

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-18628

(P2017-18628A)

(43) 公開日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 34/35 (2016.01)	A 6 1 B 34/35	3 C 7 0 7
A 6 1 B 17/295 (2006.01)	A 6 1 B 17/295	4 C 1 6 0
B 2 5 J 3/00 (2006.01)	B 2 5 J 3/00	

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-177316 (P2016-177316)	(71) 出願人	510253996
(22) 出願日	平成28年9月12日 (2016. 9. 12)		インテュイティブ サージカル オペレー
(62) 分割の表示	特願2014-137651 (P2014-137651)		ションズ, インコーポレイテッド
原出願日	平成21年9月2日 (2009. 9. 2)		アメリカ合衆国 94086 カリフォル
(31) 優先権主張番号	12/286, 644		ニア州 サニーヴェイル キーファー・ロ
(32) 優先日	平成20年9月30日 (2008. 9. 30)	(74) 代理人	100078282
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 山本 秀策
		(74) 代理人	100113413
			弁理士 森下 夏樹
		(74) 代理人	100181674
			弁理士 飯田 貴敏
		(74) 代理人	100181641
			弁理士 石川 大輔

最終頁に続く

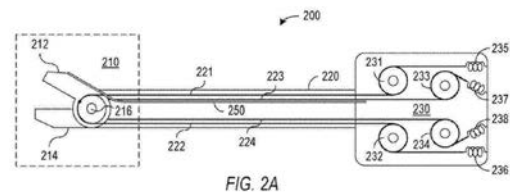
(54) 【発明の名称】 手術器具のための受動的事前負荷およびキャプスタン駆動

(57) 【要約】

【課題】 高張力を事前に負荷することを必要とせずに、駆動テンドンにおける緩みを回避することができる医療器具を提供する。

【解決手段】 ロボット手術システムは、キャプスタンに巻き付けられるテンドンに取り付けられた受動的事前負荷システムを使用して、テンドンにおける弛緩張力を制御する。受動的事前負荷システムは、バネまたは他の構造を用いてテンドンに張力を印加することができる。キャプスタンは、器具の構造部材を引張るのにテンドンが必要とされる場合に、モータにより駆動され得る。

【選択図】 図 2 A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

遠隔操作器具システムであって、

前記遠隔操作器具システムは、

近位端および遠位端を有する可撓性管状シャフトと、

前記可撓性管状シャフトの近位端に連結された機構であって、前記機構は、キャプスタンのアレイを備え、前記キャプスタンのアレイの各キャプスタンは、

遠隔操作マニピュレータのそれぞれの駆動モータの駆動シャフトとの同心状の係合のためのサイズのボアと、

前記駆動シャフトの回転が前記ボアおよび前記駆動シャフトと同心の駆動軸の周りのキャプスタンの回転を引き起こすように前記駆動シャフトの駆動シャフト連結部材とインターロックするように適合されたキャプスタン連結部材と

を含む、機構と、

複数のテンドンであって、前記複数のテンドンの各々は、前記キャプスタンのうちの 1 つに連結された近位セクションを含み、前記駆動シャフトの回転に応答して前記キャプスタンに巻き付くように構成されており、前記シャフトに連結された遠位セクションを含む、複数のテンドンと

を備える、遠隔操作器具システム。

【請求項 2】

前記キャプスタン連結部材は、突起部であり、前記駆動シャフト連結部材は、スロットである、請求項 1 に記載の遠隔操作器具システム。

【請求項 3】

前記駆動シャフト連結部材は、突起部であり、前記キャプスタン連結部材は、スロットである、請求項 1 に記載の遠隔操作器具システム。

【請求項 4】

前記キャプスタンのアレイは、複数の行のキャプスタンを含む、請求項 1 に記載の遠隔操作器具システム。

【請求項 5】

前記キャプスタンのアレイの各キャプスタンは、前記遠隔操作マニピュレータのそれぞれの駆動シャフトに対する単一のインターロック配向を有する、請求項 1 に記載の遠隔操作器具システム。

【請求項 6】

前記キャプスタンのアレイにおける各キャプスタンは、前記キャプスタンのアレイにおける他のキャプスタンの各々と平行整合して配置されている、請求項 1 に記載の遠隔操作システム。

【請求項 7】

前記複数のテンドンのうちの各テンドンは、前記管状シャフトの内部のシースを介して延在する、請求項 1 に記載の遠隔操作システム。

【請求項 8】

前記駆動軸は、前記可撓性管状シャフトの近位端に垂直である、請求項 1 に記載の遠隔操作システム。

【請求項 9】

前記機構は、滅菌バリアを介して前記遠隔操作マニピュレータの各駆動モータに係合する、請求項 1 に記載の遠隔操作システム。

【請求項 10】

遠隔操作器具アセンブリであって、

前記遠隔操作器具アセンブリは、

複数の駆動モータを含む遠隔操作マニピュレータと、

近位端および遠位端を有する可撓性管状シャフトと、

前記可撓性管状シャフトの近位端に連結された機構であって、前記機構は、キャプスタ

10

20

30

40

50

ンのアレイを備え、前記キャプスタンのアレイの各キャプスタンは、

前記複数の駆動モータうちのそれぞれの駆動モータの駆動シャフトとの同心状の係合のためのサイズのボアと、

前記駆動シャフトの回転が前記ボアおよび前記駆動シャフトと同心の駆動軸の周りのキャプスタンの回転を引き起こすように前記駆動シャフトの駆動シャフト連結部材とインターロックするように適合されたキャプスタン連結部材と

を含む、機構と、

複数のテンドンであって、前記複数のテンドンの各々は、前記キャプスタンのうちの1つに連結された近位セクションを含み、前記駆動シャフトの回転に応答して前記キャプスタンに巻き付くように構成されており、前記シャフトに連結された遠位セクションを含む、複数のテンドンと

を備える、遠隔操作器具アセンブリ。

【請求項 1 1】

前記複数の駆動モータの各々の駆動シャフトは、相互に平行に延在する、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 2】

前記複数の駆動モータの駆動シャフトは、前記遠隔操作マニピュレータのベース部材から延在する複数の行に配置されている、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 3】

前記キャプスタン連結部材は、突起部であり、前記駆動シャフト連結部材は、スロットである、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 4】

前記駆動シャフト連結部材は、突起部であり、前記キャプスタン連結部材は、スロットである、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 5】

前記キャプスタンのアレイは、複数の行のキャプスタンを含む、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 6】

前記キャプスタンのアレイの各キャプスタンは、前記遠隔操作マニピュレータのそれぞれの駆動シャフトに対する単一のインターロック配向を有する、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 7】

前記キャプスタンのアレイにおける各キャプスタンは、前記キャプスタンのアレイにおける他のキャプスタンの各々と平行整合して配置されている、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 8】

前記複数のテンドンのうちの各テンドンは、前記管状シャフトの内部のシースを介して延在する、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 1 9】

前記駆動軸は、前記可撓性管状シャフトの近位端に垂直である、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【請求項 2 0】

前記機構は、滅菌バリアを介して前記複数の駆動モータに係合する、請求項 1 0 に記載の遠隔操作アセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

ロボット制御型器具（本明細書で使用する際に、用語「ロボット」または「ロボット式」およびその同等語は、遠隔操作側面または遠隔ロボット側面を含む）は、周知であり、しばしば低侵襲医療処置において使用される。図 1 は、いくつかの現在のロボット制御型

10

20

30

40

50

医療器具の基礎的な動作原理を図示するために簡略化される構造を有する器具 100 の例を示す。器具 100 は、シャフト 120 の遠位端にツールまたはエンドエフェクタ 110 を含む。シャフト 120 の近位端は、場合によってバックエンド機構 130 と呼ばれる伝達または駆動機構 130 に取り付けられる。医療処置中、エンドエフェクタ 110 およびシャフト 120 の遠位端を、小切開または患者の自然開口部を通して挿入し、患者における作業部位にエンドエフェクタ 110 を位置付けることができる。図示するようなエンドエフェクタ 110 は、クランプ、把持、切断、または他の目的のために作業部位で使用され得るジョー 112 および 114 を含む。他の種類のエンドエフェクタ、例えば、外科用メス、ワイヤループ、および焼灼器具が、既知であり、代替としてシャフト 120 の遠位端上に装着してもよい。通常、手術器具は、エンドエフェクタ 110 をシャフト 120 の遠位端に位置付ける、配向する、および使用するために追加の動作自由度を提供するように、リスト機構（図示せず）をさらに含み得る。

【0002】

撚り線、ロッド、管、または類似の構造であり得るテンドン 121 および 122 は、バックエンド機構 130 からシャフト 120 を通って延出し、エンドエフェクタ 110 に取り付けられる。また、典型的な手術器具は、バックエンド機構 130 を、エンドエフェクタ 110 またはリスト機構の他の構造部材に連結する追加のテンドン（図示せず）も含み、バックエンド機構 130 が、作業部位において所望の処置を実行する際に、テンドンを操作して、エンドエフェクタ 110 および／またはリスト機構を動作させることができるようになる。図 1 は、ピン継手構造でジョー 112 に取り付けられるテンドン 121 および 122 を図示し、この場合、ジョー 112 は、旋回ピン 116 を中心に回転するように装着される。ジョー 112 の時計回りおよび半時計回りの両方の回転を可能にするために、テンドン 121 は、テンドン 121 の引張によって、図 1 の図において時計回りにジョー 112 が回転する傾向にあるトルクが引き起こされるように、旋回ピン 116 を中心にモーメントアームでジョーに作用する。同様に、テンドン 122 は、テンドン 122 の引張によって、図 1 の図において反時計回りにジョー 112 が回転する傾向にあるトルクが引き起こされるように、モーメントアームで作用する。したがって、ジョー 112 には、一方のテンドン 121 または 122 の長さを引張り、同時に、他方のテンドン 122 または 121 の同一の長さを解放することによって双方向作動が提供される。一方のテンドン 121 もしくは 122 の長さを引張り、かつ他方のテンドン 122 もしくは 121 の同等および反対の長さを解放することによって、遠位継手の双方向作動を提供するピン継手以外の機構が、既知であるか、または考察され得る。例えば、Cooper らによる、名称が「Surgical Tool Having Positively Positionable Tendon-Actuated Multi-Disk Wrist Support」である特許文献 1（2002 年 6 月 28 日出願）と、Wallace らによる、名称が「Surgical Tools For Use In Minimally Invasive Telesurgical Applications」である特許文献 2（1999 年 9 月 17 日出願）とであって、その両方が参照により本明細書に組み込まれる米国特許は、作動が 1 つ以上のテンドンの引張とともに、1 つ以上の他のテンドンの長さの解放を必要とする、いくつかの既知の医療器具構造について説明している。

【0003】

テンドン 121 および 122 における緩みは、例えば、テンドン 121 および 122 が、器具 100 を通してテンドン 121 および 122 を経路付けるガイドまたはプーリー（図示せず）からの脱線を可能にすることによって、誤動作を引き起こす可能性がある。また、緩みは、器具の激しい揺れまたは予測不可能な動作も引き起こす可能性もある。ジョー 112 の移動時にテンドン 121 または 122 における緩みを生成することを回避するために、バックエンド機構 130 は、一方のテンドン 121 または 122 の長さを解放するとともに、同時に、他方のテンドン 122 または 121 の同等の長さを巻き取るように動作する。テンドン 121 および 122 は、同一のキャプスタン 132 に取り付けられ得

るが、駆動モータ（図示せず）がキャプスタン132を回転させる場合に、テンドン121および122の所望の動きを提供するように反対方向に巻き付けられ得る。例えば、特許の特許文献2および特許文献1に説明されるように、エンドエフェクタが、いくつかのテンドンにより制御されるいくつかの自由度を有する場合、バックエンド機構は、遠位継手の回転時にテンドンにおける緩みを回避するために、テンドンの関連長さを解放および巻き取る機能を実行するように、キャプスタン以外の機構を含むことができる。テンドン121および122が、2つの別々の構成要素であることができるか、または、参照により本明細書に組み込まれる、Madhaniらによる、名称が「Articulated Surgical Instrument For Performing Minimally Invasive Surgery With Enhanced Dexterity And Sensitivity」である特許文献3（2005年10月4日）に開示されるように、テンドン121および122が、キャプスタン作動器を含む閉ループ構成要素の一部であってもよいことが分かる。

【0004】

また、緩みを回避することは、特に、押圧および引張、クランプ、把持、または抵抗を受ける他の作用にエンドエフェクタ110を使用し得る場合に、テンドン121および122に事前に張力を負荷することを必要とし得る。具体的には、バックエンド機構130は、張力をテンドン122に印加して、ジョー112に、ジョー112とジョー114との間の材料を引き締めさせることができる。テンドン122における張力を増加させることによって、クランプ力が高くなるが、テンドン122が伸長する。テンドン122の伸長によって、テンドン121における対応する量の緩みを引き起こすことを防止するために、テンドン121には、テンドン121を伸長する張力を事前に負荷することができる。例えば、テンドン121および122が同一であると仮定すると、テンドン121には、テンドン122に使用する最大クランプ張力とほぼ同等または同等以上の張力を事前に負荷することができる。結果として、テンドン121は、事前に負荷された張力によって伸長し始め、クランプ力を印加すると、テンドン122の伸長によって、テンドン121における張力が減少し、テンドン121は、緩むことなく収縮することが可能になる。

【0005】

テンドンに事前に負荷された張力によって、バックエンド機構が器具を動作するのに印加しなければならない力が増加し得る。具体的には、張力によって、テンドンがガイドまたは固体表面上に重なり得る場所に摩擦が増加し得る。また、シャフト120が、患者の身体の自然管腔に追従するように用いられ得るような可撓性管である場合、事前に負荷された張力によって、テンドン121および122がシャフト120の湾曲表面に接触する場所に摩擦が発生する。上述の全ての場合において、増加した摩擦によって、エンドエフェクタ110の動作の正確な制御がすぐに困難になり、外科手術中に、例えば、組織、縫合、および針の不正確な誤動作がもたらされる可能性がある。さらに、医療器具のテンドンに正確な張力を事前に負荷することによって、医療器具の製造過程の複雑性も増加する。したがって、高張力を事前に負荷することを必要とせずに、駆動テンドンにおける緩みを回避することができる医療器具が所望される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第6,817,974号明細書

【特許文献2】米国特許第6,394,998号明細書

【特許文献3】米国特許第7,316,681号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の側面によると、バネベースの機構等の受動的事前負荷システムが、キャプスタンに巻き付けられるテンドンに取り付けられて、受動的事前負荷システムが、テンドンに

おける弛緩張力を制御できるようになる。キャプスタンは、器具の構造部材を引張ることにテンドンが必要とされる場合に、モータにより駆動され得る。例えば、クランプ圧力の印加または抵抗に対する構造部材の移動の際に、キャプスタンの摩擦は、受動的事前負荷張力の何倍もの張力をテンドンにおいて生成し得る。しかしながら、部材に力を印加するのにテンドンが必要とされない場合、キャプスタンは、駆動モータによりキャプスタンに印加されたトルクをゼロにするか、または解放することによって、効果的かつ迅速に、自由に回ることが可能になり、受動的事前負荷システムは、テンドン張力を制御し、テンドンの脱線または他の誤動作を防止するのに十分な張力を提供することができる。テンドンがキャプスタンに永久的に取り付けられるのではないことから、キャプスタンが解放される場合に、テンドンが、キャプスタン上を容易に摺動することができることに留意されたい。言い換えると、力は、単に摩擦によって、キャプスタンとテンドンとの間で交換される。弛緩テンドンにおいて減少した張力は、特に、曲げシャフトまたは可撓性シャフトを含む器具において、テンドン摩擦を減少させることができる。受動的事前負荷システムに取り付けられたテンドンを使用する器具の2つの動作モードは、テンドンが巻き付けられるキャプスタンをモータが回転させることによって、テンドンを引張るモードと、キャプスタンが解放され、テンドン張力が受動的事前負荷システムの張力と一致するモードとを含む。システムは、駆動モータにより出力されたトルクを制御することによって、これらの2つの動作モードを迅速に切り替えることができ、したがって、広域幅トルク制御を有する。

10

【0008】

20

本発明の1つの具体的な実施形態は、手術器具である。手術器具は、シャフトと、シャフトの遠位端に装着された部材と、シャフトの近位端に取り付けられた機構と、テンドンとを含む。部材は、リンク、つまりエンドエフェクタのジョー、または結合されたリンク群であることができ、部材は、シャフトに対する部材の動作を可能にするように装着される。機構は、キャプスタンと、バネ系等の受動的事前負荷システムとを含む。キャプスタンは、通常、自由に転がることができ、モータに取り付けられることができ、かつキャプスタンを回転させる結合部を有する。テendonは、部材に取り付けられた第1の端部を有し、シャフトに延出し、キャプスタンに巻き付き、テendonにおける弛緩張力を制御する受動的事前負荷システムに取り付けられた第2の端部を有する。

【0009】

30

本発明の別の具体的な実施形態は、ロボット手術システムである。ロボット手術システムは、モータと、ドッキングポートによってモータに結合された器具とを含む。また、ロボット手術システムは、モータバックおよびドッキングポートを保持する関節アームも含むことができる。器具は、概して、シャフトと、シャフトの遠位端に装着された部材と、シャフトの近位端に取り付けられたバックエンド機構と、テendonとを含む。部材は、シャフトに対する部材の動きを可能にするように装着される。バックエンド機構は、キャプスタンおよび受動的事前負荷システムを含む。キャプスタンは、駆動モータがキャプスタンを回転させることができるように、ドッキングポートにおいて駆動モータに結合される。テendonは、部材に取り付けられた第1の端部を有し、シャフトに延出し、キャプスタンに巻き付き、受動的事前負荷システムに取り付けられた第2の端部を有する。

40

【0010】

本発明のさらに別の実施形態は、可動部材と、一方の方向の部材の動きのために取り付けられた第1のテendonと、別の方向の部材の動きのために取り付けられた第2のテendonとを含む手術器具を動作させるための方法である。本方法は、第1のテendonが巻き付けられる第1のキャプスタンに第1のトルクを印加するステップと、同時に、第2のキャプスタンから延在する第2のテendonの端部に取り付けられた受動的事前負荷システムが、第2のテendonにおける張力を制御するように、第2のテendonが巻き付けられる第2のキャプスタンをモータトルクから解放するステップとを含む。

本発明はまた、以下の項目を提供する。

(項目1)

50

手術器具であって、
シャフトと、

該シャフトの遠位端に装着された部材であって、該シャフトに対する該部材の動きを可能にするように装着される部材と、

該シャフトの近位端に取り付けられた機構であって、該機構は、第1のキャプスタンおよび第1の受動的事前負荷システムを含み、該第1のキャプスタンは、自由に転がり、モータが取り付けられ、該第1のキャプスタンを回転させる結合部を有する、機構と、

該シャフトに延出し、該第1のキャプスタンに巻き付く第1のテンドンであって、該部材に取り付けられた第1の端部、および該第1の受動的事前負荷システムに取り付けられた第2の端部を有する、第1のテンドンと

を備える、手術器具。

(項目2)

上記第1の受動的事前負荷システムは、上記テンドンに力を印加するために圧縮または拡張を介して機能するバネ要素を備える、項目1に記載の器具。

(項目3)

上記バネ要素は、線状バネ、コイルバネ、および板バネから成る群から選択される、項目2に記載の器具。

(項目4)

上記第1の受動的事前負荷システムは、一定力バネを備える、項目1に記載の器具。

(項目5)

上記第1の受動的事前負荷システムは、可変半径プーリーおよびバネ要素を備える、項目1に記載の器具。

(項目6)

上記第1の受動的事前負荷システムは、上記テンドンに力を印加するための圧縮または拡張を介して機能する弾性部材を備える、項目1に記載の器具。

(項目7)

上記弾性部材は、片持ちビームおよびゴムバンドから成る群から選択される、項目6に記載の器具。

(項目8)

上記部材に対する1つの動作自由度に機械的に拘束される第1の接合部材と、

上記機構における第2の受動的事前負荷システムと、

該機構における第2のキャプスタンであって、該第2のキャプスタンは、自由に転がり、第2のモータが取り付けられ、かつ該第2のキャプスタンを回転させることができる結合部を有する、該第2のキャプスタンと、

上記シャフトに延出し、かつ該第2のキャプスタンに巻き付く第2のテンドンであって、該第2のテendonは、該部材に取り付けられた第1の端部、および該第2の受動的事前負荷システムに取り付けられた第2の端部を有し、該第1および第2のテendonは、反対方向に動きを生成するように該部材に作用する、第2のテendonと

をさらに備える、項目1に記載の器具。

(項目9)

上記部材は、該部材に対する2つの動作自由度に機械的に拘束され、上記器具は、第2のキャプスタンと、

第2の受動的事前負荷システムと、

上記シャフトに延出し、かつ該第2のキャプスタンに巻き付く第2のテendonであって、該部材に取り付けられた第1の端部、および該第2の受動的事前負荷システムに取り付けられた第2の端部を有する、第2のテendonと、

第3のキャプスタンと、

第3の受動的事前負荷システムと、

該シャフトに延出し、かつ上記第3のキャプスタンに巻き付く第3のテendonであって、該部材に取り付けられた第1の端部、および該第3の受動的事前負荷システムに取り付

10

20

30

40

50

けられた第 2 の端部を有する、第 3 のテンドンと
をさらに備えており、

該第 1 および第 2 のテンドンは、該部材の第 1 の自由度において双方向の動きを生成するように該部材に作用し、該第 1 および第 3 のテンドンは、該部材の第 2 の自由度において双方向の動きを生成するように該部材に作用する、項目 1 に記載の器具。

(項目 1 0)

上記シャフトは可撓性である、項目 1 に記載の器具。

(項目 1 1)

上記機構に取り付けられ、かつ上記シャフトを通して延在するシースをさらに備え、上記第 1 のテンドンは、該シースの内部で該シャフトを横断する、項目 1 に記載の器具。

10

(項目 1 2)

上記第 1 のキャプスタンの回転軸は、上記シャフトに垂直である、項目 1 に記載の器具。

(項目 1 3)

上記第 1 のキャプスタンの回転軸は、上記シャフトに平行である、項目 1 に記載の器具。

(項目 1 4)

上記第 1 のキャプスタンの上記結合部は、モータピニオンにおけるスロットに適合するような形状を有するバネ負荷型突起部を含む取り外し可能な連結機構を備える、項目 1 に記載の器具。

20

(項目 1 5)

上記第 1 のキャプスタンの上記結合部は、上記ボアに挿入されたモータピニオンへの摩擦連結を提供するようなサイズを有するボアを備え、該第 1 のキャプスタンは、十分に可撓性であるので、該キャプスタンの周りの該第 1 のテンドンの締め付けは、該キャプスタンと該ピニオンとの間の摩擦を増加させる、項目 1 に記載の器具。

(項目 1 6)

ロボット手術システムであって、
第 1 の駆動モータを含むドッキングポートと、
第 1 の器具と

を備えており、該第 1 の器具は、
シャフトと、

30

該シャフトの遠位端に装着された部材であって、該シャフトに対する該部材の動きを可能にするように装着される、部材と、

該シャフトの近位端に取り付けられた機構であって、該機構は、第 1 のキャプスタンおよび第 1 の受動的事前負荷システムを含み、該第 1 のキャプスタンは、該第 1 の駆動モータが取り付けられ、かつ該第 1 のキャプスタンを回転させることが可能である結合部を有する、機構と、

該シャフトに延出し、かつ該第 1 のキャプスタンに巻き付く第 1 のテンドンであって、該部材に取り付けられた第 1 の端部、および該第 1 の受動的事前負荷システムに取り付けられた第 2 の端部を有する、第 1 のテンドンと

40

を含む、ロボット手術システム。

(項目 1 7)

上記ドッキングポートは、第 2 の駆動モータをさらに備え、

上記第 1 の器具は、

上記部材の第 1 の動作自由度を可能にする継手と、

上記機構における第 2 の受動的事前負荷システムと、

該機構における第 2 のキャプスタンであって、該第 2 の駆動モータが取り付けられ、かつ上記第 1 のキャプスタンを回転させることが可能である結合部を有する、第 2 のキャプスタンと、

上記シャフトに延出し、かつ該第 2 のキャプスタンに巻き付く第 2 のテンドンであって

50

、該第 2 のテンドンは、該部材に取り付けられた第 1 の端部、および該第 2 の受動的事前負荷システムに取り付けられた第 2 の端部を有し、上記第 1 のテンドンおよび該第 2 のテンドンは、該部材の該第 1 の動作自由度において反対方向に該部材を移動させるように作用する、第 2 のテンドンと

をさらに備える、項目 16 に記載のシステム。

(項目 18)

上記第 1 の器具を動作するためのプロセスを実装するプログラムを実行するコンピュータシステムをさらに備え、該プロセスは、上記第 1 のテンドンを引張るために、上記第 1 のキャプスタンにトルクを印加するために上記第 1 の駆動モータを動作するとともに、同時に、上記第 2 のキャプスタンが自由に回転することを可能にすることを含む、項目 17

10

(項目 19)

上記第 1 の器具は、上記部材の位置を測定するセンサをさらに備え、上記コンピュータシステムは、該部材を移動させるときに、上記第 1 および第 2 の駆動モータの制御のためのフィードバックとして、該センサからの情報を使用する、項目 18 に記載のシステム。

(項目 20)

上記コンピュータシステムは、上記センサからの上記情報を使用して、上記第 1 の駆動モータが上記第 1 のキャプスタンに印加する上記トルクを選択する、項目 19 に記載のシステム。

(項目 21)

20

接合部材と、該接合部材の動作自由度に沿う 1 つの方向に該接合部材を移動させるように取り付けられた第 1 のテンドンと、該接合部材の該動作自由度に沿う反対方向に上記接合部材を移動させるように取り付けられた第 2 のテンドンとを含む医療器具を動作するための方法であって、該方法は、

該第 1 のテンドンが巻き付けられる第 1 のキャプスタンに第 1 のトルクを印加することと、

同時に、上記第 2 のキャプスタンから延在する該第 2 のテンドンの端部に取り付けられた受動的事前負荷システムが、該第 2 のテンドンにおける張力を制御するために、該第 2 のテンドンが巻き付けられる該第 2 のキャプスタンを解放することと

を含む、方法。

30

(項目 22)

上記第 2 のキャプスタンに第 2 のトルクを印加することと、

該第 2 のトルクを印加することと同時に、上記第 1 のキャプスタンから延在する上記第 1 のテンドンの端部に取り付けられた受動的事前負荷システムが、該第 1 のテンドンの張力を制御するように、該第 1 のキャプスタンを解放することと

をさらに含む、項目 21 に記載のプロセス。

(項目 23)

上記第 1 のキャプスタンに上記第 1 のトルクを印加するステップは、上記第 1 のキャプスタンを回転させるように機械的に結合されるモータを動作させるステップを含む、項目 21 に記載のプロセス。

40

(項目 24)

上記接合部材の位置を検知することと、

該接合部材の検知された位置と該接合部材の所望の位置との間の差異に従って、該第 1 のトルクを選択することと

をさらに含む、項目 21 に記載のプロセス。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】図 1 は、従来のロボット制御型医療器具の簡略型バージョンを示す。

【図 2 A】図 2 A および 2 B は、バネおよびキャプスタン摩擦を使用して、器具において最小テンドン張力を維持する、本発明のある実施形態に従う医療器具を示す。

50

【図 2 B】図 2 A および 2 B は、バネおよびキャプスタン摩擦を使用して、器具において最小テンドン張力を維持する、本発明のある実施形態に従う医療器具を示す。

【図 3 A】図 3 A は、駆動モータをキャプスタンに結合する本発明のある実施形態に従うシステムを示す。

【図 3 B】図 3 B は、複数のテンドンのためのキャプスタンがモータバックに係合する、本発明のある実施形態に従うシステムを示す。

【図 4】図 4 は、3つのキャプスタンを使用して、2つの垂直軸を中心とする回転に対応する2つの自由度を有する器具のリストまたは継手を制御する、本発明のある実施形態を概略的に図示する拡大図である。

【図 5 A】図 5 A および 5 B は、一定力バネ系を用いて、弛緩テンドンにおいて一定のテンドン張力を維持する、本発明の実施形態を図示する。

【図 5 B】図 5 A および 5 B は、一定力バネ系を用いて、弛緩テンドンにおいて一定のテンドン張力を維持する、本発明の実施形態を図示する。

【図 6】図 6 は、可撓性シャフトの遠位端にエフェクタを有する本発明のある実施形態に従う医療器具を示す。

【図 7 A】図 7 A および 7 B は、器具のシャフトに平行なシャフトを含む駆動モータを使用する、本発明のある実施形態に従う医療器具の側面図および斜視図を示す。

【図 7 B】図 7 A および 7 B は、器具のシャフトに平行なシャフトを含む駆動モータを使用する、本発明のある実施形態に従う医療器具の側面図および斜視図を示す。

【図 8】図 8 は、本発明の実施形態に従う医療器具を、医療処置の実行のために装着することができる、ロボット制御型システムを示す。

【0012】

異なる図面において同一の参照記号を使用することによって、類似または同一のものが標示される。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明のある側面によると、手術器具は、自由に回転可能であるキャプスタンにテンドンを巻き付け、テンドンの端部を、バネ系等の受動的事前負荷システムに取り付けることによって、テンドンの緩みを回避し、弛緩駆動テンドンにおいて比較的低い張力を維持することができる。手術器具を操作する場合、テンドンとキャプスタンとの間の摩擦によって、キャプスタンを回転させる駆動モータは、テンドンの長さを巻き取ることが可能になり、キャプスタンの摩擦は、キャプスタンにテンドンを巻き付ける全角度に指数関数的に依存する最大張力をテドンに印加することができる。ゆえに、受動的事前負荷システムからの力、例えば、バネからのバネ力と、弛緩テンドンにおける張力とを、比較的強く維持することができる。依然として器具のクランプまたは抵抗に対する他の動きに必要な高張力を生成することができる。キャプスタン上のモータトルクがゼロになる場合、キャプスタンは自由に回転することができ、受動的事前負荷システムは、テンドンを引張り、テンドンの緩みを防止することができる。低弛緩張力によって、器具の操作に必要な力が減少し、医療器具において特に問題になり得る、湾曲または可撓性シャフトとのテンドンの摩擦が減少し得る。

【0014】

図 2 A および図 2 B は、本発明のある実施形態に従う手術器具 200 の上面図および側面図をそれぞれ示す。器具 200 は、シャフト 220 の遠位端にエンドエフェクタ 210 を含み、シャフト 220 は、バックエンド機構 230 に連結される。図示する実施形態におけるエンドエフェクタ 210 は、ジョー 212 および 214 を含み、その両方ともは、ジョー 212 および 214 の相対的な動きを可能にするように装着される。ジョー 212 および 214 は、エフェクタ 210 が意図する特定の手順のために選択された形状を有することができる。例えば、ジョーは、任意の所望の種類の鉗子として機能するような形状を有することができるか、またはエフェクタ 210 がハサミとして作用することを可能にする刃を含んでもよい。ジョー 212 および 214 の材料および構造は、概して、器具 2

00の特定の使用のために選択可能であり、多くの適切なエフェクタ構造が、既知であるか、または開発され得る。

【0015】

ジョー212は、第1の対のテンドン221および222に連結され、ジョー214は、第2の対のテンドン223および224に連結される。各対のテンドン221および222または223および224は、例えば、接着剤によって、またはジョー212もしくは214における切り欠きに存在する圧着部によって、ジョー212または214に取り付けられる点を有する連続的なテンドンの一部分であってもよい。典型的な実施形態では、追加のテンドン（図示せず）は、エンドエフェクタ210を位置付けおよび配向するための動きに追加の自由度を提供するリスト機構または継手（図示せず）に、器具200において連結され得る。

10

【0016】

テンドン221、222、223、および224は、バックエンド機構230によって引張られる場合に、力およびトルクをジョー212および214に印加し、そのタスクに適切な任意の構造を有することができる。例えば、テendonは、金属、ポリマー、または他の材料から作製される撚り線、ワイヤ、ロッド、または管であることができる。例示の実施形態では、テendon221、222、223、および224は、管に融合される撚り線の部分を含み、撚り線は、テendonの有意な曲げまたは屈曲が期待される場所で使用され、管は、テendonの伸長を減少させるように他の場所で使用される。シャフト220が可撓性である場合に特に有用である別の実施形態では、テendon221、222、223、および224は、織布ポリマー材料から作製されることができ、個々のシース（図示せず）の内部で延出する。

20

【0017】

図2Aおよび図2Bは、ジョー212および214の相対的な動作が、旋回ピン216を中心とするジョー212および214の独立した回転に対応する旋回継手構造にテendon221、222、223、および224が取り付けられる例示の実施形態を図示する。この継手構造は、ほんの一例であり、テendon221、222、223、および224に印加された張力に応答して手術器具の部材を移動させるための他の機構が既知であり、本発明の代替実施形態に用いられてもよい。例えば、平面、円筒形、または球形の回転継手が、エンドエフェクタ210におけるジョー212および214に、類似の動作自由度を提供してもよく、または角柱線形継手またはスライドをエンドエフェクタ210に用いて、線形双方向の動作自由度を提供してもよい。

30

【0018】

シャフト220は、中空管であり、そこを通過して、テendon221、222、223、および224が延出する。シャフト220は、剛性または可撓性であってもよい。例えば、器具200が、医療処置中に直線状のカニューレを通過して挿入されるように意図する場合、シャフト220は、剛性のステンレス鋼の管であり得るが、器具200が、自然管腔の可変経路に追従するように意図する場合、シャフト220は、可撓性である必要があり得る。典型的な構成では、シャフト220は、いくつかの既存のカニューレとの使用のために約5mmまたは8mmの直径を有してもよく、約数十センチメートルの長さを有してもよい。シャフト220が可撓性である場合、テendonは、ボーデンケーブル配置（すなわち、自転車のケーブル等）でシースの内部に延出することができる。本明細書において使用する際に、用語の「可撓性」は、連続的に可撓性である構成要素（その長さに沿った各点において曲がるゴム管等）と、リンクが連続的に可撓性であるユニットの動きに近似することを可能にする制約された一連の短い離散的なリンク（一連の「蛇状」椎骨等）を含む。

40

【0019】

バックエンド機構230は、シャフト220の近位端に取り付けられ、駆動モータ（例えば、図2Bの駆動モータ242および244）の回転を、エンドエフェクタ210の動きに変換する伝達として作用する。具体的には、バックエンド機構230は、テendon2

50

2 1、2 2 2、2 2 3、および2 2 4を操作してエンドエフェクタ2 1 0を動作させ、加えて、シャフト2 2 0を回転または移動させて、エンドエフェクタ2 1 0の配向または位置を変更することが可能であり得る。図示する実施形態では、バックエンド機構2 3 0は、テンドン2 2 1、2 2 2、2 2 3、または2 2 4毎に、1つのキャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、または2 3 4を含む。本発明のある側面によると、各テンドン2 2 1、2 2 2、2 2 3、または2 2 4は、設定された巻き付き角度（全回転未満であり得るか、または1つ以上の回転と同等の大きさであり得る角度）で、対応するキャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、または2 3 4に巻き付き、キャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、または2 3 4から延在する端部を有する。テンドン2 2 1、2 2 2、2 2 3、および2 2 4は、キャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、および2 3 4に永久的に取り付けられる必要はなく、キャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、および2 3 4に対して滑ることが可能であり得る。

10

【0020】

テンドン2 2 1、2 2 2、2 2 3、および2 2 4の端部は、受動的事前負荷システムに取り付けられ、受動的事前負荷システムは、本明細書において、バックエンド機構2 3 0のケースまたはシャーシに固定可能である線形コイルバネ2 3 5、2 3 6、2 3 7、および2 3 8として実装される。バネ2 3 5、2 3 6、2 3 7、および2 3 8は、付勢、例えば、伸長されて、バネ2 3 5、2 3 6、2 3 7、および2 3 8が、手術器具2 0 0の動作範囲において、それぞれの取り付けられたテンドン2 2 1、2 2 2、2 2 3、および2 2 4に非ゼロ力を印加するようになる。本構成では、キャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、および2 3 4が自由に回転する場合、対応するバネ2 3 5、2 3 6、2 3 7、または2 3 8は、関連付けられたテンドン2 3 1、2 3 2、2 3 3、または2 3 4における張力を制御し、テンドン2 3 1、2 3 2、2 3 3、または2 3 4の必要な長さを引張ることによって緩みを回避する。テンドン2 2 1、2 2 2、2 2 3、および2 2 4は、手術器具2 0 0の動作に使用される最大張力よりも高い、事前に負荷された張力を必要としない。

20

【0021】

各受動的事前負荷システムは、より概して、テンドンの自由端に力を印加するとともに、テンドン端部を変位可能にすることができる任意の構造またはシステムであることができる。事前負荷システムは、システムが、制御またはフィードバックシステムに応答する必要がないという点において受動的である。このようなシステムは、図2 Aおよび図2 Bに図示するような線形コイルバネを使用することができるか、または回転コイルバネ、板バネ、または曲げビーム、片持ちビーム、もしくはゴムバンド等の弾性部材等の、他のバネ要素を使用することができる。さらに、バネ要素または弾性部材は、取り付けられたテンドンの端部に直接的または間接的に力を印加するように、拡張または圧縮によって機能することができる。重しまたは磁石を使用するシステム等の、所望の力を印加するための他の方法を、代替として用いてもよい。力の源に加えて、受動的事前負荷システムは、取り付けられたテンドンに印加された力の大きさを指向または制御する機械的要素を含んでもよい。

30

【0022】

エンドエフェクタ2 1 0は、人の入力（例えば、マスター／スレーブサーボ制御システムにおけるマスター制御入力）と、ロボット制御型システムにおいて実行されるソフトウェアとのアクティブ制御下にある駆動モータを使用して動作することができる。具体的には、制御システム（図示せず）のドッキングポートに設けられる4つの駆動モータが、図2 Aのキャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、および2 3 4にそれぞれ連結されることができる。図2 Bは、キャプスタン2 3 2および2 3 4に連結される2つの駆動モータ2 4 2および2 4 4を示す。バックエンド機構2 3 0におけるキャプスタン2 3 1、2 3 2、2 3 3、および2 3 4の配向は、器具2 0 0の位置または構成に対して特定の固定された関係を有する必要はない。したがって、モータを回転可能にするか、またはトルクをキャプスタンに印加可能にする任意の機械的結合部を、モータ2 4 2および2 4 4をバックエンド機構2 3 0におけるキャプスタン2 3 2および2 3 4に結合するために使用すること

40

50

ができる。

【0023】

バックエンド機構230は、滅菌プラスチックシート等の滅菌バリアを通して、モータ242および244を含むモータパックに着脱可能に取り付けられることができ、器具200は、使い捨てまたは再利用可能および滅菌可能であるように設計されることができる。器具がモータパックから取り外される場合、受動的事前負荷システム（例えば、図2Aのバネ235、236、237、および238）は、依然として、テンドン221、222、223、および224を緩まないように維持し、バックエンド機構230に損傷を及ぼさずに、または任意のテンドン221、222、223、もしくは224において緩みを生成せずに、エンドエフェクタ210およびシャフト220（可撓性である場合）を、

10

【0024】

機械的にモータをキャプスタンに結合するための1つのシステムは、モータのピニオンが、キャプスタンのボアにしっかりと適合する場所で摩擦連結を使用し、ピニオンとボアとの間の摩擦に依存する。概して、モータがキャプスタンを回転させると、キャプスタンに巻き付けられたテendonは締め付けられ、これにより、テendonからの絞り力に

20

【0025】

また、器具の逆駆動能力は、シャフト312がボア322内に挿入される場合に、シャフト312に対するキャプスタン320の配向が未知であり得る状況をもたらし得る。相対的配向にかかわらず、図3Aの機械的結合により、モータ312は、突起部324がスロット314に係合するまでシャフト312を単純に回転させることができる。この能力は、特に、バックエンド機構330が、図3Bに図示するように、モータパック340におけるモータのシャフト312に係合するような配列で配置された複数のキャプスタンを

40

【0026】

図2Aおよび図2Bのバックエンド機構230に結合された駆動モータは、概して、関連付けられたキャプスタンにトルクを印加するか、または関連付けられたキャプスタンを自由に回転可能にするように動作する。器具200の構造部材の回転のために連結される対のテendonを制御する過程では、一方の駆動モータは、一方のテendonが巻き付けられたキャプスタンにトルクを印加し、他方のテendonが巻き付けられたキャプスタンは、自由に回転可能になる。例えば、図2Aの図においてジョー212を反時計回りに回転させるためには、キャプスタン232に係合するモータ242が作動し、テendon222を引張る方向にキャプスタン232を回転させる。テendon222がジョー212に印加する結果として生じるトルクは、ジョー212を、ジョー214に向かって反時計回りに回転

50

させる傾向にある。テンドン 2 2 2 がキャプスタン 2 3 2 上で滑ることなく、キャプスタン 2 3 2 が、テンドン 2 2 2 に印加することのできる最大張力は、バネ 2 3 6 からの力に比例し、キャプスタン 2 3 2 を中心とするテンドン 2 2 2 の巻き付け角度とともに指数関数的に増加する。したがって、キャプスタン 2 3 2 を中心とするテンドン 2 2 2 の適切な巻き付け角度により、バネ 2 3 6 からの力は、抵抗に対してジョー 2 1 2 を回転させる場合にテンドン 2 2 2 に印加する必要のあり得る最大張力よりも大幅に小さくなり得る。キャプスタン 2 3 2 がテンドン 2 2 2 を引張る間、キャプスタン 2 3 1 は、自由に回転し、ジョー 2 1 2 の回転に対応するテンドン 2 2 1 の長さを繰り出す。自由に回転するキャプスタン 2 2 1 によって、キャプスタン 2 3 1 とジョー 2 1 2 との間のテンドン 2 1 2 の部分における張力が、キャプスタン 2 3 1 とバネ 2 3 5 との間のテンドン 2 2 1 の部分における張力と同等であることが可能になる。テンドン 2 2 1 は、緩まず、バネ 2 3 5 により制御されるテンドン 2 2 1 の張力は、テンドン 2 2 2 に印加された最大予想張力よりも大幅に低く維持され得る。ジョー 2 1 2 が所望の位置に到達し、クランプ張力がテンドン 2 2 2 において必要とされなくなると、キャプスタン 2 3 1 および 2 3 2 の両方は、自由に回転するように解放され得る。ジョー 2 1 2 の時計回りの回転は、テンドン 2 2 1 を引張るとともに、キャプスタン 2 3 2 を自由に回転させるように、キャプスタン 2 3 1 に結合された駆動モータの動作によって達成され得る。また、ジョー 2 1 4 の回転または器具 2 0 0 の他の要素の動きも、類似の手順を使用して実行され得る。

【0027】

ジョー 2 1 2 および 2 1 4 ならびにエンドエフェクタ 2 1 0 またはシャフト 2 2 0 における任意の継手の制御は、継手の現在の位置の測定を、その継手のモータ制御トルクの基礎とすることによって閉ループでもらされ得る。このような測定は、例えば、Larkin らによる、名称が「Robotic Surgery System Including Position Sensors Using Fiber Bragg Gratings」である米国特許出願公報第 2007/0156019 A1 (2006 年 7 月 20 日出願) と、Prisco による、名称が「Fiber optic shape sensor」である米国特許出願第 12/164,829 号 (2008 年 6 月 30 日出願) とに説明されるもの等の検知技術を使用して実行可能であり、これらの両方の特許出願は、参照により本明細書に組み込まれる。図 2 A および図 2 B は、ジョー 2 1 2 の位置を検知するための、ジョー 2 1 2 まで延在する例証的な形状検知ファイバ 2 5 0 を図示する。制御ループでは、制御システムは、所望の継手位置を、測定された継手位置と比較して、継手位置誤差を計算する。次いで、制御または補正トルクを、例えば、比例積分微分制御法を使用して、継手位置誤差の現在値に基づいて計算する。時計回りまたは反時計回り補正を標示する制御トルクサインに応じて、継手に関連付けられたモータのうちの 1 つは、その関連付けられたキャプスタンにトルクを印加するようにコマンドを受け、一方、継手に関連付けられた他方のモータは、そのモータトルクをゼロにすることによって、その関連付けられたキャプスタンを解放するようにコマンドを受ける。このようにして、継手は、所望の位置に配置される。

【0028】

図 4 は、3 つのテンドン 4 2 1、4 2 2、および 4 2 3 を使用して、ピボット 4 1 2 および 4 1 4 により画定された 2 つの垂直軸を中心とする構造部材 4 1 0 の回転を制御する本発明のある実施形態に従う、医療器具 4 0 0 の部分を図示する。部材 4 2 0 は、器具シャフトもしくはエンドエフェクタにおけるリストまたは継手機構におけるリンクであり得る。継手ならびにピボット 4 1 2 および 4 1 4 に関連付けられた機械的構造の大部分は、テンドン 4 2 1、4 2 2、および 4 2 3 の動作をより十分に例証するために省略されるが、このような継手を、既知の機械的構造を使用して実装してもよい。図 2 A および図 2 B に関連して上述するものと概して同一の種類および構造を有し得るテンドン 4 2 1、4 2 2、および 4 2 3 は、部材 4 1 0 に取り付けられ、キャプスタン 4 3 1、4 3 2、および 4 3 3 と、受動的事前負荷システム 4 3 5、4 3 6、および 4 3 7 を含むバックエンド機構までシャフト 4 2 0 を通って後方に延在する。シャフト 4 2 0 は、概して、上述のシャ

フト 2 2 0 と同一であり得る。また、上述と類似の方式で、各テンドン 4 2 1、4 2 2、または 4 2 3 は、対応するキャプスタン 4 3 1、4 3 2、または 4 3 3 に巻き付き、対応する受動的事前負荷システム 4 3 5、4 3 6、または 4 3 7 に取り付けられた端部を有する。受動的事前負荷システム 4 3 5、4 3 6、および 4 3 7 は、バックエンド機構のケースまたはシャーシに固定され得る。

【0029】

ピボット 4 1 2 を中心とする部材 4 1 0 の制御された回転は、テンドン 4 2 1 および 4 2 2 がモーメントアームで部材 4 1 0 に取り付けられていることに依存し、テンドン 4 2 1 または 4 2 2 を引張ることによって、テンドン 4 2 3 の引張が引き起こし得る回転に反対の方向にピボット 4 1 2 を中心とする部材 4 1 0 の回転が引き起こされ得るようにする。同様に、ピボット 4 1 4 を中心とする部材 4 1 0 の回転は、テンドン 4 2 2 および 4 2 3 がモーメントアームで部材 4 1 0 に取り付けられていることに依存し、テンドン 4 2 2 または 4 2 3 を引張ることによって、テンドン 4 2 1 の引張が引き起こし得る回転に反対の方向にピボット 4 1 4 を中心とする部材 4 1 0 の回転が引き起こされ得るようにする。テンドン 4 2 1、4 2 2、および 4 2 3 の所望の相対的な固定は、例えば、テンドン 4 2 1、4 2 2、および 4 2 3 を、部材 4 1 0 の中心長手方向軸から相互に対して 120 度で延在する線上で終端とすることによって、達成され得る。器具 4 0 0 の動作において、受動的事前負荷システム 4 3 5、4 3 6、および 4 3 7 ならびに駆動モータ 4 4 1、4 4 2、および 4 4 3 は、テンドン 4 2 1、4 2 2、および 4 2 3 において張力を生成し、制御システム（図示せず）は、駆動モータ 4 4 1、4 4 2、および 4 4 3 を制御して、必要に応じてピボット 4 1 2 および 4 1 4 を中心とするトルクのバランスを取り、部材 4 1 0 の所望の相対的な配向を達成するか、部材 4 1 0 の動きまたは静止位置に対する抵抗に打ち勝つことができる。センサ（図示せず；例えば、図 2 A および図 2 B の要素 2 5 0 を参照）を構造部材 4 1 0 に埋め込んで、フィードバックを、モータ 4 4 1、4 4 2、および 4 4 3 を動作する制御システムに提供してもよい。構造部材 4 1 0 の例証的な例の 1 つとして、Cooper による、名称が「Parallel Motion Mechanism」である米国特許出願公報第 US 2008/0065102 A1 号（2007 年 6 月 13 日出願）に開示された並行動作機構の一部が挙げられ、この特許出願は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0030】

上記で開示された器具は、受動的事前負荷システムを用いて、駆動テンドンにおいて最小弛緩張力を維持する。上述のような受動的事前負荷システムは、線形バネまたは回転コイルバネ等の可撓性部材またはバネを用いて容易に実装される。大部分の一般的なバネは、幅広い力および偏向についてフックの法則によって少なくとも近似的に説明される力を生成する。具体的には、大部分のバネは、その平衡長さからのバネの偏向に比例する力を印加する。フックの法則のバネにより、上述の種類の器具の弛緩テンドンにおける張力は、バネが伸長する程度に依存し、その程度は、器具における継手およびエフエクタの位置および配向を含む、器具の一般的な構成に依存する。この変動は、テンドンの動作範囲が、付勢するためのバネにおける既存の伸長に比べて小さい場合に、有意ではあり得ない。しかしながら、単純なフックの法則のバネは、器具のための最小エネルギー構成を作成する傾向にあり、器具は、キャプスタンの全てが自由に回転する場合に、その構成に近づく傾向にある。実際は、上述のように、バネの長さ変化が、バネ付勢に比べて小さくなるように設計され得ることから、この効果は小さい。さらに、一定力を印加するバネ系を使用して、弛緩テンドンにおける張力の変動を回避または減少させることができる。

【0031】

図 5 A は、一定力バネ 5 3 5 A を用いる本発明のある実施形態に従う手術器具 5 0 0 A を示す。器具 5 0 0 A は、エンドエフエクタ 5 1 0、シャフト 5 2 0、およびバックエンド機構 5 3 0 を含み、これらの全ては、上記の類似の要素について説明したものと実質的に同一であることができる。テンドン 5 2 1 は、エンドエフエクタ 5 1 0 に取り付けられ、シャフト 5 2 0 を通ってバックエンド機構 5 3 0 まで後方に延在し、キャプスタン 5 3

1に巻き付き、一定力バネ535Aに取り付けられる。一定力バネは、バネの動作領域において一定の力を及ぼすバネである。図5Aの実施形態では、一定力バネ535Aは、リボンが完全に巻き上がる際に弛緩するバネ材料のロール型リボンである。リボンの巻きが広がる際に、ロール付近のリボンの部分は、バネ力を生成する。このバネ力は、リボンの巻きが広がる際にほぼ一定になり、これは、バネ力を生成するリボンの部分、すなわち、ロール付近の部分が、バネの巻きが広がる際にほぼ同一の形状を有するからである。

【0032】

また、一定力バネ系は、フックの法則に従うバネおよび1つ以上のカムまたは可変半径プーリーを使用して生産または近似化されることができる。図5Bは、手術器具500Aと同一の要素を含む手術器具500Bを示し、一定力バネ535Aが、フックの法則に従うバネ要素538および可変半径カム539を含む一定力バネ系535Bに置換されることを例外とする。具体的には、カム539は、その出力半径とは異なる入力半径を有し、入力半径と出力半径との比率は、カム539の具体的な角度位置におけるカム力伝達である。バネ要素538が延在する際に、カム539に対して入力された力は、比例して増加し、カム539は、回転する。カムプロファイルは、入力バネ力の増加を相殺する量をカム539が回転させる際に、カム力伝達比率を低下させるように設定される。また、バネ要素538は、例えば、線形バネ、回転バネ、もしくは板バネ、または片持ちビームもしくはゴムバンド等の弾性部材として実装されてもよい。一特定の実施形態では、バネ要素538は、同一のカム軸上のカム539と一体型である回転バネである。一定のバネ力に関するさらなる詳細は、Duvallによる、名称が「Counter Balance System And Method With One Or More Mechanical Arms」である米国特許出願公報第US2004/0035243 A1号(2003年5月22日出願)に説明されており、この特許出願は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0033】

上述の技法を使用して維持された低張力は、可撓性シャフトを有する手術器具において特に有利である。図6は、例えば、可撓性であり、湾曲状で波状の形状に曲げられるシャフト620の遠位端上にエンドエフェクタ610を有する医療器具600を図示する。このような曲げは、低侵襲医療処置中に、エンドエフェクタ610およびシャフト620が患者の消化管の部分等の自然管腔を通してガイドされる場合にもたらされ得る。シャフト620の形状は、概して、異なる処置中に異なる。エンドエフェクタ610の動作に使用されるテンドン621は、可撓性シャフト620を通して延出するため、シャフト620とほぼ同一の経路を追従する。テンドン621は、シャフト620を通るテンドン621のガイドを支援し、かつエフェクタ610の作動中のテンドン621の側方の動きを防止するために、テンドン621より剛性な囲繞シース626を有し得る。シャフト620における曲げによって、テンドン621はシース626の固体表面上に重なり、これらの曲げにおける摩擦力は、テンドン621における張力とともに増加する。したがって、シャフト620が曲がる際にテンドン621における弛緩張力を減少させることによって、バックエンド機構630がエフェクタ610を動作させるのに及ぼすことが可能でなければならない力が低下し得る。したがって、バックエンド機構630は、より高いテンドン張力に起因するより高いテンドン摩擦に打ち勝つのに十分強固でなくてもよい小さい構成要素を使用可能であってもよい。

【0034】

上述の実施形態は、キャプスタンが、器具のシャフトの方向に略垂直である回転軸を有するバックエンド機構を有する手術器具の実施形態を図示する。しかしながら、テンドンを経路付けおよび指向するための多くの機械的システムが既知であり、バックエンド機構に用いてキャプスタンの構成を変更してもよい。図7Aは、例えば、エンドエフェクタ710が装着されるシャフト720に平行な回転軸を有するキャプスタン723を含むバックエンド機構730を有する医療器具700のある実施形態を図示する。本実施形態では、エンドエフェクタ710に取り付けられたテンドン721は、シャフト730の長さに

においてバックエンド機構 730 内まで延出する。次いで、テンドン 721 は、第 1 のカムまたはプーリー 731 に巻き付き、キャプスタン 732 に巻き付き、第 2 のカムまたはプーリー 733 に巻き付き、バックエンド機構 730 に固定されるバネ 735 に取り付けられる。カムまたはプーリー 731 および 733 は、バネ 735 がフックの法則に従う場合であっても、テンドン 721 が弛緩する際に、テンドン 721 において一定の張力を提供するような形状を有し得る。

【0035】

図 7B は、医療器具 700 における複数のテンドンのためのキャプスタンのボアが、バックエンド機構 730 の裏（最も近位の表面）に配置されることができを示す。器具 700 のドッキングポートは、器具 700 が制御システムに連結される場合に、器具 700 を使用するためにキャプスタン 732 のボアに適合するモータシャフトの一致する配列を提供することができる。上述のように、多くの雄／雌機械的嵌合構成が使用可能であるととも、キャプスタンおよびモータシャフトを回転整合する多くの方式が使用可能である。

【0036】

図 8 は、本発明の実施形態に従う医療器具を使用可能であるロボット制御型システム 800 の例を示す。例えば、Intuitive Surgical, Inc. より入手可能である da Vinci^(R) Surgical System であり得るシステム 800 は、複数の手術器具 810 を含み、その各々は、ロボットマニプレータアーム 830 上のドッキングポート 820 に装着される。各器具 810 は、概して、エンドエフェクタ 812、シャフト 814、およびバックエンド機構 816 を含み、これらは、上述の種類のいずれかであってもよい。具体的には、器具 810 は、剛性または可撓性であるシャフト 816 を有し得る。シャフト 816 が、自然管腔への挿入および追従のために可撓性である場合、ロボット制御型および接合型アーム 830 は、必要とされない場合があり、器具 810 は、カートまたは他の固定構造上の装着ポート 820 に装着され得る。器具 810 は、交換可能に作製可能であり、ドッキングポート 820 に装着された器具 810 が、特定の医療処置のために選択可能であるように、または医療処置中に、必要とされる臨床機能を提供するように変更可能であるようにする。器具 810 は、多くの異なる形状およびサイズの鉗子または捕捉器具、針ドライバ、およびハサミを含むがこれらに限定されない多くの機能を実装することができる。内視鏡カメラ、例えば、立体カメラも、アーム 840 上に装着され、視覚的情報、器具 810 が動作する作業部位に関する視覚的情報、特に画像を提供することができる。

【0037】

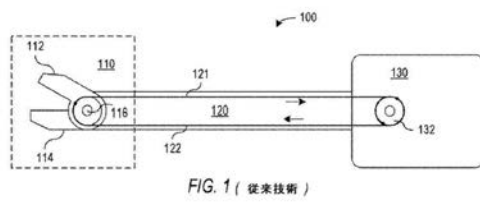
ドッキングポート 820 は、概して、器具 810 および器具 810 と残りのロボット制御システム 800 との間の滅菌バリアの確立のためのシステムの動作に機械力を提供する駆動モータを含む。いくつかの適切な滅菌バリアは、Cooper による、名称が「Multi-Component Telepresence System And Method」である米国特許第 6,132,368 号（1997 年 11 月 21 日出願）に説明されており、この特許出願は、参照により本明細書に組み込まれる。加えて、ドッキングポート 820 は、器具 810 との通信のための電氣的インターフェースを含み、例えば、ドッキングポートにおける器具の種類を識別し、器具のパラメータにアクセスし得る。また、電氣的インターフェースは、エフェクタ 812 またはシャフト 814 の位置および配向の測定等の測定を伝え得る。コンピュータシステム 850 は、測定を受信し、必要に応じてドッキングポート 820 における駆動モータを制御するソフトウェアを実行して、システム 800 を使用して外科手術を実行する外科医または他の医療関係者により指示されるように器具 810 を操作することができる。

【0038】

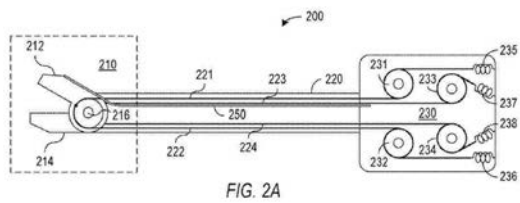
特定の実施形態に関連して本発明について説明したが、この説明は、本発明の用途のほんの一例であり、制限するものとして解釈されるべきではない。開示された実施形態の種々の他の適合および特徴の組み合わせは、以下の請求項により規定される本発明の範囲内

にある。

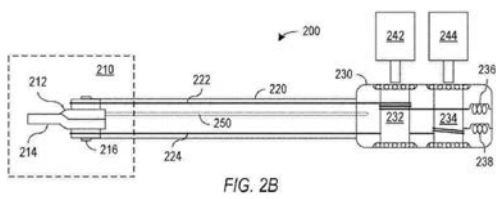
【図 1】



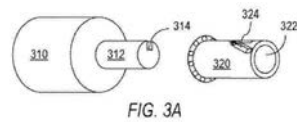
【図 2 A】



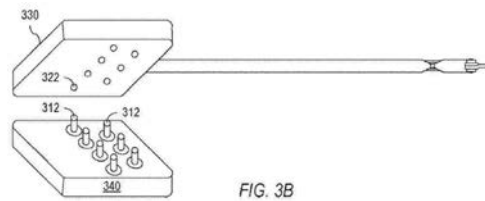
【図 2 B】



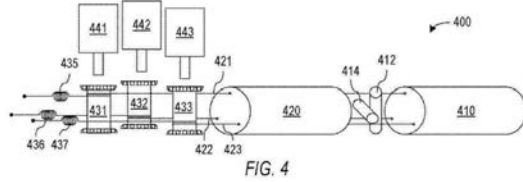
【図 3 A】



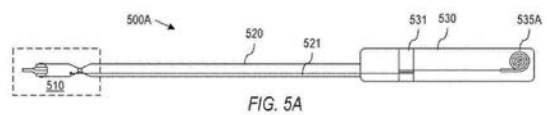
【図 3 B】



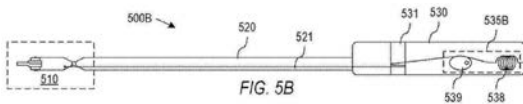
【図 4】



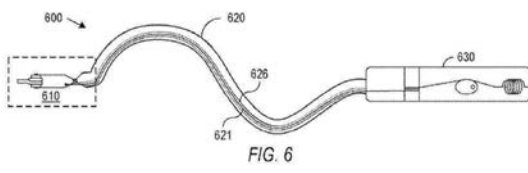
【図 5 A】



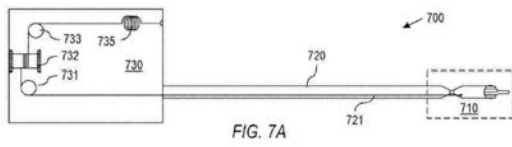
【図 5 B】



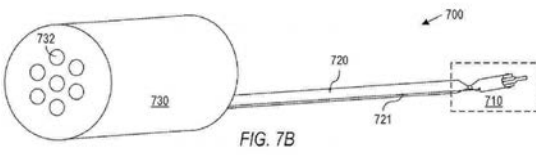
【図 6】



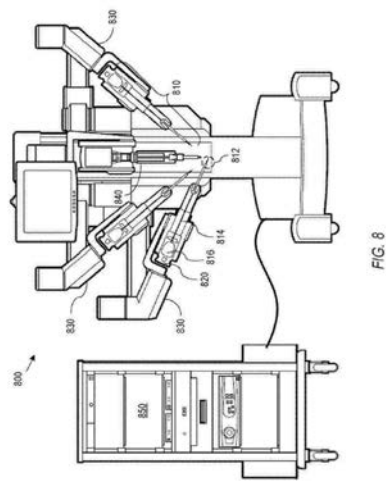
【図 7 A】



【図 7 B】



【図 8】



フロントページの続き

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 ジュゼッペ プリスコ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94043, マウンテン ビュー, シエラ ビスタ アベ
ニュー 347 ナンバー 3

Fターム(参考) 3C707 AS35 BT04 ES03 ET01 HS27 HT04 HT07 HT09
4C160 GG24 NN23 NN30

【外国語明細書】
2017018628000001.pdf