

(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.CI.

A61B 19/00 (2006.01)  
A61B 17/11 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 19/00 5 0 2  
A 6 1 B 17/11

テーマコード(参考)

4 C 0 6 0

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)
(22) 出願日	平成18年12月14日 (2006.12.14)
(62) 分割の表示	特願平9-529591の分割 原出願日 平成9年2月19日 (1997.2.19)
(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)

(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・サニイベイル・キファー ロード ・950
(74) 代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
(74) 代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
(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

最終頁に続く

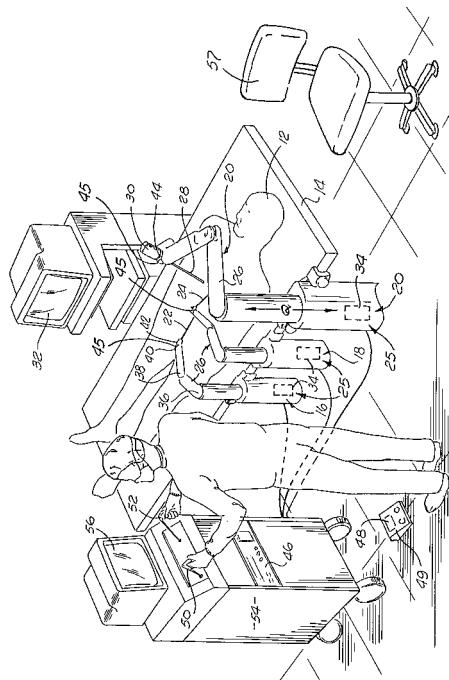
(54) 【発明の名称】侵襲を最小に抑えた心臓手術を施術するための方法および装置

(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対のマスター・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(16)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(50)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(46)と；

第2エンド・エフェクタを有する第2関節式アーム(18)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(52)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(46)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(10)。

10

**【請求項 2】**

内視鏡(28)を保持する第3関節式アーム(20)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(48)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(28)を移動させることが出来るこことを特徴とする請求項1に記載のシステム。

20

**【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(50)であり、前記入力装置がさらに、前記第1関節式アーム(16)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(46)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。

30

**【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。

40

**【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(16)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(42)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。

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(18)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(52)とをさらに備え、前記コントローラ(46)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(28)を保持する第3関節式アーム(20)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(48)とをさらに備え、前記コントローラ(46)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(50)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(18)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(52)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(46)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(28)を保持する第3関節式アーム(20)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(48)とをさらに備え、前記コントローラ(46)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(28)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(50)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 10  
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。

【請求項 21】

前記第 1 関節式アームが一対の非駆動関節(40、42)を有することを特徴とする請求項 20  
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 2 20  
2 に記載のシステム。

【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】

【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

40

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（IMA）が切断され、動脈に切開の点で連結される。IMA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CABG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】

MIS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（Minimal Invasive Surgery）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すことはできない。例えば、従来のMIS鉗子は、内視の際のような、最小侵襲性の手法の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MIS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MIS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、MIS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】

MIS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。MICABG（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れなくてはならない。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、手元に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】

#### 【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。40

#### 【0008】

加えて、技術上要求されるものは、様々な用具が容易により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対のマスター・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、それを越えて伸びている。あるいは、関節部分を、細長いロッドと一緒に形成することもできる。関節部分は、基部、ピボット・リングージ、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・リングージの、関節部分の基部への連結を助け、かつピボット・リング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をできるように、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まだ達成されていない追加的な巧妙

10

20

30

40

50

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（E C A B G）、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。M I C A B G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、関節式アーム16、関節式アーム18、関節式アーム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 4 0 および 4 2 の対を持つ。受動状態ジョイント 4 0 および 4 2 は、好ましくは、対応するロボット・アーム・アセンブリ 2 6 に固定された器具 2 2、2 4 または内視鏡 2 8 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 2 6 はまた、器具 2 2 および 2 4 または内視鏡をそこに連結するための連結機構 4 5 を有する。加えて、それぞれのロボット・アーム・アセンブリ 2 6 は、それに取り付けた器具 2 2、2 4 または内視鏡 2 8 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 4 4 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。

## 【 0 0 2 2 】

第 1、第 2 および第 3 の、関節式アーム 1 6、1 8、2 0 はアームの動きを制御できるコントローラ 4 6 に連結している。アームは、制御信号がコントローラ 4 6 から関節式アーム 1 6、1 8 および 2 0 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 4 6 に連結されている。それぞれの関節式アーム 1 6、1 8 および 2 0 とコントローラ 4 6 の間の誤りのない通信を確実にするために、各アーム 1 6、1 8、2 0 を電気的にコントローラに接続する、例えば、各アーム 1 6、1 8、2 0 を電気ケーブル 4 7 を介してコントローラ 4 6 に電気的に接続することが好ましい。しかし、直接的な電気的接続ではなく、周知の遠隔制御システムを利用してアーム 1 6、1 8、2 0 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があるので、ここで更には論じない。

## 【 0 0 2 3 】

コントローラ 4 6 は、フットペダルのような入力装置 4 8、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 4 8 は、外科医によって、入力装置 4 8 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 4 6 は入力装置 4 8 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 2 8 および第 3 の連結されているアーム 2 0 のロボット・アーム・アセンブリ 2 6 を移動させる。それぞれのロボット・アーム・アセンブリ 2 6 は本発明の譲受人 Computer Motion, Inc. (Goleta, California) によって AES OP 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 4 9 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。

## 【 0 0 2 4 】

第 1 および第 2 の、関節式アーム 1 6 および 1 8 に固定されている器具 2 2、2 4 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 5 0 および 5 2 にて制御される。外科医が操作する主要ハンドル 5 0、5 2 のそれぞれは、ハンドル 5 0 または 5 2 の動きが、関節式アーム 1 6、1 8 に固定されている外科用器具 2 2、2 4 に関連した動きを与えるように、関節式アーム 1 6、1 8 のうちの関連する 1 つと主従の関係を持つ。

ハンドル 5 0 および 5 2 は、移動可能な棚 5 4 に搭載されている。第 2 のテレビモニタ 5 6 は棚 5 4 の上に位置され、外科医が患者 1 2 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 5 0 および 5 2 はまた、コントローラ 4 6 に接続されている。コントローラ 4 6 は、ハンドル 5 0 および 5 2 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 2 6 および器具 2 2、2 4 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 2 2、2 4 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 1 0 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 5 7 が装置と共に提供される。

10

20

30

40

50

## 【0025】

各ハンドルは、第2図に描写された様々なジョイントJm1～Jm5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Jm1およびJm2は、ハンドルが棚54の軸心について回転できるようにする。ジョイントJm3は、外科医がハンドルを棚54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Jm4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Jm5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。

## 【0026】

ジョイントJm1～Jm5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ョ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26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。

## 【0027】

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26で受けた力の帰還を反映する。これは、器具22、24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Jm5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22、24のグリッパに含まれていなくてはならない。ホイ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、このような力反映手法をシステム10のような装置に使用することは知られていなかった。

## 【0028】

第3図はそれぞれの関節式アーム16および18の様々な自由度を示している。ジョイントJs1、Js2およびJs3は、基部のモータ34の軸と、ロボット・アーム・アセンブリ26の回転モータ36の軸と、回転モータ38の軸とにそれぞれ対応している。ジョイントJs4およびJs5は、アーム26の受動状態ジョイント40および42に対応している。ジョイントJs6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Js7は開閉できる対のフィンガである。器具22および24は患者の切開口に位置する中心点Pを中心として動く。

## 【0029】

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46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58を持つ。入力ボタン58が解除されているときは、器具はハンドルの動きに通じない。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「ラチエット」に置くことができる。この「ラチエット」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、「ラチエット」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58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。

## 【0030】

外科医がハンドルを動かすと、位置センサが、ジョイントJm1～Jm5の動きに対応する帰還信号M1～M5をそれぞれ出す。コントローラ46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60において計算し、増分位置値\_M1～\_M5を算出す

10

20

30

40

50

る。

【0031】

増分位置値  $M_1 \sim M_5$  にはブロック 6.2においてスケール係数  $S_1 \sim S_5$  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、ハンドルの比較的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。

【0032】

コントローラ 4.6 は、加算要素 6.4 において、増分値  $M_1 \sim M_5$  を初期ジョイント角度  $M_j 1 \sim M_j 5$  に加えて  $M_r 1 \sim M_r 5$  とする。次に、コントローラ 4.6 は、以下の式に従って、計算ブロック 6.6 で所望のスレーブ・ベクトル計算値を計算する。

$$\begin{aligned} R_d x &= M_r 3 \cdot \sin(M_r 1) \cdot \cos(M_r 2) + P_x \\ R_d y &= M_r 3 \cdot \sin(M_r 1) \cdot \sin(M_r 2) + P_y \\ R_d z &= M_r 3 \cdot \cos(M_r 1) + P_z \\ S_d r &= M_r 4 \\ S_d g &= M_r 5 \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} R_d x, y, z &= 器具のエンド・エフェクタの新たな所望位置 \\ S_d r &= 器具の長手軸の回りで角回転 \\ S_d g &= 器具フィンガの運動の量 \\ P_x, y, z &= ピボット点 p の位置である。 \end{aligned}$$

次に、コントローラ 4.6 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）6.8 で、ロボット・アーム 2.6 の運動を計算する。

【数1】

$$\begin{aligned} J_s d 1 &= R_d z \\ J_s d 3 &= \pi - \cos^{-1} \left[ \frac{R_d x^2 + R_d y^2 - L_1^2 - L_2^2}{2 \cdot L_1 \cdot L_2} \right] \\ J_s d 3 \leq 0 \text{ の場合, } J_s d 2 &= \tan^{-1} (R_d y / R_d x) + \Delta \\ J_s d 3 > 0 \text{ の場合, } J_s d 2 &= \tan^{-1} (R_d y / R_d x) - \Delta \\ \Delta &= \cos^{-1} \left[ \frac{R_d x^2 + R_d y^2 - L_1^2 - L_2^2}{2 \cdot L_1 \sqrt{R_d x^2 + R_d y^2}} \right] \end{aligned}$$

$$J_s d 6 = M_r 4$$

$$J_s d 7 = M_r 5$$

ここで、

$$\begin{aligned} J_s d 1 &= リニア・モータの運動 \\ J_s d 2 &= 第1ロータリ・モータの運動 \\ J_s d 3 &= 第2ロータリ・モータの運動 \\ J_s d 6 &= 回転モータの運動 \\ J_s d 7 &= グリッパの運動 \end{aligned}$$

$L_1$  = 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

$L_2$  = 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】

10

20

30

40

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。

## 【0034】

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を最初に押しさげると、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】

$$\begin{aligned}
 Mj1 &= \tan^{-1}(ty/tx) \\
 Mj2 &= \tan^{-1}(d/tz) \\
 Mj3 &= D \\
 Mj4 &= Js6 \\
 Mj5 &= Js7 \\
 d &= \sqrt{tx^2 + ty^2} \\
 tx &= \frac{Rsx - Px}{D} \quad ty = \frac{Rsy - Py}{D} \quad tz = \frac{Rs z - Pz}{D} \\
 D &= \sqrt{(Rs x - Px)^2 + (Rs y - Py)^2 + (Rs z - Pz)^2}
 \end{aligned}$$

10

## 【0035】

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

$$\begin{aligned}
 Rsx &= L1 \cdot \cos(Js2) + L2 \cdot \cos(Js2 + Js3) \\
 Rsy &= L1 \cdot \sin(Js2) + L2 \cdot \sin(Js2 + Js3) \\
 Rsz &= J1
 \end{aligned}$$

## 【0036】

ジョイント角度Mjは、加算器64に送られる。ピボット点Px、Py、Pz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Uo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】

$$U_0 = \begin{bmatrix} \cos\Theta_5 & 0 & -\sin\Theta_5 \\ -\sin\Theta_4 \sin\Theta_5 & \cos\Theta_4 & -\sin\Theta_4 \cos\Theta_5 \\ \cos\Theta_4 \sin\Theta_5 & \sin\Theta_4 & \cos\Theta_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

## 【0037】

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LoおよびL1に従って、器具の第1単位ベクトルUoと第2単位ベクトルU1の交点のアークサインを取ることによって計算する。 40

ここで、

T = 単位ベクトルUoおよびU1の交点となるベクトルである。

新しい器具位置U1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、UoをU1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LoおよびL1で定義できる：

Lo :

$$\begin{aligned}
 X_o &= Mx0 \cdot Z_o + Cx_o \\
 Y_o &= My0 \cdot Z_o + Cy_o
 \end{aligned}$$

L1 :

50

$$\begin{aligned}x_1 &= M_x \cdot z_1 + C_x \\y_1 &= M_y \cdot z_1 + C_y\end{aligned}$$

ここで、

$Z_o$  = 第 1 座標系の  $z$  軸に対する直線  $L_o$  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  
 $M_{x o}$  =  $Z_o$  の関数としての直線  $L_o$  の傾き  
 $M_{y o}$  =  $Z_o$  の関数としての直線  $L_o$  の傾き  
 $M_{x 1}$  =  $Z_1$  の関数としての直線  $L_1$  の傾き  
 $M_{y 1}$  =  $Z_1$  の関数としての直線  $L_1$  の傾き  
 $C_{x o}$  = 第 1 座標系の直線  $L_o$  と  $x$  軸の交点を表す定数  
 $C_{y o}$  = 第 1 座標系の直線  $L_o$  と  $y$  軸の交点を表す定数  
 $C_{x 1}$  = 第 1 座標系の  $L_1$  と  $x$  軸の交点を表す定数  
 $C_{y 1}$  = 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

### 【 0 0 3 8 】

傾きは、以下のアルゴリズムを使って計算する：

$$M_{x o} = U_{x o} / U_{z o}$$

$$M_{y o} = U_{y o} / U_{z o}$$

$$M_{x 1} = U_{x 1} / U_{z 1}$$

$$M_{y 1} = U_{y 1} / U_{z 1}$$

20

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

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

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

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

ここで、

$U_o(x, y, z)$  = 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

$P_o(x, y, z)$  = 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。

### 【 0 0 3 9 】

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  $L_o$  における器具のピボット点（軸点  $R_o$ ）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  $R_o$  および  $R_1$  の中間距離を計算し、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。

### 【 0 0 4 0 】

点  $R_o$  および  $R_1$  を得るためにには、以下の方程式を設定し、 $L_o$  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。

### 【 0 0 4 1 】

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

$$z_0 = [(Mx_1 - tx)z_1 + Cy_1 - Cx_0] / (Mx_0 - tx)$$

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

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

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

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

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

#### 【0042】

10

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。

20

#### 【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Fsを受けて、ブロック78で対応する信号Cm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、本発明で使用できるエンド・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。

30

#### 【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を通って延びるロッド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をクイック

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5,499,990号または第5,389,103号に開示されたステープル装置など、本システムでの使用に適合させたステープル器具、用具、あるいは、侵襲を最小に抑えた手術で使用され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98は、器具をツール・ドライバ84に差し込む度に、フロント・ローディング・ツール・ドライバ84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84の操作については、下段でさらに詳細に論じることにする。

#### 【0047】

クイック・ディスコネクト98は、フロント・ローディング・ツール・ドライバ84のピン102を受けるスロット100を有する。ピン102は、クイック・ディスコネクト98をフロント・ローディング・ツール・ドライバ100に固定する。ピン102は、スプリング・バイアス・レバー104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98には、ピストン106があり、これは、ツール・ロッド92に接続し、フロント・ローディング・ツール・ドライバ84内に位置するロード・セル110の出力ピストン108に隣接している。

#### 【0048】

ロード・セル110は、リード・スクリュー・ナット112を取り付ける。リード・スクリュー・ナット112は、歯車箱116から伸びたリード・スクリュー114に連結される。歯車箱116は、エンコーダ120に連結された可逆モータ118で駆動する。エンド・エフェクタ80全体がモータ駆動ウォーム・ギア87で回転する。

#### 【0049】

動作においては、フロント・ローディング・ツール・ドライバ84のモータ118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46から入力指令を受けると、動作する。モータ118は、リード・スクリュー114を回転させ、このスクリューがリード・スクリュー・ナット112とロード・セル110を直線的に動かす。ロード・セル110の運動は、ジョイントピストン106とツール・ロッド92を作動させ、これらが、第1フィンガ88を回転させる。ロード・セル110は、フィンガに加わる反作用力を感知し、対応する帰還信号をコントローラ46に送る。

#### 【0050】

フロント・ローディング・ツール・ドライバ84は、ツール・ドライバ84が各手術後に滅菌する必要がないように、滅菌ドレープ124で覆うことができる。さらに、ロボット・アーム・アセンブリ26は、滅菌する必要ないように、滅菌ドレープ125で覆うことが好ましい。ドレープ124および125は、実質的にフロント・ローディング・ツール・ドライバ84とロボット・アーム・アセンブリ26を囲う手段として働く。ロボット・アーム・アセンブリ26を囲うために使用するドレープ125を、第26図でさらに詳細に図解する。ドレープ125は、十分な開放端部300を有し、そこからロボット・アーム・アセンブリ26をドレープ125内に入れることができる。さらに、ドレープ125は、アーム・アセンブリ26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302を含む。そこから形成された小孔を有するワッシャ304は、器具を連結機構45によりアーム・アセンブリ26に連結するのを可能にする。アーム・アセンブリ26は、動き回るので、ドレープ125が確実に裂けないようにするため、ワッシャ304はドレープ125を補強する。本質的に、本器具は、患者12に挿入するため、ドレープ125に封入できない。また、ドレープ125は、接着剤310の付いた多数のテープ308を含む。少なくとも一片のテープ308を他のテープ片308と反対に配置して、アーム・アセンブリ26の回りにドレープ125を閉鎖する。

#### 【0051】

第8図および第8A図は、マスタ・ハンドル・アセンブリ130の好ましい実施例を示す。マスタ・ハンドル・アセンブリ130は、アーム134に連結するマスタ・ハンドル132を含む。マスタ・ハンドル132は、ハンドル132内の対応するスロット138

10

20

30

40

50

に挿入されるピン 136 でアーム 134 に連結できる。ハンドル 132 には、外科医が押すことのできる制御ボタン 140 がある。制御ボタン 140 は、シャフト 144 によりスイッチ 142 に連結される。制御ボタン 140 は、第 4 図に示す入力ボタン 58 に相当し、エンド・エフェクタの動きを作動させる。

#### 【0052】

マスター・ハンドル 132 には、第 1 グリッパ 146 があり、この第 1 グリッパ 146 は第 2 静止グリッパ 148 に旋回可能に連結されている。第 1 グリッパ 146 の回転が、ハンドル・シャフト 150 の対応する直線運動を生じる。ハンドル・シャフト 150 は、ベアリング 156 によってロード・セル 154 に連結されたグリッパ・シャフト 152 を動かす。ロード・セル 154 は、そこに加わる圧力の量を感知し、コントローラ 46 に入力信号を送る。次に、コントローラ 46 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。

#### 【0053】

ロード・セル 154 は、リード・スクリュー 160 に連結されたリード・スクリュー・ナット 158 に取り付ける。リード・スクリュー 160 は、エンコーダ 166 を有するモータ 164 に連結された減速箱 162 から伸びる。システムのコントローラ 46 は、エンド・エフェクタのロード・セル 110 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 160 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。

#### 【0054】

ハンドルは、ベアリング 170 の周囲を回転する旋回ハウジング 168 に接続する。旋回ハウジング 168 は、ギア・アセンブリ 174 によって位置センサ 172 に連結する。位置センサ 172 は、電位差計とすることができます、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 46 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ることもできる。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。

#### 【0055】

アーム 134 は、直線ベアリング 176 と対応する位置センサ 178 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 180 の回りで旋回し、スタンド 184 に位置する位置センサ 182 がそれを感知することができる。スタンド 184 は、ベアリング 186 の回りを回転でき、ベアリング 18 は対応する位置センサ 188 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。

#### 【0056】

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 184 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。

#### 【0057】

第 9 図および第 10A 図～第 10I 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 22 および 24 と内視鏡 28 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 22 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

10

20

30

40

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24が静脈を保持できる。

#### 【0058】

内胸動脈(IMA)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IMA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IMAを移動させる。IMAの移植について示し説明したが、冠動脈の遮断箇所に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10A図～第10I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IMAと冠動脈に通す。次に、第10B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10C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10D図～第10F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10H図～第10I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に使用できる。

#### 【0060】

上記に開示したように、本システムは、マスタ・ハンドル50または52の動きに応答してコントローラ46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84を含む。別のものとして、第11図に示すように、バック・ローディング・ツール・ドライバ200を本発明のシステム10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200は、バック・ローダブル外科用器具202と協働する。上述のバック・ローディング・ツール・ドライバ200および機器202を組み込むと、非常に簡単に用具をツール・ドライバ200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。

#### 【0061】

バック・ローディング・ツール・ドライバ200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26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206と遠位末端208を持つ鞘204を含む。鞘204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204は、本質的に中空管で、カラー85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202は、用具取り付け端210と連結端212を有する。グラスパや押し込み／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202の用具取り付け端210に配置する。

#### 【0063】

ハウジング216は、器具202の連結端212に配置する。ハウジングは、その内部に配置したレバー218を有する。レバー218は、レバーの付随孔を通過するピンを利用して設定されるピボット点220を有する。ピンは、ハウジングの内壁224に取り付けられる。押／引ケーブルまたはロッド226は、器具202の長さに延び、レバー218に接続するので、ピボット点220の回りのレバー218の動きがケーブルまたはロッド226の直線運動を生じる。本質的に、ケーブルまたはロッド226は、

10

20

30

40

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、O 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 の中空管に入る。用具 202 は、用具取り付け端 210 が鞘 204 を越えて伸びるまで、ツール・ドライバから押すことができる。O 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、中空管の内部と共に軸である。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 O 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。

#### 【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感知できる。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できる。

#### 【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。

#### 【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。

#### 【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、

10

20

30

40

50

あるいは、侵襲を最小に抑えた手術法で使用され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・リングケージ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311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・リングケージ、遠位端を含むとして説明したが、対応するピボット・リング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・リングケージ310が配置され、各々を固定する。ピボット・リングケージ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、器具先端で関節式に動作する。本質的に、近位部分、ピボット・リングケージ、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302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。20

#### 【0073】

関節操作可能部分301の近位部分308は、延長ロッド302と一緒に形成でき、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と一緒に形成し、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、322を有し、その各々を通って孔324、326が形成されている。

#### 【0074】

ピボット・リングケージ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・リングケージ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、そこから伸びている。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伸びている。1個のリード350は、中心から下方に伸び、ピボット・リングケージ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伸び、ピボット・リング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、354は、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、軸リングケージ内で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。3040

#### 【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】

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 626 を有するので、一方の末端で連結器 600 に変換器 700 が連結され、また連結器 600 を中空管の他端で関節操作可能ツール・ドライバ 500 に連結される。

#### 【0082】

変換器のピン 724 がノッチ 628 に入り、変換器 700 が連結器 600 に連結される。さらに、連結器 600 は、スプリング・バイアス・ピボット 632 に連結したピン 630 を含み、連結器をドライバ 500 に連結することができる。連結器 600 は、さらに、スライド可能で、中心ケーブルまたはロッド 350 の末端 351 を受ける中心断面 634 を含む。末端 351 は、その周囲に配した周囲溝 353 を有する先端を含むことができる。その先端は、中心断面 634 に形成されたくぼみ 636 に入り、少なくとも 1 個のスプリング・バイアス止め金 638 によって定位置で固定され、着脱可能である。先端 640 は、周囲溝 353 を含む先端と実質的に類似し、くぼみ 636 に隣接して配置され、中心ケーブル 350 を関節操作可能ドライバ 500 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。

#### 【0083】

中心部分 634 は、最も奥の管 618 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 634 は、最も奥の管 618 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。

#### 【0084】

連結器 600 は、関節操作可能ツール・ドライバ 500 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 125 でくるむことを意図する。関節操作可能ツール・ドライバ 500 は、中空のハウジング 502 を含み、閉鎖された第 1 末端 504 と実質的に開放された第 2 末端 504 を含む。ハウジング 502 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 506 と、1 対のリスト・モータ 508 および 510 である。そのモータは、それぞれ、コントローラ 46 と電気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 506 は、ロード・スクリュー 512 を囲むロード・ナット 510 に接続する。モータ 506 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 510 が回転し、ロード・スクリュー 512 を移動させる。ロード・スクリュー 512 は、ロード・セル 514 に接続され、そのロード・セルは、連結器 600 を経てグリッパ・モータ 506 に接続するケーブル 350 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 10 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 518 を有するロッド 516 は、ロード・セル 514 に連結される。ロッド 516 は直線的に移動する。連結器 600 の先端 640 は、溝 518 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、他の同様の連結機構 520 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 506 が回転し、それによって、ロッド 516 を、さらに、順に、中心ケーブル 350 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 300 の末端にステープル用具を配置する場合のステーピングの働きをする。

#### 【0085】

マスタ・ハンドル 50 または 52 を軸 J6 または J7 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 510、508 の内的一方が回転する。モータ 508、510 のそれぞれが、対応するギア 522、524 に連結されている。ギア 522、524 のそれぞれが、付随中空管 526、528 の対応する溝区域 530、532 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 526、528 は、それぞれ、ノッチのある末端 534、536 を含んでおり、連結器 600 の対応する中空管の

10

20

30

40

50

ノッチのある末端とかみ合う。中空管 526、528、618、620が、それぞれ、全て共軸性である。さらに、ペアリングは、中空管526および528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526、528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300の先端で関節動を生じる。特に、これは、外科用器具300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800をグラスパと交換でき、グラスパはステープラー810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、上述のステーピング、あるいは、関節操作可能部分を組み込んだ切開器具に關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、ステーピ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27図は、カラー85およびホルダ86からロボット・アーム・アセンブリの接続したステーピング器具810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28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800は、カラー85およびホルダ86でロボット・アーム・アセンブリ26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85やホルダを経てロボット・アーム・アセンブリ26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】

#### 【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8A】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。40

【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10A】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10B】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10C】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10D】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10E】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10F】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10G】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10H】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【図10I】内胸動脈が冠状動脈に移植される様子の図解である。

【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・リンク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ー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。

【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。

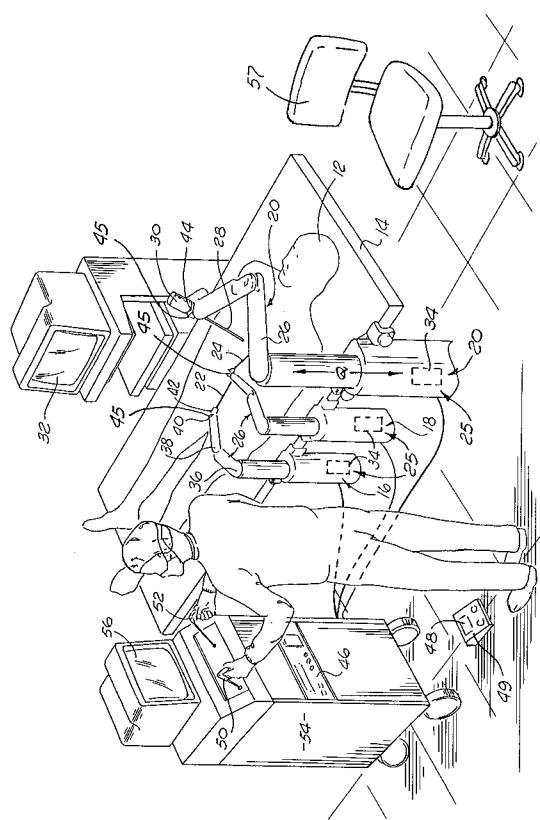
【図30】本発明に従ってロボット・アームに連結され、その端部にステープル器具を配置された外科用器具の平面図である。

#### 【符号の説明】

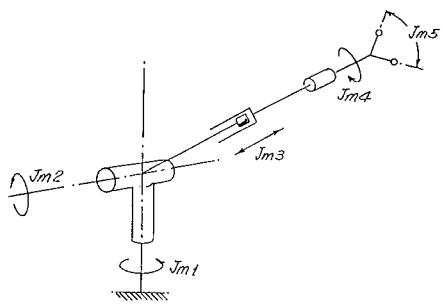
##### 【0093】

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 インバース・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、

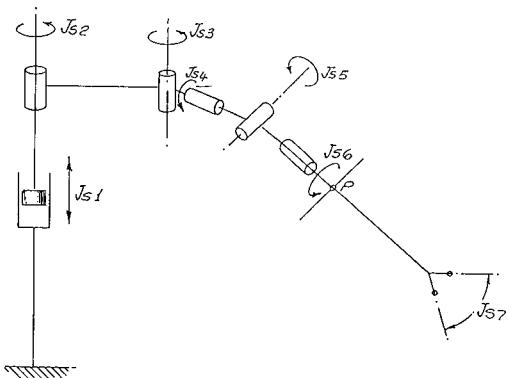
【図1】



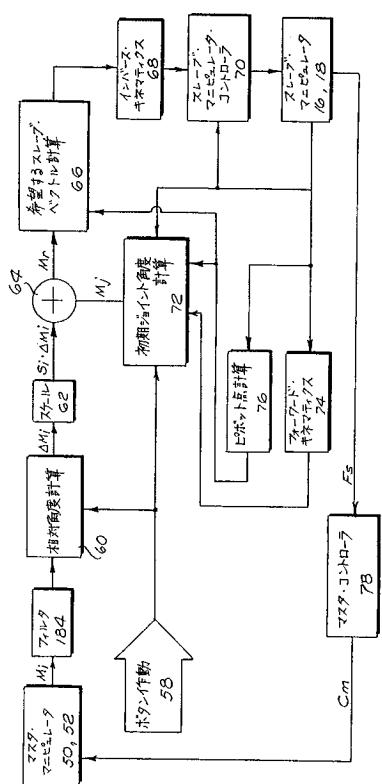
【図2】



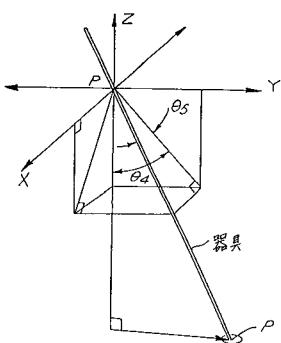
【図3】



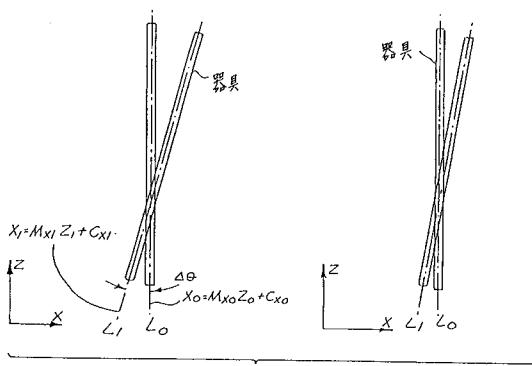
【図4】



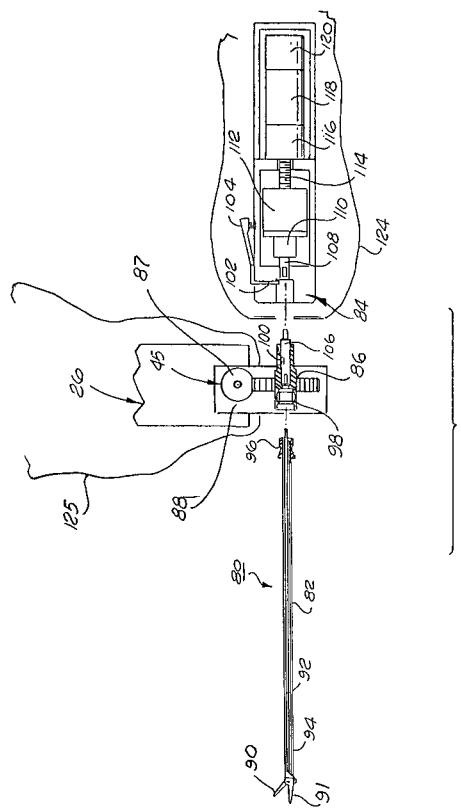
【図5】



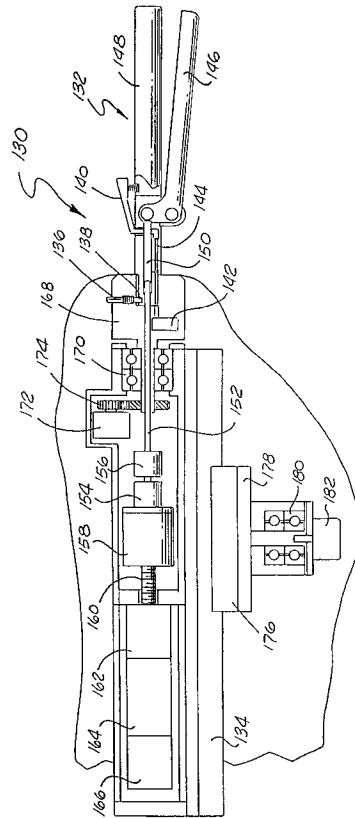
【図6】



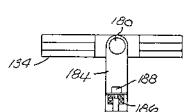
【 図 7 】



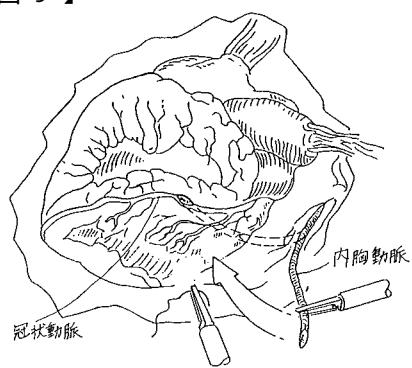
【 図 8 】



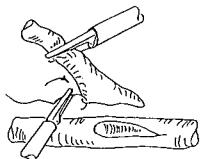
【 図 8 A 】



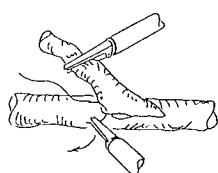
〔 9 〕



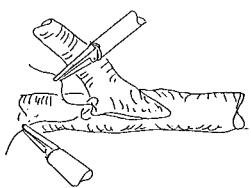
【図10A】



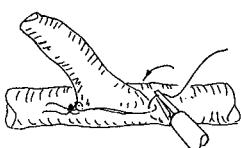
【図10B】



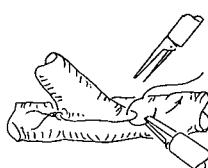
【図10C】



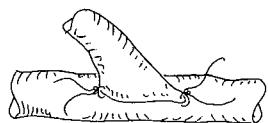
【図10D】



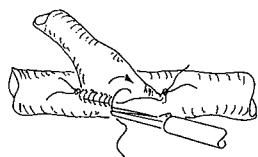
【図10E】



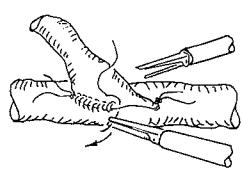
【図10F】



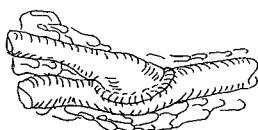
【図10G】



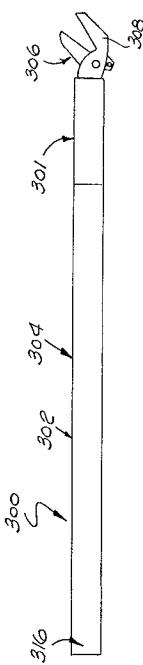
【図10H】



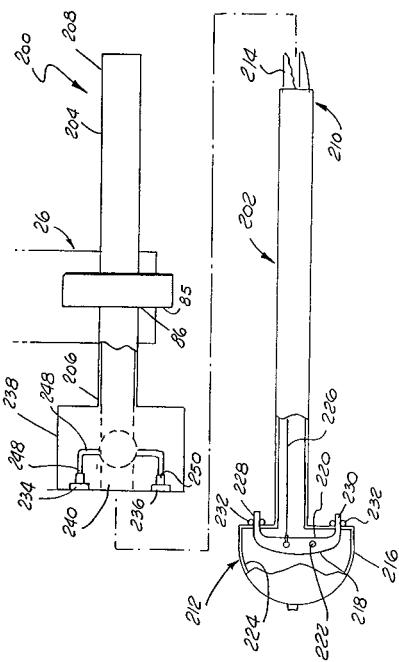
【 四 101 】



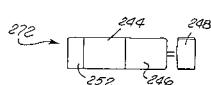
【 図 1 3 】



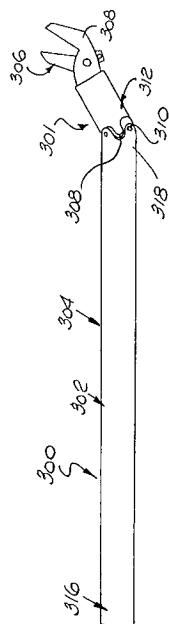
【 図 1 1 】



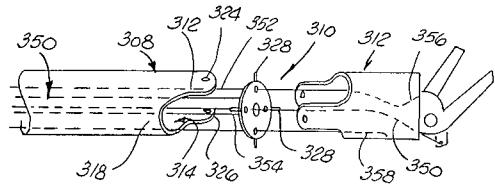
【 図 1 2 】



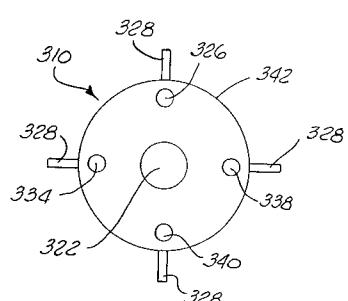
【 図 1 4 】



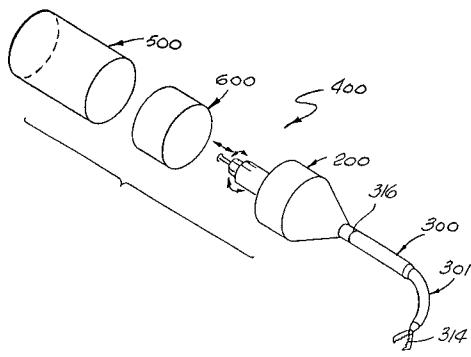
【図15】



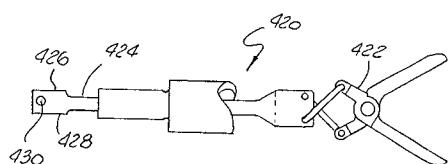
【図16】



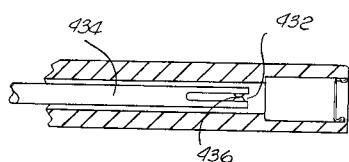
【図17】



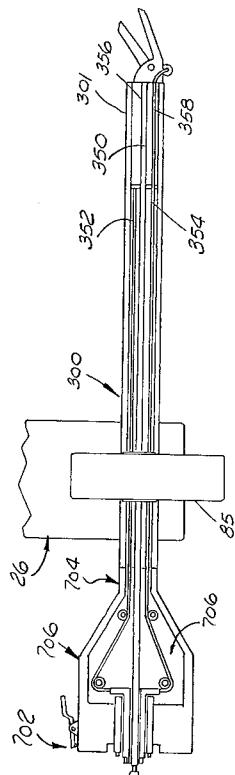
【図18】



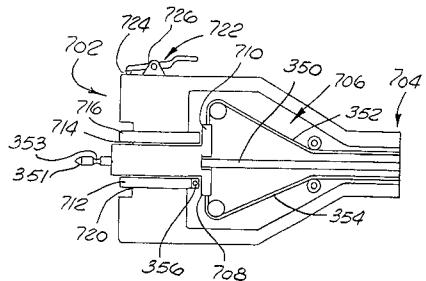
【図19】



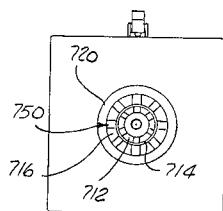
【図20】



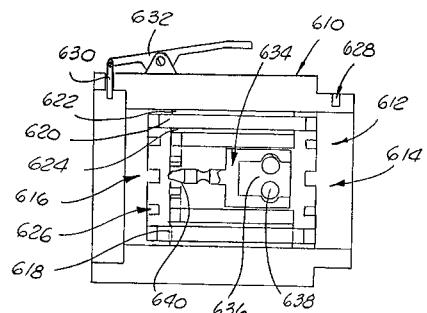
【図21】



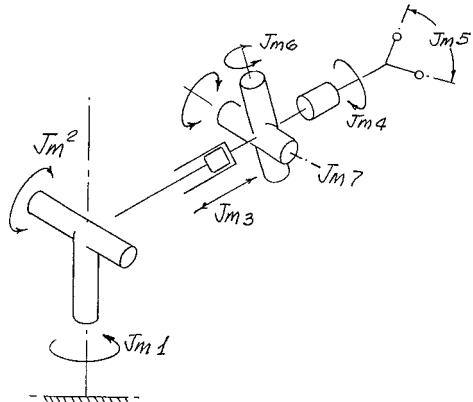
【図22】



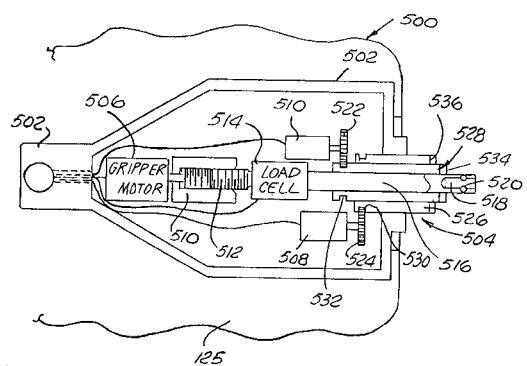
【図23】



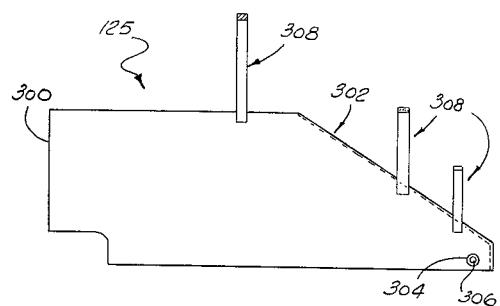
【図25】



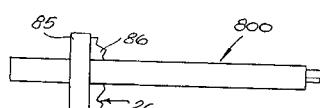
【図24】



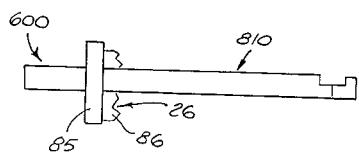
【図26】



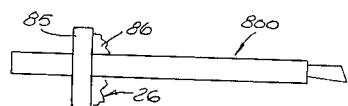
【図29】



【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・ポルテスエロ・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

