

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7107635号
(P7107635)

(45)発行日 令和4年7月27日(2022.7.27)

(24)登録日 令和4年7月19日(2022.7.19)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 34/20 (2016.01)

A 6 1 B 34/20

A 6 1 B 34/30 (2016.01)

A 6 1 B 34/30

B 2 5 J 15/00 (2006.01)

B 2 5 J 15/00

F

請求項の数 18 (全26頁)

(21)出願番号 特願2016-526094(P2016-526094)
 (86)(22)出願日 平成26年10月24日(2014.10.24)
 (65)公表番号 特表2016-539681(P2016-539681 A)
 (43)公表日 平成28年12月22日(2016.12.22)
 (86)国際出願番号 PCT/US2014/062083
 (87)国際公開番号 WO2015/061638
 (87)国際公開日 平成27年4月30日(2015.4.30)
 審査請求日 平成29年8月2日(2017.8.2)
 審判番号 不服2019-8528(P2019-8528/J1)
 審判請求日 令和1年6月26日(2019.6.26)
 (31)優先権主張番号 14/062,707
 (32)優先日 平成25年10月24日(2013.10.24)
 (33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)

(73)特許権者 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 2 5 6 0
 (74)代理人 110000338
 特許業務法人HARAKENZO WO
 RLD PATENT & TRADEM
 ARK
 (72)発明者 クロフォード、ニール アール。
 アメリカ合衆国、8 5 0 1 8 アリゾナ
 州、フェニックス、ウェスト トーマス
 ロード 3 3 3 # 2 0 4
 (72)発明者 セオドア、ニコラス

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)【特許請求の範囲】

【請求項1】

誘導外科用ツールアセンブリであって、
 プロセッサと、

少なくとも1つの検出可能な特性を含む誘導管と、

前記誘導管に対して移動可能な外科用器具と、を備え、

前記外科用器具が、誘導停止具を有し、

前記外科用器具が、少なくとも1つのセンサを含み、

前記少なくとも1つの検出可能な特性が、少なくとも1つの長手方向の磁気ストリップと
 少なくとも1つの周方向の磁気ストリップを含み、前記周方向の磁気ストリップは前記誘
 導管の第1の開口に近接して配設され、前記誘導管の周囲全体に延伸し、前記周方向の磁
 気ストリップは前記長手方向の磁気ストリップと交差し、

前記長手方向の磁気ストリップおよび前記周方向の磁気ストリップは、それぞれ磁氣的に
 コード化された領域を備え、

前記センサが、前記磁気ストリップからの磁束場を検出することが可能な位置センサであ
 り、

前記プロセッサは、前記外科用器具が、前記誘導管と少なくとも部分的に連結されるとき
 、前記磁気ストリップの長手方向の長さの少なくとも一部分を通じて、周期的に上昇及び
 下降する長手方向の磁気ストリップからの磁束場を前記位置センサが検出することによっ
 て、前記誘導管内の前記外科用器具の位置を検出するように構成される、誘導外科用ツー

ルアセンブリ。

【請求項 2】

前記外科用器具が、少なくとも 2 つの位置センサを含む、請求項 1 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 3】

前記誘導管が複数の周方向の磁気ストリップを含む、
請求項 1 または 2 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの検出可能な特性は、フェライト系磁気材料、希土類系磁気材料、アルミニウム－ニッケル－コバルト系磁気材料、及びこれらの混合物から成る群から選択されることを特徴とする、1～3 の何れか 1 項に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

10

【請求項 5】

前記検出可能な特性が、光学的に検出可能な特性を備え、
前記少なくとも 1 つのセンサが、少なくとも 1 つの光学センサを備える、請求項 1 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 6】

前記光学的に検出可能な特性が、前記誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される高コントラストマーキングを備える、請求項 5 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの光学センサが、フォトダイオード、フォトトランジスタ、光ファイバセンサ、フォトマルチプライヤ、CCD、カメラ、またはこれらの組み合わせから成る群から選択される、感光性検出器を備える、請求項 6 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

20

【請求項 8】

前記誘導管における前記外科用器具の長手方向の位置が、前記少なくとも 1 つの光学センサを使用して、前記高コントラストマーキングからの光を光学的に感知することによって、少なくとも部分的に判定され得る、請求項 6 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 9】

前記光学的に検出可能な特性が、前記誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される段階的なコーティングを備える、請求項 5 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

30

【請求項 10】

前記段階的なコーティングが、段階的な反射性コーティングを備える、請求項 9 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 11】

前記段階的なコーティングが、段階的な色コーティングを備える、請求項 9 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

【請求項 12】

前記誘導管における前記外科用器具の長手方向の位置が、前記少なくとも 1 つの光学センサを使用して、前記段階的なコーティングからの光を光学的に感知することによって、少なくとも部分的に判定され得る、請求項 9 に記載の誘導外科用ツールアセンブリ。

40

【請求項 13】

誘導外科用ツールアセンブリシステムであって、
少なくとも 1 つのプロセッサ、及び少なくとも 1 つのデータ入力／出力インターフェースを含む、誘導外科用ツールセンサシステムであって、前記データ入力インターフェースが、少なくとも 1 つのセンサを含む、ツールセンサシステムと、
前記少なくとも 1 つの検出可能な特性を含む、誘導管と、
前記誘導管内で移動可能な外科用器具と、を備え、
前記外科用器具が、誘導停止具を有し、

50

前記外科用器具が、少なくとも1つのセンサを含み、前記少なくとも1つの検出可能な特性が、少なくとも1つの長手方向の磁気ストリップと少なくとも1つの周方向の磁気ストリップを含み、前記周方向の磁気ストリップは前記誘導管の第1の開口に近接して配設され、前記誘導管の周囲全体に延伸し、前記周方向の磁気ストリップは前記長手方向の磁気ストリップと交差し、

前記長手方向の磁気ストリップおよび前記周方向の磁気ストリップは、それぞれ磁氣的にコード化された領域を備え、

前記センサが、前記磁気ストリップからの磁束場を検出することが可能な位置センサであり、

前記少なくとも1つのプロセッサは、前記外科用器具が、前記誘導管と少なくとも部分的に連結されるとき、前記磁気ストリップの長手方向の長さの少なくとも一部分を通じて、周期的に上昇及び下降する磁気ストリップからの磁束場を前記位置センサが検出することによって、前記誘導管内の前記外科用器具の位置を検出するように構成される、誘導外科用ツールアセンブリシステム。

【請求項14】

前記検出可能な特性が、光学的に検出可能な特性を備え、

前記少なくとも1つのセンサが、少なくとも1つの光学センサを備え、

前記光学的に検出可能な特性が、前記誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される高コントラストマーキングを備える、請求項13に記載の誘導外科用ツールアセンブリシステム。

【請求項15】

前記検出可能な特性が、光学的に検出可能な特性を備え、

前記少なくとも1つのセンサが、少なくとも1つの光学センサを備え、

前記光学的に検出可能な特性が、前記誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される段階的なコーティングを備える、請求項13に記載の誘導外科用ツールアセンブリシステム。

【請求項16】

前記外科用器具が、少なくとも1つの追跡マーカを備える、請求項13に記載の誘導外科用ツールアセンブリシステム。

【請求項17】

医療用ロボットシステムであって、

イフェクチュエータ要素に連結されるロボットであって、制御された移動及び位置付けのために構成される、前記ロボットと、

前記ロボットに連結されるモータアセンブリであって、前記モータアセンブリは、x軸、y軸、またはz軸のうちの1つに沿った前記イフェクチュエータ要素の移動が、前記x軸、y軸、及びz軸のうちの他方の軸に沿った前記イフェクチュエータ要素の移動とは独立して生じるように、前記x軸、y軸、及びz軸のうちの1つ以上に沿って前記イフェクチュエータ要素を移動させるように構成され、前記x軸が、前記y軸及びz軸に対して実質的に垂直であり、前記y軸が、前記x軸及びz軸に対して実質的に垂直であり、前記z軸が、前記x軸及びy軸に対して実質的に垂直である、モータアセンブリと、

少なくとも1つのプロセッサ、及び少なくとも1つのデータ入力／出力インターフェースを含む、ツールセンサシステムであって、前記データ入力インターフェースが、少なくとも1つのセンサを含む、ツールセンサシステムと、

前記少なくとも1つの検出可能な特性を含む、誘導管と、

前記誘導管に対して移動可能な外科用器具であって、前記外科用器具が誘導停止具を有し、少なくとも1つのセンサを含む、前記外科用器具と、を備え、

前記少なくとも1つの検出可能な特性が、少なくとも1つの長手方向の磁気ストリップ少なくとも1つの周方向の磁気ストリップを含み、前記周方向の磁気ストリップは前記誘導管の第1の開口に近接して配設され、前記誘導管の周囲全体に延伸し、前記周方向の磁気ストリップは前記長手方向の磁気ストリップと交差し、

10

20

30

40

50

前記長手方向の磁気ストリップおよび前記周方向の磁気ストリップは、それぞれ磁気的にコード化された領域を備え、

前記センサが、前記磁気ストリップからの磁束場を検出することが可能な位置センサであり、

前記磁気ストリップの長手方向の長さの少なくとも一部分を通じて、周期的に上昇及び下降する磁気ストリップの磁束場を、前記位置センサが検出することによって、

前記少なくとも1つのプロセッサが、前記少なくとも1つのセンサからの入力を受信し、前記受信した入力に基づいて前記誘導管内の前記外科用器具の位置を検出するように構成され、

前記少なくとも1つのプロセッサは、前記外科用器具が、前記誘導管と少なくとも部分的に連結されるときを検出するように構成及び配設される、医療用ロボットシステム。

10

【請求項18】

前記外科用器具が、少なくとも1つの追跡マーカを含む、請求項17に記載の医療用ロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

〔関連出願〕

本出願は、米国特許法第120条の下、2013年6月21日出願の米国特許出願第13／924,505号への優先権を主張するものであり、これは、米国特許法第119条の下、2012年6月21日出願の米国仮特許出願第61／662,702号、及び2013年3月15日出願の米国仮特許出願第61／800,527号への優先権を主張するものであり、これらの各々はそれら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。

20

【0002】

〔背景技術〕

種々の医療手技は、最適化された処置をもたらすために、身体内の外科用器具の3次元位置の精密な位置特定を必要とする。例えば、椎骨を融合するための一部の外科手技は、外科医が特定の場所で骨構造の中へ複数の穴を掘削することを必要とする。融合システムにおける高レベルの機械的統合性を達成するために、かつ骨構造において創出される力のバランスを取るために、穴が正確な場所で掘削されることが必要である。椎骨は、ほとんどの骨構造のように、精密かつ垂直な掘削を困難にする、非平面的な湾曲した表面を含む、複雑な形状を有する。従来、外科医は、掘削管の位置を骨構造の3次元画像上へ重ね合わせるために、誘導システムを使用することによって、掘削誘導管を手動で保持し、位置付ける。この手動プロセスは、面倒であり、かつ時間がかかる。手術の成功は、それを実施する外科医の器用さに大いに依存する。

30

【0003】

外科手技のための制限されたロボット支援は、現在利用可能である。例えば、da Vinci（登録商標）医療用ロボットシステム（da Vinci（登録商標）は、Intuitive Surgicalの登録商標である）は、ある外科用途において使用されるロボットである。da Vinci（登録商標）システムにおいて、ユーザは、ロボットアクチュエータを制御する、マニピュレータを制御する。システムは、外科医の体動を、ロボットアクチュエータの微小動に変換する。da Vinci（登録商標）システムは、手の振戦を排除し、ユーザに小さい開口を通して作業する能力を提供するが、今日、商業的に入手可能なロボットのうちの多くのように、高価であり、押し付けがましく、設定が厄介である。更に、胸腰部の椎弓根スクリー挿入等の手技に対して、これらの従来の方法は、間違いが生じやすく、かつ面倒であることが既知である。

40

【0004】

間違いを生じやすくする、外科用途において使用される現在のロボットのうちの多くの特徴のうちの1つは、一度器具が患者の一部分内に埋没されると、外科用器具の自主的な移動及び的確な配置が、機械的フィードバックの欠如、及び／または視覚的配置の喪失によ

50

って妨げられ得るということである。

【0005】

〔発明の概要〕

本発明の一部の実施形態は、少なくとも1つのセンサを含む誘導管と、誘導管内で移動可能な少なくとも1つの検出可能な特性を含む外科用器具と、を備える、誘導外科用ツールアセンブリを提供する。一部の実施形態において、少なくとも1つのセンサは、外科用器具が、誘導管内に少なくとも部分的に挿入されるとき、少なくとも1つの検出可能な特性を検出するように構成及び配設される。

【0006】

一部の実施形態は、磁束場を発生させることが可能な磁氣的に検出可能な特性を備える、検出可能な特性を含み、一部の実施形態において、センサは、磁束場を検出することが可能な位置センサである。一部の実施形態はまた、磁氣的に検出可能な特性を感知することによって、誘導管の中への外科用器具の挿入及びその中での移動を検出するように構成及び配設される、位置センサを含む。一部の実施形態において、位置センサは、フェライト系磁気材料、希土類系磁気材料、アルミニウム-ニッケル-コバルト系磁気材料、及びこれらの混合物から成る群から選択される、磁束場センサである。

【0007】

一部の実施形態において、検出可能な特性は、少なくとも1つの長手方向の磁気ストリップと、少なくとも1つの半径方向の磁気ストリップと、を含む。更に、一部の実施形態において、誘導管は、少なくとも3つの位置センサを含み、一部の実施形態において、少なくとも3つの位置センサは、長手方向の磁気ストリップ、または半径方向の磁場ストリップ、または双方からの磁場束を感知するように構成及び配設される。

【0008】

一部の実施形態において、誘導管における外科用器具の長手方向の位置は、長手方向の磁気ストリップからの磁場束の測定値を使用して、少なくとも部分的に判定され得る。他の実施形態において、誘導管における外科用器具の半径方向の位置は、半径方向の磁気ストリップからの磁場束の測定値を使用して、少なくとも部分的に判定され得る。

【0009】

一部の実施形態は、光学的に検出可能な特性を備える検出可能な特性と、少なくとも1つの光学センサを備える少なくとも1つのセンサと、を含む。一部の実施形態において、光学的に検出可能な特性は、誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される、対照的、または高コントラストマーキングを備える。

【0010】

一部の実施形態は、フォトダイオード、フォトランジスタ、光ファイバセンサ、フォトマルチプライヤ、CCD、カメラ、またはこれらの組み合わせから成る群から選択される、感光性検出器を備える、少なくとも1つの光学センサを含む。

【0011】

一部の実施形態において、誘導管における外科用器具の長手方向の位置は、少なくとも1つの光学センサを使用して、高コントラストマーキングからの光を光学的に感知することによって、少なくとも部分的に判定され得る。

【0012】

一部の実施形態は、誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される段階的なコーティングを備える、光学的に検出可能な特性を含む。一部の実施形態において、段階的なコーティングは、段階的な反射性コーティングを備える。他の実施形態において、段階的なコーティングは、段階的な色コーティングを備える。

【0013】

一部の実施形態において、誘導管における外科用器具の長手方向の位置は、少なくとも1つの光学センサを使用して、段階的なコーティングからの光を光学的に感知することによって、少なくとも部分的に判定され得る。

【0014】

10

20

30

40

50

一部の実施形態は、誘導外科用ツールアセンブリであって、誘導管が、遠位誘導管端及び近位誘導管端を備え、外科用器具が、遠位端及び近位端を含む、誘導外科用ツールアセンブリを含む。一部の実施形態において、センサは、少なくとも1つのセンサパッドを備える。誘導外科用ツールアセンブリは、外科用器具の近位端に連結される誘導停止具と、プランジャ機構と、を更に備えることができる。プランジャ機構は、誘導管の遠位端に連結される圧縮可能なバネ機構と、少なくとも1つのセンサパッドによって感知されるように構成及び配設されるワイパと、を含むことができる。

【0015】

誘導外科用ツールアセンブリの一部の実施形態において、誘導管内の外科用器具の長手方向の移動（誘導停止具が誘導管の近位端に向かって移動する場合）は、バネを少なくとも部分的に圧縮させ、少なくとも1つのセンサパッドに対してワイパを移動させ得る。他の実施形態において、誘導停止具が誘導管の近位端から離れて移動する場合の誘導管内の外科用器具の長手方向の移動は、バネを少なくとも部分的に伸長させ、少なくとも1つのセンサパッドに対してワイパを移動させ得る。

10

【0016】

一部の実施形態は、少なくとも1つのプロセッサ、及び少なくとも1つのデータ入力／出力インターフェースを含む、ツールセンサシステムを備える、誘導外科用ツールアセンブリシステムを含む。一部の実施形態において、少なくとも1つのセンサを含むデータ入力インターフェース、少なくとも1つのセンサを含む誘導管、及び誘導管内で移動可能な外科用器具。一部の実施形態において、外科用器具は、少なくとも1つの検出可能な特性を含み、少なくとも1つのセンサは、少なくとも1つの検出可能な特性を検出するように構成及び配設される。

20

【0017】

一部の実施形態において、誘導外科用ツールアセンブリシステムは、遠位誘導管端及び近位誘導管端を備える、誘導管を含み、外科用器具は、遠位端及び近位端を含む。一部の実施形態において、センサは、少なくとも1つのセンサパッドを備え、誘導外科用ツールアセンブリは、外科用器具の近位端に連結される誘導停止具を更に備え、プランジャ機構は、誘導管の遠位端に連結される圧縮可能なバネ機構と、少なくとも1つのセンサパッドによって感知されるように構成及び配設されるワイパと、を含むことができる。少なくとも1つのプロセッサは、器具が、誘導管において少なくとも部分的に挿入または移動される

30

【0018】

誘導外科用ツールアセンブリシステムの一部の実施形態において、検出可能な特性は、磁束場を発生させることが可能な磁気的に検出可能な特性を備える。センサは、磁束場を検出することが可能な位置センサであり得、磁気的に検出可能な特性を感知することによって、誘導管の中への外科用器具の挿入及びその中での移動を検出するように構成及び配設され得る。

【0019】

一部の実施形態は、誘導外科用ツールアセンブリシステムであって、検出可能な特性が、光学的に検出可能な特性を備え、少なくとも1つのセンサが、少なくとも1つの光学センサを備える、誘導外科用ツールアセンブリシステムを含む。光学的に検出可能な特性は、誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される、対照的、または高コントラストマーキングを備えることができる。一部の実施形態において、検出可能な特性は、光学的に検出可能な特性を備え、少なくとも1つのセンサは、少なくとも1つの光学センサを備える。光学的に検出可能な特性は、誘導外科用ツールアセンブリの少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される、段階的なコーティングを備えることができる。

40

【0020】

一部の実施形態は、制御された移動及び位置付けのために構成されるイフェクチュエータ要素に連結されるロボットと、ロボットに連結されるモータアセンブリと、を備える、医

50

療用ロボットシステムを含む。モータアセンブリは、 x 、 y 、または z 軸のうちの1つに沿ったイフェクチュエータ要素の移動が、 x 、 y 、及び z 軸のうちの他方の軸に沿ったイフェクチュエータ要素の移動とは独立して生じるように、 x 軸、 y 軸、及び z 軸のうちの1つ以上に沿ってイフェクチュエータ要素を移動させるように構成することができ、 x 軸は、 y 及び z 軸に対して実質的に垂直であり、 y 軸は、 x 及び z 軸に対して実質的に垂直であり、 z 軸は、 x 及び y 軸に対して実質的に垂直である。

【0021】

一部の実施形態において、医療用ロボットシステムはまた、少なくとも1つのプロセッサ、及び少なくとも1つのデータ入力／出力インターフェースを含む、ツールセンサシステムを備え、データ入力インターフェースは、少なくとも1つのセンサを含み、誘導管は、少なくとも1つのセンサを含む。一部の実施形態において、外科用器具は、誘導管内で移動可能であり、外科用器具は、少なくとも1つの検出可能な特性を含む。更に、一部の実施形態において、少なくとも1つのセンサは、少なくとも1つの検出可能な特性を検出するように構成及び配設され、少なくとも1つのプロセッサは、外科用器具が誘導管内に少なくとも部分的に挿入されるときを検出するように構成及び配設される。一部の実施形態において、検出可能な特性は、器具の長さ、タイプ、トルク範囲、処置パラメータ及び他の器具パラメータの深さのうちの1つ以上を含むことができる。一部の実施形態は、外科用器具に連結される追跡マーカを含む。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1A-1B】本発明の一実施形態に従う、外科用ロボットを例解する。

【図1C】本発明の別の実施形態に従う、エンドイフェクチュエータの並進及び配向の制御を伴う、外科用ロボットの一部を例解する。

【図1D】本発明の一実施形態に従う、較正及び追跡移動のために装着される、複数の光学マーカを有する、外科用ロボットの部分的な図を例解する。

【図2】本発明の一実施形態に従う、患者上で動作する外科用ロボットを例解する。

【図3A-3B】本発明の一実施形態に従う、誘導停止具機構を有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを各々例解する。

【図4A-4D】本発明の一実施形態に従う、誘導停止具機構を有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを各々描写する。

【図5A-5C】本発明の一実施形態に従う、掘削ビットマーキングを参照して、掘削停止具を手動で調節するためのツールを各々例解する。

【図5D-5F】本発明の一実施形態に従う、設定位置において、掘削ビットに係止及び保持するためのツールを各々例解する。

【図5G-5H】ロボットシステムに連結されるロボットエンドイフェクチュエータとともに、図5A～5Fに描写されるようなツールの使用方法を各々例解する。

【図6A】本発明の一実施形態に従う、センサに対応した誘導停止具機構を有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを例解する。

【図6B】本発明の一実施形態に従う、ツールアセンブリシステムアーキテクチャを例解する。

【図7A】本発明の別の実施形態に従う、誘導停止具機構を有する外科用器具を備える、ツールを例解する。

【図7B】本発明の一実施形態に従う、図7Cに示されるツールアセンブリとの使用のための修正された誘導管である。

【図7C】本発明の一実施形態に従う、ツールアセンブリを形成するように、図7Bに示される修正された誘導管内に挿入された、図7Aに示されるツールを示す。

【図8A】本発明の別の実施形態に従う、誘導停止具機構を有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを例解する。

【図8B】本発明の別の実施形態に従う、修正された誘導管内に挿入された誘導停止具を有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを例解する。

10

20

30

40

50

【図 9】本発明の別の実施形態に従う、修正された誘導管内に挿入された誘導停止具を有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを例解する。

【図 10】本発明の更なる実施形態に従う、少なくとも 1 つの追跡マーカを有する外科用器具を含む、ツールアセンブリを例解する。

【0023】

〔発明を実施するための形態〕

本発明のいかなる実施形態も詳細に説明する前に、本発明が、その用途において、以下の説明において記載され、かつ以下の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。本発明は、他の実施形態、及び種々の方法において実践されること、または実行されることが可能である。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 (including)」、「備える (comprising)」、「または「有する (having)」、「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 (mounted)」、「接続された (connected)」、「支持された (supported)」、及び「連結された (coupled)」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 (connected)」及び「連結された (couple d)」は、物理的または機械的接続または連結に制限されない。

【0024】

以下の考察は、当業者が本発明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、本明細書における一般的な原理は、本発明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、本発明の実施形態は、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、本発明の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、本発明の実施形態の範囲内にあることを認識するであろう。

【0025】

図 1 A ～ 1 B は、本発明の一実施形態に従う、外科用ロボットシステム 1 を例解し、図 1 C は、本発明の別の実施形態に従う、エンドイフェクチュエータの並進及び配向の制御を伴う、外科用ロボットシステム 1 の一部分を例解する。ここで、図 1 A ～ 1 B を参照すると、一部の実施形態は、外科用ロボットシステム 1 を含む。示されるように、一部の実施形態において、外科用ロボット 15 は、表示器 29 と、筐体 27 と、を備えることができる。一部の実施形態において、表示器 29 は、外科用ロボット 15 に取設することができる。他の実施形態において、表示器 29 は、外科用ロボット 15 を伴う手術室、または遠隔の場所のいずれかにおいて、外科用ロボット 15 を取り外すことができる。一部の実施形態において、筐体 27 は、ロボットアーム 23 と、少なくとも 1 つの従来のモータによって制御される、ロボットアーム 23 に連結される、エンドイフェクチュエータ 30 と、を備えることができる。一部の実施形態において、エンドイフェクチュエータ 30 は、患者 18 上で手術を実施するために使用される器具（例えば、図 3 A ～ 3 B、4 A ～ 4 D、6 A、7 A、7 C、8 A ～ 8 B、9、及び 10 に描写される外科用器具 35 等）を備えることができる。他の実施形態において、エンドイフェクチュエータ 30 は、外科用器具 35 に連結することができる。本明細書において使用される際、「エンドイフェクチュエータ」という用語は、「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。一部の実施形態において、エンドイフェクチュエータ 30 は、所望の様態における外科用器具 35 の移動をもたらすための任意の既知の構造を備えることができる。

【0026】

図1Cは、本発明の別の実施形態に従う、エンドイフェクチュエータの並進及び配向の制御を伴う、外科用ロボット15の一部を例解する。示されるように、一部の実施形態は、x、y、及びz軸（図1Cの66、68、70を参照されたい）に沿ってエンドイフェクチュエータ30を移動させる能力を有するロボット15の利用が可能な外科用ロボットシステム1を含む。この実施形態において、x軸66は、y軸68及びz軸70に対して直角であり得、y軸68は、x軸66及びz軸70に対して直角であり得、z軸70は、x軸66及びy軸68に対して直角であり得る。一部の実施形態において、ロボット15は、他方の軸とは独立して、1つの軸に沿ったエンドイフェクチュエータ30の移動をもたらすように構成することができる。例えば、一部の実施形態において、ロボット15は、y軸68またはz軸70に沿ったエンドイフェクチュエータ30のいかなる実質的な移動も引き起こすことなく、エンドイフェクチュエータ30に、x軸66に沿って所与の距離を移動させることができる。この文脈において使用される際、「実質的な」は、意図される経路から2度未満の偏差を意味する。

10

【0027】

一部の更なる実施形態において、エンドイフェクチュエータ30は、x軸66、y軸68、及びz軸70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（エンドイフェクチュエータ30と関連付けられるCardanic Euler Angleのうちの1つ以上（例えば、ロール、ピッチ、及び／またはヨー）を、選択的に制御することができるように）。一部の実施形態において、動作中、エンドイフェクチュエータ30及び／または外科用器具35は、ロボットシステム1によって選択的に偏向かつ監視することができる、選択された配向軸（図1Cにおいて「Z管」と標識される）と整合させることができる。

20

【0028】

一部の実施形態において、エンドイフェクチュエータ30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23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で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、一部の実施形態において、図2に示されるように、図1A～1Cに描写されるような外科用ロボットシステム1は、患者上で動作させるために使用することができ、ロボットアーム23は、患者18の身体の上に位置付けることができ、エンドイフェクチュエータ30は、患者18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。

30

【0029】

一部の実施形態において、外科用器具35の位置は、外科用ロボット15が、手技中、常に外科用器具35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、一部の実施形態において、外科用ロボット15は、患者18への最小の損傷を伴って、かつ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35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15は、外科用器具35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35の経路を補正するように構成することができる。一部の実施形態において、外科用ロボット15は、エンドイフェクチュエータ30及び／または外科用器具35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、一部の実施形態において、医師または他のユーザは、システム1を動作させることができ、エンドイフェクチュエータ30及び／または外科用器具35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15による外科用器具35の制御及び移動を含む、外科用ロボットシステム1の更なる詳細は、本出願が米国特許法第120条の下、その優先権を主張するものであり、かつ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第13／924,505号において見出すことができる。

40

【0030】

一部の実施形態において、誘導管50は、患者18上で動作するために外科用器具35と

50

ともに使用される。例えば、一部の実施形態は、遠位端 50 a 及び近位端 50 b を備える、誘導管 50 を含む。本明細書において使用される際、「管」は、任意の 1 つ以上の所望の断面形状のいくらか中空の構造を指すために使用される。一部の実施形態において、外科用器具 35 が、誘導管 50 の支援を伴って、患者 18 の組織の中へ前進するとき、外科用器具 35 は、それが既定の量の突出に到達したとき、外科用器具 3 が前進することを防止するように構成される、誘導停止具 52 を備えることができる。例えば、図 3 A ~ 3 B は、本発明の一実施形態に従う、誘導停止具 52 を有する外科用器具 35 を含む、ツールアセンブリ 100 を各々例解する。図 3 B に示されるように、誘導停止具 52 が誘導管 50 の近位端 50 b に接触するとき、器具 35 は、更に延伸することを防止される。一部の実施形態において、誘導管 50 及び外科用器具 35 の長さ、外科用器具 35 のそれぞれの端間の距離、ならびに誘導停止具 52 が取設される場所を知ることにより、外科用器具 35 が突出し得る、誘導管 50 の端を過ぎた最大距離（したがって、手技中の誘導管遠位端 50 a に対する、遠位端 35 a における先端 35 c の延伸の長さ及び場所）を判定することが可能である。一部の実施形態において、器具 35 は、誘導構造によって誘導され得る（及び少なくとも部分的に囲繞し得る）、またはそれに接触し得る。

【0031】

一部の実施形態において、挿入プロセス中、周期的に、またはいかなる時点においても、外科用器具 35 の最大突出距離だけでなく、実際の突出距離も監視することが望ましくあり得る。したがって、一部の実施形態において、ロボット 15 は、突出距離を周期的に、または実質的に継続的に監視することができ、一部の実施形態において、距離を表示することができる（例えば、表示器 29 等に）。一部の実施形態において、突出距離は、圧縮可能なバネ装荷機構 55 a、及び連結ワイパ 56 を有するセンサパッド 55 b を含む、バネ装荷プランジャ 54 を使用して、実質的に継続的に監視することができる（例えば、図 4 A ~ 4 D を参照されたい）。一部の実施形態において、外科用器具 35 上の誘導停止具 52 は、それが誘導管 50 の近位端に当面する十分に前に、バネ装荷機構 55 に接触するように構成することができる。図 4 A ~ 4 D に示されるように、誘導管 50 内の外科用器具 35 の位置を比較することにより、一部の実施形態において、外科用器具 35 が誘導管 50 の遠位端 50 a に向かって延伸する際、遠位端 35 a は、誘導管の遠位端 50 a に近付くことができる（図 4 B）。更に、外科用器具 35 が更に下方に移動する（即ち、誘導停止具 52 が誘導管 50 の近位端 50 b に向かって移動する）際、遠位端 35 a は、誘導管の遠位端 50 a から離れて外方に延伸することができる（遠位端 35 a の延伸、及び領域 36 として示される、停止具 52 がプランジャ 54 に接触した後の先端 35 c 位置の変化を示す、図 4 C を参照されたい）。更に、外科用器具 35 が更に下方に移動し、かつ誘導停止具 52 が誘導管 50 に接触する際、遠位端 35 a は、停止することができ、誘導管 50 の遠位端 50 a から離れて延伸する（先端 35 c 位置の変化（領域 36）を示す図 4 D を参照されたい。図 4 C ~ 4 D に示されるように、誘導停止具 52 が誘導管 50 の近位端 50 b に向かって移動する際、バネ装荷プランジャ 54 内の圧縮可能なバネ装荷機構 55 a は、圧縮することができる。当業者は、逆に、器具 35 が誘導管 50 から後ろに移動するとき、誘導停止具 52 が誘導管 50 の近位端 50 b から離れて移動するため、バネ装荷プランジャ 54 内の圧縮可能なバネ装荷機構 55 a は、圧縮状態から伸長することができることを認識するであろう。

【0032】

一部の実施形態において、ツールアセンブリシステム 1000（図 6 B に示される）は、ワイパ 56 に連結されるセンサパッド 55 b を含む、データ入力／出力システムを含むことができる。示されるように、一部の実施形態は、アプリケーションインターフェース 1050 を含む、ネットワークインターフェース 1040 に連結される、少なくとも 1 つのプロセッサ 1010 を備える、システム 1000 を含む。一部の実施形態において、アプリケーションインターフェース 1050 は、少なくとも 1 つのオペレーティングシステム 1020、及び少なくとも 1 つの企業アプリケーション 1030 に連結される。一部の実施形態において、少なくとも 1 つのプロセッサ 1010 は、少なくともネットワークイン

ターフェース１０４０、及びアプリケーションインターフェース１０５０から、データを送信及び受信することができる。更に、ネットワークインターフェース１０４０は、一部の実施形態において、データソース１０６０ａ、及びデータ記憶装置１０６０ｂを含むことができる、少なくとも１つのコンピュータが読み取り可能な媒体１０６０に連結することができる。

【００３３】

一部の実施形態において、外科用ロボットシステム１は、ツールアセンブリシステム１０００に連結されてもよい。一部の他の実施形態において、外科用ロボットシステム１は、ツールアセンブリシステム１０００を備えてもよい。一部の実施形態において、データ入力／出力インターフェース１１００は、表示器２９に連結、方向付けられてもよく（例えば、１つ以上のセンサから直接表示するように）、他の実施形態において、データ入力／出力インターフェース１１００は、外科用ロボットシステム１、または表示器２９、または双方に連結されてもよい。一部の実施形態において、データ入力／出力インターフェース１１００は、１つ以上のセンサ５５ｂ、５６、３１０、及び５１０に連結される従来の低電圧回路を含んでもよい。他の実施形態において、データ入力／出力インターフェース１１００は、１つ以上のセンサ５５ｂ、５６、３１０、及び５１０に連結される従来の低電圧回路に連結されてもよい。一部の実施形態において、１つ以上のセンサ５５ｂ、５６、３１０、及び５１０は、従来の低電圧回路を通じて、データ入力／出力インターフェースによって給電されてもよい。一部の他の実施形態において、１つ以上のセンサ５５ｂ、５６、３１０、及び５１０は、従来の低電圧回路を通じて給電され、かつデータ入力／出力インターフェースに連結されてもよい。

【００３４】

一部の実施形態において、少なくとも１つのプロセッサ１０１０は、少なくとも１つのデータ入力／出力インターフェース１１００からデータを受信することができる。図６Ｂに描写されるように、一部の実施形態において、データ入力／出力インターフェース１１００は、少なくともセンサパッド５５ａ、及び連結ワイパ５６を含むことができる。一部の実施形態において、ワイパ５６が位置センサパッド５５ｂにわたって移動するとき、その線形位置は、ツールアセンブリシステム１０００によってサンプリングされ、少なくとも１つのプロセッサ１０１０を使用して処理されてもよい。例えば、一部の実施形態において、外科用器具３５が誘導管５０の遠位端５０ａを過ぎて突出する距離の計算は、実質的にリアルタイムで処理されてもよい。例えば、図４Ａ～４Ｄに示されるように、誘導管５０内の外科用器具３５の位置が変化する際、外科用器具３５は、誘導管５０の遠位端５０ａに向かって延伸するため、ワイパ５６は、誘導管の遠位端５０ａに向かって、かつ掃拭領域５８内のセンサパッド５５ｂにわたって移動することができる（例えば、図４Ｂ～図４Ｃからの移動を参照されたい）。更に、外科用器具３５が誘導管５０の遠位端５０ａに向かって更に下方に移動し、かつ誘導停止具５２が近位端において誘導管５０と接触する際、ワイパ５６は、誘導管５０の遠位端５０ａに向かって、かつ掃拭領域５８の下端に向かってセンサパッド５５ｂにわたって移動することができる（図４Ｄを参照されたい）。

【００３５】

一部の実施形態において、ワイパ５６が掃拭領域５８の下端に向かってセンサパッド５５ｂにわたって移動する際、ツールアセンブリシステム１０００は、ワイパ５６の位置、及び／またはセンサパッド５５ｂに対するワイパ５６の移動を通信することができる。先で説明されるように、一部の他の実施形態において、外科用ロボットシステム１は、ツールアセンブリシステム１０００を備えてもよく、データ入力／出力インターフェース１１００は、外科用ロボットシステム１が、センサパッド５５ｂ上のワイパ５６位置、またはセンサパッド５５ｂに対するワイパ５６の移動を読み取ることを可能にするように、外科用ロボットシステム１に連結されてもよい。

【００３６】

一部の実施形態において、外科用器具は、掘削ビット４２を備えることができる。一部の実施形態は、掘削ビット４２上の停止具が、掘削ビット４２上のマーキング４４を参照し

10

20

30

40

50

て、手動で調節されることを可能にする、器具 35 を含む。例えば、図 5 A ～ 5 C は、本発明の一実施形態に従う、掘削ビット 42 マーキング 44 を参照して、掘削停止具 46 を手動で調節するためのツールを各々例解する。更に、図 5 D ～ 5 F は、本発明の一実施形態に従う、設定位置において、掘削ビットを係止及び保持するためのツールを各々例解し、図 5 G ～ 5 H は、外科用ロボットシステム 1 に連結されるロボットエンドイフェクチュエータ 30 とともに、図 5 A ～ 5 F に描写されるようなツールの使用方法を各々例解する。示されるように、一部の実施形態において、掘削ビット 42 は、掘削停止具 46 の各端上に、商業的に入手可能な反対に配向された 1 方向バネ装荷解放機構 48 a、48 b を含むことができる。それらのバネに対して引っ張られていないとき、1 方向解放機構は、1 つの方向における移動を防止するが、反対の方向における自由移動を可能にする。例えば、図 5 A において、停止具 46 の左側の静止解放具 48 a は、掘削ビット 42 が、右から左へ解放具 48 a を通じて自由に移動することを可能にするが、左から右への掘削ビット 42 の移動は防止する。停止具 46 の右への解放具 48 b は、掘削ビット 42 が、左から右へ解放具 48 b を通じて自由に移動することを可能にするが、右から左への移動を防止する。一部の実施形態において、したがって、解放具 48 a、48 b のいずれも引っ張られていないとき、いずれの方向においてもビット 42 を移動させることは可能ではない。一部の実施形態において、掘削停止具 46 の一方の端上の解放具 48 a または 48 b が引っ張られる場合、引っ張り方向から離れて、掘削ビット 42 のシャフトの上へ掘削停止具 46 を移動させることが可能である。一部の実施形態において、掘削停止具 46 の他方の端上の解放具 48 a または 48 b が引っ張られる場合、シャフトの下へ掘削停止具 46 を移動させることが可能である（引っ張り方向から離れて、図 5 B 及び 5 C の移動の方向を参照されたい）。解放具 48 a、48 b が引っ張られる方向は、1 つの解放具 48 a、48 b の偶発的な引っ張りが、掘削停止具 46 の意図されない移動をもたらさないように、掘削停止具 46 の移動が可能となる方向とは反対である。例えば、図 5 B の左に向かって解放具 48 a を引っ張ることは、掘削停止具 46 が、右に向かって移動されることを可能にする。一部の実施形態において、解放機構 48 a、48 b のいずれも引っ張られない場合、掘削停止具 46 は、揺さぶられた場合でさえも、いずれの方向においても移動しない。

【0037】

一部の実施形態は、それが収容される誘導管 50 に対して、設定位置において、掘削ビット 42 を係止及び保持するための能力を含む。例えば、一部の実施形態において、掘削ビット 42 は、係止機構を使用して、誘導管 50 に対して掘削停止具 46 を係止することによって、係止することができる。図 5 D ～ 5 H は、本発明の一実施形態に従う、設定位置において、掘削ビット 42 を係止及び保持するためのツールを例解する。一部の実施形態において、図 5 F に示される係止機構 49 は、2 つのクラムシェル 49 を備えることができる（図 5 D に示される）。一部の実施形態において、掘削ビット 42 は、掘削停止具 46 の周囲でクラムシェルを組み立てることによって、位置に係止させることができる（図 5 E に示される）。例えば、この特性は、先端が誘導管 50 の端を過ぎてわずかに突出するように、ユーザが、掘削ビット 42 をある位置に係止することを可能にする（図 5 G 及び 5 H を参照されたい）。この位置において、ユーザは、誘導管 50 が軟組織を貫通することを強制して、誘導管 50 が骨に接触することを強制することができる（例えば、経皮的脊椎スクリュウ挿入中）。図 5 A ～ 5 G に例解され、上で説明されるツールの更なる詳細は、本出願が米国特許法第 120 条の下、その優先権を主張するものであり、かつ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、同時継続米国特許出願第 13 / 924, 505 号において見出すことができる。

【0038】

一部の実施形態において、ツールアセンブリシステム 1000 は、少なくとも 1 つの位置センサ 310 を有するデータ入力／出力インターフェース 1100 を含むことができる。一部の実施形態において、少なくとも 1 つのプロセッサ 1010 は、少なくともネットワークインターフェース 1040 及びアプリケーションインターフェース 1050 から、データを送信及び受信することができ、少なくとも 1 つの位置センサ 310 を有するデータ

10

20

30

40

50

入力／出力インターフェース 1100 からデータを受信してもよい。

【0039】

図 6 A は、本発明の一実施形態に従う、センサに対応した誘導停止具 52 を有する外科用器具 35 を含む、ツールアセンブリ 300 を例解する。示されるように、一部の実施形態において、外科用器具 35 は、器具 35 の長手方向の長さの一部の部分に沿って延伸する磁気ストリップ 320 を含むことができ、外科用器具 35 は、少なくとも 1 つの位置センサ 310 を含むことができる。図 6 A に示される実施形態は、誘導停止具 52 に実質的に直接隣接する領域から延伸し、かつ外科用器具 35 の長さの約 4 分の 3 まで延伸する、磁気ストリップ 320 を含む。

【0040】

一部の他の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、外科用器具 35 の遠位端 35a により近くへ、またはそれからより離れて延伸してもよい。示されるように、一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、外科用器具 35 の外表面上に位置付けられる。しかしながら、一部の他の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、器具 35 の外表面の下に位置付けることができる（即ち、磁気ストリップ 320 は、器具 35 内に埋め込まれてもよい）。一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、適切な機械的統合性を保持するために十分である厚さを含む。例えば、一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、位置センサ 310 によって検出される十分な磁場束を有しつつ、使用中に適切な耐久性を保持するために十分である厚さを含む。

【0041】

一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、約 0.001 ～ 約 0.15 インチの厚さを有する、薄い、可撓性の、剛性の、または半剛性の磁気材料を含むことができる。一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、0.001 インチよりも薄くてもよく、他の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、0.15 インチよりも厚くてもよい。一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、サイズ決定するように切断することができ、かつ外科用器具 35 に接着させることができる、自己支持テープまたは類似の材料を含む。他の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、液体または半液体（例えば、定義された場所において器具 35 の表面に適用され、次いで、乾燥させて、磁気ストリップ 320 を形成する、磁気塗料）から、外科用器具 35 上に形成される。一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、フェライト系磁気材料を含む。他の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、希土類系磁気材料（例えば、ネオジム系永久磁石）を含む。一部の更なる実施形態において、磁気ストリップ 320 は、アルニコ系磁気材料（即ち、アルミニウム－ニッケル－コバルト系磁気材料）を含む。例えば、一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、フェライト系磁気材料、ネオジム系永久磁石、アルニコ系磁気材料、及びこれらの混合物から成る群から選択される材料を含む、薄い、可撓性の、剛性の、または半剛性の磁気ストリップ 320 を含むことができる。代替的に、一部の他の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、フェライト系磁気材料、ネオジム系永久磁石、アルニコ系磁気材料、及びこれらの混合物から成る群から選択される材料を含む、液体または半液体（例えば、磁気塗料）から、外科用器具 35 上に形成される。一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、器具 35 の内部構造内に埋め込むことができる。例えば、器具 35 の中核部に位置付けられてもよい。他の実施形態において、器具 35 が管状である場合、磁気ストリップ 320 は、管状の口の内側表面上に配置することができる。

【0042】

一部の実施形態において、ツールアセンブリ 300 は、誘導管 51a に連結される位置センサ 310 を含むことができる（図 6 A を参照されたい）。一部の実施形態において、位置センサ 310 は、磁気ストリップ 320 から検出される磁場に応答して、出力電圧を変化させることが可能なホール効果センサであり得る。一部の実施形態において、位置センサ 310 は、磁気感知コイル、または磁気抵抗読取ヘッドを備えることができる。一部の実施形態において、位置センサ 310 が磁気ストリップ 320 に対して移動し、かつ磁気

10

20

30

40

50

変動が検出される際、出力信号が、データ入力／出力インターフェース 1100 によって発生される。一部の実施形態において、誘導管 51a における外科用器具 35 の挿入は、位置センサ 310 を使用して検出することができる。一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、それが磁気ストリップ 320 に対して移動する際、位置センサ 310 によって検出されることが可能な可変磁場束を含むことができる。例えば、一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 の磁場束は、磁気ストリップ 320 の長手方向の長さの少なくとも一部分を通じて、周期的に上昇及び下降することができる。位置センサ 310 がホール効果センサである場合、この移動は、それが低磁場束の領域からより高い磁場束の領域へ移動する際、磁気ストリップ 320 から検出される磁場に応答して、様々な出力電圧を生成することができる。

10

【0043】

一部の実施形態において、磁気ストリップ 320 は、それが磁気ストリップ 320 に対して移動する際、位置センサ 310 によって検出されることが可能なより高い及びより低い磁場束強度の領域の代替的な配設を含むことができる。一部の他の実施形態において、より高い及びより低い磁場束強度の領域の代替的な配設は、磁気ストリップ 320 によって検出されることが可能な磁気バーコードを備えることができ、かつデータ入力／出力インターフェース 1100 を通じて、少なくとも 1 つのプロセッサ 1010 を使用して処理する。一部の実施形態において、より高い及びより低い磁場束強度の領域の配設は、磁気バーコード（図 6A に示される磁気ストリップ 320 の磁氣的にコード化された領域 321 として描写される）を含むことができる。一部の実施形態において、磁氣的にコード化された領域 321 の少なくとも一部分は、外科用器具 35 を識別する目的で、磁気ストリップ 320 によって検出されることが可能であり得る。例えば、一部の実施形態において、外科用器具 35 は、少なくとも外科用器具 35 のタイプコードを有する、磁氣的にコード化された領域 321 を含む、磁気ストリップ 320 を含むことができる。更に、一部の実施形態において、外科用ロボットシステム 1 は、外科手技におけるその使用の前に、外科用器具 35 のチェックを実施するための安全性プロトコルを含むことができる。一部の実施形態において、例えば、誘導管 51a における外科用器具 35 の挿入は、それがセンサ 310 を通過する際、磁気ストリップ 320 内の磁氣的にコード化された領域 321 を読み取ることが可能であり得る、位置センサ 310 を使用して、検出することができる。一部の実施形態において、誘導管 51a の中へ挿入される器具 35 に関する情報は、手術前に、磁気ストリップ 320 に磁氣的に、かつ永久的に、または半永久的に記憶することができる。次いで、手術中、ツールが誘導管 51a に導入されるとき、センサ 310 は、ストリップ 320 の磁氣的にコード化された領域 321 を読み取り、ツールの直径、長さ、形状、または他の重要な情報に関するデータを検出することができる。これらのデータは、自動的にプロセッサ 1010 に伝達され、データ入力／出力インターフェース 1100 を介してユーザへ表示することができる。

20

30

【0044】

一部の実施形態は、追加のまたは代替的な位置センサ 310 を含むことができる。例えば、図 7A は、本発明の別の実施形態に従う、誘導停止具 52 を有する外科用器具 35 を例解する。示されるように、外科用器具 35 は、外科用器具 35 上で実質的に等しく離間した 3 つの位置センサ 310 を含むことができる。一部の実施形態において、誘導管 51a における外科用器具 35 の挿入は、位置センサ 310 を使用して検出することができ、誘導管 51a 内の外科用器具 35 の移動は、それが、残りの位置センサ（外科用器具 35 の長さの約半分下位置し、かつ外科用器具 35 の遠位端 35a に隣接する）を超えて通過する際に、検出することができる。磁気ストリップ 320 が、誘導管 51a 内の器具 35 の任意の長手方向の位置において、少なくとも 1 つのセンサ 310 に常に隣接するように、異なる数の位置センサ 310 を必要とする、異なる長さの誘導管 51a 及び器具 35 を組み立てることができるということは、当業者には明らかであるはずである。

40

【0045】

一部の他の実施形態において、ツールアセンブリ 400（図 7C に示される）は、長手方

50

向の磁気ストリップ 4 2 0 及び半径方向の磁気ストリップ 4 3 0 を含む、代替的な誘導管 5 1 b を含むことができる。本明細書において使用される際、「管」は、完全な円形または他の取り囲む構造を形成してもよい、またはしなくてもよい、円形及び他の形状の構造を網羅することが意図される。例えば、図 7 B は、本発明の一実施形態に従う、図 7 A に示される器具 3 5 との使用のための修正された誘導管 5 1 b である。図 7 C は、本発明の一実施形態に従う、図 7 B に示される修正された誘導管 5 1 b 内に挿入された、図 7 A に示される器具 3 5 を含む、ツールアセンブリ 4 0 0 を示す。一部の実施形態において、誘導管 5 1 b における外科用器具 3 5 の挿入は、長手方向の磁気ストリップ 4 2 0 を使用して、位置センサ 3 1 0 を使用して検出することができ、誘導管 5 1 b 内の外科用器具 3 5 の移動は、それが、残りの位置センサ（外科用器具 3 5 の長さの約半分下位置し、かつ外科用器具 3 5 の遠位端 3 5 a に隣接する）を超えて通過する際に、長手方向の磁気ストリップ 4 2 0 を使用して、検出することができる。一部の実施形態において、誘導管 5 1 a 内の器具の回転移動は、それが、位置センサ 3 1 0 のうちのいずれか 1 つに対して移動する際、半径方向の磁気ストリップ 4 3 0 を使用して検出することができる。例えば、一部の実施形態において、ツールアセンブリシステム 1 0 0 0 は、少なくとも 1 つの位置センサ 3 1 0 を有する、データ入力／出力インターフェース 1 1 0 0 を含むことができる。少なくとも 1 つのプロセッサ 1 0 1 0 は、少なくともネットワークインターフェース 1 0 4 0、及びアプリケーションインターフェース 1 0 5 0 から、データを送信及び受信することができ、長手方向の磁気ストリップ 4 2 0 または半径方向の磁気ストリップ 4 3 0 のいずれかとの相互作用を通じて、少なくとも 1 つの位置センサ 3 1 0 を有するデータ入力／出力インターフェース 1 1 0 0 からデータを受信してもよい。したがって、一部の実施形態において、外科用ロボットシステム 1 は、少なくとも誘導管 5 1 b に対して長手方向の外科用器具 3 5 の移動、及び器具 3 5 が誘導管 5 1 b 内で捻転しているときを検出することができる。一部の他の実施形態において、器具 3 5 は、誘導管の外部表面に連結させることができる。

【0046】

磁場に基づく感知に加えて、一部の実施形態は、誘導管における外科用器具 3 5 の移動の光学的感知を含む。例えば、図 8 A は、本発明の別の実施形態に従う、誘導停止具 5 2 を有する外科用器具 3 5 を例解し、図 8 B は、本発明の別の実施形態に従う、修正された誘導管 5 1 c 内に挿入された誘導停止具 5 2 を有する、外科用器具 3 5 を含む、ツールアセンブリ 5 0 0 を例解する。示されるように、一部の実施形態において、外科用器具 3 5 は、器具 3 5 の少なくとも部分的な長手方向の長さに沿って分配される、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 を含むことができる。一部の他の実施形態において、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 は、実質的に器具 3 5 の長手方向の長さ全体にわたって延伸してもよい。

【0047】

一部の実施形態において、修正された誘導管 5 1 c は、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 のうちの少なくとも 1 つを感知することが可能な少なくとも 1 つの光学センサ 5 1 0 を含むことができる。一部の実施形態において、外科用器具 3 5 が誘導管 5 1 c において挿入される際、少なくとも 1 つの光学センサ 5 1 0 は、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 のうちの少なくとも 1 つを感知することが可能であり得る。更に、一部の実施形態において、ツールアセンブリシステム 1 0 0 0 は、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 のうちの少なくとも 1 つと連結される、データ入力／出力インターフェース 1 1 0 0 を含むことができる。少なくとも 1 つのプロセッサ 1 0 1 0 は、少なくともネットワークインターフェース 1 0 4 0、及びアプリケーションインターフェース 1 0 5 0 から、データを送信及び受信することができ、少なくとも 1 つの光学センサ 5 1 0 との相互作用を通じて、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 のうちの少なくとも 1 つを有するデータ入力／出力インターフェース 1 1 0 0 からデータを受信してもよい。したがって、一部の実施形態において、外科用ロボットシステム 1 は、光学センサ 5 1 0 が、複数の高コントラストマーキング 5 2 0 のうちの少なくとも 1 つを検出する際、少なくとも誘導管 5 1 c に

対する長手方向の外科用器具 35 の移動を検出することができる。

【0048】

一部の実施形態において、光学センサ 510 は、フォトダイオード、フォトトランジスタ、光ファイバセンサ、フォトマルチプライヤ、CCD、カメラ、または説明されるものの組み合わせであり得る。一部の実施形態において、光学センサ 10 は、複数の高コントラストマーキング 520 を含む外科用器具 35 から反射される周辺光を検出することができる。他の実施形態において、従来の光源（例えば、白熱灯またはLED光）を、光学センサ 510 及び高コントラストマーキング 520 と組み合わせて使用することができ、光学センサ 510 は、光源によって発出され、複数の高コントラストマーキング 520 を含む外科用器具 35 から反射される光を検出することができる。

10

【0049】

一部の実施形態は、外科用器具 35 の代替的な光学的認識を含むことができる。例えば、図 9 は、本発明の別の実施形態に従う、修正された誘導管 51c 内に挿入された誘導停止具 52 を有する外科用器具 35 を含む、ツールアセンブリ 600 を例解する。示されるように、一部の実施形態において、外科用器具 35 は、光学的に段階的なコーティング 37 を含むことができる。一部の実施形態において、光学的に段階的なコーティング 37 は、器具 35 の少なくとも部分的な長手方向の長さにはわたって、色の目盛りを含むことができる。一部の他の実施形態において、光学的に段階的なコーティング 37 は、器具 35 の少なくとも部分的な長手方向の長さにはわたって、光反射性の目盛りを含むことができる。例えば、一部の実施形態において、光学的に段階的なコーティング 37 は、近位端（図 9 の誘導停止具 52 に隣接する実質的に無色の領域として示される）から、遠位端 35a に隣接するより暗い領域まで延伸する、光反射性の目盛りを含むことができる。一部の実施形態において、外科用器具 35 が誘導管 51c において挿入される際、少なくとも 1 つの光学センサ 510 は、コーティング 37 を感知することが可能であり得る。更に、一部の実施形態において、ツールアセンブリシステム 1000 は、コーティング 37 と連結されるデータ入力／出力インターフェース 1100 を含むことができる。少なくとも 1 つのプロセッサ 1010 は、少なくともネットワークインターフェース 1040、及びアプリケーションインターフェース 1050 から、データを送信及び受信することができ、少なくとも 1 つの光学センサ 510 との相互作用を通じて、複数の高コントラストマーキング 520 のうちの少なくとも 1 つを有するデータ入力／出力インターフェース 1100 からデータを受信してもよい。したがって、一部の実施形態において、外科用ロボットシステム 1 は、光学センサ 510 がコーティング 37 を検出する際、少なくとも誘導管 51c に対して長手方向の外科用器具 35 の移動を検出することができる。例えば、外科用器具 35 が最初に誘導管 51c の中へ挿入されるとき、光学センサ 510 は、暗い色及び／または低反射性を含むコーティング 37 により、低レベルの光を検出し得る。外科用器具 35 が誘導管 51c の中へ更に挿入される際、光学センサ 510 は、段階的に次第により明るい色及び／またはより高い反射性を含むコーティング 37 にわたって移動する光学センサ 510 により、増加するレベルの光を検出し得る。

20

30

【0050】

一部の実施形態において、ロボット外科用システム 1 は、3次元でのロボットアーム 23、エンドイフェクチュエータ 30、及び／または外科用器具 35 の移動を追跡するように構成される、複数の追跡マーカ 720 を備えることができる。追跡マーカ 720 からの 3次元の位置情報は、高度の精密性を維持するように、ロボット 15 の各軸上の絶対的または相対的な従来の線形エンコーダからの 1次元の線形位置情報と併せて使用することができることが理解されるべきである。一部の実施形態において、複数の追跡マーカ 720 は、例えば、かつ制限することなく、ロボット 15 の基部 25、またはロボットアーム 23（例えば、図 1B を参照されたい）等のロボット 15 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。一部の実施形態において、複数の追跡マーカ 720 は、ロボット 15 アーム、エンドイフェクチュエータ 30、及び／または外科用器具 35 の移動を追跡するように構成することができる。一部の実施形態において、ロボット外科用シス

40

50

テム1は、x軸66、y軸68、z軸70、Z管軸64、ならびにロール62、及びピッチ60軸に沿ったエンコーダカウントに基づいて、外科用器具35の配向及び座標を計算するために、追跡情報を利用することができる。更に、一部の実施形態において、複数の追跡マーカ720は、外科医、外科用ツール、またはロボット15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17から離間して、ロボット15の基部25上に位置付けることができる。一部の実施形態において、複数の追跡マーカ720の少なくとも1つの追跡マーカ720は、エンドイフェクチュエータ30に装着、またはそうでなければ固定することができる（例えば、図1Dを参照されたい）。更なる実施形態である、複数の光学的追跡マーカ720の少なくとも1つの光学的マーカは、ロボット15の基部25上のマーカ720の代わりに、またはそれに加えて、ロボット15の基部25とエンドイフェクチュエータ30との間で、ロボット15上に位置付けることができる。一部の実施形態において、エンドイフェクチュエータ30上の1つ以上の追跡マーカ720の位置付けは、エンドイフェクチュエータ30位置（ロボット15の基部25上のマーカからの位置情報、ならびにz70、x66、y68、ロール62、ピッチ60、及びZ管64軸のエンコーダカウントから計算される）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。一部の実施形態において、少なくとも1つの追跡マーカ720は、エンドイフェクチュエータ30及び外科用器具35がx軸66に沿って移動する際、追跡マーカ720がx軸66に沿って移動することを可能にするように、x軸に沿ったエンドイフェクチュエータ30及び／または外科用器具35の移動をもたらす、ロボット15の一部分に装着することができる（図1Dを参照されたい）。一部の実施形態において、説明されるような追跡マーカ720の配置は、外科医がカメラまたは検出デバイスから追跡マーカ720を遮断する、または追跡マーカ720が手術への障害になる可能性を低減することができる。

【0051】

ある実施形態において、追跡マーカ720出力及び／または各軸からのエンコーダカウントに基づく、エンドイフェクチュエータ30の配向及び位置の計算の高い精密性により、エンドイフェクチュエータ30の位置を非常に精密に判定することが可能であり得る。例えば、一部の実施形態において、z軸70（x軸66と基部25との間にある）に対する軸エンコーダのカウントの知識を必要とすることなく、x軸66上のマーカ720の位置、ならびにy軸68、ロール軸62、ピッチ60、及びZ管軸64上のエンコーダのカウントのみを知ることは、エンドイフェクチュエータ30の位置の算出を可能にすることができる。一部の実施形態において、ロボット15上のいずれかの中間軸上のマーカ720の配置は、エンドイフェクチュエータ30の正確な位置が、かかるマーカ720の場所、及びマーカ720とエンドイフェクチュエータ30との間の軸（66、62、60、64）上のエンコーダのカウントに基づいて、計算されることを可能にすることができる。外科用ロボット15及び外科用器具35の制御、移動、及び追跡を含む、外科用ロボットシステム1の更なる詳細は、先で挙げられるように、本出願が米国特許法第120条の下、その優先権を主張するものであり、かつ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第13／924,505号において見出すことができる。

【0052】

一部の実施形態は、外科用器具35に連結される1つ以上のマーカ725を含む。一部の実施形態において、マーカ720、725は、従来の発光ダイオードもしくはOptotrak（登録商標）ダイオード、またはOptotrak（登録商標）等の商業的に入手可能な赤外光学追跡システムを使用して追跡されることが可能な反射性Polaris球体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。一部の実施形態において、マーカ720、725から発出される、及び／またはそれによって反射される光は、ロボット15の場所及び移動を監視するために使用されるカメラ8200によって読み取ることができる（例えば、カメラアーム8210上に装着され

10

20

30

40

50

、図 2 に示されるカメラアームジョイント 8 2 1 0 a 及びカメラアームジョイント 8 2 1 0 b を通じて移動が可能なカメラ 8 2 0 0 を参照されたい)。一部の他の実施形態において、マーカ 7 2 0、7 2 5 は、無線周波数及び／または電磁リフレクタもしくはトランシーバを備えることができ、カメラ 8 2 0 0 は、無線周波数及び／また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。

【0053】

図 1 0 は、本発明の更なる実施形態に従う、少なくとも 1 つの追跡マーカ 7 2 5 を有する外科用器具 3 5 を含む、ツールアセンブリ 9 0 0 を例解する。一部の実施形態において、単一のマーカ 7 2 5 は、誘導管 5 0 が追跡アレイ 6 9 0 で追跡される場合、誘導管 5 0 内の器具 3 5 の線形位置を判定するために適切であり得る。図 1 0 に描写されるように、この単一の追跡マーカ 7 2 5 が、ツール 5 0 の長手方向の正中線からずれてツールに連結される場合、誘導管 5 0 に対する空間におけるマーカの位置は、誘導管 5 0 内の器具 3 5 の半径方向の配向及び長手方向の位置の双方に関する情報を提供することができる。一部の他の実施形態において、複数のマーカ 7 2 5 は、誘導管 5 0 が追跡アレイ 6 9 0 で追跡される場合、誘導管 5 0 内の器具 3 5 の線形位置を判定するために使用することができる。

【0054】

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。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。

【0055】

本発明は、特定の実施形態及び実施例と併せて上で説明されているが、本発明は、必ずしもそのように制限されないこと、かつ多数の他の実施形態、実施例、使用、修正、ならびに該実施形態、実施例、及び使用からの逸脱が、本明細書において添付される請求項によって包含されることが意図されるということが、当業者によって理解されるであろう。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。

10

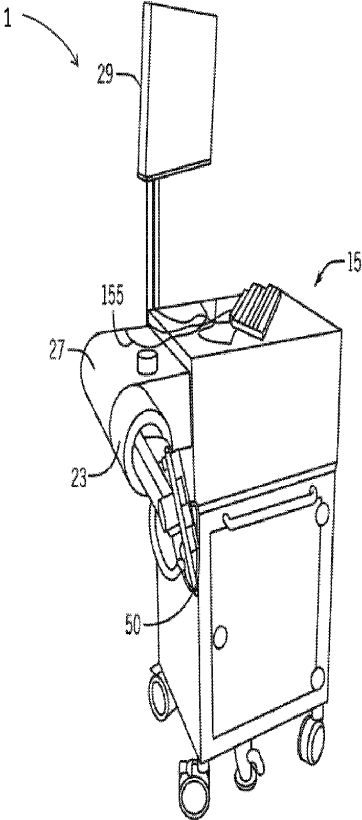
20

30

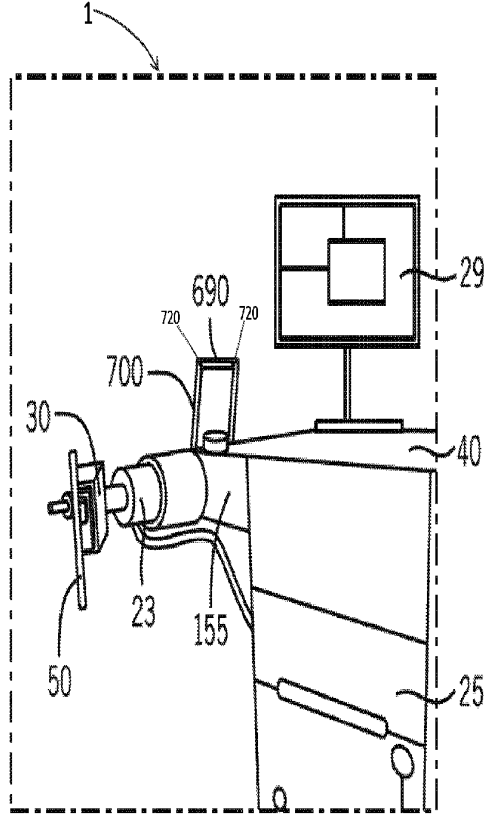
40

50

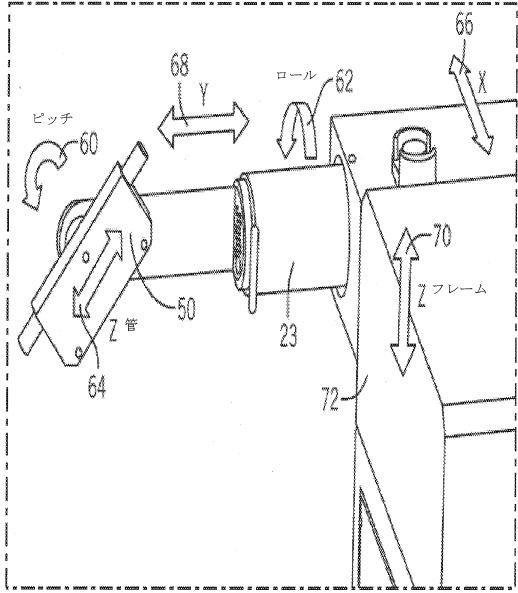
【図面】
【図 1 A】



【図 1 B】



【図 1 C】



【図 1 D】

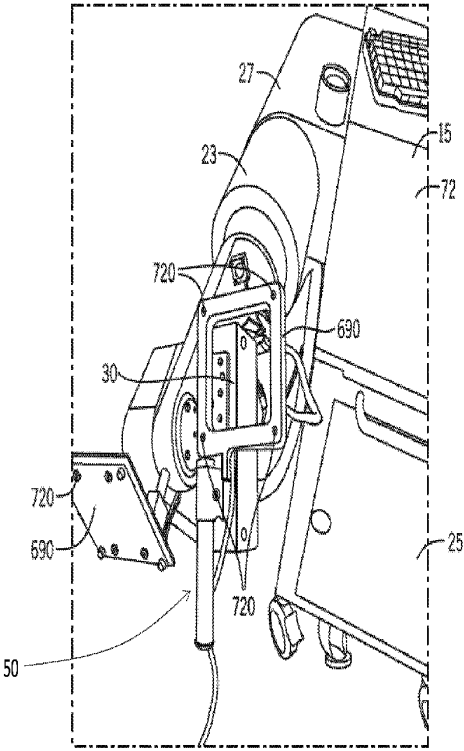


FIG. 1D

【図 2】

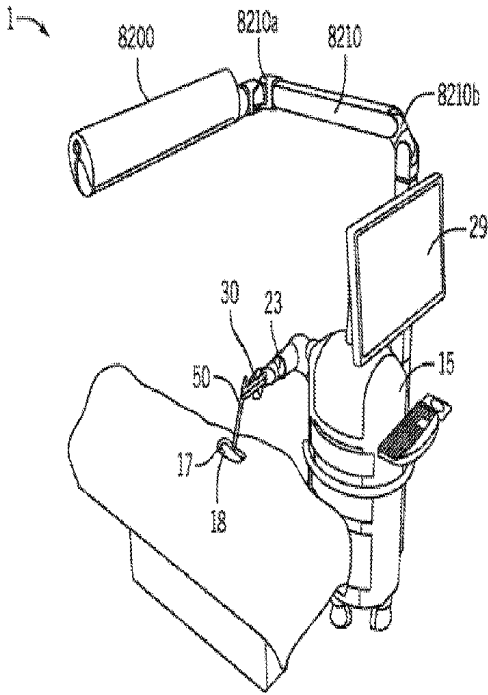
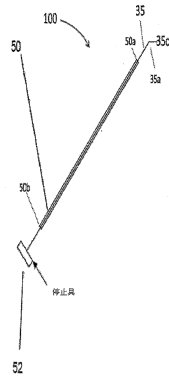


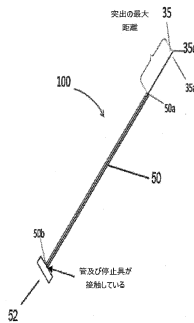
FIG. 2

【図 3 A】

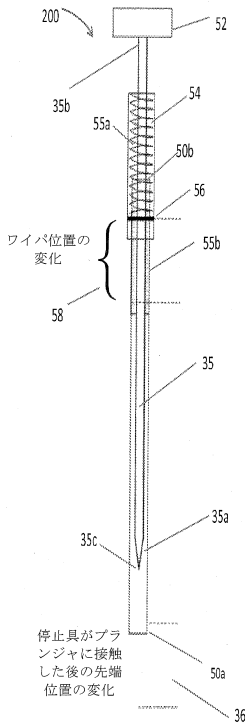


10

【図 3 B】



【図 4 A】

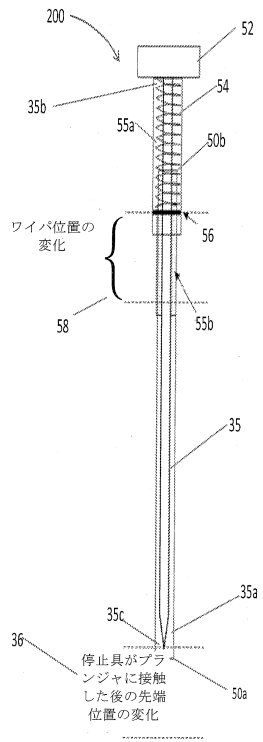


30

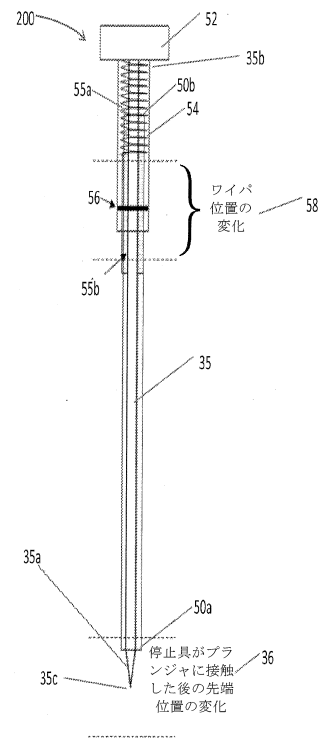
40

50

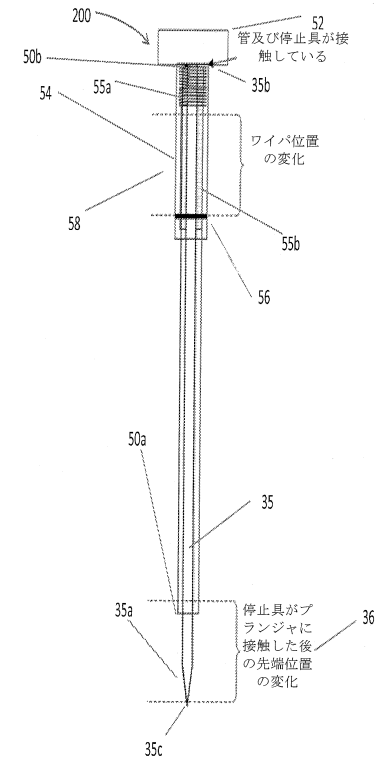
【図 4 B】



【図 4 C】



【図 4 D】



【図 5 A】

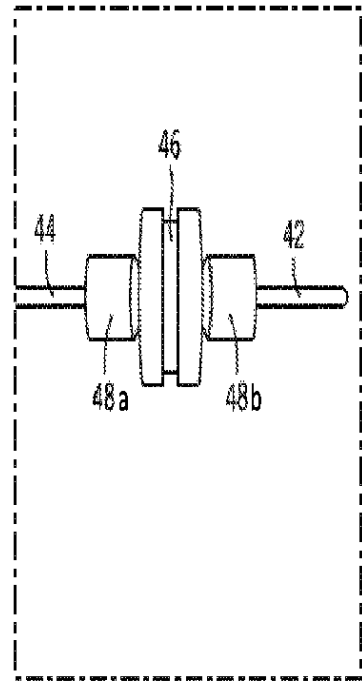


FIG. 5A

【図 5 B】

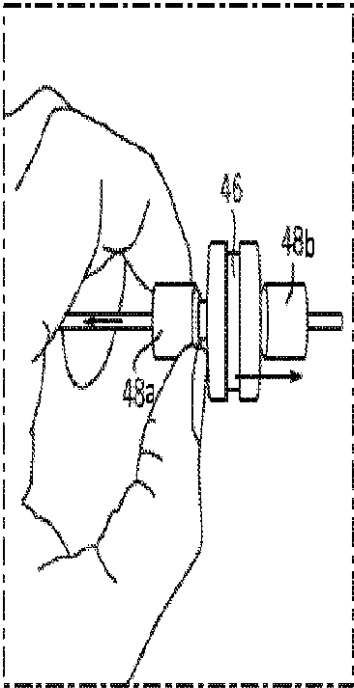


FIG. 5B

【図 5 C】

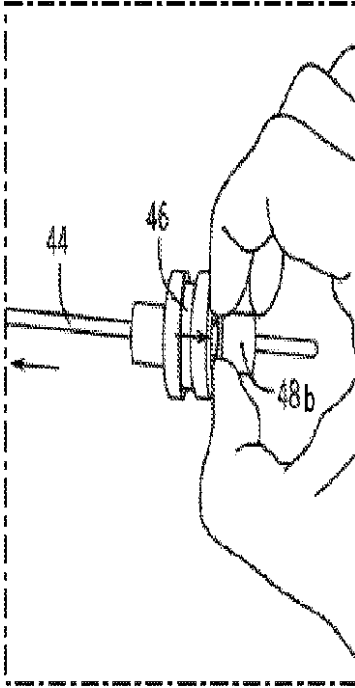


FIG. 5C

【図 5 D】

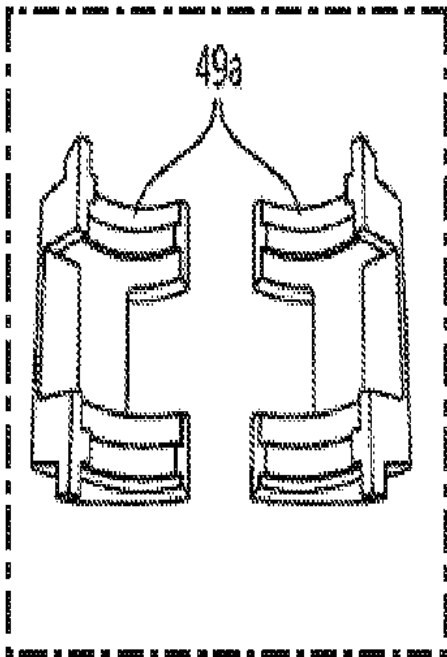


FIG. 5D

【図 5 E】

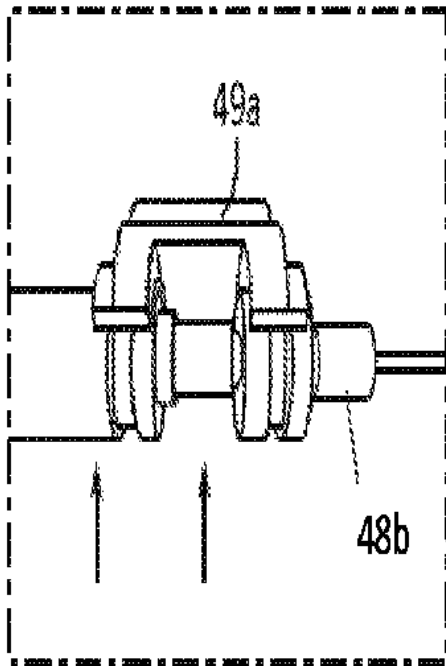


FIG. 5E

10

20

30

40

50

【図 5 F】

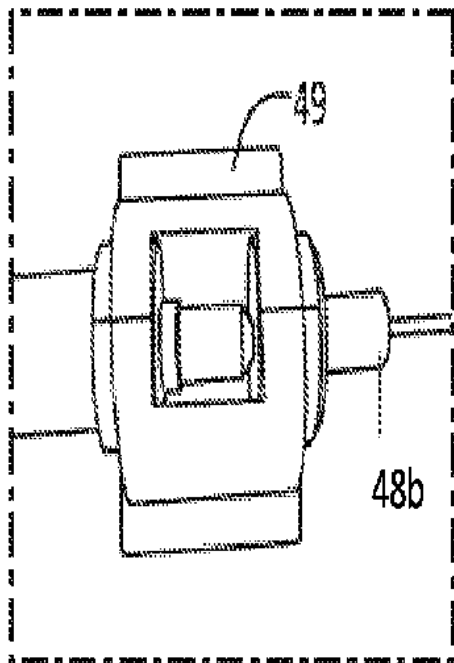


FIG. 5F

【図 5 G】

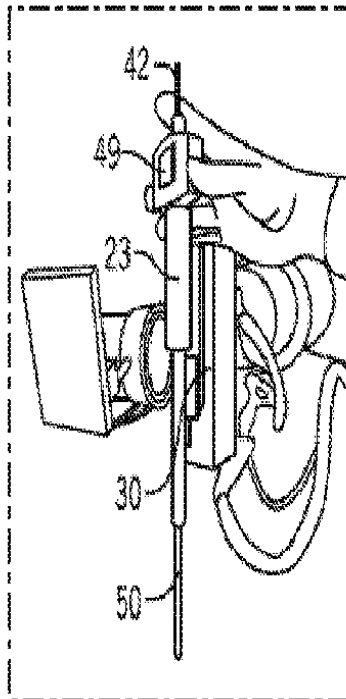


FIG. 5G

【図 5 H】

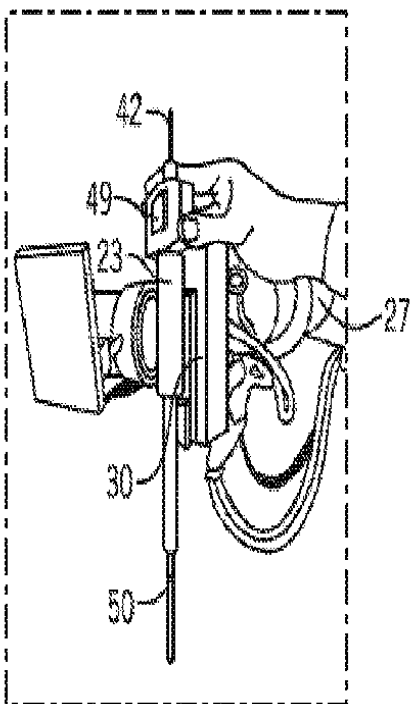
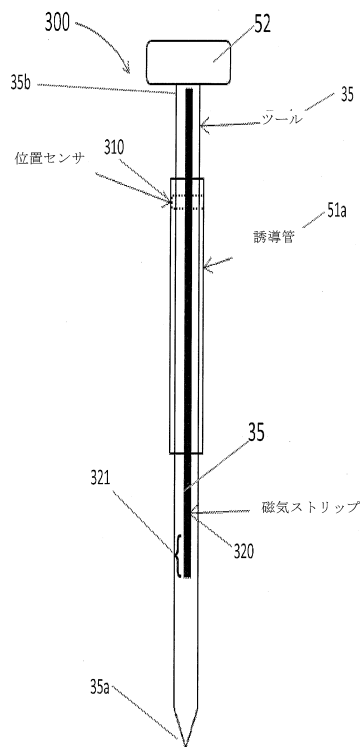


FIG. 5H

【図 6 A】



10

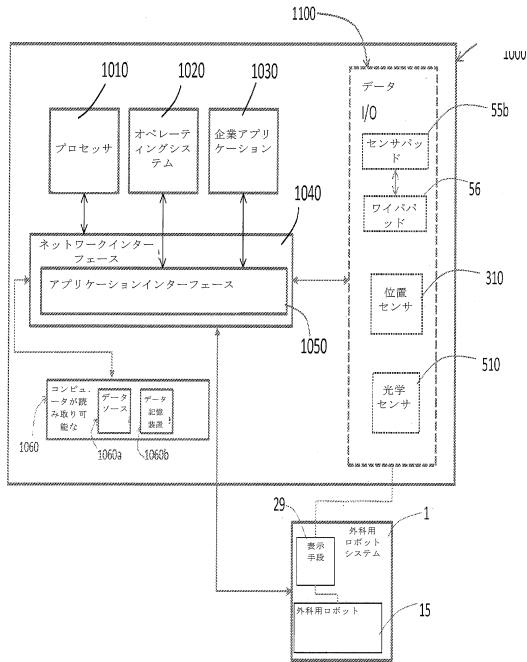
20

30

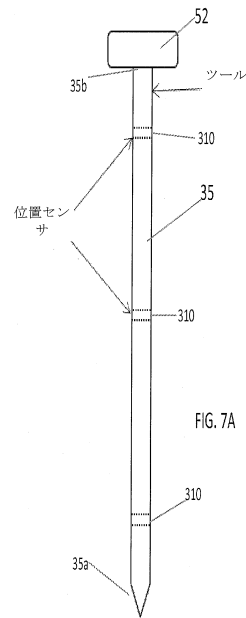
40

50

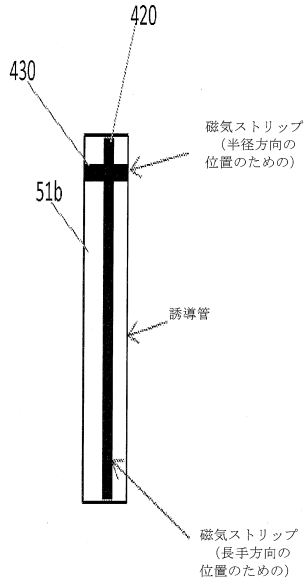
【図 6 B】



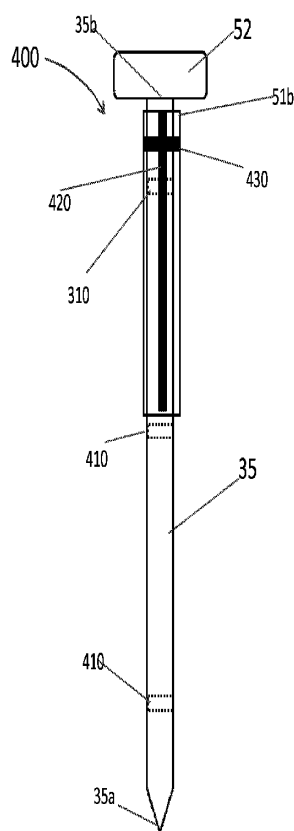
【図 7 A】



【図 7 B】



【図 7 C】



10

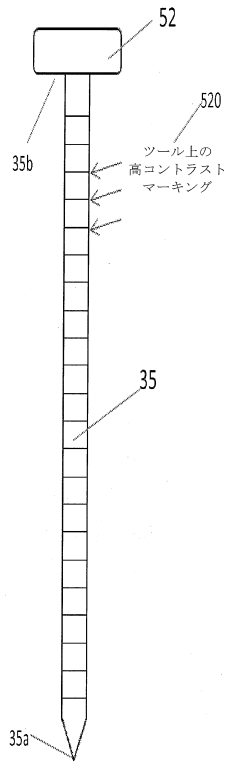
20

30

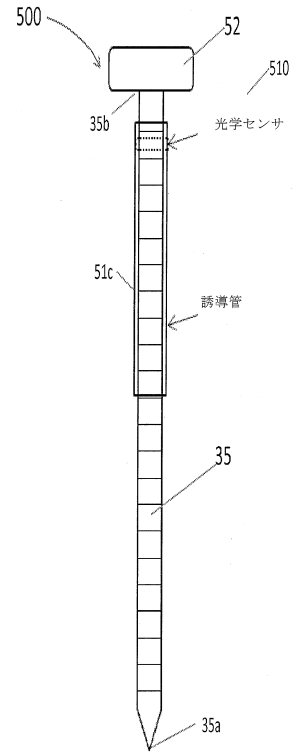
40

50

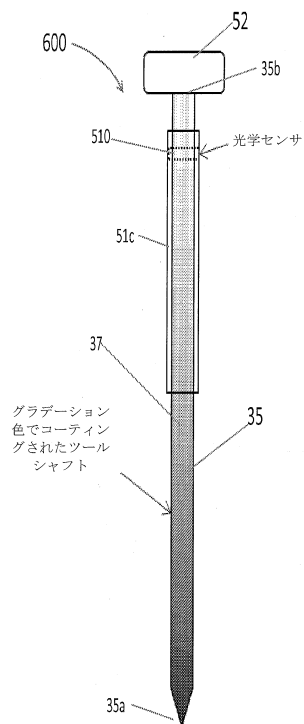
【図 8 A】



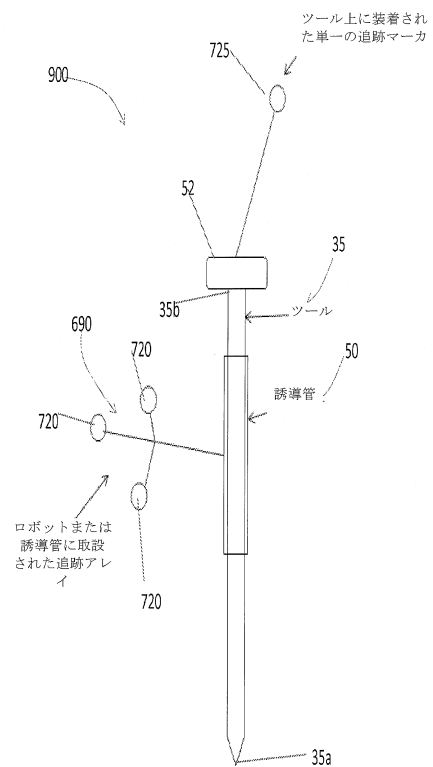
【図 8 B】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

アメリカ合衆国，８５０１８ アリゾナ州，フェニックス，ウェスト トーマス ロード ３３３ #
２０４

(72)発明者 フォスター，ミッチェル エー．

アメリカ合衆国，８５０１８ アリゾナ州，フェニックス，ウェスト トーマス ロード ３３３ #
２０４

合議体

審判長 村上 聡

審判官 村上 哲

審判官 倉橋 紀夫

(56)参考文献 米国特許出願公開第２０１３／０３４５７１８（ＵＳ，Ａ１）

国際公開第２０１２／０１８８１６（ＷＯ，Ａ２）

国際公開第０２／０７１３６９（ＷＯ，Ａ１）

特開平８－９８８４３（ＪＰ，Ａ）

特開平８－３１３３０４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)

A61B34/20

A61B34/30

B25J15/00