

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-125404

(P2007-125404A)

(43) 公開日 平成19年5月24日(2007.5.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 19/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 19/00 5 0 2	4 C 0 6 0
<b>A 6 1 B 17/11 (2006.01)</b>	A 6 1 B 17/11	

審査請求 有 請求項の数 29 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2006-337206 (P2006-337206)	(71) 出願人	398066033 コンピュータ・モーション・インコーポレーテッド アメリカ合衆国・94086・カリフォルニア州・サニイペイル・キファー・ロード・950
(22) 出願日	平成18年12月14日(2006.12.14)	(74) 代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
(62) 分割の表示	特願平9-529591の分割	(74) 代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
原出願日	平成9年2月19日(1997.2.19)	(72) 発明者	ワング, ユルン アメリカ合衆国・93117・カリフォルニア州・ゴレータ・ヴェレダ・レイエナ・370
(31) 優先権主張番号	08/603,543		
(32) 優先日	平成8年2月20日(1996.2.20)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	08/755,063		
(32) 優先日	平成8年10月22日(1996.10.22)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

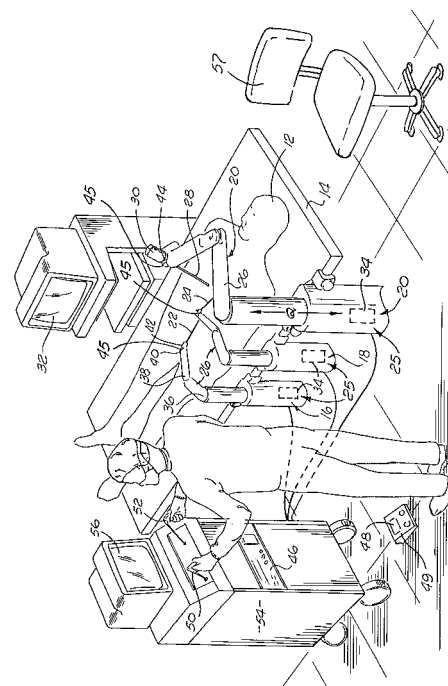
(54) 【発明の名称】 侵襲を最小に抑えた心臓手術を施術するための方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 外科医が、器具の先端部において、用具の位置をより巧妙で正確な位置にできる追加的な自由度を持つような、患者において節で動かすことができるような外科用器具システムを提供する。

【解決手段】 この器具は、組織を切断、保持、麻痺および縫合する操作のできるエンド・エフェクタを持つ。ロボット・アーム26は、コントローラ46により、1対のマスタ・ハンドル50、52に連結されている。ハンドルは外科医によって、エンド・エフェクタが対応した動きをするように動かすことができる。ハンドルの動きは、エンド・エフェクタが外科医の手の動きと異なり、典型的にはより小さく、対応した動きを持つようにスケールリングされる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 エンド・エフェクタを有する第 1 関節式アーム ( 1 6 ) と；

第 1 入力コマンドを作り出すために外科医により第 1 入力装置空間増分だけ移動可能な第 1 入力装置 ( 5 0 ) と；

前記第 1 入力装置から前記第 1 入力コマンドを受けかつ前記第 1 関節式アームに第 1 出力コマンドを与えて前記第 1 エンド・エフェクタを第 1 エンド・エフェクタ空間増分だけ移動させるように、前記第 1 入力装置と前記第 1 関節式アームに連結されたコントローラ ( 4 6 ) と；

第 2 エンド・エフェクタを有する第 2 関節式アーム ( 1 8 ) と；

第 2 入力コマンドを作り出すように外科医により第 2 入力装置空間増分だけ移動可能な第 2 入力装置 ( 5 2 ) とを備え、前記第 1 入力装置空間増分は前記第 1 エンド・エフェクタ空間増分とは異なるように前記第 1 入力コマンドをスケーリングするものであり、且つ前記コントローラ ( 4 6 ) は前記第 2 入力装置から前記第 2 入力コマンドを受けかつ前記第 2 関節式アームに第 2 出力コマンドを与えて前記第 2 エンド・エフェクタを第 2 エンド・エフェクタ空間増分だけ移動させ、前記第 2 入力装置空間増分が前記第 2 エンド・エフェクタ空間増分とは異なるように前記第 2 入力コマンドをスケーリングするものであり、更に前記コントローラは外科医の手の震えに対応する第 1 入力コマンドをフィルタリングして除去するフィルタを有することを特徴とする外科医が患者に手術を施せるようにするシステム ( 1 0 ) 。

**【請求項 2】**

内視鏡 ( 2 8 ) を保持する第 3 関節式アーム ( 2 0 ) と、外科医から指令を受け、前記指令に応じて第 3 入力コマンドを生成するように出来ている第 3 入力装置 ( 4 8 ) とをさらに備え、前記コントローラが前記第 3 入力コマンドを受けかつ前記第 3 関節式アームに第 3 出力コマンドを与えて前記内視鏡 ( 2 8 ) を移動させることが出来ることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 3】**

前記第 1 入力装置が外科医により移動されるように出来ているマスタハンドル ( 5 0 ) であり、前記入力装置がさらに、前記第 1 関節式アーム ( 1 6 ) を作動して前記第 1 エンド・エフェクタが前記マスタハンドルの移動と連動して移動し、前記マスタハンドルが外科医により移動されるときに、前記第 1 エンド・エフェクタが静止し続けるように前記第 1 関節式アームを作動不能にするために前記コントローラ ( 4 6 ) に連結された入力ボタンを有することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 4】**

前記マスタハンドルがマスタピボット点の周りで回転可能であることを特徴とする請求項 3 に記載のシステム。

**【請求項 5】**

前記入力装置が、第 1 入力位置信号を与える第 1 位置センサと、第 2 入力位置信号を与える第 2 位置センサとを有し、前記コントローラが前記第 1 位置信号に対する第 1 スケールファクタと、前記第 2 位置信号に対する第 2 スケールファクタとを与えるように出来ていることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 6】**

前記第 1 関節式アームが患者の切開部に位置するピボット点の周りで回転することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 7】**

前記第 1 関節式アーム ( 1 6 ) が切開部に挿入可能な第 1 エンド・エフェクタに連結された非駆動関節 ( 4 2 ) を有し、前記切開部が前記第 1 エンド・エフェクタに対する第 1 ピボット点を定め、前記コントローラにより与えられた前記第 1 出力コマンドが前記第 1 ピボット点に対する前記第 1 エンド・エフェクタの移動を行うように出来ていることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 8】

第 2 エンド・エフェクタを有する第 2 関節式アーム ( 1 8 ) と、外科医からの指令に応じて第 2 入力コマンドを作り出すように出来ている第 2 入力装置 ( 5 2 ) とをさらに備え、前記コントローラ ( 4 6 ) が、前記第 2 入力装置から前記第 2 入力コマンドを受けかつ前記第 2 関節式アームに第 2 出力コマンドを与えて患者の第 2 切開部に位置する第 2 ピボット点の周りで前記第 2 エンド・エフェクタを移動させるように出来ていることを特徴とする請求項 7 に記載のシステム。

## 【請求項 9】

内視鏡 ( 2 8 ) を保持する第 3 関節式アーム ( 2 0 ) と、外科医から指令を受け、前記指令に応じて第 3 入力コマンドを生成するように出来ている第 3 入力装置 ( 4 8 ) とをさらに備え、前記コントローラ ( 4 6 ) が、前記第 3 入力コマンドを受けかつ前記第 3 関節式アームに第 3 出力コマンドを与えて患者の第 3 切開部に位置する第 3 ピボット点の周りで前記内視鏡を移動させるように出来ていることを特徴とする請求項 8 に記載のシステム。

10

## 【請求項 10】

前記第 1 入力装置が外科医により移動されるように出来ているマスタハンドル ( 5 0 ) であることを特徴とする請求項 9 に記載のシステム。

## 【請求項 11】

第 2 エンド・エフェクタを有する第 2 関節式アーム ( 1 8 ) と、第 2 入力コマンドを作り出すように外科医により第 2 入力装置空間増分だけ移動可能な第 2 入力装置 ( 5 2 ) とをさらに備え、前記第 2 入力装置が、外科医が押すことができる第 2 入力ボタンを有し、前記第 2 入力ボタンが押されたときに、前記コントローラ ( 4 6 ) が、前記第 2 入力装置から前記第 2 入力コマンドを受けかつ前記第 2 関節式アームに第 2 出力コマンドを与えて前記第 2 エンド・エフェクタを移動させるように出来ていることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

20

## 【請求項 12】

内視鏡 ( 2 8 ) を保持する第 3 関節式アーム ( 2 0 ) と、外科医から指令を受けるように出来ており、前記指令に応じて第 3 入力コマンドを生成する第 3 入力装置 ( 4 8 ) とをさらに備え、前記コントローラ ( 4 6 ) が、前記第 3 入力コマンドを受けかつ前記第 3 関節式アームに第 3 出力コマンドを与えて前記内視鏡 ( 2 8 ) を移動させるように出来ていることを特徴とする請求項 11 に記載のシステム。

30

## 【請求項 13】

前記第 1 入力装置がマスタピボット点の周りで回転可能なマスタハンドルを含むことを特徴とする請求項 11 に記載のシステム。

## 【請求項 14】

前記第 1 入力装置が外科医により移動されるように出来ているマスタハンドル ( 5 0 ) であり、前記入力装置がさらに、前記第 1 関節式アームを作動して前記第 1 エンド・エフェクタが前記マスタハンドルの移動と連動して移動し、前記マスタハンドルが外科医により移動されるときに、前記第 1 エンド・エフェクタが静止し続けるように前記第 1 関節式アームを作動不能にするために前記コントローラに連結された入力ボタンを有することを特徴とする請求項 7 又は 11 に記載のシステム。

40

## 【請求項 15】

前記第 1 エンド・エフェクタが力センサを有し、前記第 1 入力装置が、前記力センサにより検知される力に対応する外科医に対する力を加えるように前記力センサに連結されたアクチュエータを有することを特徴とする請求項 1、7 又は 11 に記載のシステム。

## 【請求項 16】

外科医に加えられる前記力が前記力センサにより検知された力のスケーリングされた増分であることを特徴とする請求項 15 に記載のシステム。

## 【請求項 17】

前記第 1 エンド・エフェクタが前記マスタハンドルの移動のスケーリングされた増分だ

50

け移動するように出来ていることを特徴とする請求項 10 又は 13 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記第 1 関節式アーム (16) が、無菌連結器 (45) によりロボットアーム (26) に連結された手術器具 (22) を含むことを特徴とする請求項 1、7 又は 11 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記ロボットアーム (26) が無菌バッグ (45) に封入されることを特徴とする請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記第 1 関節式アームが、患者の切開部に位置するピボット点の周りで回転するように出来ていることを特徴とする請求項 11 に記載のシステム。 10

【請求項 21】

前記第 1 関節式アームが一对の非駆動関節 (40、42) を有することを特徴とする請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記アームに回転自在に取り付けられた着脱自在の連結器と、  
前記連結器により保持され、前記エンド・エフェクタを有する内視鏡手術器具とをさらに備える請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記連結器が前記第 1 関節式アームに着脱自在に付いていることを特徴とする請求項 22 に記載のシステム。 20

【請求項 24】

前記内視鏡手術器具が関節式内視鏡手術器具であることを特徴とする請求項 23 に記載のシステム。

【請求項 25】

前記関節式手術器具が基体とピボットリンク機構と先端とを備えることを特徴とする請求項 24 に記載のシステム。

【請求項 26】

前記コントローラにおける移動が前記関節式手術器具の基体に対する前記関節式手術器具の先端の対応する移動をもたらすことを特徴とする請求項 25 に記載のシステム。 30

【請求項 27】

前記連結器がその中を貫いて形成された開口を有することを特徴とする請求項 22 に記載のシステム。

【請求項 28】

前記関節式手術器具の先端に取り付けられた工具がステープラであることを特徴とする請求項 26 に記載のシステム。

【請求項 29】

前記関節式手術器具の先端に取り付けられた工具が焼灼器であることを特徴とする請求項 26 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】 40

【技術分野】

【0001】

本発明は、侵襲を最小に抑えた心臓手術を施術するためのシステムおよび方法に関する。より詳細には、本発明は、分離可能に連結した、侵襲を最小に抑えた施術を補助するロボット・システムおよび外科用器具に関する。

【背景技術】

【0002】

冠状動脈の閉塞は、生命を維持する血液および酸素を心臓から奪う。この閉塞は、薬物治療で、または血管形成によって取り除かれる。重い閉塞については、冠状動脈迂回路移植 (CABG) が、動脈の閉塞した部分を迂回するように施術される。CABG 手法は典 50

型的には、胸骨を割り、引いて胸腔を開いて心臓に近づいていくことで施術される。切開は閉塞した部位の近傍の動脈に行われる。そして内胸動脈（I M A）が切断され、動脈に切開の点で連結される。I M Aは動脈の閉塞した部位を迂回し再び心臓までの全血流をもたらす。一般に「開腹手術」と呼ばれる、胸骨の割裂および胸腔の切開は患者に大きな精神的衝撃をもたらし得る。加えて、割裂された胸骨は患者の回復期間を長引かせる。

胸腔の切開を伴わないC A B G手法を施術する試みはなされてきた。侵襲を最小に抑えた手法は、患者の皮膚の小さな切開口を通した挿入式外科用器具および内視鏡によって実施される。そのような器具の操作は、特に移植組織片を動脈に縫合するときに不便であり得る。高水準の巧妙さが、器具の正確な制御に要求されることが知られていた。加えて、人の手は、典型的には少なくとも最小の震えを起こす。この震えは更に、侵襲を最小に抑えた心臓手術の施術の難しさを増す。

10

#### 【0003】

M I Sを施術するにあたっては、外科医は特別な器具を使用する。これらの器具は、外科医の患者の体内での巧妙な処置を可能にさせる。侵襲を最小に抑えた手術（M i n i m a l l y I n v a s i v e S u r g e r y）において使用されるあるタイプの器具は、針のような物体を掴むよう特別に形作られた先端部分を持つ器具である鉗子である。侵襲を最小に抑えた手術のために設計された鉗子およびその他の器具は一般的に長く、柔軟性がないため、最小侵襲性の多くの手法を効果的に実施するのに必要な、巧妙さおよび正確さを外科医にもたらしすることはできない。例えば、従来のM I S鉗子は、内視の際のような、最小侵襲性の手法の最中での針の操作に良く適合していない。したがって、施術されてきた多くのM I S手法は今までのところはまだ完成していない。

20

#### 【0004】

本質的には、開腹手術の間は、様々な器具の先端部分が6段階の自由度で位置決めされる。しかしながら、侵襲を最小に抑えた手法を実施するために患者に施されたもののような小さな切開口を通じての器具の挿入によって、2段階の自由度は失われてしまう。実施されるM I S手法の型を本質的に制限してきたのは、外科治療の位置における移動の自由のこういった喪失である。

#### 【0005】

使用される器具が、器具が患者に挿入されるときに喪失される自由度に新たな自由度をもたらすことができないため、M I Sにおいては巧妙さが欠如している。この巧妙さの欠如に関連する1つの問題点は、器具の置かれた位置によっては縫合ができないことである。結果として、外科治療する部位において多くの縫合を必要とする手術は、この多くの処置が可能な外科用器具が調達可能でないため、ほとんど実施が不可能である。

30

#### 【0006】

M I Sに関連する他の問題点は、外科治療する部位における正確さの欠如である。M I C A B G（最小侵襲性冠状動脈迂回路（バイパス）移植）の様な手法に関しては、極度に小さな縫合が心臓のすぐ近くの様々な位置になさなくてはならない。そのような意味において、外科用器具の先端部における用具の正確な動きが必要である。現時点では、手元を持つ器具については、そのような縫合に必要な正確さは欠如している。

#### 【発明の開示】

40

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

そのような意味において、技術上要求されるものは用具であり、外科医が、器具の先端部において、用具の位置をより巧妙で正確な位置にできる追加的な自由度を持つような、患者において節で動かすことができるような外科用器具の等級が要求される。

#### 【0008】

加えて、技術上要求されるものは、様々な用具が容易におよび直ちに取って代わって速やかな手法を可能にし、こうして患者にかかる手術室の経費を軽減し、患者が麻酔にかかっている時間を短くするように性能を変化させる単純な器具および用具を提供する方法と機構である。

50

それは、本発明が意図している前述の問題を解決するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、侵襲を最小に抑えた心臓手術の施術のためのシステムである。このシステムは1対のロボット・アームに連結された1対またはそれ以上の外科用器具を含む。このシステムはまた、本明細書において以下に開示するように、単一の外科用器具および単一のロボット・アームも含む。この器具は、組織を切断、保持、麻痺および縫合する操作のできるエンド・エフェクタを持つ。ロボット・アームは、コントローラにより、1対のマスタ・ハンドルに連結されている。ハンドルは外科医によって、エンド・エフェクタが対応した動きをするように動かすことができる。ハンドルの動きは、エンド・エフェクタが外科医の手の動きと異なり、典型的にはより小さく、対応した動きを持つようにスケーリングされる。これは、外科医の手の震えを除くのに役立つ。スケール係数は、外科医がエンド・エフェクタの動きの細かさを制御できるように調整可能である。エンド・エフェクタの動きは、エンド・エフェクタが、外科医がボタンを押すか、またはトグルしたときにのみ作動するように、入力ボタンによって制御できる。入力ボタンは、ハンドルが好都合な位置に移動できるように外科医がエンド・エフェクタを動かさずにハンドルの位置を調整することを可能にする。このシステムはまた、外科医が外科治療する部位を遠隔から見ることを可能にする、ロボット式に制御される内視鏡を有する。心臓手術は、患者の皮膚に小さな切開口をあけ、患者に器具および内視鏡を挿入することによって施術できる。外科医はハンドルを操作し、冠状動脈迂回路移植や心弁手術のような心臓手術を実施するためにエンド・エフェクタを動かす。

【0010】

本発明は、加えて、外科医がその器具の先端部の用具の機能を保持しながらその器具の先端部を関節式に操作できるような、外科用器具とその制御方法を対象とする。したがって、器具の先端部は、もっぱら先端部に配置された器具を使いながら、2段階の自由度で明確に機能させられるであろう。

【0011】

このロボット・システムは一般的に、  
ロボット・アーム；  
アームに取り付けた連結器；  
連結器によって保持される外科用器具；  
コントローラ；  
を含み、コントローラの動きがロボット・アームおよび外科用器具の、対応した動きを生み出す。

【0012】

本発明は、細長いロッドを持つ外科用器具を含む。この細長いロッドは長手方向の軸を有し、一般に内視鏡器具のアームとして働く。関節部分は、細長いロッドに達し、それを越えて延びている。あるいは、関節部分を、細長いロッドと一体に形成することもできる。関節部分は、基部、ピボット・リンケージ、および末端部分を有する。基部は1対のフィンガを含む。フィンガは互いに垂直であり、細長いロッドの長手軸に放射状に向かっている。外科手術での使用については、一般的には、この器具、およびその構成要素の大部分がステンレス、プラスチック、または他の滅菌可能な素材で形成されていることが好ましい。それぞれのフィンガは、ピボット・リンケージの、関節部分の基部への連結を助け、かつピボット・リンケージを旋回可能に基部に取り付け可能にするピンが通過できるように、少なくとも1つの切れ目があけられている。関節部分は、関節部分を含む器具の先端部において関節式動作を行う。より具体的には、これは、関節部分を含む器具の先端部の道具に、追加の自由度を与える。

【0013】

本明細書において以下に開示するような器具は、現在の外科システムと組み合わせて使用するとき、侵襲を最小に抑えた外科手術においていまだ達成されていない追加的な巧妙

さ、正確さ、柔軟性を外科医に提供する。したがって、手術時間を短縮し、患者の精神的衝撃を大きく軽減することが可能である。

【0014】

本明細書において以下に開示される関節式先端部の配置の正確さを上げるために、マスタ・コントローラには2つの追加的な自由度は提供される。2つの追加的な自由度はそれぞれ器具の先端部における各自由度にマップされる。これは、マスタ上の2つの接合部と、マスタで行われる動きに応答して器具の先端部を関節式に操作するための自動手術の追加によって達成された。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の目的および利点は、以下にその詳細を示す説明および図面を検討すれば通常の技術の熟練者には、より容易に明らかになるであろう。

【0016】

図面を、より詳細に図面番号によって参照すると、第1図は侵襲を最小に抑えた手術の施術をするのに使用できるシステム10を示す。好ましい態様においては、システム10は侵襲を最小に抑えた冠状動脈迂回路移植、または内視鏡冠状動脈迂回路移植（ECABG）、および他の管状器官の吻合手法の施術に使用することができる。MICABG手法について示し、説明するが、このシステムは他の外科手術にも使用できることを理解されたい。例えば、このシステムは、あらゆる対の血管の縫合に使用できる。

【0017】

システム10は、手術台14に典型的に寝かされている患者12に手術を施術するのに使用される。手術台14には、関節式第1アーム16、関節式第2アーム18、関節式第3アーム20が据え付けられている。関節式アーム16～20は好ましくは、患者と同じ水平位置になるように、手術台に据え付けられる。また、患者の水平位置の近くにアームを配置するカートまたは何か他の装置に据え付けられることもできることを理解されたい。3本の、関節式アームについて説明するが、この装置は、1本またはそれ以上などいくつかのアームを持つこともできることを理解されたい。

【0018】

第1および第2の関節式アーム16および18はそれぞれ、基部ハウジング25および基部ハウジング25から延びる、ロボット・アーム・アセンブリ26を有する。外科用器具22および24は、第1および第2の関節式アーム16、18のそれぞれのロボット・アーム・アセンブリ26の末端に、好ましくは取り外し可能に固定されている。器具22、24のそれぞれは、本明細書で以下に更に詳しく論ずる様々な方法で、対応するロボット・アーム・アセンブリ26に固定される。

【0019】

第3の関節式アーム20は、加えて、基部のハウジング25、およびロボット・アーム・アセンブリ26、および好ましくはロボット・アーム・アセンブリ26に固定された内視鏡28を有する。関節式アーム16、18および20のそれぞれの基部ハウジング25、およびロボット・アーム・アセンブリ26は実質的に類似している。しかし、第3の関節式アーム20の形状は、外科用器具を保持し位置決めするのとは違って内視鏡28を保持し位置決めするのが目的であるため異なっていることを認識されたい。

【0020】

器具22および24、および内視鏡28は患者12の皮膚に開けた切開口を通して挿入される。内視鏡28は、患者12の内部組織の映像を表示するモニタ32に連結したカメラ30を有する。

【0021】

それぞれのロボット・アーム・アセンブリ26は、矢印Qで示すように、アーム・アセンブリ26を基部ハウジング25に対して直線方向に移動させる基部モータ34を有する。また、それぞれのロボット・アーム・アセンブリ26は、第1の回転モータ36および第2の回転モータ38を含む。それぞれのロボット・アーム・アセンブリ26はさらに、

10

20

30

40

50

受動状態ジョイント４０および４２の対を持つ。受動状態ジョイント４０および４２は、好ましくは、対応するロボット・アーム・アセンブリ２６に固定された器具２２、２４または内視鏡２８が旋回運動できるように、互いに垂直に配置される。受動状態ジョイントは、特定の方向ばねバイアスをかけてもよいが、それらはモータ駆動はされない。ロボット・アーム・アセンブリ２６はまた、器具２２および２４または内視鏡をそこに連結するための連結機構４５を有する。加えて、それぞれのロボット・アーム・アセンブリ２６は、それに取り付けた器具２２、２４または内視鏡２８を長手軸の回りで回転させる、モータ駆動のウォームギア４４を有する。より具体的には、モータ駆動のウォームギアは器具と内視鏡を回転させる。

#### 【００２２】

第１、第２および第３の、関節式アーム１６、１８、２０はアームの動きを制御できるコントローラ４６に連結している。アームは、制御信号がコントローラ４６から関節式アーム１６、１８および２０のそれぞれに送られるように、配線、ケーブルまたは送信機／受信機のシステムを介してコントローラ４６に連結されている。それぞれの関節式アーム１６、１８および２０とコントローラ４６の間の誤りのない通信を確実にするために、各アーム１６、１８、２０を電氣的にコントローラに接続する、例えば、各アーム１６、１８、２０を電気ケーブル４７を介してコントローラ４６に電氣的に接続することが好ましい。しかし、直接的な電氣的接続ではなく、周知の遠隔制御システムを利用してアーム１６、１８、２０のそれぞれを遠隔で制御することも可能である。このような遠隔操作装置は技術上周知であるので、ここで更には論じない。

#### 【００２３】

コントローラ４６は、フットペダルのような入力装置４８、手動コントローラ、または音声感知装置に連結されている。例を挙げる目的で、フットコントローラをここで開示する。入力装置４８は、外科医によって、入力装置４８にある、対応するボタンを押すことで、内視鏡の位置を動かし、患者の異なる部分が見えるように操縦され得る。コントローラ４６は入力装置４８からの入力信号を受け取り、外科医が入力した命令に従って、内視鏡２８および第３の連結されているアーム２０のロボット・アーム・アセンブリ２６を移動させる。それぞれのロボット・アーム・アセンブリ２６は本発明の譲受人Computer Motion, Inc. (Goleta, California)によってAESOPという商標で販売されている装置である。この装置はまた、本明細書に文献として取り込まれている米国特許第５,５１５,４７８号に記述されている。フットペダル４９について示し説明するが、この装置は、手動制御装置、または言語認識仲介装置のような、他の入力手段をもつものと理解される。

#### 【００２４】

第１および第２の、関節式アーム１６および１８に固定されている器具２２、２４の動きおよび位置決めは、外科医によって、１対の主要ハンドル５０および５２にて制御される。外科医が操作する主要ハンドル５０、５２のそれぞれは、ハンドル５０または５２の動きが、関節式アーム１６、１８に固定されている外科用器具２２、２４に関連した動きを与えるように、関節式アーム１６、１８のうちの関連する１つと主従の関係を持つ。

ハンドル５０および５２は、移動可能な棚５４に搭載されている。第２のテレビモニタ５６は棚５４の上に位置され、外科医が患者１２の内組織を直ちに見られるような、周知の手段を介して、内視鏡に接続される。ハンドル５０および５２はまた、コントローラ４６に接続されている。コントローラ４６は、ハンドル５０および５２からの入力信号を受け、対応する外科用器具の動きを計算し、そして、ロボット・アーム・アセンブリ２６および器具２２、２４を動かす出力信号をもたらす。外科医は実際に器具の端を持つことなく器具２２、２４の動きおよび方向を制御するので、外科医は腰掛けた状態、または立った状態の双方で、本発明のシステム１０を使用するであろう。この装置の１つの優位性は、外科医が座った状態で内視鏡手術を実施することである。これは外科医の疲労を排除する助けとなり、特に何時間もの長さになるこれらの行程において、手術室における成果および結果を改善する。腰掛けた体勢に対応するには、椅子５７が装置と共に提供される。



## 【 0 0 2 5 】

各ハンドルは、第 2 図に描写された様々なジョイント J m 1 ~ J m 5 によってもたらされる多方向への自由度を持つ。ジョイント J m 1 および J m 2 は、ハンドルが棚 5 4 の軸心について回転できるようにする。ジョイント J m 3 は、外科医がハンドルを棚 5 4 に入ったり、出たりする直線的な動きをさせられるようにする。ジョイント J m 4 は、外科医が主要のハンドルを、ハンドルの長手軸について回転させることを可能にする。ジョイント J m 5 は、外科医がグリッパを開いたり閉じたりできるようにする。

## 【 0 0 2 6 】

ジョイント J m 1 ~ J m 5 は、ハンドルの相対的な位置に対応する帰還信号をもたらす 1 つのまたはそれ以上の位置センサを持つ。位置センサは、位置の変化に対応する電気信号を与えるポテンシオメータまたはロータリー光学エンコーダのような帰還装置である。加えて、多くの位置センサが各ジョイントに位置され、対応するロボット・アーム・アセンブリ 2 6 の不調、または誤った位置などに関して外科医に警告するための、冗長性をもたらす。

## 【 0 0 2 7 】

位置センサに加えて、それぞれのジョイントには、各ジョイントに付与される速度、加速度、力についての電気信号を与えるタコメータ、加速度計、力感知用ロードセルが含まれる。加えて、アクチュエータが各ジョイントに含まれ、ロボット・アーム・アセンブリ 2 6 で受けた力の帰還を反映する。これは、器具 2 2、2 4 の 1 つの末端にあるグリッパが患者の内部から受けた力を示すのにジョイント J m 5 において有用である。従って、力反映素子は、そのような力反映帰還ループを達成するために、器具 2 2、2 4 のグリッパに含まれていなくてはならない。ホイットストーンブリッジと組合せた圧電性素子のような力反映素子は当業界において周知である。しかし、これまでは、このような力反映手法をシステム 1 0 のような装置に使用することは知られていなかった。

## 【 0 0 2 8 】

第 3 図はそれぞれの関節式アーム 1 6 および 1 8 の様々な自由度を示している。ジョイント J s 1、J s 2 および J s 3 は、基部のモータ 3 4 の軸と、ロボット・アーム・アセンブリ 2 6 の回転モータ 3 6 の軸と、回転モータ 3 8 の軸とにそれぞれ対応している。ジョイント J s 4 および J s 5 は、アーム 2 6 の受動状態ジョイント 4 0 および 4 2 に対応している。ジョイント J s 6 は、外科用器具の長手軸について、外科用器具を回転させるモータである。ジョイント J s 7 は開閉できる対のフィンガである。器具 2 2 および 2 4 は患者の切開口に位置する中心点 P を中心として動く。

## 【 0 0 2 9 】

第 4 図は、マスタ・ハンドルの動きを、外科用器具の対応する動きにする制御装置の概略図である。第 4 図に示した制御装置によれば、コントローラ 4 6 は、外科用器具がハンドルの動きに連動して動くように、関節式アームへの出力信号を算出する。各ハンドルは、器具をハンドルで動かせる状態にする入力ボタン 5 8 を持つ。入力ボタン 5 8 が解除されているときは、器具はハンドルの動きに通中しない。このようにして、外科医は、望ましくない器具の動きを生じさせることなく、ハンドルの位置を調整、または「ラチェット」に置くことができる。この「ラチェット」では、外科医は、アームの位置を変えることなく、ハンドルをより望ましい位置に連続的に動かすことができる。加えて、ハンドルは軸中心によって固定されているので、「ラチェット」の使用により、外科医はハンドルの限界を越えて器具を動かすことが可能となる。入力ボタン 5 8 の使用が示されているが、外科用器具を、音声認識のような他の手段によって動作状態にすることも可能である。外科医が入力ボタンを押す度に、外科用器具が動作状態と不動作状態とを交互に切り替わるように、入力ボタンがラッチされるようにしても良い。

## 【 0 0 3 0 】

外科医がハンドルを動かすと、位置センサが、ジョイント J m 1 ~ J m 5 の動きに対応する帰還信号 M 1 ~ M 5 をそれぞれ出す。コントローラ 4 6 は、ハンドルの新しい位置と元の位置との差を計算ブロック 6 0 において計算し、増分位置値  $\Delta M 1 \sim \Delta M 5$  を算出す

10

20

30

40

50

る。

#### 【0031】

増分位置値  $\_M1 \sim \_M5$  にはブロック 62 においてスケール係数  $S1 \sim S5$  がそれぞれ掛けられる。器具の動きがハンドルの動きより小さくなるように、スケール係数は典型的には 1 より低く設定される。このようにして、外科医は、ハンドルの比較のおおざっぱな動きで、器具を大変に細かく動かすことができる。外科医が器具の動きの分解能を変更できるようにスケール係数を変更することができる。スケール係数は、好ましくは、外科医がある方向に対してより細かく調整できるように、個別に変更できる。例えば、1つのスケール係数を 0 に設定することで、外科医は当該 1つの方向について、器具が動かないようにしておくことができる。これは、外科医が、患者中のある方向に位置する器官またはある組織に外科用器具を接触させたくないときに有利である。スケール係数が「1」より小さい場合について説明をしたが、スケール係数は「1」より大きいこともある。例えば、器具を、対応するハンドルの回転より大きな割合で回転させることが望ましい場合もあるであろう。

10

#### 【0032】

コントローラ 46 は、加算要素 64 において、増分値  $\_M1 \sim \_M5$  を初期ジョイント角度  $Mj1 \sim MJ5$  に加えて  $Mr1 \sim Mr5$  とする。次に、コントローラ 46 は、以下の式に従って、計算ブロック 66 で所望のスレーブ・ベクトル計算値を計算する。

$$Rdx = Mr3 \cdot \sin(Mr1) \cdot \cos(Mr2) + Px$$

$$Rdy = Mr3 \cdot \sin(Mr1) \cdot \sin(Mr2) + Py$$

$$Rdz = Mr3 \cdot \cos(Mr1) + Pz$$

$$Sdr = Mr4$$

$$Sdg = Mr5$$

20

ここで、

$Rdx, y, z$  = 器具のエンド・エフェクタの新たな所望位置

$Sdr$  = 器具の長手軸の回りで角回転

$Sdg$  = 器具フィンガの運動の量

$Px, y, z$  = ピボット点  $p$  の位置である。

次に、コントローラ 46 は、以下の方程式に従って、計算ブロック（インバース・キネマティクス）68 で、ロボット・アーム 26 の運動を計算する。

30

#### 【数1】

$$Jsdl = Rdz$$

$$Js d 3 = \pi - \cos^{-1} \left[ \frac{Rdx^2 + Rdy^2 - L1^2 - L2^2}{2L1 \cdot L2} \right]$$

$$Js d 3 \leq 0 \text{ の場合、 } Js d 2 = \tan^{-1} (Rdy / Rdx) + \Delta$$

$$Js d 3 > 0 \text{ の場合、 } Js d 2 = \tan^{-1} (Rdy / Rdx) - \Delta$$

$$\Delta = \cos^{-1} \left[ \frac{Rdx^2 + Rdy^2 - L1^2 - L2^2}{2 \cdot L1 \sqrt{Rdx^2 + Rdy^2}} \right]$$

$$Js d 6 = Mr4$$

$$Js d 7 = Mr5$$

40

ここで、

$Jsdl$  = リニア・モータの運動

$Js d 2$  = 第1ロータリ・モータの運動

$Js d 3$  = 第2ロータリ・モータの運動

$Js d 6$  = 回転モータの運動

$Js d 7$  = グリッパの運動

$L1$  = 第1ロータリ・モータと第2ロータリ・モータの間のリンクージ・アームの長さ

$L2$  = 第2ロータリ・モータと受動状態ジョイントの間のリンクージ・アームの長さである。

#### 【0033】

50

コントローラは、ブロック 70 で、出力信号をモータに送り、アームと器具を所望の方向に動かす。この過程は、ハンドルを動かすたびに繰り返される。

#### 【 0 0 3 4 】

外科医が、入力ボタンを放して（トグルして）マスタ・ハンドルを動かすと、マスタ・ハンドルは、外科用器具に対して異なる空間的位置を取ることになる。入力ボタン 58 を最初に押し上げると、コントローラ 46 は、計算ブロック 72 で以下の方程式によって初期ジョイント角度  $Mj1 - Mj5$  を計算する。

#### 【 数 2 】

$$Mj1 = \tan^{-1}(ty / tx)$$

$$Mj2 = \tan^{-1}(d / tz)$$

$$Mj3 = D$$

$$Mj4 = Js6$$

$$Mj5 = Js7$$

$$d = \sqrt{tx^2 + ty^2}$$

$$tx = \frac{R_{sx} - P_x}{D} \quad ty = \frac{R_{sy} - P_y}{D} \quad tz = \frac{R_{sz} - P_z}{D}$$

$$D = \sqrt{(R_{sx} - P_x)^2 + (R_{sy} - P_y)^2 + (R_{sz} - P_z)^2}$$

10

#### 【 0 0 3 5 】

フォワード・キネマティクス値は、ブロック 74 で以下の方程式によって計算される。

20

$$R_{sx} = L1 \cdot \cos(Js2) + L2 \cdot \cos(Js2 + Js3)$$

$$R_{sy} = L1 \cdot \cos(Js2) + L2 \cdot \sin(Js2 + Js3)$$

$$R_{sz} = J1$$

#### 【 0 0 3 6 】

ジョイント角度  $Mj$  は、加算器 64 に送られる。ピボット点  $P_x$ 、 $P_y$ 、 $P_z$  は、次の通りに計算ブロック 76 で計算する。ピボット点は、エンド・エフェクタと器具  $PO$  の交点の本来の位置と器具と同一方向を示す単位ベクトル  $U_o$  を初めに決定して計算する。位置  $P(x, y, z)$  の数値は、ロボット・アームの各種の位置センサから導くことができる。第 5 図を参照すると、本器具は、角度 4 と 5 を有する第 1 座標フレーム  $(x, y, z)$  内にある。単位ベクトルは、以下の変換行列式によって計算する。

30

#### 【 数 3 】

$$U_o = \begin{bmatrix} \cos \theta_5 & 0 & -\sin \theta_5 \\ -\sin \theta_4 \sin \theta_5 & \cos \theta_4 & -\sin \theta_4 \cos \theta_5 \\ \cos \theta_4 \sin \theta_5 & \sin \theta_4 & \cos \theta_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

#### 【 0 0 3 7 】

エンド・エフェクタの各運動後、器具の角運動は、以下の線形方程式  $L_o$  および  $L_1$  に従って、器具の第 1 単位ベクトル  $U_o$  と第 2 単位ベクトル  $U_1$  の交点のアークサイン

40

ここで、

$T$  = 単位ベクトル  $U_o$  および  $U_1$  の交点となるベクトルである。

新しい器具位置  $U_1$  の単位ベクトルを位置センサと上述の変換行列式を使って、決定する。角度が閾値より大きければ、新たなピボット点を算出し、 $U_o$  を  $U_1$  に定める。第 6 図に示す通り、第 1 および第 2 器具の向きは線形方程式  $L_o$  および  $L_1$  で定義できる：

$L_o$  :

$$X_o = M_{x0} \cdot Z_o + C_{x0}$$

$$y_o = M_{y0} \cdot Z_o + C_{y0}$$

$L_1$  :

50

$$x_1 = M_{x1} \cdot z_1 + C_{x1}$$

$$y_1 = M_{y1} \cdot z_1 + C_{y1}$$

ここで、

$z_0$  = 第1座標系の $z$ 軸に対する直線 $L_0$ に沿った $z$ 座標

$z_1$  = 第1座標系の $z$ 軸に対する直線 $L_1$ に沿った $z$ 座標

$M_{x0}$  =  $z_0$ の関数としての直線 $L_0$ の傾き

$M_{y0}$  =  $z_0$ の関数としての直線 $L_0$ の傾き

$M_{x1}$  =  $z_1$ の関数としての直線 $L_1$ の傾き

$M_{y1}$  =  $z_1$ の関数としての直線 $L_1$ の傾き

$C_{x0}$  = 第1座標系の直線 $L_0$ と $x$ 軸の交点を表す定数

$C_{y0}$  = 第1座標系の直線 $L_0$ と $y$ 軸の交点を表す定数

$C_{x1}$  = 第1座標系の $L_1$ と $x$ 軸の交点を表す定数

$C_{y1}$  = 第1座標系の直線 $L_1$ と $y$ 軸の交点を表す定数である。

10

#### 【0038】

傾きは、以下のアルゴリズムを使って計算する：

$$M_{x0} = U_{x0} / U_{z0}$$

$$M_{y0} = U_{y0} / U_{z0}$$

$$M_{x1} = U_{x1} / U_{z1}$$

$$M_{y1} = U_{y1} / U_{z1}$$

20

$$C_{x0} = P_{0x} - M_{x1} \cdot P_{0z}$$

$$C_{y0} = P_{0y} - M_{y1} \cdot P_{0z}$$

$$C_{x1} = P_{1x} - M_{x1} \cdot P_{1z}$$

$$C_{y1} = P_{1y} - M_{y1} \cdot P_{1z}$$

ここで、

$U_0(x, y, z)$  = 第1座標系内の第1の位置での器具の単位ベクトル

$U_1(x, y, z)$  = 第1座標系内の第2の位置での器具の単位ベクトル

$P_0(x, y, z)$  = 第1座標系内の第1の位置でのエンド・エフェクタと器具の交点の座標

30

$P_1(x, y, z)$  = 第1座標系内の第2の位置でのエンド・エフェクタと器具の交点の座標である。

#### 【0039】

ピボット点のおよその近似位置を見つけるため、第1の向き $L_0$ における器具のピボット点(軸点 $R_0$ )と第2の向き $L_1$ における器具ピボット点(ピボット点 $R_1$ )を決定し、2点 $R_0$ および $R_1$ の間距離を計算し、器具のピボット点 $R_{ave}$ として保存する。ピボット点 $R_{ave}$ は、外積ベクトル $T$ を使って決定する。

#### 【0040】

点 $R_0$ および $R_1$ を得るためには、以下の方程式を設定し、 $L_0$ と $L_1$ の両方を通るベクトル $T$ と同一の向きを持つ直線を定義する。

40

$$t_x = T_x / T_z$$

$$t_y = T_y / T_z$$

ここで、

$t_x$  = 第1座標系の $z-x$ 面に対するベクトル $T$ によって定義される直線の傾き

$t_y$  = 第1座標系の $z-y$ 面に対するベクトル $T$ によって定義される直線の傾き

$T_x$  = ベクトル $T$ の $x$ 成分

$T_y$  = ベクトル $T$ の $y$ 成分

$T_z$  = ベクトル $T$ の $z$ 成分である。

#### 【0041】

傾き $T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$ を決定するため2点を拾い(例、 $T_x = x_1 - x_0$ 、 $T_y = y_1$

50

-  $y_0$ 、 $Tz = z_1 - z_0$ )、線形方程式  $L_0$  および  $L_1$  に代入すると、次の通りに  $R_0$  ( $x_0, y_0, z_0$ ) と  $R_1$  ( $x_1, y_1, z_1$ ) についての点座標の解が得られる。

$$z_0 = [(Mx_1 - tx)z_1 + Cx_1 - Cx_0] / (Mx_0 - tx)$$

$$z_1 = [(Cy_1 - Cy_0)(Mx_0 - tx) - (Cx_1 - Cx_0)(My_0 - ty)] / [(My_0 - ty)(Mx_1 - tx) - (Mx_1 - ty)(Mx_0 - tx)]$$

$$y_0 = My_0 \cdot z_0 + Cy_0$$

$$y_1 = My_1 \cdot z_1 + Cy_1$$

$$x_0 = Mx_0 \cdot z_0 + Cx_0$$

$$x_1 = Mx_1 \cdot z_1 + Cx_1$$

#### 【0042】

点  $R_0$  と  $R_1$  の間の平均距離は、以下の方程式で計算され、器具のピボット点として保存する。

$$R_{ave} = ((x_1 + x_0) / 2, (y_1 + y_0) / 2, (z_1 + z_0) / 2)$$

#### 【0043】

ピボット点は、上述のアルゴリズム・ルーチンで連続して更新できる。ピボット点の移動は、閾値と比較でき、ピボット点が設定限界を越えて移動する場合、警告信号を発するか、ロボット・システムを外すことができる。設定限界との比較は、患者が移動している、即ち、器具を患者の体外で操作していて、患者あるいは手術室にいる者に損傷を与える可能性のある状況であるか否かを決定する上で有用であると思われる。

#### 【0044】

外科医にフィードバックするため、エンド・エフェクタが掴む目的物が生じる反応力を感知する圧力センサを器具のフィンガに据えることができる。第4図を参照すると、コントローラ46は、圧力センサ信号  $F_s$  を受けて、ブロック78で対応する信号  $C_m$  を発生し、ハンドル内に位置するアクチュエータに送る。アクチュエータは、相当の圧力をハンドルに送り、それが外科医の手に伝わる。圧力帰還は、機器が圧力を加えているのを外科医に感知させる。別の実施例として、外科医の手にフィンガの握力を直接移行させる機械ケーブルによって、ハンドルをエンド・エフェクタ・フィンガに連結することもできる。

#### 【0045】

第7図は、本発明で利用できるエンド・エフェクタ80の好ましい実施例を示す。エンド・エフェクタ80は、フロント・ローディング・ツール・ドライバ84に連結する、本文で開示する22、24などの外科用器具82を含む。エンド・エフェクタ80は、連結機構45によってロボット・アーム・アセンブリ26の1つに取り付ける。連結機構45は、ホルダ86に接続され、着脱可能なカラー85を有する。ホルダ86は、ロボット・アーム・アセンブリ26内でモータによって駆動されるウォーム・ギア87を含み、それがカラー85を回転させ、次いで、長手軸の回りで器具82を回転させる。ホルダ86は、ロボット・アーム・アセンブリ26内のスロットに据えたシャフト88を有する。シャフト88は、アーム・アセンブリでモータによって回転でき、次に、これがウォーム・ギア87を回転させ、これによってカラー86と器具82を回転させる。器具82の回りのカラーを締めつけ、あるいは緩めるのに締めつけ具89を使用できる。上述の器具は、チャック・キーのように働き、カラー86を締めつけ緩める。

#### 【0046】

外科用器具82は、第1フィンガ90を有し、この第1フィンガ90は第2フィンガ91に旋回可能に連結されている。フィンガ90および91は、組織や縫合針などの対象物を保持するように操作できる。フィンガの内面は、器具82の摩擦および把握能を増加させる表面を有することができる。第1フィンガ90は、器具82の中心溝94を通して延びるロッド92に連結される。器具82は、スプリング・バイアスされたボールでクイック・ディスコネクト可能なファスナ98と協働する外側スリーブ96を有することができる。クイック・ディスコネクト98は、フィンガ・グリッパ以外の器具をフロント・ローディング・ツール・ドライバ84に連結するのを可能にする。例えば、器具82をクイッ

10

20

30

40

50

ク・ディスコネクトから外し、切開用具、縫合用具、K a r l s r u h e に譲渡された米国特許第 5 , 4 9 9 , 9 9 0 号または第 5 , 3 8 9 , 1 0 3 号に開示されたステーブル装置など、本システムでの使用に適合させたステーブル器具、用具、あるいは、侵襲を最小に抑えた手術で使用する他の外科用器具に取り替えることができる。クイック・ディスコネクト 9 8 は、器具をツール・ドライバ 8 4 に差し込む度に、フロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 を再滅菌する必要なく、外科用器具を交換することができる。フロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 の操作については、下段でさらに詳細に論じることとする。

#### 【 0 0 4 7 】

クイック・ディスコネクト 9 8 は、フロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 のピン 1 0 2 を受けるスロット 1 0 0 を有する。ピン 1 0 2 は、クイック・ディスコネクト 9 8 をフロント・ローディング・ツール・ドライバ 1 0 0 に固定する。ピン 1 0 2 は、スプリング・バイアス・レバー 1 0 4 を押し込むことによって外すことができる。クイック・ディスコネクト 9 8 には、ピストン 1 0 6 があり、これは、ツール・ロッド 9 2 に接続し、フロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 内に位置するロード・セル 1 1 0 の出力ピストン 1 0 8 に隣接している。

10

#### 【 0 0 4 8 】

ロード・セル 1 1 0 は、リード・スクリュウ・ナット 1 1 2 に取り付ける。リード・スクリュウ・ナット 1 1 2 は、歯車箱 1 1 6 から延びたリード・スクリュウ 1 1 4 に連結される。歯車箱 1 1 6 は、エンコーダ 1 2 0 に連結された可逆モータ 1 1 8 で駆動する。エンド・エフェクタ 8 0 全体がモータ駆動ウォーム・ギア 8 7 で回転する。

20

#### 【 0 0 4 9 】

動作においては、フロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 のモータ 1 1 8 は、電線あるいは送信機 / 受信機システムによってコントローラ 4 6 から入力指令を受けると、動作する。モータ 1 1 8 は、リード・スクリュウ 1 1 4 を回転させ、このスクリュウがリード・スクリュウ・ナット 1 1 2 とロード・セル 1 1 0 を直線的に動かす。ロード・セル 1 1 0 の運動は、ジョイントピストン 1 0 6 とツール・ロッド 9 2 を作動させ、これらが、第 1 フィンガ 8 8 を回転させる。ロード・セル 1 1 0 は、フィンガに加わる反作用力を感じし、対応する帰還信号をコントローラ 4 6 に送る。

#### 【 0 0 5 0 】

フロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 は、ツール・ドライバ 8 4 が各手術後に滅菌する必要がないように、滅菌ドレープ 1 2 4 で覆うことができる。さらに、ロボット・アーム・アセンブリ 2 6 は、滅菌する必要がないように、滅菌ドレープ 1 2 5 で覆うことが好ましい。ドレープ 1 2 4 および 1 2 5 は、実質的にフロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 とロボット・アーム・アセンブリ 2 6 を囲う手段として働く。ロボット・アーム・アセンブリ 2 6 を囲うために使用するドレープ 1 2 5 を、第 2 6 図でさらに詳細に図解する。ドレープ 1 2 5 は、十分な開放端部 3 0 0 を有し、そこからロボット・アーム・アセンブリ 2 6 をドレープ 1 2 5 内に入れることができる。さらに、ドレープ 1 2 5 は、アーム・アセンブリ 2 6 を手術室環境から効果的に分離する十分に先細の封入端部 3 0 2 を含む。そこから形成された小孔を有するワッシャ 3 0 4 は、器具を連結機構 4 5 によりアーム・アセンブリ 2 6 に連結するのを可能にする。アーム・アセンブリ 2 6 は、動き回るので、ドレープ 1 2 5 が確実に裂けないようにするため、ワッシャ 3 0 4 はドレープ 1 2 5 を補強する。本質的に、本器具は、患者 1 2 に挿入するため、ドレープ 1 2 5 に封入できない。また、ドレープ 1 2 5 は、接着剤 3 1 0 の付いた多数のテープ 3 0 8 を含む。少なくとも一片のテープ 3 0 8 を他のテープ片 3 0 8 と反対に配置して、アーム・アセンブリ 2 6 の回りにドレープ 1 2 5 を閉鎖する。

30

40

#### 【 0 0 5 1 】

第 8 図および第 8 A 図は、マスタ・ハンドル・アセンブリ 1 3 0 の好ましい実施例を示す。マスタ・ハンドル・アセンブリ 1 3 0 は、アーム 1 3 4 に連結するマスタ・ハンドル 1 3 2 を含む。マスタ・ハンドル 1 3 2 は、ハンドル 1 3 2 内の対応するスロット 1 3 8

50

に挿入されるピン 1 3 6 でアーム 1 3 4 に連結できる。ハンドル 1 3 2 には、外科医が押すことのできる制御ボタン 1 4 0 がある。制御ボタン 1 4 0 は、シャフト 1 4 4 によりスイッチ 1 4 2 に連結される。制御ボタン 1 4 0 は、第 4 図に示す入力ボタン 5 8 に相当し、エンド・エフェクタの動きを作動させる。

#### 【 0 0 5 2 】

マスタ・ハンドル 1 3 2 には、第 1 グリッパ 1 4 6 があり、この第 1 グリッパ 1 4 6 は第 2 静止グリッパ 1 4 8 に旋回可能に連結されている。第 1 グリッパ 1 4 6 の回転が、ハンドル・シャフト 1 5 0 の対応する直線運動を生じる。ハンドル・シャフト 1 5 0 は、ベアリング 1 5 6 によってロード・セル 1 5 4 に連結されたグリッパ・シャフト 1 5 2 を動かす。ロード・セル 1 5 4 は、そこに加わる圧力の量を検知し、コントローラ 4 6 に入力信号を送る。次に、コントローラ 4 6 は、出力信号を送り、エンド・エフェクタのフィンガを動かす。

10

#### 【 0 0 5 3 】

ロード・セル 1 5 4 は、リード・スクリュー 1 6 0 に連結されたリード・スクリュー・ナット 1 5 8 に取り付ける。リード・スクリュー 1 6 0 は、エンコーダ 1 6 6 を有するモータ 1 6 4 に連結された減速箱 1 6 2 から延びる。システムのコントローラ 4 6 は、エンド・エフェクタのロード・セル 1 1 0 の帰還信号を受け、モータに対応する指令信号を送ってリード・スクリュー 1 6 0 を動かし、グリッパに圧力を加えるので、外科医はエンド・エフェクタによって加えられる力に関する帰還を受ける。このようにして、外科医はエンド・エフェクタを操作するための感覚を得る。

20

#### 【 0 0 5 4 】

ハンドルは、ベアリング 1 7 0 の周囲を回転する旋回ハウジング 1 6 8 に接続する。旋回ハウジング 1 6 8 は、ギア・アセンブリ 1 7 4 によって位置センサ 1 7 2 に連結する。位置センサ 1 7 2 は、電位差計とすることができ、ハンドルの相対位置に対応する帰還信号をコントローラ 4 6 に送る。さらに、この目的で、光学エンコーダを使用できる。別法として、電位差計と光学エンコーダの両方を使って、システムに必要性を与えこともできる。旋回運動は、コントローラとロボット・アーム・アセンブリによって、対応するエンド・エフェクタの回転に変換される。

#### 【 0 0 5 5 】

アーム 1 3 4 は、直線ベアリング 1 7 6 と対応する位置センサ 1 7 8 に連結することができ、ハンドルの直線運動を可能にし、それを感知する。ハンドルの直線運動は、コントローラとロボット・アーム・アセンブリによってエンド・エフェクタの対応する直線運動に変換される。アームは、ベアリング 1 8 0 の回りで旋回し、スタンド 1 8 4 に位置する位置センサ 1 8 2 がそれを感知することができる。スタンド 1 8 4 は、ベアリング 1 8 6 の回りを回転でき、ベアリング 1 8 は対応する位置センサ 1 8 8 を有する。アームの回転は、コントローラとロボット・アーム・アセンブリによってエンド・エフェクタの対応する旋回運動に変換される。

30

#### 【 0 0 5 6 】

人の手は、自然な震えがあり、通常 6 - 12 ヘルツで共鳴する。手の震えに追従する外科用器具の運動すなわちトラッキング運動を排除するため、システムに、震えの周波数領域内で起こるハンドルの動きを取り除くフィルタを備えることができる。第 4 図を参照すると、フィルタ 1 8 4 は、6 ~ 12 ヘルツの周波数範囲で電位差計が生じるアナログ信号を取り除くことができる。別法として、この目的で、光学エンコーダとデジタル・フィルタを使用することもできる。

40

#### 【 0 0 5 7 】

第 9 図および第 10 A 図 ~ 第 10 I 図に示すように、本システムは、冠動脈迂回路移植 (CABG) のような心臓手術を実施するのに使用することが好ましい。この手術は、初めに、患者に 3 回の切開を加え、外科用器具 2 2 および 2 4 と内視鏡 2 8 を切開部から挿入することによって実施する。外科用器具の一方 2 2 は、患者の胸腔に挿入した時、縫合針と縫合糸を保持する。動脈に伏在静脈のような二次血管を移植する場合、器具のエンド

50

・エフェクタを患者に挿入している間、他方の外科用器具 2 4 が静脈を保持できる。

【0058】

内胸動脈 ( I M A ) は、一方の機器で切断し、冠動脈の移植位置まで移動できる。冠動脈を切断し、動脈壁に I M A の直径に相当するサイズの開口部をつくる。エンド・エフェクタの一方に連結され、マスタ・ハンドルから遠隔操作される切開用具によって切開を行う。切断した内胸動脈および冠動脈からの出血を防ぐために動脈を締めつける。外科医は、ハンドルを操作して、冠動脈の開口部に隣接する I M A を移動させる。I M A の移植について示し説明したが、冠動脈の遮断箇所バイパスを通すのに、伏在静脈のような別の血管を移植することもできることを理解しておかねばならない。

【0059】

第 1 0 A 図 ~ 第 1 0 I 図を参照すると、外科医は、ハンドルを動かして、器具を操作し、針を I M A と冠動脈に通す。次に、第 1 0 B 図に示すように、手術機器を動かして、針を冠動脈と移植動脈を通して引っ張る。次に、第 1 0 C 図に示すように、手術機器を操作して、移植動脈の尾部で縫合糸を結紮する。その後、針を胸腔から取り出す。第 1 0 D 図 ~ 第 1 0 F 図に示すように、新しい針と糸を胸腔に挿入し、移植動脈の先端を冠動脈に縫合する。第 1 0 H 図 ~ 第 1 0 I 図に示すように、新しい針を挿入することができ、外科医は、ハンドルを操作して、尾部から先端部までと先端部から尾部まで、連続縫合を行う。外科用器具の一定した動きは、外科医が胸腔付近で縫合糸を正確に動かす事を可能にする。特定の移植順序について示し説明したが、他の技法で動脈を移植することもできることを理解されたい。一般に、本発明のシステムは、侵襲を最小に抑えた吻合術を実施するの

10

20

【0060】

上記に開示したように、本システムは、マスタ・ハンドル 5 0 または 5 2 の動きに応答してコントローラ 4 6 からコントロール信号を受け取り、外科用器具の末端に配した器具を作動させるフロント・ローディング・ツール・ドライバ 8 4 を含む。別のものとして、第 1 1 図に示すように、バック・ローディング・ツール・ドライバ 2 0 0 を本発明のシステム 1 0 に組み込むことができる。バック・ローディング・ツール・ドライバ 2 0 0 は、バック・ローダブル外科用器具 2 0 2 と協働する。上述のバック・ローディング・ツール・ドライバ 2 0 0 および機器 2 0 2 を組み込むと、非常に簡単に用具をツール・ドライバ 2 0 0 から引き抜いて、他の用具と取り替えることができ、処置中の器具の交換が促進される。

30

【0061】

バック・ローディング・ツール・ドライバ 2 0 0 は、上記に開示したように、カラーとホルダを介してロボット・アーム・アセンブリ 2 6 に接続する。バック・ローディング・ツール・ドライバは、近位末端 2 0 6 と遠位末端 2 0 8 を持つ鞘 2 0 4 を含む。鞘 2 0 4 は、プラスチックや他の既知材料で形成でき、外科用器具の構成中で使用する。鞘 2 0 4 は、本質的に中空管で、カラー 8 5 内に適合し、上記でより詳細に述べた締めつけ用具によって定位置で締めつける。

【0062】

バック・ローダブル外科用器具 2 0 2 は、用具取り付け端 2 1 0 と連結端 2 1 2 を有する。グラスバヤ押し込み / 引っ張りロッドまたはケーブル・システムによって作動できる他の用具などの手術用具、あるいは、凝固器または調和メスのような上述のロッドやケーブルを必要としない用具は、器具 2 0 2 の用具取り付け端 2 1 0 に配置する。

40

【0063】

ハウジング 2 1 6 は、器具 2 0 2 の連結端 2 1 2 に配置する。ハウジングは、その内部に配置したレバー 2 1 8 を有する。レバー 2 1 8 は、レバーの付随孔を通過するピンを利用することによって設定されるピボット点 2 2 0 を有する。ピンは、ハウジングの内壁 2 2 4 に取り付けられる。押 / 引ケーブルまたはロッド 2 2 6 は、器具 2 0 2 の長さに延び、レバー 2 1 8 に接続するので、ピボット点 2 2 0 の回りのレバー 2 1 8 の動きがケーブルまたはロッド 2 2 6 の直線運動を生じる。本質的に、ケーブルまたはロッド 2 2 6 は、

50



器具 202 の用具取り付け端 210 の用具 214 を作動させる手段 227 として働く。ケーブルまたはロッド 226 も、連結ピンを介してレバーに接続する。レバー 218 は、C 字形で、その先端が、ハウジング 216 の 2 つの孔 228 と 230 から突き出している。その孔 228、230 は、リング 232 で囲むことが好ましく、その目的については、下記で詳述する。

#### 【0064】

バック・ローダブル外科用器具 202 の用具取り付け端 210 は、バック・ローディング・ツール・ドライバ 200 の中空管に入れる。用具 202 は、用具取り付け端 210 が鞘 204 を越えて延びるまで、ツール・ドライバから押すことができる。リング 232 は、ツール・ドライバ 200 のハウジング 238 の付随孔 234 および 236 にある。さらに、ハウジングは、その中央に孔 240 が設けられており、その孔は、中空管の内部と共軸である。このようにして、外科用器具 202 は、ツール・ドライバ 200 内に挿入できる。各リング 232 は、ツール・ドライバ 200 のハウジング 238 の付随孔に整然と納まる。

10

#### 【0065】

さらに、ハウジング 238 は、第 12 図に示すモータ・アセンブリ 242 を含む。モータ・アセンブリ 242 は、ハウジング 238 に接続し、そこで定位置にしっかりと保持される。モータ・アセンブリは、一般に、減速装置 246 に接続したモータ 244 を含む。モータは、その末端に取り付けたリーフ 248 を作動させる。リーフ 248 は、モータの回転運動がピボット点 220 の回りでレバー 218 の動きを生じるように、レバー 218 の先端と係合する。これは次いで、器具 202 の用具取り付け端 210 で用具 214 を作動させる手段 227 の側方運動を生じる。モータは、制御ハンドルの動きに応答して動く。さらに、力センサ 248、250 をリーフ 248 の両端に取り付けできる。したがって、力帰還システムが組み込まれ、器具 202 の用具取り付け端 210 で用具 214 を作動させるのに必要な力の量を検知できる。別法として、モータ 244 に、それに接続する力帰還装置 252 を設けることもでき、これは同様な方法で使用する。

20

#### 【0066】

バック・ローディング・ツール・ドライバ 200 を利用する 1 つの長所は、鞘 204 が常に患者 12 の体内にあることである。したがって、用具を取り替えたり、交換する時、用具を配列し直す必要がなく、ロボット・アーム・アセンブリ 26 を配列し直す必要がない。鞘 204 は、そこにトルを配する場合でも、配さない場合でも、患者 12 に対してその位置を保持する。

30

#### 【0067】

本発明のシステム 10 は、さらに、器具の先端で 1 つまたは 2 つの追加の自由度を提供できる。例として、2 つの追加の自由度を開示する。ただし、1 つの自由度だけを含めることもできることを理解されたい。追加の自由度を与えるため、第 13 図～第 16 図で示すように、関節操作可能な外科用器具 300 を本発明に組み入れることができる。器具 300 は、上文で開示したように、カラーおよびホルダを介してアーム・アセンブリ 26 に連結できる。関節操作可能器具 300 の先端を曲げるため、関節操作ツール・ドライバ 500 を使用しなければならない。関節操作ツール・ドライバ 500 は、下記で詳細に述べる。マスタは、器具 300 の先端での関節操作の制御を行うために、2 つの追加の自由度を持たなければならない。第 25 図は、2 つの追加の自由度を含む別のマスタ方式を示す。下記で開示するように、2 つの追加の自由度を、器具 300 の関節式部分にマップする。マスタでの 2 つの追加軸を Jm6 および Jm7 と呼ぶ。

40

#### 【0068】

マスタで関節操作可能機器 300 と関節操作ツール・ドライバ 500 と追加の自由度を組み入れることによって、むずかしい操作を容易に行うことができる。

#### 【0069】

第 13 図～第 16 図を参照すると、関節操作可能な機器 300 は、一般に、延長ロッド 302、鞘 304、用具 306 を含む。用具は、グラスパ、切開刀、牽引器、縫合器具、

50

あるいは、侵襲を最小に抑えた手術法で使用するその他の公知の用具とすることができ  
る。第27図～第30図は、関節式外科用器具300に遠位端に取り付け可能な各種用具  
を示す。

#### 【0070】

器具300は、近位部分308を持つ関節操作可能部分301、ピボット・リンケージ  
310、遠位端212を含み、その各々を下記で詳細に論じる。さらに、器具300は、  
延長ロッド302に関して、器具300の関節操作可能部分301を関節操作する手段3  
11を含む。関節操作可能部分を含めると、器具先端で2つの追加の自由度が得られる。  
関節操作可能部分301は近位端、ピボット・リンケージ、遠位端を含むとして説明した  
が、対応するピボット・リンケージを介して互いに固定する多数の中間部を設けることも  
できることを理解されたい。

10

#### 【0071】

それぞれの近位部分、遠位部、および介在する中間部の間にピボット・リンケージ31  
0が配置され、各々を固定する。ピボット・リンケージ310は、関節操作可能部分の近  
位部分および遠位部と相互に連動し、器具先端で関節的に動作する。本質的に、近位部分  
、ピボット・リンケージ、遠位部の協働は、万能継手として働く。

#### 【0072】

延長ロッド302は、中空で、ステンレスかプラスチック、あるいは、滅菌可能な他の  
公知の材料であることが好ましい。ロッド302は中空であるので、内部314を有する  
。延長ロッド302は、さらに、近位端316と遠位端318を有する。延長ロッド30  
2の遠位端は、器具300の関節操作可能部分301の遠位部312と混同してはならない。  
い。

20

#### 【0073】

関節操作可能部分301の近位部分308は、延長ロッド302と一体に形成でき、あ  
るいは、溶接、膠または当業者に周知の他の手段によって接続できる。近位部分308を  
延長ロッド302と一体形成し、器具300の十分な安定性および耐久性を確保すること  
が好ましい。関節操作可能部分301の近位部分308は、2種のフィンガ320、32  
2を有し、その各々を通して孔324、326が形成されている。

#### 【0074】

ピボット・リンケージ310は、隣接フィンガの付随孔を通過する多数のピン328に  
よって近位部分308に取り付ける。一般に、ピボット・リンケージ310は、平面ディ  
スク330で、それが通過する1個の中心孔332とディスクの辺縁に均一な間隔を保つ  
4個の孔334、336、338、340を有する。さらに、ピン328が辺縁342に  
接続し、そこから延びている。ピン328は、付随フィンガ孔に位置し、器具300の関  
節動作能力を生じる。5個のリード350、352、354、356、358が中空シャ  
フト内部に延びている。1個のリード350は、中心から下方に延び、ピボット・リンケ  
ージ310の中心孔322を貫通している。5個のリードの内の2個352と354は、  
器具の中空内へ下方に延び、ピボット・リンケージに接続するので、5個のリードの内の  
1個への線形張力が部分301の回転運動を生じる。これらの2個のリード352、35  
4は、それから形成された孔の内の2個でピボット・リンケージに接続する。さらに、  
それらは、器具300の関節操作可能部分301の近位部分308のフィンガを通過するピ  
ンに隣接した孔で接続する。他の2個のリード356、358は、軸リンケージ内で2個  
の他の孔を通過し、関節操作可能部分301の遠位端で接続する。これらの2個のリード  
の運動は、他の2個のリード352、354を移動させる時、その運動に直交する関節操  
作可能部分301の運動を生じる。

30

40

#### 【0075】

本システムの一部として、さらに、第17図～第24図に示すように、器具を操作する  
ため、関節機構400が用意されている。関節機構400は、一般に、関節ツール・ドラ  
イバ500、滅菌連結器600、変換器700、関節操作可能用具300から成る。

#### 【0076】

50

変換器は、器具 300 の近位端 316 に接続する。用具 300 は、さらに、第 18 図～第 19 図に示すように、着脱可能用具 420 を有することができる。着脱可能用具 420 は、延長ロッドまたはケーブル 424 などに接続されたカッター 422 などの用具とすることができる。ロッド 246 の末端に、孔 430 が形成された平坦面 428 を配置する。平坦面 428 は、器具 300 の延長シャフトを下方移動する第 2 ケーブルかロッド 434 の末端に配した溝 432 内に入る。第 2 ケーブル 434 は、その末端に形成された溝 432 を有するので、平坦面 428 は溝 432 に入る。少なくとも 1 個のスプリング・バイアス止め金 436 が平坦面 428 から配した孔 430 に入る。これは、用具 420 を器具 300 の残り部分に連結する。それ自体、新しい用具が必要な度に、装置 10 から器具を外す必要なく、用具を器具の先端で交換できる。

10

**【0077】**

用具 300 は、変換器 700 に接続され、本質的に、それと一体形成される。関節機構 400 は、上文で開示したように、カラー 85 を経てロボット・アーム・アセンブリ 26 に接続する。カラー 85 は、器具 300 のシャフト 302 の周囲に取り付けられる。

**【0078】**

変換器 700 には、近位端 702 と遠位端 704 がある。変換器 700 の遠位端 704 は、器具 300 の延長ロッド 302 の横断面にかなり類似した横断面を有する。さらに、変換器 700 は、中空内部 706 を有する。中心ロッド 350 は、変換器 700 の中空内部 706 を通って、その近位端 702 に延びる。リード 352、354 の 2 本は、中心リード 350 が延びる第 1 中空管 712 に接続する 2ヶ所の肩部分 708、710 で変換器内部を終了する。第 1 中空管 712 は、ステンレス、硬質プラスチックなどの強い耐久性のある材料で形成できる。

20

**【0079】**

第 1 中空管 712 は、回転できるように、ベアリング 714 に取り付けられる。第 1 中空管 712 の回転は、リード 352、254 の直線運動と、器具 300 の関節操作可能部の関節運動を生じる。

**【0080】**

第 2 中空管 716 は、そこから延びる 1 対の肩部分 718、719 を有する。2 本のリード 356、358 は、肩部分 718、719 のそれぞれ一方に連結する。中空管 716 は、回転できるように、ベアリング部 720 内に配置する。やはり、第 2 中空管 716 の回転は、リード 356、358 の直線運動を生じ、第 1 中空管の回転を通して定まった運動面と直交する平面で、機器 300 の関節運動可能部分 301 に関節運動を行わせる。第 2 中空管 716 は、第 1 中空管 712 を放射状に囲むことを認めることができる。さらに、変換器 700 は、無菌連結器 600 に変換器 708 を連結（着脱可能）するスプリング・バイアス・レバー 726 の末端に配したピン 724 から成るクイック・ディスコネクト 722 を含む。中空管 712 と 716 の両方とも、その中で末端にノッチ 750 を形成することができる。ノッチは、両管のそれぞれを無菌連結器 600 に相互連結する手段 752 として働き、これについては、下記でさらに詳細に論じる。

30

**【0081】**

変換器 700 はクイック・ディスコネクト 722 を経て無菌連結器 600 に着脱可能に連結される。関節操作可能ツール・ドライバ 500 は、容易に滅菌されないので、関節操作可能ツール・ドライバ 500 を滅菌する必要なく、器具を交換できるように、無菌連結器 600 を含めると有利である。さらに、連結器 600 は、第 26 図で示したもののようなドレープ 125 にツール・ドライバを入れて、変換器 700 をツール・ドライバ 500 に連結する。連結器 600 は、ハウジング 610 を有する。連結器 600 のハウジングと部品は、ステンレス、プラスチック、あるいは、公知の滅菌可能材料などの容易に滅菌できる物質で形成するのが好ましい。ハウジング 610 は、実質的に中空の内部 612 と開放末端 614 および 616 を有する。2 本の中空管 618 および 620 は、ハウジング 610 内で回転しながら配置される。中空管 618 および 620 のそれぞれの回転を行わせるため、ベアリング 622 および 624 を各中空管の周囲に配置する。中空管は、それぞ

40

50

れ、管の末端に形成されたノッチ 6 2 6 を有するので、一方の末端で連結器 6 0 0 に変換器 7 0 0 が連結され、また連結器 6 0 0 を中空管の他端で関節操作可能ツール・ドライバ 5 0 0 に連結される。

#### 【 0 0 8 2 】

変換器のピン 7 2 4 がノッチ 6 2 8 に入り、変換器 7 0 0 が連結器 6 0 0 に連結される。さらに、連結器 6 0 0 は、スプリング・バイアス・ピボット 6 3 2 に連結したピン 6 3 0 を含み、連結器をドライバ 5 0 0 に連結することができる。連結器 6 0 0 は、さらに、スライド可能で、中心ケーブルまたはロッド 3 5 0 の末端 3 5 1 を受ける中心断面 6 3 4 を含む。末端 3 5 1 は、その周囲に配した周囲溝 3 5 3 を有する先端を含むことができる。その先端は、中心断面 6 3 4 に形成されたくぼみ 6 3 6 に入り、少なくとも 1 個のスプリング・バイアス止め金 6 3 8 によって定位置で固定され、着脱可能である。先端 6 4 0 は、周囲溝 3 5 3 を含む先端と実質的に類似し、くぼみ 6 3 6 に隣接して配置され、中心ケーブル 3 5 0 を関節操作可能ドライバ 5 0 0 に連結する働きをする。これについては、下記でさらに詳細に論じる。

10

#### 【 0 0 8 3 】

中心部分 6 3 4 は、最も奥の管 6 1 8 内で側方にスライドするためのものである。上述のスライド運動を行うために、直線ベアリングを最も奥の管の中央部分の周囲に配置することができる。別法としては、中心部分 6 3 4 は、最も奥の管 6 1 8 内でスムーズにスライドするベアリング材料で形成できる。

#### 【 0 0 8 4 】

連結器 6 0 0 は、関節操作可能ツール・ドライバ 5 0 0 に接続され、着脱可能である。関節操作可能ツール・ドライバをドレープ 1 2 5 でくるむことを意図する。関節操作可能ツール・ドライバ 5 0 0 は、中空のハウジング 5 0 2 を含み、閉鎖された第 1 末端 5 0 4 と実質的に開放された第 2 末端 5 0 4 を含む。ハウジング 5 0 2 にしっかりと内部に配置されているのは、グリッパ・モータ 5 0 6 と、1 対のリスト・モータ 5 0 8 および 5 1 0 である。そのモータは、それぞれ、コントローラ 4 6 と電氣的に連結されている。別法としては、モータは、コントローラから、上述の系統が公知の送信機 / 受信器システムを介して信号を受け取る。新規であるのは、上述の送信機 / 受信器システムの本発明への応用である。グリッパ・モータ 5 0 6 は、ロード・スクリュウ 5 1 2 を囲むロード・ナット 5 1 0 に接続する。モータ 5 0 6 は、コントロール信号を受けて、それに応答して回転する。ロード・ナット 5 1 0 が回転し、ロード・スクリュウ 5 1 2 を移動させる。ロード・スクリュウ 5 1 2 は、ロード・セル 5 1 4 に接続され、そのロード・セルは、連結器 6 0 0 を経てグリッパ・モータ 5 0 6 に接続するケーブル 3 5 0 を移動させるのに必要とされる力を測定するのに使用できる。これは、本発明のシステム 1 0 に組み込む事のできる力の帰還システムに使用できる。その末端に形成される溝 5 1 8 を有するロッド 5 1 6 は、ロード・セル 5 1 4 に連結される。ロッド 5 1 6 は直線的に移動する。連結器 6 0 0 の先端 6 4 0 は、溝 5 1 8 に入り、少なくとも 1 個のスプリング・バイアス止め金、あるいは、その他の同様の連結機構 5 2 0 によって定位置で保持（着脱可能）される。そのため、マスタ・ハンドルを持つ外科医がグリッパを操作する場合、グリッパ・モータ 5 0 6 が回転し、それによって、ロッド 5 1 6 を、さらに、順に、中心ケーブル 3 5 0 を動かし、これが、適宜、用具部位でグリッパを開閉する。当然、用具部位での作動はそこに配置する用具の種類に依存する。例えば、外科用器具 3 0 0 の末端にステーブル用具を配置する場合のステープリングの働きをする。

20

30

40

#### 【 0 0 8 5 】

マスタ・ハンドル 5 0 または 5 2 を軸 J 6 または J 7 の回りで回転させる場合、必要な運動に応じた 2 個のリスト・モータ 5 1 0、5 0 8 の内の一方が回転する。モータ 5 0 8、5 1 0 のそれぞれが、対応するギア 5 2 2、5 2 4 に連結されている。ギア 5 2 2、5 2 4 のそれぞれが、付随中空管 5 2 6、5 2 8 の対応する溝区域 5 3 0、5 3 2 にかみ合い、付随管を放射状に、その長手軸の周囲を回転させる。中空管 5 2 6、5 2 8 は、それぞれ、ノッチのある末端 5 3 4、5 3 6 を含んでおり、連結器 6 0 0 の対応する中空管の

50

ノッチのある末端とかみ合う。中空管 5 2 6、5 2 8、6 1 8、6 2 0 が、それぞれ、全て共軸性である。さらに、ベアリングは、中空管 5 2 6 および 5 2 8 の各定置中間物とし、個々の中空管の独立した回転能を生じることができる。

#### 【0086】

中空管 5 2 6、5 2 8 が回転する時、連結器の中空管を回転させ、これが変換器の中空管を回転させる。これは、外科用器具 3 0 0 の先端で関節動を生じる。特に、これは、外科用器具 3 0 0 の関節操作可能部分の関節動を生じる。さらに、使用するのがフロント・ローディング・ツール・ドライバであっても、バック・ローディング・ツール・ドライバであっても、関節操作可能ツール・ドライバであっても、外科用器具を容易に交換できる。

10

#### 【0087】

このように、切開刀 8 0 0 をグラスパと交換でき、グラスパはステープラー 8 1 0 と交換できる。本質的に、上述の装置は、処置が用具を次々と交換することを含む、侵襲を最小に抑えた手術法の実施を簡略化する。また、装置は、特定の器具の先端での関節形成を可能にするので、関節形成機構は、上文で開示したように、上述のステープリング、あるいは、関節操作可能部分を組み込んだ切開器具に関節を形成するのに使用できる。

#### 【0088】

さらに、本器具は、関節操作可能器具である必要がないが、ステープリングのような他の機能をコントロールする上で関節形成機構を使用できる。第 2 7 図は、カラー 8 5 およびホルダ 8 6 からロボット・アーム・アセンブリの接続したステープリング器具 8 1 0 を示す。一般に、把握用具に使用されるリードは、ステープル機構を達成するのに使用できる。内視鏡ステープラは、一般に、技術上周知であるが、本文で開示したように、ロボット・アームに接続するステープラーを使用する事は、従来、周知である。

20

#### 【0089】

さらに、第 2 8 図に示すような切開刀が、本発明の装置で使用できる。切開刀 8 0 0 は、カラー 8 5 およびホルダ 8 6 でロボット・アーム・アセンブリ 2 6 に接続される。切開刀は、グラスパやステープラーが必要とするようなリードを必要としないが、切開用具は、本文で開示した関節形成機構によって関節を備えるのがよい。

#### 【0090】

さらに、焼灼装置や凝固器は、カラー 8 5 やホルダを経てロボット・アーム・アセンブリ 2 6 に接続できる。焼灼用具および凝固器は公知であり、焼灼用具は、本文で開示したように、関節操作可能器具の末端で接続できる。予定された順序で多様な用具を使用する事によって、多様な処置を実施できる。多くの処置は、上述のものを必要とするので、一般に、器具を交換できるのが好ましい。

30

#### 【0091】

数件の典型的実施例が記述され、添付図面に示されたが、このような実施例は、単に説明的であり、広い発明に制限を加えるものでなく、様々な他の変更態様を通常の当業者が思い浮かべることができるため、本発明が示し、記述した特定の構成および配列に制限されるものでない事を理解しなければならない。

#### 【図面の簡単な説明】

40

#### 【0092】

【図 1】本発明による最小侵入型の外科システムの透視図である。

【図 2】このシステムのマスタ部の概略図である。

【図 3】このシステムのスレーブ部の概略図である。

【図 4】このシステムの制御システムの概略図である。

【図 5】座標フレームでの器具の概略図である。

【図 6】旋回点の回りでの器具の動きの概略図である。

【図 7】本発明のシステムによるエンド・エフェクタの分解組立図である。

【図 8】本発明によるシステムのマスタ・ハンドルの図である。

【図 8 A】本発明によるシステムのマスタ・ハンドルの側面図である。

50

【図 9】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 A】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 B】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 C】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 D】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 E】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 F】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 G】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 H】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図 10 I】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

10

【図 11】本発明のシステムによるリア・ローディング・ツール・ドライバの側面図である。

【図 12】第 11 図のリア・ローディング・ツール・ドライバのモータ・アセンブリの平面図である。

【図 13】本発明による、関節操作可能な器具の側面図である。

【図 14】器具の先端部が関節式に動作しているときの、関節操作可能な器具の側面図である。

【図 15】本発明による、関節操作可能な器具の関節操作可能な部分の分解組立図である。

【図 16】本発明の、関節操作可能な外科用器具の節で作動する部分による心ピボット・リンケージの平面図である。

20

【図 17】本発明による、関節操作式ツール・ドライバ・アセンブリの透視図である。

【図 18】本発明の、関節操作可能な器具による、取り外し可能な器具先端部の図である。

【図 19】本発明による器具先端部のリセプタクルの図である。

【図 20】本発明の関節動作変換器に取り付けた、関節操作可能な器具の断面図である。

【図 21】本発明の関節動作変換器の拡大断面図である。

【図 22】本発明による関節動作変換器の端面図である。

【図 23】本発明のシステムによる関節操作式ツール・ドライブ・アセンブリの無菌部分の断面図である。

30

【図 24】本発明の装置による関節操作式ツール・ドライブ・アセンブリのツール・ドライバの断面図である。

【図 25】関節操作式ツール・ドライバ・アセンブリを含む本発明によるシステムのマスタ部分の概略図である。

【図 26】本発明によるロボット・アームと共に使用するためのドレープの平面図である。

【図 27】本発明に従ってロボット・アームに連結され、その端部にステープル器具が配置された外科用器具の平面図である。

【図 28】本発明に従ってロボット・アームに連結され、その端部に切刃が配置された外科用器具の平面図である。

40

【図 29】本発明に従ってロボット・アームに連結され、その端部に切開刃が配置された外科用器具の平面図である。

【図 30】本発明に従ってロボット・アームに連結され、その端部にステープル器具を配置された外科用器具の平面図である。

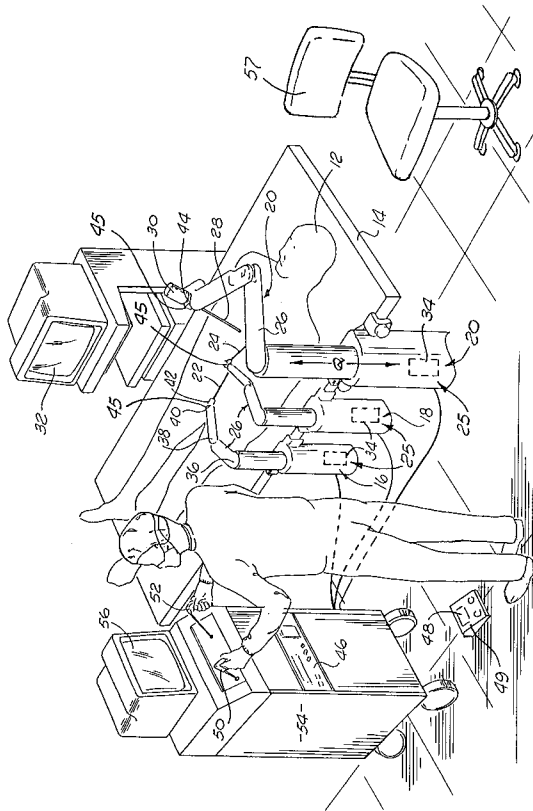
【符号の説明】

【0093】

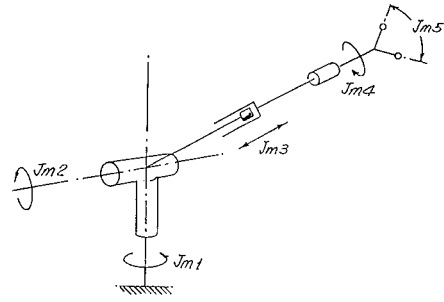
16, 18 スレーブ・マニピュレータ、50, 52 マスタ・マニピュレータ、58 ボタン作動、184 フィルタ、60 相対角計算、62 スケール、66 スレーブ・ベクトル計算、68 インパース・キネマティクス、70 スレーブ・マニピュレータ・コントローラ、78 マスタ・コントローラ、

50

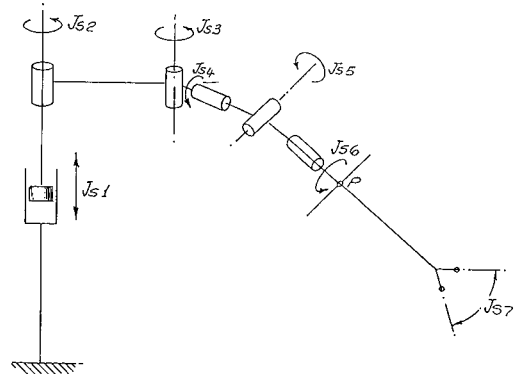
【 図 1 】



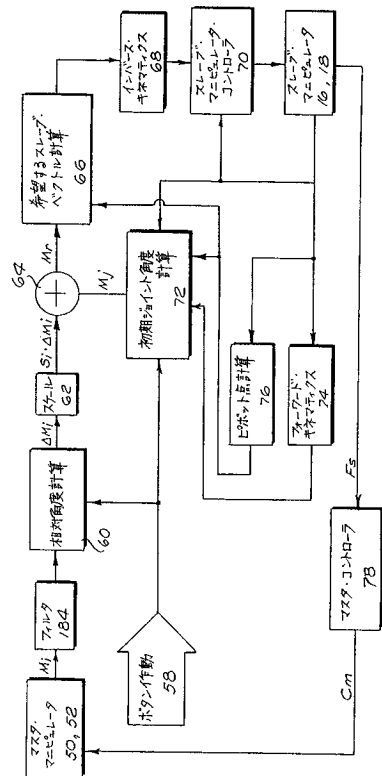
【 図 2 】



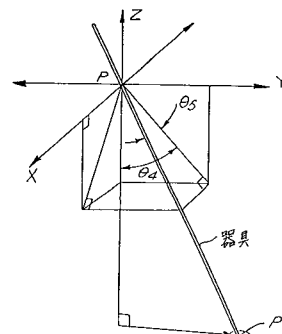
【 図 3 】



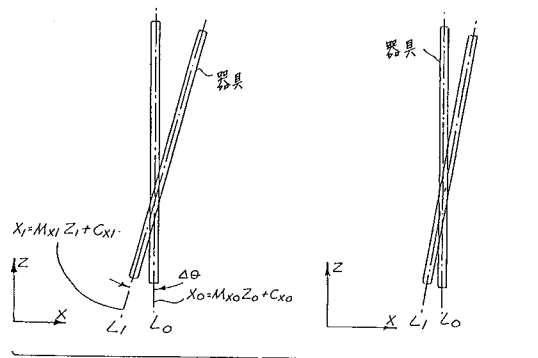
【 図 4 】



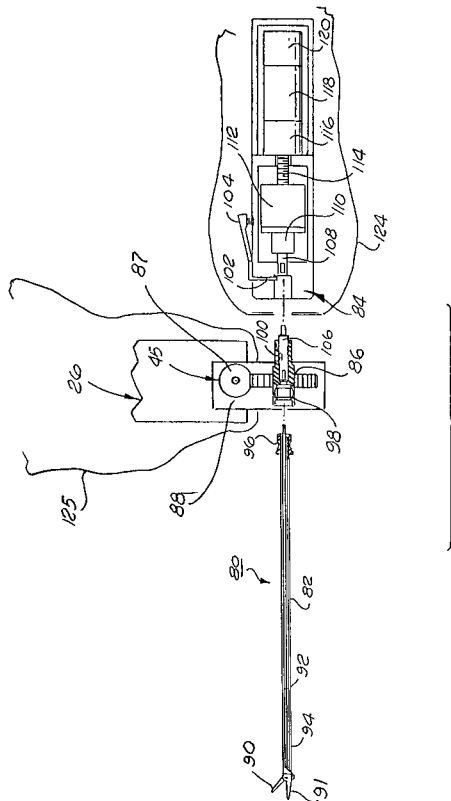
【 図 5 】



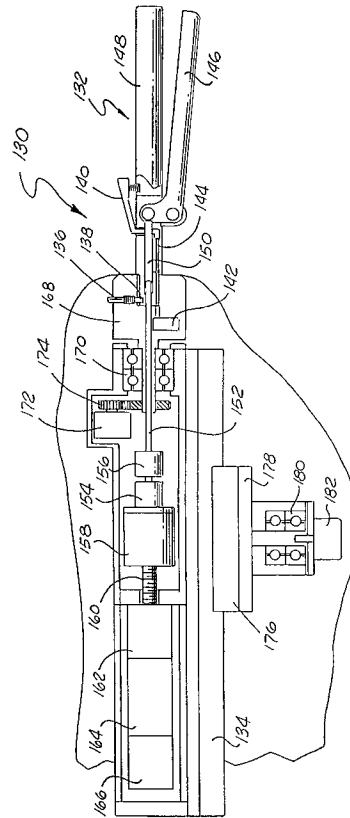
【圖 6】



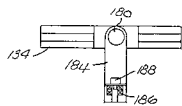
【図 7】



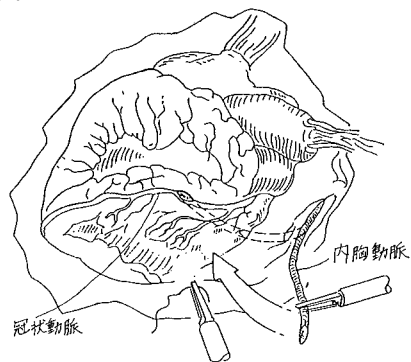
【図 8】



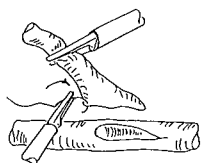
【図 8 A】



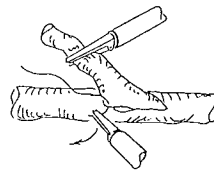
【図 9】



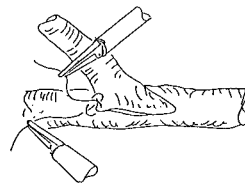
【図 10 A】



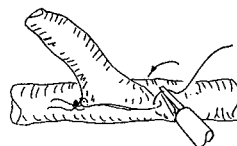
【図 10 B】



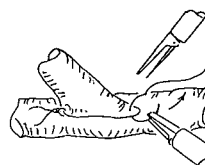
【図 10 C】



【図 10 D】

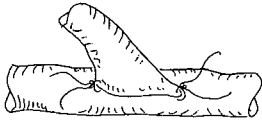


【図 10 E】

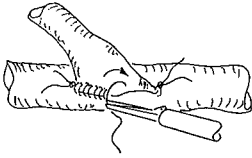




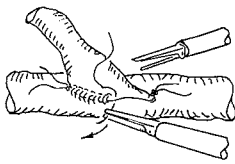
【図 10 F】



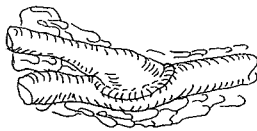
【図 10 G】



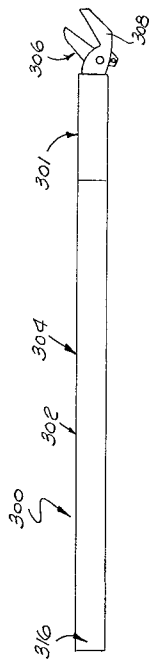
【図 10 H】



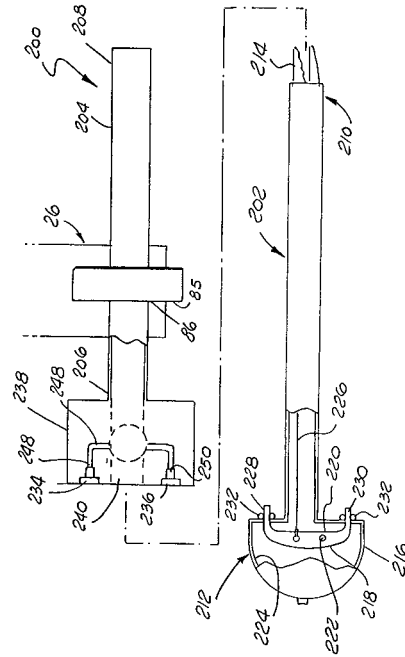
【図 10 I】



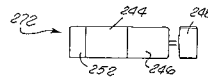
【図 13】



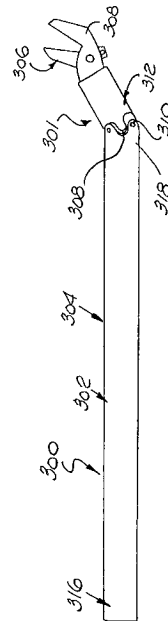
【図 11】



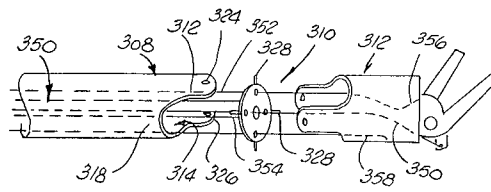
【図 12】



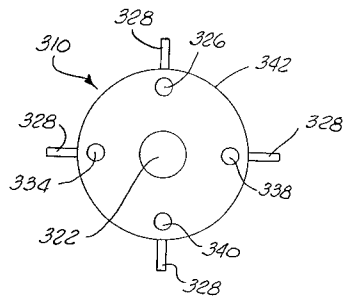
【図 14】



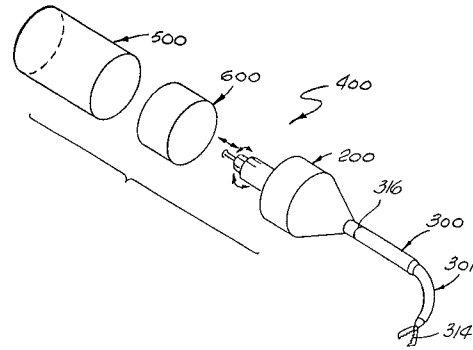
【図 15】



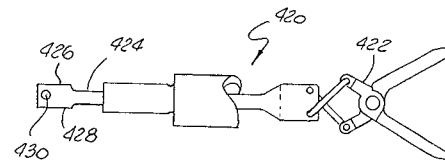
【図 16】



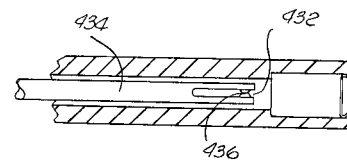
【図 17】



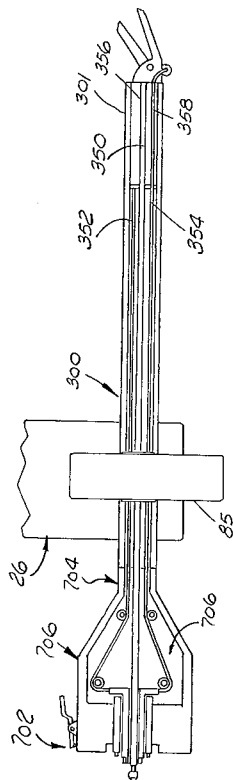
【図 18】



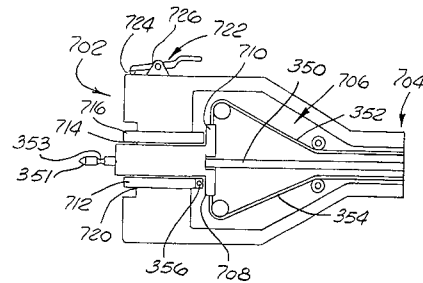
【図 19】



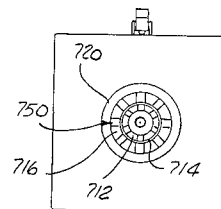
【図 20】



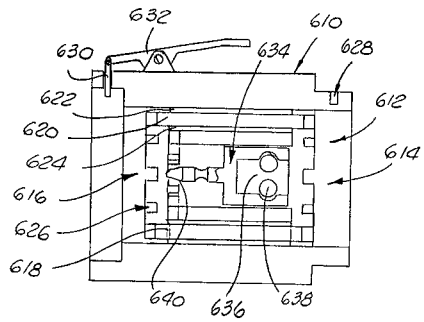
【図 21】



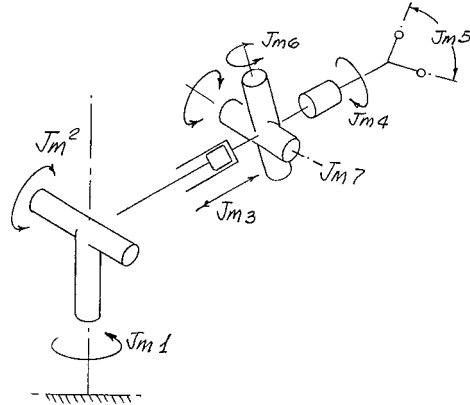
【図 22】



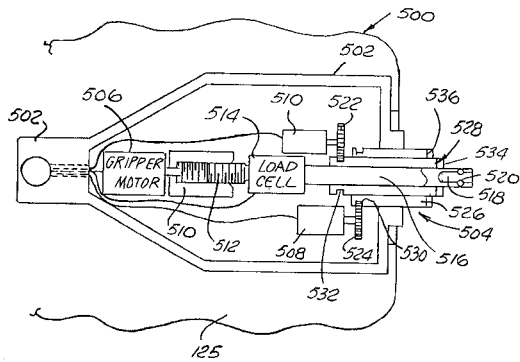
【図 23】



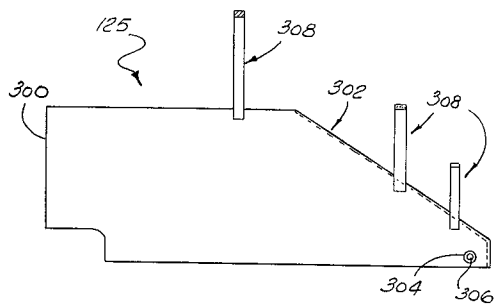
【図 25】



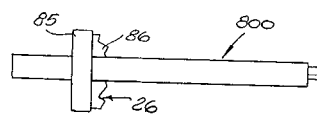
【図 24】



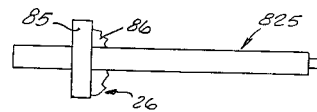
【図 26】



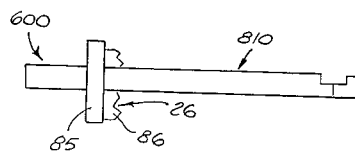
【図 29】



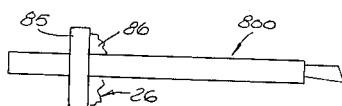
【図 30】



【図 27】



【図 28】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ウェッカー, ダリン・アール  
アメリカ合衆国・93101・カリフォルニア州・サンタ バーバラ・デ ラ ヴィナ エイ番・  
1430
- (72)発明者 ラビー, キース・フィリップ  
アメリカ合衆国・93109・カリフォルニア州・サンタ バーバラ・サンタ ローサ・220
- (72)発明者 ウイルソン, ジェフ  
アメリカ合衆国・93105・カリフォルニア州・サンタ バーバラ・ボルテスエロ・1300
- (72)発明者 ジョーダン, スティーブ  
アメリカ合衆国・93109・カリフォルニア州・サンタ バーバラ・コール ガリシア・243  
1
- (72)発明者 ライト, ジェームス  
アメリカ合衆国・93109・カリフォルニア州・サンタ バーバラ・サンタ クルーズ ブルバ  
ード・319
- (72)発明者 ゴードーシ, モジタバ  
アメリカ合衆国・93105・カリフォルニア州・サンタ バーバラ・ブロードムーア プラザ  
2番・36

Fターム(参考) 4C060 CC07 DD13 DD23 MM24

专利名称(译)	用于执行微创心脏手术的方法和设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP2007125404A</a>	公开(公告)日	2007-05-24
申请号	JP2006337206	申请日	2006-12-14
[标]申请(专利权)人(译)	Computer Motion有限公司		
申请(专利权)人(译)	计算机准公司		
[标]发明人	ワングユルン ウェッカーダリンアール ラビーキースフィリップ ウイルソンジェフ ジョーダンスティーブ ライトジェームス ゴードーシモジタバ		
发明人	ワング,ユルン ウェッカー,ダリン・アール ラビー,キース・フィリップ ウイルソン,ジェフ ジョーダン,スティーブ ライト,ジェームス ゴードーシ,モジタバ		
IPC分类号	A61B19/00 A61B17/11		
FI分类号	A61B19/00.502 A61B17/11 A61B1/00 A61B1/00.620 A61B17/3201 A61B34/35		
F-TERM分类号	4C060/CC07 4C060/DD13 4C060/DD23 4C060/MM24 4C160/DD22 4C160/FF12 4C160/GG24 4C160/KK47 4C160/MM34 4C161/AA21 4C161/GG13 4C161/GG15		
代理人(译)	山川茂树		
优先权	08/603543 1996-02-20 US 08/755063 1996-10-22 US		
其他公开文献	JP2007125404A5 JP4176126B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

要解决的问题：提供一种外科手术器械系统，该系统允许外科医生在患者体内移动结节，从而使器械的远端具有更大的自由度，可以将器械定位在更复杂和准确的位置。 要做。 该装置具有可操作以切割，保持，麻痹和缝合组织的末端执行器。 机械手26通过控制器46连接到一对主手柄50和52。 外科医生可以移动手柄，以便末端执行器有相应的运动。 手柄的运动通常较小且按比例缩放，以使末端执行器不同于外科医生的手的运动，并具有相应的运动。 [选型图]图1

