

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6616281号
(P6616281)

(45) 発行日 令和1年12月4日(2019.12.4)

(24) 登録日 令和1年11月15日(2019.11.15)

(51) Int.Cl.

A61B 34/30 (2016.01)
B25J 17/00 (2006.01)
B25J 17/02 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 34/30
 B 2 5 J 17/00
 B 2 5 J 17/02

G
D

請求項の数 8 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2016-502224 (P2016-502224)
 (86) (22) 出願日 平成26年3月13日 (2014.3.13)
 (65) 公表番号 特表2016-518160 (P2016-518160A)
 (43) 公表日 平成28年6月23日 (2016.6.23)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2014/026721
 (87) 國際公開番号 WO2014/151952
 (87) 國際公開日 平成26年9月25日 (2014.9.25)
 審査請求日 平成29年3月8日 (2017.3.8)
 (31) 優先権主張番号 61/781,092
 (32) 優先日 平成25年3月14日 (2013.3.14)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
 (31) 優先権主張番号 61/791,248
 (32) 優先日 平成25年3月15日 (2013.3.15)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 501228071
エスアールアイ インターナショナル
S R I International
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
025 メンロパーク レイベンスウッド
アベニュー 333
333 Ravenswood Avenue, Menlo Park, California 94025, U.S.A.
(74) 代理人 100116872
弁理士 藤田 和子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コンパクトなロボット手首部

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最小侵襲性の手術ツールであって、
 ツールシャフトと、
 エンドエフェクタと、
 前記ツールシャフトと前記エンドエフェクタとの間に配された多軸型手首部であって、
 前記手首部は、2つの直交方向に配列されたブーリの3つ以上のセットを含む、手首部と、
 ブーリの前記3つ以上のセットのうちの1つ以上の周りに少なくとも部分的に巻き付く複数のケーブルの4つのケーブル端を制御することにより、前記手首部および前記エンドエフェクタの1つまたは両方の動作をもたらすように構成された複数のモータを含む駆動メカニズムであって、前記駆動メカニズムは、前記エンドエフェクタのヨーまたはピッチ運動をもたらすために前記4つのケーブル端の間の相対的な張力を変化させるように構成される、駆動メカニズムと、
 を含み、

前記モータのうちの1つは、前記ツールシャフトについて軸方向に動くように構成されたシャトルメカニズムと結合され、前記シャトルメカニズムは、1つのケーブル端上の張力を緩めて第2のケーブル端上の張力を増大してこれにより前記エンドエフェクタのピッチ運動をもたらすように構成される、手術ツール。

【請求項 2】

10

20

前記駆動メカニズムは、3つの電気モータを含む、請求項1に記載の手術ツール。

【請求項3】

前記モータの少なくとも一部は、前記ツールシャフトの近位端部に取り付けられた結合ユニットに着脱可能に連結可能なモータパックの中にある、請求項2に記載の手術ツール。

【請求項4】

前記結合ユニットは、無菌バリヤを提供する、請求項3に記載の手術ツール。

【請求項5】

ブーリの前記 3 つ以上のセットは、2 つの直交する方向に位置付けられたブーリの 2 つのセット、およびブーリの前記 2 つのセットの間に角度付けされたブーリの第 3 セットを含み、これにより前記 4 つの独立したケーブルの間の交差および摩擦を減少させる、請求項 1 に記載の手術ツール。

10

【請求項 6】

前記ケーブルの制御は、前記エンドエフェクタの顎のペアの動作を制御する、請求項1に記載の手術ツール。

【請求項 7】

ブーリの前記 3 つ以上のセットは、前記エンドエフェクタに取り付けられたブーリの第 1 セット、および、前記ケーブルの 1 つ以上のお部がブーリの第 2 セットからブーリの前記第 1 セットに真っすぐな経路に沿って延びるように、ブーリの前記第 1 セットに整列されたブーリの前記第 2 セット、を含む、請求項 1 に記載の手術ツール。

20

【請求項 8】

ブーリの前記第1セットは、前記ツールシャフトの中心軸に近接して配置され、ブーリの前記第1セットは前記ツールシャフトの直径にはほぼ等しい直径を有する、請求項7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]

「関連出願の相互参照」

本出願は、合衆国法典第35巻第119条(е)項の下で、2013年3月14日に出願された米国仮特許出願第61/781092号、および2013年3月15日に出願された米国仮特許出願第61/791248号の優先権利益を主張し、これらの仮出願は、参照することによりその全体が本出願に組み込まれ、本明細書の一部と見なすものとする。

30

[0 0 0 2]

「背景」

「分野」

ロボットのエンドエフェクタは、ロボットが対象体を操作することを可能にする。本出願は、ロボットツール、該ツールのエンドエフェクタ、およびそれらを動作させる方法に関する。

【背景技术】

[0 0 0 3]

「関連出願の説明」

ロボットは、工業、研究、医療、および医療外用途を含め、様々な用途に使われる。それぞれの異なる種類のロボットは、ほとんどのロボットの間に共通な特徴および特性に加え、それ自体の独自の特徴および特性のセットを有し得る。ほとんどのロボットに共通な1つの特性は、ツールの使用である。ロボットに制御されるツールは、様々なタスクを実施するために使われる。ロボットに制御される各ツールは、実施対象のタスクのために特別に設計され得る。通常、ロボットのツールは、細長い形状で、エンドエフェクタ（例えば、捕捉具（grasper））を有する。

10

【0004】

手術システムに関しては、典型的な市販のロボットシステムは、ケーブルまたは他のメカニズムで制御される真っすぐな剛体のツールまたは柔軟性のツール（例えば、湾曲ツール）を用いている。真っすぐな剛体ツールは、一部の手術状況では、例えば、切開点または進入口（例えば、ツールが身体に入る箇所）と手術対象の組織との間に臓器または解剖構造体がある場合には、真っすぐなシャフトが当該組織にアクセスするためにその臓器または解剖構造体に迂回して到達することができないので、不適当である。真っすぐな剛性ツールの別の欠点は、患者に対する外傷を制限するため場によって望まれる、単一の手術切開部または進入口を通して複数のツールが導入される単孔式手術と言われる手術への使用には適さないことである。かかる単孔式手術において、縫合などのタスクのために複数のツールの間での協働的相互作用が必要となる。協働的に相互作用するには、これらのツールは、相異なる角度から手術野に集中する必要があり、真っすぐな剛性ツールは、これにうまく適さない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

湾曲性または屈曲性ツールなどの柔軟性ツールについては、これらのツールは、前述の真っすぐな剛性ツールのアクセス性および操作性上の問題の一部は克服するが、これにも欠点がある。柔軟性ツールの短所の1つは、通常、これらには外科手術の間における曲げ負荷に耐えるのに十分な剛性がないことである。一般に、剛性を向上するため、これらツールの湾曲または屈曲プロフィールは、製造者もしくは屈曲ツールを使用するユーザによって人体の外部で事前形成され、したがって体内の現位置で手術体形状に合わせて曲げられることができない。セグメント分けされたまたは柔軟なシャフトを有する他の柔軟性ツールが利用可能であり、これらは、例えばケーブルによって制御することができる。これらの柔軟性ツールも、外科手術の間にいったん曲げられると、曲げ負荷に耐えるのに十分な剛性を達成することができないなどといった短所を有する。

【0006】

また、真っすぐな剛性ツールおよび湾曲性または屈曲性ツールは、非医療応用にも使われており、前記非医療応用に使われるとき前述したのと同様な欠点を有する。

【0007】

上記から、市販のツールについて前述した欠点に対処した改良ロボットツールおよびエンドエフェクタが必要とされている。現在市販されているものに比べ、作業箇所のよりわずかな閉塞、複雑な手術を遂行するための向上された能力、およびアクセスが制限される領域で作業するための向上された能力を備えた、改良されたロボットツールおよびエンドエフェクタが必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様によれば、エンドエフェクタに連結された手首部（wrist）を備えたツールが提供される。この手首部は、4つの独立したケーブル端を含むことができる。これら4つの独立したケーブル端は、各々の独立したケーブル端が別々に駆動されてもよいように配置（arrange）されることができる。一実施形態において、これら4つの独立したケーブル端は、4本の独立したケーブルによって定義される。別の実施形態において、この4つの独立したケーブル端は、2つのケーブルによって定義され、各ケーブルの各端は、独立したケーブル端を定義する。

【0009】

一実施形態において、本ツールは、各ケーブル端を別々に制御するための4つのモータを含むようにアレンジされることができる。

【0010】

本発明の一態様によれば、エンドエフェクタに連結された手首部を有するツールは、ケーブルの代わりに1本以上の撲り紐を有することができる。単一の紐は、撲り紐のように機能するようアレンジされてもよい。本ツールは、エンドエフェクタを駆動する1本以上

10

20

30

40

50

の撓り紐を有することができる。

【0011】

手首部およびエンドエフェクタを備える本ツールは、ブーリの3つ以上のセットを有するようにアレンジすることができる。各ケーブルは、各ケーブルが2つの直交する方向でブーリの3つ以上のセットに巻き付くように配置されることがある。各ケーブルは、各ケーブルの2つの側の間の相対的な張力がヨー運動をもたらすことができるよう配置されることがある。各ケーブルは、2つのケーブルの間の相対的な張力がピッチ運動をもたらすことができるよう配置されることがある。

【0012】

手首部およびエンドエフェクタを備える本ツールは、ブーリの3つのセットとブーリの2つの追加セットとを有するようにアレンジすることができる。各ケーブルは、各ケーブルが2つの直交する方向で該ブーリの3つのセットに巻き付くように配置されることがある。ブーリの2つの追加セットは、ブーリの3つのセットに対して角度を付けることができる。ブーリの2つの追加セットは、ブーリの3つのセットの間に配置されることがある。

10

【0013】

本発明の一態様によれば、ブーリの3つのセットが設けられ、ブーリの3つの追加セットが設けられる。各ケーブルは、各ケーブルが2つの直交する方向でブーリの3つのセットに巻き付くように配置されることがある。ブーリの該3つの追加セットは、ブーリの3つのセットの間に配置されることがある。ブーリの2つのセットおよびブーリの2つの追加セットは、第1の方向に配置することができ、ブーリの1つのセットおよびブーリの1つの追加セットは、第1の方向と直行する方向に配置されることがある。

20

【0014】

本発明の一態様によれば、ブーリの3つのセットが設けられ、ブーリの2つの追加セットが設けられる。各ケーブルは、各ケーブルが2つの直交する方向でブーリの3つ以上のセットに巻き付くように配置されることがある。ブーリの2つの追加セットは、ブーリの3つのセットの間に配置されることがある。ブーリの2つのセットおよびブーリの2つの追加セットは、第1の方向に配置することができ、ブーリの1つのセットは、第1の方向に直交する方向に配置されることがある。

30

【0015】

本ツールは、2つのケーブルループが3つのモータで制御されるように配置されることがある。第3モータは、メカニズムを制御するように配置されることがある。このメカニズムは、該メカニズムが同じケーブルの両側に張力を加えるように配置されることがある。このメカニズムは、該メカニズムがピッチ運動を可能にするように配置されることがある。

【0016】

本ツールは、該メカニズムが1つのケーブルへの張力を別のケーブルへの張力に比べて増大するロッカーボルトであるようにアレンジすることができる。このロッカーメカニズムは、該ロッカーメカニズムが、軸の周りを回転（例えば、行き来運動）して1つのブーリを遠位に1つのブーリを近位に動かし、これにより2つのケーブルの1つへの張力を増大し、該2つのケーブルの他方への張力を緩めるように配置されることがある。

40

【0017】

本ツールは、該メカニズムが1つのケーブルへの張力を別のケーブルへの張力に比べ増大するシャトルメカニズムであるようにアレンジすることができる。このシャトルメカニズムは、ツールのシャフトの軸沿いに直線的に平行移動してシャトルブーリの定位（orientation）を移動し、これにより1つのケーブルが進まねばならない距離を他のケーブルが進まねばならない距離に比べて増加するように配置されることがある。このシャトルメカニズムは、該シャトルメカニズムの運動が2つのケーブルの1つに張力を加え、該2つのケーブルの他方の張力を緩めるように配置されることがある。

【0018】

50

本発明の別の態様によれば、或るツールは、エンドエフェクタに連結された手首部を有する。この手首部は、1つ以上の椎骨部(vertebra)を含み、各椎骨部は、1つ以上の独立したケーブルを使って制御可能である。この1つ以上のケーブルは、ヨーおよびピッチへの屈曲に作用するよう配置されることができる。本ツールは、各椎骨部が2つ以上のケーブルを使って制御可能であるように配置されることができ、該2つ以上のケーブルは、ヨーおよびピッチにおける屈曲に作用するよう配置されることができる。

【0019】

本発明の別の態様によれば、或るツールは、1つ以上の剛性セクションおよび1つ以上の柔軟性セクションを含むように設けられる。1つ以上の柔軟性セクションは、制御可能であり、例えば或る屈曲形態で選択的にロック(一時固定)しまたはロック解除することができる。10

【0020】

1つ以上の剛性セクションおよび1つ以上の柔軟性セクションを有する本ツールは、該1つ以上の柔軟性セクションが受動的に制御されるように配置されることができる。この1つ以上の柔軟性セクションは、1つ以上の椎骨部によって受動的に制御することができる。一実施形態において、1つ以上の椎骨部によって1つ以上の柔軟性セクションを制御して本ツールのシースを固くし、例えば、本ツールの手首部の近位側にジョイントを設けることができる。このジョイントと手首部とによって、本ツールの遠位端部(例えば、ツールのエンドエフェクタ)の運動をもたらす冗長メカニズムを設けることが可能である。一実施形態において、このジョイントの設定(例えば、位置、角度)は、該ジョイントの遠位側の手首部の作動を制御するのと同一のメカニズムによって制御することができる。一実施形態において、このメカニズムは、低融点固体を用いるメカニズムなどのロックメカニズムとすることができます。別の実施形態において、このメカニズムは、手首部および手首部の近位側のジョイントの動作をもたらすために作動されるケーブルのセットとすることが可能である。20

【0021】

1つ以上の剛性セクションおよび1つ以上の柔軟性セクションを備えるツールは、1つ以上の柔軟性セクションが能動的に制御されるように配置されることがある。この1つ以上の柔軟性セクションは、1つ以上のケーブルによって能動的に制御することができる。一実施形態において、該1つ以上の柔軟性セクションは、2つ以上のケーブルによって能動的に制御することができる。30

【0022】

1つ以上の剛性セクションおよび1つ以上の柔軟性セクションを備えるツールは、1つ以上の柔軟性セクションがロックメカニズムによって選択的にロックされるように配置されることができる。このロックシステムは、低融点固体を含むようにアレンジすることができる。一実施形態では、この融点固体は、ポリマーとすればよい。該1つ以上の柔軟性セクションは、シースを含むようにアレンジすることができる。このシースは、固体から液体に状態を変化できる前記低融点固体の母材で含浸された纖維を有する導電材料の組み紐を含むことができる。このロックメカニズムには、低融点固体がしなやかになって、これにより1つ以上の柔軟性セクションの屈曲が可能になるように作動可能な、活性化素子を含めることができる。該ロックメカニズムは、活性化素子がヒーターおよび/またはヒーター線を含むようにアレンジすることができる。他の実施形態において、低融点固体の使用の代わりにまたはこれに加えて、静電気効果または磁気効果に基づく固化メカニズムを用いることもできる。40

【0023】

1つ以上の剛性セクションおよび1つ以上の柔軟性セクションを備えるツールは、該1つ以上の柔軟性セクションが1つ以上のセンサを含むことができるようにアレンジすることができる。この1つ以上のセンサは、1つ以上の歪みセンサ、1つ以上の位置センサおよび/または1つ以上の圧力センサであってよい。

【0024】

10

20

30

40

50

1つ以上の剛性セクションおよび1つ以上の柔軟性セクションを備えるツールは、該1つ以上の柔軟性セクションをモニタすることが可能なようにアレンジされることができる。一実施形態において、1つ以上の柔軟性セクションは、定期的ベースでモニタすることができる。別の実施形態において、1つ以上の柔軟性セクションは、連続ベースでモニタすることができる。該1つ以上の柔軟性セクションは、1つ以上のカメラによってモニタすることができる。これらのカメラは、内視鏡カメラとすればよい。これら1つ以上のカメラは、画像を生成することができ、これらの画像を処理してツールおよび／または手首部の屈曲パラメータを得ることができる。これらの屈曲パラメータは、システムのユーザおよび／または制御システムに対し、ツールの制御に関する情報を追加して提供することができ、そして屈曲の配置が判明したならば、その情報を制御システムの制御ループ中に供給してツールを制御することができる。

10

【0025】

本発明の別の態様によれば、ツールは、エンドエフェクタに連結された手首部を有し、1つ以上のケーブルが該手首とエンドエフェクタとを制御する。エンドエフェクタは、エンドエフェクタを制御する1つ以上のケーブルが手首部を制御する1つ以上のケーブルから独立しているように配置される。

【0026】

手首部はブーリの3つのセットを含むことができる。ブーリの第1セットは、4つのブーリを含むことができる。この4つのブーリは、2つのブーリの2つのセット中に配置されることができる。一実施形態において、この4つのブーリは、2つのブーリの第1セットが、2つのブーリの第2セットに平行になるように配置されることがある。ブーリの第2セットは、ブーリの該第2セットがブーリの第1セットに対し角度が付くように配置される。ブーリの第3セットは、ブーリの該第3セットがブーリの第1セットに対し直交するように配置される。ブーリの第3セットはエンドエフェクタに連結することができる。

20

【0027】

手首部はブーリの3つのセットを含むことができる。ブーリの第1セットは4つのブーリを含むことができる。この4つのブーリは、2つのブーリの2つのセット中に配置されることがある。この4つのブーリは、2つのブーリの2つのセット中に平行に配置されることがある。ブーリの第2セットは、ブーリの該第2セットがブーリの第1セットに対し角度が付かないように配置される。ブーリの第3セットは、ブーリの該第3セットがブーリの第1セットに対し直交しないように配置される。ブーリの第3セットは、ブーリの該第3セットがブーリの第2セットに対し直交しないように配置される。ブーリの第3セットは、ブーリの第2セットからのケーブルがブーリの第3セットへ真っすぐな経路をたどり、これによりケーブルとブーリとの間の摩擦を最小にするように配置される。

30

【0028】

手首部およびエンドエフェクタを備えるツールは、ブーリの3つのセットとブーリの2つの追加セットとを有するようにアレンジされることがある。ブーリの2つのセットおよびブーリの2つの追加セットは、第1の方向に配置されることがある。ブーリのその1つのセットは、第1の方向と角度を付けた別の方向に配置されることがある。ブーリの2つの追加セットは、ブーリの3つのセットの間に配置されることがある。ブーリの第3セットは、ブーリの2つの追加セットからのケーブルがブーリの第3セットへ真っすぐな経路をたどり、これによりケーブルとブーリとの間の摩擦を最小にするように配置される。

40

【0029】

手首部およびエンドエフェクタを備えるツールは、ブーリの3つのセットとブーリの3つの追加セットとを有するようにアレンジされることがある。ブーリのその2つのセットおよびブーリのその2つの追加セットは、第1の方向に配置されることがある。ブーリのその1つのセットおよびブーリのその1つの追加セットは、第1の方向と直交する方向に配置されることがある。ブーリの3つの追加セットは、ブーリの3つのセットの間に

50

配置することができる。第1の方向に配置されたブーリの2つの追加セットは、オフセットされた回転中心を持つブーリを有することができる。該第1の方向に配置されたブーリの2つの追加セットは、相異なる直径のブーリを有することができる。

【0030】

手首部およびエンドエフェクタを備えるツールは、ブーリの3つのセットとブーリの4つの追加セットとを有するようにアレンジすることができる。ブーリのその2つのセットおよびブーリの4つの追加セットは、第1の方向に配置されることが可能、ブーリのその1つのセットは、第1の方向と直交する方向に配置されることがある。ブーリの4つの追加セットは、ブーリの3つのセットの間に配置されることがある。ブーリの第1追加セットの回転中心は、ブーリの第2追加セットの回転中心からオフセットされる。ブーリの第3追加セットの回転中心は、ブーリの第4追加セットの回転中心に整列される。10

【0031】

一態様によれば、或る最小侵襲性の手術ツールが提供される。本ツールは、ツールシャフト、エンドエフェクタ、およびツールシャフトとエンドエフェクタとの間に配された多軸型の手首部を含み、手首部は、2つの相直交する方向に配置された、ブーリの3つ以上のセットを含む。本ツールは、手首部およびエンドエフェクタの1つまたはその両方の動作をもたらすように構成された4つの電気モータを含む駆動メカニズムをさらに含む。4つの電気モータの各々は、ブーリの3つ以上のセットの1つ以上に少なくとも部分的に巻き付いている4つの独立したケーブルの1つを個別に制御するように構成される。これらのモータは、ヨーまたはピッチ運動をもたらすため、該4つの独立したケーブルの間の相対的な張力を変化させるように構成される。20

【0032】

別の態様によれば、或る最小侵襲性の手術ツールが提供される。本ツールは、ツールシャフト、エンドエフェクタ、およびツールシャフトとエンドエフェクタとの間に配置された多軸型の手首部を含み、手首部は、2つの相直交する方向に配置された、ブーリの3つ以上のセットを含む。本ツールは、手首部およびエンドエフェクタの1つまたはその両方の動作をもたらすように構成された駆動メカニズムをさらに含む。この駆動メカニズムは、ヨーまたはピッチ運動をもたらすように4つの独立したケーブルの間の相対的な張力を変化させるため、ブーリの3つ以上のセットの1つ以上に少なくとも部分的に巻き付く4つの独立したケーブルを個別に制御するように構成される。30

【0033】

別の態様によれば、或る侵襲性が最小限の手術ツールが提供される。本ツールは、ツールシャフト、エンドエフェクタ、およびツールシャフトとエンドエフェクタとの間に配された多軸型の手首部を含み、手首部は、2つの相直交する方向に配置された、ブーリの3つ以上のセットを含む。本ツールは、手首部およびエンドエフェクタの1つまたはその両方の動作をもたらすように構成された3つの電気モータを含む駆動メカニズムをさらに含む。この駆動メカニズムは、ヨーまたはピッチ運動をもたらすように2つのケーブルループの間および各ケーブルループの両端の間の相対的な張力を変化させるため、ブーリの3つ以上のセットの1つ以上に少なくとも部分的に巻き付いている2つのケーブルループを個別に制御するように構成される。3つの電気モータの1つは、ピッチ運動をもたらすため同じケーブルループの両側に張力をかけるように構成されたメカニズムに連結される。40

【0034】

別の態様によれば、或る侵襲性が最小限の手術ツールが提供される。本ツールは、ツールシャフト、エンドエフェクタ、およびツールシャフトとエンドエフェクタとの間に配された多軸型の手首部を含み、手首部は、2つの相直交する方向に配置された、ブーリの3つ以上のセットを含む。本ツールは、ヨーまたはピッチ運動をもたらすように4つの独立したケーブルの間の相対的な張力を変化させるため、ブーリの3つ以上のセットの1つ以上に少なくとも部分的に巻き付いている4つの独立したケーブルの個別の制御を介して、手首部およびエンドエフェクタの1つまたはその両方の動作を生じさせるための手段、をさらに含む。50

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1A】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの一実施形態の遠位端部を示す。

【図1B】図1Aのツールを示す。

【図2】図1Aのヨークを示す。

【図3A】図1Aのツールの第1ケーブルのルーティングを示す。

【図3B】図1Aのツールの第2ケーブルのルーティングを示す。

【図4A】ツールのための撲り紐ベースの駆動メカニズムの或る実施形態を概略的に示す。

【図4B】撲り紐ベースの駆動メカニズムの移行ブロックの或る実施形態を概略的に示す 10

【図4C】撲り紐ベースの駆動メカニズムの或る実施形態を概略的に示す。

【図4D】ケーブルベースの駆動メカニズムの或る実施形態を概略的に示す。

【図5A】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの或る実施形態を示す。

【図5B】図5Aのツールのロッカーメカニズムを示す。

【図5C】図5Aのツールに対する第1ケーブルのケーブルルーティングを概略的に示す

【図5D】図5Aのツールに対する第2ケーブルのケーブルルーティングを概略的に示す 20

【図5E】ロッカーメカニズムを概略的に示す。

【図6A】シャトルメカニズムを有するツールの遠位部分を示す。

【図6B】図6Aのツールに対する第1ケーブルのケーブルルーティングを概略的に示す

【図6C】図6Aのツールに対する第2ケーブルのケーブルルーティングを概略的に示す 25

【図6D】シャトルメカニズムを概略的に示す。

【図7A】手首部の或る実施形態を示す。

【図7B】図7Aの手首部の正面図を示す。

【図8A】柔軟性セクションを備えたツールの実施形態を示す。

【図8B】図8Aの柔軟性セクションを示す。 30

【図8C】柔軟性セクションの或る実施形態を示す。

【図8D】柔軟性セクションの或る実施形態を示す。

【図9A】柔軟性セクションの或る実施形態を示す。

【図9B】図9Aの柔軟性セクションを示す。

【図9C】柔軟性セクションの椎骨部を示す。

【図10】或る高操作性手術システムを示す。

【図11】高操作性手術ツールに連結された高操作性手術アームを示す。

【図12A】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの或る実施形態の遠位端部を示す。

【図12B】図12Aのツールを示す。 40

【図12C】図12Aのツールの角度付きブーリを支持する角度付きくさび具を示す。

【図13A】図12Aのツールの第1ケーブルのルーティングを示す。

【図13B】図12Aのツールの第2ケーブルのルーティングを示す。

【図14A】ツールの近位端部の或る実施形態を示す。

【図14B】図14Aの近位端部に連結される結合ユニットを示す。

【図14C】図14Bの結合ユニットの遠位(先側)端部を示す。

【図14D】図14Bの結合ユニットを示す。

【図14E】図14Bの結合ユニットの部分図を示す。

【図15】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの或る実施形態を概略的に示す。

【図16】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの或る実施形態を概略的に示す。 50

【図17A】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの或る実施形態の遠位部分を示す。

【図17B】図17Aのツールを示す。

【図17C】図17Aのツールを示す。

【図17D】図17Aのツールに対する第1ケーブルのケーブルルーティングを示す。

【図17E】図17Aのツールに対する第2ケーブルのケーブルルーティングを示す。

【図18A】手首部およびエンドエフェクタを含むツールの或る実施形態の遠位端部を示す。

【図18B】図18Aのツールを示す。

【図18C】図18Aのツールを示す。

【図18D】図18Aのツールに対する第1ケーブルのケーブルルーティングを示す。

【図18E】図18Aのツールに対する第2ケーブルのケーブルルーティングを示す。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下に説明するのは、手術用ツールなどのツールの諸実施形態であり、これらは、市販のツールに勝る様々な利点を有する。本明細書で説明するツールの諸実施形態の少なくとも一部は、作業箇所のよりわずかな閉塞を有利に提供し、これにより操作者に対する作業箇所の可視性の改良を可能にする。本明細書で説明するツールの諸実施形態の少なくとも一部は、(例えば、本ツールの操作者、ツールを操作する手術医に)例えば本ツールの手首部の直径を低減することによって、複雑な手術を遂行するための向上された能力を提供する。本明細書で説明するツールの少なくとも一部の諸実施形態は、アクセスが制限された領域(例えばより小さな作業箇所)中で作業するための向上された能力を提供し、これは、少なくとも部分的には、本ツールの手首部の直径の低減によって得ることができる。

【0037】

後述するいくつかの実施形態において、ツールは、手首部を介してツールシャフトに連結されたエンドエフェクタを含むことができ、この手首部は、多軸型の運動(例えばピッチおよびヨー方向の動作)が可能である。該手首部のサイズは、ツールのエンドエフェクタの制御に作用させるための低減された数のケーブルを使って有利に最適化することができる。このように最適化されたツールは、該手首部のかかる特徴によって、例えば、最小侵襲性の外科手術に用いることが可能である。但し、当然のことながら、以下に説明する一般的な手首部は、多数の手術外、および非医療応用にも使用可能である。

【0038】

以降に説明する諸実施形態のいくつかにおいて、本ツールの手首部および/またはエンドエフェクタの運動は、4つのケーブル端を制御することによって制御され、これは、いくつかの利点を提供する。1つの利点は、ツールの手首部に張られたケーブルの数の低減であり、これは、手首部の機械的組み立てのサイズおよび複雑さを最小にすることを可能にする。別の利点は、この4つのケーブルの配置が、これらケーブルに事前張力をかける必要性およびそれによるツール手首部のジョイントへの摩擦なしに、手首部の各ケーブルの張力の個別の制御を可能にすることである。また、各ケーブルの張力の個別の制御は、手首部のジョイントにおける可変な適合性および外部負荷への感受性の増加も可能にする。これらケーブルの張力の個別の制御は、張力が再調整可能なので、本ツールの摩耗に対する強度の増大をさらに可能にする。さらに、各ケーブルの張力の個別の制御は、各ケーブルが相異なる長さ量を変更できるので、撓り紐などの非リニアな伝動媒体の使用が可能になる。各ケーブルの個別の制御は、固定されたケーブルループを用いる場合に必要なように、手首部の運動の範囲に亘って全てのケーブルの長さの和が一定であることを必要としない手首部設計をさらに可能にする。以下に提示する詳細な説明に基づき、本明細書で説明するツールの他の利点が当業者にとって明らかになろう。

【0039】

図1A～図1Bは、近位端部(図示せず)および遠位端部31を有するツール30の一実施形態を示し、以降で説明するように、本ツールの手首部および本ツール30のケーブ

10

20

30

40

50

ルルーティングの構成は、本ツールの手首部のサイズの低減を有利に可能にする。いくつかの実施形態において、この手首部のサイズの低減は、より単純なケーブルのルーティングによって可能になり、このルーティングは、本ツールの手首部アセンブリの複雑さの低減を可能にし、手首部の短縮された曲率半径を可能にする。いくつかの実施形態において、ツール30の手首部のサイズの低減には、手首部の直径の低減を含めることができる。

【0040】

図1Aに示されるように、ツール30の遠位端部31は、ツール30のシャフト30Aに連結されたヨーク360を有することができる。ヨーク360は、(図2に示されるように)軸380に沿って延びる延長軸棒332を介して第2ヨーク330に動き可能に連結されている。一実施形態において、延長軸棒332は、第2ヨーク330に対して着脱可能にでき、または一体化して形成することもできる。他の実施形態において、延長軸棒332は、軸棒332の部分がヨーク360のアームに取り付けられて、ヨーク330が軸棒332の前記部分の間にはめ込めるように、ヨーク360に対して着脱可能にまたは一体化して形成することが可能である。一実施形態において、ツール30は、手術用ツールとすることができます。別の実施形態において、ツール30は、非手術用ツールとすることができます。

【0041】

図1Bに示されるように、第2ヨーク330の延長軸棒332は、ブーリ340A、340B、350A、350Bが延長軸棒332の軸380に沿って配置されるように、ブーリ340A、340B、350A、350Bは、ブーリ340B、350Bの第1セット、およびブーリ340A、350Aの第2セットの中に配置される。ブーリ340B、350Bの第1セットは、ヨーク330の一方側にあり、ブーリ340A、350Aの第2セットは、ヨーク330の他方側にある。ブーリ340A、340Bは、外側のブーリであり、350A、350Bは、内側のブーリである。

【0042】

この用語「内側」および「外側」は、これらの図に示されたブーリの方位を示す。本明細書で用いる、ブーリの「セット」は、任意の数のブーリを含み得る。或るブーリのセットは、1つのブーリを含んでよい。或るブーリのセットは、複数のブーリ(例えば、2つ、3つ、4つ、5つ、6つのブーリなど)を含んでよい。

【0043】

引き続き図1A～図1Bを参照すると、第2ヨーク330は、ブーリ320A、320Bの第3セットに連結される。ブーリ320A、320Bの第3セットは、軸380から(例えば、遠位に)或る距離だけ離される。ブーリ320A、320Bの第3セットは、第2ヨーク330のアーム330A、330Bに連結されて、アーム330A、330Bを貫いて定義される軸370に沿って配置されている。一実施形態において、第2ヨーク330には、軸370に沿って延びる延長軸棒を含めることができる。一実施形態において、延長軸棒は、第2ヨーク330に着脱可能に連結することが可能である。別の実施形態において、延長軸棒は、軸棒の部分が第2ヨーク330のアームに取り付けられ、ブーリ320A、320Bが軸棒の前記部分の間にはめ込めるように、第2ヨーク330に一体化して形成することが可能である。一実施形態において、軸370は、軸380に対して角度を付けることができる。別の実施形態において、軸370は、軸380と直交させることができる。ブーリ340B、350Bの第1セットは、ブーリ320A、320Bの第3セットに対して直交させることができる。また、ブーリ340A、350Aの第2セットも、ブーリ320A、320Bの第3セットに対して直交させることが可能である。

【0044】

補捉具310の頸310A、310Bのペアは、頸310A、310Bが軸370の周りを回転可能なように、ブーリ320A、320Bの第3セットを介して第2ヨーク330に連結することができる。一実施形態において、頸310Aは、ブーリ320Aに連結

10

20

30

40

50

される。別の実施形態では、顎310Aは、ブーリ320Aに一体化して形成することが可能である。同様に、一実施形態において、顎310Bは、ブーリ320Bに連結される。別の実施形態では、顎310Bは、ブーリ320Bに一体化して形成することが可能である。顎310Aおよびブーリ320Aは、軸370の周りを回転することができる。同様に、顎310Bおよびブーリ320Bも、軸370の周りを回転することができる。この図示の実施形態において、捕捉具310は、ツール30のエンドエフェクタである。但し、他の実施形態では、エンドエフェクタは、外科手術（例えば、経皮外科手術）において用いられる諸メカニズムなど、他の適切なメカニズムとすることも可能である。

【0045】

ツール30は、顎310A、310Bの一方または両方が軸370の周りを様々な仕方で動くように、作動させることができる。例えば、顎310A、310Bは、相互に対し開いたり閉じたりすることができる。また、顎310A、310Bは、捕捉具310にヨー運動を与えるために、ペアとして一緒に回転するように作動させることもできる。さらに、ツール30は、軸380の周りに顎310A、310Bの様々な種類の運動を生じさせるように作動させることができる。例えば、第2ヨーク330、ブーリ320A、320B、および顎310A、310Bは、捕捉具310にピッチ運動を与えるために軸380の周りを回転することが可能である。

10

【0046】

図3A～図3Bは、ツール30のケーブルの定位の実施形態を示す。有利には、以降に説明するように、ケーブルのこのルーティングによって、捕捉具310の運動を、4つの独立したケーブル端または2つのケーブルループの作動を介して制御することが可能になり、これは、捕捉具310を制御するために使われるケーブルの数を、市販のツール（これらは、通常、6つのケーブル端を有する3つのケーブルループを使用する）に比べて減らすことを可能にし、これにより、前述のように、ツール30の手首部のサイズおよび複雑さを有利に低減できる。本開示の実施形態で説明されるツールには、有益な特徴（例えば、4つの独立したケーブル端または2つのケーブルループだけの作動を介してエンドエフェクタの動作を制御する能力）が存在する。

20

【0047】

図3A～図3Bを参照すると、ブーリ320A、320Bの第3セットは、各々ポケットまたは凹部を含むことができる。一実施形態において、このポケットは、ビード315A、315Bを少なくとも部分的に保持するサイズである。図3A～図3Bには、ビード315Aが示されていないが、これらの図に示されたビード315Aと同様にすればよい。ビード315Aは、第1ケーブル390Aに固定することができ、ビード315Bは、第2ケーブル390Bに固定することができ、ケーブル390A、390Bの各々は、2つの独立したケーブル端を有する。ビード315A、315Bは、ケーブル390A、390Bがブーリ320A、320Bに対してスリップ（滑り）またはスライド（空進）するのを抑止（例えば防止）するようにケーブル390A、390Bに固定される。ケーブル390A、390Bは、ビード315A、315Bに固定的に連結される。一実施形態において、ビード315A、315Bは、ケーブル390A、390Bに一体化して形成することができる。別の実施形態では、ビード315A、315Bは、ケーブル390A、390B上に圧着することができる。

30

【0048】

図3Aは、第1ケーブル390Aのケーブルルーティングを示し、このルーティングは、図3中に点線で示される。第1ケーブル390Aは、ツール30の近位端部に始まりツールシャフト30Aを通って延びる。第1ケーブル390Aは、ヨーク360中の穴または開口30C（図1A参照）を通って延びる。第1ケーブル390Aは、ブーリ340B、350Bの第1セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付いている。第1ケーブル390Aは、ブーリ320A、320Bの第3セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付いている。第1ケーブル390Aは、ブーリ340A、350Bの第2セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付いている。いくつかの実施形態にお

40

50

いて、第1ケーブル390Aは、図3Aに示されるように、少なくとも部分的に、ブーリ340B、ブーリ320A、およびブーリ340Aに巻き付いている。その後、第1ケーブル390Aは、ヨーク360中の別の穴または開口30B(図1A参照)を通過し、ツールシャフト30Aを介してツール30の近位端部に帰る。

【0049】

いくつかの実施形態において、第1ケーブル390Aは、2つのケーブル390A'、および390A''(図示せず)によって代替が可能であり、これらは、ブーリ320Aに連結することができる(例えば、ケーブル390Aは、2つの別個のケーブル部分390A'、390A''で置き換えられる)。ケーブル390A'は、ブーリ340B、350Bの第1セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付き、ケーブル390A''は、ブーリ340A、350Aの第2セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付く。この実施形態において、ケーブル390A'、390A''は、ブーリ320A、320Bの第3セット中の1つのブーリの一方側だけに進む。一実施形態において、ケーブル390A'、390A''の各々は、ブーリ320Aの一方側だけに進む。いくつかの実施形態において、ケーブル390A'、390A''は、ブーリ320Aに(例えば、ビード315Aを使って)固定的に連結される。例えば、ビード315Aは、ケーブル390A'、390A''の各々の端部上に圧着することができ、前述したように、ビード315Aをブーリ320Aのポケット中に保持し、これによりケーブル390A'、390A''をブーリ320Aに固定的に連結することができる。ブーリ320Aに固定された2つの独立したケーブル390A'、390A''を有すること、またはブーリ320Aに固定された1つのケーブル390Aを有すること、の効果は、同じである。

【0050】

図3Bは、点線で第2ケーブル390Bを示す。第2ケーブル390Bは、ツール30の近位端部に始まりツールシャフト30Aを通って延びる。第2ケーブル390Bは、ヨーク360中の穴または開口30C(図1A参照)を通って延びる。第2ケーブル390Bは、ブーリ340B、350Bの第1セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付いている。第2ケーブル390Bは、ブーリ320A、320Bの第3セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付いている。第2ケーブル390Bは、ブーリ340A、350Aの第2セット中の1つのブーリに少なくとも部分的に巻き付いている。いくつかの実施形態において、第2ケーブル390Bは、図3Bに示されるように、少なくとも部分的に、ブーリ350B、ブーリ320B、およびブーリ350Aに巻き付いている。その後、第2ケーブル390Bは、ヨーク360中の穴または開口30B(図1A参照)を通過し、ツールシャフト30Aを介してツール30の近位端部に帰る。

【0051】

いくつかの実施形態において、第2ケーブル390Bは、2つのケーブル390B'、および390B''(図示せず)によって代替が可能であり、これらはケーブル390A'、390A''について前述したのと同様な方法で、ブーリ320Bに連結することができる。上記から、いくつかの実施形態において、4つの独立したケーブル390A'、390A''、390B'、および390B''を用いることが可能である。例えば、一実施形態において、ケーブル390B'は、ブーリ340B、350Bの第1セット中の1つのブーリに巻き付き、ケーブル390B''は、ブーリ340A、350Aの第2セット中の1つのブーリに巻き付く。この実施形態において、ケーブル390B'、390B''は、ブーリ320A、320Bの第3セット中の1つのブーリの一方側だけに進む。一実施形態において、ケーブル390A'、390A''は、ブーリ320Bの一方側だけに進む。いくつかの実施形態において、ケーブル390B'、390B''は、ブーリ320Bに(例えば、ビード315Bを使って、図示せず)固定的に連結される。例えば、ビード315Bは、ケーブル390B'、390B''の各々の端部上に圧着することができ、前述したように、ビード315Bをブーリ320Bのポケット中に保持し、これによりケーブル390B'、390B''をブーリ320Bに固定的に連結することができる。ブーリ320Bに固定された2つの独立したケーブル390B'、390B''を有すること、またはブー

10

20

30

40

50

リ 3 2 0 B に固定された 1 つのケーブル 3 9 0 B を有すること、の効果は、同じである。

【 0 0 5 2 】

ツール 3 0 は、頸 3 1 0 A、3 1 0 B を、ブーリ 3 4 0 A、3 4 0 B、3 5 0 A、3 5 0 B、3 2 0 A、3 2 0 B の 1 つ以上に運動を伝達し、これによりヨーク 3 3 0 、および / または頸 3 1 0 A、3 1 0 B の運動を与えることによって、(例えれば、両頸を軸 3 7 0 周りに別々に回転させて) 捕捉させる、(例えれば、両頸を軸 3 7 0 周りに一緒に回転させて) ヨーイングさせる、および (例えれば、両頸を軸 3 8 0 周りに回転させて) ピッチさせるなど、様々な仕方で動かすように作動させることができる。一実施形態において、ツール 3 0 が、捕捉具 3 1 0 の動作をもたらす 2 つのケーブル 3 9 0 A、3 9 0 B を有する場合、各ケーブル 3 9 0 A、3 9 0 B は、別々に制御可能な、またはブーリ 3 2 0 A、3 2 0 B の第 3 セットおよび頸 3 1 0 A、3 1 0 B に運動を与えるために張力をかけることが可能な 2 つの独立したケーブル端を有する。例えば、ブーリ 3 2 0 A と頸 3 1 0 A との運動は、ケーブル 3 9 0 A の 2 つのケーブル端を使って制御が可能である。同様に、ブーリ 3 2 0 B と頸 3 1 0 B との運動は、ケーブル 3 9 0 B の 2 つのケーブル端を使って制御することができる。図 1 A ~ 図 3 B のシステムは、4 つのケーブル端を有する。この 4 つのケーブル端は、ブーリ 3 4 0 A、3 4 0 B、3 5 0 A、3 5 0 B、3 2 0 A、3 2 0 B の 1 つ以上に運動を与えるために制御することができる。この 4 つのケーブル端 (各ケーブル 3 9 0 A、3 9 0 B に対するペア) は、以降にさらに説明するように、ツール 3 0 の近位端部 3 2 (図示せず) 近くのモータに連結することが可能である。他の実施形態において、4 つのケーブル端 (各ケーブル 3 9 0 A、3 9 0 B に対するペア) は、ツールシャフト 3 0 A 沿いの任意の距離に配置されたモータに連結することも可能である。
10

【 0 0 5 3 】

別の実施形態において、ツール 3 0 が、捕捉具 3 1 0 に動作をもたらす 4 つのケーブル 3 9 0 A'、3 9 0 A''、3 9 0 B'、3 9 0 B'' を有する場合、各々のケーブル 3 9 0 A'、3 9 0 A''、3 9 0 B'、3 9 0 B'' は、1 つの独立したケーブル端を有し、これは、ヨーク 3 3 0 および / またはブーリ 3 2 0 A、3 2 0 B の第 3 セットの 1 つまたは両方に運動を与えるために、別々に制御または張力をかけることができる。独立したケーブル端は、自由ケーブル端 (例えれば、ビード 3 1 5 A、3 1 5 B に連結されていない端部) と見なし得る。ブーリ 3 2 0 A の運動は、ケーブル 3 9 0 A'、3 9 0 A'' の独立したケーブル端によって制御することができる。ブーリ 3 2 0 B の運動は、ケーブル 3 9 0 B'、3 9 0 B'' の独立したケーブル端によって制御することができる。図 1 A ~ 図 3 B のシステムは、4 つの独立したケーブル端を有する。この 4 つのケーブル端は、ブーリ 3 4 0 A、3 4 0 B、3 5 0 A、3 5 0 B、3 2 0 A、3 2 0 B の 1 つ以上に運動を与えて、これによりヨーク 3 3 0 および / または頸 3 1 0 A、3 1 0 B の 1 つまたは両方に運動を与えるために制御することができる。4 つのケーブル端 (各ケーブル 3 9 0 A'、3 9 0 A''、3 9 0 B'、3 9 0 B'' の端部) は、ツール 3 0 の近位端部の近く (図示せず) またはツールシャフト 3 0 A の任意の距離に配置されることがある。
30

【 0 0 5 4 】

いくつかの実施形態において、軸 3 8 0 周りのヨーク 3 3 0 および頸 3 1 0 A、3 1 0 B のピッチ運動は、1 つのケーブル (例えば 3 9 0 A) の両端に張力をかけて、他方のケーブル (例えば 3 9 0 B) の両端を緩めることによって実現される。例えば、図 3 A ~ 図 3 B を参照すると、頸 3 1 0 A、3 1 0 B を紙面平面の外側にピッチするためには、ケーブル 3 9 0 A の両端に張力がかけられて、ケーブル 3 9 0 B の両端は緩められる。頸を紙面平面の中にピッチするためには、ケーブル 3 9 0 A の両端は緩められて、ケーブル 3 9 0 B の両端に張力がかけられる。
40

【 0 0 5 5 】

いくつかの実施形態において、捕捉具 3 1 0 の頸 3 1 0 A、3 1 0 B の軸 3 7 0 周りのヨー運動は、ブーリ 3 2 0 A、3 2 0 B を同じ方向に動かして実現される。例えば、図 3 A を参照すると、頸 3 1 0 A、3 1 0 B を上側にヨーイングするには、両方のブーリ 3 2 0 A、3 2 0 B が反時計回り方向に動く必要がある。ブーリ 3 4 0 B、3 5 0 B の第 1 セ
50

ット中の1つのブーリに連結されたケーブル390Aの端部に張力がかけられて、ブーリ340B、350Bの第1セット中の1つのブーリに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。図3Aにおいて、340Bに連結されたケーブル390Aの端部、および350Bに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。ケーブル390A、390Bの他方の端部は、緩められる。これにより、顎310A、310Bは、軸370の周りを上方に回転する。顎310A、310Bを下方にヨーイングさせるためには、ブーリ320A、320Bの両方が時計回り方向に動かなければならない。ブーリ340A、350Aの第2セットの1つのブーリに連結されたケーブル390Aの端部、およびブーリ340A、350Aの第2セットの1つのブーリに連結されたケーブル390Bの端部には、張力がかけられる。図3A～図3Bにおいて、340Aに連結されたケーブル390Aの端部、および350Aに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。390A、390Bの他方の端部は、緩められる。ケーブル390A、390Bの緊張および弛緩のかかる組み合わせが、顎310A、310Bを軸370周りに下方へ回転させることになる。10

【0056】

顎310A、310Bは、例えば、捕捉アクション、解放アクション、またははさみ切り運動をもたらすために、相互に対して動かすことが可能である。顎310A、310Bを相互に向けて動かすために、ブーリ320Aは、反時計周り方向に動くことができて、ブーリ320Bは、時計周り方向に動くことができる。かかる運動を実現するために、ブーリ340B、350Bの第1セットの1つのブーリに連結されたケーブル390Aの端部、およびブーリ340A、350Aの第2セットの1つのブーリに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。図3A～3Bにおいて、340Bに連結されたケーブル390Aの端部、および350Aに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。390A、390Bの他方の端部は、緩められる。ケーブル390A、390Bの緊張および弛緩のかかる組み合わせが、顎310A、310Bを相互に向けて軸370周りに回転させることになる。20

【0057】

顎310A、310Bを離すために、ブーリ320Aは、時計回り方向に動き、ブーリ320Bは、反時計回り方向に動くことができる。ブーリ340A、350Aの第2セット中の1つのブーリに連結されたケーブル390Aの端部、およびブーリ340B、350Bの第1セット中の1つのブーリに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。図3A～3Bにおいて、340Aに連結されたケーブル390Aの端部、および350Bに連結されたケーブル390Bの端部に張力がかけられる。390A、390Bの他方の端部は、緩められる。ケーブル390A、390Bの緊張および弛緩のかかる組み合わせが、顎310A、310Bを相互から離れるように軸370周りに回転させることになる。30

【0058】

顎310A、310Bは、各ケーブルの端部に相異なる張力の量をかけることによって、相互に向かいまたは離れるように動かすことができる。変化する張力量をかけることによって、顎310A、310Bは、いろいろなヨーイングをして、捕捉または開放アクションを効果的に模擬することになる。全3つの動作モード（ピッチ、ヨー、および捕捉アクション）は、張力をかけたり緩めたりするケーブル端を変えることによって、および/または各ケーブル端に適用する張力および緩和の量を変えることによって得ることができる。図1A～図3Bには、特定のルーティング構成が描かれているが、他のルーティング構成も可能である。例えば、ケーブル390Aは、前述の外側ブーリ340Bに巻き付ける代わりに、内側のブーリ350Bに巻き付けてもよい。40

【0059】

いくつかの実施形態において、ツールの手首部および/またはエンドエフェクタの運動は、1本以上の撓り紐を使ってもたらすことができる。撓り紐のペアは、撓られた紐のペアが短縮され得て、これにより撓られた紐のペアに沿って張力を生成するという、相互周50

りに2本の構成紐を撲ることの原理によって働く。同様に、撲り紐ペアの元紐がほどけるにつれて、その撲り紐ペアの長さは、各元紐の自然の長さに近づくことがある。図4A～図4Dは、撲り紐およびケーブルを使って、ツール30などのツールを制御する駆動メカニズムおよび方法の実施形態を示す。図4Aは、ツールのケーブルを制御するための駆動メカニズム500Aを概略的に示す。このシステムは、2つのケーブル521, 522を含む。各ケーブル521, 522は、ブーリ510A、510Bに関連付けられる。ブーリ510A、510Bは、駆動される対象である。1つのブーリ510Bが示されているが、ケーブル521は、複数のブーリに関連付けることができる。同様に、1つのブーリ510Aが示されているが、ケーブル522は、複数のブーリに関連付けることができる。各ケーブル521、522は、2つのケーブル端を有する。各ケーブル端は、移行ブロック530A、530B、530C、530Dに連結されている。各移行ブロック530A、530B、530C、530Dは、撲り紐ペア520A、520B、520C、520Dに連結されている。各撲り紐ペア520A、520B、520C、520Dは、モータ515A、515B、515C、515Dに連結されている。

【0060】

引き続き図4Aを参照すると、各撲り紐ペア520A、520B、520C、520Dは、軸型モータ515A、515B、515C、515Dによって駆動される。例えば、撲り紐ペア520Aは、軸型モータ515Aによって駆動され、撲り紐ペア520Bは、軸型モータ515Bによって駆動される。

【0061】

移行ブロック530A、530B、530C、530Dは、撲り紐ペア520A、520B、520C、520Dとケーブル521, 522との間での移行を提供する。図4Aに示されるように、ケーブル521は、移行ブロック530Bと530Cとの間に延びる。ケーブル522は、移行ブロック530Aと530Dとの間に延びる。撲り紐ペア520A、520B、520C、520Dは、該撲り紐ペアがその上に屈曲する必要のある表面（例えば、ブーリ510A、510Bの曲面）に接触するときに、予測不能な挙動を示すことがあるので、このため、ケーブル521, 522だけがブーリ510A、510Bの曲面に接触するように、移行ブロック530A、530B、530C、530Dは、撲り紐ペア520A、520B、520C、520Dとケーブル521, 522との間での移行を提供する。

【0062】

図4Bは、移行ブロック530Aを示す。一実施形態において、全4つの移行ブロック530A、530B、530C、および530Dは、移行ブロック530Aと同様の特徴を有する。撲り紐ペア520Aは、終端ブロック531Aに連結されている。また、ケーブル522も、終端ブロック531Aに連結されている。終端ブロック531Aは、ペグ532Aに固定的に連結されている。一実施形態において、終端ブロック531Aは、ペグ532Aと一体化して形成することが可能である。

【0063】

ペグ532Aは、撲り紐ペア520Aが長さを短縮または延長できるように、矢印線534A沿いに、ベースブロック533A中のスロット535A内でスライドすることができる。この図示の実施形態において、ペグ532Aおよびスロット535Aの両方は、ベースブロック533Aの内部構造体であって、点線の形状で示されている。ペグ532Aおよびスロット535Aは、終端ブロック531Aが、撲り紐ペア520Aの影響によって回転またはスピントするのを有利に防止する。撲り紐ペア520Aの長さが減少したとき、終端ブロック531Aに連結されたペグ532Aは、ベースブロック533A中のスロット535A内でスライドし、これにより、終端ブロック531Aは、ケーブル522を引き寄せる。ケーブル522は、この張力をブーリ510Aに伝えて、ブーリ510Aを回転させる。

【0064】

引き続き図4Aを参照すると、撲り紐ペア520Aは、撲り紐ペア520Cに対して移

10

20

30

40

50

動される。モータ515Aは、モータ515Aに固定された撲り紐ペア520Aを巻き取って、これにより撲り紐ペア520Aの長さを短縮することができる。モータ515Cは、モータ515Cに固定された撲り紐ペア520Cの巻きを解き、これにより撲り紐ペア520Cの長さを延長することができる。これらの2つのアクションは、ケーブル522をモータ515Aの方へ引き寄せて、ブーリ510Aを反時計回り方向に回転させる。ブーリ510Aを時計回りの方向に動かすには、モータ515Aが撲り紐ペア520Aの巻きを解き、モータ515Cが撲り紐ペア520Cを巻き取ることになる。モータ515B、515Dも、同様の仕方でケーブル521とブーリ510Bとを動かすことが可能である。ケーブル521、522は、ビード315A、315Bと同じようなビードに連結することができ、そのビードをブーリ510A、510Bに連結する（例えば、前述した方法でブーリ510A、510Bのポケット中に保持する）ことができる。さらに、他の実施形態において、ケーブル521、522の各々を、各2つの独立したケーブルで代替して、移行ブロック530A、530B、530C、530Dと、ブーリ510A、510B上のビードとの間に4つのケーブルを延ばすことが可能である。

【0065】

ブーリ510A、510Bを駆動する別のモードにおいて、両方の撲り紐ペアは、等しく巻き取ることができる。例えば、モータ515A、515Cの両方が撲り紐ペア520Aおよび520Cを巻き取り、この間、モータ515B、515Dは、作動されない。この場合、ブーリ510Aは、回転はされないがモータ515A、515Cの方向への引っ張り力を受けて、矢印523沿いにこの面（page）の中の方へのヨー運動をもたらすことになる。上記に換えて、モータ515B、515Dが撲り紐ペア520B、530Dを巻き取るように作動されて、一方、モータ512A、515Cが作動されない場合、ブーリ510Bは、回転はされないがモータ515B、515Dの方向への引っ張り力を受けて、矢印523と反対の方向にこの面の外の方へのヨー運動をもたらすことになる。前述に加えて、ヨー運動の量は、撲り紐ペアが巻かれる量によって制御することが可能である。

【0066】

図4Cは、ツール30などのツールを制御するための別の駆動メカニズム500Bを概略的に示す。このシステムは、ブーリ580に関連付けられたケーブル570を含む。この図示の実施形態において、ケーブル570は、以降でさらに説明するように、1本以上の撲り紐ペアを定義する。1つだけのブーリ580が示されているが、前述のように、該ケーブルは、複数のブーリに関連付けることができる。さらに、本システムは、第2ブーリ（図示せず）に関連付けられた第2ケーブル（図示せず）を含むことが可能である。この図示の実施形態において、ブーリ580は、駆動される対象である。前述の諸実施形態で説明したように、ケーブル570は、2つの移行ブロック565A、565Bに連結される。

【0067】

各移行ブロック565A、565Bは、撲り紐ペア560A、560Bに連結される。各撲り紐ペア560A、560Bは、ループ555A、555Bを形成する。各ループ555A、555Bは、モータ550A、550Bに連結される。撲り紐ペア560Aは、二重重ねのケーブル570によって定義される。すなわち、ケーブル570は、移行ブロック565Aに連結して（例えば、移行ブロック530Aと同様に、ペグが移行ブロック565Aのベースブロック上を回転せずにスライドでき、移行ブロック565Aのペグに連結する）、移行ブロック565Aを通過して延び、撲り紐ペア560Aおよびループ555Aを定義して、移行ブロック565Aに戻って連結する。同様に、撲り紐ペア560Bも、二重重ねのケーブル570によって定義される。すなわち、ケーブル570は、移行ブロック565Bに連結して、移行ブロック565Bを通過して延び、撲り紐ペア560Bおよびループ555Bを定義して、移行ブロック565Bに戻って連結する。

【0068】

モータ550Aおよび550Bは、ループ555A、555Bを巻き取りまたは巻き解

10

20

30

40

50

き、その結果として撲り紐ペア 560A、560B を巻き取りまたは巻き解くことができる。したがって、ケーブル 570 は、移行ブロック 565A、565B の終端ブロックの両方の側から延びている。ケーブル 570 は、ビード 575 に取り付けることができ、これは、図 3A 中のビード 315A へのケーブルの取り付けと同様に行うことができる。駆動メカニズム 500B は、図 4A 中の駆動メカニズム 500A に比べて少ない部品（例えば 1 つのケーブル）を有利に有する。

【0069】

図 4D は、ツール 30 などのツールのケーブルを制御するための別の駆動メカニズム 500C を概略的に示す。このシステムは、2 つのケーブル 595A、595B を含む。各ケーブル 595A、595B は、ブーリ 597A、597B に関連付けられる。ブーリ 597A、597B は、駆動される対象である。各ケーブル 595A、595B は、2 つのケーブル端を有する。各ケーブル端は、モータ 590A、590B、590C、590D によって駆動される。これらのモータは、扁平な高トルクモータ（電気モータ）とすることができる。他の実施形態において、他の種類のモータを用いることは、可能である。ケーブル 595A、595B を巻き取り、巻き解くスプールは、図示されていない。

【0070】

図 5A～図 6D は、前述した駆動メカニズムを含めて、本明細書で説明するツールに組み込みが可能なメカニズムの実施形態を示す。図 5A は、ツールの別の実施形態を示す。このツール 600 は、遠位端部 670 および近位端部 680 を含む。遠位端部 670 は、図 1A～図 3B 中に示されたツール 30 の遠位端部 31 と実質的に同様とすればよい。明瞭化のため、図 5A では、遠位端部 670 を駆動するケーブルは示されていない。前述した諸実施形態と同様に、ツール 600 の手首部および／またはエンドエフェクタの運動をもたらすために、4 つのケーブル端を有する 2 つのケーブルループが制御される。この図示の実施形態において、ツール 600 は、4 つのモータ 660A、660B、660C、660D を含むことができる。但し、これらのケーブルを駆動して 4 つのケーブル端を制御するため、必要なモータは、3 つだけである。一実施形態において、第 4 のモータは、ツール 600 の遠位端部 670 にツール軸周りの転がりまたは回転を与えることができる。いくつかの実施形態において、ツール 600 は、3 つだけのモータを含む。

【0071】

ツール 600 は、4 つのブーリ 630A、630B、640A、640B を含むことができる。ブーリ 630A、630B は、ブーリ 640A、640B に対して遠位に配置されることができる。ブーリ 630A、630B は、前部ブーリと見なすことができ、ブーリ 640A、640B は、後部ブーリと見なすことができる。前部ブーリ 630A、630B の各々は、それぞれ、モータ 660A、660B により駆動される。後部ブーリ 640A、640B は、ロッカーメカニズム 650 に連結されている。

【0072】

図 5B は、ロッカーメカニズム 650 を示す。図 5B では、ロッカーメカニズム 650 をより明瞭に表すため、モータ 660A、660B は図示されていない。ロッカーメカニズム 650 は、軸 668 周りを行き来して（時計方向および反時計方向に）揺動することができる。図示のように、ブーリ 640A、640B の軸は、ロッカーメカニズム 650 の端部に連結されている。一実施形態において、ブーリ 640A、640B の軸で定義される面（例えば、ツールの長手軸と直交する面）は、軸 668 が前記面上に横たわらないように（例えば、ロッカーメカニズム 650 とブーリ 640A、640B との軸によって定義される面が三角形を区画するように）、軸 668 から軸方向にオフセットすることができる。別の実施形態では、ブーリ 640A、640B の軸および軸 668 は、ツール 600 の長手軸と直交する同一の面上に置くことも可能である。

【0073】

ロッカーメカニズム 650 が反時計方向に回転すると、ブーリ 640B は、ツール 600 の遠位端部 670 の方へ移動し、ブーリ 640A は、ツール 600 の近位端部 680 の方へ移動する。ロッカーメカニズム 650 が時計方向に回転すると、ブーリ 640B は、

10

20

30

40

50

ツール 600 の近位端部 680 の方へ移動し、ブーリ 640A は、ツール 600 の遠位端部 670 の方へ移動する。ロッカーメカニズム 650 の位置は、モータ（例えばモータ 660D）によって決められる。モータ 660D は、リードスクリューに連結してもよい。リードスクリューは、スクリューナットと結び付けてもよく、該ナットは、リードスクリューの長手に沿って平行移動する。このリードスクリューナットは、ブッシュロッドに連結してもよい。このブッシュロッドは、ロッカーメカニズム 650 に連結してもよい。モータ 660D が回ると、ブッシュロッドがリードスクリュー上を平行移動し、ロッカーメカニズム 150 の位置を変化させる。前述のように、ロッカーメカニズム 150 は、ブーリ 640A、640B の位置を調整し、これにより、これらブーリは、ブーリ 640A、640B に連結されたケーブルに加えられる張力を調整する。

10

【0074】

図 5C は、ツール 600 の第 1 ケーブル 690A のルーティングを示す。遠位セクション 670 中のケーブルのルーティングは、図 3A ~ 図 3B 中に示されたケーブルルーティングと実質的に同様とすればよい。ブーリ 615A、615B は、ブーリ 320A、320B と実質的に同様とすればよい。図 5A 中に示されるように、ブーリ 615A、615B は、顎 610A、610B に連結することが可能である。ブーリ 620 は、ブーリ 340A、340B、350A、350B と類似である。図 5C に示されるように、ケーブル 690A の両側は、ブーリ 620 に対して近位側から同じ方向でブーリ 620 の周りに巻き付いており、ケーブル 690A の 2 つの側は、ツールシャフト 605（図 5A 参照）を通って進み、ブーリ 640A の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル 690A の両自由端は、ブーリ 640A を抜け出た後、スプール 630A の各反対側に固定されている。ケーブル 690A の両自由端は、各反対方向でスプール 630A に少なくとも部分的に巻き付いている。スプール 630A は、モータ（例えばモータ 660A）によって作動される。スプール 630A が回転する速度は、モータ 660A に連結されたギアボックスを介して制御することができる。モータ 660A が回ると、スプール 630A が回り、ケーブル 690A の一方の端に張力を加え、同一のケーブル 690A の他方の端の張力を緩める。ケーブル 690A は、図 3A 中のケーブル 390A がビード 315A に連結している仕方と同じ仕方で、ブーリ 615A のポケットまたは凹部中に保持されるビードに連結することができる。

20

【0075】

スプール 630A が回転すると、第 1 ケーブル端は、巻き解かれて、第 2 ケーブル端は、スプール 630A 周りに巻き取られる。この型の運動の効果は、ブーリ 620 は回転しないがブーリ 615A は回転することになり、これがブーリ 615A に取り付けられた顎 610A を動かすことになる、ということである。例えば、顎 610A を上方にヨー運動させるには、ブーリ 615A は、反時計回り方向に動く必要がある。顎 610 を上方にヨーイングさせるには、上側ケーブル端をスプール 630A の周りに巻き付けることによって、該ケーブル端に張力を加える必要があろう。顎を下方にヨーイングさせるには、下側ケーブル端に張力を加える必要があろう。ロッカーメカニズム 650 は、中立位置にすることができる（例えば、ブーリ 640A、640B がツール 600 の長手軸に直交する面に沿って整列される）。

30

【0076】

ツール 600 は、顎 610A、610B を、（例えば、ブーリ 615A、615B を介して別々に回転させて）捕捉させる、（例えば、ブーリ 615A、615B を介して、両顎を一緒に回転させて）ヨーイングさせる、および（例えば、ブーリ 620 の周りに両顎を回転させて）ピッチさせるなど、様々な仕方で動くよう作動させることができる。図 5D は、ツール 600 中の第 2 ケーブルのルーティングを示す。このルーティングは、図 5C で説明したものと類似である。ケーブル 690B は、ブーリ 620 周り、ブーリ 640B の周りに巻き付き、スプール 630 で終端している。スプール 630B は、モータ（例えばモータ 660B）によって駆動される。スプール 630B が回転すると、ケーブル 690B の一方の側には張力がかかり、ケーブル 690B の他方の側の張力は緩められる。

40

50

この回転の効果は、ブーリ 615B に取り付けられた顎 610B を動かすことである。

【0077】

顎 610A、610B の両方を同時に上方に動かすために、スプール 630A、630B は、ブーリ 615A、615B を反時計回りに動かすようにモータで駆動される。この運動は、顎 610A、610B をヨーイングさせることになる。両顎 610A、610B を同時に下方に動かすために、スプール 630A、630B は、ブーリ 615A、615B を時計回りに動かすようにモータで駆動される。

【0078】

ピッチをもたらすには、ロッカーメカニズム 650 を操作して、ツール 600 の長手軸 10 に対してブーリ 640A、640B の位置を変化させる。図 5E は、ロッカーメカニズム 650 が時計方向に回転されて、ブーリ 640A をツール 600 の遠位端部 670 の方へ移動させ、ブーリ 640B をツール 600 の近位端部 680 の方へ移動させるのを示す。この実施形態において、ロッカーメカニズム 650 のこの位置は、ケーブル 690B の両側の張力を増大する。この張力は、ブーリ 620 を時計方向に回転させ、それは、矢印線 695 で示すように、ツール 600 の手首部および顎 610A、610B を時計回り方向にピッチさせる。ブーリ 620 を反対方向に回転させるために、ロッカーメカニズム 650 は、反時計回り方向に回転されて、ブーリ 640A をツール 600 の近位端部 680 の方へ移動させ、ブーリ 640B をツール 600 の遠位端部 670 の方へ移動させる。これは、ケーブル 690A の張力を増大し、それは、ブーリ 620 を反時計回りに回転させ、次にそれは、ツール 600 の手首部および顎 610A、610B を反時計回り方向（矢印線 20 695 で示されたのと反対方向）にピッチさせる。本明細書で説明するリードスクリューおよびブッシュロッドの実装は、+ / - 90° までまたはそれより大きいピッチ（例えば、合計で 180° 以上）を可能にすることができます。ロッカーメカニズム 650 の使用は、一方のケーブルの張力の増大（例えば、1つのケーブルがブーリ 615A、615B に達するために進む必要のある距離を長くする）と、もう一方のケーブルの張力の低減または緩和（例えば、1つのケーブルがブーリ 615A、615B に達するために進む必要のある距離を短くする）とをもたらす。

【0079】

図 6A は、ツールの別の実施形態を示す。このツール 700 は、遠位端部 770 および近位端部 780 を含む。遠位端部 770 は、図 1A ~ 図 3B 中に示されたツール 30 の遠位端部 31 と実質的に同様とすればよい。ツール 700 は、顎 710A、710B を、（例えば、ブーリ 715A、715B を介して、両顎を別々に回転させて）捕捉させる、（例えば、ブーリ 715A、715B を介して、両顎を一緒に回転させて）ヨーイングさせる、および（例えば、両顎をブーリ 720 の周りに回転させて）ピッチさせるなど、様々な仕方で動くよう作動させることができる。ツール 700 は、図 5B で説明したロッカーメカニズム 650 に換えて、顎のピッチ運動をもたらすシャトルメカニズム 730 を含む。明瞭化のため、図 6A ではツール 700 に対するケーブルルーティングは示されていない。また、一実施形態において、ツール 700 は、ツール 700 の（ブーリ 640A、640B と類似の）後部ブーリを保持して、近位端部でケーブルのルーティングを（例えば、ブーリ 640A、640B がブーリ 630A、630B に向けてケーブルルーティングを反転させた仕方と同様な仕方で）反転させるための、ロッカーメカニズム 650 も含むことができる。すなわち、一実施形態において、ツール 700 の近位端部は、ツール 600 の近位端部と同じ構造を有することが可能である。

【0080】

ここで図 6B を参照すると、第 1 ケーブル 760A に対するケーブルルーティングを備えるシャトルメカニズム 730 の上面図および底面図が示されている。この図示の実施形態において、シャトルメカニズム 730 の中央ブーリ 735 の軸棒は、ツールシャフト 705 の胴体に固定的に連結される。シャトルメカニズム 730 は、ツールシャフト 705 の長手軸に沿って前後に直線的にスライドすることが可能である。

【0081】

10

20

30

40

50

図6Bの上面図を見ると、ケーブル760Aは、近位端部780からツールシャフトの胴体に入っている。ケーブル760Aは、中央ブーリ735の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル760Aは、近位端部780の方へ戻って延び、シャトルブーリ755の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル760Aは、次いで遠位端部770の方へ延び、ブーリ720の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ブーリ720は、前述したブーリ620と実質的に類似にすることができる、ツール700の手首部として機能することが可能である。ブーリ720は、ヨーク790に連結されて、図6Aに示されるように、該ヨークは、顎710A、710Bに連結されている。図6Bの底面図を見ると、ケーブル760Aは、ブーリ720に巻き付いた後、遠位端部770側からツールシャフトの胴体に入っている。ケーブル760Aは、近位端部780の方へ戻って延び、シャトルブーリ755の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル760Aは、次いで遠位端部770の方へ延びて、中央ブーリ735の周りに少なくとも部分的に巻き付き、その後、ケーブル760Aは、近位端部780の方へ延びる。

【0082】

図6Cは、第2ケーブル760Bに対するケーブルルーティングを含むシャトル730の上面図および底面図を示す。図6Cの上面図を見ると、ケーブル760Bは、近位端部780からツールシャフトの胴体705に入っている。ケーブル760Bは、シャトルブーリ750の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル760Aは、近位端部780の方へ戻って延び、中央ブーリ735の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル760Aは、遠位端部770の方へ延び、ブーリ720の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ブーリ720は、ヨーク790に連結されて、図6Aに示されるように、該ヨークは、顎710A、710Bに連結されている。図6Cの底面図を見ると、ケーブル760Bは、ブーリ720に巻き付いた後、遠位端部770側からツールシャフトの胴体705に入っている。ケーブル760Bは、近位端部780の方へ戻って延びて、中央ブーリ735の周りに少なくとも部分的に巻き付いている。ケーブル760Bは、次いで遠位端部770の方へ延びて、シャトルブーリ750の周りに少なくとも部分的に巻き付き、その後、ケーブル760Bは、近位端部780の方へ延びる。

【0083】

ツール700の手首部および顎710A、710Bにピッチをもたらすために、シャトルメカニズム730は、ツール700の長手軸沿いにシャトルメカニズム730の位置を変えるように調整される。図6Dは、ツール700の遠位端部770の方へシフトされるシャトルメカニズム730を示す。シャトルメカニズム730の位置は、モータ（例えば、図5Aに示されたモータ660D）に取り付けられたメカニズム（例えば、プッシュロッド、リードスクリュー、ケーブル伝動装置）によって調整される。図6Dの上方の2つの図は、ケーブル760Bに対するケーブルルーティングを示し、下方の2つの図は、ケーブル760Aに対するケーブルルーティングを示す。シャトルメカニズム730のこの位置は、ケーブル760Bの両側の張力を増大する。ケーブル760Bがブーリ720に達するために進まねばならない距離は、増加しており（例えば、シャトルブーリ750と中央ブーリ735と間の距離は、増加しており）、一方、ケーブル760Aがブーリ720に達するために進まねばならない距離は、減少している（例えば、中央ブーリ735とシャトルブーリ755と間の距離は、減少している）。その結果、ケーブル760Bによってブーリ720上に加えられる張力は、増加し、ケーブル760Aによってブーリ720に加えられる張力は、減少する。この張力は、ブーリ720を矢印線765方向の反時計回り方向に回転させる。前述したケーブルルーティングには、他の実施形態ではここに記載されたものとは別のブーリのセットを用いることが可能であるが、そうであっても、シャトルメカニズム730の使用は、一方のケーブルの張力の増大（例えば、1つのケーブルがブーリ715A、715Bに達するために進まなければならない距離の伸長）と、もう一方のケーブルの張力の低減または緩和（例えば、1つのケーブルがブーリ715A、715Bに達するために進まなければならない距離の減少）とをもたらす

10

20

30

40

50

。

【0084】

ブーリ720（例えば手首部のブーリ）を反対方向に回転させるために、シャトルメカニズム730は、ツール700の近位端部780の方へ平行移動される。この張力は、ブーリ720を時計回り方向に回転させる。シャトルの位置が近位端部780に向かうとともに、ケーブル760A上の張力は、増大し、手首部（例えばブーリ720）は、矢印線765のように反対方向にピッチすることになる。本明細書で説明するシャトルメカニズム730の実装は、+/-90°までまたはそれより大きいピッチ（例えば、合計で180°以上）を可能にすることができます。

【0085】

10

前述のように、ロッカーメカニズム650およびシャトルメカニズム730は、第1ケーブルの張力を増大し、第2ケーブルの張力を緩める。このロッカーメカニズム650およびシャトルメカニズム730を用いて、ブーリ620、720または任意のブーリの組み合わせ（例えば、図1Aに示されたブーリ群）の動作をもたらすことができる。

【0086】

図7Aは、ツールの別の実施形態を示す。このツール1000は、10個のブーリ、1010A、1010B、1020A、1020B、1030A、1030B、1040A、1040B、1050A、1050Bを有する。ブーリ1010A、1020Aは、第1セットに配置される。ブーリ1010B、1020Bは、第2セットに配置される。ブーリ1050A、1050Bは、第3セットに配置される。ブーリの第3セットは、ブーリの第1セットおよび/またはブーリの第2セットに対して角度を付けることができる。

20

【0087】

ブーリ1030A、1040Aは、第4セットに配置される。ブーリ1030B、1040Bは、第5セットに配置される。ブーリの第3セットは、ブーリの第4セットおよび/またはブーリの第5セットに対して角度を付けることができる。この図示の実施形態において、ブーリ1010A、1020Aの第1セットは、ブーリ1030A、1040Aの第4セットと直列にすることが可能である。ブーリ1010B、1020Bの第2セットは、ブーリ1030B、1040Bの第5セットと直列にすることが可能である。ブーリ1010A、1020Aの第1セットは、ブーリ1010B、1020Bの第2セットとともに或る回転軸に沿って配置されることができる。ブーリ1030A、1040Aの第4セットは、ブーリ1030B、1040Bの第5セットとともに或る回転軸に沿って配置されることができる。ブーリ1010A、1010B、1020A、1020B、1030A、1030B、1040A、1040Bの他の配置も可能である。

30

【0088】

図7Bを参照すると、ブーリ1050A、1050Bの第3セットは、回転軸1060に沿って配置されることができる。ブーリ1030A、1040Aの第4セットおよびブーリ1030B、1040Bの第5セットは、回転軸1070に沿って配置されることができる。ブーリ1050A、1050Bの第3セットの回転軸1060は、ブーリ1030A、1040Aの第4セットおよびブーリ1030B、1040Bの第5セットの回転軸1070に対して角度を付けて、ブーリ1030Bおよび1040A上の溝は、それぞれ、ブーリ1050Aおよび1050B上の溝と整列し、これにより、ケーブルは、ブーリ1030Bおよび1040Aとブーリ1050A、1050Bとの間で真っすぐな経路をたどり、ケーブルの湾曲およびケーブルとブーリとの間の摩擦が低減されるようにすることが可能である。

40

【0089】

ブーリ1010A、1020Aの第1セットおよびブーリ1010B、1020Bの第2セットは、図7Aに示されるように、回転軸1070'に沿って配置されることができる。ブーリ1050A、1050Bの第3セットの回転軸1060は、ブーリ1010A、1020Aの第1セットおよびブーリ1010B、1020Bの第2セットの回転軸1070'に対して角度を付けることができる。

50

【0090】

第1ケーブルおよび第2ケーブルのルーティングが図7Aに示されている。ブーリ1050A、1050Bは、ヨーク1055に連結される。ヨーク1055は、ヨーク1055の表面から延びる2つの取り付け具1055A、1055Bを有することができる。一実施形態において、ツール1000の頸は、取り付け具1055A、1055Bを介してブーリ1050A、1050Bに連結することが可能である。このケーブルルーティングは、図1A～図3Bに関連して説明したルーティングと同様にすればよい。各ケーブルは、ブーリ1030A、1040Aの第4セット中の1つのブーリおよびブーリ1030B、1040Bの第5セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。いくつかの実施形態において、ブーリ1050A、1050Bの第3セットの角度は、ブーリ1030A、1040Aの第4セットおよびブーリ1030B、1040Bの第5セットに行き来するケーブルが、ブーリ1050A、1050Bの第3セットに真っすぐな経路をたどるように、配置される。ツール1000は、頸(図示しない)を、(例えば、ブーリ1050A、1050Bを介して、両頸を別々に回転させて)捕捉させる、(例えば、ブーリ1050A、1050Bを介して、両頸を一緒に回転させて)ヨーイングさせる、および(例えば、両頸を軸1030A、1040A、1030B、1040Bの周りに回転させて)ピッチさせるなど、様々な仕方で動かすように作動させることができる。10

【0091】

他の実施形態において、ツールは、剛性部分と柔軟性部分とを含むことができ、柔軟性部分を選択的に硬化しおよび／または所定位置にロックし、これにより該ツールの少なくとも一部に屈曲形状をもたらすことが可能である。いくつかの実施形態において、選択的に硬化可能な前記柔軟性部分は、ツールの手首部の近位側に配することができ、ツールの手首部は、本明細書の実施形態中で開示した任意の構成を有することができる。上記から、いくつかの実施形態において、ツールは、手首部と、ツールのエンドエフェクタをいろいろな幾何的配置に位置付けるよう作動することができる別のジョイントを提供する、手首部から近位の柔軟性部分と、を有し、これによりツールの遠位端部の運動の範囲を有益に拡大することが可能である。20

【0092】

図8A～図9Cは、本明細書に記載のツール中に組み込みが可能な柔軟性セクションの諸実施形態を示す。図8Aは、ツールの別の実施形態を示す。このツール1300は、ツールシャフト1302の一部に沿った屈曲部または肘部を含むことができる。ツール1300は、1つ以上の剛性セクション1310を含むことが可能である。ツール1300は、1つ以上の柔軟性セクション1305を含むことが可能である。柔軟性セクション1305は、シース1320を含み、シースは、平行線模様で図示されている。ツール1300は、エンドエフェクタ1340(例えば捕捉具)を含むことができる。ツール1300は、例えば、障害物を迂回して所望の位置または対象物に到達するため、非直線の形状を実現するように、屈曲するまたは別途に操作することができる。さらに、ツール1300は、柔軟性セクション1305を選択的に硬化および／または所定位置にロック(例えば、前記屈曲形状を維持するために)できるようにアレンジされることができる。30

【0093】

いくつかの実施形態において、手術用途に使われる場合、ツール1300は、トロカールを通して挿入することが可能である。トロカールは、一般に直線形状を有するので、ツール1300は、トロカールを通して挿入するために長手軸に沿って(例えば、直線的、剛性に)延びるようにアレンジされることがある。ツール1300は、(例えば、該ツールが経皮的手術に使われる場合)トロカールを抜けて体内に入った後、直線以外の形状をとるために、屈曲または操作することができる。所望の形状が得られたならば、ツール1300は、屈曲形状を堅固に維持するためにその姿勢にロックすることができる。ツール1300をロックすることによって、ユーザがツール1300のその姿勢の制御を失うのを防止することができる。40

【0094】

図 8 B は、柔軟性セクション 1305 をさらに詳細に示す。一実施形態において、柔軟性セクション 1305 は、柔軟性コア（例えば組み紐）1370 を含むことができる。柔軟性セクション 1305 は、柔軟化できる保持器 1360 を含むことが可能である。保持器 1360 は、固体状態および液体状態の両方を有する、低融点材料（例えば、ワックス、ポリマー）を含有することができる。一実施形態において、この柔軟性コア（例えば組み紐）1370 には、低融点材料の母材で含浸された纖維の導体材料を含めることが可能である。この固体状態と液体状態との間の転移は、低温（例えば、150 °F より低い、140 °F より低い、130 °F より低い、120 °F より低い、110 °F より低い、100 °F より低い、90 °F より低いなど）で生じる。保持器 1360 をシース 1320 で取り囲むとよい。矢印線 1380 は、例えばツール 1300 の近位端部の方に向かう、柔軟性シース 1320 を作動するための電気ワイヤなど、エンドエフェクタを作動するケーブルを表す。
10

【0095】

引き続き図 8 A ~ 図 8 B を参照すると、低融点材料は、活性化メカニズムによって活性化されたとき流体になることが可能である。この低融点材料は、活性化されないときは固体になることができる。活性化メカニズムには、低融点材料に熱をかける加熱素子 1330 を含めることが可能である。一実施形態において、加熱素子 1330 は、電流が加熱素子を通電しているとき加熱することができる。（例えば、この加熱素子は、抵抗性ヒーターとすることが可能である）。他の実施形態において、低融点固体の代わりにまたはこれに加えて、静電気効果または磁気効果に基づく他の硬化メカニズムを用いることも可能である。
20

【0096】

加熱素子 1330 がオンにされると、低融点材料は、流体状態に転移して柔らかくなる。ツール 1300 は、屈曲または操作することができる。加熱素子 1330 がオフにされると、低融点材料は、固体状態に転移して硬くなる。ツール 1300 は、その屈曲姿勢を維持することができる。

【0097】

図 8 C は、ツール 1300' の柔軟性セクション 1305 の或る実施形態を示す。この構成は、能動的肘構成と考えればよい。ツール 1300' は、ケーブル 1380 を含むことができる。ケーブル 1380 は、ハウジング 1382 に封入することが可能である。ハウジング 1382 は、柔軟性セクション 1305 とともに曲がるように柔軟性にすることができる。ツール 1300' は、1つ以上のケーブルを含むことが可能である。ツール 1300' は、2つ以上のケーブルを含むことも可能である。ケーブル 1380 は、1つ以上の剛性セクション 1310 に、1つ以上の柔軟性セクション 1305 に、および／またはエンドエフェクタ 1340 に取り付けることができる。ケーブル 1380 は、柔軟性セクション 1305 の遠位端部（例えば、遠位位置 1385）に連結することができる。いくつかの実施形態において、加熱素子 1330 が活性にされて、柔軟性セクション 1305 は、しなやかになる。ケーブル 1380 が柔軟性セクション 1305 の遠位位置 1385 を引っ張ることによって屈曲を形成するために、ケーブル 1380 に張力がかけられて柔軟性セクション 1305 に張力がかかり、これにより能動性肘がもたらされる。柔軟性セクション 1305 の適切なまたは所望の屈曲が得られたならば、活性化素子を非活性にすればよい。柔軟性セクション 1305 は、硬くなり、屈曲は、その姿勢でロックされることになろう。低融点材料は、硬化し、柔軟性セクション 1305 の姿勢が維持されることになろう。
30
40

【0098】

図 8 D は、ツール 1300" の柔軟性セクション 1305 の或る実施形態を示す。この構成は、受動的肘構成と考えればよい。柔軟性セクション 1305 は、1つ以上の椎骨部 1391（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つの椎骨部など）を含むことができる。椎骨部 1391 は、任意の断面形状（例えば円形、円盤系）とすることが可能である。椎骨部 1391 は、シース 1320 内に保持されるかまたはシースによって覆われて
50

いる。柔軟性セクション 1305 は、柔軟性コア（例えば、図 8B 中の組み紐 1370 などの組み紐）を含むことができる。図 8B 中のツール 1300 と同様に、柔軟性セクション 1305 は、柔軟であることが可能であり、固体状態および液体状態の両方を有し、前述した温度のような低温において固体状態と液体状態との間の転移が可能な、低融点材料（例えば、ワックス、ポリマー）を含むことが可能な保持器 1360、を含むことができる。

【0099】

ツール 1300” は、ケーブル 1392 を含むことができる。ケーブル 1392 は、ハウジング（図示せず）に封入することができる。ツール 1300” は、1 つ以上のケーブル 1392 を含むことが可能である。ツール 1300” は、2 つ以上のケーブル 1392 を含むことも可能である。ケーブル 1392 は、1 つ以上の剛性セクション 1310 に、1 つ以上の柔軟性セクション 1305 に、1 つ以上の椎骨部 1391 に、および／またはエンドエフェクタ 1340 に取り付けることができる。ケーブル 1392 は、図 8D に示すように、ツール 1300” 内に延びることができる。

10

【0100】

いくつかの実施形態において、加熱素子 1330 が活性にされて、柔軟性セクション 1305 は、しなやかになる。ケーブル 1392 に張力がかけられ、これが 1 つ以上の椎骨部 1391 の方位を変化させて、柔軟性セクション 1305 中に屈曲を形成する。この柔軟性セクション 1305 の屈曲は、柔軟性セクション 1305 の部分を形成する 1 つ以上の椎骨部 1391 により生じる。柔軟性セクション 1305 および／または柔軟性シース 1320 は、単に、1 つ以上の椎骨部 1391 の屈曲に追従してこれにより受動的肘をもたらす。柔軟性セクション 1305 の適切なまたは所望の屈曲が得られたならば、活性化素子 1330 を非活性にすればよい。柔軟性セクション 1305 は、硬くなり、屈曲は、その姿勢でロックされることになろう。低融点材料は硬化し、柔軟性セクション 1305 の姿勢を維持することになろう。

20

【0101】

図 9A は、ツールの別の実施形態を示す。このツール 1600 は、シース 1610 を含む。シース 1610 は、柔軟性材料（例えば、注型シリコンゴム）で形成することができる。ツール 1600 は、1 つ以上の制御ケーブル 1620A、1620B、1620C を含むことができる。図 9A には、3 つの制御ケーブルが示されているが、任意の数の制御ケーブル（例えば、1 つ、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つのケーブルなど）を用いることが可能である。制御ケーブル 1620A、1620B、1620C は、柔軟性セクション 1605 の湾曲を操作するためのメカニズム（図示せず）に連結される。3 つの制御ケーブル 1620A、1620B、1620C は、柔軟性セクション 1605 を通って延び、該柔軟性セクション 1605 の近位端部から抜け出ることができる。ツール 1600 には、器具用チャネル 1630 を含めることができる。器具用チャネル 1630 は、ツール 1600 の長手軸沿いに延ばすことができる。器具用チャネル 1630 は、このとき、ツール 1600 の全体に沿って、またはツール 1600 の長さの一部沿いに延ばすことが可能である。器具用チャネル 1630 には、エンドエフェクタ および／または他の部品を操作するための制御メカニズム（図示せず）（例えば、電気ワイヤ、安全ワイヤ）を含めることができる。

30

【0102】

一実施形態において、シース 1610 は、ツール 1600 の手首部の近位側に配することができるで、手首部は、本明細書に開示された諸構成（例えば、図 1A～図 3B 中のブーリシステム）の 1 つを有することができる。シース 1610 は、したがって、ツール 1600 の遠位端部の運動の範囲を増大するための追加のジョイントを提供することができる。また、いくつかの実施形態において、シース 1610 の柔軟性セクション 1605 の湾曲を操作する制御ケーブルは、ツールの手首部（例えば、図 1A～図 3B 中のツール 30 の遠位端部 31）の動作をもたらすこともできる。

40

【0103】

50

図9Bは、シース1610を取り除いたツール1600を示す。ツール1600は、1つ以上の椎骨部1635（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つの椎骨部など）を含むことができる。1つ以上の制御ケーブル1620A、1620B、1620Cは、1つ以上の椎骨部1635を通じて伸びることができる。各椎骨部1635の方位は、制御ケーブル1620A、1620B、1620Cによって制御が可能である。

【0104】

図9Cは、椎骨部1635の分解部品配列図を示す。椎骨部1635は、1つ以上の印刷回路基板1640A、1640Bを含むことができる。椎骨部1635は、椎骨部1635の両側に配された2つの印刷回路基板1640A、1640Bを含むことができる。2つの印刷回路基板1640A、1640Bは、同じものであってよい。2つの印刷回路基板1640A、1640Bは、印刷回路基板1640B上に示されるように、当該印刷回路基板の一方の側に加熱素子1641を含むことができる。2つの印刷回路基板1640A、1640Bは、印刷回路基板1640A上に示されるように、当該印刷回路基板の他方の側には諸部品を含むことができる。これらの部品には、スイッチ1655（例えば、アドレス可能マイクロスイッチ）を含めることができる。スイッチ1655は、どの椎骨部をオンするかを選択する。これらの部品は、加熱素子1641をオン、オフするためのリレーまたはFET1660を含み得る。FETのリレー1660は、加熱素子1641に対する電源を提供する。他の諸実施形態において、低融点固体の代わりにまたはこれに加えて、静電気効果または磁気効果に基づく他の硬化メカニズムを用いることも可能である。1つ以上の電気ワイヤ（図示せず）は、この2つの印刷回路基板1640A、1640Bを、様々な他の機能のため（例えば、電力、データ伝送）他の部品に接続する。スイッチ1655およびリレー1660は、1つの部品に組み合わせることができる。スイッチ1655および／またはリレーまたはFET1660は、既存技術で知られた、素子を活性化／非活性化するための他のメカニズムで代替することが可能である。

【0105】

椎骨部1635は、球体スペーサボール1646を含むことができる。球体スペーサボール1646は、ボールシート1645A、1645B中に保持することができる。ボールシート1645A、1645Bは、印刷回路基板1640A、1640Bに結び付けることができる。ボールシート1645A、1645Bは、各ボールを挟んで所定の距離を維持することができる。椎骨部1635は、スペーサ1650を含むことができる。スペーサ1650は、固体状態および液体状態の両方を有する低融点材料（例えば金属）で形成することができる。固体状態と液体状態との間の転移は、低温（例えば、150°Fより低い、140°Fより低い、130°Fより低い、120°Fより低い、110°Fより低い、100°Fより低い、90°Fより低いなど）で生じる。スペーサ1650は、室温で固体とすることができます。この低融点材料は、保持器によってカプセル化することができる（例えば、低融点材料の周りに注型されたシリコン）。スペーサ1650は、2つの印刷回路基板1640A、1640Bの間に配置されることができる。球体スペーサボール1646は、スペーサ1650内に保持される。

【0106】

ツール1600を位置付けるために、データ信号は、選択された椎骨部の2つの印刷回路基板1640A、1640Bに送信される。このデータ信号は、1つの選択された椎骨部1635または複数の選択された椎骨部1635に送信することができる。このデータ信号は、選択された椎骨部1635の加熱素子1641のペアを活性化させる。選択された椎骨部1635中の2つの印刷回路基板1640A、1640Bの間に屈曲を生成するために、および／または任意の角度方位が得られるように、制御ケーブル1620A、1620B、1620Cに張力を加えることができる。

【0107】

データ信号によって、選択された椎骨部1635の加熱素子1641のペアを非活性にすることができる。これにより加熱素子1641は、オフにされ、低融点材料が制御ケーブル1620A、1620B、1620Cによって設定された方位（例えば、位置お

および／または角度)で凝固することを可能にする。一実施形態において、制御ケーブル1620A、1620B、1620Cは、低融点材料が凝固するまで選択された椎骨部1635の位置および／または角度を維持することができる。いくつかの実施形態において、低融点材料の凝固および／または冷却を加速するために、器具用チャネル1630を通して冷却材を送ることも可能である。選択された椎骨部1635および選択された椎骨部1635のグループの角度を動かして設定することによって、図9Bに示されるように、複合湾曲を実現することが可能である。

【0108】

ここでは、手術システムのために有益ないいくつかの概念を説明しているが、これらの概念は、手術外および非医療応用においても利点を提供することができる。図10は、外科手術(例えば、経皮的最小侵襲性の外科手術)を実施するのに用いることが可能な高操作性手術システム(hyperdexterous surgical system)5を示す。この高操作性手術システム5は、1つ以上の高操作性手術アーム10を含むことができる。いくつかの実施形態において、外科手術は、ツール(例えば本明細書に記載されたツールのいずれか)を操作して、例えば、高操作性手術アーム10に保持されたツールを操作して実施される。

【0109】

図11は、高操作性手術アーム10の或る実施形態を示す。高操作性手術アーム10は、高操作性手術ツール30'に連結することができる。このツールは、「高操作性手術ツール」または代わりに単に「ツール」と呼ぶことにする。高操作性手術ツール30'は、遠位端部31'および近位端部32'を含む。一実施形態において、高操作性手術ツール30'および遠位端部31'は、図1A～図3B中のツール30および遠位端部31と同様であり得る。使用において、遠位端部31'は、(例えば、経皮的最小侵襲性の外科手術において)切開点を通して患者の体内に配置されることができる。ツール30'の遠位端部31'は、エンドエフェクタ(例えば、図1A中の捕捉具310などの捕捉具)を含むことが可能である。エンドエフェクタは、実施対象の外科手術またはタスクに基づいて選択することができる。ツール30'の遠位端部31'は、手首部を含むことが可能であり、その詳細については本明細書でさらに説明する。図1A中のツール310などのツールの手首部の改良された設計についてのいくつかの概念を上記で説明した。ここでは、手術システムのために有益ないいくつかの概念を説明するが、これらは、手術システム以外にも同様に適用することができよう。

【0110】

高操作性手術システム5および高操作性手術アーム10は、共同所有、同時係属の、2014年3月13日出願の国際特許出願第PCT/US2014/26115号、2013年3月15日出願の米国仮特許出願第61/791248号、2013年11月20日出願の米国仮特許出願第61/906802号、2013年11月26日出願の米国仮特許出願第61/908888号、2013年12月12日出願の米国仮特許出願第61/915403号、および2014年2月5日出願の米国仮特許出願第61/935966号にさらに記載されており、これらの全ては、ここで参照することにより本明細書に組み込まれ、本明細書の一部と見なすものとする。

【0111】

図12Aは、ツールの別の実施形態を示す。このツール400は、図1A～図3B中に示されたツール30と実質的に同様とすればよい。ツール400は、ツール400の遠位端部31'の手首部402を有することができる、手首部402は、エンドエフェクタ410をツール400のシャフト30Aに連結している。この図示の実施形態において、手首部402は、ブーリ440A、440B、450A、450B、425A、425B、427A、427B、420A、および420Bを含むことができる。ブーリ440A、450Aは、第1セットに配置される。ブーリ440B、450Bは、第2セットに配置される。ブーリ420A、420Bは、第3セットに配置される。ブーリ425A、427Aは、第4セットに配置される。ブーリ425B、427Bは、第5セットに配置され

10

20

30

40

50

る。ブーリ420A、420Bの第3セットは、図3Aに関連して前述したブーリ320A、320Bの第3セットと実質的に同様であり、それぞれ、エンドエフェクタ410の頸410A、410Bに連結する。同じように、ブーリ440A、450Aの第1セット、およびブーリ440B、450Bの第2セットは、図3Aに関連して前述したブーリ340B、350Bの第1セット、およびブーリ340A、340Bの第2セットと実質的に同様である。ツール400は、該ツールがブーリの2つの追加セット、ブーリ425A、427Aの第4セットおよびブーリ425B、427Bの第5セットを含むという点で、図3Aのツール30とは異なる。

【0112】

図12Bに示されるように、ブーリ425A、427Aの第4セット、およびブーリ425B、427Bの第5セットは、ブーリ440A、450Aの第1セット、およびブーリ440B、450Bの第2セットに対し角度が付けられる。ブーリ425Aの回転軸は、ブーリ440Aの回転軸に対して角度が付けられる。ブーリ427Aの回転軸は、ブーリ450Aの回転軸に対して角度が付けられる。ブーリ425Bの回転軸は、ブーリ440Bの回転軸に対して角度が付けられる。ブーリ427Bの回転軸は、ブーリ450Bの回転軸に対して角度が付けられる。

【0113】

図12Cを参照すると、ブーリ425A、427Aの第4セットは、角度付きくさび具426Aによって維持されており、該くさび具は、相互に角度付けされた（例えば、15°、30°、45°など）2つの軸棒452A、452Bを含むことができる。角度付き軸棒452A、452Bは、ブーリ425A、427Aが軸棒452A、452Bの周りを回転できるように、該軸棒上にブーリ425A、427Aの第4セットを支えている。図12Bに最良に示されているように、同様な仕方で、角度付きくさび具426Bによって或る角度でブーリ425B、427Bの第5セットを維持することができる。角度付きくさび具426Bは、角度付きくさび具426Aと実質的に同様である。図12A～図12Cに示され、そして前に説明したように、手首部402のこの設計は、手首部402の諸ブーリの周りにルートされるケーブル間の交差および摩擦を減少させて、したがって、ケーブルのルーティングをさらに有利にする。手首部402のケーブルのルーティングについては、以下でさらに説明する。

【0114】

ツール400は、頸410A、410Bを、（例えば、ブーリ420A、420Bを介して、両頸を別々に回転させて）捕捉させる、（例えば、ブーリ420A、420Bを介して、両頸を一緒に回転させて）ヨーイングさせる、および（例えば、両頸をブーリ440A、450A、440B、450Bの周りに回転させて）ピッチさせるなど、様々な仕方で動くよう作動させることができる。図13Aは、ツール400の手首部402中の第1ケーブル490Aのルーティングを示す。第1ケーブル490Aは、ツール400の近位端部（図示せず）から始まり、図3A中に示されたツール30に関連して前述したのと同様な仕方で、ツールシャフト30Aを通って、（例えば、開口または穴を通過など、シャフト30Aの端部に取り付けられたヨークを通って、）ツールシャフト30Aの外に延びる。この図示の実施形態において、第1ケーブル490Aは、ブーリ440A、450Aの第1セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル490Aは、次いで、ブーリ425A、427Aの第4セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。前後の諸実施形態で説明したように、第1ケーブル490Aは、ブーリ420A、420Bの第3セット中の1つのブーリ内に保持されたビードに連結することができる（例えば、図3A中のビード315Aのようなビードに固定的に連結される）。第1ケーブル490Aは、次いで、ブーリ425B、427Bの第5セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く、その後、第1ケーブル490Aは、ブーリ440B、450Bの第2セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル490Aは、その後、

10

20

30

40

50

ツール400の近位端部の方へツールシャフトを通って延びる。いくつかの実施形態において、第1ケーブル490Aは、図13Aに示されるように、ブーリ450A、427A、420A、425B、および440Bの周りに少なくとも部分的に巻き付く。

【0115】

この図示の実施形態において、ブーリ440A、440B、425A、425Bは、外側ブーリと見なされ、ブーリ450A、450B、427A、427Bは、内側ブーリと見なされる。いくつかの実施形態において、第1ケーブル490Aは、2つの外側ブーリ（例えば、440B、425B）および2つの内側ブーリ（例えば、450A、427A）の周りに巻き付いている。第1ケーブル490Aのルーティングをより明瞭に表すために、図13Aでは、第1ケーブル490Aは、ブーリから僅かにずらして示されている。

10

【0116】

図13Bは、ツール400の手首部402中の第2ケーブル490Bのルーティングを示す。第2ケーブル490Bは、ブーリ440A、450Aの第1セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル490Bは、次いで、ブーリ425A、427Aの第4セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル490Bは、その後、ブーリ420A、420Bの第3セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。前の諸実施形態で説明したように、第2ケーブル490Bは、ブーリ420A、420Bの第3セット中の1つのブーリ内に保持されたビードに連結することができる（例えば、ビード315Aのようなビードに固定的に連結される）。第2ケーブル490Bは、次いで、ブーリ425B、427Bの第5セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付き、その後、第2ケーブル490Bは、ブーリ440B、450Bの第2セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル490Bは、その後、ツール400の近位端部の方へツールシャフト30Aを通って延びる。いくつかの実施形態において、第2ケーブル490Bは、図13Bに示されるように、ブーリ450B、427B、420B、425A、および440Aの周りに少なくとも部分的に巻き付く。

20

【0117】

いくつかの実施形態において、第2ケーブル490Bは、2つの外側ブーリ（例えば、440A、425A）および2つの内側ブーリ（例えば、450B、427B）の周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル490Bのルーティングをより明瞭に表すために、図13Bでは、第2ケーブル490Bは、ブーリから僅かにずらして示されている。

30

【0118】

図14Aは、本明細書で説明した諸ツールに組み込みが可能な、ツールの近位端部の或る実施形態を示す。この近位端部は、モータパック800を含む。この図示の実施形態において、モータパック800は、前に説明したような、4つの別個のケーブルを駆動する4つのモータ（例えば電気モータ）を含む。

【0119】

いくつかの実施形態において、該4つのケーブルの各々は、モータパック800の1つのモータによって別々に制御される。有利には、4つのケーブルの各々は、モータパック800の1つのモータによって別々に制御される、モータパック800を備えるツールは、モータがケーブル中の一切のたるみを除去するので、事前引張を必要としない。事前引張は、ケーブル-ブーリシステムにおいてケーブルがブーリと相互作用をする際にスリップを生じさせ得るケーブルの弾力特性に起因して必要となる。したがって、市販のツールは、当該設計または他のやり方によって事前引張を補っている。図5A～図6Dで説明したケーブル駆動の方法では、ケーブルを駆動するのに必要なモータは3つだけであるが、これらのシステムは、事前引張を必要とし得るケーブルループを用いている。

40

【0120】

引き続き図14Aを参照すると、モータパック800は、モータハウジング840を含むことができる。モータパック800は、モータハウジング840内に4つのモータを保

50

持することができ、図14Aでは、モータ810A、810Bの2つだけが見えている。これら4つのモータ810A、810B、810C(図示せず)、810D(図示せず)は、それぞれ、ギアボックス815A、815B、815C(図示せず)、815D(図示せず)に関連付けることができる。各モータ810A、810B、810C、810Dは、スピンドル820などのスピンドルと関連付けることができて、各スピンドル820は、はめ合いインターフェース830(例えば、正方形開口部、六角形開口部、スロット)を持つことができる。モータ810A、810B、810C、810Dは、ソフトウェアの制御の下に駆動ユニット(図示せず)によって駆動される。モータパック840は、図11中に示されたツール30のまたは本明細書で説明した任意の他のツールの近位端部32などのツールの近位端部に取り付けることができる。

10

【0121】

図14Bは、モータパック800に着脱可能に連結可能な結合ユニット900の一実施形態を示す。結合ユニット900は、近位端部906および遠位端部905を含み得る。図14A中に示されたモータパック800の各スピンドル820のはめ合いインターフェース830は、スピンドル910Aなど、結合ユニット900中の対応するスピンドルと、連結しおよび/またははめ合うことができる。図14Bでは、1つのスピンドル910だけが見えるが、結合ユニット900は、モータパック800のはめ合いインターフェース830の各々に対する対応スピンドル(例えば、図14Cに示されるような4つのスピンドル910A、910B、910C、910D)を有することができる。一実施形態において、結合ユニット900は、使い捨てとすることが可能である。別の実施形態において、結合ユニット900、ツールシャフト、手首部、およびエンドエフェクタを含めて、モータパック800から遠位の一切の部品を使い捨てにすることができる。したがって、モータパック800は、通常、ツールの比較的高価な部分であり、これは、再使用可能とすることができる。というのは、結合ユニット900は、ツールの近位部分に組み込むことが可能で、容易に取り外して、新しい結合ユニット900および関連するツールシャフト、手首部、およびエンドエフェクタに置き換えることが可能だからである。この設計は、無菌バリヤを有利に提供する。すなわち、結合ユニット900を含めて、モータハウジング840より遠位のあらゆるものを無菌にすることが可能であり、結合ユニット900は、無菌バリヤを少なくとも部分的に提供することができる。モータハウジング840、モータ810A、810B、810C、810D、および/またはモータパック800内に配置された一切の部品は、非殺菌としておくことが可能である。

20

【0122】

図14B～図14Dは、結合ユニット900をさらに示す。一実施形態において、スピンドル910A、910B、910C、910Dは、近位端部906から結合ユニット900を通ってその遠位端部905に延びる。結合ユニット900は、4つのブーリ940A、940B、940C、940Dを含むことができる。結合ユニット900は、図14Cに示されるように、スピンドル910A、910B、910C、910D上に搭載された4つのスプール945A、945B、945C、945Dを含むことができる。ブーリ940A、940B、940C、940Dは、スプール945A、945B、945C、945Dにケーブルを供給することができる。スプール945A、945B、945C、945Dは、図12A中の手首部402および頸410A、410Bなど、ツールの手首部および/または頸を駆動する他の部品にケーブルを供給することができる。また、スプール945A、945B、945C、945Dは、ケーブル中のたるみを取り去ることができる。ブーリ940A、940B、940C、940Dは、図14Dに最も示されているように、ヨーク950A、950B(図示せず)、950C(図示せず)、950D(図示せず)上に搭載することができる。

40

【0123】

ここで図14Dを参照すると、ヨーク950Aだけが示されているが、前述のように、ブーリ940A、940B、940C、940Dの各々をヨーク950Aと類似のヨークに搭載することができる。ヨーク950Aは、ブーリ940Aに連結することができ

50

る。ヨーク950B、950C、および950Dは、ブーリ940B、940C、および940Dに連結することが可能である。ヨーク940A、940B、940C、940Dは、ロードセル960A、960B、960C、960Dに連結することができて、ロードセル960A、960B、960C、960Dは、結合ユニット900に連結することができる。

【0124】

各ケーブル端は、ブーリ940A、940B、940C、940Dの1つの周りにルートされ、スプール945A、945B、945C、945Dの周りに少なくとも部分的に巻き付く。スプール945A、945B、945C、945Dの周りに巻き付いた後、ケーブル端は、スプール945A、945B、945C、945Dに固定される。一実施形態において、スプール945A、945B、945C、945Dの各々は、図14E中に最良に示されている終端治具975Aなどの終端治具（例えばノッチ）を含むことができる。図14Eには、1つの終端治具975Aだけが示されているが、スプール945A、945B、945C、945Dの各々は、終端治具を有することが可能である（例えば、スプール945B、945C、945Dは、図示されていないが、終端治具975Aと同様な終端治具975B、975C、975Dを有することが可能である）。各ケーブル端は、該ケーブル端が対応するスプール945A、945B、945C、945Dから外れるのを防止するために、終端治具975A、975B、975C、975D内に保持することができる。一実施形態において、ケーブル端は、終端治具の形状に対応する形状を有することができる。

10

20

【0125】

図14Dを参照すると、ロードセル960A、960B、960C、960Dは、1つ以上のセンサを含むことができる。例えば、一実施形態において、各ロードセル960A、960B、960C、960Dは、力センサ970A、970B、970C、970Dを含むことが可能である。力センサ970A、970B、970C、970Dは、ケーブルの張力を測定することができる。ケーブルに張力がかかると、ブーリ940A、940B、940C、および940Dは、力をロードセル960A、960B、960C、960Dに転移する。この力は、ロードセル960A、960B、960C、960Dを曲げることができ、前記曲げを測定して、張力の測定値に変換することができる。力センサ970A、970B、970C、970Dによる測定値の出力は、ツールの操作者に触覚供給バックを提供することができる。例えば、力センサによる測定値の出力を手術医に対する触覚供給バックに変換し、ツールの顎（例えば、ツール400の顎410A、410B）の把持力の感覚を与えることが可能である

30

【0126】

図15は、ツールの別の実施形態を示す。このツール1200には、ブーリの代わりに椎骨部を用いる、手首部1202を含めることができる。椎骨部を用いる市販のツールは、ツールの手首部の屈曲を制御するためにケーブルループを利用する。これに対して、ツール1200は、手首部1202の姿勢を制御するために、ケーブルループの代わりに独立したケーブル群を用いることができる。ツール1200のこの配置の利点には、ケーブルの事前引張、および長さの精密な制御が不要なことが含まれる。

40

【0127】

ツール1200の手首部1202は、1つ以上の椎骨部1220A、1220B、1220Cを含むことができる。3つの椎骨部1220A、1220B、1220Cが図示されているが、ツール1200は、もっと多くのまたはもっと少ない椎骨部（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つの椎骨部など）を含むことが可能である。椎骨部1220Aは、ツールシャフト1210に連結することができる。椎骨部1220A、1220B、1220Cは、1つ以上のジョイント1240（例えば、ボールとソケットとのジョイント）を介して、他の椎骨部および/またはツール1200の他の部品と連結することができる。この図示の実施形態において、図15中に示されるように、椎骨部1220A、1220B、1220Cは、ツール1200の遠位端部に連結することができる。

50

但し、他の実施形態において、1つ以上の椎骨部1220A、1220B、1220Cをツール1200の長手方向長沿いの任意の位置に配置することも可能である。

【0128】

引き続き図15を参照すると、ツール1200は、1つ以上の独立したケーブル1230A、1230B、1230Cを含むことができ、これらは、ツールシャフト1210を通って延びる。3つのケーブル1230A、1230B、1230Cが示されているが、ツール1200は、もっと多くのまたはもっと少ないケーブル（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つのケーブルなど）を含むことが可能である。一実施形態において、エンドエフェクタ1250を駆動するために追加のケーブルを使用することができる。各ケーブル1230A、1230B、1230Cは、モータ1260A、1260B、1260Cによって別々に駆動される。ツール1200ではケーブルループは使われないので、この設計は、前述した利点（例えば、ケーブルの事前引張が必要ない）を有する。
10

【0129】

ケーブル1230A、1230B、1230Cは、1つ以上の椎骨部1220A、1220B、1220Cを通って延びることができる。この図示の実施形態において、ケーブル1230A、1230B、1230Cは、1つ以上の係合メカニズム1270（例えば、ケーブルに圧着され、椎骨部中のポケットの内部に配置された、図3A中のビード315Aと類似のビード）を介して椎骨部1220A、1220B、1220Cに連結することができる。ケーブル1230A、1230B、1230Cに張力がかかると、その張力は、係合メカニズム1270を介して椎骨部1220A、1220B、1220C（1220C）に転移される。ツールの部品（例えば、椎骨部1220A、1220B、1220C）は、シース（図示せず）で覆うことができる。様々な他の椎骨部とケーブルとの設計が可能である。各ケーブル端の別々の制御を使って、ピッチおよびヨーを任意に組み合わせてエンドエフェクタ1250を操作することができる。
20

【0130】

図16は、ツールの別の実施形態を示す。このツール1700は、図1A～図3B中に示されたツール30と類似である。いくつかの実施形態において、ツールの手首部から頸の作動を切り離すことは、利点であり得る。例えば、ツールの手首部の作動からエンドエフェクタの作動を切り離すことによって、エンドエフェクタから手首部への（例えば、捕捉具の頸からツールの手首部のブーリへの）負荷の転移を阻止することができる。エンドエフェクタによるかかる手首部への負荷は、手首部の制御を格段に難しくさせ、および/または手首部の思わぬ動作をもたらすことがある。
30

【0131】

ツール1700は、手首部1702を有し、1つ以上のブーリ1740および1つ以上のブーリ1750を含む。ブーリ1740は、図3A中に示されたブーリ340A、340B、350A、350Bと実質的に同様とすればよい。ブーリ1750は、図3A中に示されたブーリ320A、320Bと実質的に同様とすればよい。明瞭化のため、ブーリ1740、1750に対するケーブルルーティングは示されていない。

【0132】

ブーリ1740、1750の周りに少なくとも部分的に巻き付いているケーブル（図示せず）に加え、ツール1700は、エンドエフェクタ1760（例えば捕捉具）の頸1760A、1760Bを制御するための1つ以上の追加ケーブル1730を含むことができる。1つのケーブル1730が示されているが、ツール1700は、任意の数のケーブル（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つのケーブルなど）を含むことが可能である。ケーブル1730は、シース1720内に保持することができ、一実施形態において、このシースは、柔軟性のシースとすることができます。この図示の実施形態において、エンドエフェクタ1760（例えば、頸、捕捉具）は、ブーリ1750に連結される。ケーブル1730は、ブーリ1750の周りに少なくとも部分的に巻き付くことができ、ブーリ1750の運動を介して、エンドエフェクタ1760を制御することができる。ケーブル1730は、ブーリ1750を介して、エンドエフェクタ1760を制御するための作
40
50

動メカニズムに連結することが可能である。ケーブル 1730 を作動する作動メカニズムは、1つ以上のブーリ（例えば、エンドエフェクタ 1760 のベース近くに配置されたブーリ）とすればよい。この図示の実施形態において、顎 1760A、1760B を含めて、エンドエフェクタ 1760 は、ブーリ 1740 から切り離され、したがって、有利に、エンドエフェクタ 1760 は、負荷をブーリ 1740 に転移しない。すなわち、エンドエフェクタ 1760 の運動は、ブーリ 1740 の周りに巻き付いたケーブルによってブーリ 1740 に与えられる運動から独立している。

【0133】

本明細書の諸実施形態で説明したように、本ツールは、肘部または屈曲部を有することができる。本ツールの制御を維持するために、ユーザ（例えば操作者、手術医）がツールの形状を知ることは、重要であり得る。本明細書に記載したツールの柔軟性セクション（例えば、柔軟性セクション 1305）は、1つ以上のセンサ（例えば、複数センサ群）に連結することができ、これらセンサは、ツールの形状に基づいてデータを送信することができる。一実施形態において、このデータは、リアルタイムとすることができる。このデータは、有線または無線接続を介して送信することが可能である。10

【0134】

これら1つ以上のセンサは、様々な種類のセンサ（例えば、歪みセンサ、ポジションセンサ）を含み得る。この1つ以上のセンサは、ツールおよび／または柔軟性セクション上またはその内部の任意の箇所に配置されることができる（例えば、ツールの長さ沿いに連結する、柔軟性コアに連結する、椎骨部に連結するなど）。これらのセンサは、様々な技法（例えば、生体適合性の膠または接着剤）を用いてツールに連結することができる。20

【0135】

いくつかの実施形態において、柔軟性セクションの形状を計算する間接的方法を用いることが可能である。例えば、屈曲をもたらすケーブルの張力をモニタすることができる。屈曲を生じさせる役割をするケーブルの各々の相対的な張力が分かれれば、屈曲を推定することができる。柔軟性セクションが屈曲されている間、当該柔軟性セクションを押圧する外部の力が存在しなければ、屈曲を生じさせるケーブル上の張力のこのようなモニタリングによって該屈曲の形状の推定を提供することが可能である。この推定をセンサからのデータと組み合わせて、ツールの形状（例えば屈曲）の推定を向上することができる。30

【0136】

いくつかの実施形態において、ツールの形状をカメラでモニタすることが可能である。このカメラは、患者の体腔の中に挿入されたカメラとすればよい。このカメラは、ユーザを助力するため任意の場所に位置させることができ。カメラは、ツールに関するデータ（例えば画像）を処理ユニット（例えば、高操作性手術システム 5 の処理ユニット）に送信することができる。該処理ユニットは、画像をさらに処理し、ツールの柔軟性セクションを認識するためパターン認識技法を用いることが可能である。柔軟性セクションが認識されたならば、画像に基づいて屈曲のパラメータを計算することができる。これらのパラメータは、ツールの制御を維持する役割をする主処理ユニットに送信することができる。40

【0137】

図 17A は、ツールの別の実施形態を示す。このツール 1800 は、手首部 1802 を有することができ、ハウジング 1811 を含むことができる。図 17B～図 17C は、ハウジング 1811 を取り除いたツール 1800 を示す。ツール 1800 は、顎 1810A、1810B のペアを備えたエンドエフェクタ 1810 を含むことができる。エンドエフェクタの他の実施形態を使うことも可能である。ツール 1800 は、図 17B 中に示されるように、様々なブーリを含むことができる。

【0138】

ブーリ 1845A、1845B は、ブーリの第1セットとして配置される。ブーリ 1850A、1850B は、ブーリの第2セットとして配置される。ブーリ 1845A、1850

45Bの第1セット、およびブーリ1850A、1850Bの第2セットは、ヨーク1812に連結することができ、該ヨークは、ツールシャフト（図示せず）に連結することができる。また、このツールは、ブーリの第3セットとして配置されたブーリ1820A、1820B、1815A、1815Bを含むことが可能である。顎1810A、1810Bは、ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットに連結することができる。この図示の実施形態において、顎1810Aは、ブーリ1815A、1815Bに連結され、顎1810Bは、ブーリ1820A、1820Bに連結される。

【0139】

また、ツール1800は、ブーリの第4セットとして配置されたブーリ1835A、1835Bを含むことができる。ブーリ1835Aの回転中心を、ブーリ1835Bの回転中心からオフセットすることが可能である。一実施形態において、ブーリ1835Aは、ブーリ1835Bよりも小さな直径を有することができる。また、ツール1800は、ブーリの第5セットとして配置されたブーリ1840A、1840Bを含むことができる。ブーリ1840Aの回転中心を、ブーリ1840Bの回転中心からオフセットすることが可能である。ブーリ1840Aは、ブーリ1840Bよりも小さな直径を有することができる。ブーリ1835A、1840Bは、同一の回転軸に配置されることができる。ブーリ1835B、1840Aも、同一の回転軸に配置されることができる。ブーリ1835A、1840Bの回転中心は、ブーリ1845A、1845Bの第1セットおよびブーリ1850A、1850Bの第2セットの回転中心からオフセットすることができる。ブーリ1835B、1840Aの回転中心は、ブーリ1845A、1845Bの第1セットおよびブーリ1850A、1850Bの第2セットの回転中心からオフセットすることができる。

【0140】

図17Cを参照すると、ブーリ1825A、1825Bは、ブーリの第6セットとして配置される。ブーリ1830A、1830Bは、ブーリの第7セットとして配置される。この図示の実施形態において、ブーリ1825A、1830Aは、外側ブーリであり、ブーリ1825B、1830Bは、内側ブーリである。外側ブーリ1825A、1830Aの直径は、内側ブーリ1825B、1830Bよりも小さくできる。

【0141】

ブーリ1825A、1825Bの第6セットおよびブーリ1830A、1830Bの第7セットは、顎1810A、1810Bのペアおよび／またはブーリ1820A、1820B、1815A、1815Bの第3セットに整列させることができる。いくつかの実施形態において、ブーリ1820A、1820B、1815A、1815Bは、それぞれ、ブーリ1825A、1825B、1830B、1830Aと整列し、これにより、ブーリ1820A、1820B、1815A、1815Bとブーリ1825A、1825B、1830B、1830Aとの間で、それぞれ、ケーブルが真っすぐな経路に沿って延びることを可能にし、したがって、ケーブル中の曲がりおよびケーブルとブーリとの間の摩擦を有利に低減する。この配置の他の利点は、以降で説明する。

【0142】

ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットは、（例えば、ツール1800中の他のブーリに比べて）大きな直径を有することができる。一実施形態において、ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットは、ツールシャフト（図示せず）の直径ほどの大きさの（例えば、ほぼ等しい）直径を有することができる。ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットは、相互に近接しておよび／または図1A中に示されたツール30のブーリ320A、320Bよりもツールシャフトの中心軸に近接して、配置されることができる。ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットのこれらの配列および直径のサイズは、ケーブルの信頼性および耐用寿命（例えば、より少ない摩耗および裂傷）を有利に増大する。より大きなブーリは、より大きな直径を有するので、より大きなブーリを行き来するケーブルは、湾曲が少なく、したがって、ポジティブな方向で信頼性に影響す

る。ブーリ 1815A、1815B、1820A、1820B の第3セットのこの配列は、ブーリの他のセットの配列とともに、ツール 1800 の1つ以上のケーブルがより少ない、より低度の急カーブを通ることを確実にし、同様に、ポジティブな方向で、ケーブルの信頼性および耐用寿命に影響する。ブーリ 1815A、1815B、1820A、1820B の第3セットのこれらの配列および直径のサイズは、ケーブルがより少なくより低度の急カーブを通り、これによってより大きな力を顎にかけることができるので、図 1A 中に示されたブーリ 320A、320B よりも大きな力を顎に加えるようにアレンジされる。

【0143】

ツール 1800 は、顎 1810A、1810B を、（例えば、ブーリ 1815A、1815B、1820A、1820B を介して、両顎を別々に回転させて）捕捉させる、（例えば、ブーリ 1815A、1815B、1820A、1820B を介して、両顎を一緒に回転させて）ヨーイングさせる、および（例えば、ヨーク 1812 を介して軸 1813 の周りに回転させて）ピッチさせるなど、様々な仕方で動くよう作動させることができる。図 17D～図 17E は、ツール 1800 の第1ケーブル 1855A のケーブルルーティングを示す。他の諸実施形態で前に説明したように、ヨーク 1812 および／または顎 1810A、1810B の1つまたは両方の運動をもたらすために、4つのケーブルを別々に制御することができる。各ケーブル端のこの別々の制御によって、手首部 1802（図 17A 参照）およびエンドエフェクタ 1810 のより正確な動作を提供することができる。図 17D～図 17E のケーブルルーティングは、顎 1810A を制御する。ツール 1800 は、（本明細書に記載した 390A'、390A''、390B'、390B'' と同様に）4つのケーブル端を有する4つのケーブルを用いる。10
20

【0144】

図 17D を参照すると、第1ケーブル 1855A は、ツールシャフト（図示せず）から始まる。第1ケーブル 1855A は、ブーリ 1845A、1845B の第1セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル 1855A は、次いで、ブーリ 1835A、1835B の第4セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル 1855A は、その後、ブーリ 1825A、1825B の第6セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル 1855A は、次に、ブーリ 1815A、1815B、1820A、1820B の第3セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。いくつかの実施形態において、第1ケーブル 1855A は、図 17D 中に示されるように、ブーリ 1845A、1835A、1825B、1820B の周りに少なくとも部分的に巻き付く。ケーブル 1855A は、ブーリ 1820B に（図 3A 中のビード 315A など、ブーリのポケット中に保持されたビードへの圧着によって）固定的に連結することができる。いくつかの実施形態において、第1ケーブル 1855A は、内側ブーリ 1820B、1825B および外側ブーリ 1835A、1845A の周りに少なくとも部分的に巻き付く。30

【0145】

図 17E を参照すると、第2ケーブル 1855B は、ツールシャフト（図示せず）から始まる。第2ケーブル 1855B は、ブーリ 1850A、1850B の第2セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル 1855B は、次いで、ブーリ 1840A、1840B の第5セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル 1855B は、その後、ブーリ 1825A、1825B の第6セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル 1855B は、次に、ブーリ 1815A、1815B、1820A、1820B の第3セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。いくつかの実施形態において、第2ケーブル 1855B は、図 17E 中に示されるように、ブーリ 1850B、1840B、1825A、1820A の周りに少なくとも部分的に巻き付く。いくつかの実施形態において、第2ケーブル 1855B は、外側ブーリ 1820A、1825A および内側ブーリ 1840B、1850B の周りに少なくとも部分的に巻き付く。40
50

【0146】

図17D～図17Eを参照すると、1つのケーブルだけが作動または張力付加されると、顎は、一方向に回転し、他方のケーブルが作動または張力付加されると、顎は、反対方向に回転することになる。さらに、ケーブル上に加える張力の量によって、顎1810A、1810Bの位置を制御することができる。例えば、図17D中に示されたケーブル1855Aには、矢印線1860の方向に張力がかかり、ケーブル1855Bは、緩められる。顎1810Aは、したがって、矢印線1862の方向に動くことになる。上記の代わりに、ケーブル1855Bに矢印線1865の方向に張力がかかると、顎1810Aは、矢印線1867の方向に動くことになる。両方のケーブルに同時に張力がかかると、ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットは、回転しない。代わりに、ブーリ1815A、1815B、1820A、1820Bの第3セットは、矢印線1870のように、紙面平面の中側への（すなわち、図17A中に示されたヨーク1812の軸1813の周りの）運動で動く。

【0147】

ケーブルの別のペアを、ケーブル1855A、1855Bが顎1810Aに連結されているのと同様な仕方で、顎1810Bに連結することができる。顎1810Bに取り付けられた前記他のケーブルのセットを引っ張るアクションについては、ケーブル1855A、1855Bについて上記で説明したのと同様なので説明しない。上記の説明から、一実施形態における、顎1810A、1810Bの運動は、4つの独立したケーブルを使ってどのように制御できるかが分かる。

【0148】

図18Aは、ツールの別の実施形態を示す。このツール1900は、手首部1902、および2つの顎1901A、1901Bを含む、エンドエフェクタ1901を有することができる。ツール1900には、ツールシャフト1915に連結されたヨーク1910を含めることが可能である。図18Bは、取り外されたヨーク1910を示す。ツール1900は、ブーリ1930A、1930Bの第1セットを含むことができる。また、ツール1900は、ブーリ1935A、1935Bの第2セットを含むことができる。ブーリ1930A、1930Bの第1セットの回転軸は、ブーリ1935A、1935Bの第2セットの回転軸と整列させることができる。ツール1900は、ブーリ1905A、1905Bの第3セットを含むことができる。顎1901A、1901Bは、ブーリ1905A、1905Bの第3セットに連結することができる。

【0149】

ツール1900は、ブーリ1920A、1920Bの第4セット、およびブーリ1925A、1925Bの第5セットを含むことができる。ブーリ1920A、1920Bの第4セットは、ツール1900の一方側に配置されることができ、ブーリ1925A、1925Bの第5セットは、ツール1900の他方側に配置されることができる。ブーリ1920A、1920Bの第4セットの回転軸は、ブーリ1925A、1925Bの第5セットの回転軸と整列させることができる。

【0150】

ツール1900は、ブーリ1910A、1910Bの第6セット、およびブーリ1915A、1915Bの第7セットをさらに含むことができる。ブーリ1910A、1910Bの第6セットは、ツール1900の一方側に配置されることができ、ブーリ1915A、1915Bの第7セットは、ツール1900の他方側に配置されることができる。ブーリの第6セットと第7セットとは、ブーリ1910A、1910Bの第6セットの回転中心がブーリ1915A、1915Bの第7セットの回転中心からオフセットされているので、相オフセットされたブーリである。

【0151】

ツール1900は、顎1905A、1905Bを、（例えば、ブーリ1905A、1905Bを介して、両顎を別々に回転させて）捕捉させる、（例えば、ブーリ1905A、1905Bを介して、両顎と一緒に回転させて）ヨーイングさせる、および（例えば、両

頸を図18A中の紙面平面の中側に示された、ヨーク1910の軸1913の周りに回転させて)ピッチさせるなど、様々な仕方で動くよう作動させることができる。図18Dは、第1ケーブル1950Aおよび第2ケーブル1950Bのルーティングを示す。明瞭化のため、第1ケーブル1950Aは、点線で示され、第2ケーブル1950Bは、実線で示されている。第1ケーブル1950Aは、ツールシャフト1915から始まる。第1ケーブル1950Aは、ブーリ1930A、1930Bの第1セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル1950Aは、次いで、ブーリ1920A、1920Bの第4セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル1950Aは、その後、ブーリ1910A、1910Bの第6セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第1ケーブル1950Aは、次に、ブーリ1905A、1905Bの第3セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。いくつかの実施形態において、第1ケーブル1950Aは、ブーリ1905A、外側ブーリ1910A、外側ブーリ1920A、および外側ブーリ1930Aの周りに少なくとも部分的に巻き付く。ケーブル1950Aは、ブーリ1905Aに(図3A中のビード315Aなど、ブーリのポケット中に保持されたビードへの圧着によって)固定的に連結することができる。
10

【0152】

また、第2ケーブル1950Bも、ツールシャフト1915から始まる。第2ケーブル1950Bは、ブーリ1930A、1930Bの第1セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル1950Bは、次いで、ブーリ1920A、1920Bの第4セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル1950Bは、その後、ブーリ1905A、1905Bの第3セット中の1つのブーリの周りに少なくとも部分的に巻き付く。いくつかの実施形態において、第2ケーブル1950Bは、ブーリ1905B、外側ブーリ1910A、内側ブーリ1920B、および内側ブーリ1930Bの周りに少なくとも部分的に巻き付く。第2ケーブル1950Bは、ブーリ1910A、1910Bの第6セット中の1つのブーリの周りには巻き付かない。ケーブル1950Bは、ブーリ1905Bに(図3A中のビード315Aなど、ブーリのポケット中に保持されたビードへの圧着によって)固定的に連結することができる。ケーブル1950A、1950Bは、ツール1900の近位端部の方へ延びる。
20

【0153】

頸1910Aは、ブーリ1905Aに連結され、頸1901Bは、ブーリ1905Bに連結される。第1ケーブル1905Aは、ブーリ1905Aに連結して、頸1901Aを制御することができる。第2ケーブルは、ブーリ1905Bに連結して、頸1901Bを制御することができる。ケーブルの別のペア(1905C、1905D)は、ブーリ群の反対側に沿って延びて、ブーリ1905Aおよび1905Bに連結することができ、それらのケーブルルーティングは、該ケーブルがブーリ1915A、1915Bの周りに少なくとも部分的に巻き付くようになっていることを除けば、図18D～図18E中に示されたのと同じ構成を有することになろう。いくつかの実施形態において、ケーブル1905Aと1905Cとは一体であり、単一のケーブルを形成する。いくつかの実施形態において、ケーブル1905Bと1905Dとは一体であり、単一のケーブルを形成する。ケーブルの前記他方のセット(例えば、1905C、1905D)を引っ張るアクションについては、ケーブル1950A、1950Bについて上記で説明したのと同様なので説明しない。
30

【0154】

上記の説明から、頸1901A、1901Bの運動は、4つの独立したケーブル(例えば、4つの独立したケーブル端)を使ってどのように制御できるかが今や分かる。係合メカニズムを使って(例えば、図3A中のビード315Aなど、ブーリのポケット中に保持されたビードへの圧着によって)、ケーブル1950A、1950B、1950C、1950Dをブーリ1905A、1905Bに連結することができる。
40

【0155】

例えば、ケーブル 1950A に張力がかけられ、他のケーブルは緩められる。顎 1901A は、ブーリ 1905A、1905B の第 3 セットによってかけられる張力にしたがつて動くことになる。ブーリ 1905A の両側に張力がかかると（例えば、2 つの独立したケーブルがある場合、両方のケーブルに同時に張力がかかると）、手首部は、図 18E 中に示された矢印線 1960 の方向に動く。ブーリ 1905B の両側に張力がかかると（例えば、2 つの独立したケーブルがある場合、両方のケーブルに同時に張力がかかると）、手首部は、図 18D 中に示された矢印線 1965 の方向に動く。上記の説明から、顎 1901A、1901B の運動は、4 つのケーブル（例えば、4 つの独立したケーブル端を有する 4 つの独立したケーブル、または 4 つの独立したケーブル端を有する 2 つのケーブル）を使ってどのように制御できるかが今や分かる。

10

【0156】

本明細書では特定の実施形態を説明してきたが、これらの実施形態は、例示のためだけに提示されたものであり、本開示の範囲を限定することは意図されていない。实际上は、本明細書で説明した新規な方法およびシステムは、様々な他の形態で具現化することができる。さらに、本明細書に記載したシステムおよび方法に対し、本開示の精神から逸脱することなく、様々な省略、代替、および変更を加えることが可能である。添付の特許請求の範囲およびこれらと同等の事項は、本開示の範囲および精神内に含まれるような前述の形態および修改を網羅するよう意図されている。それ故、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲への参照だけによって定義される。

【0157】

特定の態様、実施形態または例に関連させて説明した特徴、材料、特性、または編成は、これらと両立しないものを除き、本セクションまたは本明細書の他の箇所に記載された一切の他の態様、実施形態または例に適用されると理解すべきである。本明細書（一切の添付の請求項、要約、および図面を含む）中に開示された特徴の全て、および / または開示された一切の方法またはプロセスのステップの全ては、かかる特徴および / またはステップの少なくとも一部が相互に排他的である組み合わせを除き、任意の組み合わせに結合することが可能である。前述のどの実施形態の細部に対する保護も制限はされない。この保護は、本明細書（一切の添付の請求項、要約、および図面を含む）に開示された特徴の一切の新規な事項または一切の新規な組み合わせ、もしくは開示された一切の方法またはプロセスの一切の新規な事項または一切の新規な組み合わせに対しても及ぶ。

20

【0158】

さらに、本開示中に別々の実装に関連させて説明された特定の諸特徴は、单一の実装に組み合わせて実装することもできる。逆に、单一の実装の文脈で記載された様々な特徴は、別個に複数の実装または任意の適切なサブ組み合わせで実装することも可能である。さらに、諸特徴が特定の組み合わせで作用するとして上記で説明されていることがあるが、場合によっては、主張された組み合わせからの 1 つ以上の特徴をその組み合わせから削除し、その組み合わせをサブ組み合わせまたはサブ組み合わせの変形として請求することができる。

30

【0159】

さらに、オペレーションが特定の順序で図面に描かれ、明細書に記載されていることがあるが、かかるオペレーションは、所望の結果を達成するために、示された特定の順序または逐次順序で実施する必要はなく、あるいはそのオペレーションの全てを実施する必要はない。描かれていないまたは記載されていない他のオペレーションを、例示の方法またはプロセスに組み込むことも可能である。例えば、1 つ以上の追加のオペレーションを、記載のオペレーションの任意のものの、前、後、それと同時に、あるいはそのオペレーションの間に実施することができる。さらに、他の実装において、これらオペレーションを再配置または再順序付けすることも可能である。当業者は、一部の実施形態において、提示および / または開示されたプロセス中で取られる実際のステップが、図面中に示されたものと異なり得ることをよく理解していよう。実施形態によっては、前述したステップのあるものは削除可能で、他のものを加えることが可能である。さらに、上記で開示した特

40

50

定の実施形態の特徴および属性を異なる仕方で組み合わせさらなる実施形態を形成することができ、それらの全ては、本開示の範囲内に含まれる。また、上記で説明された実装中の様々なシステム構成部分の区別は、全ての実装においてかかる区別が必要であるとして理解されるべきではなく、記載された構成部分およびシステム群は、一般に単一の製品と一緒に組み込む、あるいは複数の製品にパッケージすることが可能であると理解されるべきである。

【0160】

本開示の目的のため、本明細書で特定の態様、利点、および新規な特徴を説明している。必ずしも、かかる利点の全てがいずれか特定の実施形態によって達成できるものではない。しかし、例えば、当業者は、必ずしも本明細書で教示または提案され得る他の利点を達成することなく、本明細書で教示された1つの利点または利点の群を達成するような仕方で、本開示を具現化または遂行できることを認識していよう。

10

【0161】

「できる（c a n）」、「できるだろう（c o u l d）」、「かもしれない（m i g h t）」または「可能である（m a y）」などの条件付き言語は、別段のことわりがある場合または使用の文脈内で理解される場合を除き、特定の特徴、要素、および／またはステップを特定の実施形態が含み、他の実施形態が含まないことを伝えるように一般に意図されている。したがって、かかる条件付き言語は、1つ以上の実施形態に対して特徴、要素、および／またはステップが何らか求められていること、あるいは、いずれか特定の実施形態中にこれらの特徴、要素、および／またはステップが含まれているかどうかを、もしくは該実施形態中でこれらが遂行されることになるかどうかを、ユーザの入力またはプロンプトの有無にかかわらず、判定するためのロジックを1つ以上の実施形態が必ず含むこと、を示唆するようには一般に意図されていない。

20

【0162】

語句「X、Y、およびZの少なくとも1つ」などの接続言語は、別段のことわりがある場合を除き、一般に、或る項目、用語などがX、Y、またはZのいずれかであり得ることを伝えるために使われる文脈によって、個別に理解される。したがって、かかる接続言語は、特定の実施形態がXの少なくとも1つ、Yの少なくとも1つ、かつZの少なくとも1つの存在を必要とすること、を示唆するようには一般には意図されていない。

30

【0163】

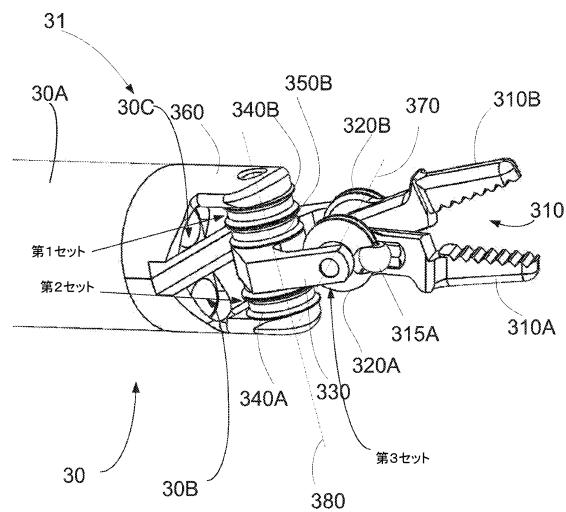
本明細書で使われる用語「おおよそ（a p p r o x i m a t e l y）」、「約（a b o u t）」、「一般に（g e n e r a l l y）」および「実質的に（s u b s t a n t i a l l y）」など、本明細書で使われる、程度の言語は、今後所望の機能を遂行するまたは所望の結果を達成するため定められた値、量または特性に近い、値、量、または特性を表す。例えば、用語「おおよそ」、「約」、「一般に」および「実質的に」は、定められた量から、10%未満内、5%未満内、1%未満内、0.1%未満内、および0.01%未満内の量を言うことができる。別の例として、特定の諸実施形態において、用語「一般に平行」および「実質的に平行」は、正確な平行から、15度、10度、5度、3度、1度、0.1度または別角度以下だけ離れている値、量、または特性を言う。

40

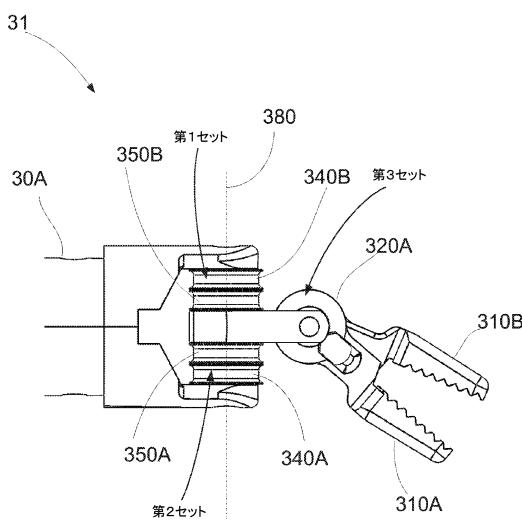
【0164】

本開示の範囲は、本セクション中または本明細書中の他の箇所の好適な実施形態の特定の開示によって限定されることは意図されておらず、本セクションまたは本明細書の他の箇所に提示された、または今後提示される特許請求の範囲によって定義することができる。特許請求の範囲の言語は、当該請求項の中で用いられている言語に基づいて広義に解釈されるべきであり、本明細書にまたは出願の手続きの過程で記載された例に限定されず、これらの例は包括的な例として理解すべきである。

【図1A】



【図1B】



【図2】

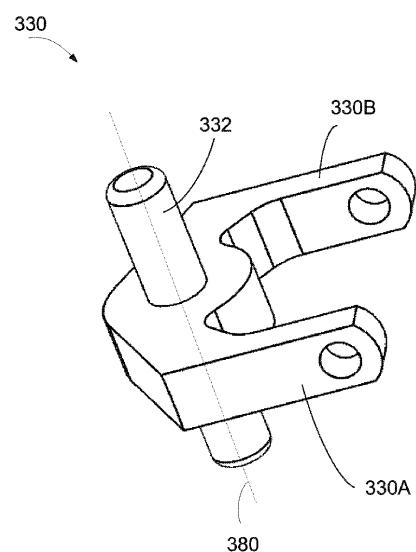


Fig 2

【図3A】

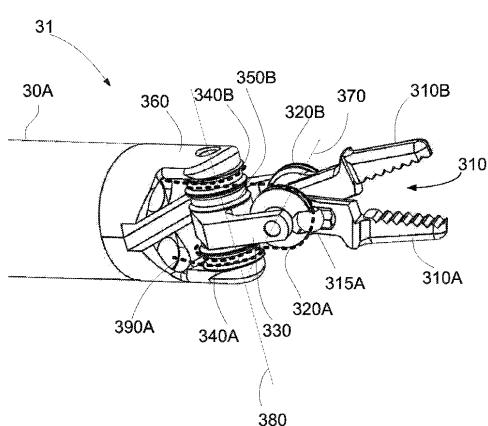


Fig 3A

【図3B】

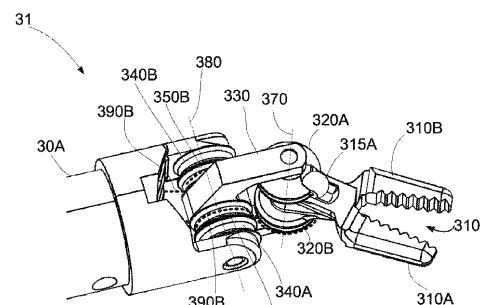


Fig. 3B

【図4A】

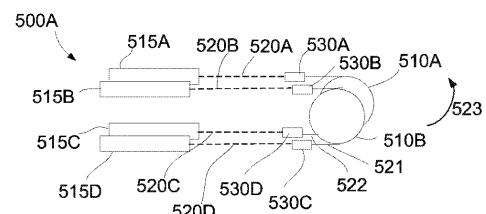


Fig. 4A

【図4B】

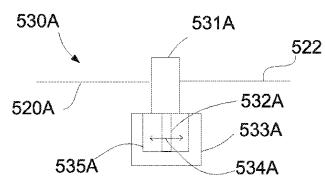


Fig. 4B

【図4C】

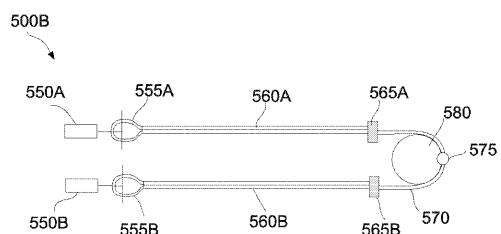


Fig. 4C

【図4D】

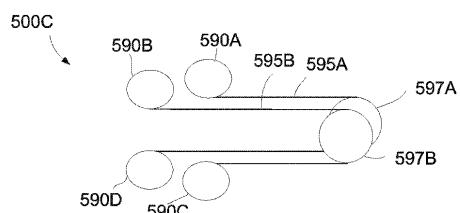


Fig. 4D

【図5B】

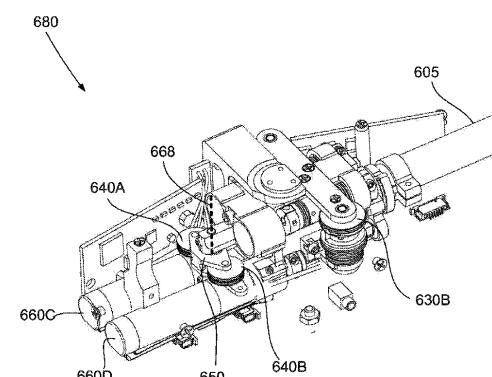


Fig. 5B

【図5A】

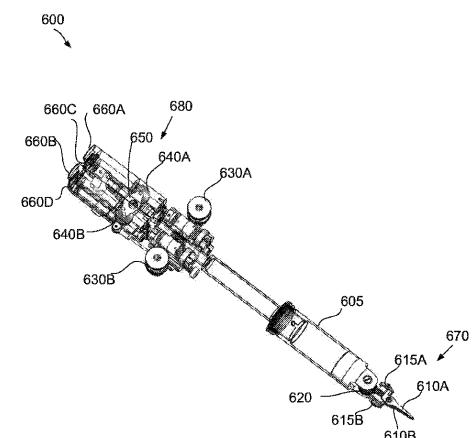


Fig. 5A

【図 5 C】

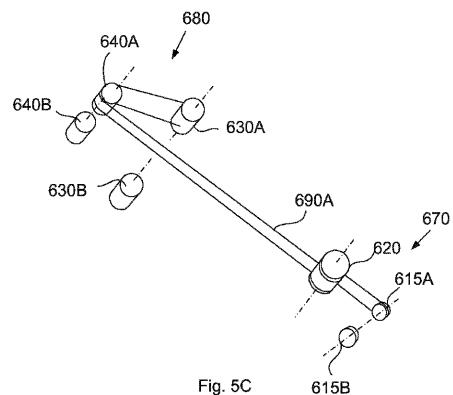


Fig. 5C

【図 5 E】

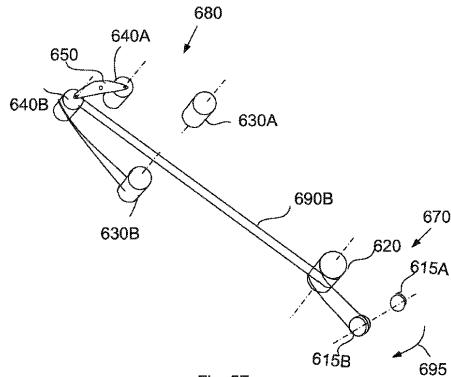


Fig. 5E

【図 5 D】

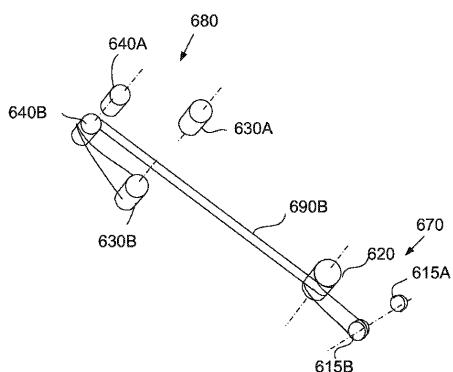


Fig. 5D

【図 6 A】

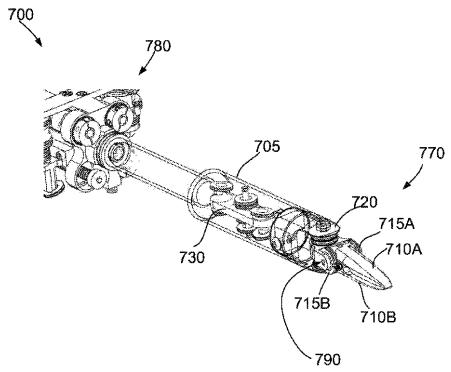
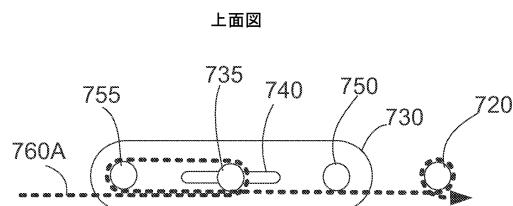
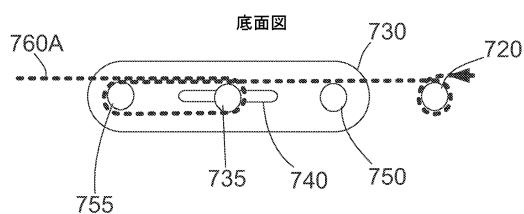


Fig. 6A

【図 6 B】

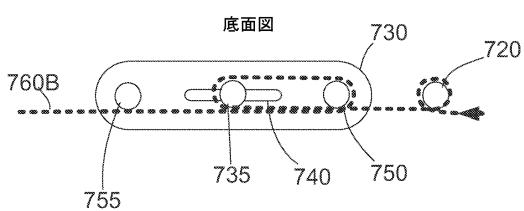
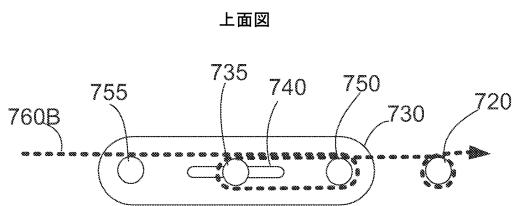


上面図

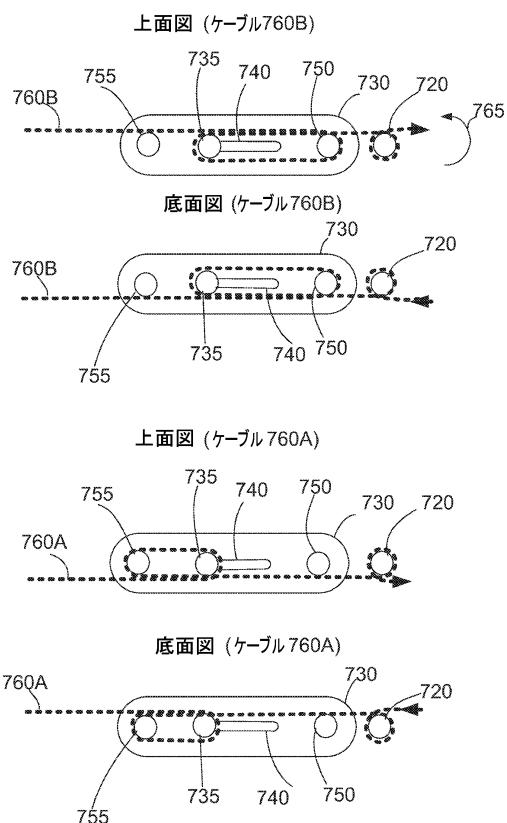


底面図

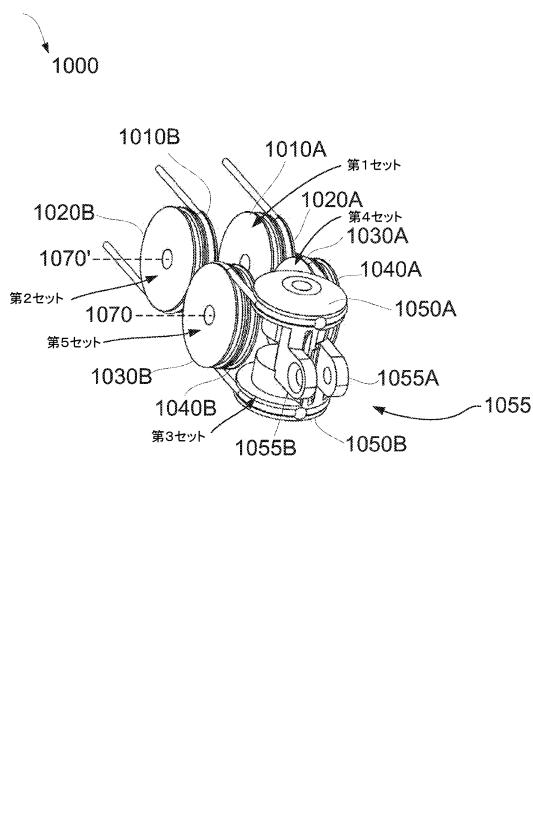
【図 6 C】



【図 6 D】



【図 7 A】



【図 7 B】

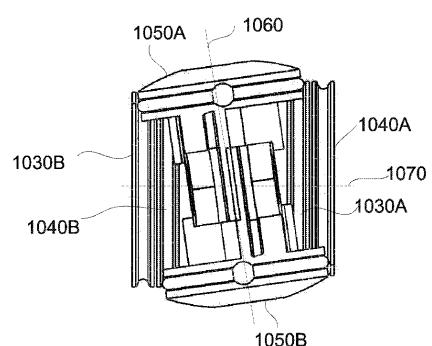


Fig. 7B

【図 8 B】

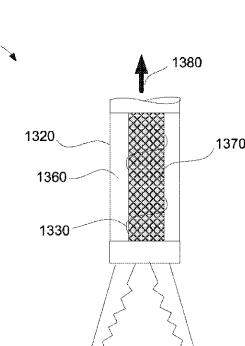


Fig. 8B

【図 8 A】

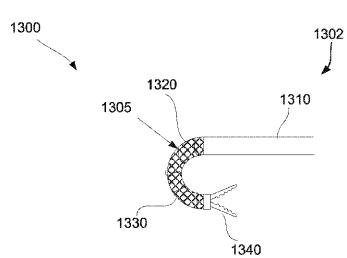


Fig. 8A

【図 8 C】

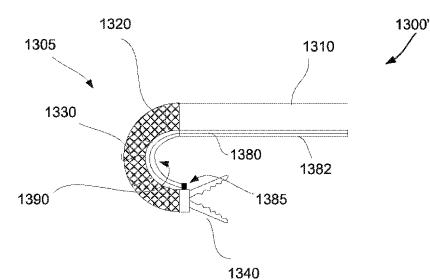


Fig. 8C

【図 8 D】

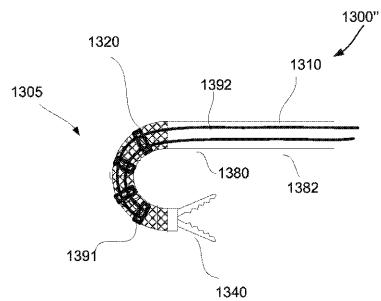


Fig. 8D

【図 9 B】

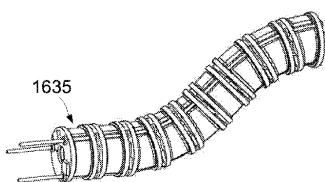


Fig. 9B

【図 9 A】

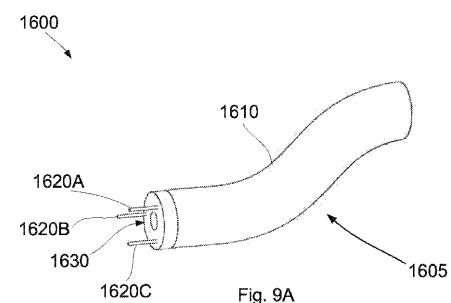


Fig. 9A

【図 9 C】

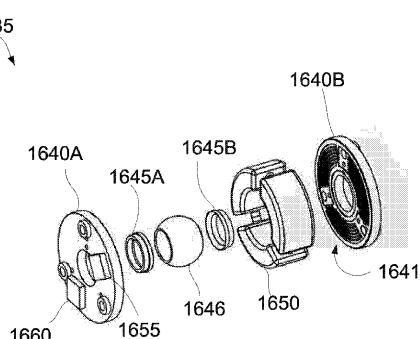


Fig 9C

【図 10】

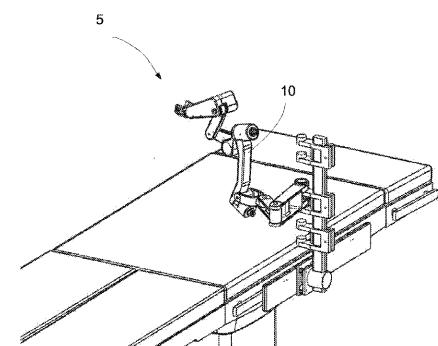


Fig 10

【図 11】

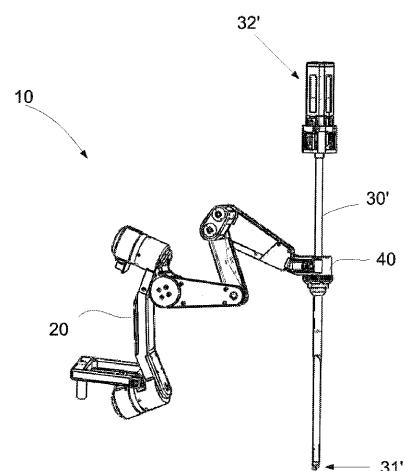
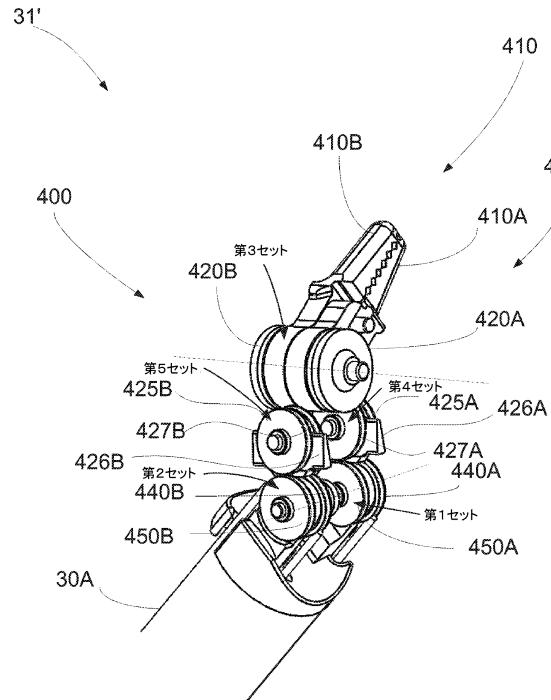
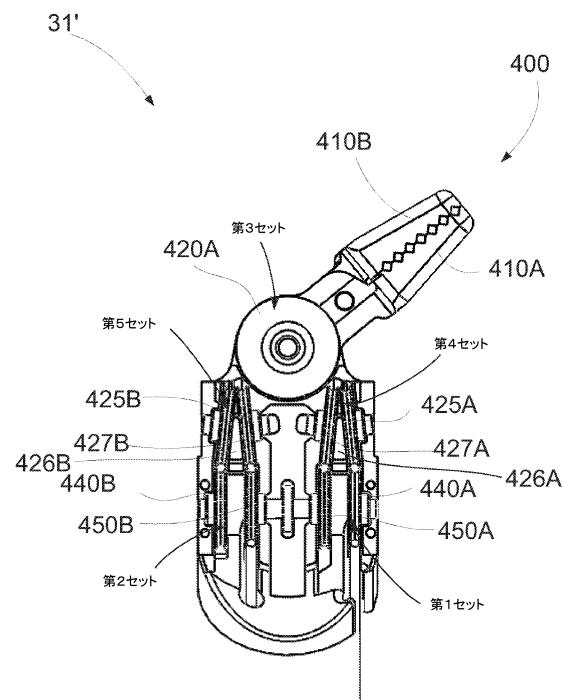


Fig 11

【図 1 2 A】



【図 1 2 B】



【図 1 2 C】

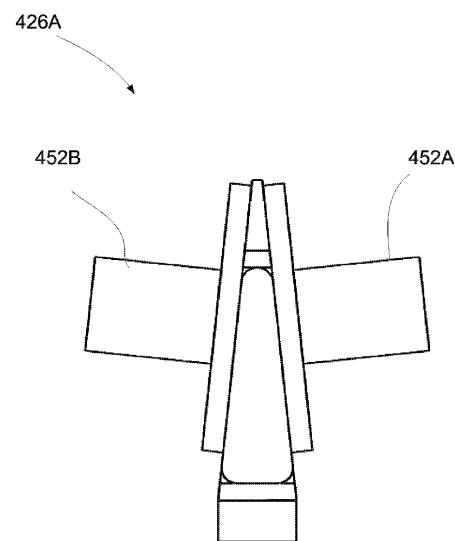


Fig 12C

【図 1 3 A】

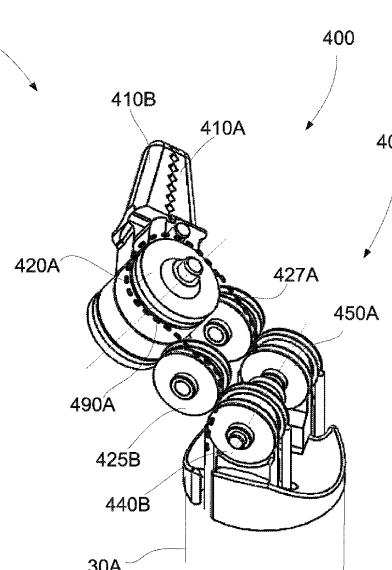


Fig 13A

【図 1 3 B】

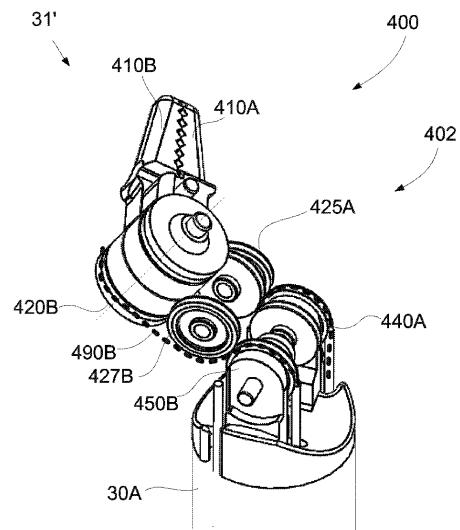


Fig 13B

【図 1 4 A】

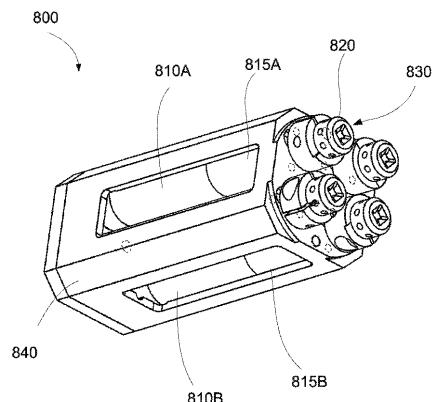


Fig 14A

【図 1 4 B】

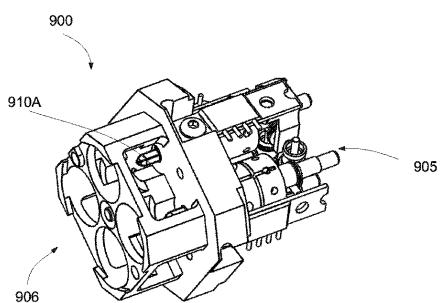


Fig 14 B

【図 1 4 C】

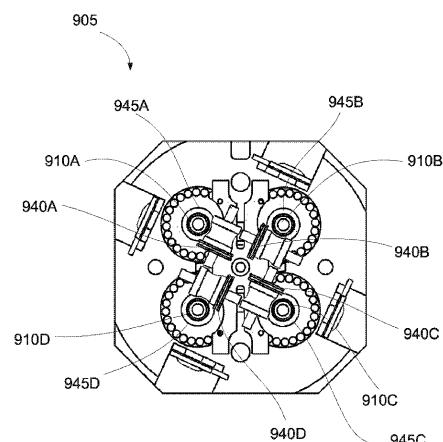


Fig 14C

【図14D】

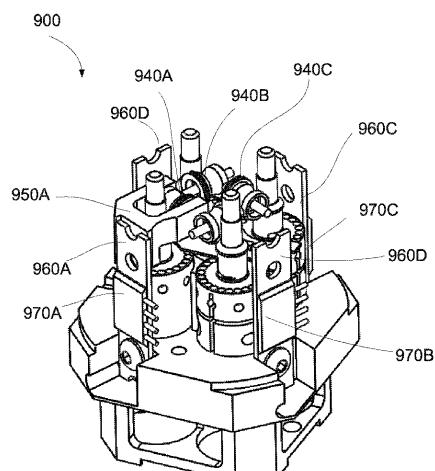


Fig. 14D

【図14E】

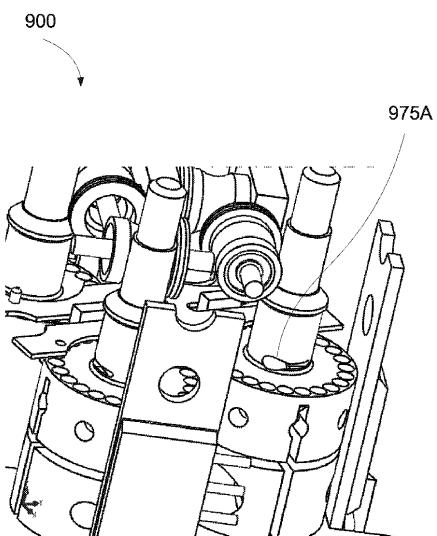


Fig. 14E

【図15】

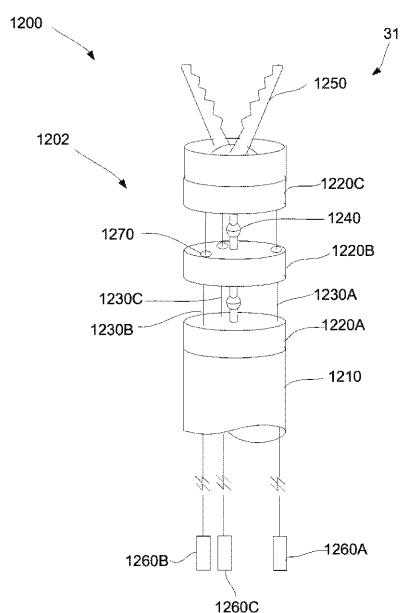


Fig. 15

【図16】

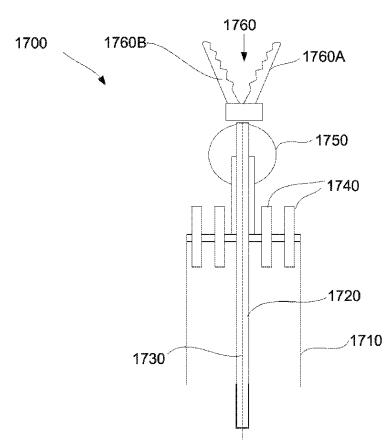


Fig. 16

【図 17A】

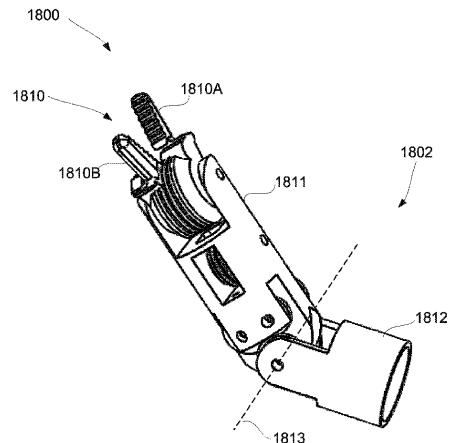
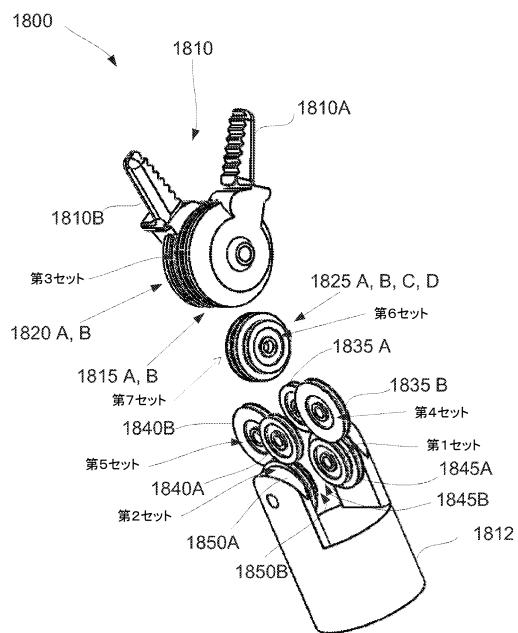
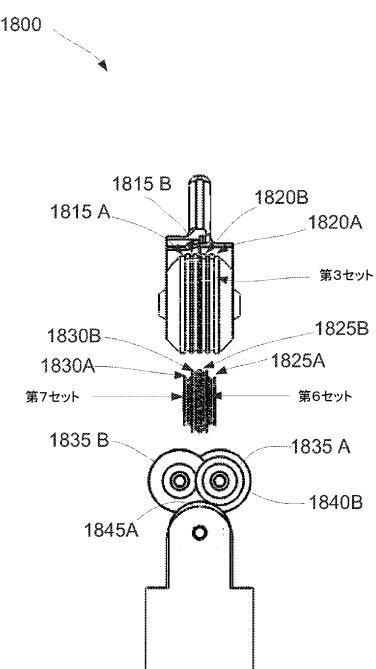


Fig. 17A

【図 17B】



【図 17C】



【図 17D】

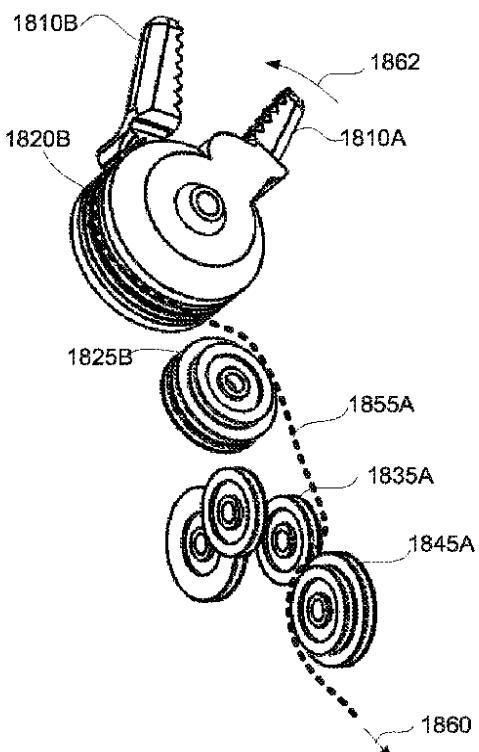


Fig 17D

【図17E】

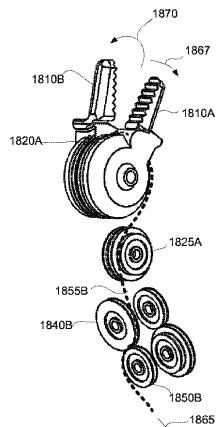


Fig 17E

【図18A】

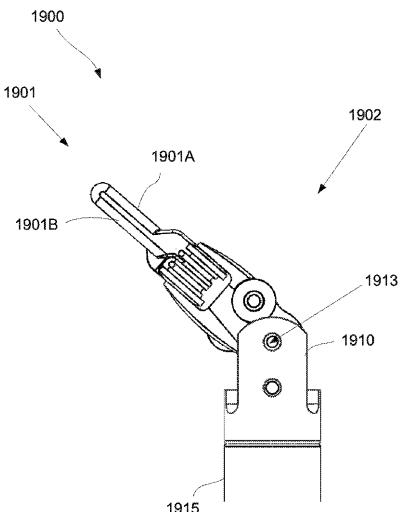
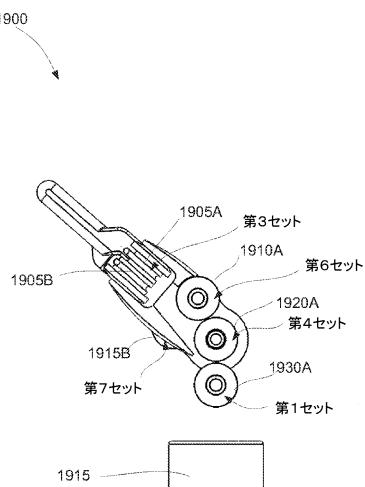


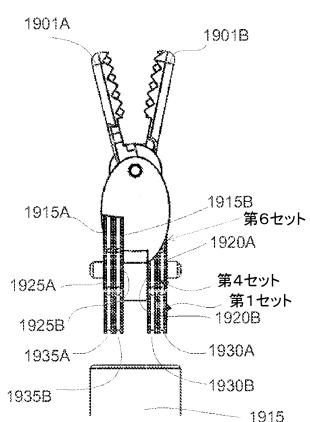
Fig 18A

【図18B】

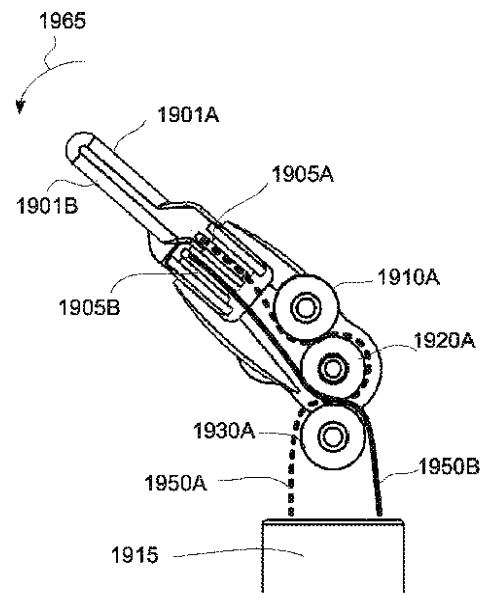


1915

【図18C】



【図18D】



【図18E】

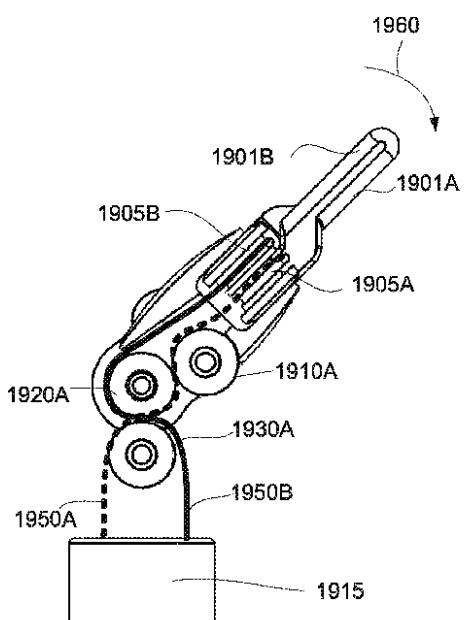


Fig 18D

Fig 18E

フロントページの続き

(72)発明者 キルロイ パブロ エデュアルド ガルシア
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94025 メンロ パーク ベイ ロード 415

(72)発明者 ミラー ケニース シー。
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95003 アップトス ウエスト シークリフ ドライブ
402

(72)発明者 エガン トーマス ディー。
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01945 マーブルヘッド サウス ストリート 12

(72)発明者 ロー トーマス ピー。
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94002 ベルモント リオン アベニュー 2035

(72)発明者 クリッテンデン アーサー マックスウェル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94025 メンロ パーク イースト オキーフェ スト
リート 190 ナンバー3

(72)発明者 コエニグ カレン シエイクスピア
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94107 サンフランシスコ インディアナ ストリート
1235 ナンバー313

審査官 後藤 健志

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0330287(US, A1)
特表2002-503976(JP, A)
特開2010-220786(JP, A)
特開2008-079371(JP, A)
特開2004-122286(JP, A)
特表2012-504016(JP, A)
米国特許出願公開第2003/0208186(US, A1)
欧州特許出願公開第02415418(EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 34 / 30 - 34 / 37
B 25 J 1 / 00 - 21 / 02