

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6526047号  
(P6526047)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int. Cl. F I  
**A 6 1 B 34/37 (2016.01)** A 6 1 B 34/37  
**B 2 5 J 3/00 (2006.01)** B 2 5 J 3/00 Z

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-560592 (P2016-560592)	(73) 特許権者	510253996
(86) (22) 出願日	平成27年3月31日 (2015.3.31)		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2017-515538 (P2017-515538A)		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29年6月15日 (2017.6.15)	(74) 代理人	100107766
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/023629		弁理士 伊東 忠重
(87) 国際公開番号	W02015/153636	(74) 代理人	100070150
(87) 国際公開日	平成27年10月8日 (2015.10.8)		弁理士 伊東 忠彦
審査請求日	平成30年3月15日 (2018.3.15)	(74) 代理人	100091214
(31) 優先権主張番号	61/973,822		弁理士 大貫 進介
(32) 優先日	平成26年4月1日 (2014.4.1)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔操作される手術器具のための制御入力精度

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

遠隔手術式に操作される器具を含む患者側カートであって、前記遠隔手術式に操作される器具は、伝動装置と、複数のエンドエフェクタ構成部品を有する手術エンドエフェクタとを含み、前記伝動装置は、モータによって駆動させられ、前記伝動装置は、少なくとも、第1のエフェクタドライブトレーンと、第2のエフェクタドライブトレーンとを含む、患者側カートと、

前記伝動装置を制御する少なくとも1つのプロセッサを含むコントローラとを含み、前記コントローラは、

前記第2のエフェクタドライブトレーンの出力歯車を係止するステップと、

前記モータの連結を前記第1のエフェクタドライブトレーンから前記第2のエフェクタドライブトレーンにシフトさせるステップと、

第1のトルクを用いて、前記係止された出力歯車を駆動させることによって、前記出力歯車が整列させられていることを決定するステップと、

第2のトルクを用いて、前記係止された出力歯車を駆動させることによって、前記出力歯車が適切に制動させられていることを決定するステップと、

前記出力歯車を係止解除するステップと、

前記モータを用いて、前記第2のエフェクタドライブトレーンを駆動させるステップとを含む、

方法を行うように構成される、

手術システム。

【請求項 2】

前記第 1 のトルクは、前記第 2 のトルクよりも低い、請求項 1 に記載の手術システム。

【請求項 3】

前記出力歯車が整列させられていることを決定するステップは、前記出力歯車の動きが前記第 1 のトルクの下で停止していることを決定するステップを含む、請求項 1 に記載の手術システム。

【請求項 4】

前記第 1 のトルクの下で停止する前記出力歯車の動きの結果、前記出力歯車は整列させられていると決定される、請求項 3 に記載の手術システム。

10

【請求項 5】

前記第 1 のトルクの下で停止しない前記出力歯車の動きの結果、前記出力歯車は整列させられていないと決定され、前記伝動装置をシフトさせることが中止される、請求項 3 に記載の手術システム。

【請求項 6】

前記出力歯車が適切に制動させられていることを決定するステップは、前記モータによって加えられる前記第 2 のトルクが飽和値にあることを決定するステップを含む、請求項 1 に記載の手術システム。

【請求項 7】

前記第 2 のトルクが前記飽和値に達する結果、前記出力歯車は適切に制動させられていると決定される、請求項 6 に記載の手術システム。

20

【請求項 8】

前記第 2 のトルクが前記飽和値に達しない結果、前記出力歯車は適切に制動させられていないと決定され、前記伝動装置をシフトすることが中止される、請求項 6 に記載の手術システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の参照)

この出願は、Brisson, et al.によって2014年4月1日に出願された「CONTROL INPUT ACCURACY FOR TELEOPERATED SURGICAL INSTRUMENT」という名称の米国仮出願第61/973,822号に関し且つその利益を主張し、その全文を全ての目的のためにここに参照として援用する。

30

【背景技術】

【0002】

最小侵襲的な医療技法は、診断処置又は外科処置の間に損傷させられる無関係組織(ext raneous tissue)の量を減少させ、それにより、患者の回復時間、不快感、及び有害な副作用を減少させることを意図する。最小侵襲的な手術の1つの効果は、例えば、術後病院回復時間の減少である。標準的な手術についての平均的な病院滞在は、典型的には、類似の最小侵襲的な手術についての平均的な病院滞在よりも有意に長いので、最小侵襲的な技法の使用の増大は、毎年の病院費用を数百万ドル節約し得る。米国内で毎年執り行われる手術の多くは、潜在的には、最小侵襲的な方法において執り行われ得るが、最小侵襲的な手術器具における制約及びそれらを習得することに含まれる追加的な手術訓練の故に、目下の手術の一部のみがこれらの有利な技法を用いる。

40

【0003】

外科医の器用さを増大させ、従来的な最小侵襲的な技法に関する制約の一部を回避するために、最小侵襲的な遠隔手術システムが開発されている。遠隔手術において、外科医は、手で器具を直接的に保持して動かすよりもむしろ、何らかの形態の遠隔制御装置(例えば、サーボ機構又は類似物)を用いて、手術器具の動きを操縦(manipulate)する。遠隔手術システムにおいて、外科医は、手術ワークステーションで、手術部位の画像を提供され

50

得る。外科医は、手術部位の二次元又は三次元画像をディスプレイ上で見ながら、マスタ制御デバイスを操縦することによって、患者に対して外科処置を執り行い、次に、マスタ制御デバイスは、サーボ機械的に操作される器具の動きを制御する。

#### 【0004】

遠隔手術のために用いられるサーボ機構は、しばしば、2つのマスタコントローラ（外科医の両手の各々について1つ）からの入力を受信し、2つ又はそれよりも多くのロボットアームを含むことがあり、それらの各々には手術器具が取り付けられる。マスタコントローラと関連するロボットアーム及び器具アセンブリとの間の動作的な通信は、典型的には、制御システムを通じて達成される。制御システムは、典型的には、例えば、カフィードバック又は同等のこの場合において、マスタコントローラからの入力命令を、関連するロボットアーム及び器具アセンブリに中継し、器具及びアームアセンブリから関連するマスタコントローラに戻す、少なくとも1つのプロセッサを含む。ロボット手術システムの一例は、Sunnyvale, California, USAのIntuitive Surgical, Inc.から入手可能なDA VINCI（登録商標）システムである。

10

#### 【0005】

ロボット手術中に手術部位で手術器具を支持するために、様々な器具構成を用い得る。被駆動リンケージ（リンク装置）又は「スレーブ」（“slave”）は、しばしば、ロボット手術マニピュレータと呼ばれ、最小侵襲的なロボット手術中のロボット手術マニピュレータとしての使用のための例示的なリンケージ構成は、米国特許第7,594,912号、第6,758,843号、第6,246,200号、及び第5,800,423号に記載されており、それらをここに参照として援用する。これらのリンケージは、しばしば、平行四辺形構成を利用して、シャフトを有する器具を保持する。そのようなマニピュレータ構造は、器具が剛性シャフトの長さに沿う空間内に位置付けられる操縦(manipulation)の遠隔中心について旋回するよう、器具の動きを拘束し得る。操縦の遠隔中心を内部手術部位への切開地点と（例えば、腹腔鏡手術中に腹壁にあるトロカール又はカニューレと）整列させることによって、腹壁に対して潜在的に危険な力を加えずに、マニピュレータリンケージを用いてシャフトの近位端を動かすことにより、手術器具のエンドエフェクタを安全に位置付け得る。代替的なマニピュレータ構造は、例えば、米国特許第7,763,015号、第6,702,805号、第6,676,669号、第5,855,583号、第5,808,665号、第5,445,166号、及び第5,184,601号に記載されており、それらをここに参照として援用する。

20

30

#### 【0006】

ロボット手術中に手術部位でロボット手術マニピュレータ及び手術器具を支持し且つ位置付けるために、様々な器具構成を用い得る。各マニピュレータを患者の体内のそれぞれの切開地点と位置付け且つ整列させるために、セットアップ関節(set-up joint)又はセットアップ関節アームと呼ぶことがある、支持リンケージ機構がしばしば用いられる。支持リンケージ機構は、所望の手術切開地点及び標的解剖学的構造との手術マニピュレータの整列を容易化する。例示的な支持リンケージ機構は、米国特許第6,246,200号及び6,788,018号に記載されており、それらをここに参照として援用する。

#### 【発明の概要】

40

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

新しい遠隔手術システム及びデバイスは、極めて効果的であり且つ有利であることが証明されているが、一層更なる改良が望ましい。一般的には、改良された最小侵襲的なロボット手術システムが望ましい。しばしば、新しい手術器具は、既存の遠隔手術プラットフォームでの使用のために開発される。よって、器具は、遠隔手術システムに適合することが求められる。何故ならば、特定の手術用途のための新しい遠隔手術システムの開発は、法外な費用がかかるからである。しかしながら、既存の遠隔手術プラットフォームが特定の手術器具の機構の全てのために所要量のモータ出力を有さないときに、問題が生じる。よって、手術能力を制約せずに、並びに既存の遠隔手術システムに対する変更を必要とせ

50

ずに、新しい手術デバイスを既存の遠隔手術システムに適合させる、必要がある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

多くの実施態様が、近位端と遠位端とを有する細長いシャフトを含む手術ツールに向けられる。手術エフェクタが遠位端付近に配置される。手術エフェクタは、複数のエフェクタ機構を含んでよく、各エフェクタ機構は、1つ又は複数の自由度(DOFs)を有する。エフェクタ本体が近位端に配置されてもよい。エフェクタ本体は、複数のエフェクタ機構を駆動させる複数のモータインターフェースを含んでよい。例えば、複数のモータインターフェースは、第1のモータインターフェースを含んでよい。伝動装置がエフェクタ本体と手術エフェクタとの間に連結されてよい。伝動装置は、複数のエフェクタ機構の一部のみと関連付けられるDOFsとの間で第1のモータインターフェースの連結をシフトさせるように構成されてよい。

10

【0009】

多くの実施態様が、少なくとも1つの遠隔手術式に操作される器具を有する患者側カートに向けられる。少なくとも1つの遠隔手術式に操作される器具は、複数のエフェクタ機構を有する手術エフェクタを含む。複数のエフェクタ機構をモータに連結するために伝動装置が提供される。ドライブトレイン(駆動列)(drive train)は、少なくとも第1のエフェクタドライブトレインと、第2のエフェクタドライブトレインとを含む。コントローラが提供され、コントローラは伝動装置を制御する少なくとも1つのプロセッサを含む。コントローラは、第2のエフェクタドライブトレインの出力歯車を係止することによって、方法を遂行するように構成される。次に、カムシャフトが回転させられて、モータの連結を第1のエフェクタドライブトレインから第2のエフェクタドライブトレインにシフトさせる。第1のトルクを用いて、係止させられた出力歯車を駆動させることによって、出力歯車が整列させられていることが決定される。次に、第2のトルクを用いて、係止させられた出力歯車を駆動させることによって、出力歯車が適切に制動させられていることが決定される。次に、出力歯車を係止解除することができ、モータを用いて第2のエフェクタドライブトレインを駆動させることができる。

20

【0010】

多くの実施態様において、第1のトルクは、第2のトルクよりも比較的低い。

【0011】

多くの実施態様において、出力歯車が整列させられていることを決定するステップは、出力歯車の動きが第1のトルクの下で停止しているか否かを決定するステップを含む。

30

【0012】

多くの実施態様において、出力歯車が第1のトルクの下で停止しているならば、出力歯車は整列させられていると決定される。

【0013】

多くの実施態様において、出力歯車が第1のトルクの下で停止していないならば、出力歯車は整列させられていないと決定され、伝動装置をシフトさせることは中止される。

【0014】

多くの実施態様において、出力歯車が適切に制動させられていることを決定するステップは、モータによって加えられる第2のトルクが飽和値にあるか否かを決定するステップを含む。

40

【0015】

多くの実施態様において、第2のトルクが飽和値に達しているならば、出力歯車は適切に制動させられている。

【0016】

多くの実施態様において、比較的高いトルクが飽和値に達していないならば、出力歯車は適切に制動させられておらず、伝動装置をシフトさせることは中止される。

【図面の簡単な説明】

【0017】

50

【図 1】多くの実施態様に従った、手術を執り行うために用いられる最小侵襲的な遠隔手術式に制御される手術システムの平面図である。

【0018】

【図 2】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に制御される手術システムのための外科医コンソールの斜視図である。

【0019】

【図 3】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に制御される手術システムのための電子機器カートの斜視図である。

【0020】

【図 4】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に制御される手術システムを示す概略図である。

10

【0021】

【図 5 A】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に制御される手術システムの患者側カートの部分図である。

【0022】

【図 5 B】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に操作される手術ツールの正面図である。

【0023】

【図 6】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に制御される手術システムの簡略化された概略図である。

20

【0024】

【図 7 A】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に操作される手術ツールの伝動装置アセンブリの長手方向断面図である。

【図 7 B】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に操作される手術ツールの伝動装置アセンブリの軸方向断面図である。

【図 7 C】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に操作される手術ツールの伝動装置アセンブリの軸方向断面図である。

【0025】

【図 8】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に操作される手術ツールの伝動装置アセンブリの動作についてのカム状態表である。

30

【0026】

【図 9】多くの実施態様に従った、遠隔手術式に操作される手術ツールの伝動装置アセンブリのシフト動作モード(shifting operational mode)についての高レベルのフローチャートを示している。

【0027】

【図 10】多くの実施態様に従った、第 1 の動作モードと第 2 の動作モードとの間の遠隔手術式に操作される手術ツールの伝動装置アセンブリのシフト動作モードについてのフローチャートを示している。

【発明を実施するための形態】

【0028】

40

以下の記述では、本発明の様々な実施態様を記載する。説明の目的のために、具体的な構成及び詳細が実施態様の網羅的な理解をもたらすために示される。しかしながら、特定の詳細がなく本発明が実施されてよいことも当業者に明らかであろう。更に、記載する実施態様を曖昧にしないよう、周知の構成は省略され或いは簡略化されることがある。

【0029】

I. 最小侵襲的な遠隔支援手術システム

【0030】

幾つかの図を通じて同等の参照番号が同等の部品を示す、図面を今や参照すると、図 1 は、典型的には、手術台 14 上に横たわる患者 12 に対して最小侵襲的な診断処置又は外科処置を執り行うために用いられる、最小侵襲ロボット手術(MIRS)システム 10 の

50

平面図である。システムは、処置中に外科医 18 が使用するための、外科医コンソール 16 を含み得る。1 人又はそれよりも多くの助手 20 が処置に参加してもよい。M I R S システム 10 は、患者側カート 22 (手術ロボット) 及び電子機器カート 24 を更に含み得る。患者側カート 22 は、外科医 18 がコンソール 16 を通じて手術部位を見る間に、患者 12 の体にある最小侵襲的な切開部を通じて少なくとも 1 つの取り外し可能に連結されるツールアセンブリ 26 (以下単に「ツール」と呼ぶ) を操縦(manipulate)し得る。患者側カート 22 によって操縦して内視鏡 28 を方向付け得る、立体視内視鏡のような内視鏡 28 によって、手術部位の画像を得ることができる。外科医コンソール 16 を通じた外科医 18 への引き続きの表示のために、電子機器カート 24 を用いて手術部位の画像を処理し得る。一度に用いられる手術ツール 26 の数は、その他の要因の中でもとりわけ、診断処置又は外科処置及び手術室内の空間制約に概ね依存する。処置中に用いられるツール 26 のうちの 1 つ又はそれよりも多くを交換することが必要であるならば、助手 20 が患者側カート 22 からツール 26 を取り外し、それを手術室内のトレイ 30 からの他のツール 26 と交換してよい。

10

#### 【0031】

図 2 は、外科医コンソール 16 の斜視図である。外科医コンソール 16 は、深さ知覚を可能にする手術部位の調整された(coordinated)立体像(stereo view)を外科医 18 に提示するための左目ディスプレイ 32 及び右眼ディスプレイ 34 を含む。コンソール 16 は、1 つ又はそれよりも多くの入力制御デバイス 36 を更に含み、入力制御デバイス 36 は (図 1 に示す) 患者側カート 22 に 1 つ又はそれよりも多くのツールを操縦させる。外科医がツール 26 を直接的に制御しているという強い感覚を有するよう、外科医にテレプレゼンス又は入力デバイス 36 がツール 26 と一体的であるという知覚をもたらすために、入力制御デバイス 36 は、(図 1 に示す) それらの関連付けられるツール 26 と同じ自由度を提供し得る。この目的を達成するために、位置センサ、力センサ、及び触覚フィードバックセンサ(図示せず)を利用して、ツール 26 からの位置、力、及び触覚的感覚(tactile sensations)を、入力制御デバイス 36 を通じて外科医の両手に戻してよい。

20

#### 【0032】

外科医が処置を直接的にモニタリング(監視)し、必要であれば物理的に存在し、且つ電話又は他の通信媒体を通じてよりもむしろ直接的に助手と話すことができるように、外科医コンソール 16 は、患者と同じ部屋内に配置されるのが普通である。しかしながら、外科医は、遠隔手術処置を可能にするよう、異なる部屋、完全に異なる建物、又は患者から離れた他の場所に配置され得る。

30

#### 【0033】

図 3 は、電子機器カート 24 の斜視図である。電子機器カート 24 は、内視鏡 28 に連結され得るし、例えば、外科医コンソールでの或いは局部的に及び/又は遠隔に配置される他の適切なディスプレイ上での外科医への、引き続きの表示のために、キャプチャ画像(捕捉画像)を処理するプロセッサを含み得る。例えば、立体視内視鏡が用いられるとき、電子機器カート 24 は、手術部位の調整された立体画像を外科医に提示するよう、キャプチャ画像を処理し得る。そのような調整(coordination)は、対向する画像の間の整列を含み得るし、立体視内視鏡の立体作業距離(stereo working distance)を調節することを含み得る。他の例として、画像処理は、光学収差のような、画像キャプチャデバイスの撮像誤差を補償するための、従前に決定されたカメラ較正パラメータの使用を含み得る。

40

#### 【0034】

図 4 は、(図 1 の M I R S システム 10 のような) ロボット手術システム 50 を図式的に例示している。上で議論したように、(図 1 の外科医コンソール 16 のような) 外科医コンソール 52 は、最小侵襲的な処置中に(図 1 の患者側カート 22 のような) 患者側カート(手術ロボット) 54 を制御するために、外科医によって用いられ得る。患者側カート 54 は、処置部位の画像をキャプチャし且つキャプチャ画像を(図 1 の電子機器カート 24 のような) 電子機器カート 56 に出力するために、立体視内視鏡のような撮像デバイスを用い得る。上で議論したように、電子機器カート 56 は、あらゆる後続の表示に先立

50

ち、キャプチャ画像を様々な方法において処理し得る。例えば、電子機器カート56は、外科医コンソール52を介して組み合わせ画像を外科医に表示するに先立ち、キャプチャ画像を仮想の制御インターフェースでオーバーレイし得る。患者側カート54は、電子機器カート56の外側での処理のために、キャプチャ画像を出力し得る。例えば、患者側カート54は、キャプチャ画像をプロセッサ58に出力することができ、キャプチャ画像を処理するためにプロセッサ58を用いることができる。画像を電子機器カート56及びプロセッサ58の組み合わせによっても処理することができ、電子機器カート56及びプロセッサ58を連結して、キャプチャ画像を合同で、順次的に、及び/又はそれらの組み合わせで処理することができる。処置部位の画像又は他の関連画像のような画像の局部的な及び/又は遠隔の表示のために、1つ又はそれよりも多くの別個のディスプレイ60もプロセッサ58及び/又は電子機器カート56に連結し得る。

10

#### 【0035】

図5A及び5Bは、それぞれ、患者側カート54及び手術ツール62を示している。手術ツール62は、手術ツール26の一例である。図示の患者側カート22は、3つの手術ツール26及び処置部位の画像のキャプチャのために用いられる立体視内視鏡のような撮像デバイス28の操縦(manipulation)をもたらす。操縦は多数のロボット関節を有するロボット機構によってもたらされる。切開部の大きさを最小にするために、遠隔運動中心が切開部に維持されるように、撮像デバイス28及び手術ツール26を患者にある切開部を通じて位置付け且つ操縦し得る。手術ツール26が撮像デバイス28の視野内に位置付けられるとき、手術部位の画像は手術ツール26の遠位端の場像を含み得る。各ツール26は、それぞれの器具ホルダ31から取り外し可能であり且つそれぞれの器具ホルダ31によって支持され、それぞれのマニピュレータは、ロボット関節のうちの1つ又はそれよりも多くのロボット関節の遠位端に配置される。器具ホルダ31は、ロボット関節の動きを介して、患者側カート22に対してツール26の全体を動かすための、可動プラットフォームを提供する。手術マニピュレータ31は、1つ又はそれよりも多くの機械的及び/又は電気的インターフェースを用いてツール26を作動させる電力も提供する。そのようなキャリッジアセンブリの一例は、米国特許出願公開第2013/0325034号(代理人整理番号ISRG04330/US)に見出され、それを参照として援用する。

20

#### 【0036】

図6は、遠隔手術的に制御される手術システム100の簡略化された概略図である。手術システム100は、例えば、外科医コンソール52であり得る、外科医コンソール102を含む。外科医コンソール102は、例えば、患者側カート22であり得る、患者側カート104を駆動させる。患者側カート104は、例えば、器具ホルダ31であり得る、器具ホルダ106を含む。

30

#### 【0037】

器具ホルダ106は、2つの取り外し可能なプラットフォームを含み、第1のものはモータユニット108であり、第2のものはツール110である。モータユニット108は、5つのモータを保持するキャリッジアセンブリである。幾つかの実施態様では、5つだけのモータが用いられるのに対し、他の実施態様では、5つよりも多い又は少ないモータを用い得る。ここにおいて、モータユニット108は、異なる機構/構成部品に割り当てられ得る、複数のモータを含む。ここにおいて、モータユニット108は、伝動装置モータ112(transmission motor)と、シフターモータ114(shifter motor)と、ピッチモータ116と、ヨーモータ118と、低力把持モータ120とを含むが、これらのモータを、取り付けられる器具に依存する異なる目的のために用い得る。一般的に、各モータは、器具ホルダの対応する入力と機械的及び電気的に連結する電気モータである。

40

#### 【0038】

ツール110は、例えば、上述のツール26であり得る。ツール110として使用可能なツールの一例は、国際公開WO2011/060318(代理人整理番号: ISRG02360/PC T)にあり、それを参照として援用する。ここにおいて、ツール110は、3つの別個の入力を含む細長いエフェクタユニット122であり、各入力は、器具ホル

50

ダ 1 0 6 を経由して、ピッチモータ 1 1 6、ヨーモータ 1 1 8、及び低力把持モータ 1 2 0 と機械的に連結する。ツール 1 1 0 は、伝動装置モータ 1 1 2 及びシフターモータ 1 1 4 と機械的に連結する、伝動装置 1 2 4 (transmission) も含む。

#### 【 0 0 3 9 】

手術エンドエフェクタ 1 2 6 が、エフェクタユニット 1 2 2 の遠位端に配置される。手術エンドエフェクタ 1 2 6 及びエフェクタユニット 1 2 2 は、可動リスト（手首関節）を経由して接続される。そのようなリストの一例は、米国特許出願公開第 US 2 0 1 1 / 0 1 1 8 7 0 9（代理人整理番号 ISRG 0 2 3 5 0 / US）に示されており、それをここに参照として援用する。平易な言い方をすれば、複数の別個の、しかしながら、関連する、構成部品によって、手術エンドエフェクタを特徴付けることができ、各構成部品は、手術エンドエフェクタ 1 2 6 のための自由度（DOF）をもたらし、ここにおいて用いるとき、DOF は、対応する動きをもたらし、1 つ又はそれよりも多くの関連する構成部品である。DOFs は、手術エンドエフェクタ 1 2 6 に、同時に又は別個に作動し得る異なる動作モードを与える。例えば、リストは、手術エンドエフェクタ 1 2 6 が、器具ホルダ 1 0 6 に対して縦揺れ（ピッチ）し且つ偏揺れ（ヨー）するのを可能にし、従って、ピッチ DOF 1 2 8 及びヨー DOF 1 3 0 を含む。手術エンドエフェクタ 1 2 6 は、エンドエフェクタを細長い軸について回転させるロール DOF 1 3 2 も含む。

10

#### 【 0 0 4 0 】

手術エンドエフェクタ 1 2 6 は、手術ステープラ(stapler)のように、締付け及び切断機構を含んでよい。そのような締付け機構の一例は、2 0 1 0 年 1 1 月 1 2 日に出願された米国特許出願第 1 2 / 9 4 5 , 5 4 1 号（代理人整理番号 ISRG 0 2 3 3 0 / US）に示されており、それを参照として援用する。締付け機構は、2 つのモードに従って把持することができ、従って、2 つの DOFs を含む。組織を優しく操るために、低力 DOF 1 3 2（例えば、ケーブルで作動させられる機構）が、クランプを低力で動かす(toggle)ように動作する。低力 DOF 1 3 2 は、切断又はステープル留め(stapling)作業のために手術エンドエフェクタを段階付ける(staging)のに有用である。例えば、切断又はステープル留め作業に備えて組織を止血するために、高力 DOF 1 3 4（例えば、親ネジで作動される機構）が、クランプを更に開き或いはクランプを比較的高い力で組織の上で閉じるように動作する。ひとたび締め付けられると、手術エンドエフェクタ 1 2 6 は、ツール作動 DOF 1 3 8 を利用して、組織に更に影響を与える、例えば、ステープル留め、切断、及び / 又は焼灼デバイス。

20

30

#### 【 0 0 4 1 】

図示のように、ピッチモータ 1 1 6、ヨーモータ 1 1 8、及び低力把持モータ 1 2 0 は、それぞれ、ピッチ DOF 1 2 8、ヨー DOF 1 3 0、及び低力把持 DOF 1 3 9 を駆動させる。従って、ピッチ DOF 1 2 8、ヨー DOF 1 3 0、及び低力把持 DOF 1 3 9 の各々は、モータと別個に対にされ、他の DOFs に対して独立的に且つ同時に作動し得る。

#### 【 0 0 4 2 】

しかしながら、高力 DOF 1 2 6、ロール DOF 1 3 2、及びツール作動 DOF 1 3 8 は、伝動装置を介して、伝動装置モータ 1 1 2 と単一の入力を共用する。従って、高力 DOF 1 2 6、ロール DOF 1 3 2、及びツール作動 DOF 1 3 8 のうちの 1 つのみが、一度に作動し得る。何故ならば、伝動装置モータ 1 1 2 との連結は別個に起こるからである。シフターモータ 1 1 4 は、高力 DOF 1 2 6、ロール DOF 1 3 2、及びツール作動 DOF 1 3 8 の間で伝動装置モータ 1 1 2 の出力をシフトさせるように作動させられる。従って、伝動装置 1 2 4 は、各モータが単一の DOF に充てられる構成よりも大きな量の DOFs を有利に可能にする。

40

#### 【 0 0 4 3 】

II. 例示的な伝動装置

#### 【 0 0 4 4 】

本発明の実施態様は、モータキャリッジから許容される 5 つの入力を備えるステープラ

50

機器の6つの自由度(6DOFs)を制御するシステム及び方法に関する。シフター(Shifter)を用いるには5つの入力の中の1つを要し、それは他の入力が3つの異なるステープラDOFsに選択的に係合させられるのを可能にする。ステープラ器具の6つのDOFは、リストロール、リストピッチ、リストヨー、低力把持(トグル(toggle))、高力把持(クランプ)、及びツール作動(ステープル発射(fire))を含み得る。リストピッチ、ヨー、及び低力把持は、ケーブルで作動させられてよいのに対し、ロール、クランプ、及び発射は、独立的なセットの同軸歯車によって駆動させられる。使用中、伝動装置は、3つの主要モード、即ち、ロール、クランプ/クランプ解除(unclamp)、及び発射を含み得る。リスト回転、ピッチ、ヨー、及び低力把持は、全て、サーボ制御の下にあり、高力把持及び発射DOFsは、ロール軸に連結される。

10

## 【0045】

多くの実施態様において、被駆動入力は、リストロール、クランプ、及び/又は発射に選択的に連結される。これは適切なステープラDOFと係合し且つ係合が外れて回転させられ得る遊び歯車(idler gears)の使用を通じて行われる。加えて、レバーアームの使用を通じて各DOFを所定の位置に係止する方法がある。これらのレバーアームは、適切な数及び形状のローブ(lobes)を備えるカムシャフトであり得る、入力をシフトすることによって制御される。リストのロール移動中、クランプ及び発射リングがロール歯車と共に回転することが必要である。この制約の故に、器具入力と入力リングとロール歯車との間の歯車比は同じである。そのようにして、以下の状態の間、全てのリング/歯車は係合させられ、従って、一緒に回転するので、発射及び高力把持ドライブシャフトは、リストに対して回転しない。全ての移行は1つの機能ずつ動くに過ぎないようにシステムを構成し得る。このようにして、全ての移行は安全性のために検査可能である。追従(係合)することから移行するとき、ロール歯車は係止させられる。ロール歯車が係止アーム(locker arm)の歯と整列させられるように位置付けられることを必要とするリストの必要を回避するために、このDOFに二次的な摩擦係止がある。

20

## 【0046】

図7A及び7Bは、それぞれ、伝動装置アセンブリ140の長手方向断面図及び軸方向断面図を示している。伝動装置は、高力DOF126、ロールDOF132、及びツール作動DOF138の各々のために歯車列(ギアトレイン)(gear train)を含む。

30

## 【0047】

A. 第1の歯車列

## 【0048】

図7Aに注目すると、第1の歯車列142が、伝動装置アセンブリ140の近位端に配置されている。第1の歯車列142は、主シャフト144を軸方向に回転させることによって、ロールDOF132を駆動させる。主シャフト144は、制御ケーブルを手術エンドエフェクタ126まで経路制御するための軸方向通路146を含む。主シャフト144は、近位歯車148の外歯147を駆動させることによって、直接的に回転させられる。

## 【0049】

B. 第2の歯車列

## 【0050】

第2の歯車列150が、伝動装置アセンブリ140の中間部分で、第1の歯車列142に直ぐ隣接して配置されている。第2の歯車列150は、主シャフト144に対する中間シャフト152の回転によって、高力把持DOF126を駆動させる。中間シャフト152は、主シャフト144によって保持され、従って、主シャフト144と回転させられる。別の言い方をすれば、中間シャフト152の回転軸は、主シャフト144の回転軸について軌道を描いて回る。

40

## 【0051】

中間シャフト152は、中間内歯車154に直接的に接続され、次に、中間内歯車54は、中間歯車156の内歯(この図には示されていない)によって駆動される。中間歯車156は、究極的には伝動装置モータ112によって、中間歯車156を直接的に駆動さ

50

せる、外歯 158 も含む。中間歯車 156 の外歯 158 は、近位歯車 148 の外歯 147 と同一に構成される。従って、同時に駆動されるならば、同一の入力歯車であると想定すると、中間歯車 156 と近位歯車 148 との間の相対的な動きはなく、従って、中間シャフト 152 は、駆動されない。

【0052】

主シャフト 144 の外側部分が、軸受によって中間歯車 156 を保持する。第 2 の歯車列 150 の第 1 の係合解除状態(切離し状態)(disengaged state)において、中間歯車 156 及び近位歯車 148 の両方が伝動装置モータ 112 と同期的に係合させられるとき、中間歯車 156 は、(以下に記載する遠位歯車 166 と共に)主シャフト 144 と同期的に回転するよう構成され得る。第 1 の係合解除状態において、中間歯車 156 の回転は、中間内歯車 154 の回転をもたらさない。何故ならば、中間歯車 156 は、主シャフト 144 に対して回転することが可能にされないからである。別の言い方をすれば、第 1 の係合解除状態において、中間歯車 156 は、主シャフトと係合し、よって、中間シャフト 152 を動かすために、主シャフトに対して非同期的に動き得ない。以下に更に議論するように、第 2 の歯車列 150 は、第 2 の係合解除状態を含み、第 2 係合解除状態において、中間歯車 156 は、伝動装置モータ 112 から物理的に係合解除され(切り離され)且つ物理的に係止され、それにより、中間内歯車 154 を回転し得ず、駆動させ得ない。

10

【0053】

(伝動装置モータ 112 との)第 2 の歯車列 150 の係合状態において、近位歯車 148 及び主シャフト 144 は係止され、従って、回転し得ない。よって、中間内歯車 154 の回転軸は、主シャフト 144 の回転軸について軌道を描いて回り得ない。しかしながら、中間内歯車 154 は、その独自の回転軸について回転し得ない。従って、係合状態において、中間歯車 144 は、主シャフト 144 に対して回転し、それにより、究極的には伝動装置モータ 112 によって、中間内歯車 154 を駆動させる。

20

【0054】

C. 第 3 の歯車列

【0055】

第 3 の歯車列 160 が、伝動装置アセンブリ 140 の遠位部分に配置され、大部分は第 2 の歯車列 150 と同様に構成される。第 3 の歯車列 160 は、主シャフト 144 に対する遠位シャフト 162 の回転によってツール作動 DOF 138 を駆動させる。遠位シャフト 162 は、主シャフト 144 によって保持され、従って、主シャフト 144 と共に回転する。第 2 の歯車列のような一般的な方法において、遠位シャフト 162 の回転軸は、主シャフト 144 の回転軸について軌道を描いて回り得る。

30

【0056】

遠位シャフト 162 は、遠位内歯車 164 に直接的に接続され、次に、遠位内歯車 164 は、遠位歯車 166 の内歯 168 (この図面には示されていない)によって駆動される。遠位歯車 166 は、究極的には伝動装置モータ 112 によって、遠位歯車 166 を直接的に駆動させる、外歯 168 も含む。遠位歯車 162 の外歯 168 は、近位歯車 148 の外歯 147 並びに中間歯車 156 の外歯 158 と同じ方法において構成される。従って、同期的に駆動されるとき、遠位歯車 166、中間歯車 156、及び近位歯車 148 の間には、相対的な動きがない。

40

【0057】

主シャフト 144 の外側部分は、軸受によって遠位歯車 166 を保持する。第 3 の歯車列 160 の第 1 の係合解除状態において、遠位歯車 166 及び近位歯車 148 の両方が伝動装置モータ 112 と同期的に係合させられるとき、遠位歯車 166 は、(中間歯車 156 と共に)主シャフト 144 と共に同期的に回転するよう構成され得る。第 1 の係合解除状態において、遠位歯車 166 の回転は、遠位内歯車 164 の回転をもたらさない。何故ならば、遠位歯車 166 は、主シャフト 144 に対して横揺れ(ロール)することが許容されないからである。別の言い方をすれば、第 1 の係合解除状態において、遠位歯車 166 は、主歯車 144 と係合し、よって、遠位シャフトを動かすために、主シャフト 14

50

4 に対して非同期的に動き得ない。以下に更に議論するように、第 3 の歯車列 1 6 0 は、第 2 の係合解除状態を含み、第 2 の係合解除状態において、遠位歯車 1 6 6 は、伝動装置モータ 1 1 2 から物理的に係合解除され且つ物理的に係止され、それにより、遠位内歯車 1 6 4 を回転させ得ず、駆動させ得ない、

【 0 0 5 8 】

(伝動装置モータ 1 1 2 との) 第 3 の歯車列 1 6 0 の係合状態において、近位歯車 1 4 8 及び主シャフト 1 4 4 は係止され、従って、回転し得ない。このようにして、遠位内歯車 1 6 4 の回転軸は、主シャフト 1 4 4 の回転軸について軌道を描いて周り得ない。しかしながら、遠位内歯車 1 6 4 は、その独自の回転軸について回転し得る。従って、係合状態において、遠位歯車 1 6 6 は、主シャフト 1 4 4 に対して回転し、それにより、究極的には伝動装置モータ 1 1 2 によって、遠位内歯車 1 6 4 を駆動させる。

10

【 0 0 5 9 】

D . 歯車列構造

【 0 0 6 0 】

図 7 B に注目すると、第 2 の歯車列 1 5 0 の代表的な断面が示されている。第 1 の歯車列 1 4 2 及び第 3 の歯車列 1 6 0 は同様に構成され、従って、以下の記述は同様に当て嵌まる。しかしながら、第 1 の歯車列 1 4 2 の近位歯車 1 4 8 は、図示のように、内歯及び内歯車を含まない。何故ならば、近位歯車 1 4 8 が主シャフト 1 4 4 を回転させるからである。

【 0 0 6 1 】

20

手術ツール 1 1 0 のより大きなハウジング 1 7 0 が、伝動装置アセンブリ 1 4 0 を保持する。伝動装置モータ 1 1 2 は、各々の歯車列のために共用される、第 1 の入力歯車 1 7 2 を駆動させる。第 1 の入力歯車 1 7 2 は、遊び歯車 1 7 4 と噛み合わせられ、次に、遊び歯車 1 7 4 は、中間歯車 1 5 6 と噛み合う第 2 の入力歯車 1 7 6 と噛み合う。第 2 の入力歯車 1 7 6 は、第 1 の入力歯車 1 7 2 について回転するアーム (図示せず) の上にある。図示するように、第 2 の入力歯車 1 7 6 は、トラック (軌道) の上向き部分に位置付けられ、それにより、中間歯車 1 5 6 と噛み合わせられる。第 2 の入力歯車 1 7 6 を中間歯車 1 5 6 から係合解除させるために、第 2 の入力歯車 1 7 6 を動かし得る。入力バネ 1 7 6 が第 2 の入力歯車 1 7 6 とハウジング 1 7 0 との間に装填されて、第 2 の入力歯車 1 7 6 を中間歯車 1 5 6 に対して付勢する。

30

【 0 0 6 2 】

カムシャフト 1 8 0 が、歯車列に沿って配置される。カムシャフト 1 8 0 は、一般的に、ドライブチェーン毎に 2 つのカムローブを含む。ローブは回転して、D O F 機構を歯車列と係合させ且つ係合解除させる。

【 0 0 6 3 】

第 1 のカムローブ 1 8 2 は回転して、ロッカーアーム 1 8 4 (rocker arm) の表面 1 8 3 と係合する。ロッカーアーム 1 8 4 は、ロッカーピボット 1 8 6 について移動可能である。ロッカーアーム 1 8 4 は拡張して、ロッカーアームのフック付き部分 1 8 5 で、第 2 の入力歯車 1 7 6 と係合する。第 1 のカムローブ 1 8 2 の低い部分がロッカーアーム 1 8 4 と係合させられるとき、第 2 の入力歯車 1 7 6 は、図示のように、中間歯車 1 5 6 と係合させられる。

40

【 0 0 6 4 】

第 1 のカムローブ 1 8 2 の高い部分がロッカーアーム 1 8 4 の表面 1 8 3 と係合するとき、ロッカーアーム 1 8 4 は、ロッカーピボット 1 8 6 について下向きに動かされる。ロッカーアーム 1 8 4 及び第 2 の入力歯車シャフト 1 7 6 の係合の故に、この下向きの動きは、第 2 の入力歯車 1 7 6 を中間歯車 1 5 6 から係合解除させる。従って、第 1 のカムローブ 1 8 2 のこの位置において、第 1 の入力歯車に適用される動力は、中間歯車 1 5 6 に移転されない。

【 0 0 6 5 】

第 2 のカムローブ 1 8 6 が回転して、係止アーム 1 8 8 の表面 1 8 7 と係合し、係止ア

50

ーム 188 は、係止アームピボット 190 について旋回する。係止アーム 188 は、歯付き部分 192 を含み、歯付き部分 192 は、歯付き部分 192 を中間歯車 156 と噛み合わせるよう動かされ得る。係止バネ 194 が、係止アーム 188 とハウジング 170 との間に装着されて、歯付き部分 192 を中間歯車 156 から離れる方向に付勢する。

【0066】

第 2 のカムロープ 186 の低い部分が係止アーム 188 の表面 187 と係合するとき、歯付き部分 192 は、図示のように、中間歯車 156 から離れる方向に動かされる。従って、この位置において、中間歯車 156 は係止解除され(unlock)、回転することが可能にされる。

【0067】

ステーブラが組織に対して締め付けられる間のシステム故障の場合には、手動のクランプ解除構成が提供される。幾つかの実施態様において、これは、以下に記載するように、使用者が手動でカムシャフト 180 を高力把持 D O F 状態まで回転させることによって、達成され得る。図 7 C に示すように、回転可能であり、且つ究極的には中間シャフト 152 とインターフェース接続する一方向クラッチ 194 に接続される、連動フラッグ 192 (interlock flag) を動かすよう、連動カム 190 (interlock cam) が高い状態に移動可能である。クランプ状態で、連動フラッグ 192 は、ジョーがクランプ解除されるのを可能にするに過ぎない方向において一方向クラッチ 194 を介して中間シャフト 152 を駆動させるよう、使用者アクセスをもたらす。

【0068】

I I I . 伝動装置シフト方法(Transmission Shifting Method)

【0069】

第 2 のカムロープ 186 の高い部分が係止アーム 188 の表面 187 と係合するとき、歯付き部分 192 が動かされて、中間歯車 156 と係合する。この位置は、中間歯車 156 を係止アーム 188 と係止させ、従って、中間歯車 156 は動き得ない。中間歯車 156 を係止する 1 つの目的は、高力把持 D O F の最後の位置を係止状態に係止することである。一般的に、各歯車列は同様の方法において係止され、よって、望まれていない動きを防止する。

【0070】

カムシャフト 180 は、歯車列を調和して作動させるように構成され、それは、カムシャフトタイミングを通じて達成される。図 8 は、伝動装置 140 の動作についてのカム状態表を示している。前に議論したように、歯車列は、共通のカムシャフトを共用し、それは、例えば、図 7 B に示すカムシャフト 180 である。カムシャフト 180 は、各歯車列に少なくとも 2 つのロープを提供し、例えば、第 1 のカムロープ 182 及び第 2 のカムロープ 186 は、第 2 の歯車列と共に作動する。しかしながら、幾つかの歯車列は、より多くのロープを含み得る。例えば、幾つかの実施態様において、第 1 の歯車列は、摩擦係止を作動させる第 3 のロープを含む。そして、図 7 C に示すように、システム故障の場合に D O F s をバックドライブ(back drive)させる安全機構として追加的なロープを含め得る。

【0071】

一般的に、各歯車列のために、1 つのカムロープが動力係合を制御するように動作可能であり、他のカムロープは歯車列に係止するように動作可能である。従って、各歯車列は、動力カム(power cam)及び係止カム(locker cam)によって作動させられる。平易な言い方をすれば、各カムは、低い状態と、高い状態とを有し、移行部が途中で傾斜する。各低い及び高い状態の持続時間は、持ち上げられる物体(例えば、係止アーム 188 及びロッカーアーム 184)の動作の所望の持続時間に基づく。

【0072】

A . 第 1 の伝動装置モードについてのカム状態

【0073】

カム状態表は、360度の回転に亘る、各カムについての低い状態及び高い状態を示し

10

20

30

40

50

ている。0度及び360度の回転で、伝動装置140は、ロールDOF132の動作のための動力を供給するように構成される。図示するように、動力カムは、各歯車列について、高い状態にあり、係止カムは、各歯車列について、低い状態にある。従って、第1の歯車列142は、伝動装置モータ112と係止解除させられ且つ係合させられる。このようにして、第1の歯車列142の係止アームは、近位歯車148から係合解除され、第2の入力歯車は、近位歯車148と係合させられる。第2の歯車列150及び第3の歯車列160も係止解除され、中間歯車156及び遠位歯車166は伝動装置モータと接触したままである。

【0074】

上述のように、ロールDOF132の係合中、中間歯車156及び遠位歯車166は、近位歯車148と同期して回転することが求められる。何故ならば、中間内歯車154及び遠位内歯車164は、主シャフト144内に保持され、主シャフト144と共に回転するからである。このようにして、中間歯車156/中間内歯車154と遠位歯車166/遠位内歯車164との間の相対的な動きが回避され、それにより、中間シャフト152及び遠位シャフト162の動作を防止する。従って、中間歯車156及び遠位歯車166は、伝動装置モータ112と係合させられたままであり、よって、ロール動作の間に回転させられるが、第2の歯車列150及び第3の歯車列160は、それぞれのDOFsを作動させない。

【0075】

B. 第2の伝動装置モードについてのカム状態

【0076】

カムシャフト180の約120度の回転で、伝動装置は、高力把持DOF136に動力を提供するように構成される。ここで、第1の歯車列142及び第3の歯車列160の動力カムは低い状態にあり、第2の歯車列150の動力カムは高い状態にある。このようにして、第1の歯車列142及び第3の歯車列160の第2の入力歯車は、それぞれ、近位歯車148及び遠位歯車166から係合解除させられるのに対し、第2の歯車列150の第2の入力歯車は、中間歯車156と係合させられる。よって、中間歯車156のみが伝動装置モータ112から動力を受ける。第1の歯車列142及び第3の歯車列160の係止カムは高い状態にあり、第2の歯車列150の動力カムは低い状態にある。このようにして、第1の歯車列142及び第3の歯車列160の係止アームは、それぞれ、近位歯車148及び遠位歯車166と係合させられるのに対し、第2の歯車列150の係止アームは、中間歯車156から係合解除させられる。加えて、図7Cを参照して上述したように、連動カムが高い状態に駆動させられる。これは、システム故障の場合に第2の歯車列を手動でバックドライブさせるよう、連動フラッグへの使用者アクセスを可能にする。

【0077】

C. 第3の伝動装置モードについてのカム状態

【0078】

カムシャフト180の約240度の回転で、伝動装置は、ツール作動DOF138に動力を提供するようシフトされる。ここで、第1の歯車列142及び第2の歯車列150の動力カムは低い状態にあり、第3の歯車列160の動力カムは高い状態にある。このようにして、第1の歯車列142及び第2の歯車列150の第2の入力歯車は、それぞれ、近位歯車148及び中間歯車156から係合解除させられるのに対し、第3の歯車列160の第2の入力歯車は、遠位歯車166と係合させられる。よって、遠位歯車166のみが、伝動装置モータ112から動力を受ける。第1の歯車列142及び第2の歯車列150の係止カムは高い状態にあり、第3の歯車列160の係止カムは低い状態にある。このようにして、第1の歯車列142及び第2の歯車列150の係止アームは、それぞれ、近位歯車148及び中間歯車156と係合させられるのに対し、第3の歯車列160の係止アームは、遠位歯車166から係合解除させられる。よって、遠位歯車166のみが自由に回転する。

【0079】

10

20

30

40

50

図9は、伝動装置140の異なる動作モード、即ち、第1の歯車列142（ロールモード）、第2の歯車列150（把持モード）、及び第3の歯車列160（ツール作動モード）の間で出力をシフトすることの高レベル図を示している。各モードの間で、各特定のモード間シフトのために、シフトアルゴリズム(shifting algorithm)が特定される。幾つかの手術器具のために、モード間の移行は、器具の細長いシャフトのロール位置に関して重要であり得る。何故ならば、ロール位置は、手術器具全体の位置に影響を及ぼすからである。時折、ステーブル器具伝動装置内の歯車にバックラッシュがある。時間の経過と共に、小さなバックラッシュに起因する動きは、ロール/クランプ/発射向き/位置をその基準地点からドリフト（漂流）させる。僅かなバックラッシュ運動を補償するために、初期ロール位置が歯車の1つの側面に対するように定められる。シフトアルゴリズムの部分として、歯車はこの位置に付勢される（動かされる）ので、ロール位置は歯車内のバックラッシュと一致する。これはシフト精度位置を向上させるのを助け、他の出力のためにも行われ得る。カムシャフト180は、これらの構成をアクティブ化する前に、ロール機能、把持機能、及びツール作動機能のための制動を管理しなければならない。幾つかの実態様では、ソフトウェアがカム位置をモニタリングするのを可能にする、カムシャフト180と係合させられるロールエンコーダがあり、ロールモード、把持モード、及びツール作動モードは、カムがその正しい向きにあるものとして感知されるときに可能にされるだけである。グリップモードからロールモードへのシフトの一例が図10に示されている。しかしながら、この方法は比較的包括的(generic)であり、伝動装置140の他のモード間のシフトにも適用可能である。

#### 【0080】

動作1002で、コントローラ（例えば、患者側カート104のプロセッサ）が、（例えば、外科医コンソール102から）命令を受信して、把持モード（伝動装置モータ112に対する第2の歯車列150の係合）からロールモード（伝動装置モータ112に対する第2の歯車列150の係合）にシフトさせる。故に、動作1004で、コントローラは、シフターモータ114にカムシャフト180を移動させ、それにより、近位歯車148を伝動装置モータ112と係合させる。この動作中、コントローラは、カムシャフト180が動くのを待ち、動きが完了したか、或いは、例えば歯車の歯の不整列の故に、停止したかを決定するために、周期的に確認する。動作が停止したことが決定されるならば、シフトは中止される。

#### 【0081】

コントローラが、近位歯車148が係止されたことを決定した後に、コントローラは、動作1006で、整列試験を行う。整列試験のために、近位歯車148は伝動装置モータ112を用いて係止アームに対して駆動させられて、近位歯車148及びカムシャフト180が適切に整列されたこと、即ち、所定の停止位置(park position)にあることを決定する。この動作において、伝動装置モータ112は、比較的低いトルクの下で近位歯車148の動きを停止させる試みにおいて、比較的低いトルクを用いて駆動させられる。動きが停止させられているならば、コントローラは、近位歯車148が適切に整列させられていることを決定する。動きが停止させられていない、即ち、停止せずに過剰に動くならば、コントローラは、近位歯車148が適切に整列させられていないことを決定し、シフトは中止される。

#### 【0082】

コントローラが、近位歯車148が整列させられたことを決定した後に、コントローラは、動作1008で制動試験を行い、近位歯車148が、使用を許容する前に、適切に制動されているか否かを確認する。制動試験のために、近位歯車148は、比較的高いトルクを用いて係止アームに対して駆動させられて、伝動装置モータ112が、適用される荷重の下で、磁氣的に飽和されるようになっていないか否かを決定する。もしそうであるならば、これは近位歯車148が適切に制動させられていることを示す。伝動装置モータ112がそのトルクの下で飽和させられていないならば、制動試験は停止され、シフトは中止される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 3 】

動作 1 0 1 0 で、コントローラは、シフターモータ 1 1 4 にカムシャフト 1 8 0 を移動させ、それにより、近位歯車 1 4 8 を係止解除する。この動作中、コントローラは、カムシャフト 1 8 0 が動くのを待ち、その動きが完了したか或いは停止したかを決定するために、周期的に確認する。動作が停止したことが決定されるならば、シフトは中止される。動作が停止していないならば、近位歯車 1 4 8 は係止解除され、動作 1 0 1 2 で、使用可能にされる。幾つかの場合には、ロールモードが許可されても、シャフトをロールさせるのは望ましくない。故に、モータ 1 1 2 の出力を異なる歯車列にシフトすることができ、それは本質的に方法 1 0 0 0 を繰り返す。

## 【 0 0 8 4 】

他の変形が本発明の精神内にある。よって、本発明は様々な変形及び代替的な構造の余地があるが、それらの特定の例示される実施態様が図面に示され、上で詳細に記載された。しかしながら、本発明を開示の特定の形態又は複数の形態に限定する意図はなく、逆に、本発明は、付属の請求項に定められるような、本発明の精神及び範囲内に入る、全ての変形、代替的な構造、及び均等物をカバーすることを意図することが理解されなければならない。

## 【 0 0 8 5 】

不定冠詞及び定冠詞の使用並びに本発明に記載する文脈における（特に後続の請求項の文脈における）類似の言及は、ここにおいてその他のことが示されない限り或いは文脈が明らかに矛盾しない限り、単数及び複数の両方をカバーすることを意図する。「含む」（“comprising”）、「有する」（“having”）、「含む」（“including”）及び「包含する」（“containing”）という用語は、特段の断りのない限り、開放端の用語（即ち、「～を含むが、～に限定されない」を意味するもの）と解釈されるべきである。「接続され」（“connected”）という用語は、何か介在するものがあるとしても、部分的に又は全体的に、～に収容され、～に取り付けられ、或いは結合されるものと解釈されるべきである。ここにおける値の範囲の引用は、ここにおいてその他のことが示されない限り、その範囲内に入る各別個の値を個別に言及する略記的な方法としての機能を果たすことを意図するに過ぎず、各別個の値は、恰もそれがここで個別に引用されているかのように、本明細書中に組み込まれる。ここにおいてその他のことがしめされない限り或いは文脈が明らかに矛盾しない限り、ここに記載する全ての方法を任意の適切な順序で行い得る。ここにおいて提供される、ありとあらゆる実施例又は例示的な言葉（例えば、「のような」）の使用は、本発明の実施態様をより良好に例示することを意図するに過ぎず、その他のことが請求されない限り、本発明の範囲に対する限定を提示しない。本明細書中の如何なる言葉も、いずれかの請求されない要素が本発明の実施にとって本質的であることを示すように解釈されてならない。

## 【 0 0 8 6 】

本発明者が知る本発明を実施するための最良態様（ベストモード）を含む本発明の好適実施態様をここに記載する。前述の記述を判読した後に、それらの好適実施態様の変形が当業者に明らかになることがある。本発明者は当業者がそのような変形を適宜利用することを期待し、本発明者は本発明がここに具体的に記載する以外に実施されることを意図する。従って、この発明は、準拠法によって許容されるような、ここに添付する請求項中に引用される主題の全ての変形及び均等物を含む。その上、ここにおいてその他のことが示されない限り或いは文脈が明らかに矛盾しない限り、本発明は上述の要素のあらゆる組み合わせをその全ての可能な変形において包含する。

## 【 0 0 8 7 】

ここに引用する刊行物、特許出願、及び特許を含む、全ての参考文献は、あたかも各参考文献が参照として援用されることが個別に且つ具体的に示され且つその全文がここに示されているのかのように同じ程度に、ここに参照として援用される。

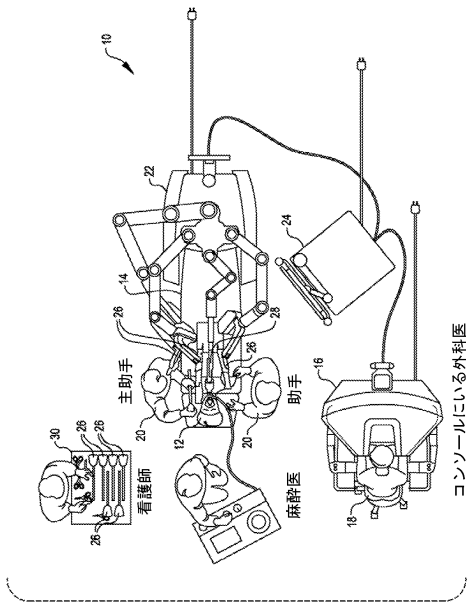
10

20

30

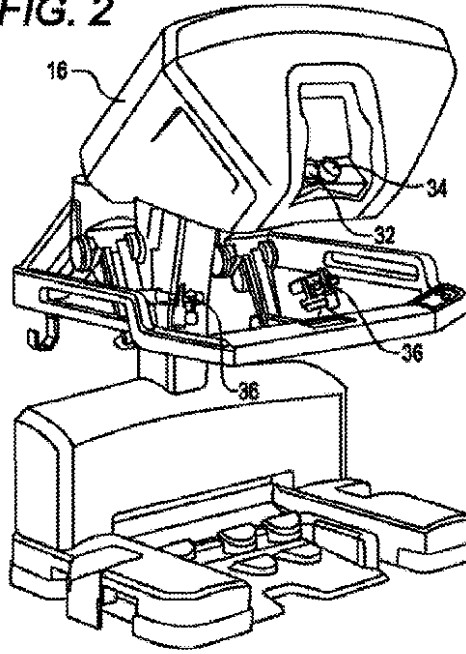
40

【図1】



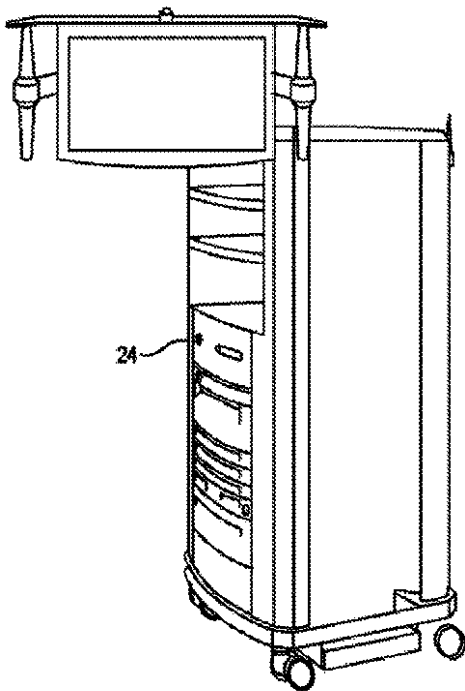
【図2】

FIG. 2

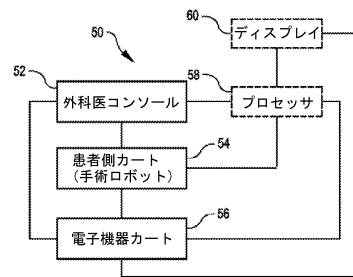


【図3】

FIG. 3

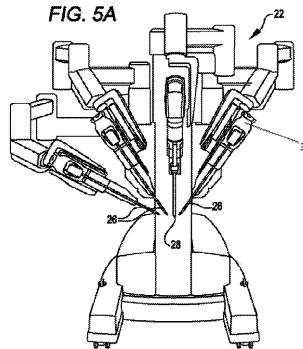


【図4】



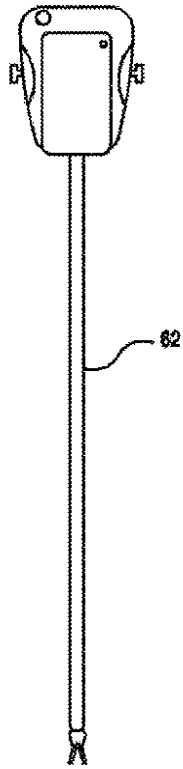
【図5A】

FIG. 5A

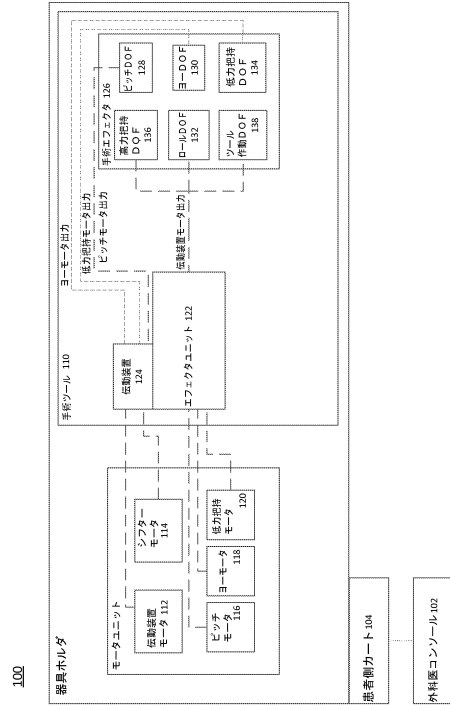


【 図 5 B 】

FIG. 5B



【 図 6 】



【 図 7 A 】

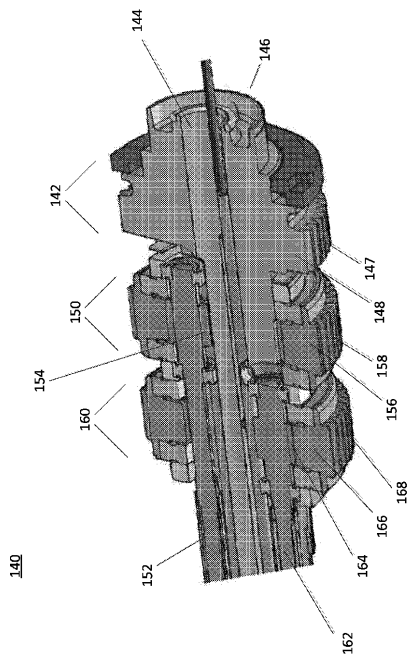


FIG. 7A

【 図 7 B 】

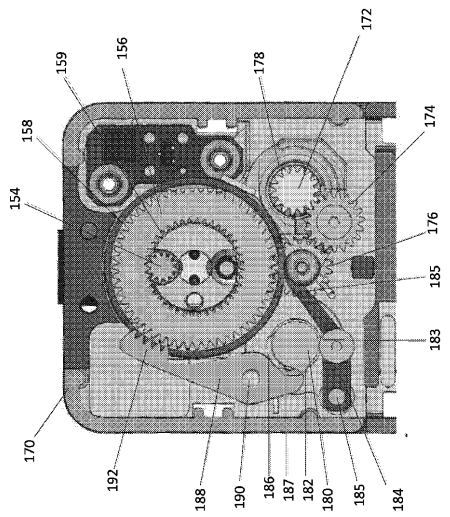
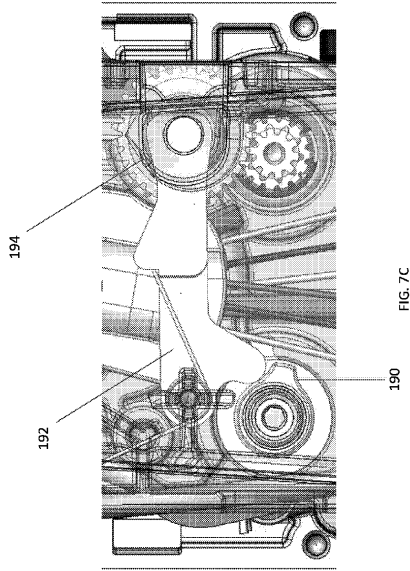
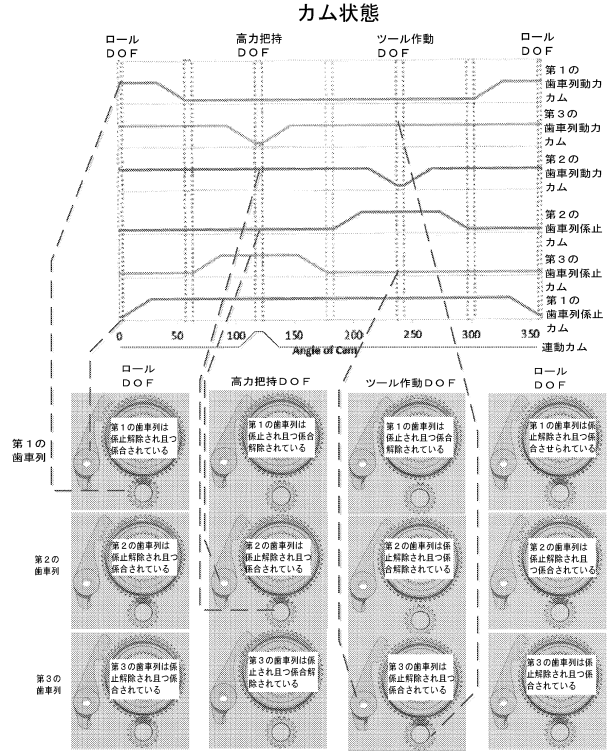


FIG. 7B

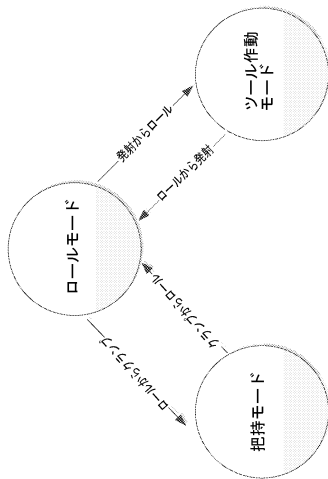
【図7C】



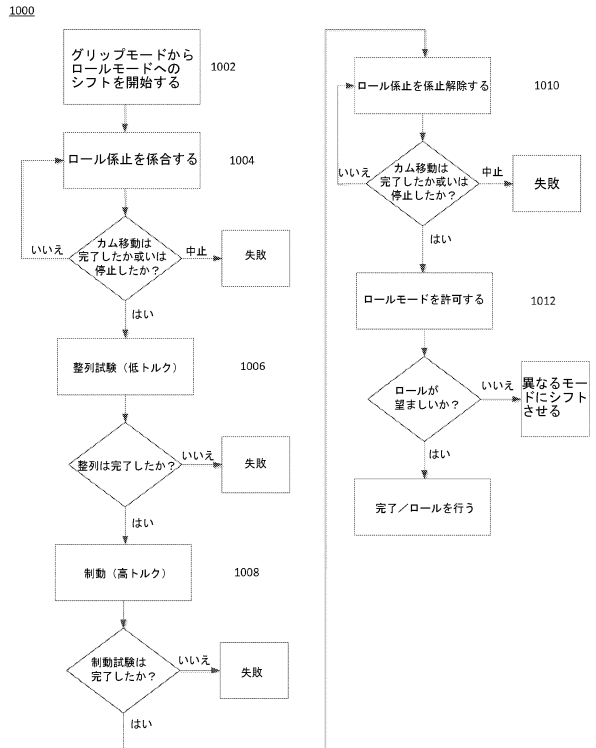
【図8】



【図9】



【図10】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ブリッソン, ガブリエル エフ  
アメリカ合衆国 94706 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 スマビー, ニールズ  
アメリカ合衆国 94306 カリフォルニア州, パロアルト, ラゼルマ・アヴェニュー 423  
0
- (72)発明者 ウー, メロディー  
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, オールド・サン・フランシス  
コ・ロード 718 #219

審査官 菊地 康彦

- (56)参考文献 特開2012-061195(JP, A)  
米国特許出願公開第2014/0001234(US, A1)  
米国特許出願公開第2012/0310254(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 34/30 - 34/37  
B25J 3/00