

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6725426号  
(P6725426)

(45) 発行日 令和2年7月15日(2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月29日(2020.6.29)

(51) Int.CI.

F 1

A 6 1 B 34/30 (2016.01)  
B 25 J 13/00 (2006.01)A 6 1 B 34/30  
B 25 J 13/00

Z

請求項の数 17 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-559850 (P2016-559850)  
 (86) (22) 出願日 平成27年3月31日 (2015.3.31)  
 (65) 公表番号 特表2017-515535 (P2017-515535A)  
 (43) 公表日 平成29年6月15日 (2017.6.15)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2015/023636  
 (87) 國際公開番号 WO2015/153642  
 (87) 國際公開日 平成27年10月8日 (2015.10.8)  
 審査請求日 平成30年3月27日 (2018.3.27)  
 (31) 優先権主張番号 61/973, 257  
 (32) 優先日 平成26年3月31日 (2014.3.31)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73) 特許権者 510253996  
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  
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・コード 1020  
(74) 代理人 100107766  
弁理士 伊東 忠重  
(74) 代理人 100070150  
弁理士 伊東 忠彦  
(74) 代理人 100091214  
弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】シフト可能な伝動装置を備える手術器具

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

近位端と、遠位端とを有する、細長いシャフトと、  
 該シャフトの前記遠位端にある手術エンドエフェクタと、  
 前記シャフトの前記近位端にある駆動機構とを含み、  
 前記手術エンドエフェクタは、複数のエンドエフェクタ構成部品を含み、該複数のエンドエフェクタ構成部品は、第1のエンドエフェクタ構成部品と、第2のエンドエフェクタ構成部品とを含み、前記第1のエンドエフェクタ構成部品は、第1のエンドエフェクタ機械的自由度と関連付けられ、前記第2のエンドエフェクタ構成部品は、第2のエンドエフェクタ機械的自由度と関連付けられ、

前記駆動機構は、第1のモータインターフェースと、伝動装置とを含み、該伝動装置は、第1の状態と第2の状態との間で移動可能なシフト機構を含み、前記第1の状態において、前記第1のモータインターフェースは、前記第2のエンドエフェクタ構成部品を駆動させずに前記第1のエンドエフェクタ構成部品を駆動させるよう、前記伝動装置を介して連結され、前記第2の状態において、前記第1のモータインターフェースは、前記第1のエンドエフェクタ構成部品を駆動させずに前記第2のエンドエフェクタ構成部品を駆動させるよう、前記伝動装置を介して連結され、

前記シフト機構は、前記第1のモータインターフェースから前記第1のエンドエフェクタ機械的自由度への動力供給を制御するように動作可能なロープと前記第1のエンドエフェクタ機械的自由度の係止を制御するように動作可能なロープとからなる第1の一対のロープ

10

20

ブと、前記第1のモータインターフェースから前記第2のエンドエフェクタ機械的自由度への動力供給を制御するように動作可能なロープと前記第2のエンドエフェクタ機械的自由度の係止を制御するように動作可能なロープとからなる第2の一対のロープとを含む、回転可能なカムシャフトを含む、

手術ツール。

【請求項2】

前記シフト機構を前記第1の状態と前記第2の状態との間でシフトさせるよう連結される、第2のモータインターフェースを更に含む、請求項1に記載の手術ツール。

【請求項3】

前記複数のエンドエフェクタ構成部品は、第3のエンドエフェクタ構成部品を含み、

10

前記シフト機構は、第3の状態に移動可能であり、前記第1の状態において並びに前記第2の状態において、前記第1のモータインターフェースは、前記第3のエンドエフェクタ構成部品を駆動せず、前記第3の状態において、前記第1のモータインターフェースは、前記第1及び第2のエンドエフェクタ構成部品を駆動させずに前記第3のエンドエフェクタ構成部品を駆動させるよう、前記伝動装置を介して連結される、

請求項1に記載の手術ツール。

【請求項4】

前記シフト機構を前記第1の状態、前記第2の状態、及び前記第3の状態の間でシフトさせるよう連結される、第2のモータインターフェースを更に含む、請求項3に記載の手術ツール。

20

【請求項5】

前記シフト機構は、回転可能なカムシャフトを含み、該カムシャフトの第1の位置は、前記第1の状態に対応し、該カムシャフトの第2の位置は、前記第2の状態に対応する、請求項1に記載の手術ツール。

【請求項6】

前記カムシャフトを駆動させるよう連結される、第2のモータインターフェースを更に含む、請求項5に記載の手術ツール。

【請求項7】

前記駆動機構は、第3のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させるよう連結される第2のモータインターフェースと、第4のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させるよう連結される第3のモータインターフェースと、第5のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させるよう連結される第4のモータインターフェースとを含み、

30

前記手術エンドエフェクタの前記第1、第2、第3、第4、及び第5の機械的自由度は、それぞれ特異である、

請求項1に記載の手術ツール。

【請求項8】

前記複数のエンドエフェクタ構成部品は、第6のエンドエフェクタ機械的自由度と関連付けられる第3のエンドエフェクタ構成部品を含み、

前記手術エンドエフェクタの前記第1、第2、第3、第4、第5、及び第6のエンドエフェクタ機械的自由度は、それぞれ特異である、

40

請求項7に記載の手術ツール。

【請求項9】

前記駆動機構は、前記シフト機構を前記第1の状態と前記第2の状態との間でシフトさせるよう連結される第5のモータインターフェースを含む、請求項8に記載の手術ツール。

【請求項10】

前記手術エンドエフェクタは、手術ツールを有する把持デバイスを含み、前記手術エンドエフェクタは、リストを含み、該リストは、遠隔制御されるアームに対して前記把持デバイスをピッチ運動させ、ヨー運動させ、且つロール運動させ得る、請求項9に記載の手術ツール。

50

## 【請求項 1 1】

前記第 1 のエンドエフェクタ機械的自由度は、前記リストをロール運動させ、

前記第 2 のエンドエフェクタ機械的自由度は、前記手術ツールを作動させ、

前記第 3 のエンドエフェクタ機械的自由度は、前記第 6 のエンドエフェクタ機械的自由度に対して低力で前記把持デバイスを作動させ、

前記第 4 のエンドエフェクタ機械的自由度は、前記リストをヨー運動させ、

前記第 5 のエンドエフェクタ機械的自由度は、前記リストをピッチ運動させ、

前記第 6 のエンドエフェクタ機械的自由度は、前記第 3 のエンドエフェクタ機械的自由度に対して高力で前記把持デバイスを作動させる、

請求項 1 0 に記載の手術ツール。

10

## 【請求項 1 2】

前記回転可能なカムシャフトは、前記第 1 のモータインターフェースから前記第 6 のエンドエフェクタ機械的自由度への動力供給を制御するように動作可能なロープと前記第 6 のエンドエフェクタ機械的自由度の係止を制御するように動作可能なロープとからなる第 3 の一対のロープを含む、請求項 1 1 に記載の手術ツール。

## 【請求項 1 3】

前記伝動装置は、前記第 1 のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させる第 1 の歯車列と、前記第 2 のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させる第 2 の歯車列と、前記第 6 のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させる第 3 の歯車列とを含む、請求項 1 2 に記載の手術ツール。

20

## 【請求項 1 4】

前記第 1 の歯車列は、

第 1 の入力歯車と、

究極的には該第 1 の入力歯車と連結される第 1 の出力歯車と、

前記第 1 の入力歯車を前記第 1 の出力歯車と係合させ且つ係合解除させるために前記カムシャフトと移動可能に係合される第 1 のロッカーアームと、

前記第 1 の出力歯車を係止し且つ係止解除するために前記カムシャフトと移動可能に係合させられる第 1 の係止アームとを含み、

前記第 2 の歯車列は、

第 2 の入力歯車と、

究極的には該第 2 の入力歯車と連結される第 2 の出力歯車と、

前記第 2 の入力歯車を前記第 2 の出力歯車と係合させ且つ係合解除させるために前記カムシャフトと移動可能に係合される第 2 のロッカーアームと、

前記第 2 の出力歯車を係止し且つ係止解除するために前記カムシャフトと移動可能に係合させられる第 2 の係止アームとを含み、

前記第 3 の歯車列は、

第 3 の入力歯車と、

究極的には該第 3 の入力歯車と連結される第 3 の出力歯車と、

前記第 3 の入力歯車を前記第 3 の出力歯車と係合させ且つ係合解除させるために前記カムシャフトと移動可能に係合される第 3 のロッカーアームと、

前記第 3 の出力歯車を係止し且つ係止解除するために前記カムシャフトと移動可能に係合させられる第 3 の係止アームとを含む、

請求項 1 3 に記載の手術ツール。

30

## 【請求項 1 5】

前記第 1 の出力歯車は、ある軸にそって延び且つ該軸について回転可能である、主シャフトに連結され、前記第 2 及び第 3 の出力歯車は、前記主シャフト内に保持され、前記軸について前記主シャフトと回転する、請求項 1 4 に記載の手術ツール。

## 【請求項 1 6】

前記第 2 の出力歯車は、前記主シャフト内に延びる第 1 の出力シャフトに連結され、前記第 3 の出力歯車は、前記主シャフト内に延びる第 2 の出力シャフトに連結される、請求

50

項 1 5 に記載の手術ツール。

【請求項 1 7】

前記第 1 、第 2 、及び第 3 の歯車列は、前記カムシャフトと平行な共通の軸に沿って配置される、請求項 1 4 に記載の手術ツール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

( 関連出願の参照 )

この出願は、2014年3月31日に出願された米国仮出願第 6 1 / 9 7 3 , 2 5 7 号の利益を主張し、それをここに参照として援用する。

10

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

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 (extraheinous 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

20

【 0 0 0 3 】

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する (manipulate)。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。

30

【 0 0 0 4 】

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、力フィードバック又は同等のことの場合において、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。ロボットアームシステムの一例は、Sunnyvale, California, USA の Intuitive Surgical, Inc. から入手可能な DA VI NCI ( 登録商標 ) システムである。

40

【 0 0 0 5 】

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。被駆動リンク ( 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ク構成は、米国特許第 7 , 5 9 4 , 9 1 2 号、第 6 , 7 5 8 , 8 4 3 号、及び第 5 , 8 0 0 , 4 2 3 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。これらのリンクは、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

50

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グ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。

#### 【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的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、支持リンク機構がしばしば用いられる。支持リンク機構は、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。例示的な支持リンク機構は、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。

10

#### 【発明の概要】

#### 【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。

20

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

30

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かられる。手術エンドエフェクタが遠位端付近に配置される。手術エンドエフェクタは、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ンド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。

#### 【0009】

40

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かられる。手術エンドエフェクタがシャフトの遠位端に配置されてよい。手術エンドエフェクタは、複数のエンドエフェクタ構成部品を有し、各エンドエフェクタ構成部品は、特異な機械的自由度と関連付けられる。複数のエンドエフェクタ構成部品は、第1のエンドエフェクタ構成部品と、第2のエンドエフェクタ構成部品とを有する。駆動機構がシャフトの近位端に配置される。駆動機構は、第1のモータインターフェースと、伝動装置とを有する。伝動装置は、第1の状態と第2の状態との間で移動可能であるシフト機構を含む。第1の状態において、第1のモータインターフェースは、第2のエンドエフェクタ構成部品を駆動させずに第1のエンドエフェクタ構成部品を駆動させるよう、伝動装置を介して連結され、前記第2の状態において、前記第1のモータインターフェースは、第1のエン

50

ドエフェクタ構成部品を駆動させずに第2のエンドエフェクタ構成部品を駆動させるよう、伝動装置を介して連結される。

#### 【0010】

多くの実施態様において、複数のモータインターフェースは、シフト機構を第1の状態と第2の状態との間でシフトするよう連結される、第2のモータインターフェースを含む。

#### 【0011】

多くの実施態様において、複数のエンドエフェクタ構成部品は、第3のエンドエフェクタ構成部品を含む。シフト機構は、第3の状態に移動可能であってよい。第1の状態において並びに第2の位状態において、第1のモータインターフェースは、第3のエンドエフェクタ構成部品を駆動させない。第3の状態において、第1のモータインターフェースは、第1及び第2のエンドエフェクタ構成部品を駆動させずに第3のエンドエフェクタ構成部品を駆動させるよう、伝動装置を介して連結される。

#### 【0012】

多くの実施態様において、複数のモータインターフェースは、シフト機構を第1の状態、第2の状態、及び第3の状態の間でシフトさせるよう連結される、第2のモータインターフェースを含む。

#### 【0013】

多くの実施態様において、第1のエンドエフェクタ構成部品は、第1のエンドエフェクタ機械的自由度と関連付けられてよく、第2のエンドエフェクタ構成部品は、第2のエンドエフェクタ機械的自由度と関連付けられる。駆動機構は、第3のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させるよう連結される第2のモータインターフェースと、第4のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させるよう連結される第3のモータインターフェースと、第5のエンドエフェクタ機械的自由度を駆動させるよう連結される第4のモータインターフェースとを含んでよい。エンドエフェクタの第1、第2、第3、第4、及び第5の機械的自由度は、それぞれ特異である。

#### 【0014】

多くの実施態様において、複数のエンドエフェクタ構成部品は、第6のエンドエフェクタ機械的自由度と関連付けられる第3のエンドエフェクタ構成部品を含む。エンドエフェクタの第1、第2、第3、第4、第5、及び第6のエンドエフェクタ機械的自由度は、それぞれ特異である。

#### 【0015】

多くの実施態様において、複数のモータインターフェースは、シフト機構を第1の状態と第2の状態との間でシフトするよう連結される第5のモータインターフェースを含む。

#### 【0016】

多くの実施態様において、シフト機構は、回転可能なカムシャフトを含んでよく、カムシャフトの第1の位置は、第1の状態に対応し、カムシャフトの第2の位置は、第2の状態に対応する。

#### 【0017】

多くの実施態様において、複数のモータインターフェースは、カムシャフトを駆動させるよう連結される第2のモータインターフェースを更に含む。

#### 【0018】

多くの実施態様において、伝動装置は、回転可能なカムシャフトを含んでよい。カムシャフトは、第1のモータインターフェースの連結を複数のDOFsのうちの第1のDOFにシフトさせる第1のカムシャフト位置と、第1のモータインターフェースの連結を複数のDOFsのうちの第2のDOFにシフトさせる第2のカムシャフト位置と、第1のモータインターフェースの連結を複数のDOFsのうちの第3のDOFにシフトさせる第3のカムシャフト位置とを含み得る。

#### 【0019】

多くの実施態様において、複数のモータインターフェースは、第2、第3、第4、及び

10

20

30

40

50

第5のモータインターフェースを更に含み、カムシャフトは、第2のモータインターフェースによって駆動させられる。

【0020】

多くの実施態様において、複数のD O F sは、前記第3のモータインターフェースと専ら連結される第4のD O Fと、前記第4のモータインターフェースと専ら連結される第5のD O Fと、前記第5のモータインターフェースと専ら連結される第6のD O Fとを更に含む。

【0021】

多くの実施態様において、手術エンドエフェクタは、手術ツールを有する把持デバイスを含むことができ、手術エンドエフェクタは、リストを含み、リストは、遠隔制御されるアームに対して把持デバイスをピッチ運動（縦揺れ）させ、ヨー運動（偏揺れ）させ、且つロール運動（横揺れ）させ得る。

【0022】

多くの実施態様において、第1のD O Fは、リストをロール運動（横揺れ）させる機構であり、第2のD O Fは、手術ツールを作動させる機構であり、第3のD O Fは、第6のD O Fに対して高力で把持デバイスを作動させる機構であり、第4のD O Fは、リストをヨー運動（偏揺れ）させる機構であり、第5のD O Fは、リストをピッチ運動（縦揺れ）させる機構であり、第6のD O Fは、第3のD O Fに対して低力で把持デバイスを作動させる機構である。

【0023】

多くの実施態様において、カムシャフトは、複数のカムシャフトロープを含む。

【0024】

多くの実施態様において、複数のカムシャフトロープは、第1、第2、及び第3のD O Fの各々に動力供給し且つそれらを係止するために一対のロープを含む。

【0025】

多くの実施態様において、伝動装置は、第1のD O Fを駆動させる第1の歯車列（ギアトレーン）（gear train）と、第2のD O Fを駆動させる第2の歯車列と、第3のD O Fを駆動させる第3の歯車列とを含む。

【0026】

多くの実施態様において、第1の歯車列は、第1の入力歯車と、究極的には第1の入力歯車と連結される第1の出力歯車と、第1の入力歯車を第1の出力歯車と係合させ且つ係合解除するためにカムシャフトと移動可能に係合される第1のロッカーアーム（rocker arm）と、第1の出力歯車を係止し且つ係止解除するためにカムシャフトと移動可能に係合させられる第1の係止アーム（locker arm）とを含む。

【0027】

多くの実施態様において、第2の歯車列は、第2の入力歯車と、究極的には第2の入力歯車と連結される第2の出力歯車と、第2の入力歯車を第2の出力歯車と係合させ且つ係合解除するためにカムシャフトと移動可能に係合される第2のロッカーアームと、第2の出力歯車を係止し且つ係止解除するためにカムシャフトと移動可能に係合させられる第2の係止アームとを含む。

【0028】

多くの実施態様において、第3の歯車列は、第3の入力歯車と、究極的には第3の入力歯車と連結される第3の出力歯車と、第3の入力歯車を第3の出力歯車と係合させ且つ係合解除するためにカムシャフトと移動可能に係合される第3のロッカーアームと、第3の出力歯車を係止し且つ係止解除するためにカムシャフトと移動可能に係合させられる第3の係止アームとを含む。

【0029】

多くの実施態様において、第1の出力歯車は、ある軸に沿って延び且つその軸について回転可能である主シャフトに連結されてよく、第2及び第3の出力歯車は主シャフト内に保持され、その軸について主シャフトと回転する。

10

20

30

40

50

## 【0030】

多くの実施態様において、第2の出力歯車は、主シャフト内に延びる第1の出力シャフトに連結されてよく、第3の出力歯車は、主シャフト内に延びる第2の出力シャフトに連結されてよい。

## 【0031】

多くの実施態様において、第1、第2、及び第3の歯車列は、カムシャフトと平行な共通の軸に沿って配置されてよい。

## 【0032】

多くの実施態様が、遠隔制御される手術装置の伝動装置をシフトさせる方法に向けられる。その方法では、手術デバイスの伝動装置が、複数のシフト可能なエフェクタ出力のうちの1つを手術デバイスの手術エンドエフェクタに係合させるようにシフトされる。手術デバイスは、複数のシフト可能でない（シフト不能な）出力を含んでよい。手術デバイスは、遠隔制御されるアームに接続されてよい。遠隔制御されるアームは、伝動装置を駆動する第1のモータを含む複数のモータと、複数のシフト可能でない（シフト不能な）出力を駆動するための複数の専用モータとを有してよい。1つの係合させられるシフト可能なエフェクタ出力を第1のモータで駆動させて、手術エンドエフェクタの対応するエフェクタ機構を駆動させ得る。

10

## 【0033】

多くの実施態様が、第1のモータインターフェース、伝動装置、並びに第1及び第2の構成部品を含むエンドエフェクタのうちの少なくとも1つを含む、手術デバイスにおける方法に向けられる。本方法は、伝動装置を第1の状態において作動させること、伝動装置を第1の状態から第2の状態にシフトさせること、伝動装置を第2の状態において作動させること、及び伝動装置を第2の状態から第1の状態にシフトさせることを含む。第1の状態において、伝動装置は、第1のモータインターフェースを手術エンドエフェクタの第1の構成部品と連結し、第1のモータインターフェースを手術エンドエフェクタの第2の構成部品から分離し、第2の状態において、伝動装置は、第1のモータインターフェースを手術エンドエフェクタの第2の構成部品と連結し、第1のモータインターフェースを手術エンドエフェクタの第1の構成部品から分離する。

20

## 【0034】

多くの実施態様において、手術エンドエフェクタの複数のシフト可能でないエフェクタ出力のうちの少なくとも1つは、専用モータを用いて駆動させられてよい。

30

## 【0035】

多くの実施態様において、伝動装置をシフトさせることは、第2のモータを用いて伝動装置のカムシャフトを駆動させることによってもたらされる。

## 【0036】

多くの実施態様において、カムシャフトを駆動させることは、複数の歯車列のうちの1つと順次的に係合するようカムシャフトを回転させることによってもたらされる。

## 【0037】

多くの実施態様において、カムシャフトは、伝動装置の複数の歯車列と係合する複数のロッカーアームを動かすよう、回転させられる。

40

## 【0038】

多くの実施態様において、カムシャフトを回転させることは、係合させられない歯車列のうちの少なくとも1つを係止するようにならせる。

## 【0039】

多くの実施態様において、シフトさせることは、複数の歯車列に沿って順次的にのみ起こり得る。

## 【0040】

多くの実施態様において、複数のエフェクタのシフト可能な出力は、ロールD O F、高力把持D O F、及びツール作動D O Fを作動させる、第1のシフト可能な出力を含む。

## 【0041】

50

多くの実施態様において、複数の専用DOFsは、ヨーDOF、ピッチDOF、及び低力把持DOFを含む。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【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。

【0043】

【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。

【0044】

【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。

【0045】

【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。

【0046】

【図5A】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。

【0047】

【図5B】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。

【0048】

【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。

【0049】

【図7】7A乃至7Hは、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及び軸方向断面図である。

【0050】

【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運転についてのカム状態表である。

【発明を実施するための形態】

【0051】

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、特定の詳細がなくて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。

【0052】

I. 最小侵襲的な遠隔支援手術システム

【0053】

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の上に横たわる患者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。MIRS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

10

20

30

40

50

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。

【0054】

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 10 、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。

【0055】

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あるように、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。 20

【0056】

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。 30

【0057】

図 4 は、(図 1 の MIRS 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 40

わせて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。

【0058】

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、それぞれの手術マニピュレータ31から取り外し可能であり且つそれぞれの手術マニピュレータ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。手術マニピュレータ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、それを参考として援用する。

【0059】

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、手術マニピュレータ31であり得る、手術マニピュレータ106を含む。

【0060】

手術マニピュレータ106は、モータユニット108と、手術ツール110とを含む。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、動力モータ112(power motor)と、カムシャフトモータ114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、手術ツール110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。幾つかの実施態様において、モータユニット108は、図5Bに示す近位ハウジングによって概ね描かれるような、手術ツールとの共用シャーシ内で、手術ツール110の近位端に配置されてよい。

【0061】

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/PCT）にあり、それを参考として援用する。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、手術マニピュレータ106を経由して、ピッチモータ116、ヨーモータ118、及び低力把持モータ120と機械的に連結する。ツール110は、動力モータ112及びカムシャフトモータ114と機械的に連結する、伝動装置124(transmission)も含む。

【0062】

手術エンドエフェクタ126が、エフェクタユニット122の遠位端に配置される。手

10

20

30

40

50

術エンドエフェクタ 126 及びエフェクタユニット 122 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 U S 2 0 1 1 / 0 1 1 8 7 0 9 (代理人整理番号 I S R G 0 2 3 5 0 / U S ) 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、相関する、機構によって、手術エンドエフェクタを特徴付けることができ、各機構は、手術エンドエフェクタ 126 のための自由度 (D O F) をもたらす。ここにおいて用いるとき、D O F は、対応する動きをもたらすための、1つ又はそれよりも多くの相関する機構である。D O F s は、手術エンドエフェクタ 126 に、同時に又は別個に作動し得る異なる運転モードを与える。例えば、リストは、手術エンドエフェクタ 126 が、手術マニピュレータ 10 106 に対してピッチ運動（縦揺れ）し且つヨー運動（偏揺れ）するのを可能にし、従って、ピッチ D O F 128 及びヨー D O F 130 を含む。手術エンドエフェクタ 126 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 D O F 132 も含む。

#### 【 0 0 6 3 】

手術エンドエフェクタ 126 は、手術ステープラ (stapler) のように、縫付け及び切断機構を含んでよい。そのような縫付け機構の一例は、米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 1 8 7 7 8 A 1 (代理人整理番号 I S R G 0 2 3 3 0 / U S ) に示されており、それを参考として援用する。縫付け機構は、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 D O F s を含む。組織を優しく操るために、低力 D O F 132 (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 D O F 132 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 D O F 134 (例えば、親ネジで作動される機構) が、クランプを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。ひとたび縫付けられると、手術エンドエフェクタ 126 は、ツール作動 D O F 138 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。

#### 【 0 0 6 4 】

図示のように、ピッチモータ 116、ヨーモータ 118、及び低力把持モータ 120 は、それぞれ、ピッチ D O F 128、ヨー D O F 130、及び低力把持 D O F 139 を駆動させる。従って、ピッチ D O F 128、ヨー D O F 130、及び低力把持 D O F 139 の各々は、モータと別個に対応され、他の D O F s に対して独立的に且つ同時に作動し得る。

#### 【 0 0 6 5 】

しかしながら、高力 D O F 126、ロール D O F 132、及びツール作動 D O F 138 は、伝動装置を介して、動力モータ 112 と単一の入力を共用する。従って、高力 D O F 126、ロール D O F 132、及びツール作動 D O F 138 のうちの 1 つのみが、一度に作動し得る。何故ならば、動力モータ 112 との連結は別個に起こるからである。カムシャフトモータ 114 は、高力 D O F 126、ロール D O F 132、及びツール作動 D O F 138 の間で動力モータ 112 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 124 は、各モータが単一の D O F に充てられる構成よりも大きな量の D O F s を有利に可能にする。

#### 【 0 0 6 6 】

##### I I . 例示的な伝動装置

#### 【 0 0 6 7 】

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機器の 6 つの自由度 (6 D O F s) を制御するシステム及び方法に関する。シフタ (shift er) を用いるには 5 つの入力のうちの 1 つを要し、それは他の入力が 3 つの異なるステープラ D O F s 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 D O F 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

10

20

30

40

50

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。

【0068】

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。

【0069】

図7A乃至7Hは、それぞれ、伝動装置アセンブリ140の斜視図及び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(ギアトレーン)(gear train)を含む。

【0070】

A. 第1の歯車列

【0071】

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。

【0072】

B. 第2の歯車列

【0073】

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。

【0074】

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、究極的には動力モータ112によって、中間歯車156を直接的に駆動させる、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、主シャフト144に対して駆動されない。

【0075】

主シャフト144の外側部分が、2つの軸受によって中間歯車156を保持する。第2

10

20

30

40

50

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 の両方が動力モータ 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、主シャフトと係止し、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。以下で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、動力モータ 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。

#### 【0076】

(動力モータ 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 156 は、主シャフト 144 に対して回転し、それにより、究極的には動力モータ 112 によって、中間内歯車 154 を駆動させる。

#### 【0077】

##### C. 第 3 の歯車列

#### 【0078】

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 D O F 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。

#### 【0079】

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、究極的には動力モータ 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。

#### 【0080】

主シャフト 144 の外側部分は、2つの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 の両方が動力モータ 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 に対してロール運動(横揺れ)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 と係止し、よって、遠位シャフトを動かすために、主シャフト 144 に対して非同期的に動き得ない。以下で更に議論するように、第 3 の歯車列 160 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 166 は、動力モータ 112 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 164 を回転させ得ず、駆動させ得ない。

#### 【0081】

(動力モータ 112 との)第 3 の歯車列 160 の係合状態において、近位歯車 148 及

10

20

30

40

50

び主シャフト 144 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 164 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周り得ない。しかしながら、遠位内歯車 164 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 166 は、主シャフト 144 に対して回転し、それにより、究極的には動力モータ 112 によって、遠位内歯車 164 を駆動させる。

【0082】

D. 歯車列構造

【0083】

図 7B 乃至 7D を注目すると、第 2 の歯車列 150 のそれぞれの断面図及び斜視図が示されている。図 7C 及び 7D は、単一の歯車列がどのように構成されるかのより大きな理解を可能にするよう、他の歯車列の部分が取り除いている。第 1 の歯車列 142 及び第 3 の歯車列 160 は、同様に構成され、従って、以下の記述は、それらの歯車列のそれぞれの断面をそれぞれ示す、図 7E 及び 7F に同じように当て嵌まる。不要な反復を避けるために、歯車列の間の類似の部品について共通の番号付けを用いる。例えば、係止アーム 188 (II) は、第 2 の歯車列 150 の係止アームを指し、係止アーム (III) は、第 3 の歯車列 160 の係止アームを指す。各歯車列は、本質的に同様に、しかしながら、以下に記載するような共用カムシャフトのそれぞれのカムロープによって決定されるような異なるタイミングに従って、動作する。

10

【0084】

手術ツール 110 のより大きなハウジング 170 が、伝動装置アセンブリ 140 を保持する。動力モータ 112 は、各々の歯車列のために共用される、図 7C 及び 7D で示すような、入力シャフト 173 を介して、第 1 の入力歯車 172 (II) を駆動させる。第 1 の入力歯車 172 (II) は、遊び歯車 174 (II) と噛み合わせられ、次に、遊び歯車 174 (II) は、中間歯車 156 と噛み合い得る、第 2 の入力歯車 176 (II) と噛み合う。遊び歯車 174 (II) 及び第 2 の入力歯車 176 (II) は、第 1 の入力歯車 172 (II) について回転する、図 7C 及び 7D に示すような、アーム 177 (II) の上にある。図示するように、第 2 の入力歯車 176 (II) は、アームの下向き部分に位置付けられ、それにより、中間歯車 156 と噛み合わせられない。第 2 の入力歯車 176 (II) を中間歯車 156 と係合させるために、第 2 の入力歯車 176 (II) を動かし得る。圧縮バネ (図示せず) が第 2 の入力歯車シャフトとハウジング 170 との間に装填されて、中間歯車 156 が動力モータ 112 に係合させられるように、第 2 の入力歯車 176 (II) を中間歯車 156 に向かって付勢する。

20

【0085】

カムシャフト 180 が、歯車列に沿って配置される。カムシャフト 180 は、一般的に、ドライブチェーン毎に少なくとも 2 つのカムロープを含む。ロープは回転して、DOF 機構を歯車列と係合させ且つ係合解除させる。カムシャフト 180 は、カムロープを所望の位置に選択的に配置するよう、カムシャフトモータ 114 によって回転させられる。

30

【0086】

第 1 のカムロープ 182 (II) は回転して、ロッカーアーム 184 (II) (rocker arm) の軸受 183 (II) と係合する。ロッカーアーム 184 (II) は、ロッカーピボット 184p (II) について移動可能である。ロッカーアーム 184 (II) は拡張して、第 2 の入力歯車 176 (II) の、図 7C 及び 7D に示すような、歯車シャフト 176S (II) と係合する。第 1 のカムロープ 182 (II) の低い部分がロッカーアーム 184 (II) と係合させられるとき、第 2 の入力歯車 176 (II) は、圧縮バネ (図示せず) の付勢の故に、図示のように、中間歯車 156 と係合させられる。

40

【0087】

図示のように、第 1 のカムロープ 182 (II) の高い部分が軸受 183 (II) と係合するとき、ロッカーアーム 184 (II) は、ロッカーピボット 184p (II) について下向きに動かされる。ロッカーアーム 184 (II) 及び第 2 の入力歯車シャフト 176S (II) の係合の故に、この下向きの動きは、第 2 の入力歯車 176 (II) を中

50

間歯車 156 (II) から係合解除させる。従って、第1のカムロープ 182 (II) 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 156 に移転されない。

#### 【0088】

第2のカムロープ 186 (II) が回転して、係止アーム 188 (II) の表面 187 (II) と係合し、係止アーム 188 (II) は、係止アームピボット 190 (II) について旋回する。係止アーム 188 (II) は、歯付き部分 192 (II) を含み、歯付き部分 192 (II) は、歯付き部分 192 (II) を中間歯車 156 と噛合させるよう動かされ得る。図 7D に示すように、バネ 157 が、係止アーム 188 (II) とハウジング 170 との間に装着されて、歯付き部分 192 (II) を中間歯車 156 から離れる方向に付勢する。

#### 【0089】

図示のように、第2のカムロープ 186 (II) の低い部分が係止アーム 188 (II) の表面 187 (II) と係合するとき、歯付き部分 192 (II) は、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。

#### 【0090】

ステープ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 7G 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 198 に接続される、運動フラッグ 196 (interlock flag) を動かすよう、カムシャフト 180 の運動カムロープ 194 (interlock cam lobe) が高い状態に移動可能である。一方向クラッチ 198 の把持は、ハウジング 170 にある通路を通じて、レンチのような手持ち式ツールによってアクセス可能である。運動フラッグ 196 は、運動カムロープ 194 の高い部分が図示のように運動フラッグ 196 を持ち上げない限り、通路を遮断する。クランプ状態で、運動フラッグ 196 は、ジョーがクランプ解除される(unclamped) 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 198 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。

#### 【0091】

図 7H は、係止アーム 188 (I - III) に対する二次的なシャフト制動システムとして作用する、摩擦係止機構 200 を描いている。摩擦係止アーム 202 が、ピボット 204 について旋回し、制動面 206 を含む。摩擦係止アーム 202 は、図示のように、主シャフト 144 の部分に対して制動面 206 を配置するよう、バネ 208 によって付勢される。この位置において、主シャフト 144 はロール運動 (横揺れ) し得ない。カムシャフト 180 の摩擦係止カムロープ 210 が、高い部分と、低い部分とを含む。主シャフト 144 は、摩擦係止カムロープ 210 の低い部分が摩擦係止アーム 202 上に位置付けられる軸受 212 に対する限り、制動されたままである。摩擦係止アームを主シャフト 144 から離れる方向に位置付けるために、高い部分を回転させて軸受 212 を持ち上げ得る。その位置において、主シャフト 144 は、ロール運動 (横揺れ) することが可能にされる。

#### 【0092】

I I I . 伝動装置移動方法(Transmission Shifting Method)

#### 【0093】

第2のカムロープ 186 (I - III) の高い部分が係止アーム 188 (I - III) の表面 187 (I - III) と係合するとき、歯付き部分 192 (I - III) が動かされて、近位歯車 148、中間歯車 156、又は遠位歯車 166 とそれぞれ係合する。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

10

20

30

40

50

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、望まれていない移動を防止する。

【0094】

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の運転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7B乃至7D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(I-I I I)及び第2のカムロープ186(I-I I I)は、第1、第2、及び第3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7Gに示すように、システム故障の場合にDOFs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。

【0095】

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を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、移行部が中間で傾斜する。各低い状態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(I-I I I)及びロッカーアーム184(I-I I I))の運転の所望の持続時間に基づく。この開示の目的のために、第1のカムロープ182(I-I I I)の高い状態は、第1のカムロープ182(I-I I I)が、関連付けられる歯車列が動力モータ112と係合させられるように位置付けられることを意味するのに対し、第1のカムロープ182(I-I I I)の低い状態は、係合解除を意味する。同様に、第2のカムロープ186(I-I I I)の高い状態は、第2のカムロープ186(I-I I I)が、関連付けられる歯車列が関連付けられる係止アーム188(I-I I I)と係合させられるように位置付けられることを意味するのに対し、第2のカムロープ186(I-I I I)の低い状態は、係合解除を意味する。中間歯車列及び遠位歯車列は、図示するDOFsに必ずしも結び付けられず、故に、交換可能であることも、理解されるべきである。

【0096】

A. 第1の伝動装置モードについてのカム状態

【0097】

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ている。0度の回転で、伝動装置140は、ロールDOF132(ROL L)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、カムロープ182(I-I I I)は、各歯車列について、高い状態にあり、カムロープ186(I-I I I)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、動力モータ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188(I)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は動力モータと接触したままである。加えて、摩擦係止アーム202を作動させる摩擦カムロープ210は低い状態に駆動されて、主シャフト144が回転するのを可能にする。

【0098】

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

、動力モータ112と係合させられたままであり、よって、ロール運動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。

#### 【0099】

加えて、カムシャフト180の約40度の回転で「カニューレ係止確認」を行い得る。このモードにおいて、摩擦係止アーム202は、主シャフト144と係合させられたままであるが、第1の歯車列の係止アーム188(I)は、係合解除させられるようになるのに対し、第1の歯車列142は、動力モータ112と係合させられたままである。係止アーム188(I)は、係合解除されるので、これは、制動させられる主シャフト144をロール運動(横揺れ)させるのを試みることによって、システムが摩擦係止機構200を自己診断するのを可能にする。主シャフト144がこの状態においてロール運動(横揺れ)し得るならば、それは摩擦係止機構200が誤作動しているのを示すことがある。

10

#### 【0100】

B. 第2の伝動装置モードについてのカム状態

#### 【0101】

カムシャフト180の約-150度の回転で、伝動装置は、ツール作動DOF138(発射)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の第1のカムロープ182(I)及び第3の歯車列160の第1のカムロープ182(III)は低い状態にあり、第2の歯車列150の第1のカムロープ182(II)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のみが動力モータ112から動力を受ける。

20

#### 【0102】

図示するように、第1の歯車列142の第2のカムロープ186(I)及び第3の歯車列160の第2のカムロープ186(III)は高い状態にあり、第2の歯車列150の第2のカムロープ186(II)は低い状態にある。このようにして、第1の歯車列142の係止アーム188(I)及び第3の歯車列160の係止アーム188(III)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188(II)は、中間歯車156から係合解除させられる。よって、中間歯車156のみが自由に回転する。

30

#### 【0103】

C. 第3の伝動装置モードについてのカム状態

#### 【0104】

カムシャフト180の約170度の回転で、伝動装置は高力把持DOF136(クランプ)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の第1のカムロープ182(I)及び第2の歯車列150の第1のカムロープ182(II)は低い状態にあり、第3の歯車列160の第1のカムロープ182(III)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、遠位歯車166のみが動力モータ112から動力を受ける。

40

#### 【0105】

加えて、第1の歯車列142の第2のカムロープ186(I)及び第2の歯車列150の第2のカムロープ186(II)は高い状態にあり、第3の歯車列160の第2のカムロープ186(III)は低い状態にある。このようにして、第1の歯車列142の係止アーム188(I)及び第2の歯車列150の係止アーム188(II)は、それぞれ、近位歯車148及び遠位歯車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188(III)は、遠位歯車166から係合解除させられる。更に、図7Gを参照して上述したように、連動カムロープ194は高い状態に駆動される。これは連結フ

50

ラック196を動かし、システム故障の場合には、第2の歯車列を手動でバックドライブする使用者アクセスを可能にする。

#### 【0106】

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。

#### 【0107】

不定冠詞及び定冠詞の使用並びに本発明を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。

#### 【0108】

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。

#### 【0109】

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。

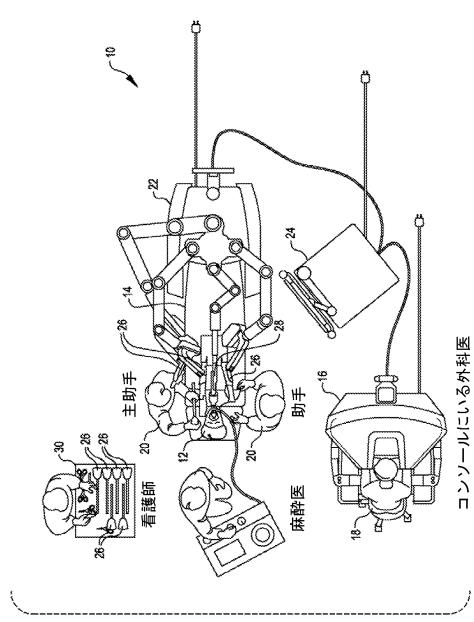
10

20

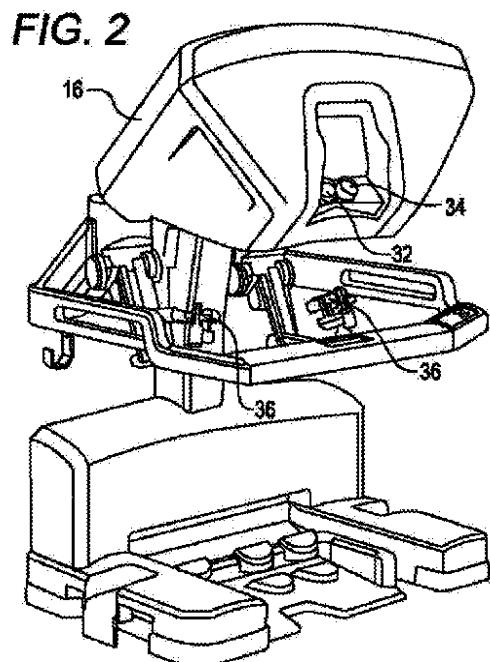
30

40

【図1】



【図2】



【図3】

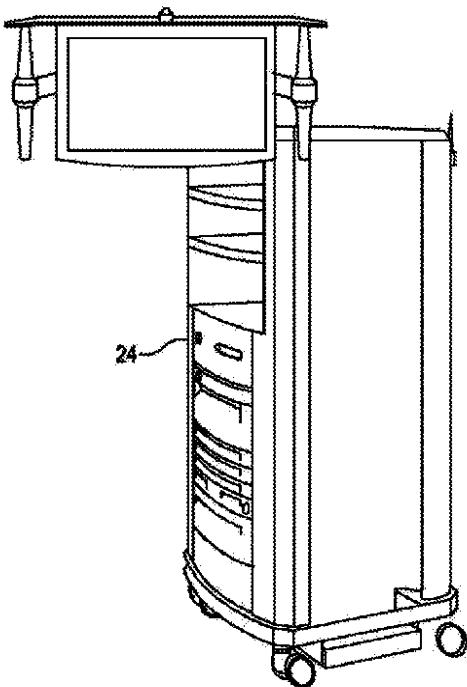
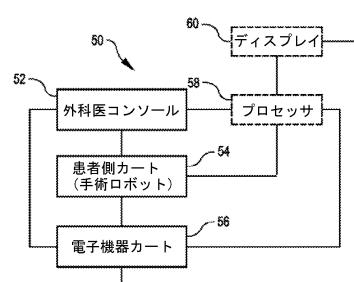
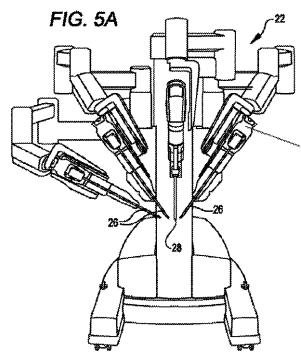


FIG. 3

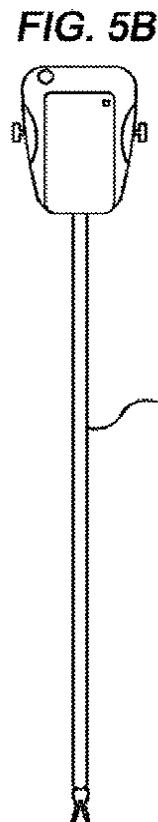
【図4】



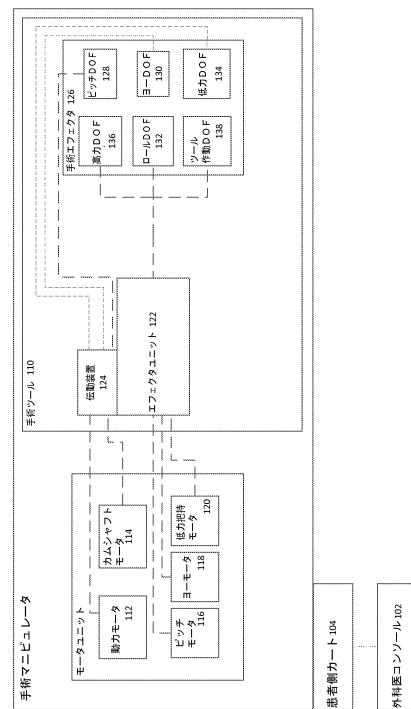
【図5A】



【図5B】



【図6】



【図7A】

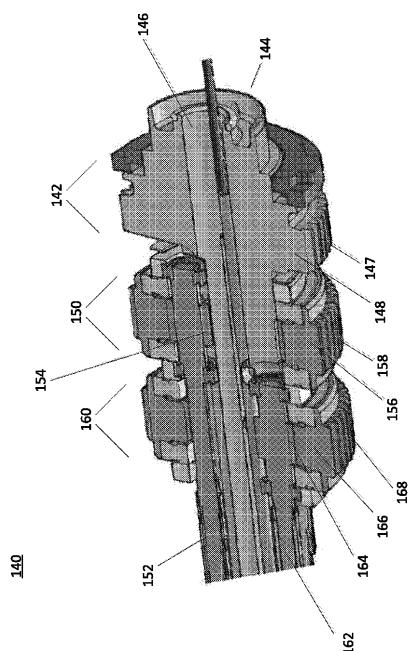


FIG. 7A

【図7B】

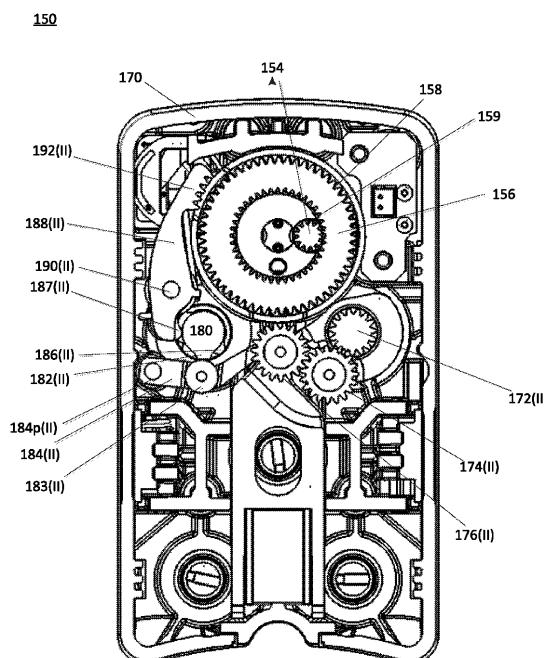


FIG. 7B

【図7C】

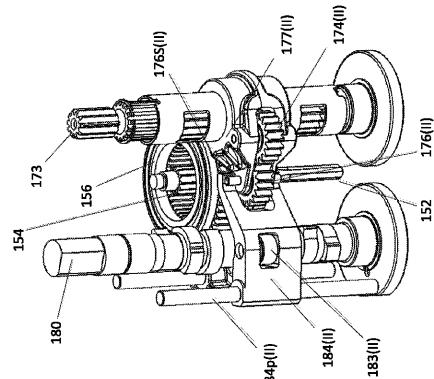


FIG. 7C

【図7D】

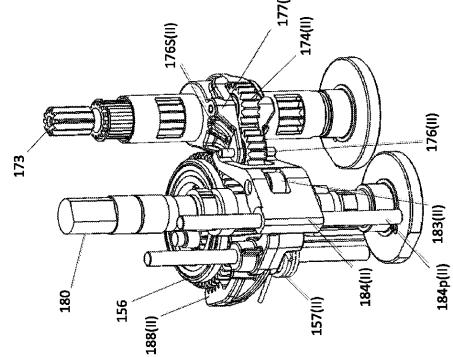


FIG. 7D

【図7E】

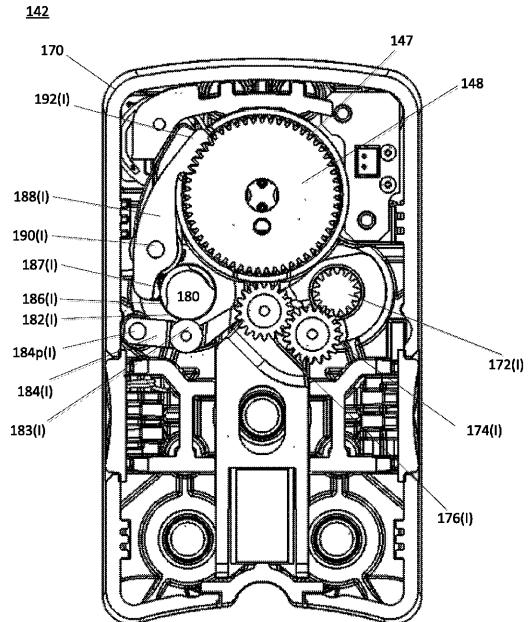


FIG. 7E

【図7F】

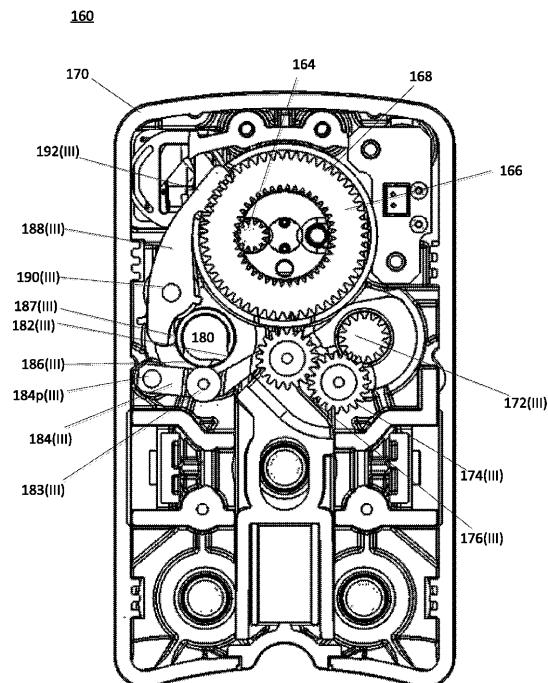


FIG. 7F

【図7G】

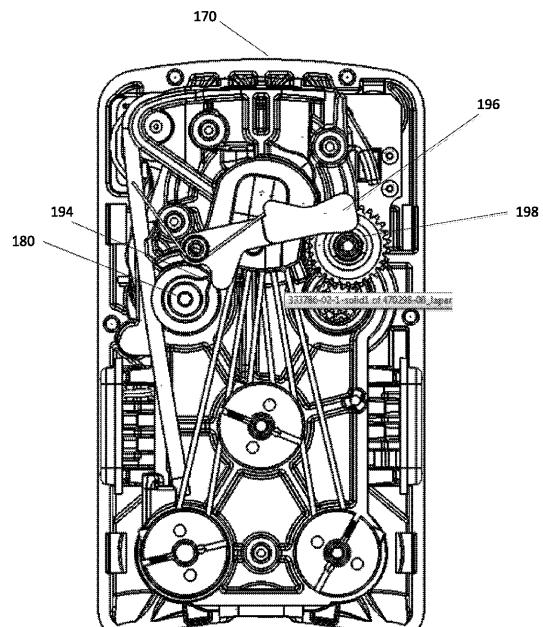


FIG. 7G

### 【図7H】

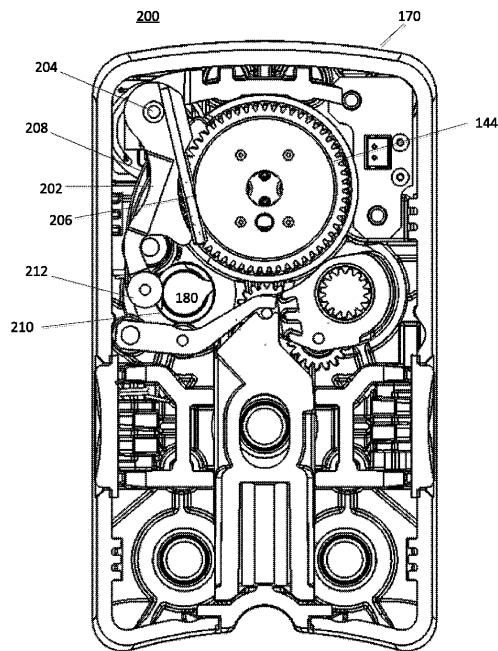
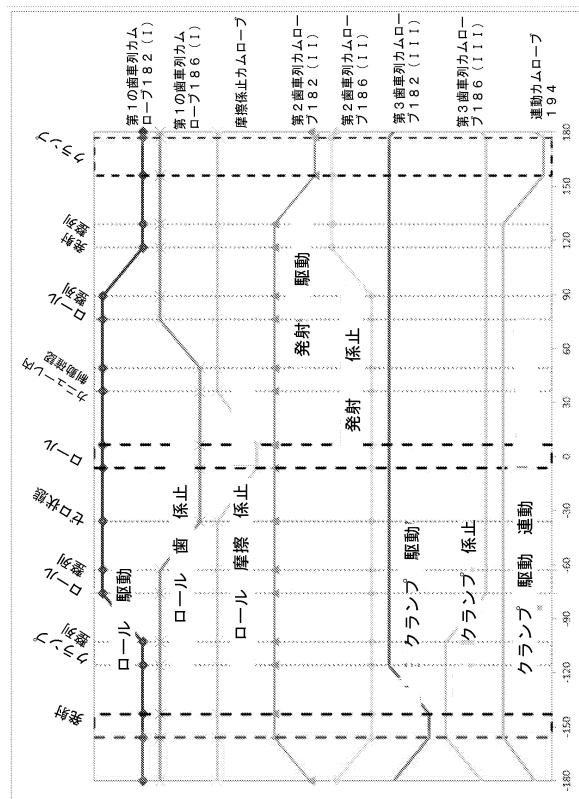


FIG. 7H

【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ベイリー, デイヴィッド ダブリュ  
アメリカ合衆国 94028 カリフォルニア州, ポートラヴァレー, ウィンダム・ドライヴ 2  
30

(72)発明者 ロジャーズ, セオドア ダブリュ  
アメリカ合衆国 94501 カリフォルニア州, アラメダ, スターリン・アヴェニュー 324  
0

(72)発明者 デヤノヴ, ルメン  
アメリカ合衆国 94555 カリフォルニア州, フリーモント, ガッドウォール・コモン 34  
289

(72)発明者 ラスロップ, レイ  
アメリカ合衆国 37212 テネシー州, ナッシュビル, 24ス・アヴェニュー・サウス 20  
13

(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, アパートメント 307

審査官 宮部 愛子

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0290856 (US, A1)  
特開2008-272482 (JP, A)  
国際公開第2014/004251 (WO, A2)  
特表2014-512845 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B34/30 - 34/37  
A61B17/068 - 17/072