

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6063387号
(P6063387)

(45) 発行日 平成29年1月18日(2017.1.18)

(24) 登録日 平成28年12月22日(2016.12.22)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 34/35 (2016.01) A 6 1 B 34/35

請求項の数 9 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2013-539002 (P2013-539002)	(73) 特許権者	510253996
(86) (22) 出願日	平成23年11月15日 (2011.11.15)		インテュイティブ サージカル オペレー ションズ, インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2014-512845 (P2014-512845A)		アメリカ合衆国 94086 カリフォル ニア州 サニーヴェイル キーファー・ロ ード 1020
(43) 公表日	平成26年5月29日 (2014.5.29)	(74) 代理人	100107766
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/060849		弁理士 伊東 忠重
(87) 国際公開番号	W02012/068156	(74) 代理人	100070150
(87) 国際公開日	平成24年5月24日 (2012.5.24)		弁理士 伊東 忠彦
審査請求日	平成26年11月12日 (2014.11.12)	(74) 代理人	100091214
(31) 優先権主張番号	61/413,885		弁理士 大貫 進介
(32) 優先日	平成22年11月15日 (2010.11.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/491,798		
(32) 優先日	平成23年5月31日 (2011.5.31)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
前置審査			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 手術器具における器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動の切り離し

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ベース；

前記ベースに回転可能に取り付けられるとともに遠位端部と近位端部との間に延びる器具シャフト；

エンドエフェクタであって、前記器具シャフトの前記遠位端部において支持されるとともに前記エンドエフェクタを作動させる作動機構を含む、エンドエフェクタ；

前記作動機構に回転可能に連結されるとともに前記作動機構に回転運動を提供するように構成される駆動シャフトであって、前記エンドエフェクタは、前記作動機構への前記駆動シャフトの前記回転運動によって作動される、駆動シャフト；及び

前記駆動シャフトに回転可能に連結されるとともに第1の入力運動及び第2の入力運動を受ける差動装置；を有し、

前記差動装置は、前記駆動シャフトを回転させる出力運動を発生させるように、前記第1の入力運動及び前記第2の入力運動を結合するように構成され、

前記第1の入力運動は、作動源に回転連結可能であるとともに、前記第2の入力運動は、前記ベースに対する前記器具シャフトの回転に連結され、

前記エンドエフェクタは、前記作動機構によって関節動作されるあご部を含む、

手術用組立体。

【請求項2】

前記差動装置は、前記第1の入力運動がゼロであるとき、前記ベースに対する前記器具

シャフトの回転が、前記器具シャフトに対する前記駆動シャフトの実質的にゼロの回転をもたらすように構成される、

請求項 1 に記載の手術用組立体。

【請求項 3】

前記差動装置は：

前記ベースに対する前記駆動シャフトの回転を前記ベースに対する前記器具シャフトの回転と駆動連結する第 1 のケーブル；及び

前記作動源に駆動連結される第 2 のケーブル；を含み、

前記第 2 のケーブルは、第 1 及び第 2 のプーリを有する第 1 及び第 2 のプーリブロックにそれぞれ結合され、前記第 1 のケーブルは前記第 1 及び前記第 2 のプーリに掛けられる

10

請求項 1 に記載の手術用組立体。

【請求項 4】

前記差動装置は：

前記ベースに対する前記駆動シャフトの回転を前記作動源と駆動連結する第 1 のケーブル；及び

前記ベースに対する前記器具シャフトの回転に駆動連結される第 2 のケーブル；を含み、

前記第 2 のケーブルは、第 1 及び第 2 のプーリを有する第 1 及び第 2 のプーリブロックにそれぞれ結合され、

20

前記第 1 のケーブルは前記第 1 及び前記第 2 のプーリに掛けられる、

請求項 1 に記載の手術用組立体。

【請求項 5】

前記差動装置は、サンギヤ、キャリアに連結された遊星ギヤ、及びリングギヤを含む遊星ギヤボックスを有する、

請求項 1 に記載の手術用組立体。

【請求項 6】

前記第 1 の入力運動は前記キャリアを回転させ、前記第 2 の入力運動は前記サンギヤを回転させ、前記リングギヤの回転は前記駆動シャフトに伝達される、

請求項 5 に記載の手術用組立体。

30

【請求項 7】

前記第 1 の入力運動は前記キャリアに入力シャフトを通して伝達され、

前記サンギヤは前記入力シャフトの周りを回転する、

請求項 6 に記載の手術用組立体。

【請求項 8】

前記入力シャフトは、前記器具シャフトを横切るように配向される、

請求項 7 に記載の手術用組立体。

【請求項 9】

前記作動源と前記キャリアとの間の分離に際し前記器具シャフトに対する所定の回転位置に前記駆動シャフトを戻すように、前記ベースと前記キャリアとの間に連結されたトーションパネをさらに有する、

40

請求項 6 に記載の手術用組立体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2010年11月15日に“METHOD FOR PASSIVELY DECOUPLING TORQUE APPLIED BY A REMOTE ACTUATOR INTO AN INDEPENDENTLY ROTATING MEMBER”の名称で出願された米国仮特許出願第 61 / 4 1 3 , 8 8 5 号 (代理人整理番

50

号ISR G 02930PROV/US)、及び2011年5月31日に“DECOUPLING INSTRUMENT SHAFT ROLL AND END EFFECTOR ACTUATION IN A SURGICAL INSTRUMENT”の名称で出願された米国仮特許出願第61/491,789号(代理人整理番号ISR G 03310/US)の利益を主張し、参照によりその全体が本明細書に援用される。

【背景技術】

【0002】

低侵襲手術技法は、診断又は外科手術中に傷つけられる無関係な組織の量を低減し、それによって患者の回復時間、不快感、及び有害な副作用を低減することを目的とする。結果として、標準的な手術の入院の平均的長さは、低侵襲手術技法を使用して、著しく短縮され得る。また、患者の回復時間、患者の不快感、手術の副作用、及び仕事を離れる時間も低侵襲性手術によって低減され得る。

10

【0003】

低侵襲性手術の一般的な形態は内視鏡検査であり、内視鏡検査の一般的な形態は、腹腔の内側の低侵襲性検査及び手術である、腹腔鏡検査である。標準的な腹腔鏡手術では、患者の腹部はガスを吹き込まれ、腹腔鏡器具用の進入ポートを提供するように、カニューレスリーブが小(約1/2インチ以下)切開部を通過させられる。

【0004】

腹腔鏡手術器具は一般的に、手術野を視認するための内視鏡(腹腔鏡)、及び手術部位で作業するためのツールを含む。作業ツールは、各ツールの作業端又はエンドエフェクタが、延長チューブ(例えば、器具シャフト又はメインシャフトとしても知られる)によってそのハンドルから分離されることを除いて、従来の(観血)手術で使用されるものと同様である。エンドエフェクタは、例えば、クランプ、把持装置、鋏、吻合器、焼灼ツール、線形カッター、又は針ホルダを含むことができる。

20

【0005】

外科手術を行うために、外科医は、作業ツールを、カニューレスリーブを通して内部手術部位まで通過させ、腹部の外側からそれらを操作する。外科医は、内視鏡から得られる手術部位の画像を表示するモニタから手術を視認する。同様の内視鏡技法が、例えば、関節鏡検査、後腹膜鏡検査、骨盤鏡検査、腎盂鏡検査、膀胱鏡検査、脳槽鏡検査、洞房鏡検査、子宮鏡検査、尿道鏡検査、及び同等のもので用いられる。

30

【0006】

低侵襲遠隔手術ロボットシステムは、内部手術部位で作業する時に外科医の器用さを増大させるように、及び外科医が遠隔地(滅菌野の外側)から患者に手術をすることを可能にするように、開発されている。遠隔手術システムでは、外科医はしばしば、制御コンソールにおいて手術部位の画像が提供される。適切なビューア又はディスプレイ上で手術部位の3次元画像を視認しながら、外科医は、制御コンソールのマスタ入力部又は制御デバイスを操作することによって、患者に外科手術を行う。マスタ入力デバイスのそれぞれは、サーボ機械的に作動/関節動作する手術器具の動きを制御する。外科手術中に、遠隔手術システムは、マスタ入力デバイスの操作に応じて、外科医のために様々な機能、例えば、針を保持又は押し込むこと、血管を把持すること、組織を解離すること、又は同様のこと等を果たす、エンドエフェクタを有する様々な手術器具又はツールの機械的作動及び制御を提供することができる。

40

【0007】

多くの既存の低侵襲遠隔手術ロボットシステムでは、手術器具の操作は、幾つかのロボットアームを有する手術ロボットによって提供される。ロボットアームのそれぞれは、幾つかのロボットジョイント及び手術器具の取り付けのための装着具を有する。装着具の少なくとも1つに一体化されるのは、手術器具の対応する入力カプラに動力を伝えるように連結する幾つかの駆動カプラ(例えば、回転駆動カプラ)である。手術器具は、入力カプラを手術器具の対応する動き(例えば、メインシャフトの回転、エンドエフェクタのピッチ、エンドエフェクタのヨー、エンドエフェクタのあごのクランピング、ステーブルの配

50

置、組織の切断等)に動力を伝えるように結合する機構を含む。多くの既存の低侵襲遠隔手術ロボットシステムでは、それぞれの手術ロボットの駆動カブラは、例えば、ケーブル駆動作動システムにおいて可能であるように出力カブラの動きに対する正確な制御を提供するために、ケーブル駆動である。出力カブラの動きを正確に制御することによって、手術器具の対応する関連する動きに対する正確な制御が達成され得る。

【0008】

ケーブル駆動出力カブラは典型的には限られた可動域を有する。このような限られた可動域は、出力カブラがエンドエフェクタのその他の動きによって影響を及ぼされないエンドエフェクタの動きと関連する場合には、有害でない場合がある。しかし、このような限られた可動域は、出力カブラがエンドエフェクタのもう1つの動きによって影響を及ぼされるエンドエフェクタの動きと関連する場合には、有害になる場合がある。例えば、器具シャフトの回転は、エンドエフェクタ機構(例えば、クランピング機構、ステーブルの配置のための機構、組織切断機構等)を駆動するために使用される駆動シャフトの回転に有害に結び付き得る。器具シャフトの回転及び駆動シャフトの回転に関連する出力カブラの補償動作が行われ得るが、このような補償動作は、主要目的のために使用され得る出力カブラの限られた可動域の一部を減少させる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、手術器具の関連する動きを切り離す、特に手術器具の器具シャフトのローリング及びエンドエフェクタの作動を切り離すための手術器具及び関連する方法に対する必要性があると考えられている。

20

【0010】

これらのエンドエフェクタの操作及び制御はまた、ロボット手術システムの特に有益な態様である。この理由により、外科医の手首の自然な動作を模倣するように、エンドエフェクタの3自由度の回転動作を提供する機構を含む、手術ツールを提供することが望ましい。このような機構は、低侵襲手術に使用するために適切に寸法決定されるべきであるとともに、故障の可能性のあるポイントを低減するように比較的簡素な設計であるべきである。加えて、このような機構は、エンドエフェクタが多種多様な位置で操作されることを可能にする、十分な運動範囲を提供するべきである。

30

【0011】

非ロボット式線形クランピング、切断、及びステープリングデバイスは、多くの異なる手術に採用されている。例えば、このようなデバイスは、胃腸管から癌性又は異常組織を切除するために使用されることができる。既知の線形クランピング、切断、及びステープリングデバイスを含む、多くの既知の手術デバイスはしばしば、患者の組織を操作するために使用される対向するあご部を有する。

【0012】

対向するあご部を有する既知の装置に関して、著しい量の機械的パワーが、効果的に、例えば、組織をクランプする、組織を吻合する、組織を切断する、等を行うためにエンドエフェクタに供給されなければならない。ほとんどの場合、器具のメインシャフトは、張力に対抗するメインシャフトの圧縮によって又はメインシャフト内に配置された駆動シャフトを介して供給されるトルクに対抗するメインシャフトの張力によって、エンドエフェクタに供給される機械的な力及び/又はトルクの少なくとも一部に対抗しなければならない。メインシャフト又はメインシャフトを回転して位置決めするために使用される機構が十分な剛性がない場合、メインシャフトは反力又はトルクに応じて予想外に動き得る。

40

【0013】

したがって、伝達される駆動トルクに起因してエンドエフェクタを支持するために使用される独立して回転可能なメインシャフトの意図せぬ回転を経験しないエンドエフェクタに高駆動トルクを伝達する手術用組立体に対する必要性があると考えられている。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 1 4 】

器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動の切り離しを提供する手術用組立体及び関連する方法が開示される。多くの実施形態において、差動装置が、器具シャフトの遠位端部によって支持されるエンドエフェクタの駆動機構に出力動作を発生させるように、器具シャフトの回転に関連する動作を入力動作と組み合わせるために使用される。駆動機構は、エンドエフェクタの一部（例えば、把持あご部、ステーブルの配置のための機構、組織切断機構、等）を関節動作させる。差動装置は、器具シャフトの回転がエンドエフェクタ部分の実質的にゼロ関節動作をもたらし、したがって器具シャフトの回転とエンドエフェクタの作動との間の如何なる有害な結合の可能性も除外するように、構成されることができる。

10

【 0 0 1 5 】

したがって、1つの態様において、手術用組立体が提供される。手術用組立体は、ベース、ベースに回転可能に取り付けられるとともに遠位端部と近位端部との間に延びる器具シャフト、器具シャフトの遠位端部において支持されるとともに回転運動によって駆動される作動機構を含むエンドエフェクタ、作動機構に回転可能に連結されるとともに作動機構に回転運動を提供するように構成される駆動シャフト、及び駆動シャフトに回転可能に連結されるとともに第1の入力運動及び第2の入力運動を受ける差動装置を含む。差動装置は、駆動シャフトを回転させる回転運動を発生させるために、第1及び第2の運動を結合するように構成される。第1の入力運動は、作動源に回転可能に連結できる。第2の入力運動は、ベースに対する器具シャフトの回転に結合される。多くの実施形態において、エンドエフェクタは、作動機構によって関節動作されるあご部を含む。

20

【 0 0 1 6 】

手術用組立体は、作動機構の作動を器具シャフトの回転から実質的に切り離すように構成され得る。例えば、差動装置は、第1の入力運動がゼロであるとき、ベースに対する器具シャフトの回転が、器具シャフトに対する駆動シャフトの実質的にゼロの回転をもたらすように構成され得る。

【 0 0 1 7 】

差動装置は、ケーブル及びプーリを使用することによって実現され得る。例えば、差動装置は、ベースに対する駆動シャフトの回転をベースに対する器具シャフトの回転と駆動連結する第1のケーブル及び作動源に駆動連結される第2のケーブルを含み得る。多くの実施形態において、第2のケーブルは、第1及び第2のプーリを有する第1及び第2のプーリブロックにそれぞれ結合され、第1のケーブルは第1及び第2のプーリに掛けられる。他の例として、差動装置は、ベースに対する駆動シャフトの回転を作動源と駆動連結する第1のケーブル及びベースに対する器具シャフトの回転に駆動連結される第2のケーブルを含み得る。多くの実施形態において、第2のケーブルは、第1及び第2のプーリを有する第1及び第2のプーリブロックにそれぞれ掛けられ、第1のケーブルは第1及び第2のプーリに掛けられる。

30

【 0 0 1 8 】

差動装置は、サンギヤ、キャリアに連結された遊星ギヤ、及びリングギヤを含む遊星ギヤボックスを含み得る。多くの実施形態では、第1の入力運動はキャリアを回転させ、第2の入力運動はサンギヤを回転させ、リングギヤの回転は駆動シャフトに伝達される。第1の入力運動はキャリアに入力シャフトを通して伝達され得る。そして、サンギヤは入力シャフトの周りを回転し得る。多くの実施形態では、入力シャフトは、器具シャフトを横切るように配向される。手術用組立体は、作動源とキャリアとの間の分離に際し器具シャフトに対する所定の回転位置に駆動シャフトを戻すために、ベースとキャリアとの間に連結されたトーションバネを含み得る。

40

【 0 0 1 9 】

他の態様では、方法は、手術用器具シャフトの回転をエンドエフェクタの機構と駆動可能に連結された駆動シャフトの回転から切り離すことが提供する。方法は、所望のエンドエフェクタ配置に関連する第1の入力運動を発生させること；ベースに隣接する近位端部

50

とエンドエフェクタを支持する遠位端部との間に延びる手術用器具シャフトをベースに対して回転させること；ベースに対する手術用器具シャフトの回転に応じて第2の入力運動を発生させること；第1及び第2の入力運動を、出力運動を発生させるように結合すること；及び出力運動に応じて駆動シャフトを回転させること、を含む。多くの実施形態では、第1及び第2の入力運動は、第1の入力運動がゼロであるとき、手術用器具シャフトに対する駆動シャフトの回転が実質的に発生しないように、結合される。

【0020】

方法は、ケーブルを使用することによって実現され得る。例えば、方法は、ベースに対する手術用器具シャフトの回転に応じて第1のケーブルを動かすこと、第2のケーブルを動かすこと、第2のケーブルの動きに応じて第1のプーリ及び第2のプーリを動かすこと、第1及び第2のプーリそれぞれに第1のケーブルを掛けること、及び第1のケーブルの動きに応じて駆動シャフトを回転させること、を含み得る。多くの実施形態では、方法は、それぞれのプーリの約180度の扇形を越えて第1及び第2のプーリそれぞれに第1のケーブルを掛けることを含む。他の例として、方法は、第1のケーブルを動かすこと、ベースに対する手術用器具シャフトの回転に応じて第2のケーブルを動かすこと、第2のケーブルの動きに応じて第1のプーリ及び第2のプーリを動かすこと、第1及び第2のプーリそれぞれに第1のケーブルを掛けること、及び第1のケーブルの動きに応じて駆動シャフトを回転させること、を含み得る。多くの実施形態では、方法は、それぞれのプーリの約180度の扇形を越えて第1及び第2のプーリそれぞれに第1のケーブルを掛けることを含む。

【0021】

方法は、差動歯車組立体を使用することによって実現され得る。例えば、方法は、第1の入力運動に応じて差動歯車組立体の第1の入力リンクを回転させること、第2の入力運動に応じて差動歯車組立体の第2の入力リンクを回転させること、及び差動歯車組立体の出力リンクの回転に応じて駆動シャフトを回転させることを含み得る。多くの実施形態では、差動歯車組立体は、サンギヤ、キャリアに連結された遊星ギヤ、及びリングギヤを有する遊星ギヤ組立体を含む。第1及び第2の入力運動の差動歯車組立体への任意の連結が使用され得る。例えば、第1の入力運動はキャリアを回転させることができ、第2の入力運動はサンギヤを回転させることができ、出力運動はリングギヤの回転によって発生され得る。方法は、第1の入力運動をキャリアに入力シャフトを通して伝達すること、及びサンギヤを入力シャフト周りに回転させることを含み得る。多くの実施形態では、入力シャフトは、器具シャフトを横切るように配向される。方法は、第1の入力運動を発生させる作動源と差動歯車組立体の第1の入力リンクとの間の分離に際しエンドエフェクタ機構を所定の配置に戻すことを含み得る。

【0022】

手術用組立体及び関連する方法はまた、メインシャフトの望まない回転を起こさずに独立して回転可能なメインシャフトによって支持されるエンドエフェクタの回転機構への高レベルの作動トルクの伝達を提供することを開示する。入力駆動シャフトは、メインシャフトの意図されない回転（例えば、バックドライビング）を抑止するために、メインシャフトが回転機構に伝達される作動トルクの方法と反対の反作用トルクに受動的にさらされるように、変速及び回転カップリングを介して回転機構及びメインシャフトの両方に連結される。開示された組立体及び方法は、メインシャフトの意図されない回転を受動的に抑止しながら、高レベルの作動トルクをエンドエフェクタの2つ以上の回転機構に伝達することに、拡張され得る。開示された組立体及び方法は、低侵襲ロボット手術用組立体及び方法に用いられるとき特に有利になり得る。

【0023】

したがって、他の態様では、低侵襲ロボット手術用組立体が提供される。手術用組立体は、ベース；ベースに回転可能に取り付けられ、メインシャフト、メインシャフトによって支持されるエンドエフェクタ、及びエンドエフェクタに駆動可能に連結された第1のエンドエフェクタ駆動シャフトを含む、メインシャフト組立体；ベースに対してメインシャ

10

20

30

40

50

フトを回転可能に駆動するメインシャフト駆動装置；第1の入力トルクを伝達する第1の入力駆動シャフト；及び第1の駆動シャフト、第1のエンドエフェクタ駆動シャフトに回転可能に連結された第1の出力リンク、及び第1のベースリンクに回転可能に連結された第1の入力リンクを有する第1の変速装置、を含む。第1の変速装置は、第1の入力トルクに応じて第1の出力トルクをメインシャフト組立体に伝達するように、第1の入力リンクと第1の出力リンクとの間に第1のギヤ比を提供する。第1のエンドエフェクタトルクは、第1の出力トルクに応じて第1のエンドエフェクタ駆動シャフトによってエンドエフェクタに伝達される。第1のベースリンクは、第1のベースリンクが、第1の入力トルクに応じて、第1の出力トルクからの方向と反対である第1の反作用トルクをメインシャフトに伝達するように、第2のギヤ比でメインシャフトに回転可能に連結される。第1の反作用トルクは、第1の出力トルクによるメインシャフト組立体の回転駆動を抑制する。第1の出力リンクは、非単一ギヤ比を提供する回転カップリングを介して第1のエンドエフェクタ駆動シャフトと連結され得る。

10

【0024】

多くの実施形態では、第1の反作用トルクの大きさは、第1の出力トルクの大きさと少なくとも略等しい。好ましくは、第1の反作用トルクの大きさは、第1の出力トルクの大きさの10パーセント以内である。そして理想的には、第1の反作用トルクの大きさは、第1の出力トルクの大きさの2パーセント以内である。

【0025】

多くの実施形態では、メインシャフト組立体は、メインシャフトがバックドライビングトルク閾値を越えるネットトルクにさらされるときメインシャフトがメインシャフト駆動装置をバックドライブするとともにメインシャフトがバックドライビングトルク閾値未満のネットトルクにさらされるときメインシャフト駆動装置をバックドライブしないような、バックドライビングトルク閾値を有する。第1の反作用トルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値より小さい第1のネットトルクだけ、第1の出力トルクの大きさと異なり得る。好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の50パーセント未満である。より好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の25パーセント未満である。さらにより好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の10パーセント未満である。そして、理想的には、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の2

20

30

【0026】

多くの実施形態では、第1の変速装置は、第1のサンギヤ、第1のリングギヤ、及び第1のキャリアに支持された第1の遊星ギヤを有する第1の遊星ギヤボックスを含む。多くの実施形態では、第1のサンギヤは第1の入力リンクに対応し、第1のキャリアは第1の出力リンクに対応し、第1のリングギヤは第1のベースリンクに対応する。多くの実施形態では、第1のキャリアは第1の入力リンクに対応し、第1のサンギヤは第1の出力リンクに対応し、第1のリングギヤは第1のベースリンクに対応する。多くの実施形態では、第1のサンギヤ又は第1のキャリアは第1のベースリンクに対応する。

【0027】

多くの実施形態では、メインシャフトの回転は、メインシャフトに対する第1のエンドエフェクタ駆動シャフトの比較的小さい量の回転のみを引き起こす。例えば、多くの実施形態では、メインシャフトの回転は、メインシャフトの回転の10パーセント未満の第1のエンドエフェクタ駆動シャフトの回転を引き起こす。そして、多くの実施形態では、第1のエンドエフェクタ駆動シャフトの引き起こされた回転は、メインシャフトの回転の5パーセント未満である。

40

【0028】

多くの実施形態では、手術用組立体は、エンドエフェクタに駆動可能に連結されるとともにメインシャフト組立体に含まれる第2のエンドエフェクタ駆動シャフト；第2の入力トルクを伝達する第2の入力駆動シャフト；及び第2の入力駆動シャフト、第2のエンド

50

エフェクタ駆動シャフトに回転可能に連結された第2の出力リンク、及び第2のベースリンクに回転可能に連結された第2の入力リンクを有する第2の変速装置、をさらに含む。第2の変速装置は、第2の入力トルクに応じて第2の出力トルクをメインシャフト組立体に伝達するように、第2の入力リンクと第2の出力リンクとの間に第3のギヤ比を提供する。第2のエンドエフェクタトルクは、第2の出力トルクに応じて第2のエンドエフェクタ駆動シャフトによってエンドエフェクタに伝達される。第2のベースリンクは、第2のベースリンクが、第2の入力トルクに応じて、第2の出力トルクからの方向と反対である第2の反作用トルクをメインシャフトに伝達するように、第4のギヤ比でメインシャフトに回転可能に連結される。第2の反作用トルクは、第2の出力トルクによるメインシャフト組立体の回転駆動を抑止する。第2の出力リンクは、非単一ギヤ比を提供する回転カップリングを介して第2のエンドエフェクタ駆動シャフトと連結され得る。そして、手術用組立体は、それを通して第1及び第2のベースリンクがメインシャフトに回転可能に連結される共通の駆動シャフトを含み得る。

10

【0029】

多くの実施形態では、第2の反作用トルクの大きさは、第2の出力トルクの大きさと少なくとも略等しい。好ましくは、第2の反作用トルクの大きさは、第2の出力トルクの大きさの10パーセント以内である。そして理想的には、第2の反作用トルクの大きさは、第2の出力トルクの大きさの2パーセント以内である。

【0030】

多くの実施形態では、メインシャフト組立体は、メインシャフトがバックドライビングトルク閾値を越えるネットトルクにさらされるときメインシャフトがメインシャフト駆動装置をバックドライブするとともにメインシャフトがバックドライビングトルク閾値未満のネットトルクにさらされるときメインシャフト駆動装置をバックドライブしないような、バックドライビングトルク閾値を有する。第2の反作用トルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値より小さい第2のネットトルクだけ、第2の出力トルクの大きさと異なり得る。好ましくは、第2のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の50パーセント未満である。より好ましくは、第2のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の25パーセント未満である。そして、理想的には、第2のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の10パーセント未満である。

20

【0031】

多くの実施形態では、第2の変速装置は、第2のサンギヤ、第2のリングギヤ、及び第2のキャリアに支持された第2の遊星ギヤを有する第2の遊星ギヤボックスを含む。多くの実施形態では、第2のサンギヤは第2の入力リンクに対応し、第2のキャリアは第2の出力リンクに対応し、第2のリングギヤは第2のベースリンクに対応する。多くの実施形態では、第2のキャリアは第2の入力リンクに対応し、第2のサンギヤは第2の出力リンクに対応し、第2のリングギヤは第2のベースリンクに対応する。多くの実施形態では、第2のサンギヤ又は第2のキャリアは第2のベースリンクに対応する。

30

【0032】

他の態様では、手術中にエンドエフェクタに伝達される作動トルクがバックドライブ可能なメインシャフトをバックドライブすることを防ぐための方法が提供される。方法は、第1の入力リンクと第1の変速装置の第1の出力リンクとの間に第1のギヤ比を提供する第1の変速装置の第1の入力リンクを回転させることを含む。第1の出力リンクは、ベースに回転可能に取り付けられたメインシャフト組立体に回転可能に連結されるとともに、メインシャフト及びメインシャフトによって支持されたエンドエフェクタを含んでいる。第1の出力トルクは、第1の出力リンクによってメインシャフト組立体に伝達され、第1のエンドエフェクタトルクは第1の出力トルクに応じてエンドエフェクタに伝達される。第1の出力トルクは、メインシャフト組立体のバックドライビングトルク閾値より大きい。方法はさらに、トルクを第1の変速装置の第1のベースリンクから第1のベースリンクとメインシャフトとの間の第1の回転カップリングを通して伝達することを含む。第1の回転カップリングは、第1の出力トルクからの方向と反対である第1の反作用トルクがメ

40

50

インシャフトに加えられるように、第1のベースリンクとメインシャフトとの間に第2のギヤ比を提供する。第1の反作用トルクは、第1の出力トルクによるメインシャフト組立体の回転駆動を抑止する。

【0033】

第1の反作用トルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値より小さい第1のネットトルクだけ、第1の出力トルクの大きさと異なり得る。好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の50パーセント未満である。より好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の25パーセント未満である。そして、理想的には、第1のネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の10パーセント未満である。

10

【0034】

多くの実施形態では、第1の反作用トルクの大きさは、第1の出力トルクの大きさと少なくとも略等しい。好ましくは、第1の反作用トルクの大きさは、第1の出力トルクの大きさの10パーセント以内である。そして理想的には、第1の反作用トルクの大きさは、第1の出力トルクの大きさの2パーセント以内である。

【0035】

多くの実施形態では、第1のエンドエフェクタ駆動シャフトは、第1のエンドエフェクタトルクをエンドエフェクタに伝達し、メインシャフトの回転は、第1のエンドエフェクタ駆動シャフトの比較的小さい量の回転のみを引き起こす。例えば、多くの実施形態では、メインシャフトの回転は、メインシャフトの回転の10パーセント未満の第1のエンドエフェクタ駆動シャフトの回転を引き起こす。そして、多くの実施形態では、第1のエンドエフェクタ駆動シャフトの引き起こされる回転は、メインシャフトの回転の5パーセント未満である。

20

【0036】

多くの実施形態では、方法は、第2の入力リンクと第2の変速装置の第2の出力リンクとの間に第3のギヤ比を提供する第2の変速装置の第2の入力リンクを回転させることをさらに含む。第2の出力リンクは、第2の出力トルクが第2の出力リンクによってメインシャフト組立体に伝達されるとともに、第2のエンドエフェクタトルクが第2の出力トルクに応じてエンドエフェクタに伝達されるように、メインシャフト組立体に回転可能に連結される。第2の出力トルクは、バックドライビングトルク閾値より大きい。多くの実施形態では、方法はさらに、トルクを第2の変速装置の第2のベースリンクから第2のベースリンクとメインシャフトとの間の第2の回転カップリングを通して伝達することを含む。第2の回転カップリングは、第2の出力トルクからの方向と反対である第2の反作用トルクがメインシャフトに加えられるように、第2のベースリンクとメインシャフトとの間に第4のギヤ比を提供する。第2の反作用トルクは、第2の出力トルクによるメインシャフト組立体の回転駆動を抑止する。そして、多くの実施形態では、第1及び第2の回転カップリングは、共通駆動シャフトを共有する。

30

【0037】

本発明の性質及び利点のより完全な理解のために、次の詳細な説明及び添付の図面が参照されるべきである。本発明の他の態様、目的、及び利点は、以下の図面及び詳細な説明から明らかになるであろう。

40

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】図1は、多くの実施形態による、手術を行うために使用されている低侵襲ロボット手術システムの平面図である。

【図2】図2は、多くの実施形態による、ロボット手術システムのための外科医の制御コンソールの斜視図である。

【図3】図3は、多くの実施形態による、ロボット手術システムの電子装置カートの斜視図である。

【図4】図4は、多くの実施形態による、ロボット手術システムを図式的に示す。

50

【図 5 A】図 5 A は、多くの実施形態による、ロボット手術システムの患者側カート（手術ロボット）の正面図である。

【図 5 B】図 5 B は、ロボット手術ツールの正面図である。

【図 6 A】図 6 A は、多くの実施形態による、対向するクランプあご部を有するエンドエフェクタを含むロボット手術ツールの斜視図である

【図 6 B】図 6 B は、図 6 A エンドエフェクタの拡大斜視図である。

【図 7】図 7 は、図 6 A のエンドエフェクタの分解斜視図であり、駆動シャフトの回転運動を対向するクランプあご部の関節動作に変換するために使われる機構を示す。

【図 8 A】図 8 A は、多くの実施形態による、対向するクランプあご部及び駆動シャフトの回転運動を対向するクランプあご部の関節動作に変換するために使われる機構を有するエンドエフェクタの斜視図である。

10

【図 8 B】図 8 B は、多くの実施形態による、対向するクランプあご部及び駆動シャフトの回転運動を対向するクランプあご部の関節動作に変換するために使われる機構を有するエンドエフェクタの斜視図である。

【図 9】図 9 は、多くの実施形態による、回転可能な器具シャフトの遠位端部に支持されているエンドエフェクタの作動機構に連結された駆動シャフトを示す簡略化した斜視図である。

【図 10】図 10 は、多くの実施形態による、エンドエフェクタ機構を作動させるために使用される出力運動を発生させるように第 1 の入力運動と器具シャフトの回転を組み合わせるための差動装置の使用を示す概略図である。

20

【図 11 A】図 11 A は、多くの実施形態による、手術器具における器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動を切り離すために使用されるケーブル実装差動装置を示す簡略化した平面図である。

【図 11 B】図 11 B は、11 A のケーブル実装差動装置を示す簡略化した側面図である。

【図 12】図 12 は、多くの実施形態による、手術器具における器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動を切り離すために使用されるケーブル駆動差動装置を有する手術器具の近位シャシを示す斜視図である。

【図 13】図 13 は、多くの実施形態による、手術器具における器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動を切り離すために使用される遊星ギヤボックスを有する手術器具の近位シャシを示す斜視図である。

30

【図 14】図 14 は、図 13 の手術器具の近位シャシを示す平面図である。

【図 15】図 15 は、図 13 の手術器具の近位シャシを示す側面図である。

【図 16】図 16 は、多くの実施形態による、手術器具の入力カブラに連結される遊星ギヤボックスを示す部分的な分解斜視図である。

【図 17】図 17 は、図 16 の遊星ギヤボックス及び入力カブラの分解斜視図である。

【図 18】図 18 は、多くの実施形態による、手術器具シャフトのロールを、手術器具シャフトによって支持されるエンドエフェクタの機構と駆動可能に連結された駆動シャフトの回転から切り離す方法の動作を示す

【図 19】図 19 は、多くの実施形態による、図 18 の方法の実装に使用され得るケーブル駆動差動装置に関する動作を示す。

40

【図 20】図 20 は、多くの実施形態による、図 18 の方法の実装に使用され得る別のケーブル駆動差動装置に関する動作を示す。

【図 21】図 21 は、多くの実施形態による、図 18 の方法の実装に使用され得る差動歯車組立体に関する動作を示す。

【図 22】図 22 は、多くの実施形態による、回転可能なメインシャフト内に 2 つのオフセット駆動シャフトを有するロボット組立体を図式的に示す。

【図 23】図 23 は、多くの実施形態による、コントローラと図 22 のロボット組立体の構成要素の統合を図式的に示す。

【図 24】図 24 は、多くの実施形態による、ロボットツール及び関連するロボットシス

50

テムを図式的に示す。

【図 2 5】図 2 5 は、多くの実施形態による、メインシャフトの意図されない回転を避けるように駆動モータがエンドエフェクタ及びエンドエフェクタを支持するメインシャフトに連結される手術用組立体を図式的に示す。

【図 2 6】図 2 6 は、多くの実施形態による、遊星ギヤ組立体の斜視図である。

【図 2 7 a】図 2 7 a は、多くの実施形態による、駆動シャフトによってエンドエフェクタに伝達される作動トルクに起因するメインシャフトの意図されない回転を避けるように、独立して回転可能なメインシャフト及びそれぞれの内部駆動シャフトに連結される駆動モータを含む、低侵襲手術器具組立体の斜視図である。

【図 2 7 b】図 2 7 b は、モータパック並びにモータパックの駆動モータをメインシャフト及びそれぞれの内部駆動シャフトに連結する駆動カップリングを示す図 2 7 a の器具組立体の分解斜視図である。

【図 2 8 a】図 2 8 a は、駆動モータ並びに駆動モータをメインシャフト及びそれぞれの内部駆動シャフトに回転可能に連結するために使用される構成要素を示す図 2 7 a の器具組立体の内部構成要素の斜視図である。

【図 2 8 b】図 2 8 b は、図 2 7 b に対応する切り離された状態における図 2 8 a の内部構成要素を示す分解斜視図である。

【図 2 9 a】図 2 9 a は、駆動モータの 1 つとメインシャフト及びそれぞれの内部駆動シャフトの連結に関連する図 2 7 a の内部構成要素を示す斜視図である。

【図 2 9 b】図 2 9 b は、図 2 9 a の内部構成要素の端面図である。

【図 2 9 c】図 2 9 c は、図 2 9 b の A - A 断面図を示す。

【図 3 0】図 3 0 は、駆動モータ、ギヤボックス、及び駆動モータをそれぞれの内部駆動シャフト及びメインシャフトに回転可能に連結するために使用されるギヤを示す図 2 7 a の器具組立体の内部構成要素の斜視図である。

【図 3 1】図 3 1 は、多くの実施形態による、エンドエフェクタに伝達される作動トルクが手術中にバックドライブ可能なメインシャフトを回転駆動することを防ぐための方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下の説明では、本発明の様々な実施形態が記載される。説明のために、特定の形態及び詳細が実施形態の完全な理解を提供するために記載される。しかし、本発明が特定の詳細なしに実施され得ることはまた当業者には明らかであろう。さらに、良く知られた特徴は、記載される実施形態を不明瞭にしないために、省略又は簡略化され得る。

【0040】

(低侵襲性ロボット手術)

今図面を参照すると、図 1 は、典型的には手術台 1 4 に横たわっている患者 1 2 に低侵襲診断又は外科手術を行うために使用される、低侵襲ロボット手術 (MIRIS) システム 1 0 の平面図である。図面において、同様の参照番号は同様の部分を表す。システムは、手術中に外科医 1 8 による使用のための外科医用コンソール 1 6 を含む。1 人又は複数の助手 2 0 も手術に参加し得る。MIRIS システム 1 0 は、患者側カート 2 2 (手術ロボット) 及び電子装置カート 2 4 をさらに含み得る。患者側カート 2 2 は、外科医 1 8 がコンソール 1 6 を通して手術部位を視認している間、患者 1 2 の身体の低侵襲性切開部を通る少なくとも 1 つの取り外し可能に連結されたツール組立体 2 6 (以降、単に「ツール」と呼ばれる) を操作することができる。手術部位の画像は、内視鏡 2 8 を正しい方向に向けるために患者側カート 2 2 によって操作され得る、立体内視鏡等の内視鏡 2 8 によって取得することができる。電子装置カート 2 4 は、外科医用コンソール 1 6 を通じて続いて外科医 1 8 に表示するための手術部位の画像を処理するために、使用され得る。一度に使用される手術ツール 2 6 の数は、概して、診断又は外科手術及び他要因の中でも手術室内の空間的制約に依存する。手術中に使用されている 1 つ又は複数のツール 2 6 を交換することが必要な場合、助手 2 0 は、患者側カート 2 2 からツール 2 6 を取外し、それを手術室

10

20

30

40

50

のトレイ 30 からの別のツール 26 に交換し得る。

【0041】

図 2 は、外科医用コンソール 16 の斜視図である。外科医用コンソール 16 は、奥行き認識を可能にする手術部位の協調立体像を外科医 18 に提示するための左眼ディスプレイ 32 及び右眼ディスプレイ 34 を含む。コンソール 16 はさらに、1つ又は複数の入力制御デバイス 36 を含み、この入力制御デバイスは次に、患者側カート 22 (図 1 に示される) に 1つ又は複数のツールを操作させる。入力制御デバイス 36 は、テレプレゼンス、又は外科医がツール 26 を直接制御している強い感覚を有するように制御デバイス 36 がツール 26 と一体であるという認識を、外科医に提供するために、関連するツール 26 (図 1 に示される) と同じ自由度を提供することができる。この目的を達成するために、位置、力、及び触覚フィードバックセンサ (図示せず) が、入力制御デバイス 36 を介して外科医の手にツール 26 からの位置、力、及び触感を返送するために用いられ得る。

10

【0042】

外科医用コンソール 16 は通常、外科医が、手術を直接監視し得る、必要であれば物理的に存在し得る、及び電話又は他の通信媒体よりもむしろ直接助手に話し掛け得るように、患者と同じ部屋の中に配置される。しかし、外科医は、患者とは異なる部屋、全く異なる建物、又は遠隔手術を可能にする患者から離れた他の場所にいることができる。

【0043】

図 3 は、電子装置カート 24 の斜視図である。電子装置カート 24 は、内視鏡 28 と連結することができる、外科医用コンソールに、或いは局所的に及び / 又は遠隔に位置する別の適切なディスプレイ上に、外科医等に続いて表示するために取り込まれた画像を処理するためのプロセッサを含み得る。例えば、立体内視鏡が使用される場合、電子装置カート 24 は、手術部位の協調立体画像を外科医に提示するために、捕り込まれた画像を処理し得る。このような協調は、対向画像間の整列を含み得るとともに、立体内視鏡の立体作業距離を調整することを含み得る。別の例として、画像処理は、光学収差等、画像取込装置の結像誤差を補償するために、以前に決定されたカメラ校正パラメータの使用を含み得る。

20

【0044】

図 4 は、ロボット手術システム 50 (図 1 の MIRS システム 10 等) を図式的に示す。上述のように、外科医用コンソール 52 (図 1 の外科医用コンソール 16 等) は、低侵襲手術中に患者側カート (手術ロボット) 54 (図 1 の患者側カート 22 等) を制御するために外科医によって使用され得る。患者側カート 54 は、手術部位の画像を取込み、取込まれた画像を電子装置カート 56 (図 1 の電子装置カート 24 等) に出力するために、立体内視鏡等の撮像デバイスを使用することができる。上述のように、電子装置カート 56 は、後に続く表示の前に、種々の方法で取込まれた画像を処理することができる。例えば、電子装置カート 56 は、外科医用コンソール 52 を介して組み合わされた画像を外科医に表示する前に、取込まれた画像を仮想制御インターフェースと重ね合わせることができる。患者側カート 54 は、電子装置カート 56 の外部で処理するために取込まれた画像を出力することができる。例えば、患者側カート 54 は、取込まれた画像を処理するために使用され得る、プロセッサ 58 に取込まれた画像を出力することができる。画像はまた、共同して、連続して、及び / 又はそれらの組み合わせで、取込まれた画像を処理するために一緒に連結され得る、電子装置カート 56 及びプロセッサ 58 の組み合わせによって処理することもできる。1つ又は複数の別個のディスプレイ 60 も、手術部位の画像、又は他の関連画像等、画像の局所及び / 又は遠隔表示のために、プロセッサ 58 及び / 又は電子装置カート 56 と連結され得る。

30

40

【0045】

図 5 A 及び 5 B は、それぞれ、患者側カート 22 及び手術ツール 62 を示す。手術ツール 62 は、手術ツール 26 の例である。図示された患者側カート 22 は、3つの手術ツール 26、及び手術の部位の画像の取込に使用される立体内視鏡等の撮像デバイス 28 の操作を提供する。操作は、幾つかのロボット関節を有するロボット機構によって提供される

50

。撮像デバイス 28 及び手術ツール 26 は、切開部のサイズを最小化するように、運動学的遠隔中心が切開部において保持されるように、患者の切開部を通して位置決めされ得るとともに操作され得る。手術部位の画像は、手術ツール 26 の遠位端が撮像デバイス 28 の視野内に位置決めされるとき、手術ツール 26 の遠位端の画像を含み得る。

(組織把持エンドエフェクタ)

図 6 A は、近位シャシ 72、器具シャフト 74、及び患者の組織を把持するように関節動作され得るあご部 78 を有する遠位エンドエフェクタ 76 を含む手術器具 70 を示す。近位シャシは、患者側カート 22 の出力カプラとインターフェースで接続するとともに患者側カート 22 の出力カプラによって駆動されるように構成された入力カプラを含む。入力カプラは、バネ組立体 80 の入力リンクに駆動可能に連結される。バネ組立体 80 は、近位シャシ 72 のフレーム 82 に取り付けられるとともに、器具シャフト 74 内に配置される駆動シャフトに駆動可能に連結される出力リンクを含む。駆動シャフトは、あご部 78 に駆動可能に連結される。図 6 B は、エンドエフェクタ 76 のあご部 78 の拡大図を提供する。

【0046】

図 7 は、図 6 A のエンドエフェクタ 76 の分解斜視図であり、駆動シャフト 84 の回転運動をエンドエフェクタ 76 の対向するクランプあご部の関節動作に変換するために使われるクランプ機構を示す。エンドエフェクタは、上方あご部 86、下方あご部 88、フレーム 90、上方あご部 86 及び下方あご部 88 をフレーム 90 に揺動可能に取り付けるためのピン 92、及び駆動シャフト 84 に駆動可能に連結されている送りねじ機構 94 を含む。送りねじ機構 94 は、送りねじ 96 及び送りねじ 96 の回転を介してフレーム 90 のスロット 100 に沿って前進又は後退される嵌合並進移動ナット 98 を含む。並進移動ナット 98 は、上方あご部 86 のスロット 102 及び下方あご部 88 のスロット 104 と連結する逆に延びる突出部を含むので、並進移動ナット 98 がスロット 100 に沿って前進又は後退されるとき上方あご部 86 及び下方あご部 88 のピン 92 周りの関節動作を引き起こす。

【0047】

図 8 A 及び図 8 B は、図 7 のクランプ機構に類似するクランプ機構の動作を示す。図示された方向への駆動シャフト 84 の回転は、並進移動ナット 98 を、下方あご部 88 及び上方あご部 86 がエンドエフェクタのフレーム 90 に揺動可能に取り付けられるピボットピン 92 に向かって遠位に進ませる。図 8 B に示されるように、並進移動ナット 98 の突出部は、上方あご部 86 のスロット 102 に係合する。ピボットピン 92 に向かう並進移動ナット 98 の遠位前進は、上方あご部を図示された方向に回転させるとともに、下方あご部 88 を反対方向に回転させ、したがってあご部を開かせる。同様に、ピボットピン 92 から離れる並進移動ナット 98 の近位前進は、あご部を閉じさせる。したがって、あご部は患者の組織を把持するように関節動作され得る。

【0048】

図 7、図 8 A、及び図 8 B に示された送りねじタイプのクランプ機構は、駆動シャフトによって伝達される比較的低いトルクを比較的高いクランプ力に変換する相当な機械的利点を提供する。このような相当な機械的利点を有する機構を介して組織を過度なクランプ力にさらすことを避けるために、駆動シャフトによってクランプ機構に伝達されるトルクは制御され得る。

【0049】

(代替エンドエフェクタ機構)

駆動シャフト 84 は、任意の適切なエンドエフェクタ機構を作動させるために使用され得る。例えば、駆動シャフト 84 は、組織吻合機構、組織切断機構、及び回転入力によって作動され得る一般的な任意の適切なエンドエフェクタ機構等、機構を作動させるために使用され得る。

【0050】

(器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動の切り離し)

図9は、手術器具における器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動の切り離しを論じるための適切な出発点を提供する。図9は、アイテム（例えば、患者の組織、縫合針等）を把持するように操作可能な関節動作されるあご部112を含むエンドエフェクタ110を示す。エンドエフェクタ110は、関節動作されるあご部112等、エンドエフェクタ110の機構を作動させるための作動機構を含む。作動機構は、駆動シャフト114と駆動可能に連結される。エンドエフェクタ110は、器具シャフト116の遠位端部に支持される。器具シャフト116は、器具シャフト116を支持する近位シャシベースに対してある回転の範囲で回転可能である。同様に、駆動シャフト114は、近位シャシベースに対してある回転の範囲で回転可能である。

【0051】

駆動シャフト114が駆動シャフト116の回転との如何なるつながりからも独立している場合、エンドエフェクタあご部112を作動させるために使用され得る近位シャシベースに対する駆動シャフト114の回転の範囲の一部は、近位シャシベースに対する駆動シャフト116の回転の範囲によって減らされる。例えば、ベースに対する器具シャフト116の回転の範囲が2回転に等しく且つベースに対する駆動シャフト114の回転の範囲が10回転に等しい場合、エンドエフェクタ110に対する駆動シャフト114のネットの回転の範囲は8回転に等しい。言い換えると、これらの2つの独立した2回転は、組み合わせられた場合、エンドエフェクタ110の作動機構に対する駆動シャフト114のゼロのネット回転を生み出すので、ベースに対する駆動シャフト114の2回転は、ベースに対する器具シャフト116の2回転によって事実上打ち消される。

【0052】

図10は、エンドエフェクタ作動機構を駆動させるための出力運動124を発生させるように第1の入力運動120と器具シャフトの回転122を組み合わせるための差動装置118の使用を概略的に示す。差動装置118は、近位シャシベースに対する駆動シャフト114の回転の量とエンドエフェクタ作動機構に対する駆動シャフト114の回転の対応する量との間の差を生じさせるときの器具シャフトの回転の上述の影響に対抗（相殺）するように構成され得る。例えば、差動装置118は、近位シャシベースに対する時計回りの3回転の出力運動124を生み出すように、近位シャシベースに対する時計回りの2回転の第1の入力運動120を近位シャシベースに対する時計回りの1回転の器具シャフトの運動122と組み合わせるように構成されることができ、事実上エンドエフェクタに対する時計回りの2回転の出力運動をもたらす。このような差動装置はまた、駆動シャフト114及び器具シャフト116が反対方向に回転する場合、器具シャフトの回転の上述の影響に対抗するように機能する。例えば、このような差動装置の構成を用いて、近位シャシベースに対する第1の入力運動120の時計回りの2回転は、ベースに対する器具シャフト122の反時計回りの1回転と組み合わせるとベースに対する出力運動124の時計回りの1回転を生み出し、事実上エンドエフェクタに対する出力運動の時計回りの2回転の出力運動を作り出す。

【0053】

差動装置が近位シャシベースに対する駆動シャフトの量とエンドエフェクタ作動機構に対する駆動シャフトの回転の対応する量との間の差を生み出す上述の器具シャフトの回転の影響の全てを実質的に相殺するように構成されることが好ましい一方、差動装置はまた、器具シャフトの回転の影響を任意の適切な程度に対抗（相殺）するように構成され得る。例えば、差動装置は、手術器具の所望の動作特性を達成するために適切であるように、上述の器具シャフトの回転の影響に、下回って対抗する、上回って対抗する、及び影響を拡大さえするように構成され得る。

【0054】

差動装置は、任意の適切な方法で実装され得る。例えば、差動装置は、ケーブル及びプーリを使用して実装され得る。他の例として、差動装置は、遊星ギヤボックス組立体等、伝動装置を使用して実装され得る。

【0055】

10

20

30

40

50

(ケーブル実装差動装置)

図11Aは、多くの実施形態による、ロボット手術器具における器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動を切り離すために使用されるケーブル実装差動装置130を示す。差動装置130は、近位シャシベースに対する器具シャフトの回転に回転可能に連結されるロールプリー132、作動源に回転可能に連結されるエンドエフェクタ作動プリー134、及びエンドエフェクタあご部作動機構に回転可能に連結される送りねじ駆動プリー136を含む。ロールプリー132及び送りねじ駆動プリー136の両方に掛かる第1のケーブル138は、ロールプリー132の回転に応じて送りねじ駆動プリー136の回転を提供する。エンドエフェクタ作動プリー134に掛かる第2のケーブル140は、第1のプリーブロック142及び第2のプリーブロック144に連結される。第1のプリーブロック142は、第1の可動プリー146を含む。第2のプリーブロック144は、第2の可動プリー148を含む。第1及び第2の可動プリー146、148は第1のケーブル138が掛かる。

10

【0056】

ロールプリー132と送りねじ駆動プリー136との間には、第1のケーブル138が4つの固定ガイドプリーに掛かる。これらの固定ガイドプリーは、第1のガイドプリー150、第2のガイドプリー152、第3のガイドプリー154、及び第4のガイドプリー156を含む。

【0057】

図11Bは、ケーブル実装差動装置130の側面図である。ロールプリー132は、ヘリカルギヤ158を通して器具シャフトの回転と回転可能に連結される。ロールプリー132及びヘリカルギヤ158は、回転軸160周りに回転する。器具シャフトは、ヘリカルギヤの回転軸160に直角に配向される回転軸周りに回転する。ヘリカルギヤ158及び器具シャフトとともに回転するように取り付けられた噛み合いヘリカルギヤは、器具シャフトの回転をロールプリー132の回転に伝達する。

20

【0058】

4つの固定ガイドプリー150、152、154、156は、第1のケーブル138の位置を水平及び垂直に拘束するように働く。第1及び第3のガイドプリー150、154は、第1のケーブル138の重なる部分の間の垂直な分離を提供するように、第2及び第4のガイドプリー152、156の間に配置される。第1及び第3のガイドプリー150、154はまた、第1の可動プリー146の移動範囲にわたって第1の可動プリー146と第1のケーブル138との間の180度の掛かりを提供するように、水平に配置される。同様に、第2及び第4のガイドプリー152、156もまた、第2の可動プリー148の移動範囲にわたって第2の可動プリー148と第1のケーブル138との間の180度の掛かりを提供するように、水平に配置される。

30

【0059】

ケーブル実装差動装置130は、送りねじ駆動プリー136の運動を生じさせるように、ロールプリー132の運動とエンドエフェクタ作動プリー134の運動を結合する。例えば、エンドエフェクタ作動プリー134のどんな回転もない場合、ロールプリー132の回転は、送りねじ駆動プリー136の対応する回転を生じさせるので、エンドエフェクタあご部作動機構に対する送りねじ駆動プリー136のネットの回転をもたらさない。ロールプリー132のどんな回転もない場合、エンドエフェクタ作動プリー134の回転は、第1及び第2の可動プリー146、148の対応する運動を生じさせるので、送りねじ駆動プリー136のネットの回転を生じさせる。そしてロールプリー132及びエンドエフェクタ作動プリー134両方の同時の回転に関しては、第1のケーブル138及び第2のケーブル140の対応する運動は、ロールプリー132及びエンドエフェクタ作動プリー134の回転の組み合わせである送りねじ駆動プリー136の回転をもたらす。

40

【0060】

図12は、多くの実施形態による、ケーブル実装差動装置170を有するロボット手術器具の近位シャシの斜視図である。ケーブル実装差動装置170は、ケーブル実装差動装

50

置 130 と同様に構成されるが、第 1 のケーブル 184 を水平及び垂直に拘束するために、6 つの固定ガイドプーリ 172、174、176、178、180、182 を含む。

【0061】

任意の適切なケーブル実装差動装置が使用され得る。例えば、ケーブル実装差動装置 130 の変形形態では、第 1 のケーブル 138 はエンドエフェクタ作動プーリ 134 によって駆動されるとともに第 2 のケーブル 140 はロールプーリ 132 によって駆動される。
(ギヤ実装差動装置)

図 13 は、多くの実施形態による、ギヤ実装差動装置 192 を含むロボット手術器具の近位シャシ 190 の斜視図である。ギヤ実装差動装置 192 は、サンギヤ、キャリアに連結された遊星ギヤ、及びリングギヤを含む遊星ギヤ組立体を含む。キャリアは、入力シャフトを通して近位シャシの入力カプラと回転可能に連結される。入力シャフトは、入力カプラに一直線に並べられるとともに器具シャフトと直交する。サンギヤは、ヘリカルギヤ 194、196 を通して器具シャフト 116 の回転と回転可能に連結される。キャリア及びサンギヤの回転は、リングギヤの回転をもたらす。リングギヤは、ヘリカルギヤ 198、200、出力シャフト 202、及び器具シャフト 116 の内部に通された駆動シャフトを通して、エンドエフェクタ作動機構に回転可能に連結される。図 14 は、近位シャシ 190 及びギヤ実装差動装置 192 の平面図を示す。そして、図 15 は、近位シャシ 190 及びギヤ実装差動装置 192 の側面図を示す。

【0062】

図 16 及び図 17 は、多くの実施形態による、ギヤ実装差動装置 210 の詳細を示す分解図である。ギヤ実装差動装置 210 は、遊星ギヤボックス組立体 212 を含む。図 16 は、入力シャフト 116 を有するロボット手術器具の近位シャシに設置される所から横に移動されたギヤ実装差動装置 210 並びに取付けられた入力シャフト及び入力カプラ 214 を示す。設置中心線 218 及びギヤ実装差動装置 210 の中心軸 220 は設置位置からのオフセットを示す。

【0063】

図 17 は、ギヤ実装差動装置 210、入力シャフト、及び入力カプラ 214 の分解斜視図である。差動装置 210 は、遊星ギヤ 224 に連結されたキャリア 222、入力ギヤ 228 によって回転駆動されるサンギヤ 226、内部リングギヤ及び外部ヘリカル出力ギヤ 232 を有するリングギヤ部材 230、を含む。キャリア 222 は、入力シャフト 234 に回転可能に連結されるとともに入力シャフト 234 によって駆動され、入力シャフト 234 は、入力カプラ 214 に回転可能に連結されるとともに入力カプラ 214 によって駆動される。入力カプラ 214 は、近位シャシ 216 がロボットアームに取付けられる場合、手術ロボットのロボットアームの対応する出力カプラと接続するとともに出力カプラによって回転駆動される。キャリア 222 の回転は中心軸 220 周りの遊星ギヤ 224 の中心線の回転をもたらす。入力ギヤ 228 は、入力シャフト 116 の回転と回転連結される。中心軸 220 周りのサンギヤ 226 及び遊星ギヤ 224 の中心線の組み合わせられた回転は、中心軸 220 周りのリングギヤ部材 230 の対応する回転をもたらす。リングギヤ部材 230 は、外部ヘリカル出力ギヤ 232 を通してエンドエフェクタ作動機構に駆動連結される。

【0064】

ギヤ実装差動装置 210 は、キャリア 222 と近位シャシ 216 との間に連結されたトーションバネ 236 を含む。トーションバネは、ロボットアームの作動源とキャリアとの間の分離の後でキャリアを所定の位置に戻すので、エンドエフェクタ作動機構を所定の配置に戻す。

【0065】

動作において、ギヤ実装差動装置 210 は上述の差動装置 118 と同様に動作する。既知のアプローチを通じて追加的な伝動装置が器具シャフト 116 と外部ヘリカル出力ギヤ 232 との間の方向及び回転速度の差を相殺するために使用され得る。

(例示的な遊星ギヤボックスのパラメータ)

以下の式は、サンギヤ 2 2 6、キャリア 2 2 2、及びリングギヤ部材 2 3 0 の回転の間の関係を提供する。

【 0 0 6 6 】

$$(2 + n) \omega_a + n \omega_s - 2(1 + n) \omega_c = 0 \quad \text{式 (1)}$$

ここで、 $n = N_s / N_p$ (遊星ギヤボックスに関する形状係数)

N_s = サンギヤの歯数

N_p = 遊星ギヤのギヤの歯数

ω_a = リングギヤ部材 (「環」としても知られる) の角速度

ω_s = サンギヤの角速度

ω_c = キャリアの角速度、である。

10

【 0 0 6 7 】

式 (1) に示されるように、リングギヤ部材 2 3 0 の角速度は、サンギヤ 2 2 6 の角速度及びキャリア 2 2 2 の角速度の線形結合である。したがって、(サンギヤ 2 2 6 が器具シャフト 1 1 6 の回転によって回転駆動され、キャリア 2 2 2 が入力カプラ 2 1 4 によって回転駆動され、リングギヤ部材 2 3 0 がエンドエフェクタ作動機構に回転連結される) ギヤ実装差動装置 2 1 0 では、器具シャフト 1 1 6 の回転は、リングギヤ部材 2 3 0 の対応する追加的な回転をもたらすので、エンドエフェクタ作動機構の作動から器具シャフトの回転を切り離す。

【 0 0 6 8 】

以下のパラメータは、ギヤ実装差動装置 2 1 0 の遊星ギヤボックスの例示的な構成を提供する。

20

【 0 0 6 9 】

$$N_s = 24 \quad N_p = 12 \quad n = N_s / N_p = 2$$

$$N_a = N_s + 2 N_p = 48 \quad \text{リングギヤの歯数}$$

$$D P = 6.4 \quad \text{ギヤの歯数 / ピッチ円直径 (歯 / インチ)}$$

$$P D_s = N_s / D P = 0.375 \quad \text{インチ - サンギヤのピッチ円直径}$$

$$P D_p = N_p / D P = 0.1875 \quad \text{インチ - 遊星ギヤのピッチ円直径}$$

$$P D_a = N_a / D P = 0.75 \quad \text{インチ - リングギヤ部材のリングギヤのピッチ円直径}$$

径

30

【 0 0 7 0 】

ゼロのキャリア角速度 (入力カプラ 2 1 4 を通した回転入力がないものに対応する) のために、式 (1) は、次のように変えられる。

【 0 0 7 1 】

$$(2 + n) \omega_a + n \omega_s = 0 \quad \text{式 (1) で } \omega_c = 0$$

上述の例示的な遊星ギヤボックスのパラメータに関して、 $n = 2$ であり、リングギヤ部材の角速度 (ω_a) とサンギヤの角速度 (ω_s) との間の以下の関係を作り出す。

【 0 0 7 2 】

40

【数 1】

$$\omega_a = -\frac{n}{(2+n)} \omega_s = -\frac{2}{(2+2)} \omega_s = -0.5 \omega_s$$

サンギヤ 2 2 6 とリングギヤ部材 2 3 0 との間の回転方向の差を相殺するために及びエンドエフェクタ作動機構に回転連結された駆動シャフトの回転の器具シャフト 1 1 6 のものと等しい回転量を実現するために、既知のアプローチを使用する追加的な伝動装置が、

50

器具シャフト 1 1 6 とサンギヤ 2 2 6 との間に、及びノ又はリングギヤ部材 2 3 0 とエンドエフェクタ作動機構に回転連結された駆動シャフトとの間に使用され得る。

【 0 0 7 3 】

(手術用組立体への適用)

本願に開示された手術用組立体は、任意の適切な応用に用いられ得る。例えば、本願に開示された手術用組立体は、他の手術器具で、手動式又は動力式で、携帯式又はロボット式で、直接制御式又は遠隔操作式で、観血式又は低侵襲(単一又は複数ポート)手術のために、用いられ得る。このような器具の例は、(例えば、グリップ制御機能、構成要素配向制御機能、構成要素位置決め機能等のための)トルク作動入力を受ける遠位構成要素を持つものを含む。図解の非限定的な例は、吻合、切断、組織溶解、撮像装置の向き及び位置の制御、高い力での把持、生検、エンドエフェクタ及び向きの制御を含む遠隔操作式又は携帯式器具を含む。

10

【 0 0 7 4 】

(器具シャフトのロールとエンドエフェクタの作動を切り離す方法)

図 1 8 は、多くの実施形態による、器具シャフトの回転を手術器具シャフトによって支持されたエンドエフェクタの機構に駆動連結された駆動シャフトの回転から切り離すための方法 2 5 0 の動作を示す。方法 2 5 0 は、例えば、上述の差動装置 1 1 8、ケーブル実装差動装置 1 3 0、ケーブル実装差動 1 7 0、及びギヤ実装差動装置 1 9 2 のいずれか等、任意の適切な差動装置を使用して、実施され得る。方法 2 5 0 は、所望のエンドエフェクタ配置に関連する第 1 の入力運動を発生させるステップ(動作 2 5 2)、ベースに隣接する近位端部とエンドエフェクタを支持する遠位端部との間に延びる手術器具シャフトをベースに対して回転させるステップ(動作 2 5 4)、ベースに対する器具シャフトの回転に応じて第 2 の入力運動を発生させるステップ(動作 2 5 6)、出力運動を発生させるために第 1 及び第 2 の入力運動を結合させるステップ(2 5 8)、及び出力運動に応じて駆動シャフトを回転させる(動作 2 6 0)を含む。多くの実施形態において、第 1 及び第 2 の入力運動は、第 1 の入力運動がゼロである場合、手術器具に対する駆動シャフトの回転が実質的に生じないように結合される。

20

【 0 0 7 5 】

図 1 9 は、本願に記載されたもののいずれかのような、ケーブル実装差動装置を使用することによって方法 2 5 0 を実施するために使用され得る動作を示す。動作は、ベースに対する手術器具シャフトの回転に応じて第 1 のケーブルを動かすステップ(動作 2 6 2)、第 2 のケーブルを動かすステップ(動作 2 6 4)、第 2 のケーブルの動きに応じて第 1 のプーリ及び第 2 のプーリを動かすステップ(動作 2 6 6)、第 1 のケーブルを第 1 及び第 2 のプーリのそれぞれに掛けるステップ(動作 2 6 8)、及び第 1 のケーブルの動きに応じて駆動シャフトを回転させるステップ(動作 2 7 0)を含む。多くの実施形態において、第 1 のケーブルは、第 1 及び第 2 のプーリに、それぞれのプーリの約 1 8 0 度の扇形に渡って掛けられる。

30

【 0 0 7 6 】

図 2 0 は、本願に記載されたもののいずれかのような、ケーブル実装差動装置を使用することによって方法 2 5 0 を実施するために使用され得る動作を示す。動作は、第 1 のケーブルを動かすステップ(動作 2 7 2)、ベースに対する手術器具シャフトの回転に応じて第 2 のケーブルを動かすステップ(動作 2 7 4)、第 2 のケーブルの動きに応じて第 1 のプーリ及び第 2 のプーリを動かすステップ(動作 2 7 6)、第 1 のケーブルを第 1 及び第 2 のプーリのそれぞれに掛けるステップ(動作 2 7 8)、及び第 1 のケーブルの動きに応じて駆動シャフトを回転させるステップ(動作 2 8 0)を含む。多くの実施形態において、第 1 のケーブルは、第 1 及び第 2 のプーリに、それぞれのプーリの約 1 8 0 度の扇形に渡って掛けられる。

40

【 0 0 7 7 】

図 2 1 は、本願に記載されたもののいずれかのような、ギヤ実装差動装置を使用することによって方法 2 5 0 を実施するために使用され得る動作を示す。動作は、第 1 の入力運

50

動に応じて差動ギヤ組立体の第1の入力リンクを回転させるステップ(動作282)、第2の入力運動に応じて差動ギヤ組立体の第2の入力リンクを回転させるステップ(動作284)、及び差動ギヤ組立体の出力リンクの回転に応じて駆動シャフトを回転させるステップ(動作286)を含む。

【0078】

(方法の適用)

本願に開示された手術用組立体は、任意の適切な応用に用いられ得る。例えば、本願に開示された手術用組立体は、他の手術器具で、手動式又は動力式で、携帯式又はロボット式で、直接制御式又は遠隔操作式で、観血式又は低侵襲(単一又は複数ポート)手術のために、用いられ得る。このような器具の例は、(例えば、グリップ制御機能、構成要素配向制御機能、構成要素位置決め機能等のための)トルク作動入力を受ける遠位構成要素を持つものを含む。図解の非限定的な例は、吻合、切断、組織溶解、撮像装置の向き及び位置の制御、高い力での把持、生検、エンドエフェクタ及び向きの制御を含む遠隔操作式又は携帯式器具を含む。

10

【0079】

(回転可能なシャフト内の駆動シャフト)

図22は、回転可能なメインシャフト内に2つのオフセット駆動シャフトを有するロボット組立体370を図式的に示す。ロボット組立体370は、回転可能なメインシャフト374の遠位端部に連結されるエンドエフェクタ372、並びにメインシャフト374及びエンドエフェクタ372の両方に連結された作動組立体376を含む。

20

【0080】

エンドエフェクタ372は、エンドエフェクタベース、第1の作動機構378、第2の作動機構380、及び制御ケーブル機構382を含む。エンドエフェクタベースは、回転可能なメインシャフト374に旋回可能に連結される。第1の作動機構378及び第2の作動機構380は、シャフト駆動型であり、さまざまなエンドエフェクタ特徴及び/又はデバイス、例えば、クランピング機能、可動式切断機能、切断及び吻合機能、又はシャフト駆動型機構で作動及び/又は関節動作することができる別の好適なエンドエフェクタ機能及び/又は装置を、作動及び/又は関節動作させるために使用することができる。制御ケーブル機構382もまた、さまざまなエンドエフェクタ機能及び/又は装置、特に、迅速な反応が望ましいもの、例えば、把持機能、エンドエフェクタベースをメインシャフト

30

【0081】

エンドエフェクタベースは、メインシャフト回転軸周りのメインシャフト374の回転がエンドエフェクタベースの対応する回転を生じさせるように、回転可能なメインシャフト374と連結される。上述のように、メインシャフト374を独立して回転させる能力は、非回転メインシャフトに対するエンドエフェクタの操作性の増大を提供し、それは、ある特定の手術中、例えば、ある特定の低侵襲手術に有益になり得る。エンドエフェクタベースはまた、追加的なエンドエフェクタの操作性を提供する適切なりスト機構384を用いて、回転可能なメインシャフト374に連結することができる。

40

【0082】

2つの駆動シャフトがエンドエフェクタシャフト駆動型作動機構を駆動するために使用される。第1の駆動シャフト386は、メインシャフト回転軸からオフセットされる第1の駆動シャフト回転軸周りの回転のために取付けられる。第1の駆動シャフト386は第1の作動機構378と動作可能に連結される。同様に、第2の駆動シャフト388は、メインシャフト回転軸からオフセットされる第2の駆動シャフト回転軸周り回転のために取付けられる。第2の駆動シャフト388は第2の作動機構380と動作可能に連結される。

50

【 0 0 8 3 】

作動組立体 3 7 6 は、回転可能なメインシャフト 3 7 4、第 1 の駆動シャフト 3 8 6、第 2 の駆動シャフト 3 8 8、及び制御ケーブル 3 8 2 と連結される。回転可能なメインシャフト 3 7 4 は、作動組立体 3 7 6 のベースに対する回転のために装着される。作動組立体 3 7 6 は、ベースに対する回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転を生じるように動作可能である。作動組立体 3 7 6 はまた、ベースに対する回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転、回転可能なメインシャフト 3 7 4 に対する第 1 の駆動シャフト 3 8 6 の回転、及び回転可能なメインシャフト 3 7 4 に対する第 2 の駆動シャフト 3 8 8 の回転の任意の組み合わせを発生させるように動作可能である。そのため、第 1 の作動機構 3 7 8 及び / 又は第 2 の作動機構 3 8 0 は、回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転と独立して及び / 又は同時に、作動され得る。

10

【 0 0 8 4 】

作動組立体 3 7 6 は、ベースに対する回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転中でさえ、第 1 の駆動シャフト 3 8 6 及び第 2 の駆動シャフト 3 8 8 が、回転可能なメインシャフト 3 7 4 に対して、独立して回転することができる、上述の機能性を提供するように構成される。作動組立体 3 7 6 は、メインシャフトエンコーダ 3 9 2 及びメインシャフトインターフェース 3 9 4 と連結されたメインシャフトモータ 3 9 0、第 1 のエンコーダ 3 9 8 及び第 1 のインターフェース 4 0 0 と連結された第 1 のモータ 3 9 6、第 2 のエンコーダ 4 0 4 及び第 2 のインターフェース 4 0 6 と連結された第 2 のモータ 4 0 2、並びに制御ケーブルエンコーダ 4 1 0 及び制御ケーブルインターフェース 4 1 2 に連結された制御ケーブルモータ 4 0 8 を含む。メインシャフトインターフェース 3 9 4 は、回転運動をメインシャフトモータ 3 9 0 から回転可能なメインシャフト 3 7 4 に伝達するように、回転可能なメインシャフト 3 7 4 と連結される。メインシャフトモータ 3 9 0 は、伝達された回転運動が、ベースに対する回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転をもたらすように、ベースと固定して連結され得る。メインシャフトエンコーダ 3 9 2 は、メインシャフトモータ 3 9 0、メインシャフトインターフェース 3 9 4、及び / 又は回転可能なメインシャフト 3 7 4 の向きを測定し、測定された向きコントローラに提供するようにコントローラ (図 2 2 に図示せず) と連結され得る。第 1 のインターフェース 4 0 0 は、回転可能なメインシャフト 3 7 4 の任意の向き及び / 又は回転運動中に、回転運動を第 1 のモータ 3 9 6 から第 1 の駆動シャフト 3 8 6 に伝達するために動作可能になるように、第 1 の駆動シャフト 3 8 6 に連結される。第 1 のエンコーダ 3 9 8 は、第 1 のモータ 3 9 6、第 1 のインターフェース 4 0 0、及び / 又は第 1 の駆動シャフト 3 8 6 の向きを測定し、測定された向きをコントローラに提供するように、コントローラと連結され得る。第 2 のインターフェース 4 0 6 は、回転可能なメインシャフト 3 7 4 の任意の向き及び / 又は回転運動中に、回転運動を、第 2 のモータ 4 0 2 から第 2 の駆動シャフト 3 8 8 に伝達するために動作可能になるように、第 2 の駆動シャフト 3 8 8 と連結される。第 2 のエンコーダ 4 0 4 は、第 2 のモータ 4 0 2、第 2 のインターフェース 4 0 6、及び / 又は第 2 の駆動シャフト 3 8 8 の向きを測定し、測定された向きをコントローラに提供するように、コントローラと連結され得る。制御ケーブルインターフェース 4 1 2 は、制御ケーブル機構 3 8 2 と動作可能に連結される制御ケーブル 4 1 4 と連結される。制御ケーブル 4 1 4 は、例えば、回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転に依る制御ケーブルの長さの変化を最小化するようにメインシャフト回転軸の近傍にルーティングされることによって、及び (例えば、ケーブルとケーブルのこすれることに耐える構成を有することによって) メインシャフト 3 7 4 のいくつかの回転配向をもたらし得る制御ケーブルの任意のねじれ及び / 又は制御ケーブル間のねじれに耐えるように構成されることによって、回転可能なメインシャフト 3 7 4 の回転配向範囲を許容するようにルーティングされ得る。制御ケーブルエンコーダ 4 1 0 は、制御ケーブルモータ 4 0 8 及び / 又は制御ケーブルインターフェース 4 1 2 の向きを測定し、測定された向きをコントローラに提供するようにコントローラに連結され得る。

20

30

40

【 0 0 8 5 】

50

図 2 3 は、多くの実施形態による、コントローラ 4 1 6 を持つロボットアセンブリ 3 7 0 の構成要素の統合を図示する簡略化されたブロック図である。コントローラ 4 1 6 は、バスサブシステム 4 2 0 を介して、多くの周辺デバイスと通信する少なくとも 1 つのプロセッサ 4 1 8 を含む。これらの周辺デバイスは、典型的には、記憶サブシステム 4 2 2 を含む。

【 0 0 8 6 】

記憶サブシステム 4 2 2 は、コントローラ 4 1 6 の機能性を提供する基本的プログラミング及びデータ構造を保持する。上述のロボット組立体の機能性を実装するためのソフトウェアモジュールは、典型的には、記憶サブシステム 4 2 2 内に記憶される。記憶サブシステム 4 2 2 は、典型的には、メモリサブシステム 4 2 4 及びファイル記憶サブシステム 4 2 6 を含む。

10

【 0 0 8 7 】

メモリサブシステム 4 2 4 は、典型的には、プログラム実行中に命令及びデータを記憶するためのメインランダムアクセスメモリ (R A M) 4 2 8 及び固定命令が記憶される読み出し専用メモリ (R O M) 4 3 0 を含む、幾つかのメモリを含む。

【 0 0 8 8 】

ファイル記憶サブシステム 4 2 6 は、プログラム及びデータファイルのための永続性 (不揮発性) 記憶装置を提供し、ハードドライブ、ディスクドライブ、又はフラッシュメモリ等他の不揮発性メモリを含み得る。入力デバイス、例えば、ディスクドライブを使用して、上述のソフトウェアモジュールを入力するために使用され得る。或いは、他の既知の構成、例えば、 U S B ポートが、ソフトウェアモジュールを入力するために使用され得る。

20

【 0 0 8 9 】

この文脈では、「バスサブシステム」という用語は、種々の構成要素及びサブシステムが意図されるように互いに通信させるための任意の機構を含むように包括的に使用される。バスサブシステム 4 2 0 を、単一のバスとして概略的に示されるが、典型的なシステムは、ローカルバス及び 1 つ又は複数の拡張バス (例えば、 A D B、 S C S I、 I S A、 E I S A、 M C A、 N u B u s、又は P C I) 等の多くのバス、並びにシリアルおよびパラレルポートを有する。

【 0 0 9 0 】

コントローラ 4 1 6 は、入力制御デバイス 3 6 (図 2 に示す) からの信号、並びにメインシャフトエンコーダ 3 9 2、第 1 のエンコーダ 3 9 8、第 2 のエンコーダ 4 0 4、及び制御ケーブルエンコーダ 4 1 0 からの信号を含む、様々な受信信号に応じて、ロボットアセンブリ 3 7 0 の構成要素を制御する。制御される構成要素は、メインシャフトモータ 3 9 0、第 1 のモータ 3 9 6、第 2 のモータ 4 0 2、及び制御ケーブルモータ 4 0 8 を含む。デジタル / アナログ変換器等の追加的な構成要素 (図示せず) は、構成要素をコントローラ 4 1 6 とインターフェースするために使用され得る。

30

【 0 0 9 1 】

図 2 4 は、多くの実施形態による、ロボット手術システム内のロボット手術ツール 4 3 2 の統合を示す簡略されたブロック図である。ツール 4 3 2 は、近位ツールシャシ 4 3 4 とインターフェースするように構成されたツールインターフェースを有するマニピュレータ 4 3 6 上に解放可能に取付可能になるように構成された近位ツールシャシ 4 3 4 を含む。ツール 4 3 2 はさらに、上述のように、メインシャフトモータによって回転させられるとき、近位ツールシャシ 4 3 4 に対して回転するように取付けられる細長いメインシャフト 3 7 4 を含む。エンドエフェクタ 4 4 0 は、メインシャフトとともに回転するように、メインシャフト 3 7 4 の遠位端と連結される。主制御システム 4 4 2 は、マニピュレータ 4 3 6 と動作可能に連結される。補助制御システム 4 4 4 はまた、マニピュレータ 4 3 6 と動作可能に連結され得る。主制御システム 4 4 2 及び補助制御システム 4 4 4 の組み合わせは、マニピュレータ 4 3 6 を介するツール 4 3 2 の全ての可能な関節運動を制御するために使用され得る。例えば、補助制御システム 4 4 4 は、第 1 の駆動シャフトの回転及

40

50

び第2の駆動シャフトの回転のために駆動モータを制御し得る。主制御システム442は、メインシャフトの回転のための駆動モータ、及び1つ又は複数の制御ケーブル駆動モータを制御し得る。この様な補助コントローラは、独立して回転するメインシャフト内にルーティングされた1つ又は複数のオフセット駆動シャフトを有する現在開示されるロボットツールの使用を可能にするように、既存のロボット手術システム構造を補完するために使用され得る。

(意図されたにメインシャフトの回転を避けるためにエンドエフェクタ及びエンドエフェクタを支持するメインシャフトに駆動モータを連結すること)

図25は、多くの実施形態による、エンドエフェクタ回転機構の作動中、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体の意図されない回転を避けるために、エンドエフェクタ回転機構を作動するために使用される駆動モータがメインシャフト/エンドエフェクタ組立体に連結される手術用組立体500を図式的に示す。手術用組立体500は、ベース(例えば、図24に示されたマニピュレータ436)に回転可能に取り付けられるメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502、ベースに対してメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502を回転駆動するメインシャフト駆動装置504、並びに作動トルクをエンドエフェクタ回転機構に及び相殺トルク507をメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に提供するようにメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に回転可能に連結される反作用作動組立体506を含む。

【0092】

メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502は、ベースに回転可能に取り付けられるとともにメインシャフト駆動装置504によって回転駆動されるメインシャフト508、及びメインシャフト508によって支持されるエンドエフェクタ510を含む。エンドエフェクタ510は、第1の回転機構512及び第2の回転機構514を含む。第1及び第2の回転機構512、514は、例えば、クランプあご部、吻合装置、切断装置、及び同様のもの等、エンドエフェクタ構成要素を関節動作させるために使用され得る。

【0093】

低侵襲手術ツールに課される寸法の制約のために、作動トルクを第1及び第2の回転機構512、514にメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502の外側にあるソースから供給することが望ましい。しかし、このような構成では、第1及び第2の回転機構512、514が、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502によって支持される、エンドエフェクタ510の一部であるので、作動トルクが外側ソースから第1及び第2の回転機構512、514に伝達されるとき、伝達された作動トルクの一部又はすべてがメインシャフト508によって縮小され得る。メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502によって縮小される作動トルクはまた、メインシャフト508によって縮小され得る。結果として、メインシャフト駆動装置504は、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502によって縮小される十分な量のトルクを介してバックドライブ可能であり得る。言い換えると、メインシャフト駆動装置504は、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502がバックドライビング閾値を超えるネットトルク(引き起こされた摩擦に打ち勝つのに必要な任意のトルクを含む)を受けるときメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502がメインシャフト駆動装置をバックドライブさせるように且つメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502がバックドライビング閾値より下のネットトルクを受けるときメインシャフト駆動装置をバックドライブさせないような、バックドライビングトルク閾値を有し得る。そして、例えば、付随するコスト、サイズ、重量、付随する有害な特性、及び/又は費用を避けるために、トルクブレーキ、逆転できない伝動装置、その他同様のもの等、メインシャフト508によるメインシャフト駆動装置504の回転駆動(バックドライビングとしても知られる)を防ぐある機構の使用を避けることも望ましい。

【0094】

手術用組立体500では、反作用作動組立体506は、第1及び第2の回転機構512、514に伝達される作動トルクを発生させる外部ソースである。反作用作動組立体50

10

20

30

40

50

6 はまた、メインシャフト 504 のバックドライビングを防ぐようにメインシャフト 508 に伝達されるバランストルクを発生させる。反作用作用組立体 506 は、第 1 の駆動モータ 516、第 2 の駆動モータ 518、第 1 の変速装置 520、第 1 の回転カップリング 522、第 2 の変速装置 524、及び第 2 の回転カップリング 526 を含む。

【0095】

第 1 の駆動モータ 516 は、第 1 の変速装置 520 及び第 1 の回転カップリング 522 を介して第 1 の駆動機構 512 及びメインシャフト 508 に回転可能に連結される。第 1 の駆動モータ 516 は、第 1 の変速装置の第 1 の入力リンク 528 に回転可能に連結されるとともに第 1 の入力トルクを第 1 の入力リンク 528 に伝達する。第 1 の変速装置 520 は、第 1 の入力リンク 528 と第 1 の変速装置 520 の第 1 の出力リンク 530 との間 10 に第 1 のギヤ比を提供する。第 1 の出力リンク 530 は、第 1 の回転機構 512 に回転可能に連結される。第 1 の回転カップリング 522 は、第 1 の変速装置 520 の第 1 のベースリンク 532 とメインシャフト 508 との間に接続される。第 1 の回転カップリング 522 は、第 1 のベースリンク 532 とメインシャフト 508 との間に第 2 のギヤ比を提供する。第 1 のベースリンク 532 は、回転接地されていない（例えば、メインシャフト 508 が回転可能に取り付けられるベースに回転接地されていない）。

【0096】

第 1 の変速装置 520 によって与えられる第 1 のギヤ比は、第 1 の出力リンク 530 が第 1 の入力トルクを超えるトルクを伝達するようなものより十分大きい。第 1 の変速装置 520 の第 1 のベースリンク 532 は回転接地されていないので、第 1 の出力リンク 530 によって伝達されるトルクと第 1 の入力トルクとの間の差は、第 1 のベースリンク 532 から第 1 の回転カップリング 522 に伝達される反対方向のトルクによってバランスされる。多くの実施形態では、第 1 のギヤ比は、第 1 の出力リンク 530 によって伝達されるトルク及び第 1 のベースリンク 532 から第 1 の回転カップリング 522 に伝達される反対方向のトルクが略等しい大きさを有するようなものより著しく大きい。例えば、第 1 のギヤ比が 9 対 1 である実施形態では、第 1 の出力リンク 530 によって伝達されるトルクは、第 1 の入力トルクの 9 倍である。そして、第 1 のベースリンク 532 から第 1 の回転カップリング 522 に伝達される反対方向のトルクは、第 1 の入力トルクの大きさの 8 倍の大きさを有する。 20

【0097】

第 1 の回転カップリング 522 によって提供される第 2 のギヤ比は、第 1 の回転カップリング 522 によるメインシャフト 508 に伝達されるトルクが、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体 502 によってメインシャフト駆動装置 504 の回転駆動を抑止するように第 1 の出力リンク 530 によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体 502 に伝達されるトルクを十分バランスさせるように、選択される。メインシャフト駆動装置 504 が非ゼロバックドライビングトルク閾値を有する場合、第 2 のギヤ比は、ある範囲のギヤ比から選択され得るとともに、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体 502 によるメイン駆動装置の回転駆動の抑止を依然としてもたらしうことができる。理想的には、第 2 のギヤ比は、第 1 の回転カップリングによってメインシャフトに伝達されるトルクが第 1 の出力リンク 530 によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体 502 に伝達されるトルクをバランスさせるように選択される。図 9 には示されていないが、第 1 の変速装置 520 の第 1 の出力リンク 530 は、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体 502 に直接回転連結される必要はないが、代わりに第 1 の出力リンク 530 とメインシャフト/エンドエフェクタ組立体 502 との間に非単一ギヤ比を提供するような方法で連結され得る。このような非単一ギヤ比が存在する場合、第 1 の回転カップリング 522 によって提供される第 2 のギヤ比は、追加的な非単一ギヤ比を相殺するように構成され得る。 40

【0098】

同様な方法で、第 2 の駆動モータ 518 は、第 2 の変速装置 524 及び第 2 の回転カップリング 526 を介して第 2 の駆動機構 514 及びメインシャフト 508 に回転可能に連結される。第 2 の駆動モータ 518 は、第 2 の変速装置の第 2 の入力リンク 534 に回転 50

可能に連結されるとともに第2の入力トルクを第2の入力リンク534に伝達する。第2の変速装置524は、第2の入力リンク534と第2の変速装置524の第2の出力リンク536との間に第3のギヤ比を提供する。第2の出力リンク536は、第2の回転機構514に回転可能に連結される。第2の回転カップリング536は、第2の変速装置524の第2のベースリンク538とメインシャフト508との間に接続される。第2の回転カップリング526は、第2のベースリンク538とメインシャフト508との間に第4のギヤ比を提供する。第2のベースリンク538は、回転接地されていない(例えば、メインシャフト508が回転可能に取り付けられるベースに回転接地されていない)。

【0099】

第2の変速装置524によって与えられる第3のギヤ比は、第2の出力リンク536が第2の入力トルクを超えるトルクを伝達するようなものより十分大きい。第2の変速装置524の第2のベースリンク538は回転接地されていないので、第2の出力リンク536によって伝達されるトルクと第2の入力トルクとの間の差は、21のベースリンク538から第2の回転カップリング526に伝達される反対方向のトルクによってバランスされる。多くの実施形態では、第3のギヤ比は、第2の出力リンク538によって伝達されるトルク及び第2のベースリンク538から第2の回転カップリング526に伝達される反対方向のトルクが略等しい大きさを有するようなものより著しく大きい。例えば、第3のギヤ比が9対1である実施形態では、第2の出力リンク536によって伝達されるトルクは、第2の入力トルクの9倍である。そして、第2のベースリンク538から第2の回転カップリング526に伝達される反対方向のトルクは、第2の入力トルクの大きさの8

【0100】

第2の回転カップリング526によって提供される第4のギヤ比は、第2の回転カップリング526によってメインシャフト508に伝達されるトルクが、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502によるメインシャフト駆動装置504の回転駆動を抑止するように第2の出力リンク536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクを十分バランスさせるように、選択される。メインシャフト駆動装置504が非ゼロバックドライビングトルク閾値を有する場合、第4のギヤ比は、ある範囲のギヤ比から選択され得るとともに、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502によるメイン駆動装置の回転駆動の抑止を依然としてもたらしうことができる。理想的には、第4のギヤ比は、第2の回転カップリングによってメインシャフトに伝達されるトルクが第2の出力リンク536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクをバランスさせるように選択される。図25には示されていないが、第2の変速装置524の第2の出力リンク536は、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に直接回転連結される必要はないが、代わりに第2の出力リンク536とメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502との間に非単一ギヤ比を提供するような方法で連結され得る。このような非単一ギヤ比が存在する場合、第2の回転カップリング524によって提供される第4のギヤ比は、追加的な非単一ギヤ比を相殺するように構成され得る。

【0101】

第1及び第2の出力リンクは第1及び第2の回転機構512、514にそれぞれ直接回転連結され得る一方、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502は、第1の出力リンク530と第1の回転機構512に回転連結される第1の駆動シャフト542との間にギヤ比を提供する第1のギヤ組立体540、及び第2の出力リンク536と第2の回転機構514に回転連結される第2の駆動シャフト546との間にギヤ比を提供する第2のギヤ組立体544を含む。第1及び第2のギヤ組立体540、544の両方に関して、それらの入力と出力との間のトルク差はメインシャフト508に反応され得る。第1及び第2のギヤ組立体540、544によって提供されるギヤ比にかかわらず、第1及び第2のギヤ組立体540、544はメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502の一部であるため、第1及び第2のギヤ組立体540、544の非単一ギヤ比によって発生する如何な

るトルク差も、第1及び第2の回転機構512、514に伝達されるトルクであるように、メインシャフト508によって反応される。結果として、第1及び第2のギヤ組立体540、544のギヤ比は、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達される作動トルクを相殺するように使用される反作用トルク507の大きさに対して反作用作動組立体506の構成(例えば、ギヤ比)に影響を与えない。

【0102】

反作用作動組立体506を介してメインシャフト508に伝達される反作用トルクは、メインシャフト504の回転駆動を抑制する間、第1及び第2の出力リンク530、536を介してメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクは、メインシャフト駆動装置504のバックドライビングトルク閾値を越え得る。反作用トルクの大きさが、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえメインシャフト駆動装置504のバックドライビングトルク閾値より小さいネットトルクの大きさだけ、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクの大きさと異なるように、反作用作動組立体506は構成される。好ましくは、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、ネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の50パーセントより小さい。より好ましくは、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、ネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の25パーセントより小さい。さらにより好ましくは、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、ネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の10パーセントより小さい。そして理想的には、第1及び第2の出力リンク530、536によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502に伝達されるトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、ネットトルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の2パーセントより小さい。例えば、メインシャフト/エンドエフェクタ組立体502がメインシャフト駆動装置504と回転連結されない場合では(例えば、故障の場合又は手術用組立体500と手術口ポットとの間のカップリングが適切に確立されていない場合)、ベースに対するメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502の回転を抑制して機能する手術用組立体500の摩擦は、ネットトルクの大きさがバックドライビングトルク閾値の2パーセントより小さい場合のメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502の回転を防ぐのに十分であり得る。

【0103】

第1の回転カップリング502及び第2の回転カップリング536は、メインシャフト508に回転連結される1つ又は複数の共通構成要素を共有し得る。例えば、共通駆動シャフトが、ベースリンク532、538の1つ又は両方からメインシャフト508に反作用トルクを伝達するように、メインシャフトに回転連結され得る。

【0104】

任意の適切なタイプの変速装置が第1及び第2の変速装置に対して使用され得るが、遊星ギヤボックスが使用され得るとともに適切なギヤ比を提供するように構成され得る。このような遊星ギヤボックスは、反作用作動組立体506での使用を可能にする適切な小さいサイズを有するように構成され得る。図26は、例示的な遊星ギヤセット550を示す。遊星ギヤセット550は、入力リンク554に取り付けられたサンギヤ552、リングギヤ556、サンギヤ552の周りに分配されるとともにサンギヤ552をリングギヤ556に回転連結する4つの遊星ギヤ558、及び遊星ギヤ558のそれぞれに回転可能に連結するとともに遊星ギヤ558のそれぞれを支持するキャリア560を含む。

【 0 1 0 5 】

さらに、遊星ギヤボックスは、第 1 及び第 2 の変速装置 5 2 0、5 2 4 の、第 1 及び第 2 の入力リンク 5 2 8、5 3 4、第 1 及び第 2 の出力リンク 5 3 0、5 3 6、並びに第 1 及び第 2 のベースリンク 5 3 2、5 3 8 のような、任意の可能な組合せで使用され得る適切な特徴を提供する。例えば、サンギヤは、第 1 及び第 2 の入力リンク、第 1 及び第 2 の出力リンク、並びに第 1 及び第 2 のベースリンクの何れか 1 つに対応し得る。同様に、キャリアは、第 1 及び第 2 の入力リンク、第 1 及び第 2 の出力リンク、並びに第 1 及び第 2 のベースリンクの何れか 1 つに対応し得る。そして、リングギヤは、第 1 及び第 2 の入力リンク、第 1 及び第 2 の出力リンク、並びに第 1 及び第 2 のベースリンクの何れか 1 つに対応し得る。適切な組合せの特定の例として、サンギヤは第 1 / 第 2 の入力リンクに対応することができ、キャリアは第 1 / 第 2 の出力リンクに対応することができ、リングギヤは第 1 / 第 2 のベースリンクに対応することができる。他の例として、サンギヤは第 1 / 第 2 の出力リンクに対応することができ、キャリアは第 1 / 第 2 の入力リンクに対応することができ、リングギヤは第 1 / 第 2 のベースリンクに対応することができる。そして、更なる例証に関して、キャリア又はサンギヤは第 1 / 第 2 のベースリンクに対応することができる。

10

【 0 1 0 6 】

図 2 7 a 乃至図 2 9 c は図 9 の手術用組立体 5 0 0 による低侵襲ロボット手術器具組立体 6 0 0 の実施形態を示す。したがって、手術用組立体 5 0 0 に関する上記の詳解は、手術器具組立体 6 0 0 に適用され、したがって上記の詳解の部分はここでは省略され得る。器具組立体 6 0 0 は、器具組立体の近位端部に配置された作動組立体 6 0 2 を含む。メインシャフト 6 0 4 は、作動組立体 6 0 2 に回転可能に取り付けられる。第 1 の駆動シャフト 6 0 6 及び第 2 の駆動シャフト 6 0 8 は、メインシャフト 6 0 4 内の回転のために取り付けられ、器具組立体の遠位端部に支持されるエンドエフェクタ (図示せず) の、第 1 の回転機構及び第 2 の回転機構にそれぞれトルクを伝達する。図 2 7 a は作動組立体の斜視外観図である。図 2 7 b は、それを通して第 1 及び第 2 の駆動モータがメインシャフト 6 0 4 並びに第 1 及び第 2 の駆動シャフト 6 0 6、6 0 8 に回転連結される駆動カップリング 6 1 2 から切り離されたモータパック 6 1 0 を示す器具組立体 6 0 0 の分解斜視図である。

20

【 0 1 0 7 】

図 2 8 a は作動組立体 6 0 0 の内部構成要素の斜視図である。図 2 8 b は、図 2 7 b に対応する切り離された状態の図 2 8 a の内部構成要素を示す分解斜視図である。図 2 9 a は、残りの構成要素の図を不明瞭にしないように第 2 の駆動モータ、第 2 の遊星ギヤ変速装置、及び第 2 のカップリングシャフトが取り望まれた状態の器具組立体 6 0 0 の内部構成要素を示す斜視図である。図 2 9 b は、図 2 9 a の内部構成要素の端面図である。図 2 9 c は、図 2 9 b の A - A 断面図を示す。器具組立体 6 0 0 は、第 1 の駆動モータ 6 1 4、第 1 の遊星ギヤ変速装置 6 1 6、第 2 の駆動モータ 6 1 8、第 2 の遊星ギヤ変速装置 6 2 0、第 1 のカップリングシャフト 6 2 2、第 2 のカップリングシャフト 6 2 4、及び共通フィードバックシャフト 6 2 6 を含む。第 1 及び第 2 の遊星ギヤ変速装置 6 1 6、6 2 0 はメインシャフトに回転接地されるので、第 1 及び第 2 の遊星ギヤ変速装置 6 1 6、6 2 0 は、メインシャフト 6 0 4 の回転に応じて、第 1 及び第 2 の駆動モータ 6 1 4、6 1 8 それぞれに対して、回転する。

30

40

【 0 1 0 8 】

第 1 のカップリングシャフト 6 2 2 は、第 1 の遊星変速装置 6 1 6 のキャリアと第 1 の駆動シャフト 6 0 6 との間のトルク経路の一部を形成する。第 1 の駆動モータ 6 1 4 は、第 1 の入力トルクを第 1 の遊星変速装置 6 1 6 のサンギヤに伝達する。第 1 の遊星変速装置 6 1 6 のキャリアは、第 1 の駆動シャフト 6 0 6 に互いにかみ合うピニオンギヤを介して回転連結される。そして、第 1 のカップリングシャフト 6 2 2 は、図 2 9 a 及び図 2 9 c に示されるように並びに参照により本願に全ての開示が援用される、2009年11月13日に出願された、“MOTOR INTERFACE FOR PARALLEL

50

DRIVE SHAFTS WITHIN AN INDEPENDENTLY ROTATING MEMBER”という名称の米国特許仮出願番号第61/260,919号(代理人整理番号ISRGO2360PROV)に記載されるように、一对のピニオンギヤ及びリングギヤを介して、第1の駆動シャフト606に、回転可能に連結される。

【0109】

同様に、第2のカップリングシャフト624は、第2の遊星変速装置620のキャリアと第2の駆動シャフト608との間のトルク経路の一部を形成する。第2の駆動モータ618は、第2の入力トルクを第2の遊星変速装置620のサンギヤに伝達する。第2の遊星変速装置620のキャリアは、第2の駆動シャフト624に互いにかみ合うピニオンギヤを介して回転連結される。そして、第2のカップリングシャフト624は、参照により本願に全ての開示が援用される、2009年11月13日に出願された、“MOTOR INTERFACE FOR PARALLEL DRIVE SHAFTS WITHIN AN INDEPENDENTLY ROTATING MEMBER”という名称の米国特許仮出願番号第61/260,919号(代理人整理番号ISRGO2360PROV)に記載されるように、一对のピニオンギヤ及びリングギヤを介して、第2の駆動シャフト608に、回転可能に連結される。

10

【0110】

共通フィードバックシャフト626は、第1の遊星変速装置616のベースリンクとメインシャフト604との間のトルク経路の一部及び第2の遊星変速装置620のベースリンクとメインシャフト604との間のトルク経路の一部を形成する。第1の遊星変速装置616のベースリンクは、一对のピニオンギヤを介して共通フィードバックシャフト626に回転可能に連結され、この一对のピニオンギヤの1つは第1の遊星変速装置616のベースリンクの一部を形成する。同様に、第2の遊星変速装置620のベースリンクは、一对のピニオンギヤを介して共通フィードバックシャフト626に回転可能に連結され、この一对のピニオンギヤの1つは第2の遊星変速装置620のベースリンクの一部を形成する。共通フィードバックシャフト626は、一对のピニオンギヤを介してメインシャフト604に回転可能に連結され、この一对のピニオンギヤの1つはメインシャフトに直接回転連結される。メインシャフト604は、一对のヘリカルギヤ628、630を介してメイン駆動モータ(図示せず)に回転連結される。

20

【0111】

動作では、メインシャフトが回転されないとき、共通フィードバックシャフト626並びに第1及び第2の変速装置のベースリンクもまた、メインシャフトに回転連結されているため回転しない。第1及び第2の遊星変速装置のベースリンクが作動組立体のベースに回転接地されていないため、ベースリンクは、駆動モータからの入力トルクに応じて反作用トルクをメインシャフトに伝達するように、要求に応じて自由に回転をそらせることができ、ベースリンクは、メイン駆動モータによるメインシャフトの任意の回転によって決定されるときに共通駆動シャフトの回転によって決定されるように自由に回転する。

30

【0112】

器具組立体600は、エンドエフェクタの回転機構への作動トルクの伝達に起因する望ましくないメインシャフトの回転を防ぐように検討された代替のアプローチに対して多数の利点を提供する。例えば、器具組立体600は、独立して回転可能なメインシャフトによって支持されるエンドエフェクタの第1及び第2の回転機構の一方又は両方への高レベルのトルクの伝達を提供する一方、同時にメインシャフトへの反作用トルクの伝達を提供し、したがって、メインシャフトを回転させるために使用されるメイン駆動モータをバックドライブさせ得るメインシャフトに加えられるネットルクが実質的にないことをもたらし得る。反作用トルクの伝達は、受動的に実現されるので、能動的アプローチで必要となり得る構成要素の使用を避ける。器具組立体600は、エネルギーの突然の解放の可能性無しにいずれの回転方向においても連続的なリニアな性能を提供する。器具組立体600は、メインシャフトのサイズに対する比較的大きいサイズのモータ及びギヤボックスを考慮する現実的なパッキングの解決法に対応する。器具組立体600はまた、摩擦、磨耗、バ

40

50

ックラッシュ、加工精度、及び機構に使用される構成要素の剛性に対する実質的な不変性も示す。伝動装置が変速装置とメインシャフトとの間の運動学的な閉じた系を作るため、如何なるバックラッシュもこの閉じた系において吸収され、したがって、機構の計算された残りのトルクを超えるネットトルクはメインシャフト/エンドエフェクタ組立体に決して加えられない。そして、前述の利点全てが、エンドエフェクタの第1及び第2の回転機構の一方又は両方へのトルクの伝達中、メイン駆動モータによるメインシャフトの自由な回転を提供する器具に提供される。

【0113】

検討された代替アプローチは、前述の利点の1つ又は複数を提供しない。検討された代替アプローチは、一方向平歯車、バックドライブできないウォームギヤ、摩擦ブレーキ、メインシャフト回転ロック、メイン駆動モータを介して加えられる余分なパワー、メイン駆動モータを介したメインシャフトの回転の能動的補償、与えられるトルクを補償するための補助モータの使用、及びメインシャフトへのモータ及びギヤボックスの取り付けを含んだ。特にセルフロックギヤのコンセプトは、特に、ギヤセットがロックされた状態からロック解除された状態になるので、負荷をかけられる間の回転方向の変化が突然且つ素早い機械的エネルギーの解放を生じさせ得るという問題に悩まされる。ブレーキは、ブレーキの解放が突然エネルギーを解放し得るという同様な欠陥を有する。

(例示のギヤ比に対するトルクバランス計算)

図30は、上述の手術用組立体500に使用され得る例示的なギヤ比に関する以下の詳解のための参照符号の識別を提供する。反作用作動組立体506は、第1及び第2の駆動モータ516、518をメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502と連結するために同様の構成を使用するので、以下の詳解は、詳解がまた第2の駆動モータ518をメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502と連結することに関しても適用可能であるという理解とともに、第1の駆動モータ516をメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502と連結することに関して述べられる。

【0114】

第1の出力リンク530によってメインシャフト/エンドエフェクタ組立体502(Tc)に伝達されるトルクは式(1)によって計算され得る。

【0115】

$$T_c = T_m \times P \times (N_{1B} / N_{1A}) \times (N_{1D} / N_{1C}) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 T_m = モータ1の駆動トルク

P = 遊星ギヤボックスP1のギヤ比

N_{1A} = ギヤ1Aのギヤの歯数

N_{1B} = ギヤ1Bのギヤの歯数

N_{1C} = ギヤ1Cのギヤの歯数

N_{1D} = ギヤ1Dのギヤの歯数、である。

【0116】

第1のベースリンク532及び第1の回転カップリング532を介してメインシャフト508(Tr)に伝達される反作用トルクは式(2)によって計算され得る。

【0117】

$$T_r = -T_m \times (P - 1) \times (N_{3B} / N_{3A}) \times (N_{3D} / N_{3C}) \quad \text{式(2)}$$

ここで、 N_{3A} = ギヤ3Aのギヤの歯数

N_{3B} = ギヤ3Bのギヤの歯数

N_{3C} = ギヤ3Cのギヤの歯数

N_{3D} = ギヤ3Dのギヤの歯数、である。

(メインシャフトの位置からエンドエフェクタ駆動シャフトの位置の切り離し)

上述のように反作用トルクを提供することに加えて、手術用組立体500は及び器具組立体600は、エンドエフェクタ駆動シャフトの位置をメインシャフトの位置から実質的に切り離すことを実装され得る。例えば、手術用組立体500の構成は、第1及び第2の入力リンク528、534が回転しないとき(すなわち、第1及び第2の駆動モータ51

6、518が回転しない)、メインシャフト駆動装置504によるメインシャフト508の回転がメインシャフト508に対する第1及び第2の駆動シャフト542、546の回転の著しい量を生じさせないように、選択され得る。第1及び第2の駆動シャフト542、546の引き起こされる回転は、メインシャフト508の回転の10パーセント未満であり得る。そして、幾つかの実施形態では、第1及び第2の駆動シャフト542、546の引き起こされる回転は、メインシャフトの回転の5パーセント未満であり得る。この特質は非常に有益である。例えば、幾つかの実施形態では、第1及び第2の駆動モータ516、518は、限られた動作範囲を有する。第1及び第2の駆動モータ516、518の位置をメインシャフト508の位置から実質的に切り離すことによって、メインシャフトの動作範囲は、第1及び第2の駆動モータ516、518の限られた動作範囲によって制限されない。さらに、このような切り離しがメインシャフトのわずかな回転に応じた第1及び第2の回転機構512、514の実質的な作動を防ぐので、このような切り離しは、第1及び第2の回転機構512、514に関するエンドエフェクタの操作特性に関して有益である。例えば、第1及び第2の回転機構512、514の一方が吻合器機構を作動させるために使用される場合、切り離しはメインシャフト508の回転によって引き起こされる第1及び第2の回転機構512、514の回転に起因するステーブルの不注意な発射を防ぐのに役立つ。さらに、このような切り離しがない場合、メインシャフト508の位置を観測すること及び第1及び第2の駆動シャフト542、546の引き起こされた運動を修正するように第1及び第2の駆動モータ516、518の反作用回転を発生するために観測された位置を使用することが必要になり得る。

10

20

【0118】

メインシャフト508の回転によって引き起こされる第1の駆動シャフト542の回転の量は、式(3)によって計算され得る。理解され得るように、第2の駆動シャフト546に対応するパラメータは、メインシャフト508の回転によって引き起こされた第2の駆動シャフト546の回転の量を計算するために、式(3)において第1の駆動シャフト542に対応するパラメータに代入され得る。

式(3)

【0119】

【数2】

30

$$Ind_{rot} = Main_{rot} \times \left(\frac{\left(\frac{N_{3B}}{N_{3A}} \right) \times \left(\frac{N_{3D}}{N_{3C}} \right) \times \left(\frac{P-1}{P} \right) \times \left(\frac{N_{1A}}{N_{1B}} \right) \times \left(\frac{N_{1C}}{N_{1D}} \right) - 1}{\left(\frac{N_{1F}}{N_{1E}} \right)} \right)$$

40

ここで、 N_{1E} = ギヤ1Eのギヤの歯数
 N_{1F} = ギヤ1Fのギヤの歯数、である。

【0120】

表1乃至3は、例示の実施形態のエンドエフェクタ駆動シャフトに関する、伝導装置パラメータ、結果として得られる単位トルク計算、及び引き起こされる回転のレベルを記載する。

【0121】

(表1 . 第1の例示の実施形態)

50

【表 1】

パラメータ定義	パラメータ変数	パラメータ値
モータ1出力トルク	Tm	1
遊星ギヤボックスP1のギヤ比	P	25
ギヤ1Aの歯数	N_{1A}	32
ギヤ1Bの歯数	N_{1B}	40
ギヤ1Cの歯数	N_{1C}	23
ギヤ1Dの歯数	N_{1D}	55
ギヤ1Eの歯数	N_{1E}	43
ギヤ1Fの歯数	N_{1F}	13
結果として生じる入力駆動トルク	Tc	74.7
ギヤ3Aの歯数	N_{3A}	50
ギヤ3Bの歯数	N_{3B}	64
ギヤ3Cの歯数	N_{3C}	23

ギヤ3Dの歯数	N_{3D}	55
結果として生じる相殺トルク	Tr	-73.5
トルクアンバランスのパーセント	$((Tc + Tr)/Tc)/100$	1.7 パーセント
参照のメインシャフトの回転	$Main_{rot}$	520 度
引き起こされるエンドエフェクタ駆動シャフトの回転	Ind_{rot}	-25.3 度 (4.9パーセント)

【 0 1 2 2 】

(表 2 第 2 の例示の実施形態)

【表 2】

パラメータ定義	パラメータ変数	パラメータ値
モータ1出カトルク	Tm	1
遊星ギヤボックスP1のギヤ比	P	9
ギヤ1Aの歯数	N_{1A}	24
ギヤ1Bの歯数	N_{1B}	54
ギヤ1Cの歯数	N_{1C}	23
ギヤ1Dの歯数	N_{1D}	55
ギヤ1Eの歯数	N_{1E}	43
ギヤ1Fの歯数	N_{1F}	13
結果として生じる入力駆動トルク	Tc	48.4
ギヤ3Aの歯数	N_{3A}	51
ギヤ3Bの歯数	N_{3B}	61
ギヤ3Cの歯数	N_{3C}	14
ギヤ3Dの歯数	N_{3D}	70
結果として生じる相殺トルク	Tr	-47.8
トルクアンバランスのパーセント	$((Tc + Tr)/Tc)/100$	1.2 パーセント
参照のメインシャフトの回転	$Mainrot$	520 度
引き起こされるエンドエフェクタ駆動シャフトの回転	$Indrot$	-20.6 度 (4.0パーセント)

10

20

30

【 0 1 2 3 】

(表 3 第 3 の例示の実施形態)

【表 3】

パラメータ定義	パラメータ変数	パラメータ値
モータ1出力トルク	T_m	1
遊星ギヤボックスP1のギヤ比	P	25
ギヤ1Aの歯数	N_{1A}	23
ギヤ1Bの歯数	N_{1B}	56
ギヤ1Cの歯数	N_{1C}	23
ギヤ1Dの歯数	N_{1D}	55
ギヤ1Eの歯数	N_{1E}	43
ギヤ1Fの歯数	N_{1F}	13
結果として生じる入力駆動トルク	T_c	145.6
ギヤ3Aの歯数	N_{3A}	51
ギヤ3Bの歯数	N_{3B}	61
ギヤ3Cの歯数	N_{3C}	14
ギヤ3Dの歯数	N_{3D}	70
結果として生じる相殺トルク	T_r	-143.5
トルクアンバランスのパーセント	$((T_c + T_r)/T_c)/100$	1.4 パーセント
参照のメインシャフトの回転	$Main_{rot}$	520 度
引き起こされるエンドエフェクタ駆動シャフトの回転	Ind_{rot}	-24.0 度 (4.6パーセント)

【 0 1 2 4 】

(関連する方法)

図 3 1 は、多くの実施形態による、エンドエフェクタに伝達される作動トルクが手術中にバックドライブ可能なメインシャフトをバックドライブさせることを防ぐための方法 7 0 0 を示す。上述の手術用組立体 5 0 0 及び器具組立体 6 0 0 は、方法 7 0 0 を実施するために使用され得る。そして、1つ又は複数の以下の動作は省略され得る。

【 0 1 2 5 】

動作 7 0 2 において、第 1 の変速装置の入力リンクは、第 1 の変速装置の出力リンクが第 1 の出力トルクをメインシャフト及びメインシャフトに支持されたエンドエフェクタを含むとともに第 1 のエンドエフェクタトルクをエンドエフェクタに伝達するメインシャフト組立体に伝達するように、回転される。第 1 の変速装置は、第 1 の入力リンクと第 1 の出力リンクとの間に第 1 のギヤ比を提供する。第 1 の出力トルクは、メインシャフト組立体を回転駆動するように動作可能なメインシャフトのバックドライブトルク閾値より大きい。

【 0 1 2 6 】

動作 7 0 4 では、トルクは、第 1 の変速装置のベースリンクからメインシャフトに第 1

の回転カップリングを介して伝達される。第1の回転カップリングは、第1の出力トルクと反対方向である第1の反作用トルクがメインシャフトに加えられるように、第1のベースリンクとメインシャフトとの間に第2のギヤ比を提供する。第1の反作用トルクは、第1の出力トルクによるメインシャフト組立体の回転駆動を抑止する。

【0127】

メインシャフト駆動装置は、メインシャフト組立体がバックドライビングトルク閾値を越えるネットトルクにさらされるとときメインシャフトがメインシャフト駆動装置をバックドライブするとともにメインシャフト組立体がバックドライビングトルク閾値未満のネットトルクにさらされるとときメインシャフト駆動装置をバックドライブしないような、バックドライビングトルク閾値を有し得る。好ましくは、第1の反作用トルクの大きさは、バックドライビングトルク閾値の50パーセント未満である第1のネットトルクだけ、第1の出力トルクの大きさと異なる。より好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、第1の出力トルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、バックドライビングトルク閾値の25パーセント未満である。さらにより好ましくは、第1のネットトルクの大きさは、第1のエンドエフェクタトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、バックドライビングトルク閾値の10パーセント未満である。そして、理想的には、第1のネットトルクの大きさは、第1のエンドエフェクタトルクがバックドライビングトルク閾値を越えるときでさえ、バックドライビングトルク閾値の2パーセント未満である。

【0128】

動作706では、第2の変速装置の第2の入力リンクは、第2の変速装置の出力リンクが第2の出力トルクをメインシャフト組立体に伝達するとともに第2のエンドエフェクタトルクをエンドエフェクタに伝達するように、回転される。第2の変速装置は、第2の入力リンクと第2の出力リンクとの間に第3のギヤ比を提供する。第2の出力トルクは、メインシャフト駆動装置のバックドライビングトルク閾値より大きい。

【0129】

動作708では、トルクは、第2の変速装置の第2のベースリンクからメインシャフトに第2の回転カップリングを介して伝達される。第2の回転カップリングは、第2の出力トルクと反対方向である第2の反作用トルクがメインシャフトに加えられるように、第2のベースリンクとメインシャフトとの間に第4のギヤ比を提供する。第2の反作用トルクは、第2の出力トルクによるメインシャフト組立体の回転駆動を抑止する。

【0130】

第1及び第2の回転カップリングは、1つ又は複数の共通構成要素を共有し得る。例えば、第1及び第2の回転カップリングは共通駆動シャフトを共有し得る。

【0131】

他の変形形態は本発明の精神の中にある。したがって、本発明は、様々な変更形態及び代替構造が可能であり、特定の説明された実施形態は図面に示されるとともに詳細に記載されている。しかし、本発明を特定の形態又は開示された形態に限定する意図はなく、それどころか、全ての修正、代替構造、及び添付の特許請求の範囲に定義されるように、本発明の精神及び範囲内に属する均等物をカバーすることを意図していることが理解されるべきである。

【0132】

本発明を記載する文脈における用語「a」、「an」、「the」（1つの、ある）、及び同様の指示物（特に以下の特許請求の範囲の文脈において）の使用は、本願に示されない限り又は文脈によって明らかに否定されない限り、単数形及び複数形の両方を包含するように解釈されるべきである。用語「有する、含む、備える（“comprising”、“having”、“including”、及び“containing”）」は、記載されない限りオープンエンドタームとして（すなわち、「含んでいるが限定されない」ことを意味する）解釈されるべきである。用語「接続される」は、たとえ何かが介在していても、部分的に又は完全に中に含まれる、取り付けられる、又は一緒に結合される

10

20

30

40

50

として解釈されるべきである。本願における値の範囲の列挙は、ここに示されない限り、範囲に入るそれぞれの独立した値を個別に参照する省略表現方法として機能することが単に意図され、それぞれの独立した値は、それが本願に個別に参照されるように、明細書に組み込まれる。本願に記載された全ての方法は、本願に示されない限り又は文脈によって明らかに否定されない限り、任意の適切な順番で実行され得る。任意の及び全ての例、又は本願に用いられる例示的な言語（例えば、「等」）の使用は、本発明の実施形態をより良く明らかにすることを単に意図し、特許請求の範囲に記載されない限り、本発明の範囲の限定をもたらさない。明細書の言語は、本発明の実施に必須であるような任意のクレームされていない要素を示すものとして解釈されるべきではない。

【0133】

10

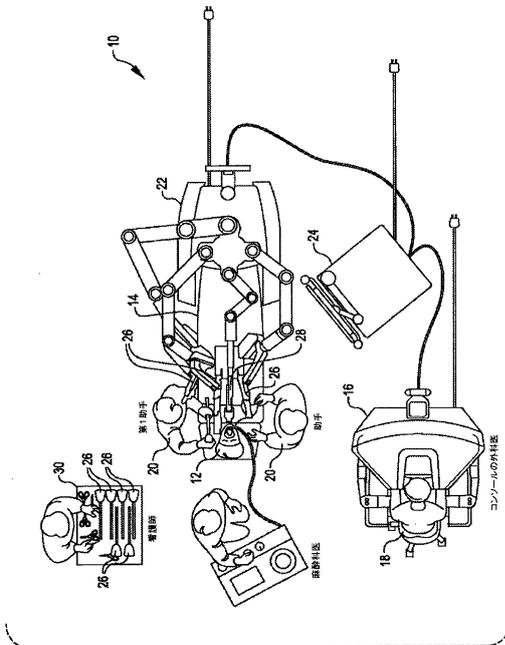
本発明を実施するために発明者に知られているベストモードを含む、本発明の好適な実施形態がここに記載されている。これらの好適な実施形態の変形形態は、前述の記載を読むことで当業者に明らかになり得る。発明者は、熟練した職人がこのような変形形態を適切に用いることを予期し、発明者は発明が特に本願に記載されるより他の方法で実施されることを意図する。したがって、本発明は、全ての修正形態及び適用される法律によって許されるように添付された特許請求の範囲に記載された主題の均等物を含む。さらに、それらの全ての可能な変形形態の上述の構成要素の任意の組み合わせが、本願に示されない限り又は文脈によって明らかに否定されない限り、本発明によって包含される。

【0134】

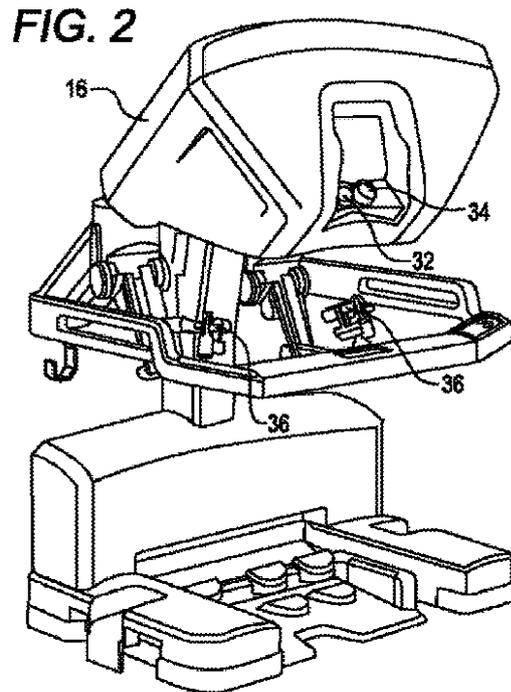
本願に引用された、出版物、特許出願、特許を含む全ての参考文献は、各参考文献が参照により組み込まれることが個々に且つ明確に示されるような、並びに且つ完全に本願に述べられているような、同じ程度まで、参照により本願に組み込まれる。

20

【図1】

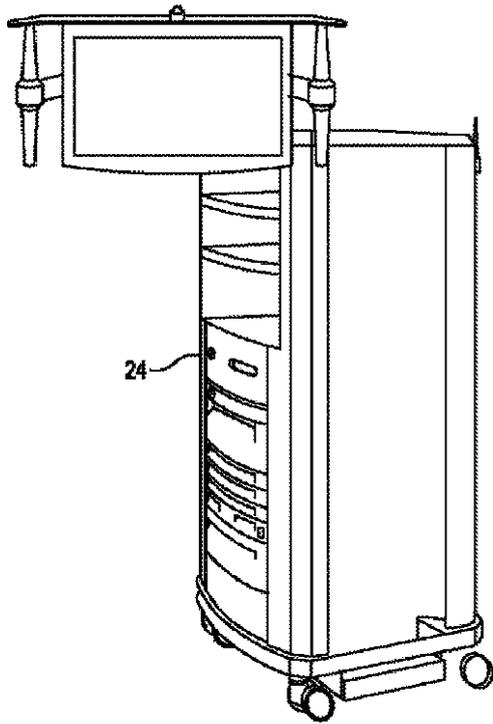


【図2】

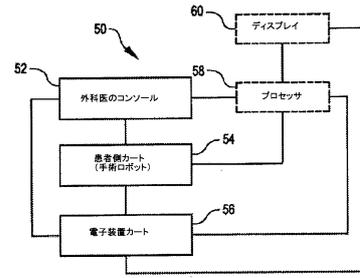


【 図 3 】

FIG. 3

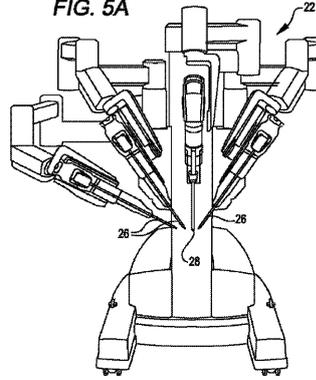


【 図 4 】



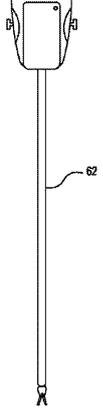
【 図 5 A 】

FIG. 5A



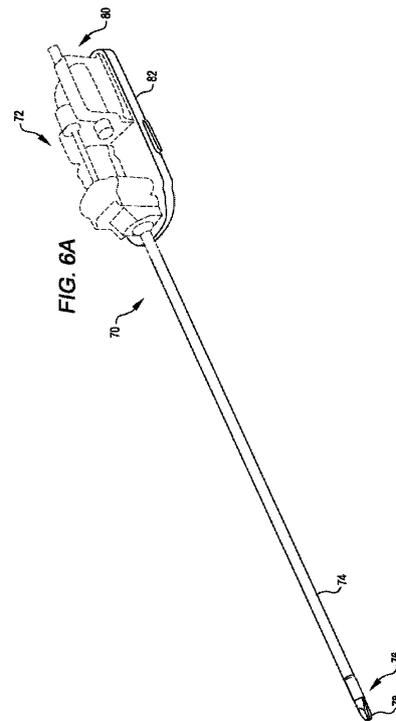
【 図 5 B 】

FIG. 5B

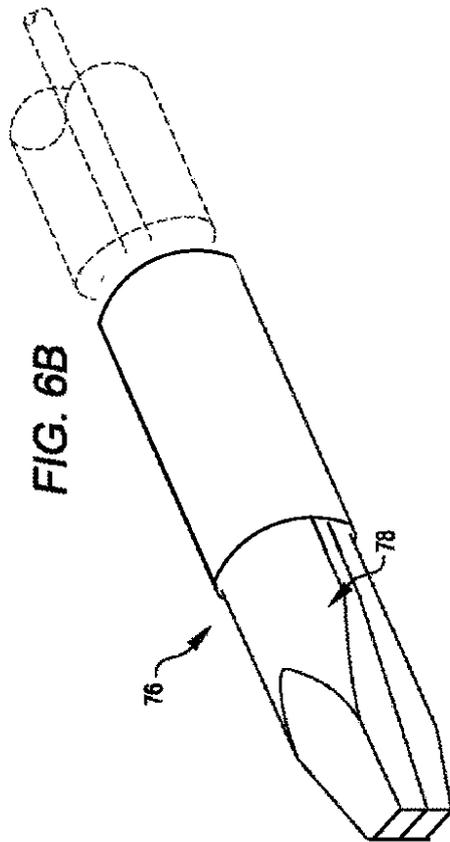


【 図 6 A 】

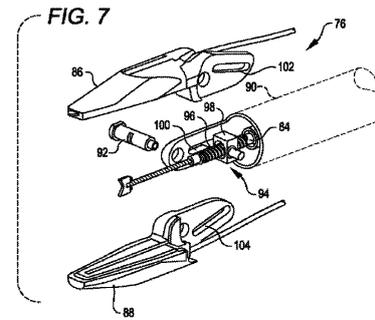
FIG. 6A



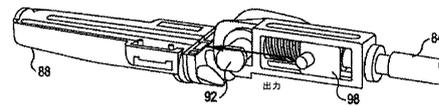
【 図 6 B 】



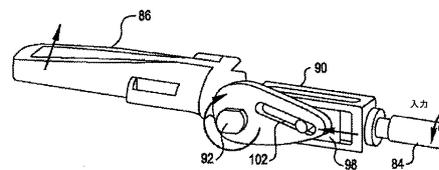
【 図 7 】



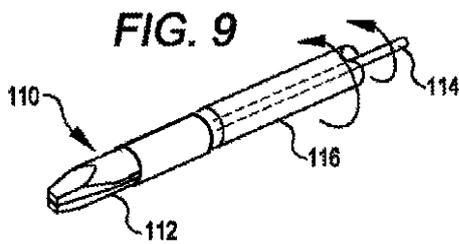
【 図 8 A 】



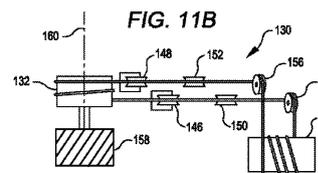
【 図 8 B 】



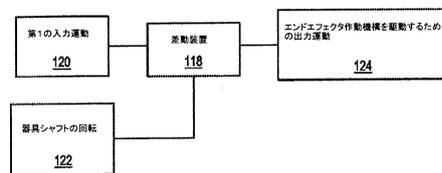
【 図 9 】



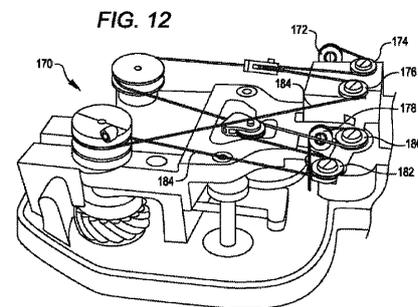
【 図 11 B 】



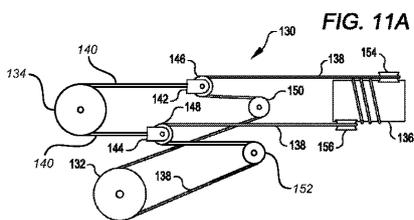
【 図 10 】



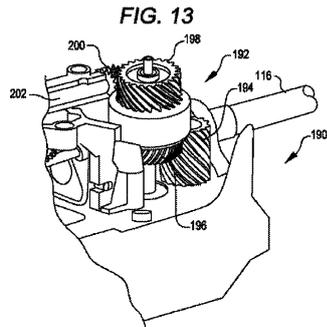
【 図 12 】



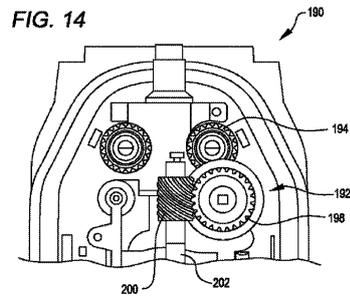
【 図 11 A 】



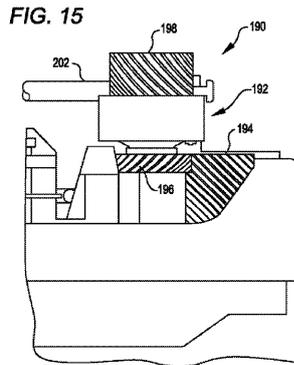
【図13】



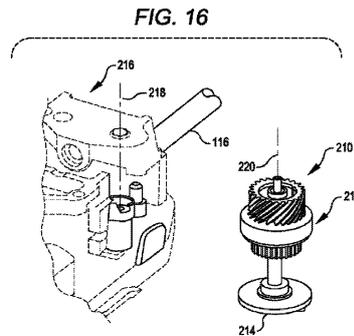
【図14】



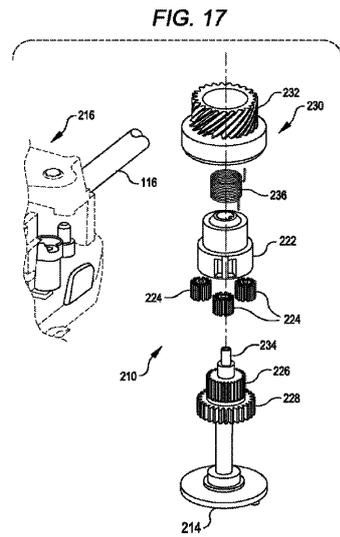
【図15】



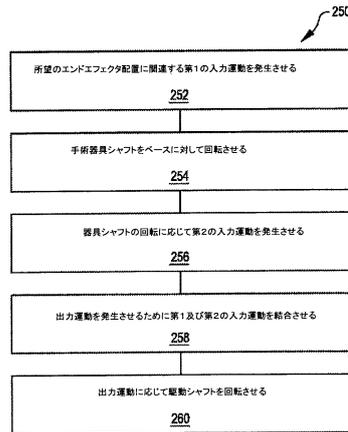
【図16】



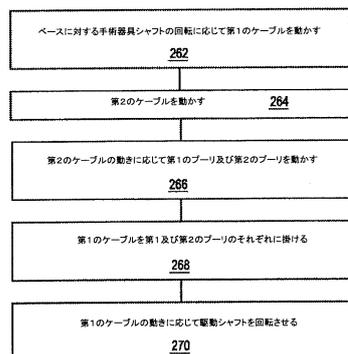
【図17】



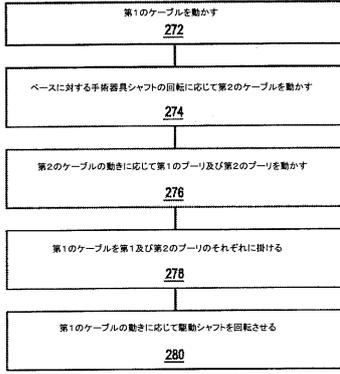
【図18】



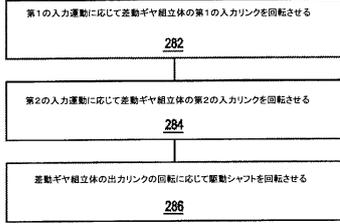
【図19】



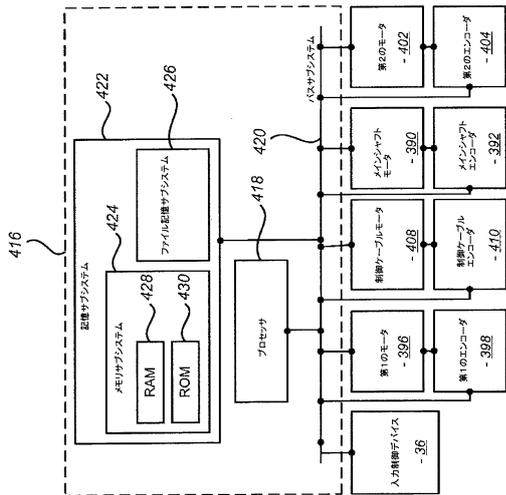
【図20】



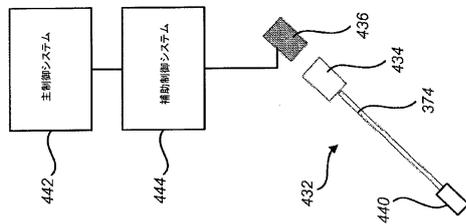
【図21】



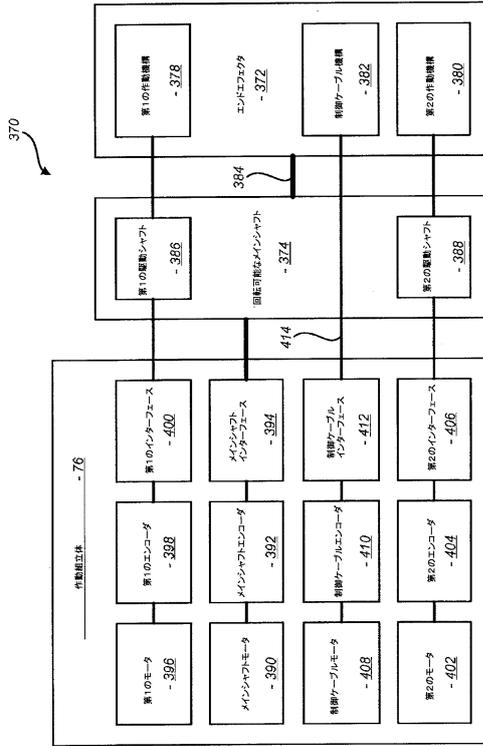
【図23】



【図24】



【図22】



【図25】

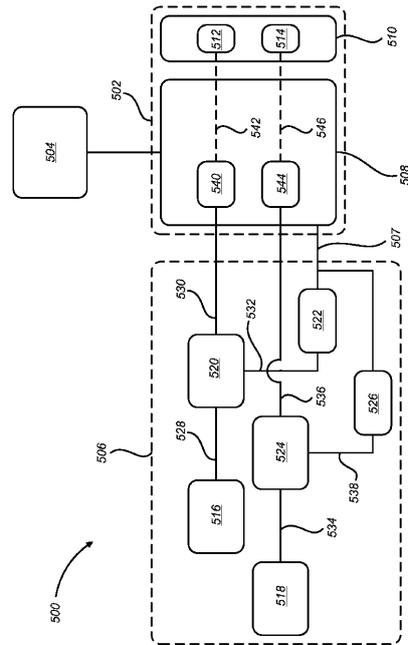


FIG. 25

【 26 】

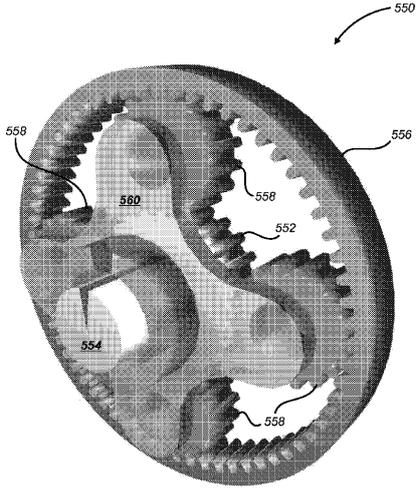


FIG. 26

【 27 a 】

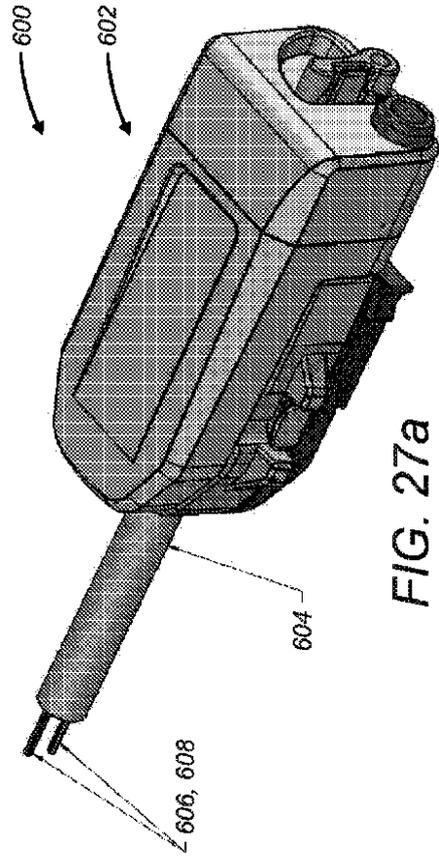


FIG. 27a

【 27 b 】

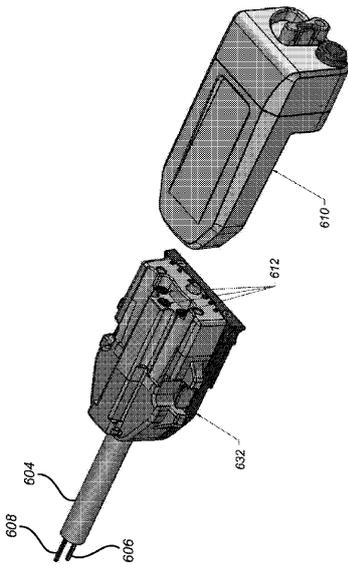


FIG. 27b

【 28 a 】

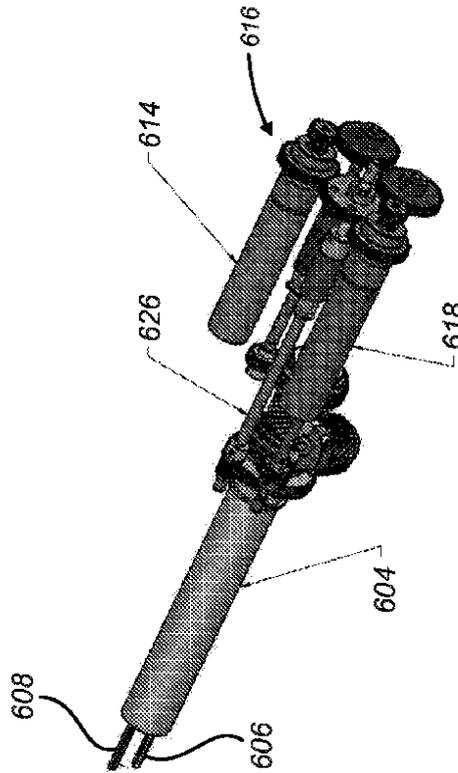


FIG. 28a

【 図 28 b 】

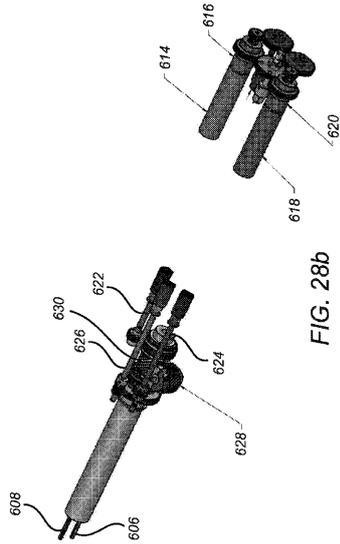


FIG. 28b

【 図 29 a 】

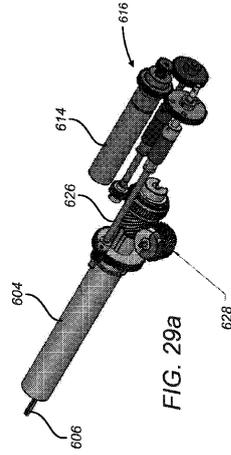


FIG. 29a

【 図 29 b 】

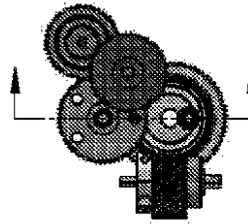


FIG. 29b

【 図 29 c 】

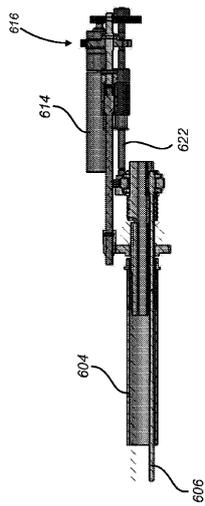
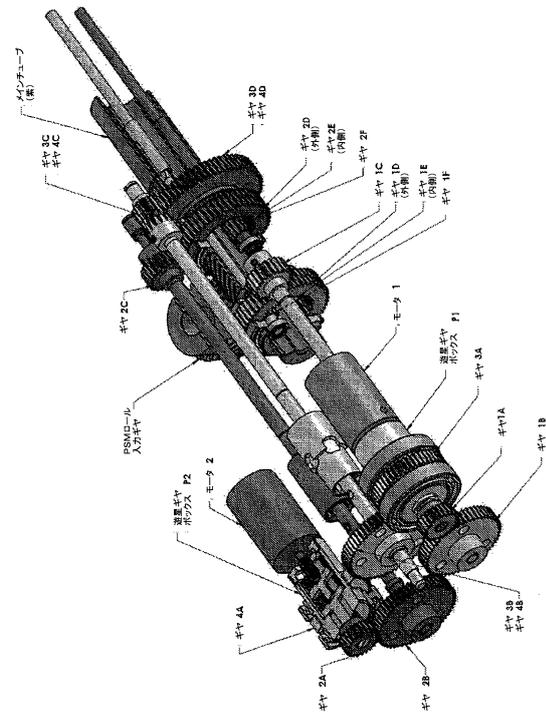
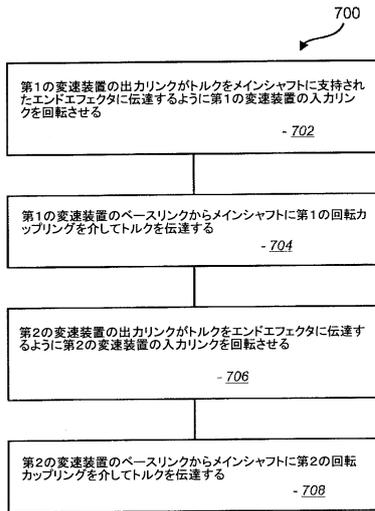


FIG. 29c

【 図 30 】



【図 31】



フロントページの続き

- (72)発明者 ブライソン, ガブリエル エフ
アメリカ合衆国 94076 カリフォルニア州, アルバニー, レッド・オーク・アヴェニュー
405, アpartment 307
- (72)発明者 バーバンク, ウィリアム
アメリカ合衆国 06482 コネチカット州, サンディホーク, オールド・グリーン・ロード
2
- (72)発明者 ダッチス セカンド, グレゴリー ダブリュ
アメリカ合衆国 94107 カリフォルニア州, サンフランシスコ, キング・ストリート 26
0, アpartment 263
- (72)発明者 ザビンスキ, ジョン ダブリュ
アメリカ合衆国 94539 カリフォルニア州, フリモント, アベロエ・テラス 43756
- (72)発明者 マーフィー, トッド
アメリカ合衆国 94306 カリフォルニア州, パロアルト, カートナー・アヴェニュー 25
0, 3号

審査官 沼田 規好

- (56)参考文献 特開昭63-057189(JP, A)
特開2008-253463(JP, A)
特表平03-505067(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 34/35