

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5715304号
(P5715304)

(45) 発行日 平成27年5月7日(2015.5.7)

(24) 登録日 平成27年3月20日(2015.3.20)

(51) Int. Cl. F I
B 2 5 J 3/02 (2006.01) B 2 5 J 3/02
A 6 1 B 19/00 (2006.01) A 6 1 B 19/00 5 0 2

請求項の数 15 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2014-522193 (P2014-522193)	(73) 特許権者	512008613
(86) (22) 出願日	平成24年7月25日 (2012.7.25)		エコール ポリテクニク フェデラル
(65) 公表番号	特表2014-534080 (P2014-534080A)		デ ローザンヌ (イーピーエフエル)
(43) 公表日	平成26年12月18日 (2014.12.18)		スイス国, シーエイチー1015 ローザ
(86) 国際出願番号	PCT/IB2012/053786		ンヌ, カルティエ デ リノヴェイション
(87) 国際公開番号	W02013/014621		ージェイ, イーピーエフエルティーティ
(87) 国際公開日	平成25年1月31日 (2013.1.31)	(74) 代理人	100106002
審査請求日	平成26年3月17日 (2014.3.17)		弁理士 正林 真之
(31) 優先権主張番号	61/511,994	(74) 代理人	100120891
(32) 優先日	平成23年7月27日 (2011.7.27)		弁理士 林 一好
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100165157
(31) 優先権主張番号	00702/12		弁理士 芝 哲央
(32) 優先日	平成24年5月18日 (2012.5.18)	(74) 代理人	100126000
(33) 優先権主張国	スイス (CH)		弁理士 岩池 満
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔操作のための機械的遠隔操作装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

遠隔操作するための機械的遠隔操作装置(5a、5b)であって、
 複数のスレーブジョイント(16、17、18、19)により相互接続される複数のス
 レーブリンク(11、12、13、14)を有するスレーブ装置(10)と、
 前記スレーブ装置(10)の遠位端に接続されるエンドエフェクタ(40)と、
 複数のマスタージョイント(26、27、28、29)により相互接続される対応す
 数のマスターリンク(21、22、23、24)を有するマスター装置(20)と、
 前記機械的遠隔操作装置を操作するための前記マスター装置(20)の遠位端に接続さ
 れるハンドル(30)と、
 前記マスター装置(20)の各マスタージョイント(26、27、28、29)に与え
 られる運動が、前記スレーブ装置(10)の対応するスレーブジョイント(16、17、
 18、19)により再現されるように、前記スレーブ装置(10)を前記マスター装置(
 20)と運動学的に接続するように配置される第1の機械的伝達手段(61、62、63
 、64)と、
 前記ハンドル(30)に与えられる運動が前記エンドエフェクタ(40)により再現さ
 れるように、前記エンドエフェクタ(40)を前記ハンドル(30)と運動学的に接続す
 るように配置される第2の機械的伝達手段(65、66、67)と、
 前記機械的遠隔操作装置(5a、5b)が作動される場合、前記スレーブ装置(10)
 の対応するスレーブリンク(14)が、誘導される前記マスターリンク(24)の長手方

向軸に平行な仮想軸（ 4 ）に沿って常に平行移動するように、前記マスター装置（ 2 0 ）の 1 つのマスターリンク（ 2 4 ）が、その長手方向軸（ 1 ）に沿って誘導されることを確保するように構成される機械的制限手段（ 3 2 ）と、を備え、

前記機械的遠隔操作装置（ 5 a、5 b ）が、前記マスター装置（ 2 0 ）の誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）を、その長手方向軸（ 1 ）周囲、ならびに第 2 の軸（ 2 ）および第 3 の軸（ 3 ）周囲で回転させることができるように構成され、誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）の長手方向軸（ 1 ）ならびに第 2 の軸（ 2 ）および第 3 の軸（ 3 ）が、誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）の配向とは独立して固定単一点（ 3 2 ' ）において互いに常に交差し、前記マスターリンク（ 2 4 ）は、前記スレーブ装置（ 1 0 ）の対応するスレーブリンク（ 1 4 ）を、その長手方向軸（ 4 ）周囲、ならびに前記第 2 の軸（ 2 ）および第 3 の軸（ 3 ）のそれぞれに平行である第 5 の仮想軸（ 5 ）および第 6 の仮想軸（ 6 ）周囲で回転させることができ、前記対応するスレーブリンク（ 1 4 ）の長手方向軸（ 4 ）ならびに前記第 5 の仮想軸（ 5 ）および第 6 の仮想軸（ 6 ）が、動作の遠隔中心（ 5 0 ）において互いに常に交差し、前記スレーブ装置（ 1 0 ）の複数の連結式のスレーブリンク（ 1 1、1 2、1 3、1 4 ）および対応するスレーブジョイント（ 1 6、1 7、1 8、1 9 ）により形成される鎖の運動学的モデルが、前記マスター装置（ 2 0 ）の複数の連結式のマスターリンク（ 2 1、2 2、2 3、2 4 ）および対応するマスタージョイント（ 2 6、2 7、2 8、2 9 ）により形成される鎖の運動学的モデルと同一であることを特徴とする、機械的遠隔操作装置（ 5 a、5 b ）。

【請求項 2】

前記エンドエフェクタ（ 4 0 ）が、エンドエフェクタジョイント（ 4 2、4 5、4 6 ）により相互接続される、少なくとも 2 つ、好ましくは 3 つの連結式のエンドエフェクタリンク（ 4 1、4 3、4 4 ）を備えること、および前記ハンドル（ 3 0 ）が、ハンドルジョイント（ 3 2、3 5、3 6 ）により相互接続される、対応する少なくとも 2 つ、好ましくは 3 つの対応する連結式のハンドルリンク（ 3 1、3 3、3 4 ）を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、5 b ）。

【請求項 3】

前記エンドエフェクタ（ 4 0 ）の複数の連結式のエンドエフェクタリンク（ 4 1、4 3、4 4 ）および対応するエンドエフェクタジョイント（ 4 2、4 5、4 6 ）により形成される鎖の運動学的モデルが、前記ハンドル（ 3 0 ）の複数の連結式のハンドルリンク（ 3 1、3 3、3 4 ）および対応するハンドルジョイント（ 3 2、3 5、3 6 ）により形成される鎖の運動学的モデルと同一であることを特徴とする、請求項 2 に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、5 b ）。

【請求項 4】

前記ハンドル（ 3 0 ）の各々のハンドルリンク（ 3 1、3 3、3 4 ）に与えられる運動の大きさが、各々のエンドエフェクタリンク（ 4 1、4 3、4 4 ）の長さ、対応するハンドルリンク（ 3 1、3 3、3 4 ）の長さとの比率に対応する第 1 の所定の縮尺比率にて前記エンドエフェクタ（ 4 0 ）の対応するエンドエフェクタリンク（ 4 1、4 3、4 4 ）により再現されることを特徴とする、請求項 2 または 3 に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、5 b ）。

【請求項 5】

前記機械的遠隔操作装置が作動される場合、前記マスター装置（ 2 0 ）の各々のマスターリンク（ 2 1、2 2、2 3、2 4 ）の運動の大きさが、各々のスレーブリンク（ 1 1、1 2、1 3、1 4 ）の長さ、対応するマスターリンク（ 2 1、2 2、2 3、2 4 ）の長さとの比率に対応する第 2 の所定の縮尺比率にて前記スレーブ装置（ 1 0 ）の対応するスレーブリンク（ 1 1、1 2、1 3、1 4 ）により再現されることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、5 b ）。

【請求項 6】

前記スレーブ装置（ 1 0 ）および前記マスター装置（ 2 0 ）が、接続リンク（ 6 0 ）の

配向と独立して固定点（ 3 2 ' ）および前記動作の遠隔中心（ 5 0 ）と一直線に並んでいる、前記接続リンク（ 6 0 ）の長手方向軸周囲を回転するように構成される前記接続リンク（ 6 0 ）により一緒に接続されることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）。

【請求項 7】

前記マスター装置（ 2 0 ）が、前記接続リンク（ 6 0 ）と共に少なくとも 4 つの側部の実質的に多角形構造を形成するように配置される少なくとも 3 つのリンク（ 2 1、 2 2、 2 3、 2 4 ）を備え、前記第 2 の軸（ 2 ）および第 3 の軸（ 3 ）のうちの 1 つが、前記多角形構造により規定される平面に対して実質的に垂直であることを特徴とする、請求項 6 に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）。

10

【請求項 8】

前記マスター装置（ 2 0 ）が、

前記機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）が中立位置にある場合、一端にて第 1 のマスタージョイント（ 2 6 ）に接続され、上方に延び、他端にて第 2 のマスタージョイント（ 2 7 ）に接続される、接続リンク（ 6 0 ）に対して実質的に垂直である第 1 のマスターリンク（ 2 1 ）と、

一端にて前記第 2 のマスタージョイント（ 2 7 ）に接続され、他端にて第 3 のマスタージョイント（ 2 8 ）に接続されるように延びる第 2 のマスターリンク（ 2 2 ）と、

一端にて前記第 3 のマスタージョイント（ 2 8 ）に接続され、他端にて第 4 のマスタージョイント（ 2 9 ）に接続される第 3 のマスターリンク（ 2 3 ）と、
を備え、

20

誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）が、その長手方向軸（ 1 ）周囲で軸方向に回転でき、前記機械的制限手段（ 3 2 ）を通して接続リンク（ 6 0 ）を越えて下方に延びるように、誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）の一端が前記第 4 のマスタージョイント（ 2 9 ）に接続され、誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）の他端は、前記機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）のハンドル（ 3 0 ）に接続されることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）。

【請求項 9】

前記機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）のハンドル（ 3 0 ）が、第 1 のハンドルジョイント（ 3 2 ）を介して、誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）の一端に接続される第 1 のハンドルリンク（ 3 1 ）を備え、前記第 1 のハンドルリンク（ 3 1 ）の回転軸は、誘導される前記マスターリンク（ 2 4 ）の長手方向軸（ 1 ）と実質的に垂直であり、交差し、前記ハンドル（ 3 0 ）はさらに、互いに同軸上に取り付けられる第 2 のハンドルジョイント（ 3 5 ）および第 3 のハンドルジョイント（ 3 6 ）のそれぞれを介して前記第 1 のハンドルリンク（ 3 1 ）に接続される第 2 のハンドルリンク（ 3 3 ）および第 3 のハンドルリンク（ 3 4 ）を備えることを特徴とする、請求項 8 に記載の機械的遠隔操作装置（ 5 a、 5 b ）。

30

【請求項 10】

前記スレーブ装置（ 1 0 ）が、

接続リンク（ 6 0 ）の一端にて接続される第 1 のスレーブジョイント（ 1 6 ）と、

前記遠隔操作装置が中立位置にある場合、一端にて前記第 1 のスレーブジョイント（ 1 6 ）に接続され、上方に延び、前記接続リンク（ 6 0 ）に対して実質的に垂直であり、他端にて第 2 のスレーブジョイント（ 1 7 ）に接続される、第 1 のスレーブリンク（ 1 1 ）と、

40

一端にて前記第 2 のスレーブジョイント（ 1 7 ）に接続され、他端にて第 3 のスレーブジョイント（ 1 8 ）に接続されるように延びる第 2 のスレーブリンク（ 1 2 ）と、

一端にて前記第 3 のスレーブジョイント（ 1 8 ）および他端にて第 4 のスレーブジョイント（ 1 9 ）に接続される第 3 のスレーブリンク（ 1 3 ）と
を備え、

第 4 のスレーブリンク（ 1 4 ）が、その長手方向軸（ 4 ）周囲を軸方向に回転可能で

50

あり、実質的に下方に延びるように、前記第4のスレーブジョイント(19)が前記第4のスレーブリンク(14)に接続されることを特徴とする、請求項9に記載の機械的遠隔操作装置(5a、5b)。

【請求項11】

前記エンドエフェクタ(40)が、第1のエンドエフェクタジョイント(42)を介して前記第4のスレーブリンク(14)の一端にて接続される第1のエンドエフェクタリンク(41)を備え、前記第1のエンドエフェクタリンク(41)の回転軸が、前記第4のスレーブリンク(14)の長手方向軸(4)に対して実質的に垂直であり、交差し、前記エンドエフェクタ(40)は、互いに同軸に取り付けられる第2のエンドエフェクタジョイント(45)および第3のエンドエフェクタジョイント(46)のそれぞれを介して前記第1のエンドエフェクタリンク(41)に接続される第2および第3のエンドエフェクタリンクまたはブレード(43、44)をさらに備えることを特徴とする、請求項10に記載の機械的遠隔操作装置(5a、5b)。

10

【請求項12】

好ましくはステーション(80)に互いに平行に取り付けられる少なくとも2つの機械的遠隔操作装置(5a、5b)を備える機械的マニピュレータであって、各々の機械的遠隔操作装置(5a、5b)が、請求項1～11のいずれか一項に従って規定され、他方から独立して操作されるように構成される、機械的マニピュレータ。

【請求項13】

2つの機械的遠隔操作装置(5a、5b)の各々が、前記機械的マニピュレータを運搬および小型にして保存できるように好ましくは基準面(100)に対して60°から90°の角度を形成するように側部に沿って傾斜するように前記ステーション(80)に回転可能に取り付けられることを特徴とする、請求項12に記載の機械的マニピュレータ。

20

【請求項14】

前記エンドエフェクタ(40)の付近をモニタするように構成されるスクリーン(81)または任意の他の画像ディスプレイが前記ステーション(80)に設けられることを特徴とする、請求項12または13に記載の機械的マニピュレータ。

【請求項15】

請求項1～11のいずれか一項に記載の機械的遠隔操作装置(5a、5b)または請求項12、13もしくは14のいずれか一項に記載の機械的マニピュレータを備える、低侵襲外科的処置のための機械的遠隔操作手術装置であって、前記機械的遠隔操作手術装置は、患者に実施される外科的切開に一致した前記動作の遠隔中心(50)を位置決めするための調節手段を備える、機械的遠隔操作手術装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、遠隔作動型の機械的システム、より具体的には、患者の身体内への小さなサイズのアクセス切開を使用して、主に低侵襲性外科手術において使用するための遠隔操作のための機械的遠隔操作装置の分野に関する。この装置はまた、アセンブリ操作、狭い場所での操作、危険または困難な環境での操作、および汚染されたまたは浄化された環境での操作などの、高い剛性、正確さ、および質の高いカフィードバックによる器用な操作を必要とする任意の適切な遠隔作動型の用途に適合される。

40

【背景技術】

【0002】

開胸手術は依然としてほとんどの外科手術のための標準的な技術である。それは、数十年の間、医学界により使用されており、腹部における細長い切開により外科的作業を実施することからなり、その切開を通して従来の手術道具が挿入される。しかしながら、細長い切開に起因して、このアプローチは患者に対して極めて侵襲的であり、外科手術の間のかなりの失血、ならびに病院での長く苦痛な回復期間を伴う。

【0003】

50

開胸手術の侵襲性を低減させるために、腹腔鏡検査、低侵襲性技術が開発されている。単一の細長い切開の代わりに、4～5個の小さな切開が患者になされ、その切開を通して、長く薄い手術機器および内視鏡カメラが挿入される。低い侵襲性のために、この技術は失血を減少させ、病院での滞在および苦痛を短くする。経験のある外科医により実施される場合、この技術は開胸手術と同様の臨床転帰を達成できる。しかしながら、上述の利点にも関わらず、腹腔鏡検査は、剛性で長い機器を操作するために極めて高度な外科医のスキルを必要とする。入口の切開は回転点として作用し、患者の内部に機器を配置し、方向付けるための自由を減少させる。この切開周囲で外科医の手の動きは反転され、機器の先端に対してスケールアップ（「支点の作用」）する。これにより、器用さ、感受性がなくなり、外科医の手の動きが拡大される。さらに、これらの長く、線形の機器により、外科医は、手、腕および身体に関して不安定な姿勢で作業を強いられ、数時間の手術の間、途方もなく疲れる場合がある。したがって、腹腔鏡手術機械のこれらの欠点に起因して、これらの低侵襲性技術は主に簡単な外科手術における使用に限定されているが、ほんの少数の外科医のみがそれらを複雑な手術に使用することができる。

10

【0004】

これらの制限を克服するために、複雑な低侵襲性手術に対する使いやすいアプローチを提供するために外科的ロボットシステムが開発された。コンピュータ化されたロボットインターフェースによって、これらのシステムは遠隔腹腔鏡検査を実施でき、外科医はいくつかの小さな切開を通して操作を実施するために2つのマスターマニピュレータを操作するコンソールに座る。腹腔鏡検査と同様に、ロボットアプローチもまた、低侵襲性であり、痛み、失血、および回復時間に関して開胸手術よりいくつかの利点をもたらす。さらに、それはまた、開口および腹腔鏡技術と比較して、外科医に対して十分な疲労軽減（ergonomics）を与える。しかしながら、技術的に容易ではあるが、ロボット外科手術はいくつかのマイナスの側面をもたらす。これらのシステムの主な不都合な点は、複雑なメカトロニクスシステムにより構成され、入手し、維持するのに莫大な費用がかかる（世界中の外科部門のほとんどにとって手頃な価格ではない）、既存のロボット装置の極めて高度な複雑性に関連する。これらのシステムの別の欠点は、現在の外科ロボットの数が多く、手術室内の貴重なスペースを競合し、準備時間が著しくかかるという事実由来する。したがって、カフィールドバックの欠如と共に、患者へのアクセスを損ない、安全性についての懸念が増大する。

20

30

【0005】

特許文献1、特許文献2および特許文献3は、患者の身体の内側で外科医の手の動きを再現するように設計されたロボット遠隔操作外科用機器を開示している。コンピュータ化されたロボットインターフェースによって、外科医がいくつかの小さな切開を介して手術を実施するために2つのジョイスティックを操作するコンソールに座る、遠隔腹腔鏡検査の実施が可能となる。しかしながら、このシステムは自立性または人工知能を有さず、本質的に完全に外科医により制御される複雑なツールである。制御コマンドは、製造し、維持するのに非常に費用がかかり、病院スタッフによる使用が困難である、複雑なコンピュータ制御のメカトロニクスシステムによりロボットマスターとロボットスレーブとの間に送信される。

40

【0006】

特許文献4は、低侵襲性手術のための機器のためのそんなに複雑ではない機械的マニピュレータを開示しており、それは、近位端において、マニピュレータの遠位端に接続された機器を操作するためのハンドルを有する。平行四辺形の構造が、ハンドルと機器との間の明確な位置関係を保証するために近位端と遠位端との間に設けられる。この平行四辺形の構造は、平行四辺形の構造の位置を制御するためのバーのシステムに接続される。システムのバーは平行四辺形の構造に接続され、同様にカルダンジョイント（cardan joint）により互いに接続される。

【0007】

この機械的マニピュレータによって課される平行四辺形の制約は、このマニピュレータ

50

のハンドルに適用される動きの振幅と、マニピュレータの遠位端に接続される機器により再現される動きの振幅との間に1:1以外のスケール比を得ることを困難にする。このことは外科的介入に最重要であるマニピュレータの正確性を減少させる。

【0008】

さらに、特許文献4のマニピュレータのハンドルは、ガイド要素に沿ってスライド可能に取り付けられる伸張アームに接続される。このことにより、伸張アームがその長手方向軸に沿って常に平行移動することが確実に成り、それにより機器は、前記伸張アームの長手方向軸に平行な仮想上の軸に沿って常に平行移動する。ガイド要素は、制約が患者に実施される切開により課される場合、適切でない固定した単一の点の特定の距離においてその点の周囲で機器を回転させる支持構造上に偏心して回転可能に取り付けられる。さらに、平行四辺形の構造の剛性要素の高い慣性に起因して、この機械的マニピュレータは十分な触覚的な透明性を与える。

10

【0009】

いくつかの他の機械的システムが、放射性環境において遠隔操作のために開発されており、特許文献5などのいくつかの文献に開示されている。しかしながら、この文献に開示されるシステムはマスタースレーブアーキテクチャを含むが、その寸法、重量および運動は低侵襲性外科的応用に適していない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】国際公開第9743942号パンフレット

【特許文献2】国際公開第9825666号パンフレット

【特許文献3】米国特許出願公開第2010011900号

【特許文献4】国際公開第2008130235号パンフレット

【特許文献5】米国特許第2846084号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

したがって、本発明の目的は、好ましくは、高度に正確で、高い触覚的な透明性を有し、従来技術の上述の欠点を克服する、手術機器を操作できる低侵襲性外科手術のための機械的遠隔操作装置を提供することである。

30

【0012】

本発明の別の目的は、低侵襲性外科手術および開胸手術またはMRI環境での処置の他の形態に容易に使用され得るように構成される機械的遠隔操作装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

これらおよび他の利点は、マニピュレータが存在しなければならない場所付近での操作者の手の動きを自然に再現するように設計される、遠隔操作のための機械的遠隔操作装置により達成される。この機械的遠隔操作装置は、i) 複数のスレーブジョイントにより相互接続される複数のスレーブリンクを有するスレーブマニピュレータ(本明細書以下で「スレーブ装置」と称する); ii) スレーブ装置の遠位端に接続されるエンドエフェクタ(機器/ツールまたは把持部/保持部); iii) 複数のマスタージョイントにより相互接続される対応する数のマスターリンクを有するマスターマニピュレータ(本明細書以下で「マスター装置」と称する); ならびにiv) 機械的遠隔操作装置を操作するためのハンドルを備える。機械的遠隔操作装置はまた、エンドエフェクタをスレーブ装置の一部とみなし、ハンドルをマスター装置の一部であるとみなすことにより説明され得る。広範な意味において、エンドエフェクタを備えるリンクおよびジョイントは遠位スレーブリンクおよびジョイントとみなされ得るのに対して、ハンドルを備えるリンクおよびジョイントは遠位マスターリンクおよびジョイントとみなされ得る。エンドエフェクタはスレーブ装

40

50

置の近位部から解放可能であるように構成され得る。

【0014】

機械的遠隔操作装置はさらに、マスター装置の各々のマスタージョイントに与えられる運動（ジョイントの角度）が、所定の縮尺比率にてスレーブ装置の対応するスレーブジョイントにより再現されるように、スレーブ装置をマスター装置に運動学的に接続するように配置される第1の機械的伝達手段を備え、その所定の縮尺比率は、各々のマスターリンクがそれぞれ、対応するスレーブリンクより2倍または3倍長い場合、2：1または3：1のオーダーであることが有益であり得る。大きさのこのオーダーの縮小比率は装置の正確性を著しく改善できる。さらに、ハンドルに与えられる動きが所定の縮尺比率でエンドエフェクタにより再現されるように、第2の機械的遠隔操作手段がツールまたはエンドエフェクタをハンドルに運動学的に接続するように配置される。機械的遠隔操作装置はまた、前記マスター装置の1つのマスターリンクが、その長手方向軸に沿って移動するように誘導または制限されることを確保するように構成される機械的制限手段を備え、機械的遠隔操作装置が作動される場合、スレーブ装置の対応するスレーブリンクは、遠隔操作部に近接した、誘導される前記マスターリンクの長手方向軸に平行な仮想軸に沿って常に平行移動する。

10

【0015】

本発明によれば、これらの機械的制限手段はさらに、マスター装置の誘導されるマスターリンクを、その長手方向軸周囲、ならびに第2の軸および第3の軸周囲で回転させることができるように構成される。誘導されるマスターリンクの長手方向軸ならびに第2の軸および第3の軸は、誘導される前記マスターリンクの配向とは独立して、固定単一点にて互いに常に交差し、スレーブ装置の対応するスレーブリンクを、その長手方向軸周囲、ならびに誘導されるマスターリンクが回転できる第2の軸および第3の軸にそれぞれに平行である第5の仮想軸および第6の仮想軸周囲で回転させることができる。対応するスレーブリンクの長手方向軸ならびに第5の仮想軸および第6の仮想軸は、遠隔操作部（「動作の遠隔中心部」とも称される）に近接する仮想固定単一点にて互いに常に交差する。

20

【0016】

本発明の1つの態様によれば、スレーブ装置の複数の連結式のスレーブおよび対応するスレーブジョイントにより形成される鎖の運動学的モデルは、マスター装置の複数の連結式のマスターリンクおよび対応するマスタージョイントにより形成される鎖の運動学的モデルと同一である。

30

【0017】

本発明の別の態様によれば、機械的遠隔操作装置が作動される場合、スレーブ装置の各々のスレーブリンクおよびマスター装置の対応するマスターリンクは、実質的に互いに平行して移動するように、第1の機械的伝達手段が構成される。

【0018】

本発明の別の態様によれば、エンドエフェクタは、エンドエフェクタジョイントにより相互接続される、少なくとも2つ、好ましくは3つの連結式のエンドエフェクタリンクを備える。ハンドルは、ハンドルジョイントにより相互接続される、対応する少なくとも2つ、好ましくは3つの対応する連結式のハンドルリンクを備える。

40

【0019】

本発明の別の態様によれば、エンドエフェクタの複数の連結式のエンドエフェクタリンクおよび対応するエンドエフェクタジョイントにより形成される鎖の運動学的モデルが、ハンドルの複数の連結式のハンドルリンクおよび対応するハンドルジョイントにより形成される鎖の運動学的モデルと同一である。

【0020】

本発明の別の態様によれば、前記機械的遠隔操作装置が作動される場合、各々の連結式のエンドエフェクタリンクおよび対応する連結式のハンドルリンクが、実質的に互いに平行して移動するように、前記第2の機械的伝達手段が構成される。

【0021】

50

本発明の別の態様によれば、ハンドルの各々のハンドルリンクに与えられる運動の大きさが、各々のエンドエフェクタリンクの長さ、対応するハンドルリンクの長さとの比率に対応する第1の所定の縮尺比率にて前記エンドエフェクタの対応するエンドエフェクタリンクにより再現される。

【0022】

本発明の別の態様によれば、前記機械的遠隔操作装置が作動される場合、前記マスター装置の各々のマスターリンクの運動の大きさが、各々のスレープリングの長さ、対応するマスターリンクの長さとの比率に対応する第2の所定の縮尺比率にて前記スレーブ装置の対応するスレープリングにより再現される。

【0023】

本発明の別の態様によれば、誘導されるマスターリンクがその周囲で回転できる前記第2の軸および第3の軸が実質的に互いに垂直であり、対応するスレープリングがその周囲で回転できる前記第5の仮想軸および第6の仮想軸が実質的に互いに垂直である。

【0024】

本発明の別の態様によれば、前記スレーブ装置および前記マスター装置が、固定点および対応する仮想固定点と一直線に並んでいる、前記接続リンクの長手方向軸周囲を回転するように構成される前記接続リンクにより一緒に接続される。

【0025】

本発明の別の態様によれば、前記マスター装置が、前記接続リンクと共に少なくとも4つの側部の実質的に多角形構造を形成するように配置される少なくとも3つのリンクを備え、前記第2の軸および第3の軸のうちの一つが、前記多角形構造により規定される平面に対して実質的に垂直である。

【0026】

本発明の別の態様によれば、前記マスター装置の誘導されるマスターリンクが、前記機械的遠隔操作装置が作動される場合に存在する基準面に対する方向においてマスターリンクの接続リンクの開口部を通して延びるように配向される。前記機械的遠隔操作装置のハンドルが、前記接続リンクの下で作動される前記マスター装置の誘導されるマスターリンクの一端に接続される。

【0027】

本発明の別の態様によれば、前記スレーブ装置および前記マスター装置が所定の距離により互いから離れて分離する。前記第1の機械的伝達手段の一部が、前記スレーブ装置の各々のスレーブジョイントを、前記マスター装置の対応するマスタージョイントと運動学的に接続するために前記所定の距離に沿って配置される。前記第2の機械的伝達手段の一部が、前記エンドエフェクタの各々のエンドエフェクタジョイントを、前記ハンドルの対応するハンドルジョイントと運動学的に接続するために前記所定の距離に沿って配置される。

【0028】

本発明の別の態様によれば、前記マスター装置が、前記機械的遠隔操作装置が中立位置にある場合、一端にて第1のマスタージョイントに接続され、上方に延び、他端にて第2のマスタージョイントに接続される、接続リンクに対して実質的に垂直である第1のマスターリンクと、一端にて前記第2のマスタージョイントに接続され、他端にて第3のマスタージョイントに接続されるように延びる第2のマスターリンクと、一端にて前記第3のマスタージョイントに接続され、他端にて第4のマスタージョイントに接続される第3のマスターリンクとを備える。誘導される前記マスターリンクが、その長手方向軸周囲で軸方向に回転でき、前記機械的制限手段を通して接続リンクを越えて下方に延びるように、誘導される前記マスターリンクの一端が前記第4のマスタージョイントに接続される。

【0029】

本発明の別の態様によれば、前記機械的遠隔操作装置のハンドルが、第1のハンドルジョイントを介して、誘導される前記マスターリンクの一端に接続される第1のハンドルリンクを備える。前記第1のハンドルリンクの回転軸は、誘導される前記マスターリンクの

10

20

30

40

50

長手方向軸と実質的に垂直であり、交差する。前記ハンドルはさらに、互いに同軸上に取り付けられる第2のハンドルジョイントおよび第3のハンドルジョイントのそれぞれを介して前記第1のハンドルリンクに接続される第2のハンドルリンクおよび第3のハンドルリンクを備える。

【0030】

本発明の別の態様によれば、前記スレーブ装置が、接続リンクの一端にて接続される第1のスレーブジョイントと、前記遠隔操作装置が中立位置にある場合、一端にて前記第1のスレーブジョイントに接続され、上方に延び、前記接続リンクに対して実質的に垂直であり、他端にて第2のスレーブジョイントに接続される、第1のスレーブリンクと、一端にて前記第2のスレーブジョイントに接続され、他端にて第3のスレーブジョイントに接続されるように延びる第2のスレーブリンクと、一端にて前記第3のスレーブジョイントおよび他端にて第4のスレーブジョイントに接続される第3のスレーブリンクとを備える。第4のスレーブリンクが、その長手方向軸周囲を軸方向に回転可能であり、実質的に下方に延びるように、前記第4のスレーブジョイントが前記第4のスレーブリンクに接続される。

10

【0031】

本発明の別の態様によれば、前記エンドエフェクタが、第1のエンドエフェクタジョイントを介して前記第4のスレーブリンクの一端にて接続される第1のエンドエフェクタリンクを備える。前記第1のエンドエフェクタリンクの回転軸が、前記第4のスレーブリンクの長手方向軸に対して実質的に垂直であり、交差する。前記エンドエフェクタは、互いに同軸に取り付けられる第2のエンドエフェクタジョイントおよび第3のエンドエフェクタジョイントのそれぞれを介して前記第1のエンドエフェクタリンクに接続される第2および第3のエンドエフェクタリンクをさらに備える。

20

【0032】

本発明の別の態様によれば、前記第1の機械的伝達手段が、(i)前記マスター装置および前記スレーブ装置が、前記接続リンクの長手方向軸に沿って一緒に回転できるように、前記マスター装置の近位マスタージョイントを前記スレーブ装置の近位スレーブジョイントに運動学的に接続するように配置される第1の機械的伝達部と、(ii)前記マスター装置の前記第1のマスタージョイントに与えられる運動が、前記スレーブ装置の第1のスレーブジョイントにより再現されるように、前記マスター装置の前記第1のマスタージョイントを前記スレーブ装置の前記第1のスレーブジョイントに運動学的に接続するように配置される第2の機械的伝達部と、(iii)前記マスター装置の前記第2のマスタージョイントに与えられる運動が、前記スレーブ装置の前記第2のスレーブジョイントにより再現されるように、前記マスター装置の前記第2のマスタージョイントを前記スレーブ装置の前記第2のスレーブジョイントに運動学的に接続するように配置される第3の機械的伝達部と、(iv)前記マスター装置の前記第3のマスタージョイントに与えられる運動が、前記スレーブ装置の前記第3のスレーブジョイントにより再現されるように、前記マスター装置の前記第3のマスタージョイントを前記スレーブ装置の前記第3のスレーブジョイントに運動学的に接続するように配置される第4の機械的伝達部と、(v)前記マスター装置の前記第4のマスタージョイントに与えられる運動が、前記スレーブ装置の前記第4のスレーブジョイントにより再現されるように、前記マスター装置の前記第4のマスタージョイントを前記スレーブ装置の前記第4のスレーブジョイントに運動学的に接続するように配置される第5の機械的伝達部と、を備える。

30

40

【0033】

本発明の別の態様によれば、第2の機械的伝達手段が、(vi)前記ハンドルの第1のハンドルジョイントを前記エンドエフェクタの第1のエンドエフェクタジョイントに運動学的に接続するように配置される第6の機械的伝達部と、(vii)前記ハンドルの第2のハンドルジョイントを前記エンドエフェクタの第2のエンドエフェクタジョイントに運動学的に接続するように配置される第7の機械的伝達部と、(viii)前記ハンドルの第3のハンドルジョイントを前記エンドエフェクタの第3のエンドエフェクタジョイント

50

に運動学的に接続するように配置される第8の機械的伝達部と、を備える。

【0034】

本発明の別の態様によれば、スレーブ装置およびマスター装置のそれぞれの複数のスレーブジョイントおよびマスタージョイントが、遠隔操作装置の異なるスレーブリンクおよびマスターリンクに固定されるプーリおよび/またはピニオンにより作動される。機械的伝達手段が、前記マスター装置の複数のマスタープーリおよび/またはピニオンの各々からの動きを、前記スレーブ装置の対応するスレーブプーリまたはピニオンに伝達するように取り付けられる可撓性および/または剛性要素の1つの伝達ループまたは複数の伝達ループを備える。

【0035】

本発明の別の態様によれば、前記機械的遠隔操作装置が、複数のマスターおよびスレーブジョイントに取り付けられるバネの形態または複数のマスターおよびスレーブリンクに接続されるカウンターウェイトの形態の重力補償手段を備える。

【0036】

本発明の別の態様によれば、外科医が前記ハンドルを保持しない場合および前記機械的遠隔操作装置が起動位置にある場合、前記機械的遠隔操作装置が、前記機械的遠隔操作装置を固定構造にロックするためのロック手段を備える。

【0037】

本発明の別の態様によれば、好ましくはステーションに互いに平行に取り付けられる少なくとも2つの上記の機械的遠隔操作装置を備える機械的マニピュレータが提供される。各々の機械的遠隔操作装置が、他方から独立して操作されるように構成される。

【0038】

本発明の別の態様によれば、上記に定義され、前記ステーションに取り付けられ、2つの他の機械的遠隔操作装置とは独立して操作するように構成される第3の機械的遠隔操作装置が提供される。前記第3の機械的遠隔操作装置の遠位端がカメラまたは支援ツールを受容するように構成される。

【0039】

本発明の別の態様によれば、各々の機械的遠隔操作装置が連結式支持構造に取り付けられる。各々の支持構造が、遠隔操作部に近接した仮想固定単一点の方向に傾斜可能であるように前記ステーションに接続される。

【0040】

本発明の別の態様によれば、2つまたは3つの機械的遠隔操作装置の各々が、前記機械的マニピュレータを運搬および小型にして保存できるように好ましくは基準面に対して60°から90°の角度を形成するように側部に沿って傾斜するように前記ステーションに回転可能に取り付けられる。

【0041】

本発明の別の態様によれば、前記遠隔操作部の付近をモニタするように構成されるスクリーンまたは任意の他の画像ディスプレイが前記ステーションに設けられる。

【0042】

最後に、本発明の別の態様によれば、上記に定義した機械的遠隔操作装置または上記に定義した機械的マニピュレータを備える、低侵襲外科的処置のための機械的遠隔操作手術装置であって、前記機械的遠隔操作手術装置は、患者に実施される外科的切開に一致して対応する、スレーブ装置の対応するリンクがその周囲を移動し、回転する、仮想固定単一点を位置決めするための調節手段を備える。

【0043】

この装置は特に、低侵襲性外科手術に十分に適合される。外科手術用のロボット遠隔装置と同様に、このシステムは自立的または人工知能を有さず、本質的に外科医により完全に制御される洗練されたツールである。しかしながら、この装置は、コンピュータにより制御された機械的システムによりマスター装置とスレーブ装置との間に命令が伝達されるロボットシステムと対照的に動きを伝達するための完全な機械的技術を使用する。電子機

10

20

30

40

50

器、アクチュエータおよびソフトウェアを使用せずに、この装置はまた、より確実に、製造するのが手頃であり、使用し易い可能性を有し、また、外科医に対する、より安定な力フィードバックの利点がある。

【0044】

この装置はまた、複雑な運動学を用いているが、非常に小さなスケールで正確で強い力を提供できるシステムを作動できる技術を使用する。開発されている機械的伝達手段は、スレーブ装置とマスター装置の対応するジョイントの間で完全な運動学的適合を可能にする。このマスター - スレーブ関係は、マスター装置のジョイントを類似したスレーブ装置のジョイントに伝達する動作を可能にする。マスター装置およびスレーブ装置のリンクの低慣性ならびに機械的伝達手段の低摩擦は、反動およびさざ波のない動きを提供し、これにより、外科医は実際のな力を遠位機器に与える。

10

【0045】

その運動学的モデルに起因して、このシステムは、外科的機器に対して7段階の自由度を可能にし、ヒトの手首および指より大きい様々な動き、高度な器用さを外科医に与える。遠隔中心動作のために、スレーブ装置はマスター装置により制御され、患者に実施される切開点により課される制限に注意しながら、患者への外傷を低減し、審美的結果を改善する。

【0046】

このシステムの設計および性能の仕様は外科医の作業条件により決められ、その使用は外科的手術の性能の増加に寄与し、それらの信頼性を増加させる。

20

【0047】

本発明は、添付の図面を参照して本発明のいくつかの実施形態の以下の詳細な説明により、より良く理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】図1は、本発明の好ましい実施形態に係る機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図2】図2は、低侵襲手術の間に外科医により操作される図1の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図3】図3は、図2の機械的遠隔操作手術装置を操作する場合の外科医の視野を示す。

30

【図4】図4は、患者に実施される切開点の位置に対して2つの遠位ツールを正確に配置するための機械的遠隔操作手術装置の調節手段を示す。

【図5】図5 aおよび5 bはそれぞれ、容易に移動され、コンパクトに保存される構造における図1の機械的遠隔操作手術装置の正面斜視図および背面斜視図を示す。

【図6】図6は、機械的遠隔操作手術装置のマスター装置の遠位端に接続されるハンドルの斜視図を示す。

【図7】図7は、機械的遠隔操作手術装置のスレーブ装置の遠位端に接続されるエンドエフェクタの斜視図を示す。

【図8】図8は、マスター - スレーブ関係構造における図1の機械的遠隔操作手術装置の構造部分の概略図を示す。

40

【図9】図9は、マスター装置およびスレーブ装置の対応するジョイントの間の運動学的接続を有する図8の同様の図を示す。

【図10】図10は、中立（ニュートラルな）位置における図1の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図11】図11は、第1のアクティブ位置における図1の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図12】図12は、第2のアクティブ位置における図1の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図13】図13は、第3のアクティブ位置における図1の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

50

【図 1 4】図 1 4 は、第 4 のアクティブ位置における図 1 の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図 1 5】図 1 5 は、第 5 のアクティブ位置における図 1 の機械的遠隔操作手術装置の斜視図を示す。

【図 1 6 a】図 1 6 a は、図 1 の機械的遠隔操作手術装置の機械的制限手段の断面図を示す。

【図 1 6 b】図 1 6 b は、機械的制限手段の代替の概略図を示す。

【図 1 7】図 1 7 は、スレーブ装置の一般的な駆動プーリと、機械的遠隔操作装置のマスター装置の対応する駆動プーリとの間の単一の閉ループ（ケーブル）伝達の概略図を示す。

10

【図 1 8】図 1 8 は、ジョイントレベルにおいて、一定の長さを有する閉ループを維持するためのケーブルの取り回し方法の概略図を示す。

【図 1 9】図 1 9 は、等価のマスター - スレーブジョイントレベルにおいて、一定の長さを有する閉ループを維持するための別のケーブルの取り回し方法の概略図を示す。

【図 2 0】図 2 0 は、本発明の別の実施形態に係る、スレーブ装置の一般的な駆動プーリと、マスター装置の対応する駆動プーリとの間の複数の閉ケーブルループ伝達の概略図を示す。

【図 2 1】図 2 1 は、本発明の別の実施形態に係る 2 つの一般的なジョイント（2 つのプッシュ - ブロッドを有する）間のダブル 4 パーシステム伝達の概略図を示す。

【図 2 2】図 2 2 は、本発明のさらなる実施形態に係る 2 つのジョイント（1 つのプッシュ - ブロッドのみを有する）間の単一の 4 パーシステム伝達の概略図を示す。

20

【図 2 3】図 2 3 は、本発明のなおさらなる実施形態に係る 2 つの一般的なジョイント間のラックアンドピニオンを使用した伝達の概略図を示す。

【図 2 4】図 2 4 は、本発明のなおさらにさらなる実施形態に係る 2 つの一般的なジョイント間の接続ロッドを使用した伝達の概略図を示す。

【図 2 5】図 2 5 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

【図 2 6】図 2 6 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

【図 2 7】図 2 7 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

30

【図 2 8】図 2 8 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

【図 2 9】図 2 9 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

【図 3 0】図 3 0 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

【図 3 1】図 3 1 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

【図 3 2】図 3 2 は、機械的遠隔操作装置の 8 段階の自由度の各々についてのケーブルトポロジーの概略図を示す。

40

【図 3 3】図 3 3 は、取り外し可能なツールを有する機械的遠隔操作装置の概略図を示す。

【図 3 3 a】図 3 3 a は、単一のケーブルループ伝達の概略図を示す。

【図 3 3 b】図 3 3 b は、ダブルケーブルループ伝達の概略図を示す。

【図 3 4】図 3 4 は、本発明の異なる実施形態に係る機械的遠隔操作装置の異なる可能な運動学的構造を示す。

【図 3 5】図 3 5 は、本発明の異なる実施形態に係る機械的遠隔操作装置の異なる可能な運動学的構造を示す。

【図 3 6】図 3 6 は、本発明の一部の実施形態に係る、ハンドルに対するユーザにより感

50

じられる重力の作用を減少させるためのトーションバネを含む機械的遠隔操作装置の概略図を示す。

【図37】図37は、トーションバネがカウンターウェイトにより置き換えられる、図36の変形を示す。

【発明を実施するための形態】

【0049】

本発明の好ましい実施形態に従って構成される、低侵襲性手術のための遠隔操作手術装置を本明細書に記載し、図1および2に全体を示す。この装置は好ましくは、互いに独立して操作するように構成され、各々、7段階の独立した自由度（全体でシステムは8段階の自由度を有するが、それらの1つは冗長である）を含む、2つの同一の機械的遠隔操作手術装置5a、5bを備える。これらの2つの機械的遠隔操作装置5a、5bはそれぞれ、互いに実質的に平行であるが、それらの間で角度を調整できる第1のハウジング6aおよび第2のハウジング6b内に部分的に取り付けられる。

10

【0050】

図2および3を参照すると、外科医は、内視鏡的視覚システムを介して操作を見る、遠隔操作手術装置の近位部における2つの直感的ハンドル30を直接操作する処置を実施する。2つのハンドル30に対して外科医により適用される動きは、小さな切開を通して患者の腹腔に到達する2つの多関節手術用ツール40（図7）により再現（スケールダウンまたはそれ以外）される。それらの動きは図3に示すように外部スクリーン81を介して見られ得る。この遠隔操作手術装置は外科医のための人間工学を改善し、外科医が彼らの手を互いに自然の向きに配置することができ、逆さまではない動きである改善された眼・手協調運動および直感的操作を提供する。外科医の快適さもまた、例えば図2に示した肘支持部83により改善される。

20

【0051】

図4を参照すると、2つの機械的遠隔操作装置5a、5bの第1のハウジング6aおよび第2のハウジング6bは、それらのそれぞれの構造に沿って線形的に作動される第1の管状構造7aおよび第2の管状構造7bの内側にそれぞれスライド可能に取り付けられる。各管状構造7a、7bは、第1の軸 i_1 周囲を回転し、第2の軸 i_2 周囲で傾斜するようにステーション80に間接接合される。このステーション80は、車輪の付いた中空ベース82の内側に取り付けられ、このベース82に対して上昇するように構成される。これらの動きの組み合わせにより、患者の腹腔に近接する切開点（動作の遠隔中心）および2つの多関節手術用ツール40を正確に位置決めすることができる。

30

【0052】

遠隔操作手術装置が容易に移動およびコンパクトに保存され得るように、図5aおよび5bに示すように、2つの機械的遠隔操作装置5a、5bが、好ましくは、地面に対して60°から90°、さらにより好ましくは70°から80°の角度を形成するように有益にはこのステーション80の側部に沿って傾斜され得るように、2つの管状構造7a、7bはさらに、ステーション80に回転可能に取り付けられる。

【0053】

本発明の重要な特徴の1つは各々の機械的遠隔操作装置5a、5bのマスター-スレーブ関係の構造にある。スレーブ装置およびマスター装置は一緒に作動するように構成され、遠隔操作を反映する力を生じる。2つの遠隔操作装置5a、5bが構造的および機能的に同一であることを考慮して、本明細書以下の説明は1つの機械的遠隔操作装置のみを指す。

40

【0054】

図8は、本発明の好ましい実施形態に係る遠隔操作装置の構造配置を概略的に示す。この装置は接続リンク60により互いに接続されるスレーブ装置10およびマスター装置20を備える。この接続リンク60は遠隔操作装置を基準面100に接続するジョイント70を備える。このジョイント70は、それぞれ、マスター装置20およびスレーブ装置10の第1の近接ジョイントと考慮され得る2つのマスタージョイント25およびスレーブ

50

ジョイント 15 に分解され得る。図 10 を参照すると、マスタージョイントおよびスレーブジョイントは、接続リンク 60 に取り付けられ、長手方向シャフト（図示せず）を受容するように構成される 2 つのラジアル軸受 25 a、15 a により実現され、それにより遠隔操作装置はこのシャフト周囲を回転できる。ジョイント 70 をジョイント 25 および 15 に分解する場合、スレーブジョイント 15 からスレーブジョイント 16 まで進む接続リンク 60 のセグメントは近位スレーブリンクであるとみなされ、マスタージョイント 25 からマスタージョイント 26 まで進む接続リンク 60 のセグメントは近位マスターリンクであるとみなされる。

【 0 0 5 5 】

スレーブ装置は、複数のスレーブジョイント 16、17、18、19 により相互接続される複数のスレーブリンク 11、12、13、14 を備えるのに対して、マスター装置 20 は、複数のマスタージョイント 26、27、28、29 により相互接続される対応する数のマスターリンク 21、22、23、24 を備える。図 9 に概略的に示す第 1 の機械的伝達手段 61、62、63、64 は、スレーブ装置 10 をマスター装置 20 と運動学的に接続するように配置される部分的にプリーが通るケーブルを備え、それによりマスター装置 20 の各マスタージョイント 26、27、28、29 に適用される動作（ジョイントの角度）は、スレーブ装置 10 の対応するスレーブジョイント 16、17、18、19 により再現される。より特に、スレーブ装置 10 の複数の連結式スレーブリンク 11、12、13、14 および対応するスレーブジョイント 16、17、18、19 により形成される運動学的鎖は、マスター装置 20 の複数の連結式マスターリンク 21、22、23、24 および対応するマスタージョイント 26、27、28、29 により形成される運動学的鎖と同一である。

【 0 0 5 6 】

ここでより特に、図 10 のマスター - スレーブ装置 10、20 の構造的部分を参照すると、マスター装置 20 はより特に、機械的遠隔操作装置が中立位置にある場合、接続リンク 60 と実質的に正方形の構造を形成するように互いに相互接続される 4 つのマスターリンク 21、22、23、24 を備える。この中立（ニュートラルな）位置において、第 1 のマスターリンク 21 は、第 1 のシャフト 26 周囲の一端に枢動可能に接続され、第 2 のシャフト 27 周囲の他端に枢動可能に接続されるように上方および接続リンク 60 に対して垂直に延びる。第 2 のマスターリンク 22 は、この第 2 のシャフト 27 周囲の一端に枢動可能に接続され、第 3 のシャフト 28 周囲の他端に枢動可能に接続されるように第 1 のマスターリンク 21 に対して平行に延びる。図 8 に概略的に示す第 3 のマスターリンク 23 は、この第 3 のシャフト 28 周囲の一端に枢動可能に接続されるのに対して、第 4 のマスターリンク 24 の一端は軸ジョイント 29 を介して第 3 のマスターリンク 23 の他端に接続され、それによりこの第 4 のマスターリンク 24 は、その長手方向軸 γ_1 （図 10）周囲で軸方向に回転可能であり、接続リンク 60 に位置する開口を通して下方に延びる。機械的遠隔操作装置のハンドル 30 は第 4 のマスターリンク 24 の他端に接続される。

【 0 0 5 7 】

図 10 をさらに参照すると、スレーブ装置 10 は、より特に、遠隔操作装置が中立位置にある場合、接続リンク 60 の長手方向軸 γ_6 の延部と共に、実質的に正方形の構造を形成するように互いに相互接続される 4 つのスレーブリンク 11、12、13、14 を備える。第 1 のスレーブリンク 11 は、第 4 のシャフト 16 周囲の一端に枢動可能に接続され、第 5 のシャフト 17 周囲の他端に枢動可能に接続されるように、上方および接続リンク 60 に対して実質的に垂直に延びる。第 2 のスレーブリンク 12 は、第 5 のシャフト 17 周囲の一端に枢動可能に接続され、第 5 のシャフト 18 周囲の他端に枢動可能に接続されるように、接続リンク 60 の長手方向軸 γ_6 の延部に対して前方および平行に延びる。図 8 に示す第 3 のスレーブリンク 13 は第 5 のシャフト 18 周囲の一端に枢動可能に接続されるのに対して、第 4 のスレーブリンク 14 の一端は軸ジョイント 19 を介して第 4 のスレーブリンク 14 の他端に接続され、それによりこの第 4 のスレーブリンク 14 は、その長手方向軸 γ_4 周囲に軸方向に回転可能であり、下方に延びる。

【 0 0 5 8 】

第1の機械的伝達手段61、62、63、64の伝達61は、マスタージョイント26からスレーブジョイント16まで動きを伝達するための剛性要素(図10)である。第1の機械的伝達手段の機械的伝達62、63、64は、マスター装置20およびスレーブ装置10に部分的に運動学的に一緒に接続するこれらの装置10、20の第1、第2、第3、第4および第5のシャフト26、27、28、16、17、18の各々の周囲で回転するように取り付けられるいくつかのプーリを備える。これらの第1の機械的伝達手段の構成についてのより詳細はさらに以下に提供される。

【 0 0 5 9 】

例えば図10を参照すると、多間接エンドエフェクタ40がスレーブ装置10の遠位端に接続されるのに対して、ハンドル30は機械的遠隔操作装置を操作するためにマスター装置20の遠位端に接続され、外科医によりハンドル30に適用される動作の振幅(大きさ)が、本明細書以下により詳細に説明するように、プーリが通るケーブルも備える第2の機械的伝達手段65、66、67(図9)を介してエンドエフェクタ40により所定の縮尺比で再現される。スレーブ装置10とマスター装置20との間の比は有益には、用途に応じて選択されてもよい。例えば、1:1だけでなく、遠隔操作の正確さおよびユーザのフィルタの震えを増加させるために2:1、3:1などもまた、使用されてもよい。1:2、1:3などの倍率も使用されてもよい。

【 0 0 6 0 】

図8を参照すると、遠隔操作装置のハンドル30は、第1のハンドルジョイント32を介して第4のマスターリンク24の一端に接続される第1のハンドルリンク31を備える。第1のハンドルリンク31の回転軸は、第4のマスターリンク24の長手方向軸 i_1 と実質的に垂直であり、交差する。ハンドル30はさらに、第2のハンドルジョイント35および第3のハンドルジョイント36のそれぞれを介して一端において第1のハンドルリンク31に接続される第2および第3のL形状のリンク33、34を備え、第2のハンドルジョイント35および第3のハンドルジョイント36の軸は、互いに同一直線上にあり、第1のハンドルジョイント32の軸に対して実質的に垂直である。

【 0 0 6 1 】

より特に図6を参照すると、このハンドル30はさらに、第2のハンドルジョイント35および第3のハンドルジョイント36に対して同軸に取り付けられ、掌により保持され、第2のハンドルジョイント35および第3のハンドルジョイント36の軸と同一直線上であるその長手方向軸 i_1 周囲で自由に回転するように構成される保持スティック38を備える。第2および第3のL形状のリンク33、34は各々、親指および人差し指の先端を受容するように構成されるそれらの他端において開口33a、34aを備える。

【 0 0 6 2 】

図7に示したエンドエフェクタ40は手術用ツールであり、図8の図において、第1のツールジョイント42を介して第4のスレーブリンク14の一端に接続される第1のツールリンク41を備える。第1のツールリンク41の回転軸は、第4のスレーブリンク14の長手方向軸 i_4 と実質的に垂直であり、交差する。図7を参照すると、この手術用ツール40はさらに、互いに同軸上に取り付けられる第2のツールジョイント45および第3のツールジョイント66のそれぞれを介して第1のツールリンク41に接続される2つのブレード43、44を備える。ハンドル30は、親指および人差し指の先端により第2のハンドルリンク33および第3のハンドルリンク34に適用される動作が2つのブレード43、44により再現されるように外科用ツールに運動学的に接続される。

【 0 0 6 3 】

手術用ツール40は交換可能であり、スレーブ装置20の遠位端に接続されるハサミ、外科用メス、カッター、ニードルホルダおよび他の付属品などのいくつかの種類であってもよい。患者の身体に侵入する外科用ツールは生体適合性があり、滅菌後に再利用可能である。使い捨て手術用ツールも使用されてもよい。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

例えば図 11 に示すように、ハンドル 30 に適用される動作により、マスター装置 20 のマスタージョイント 26、27、28、29 の動作が、直接機械的伝達（図 9）および機械的制限手段 32 により、スレーブ装置 10 のスレーブジョイント 16、17、18、19 のそれぞれの動作を駆動させる。結果として、スレーブ装置 10 の遠位端に接続される多関節外科用ツール 40 はマスター装置 20 のハンドル 30 の同等の動作で動く。より一般的な方法において、スレーブ装置 10 の対応するスレーブジョイント 16、17、18、19 とのマスター装置 20 のマスタージョイント 26、27、28、29 の各々の間の直接接続により、マスター装置 20 のマスターリンク 21、22、23、24 の各々は、装置の空間的定位をより良く示す基準ベース 110 を各々備える、図 11 ~ 15 に示した遠隔操作装置のアクティブ位置と独立してスレーブ装置 10 の対応するスレーブリンク 11、12、13、14 に対して強制的に平行になる。

10

【0065】

本発明の別の重要な特徴は、患者に実施される切開により課される制限と一致してスレーブ装置 10 の遠位端の動作を制限するように構成される遠隔操作装置の機械的制限手段 32 にある。図 10 を参照すると、機械的制限手段 32 は、機械的遠隔操作装置が作動中である場合、マスター装置 20 の第 4 のマスターリンク 24 が常にその長手方向軸 1 に沿って移動することを確実にするように構成され、それにより、スレーブ装置 10 の対応するリンク 14 は常に、遠隔操作に近接するこの第 4 のマスターリンク 24 の長手方向軸 1 に対して平行である仮想軸 4 に沿って移動する。これらの制限手段 32 はさらに、マスター装置 20 の第 4 のマスターリンク 24 が、その長手方向軸 1 周囲、ならびに互いに垂直である第 2 の軸 2 および第 3 の軸 3 周囲で回転できるように構成される。第 4 のマスターリンク 24 の長手方向軸 1 ならびに前記第 2 の軸 2 および第 3 の軸 3 は、第 4 のマスターリンク 24 の方向と独立して常に固定単一点 32'（図 8、10、16a および 16b）において互いに交差する。図 11 ~ 15 における遠隔操作装置の異なるアクティブ位置により示すように、この構成により、スレーブ装置 10 の対応するリンク 14 は、その長手方向軸 4 周囲、ならびに互いに対して垂直である第 5 の仮想軸 5 および第 6 の仮想軸 6 の周囲を回転できる。対応するリンク 14 の長手方向軸 4 ならびに第 5 の仮想軸 5 および第 6 の仮想軸 6 は、遠隔操作部に近接した仮想固定単一点 50（図 10 ~ 15）と常に互いに交差する。低侵襲手術処置の間、仮想固定点 50 は外科的切開点と一致し、患者に対する外傷を減少させ、手術の美容的結果を改善する。

20

30

【0066】

図 16a に示すように、機械的制限手段 32 は線形ベアリング 51 を備え、遠隔操作装置が作動中である場合、その線形ベアリング 51 を通して、マスター装置 20 の第 4 のマスターリンク 24 は移動する。線形ベアリング 51 は、線形ベアリング 51 とケーシング 55 との間で実質的に相対運動しないことを確実にするためにケーシング 55 の内側に固定して取り付けられる。2つのラジアル軸受 52a、52b の内側ケージは、その独自の長手方向軸 1 周囲のマスターリンク 25 の回転を可能にするようにその端部に近接する線形ベアリング 51 の外周に回転可能に取り付けられる。第 1 のロッド 56a および第 2 のロッド 56b はマスター装置 20 の接続リンク 60 を介して横方向に取り付けられる。ロッド 56a、56b の両方の一端は、ケーシング 55 の両側に接続されるそれぞれのラジアル軸受 53、53b の内側ケージを受容するように構成され、それにより、ロッド 56a および 56b は図 10 に示した遠隔操作装置の長手方向軸と交差する軸 2 周囲を回転でき、その軸 2 周囲でこの装置もまた、上記に説明したように回転でき、移動できる。

40

【0067】

より一般的に、本発明に係る遠隔操作手術装置の第 4 のマスターリンク 24 は、固定単一点 32' において互いに交差する三次元軸 1 、 2 、 3 周囲を回転でき、さらに図 10 に特に示すように 3つの軸 1 、 2 、 3 の 1つに沿って移動できる。したがって、スレーブ装置 10 の対応するリンク 15 は、対応する軸 1 、 2 、 3 に平行であり、固定単一点 50 にて互いに交差する 3つの異なる軸 4 、 5 、 6 周囲を回転でき、

50

これらの3つの異なる軸 4、5、6の1つに沿ってさらに移動できる。

【0068】

変形において、遠隔操作装置の機械的制限手段32は図16bに概略的に示した玉継ぎ手または球面継ぎ手を備える。貫通穴が玉継ぎ手70の直径に沿って実施され、その玉継ぎ手に沿って、第4のマスターリンク24が、必要に応じて線形ベアリング(図示せず)の内側にスライド可能に取り付けられる。この構造において、この第4のマスターリンク24は、その長手方向軸 α_1 に沿って移動でき、玉の幾何学的中心と一致する単一点で互いに交差する、その長手方向軸 α_1 周囲ならびに第2の軸 α_2 および第3の軸 α_3 周囲をそのソケット内の玉の動作により回転できる。

【0069】

本明細書以下で十分に説明する、この好ましい実施形態に係る遠隔操作装置の7段階の独立した自由度は、組織の引っ張り、切断および/または縫合などの複雑な外科手術を実施するのに必要とされる望ましい器用さを提供する。可能な限り直感的であることを目的として、マスター装置20およびスレーブ装置10の両方の遠位部の自由度は、連結式の手首および遠位ツールを備えた簡略化した人の前腕に似ているように設計される。例えば、図8を参照すると、手首の回内回外運動をスレーブ装置10の第4の軸ジョイント19を介して与えることができるのに対して、手首の半径方向-尺骨偏位を、遠位手術用ツール40のジョイント42を介して与えることができる。

【0070】

機械的伝達手段は、マスター装置20の駆動プーリCmからスレーブ装置10の被駆動プーリCsまでの動作を伝達する一般的な場合に関して、スレーブ装置10の高い自由度の各々の被駆動プーリが、図17に示すように単一の閉鎖ケーブル/腱ループ伝達により、マスター20装置の等価の駆動プーリに接続されるように構成される、部分的にプーリが通るフレキシブルな要素の形態である。この閉鎖ケーブルループ伝達は、一对のケーブル、LaおよびLbにより構成され得、その両端は、ケーブルLa、LbとプーリCm、Csとの間の相対運動が発生しないことを確実にするために、それぞれ駆動プーリCmおよび被駆動プーリCsに固定される。ケーブルLa、Lbの両方は、1つのプーリから他のプーリまで単一の閉鎖ループLを一緒に形成する。

【0071】

この種類の機械的伝達を使用することによるマスター装置20の各マスタープーリと、スレーブ装置10の等価のスレーブプーリとの間の動作の伝達は、被駆動プーリと駆動プーリとの間の運動学的および動的接続の問題をもたらす。さらに、閉鎖ケーブル伝達の採用は、マスター装置20の駆動プーリにより行われる動作とは関係なく、全ての可能なマスター-スレーブ構造に関して、ケーブルループの全長が一定を維持されなければならないことを必要とする。したがって、ケーブルは、一定のケーブル長さを維持しながらジョイントアイドラプーリを通して送られてもよい。一般的なジョイントにより経路設定される閉鎖ループLを構成するケーブルLaおよびLbの両方を有する一般的な場合に関して、使用されるケーブル経路設定法の基本を図18に示す。ケーブルLaおよびLbはプーリのセットの周囲を覆い、Imは「ジョイントアイドラプーリ」と呼ばれ、ジョイントの回転軸と同心である。閉鎖ループの一定のケーブル長さを維持するために、ケーブルLa、Lbは、いつでもジョイントアイドラプーリと接触したままでなければならない。したがって、ジョイント角jが減少する場合、アイドラプーリImと接触するLaの上側セグメントの長さは減少し、Lbの下側セグメントは同じ値だけ増加し、ケーブル閉鎖ループの一定の長さを保証する。ケーブルLaおよびLbと、アイドラプーリImとの間の恒久的な接触を維持するために補助プーリApおよびAdが加えられる。

【0072】

閉鎖ループの一定のケーブル長さを維持するための別の解決策は、図19に概略的に示したマスター装置およびスレーブ装置のそれぞれのアイドラプーリImおよびIsと等価であるが、同じマスターまたはスレーブ装置においてジョイントレベルにない長さの変化を補償することからなる。この場合、ケーブルLa、Lbの両方は、ImおよびIsの下を

10

20

30

40

50

通り、ジョイント角 j 、 j' が変化する場合、 s の増 / 減が m の減 / 増により補償されるので、閉ループの一定の長さが保証される。

【0073】

別の代替法は、単一の閉ループをいくつかの閉ループに分けることからなり、図20に示すように中間のイドラプリーを結合する閉ループのセットにより等価のマスターおよびスレーブの駆動および被駆動プリーを接続する。ケーブル、ベルト、鎖または他のフレキシブルな要素が閉ループに使用されてもよい。

【0074】

伝達が主に関節連結に基づき、それによりシステムの高い剛性を保証できる、剛性要素を使用した解決策もまた利用されてもよい。図21および22は、2つの概して等価のマスターおよびスレーブのジョイントが4パーシステムのセットを使用して伝達される、2つの代替法を示す。

10

【0075】

システムに対して、顕著な反動、さざ波および摩擦を引き起こすが、図23に示したようなラックアンドピニオンを使用した機械的伝達もまた、一部の自由度に利用されてもよい。

【0076】

ジョイント間の動作の伝達はまた、操作者を避けて通る、それらの間に連結されるいくつかの剛性伝達要素により構成される、接続されたロッドシステムによりなされてもよい(図24)。

20

【0077】

本発明の好ましい実施形態に係る機械的遠隔操作装置の各々の自由度に関して、同じ機能転帰を生じる異なる種類の機械的伝達が使用されてもよい。遠隔操作装置の8段階の自由度(それらのうちの1つは冗長であり、7段階の非冗長の自由度を生じる)の各々についての機械的伝達手段を図25~図32に概略的に示す。

【0078】

図25に示すように、第1の自由度に関して、マスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達は接続リンク60によりなされ、その回転軸はジョイント16および26の軸に垂直であり、交差する。より特には、図10を参照すると、接続リンク60は、遠隔操作装置の1つまたは2つの長手方向シャフト(図示せず)を受容するように構成される2つのラジアル玉軸受15a、25aを備え、それにより前記装置は長手方向軸 ω_3 / ω_6 周囲を回転できる。

30

【0079】

第2の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を図10および26に示す。遠隔操作装置は、スレーブ装置10の第1のスレーブリンク11に対して一端において枢動可能に接続され、マスター装置20の第1のマスターリンク21に対して他端において枢動可能に接続されるパー61を備え、第1のスレーブリンク11およびマスターリンク21の両方は、遠隔操作装置が作動する場合、互いに平行に移動する。

【0080】

図27は、第3の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を示す。ジョイント17、27は、第2のマスターリンク22に接続され、マスター装置20(図10)の第2のシャフト27周囲を回転するように配置される駆動プリーC1から延びる単一の閉ループ構造においてケーブル62(図9も参照のこと)により接続され、その単一の閉ループ構造は、回転軸がジョイント27と一致しているスレーブ装置10(図10)の第5のシャフト17周囲を回転するように配置される第2のスレーブリンク12に接続される被駆動プリーC'1までガイドプリーp1、p2、p3、p4のセットを通る。

40

【0081】

第4の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を図28に示す。ジョイント18、28は、第3のマスターリンク23(図8)に接続され、マスター

50

装置 20 の図 10 の第 3 のシャフト 28 周囲を回転するように配置される駆動プーリ C 2 から延びる単一の閉ループ構造においてケーブル 63 (図 9 も参照のこと) により接続され、その単一の閉ループ構造は、第 3 のスレーブリンク 13 (図 8) に接続され、スレーブ装置 10 (図 10) の第 6 のシャフト 18 周囲を回転するように配置される被駆動プーリ C' 2 までガイドプーリ p 5、p 6、p 7、p 8、p 9、p 10 のセットを通る。補助プーリ A 1 が、ケーブル 63 とガイドプーリ p 5、p 6、p 7、p 8、p 9、p 10 のセットとの間の恒久的接触を保証するために使用される。

【0082】

図 29 は、第 5 の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を示す。ジョイント 19、29 は、マスター装置の第 4 のマスターリンクに接続される同軸ジョイント C 3 から延びる単一の閉ループ構造においてケーブル 64 (図 9 も参照のこと) により接続され、その単一の閉ループ構造は、スレーブ装置の第 4 のスレーブリンク 24 に接続される同軸ジョイント C' 3 までガイドプーリ p 11、p 12、p 13、p 14、p 15、p 16、p 17 および p 18 のセットを通る。補助プーリ、A 2、A 3 は、ケーブル 64 とガイドプーリ p 11、p 12、p 13、p 14、p 15、p 16、p 17 および p 18 との間の恒久的接触を保証するために使用される。

10

【0083】

第 6 の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を図 30 に示す。ジョイント 32、42 は、ハンドル 30 の第 1 のハンドルリンク 31 に接続される駆動プーリ C 4 から延びる単一の閉ループ構造においてケーブル 65 (図 9 も参照のこと) により接続され、その単一の閉ループ構造は、エンドエフェクタ 40 のエンドエフェクタリンク 41 に接続される被駆動プーリ C' 4 までガイドプーリ p 19、p 20、p 21、p 22、p 23、および p 24 のセットを通る。補助プーリ、A 4、A 5、A 6、A 7 は、ケーブル 65 とガイドプーリ p 19、p 20、p 21、p 22、p 23、および p 24 のセットとの間の恒久的接触を保証するために使用される。

20

【0084】

図 31 は、第 7 の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を示す。ジョイント 34、35 は、ハンドル 30 のハンドルリンク 33 に接続される駆動プーリ C 5 から延びる単一の閉ループ構造においてケーブル 66 (図 9 も参照のこと) により接続され、その単一の閉ループ構造は、エンドエフェクタ 40 の第 1 のブレード 43 に接続される被駆動プーリ C' 5 までガイドプーリ p 25、p 26、p 27、p 28、p 29、p 30、p 31、p 32 および p 33 のガイドプーリのセットを通る。補助プーリ、A 8、A 9、A 10、A 11、A 12 および A 13 は、ケーブル 66 とガイドプーリ p 25、p 26、p 27、p 28、p 29、p 30、p 31、p 32、および p 33 のセットとの間の恒久的接触を保証するために使用される。

30

【0085】

最後に、8 段階の自由度についてのマスター装置とスレーブ装置との間の動作の伝達を図 32 に示す。ジョイント 36、46 は、ハンドル 30 のハンドルリンク 34 に接続される駆動プーリ C 6 から延びる単一の閉ループ構造においてケーブル 67 (図 9 も参照のこと) により接続され、その単一の閉ループ構造は、エンドエフェクタ 40 の第 2 のブレード 44 に接続される被駆動プーリ C' 6 までガイドプーリ p 34、p 35、p 36、p 37、p 38、p 39、p 40、p 41 および p 42 のセットを通る。補助プーリ、A 14、A 15、A 16、A 17、A 18、および A 19 は、ケーブル 67 と、ガイドプーリ p 34、p 35、p 36、p 37、p 38、p 39、p 40、p 41 および p 42 のセットとの間の恒久的接触を保証するために使用される。

40

【0086】

同軸ジョイント 29 および 19 を通る場合、ケーブルはプーリを通過しないが、ジョイント軸周囲でねじれる。しかしながら、駆動プーリと被駆動プーリとの間のケーブル 64、65 および 66 の長い長さ、およびケーブルと回転軸との間の短い距離に起因して、ケーブルの得られる伸びはわずかであるので、回転運動に対して生じる抵抗性はほぼ無視で

50

きる。ケーブルとガイドプーリとの間の結果として起こるずれもまた、合理的限界であり、ケーブルがそれらの経路から飛び出ることを回避する。

【0087】

図33に例示するように、スレーブ装置の遠位の自由度が遠隔操作装置の近位部から取り外し可能90である場合、ケーブルループ64、65および66の各々1つはまた、2つのケーブルループに分けられてもよい。このように、2つのケーブルLa、Lb(図33a)により構成される駆動プーリCaから被駆動プーリCbまでの単一のケーブルループの代わりに、動作は2つのケーブルループにより伝達される:図33bに示すように、1つはCaからCc、ループL、および他方はCcからCb、ループL'。

【0088】

マスターおよびスレーブのマニピュレータの運動学的モデルはまた、同じ作動原理を維持する、異なる構造および異なる数の自由度をとってもよい。図34および35は、異なる伝達レイアウトを生じさせ得る、マスター装置およびスレーブ装置の両方についての一部の他の可能な運動学的構造を示す。

【0089】

一部の実施形態において、図36に示すように、遠隔操作の触覚的透明性を増加させるために遠隔操作装置に対する重力の作用を減少または排除するために、マスターリンクおよびスレーブリンクを対応するマスタージョイントおよびスレーブジョイントと接続するためにトーションバネ16a、17a、18a、26a、27a、28aが遠隔操作装置に取り付けられる。

【0090】

一部の実施形態において、図37に示すように、カウンターウェイト16a、17a、18a、26a、27a、28aが、マスター装置およびスレーブ装置の一部のリンクに接続され、スレーブ装置およびマスター装置の各々の全ての質量中心が、第1の2つの自由度の軸の間の交差点16、26付近の領域にもたらされる。

【0091】

一部の実施形態において、機械的遠隔操作装置は機械的制限32の4つのジョイントにおいてブレーキ手段を備え、外科医がハンドルを保持しない場合、遠隔マニピュレータがその作動空間のいくつかの位置で固定され得る。

【0092】

一部の実施形態において、機械的遠隔操作装置は、遠隔操作装置全体の動作の再構成を可能にするために動作リンクに与えられる力を測定できる力センサおよび/または異なるジョイントの動作を測定できる位置センサを備える。

【0093】

本発明に係る機械的遠隔操作装置は低侵襲性外科手術を実施するために記載されているが、それはまた、内視鏡手術および開胸手術またはMRI適合性材料を使用することによるMRI環境における処置の他の形態のために使用されてもよい。眼科、脳外科手術、整形外科および歯科のような分野もまた、本発明の標的であってもよい。

【0094】

本発明に係る機械的遠隔操作装置はまた、アセンブリ操作、狭い場所での操作、危険または困難な環境での操作、および汚染または清浄環境での操作のような高い剛性、正確性および質のフィードバックを有する器用な操作を必要とする任意の適切な遠隔作動用途に利用されてもよい。この構造において、手術用ツールは適切な多間接型の保持部または把持部と置き換えられる。

【0095】

さらに、本発明は、特にその好ましい実施形態を参照して示し、記載されているが、形態および詳細の種々の変更が添付の特許請求の範囲により規定される本発明の精神および範囲から逸脱せずに本発明になされてもよいことは当業者により理解されるであろう。例えば、誘導されるマスターリンクの長手方向軸₁ならびに第2および第3の軸₂、₃が固定単一点で互いに交差する場合、第2および第3の軸₂、₃(その周囲で誘導

10

20

30

40

50

されるマスターリンクが回転できる)は互いに垂直であることは必ずしも必要ではない。

【 図 1 】

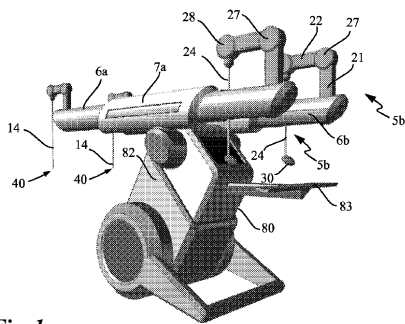


Fig. 1

【 図 2 】

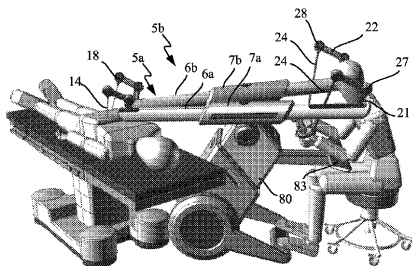


Fig. 2

【 図 3 】

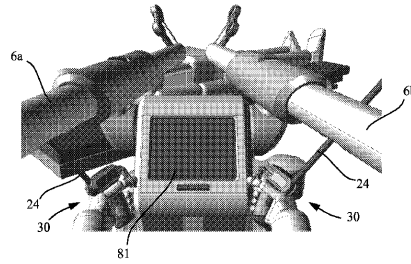


Fig. 3

【 図 4 】

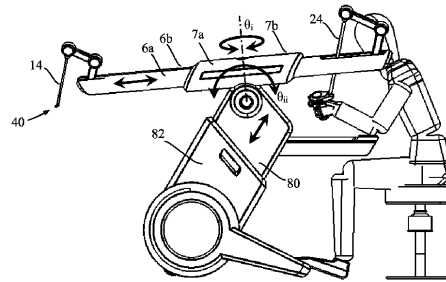


Fig. 4

【 図 5 a 】

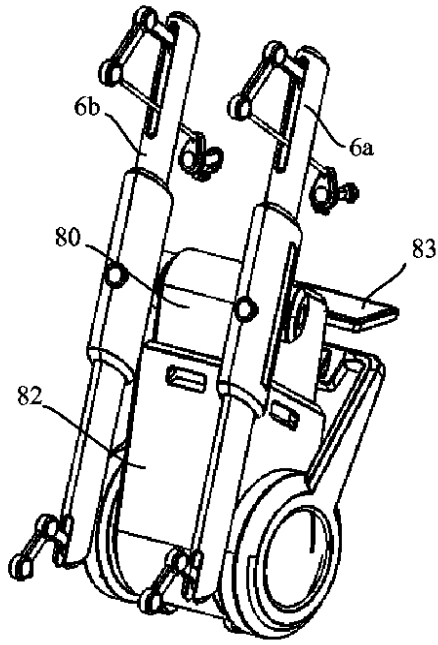


Fig. 5a

【 図 5 b 】

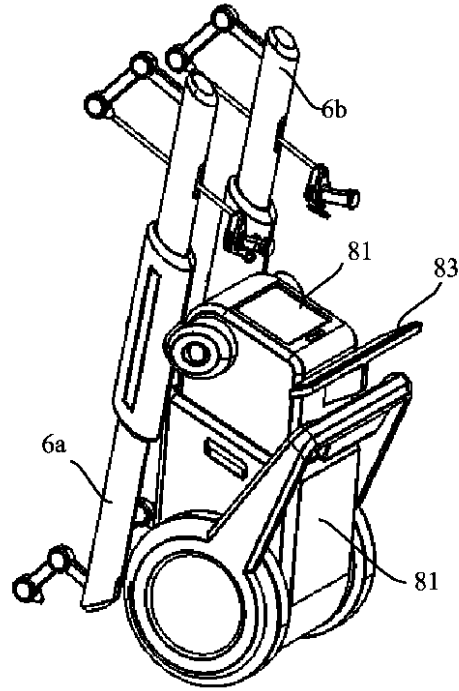


Fig. 5b

【 図 6 】

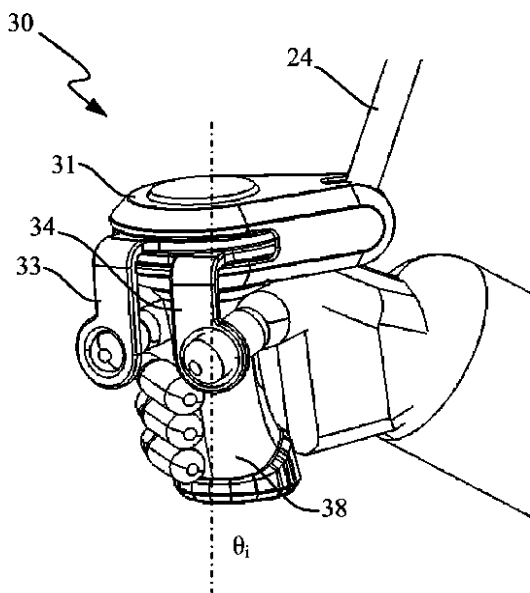


Fig. 6

【 図 7 】

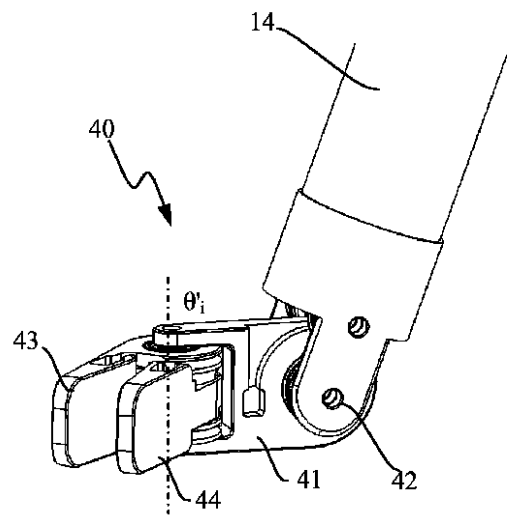


Fig. 7

【 図 8 】

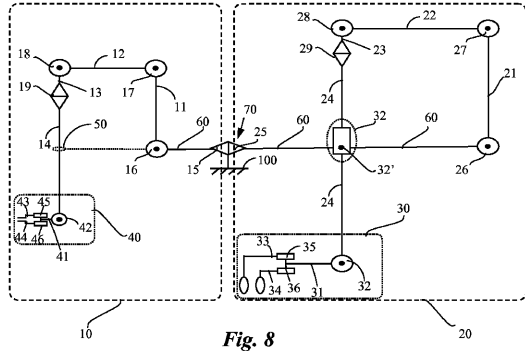


Fig. 8

【 図 9 】

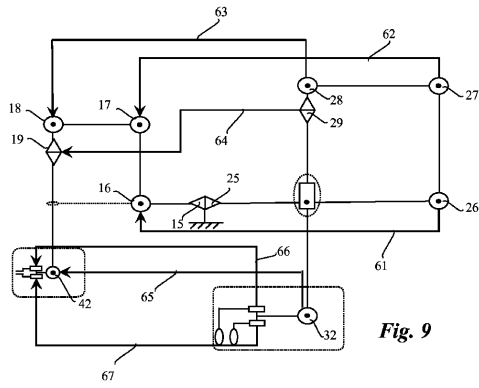


Fig. 9

【 図 10 】

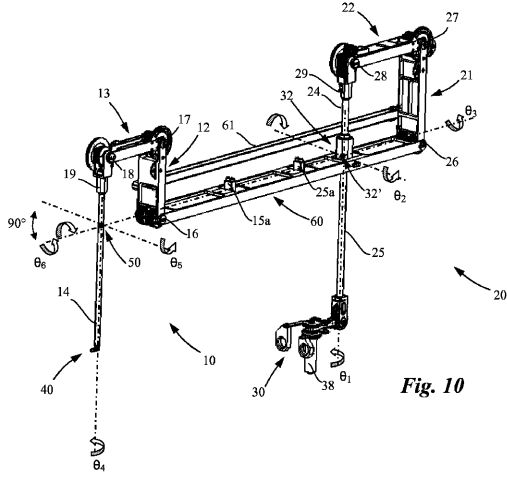


Fig. 10

【 図 11 】

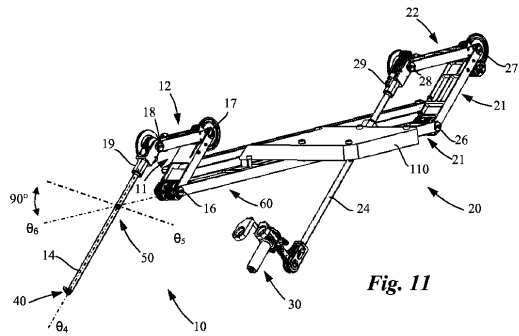


Fig. 11

【 図 12 】

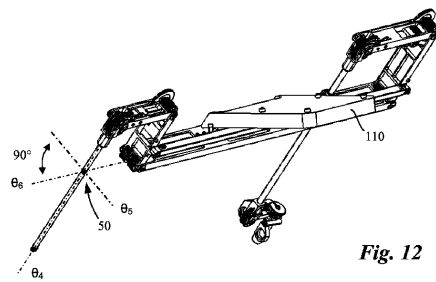


Fig. 12

【 図 14 】

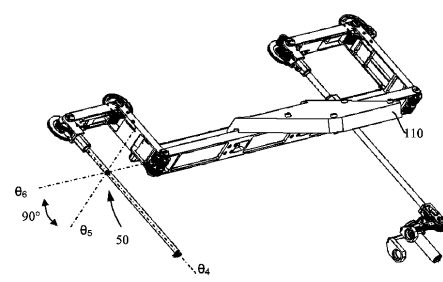


Fig. 14

【 図 13 】

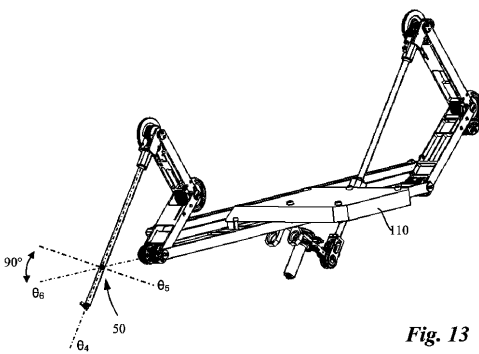


Fig. 13

【 図 15 】

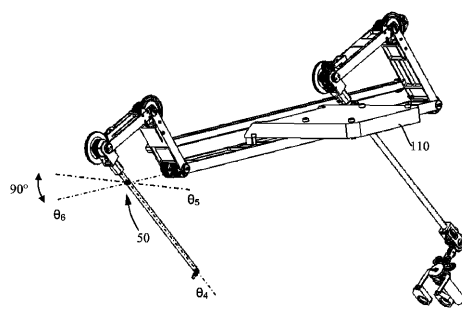


Fig. 15

【 16 a 】

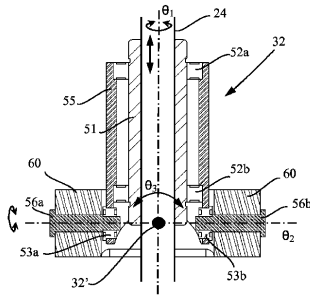


Fig. 16a

【 16 b 】

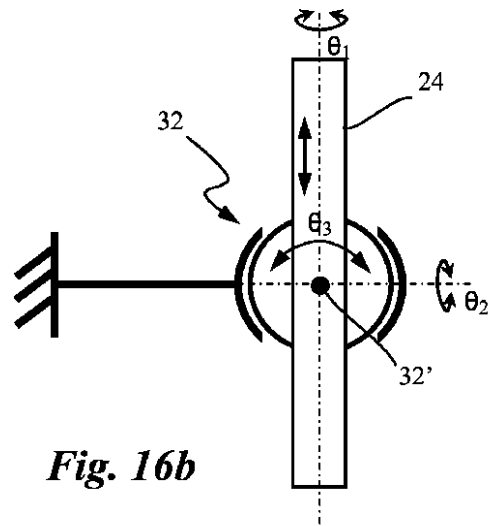


Fig. 16b

【 17 】

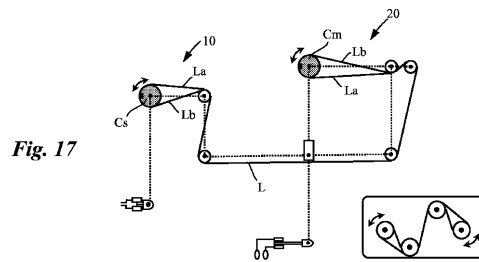


Fig. 17

【 18 】

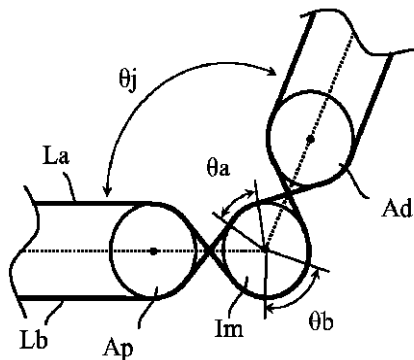


Fig. 18

【 20 】

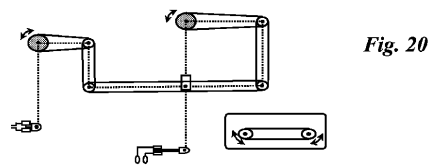


Fig. 20

【 21 】

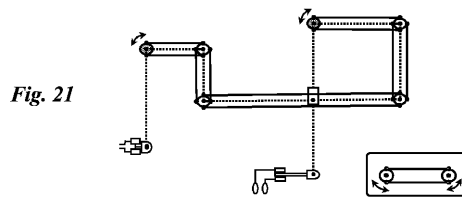


Fig. 21

【 19 】

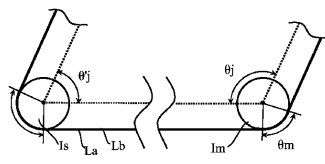


Fig. 19

【 22 】

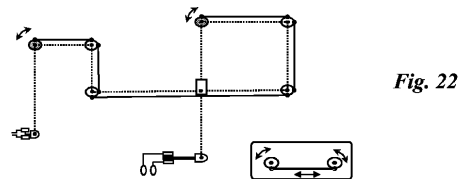


Fig. 22

【 図 2 3 】

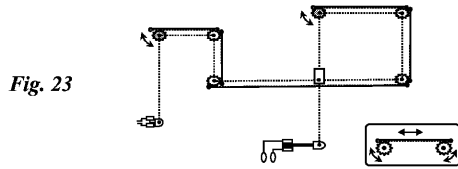


Fig. 23

【 図 2 4 】

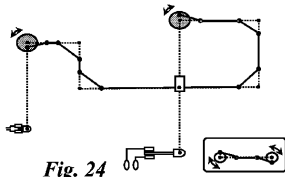


Fig. 24

【 図 2 5 】

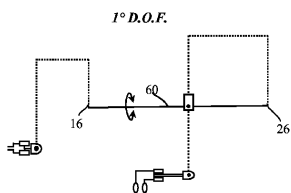


Fig. 25

【 図 2 6 】

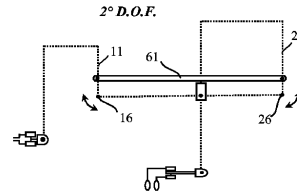


Fig. 26

【 図 2 7 】

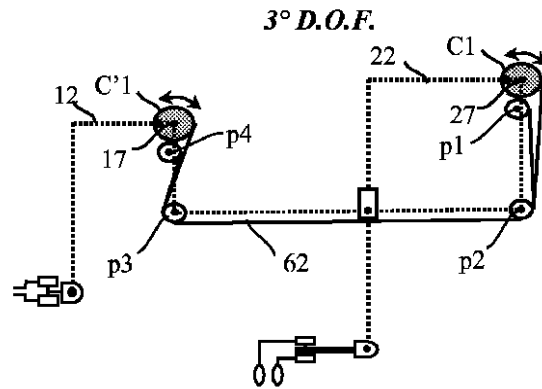


Fig. 27

【 図 2 8 】

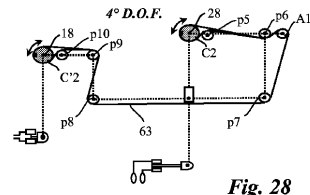


Fig. 28

【 図 2 9 】

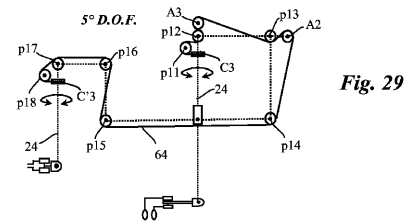


Fig. 29

【 図 3 0 】

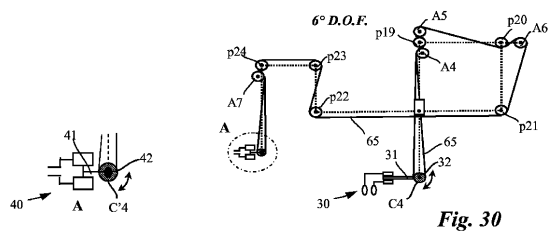


Fig. 30

【 図 3 1 】

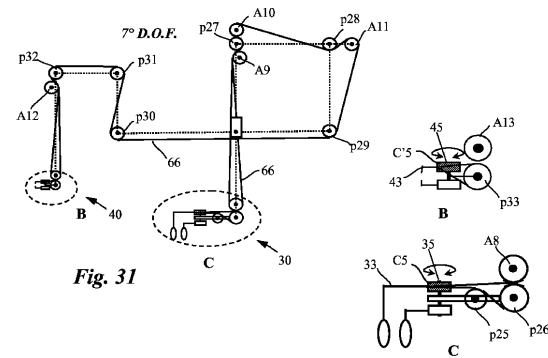


Fig. 31

【 図 3 2 】

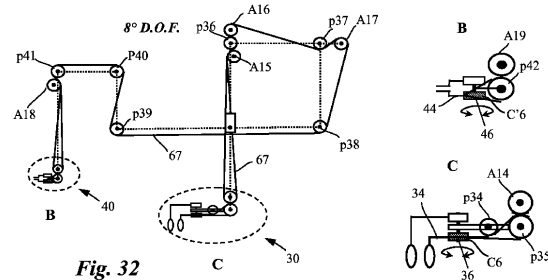


Fig. 32

【 図 3 3 】

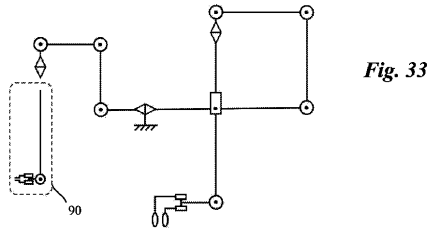


Fig. 33

【 図 3 3 a 】

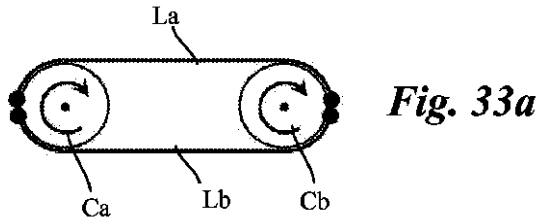


Fig. 33a

【 図 3 3 b 】

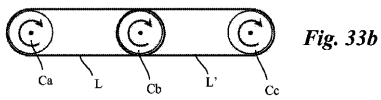


Fig. 33b

【 図 3 4 】

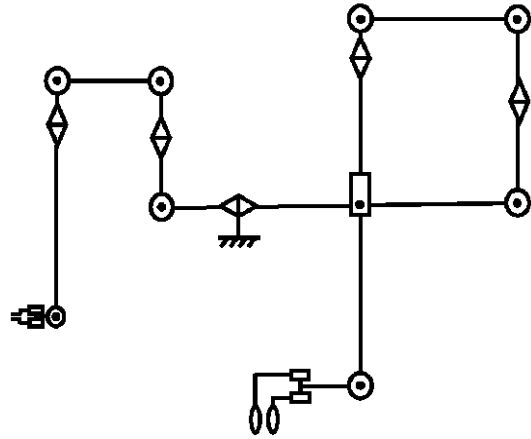


Fig. 34

【 図 3 5 】

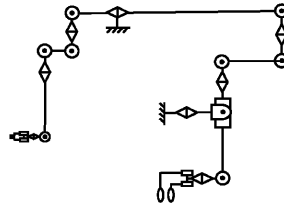


Fig. 35

【 図 3 6 】

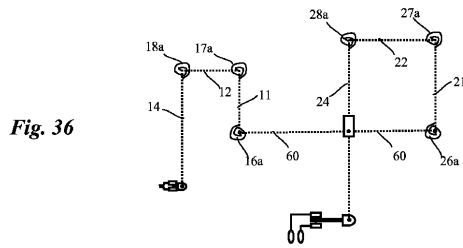


Fig. 36

【 図 3 7 】

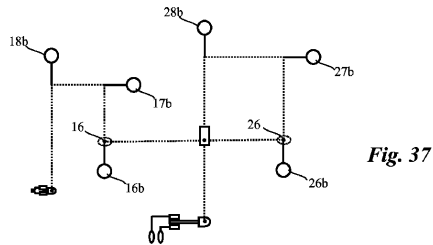


Fig. 37

フロントページの続き

- (72)発明者 ベイラ リカルド
スイス国 1005 ローザンヌ リュ マテュラン - コルディエ 7
- (72)発明者 フラクション ライオネル
スイス国 1022 シャヴァンヌ - プレ - ルナン リュ デ ラ ムリン 18

審査官 鈴木 崇文

- (56)参考文献 特表2005 - 522262 (JP, A)
特表2001 - 504395 (JP, A)
特開2009 - 018027 (JP, A)
米国特許第02774488 (US, A)
国際公開第2010 / 130817 (WO, A1)
米国特許出願公開第2007 / 0137371 (US, A1)
米国特許出願公開第2003 / 0155747 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
B25J 1/00 - 21/02
A61B 19/00