

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4953321号  
(P4953321)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月23日(2012.3.23)

(51) Int.Cl. F I  
**A 6 1 B 19/00 (2006.01)** A 6 1 B 19/00 5 0 2

請求項の数 7 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-178182 (P2008-178182)                  (22) 出願日 平成20年7月8日(2008.7.8)                  (62) 分割の表示 特願2006-276834 (P2006-276834)                          の分割                          原出願日 平成8年6月5日(1996.6.5)                  (65) 公開番号 特開2008-289902 (P2008-289902A)                  (43) 公開日 平成20年12月4日(2008.12.4)                          審査請求日 平成20年7月8日(2008.7.8)                  (31) 優先権主張番号 08/485,587                  (32) 優先日 平成7年6月7日(1995.6.7)                  (33) 優先権主張国 米国(US)                  (31) 優先権主張番号 08/487,020                  (32) 優先日 平成7年6月7日(1995.6.7)                  (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(73) 特許権者 501228071                          エスアールアイ インターナショナル                          SRI International                          アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94                          025 メンロパーク レイベンスウッド                          アベニュー 333                          333 Ravenswood Avenue,                          Menlo Park, California 94025,                          U. S. A.                  (74) 代理人 100093919                          弁理士 奥村 義道</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔操縦ロボットシステム用の外科手術マニピュレーター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボット制御機構に連結されたドライブアセンブリ7により駆動されるよう適応された用具ホルダー4であって、該ロボット制御機構は、軸方向に固定された装着手段を備えたシャフト18、20と、エンドエフェクター120と、移動自在なエンドエフェクターアクチュエーターとを有するタイプの外科手術用具14を操作し、用具ホルダー4は、

前記用具14を受け入れるための軸方向通路と、本体60をドライブアセンブリ7に移動自在に連結するための少なくとも一つのマウントとを有する前記本体60、

軸方向通路と第1インターフェースとを有する用具サポート70であって、軸方向通路は、前記用具14を受け入れるものであり、第1インターフェースは、用具14の軸方向に固定された装着手段に係合可能で用具14を前記用具ホルダー4に開放可能に装着するものであり、前記用具サポート70は、前記本体60に回転自在に連結され、且つ、前記用具サポート70をドライブアセンブリ7に接続して前記用具14を回転するよう構成された第1カップリングを備える、前記用具サポート70、及び

前記用具14を受け入れるための軸方向通路と、用具14のエンドエフェクターアクチュエーターに係合可能な第2インターフェースと、アクチュエータードライバー80をドライブアセンブリ7に接続するための第2カップリングとを有する前記アクチュエータードライバー80であって、さらに、第2カップリングの回転運動を前記本体60に対する第2インターフェースの軸方向変位に変換して用具14のエンドエフェクター120を作動させるための変換手段を含む前記アクチュエータードライバー80、

10

20

を含む前記用具ホルダー 4。

【請求項 2】

前記変換手段は、前記本体 60 に対し回転自在に装着された第 1 部分と、前記本体 60 に対して軸方向に移動可能な第 2 部分とを含み、前記第 1 部分が回転することにより前記第 2 部分及びそれと共に第 2 インターフェースを軸方向に変位させるように、前記第 1 部分が前記第 2 部分に連結される、請求項 1 記載の用具ホルダー 4。

【請求項 3】

前記第 2 カップリングは環状ギア部材であり、該環状ギア部材は、モーターシャフトに連結するよう構成され前記変換手段の前記第 1 部分を回転させる、請求項 2 記載の用具ホルダー 4。

10

【請求項 4】

前記変換手段の前記第 2 部分は、前記本体 60 に移動自在に装着されたアクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 と、前記用具 14 の前記エンドエフェクターアクチュエーターに開放可能に連結され且つ前記アクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 に回転自在に連結された環状カラー 200 とを含む、請求項 2 記載の用具ホルダー 4。

【請求項 5】

前記本体 60 は対向する軸方向スロット 204 を含み、前記アクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 は、前記軸方向スロット 204 内に配置された第 1 対の回転自在部材を含み、前記アクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 が前記用具ホルダー 4 に対して回転するのを防ぎ、前記ホルダー 4 に対する軸方向の移動を可能にする、請求項 4 記載の用具ホルダー 4。

20

【請求項 6】

前記アクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 はさらに、前記第 1 対の回転自在部材から半径方向内側に配置された第 2 対の回転自在部材を含み、前記変換手段の前記第 1 部分は、前記第 2 対の回転自在部材を受け入れるための一対の螺旋スロットを備えた同心螺旋アクチュエーター 84 を含み、そのため前記螺旋アクチュエーター 84 の回転により前記キャリッジアセンブリ 90 と前記環状カラー 200 が前記用具ホルダー 4 に対して変位させられる、請求項 5 記載の用具ホルダー 4。

【請求項 7】

前記第 1 カップリングは環状ギア部材を含み、該環状ギア部材は、モーターシャフトに連結して前記用具サポート 70 を回転させるよう構成される、請求項 1 記載の用具ホルダー 4。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は外科手術マニピュレーターに係り、特に外科手術で使用するロボット支援型装置に関する。

【背景技術】

【0002】

標準的な腹腔鏡外科手術では、患者の腹部にガスが吹き入れられ、腹腔鏡外科手術用具のための入口を形成する小さな切り口（約 1 / 2 インチ）を通してトロカール・スリーブが送られる。一般に腹腔鏡外科手術用具は、外科手術する部位を視るための腹腔鏡、並びにクランプ、把持器、はさみ、ホチキス及び針ホルダーのような作業用具を含む。これらの作業用具は、各用具の作業端が延長チューブに沿って約 12 インチだけそのハンドルから離れていることを除けば、従来の（オープン）外科手術で用いられる用具と同じである。外科手術を行うため、外科医はトロカール・スリーブを通して用具を送り、また、スリーブを通じてそれらを入れたり出したりスライドさせ、スリーブ内でそれらを回転させ、腹部壁内でスリーブにてこ入れし（即ち旋回させ）、そして用具の末端にあるエンドエフェクターを作動させることにより、腹部内においてそれらの用具を操作する。

40

50

## 【 0 0 0 3 】

ロボットに支援された遠隔操縦ロボット外科手術（オープン及び内視鏡処置）では、外科手術用具の位置は、手で直接制御するか又は固定クランプで制御するよりむしろ、サーボモーターにより制御される。外科医が患者から離れた所にて表示イメージを通じて手術を見ながら入力制御装置を操作する際には、サーボモーターは外科医の手の動きに追従する。サーボモーターは、外科手術用具を支持及び制御する電気機械的装置又は外科手術マニピュレーターの典型的な一部であり、この外科手術用具は、オープン外科手術部位に直接導入されるか又はトロカール・スリーブを通して患者の腹部のような体腔内に導入される。手術の間、外科手術用具により、組織つかみ器、針ドライバーなどのような種々の外科手術用具が機械的作動され且つ制御される。これらの外科手術用具の各々は外科医のために種々の機能を行う、即ち、針を保持又は駆動したり、血管をつかんだり、組織を切開したりする。

10

## 【 0 0 0 4 】

リモート操作により遠隔外科手術を行うこの新しい方法では、多くの新しい試みが為される。そのような試みの一つは、外科医が遠隔操縦ロボットシステムを操作するとき、位置、力及び触覚を外科手術用具から外科医の手に伝え返すことである。リモート操作の他の技術とは違って、遠隔外科手術により外科医には直接手で外科手術用具を操作している感じを与えることができる。例えば、用具が患者の組織構造又は器官に作用しているとき、システムは用具に対する反作用の力を検出してこの力を入力制御装置に伝えることが可能でなければならない。このようにして、外科医は表示イメージ上で組織構造に接触している用具を見て、入力制御装置上でこの接触による圧力を直接感じるができる。しかしながら、適当なフィードバックを与えることには、システムに作用する他の力が起因する問題をはらみうる。このような力としては、例えば、遠隔操縦ロボット機構内の摩擦、外科手術マニピュレーターに作用する重力及び慣性力、又は外科手術切り口によりトロカール・スリーブに働く力などが挙げられる。

20

## 【 0 0 0 5 】

さらに、効果的な遠隔外科手術を可能にするためには、マニピュレーターは高い応答性を有しなればならず、また外科医が外科手術を行う際にしばしば現れる最も速い手の動きでさえ正確に追従できなければならない。この迅速で応答性の高い性能を達成するために、遠隔操縦ロボットサーボシステムは、適度に高いサーボ帯域を有するように設計されねばならず、このことは、マニピュレーターが低い慣性を有し且つ相対的に低いギヤ比のドライブモーター又はプリーカップリングを用いるようにマニピュレーターを設計することを要求する。

30

## 【 0 0 0 6 】

遠隔外科手術に関する他の試みは、電気機械式外科手術マニピュレーターの一部が外科手術用具と直接接触してしまうこと、及び作業部位に隣接して配置されることから生じる。従って、外科手術マニピュレーターは外科手術中に汚染されるかもしれないし、一般には処分されるか又は手術と手術の間に消毒される。もちろん、コストの観点からは装置を消毒するのが好ましいであろう。しかしながら、サーボモーター、センサー、及びモーターをロボット制御するのに必要な電気接続は、一般には従来の方法（例えば蒸気、熱及び圧力、又は化学薬品）を用いて消毒することはできない。というのは、それらが消毒工程で損傷を受けるか又は破壊されてしまうからである。

40

## 【 0 0 0 7 】

別の試みとしては、異なる外科手術用具が1回の手術中に数回同じ用具ホルダーに取付けられ、取り外されることである。例えば腹腔鏡処置では、患者の腹部内への入口の数は、患者に必要なない切り口を開けないという要望はもちろんのことスペースの制約ゆえに、その手術中は一般に制限される。よって、一般には幾つかの異なる外科手術用具が、手術中は同じトロカール・スリーブを通して導入される。同様に、オープン外科手術では、一般に外科手術部位の周りには1又は2以上の外科手術マニピュレーターを置く十分な空間が無く、そのため外科医の助手はホルダーから用具を取り外して他の外科手術機器を取

50

り替えることをしばしば強いられる。

【0008】

従って、必要なのは、リモート制御により外科手術用具を保持し操作し、且つ、外科手術用具を用具ホルダーに取り外し可能に連結するためのシステム及び方法である。本装置は、手術中に汚染された後でも再使用できるように容易に消毒できる構成とすべきである。さらに、本装置は、遠隔操縦ロボット操作の間外科手術用具に対して伝えられ且つ該用具から伝えられる力から、適当なフィードバックを外科医に与えることができなければならない。また、本装置は、装置に作用する重力が外科医に感じられないようにこれらの力を補償するよう構成すべきである。加えて、本装置は高い応答性を有しなければならない。外科医が外科手術を行う際にしばしば現れる最も速い手の動きにさえ正確に追従できなければならない。さらに、内視鏡外科手術の間用具をホルダーに素早く且つ容易に取り付け、取り外しできて、用具交換の時間を最小にするよう構成されたシステムを提供することが望ましい。

10

【特許文献1】米国特許出願第08/823,932号

【特許文献2】米国特許出願第08/062,404号

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0009】

従来のオープン外科手術中又は腹腔鏡検査のような内視鏡処置の間外科手術用具を開放可能に保持し操作するための装置及び方法が提供される。本装置は、用具ホルダーを有するマニピュレーターアセンブリを含み、この用具ホルダーは、消毒できるようにドライブアセンブリに取り外し可能に連結される。マニピュレーターアセンブリは、さらに、ホルダー末端に取り付けられた力感知エレメントと、外科手術用具に働く力を検出して外科医にフィードバックするためのドライブアセンブリとを含む。本発明はまた、外科手術用具を開放可能に保持するためのシステム及び方法に関する。システムは、用具側の装着ピンを用具ホルダー側のロックスロットに自動的にロックして用具をホルダーに開放可能に連結するための用具サポートを含む。ツイストロック動作により、オープン外科手術、腹腔鏡検査又は胸腔鏡検査のような外科処置の間、外科医は種々の用具をホルダーに素早く取付け、取り外すことができる。

20

【0010】

一態様では、装置は、作業テーブルのような面に対する種々の受動又はパワー駆動位置決め装置により固定可能なサポートベースと、ベース上に移動可能に取り付けられた用具ホルダーとを含む。用具ホルダーは本体と用具サポートから成り、用具サポートは、本体に移動自在に連結され、外科手術用具と係合するインターフェースを有して用具を用具ホルダーに開放可能に装着する。ドライブアセンブリは用具ホルダーに作動連結されて、少なくとも二自由度を用具に与える。ドライブアセンブリは、用具サポートを動かすための第1ドライブと、サポートベースに対して用具ホルダーを動かすための第2ドライブとを含む。本装置は、ベース及びドライブアセンブリから取り外し可能に用具ホルダーを連結するための手段を含み、それにより、外科処置の後ホルダーは装置の残りの部分から分離して消毒できる。

30

40

【0011】

特定の構成では、サポートベースは、末端及び基部のサポート部材を備えたフレームと、サポート部材内に回転可能に取り付けられた一対のシャフトとを含む。用具ホルダーは、用具が軸方向移動できるようにサポートシャフト上にスライド可能に取り付けられる。加えて、シャフトは各々ドライブモーターに連結され、第2及び第3の自由度(例えば回転やエンドエフェクターの作動)を用具に与える。ドライブモーターは、外科手術中に汚染されないように、基部サポート部材に連結される。回転可能シャフトは、それらを上方にスライドさせてそれらのベアリング及び用具ホルダーとの係合を外すことにより取り外すことができ、そのため用具ホルダーをサポートベースから容易に取り外して消毒できる。サポートベースの下部(末端サポート部材を含む)も、消毒して用具ホルダーに接触し

50

た部分を浄化できる。このようにして、サーボモーターや遠隔操縦ロボットシステムに要求される電気接続に損傷を与えることなく、外科処置の後に外科手術マニピュレーターを容易に消毒できる。

【0012】

サポートベースはさらに、末端サポート部材に取り付けられたカニューレ又はトロカール・スリーブのようなスリーブを含む。スリーブは、用具をその中に受け入れるための軸方向通路と、スリーブの末端エンド近くの軸方向通路内に取り付けられた力感知エレメントとを有する。力感知エレメントは、外科手術中に用具の末端部分によりエレメントに作用する横方向の力を検出するように構成される。力感知エレメントは装置の残りの末端に取り付けられるので、外科手術の切り口により又は用具ホルダーに作用する重力及び慣性力によりカニューレに働く力からこのエレメントは影響されない。位置決め装置により支持される際には外科手術マニピュレーターはクリノメーターと共に使用でき、ローカル重力場の方向に対する用具ホルダーの真の方向が求まる。マニピュレーターと共にクリノメーター及び力センサーを使用することにより、遠隔操縦ロボット機構に作用する外部の力に影響されずに、用具端に対して作用する力を外科医が直接感知するような遠隔操縦ロボットシステムを設計するのが容易になる。換言すれば、外科医は、用具が力感知エレメントに接触している地点においてまるで自分の手が用具を保持している様に感じるのである。

10

【0013】

本発明は、用具シャフトの末端エンドに連結されたエンドエフェクター（例えば一対の顎部）を有する外科手術用具を保持し操作するのに特に有効である。このために、用具ホルダーはさらにアクチュエーター・ドライバーを含み、これは用具上のエンドエフェクターと係合できるインターフェースを備える。アクチュエーター・ドライバーはカップリングを含み、このカップリングは、ドライバーの一部をサポートベースに対して軸方向に移動させるためのドライブアセンブリに、ドライバーを連結し、それにより、用具のエンドエフェクターを作動させる。好適な構成では、カップリングは同心螺旋アクチュエーターであり、ドライブモーターの回転をエンドエフェクター・アクチュエーターの軸方向の運動に変換する。螺旋アクチュエーターの対称設計ゆえに、ドライブモーターにより与えられる作動力は用具に対して如何なる有効な側面負荷をも発生せず、このことにより、用具の軸方向運動や回転のような他の自由度との摩擦連結が避けられる。

20

30

【0014】

本発明の別の態様では、用具は、基部エンド及び末端エンドを有する延長シャフトと、シャフトから径方向に基部及び末端エンド間に延在する突起を有する装着手段とを含む。用具ホルダーはサポートを含み、サポートは、用具シャフトを受け入れる軸方向通路を備えた本体と、突起を受け入れるための軸方向通路に連通した第1穴とを有する。第2穴は本体において第1穴まで横方向に切り込まれて連通し、突起が第2穴内で回転できる。外科手術の間に用具が偶然に捻られて用具ホルダーから外れないようにするため、ホルダーはさらに本体に連結されたロック手段を含み、このロック手段は第2穴内で突起を自動的にロックし、それにより、用具を用具ホルダーに開放可能にロックする。

【0015】

好適な構成では、装着手段の突起は、用具シャフトから外方向に延在する一対の対向アーム（例えば装着ピン）を含む。第1穴は軸方向に延びたスロットであり、これは装着ピンを受け入れる。第2穴は垂直ロックスロットであり、これは軸方向スロットに整列した第1部分と、用具サポートの本体の回りを周方向に延在する第2部分とを有する。この構成により、装着ピンは軸方向スロットをスライドしてロックスロット内に回転でき、用具をホルダーに取り付けられる。用具は、同じ2工程を逆の順に行うことにより外すことができる。このツイスト・ロック動作により、外科手術中に外科医は種々の用具を用具ホルダーに迅速に嵌めたり外したりできる。

40

【0016】

好ましくは、ロック手段は、装着ピンを用具ホルダーにロックするための開放可能ラッ

50



ントローラー機構に連結されて、リモート制御で外科手術用具 14 を操作するための遠隔操縦システムを形成する。患者から遠隔位置にて外科医が入力制御装置を操作するとき、ドライブモーターは外科医の手の動きに追随する。ドライブモーターを制御するための適当な遠隔操縦ロボットシステムは、1992年1月21日提出の一般譲渡された同時係属出願第08/823,932号である「臨場感を伴った遠隔操作システム及び方法 (TELE OPERATOR SYSTEM AND METHOD WITH TELEPRESENCE)」に記載されており、参考のためここに添付する。

#### 【0021】

好ましくは、上記遠隔操縦ロボットサーボシステムは、少なくとも10Hzの3dBカットオフ周波数を示すサーボ帯域を有し、システムが外科医の素早い手の動きに迅速かつ正確に応答できるようにする。このシステムを効果的に操作するために、用具ホルダー4は相対的に小さな慣性を有し、ドライブモーター26、30、34は相対的に小さい比のギヤ又はプリー連結を有する。

10

#### 【0022】

特定の実施態様では、外科手術用具14は内視鏡用具であり、これは経皮貫通して腹部又は胸部空洞のような体空洞内に導入するように構成される。この実施態様では、マニピュレーターアセンブリ2はフレーム16の末端サポート部材19上のカニューレ50を支持し、これは内視鏡外科手術処置の間は入口用の切り口内に配置される(図1ではカニューレ50は概略的に描かれており、一般にはずっと長いことに留意せよ)。好ましくは、カニューレ50は、結腸切除やニセン・ファンプリケーション(Nissen fundoplication)のような胸部内視鏡外科手術に適応した従来の気密トロカールスリーブである。

20

#### 【0023】

図1に示されているように、好ましくはカニューレ50は、カニューレ50内の環状ベアリング54に装着された力感知エレメント52(例えば歪みゲージ又は力感知抵抗器)を含む。外科手術中ベアリング54は用具14を支持し、用具が回転し且つベアリング54の中心穴を通して軸方向に移動できるようにする。ベアリング54は、用具14により与えられる横方向の力を力感知エレメント52に伝え、この力感知エレメント52は、コントローラー機構に作動連結され、遠隔操縦ロボットシステムにおいて外科医が保持している入力制御装置(図示せず)にこれらの力を伝える。このようにして、外科手術切り口を取り囲む組織のようなカニューレ50に作用する力により妨害されることなく、又はマニピュレーターアセンブリ2に作用する重力や慣性力により妨害されることなく、用具14に作用する力が検出できる。このことにより、ロボットシステムにおいてマニピュレーターアセンブリを使用するのが容易になる。というのは、外科医は用具14の端に作用する力を直接感知するからである。もちろん、用具14の末端エンドに作用する重力も力感知エレメント52により検出される。しかしながら、これらの力は、用具の直接操作中においても外科医により感知されるものである。

30

#### 【0024】

図1に示されているように、用具ホルダー4はボールスプラインベアリング62、64を介してシャフト18、20上に装着されたシャシー60を含み、シャシー60はシャフト18、20に対して軸方向に動くことは出来るがシャフト18、20と共に回転することは防止される。好ましくは、シャシー60は、ステンレス鋼のように高温消毒工程での膨張に耐える材料から構成されるので、シャシー60は外科手術処置の後に消毒できる。シャシー60は、外科手術用具14を受け入れるための中心空洞66と、シャシー60から横方向に延在するアーム68を含む。アーム68はドライブベルト36に固定され、ドライブベルト36の回転により用具ホルダー4をシャフト18、20に沿って軸方向に移動させる。

40

#### 【0025】

用具ホルダー4はベース6及びドライブモーターに取り外し可能に連結され、ホルダー4全体を取り外して蒸気、熱圧力、化学薬品などのような従来の方法により消毒できる。好適な構成では、アーム68は、回転できドライブベルト36からアームを開放するトグ

50

ルスイッチ 69 を含む (図 1)。加えて、図 1 A に示されているように、シャフト 18、20 はベアリング 22 に取り外し可能に連結され、フレーム 16 のサポート部材 17、19 からシャフトを軸方向に引っ込められる。このために、好ましくは末端ベアリング 22 は、シャフト 18、20 の取り外しを可能にするための連結機構を含む。図 7 に示されているように、末端サポート部材 19 は各末端ベアリング 22 内にサポートカラー 71 を含み、この末端ベアリング 22 は、シャフト 18、20 の一つに対する通路用の内部穴 72 を備える。各サポートカラー 71 は内部溝 73 を有し、シャフト 18、20 の各々はそれらの下端部近くに環状溝 74 を有し (図 1 A 参照)、この環状溝 74 は、シャフトがフレーム 16 内に適切に装着されると内部溝 73 と整列する (図 1)。パネクリップ 75 は各内部溝 73 内に置かれ、それぞれのサポートカラー 71 内に各シャフト 18、20 を保持する。パネクリップ 75 は切れ目 (図示せず) を有し、シャフトに軸方向の閾値力が働く際にシャフト 18、20 の取り外しを可能にする。

#### 【0026】

用具ホルダー 4 をベース 6 から取り外すため、オペレーターはトグルスイッチ 69 を回転してドライブベルト 36 からアーム 68 を開放しドライブ 8、10 からドライブベルト 28、32 を取り外す。図 1 A に示されているように、オペレーターは用具ホルダー 4 を保持しシャフト 18、20 を上方に引っ張って、パネクリップ 75 を開放するのに十分な力を与える。シャフト 18、20 は末端ベアリング 22 から外れてボールスプラインベアリング 62、64 を介してスライドし、その結果用具ホルダー 4 はベース 6 から分離される。本発明は、用具ホルダー 4 をベース 6 及びドライブアセンブリ 7 に取り外し可能に連結するための上記手段に制限されるものでないことは理解すべきである。例えば、外科医が単純に部材 19 を取り外してホルダーを下方にシャフト 18、20 からスライドさせるように、末端サポート部材 19 はフレーム 16 の残りの部分と取り外し可能に連結できる。同様に、基部サポート部材 17 をフレーム 16 に取り外し可能に連結できる。あるいは、ドライブモーターは、ベース 6 に取り外し可能に取り付けられた別のサーボボックス (図示せず) 内に収容できる。この構成では、サーボボックスはベース 6 から取り外されて、ベース 6 全体がホルダー 4 と共に消毒できる。

#### 【0027】

ベース 6 の下部 (末端サポート部材 19 を含む) も、(例えばベース 6 の下部を消毒槽に浸すことにより) 消毒でき、ホルダー 4 又は用具 14 と接触する部分を浄化できる。この種の消毒を容易にするために、好ましくはシャフト 18、20 は図 1 に示されているものより幾らか長くし、ベース 6 の下部 (ドライブアセンブリ 7 を含む) をホルダー 4 及び用具 14 から十分に離して配置する。この様にして、遠隔操縦ロボットシステムで求められるドライブモーター又は電気接続を損傷することなく、外科手術処置の後に外科手術マニピュレーターを容易に消毒できる。

#### 【0028】

用具ホルダー 4 はさらに、外科手術用具 14 をマニピュレーターアセンブリに開放可能に連結するための用具サポート 70 (詳細は図 3 A 参照) を含む。用具サポート 70 は装着ベアリング 74 を介してシャシー 60 内に回転可能に取り付けられ、サポート 70 及び用具はそこで回転できる。図 1 に示されているように、サポート 70 は環状リングギア 76 と外接し、この環状リングギアの歯は、第 1 シャフト 18 に装着されたドライブギア 78 の歯と噛み合う。ドライブギア 78 は第 1 シャフト 18 と共に回転するように第 1 シャフト 18 の回りに構成され、それと共に用具サポート 70 と外科手術用具を回転させる。ドライブギア 78 は第 1 シャフト 18 に対して軸方向にも動くよう構成され、用具ホルダー 4 をフレーム 16 に対して軸方向に移動可能とする。

#### 【0029】

用具ホルダー 4 はさらに、軸方向ガイドスロット 82 内でシャシー 60 のどちらかの側面に移動可能に取り付けられたアクチュエータードライバー 80 を含む (詳細は図 5 を参照)。アクチュエータードライバー 80 はリングギア 86 を有する螺旋アクチュエーター 84 (詳細は図 6 B 参照) を含み、このリングギア 86 は、第 2 シャフト 20 に装着され

10

20

30

40

50

たグリッパードライブギア 88 と噛み合う。第 2 シャフト 20 が回転することにより、グリッパードライブギア 88 が回転し、それによりシャシー 60 内でリングギア 86 及び螺旋アクチュエーター 84 を回転させる。アクチュエータードライバー 80 はさらに、外科手術用具 14 のエンドエフェクターアクチュエーターを用具ホルダー 4 に開放可能に連結するためのアクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 (詳細は図 6 A 参照) を含む (図 2 参照)。以下において更に詳細に述べるように、キャリッジアセンブリ 90 は螺旋アクチュエーター 84 及びシャシー 60 内に装着され、螺旋アクチュエーター 84 が回転することに応じてキャリッジアセンブリ 90 がシャシー 60 に対して軸方向に移動する。

#### 【0030】

図 2 A 及び図 2 B には、遠隔操縦ロボット外科手術のためのマニピュレーターアセンブリ 2 のようなモーター駆動マニピュレーターにより操作できる内視鏡外科手術用具 14 の特定の実施例が示される。外科手術用具 14 は、経皮貫通を通して体腔内に送るのに適した従来の種々の内視鏡用具 (例えば組織把持器、針ドライバー、マイクロ鉗、電気メス解剖用具など) とできる。好適実施態様では、用具 14 は、基部エンド 102、末端エンド 104 及びそれらの間の長手方向軸 106 を有するシャフト 100 を含む組織把持器である。刻み付きハンドル 114 がシャフト 100 の基部エンド 102 に取り付けられ、用具 14 の操作を容易にする。

#### 【0031】

好ましくは、シャフト 100 は 2 ~ 10 mm の範囲 (通常は 4 ~ 8 mm) の外径を有するステンレス鋼管であり、2 ~ 15 mm の範囲の内径を有するカニューレ内に嵌まる。シャフトもまた患者の経皮切り口を通して直接導入される。シャフト 100 は、腹部のような体腔内の目標場所にとどき且つ体腔から十分に延びるような長さに設定され、外科手術用具 14 を容易に操作できるようにする。よって、シャフト 100 は少なくとも 10 ~ 40 cm の間、好ましくは 17 ~ 30 cm の間とすべきである。図面ではシャフト 100 は円形の断面形状を有して示されているが、その他矩形、三角形、楕円または溝状の断面形状とできる。

#### 【0032】

特定の構成では、シャフト 100 は、用具サポート 70 及びマニピュレーターアセンブリ 2 の第 1 ドライブ 8 に対して開放可能に外科手術用具 14 を連結するための装着手段を含む。好適実施態様では、装着手段はシャフト 100 から横方向外側に延在する 1 対の対向装着ピン 116 から成る。装着ピン 116 はシャフト 100 にしっかりと接続され、以下で詳細に説明するように用具サポート 70 上のツイスト・ロック・インターフェースと係合するのに適している。本発明は 1 対の対向ピンに限定されるものではなく、装着手段には一つの装着ピン又はシャフトの周囲に延在する複数のピンを含み得ることも分かる。その他、ピン 116 はもし望めば球状や環状のような様々な別の形状を有し得る。

#### 【0033】

用具 14 はエンドエフェクター 120 を含み、これは末端エンド 104 から延在し、腹腔鏡外科手術の間、腹部のような患者の組織構造に係合する。好適実施態様では、エンドエフェクター 120 は 1 対の顎部 122、124 を含み、これらは開閉位置間で移動可能で血管を掴んだり、縫合用縫糸を保持したりする。好ましくは、顎部 122、124 は横方向溝又は対向表面上に別の構造特徴 (図示せず) を有し、組織構造を掴むのを容易にする。顎部 122、124 により組織を損傷するのを避けるために、顎部は、顎部 122、124 を包むゴム製のエラストマースリーブ、フォーム又は外科手術ガーゼのような非外傷性手段 (図示せず) をも含む。

#### 【0034】

顎部 122、124 を開閉位置間で移動させるために、用具 14 はエンドエフェクターアクチュエーターを含み、これはアクチュエータードライバー 80 及びマニピュレーターアセンブリ 2 の第 2 ドライブ 10 に開放可能に連結される (図 4 参照)。好適実施態様では、エンドエフェクターアクチュエーターは 1 対の対向アクチュエーターピン 132 を含み、これらのピンはシャフト 100 内で軸方向に延在するスロット 134 から横方向に突

10

20

30

40

50

出している。アクチュエーターピン 132 は長ロッド 136 に連結され、この長ロッドはシャフト 100 の内腔 138 内にスライド可能に配置される。アクチュエーターピン 132 はスロット 134 内でスライド可能であり、そのため、ロッド 136 はシャフト 100 及び装着ピン 116 に対して軸方向に移動可能であり従来技術のように顎部 122、124 を開閉する。長ロッド 136 は、シャフト 100 内の内腔 142 内に配置された基部分 140 を有し、アクチュエーターピン 132 が横方向に動くのを防ぎ、外科手術処置の間、ロッド 136 がシャフト 100 内で一般に中心に確実に残るようにする。

#### 【0035】

好ましくは、顎部 122、124 は環状圧縮バネ 144 により閉位置に置かれ、この環状圧縮バネはシャフト 100 内においてアクチュエーターピン 132 とシャフト 100 の内面に固定された環状ディスク 146 の間に配置される。このことにより、内視鏡処置の間、外科手術チームはカニューレ 50 内に組織を突き刺すことなく、又は周囲の組織を損傷することなく、カニューレ 50 (又は他のタイプの経皮貫通) を通って体腔内に顎部 122、124 を導入できる。

#### 【0036】

図 3 A、図 3 B、図 4 にはツイストロック機構が示されており、これは外科手術用具 14 をマニピュレーターアセンブリ 2 に開放可能に接続し、内視鏡外科手術処置の間、異なる用具を素早く交換できるようになっている。図 3 A に示されているように、用具サポート 70 は環状カラー 200 を含み、これは外科手術用具 14 のシャフト 100 を受け入れるための中心穴 202 を定める。カラー 200 はさらに軸方向に延在し穴 202 と連通したスロット 204 を定め、このスロットは、装着を可能にし且つ用具 14 のアクチュエーターピン 116、132 がそれを通してスライドできるようなサイズにされる(図 4 参照)。2つのロックスロット 206 が横断角度(好ましくは  $90^\circ$ )にて環状カラー 200 内に軸方向延在スロット 204 まで切り込まれる(ロックスロットのうちの一つだけが図 3 A には示されている)。以下で議論するように、ロックスロット 206 は環状カラー 200 の中心近くにてスロット 204 と交差し、穴 202 の周囲(好ましくは約  $90^\circ$ )に延在し両方の装着ピン 116 がそれを介して回転できる。

#### 【0037】

図 3 A、図 8 に示されているように、用具サポート 70 はさらに、装着ピン 116 をロックスロット 206 内にロックするための手段を含み、それにより、外科手術中に用具が偶然に捻られて用具サポート 70 から外れることはない。好ましくは、図 3 A に示されているように、ロック手段はプランジャ 210 を有するラッチアセンブリを含み、このプランジャがカラー 200 の穴 212 内にスライド可能に配置される。プランジャ 210 は L 型ラッチ 213 を含み、この L 型ラッチは、穴 212 を通って延在するロッド 215 により開放ボタン 214 に連結される。プランジャ 210 は第 1 位置と第 2 位置の間で移動可能である。この第 1 位置では、ラッチ 213 はロックスロット 206 内に配置されて装着ピン 116 はそれを通して自由に回転でき、上記第 2 位置では、ラッチ 213 はロックスロット 206 の一つ内に少なくとも部分的に配置されて装着ピン 116 が回転するのを防ぐ。好ましくは、ラッチ 213 は圧縮バネ 216 により第 2 位置、即ちロック位置に置かれる。

#### 【0038】

外科医によるマニュアル操作又はベース 6 による自動操作のためのボタン 214 が、サポート 70 の上面に設けられる。好ましくは、用具ホルダー 4 がその最も基部の位置に動かされたとき(図 1 参照)、フレーム 16 の基部サポート部材 17 は開放スイッチ 214 を押し下げてラッチ 213 を第 1 位置即ち開放位置に移動させる。この構成により、用具ホルダー 4 が最も基部の位置にあり用具 14 のシャフト 100 が容易にアクセス可能なときのみ、用具を交換できる。加えて、このことにより、用具の末端がカニューレ 50 に貫通して体腔内にあるとき用具が偶然に開放されることが防げる。

#### 【0039】

交差する軸方向スロット及びロックスロット 204、206 は、外科手術用具 14 の装

10

20

30

40

50

着ピン 116 を用具ホルダー 4 に開放可能に連結するためのインターフェースを形成する。図 4 に示されるように、用具 14 を挿入するために、外科医は装着ピン 116 を軸方向スロット 204 に整列させ、装着ピン 116 がロックスロット 206 に整列するまで環状カラー 200 の穴 202 を通して用具をスライドさせる。それから、用具はロックスロット 206 を通して十分なだけ（好ましくは約 1 / 4 回転）回転され、ピンが軸方向スロット 204 にもはや整列しないようにする。用具 14 が末端に移動すると、スイッチ 214 が開放され（図 1）、ラッチ 213 がロックスロット 206 内に移動し、装着ピン 116 が回転し戻り軸方向スロット 204 に整列することを防ぎ、用具 14 が用具サポート 70 に固定される。一つの装着ピンを上記構成と共に用いて外科手術用具をサポートにロックできることに留意すべきである。しかしながら、2つの対向ピンが好ましい。というのは、この構成によりロックスロット 206 の内面に作用する捩り力が減じられるからである。

10

#### 【0040】

好ましくは、図 8 に示されているように、ロック手段はカラー 200 内に配置されたボール止め金 217 を含む。ボール止め金 217 はバネ 218 によりロックスロット 206 の一つ内上方に置かれる。ボール止め金 217 は、軸方向スロット 204 に整列した位置から約 90° 回転した位置に装着ピン 116 を一時的に捕獲する働きをする。このことにより、用具 14 が用具ホルダー内にツイストされた際、装着ピンが完全に回転されて適切な位置におかれる（即ちラッチ 213 から離れる）。さもなければ、スイッチ 214 が開放された際、ラッチ 213 が装着ピン 216 と係合してラッチがロック位置に完全に移動

20

#### 【0041】

図 3 B、図 4、図 5 に示されているように、用具ホルダー 4 のアクチュエータードライバー 80 はさらに、用具 14 のアクチュエーターピン 132 を開放可能に保持し移動させるためのアクチュエーターピンキャッチ 220 を含む。アクチュエーターピンキャッチ 220 は用具サポート 70 と同様に構成され（図 3 A）、環状カラー 222 を含み、この環状カラーは、シャフト 100 を受け入れる穴 224 及びアクチュエーターピン 132 を受け入れる軸方向延在スロット 226 を定める。装着ピンに関して上記議論したように、ロックスロット 228 は 90° の角度にてアクチュエーターピンキャッチ 220 内に切り込まれ、アクチュエーターピンはロックスロット内に回転できアクチュエーターピン 132 をアクチュエータードライバー 66 に連結する。アクチュエーターピン 132 は装着ピン 116 の末端に位置するので（好ましくは用具はまず顎部が挿入される）、スロット 226 はカラー 222 を通って完全に延在する必要はない。もちろん、アクチュエーターピン 132 及び装着ピン 116 は、もし望めば装着ピンがアクチュエーターピンの末端にくるように逆にできる。

30

#### 【0042】

図 6 A を参照すると、アクチュエーターピンキャッチ 220 はアクチュエーターキャリッジアセンブリ 90 内のボールベアリング 230 に回転可能に取り付けられる。ベアリング 230 により、ピンキャッチ 220 は軸方向の相対的な運動を防ぎつつキャリッジアセンブリ 90 内で自由に回転できる。よって、用具 14 が第 1 ドライブ 8 により回転される際、アクチュエーターピン 132 はキャリッジアセンブリ 90 内で回転する。キャリッジアセンブリ 90 はさらに、一对の内部ローラー 236 及び一对の外部ローラー 238 を回転可能に支持するための 2 組の心棒 232 を含む。図 1 に示されているように、外部ローラー 238 はシャシー 60 の軸方向ガイドスロット 82 内にスライド可能に配置され、キャリッジアセンブリ 90 がシャシー 60 に対して回転するのを防ぐ。内部及び外部ローラー 236、238 は螺旋アクチュエーター 84 及び用具ホルダー 4 のシャシー 60 と協働してホルダーに対して軸方向に移動し、それにより、ピンキャッチ 220 及びアクチュエーターピン 132 をそれらと共に用具 14 のシャフト 100 に対して軸方向に移動させる（上述のようにこのシャフトは顎部 122、124 を作動させる）。

40

50

## 【 0 0 4 3 】

図 6 B に示されているように、螺旋アクチュエーター 8 4 は、キャリッジアセンブリ 9 0 及び外科手術用具 1 4 を受け入れる中心穴 2 4 0 と、2 つの対向螺旋溝 2 4 2、2 4 4 を含み、これらの溝の各々は螺旋アクチュエーター 8 4 の周囲に延在し（好ましくは  $180^\circ$  より僅かに小さく）て図 5 に示されるようにキャリッジアセンブリ 9 0 の内部ローラー 2 3 6 を受け入れる。シャシー 6 0 の軸方向ガイドスロット 8 2 内に拘束された外部ローラー 2 3 8 により、螺旋アクチュエーター 8 4 が回転することでキャリッジアセンブリ 9 0（及びアクチュエーターピンキャッチ 2 2 0）が回転の感度に依存して上下に移動する。螺旋アクチュエーター 8 4 の対称的な設計ゆえに、第 2 ドライバー 1 0 により作用する作動力は用具 1 4 の如何なる効果的な側面負荷も発生させず、このことにより、軸方向（第 3 ドライバー 1 2）及び回転（第 1 ドライバー）のような他の自由度との摩擦連結が避けられる。好適実施態様では、螺旋溝 2 4 2、2 4 4 のピッチは、機構が容易に後方駆動できるように設定され、位置サーボ遠隔操作システムにおいて掴み力を感知することが可能となる。

10

## 【 0 0 4 4 】

図 3 A、図 3 B に示されるように、用具ホルダー 4 はさらに、用具サポート 7 0 に固定された一対の軸方向ガイドピン 2 5 0、2 5 2 を含む。アクチュエーターピンキャッチ 2 2 0 は、ガイドピン 2 5 0、2 5 2 を受け入れる一対の開口 2 5 4、2 5 6 を有する。ガイドピン 2 5 0、2 5 2 は、ピンキャッチ 2 2 0 とサポート 7 0 の間での相対的な回転を防ぎ（その結果、アクチュエーター及び装着ピン 1 1 6、1 3 2 は両方とも用具と共に回転できる）、そして互いに相対的な軸方向の運動を可能にする（その結果、エンドエフェクター 1 2 0 はアクチュエーターピン 1 3 2 の軸方向移動により作動され得る）。

20

## 【 0 0 4 5 】

図 9 はリモート中心位置決め器 3 0 0 の立面図であり、これは患者の上でマニピュレーターアセンブリ 2 を支持するのに用いることができる（サポートマニピュレーター 2 は図 8 には示されていないことに留意）。リモート中心位置決め器 3 0 0 はマニピュレーターアセンブリ 2 に対して 2 自由度を与え、入り口切り口に一致する地点 3 0 8 の回りに回転するよう拘束する。好ましくは、地点 3 0 8 はカニューレ 5 0 内のベアリング 5 4 のほぼ中心となる（図 1）。リモート中心位置決め器 3 0 0 の更に完全な説明は、一般譲渡された同時係属出願第 0 8 / 0 6 2、4 0 4 号、1 9 9 3 年 5 月 1 4 日提出、「リモート中心位置決め器」に記載されており、参考のためここに添付する。

30

## 【 0 0 4 6 】

第 1 リンク手段は参照番号 3 2 1 により一般的に示され、平行四辺形の形式の第 2 リンクは参照番号 3 2 3 により示される。第 1 リンク手段はベースプレート上に旋回自在に装着されて x - x 軸の回りを回転する。第 2 リンク手段は第 1 リンク手段に旋回自在に接続され、第 1 リンクと平行な面内を移動するよう適合される。5 つのリンク部材（その延長部を含む）3 1 1、3 1 2、3 1 3、3 1 4、3 1 5 は、ピボット継ぎ手 3 1 6 - 3 2 0 と共に接続される。エレメント 3 1 3 の一部は平行四辺形リンクのピボット 3 2 0 を越えて延在する。平行四辺形リンクは、リンク部材 3 1 3 において操作エンドを有し、リンク部材 3 1 2 において駆動エンドを有する。後に望まれるように、延長されたエレメント 3 1 3 は、外科手術用具、又はマニピュレーターアセンブリ 2 のサポートブラケット 2 4 のような他の装置を支持できる。ピボット継ぎ手により、リンク部材を含む平面内でのみリンク部材の相対的な運動が可能となる。

40

## 【 0 0 4 7 】

平行四辺形リンクは、対応するリンク部材 3 1 4、3 1 5 及びリンク部材 3 1 2、3 1 3 により形成される。平行四辺形のリンク部材 3 1 4、3 1 5 の部分は、平行四辺形の部材 3 1 2、3 1 3 の部分と同じ長さである。これらの部材は平行四辺形内で共に接続され、それらの部材により形成される平面内でのみ相対的な運動を行う。参照番号 3 2 2 により一般に示された回転自在継ぎ手は、適当なベース 3 2 4 に接続される。回転自在継ぎ手 3 2 2 は、ベースサポート手段 3 2 4 に固定装着するのに適応したベースプレート 3 2 6

50

上に取り付けられる。ピボットプレート 328 は、例えばピボット 330、332 において適当な手段によりベースプレート 326 に旋回自在に取り付けられる。よって、ピボットプレート 328 は所望の角度  $\theta_2$  だけ軸  $x-x$  の回りを回転できる。これは、マニュアルまたは適当なピボットドライブモーター 334 により行うことができる。

#### 【0048】

第 1 リンクは、回転自在継ぎ手 322 のピボットプレート 328 上に旋回自在に取り付けられる。リンクエレメント 311、312 及びリンク部材は相対的に固くて曲がらず、そのため外科手術で用いられる用具を適切に支持できる。アルミニウムや他の金属製のロッドはそのようなリンクとして有効である。リンクエレメント 311、312 はベースプレート 328 上に旋回自在に取り付けられ、ピボット 336、338 により回転自在継ぎ手に対して回転する。少なくとも一つのピボット 336、338 が、回転のその軸が  $x-x$  軸に垂直となり且つ  $x-x$  軸と交差するように、位置決めされる。移動はマニュアルでも行えるし、リンクドライブモーター 340 を用いても行える。第 1 リンクもまた、リンクエレメント 311、312、ピボット 316、318 によりそれらに接続されたリンク部材 315 の部分、及びベースプレート 328 により形成された平行四辺形の形式の形状とされる。よって、リンク部材 315 の一つは、第 1 及び第 2 リンク手段 321、323 の両方において使用される。リンクエレメント 312 はまた、第 1 及び第 2 リンク手段 321、323 の両方の共通リンクを形成する。本発明に従い、リンクエレメント 311 が回転する際、及び/又はピボットプレート 328 が軸  $x-x$  の回りを回転する際、上記実施態様の装置により球回転のリモート中心 308 が与えられる。よって、エレメント 313 のエンドは所望の角度  $\theta_1$  及び  $\theta_2$  だけ移動でき、またはそれ自身の軸の回りに回転できる一方、回転のリモート中心は同じ配置のままである。

#### 【0049】

図 9 には、リモート中心位置決め器 300 のベースに取り付けられたクリノメーター 350 も示されている。リモート中心位置決め器は、実行される特定の外科手術に依存して、垂直に対して任意の方向に取り付けることができ、クリノメーター 350 はこの方向を測定するのに用いることができる。測定された方向は、遠隔操縦ロボットシステムを制御するのに必要なサーボ制御信号を計算して実行するのに用いることができ、外科医がシステム機構に作用する重力を感じないようにする。

#### 【0050】

本発明の精神を逸脱することなく他の人により改変及び変更は為し得る。例えば、本発明は内視鏡外科手術に制限されないことを理解すべきである。実際、遠隔操縦ロボット制御機構に従った用具ホルダー 4 は特にオープン外科手術処置の間有効であり、異なる部屋又は完全に違う病院のような遠隔場所から外科医が手術するのを可能にする。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0051】

【図 1】本発明によるマニピュレーターアセンブリに装着されたロボット内視鏡外科手術用具の部分断面立面図である。

【図 1A】図 1 のマニピュレーターアセンブリの部分断面立面図であり、用具ホルダーがアセンブリの残りの部分から取り除かれているのを示す。

【図 2A】図 1 の外科手術用具の拡大された側断面図である。

【図 2B】図 1 の外科手術用具の拡大された前面断面図である。

【図 3】図 3A と図 3B は、それぞれ用具サポートとアクチュエーターピンキャッチの斜視図であり、外科手術用具をマニピュレーターアセンブリに開放可能に装着するものである。

【図 4】図 3A と図 3B の用具サポートとアクチュエーターピンキャッチ内に装着された外科手術用具の前面立面図である。

【図 5】図 3B のアクチュエーターピンキャッチを軸方向に移動させるためのアクチュエータードライバーの前面立面図である。

【図 6】図 6A と図 6B は、図 5 のアクチュエーターキャリッジアセンブリと螺旋アクチ

10

20

30

40

50

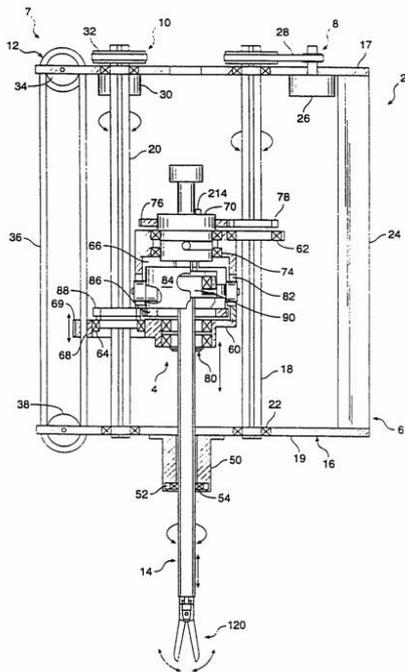
ューターの拡大断面図である。

【図7】図1のマニピュレーターアセンブリのフレームの一部の拡大詳細図であり、フレームからシャフトを取り外すための連結機構を示す。

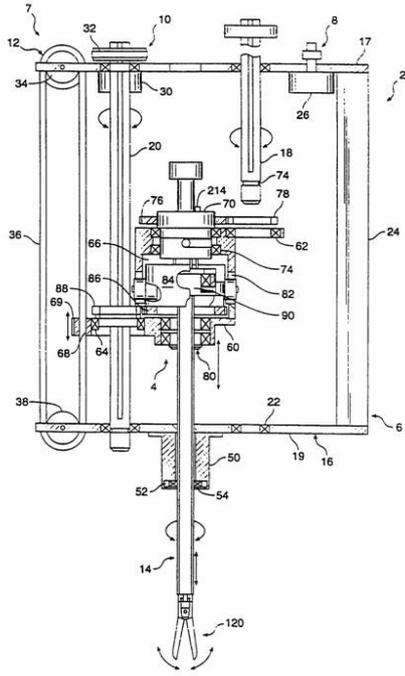
【図8】図3Aの用具サポートの部分断面図であり、本発明によるツイストロックインターフェイスのためのロック機構を示す。

【図9】図1のマニピュレーターアセンブリを保持するためのリモート中心位置決め器の立面図である。

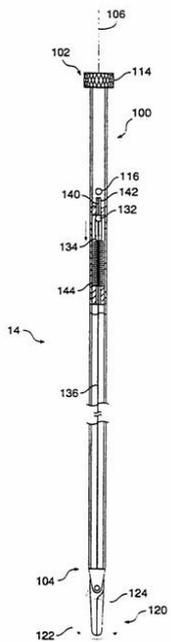
【図1】



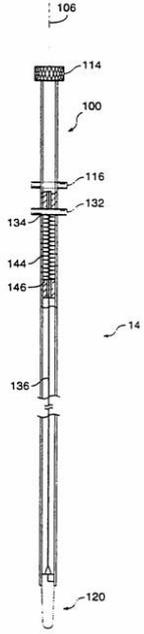
【 図 1 A 】



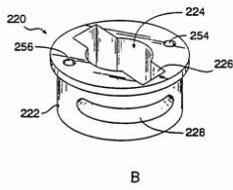
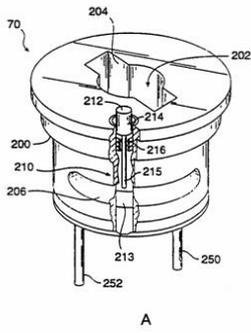
【 図 2 A 】



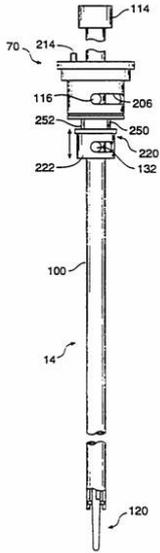
【 2 B 】



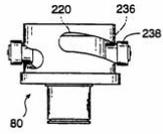
【 3 】



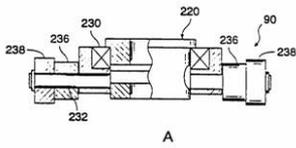
【 図 4 】



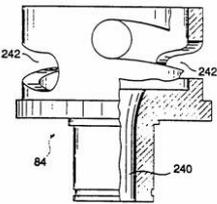
【 図 5 】



【 図 6 】

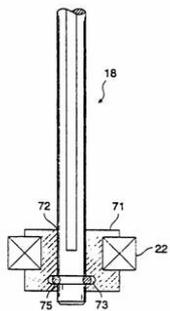


A



B

【 図 7 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 ジェンセン, ジョエル, エフ.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94061 レッドウッド・シティー、ノーザンバーランド  
・アヴェニウ 426

(72)発明者 ヒル, ジョン, ダブリュー.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94303 パロ・アルト、チャールストン・コート 71  
3

審査官 井上 哲男

(56)参考文献 特開平07-136173(JP, A)  
特開昭55-090291(JP, A)  
特開昭58-102694(JP, A)  
実開平04-039333(JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 19/00  
A61B 17/00