気信号を伝送するように構成されてもよい。電気通信構成要素は、ロボットアームの関節に、あるいはその関節から1つ以上の電気信号を伝送するように構成されてもよい。電気通信構成要素の一部分は、間接の作動中または移動中に移動してもよく、それによって、関節の可動域が可能になり、その一部分の屈曲、折り畳み、または損傷、あるいはそれらの組み合わせを防止する。関節が移動すると、一部分の移動を可能にする一部分の配列は、関節の可動域を保ち、屈曲または歪曲から電気構成要素への損傷から一部分を保護してもよい。関節の一部分の移動中に、電気通信構成要素の一部分の配列は、巻き付けるか移動屈曲を形成することなどによって、実質的に湾曲半径を維持するように構成されてもよい。配列は、巻き付け配列、移動屈曲配列、あるいは他のものを含んでもよい。電気通信構成要素の一部分への損害を防止するのを防ぐのを助けることができる別の要素には、停止要素をロボットアームの一部分に組み込み、ロボットアームの少なくとも一部分の可動域を限定することが含まれてもよい。停止要素は、電気通信構成要素の一部分が延在しそぎること、または圧縮しそぎることを少なくとも部分的に限定することができる。電気通信構成要素の少なくとも一部分を被覆するコーティングまたはフィルムを組み込むことによって、電気通信構成要素の少なくとも一部分への損傷を防止してもよい。コーティングまたはフィルムは、潤滑剤を含んでもよい。

20

【0138】

間接内の電気通信構成要素の少なくとも一部分は、間接（回転間接など）の軸の周りに巻き付けられて、少なくとも部分的に渦巻き状の巻き付け、または少なくとも部分コイルを形成してもよい。いくつかの巻き付けは、間接の筐体内に位置してもよい。いくつかの巻き付けは、関節のシャフトの外側に位置してもよい。いくつかの巻き付けは、筐体の内壁と、関節のシャフトの外壁との間に位置してもよい。いくつかの巻き付けは、関節が移

30

40

50

動すると変動してもよい。一部分のいくつかの巻き付けは、関節の可動域に比例して変動してもよい。関節の第1の可動域において、いくつかの巻き付けは、最大にされてもよい。関節の第2の可動域において、いくつかの巻き付けは、最小にされてもよい。いくつかの巻き付けは、関節（シャフトなど）の軸の周りに固く巻き付けられてもよい。いくつかの巻き付けは、筐体の内壁で外側に向かって延在し、シャフトの周りに緩く巻き付けられてもよい。関節の移動中に、電気構成要素の巻き付けは、いくつかの巻き付けが変動しながら維持されてもよい。電気構成要素の巻き付けを有する関節は、回転関節またはヒンジ関節であってもよい。巻き付けを有する関節は、回転関節であってもよい。

【0139】

電気通信構成要素の少なくとも一部分は、関節（ヒンジ関節など）内に延在して、移動屈曲を形成してもよい。関節の作動中に、移動屈曲の少なくとも一部分は、移動してもよい。関節の作動中に、移動屈曲の少なくとも一部分は、間接の可動域に比例して移動してもよい。移動屈曲を有する関節は、回転関節またはヒンジ関節であってもよい。移動屈曲を有する関節は、ヒンジ関節であってもよい。

10

【0140】

移動屈曲は、関節の外側に位置してもよい。移動屈曲は、筐体などの関節の一部分内に位置してもよい。移動屈曲は、筐体のチャネル内に位置してもよい。チャネルの少なくとも一部分は、間接から物理的に分離してもよい。チャネルは、間接の中心軸の外側に位置してもよい。間接の移動中に、チャネル内に位置している移動屈曲の量は、変動してもよい。チャネル内に位置している移動屈曲の量は、間接の移動範囲に比例して変動してもよい。例えば、間接の第1の可動域において、最小量の移動屈曲が、チャネル内に位置してもよい。間接の第2の可動域において、最大量の移動屈曲が、チャネル内に位置してもよい。移動屈曲は、それ自体で折り畳まれ、チャネル内の異なる量の移動屈曲を収容するように延在してもよい。

20

【0141】

異なるタイプのロボット関節を介して電気通信構成要素を送るために、異なる方法が利用されてもよい。図34～図35は、関節（401）の軸の周りにFPCB（402）が巻き付けられた回転関節（401）の一実施形態を示している。この実施形態では、FPCB（402）（または電気通信構成要素）は、長い区分（回転コイル部分（403）とも称される）と、長い区分に対して垂直である2つの短い区分とを有するように製造される。装置の作動中に、長い区分は、関節（401）の軸の周りに巻かれ、長い区分のいくつかの巻き付きは、関節（401）の所望の運動に左右される。2つの短い区分は、関節（401）の遠位部分および近位部分に突出し、遠位または近位のどちらかにある、それぞれの筐体（405）に対して静止部分（404）として留まる。各端部において、2つの短い区分は、別のFPCBに接続するために半田パットを露出し、それによって、FPCBが接続され、データ伝送の長さを増加するために、かつ、組み立てを容易にするために、チェーンを生成する。この実施形態では、FPCB（402）の回転コイル部分（403）は2つの部分の間に着座し、一方はシャフト（406）として機能し、他方は筐体（405）として機能する。関節（401）がその可動域の一方の極端部にある場合は、回転コイル（403）は、最大数の巻き付け回数でシャフト（406）の周りに固く巻き付けられ（図34）、そして、可動域の他方の極端部にある場合は、回転コイル（403）は、最小数の巻き付け回数で可能な限り筐体（405）に抗して拡張される（図35）。可動域は、望まれるだけ小さくまたは大きくてよい。いくつかの実施形態では、回転関節（401）は、可動域を限定するためにハード停止部（407）を含んでもよい。これらの実施形態では、ハード停止部（hard step）（407）は、電気通信構成要素が、関節（401）のシャフト（406）の周りを上からまたは下から巻き付くのを防止し、それによって、電気通信構成要素からの裂けまたは外への反りを防止する。さらに、いくつかの実施形態では、コイル（403）の巻き付け間、および、コイル（403）と筐体（405）との間の摩擦を軽減するために、コイル（403）は、誘電体グリスなどの潤滑剤で被覆される。いくつかの実施形態では、Teflon（商標）フィルムが、

30

40

50

コイル（403）に適用される。いくつかの実施形態では、筐体（405）は、Teflon（商標）コーティングまたはダイヤモンド様コーティングを含有し、関節（401）の作動中の摩擦を軽減するのを助け、ならびに、コイル（403）の一部分または区分のみが拡張または接触する可能性を減少し、それによって、電気通信構成要素が外に反るおよび/または避ける可能性を減少する。

【0142】

図38～図39は、ヒンジ関節（410）の実施形態を、それを介して送られている電気通信構成要素と共に示している。電気通信構成要素は、FPCB（420）を含んでもよい。以上に述べた回転関節とは異なり、機械的な駆動ケーブルが、関節の軸に沿って/平行に通る場合は、このヒンジ方式の関節（410）にある機械的な駆動ケーブルは、関節（410）の軸に対して垂直に通り、よって、異なる送る技術が必要となる場合がある。この実施形態では、電気通信構成要素は、ヒンジ関節（410）の軸の周りに巻かれておらず、代わりにその外側を通り、筐体（チャネル）（414）内に位置している移動屈曲（412）に沿って延在する。関節（410）の作動中に、移動屈曲（412）は、チャネル（414）に沿って移動し、それによって、一方の極端部において、移動屈曲（412）は、チャネル（414）の退出点の近傍であり（軸（415）の近傍）、チャネル（414）内には、最小量の電気通信構成要素を有する（図38）。他方の極端部において、移動屈曲（412）は、チャネル（414）の基部に向かって（軸（415）から離れて）移動させられ、チャネル（414）内には、最大量の電気通信構成要素を有する（図39）。ヒンジ関節（410）は、回転型FPCBの近位端（422）に対して、回転型FPCBの遠位端（421）を移動させるように構成されてもよい。近位端（422）は、遠位端（421）の移動中は静止状態にあってもよい。ヒンジ関節（410）は、回転式FPCBの近位端（422）の静止部分（423）に対して回転式FPCBの遠位端（421）を移動させるように構成されてもよい。

10

20

30

【0143】

いくつかの実施形態では、受動的および/または能動的な後退要素は、確実に、電気通信構成要素が、縮小中に予期される方法で屈曲するようにするために使用される。いくつかの実施形態では、低い剛性を有する弾性要素は、関節の機械的な筐体の1つの端部と、電気通信構成要素とに連結される。関節の屈曲中に、電気通信構成要素の移動屈曲（412）は、筐体またはチャネル（414）内を進行し、弾性要素を伸長し、電気通信構成要素およびヒンジ関節（410）に、関節（410）が打ち勝つ復元力を生成する。関節（410）の延在中は、弾性要素は、電気通信構成要素に引張力を行使し、それによって、何れの摩擦または外への反りの力に打ち勝ち、通信構成要素を、チャネル（414）にある元の位置に復元する。いくつかの実施形態では、弾性要素は、ゴムバンドまたは同様の材料として製造される。いくつかの実施形態では、定力ばね、あるいは能動的に抑制されたアクチュエータが使用される。

【0144】

いくつかの実施形態では、関節自体の運動は、電気通信構成要素の位置を決定付ける。これらの実施形態では、関節（410）の移動部分は、カムとして機能し、関節（410）に配置されるピンは、カムフォロアとして機能する。関節（410）が第1の方向に移動すると、電気通信構成要素がそのチャネル（414）または筐体から引き出されて、それと共にピンが引かれる。関節（410）が第1の方向と反対の第2の方向に移動すると、関節の移動部分が、ピンを電気通信構成要素内に押し戻し、それによって、要素をその筐体またはチャネル（414）内に押し戻す。これらの実施形態では、以上に述べられた弾性要素の使用と比較して、電気通信構成要素に低い力を提供し、関節の移動に対して無視できる程度の抵抗をもたらす。

40

【0145】

いくつかの実施形態では、電気通信構成要素のコイルと、電気通信構成要素の直線後退機構との両方が利用される。図36～図37に図示されているように、いくつかの実施形態では、電気通信構成要素は、FPCB（440）を含んでもよい。1つ以上のホール効

50

果センサ(441)が、FPCB(440)に操作可能に連結されてもよい。図36～図37は、カメラ装置(450)を示し、主要関節は回転軸であるが、およそ720度の高い可動域と、限定された関節の周りの空間とにより、回転機構および直線機構の両方が利用される。回転機構および直線機構は、筐体(451)内に配置されてもよい。これらの実施形態では、関節が一方の極端部にある場合に、電気通信構成要素の回転部分(回転コイル(452))が、関節の軸の周りに固く巻き付けられ、電気通信構成要素の直線部分の屈曲は、関節の近傍にある(図36)。定力ばね(図示せず)も、関節の軸の周りに巻き付けられ、それによって、電気通信構成要素に力を与えて、電気通信構成要素が外へ反るのを防止する。定力ばねは、確実に、関節の周りの巻き付けが可能な限り小さいままであるようにし、巻き付けが不揃いに拡張してしまうのを防止する。関節が、その他方の極端部まで回転する場合は、軸の周りのコイル(452)が拡張する。限定されたねじの周りの径方向の空間と、ねじによって加えられた一定の力とによって、コイル(452)の拡張部分(移動屈曲(453)におけるコイル)は、直線後退区分内に(関節から離れて)引き入れられ、それによって、コイルの拡張中に外への反りが生じるのを防止する(図37)。

【0146】

確実に、関節の周りの巻き付けが可能な限り小さいままであるようにするために、いくつかの実施形態によると、定力ばねは、回転コイル(452)の外側(454)の周りに巻き付けられる(図37参照)。これらの実施形態では、回転コイル(452)が後退状態にある場合は、定力ばねは、回転コイル(452)を関節に抗して固く圧縮する(図36に示されているように)。定力ばねの長さは、関節に抗して圧縮されるように構成された回転コイル(452)の長さに応じて変動してもよい。いくつかの実施形態では、定力ばねは、回転コイル(452)内に埋め込まれる。いくつかの実施形態では、定力ばねは、回転コイル(452)の内側(455)に取り付けられる(図37参照)。これらの実施形態では、定力ばねの内側は、後退状態にある関節の周りに巻き付けられ(図36に示されているように)、そして、ばねの外側(454)は、回転コイル(452)の内側(455)に取り付けられる。関節が回転して回転コイル(452)を拡張させると、定力ばねは、関節から引き離されて、その後、移動屈曲(453)は、関節から離れるよう移動させられる(図37)。回転コイル(452)は、静止部分(455)を含んでもよい。

【0147】

本明細書に記載の主題の態様は、デジタル電子回路、あるいはコンピュータソフトウェア、ファームウェアまたはハードウェアで実施されてもよく、これには、本明細書で開示されている構造手段、その構造等価物、あるいはそれらの組み合わせが含まれる。さらに、本明細書に記載の主題の態様は、1つ以上のコンピュータプログラム製品を使用して実施することができ、これには、データ処理装置(例えば、プログラマブルプロセッサ、コンピュータ、または複数のコンピュータ)によって実行するための、あるいは操作を制御するための、情報担体(例えば、機械可読保存媒体)で有形で具現化される、あるいは伝播信号で具現化される1つ以上のコンピュータプログラムが挙げられる。コンピュータプログラム(プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーションまたはコードとしても知られている)は、コンパイラ型言語またはインターブリタ型言語を含む、任意の形式のプログラミング言語で記述されていてもよく、スタンドアローンプログラムとして、あるいはモジュール、コンポーネント、サブルーチン、または演算環境での使用に適した他のユニットとしてのものを含む、任意の形式で展開されてもよい。コンピュータプログラムは、必ずしもファイルに対応しない。プログラムは、他のプログラムまたはデータを保持しているファイルの一部分に保存されるか、当該プログラム専用の1つのファイルに保存されるか、あるいは連携した複数のファイル(例えば、1つ以上のモジュール、サブプログラムまたはコードの一部分を記憶するファイル)に記憶されてもよい。

【0148】

本明細書に記載のプロセスおよび論理フローは、本明細書に記載の主題の方法ステップ

10

20

30

40

50

を含み、1つ以上のコンピュータプログラムを実行して、入力データに対して演算を行い、出力を生成することによって本明細書に記載の主題の機能を行う、1つ以上のプログラマブルプロセッサによって行われてもよい。プロセスおよび論理フローはまた、特殊目的論理回路、例えば、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはASIC（特定用途向け集積回路）によって行われてもよく、かつ、本明細書に記載の器具は、特殊目的論理回路として実施されてもよい。

【0149】

コンピュータプログラムの実行に適切なプロセッサは、例として、汎用マイクロプロセッサおよび特殊目的マイクロプロセッサの両方、ならびに、任意の種類のデジタルコンピュータの、任意の1つ以上のプロセッサを含む。一般的に、プロセッサは、読み取り専用メモリまたはランダムアクセスメモリ、あるいはその両方から命令およびデータを受け取る。コンピュータの重要な要素は、命令を実行するためのプロセッサと、命令およびデータを記憶するための1つ以上のメモリ装置である。一般的には、コンピュータはまた、データを記憶するための1つ以上の大容量記憶装置、例えば、磁気、光磁気ディスクまたは光ディスクなどを含み、あるいはそれらからデータを受け取り、またはそれらにデータを転送し、またはその両方を行うように動作可能に連結されてもよい。コンピュータプログラム命令およびデータを具現化するために好適な適切な情報担体は、不揮発性メモリのすべての形態を含み、これは、例えば、半導体メモリ装置（例えばEEPROM、EEPROMおよびフラッシュメモリ装置）、磁気ディスク（例えば内部ハードディスクまたはリムーバブルディスク）、光磁気ディスク、ならびに光ディスク（例えばCDおよびDVD）を含む。プロセッサおよびメモリは、特殊目的論理回路によって補完されるか、あるいはそこに組み込まれてもよい。

10

20

【0150】

本開示発明のシステム、装置、方法およびプロセスは、本明細書で説明されている実施形態からの情報を使用して開発される変形例および適合を包含することが想定される。本明細書で説明されているシステム、装置、方法およびプロセスの適合および／または修正は、関連技術分野の当業者によって行われることができる。

【0151】

本説明全体を通して、物品、装置、システムが、特定の構成要素を有する、含む、または備えるものとして説明される場合、あるいはプロセスおよび方法が、特定のステップを有する、含む、または備えるものとして説明される場合は、列挙される構成要素から本質的になる、またはそれらからなる、本開示の物品、装置およびシステムが存在すること、ならびに列挙される処理ステップから本質的になる、またはそれらからなる、本開示に係るプロセスおよび方法が存在することが想定される。

30

【0152】

ステップの順序またはある行為を実施するための順序は、本発明が動作可能なままである限り、重要ではないことを理解されたい。さらに、2つ以上のステップまたは行為が、同時に実行されてもよい。

【0153】

開示される主題は、その用途が、以上の説明に記載されるか、または図面に図示される、構成の詳細および構成要素の配列に限定されなくてもよいことを理解されたい。開示される主題は、他の実施形態が可能であってもよく、種々の方法で実施および実行が可能であってもよい。さらに、本明細書で用いられる表現および用語は、説明の目的のためにあり、制限するものと見なされるべきではないことが理解され得る。このように、当業者であれば、本開示に基づく概念が、開示される主題のいくつかの目的を実行するために、他の構造、方法およびシステムの設計の基礎として容易に利用され得ることを理解するであろう。

40

【0154】

実施形態の組み合わせ

本明細書で説明されているようないかなる実施形態も、互いに組み合わせて利用されて

50

もよい。例えば、磁気センシングシステムの磁石およびセンサの配列は、関節内で電気通信構成要素の移動屈曲を巻き付けること、またはこれを形成することと組み合わせて利用されてもよい。例えば、ロボットシステムの作業端に連結されるサポートチューブの剛性を修正することによって径方向外側への力を含むことは、エンドエフェクタ、または肩部などの原点から独立して移動する肘部分を有するロボットアームと組み合わせて利用されてもよい。

【実施例】

【0155】

次の例証的な実施例は、本明細書に記載のシミュレーション (stimulation)、システムおよび方法の実施形態を代表するものであり、いかなる方法でも限定することを意味していない。

【0156】

実施例 1

ロボットアセンブリは、2つのロボットアームと1つのステレオカメラとを含む。2つのロボットアームとカメラとは、対応するモータユニットに個別に連結される。3つのモータユニットが存在する。作業条件下で、2つのロボットアームとカメラとの各々の作業端は、外科的処置を受ける患者の体腔内に入れるために、トロカール内に挿入される。3つの作業端の挿入は、順に行われ、それによって、第1にカメラの作業端が挿入され、その後、各ロボットアームの作業端が続く。作業端は各々、1つ以上の電気構成要素および1つ以上の機械構成要素を届けるサポートチューブによって、対応するモータユニットと連結される。各サポートチューブの剛性は、作業端を、トロカールを出ると径方向外側に駆動させ、トロカールの内腔内に留まっているサポートチューブの一部分を、トロカールの内壁に抗して駆動させる力を生成する。内壁に抗するサポートチューブの移動によって、次の作業端がトロカールを介して挿入されるのに十分な断面積を生成する。2つのロボットアームの各々は、3つの回転関節と4つのヒンジ関節とを含む。原点からエンドエフェクタまで、順序は、回転関節、ヒンジ関節、回転関節、ヒンジ関節、回転関節、ヒンジ関節、そしてヒンジ関節である。関節のこの構成によって、ロボットアームの各々は、少なくとも8自由度で移動することが可能である。ロボットアームの有効な肘関節は、エンドエフェクタおよび原点（肩部）から独立して移動する。ロボットアームの少なくとも1つの関節は、少なくとも1つの関節の関節変位を少なくとも部分的に測定する磁気センシングシステムを含む。磁気センシングシステムは、4つの磁石および4つのセンサの配列を含む。第1および第2の磁石は、第1のカラムに配列され、第3および第4の磁石は、第2のカラムに配列される。センサは、磁石のカラムに対して実質的に垂直になる平面に位置している。ケーブルなどの、ロボットアームの他の構成要素用に中心に位置している空間が可能なように、磁石とセンサは、実質的に関節の周縁部の近傍に位置している。ロボットアームの関節のうちの1つは、関節のシャフトの周りに巻き付けられる長さのケーブルを含む。関節が移動すると、ケーブルのいくつかの巻き付きは変動し、シャフトの周りに固く巻き付けられていたものから、関節の筐体に抗して緩むものになる。ロボットアームの別の関節は、移動屈曲内に形成された長さのケーブルを含む。関節の移動中に、移動屈曲は移動し、関節が移動すると、筐体の一部分内の移動屈曲の量は変化する。ケーブルを巻き付けることと、ケーブルの移動屈曲を形成することによって、関節の十分な移動を可能にしながら、ケーブルの完全性を保ち、ケーブルへの損傷を防止する。

【0157】

本発明の実施形態が本明細書で示され記載されているが、このような実施形態は、一例として提示されているに過ぎないことは、当業者に明白であろう。本発明は、明細書内で提示される具体例によって限定されることは意図されていない。本発明は、上述の明細書を参照して記載されたが、本明細書の実施形態の説明および例示は、限定的に解釈されることは意味していない。当業者であれば、本発明から逸脱することなく、多数の変形、変更および置換に思い至るであろう。さらに、本発明のすべての態様は、様々な条件および変数に依存する、本明細書に記載される特定の描写、構成、または相対的比率に制限され

ないことを理解するものとする。本発明を実施する際に、本明細書に記載の本発明の実施形態の種々の代替物が利用され得ることが理解されるべきである。したがって、本発明は、任意のそのような修正、変形および等価物も網羅することが想定される。以下の請求項は本発明の範囲を定義するものであり、この請求項とその均等物の範囲内の方法および構造体がそれによって包含されるものであるということが意図されている。

【 0 1 5 8 】

明確化および理解の目的で、当該開示は、若干詳細に説明されているが、この開示を読むことにより、当業者ならば、本開示の真の範囲を逸脱しない限り、形式および詳細の様々な変更が可能であることは明白であろう。例えば、以上に説明した技術および器具のすべては、様々な組み合わせで使用できる。本出願で引用した刊行物、特許、特許出願および／またはその他の文献は、各個々の刊行物、特許、特許出願および／またはその他の文献が、あらゆる目的のために、参照により個々に個別に組み込まれることが意図されたのと同じ程度に、あらゆる目的のために、全体が参照により組み込まれる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図1】

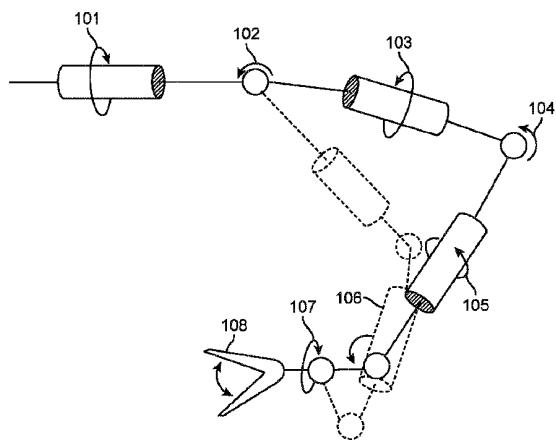


FIG. 1

【図2】

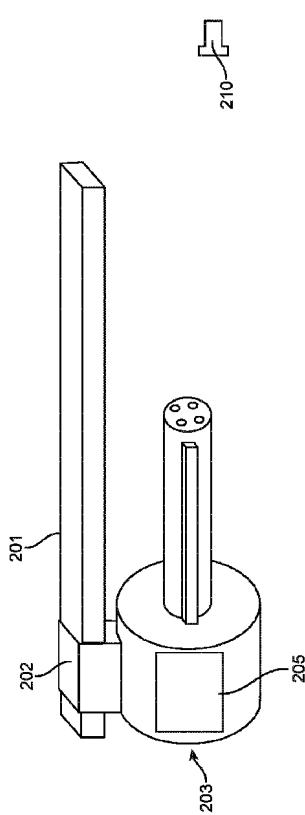


FIG. 2

10

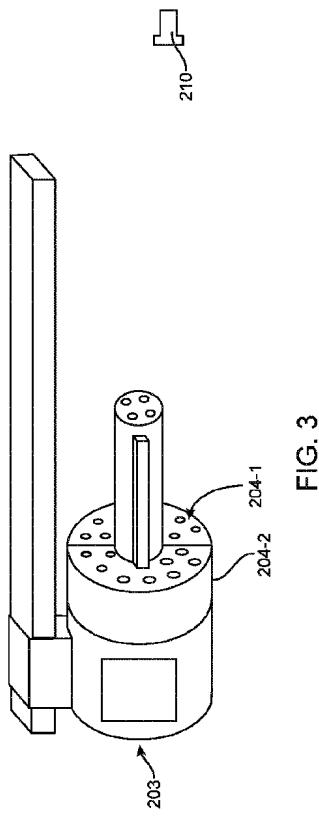
20

30

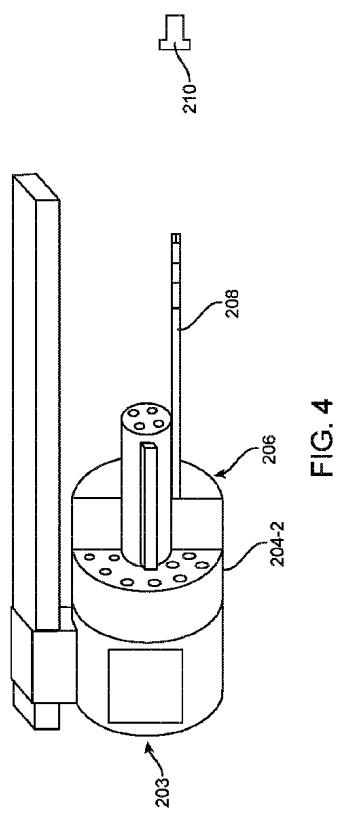
40

50

【図3】



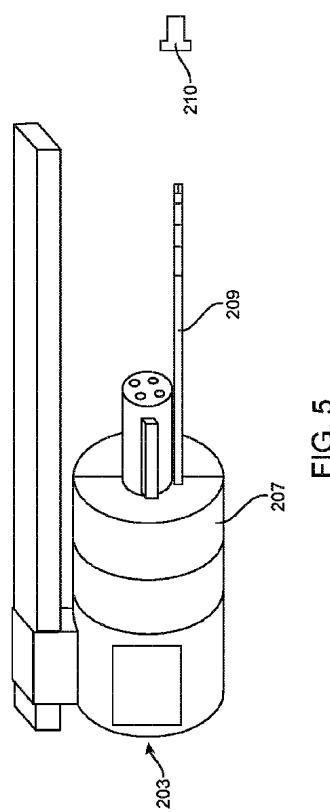
【図4】



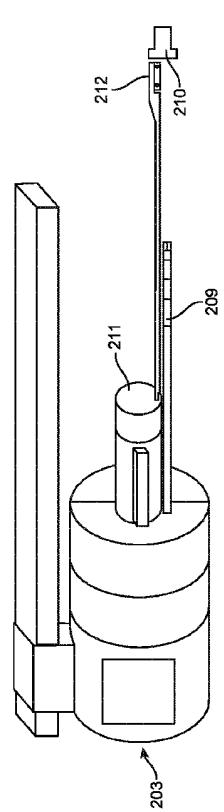
10

20

【図5】



【図6】



30

40

50

【図 7】

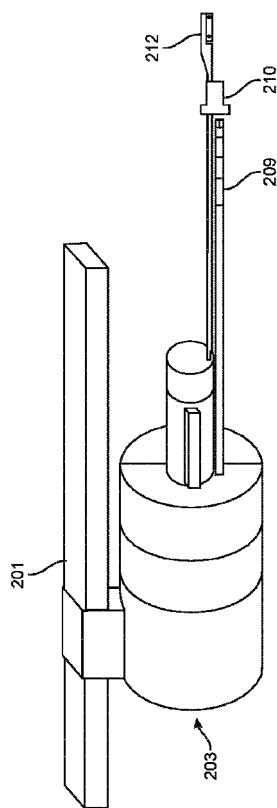


FIG. 7

【図 8】

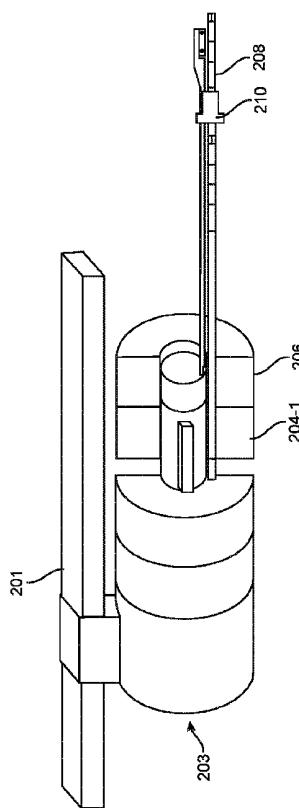


FIG. 8

10

20

30

【図 9】

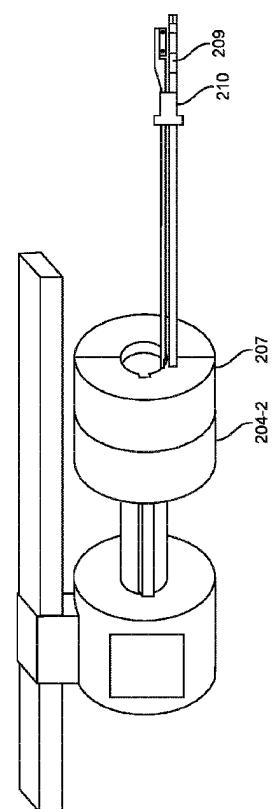


FIG. 9

【図 10A】

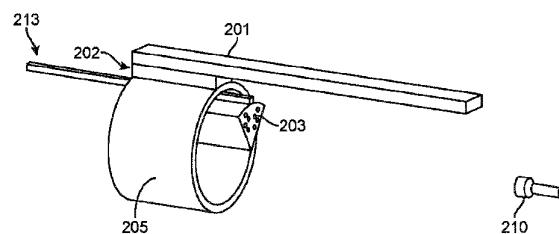


FIG. 10A

40

50

【図 10B】

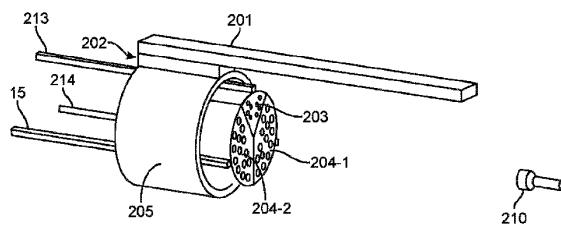


FIG. 10B

【図 10C】

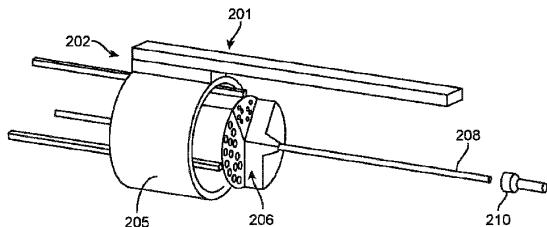


FIG. 10C

10

【図 10D】

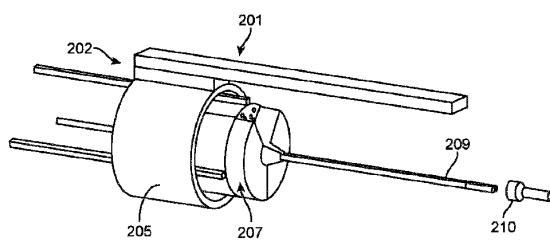


FIG. 10D

【図 10E】

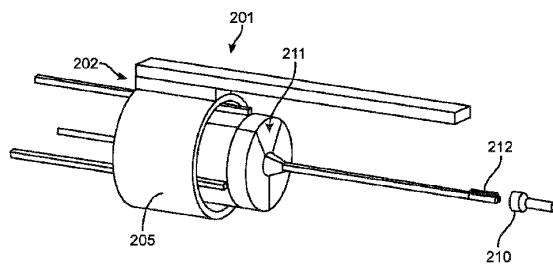


FIG. 10E

20

【図 10F】

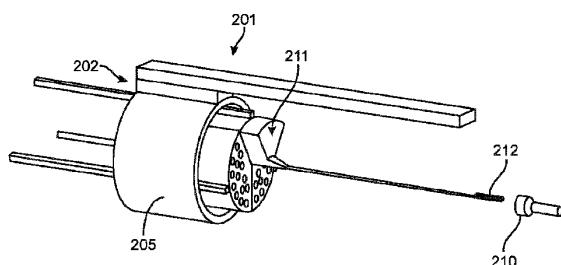


FIG. 10F

【図 10G】

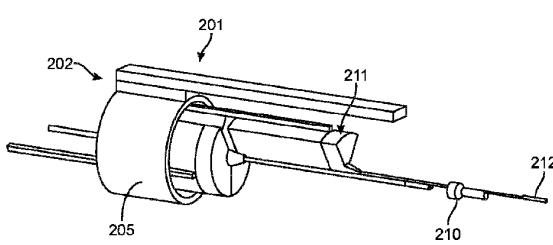


FIG. 10G

30

40

50

【図 10H】

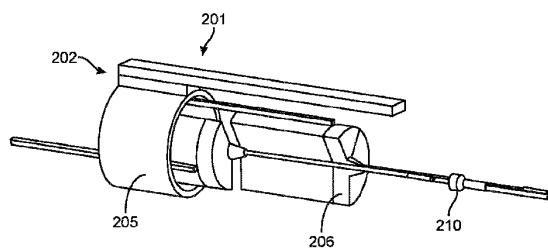


FIG. 10H

【図 10I】

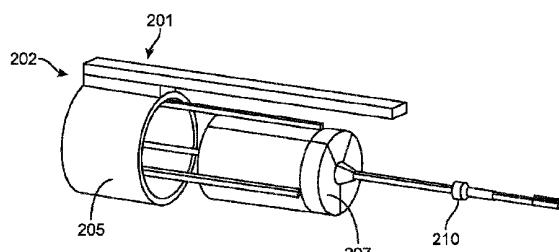


FIG. 10I

10

【図 10J】

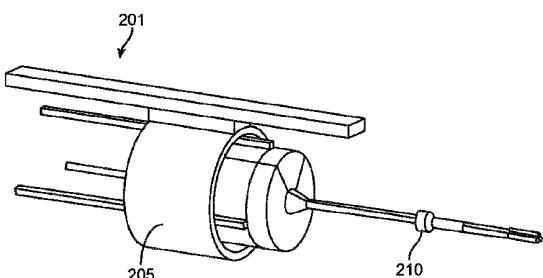


FIG. 10J

【図 10K】

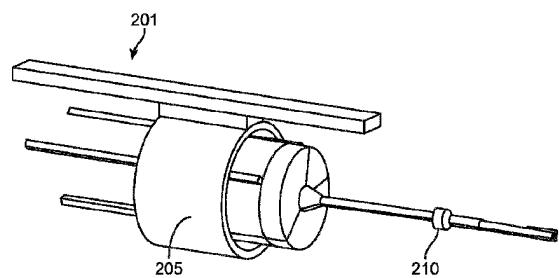


FIG. 10K

20

30

40

50

【図 1 1】

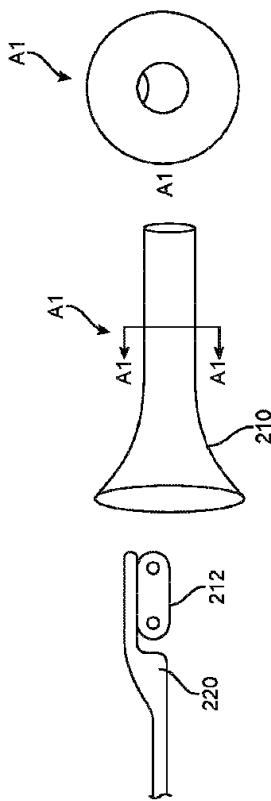


FIG. 11

10

【図 1 2】

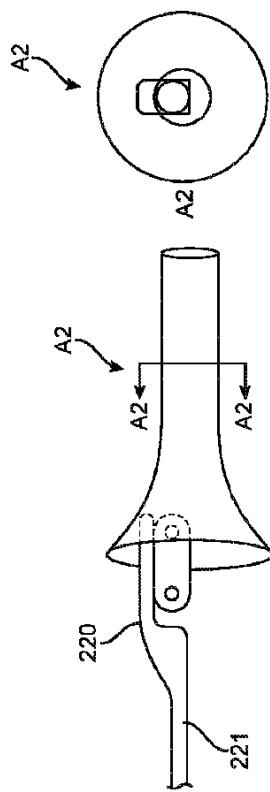


FIG. 12

20

【図 1 3】

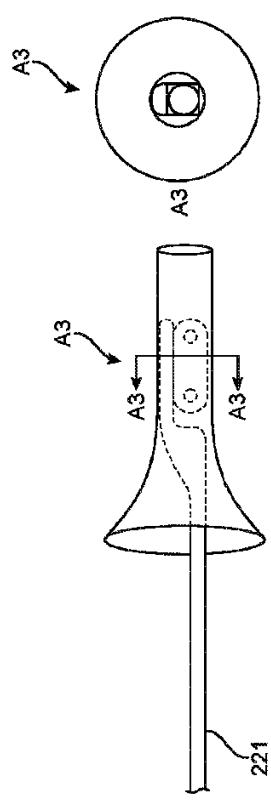


FIG. 13

30

【図 1 4】

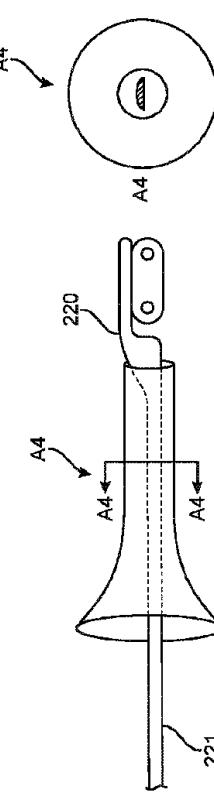


FIG. 14

40

50

【図 15】

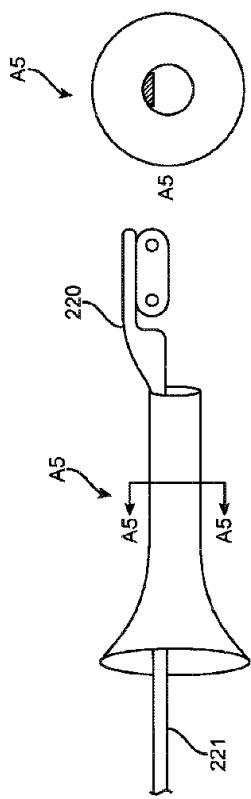


FIG. 15

10

【図 16】

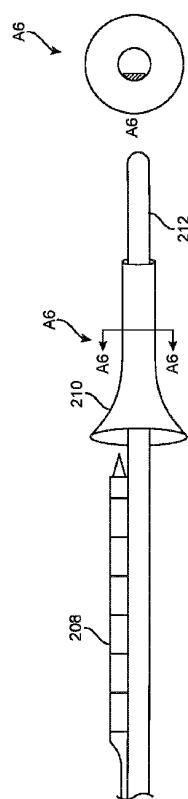


FIG. 16

20

【図 17】

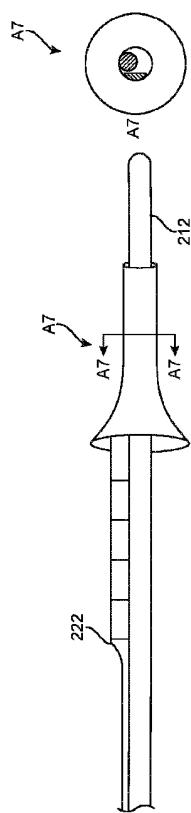


FIG. 17

30

【図 18】

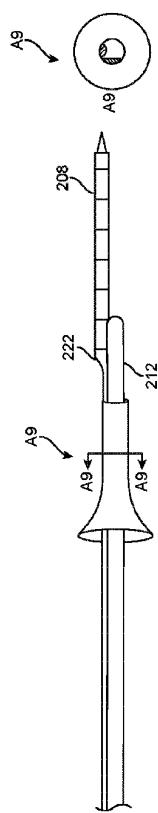


FIG. 18

40

50

【図 19】

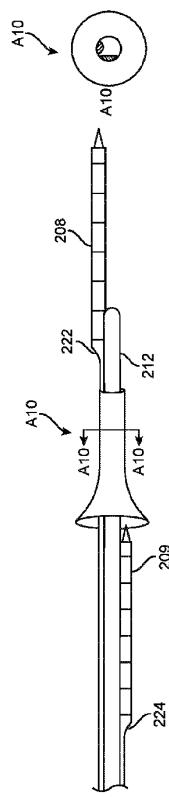


FIG. 19

【図 20】

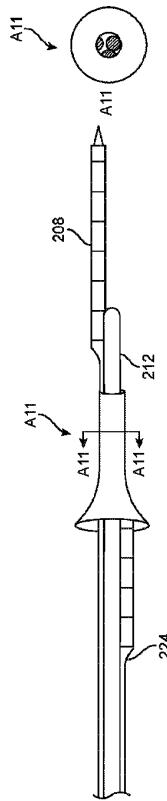


FIG. 20

10

20

【図 21】

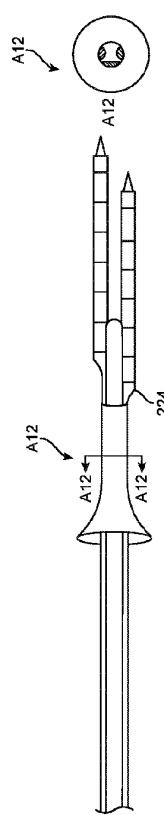


FIG. 21

【図 22】

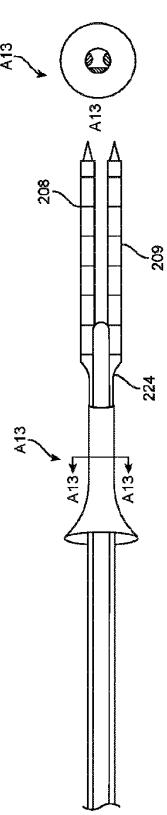


FIG. 22

30

40

50

【図 2 3】

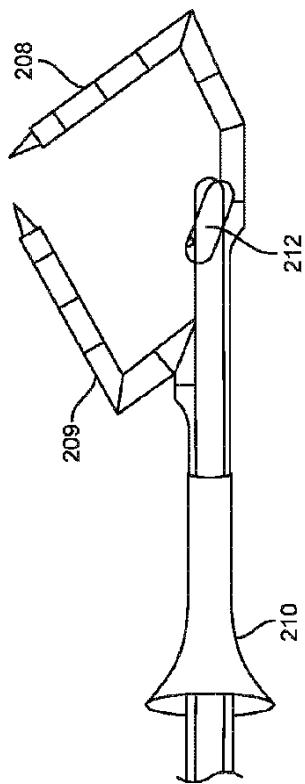


FIG. 23

【図 2 4】

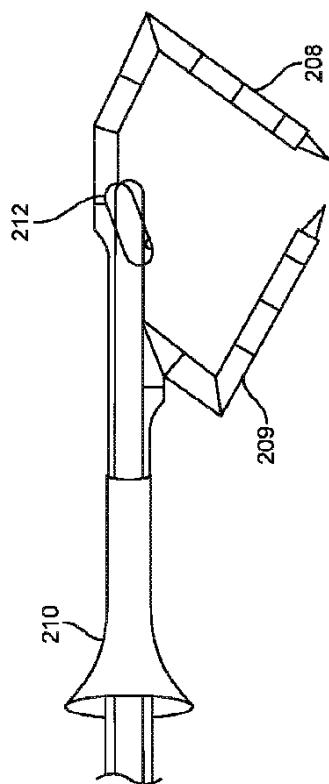


FIG. 24

10

20

【図 2 5】

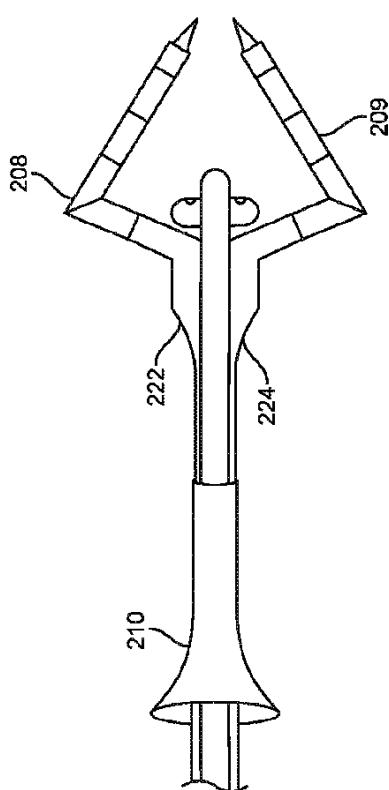


FIG. 25

【図 2 6】

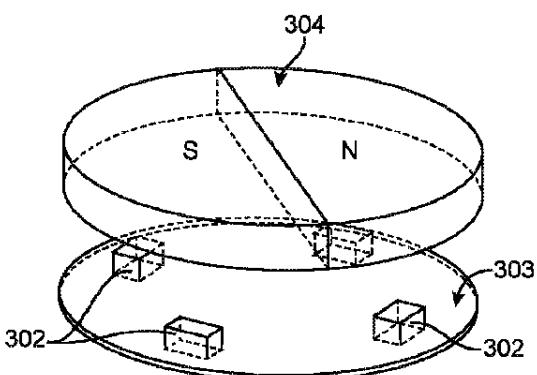


FIG. 26

30

40

50

【図 27】

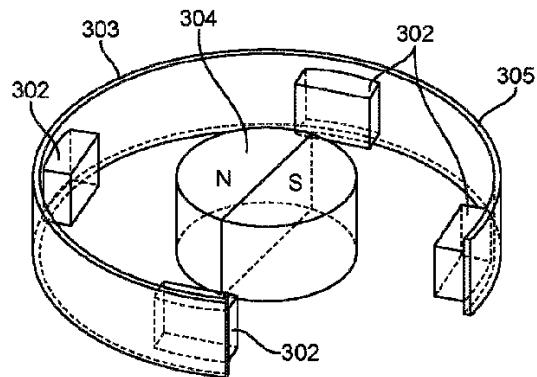


FIG. 27

【図 28】

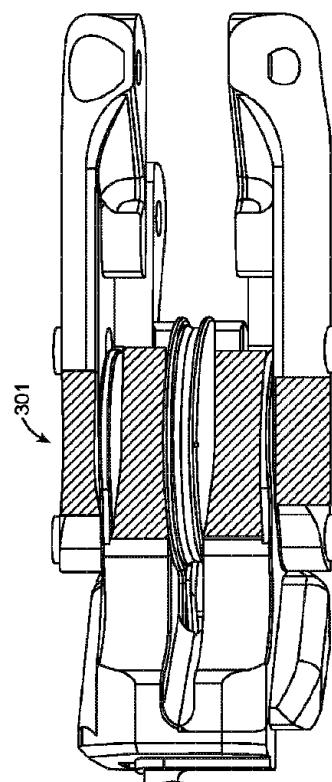


FIG. 28

10

20

30

40

【図 29】

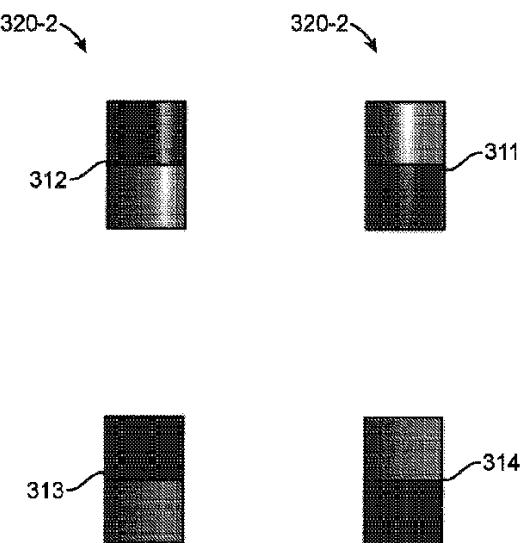
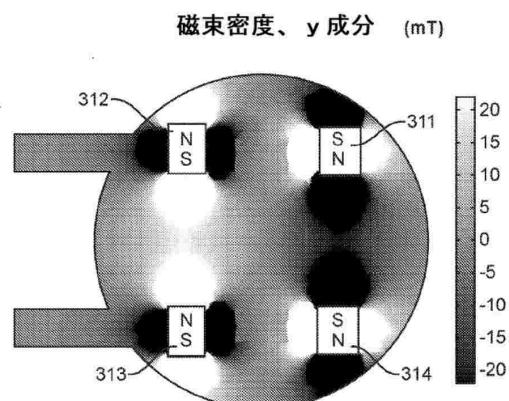


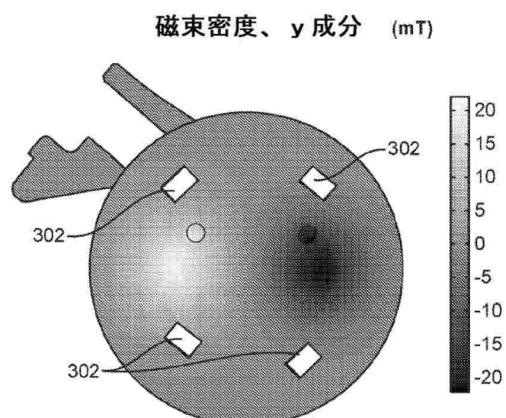
FIG. 29

【図 30】



50

【図 3 1】



【図 3 2】

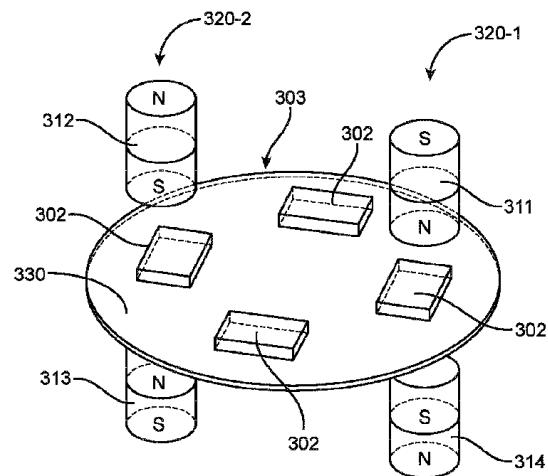


FIG. 32

【図 3 3】

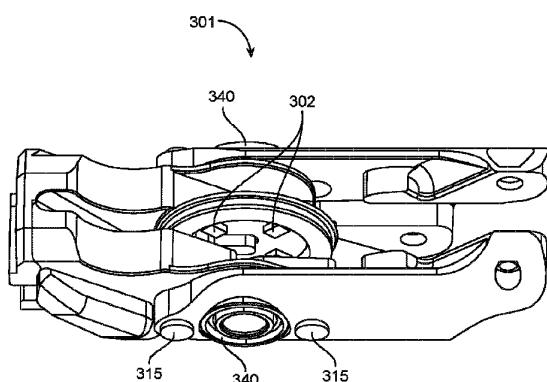


FIG. 33

【図 3 4】

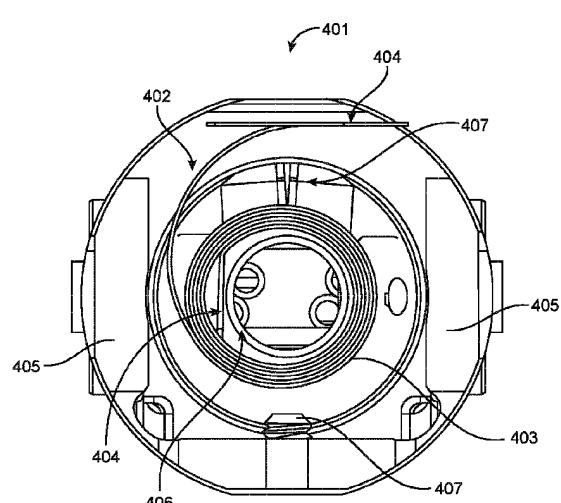


FIG. 34

40

50

【図 3 5】

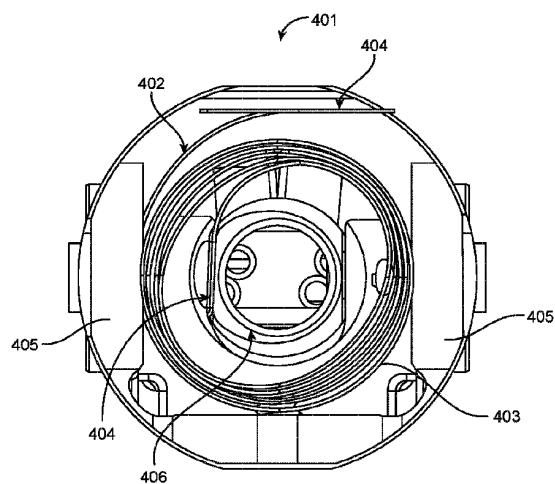
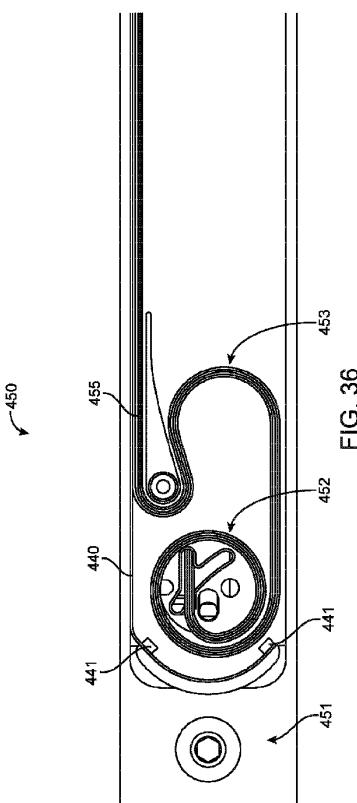


FIG. 35

【図 3 6】



10

20

【図 3 7】

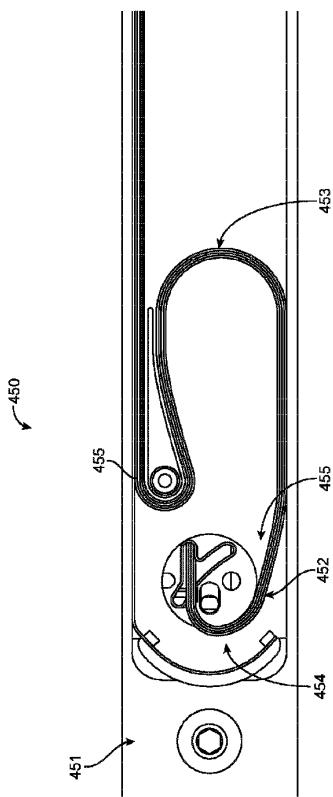
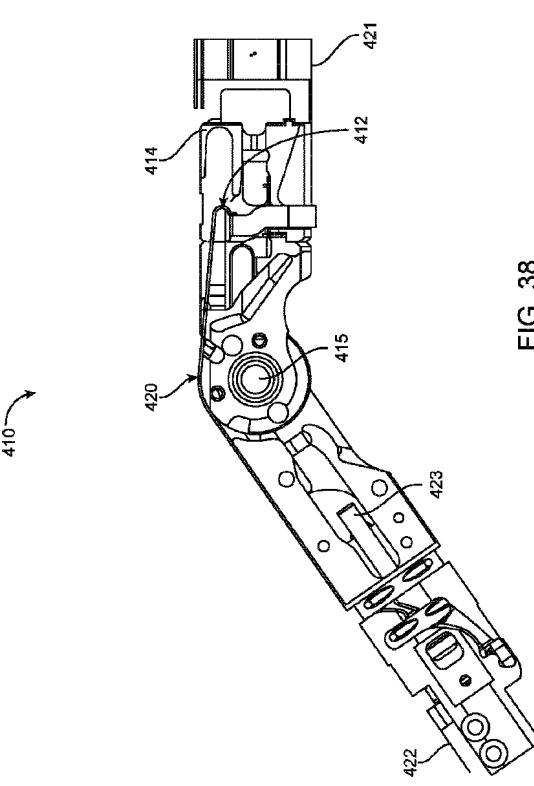


FIG. 37

【図 3 8】



30

40

50

【図39】

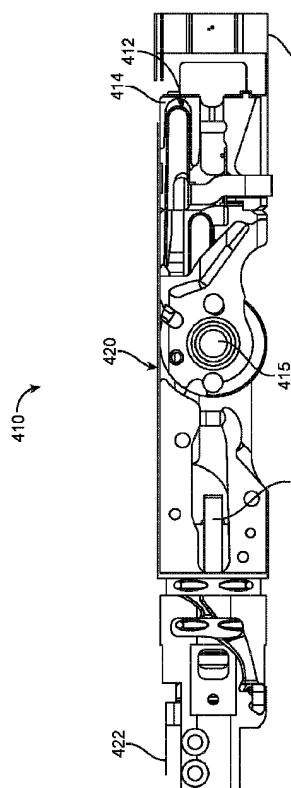


FIG. 39

【図40】

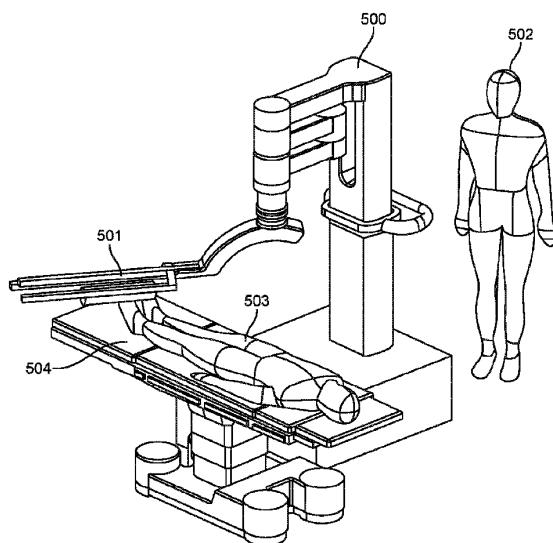


FIG. 40

10

20

【図41】

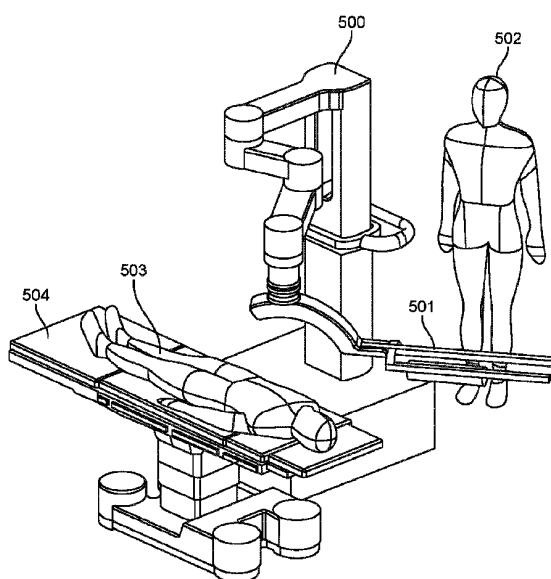


FIG. 41

【図42】

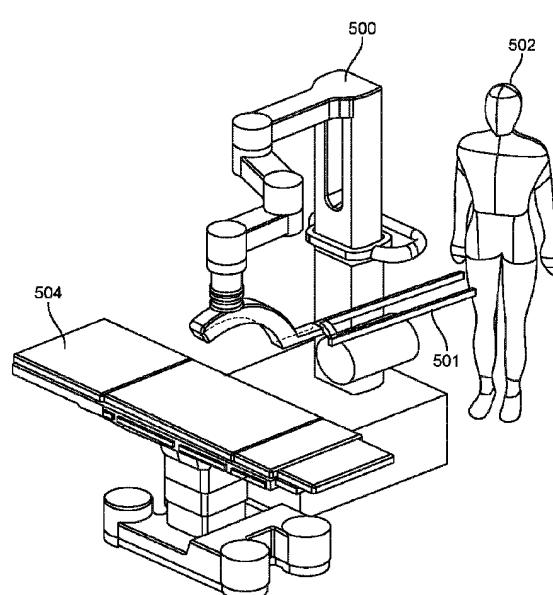


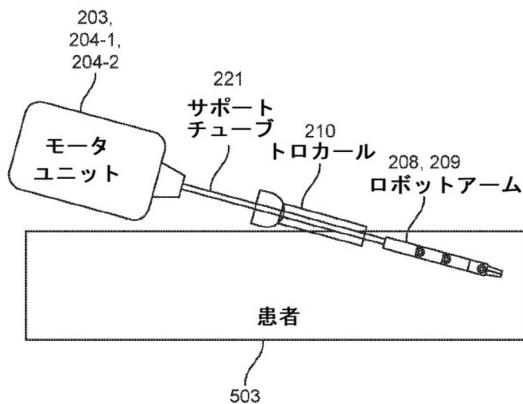
FIG. 42

30

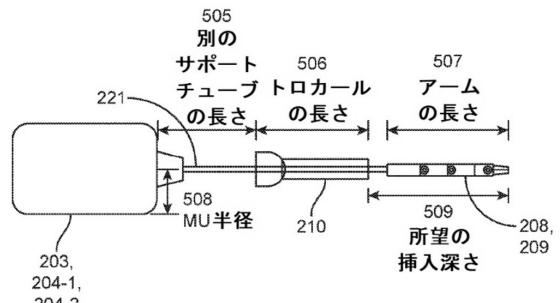
40

50

【図43】

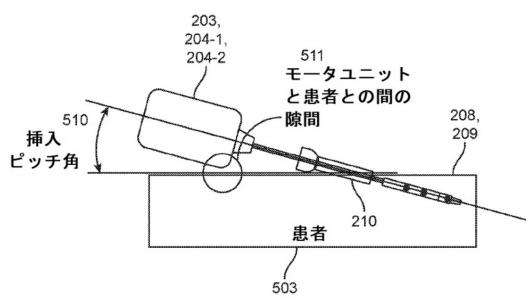


【図44】

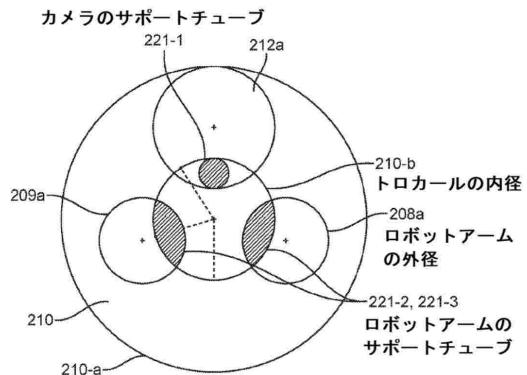


10

【図45】



【図46】



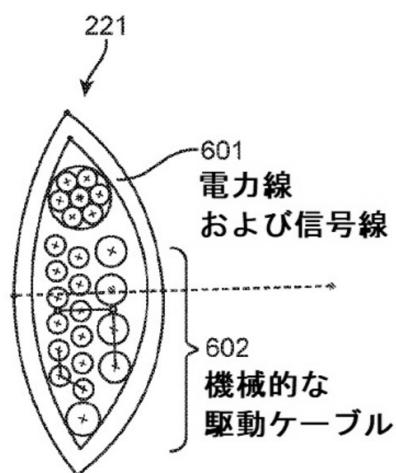
20

30

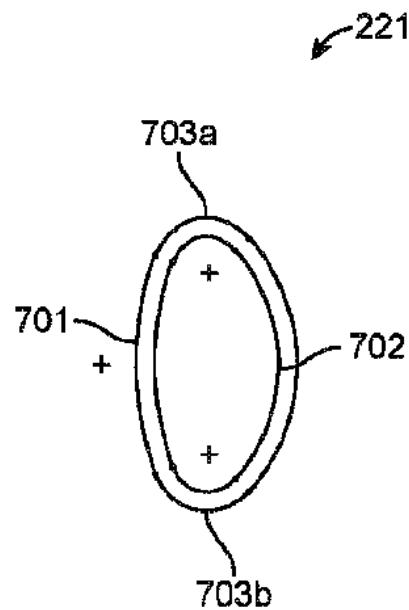
40

50

【図47】



【図48】

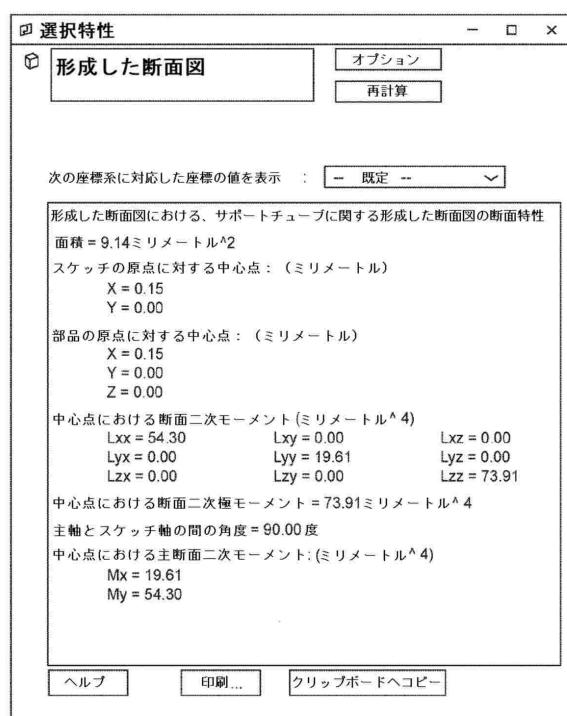


10

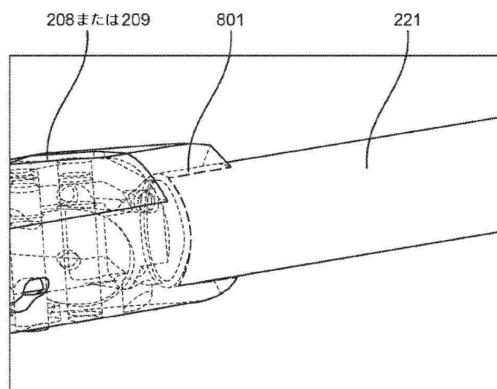
20

FIG. 48

【図49】

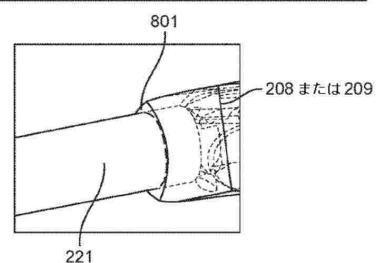


【図50】



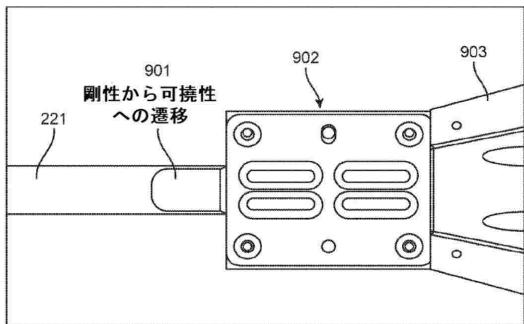
30

40

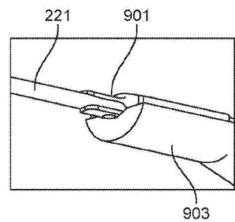


50

【図 5 1】



10



20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/882,921

(32)優先日 令和1年8月5日(2019.8.5)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/912,910

(32)優先日 令和1年10月9日(2019.10.9)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

・ストリート 56 スイート 2アール

(72)発明者 ヴァン アルバート , エリック

アメリカ合衆国 02129 マサチューセッツ州 チャールズタウン ローランド・ストリート 5
6 スイート 2アール

(72)発明者 カリファ , サミー

アメリカ合衆国 02129 マサチューセッツ州 チャールズタウン ローランド・ストリート 5
6 スイート 2アール

(72)発明者 ホワイト , ロバート , ジュニア .

アメリカ合衆国 02129 マサチューセッツ州 チャールズタウン ローランド・ストリート 5
6 スイート 2アール

(72)発明者 フィッシュ , ライアン

アメリカ合衆国 02129 マサチューセッツ州 チャールズタウン ローランド・ストリート 5
6 スイート 2アール

(72)発明者 クライン , エリック

アメリカ合衆国 02129 マサチューセッツ州 チャールズタウン ローランド・ストリート 5
6 スイート 2アール

(72)発明者 ウェントワース , マーシャル

アメリカ合衆国 02129 マサチューセッツ州 チャールズタウン ローランド・ストリート 5
6 スイート 2アール

審査官 富崎 敏長

(56)参考文献 特表2016-515405 (JP, A)

特表2017-514608 (JP, A)

特開2000-316872 (JP, A)

米国特許出願公開第2017/0020615 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , DB名)

A 61 B 34 / 30 - A 61 B 34 / 37

B 25 J 9 / 06

B 25 J 9 / 12