

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4534004号
(P4534004)

(45) 発行日 平成22年9月1日(2010.9.1)

(24) 登録日 平成22年6月25日(2010.6.25)

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

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-111020 (P2005-111020)	(73) 特許権者	899000079
(22) 出願日	平成17年4月7日(2005.4.7)		学校法人慶應義塾
(65) 公開番号	特開2006-289534 (P2006-289534A)		東京都港区三田2丁目15番45号
(43) 公開日	平成18年10月26日(2006.10.26)	(74) 代理人	100100930
審査請求日	平成20年4月2日(2008.4.2)		弁理士 長澤 俊一郎
		(72) 発明者	鈴木 崇志
			神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学工学部内
		(72) 発明者	中澤 和夫
			神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学工学部内
		(72) 発明者	森川 康英
			東京都新宿区信濃町35番地 慶應義塾大学医学部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マニピュレータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

作業を行なう作業部と、操作を行なう操作部とを備え、操作部での操作を上記作業部に伝えるとともに、作業部に作用する力を力覚として上記操作部に伝えるマニピュレータであって、

上記作業部と操作部間には、少なくとも4本の駆動棒が設けられ、

上記駆動棒の両端は、同一構造の連結部材を介して上記作業部および操作部に連結され、上記各駆動棒の長手方向の軸は平行であって、かつ少なくとも全駆動棒の長手方向の軸が同一平面上にないように配置されており、

上記操作部および作業部側の連結部材は、操作部の操作に応じて各駆動棒を、平行に保ったまま軸方向に移動させ、作業部を操作部の操作に対応させて駆動し、

上記操作部は、第1および第2の操作部材から構成され、第1および第2の操作部材は、操作部側の連結部材の中心軸を軸として該連結部材に回動可能に連結され、

また、上記作業部は第1、第2の作業部材から構成され、第1、第2の作業部材は、作業部側の連結部材の中心軸を軸として該連結部材に回動可能に連結され、

上記駆動棒の内、少なくとも第1および第3の駆動棒が連結部材の上記中心軸に対して一方の側にそれぞれ独立して回動可能に連結され、上記駆動棒の内、少なくとも第2および第4の駆動棒が連結部材の上記中心軸に対して他方の側にそれぞれ独立して回動可能に連結され、

上記第1の操作部材は、4本の駆動棒の内の第1及び第2の駆動棒を介して第1の作業

10

20

部材に連結され、また上記第2の操作部材は上記4本の駆動棒の内の第3及び第4の駆動棒を介して第2の作業部材に連結され、

前記駆動棒の軸方向をX軸方向、該X軸に直交する方向をそれぞれY軸方向およびZ軸方向としたとき、

上記操作部の第1、第2の操作部材を共に上記Y軸回りに回動させたとき、上記連結部材を介して上記少なくとも4本の駆動棒の内の第1及び第2の駆動棒が共に第1の方向に、また上記駆動棒の内の第3、第4の駆動棒が上記第1の方向とは反対方向に移動して、作業部の第1、第2の作業部材を共にY軸回りに回動させ、

上記操作部の第1、第2の操作部材を共に上記Z軸回りに回動させたとき、上記少なくとも4本の駆動棒の内の第1及び第3の駆動棒が共に第1の方向に、また上記駆動棒の内の第2、第4の駆動棒が上記第1の方向とは反対方向に移動して、作業部の第1、第2の作業部材を共に上記Z軸回りに回動させ、

さらに、上記操作部の第1の操作部材を上記Z軸回りに回動させたとき、上記第1および第2の駆動棒の一方が第1の方向に、他方が反対方向に移動し、作業部の第1の作業部材を上記Z軸回りに回動させ、

上記操作部の第2の操作部材を、上記Z軸回りに回動させたとき、上記第3および第4の駆動棒の一方が第1の方向に、他方が第1の方向とは反対方向に移動し、作業部の第2の作業部材を上記Z軸回りに回動させる

ことを特徴とするマニピュレータ。

【請求項2】

上記操作部側および作業部側に設けられた連結部材は、該連結部材の中心軸の回りに回転可能な第1、第2の可動部材を備え、

上記駆動棒の内の少なくとも2本の第1および第2の駆動棒は、それぞれ上記第1の可動部材の中心軸の両側に、該可動部材に対して上記中心軸に平行な軸の回り、および中心軸および駆動棒の長手方向の軸に直交する軸の回りに回転可能に取り付けられ、

上記駆動棒の内の少なくとも他の2本の第3および第4の駆動棒は、それぞれ上記第2の可動部材の中心軸の両側に、該可動部材に対して上記中心軸に平行な軸の回り、および中心軸および駆動棒の長手方向の軸に直交する軸の回りに回転可能に取り付けられ、

作業部側に設けられた連結部材の第1および第2の可動部材は、それぞれ作業部に設けられた第1、第2の作業部材に連結され、

操作部側の連結部材に設けられた第1および第2の可動部材は、それぞれ操作部に設けられた第1、第2の操作部材が連結されている

ことを特徴とする請求項1記載のマニピュレータ。

【請求項3】

上記駆動棒の上記作業部と操作部間には、操作部側および作業部側に設けられた連結部材と同一構造の連結部材が設けられている

ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のマニピュレータ。

【請求項4】

請求項3の連結部材の内に少なくとも一つは、該連結部材の前記中心軸が、筐体に取り付けられた固定部材に該中心軸回りに回動可能に取り付けられ、上記固定部材は、筐体に対して前記Y軸回りに回動可能に取り付けられている

ことを特徴とするマニピュレータ。

【請求項5】

作業部に設けられた第1、第2の作業部材の先端に、リンク機構が取り付けられ、該リンク機構は、

上記作業部の第1の作業部材の回転軸に平行な第1の回転軸を中心として回動する第3作業部材と、上記作業部の第2の作業部材の回転軸に平行な第2の回転軸を中心として回動する第4作業部材と、

一方端が上記第3の作業部材の一方端に回転可能に取り付けられ、他方端が第1の作業部材に回転可能に取り付けられた第1のアームと、

10

20

30

40

50

一方端が上記第4作業部材の一方端に回転可能に取り付けられ、他方端が第2の作業部材に回転可能に取りつれられた第2のアームとから構成され、

上記第1作業部材の回転軸と、上記第1の回転軸と、第1のアームの両端の回転軸とを直線で結んだ形状、および上記第2作業部材の回転軸と、上記第2の回転軸と、第2のアームの両端の回転軸とを直線で結んだ形状は、それぞれ四辺形状である

ことを特徴とする請求項1, 2, 3または請求項4に記載のマニピュレータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は低侵襲手術等で使用される鉗子に適用するのに好適な多自由度マニピュレータに関する。 10

【背景技術】

【0002】

近年低侵襲手術が注目され、盛んに導入されている。これは、これまでは開腹手術のような体を大きく切る従来の手術に対して、できるだけ小さな切開で行われる手術であり、主に内視鏡によって患部を見ながら細長い棒状の鉗子やメスを挿入して治療が行われる。

低侵襲手術はおもに小さい孔から細長い棒状の鉗子やメスを挿入し、内視鏡によって患部を見ながら治療が行われものであるから、正常な部位の損傷が低減され患者利益が大きい一方で、孔の拘束を受けるため治療具の操作が難しいという問題がある。この問題を解決するために、鉗子先端を動かすことができる鉗子の研究開発が行われている。 20

鉗子先端に自由度を有すものとして、これまでにアクチュエータ無しで回転1自由度を有する特許文献1記載の鉗子や、DCモータを利用したマスタスレーブ鉗子で回転2自由度と把持を有する特許文献2に記載のものが提案されている。

しかし、任意の姿勢をとるためには鉗子先端に2自由度以上必要であるため特許文献1に記載の鉗子では十分な操作性が得られない。

また特許文献2に記載のものでは、その大きさとコストから導入運用が難しいという問題と、十分な力のフィードバックが得られないという問題がある。このため、手術室内でのスペース問題が生じるために採用することが難しいとともに、十分な力伝達がないため力をかけ過ぎてしまう危険性がある。 30

【0003】

2自由度を有し特許文献2に記載のもの比べて小さいものとして、特許文献3に記載の一体型マスタスレーブ鉗子、特許文献4に記載の鉗子がある。

特許文献3記載の一体型マスタスレーブ鉗子は鉗子先端の回転2自由度と把持のみをDCモータで駆動することで小型化を図っているが、電源や支持機構といった外部装置を要するという欠点とDCモータで駆動する自由度に関しては力のフィードバックが無いという欠点を持つ。

また、特許文献4に記載の鉗子は鉗子先端の回転2自由度の回転軸が交差していないため操作性が低いという欠点と、構造上屈曲時にリンクが外に膨らむため、内視鏡の視野外で、臓器等を巻きこんでしまう危険性がある。また、相手先端に2自由度を付加する機構のみに注目した場合、上記のものほかに特許文献5に記載のものや、特許文献6に記載のものがあるが、ワイヤを利用しているため静止摩擦の影響が大きく、動力を伝達する部材の剛性も低い。 40

【特許文献1】米国特許第5702408号明細書

【特許文献2】国際公開第W097/43943号パンフレット

【特許文献3】特開2004-105451号公報

【特許文献4】特開2004-89482号公報

【特許文献5】特許公開2004-187798号公報

【特許文献6】米国特許出願公開第2004/0162547号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

以上のように従来から種々の鉗子が提案されているが、特許文献 1 に記載のものでは、十分な操作性が得られず、また、特許文献 2 に記載のものでは、大きさとコストから導入運用が難しく、また、十分な力のフィードバックが得られないという問題がある。

さらに、特許文献 3 に記載のものは、電源や支持機構といった外部装置を要するとともに力のフィードバックが無いという欠点を持ち、また特許文献 4 に記載の鉗子は操作性が低く、屈曲時にリンクが外に膨らむといった欠点がある。

一方、特許文献 5 に記載のものや、特許文献 6 に記載のものは、静止摩擦の影響が大きく、動力を伝達する部材の剛性も低い。

低侵襲手術は術者に高い技術を要求するものであることから、高い操作性を持つ鉗子が望まれており、鉗子先端に回転 2 自由度と把持の自由度を持ち、操作性が良く、かつ保守運用面で簡便な鉗子が強く望まれる。しかし、従来においては、このような要望に応えるものは提案されていなかった。

本発明は上述した事情に鑑みなされたものであって、本発明の目的は回転 2 自由度と把持の自由度を持ち、操作性が良く、十分な力フィードバックを得ることができ、さらに保守運用面で簡便な、鉗子などに適用するに好適なマニピュレータを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明においては、先端に回転 2 自由度と把持を持ったマニピュレータを以下のように構成することで、上記課題を解決する。

(1) 作業を行なう作業部と、操作を行なう操作部とを備え、操作部での操作を上記作業部に伝えるとともに、作業部に作用する力を力覚として上記操作部に伝えるマニピュレータにおいて、上記作業部と操作部間に、少なくとも 4 本の駆動棒を設け、上記駆動棒の両端を、同一構造の連結部材を介して上記作業部および操作部に連結する。

上記各駆動棒の長手方向の軸は平行であって、かつ少なくとも全駆動棒の長手方向の軸が同一平面上にないように配置されており、上記操作部および作業部側の連結部材は、操作部の操作に応じて各駆動棒を、平行に保ったまま軸方向に移動させ、作業部を操作部の操作に対応させて駆動する。

そして、上記操作部を第 1 および第 2 の操作部材から構成し、第 1 および第 2 の操作部材を、操作部側の連結部材の中心軸を軸として該連結部材に回動可能に連結する。また、上記作業部を第 1、第 2 の作業部材から構成し、第 1、第 2 の作業部材を、作業部側の連結部材の中心軸を軸として該連結部材に回動可能に連結する。

また、上記駆動棒の内、少なくとも第 1 および第 3 の駆動棒を連結部材の上記中心軸に対して一方の側にそれぞれ独立して回動可能に連結し、上記駆動棒の内、少なくとも第 2 および第 4 の駆動棒を連結部材の上記中心軸に対して他方の側にそれぞれ独立して回動可能に連結する。

さらに、上記第 1 の操作部材を、4 本の駆動棒の内の第 1 及び第 2 の駆動棒を介して第 1 の作業部材に連結し、上記第 2 の操作部材を上記 4 本の駆動棒の内の第 3 及び第 4 の駆動棒を介して第 2 の作業部材に連結する。

前記駆動棒の軸方向を X 軸方向、該 X 軸に直交する方向をそれぞれ Y 軸方向および Z 軸方向としたとき、上記構成のマニピュレータは、以下のように動く。

(i) 上記操作部の第 1、第 2 の操作部材を共に上記 Y 軸回りに回動させたとき、上記連結部材を介して上記少なくとも 4 本の駆動棒の内の第 1 及び第 2 の駆動棒が共に第 1 の方向に、また上記駆動棒の内の第 3、第 4 の駆動棒が上記第 1 の方向とは反対方向に移動して、作業部の第 1、第 2 の作業部材は共に Y 軸回りに回動する。

(ii) 上記操作部の第 1、第 2 の操作部材を共に上記 Z 軸回りに回動させたとき、上記少なくとも 4 本の駆動棒の内の第 1 及び第 3 の駆動棒が共に第 1 の方向に、また上記駆動棒の内の第 2、第 4 の駆動棒が上記第 1 の方向とは反対方向に移動して、作業部の第 1、第 2 の作業部材は共に上記 Z 軸回りに回動する。

(iii) 上記操作部の第 1 の操作部材を上記 Z 軸回りに回動させたとき、上記第 1 および第

10

20

30

40

50

2の駆動棒の一方が第1の方向に、他方が反対方向に移動し、作業部の第1の作業部材は上記Z軸回りに回転する。

また、上記操作部の第2の操作部材を、上記Z軸回りに回転させたとき、上記第3および第4の駆動棒の一方が第1の方向に、他方が第1の方向とは反対方向に移動し、作業部の第2の作業部材は上記Z軸回りに回転する。

(2) 上記(1)において、上記連結部材は以下のように構成することができる。

上記操作部側および作業部側に設けられた連結部材は、該連結部材の中心軸の回りに回転可能な第1、第2の可動部材を備え、上記駆動棒の内の少なくとも2本の第1および第2の駆動棒は、それぞれ上記第1の可動部材の中心軸の両側に、該可動部材に対して上記中心軸に平行な軸の回り、および中心軸および駆動棒の長手方向の軸に直交する軸の回りに回転可能に取り付けられる。

10

また、上記駆動棒の内の少なくとも他の2本の第3および第4の駆動棒は、それぞれ上記第2の可動部材の中心軸の両側に、該可動部材に対して上記中心軸に平行な軸の回り、および中心軸および駆動棒の長手方向の軸に直交する軸の回りに回転可能に取り付けられる。

さらに、作業部側に設けられた連結部材の第1および第2の可動部材は、それぞれ作業部に設けられた第1、第2の作業部材に連結され、操作部側の連結部材に設けられた第1および第2の可動部材は、それぞれ操作部に設けられた第1、第2の操作部材が連結される。

(3) 上記(1)～(2)において、駆動棒の作業部と操作部間に、操作部側および作業部側に設けられた連結部材と同一構造の連結部材を設ける。

20

(4) 上記(3)連結部材の内に少なくとも一つを筐体に取り付けられた固定部材に取り付ける。該連結部材の中心軸はこの固定部材に該中心軸回りに回転可能に取り付けられ、上記固定部材は、筐体に対して前記Y軸回りに回転可能に取り付けられる。

(5) 上記(1)～(4)において、作業部に設けられた第1、第2の作業部材の先端に、リンク機構を取り付け、リンク機構の先端を物体などを把持する第3、第4の作業部材とする。

上記リンク機構は、上記作業部の第1の作業部材の回転軸に平行な第1の回転軸を中心として回転する第3作業部材と、上記作業部の第2の作業部材の回転軸に平行な第2の回転軸を中心として回転する第4作業部材と、一方端が上記第3の作業部材の一方端に回転可能に取り付けられ、他方端が第1の作業部材に回転可能に取り付けられた第1のアームと、一方端が上記第4作業部材の一方端に回転可能に取り付けられ、他方端が第2の作業部材に回転可能に取り付けられた第2のアームとから構成される。そして、上記第1作業部材の回転軸と、上記第1の回転軸と、第1のアームの両端の回転軸とを直線で結んだ形状、および上記第2作業部材の回転軸と、上記第2の回転軸と、第2のアームの両端の回転軸とを直線で結んだ形状を、それぞれ四辺形状とする。

30

【発明の効果】

【0006】

本発明においては以下の効果を得ることができる。

40

(1) マスタスレーブ・マニピュレータの操作性と、アクチュエータを用いないマニピュレータの保守運用面での簡便性と力のフィードバックを併せ持ったマニピュレータを実現することができる。

特に、回転2自由度と把持の合計3自由度を有し、従来鉗子の持つ4自由度と合わせて6自由度+把持の7自由度となり、任意の位置と姿勢をとることができる。

また、駆動棒から構成されるリンク機構を用いており、ロボット鉗子等に多く採用されているワイヤ構造に比べて剛性が高い。

このため本発明のマニピュレータを鉗子に適用することにより、コストや手技の難しさから低侵襲手術に移行できなかつた症例に適用することが可能となり、低侵襲手術の幅を広げることができると考えられる。

50

(2) マニピュレータ先端の回転2自由度の軸が1点で交差するリンクのみで構成された機構であるため操作性が高い。また、屈曲時のリンクのふくらみによって何かを巻きこんでしまう危険性が無く、例えば内視鏡手術で使用される鉗子に適用しても、臓器を巻き込んでしまうといった危険がない。

(3) 駆動棒の途中に連結部材を設けることにより、操作部と鉗子先端の間の剛性を向上させることができ、駆動棒の長さが長くなっても対応することができる。

(4) 作業部材の先端に前記リンク機構を取り付け、リンク機構の先端で物体などを把持する構成とすることにより、リンク機構の先端の速度を減速することができ、加わる力を増大させることができる。このため、例えば鉗子先端において針などを把持させる際、把持力を大きくすることができ、操作性を向上させることができる。

10

また、上記リンク機構を設けることにより、回転関節と把持の軸をずらすことができるので、操作性を向上させることもできる。さらに、力を増大させることができるので、摩擦の影響を低減することもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下本発明の実施の形態について説明する。以下では、本発明を、手術用の多自由度鉗子に適用する場合について説明するが、本発明は操作部と作業部を有し、操作部の操作に応じて作業部を動かす各種作業を行なう種々の用途のマニピュレータにも同様に適用することができる。

図1は本発明の実施例の鉗子の概略構成および鉗子における自由度を説明する図であり、同図により本実施例の鉗子の自由度について説明する。

20

同図(a)において、1は操作部、2は作業部である。操作部1は第1、第2の操作部材1a, 1bから構成され、作業部2は第1、第2の作業部材2a, 2bで構成される。

上記操作端1と作業端2は、後述するリンク機構3で連結され、第1、第2の操作部材1a, 1bを例えば手で操作することにより、作業部2の第1、第2の作業部材2a, 2bを操作部1の操作に応じて動かすことができる。

【0008】

ここで、同図に示すように上記操作端1と作業端2の間に設けられたリンク機構3の軸方向をX軸、X軸に直交する方向をそれぞれY軸、Z軸とすると、操作部1を同図の矢印Aに示すようにY軸周りに回転させると、操作部1の動きは上記リンク機構3を介して作業部2に伝達され、作業部2も同様に同図の矢印Aの方向に回転する。

30

また、操作部1を同図の矢印Bに示すようにZ軸周りに回転させると、操作部1の動きは上記リンク機構3を介して作業部2に伝達され、作業部2も同様に同図の矢印Bの方向に回転する。

さらに、操作部1の第1、第2の操作部材1a, 1bを開閉させると、操作部1の動きは上記リンク機構3を介して作業部2に伝達され、作業部2の第1、第2の作業部材2a, 2bも開閉する。なお、通常、鉗子においては上記作業部2は物をつかむための把持部として構成されていることが多いので、以下では上記第1、第2の作業部材2a, 2bの開閉を把持、作業部2を把持部とも呼ぶ。

以下、上記Y軸周りの回転を図1(b)に示すようにピッチ(Pitch)といい、Z軸回りの回転をヨウ(Yaw)とよび、また、X軸周りの回転をロール(Roll)と呼ぶ。

40

【0009】

以上のように、本実施例の鉗子は回転2自由度+把持の自由度を持つ。一方、先端が把持のみの従来の鉗子を低侵襲手術に用いる場合、その動きは孔に拘束されるので、図1(c)に示すように軸方向の移動、回転(上記ロールに対応)、2方向の先端移動の4自由度である。

すなわち、本実施例の鉗子は通常鉗子が有する上記4自由度に加え、上記のように2自由度(ピッチとヨウ)+把持の自由度をもつので、合計で6自由度+把持となる。

このため、本実施例の鉗子を用いることで、鉗子の先端に任意の位置と姿勢をとらせる

50

ことができる。

一般に低侵襲手術では複雑な作業を行うことが困難で特に縫合作業が難しい。しかし、鉗子先端に自由度があれば従来鉗子には難しい角度からの作業が可能であるとともに縫合作業も容易なものとなる。また、従来鉗子の持つ4自由度は術者の腕の動きにほぼ相当し、鉗子先端の2自由度は術者の手首にほぼ相当することからも鉗子先端に自由度を付加することの効果を理解することができる。

また、本実施例の鉗子はリンク機構3を介して先端（作業端）の自由度を直接操作するため、従来鉗子と同等の力が術者に伝わる。さらに、電気回路やアクチュエータがなく、構成が簡単であるため、コスト面でも有利であり、導入運用面でも、電氣的な部分がないため他の治療具や診断具に影響が無く、電源などの新たな外部装置を必要としない。

10

【0010】

図2は本発明の実施例の鉗子の全体構成を示す図である。

同図において、1は第1の操作部材1aと第2の操作部材1bから構成される操作部、2は第1の作業部材2aと第2の作業部材2bから構成される作業部（把持部）である。

上記操作部1と作業部2間には、前記したようにリンク機構3が設けられ、リンク機構は、4本の駆動棒3a～3dと駆動棒の両端に設けられた同一構造の第1、第2の連結部材41, 42から構成される。操作部1と作業部2はそれぞれ連結部材42, 41を介して上記駆動棒3a～3dと連結されている。

上記リンク機構3により、操作部1の第1、第2の操作部材1a, 1bの操作に対応して作業部2の第1、第2の作業部材2a, 2bが動く。

20

本実施例の鉗子の自由度は前記したようにヨウ、ピッチ、および把持であり、鉗子全体を動かすことで得られる4自由度と合わせて合計7自由度（6自由度+把持）を持つ。

すなわち、第1、第2の操作部材1a, 1bを開閉すると、第1の作業部材2a、第2の作業部材2bが開閉する（把持）。また、第1、第2の操作部材1a, 1bのヨウ角を変えると、これに応じて作業部材2a, 2bのヨウ角も変わる。同様に、第1、第2の操作部材1a, 1bのピッチ角を変えると、これに応じて作業部材2a, 2bのピッチ角も変わる。

【0011】

図2の5は後述する固定部材であり、固定部材5は上記連結部材41, 42と同一構造の連結部材43と、固定枠51を有し、上記駆動棒3a～3dのX方向の移動を許容しながら、筐体（駆動棒の周囲を覆う外枠6）に対して、各駆動棒3a～3dが駆動棒3a～3dの軸に直交する方向に移動しないように固定することができる。

30

鉗子のX軸方向の長さが長くなると、力が加わったとき駆動棒3a～3dが撓むなどして、操作部1の操作力が作業部2に力が正しく伝わらず、また作業部2に作用する力が力覚として正しく操作部1に伝わらない可能性がある。

上記のように、駆動棒3a～3dの途中に上記連結部材43を有する固定部材5を設けることにより、鉗子のX軸方向を長くしても駆動棒3a～3dの撓みなどの影響を小さくすることができる。

なお、上記固定枠51を設けずに、駆動棒3a～3dの途中に連結部材43を設けてもよい。この場合には上記と同様、駆動棒3a～3dの撓みなどの影響を小さくすることができるが、固定枠51により駆動棒3a～3dが外枠6に対して、移動しないようにすることはできない。

40

【0012】

図3は、上記作業部側に設けられた連結部材42の構成例を示す図であり、同図(a)は作業部2をZ軸方向から見た図、(b)は(a)のA-A断面図である。

同図(a)(b)において、2a, 2bは第1、第2の作業部材（同図では作業部材2a, 2bの一部が示されている）である。

3a, 3bは駆動棒であり、駆動棒3c, 3dは同図(a)では駆動棒3a, 3bの下側に隠れ見えていない。

上記第1の作業部材2aは、中心軸4aに取り付けられた第1の可動部材4bに連結さ

50

れ、第2の作業部材2 bは、中心軸4 aに対して回動可能な軸部材4 rに取り付けられた第2の可動部材4 cに連結されている。

第1の可動部材4 aの中心軸4 aの両側には、それぞれ上記中心軸4 aと軸方向が平行な第1の回転軸4 dと、第2の回転軸4 eが回動可能に取り付けられている。

第1の回転軸4 dには、第1の固定部材4 mが取り付けられ、さらに軸方向が上記中心軸4 aと直交する第1の駆動棒支持軸4 hが取り付けられている。そして駆動棒3 aは上記第1の駆動棒支持軸4 hに回動可能に取り付けられている。

また、第2の回転軸4 eには、第2の固定部材4 nが取り付けられ、さらに軸方向が上記中心軸4 aと直交する第2の駆動棒支持軸4 iが取り付けられている。そして駆動棒3 bは上記第2の駆動棒支持軸4 iに回動可能に取り付けられている。

10

【0013】

同様に、第2の可動部材4 cの中心軸4 aの両側には、それぞれ上記中心軸4 aと軸方向が平行な第3の回転軸4 fと、第4の回転軸4 gが回動可能に取り付けられている。

第3の回転軸4 fには、第3の固定部材4 pが取り付けられ、さらに軸方向が上記中心軸4 aと直交する第3の駆動棒支持軸4 jが取り付けられている。そして駆動棒3 cは上記第3の駆動棒支持軸4 jに回動可能に取り付けられている。

また、第4の回転軸4 gには、第4の固定部材4 qが取り付けられ、さらに軸方向が上記中心軸4 aと直交する第4の駆動棒支持軸4 kが取り付けられている。そして駆動棒3 dは上記第4の駆動棒支持軸4 kに回動可能に取り付けられている。

【0014】

20

連結部材4 2は、上記構成を有し、駆動棒3 aが図3 (b) の紙面奥から手前方向に動き駆動棒3 bが紙面手前から奥方向に移動すると、第1の可動部材4 bが中心軸4 aの回りを回転し、第1の作業部材2 aが図3 (a) の左方向に回転する。同様に、駆動棒3 dが図3 (b) の紙面奥から手前方向に動き駆動棒3 cが紙面手前から奥方向に移動すると、第2の可動部材4 cが中心軸4 aの回りを回転し、第2の作業部材2 bが図3 (a) の右方向に回転する。すなわち、第1、第2の作業部材2 a , 2 bが開き、駆動棒3 a ~ 3 dが上記と逆の方向に動くと第1、第2の作業部材2 a , 2 bが閉じる。

また、駆動棒3 a , 3 bが共に図3 (b) の紙面手前から奥方向に動き、駆動棒3 c , 3 dが共に紙面奥から手前方向に移動すると、図3 (b) において中心軸4 aは、その上側が紙面奥側、下側が紙面手前側になるように傾く。これに応じて第1、第2の作業部材が傾き、図3 (a) においてその先端側が紙面奥側に動く。駆動棒3 a ~ 3 dが上記と逆の方向に動くと、図3 (a) において第1、第2の作業部材2 a , 2 bの先端側が紙面手前側に動く。

30

さらに、駆動棒3 a , 3 cが共に図3 (b) の紙面手前から奥方向に動き、駆動棒3 b , 3 dが共に紙面奥から手前方向に移動すると、第1、第2の可動部材4 b , 4 cは中心軸4 aを中心に回転し、第1、第2の作業部材2 a , 2 bが共に図3 (a) の右方向に回転する。駆動棒3 a ~ 3 dが上記と逆の方向に動くと、図3 (a) において第1、第2の作業部材2 a , 2 bは共に左方向に回転する。

【0015】

図4は、操作部側に設けられた連結部材4 1の構成例を示す図であり、同図 (a) は作業部2をZ軸方向から見た図、(b) は (a) のA - A断面図である。

40

操作部側に設けられる連結部材の構造は、中心軸4 aが長い点を除き、上記図3に示して連結部材と同一構成であり、同一のものには同一の符号が付されている。

図4 (a) において1 a , 1 bは第1、第2の操作部材 (同図では操作部材1 a , 1 bの一部が示されている) であり、この図では第2の操作部材1 bは第1の操作部材1 aの下側に隠れている。

図4 (a) (b) において、第1の操作部材1 aを右側に回動させると、第1の可動部材4 bが中心軸4 aの回りを回転し、駆動棒3 aが図4 (b) の紙面奥から手前方向に動き、駆動棒3 bが紙面手前から奥方向に移動する。これにより、前記したように作業端2側の第1の作業部材2 aは左側に回動する。

50

同様に、第2の操作部材1bを左側を回動させると、駆動棒3dが図3(b)の紙面奥から手前方向に動き、駆動棒3cが紙面手前から奥方向に移動する。これにより、前記したように作業端2側の第2の作業部材2bは右側に回動する。

また、第1の操作部材1a、第2の作業部材1bを共に、図4(b)において上側に回動させると中心軸4aが傾き、駆動棒3a, 3bが共に紙面手前から奥方向に移動し、駆動棒3c, 3dが共に紙面奥か手前方向に移動する。これにより、前記したように作業端2側の第1、第2の作業部材2b先端は図3(b)の下側に傾く。

さらに、第1の操作部材1a、第2の作業部材1bを共に図4(a)において左側に回動させると、第1、第2の可動部材4b, 4cが中心軸の回りを回転し、図4(b)において駆動棒3a, 3cが共に紙面手前から奥方向に移動し、駆動棒3b, 3dが共に紙面奥から手前方向に移動する。これにより、前記したように作業端2側の第1、第2の作業部材2b先端は共に右方向に回動する。

【0016】

図5～図7は本実施例の鉗子の動作を説明する概念図であり、操作部1を操作したときの把持の様子と、ピッチ角とヨウ角の変化を示す。

図5は操作端1の操作部材1a, 1bをそれぞれ回動させたときの、作業端2の作業部材2a, 2bの動きを説明する概念図である。

同図(a)(b)は、操作部材1aと上側の駆動棒3a, 3bと作業部材2aの動きを説明する図であり、同図に示すように、操作部材1aを回動させると、駆動棒3a, 3bは同図の矢印に示すように移動し、作業部材2aが同図に示すように回動する。

同図(c)は、操作部材1bと下側の駆動棒3c, 3dと作業部材2bの動きを説明する図であり、同図に示すように、操作部材1bを回動させると、駆動棒3c, 3dは同図の矢印に示すように移動し、作業部材2bが同図に示すように回動する。

すなわち、操作部材1a, 1bの開閉に応じて駆動棒3a～3dが同図に示すように移動し、これに反応して作業部材2a, 2bが開閉する。

これにより、操作部材1a, 1bを操作することにより、作業部材2a, 2bで物体を把持することができる。

また、作業部2に働く力は、上記駆動棒3a～3dを介して操作部材2a, 2bに伝わり、作業者は作業部2に働く力を力覚として感じることができる。

【0017】

図6は操作部1のピッチ角を変えたときの作業部2の動きを説明する概念図である。

操作部材1a, 1bを共に同図に示すように回動させピッチ角を変化させると、駆動棒3b, 3dは同図の矢印に示すように移動し、作業部材2a, 2bが同図に示すように回動して、ピッチ角が変化する。なお、同図では駆動棒3a, 3cは駆動棒3b, 3dに隠れて見えないが、駆動棒3aは駆動棒3bと、駆動棒3cは駆動棒3dと同一方向に動く。

図7は操作部1のヨウ角を変えたときの作業部2の動きを示す概念図である。

操作部材1a, 1bを共に同図に示すように回動させヨウ角を変化させると、駆動棒3a, 3bは同図の矢印に示すように移動し、作業部材2a, 2bが同図に示すように回動して、ピッチ角が変化する。なお、同図では駆動棒3c, 3dは駆動棒3a, 3bに隠れて見えないが、駆動棒3aは駆動棒3cと、駆動棒3cは駆動棒3dと同一方向に動く。

【0018】

ところで、低侵襲手術に用いる鉗子は通常300mm程度のシャフトの先に把持部を持つ細長い棒状の形状をしている。

鉗子の長さが長くなると、前記したように力が加わったとき駆動棒3a～3dが撓むなどして、操作部1の操作力が作業部2に力が正しく伝わらず、また作業部2に作用する力が力覚として正しく操作部1に伝わらない可能性がある。

このような場合には、前記したように駆動棒の途中に連結部材43を設ける。これにより、剛性をあまり損なうことなく鉗子の軸方向の長さを伸ばすことができる。また、連結部材43を固定枠51に取り付ければ、連結部材43、すなわち駆動棒3a～3dを外枠

10

20

30

40

50

6 に対して移動しないようにすることができる。

【 0 0 1 9 】

図 8 は上記連結部材 4 3 と固定枠 5 1 から構成される固定部材の構成例を示す図であり、同図 (a) は固定枠 5 1 と連結部材 4 3 を Z 軸方向から見た図、(b) は (a) の A - A 断面図である。

同図 (b) において、固定枠 5 1 は、軸 5 a を介して外枠 6 に取り付けられ、固定枠 5 1 は軸 5 a の回りに回転可能である。軸 5 a の軸方向は前記図 1 の Y 軸に平行である。

また、連結部材 4 3 の中心軸 4 a は固定枠 5 1 の上側および下側の枠に取り付けられている。このため連結部材 4 3 は固定枠 5 1 に対して、上記中心軸 4 a の回りに回転可能である。

10

連結部材 4 3 の構造は前記図 3、図 4 に示したものと基本的には同じであるが、連結部材 4 3 においては、前記した操作部材 1 a , 1 b、作業部材 2 a , 2 b なく、駆動棒 3 a ~ 3 d が連結部材 4 3 の第 1 ~ 第 4 駆動棒支持軸 4 h ~ 4 k に回動可能に取り付けられ、駆動棒 3 a ~ 3 d は、図 8 (a) に示すように連結部材 4 3 の前後に延伸している。

【 0 0 2 0 】

連結部材 4 3 の動作は前記図 3、図 4 で説明したものと同様であり、駆動棒 3 a が図 8 (b) の紙面奥から手前方向に動き駆動棒 3 b が紙面手前から奥方向に移動すると、第 1 の可動部材 4 b が中心軸 4 a の回りを回転する。同様に、駆動棒 3 d が図 8 (b) の紙面奥から手前方向に動き駆動棒 3 c が紙面手前から奥方向に移動すると、第 2 の可動部材 4 c が中心軸 4 a の回りを回転する。駆動棒 3 a ~ 3 d が上記と逆の方向に動くと第 1、第 2 の可動部材 4 b , 4 c は逆方向に回転する。

20

また、駆動棒 3 a , 3 b が共に図 8 (b) の紙面手前から奥方向に動き、駆動棒 3 c , 3 d が共に紙面奥から手前方向に移動すると、図 8 (b) において中心軸 4 a は、その上側が紙面奥側、下側が紙面手前側になるように傾き、固定枠 5 1 も同様に傾く。駆動棒 3 a ~ 3 d が上記と逆の方向に動くと、中心軸 4 a は、その上側が紙面手前側、下側が紙面奥側になるように傾き、固定枠 5 1 も同様に傾く。

さらに、駆動棒 3 a , 3 c が共に図 8 (b) の紙面手前から奥方向に動き、駆動棒 3 b , 3 d が共に紙面奥から手前方向に移動すると、第 1、第 2 の可動部材 4 b , 4 c は中心軸 4 a を中心に回転する。駆動棒 3 a ~ 3 d が上記と逆の方向に動くと、第 1、第 2 の可動部材 4 b , 4 c は逆方向に回転する。

30

なお、前記したように上記固定枠 5 1 を設けず、連結部材 4 3 のみを設けてもよく、この場合は、連結部材 4 3 の中心軸 4 a が固定枠 5 1 に取り付けられていないという点を除き、上記と同じである。

【 0 0 2 1 】

ところで、例えば内視鏡手術においては、鉗子の把持力が問題となることが多い。

鉗子の作業部における把持力を増大させる必要がある場合には、前記第 1、第 2 の作業部材の先端にリンク機構を取り付けることで、把持力の増大を実現することができる。

図 9 (a) は上記リンク機構の概念構成を示す図である。作業部 2 の第 1、第 2 の作業部材 2 a , 2 b の先端にアーム 2 c が取り付けられ、該アーム 2 c には、くの字状の第 3、第 4 の作業部材 2 d , 2 e が取り付けられている。

40

第 1、第 2 の作業部材 2 a , 2 b は回転軸 2 f の回りに回動し、アーム 2 c は第 1、第 2 の作業部材 2 a , 2 b に対し回転可能の連結される。また、第 3、第 4 の作業部材 2 d , 2 e は上記回転軸 2 f と軸方向が平行な回転軸 2 g の回りに回動可能の取り付けられ、第 3、第 4 の作業部材 2 d , 2 e の一方端に上記アーム 2 c が回転可能に連結されている。なお、第 3、第 4 の作業部材 2 d , 2 e の他方端 (先端部) は物体を把持する部分である。

【 0 0 2 2 】

上記リンク機構の第 1、第 3 の作業部材からなる機構を図示すると図 9 (b) に示すようになる。なお、第 1、第 2 の作業部材 2 a , 2 b、上下のアーム 2 c、第 3、第 4 の作業部材 2 d , 2 e の長さはそれぞれ等しい。

50

第1の作業部材2 a (2 b) の長さを a、アーム2 c の長さを b、第3の作業部材2 d (2 e) の回転軸2 g からアーム2 c の連結部までの長さを c とし、作業部材2 a の回転軸2 f と第3の作業部材2 d の回転軸2 g との距離を h とし、回転軸2 f と回転軸2 g を結ぶ線と第1の作業部材2 a の成す角度を θ_1 、回転軸2 f と回転軸2 g を結ぶ線と第3の作業部材2 d (2 e) の回転軸2 g と先端部を結ぶ線が成す角度を θ_2 とすると、以下の関係が成り立つ。

$$d^2 = a^2 + h^2 - 2 a h \cos \theta_1$$

$$/ 2 - \theta_1 = \theta_2$$

$$a^2 = d^2 + h^2 - 2 d h \cos \theta_1$$

$$b^2 = d^2 + c^2 - 2 d c \cos \theta_2$$

10

図10は、上記 θ_1 と、第1、第2の作業部2 a, 2 b に対する第3、第4の作業部材2 d, 2 e の減速比の関係を示す図である。図9 (b) に示すように b, h の長さを $b < h$ とし、これらで形成される四辺形の形状が台形状にすることにより、図10に示すように、 θ_1 が小さくなるに従って第3、第4の作業部材2 d, 2 e の速度を減速することができ、第3、第4の作業部材2 d, 2 e に加わる力を増大させることができる。

また、上記減速比は、上記四辺形の形状に依存するので、この四辺形の形状を適宜選定することにより、操作部における操作力と作業部先端に作用する力の比を変えることができる。

このため、例えば鉗子先端において針などを把持させる際、把持力を大きくすることができ、操作性を向上させることができる。また、上記リンク機構を設けることにより、回転関節 (回転軸2 f) と把持の軸 (回転軸2 g) をずらすことができるので、操作性を向上させることもできる。さらに、力を増大させることができるので、摩擦の影響を低減することもできる。

20

【0023】

以上のように本実施例の鉗子は、4本の駆動棒3 a ~ 3 d によって操作部1への入力を作業部2 (鉗子先端) まで伝達しており、本実施例の鉗子は以下の特徴を持つ。

(1) 3自由度すべてを4本の駆動棒からなるリンク機構のみで実現している。一般にパラレルリンク構造のマニピュレータは先端の位置と姿勢のみを考慮したもので、その先端にグリッパやドリルなどの手先効果器を取りつけたものが多く、把持の自由度をリンクではなくワイヤとバネによって実現しているものが多い。そのため、手で直接操作する場合、バネの弾性やワイヤの摩擦を操作者が感じてしまうため好ましい機構とはいえない。また、ワイヤの摩擦によって材料が磨耗してしまうという欠点もある。

30

これに対し、本実施例の鉗子は、4本の駆動棒3 a ~ 3 d を用いたリンク機構を用いているので、上記のように問題は生じない。

(2) 回転2自由度と鉗子のシャフト軸が1点で交差している。このため、鉗子先端は、シャフト軸周りの回転とピッチが連携して鉗子先端でロール軸周りの回転ができる。このため操作性がよく、複雑な操作も可能である。

(3) 鉗子先端の関節角度を変化させた際に、その他の部分が突出するなど、先端以外の部分に変形することがない。このため、例えば低侵襲手術に適用する場合、内視鏡の視野外でその形状が変化することが無く、臓器などを巻き込んでしまうという危険は生じない。

40

【0024】

表1に本発明の鉗子と前記特許文献2、特許文献3に記載の鉗子、従来型の鉗子 (4自由度 + 把持を有する鉗子) との違いを示す。

【0025】

【表 1】

	特許文献2	特許文献3	本実施例の 鉗子	従来鉗子
自由度	6+1(把持)	6+1(把持)	6+1(把持)	4+1(把持)
力覚	×	△	○	○
コスト	高価 (数億円)	やや高価 (数百万円)	比較的安価	安価 (数万円)
導入・運用	×	△	○	○

10

【0026】

表 1 に示すように、本発明の鉗子は特許文献 2、特許文献 3 に記載される鉗子と同じ自由度を有しながら力覚を伝えることができること、コストが安く、導入運用面で有利であるといったメリットがある。また従来型の鉗子と比べて、自由度が高く操作性がよい。

また表 2 に本発明の鉗子と特許文献 2 ~ 特許文献 6 の鉗子の操作面での特徴を示す。

20

【0027】

【表 2】

	特許文献2	特許文献3	特許文献4	特許文献 5, 6	本実施例の 鉗子
先端の回転2自由度の 回転軸が交差するか	×	○	×	○	○
ワイヤによる静止 摩擦の影響が無い	×	×	○	△ 把持のみ ワイヤを利用	○
屈曲時に 出っ張る部分が無い	○	○	×	○	○
動力を伝達する 方法の剛性	×	×	○	△ 把持のみ ワイヤを利用	○

30

【0028】

表 2 に示すように、本発明の鉗子は鉗子先端の回転 2 自由度の回転軸が交差するため、操作性が高く、また、すべての自由度をリンクによって構成しているためワイヤを利用するものに比べて静止摩擦の影響が少ないという特徴がある。

40

また、鉗子先端の屈曲時にリンク等のふくらみが生じることが無いので何かを巻きこんでしまう危険性が無く、さらにワイヤに比べて剛性が高いリンク機構を採用しているため、力の応答が早い。

【0029】

また、上記実施例の鉗子は、12mmの円筒を通ることができ、これは既存のトラカールを通ることができるサイズであり、実用的なサイズであるといえる。また、設計上の可動範囲はYaw角の変化が $\pm 75^\circ$ 、Pitch角の変化が $\pm 60^\circ$ 、把持が 0° から 30° であり、410gの重りを把持して持ち上げることができた。一般に4N程度の力を発生することができれば低侵襲手術に適用することが可能であるといわれており、開発し

50

た鉗子は腹腔内の作業に必要な発生力に対して十分な剛性を持つと言える。

本実施例の鉗子の有用性を確かめるために、鉗子の操作部と鉗子先端の自由度の対応を計測するとともに、鉗子先端へ加えた力が操作部にどの程度伝わってくるかを計測した。

【0030】

操作部と鉗子先端の動きの対応を確かめるために、家庭用デジタルビデオカメラを用いて操作部と鉗子先端を同時に撮影してその対応を確かめた。図11に示すように本実施例の鉗子10はシャフト部分でパイプ11に固定された状態で、ビデオカメラ12, 13により撮影を行った。

そして、撮影された画像からテンプレートマッチングによってマーカを検出し、鉗子先端および操作部の姿勢をその座標から算出した。その際、鉗子10は二次元平面上を動くとして仮定し、カメラ12, 13の幾何関係を平行射影とした。フレームレートは30.0fpsで解像度は720×480である。また、2つの画像内で同時にLEDを点灯させることで同期をとった。

図12～図14にヨウ(Yaw)、ピッチ(Pitch)、把持のそれぞれの測定結果を示す。同図の横軸は時間(s)、縦軸は角度(°)であり、操作部と鉗子先端(作業部)の動きを示している。同図に示すように、ヨウ(Yaw)、ピッチ(Pitch)、把持とも、操作部の動きに鉗子先端の動きがほぼ対応していることが分かる。

しかし、がたの影響によるヒステリシス特性が見られ、最大で15°の偏差が生じている。図12、図13において、波の上端もしくは下端のピークにおいて操作部と鉗子先端の偏差が大きくなっても鉗子先端が反応していない。これは設計した可動範囲よりも実際の可動範囲が小さいためだと考えられる。

【0031】

次に、力伝達性能を計測した。

図15(a)に示すように操作部に力センサ14を取り付けることで操作部の力を測定しながら操作し、鉗子先端を力センサ15に接触させることで鉗子先端から操作部に伝わる力、あるいは操作部から鉗子先端に伝わる力を計測した。

この実験も鉗子10はシャフト部分でパイプ11に固定された状態で行った。把持の力を計測する際は、図14(b)に示すように2つの四角パイプ16a, 16bを力センサ17に取りつけて測定を行った。

図16～図18にヨウ(Yaw)、ピッチ(Pitch)、把持のそれぞれの測定結果を示す。同図において、横軸は時間(s)、縦軸は力(N)であり、操作部と鉗子先端(作業部)に作用する力を示している。

同図により、ほぼ操作部に加わる力に鉗子先端に発生する力が追従していることが分かる。しかし、操作部に加わる力に対して鉗子先端に発生する力が遅れていることが読み取れる。操作部と鉗子先端の力の偏差は最大で1Nあった。特にヨウ(Yaw)の自由度が、摩擦やがたの影響を強く受けていることが読み取れる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の実施例の鉗子の概略構成と自由度を説明する図である。

【図2】本発明の実施例の鉗子の全体構成を示す図である。

【図3】作業部側に設けられた連結部材の構成例を示す図である。

【図4】操作部側に設けられた連結部材の構成例を示す図である。

【図5】本発明の実施例の鉗子の動きを説明する図(1)である。

【図6】本発明の実施例の鉗子の動きを説明する図(2)である。

【図7】本発明の実施例の鉗子の動きを説明する図(3)である。

【図8】固定部材の構成例を示す図である。

【図9】作業部材の先端に取り付けられるリンク機構を説明する図である。

【図10】リンク機構による減速比を示す図である。

【図11】操作部と鉗子先端の動きを計測する装置の構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】操作部と鉗子先端のヨウ (Y a w) 角の測定結果を示す図である。

【図 1 3】操作部と鉗子先端のピッチ (P i t c h) 角の測定結果を示す図である。

【図 1 4】操作部と鉗子先端の把持の測定結果を示す図である。

【図 1 5】力伝達特性を計測する装置の構成を示す図である。

【図 1 6】操作部と鉗子先端の力伝達特性 (Y a w) の測定結果を示す図である。

【図 1 7】操作部と鉗子先端の力伝達特性 (P i t c h) の測定結果を示す図である。

【図 1 8】操作部と鉗子先端の力伝達特性 (把持) の測定結果を示す図である。

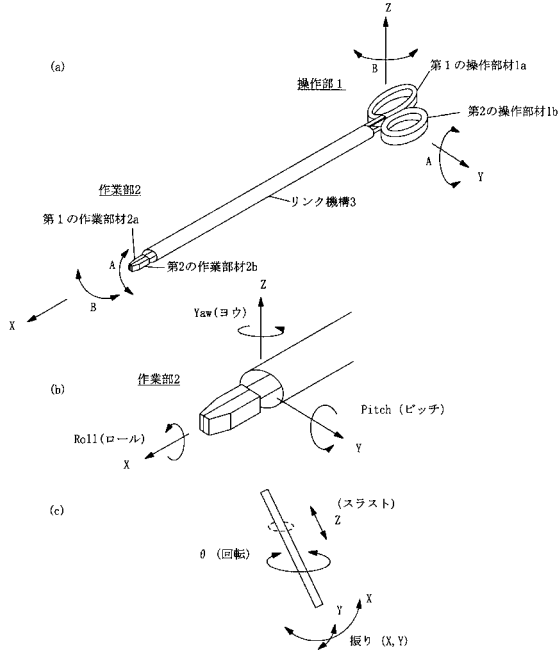
【符号の説明】

【 0 0 3 3 】

1	操作部	10
1 a	第 1 の操作部材	
1 b	第 2 の操作部材	
2	作業部	
2 a	第 1 の作業部材	
2 b	第 2 の作業部材	
2 c	アーム	
2 d	第 3 の作業部材	
2 e	第 4 の作業部材	
3	リンク機構	
3 a ~ 3 d	駆動棒	20
4 1 ~ 4 3	連結部材	
5	固定部材	
5 1	固定棒	
6	外棒	

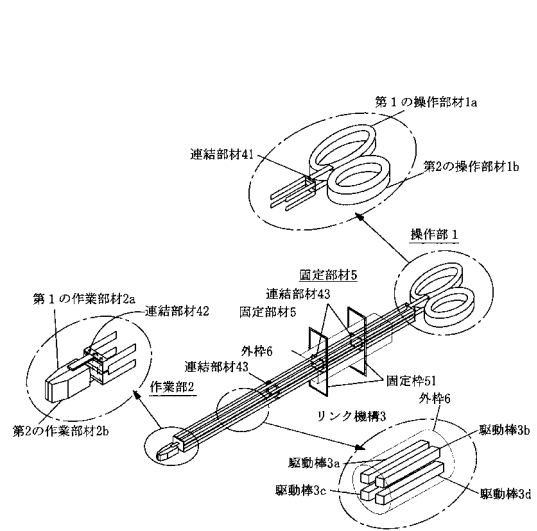
【図1】

本発明の実施例の鉗子の概略構成と自由度を説明する図



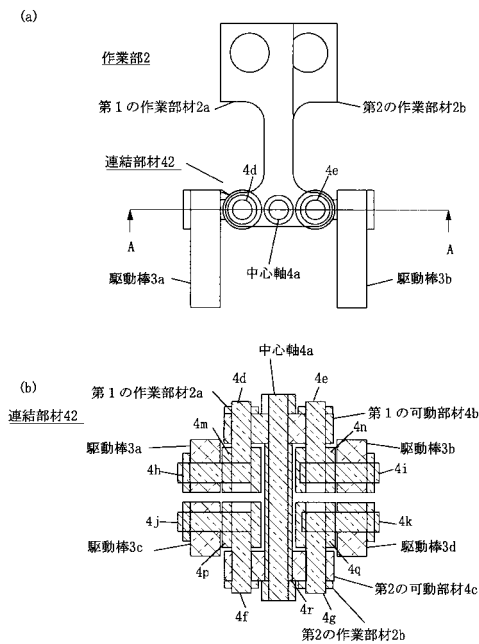
【図2】

本発明の実施例の鉗子の全体構成を示す図



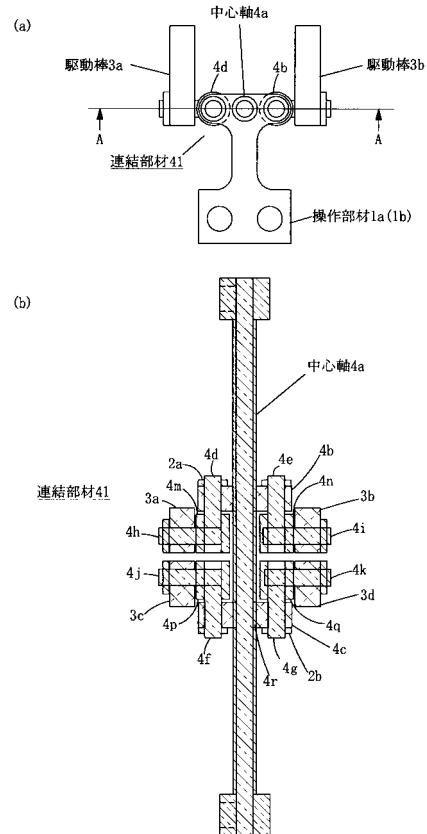
【図3】

作業部側に設けられた連結部材の構成例を示す図



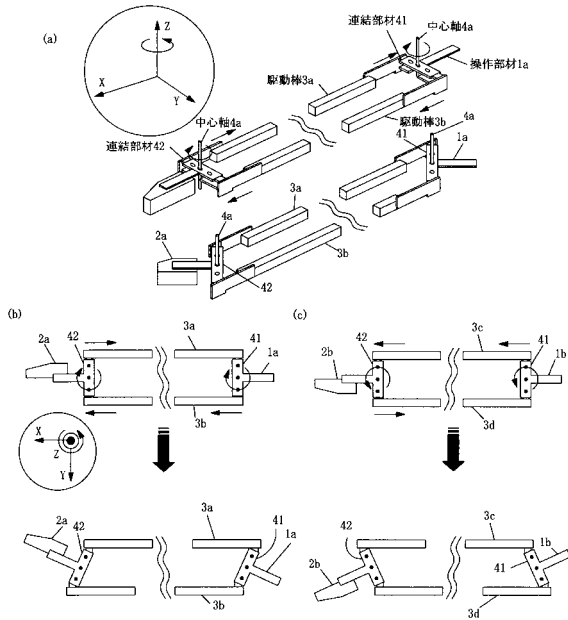
【図4】

操作部側に設けられた連結部材の構成例を示す図



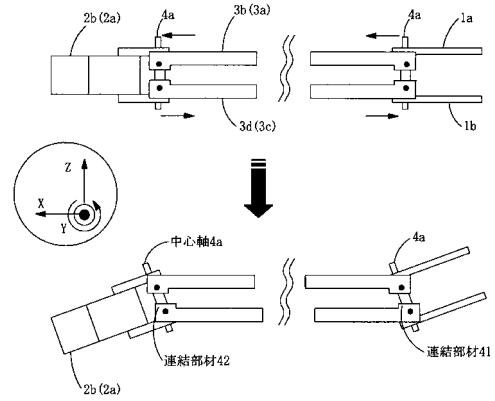
【図5】

本発明の実施例の鉗子の動きを説明する図(1)



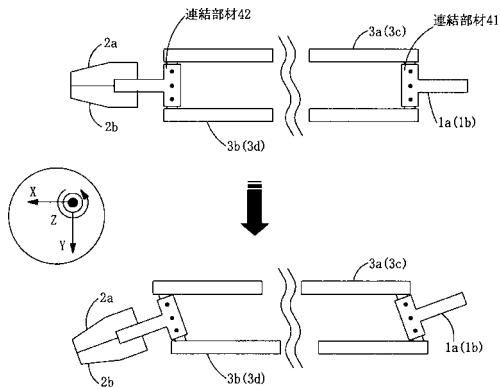
【図6】

本発明の実施例の鉗子の動きを説明する図(2)



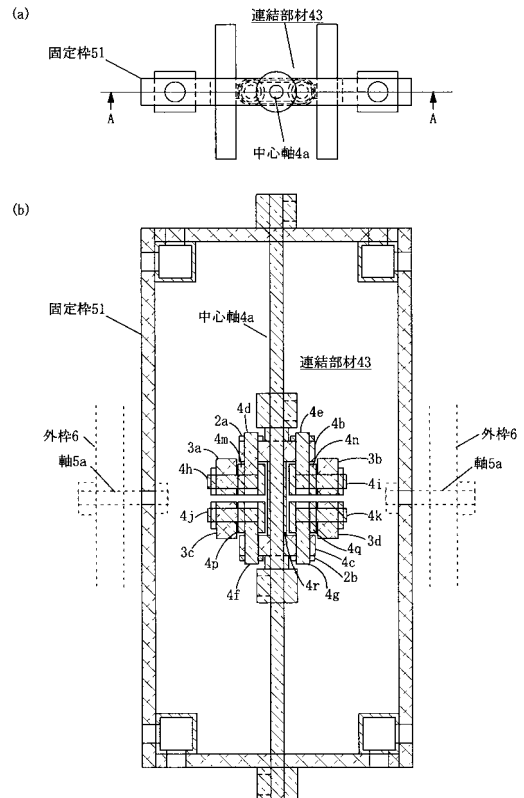
【図7】

本発明の実施例の鉗子の動きを説明する図(3)



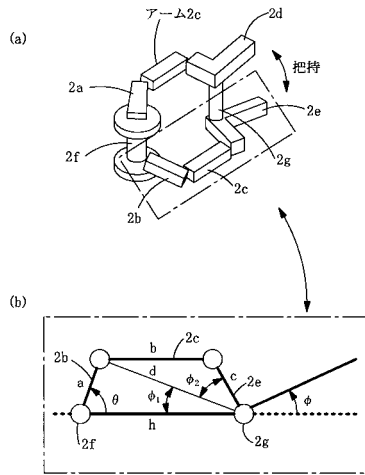
【図8】

固定部材の構成例を示す図



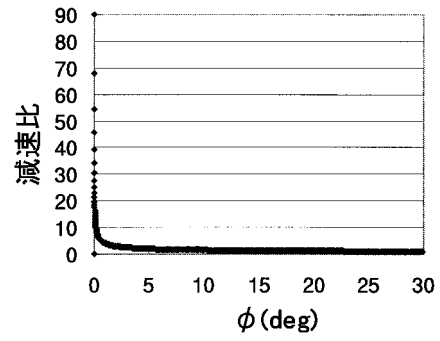
【図9】

作業部材の先端に取り付けられるリンク機構を説明する図



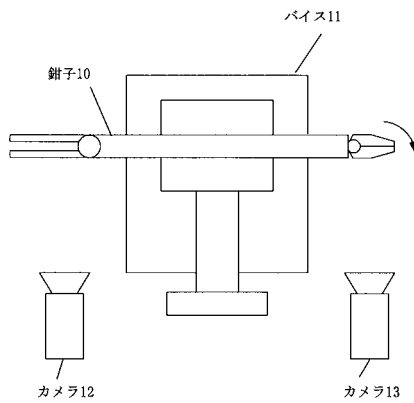
【図10】

リンク機構による減速比を示す図



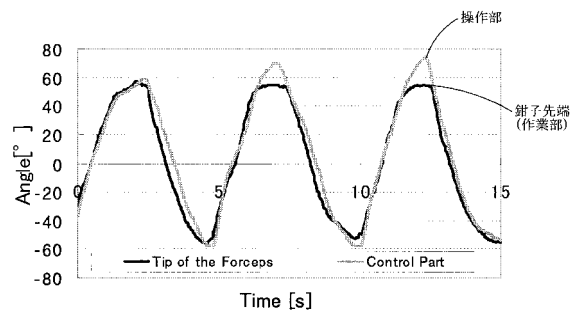
【図11】

操作部と鉗子先端の動きを計測する装置の構成を示す図



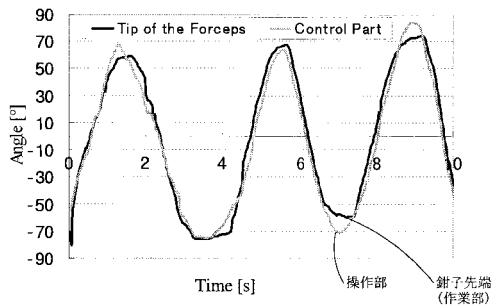
【図12】

操作部と鉗子先端のヨウ (Yaw) 角の測定結果を示す図



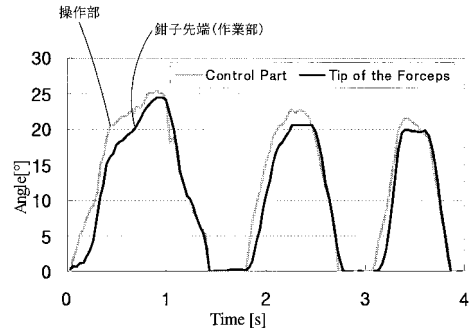
【図13】

操作部と鉗子先端のピッチ (Pitch) 角の測定結果を示す図



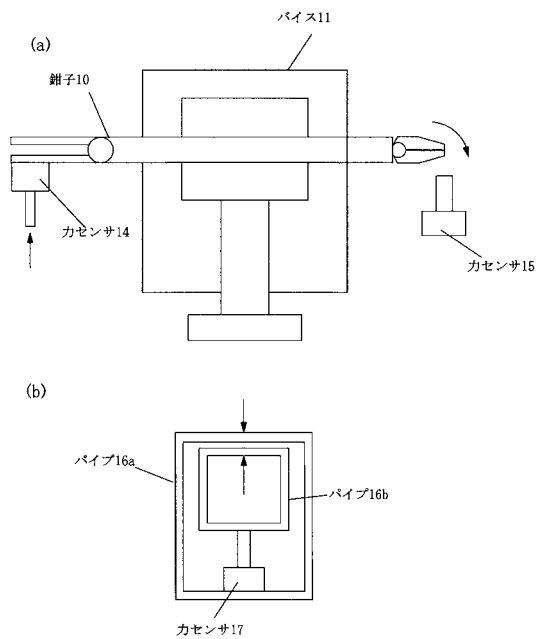
【図14】

操作部と鉗子先端の把持の測定結果を示す図



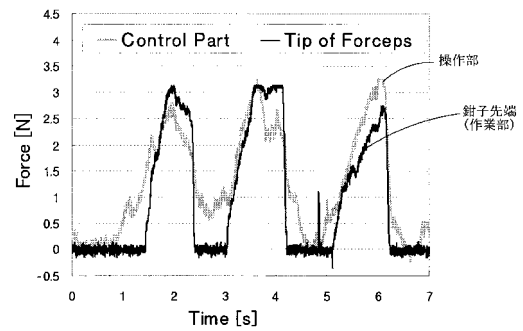
【図15】

力伝達特性を計測する装置の構成を示す図



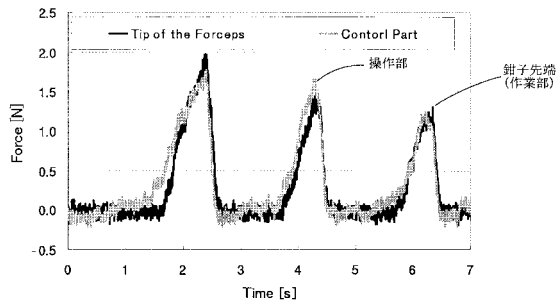
【図16】

操作部と鉗子先端の力伝達特性 (Yaw) の測定結果を示す図



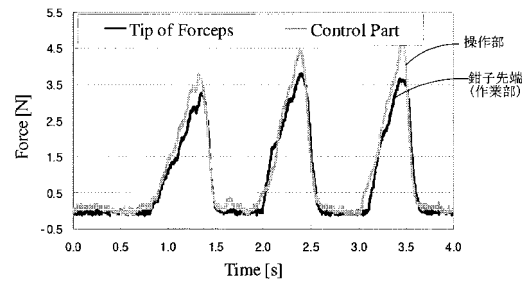
【図 17】

操作部と鉗子先端の力伝達特性 (Pitch) の測定結果を示す図



【図 18】

操作部と鉗子先端の力伝達特性 (把持) の測定結果を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 北島 政樹
東京都新宿区信濃町35番地 慶應義塾大学医学部内

審査官 沼生 泰伸

(56)参考文献 特開平06-311984(JP,A)
米国特許第05520678(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02

A61B 1/00 - 1/32

A61B 13/00 - 17/42

A61B 17/44 - 18/18

A61B 19/00 - 19/08

F16H 19/00 - 37/16

F16H 48/12

F16H 49/00