

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6820268号
(P6820268)

(45) 発行日 令和3年1月27日 (2021.1.27)

(24) 登録日 令和3年1月6日 (2021.1.6)

(51) Int. Cl.	F I
H02P 29/024 (2016.01)	H02P 29/024
A61B 34/35 (2016.01)	A61B 34/35
A61B 17/072 (2006.01)	A61B 17/072
H02P 6/08 (2016.01)	H02P 6/08

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-545709 (P2017-545709)	(73) 特許権者	510253996
(86) (22) 出願日	平成28年3月15日 (2016.3.15)		インテュイティブ サージカル オペレー
(65) 公表番号	特表2018-512035 (P2018-512035A)		ションズ, インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成30年4月26日 (2018.4.26)		アメリカ合衆国 94086 カリフォル
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/022486		ニア州 サニーヴェイル キーファー・ロ
(87) 国際公開番号	W02016/149279		ード 1020
(87) 国際公開日	平成28年9月22日 (2016.9.22)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成31年3月15日 (2019.3.15)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	14/660,282	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成27年3月17日 (2015.3.17)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100091214
			弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータトルク補償のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータについてのトルク限界を受け取ること、
 前記モータのトルク出力をモニタリングすること、
 前記トルク出力のトルクリップルの振幅及び位相を決定すること、並びに
 前記モータについての補償トルク限界を決定することを含み、
 該補償トルク限界は、前記トルク限界での第一の成分と、調節されたトルク限界での第二の成分とを含む、
 方法。

【請求項 2】

前記調節されたトルク限界は、前記トルクリップルの前記決定された振幅及び位相に基づき前記トルク限界を調節することによって決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記補償トルク限界は、第 1 の持続時間及び第 2 の持続時間の交互のパターンを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記トルク限界は、トルク上限である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記トルク出力をモニタリングすることは、前記モータと関連付けられるセンサから情報を受け取ることを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

20

【請求項 6】

前記トルク出力が前記補償トルク限界を超えたという決定に応答して操作の失敗の表示をユーザインターフェースに出力することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記モータは、ステープラクランプ機構を駆動する、或いはユニバーサルジョイントを含む駆動システムに連結される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

モータのトルク出力をモニタリングすること、
前記モータについてのトルク上限を受け取ること、
トルクリップルと関連付けられる前記トルク出力の振動成分を決定すること、
該決定された振動成分に基づき前記トルク上限を調節して、局所的に補償されたトルク上限を創り出すこと、及び
前記トルク出力を前記局所的に補償されたトルク上限と比較することを含む、
方法。 10

【請求項 9】

前記トルク出力が前記局所的に補償されたトルク限界を超えたという決定に応答して操作の失敗の表示をユーザインターフェースに出力することを更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記モータについてのトルク下限を受け取ること、
前記決定された振動成分に基づき前記トルク下限を調節して、局所的に補償されたトルク下限を創り出すこと、及び
前記トルク出力を前記局所的に補償されたトルク下限と比較することを更に含む、
請求項 8 に記載の方法。 20

【請求項 11】

前記振動成分を決定することは、前記トルクリップルの振幅及び位相を決定することを含む、或いは最小平均二乗 (L S M) 技法を利用することを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記モータは、直流 (D C) ブラシレスモータを含む、請求項 8 に記載の方法。 30

【請求項 13】

前記モータは、マニピュレータアームに取り付けられる医療ステーブル器具のクランプ機構を駆動させるために用いられる、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

前記マニピュレータアームは、前記モータから前記医療ステーブル器具に回転力を伝えるユニバーサルジョイントを含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記振動成分は、前記ユニバーサルジョイントの位置に応じて変化する、請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

(関連出願の参照)

この特許出願は、2015年3月17日に出願された「SYSTEMS AND METHODS FOR MOTOR TORQUE COMPENSATION」という名称の米国非仮特許出願第 14 / 660 , 282 号の出願日の優先権及び利益し、その全文を本明細書中に参照として援用する。

【0002】

本開示は、モータトルク補償のためのシステム及び方法に関し、より具体的には、特定のモータについてのトルク出力変動を効率的に補償するシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

電気モータが様々な用途で一般的に用いられている。そのようなモータは、電流が供給されるときにトルク（又はリニアモータの場合には力）を生成する電気機械である。電気モータは、様々な用途で用いられることがある。例えば、遠隔操作手術は、様々な空間内で医療器具を動かすマニピュレータアームの使用を含む。マニピュレータアームの端にある医療器具は、電気モータによって駆動させられることがある。例えば、ステープラ器具がマニピュレータアームの遠位端に取り付けられることがある。マニピュレータアームの近位に位置付けられるモータが、駆動シャフト及びユニバーサルジョイントのシステムを通じてステープラに接続されてよい。そのようなシステムにモータを接続することはモータに負荷をかけ、それはモータのトルク出力がトルクリップル(torque ripple)を示す原因となる。トルクリップルは、トルク出力中に振動成分を生む。

10

【 0 0 0 4 】

モータを安全且つ効果的に作動させて、例えば、ステープラ(stapler)のための最大の組織厚さに適応するのに必要な力を提供するために、センサシステムが用いられる。例えば、センサシステムは、トルク出力が所定のトルク限界を超えないのを保証するために用いられてよい。トルクリップルが起こるときには、トルク出力の振動成分に適応するように、予め定められた最大モータトルク限界が均一に変えられてよい。しかしながら、最大のモータトルク限界を均一に変更することは、ステープラが日常的に適応し得る組織厚さを変更する。最大の組織厚さに適応するのにステープラが必要とする力に適応しながら、モータの安全且つ効果的に作動を可能にする、システム及び方法が必要とされる。

20

【 発明の概要 】

【 0 0 0 5 】

本発明の実施態様は、以下に続く特許請求の範囲によって要約される。

【 0 0 0 6 】

1つの例によれば、方法が、モータについてのトルク限界を受け取ること、モータのトルク出力をモニタリングすること、トルク出力のトルクリップルの振幅及び位相を決定すること、並びにモータについての補償トルク限界を決定することを含み、補償トルク限界は、トルク限界での第一の成分と、調節されたトルク限界での第二の成分とを含む。

【 0 0 0 7 】

1つの例によれば、方法が、モータのトルク出力をモニタリングすること、モータについてのトルク上限を受け取ること、トルクリップルと関連付けられる前記トルク出力の振動成分を決定すること、決定された振動成分に基づきトルク上限を調節して、局所的に補償されたトルク上限を創り出すこと、及びトルク出力を局所的に補償されたトルク上限と比較することを含む。

30

【 0 0 0 8 】

1つの例によれば、医療器具システムが、モータと、プロセッサとメモリとを含む制御システムとを含み、メモリは、機械可読指令を含み、機械可読指令は、プロセッサによって実行されるときに、制御システムに、モータのトルク出力をモニタリングさせ、トルクリップルと関連付けられるトルク出力の振動成分を決定させ、トルク上限を受け取らせ、振動成分に基づきトルク上限を調節して、局所化された補償トルク上限を創り出し、トルク出力が局所化された補償トルク上限を超えたという決定に応答する動作の失敗の表示をユーザインターフェースに出力させる。

40

【 0 0 0 9 】

1つの例によれば、医療器具システムが、モータと、プロセッサとメモリとを含む制御システムとを含み、メモリは、機械可読指令を含み、機械可読指令は、プロセッサによって実行されるときに、制御システムに、モータについてのモータトルク限界を受け取らせ、モータのトルク出力をモニタリングさせ、トルク出力のトルクリップルの振幅及び位相を決定させ、トルクリップルに基づきモータについての局所的に補償されたトルク限界を決定させる。

【 0 0 1 0 】

50

本開示の特徴は、添付の図面と共に判読されるときに、以下の詳細な記述から最良に理解される。業界の標準的な慣行に従って、様々な構成を一定の縮尺で描いていないことを強調する。実際には、議論の明瞭性のために様々な構成の寸法を任意に増減させることがある。加えて、本開示は、様々な例において、参照番号及び／又は文字を反復することがある。この反復は簡潔性及び明瞭性の目的のためであり、それ自体は議論する様々な実施態様及び／又は構成の間の関係を決定しない。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】本開示の実施態様に従った遠隔操作医療システムの概略図である。

【0012】

【図1B】多くの実施態様に従った遠隔操作医療システムのための外科医制御コンソールの斜視図である。

【0013】

【図1C】多くの実施態様に従った遠隔操作医療システムの電子機器カートの斜視図である。

【0014】

【図1D】本明細書に記載する原理の1つの例に従った患者側カートの斜視図である。

【0015】

【図2】本明細書に記載する原理の1つの例に従ったモータによって駆動させられる医療器具を例示する図である。

【0016】

【図3A】本明細書に記載する原理の1つの例に従ったトルク限界に対するトルク出力を示すグラフである。

【0017】

【図3B】本明細書に記載する原理の1つの例に従った例示的な補償トルク限界を示すグラフである。

【0018】

【図4】本明細書に記載する原理の1つの例に従った例示的な補償トルク限界を示すグラフである。

【0019】

【図5】本明細書に記載する原理の1つの例に従ったトルク下限についての例示的な補償トルク限界を示すグラフである。

【0020】

【図6】本明細書に記載する原理の1つの例に従ったトルクリップルに基づくトルク限界を調節するための例示的な方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本開示の原理の理解を促進する目的のために、図面に例示される実施態様を参照し、特定の言語を用いて実施態様を記載する。それにも拘わらず、本開示の範囲の限定は意図されていないことが理解されるであろう。本発明の特徴の以下の詳細な説明では、開示の実施態様の網羅的な理解を提供するために、数多くの特定の詳細を示す。しかしながら、この開示の実施態様がこれらの特定の詳細なしに実施されることが当業者に明らかであろう。他の場合には、本発明の実施態様の特徴不必要に曖昧にしないよう、周知の方法、手順、コンポーネント（構成部品）、及び回路は、詳細に記載されていない。

【0022】

記載するデバイス、器具、方法、及び本開示の原理のあらゆる更なる用途は、本開示が関係する当業者の心に通常起こるように、十分に想定される。特に、1つの実施態様に関して記載する構成、コンポーネント（構成部品）、及び／又はステップは、本開示の他の実施態様に関して記載する構成、コンポーネント、及び／又はステップと組み合わせられてよいことが十分に想定される。加えて、本明細書で提供される寸法は特定の実施例のた

10

20

30

40

50

めであり、異なるサイズ（大きさ）、寸法、及び／又は比率を利用して、本開示の着想を実施してよいことが想定される。不必要な記述上の反復を避けるために、1つの例示的な実施態様に従って記載された1つ又はそれよりも多くのコンポーネント又は行為（アクション）は、他の例示的な実施態様から適用可能であるものとして使用され或いは省略されることができる。簡潔性のために、これらの組み合わせの数多くの反復を個別に記載しない。簡素化のために、幾つかの場合には、同一又は類似の部分に言及するために、図面を通じて同じ参照番号を用いる。

【0023】

上述のように、モータにかかる負荷は、あらゆる振動を補償するために、モータのトルク出力がトルクリップル(torque ripple)を示す原因となることがある。従来の、予め定められた最大モータトルク限界は、トルク出力の振動成分に適応するように変更される。しかしながら、最大モータトルク限界を変更することは、モータによって作動させられる器具の有効性を変更する。例えば、最大モータトルク限界を下げることは、ステープラが適応し得る組織厚さを減少させる。本明細書で記載する原理によれば、動的で適応性のあるトルク限界が用いられる。そのようなトルク限界は、リアルタイムでトルクリップルを補償する。具体的には、モータの特定の動作についてのトルク限界が受け取られる。モータの動作中、トルクリップルの特性がリアルタイムで決定される。より詳細に記載するように、トルクリップルは、様々な要因に基づき、リアルタイムで変化することがある。トルクリップルに関連して取得される情報を使用して、受け入れられるトルク限界をリアルタイムで調節して、動的トルク限界を創り出す。動的なトルク限界は、トルク出力における振動を補償するために動的に調節されるので、動的なトルク限界を、補償されたトルク限界と呼ぶこともある。よって、動的なトルク限界は、当初に受け入れられたトルク限界の代わりに用いられる。モータのトルク出力が動的トルク限界を超えるならば、制御システムが応答し得る。例えば、制御システムは、モータによって作動させられている器具の操作者に、操作(operation)の失敗(failure)が生じている場合があることを警告してよい。

【0024】

そのような動的トルク限界の使用は、様々な状況において有利なことがある。一例において、遠隔操作手術システムのためのステープラ器具は、モータによって駆動されてよい。ステープラ機構の特定の動作(operation)について、モータのトルク出力に限界がある場合がある。そのような限界に達すると、それは操作が正しく行われなかったことを示したり、組織の厚さを制御するために、出力トルクが較正された限界を超えてならないことを示したりすることがある。よって、遠隔操作手術システムは、可能な操作上の失敗を使用者に警告するように構成されてよい。しかしながら、ステープラ器具を駆動するモータが受けるトルクリップルの故に、そのような警報が不必要に引き起こされることがある。本明細書に記載する動的限界を用いることは、そのような警告を防止する。動的トルク限界に関して本明細書に記載する原理は、遠隔操作手術システムのためのステープラ器具の脈絡において記載される。しかしながら、そのような動的トルク限界は、機械的システムを駆動するモータのトルク出力をモニタリング（監視）することを含む他の状況において用いられてよいことが理解されよう。

【0025】

図面の図1Aを参照すると、例えば、診断、治療、又は外科処置を含む医療処置における使用のための遠隔操作医療システムが、参照番号10によって一般的に示されている。記載するように、この開示の遠隔操作医療システムは、外科医の遠隔操作制御の下にある。代替的な実施態様において、遠隔操作医療システムは、処置又は下位処置を実行するようにプログラムされたコンピュータの部分的な制御の下にあってよい。更に他の代替的な実施態様では、処置又は下位処置を実行するようにプログラムされたコンピュータの完全な制御の下で、完全に自動化された医療システムを使用して、処置又は下位処置を実行してよい。図1Aに示すように、遠隔操作医療システム10は、一般的に、患者Pが位置付けられる手術台O又はその付近に取り付けられる遠隔操作アセンブリ12を含む。遠隔操

10

20

30

40

50

作アセンブリ 12 を患者側カートと呼ぶことがある。医療器具システム 14 が、遠隔操作アセンブリ 12 に動作可能に連結される。オペレータ入力システム 16 は、外科医又は他の種類の臨床医 S が手術部位の画像又は手術部位を表す画像を見て、医療機器システム 14 の動作を制御するのを可能にする。

【0026】

操作者入力システム 16 は、外科医コンソールに配置されてよく、外科医コンソールは、普通、手術台 O と同じ部屋に配置される。しかしながら、外科医 S を患者 P と異なる部屋又は完全に異なる建物内に配置し得ることが理解されるべきである。操作者入力システム 16 は、一般的に、医療機器システム 14 を制御する 1 つ又はそれよりも多くの制御デバイスを含む。(複数の)制御デバイスは、取っ手、ジョイスティック、トラックボール、データグループ、トリガガン、手動操作コントローラ、音声認識装置、タッチスクリーン、身体運動又は存在センサ等のような、任意の数の様々な入力デバイスのうちの 1 つ又はそれよりも多くを含んでよい。幾つかの実施態様において、(複数の)制御デバイスは、遠隔操作アセンブリの医療機器と同じ自由度を備えて、外科医にテレプレゼンス、即ち、外科医が恰も手術部位に存在しているかのように器具を直接的に制御しているという強い感覚を有するような、(複数の)制御デバイスが器具と一体であるという知覚を提供する。他の実施態様において、(複数の)制御装置は、関連する医療器具よりも多い又は少ない自由度を有して、外科医に依然としてテレプレゼンスを提供する。幾つかの実施態様において、(複数の)制御装置は、6 つの自由度で動く手動入力デバイスであり、手動入力デバイスは、器具を作動させるための(例えば、把持ジョーを閉じる、電極に電位を印加する、薬物治療を施す等のための)作動可能なハンドルを含んでもよい。

【0027】

遠隔操作アセンブリ 12 は、外科医 S がコンソール 16 を通じて外科部位を見る間に、医療機器システム 14 を支持し且つ操作する。立体内視鏡のような内視鏡 15 によって手術部位の画像を取得することができ、遠隔操作アセンブリ 12 によって内視鏡 15 を操作して、内視鏡 15 を方向付けることができる。電子機器カート 18 を用いて、外科医コンソール 16 を通じた外科医 S への後続の表示のために手術部位の画像を処理することができる。一度に用いられる医療器具システム 14 の数は、一般的に、他の要因の中でも、診断又は外科処置及び手術室内の空間的制約に依存する。遠隔操作アセンブリ 12 は、1 つ又はそれよりも多くの非サーボ制御リンク(例えば、一般的にセットアップ構造と呼ばれる、手動で位置決めされ且つ所定の場所に係止されてよい 1 つ又はそれよりも多くのリンク)及び遠隔操作マニピュレータの運動学的機構を含んでよい。遠隔操作アセンブリ 12 は、医療機器システム 14 上の入力を駆動する複数のモータを含む。これらのモータは、制御システム(例えば、制御システム 20)からの命令に応答して動く。モータは、駆動システムを含み、駆動システムは、医療器具システム 14 に連結されるときに、医療器具を自然に又は外科的に創り出された解剖学的オリフィス内に前進させることがある。他の電動駆動システムは、医療器具の遠位端を、3 つ程度の線形運動(例えば、X, Y, Z デカルト軸に沿う線形運動)及び 3 つの程度の回転運動(例えば、X, Y, Z デカルト軸についての回転)を含んでよい、多数の自由度において動かしてよい。加えて、生検デバイス等のジョー内で組織を把持するよう器具の関節作動可能なエンドエフェクタを作動させるために、モータを使用することができる。

【0028】

遠隔操作医療システム 10 は、制御システム 20 も含む。制御システム 20 は、少なくとも 1 つのメモリと、少なくとも 1 つのプロセッサ(図示せず)とを含み、典型的には、医療機器システム 14 と、操作者入力システム 16 と、電子機器システム 18 との間の制御をもたらす、複数のプロセッサを含む。制御システム 20 は、本明細書で開示する特徴に従って記載する方法の一部又は全部を実装(実施)するプログラムされた命令(例えば、命令を格納するコンピュータ可読媒体)を含む。制御システム 20 は、図 1A の簡略化された概略図中に単一のプロックとして示されているが、システムは、2 つ又はそれよりも多くのデータ処理回路を含んでよく、処理の一部は、遠隔操作アセンブリ 12 で又はそ

10

20

30

40

50

の付近で任意的に実行され、処理の他の部分は、操作者入力システム 16 で実行される等である。多種多様な集中型又は分散型のデータ処理アーキテクチャのうちのいずれが利用されてよい。同様に、プログラムされる命令は、多数の別個のプログラム又はサブルーチンとして実装されてよく、或いはそれらは本明細書に記載する遠隔操作システムの数多くの他の特徴に組み込まれてよい。1つの実施態様において、制御システム 20 は、Bluetooth (登録商標)、IrDA、HomeRF、IEEE 802.11、DECT、及び Wireless Telemetry のような、無線通信プロトコルをサポートする。

【0029】

幾つかの実施態様において、制御システム 20 は、医療機器システム 14 から力及び/又はトルクフィードバックを受け取る 1 つ又はそれよりも多くのサーボコントローラを含んでよい。フィードバックに応答して、サーボコントローラは、操作者入力システム 16 に信号を送信する。(複数の)サーボコントローラは、信号を送信して、身体の開口を介して患者の身体内の内部手術部位に延びる(複数の)医療機器システム 14 を移動させることを遠隔操作アセンブリ 12 に指示してよい。任意の適切な従来の又は特別なサーボコントローラが用いられてよい。サーボコントローラは、遠隔操作アセンブリ 12 と別体であってよく、或いは遠隔操作アセンブリ 12 と一体であってよい。幾つかの実施態様において、サーボコントローラ及び遠隔操作アセンブリは、患者の身体に隣接して位置付けられる遠隔操作アームカートの部分として提供される。

【0030】

遠隔操作医療システム 10 は、照明システム、操縦制御システム、洗浄システム、及び/又は吸引システムのような、任意的な操作及び支持システム(図示せず)を更に含んでよい。代替的な実施態様において、遠隔操作システムは、1 つよりも多くの遠隔操作アセンブリ及び/又は 1 つよりも多くの操作入力システムを含んでよい。マニピュレータアセンブリの正確な数は、他の要因の中でも、外科処置及び手術室内の空間的制約に依存する。操作者入力システムは並置されてよく、或いはそれらは別個の場所に位置付けられてよい。多数の操作者入力システムは、1 人よりも多くの操作者が 1 つ又はそれよりも多くのマニピュレータアセンブリを様々な組み合わせにおいて制御するのを可能にする。

【0031】

図 1 B は、外科医コンソール 16 の斜視図である。外科医コンソール 16 は、奥行き知覚を可能にする手術部位の協調された(coordinated)立体視(stereoscopic view)を外科医 S に提示するための左眼用ディスプレイ 32 及び右眼用ディスプレイ 34 を含む。外科医コンソール 16 は、1 つ又はそれよりも多くの入力制御デバイス 36 を更に含み、入力制御デバイス 36 は、次に、遠隔操作アセンブリ 12 に 1 つ又はそれよりも多くのツールを操作させる。入力制御デバイス 36 は、それらの関連する器具 14 と同じ自由度を提供して、外科医 S に、テレプレゼンス、又は外科医が器具 14 を直接的に制御しているという強い感覚を有するような、入力制御デバイス 36 が器具 14 と一体であるという知覚を提供する。この目的を達成するために、位置、力、及び触覚フィードバックセンサ(図示せず)を利用して、器具 14 からの位置、力、及び触覚刺激を、入力制御デバイス 36 を通じて外科医の両手に戻してよい。

【0032】

図 1 C は、電子機器カート 18 の斜視図である。電子機器カート 18 は、内視鏡 15 と連結されることができる。電子機器カート 18 は、例えば、外科医コンソール上の外科医への或いはローカルに及び/又は遠隔に配置される他の適切なディスプレイ上での、後続の表示のために、取り込んだ(キャプチャした)画像を処理する、プロセッサを含むことができる。例えば、立体内視鏡が用いられる場合、電子機器カート 15 は、取り込んだ画像を処理して、手術部位の協調された立体画像を外科医に提示することができる。そのような協調(coordination)は、対向する画像間の整列(位置合わせ)を含むことができ、立体内視鏡の立体作動距離を調節することを含むことができる。他の例として、画像処理は、光学収差のような、画像取込みデバイスの結像誤差を補償する、前もって決定されるカメラ校正パラメータの使用を含むことができる。電子機器カート 18 は、ディスプレイモ

10

20

30

40

50

ニタ及び制御システム 20 のコンポーネントを含んでもよい。

【0033】

図 1 D は、患者側カートと呼ぶことがある遠隔操作アセンブリ 12 の斜視図である。図示の患者側カート 12 は、3 つの手術ツール 26 及び処置部位の画像の取込みのために用いられる立体内視鏡のような撮像デバイス 28 の操作を提供する。撮像デバイスは、ケーブル 56 を通じて電子機器カート 18 に信号を送信してよい。操作は、多数のジョイント（関節）を有する遠隔操作機構によって提供される。撮像デバイス 28 及び手術ツール 26 は、運動学的な遠隔中心を切開部に維持して切開部のサイズを最小にするよう、患者の切開部を通じて位置付けられ且つ操作されることができる。手術部位の画像は、手術ツール 26 が撮像デバイス 28 の視野内に位置付けられるときの、手術ツール 26 の遠位端の画像を含むことができる。

10

【0034】

患者側カート 22 は、駆動可能なベース 58（基部）を含む。駆動可能なベース 58 は、アーム 54 の高さの調節を可能にする入れ子式のコラム 57 に接続される。アーム 54 は、回転し且つ上下に動く回転するジョイント 55 を含んでよい。アーム 54 の各々は、配向プラットフォーム 53 に接続されてよい。配向プラットフォーム 53 は、360 度の回転が可能であってよい。患者側カート 22 は、配向プラットフォーム 53 を水平方向に移動させる入れ子式の水平片持ち梁 52（カンチレバー）を含んでもよい。

【0035】

本実施例では、アーム 54 の各々がマニピュレータアーム 51 に繋がる。マニピュレータアーム 51 は、医療器具 26 に直接的に繋がってよい。マニピュレータアーム 51 は、遠隔操作可能であってよい。幾つかの例において、配向プラットフォームに繋がるアーム 54 は、遠隔操作可能でない。むしろ、そのようなアーム 54 は、外科医 18 が遠隔操作コンポーネントで操作を開始する前に、所望に位置付けられる。

20

【0036】

図 2 は、モータ 210 によって駆動される医療器具 220 を含むシステム 200 を例示する図である。本例によれば、システム 200 は、制御システム 202、センサ 208、及びモータ 210 を有する、シャーシ 224 を含む。システム 200 は、駆動システム 214 を含むマニピュレータアーム 212 も含む。駆動システム 214 は、駆動シャフト 216 と、ユニバーサルジョイント 218 とを含む。駆動システム 214 は、モータ 210 をステープラ器具 220 に接続する。

30

【0037】

ステープラ器具 220 は、組織を互いにステープル留めするために使用されることができる。ステープラ器具 220 は、ステープラがそれらの部分を互いにステープル留めする前に、組織の 2 つの部分を互いにクランプするクランプ機構 222 を含む。よって、そのようなステープラ器具 222 は、2 つの主な操作を含む。第 1 の操作は、クランプ機構 222 がステープル留めされるべき組織をクランプするクランプ操作である。第 2 の操作は、ステープラがクランプされた組織内に挿入されるステープル操作である。そのようなステープラの様々な実施態様は、（2014 年 1 月 13 日に出願された）（「Torque Compensation」を開示する）米国特許出願第 14 / 154, 07、（2014 年 1 月 13 日に出願された）（「Clamping Instrument」を開示する）米国特許出願第 14 / 154, 067 号、及び（2014 年 1 月 13 日に出願された）（「Motor Assembly」を開示する）米国特許出願第 14 / 154, 087 号に記載されており、それらの全文を本明細書中に参照として援用する。

40

【0038】

本例において、モータ 210 は、クランプ機構 222 を駆動する。より具体的には、モータ 210 の回転は、クランプ機構 222 にクランプ操作を行わせる。モータ 210 によって提供される、トルクと呼ばれる回転力は、駆動システム 214 を通じて、ステープラ器具 220 に伝えられる。ステープラ器具は、モータによって提供される回転力をクランプ機構 222 によって適用される線形力に伝える、親ネジのような機構を含んでよい。

50

【 0 0 3 9 】

駆動システム 2 1 4 は、マニピュレータアーム 2 1 2 内に位置付けられるユニバーサルジョイント 2 1 2 及び駆動シャフト 2 1 6 のセットを含む。モータ 2 1 0 は、第 1 の駆動シャフト 2 1 6 - 1 に接続される。よって、モータ 2 1 0 の回転は、第 1 の駆動シャフト 2 1 6 - 1 の回転を引き起こす。第 1 の駆動シャフト 2 1 6 - 1 は、第 1 のユニバーサルジョイント 2 1 8 - 1 を通じて第 2 の駆動シャフト 2 1 6 - 2 に接続される。よって、第 1 のユニバーサルジョイント 2 1 8 - 1 は、第 1 の駆動シャフト 2 1 6 - 1 の回転運動を第 2 の駆動シャフト 2 1 6 - 2 に伝える。第 2 の駆動シャフト 2 1 6 - 2 は、第 2 のユニバーサルジョイント 2 1 8 - 2 を通じて第 3 の駆動シャフト 2 1 6 - 3 に接続される。よって、第 2 のユニバーサルジョイント 2 1 8 - 2 は、第 2 の駆動シャフト 2 1 6 - 2 の回転運動を第 3 の駆動軸 2 1 6 - 3 に伝える。第 3 の駆動シャフト 2 1 6 - 3 は、ステーブラ器具 2 2 0 のクランプ機構 2 2 2 に接続される。

10

【 0 0 4 0 】

ユニバーサルジョイントを使用するとき、2つの隣接する駆動シャフトの間の角度は、入力シャフトの一定の回転速度にも拘わらず、出力駆動シャフトを様々な速度で回転させる。例えば、第 1 の駆動シャフト 2 1 6 - 1 の一定の回転は、第 2 の駆動シャフト 2 1 6 - 2 の異なる回転を引き起こす。同様に、第 3 の駆動シャフト 2 1 6 - 3 の回転は、第 2 の駆動シャフト 2 1 6 - 2 と第 3 の駆動シャフト 2 1 6 - 3 との間の角度の故に、更に変化させられる。よって、駆動システム 2 1 4 は、モータ 2 1 0 に接続されるときに、トルクリップルを引き起こす負荷をモータ 2 1 0 にかける。トルクリップルは、トルク出力中に振動成分を創り出す。

20

【 0 0 4 1 】

制御システム 2 0 2 は、モータ 2 1 0 を制御して、モータ 2 1 0 のトルク出力が予め定められた限界を超えないことを保証するために用いられる。例えば、トルク出力がそのような限界を超えるならば、それはクランプ操作が正しく行われなかったことを示すことがある。制御システム 2 0 2 は、モータ 2 1 0 のトルク出力を測定するセンサ 2 0 8 からデータを受信する。次に、制御システム 2 0 2 は、測定されたトルク出力をトルク限界と比較する。本明細書に記載する原理によれば、制御システム 2 0 2 は、トルク出力のトルクリップル又は振動成分を決定する。リアルタイムでは、制御システム 2 0 2 は、トルク限界を調節して、動的トルク限界を創り出す。次に、制御システム 2 0 2 は、トルク出力を動的トルク限界と比較することができる。そのようにすることは、トルク出力が許容可能か否かについてのより正確に決定をもたらす、コントローラがトルク限界のベース成分を制御しながら振動を補償するのを可能にする。1つの実施形態において、振動成分を決定することは、振動成分の振幅及び位相を決定することを含んでよく、或いは最小平均二乗 (L S M) 技法を利用することを含んでよい。1つの実施形態において、モータは、直流 (D C) ブラシレスモータを含んでよい。

30

【 0 0 4 2 】

制御システム 2 0 2 は、プロセッサ 2 0 4 と、メモリ 2 0 6 とを含む。メモリ 2 0 6 は、(ランダムアクセス記憶装置 (R A M) のような)揮発性メモリ及び(ソリッドステート記憶装置のような)不揮発性メモリを含む、様々な種類のメモリを含んでよい。メモリ 2 0 6 は、コンピュータ可読指令を格納してよく、コンピュータ可読指令は、プロセッサ 2 0 4 によって実行されると、制御システム 2 0 2 に、本明細書に記載する機能を含む、様々な機能を実行させる。メモリ 2 0 6 は、トルク出力、トルク限界、動的トルク限界、及び他のデータポイント (data points) を表す、データを格納してもよい。

40

【 0 0 4 3 】

図 2 は、全てが同じシャーシ 2 2 4 内にある、制御システム 2 0 2 、センサ 2 0 8 、及びモータ 2 1 0 を例示しているが、他の実施態様は、異なって構成されてよい。例えば、幾つかの実施態様において、制御システム 2 0 2 は、センサ 2 0 8 と依然として連通する、他の場所に配置されてよい。その上、図 2 は、二重ユニバーサルジョイント駆動システム 2 1 4 を例示しているが、他の実施態様は、単一のユニバーサルジョイント駆動システ

50

ム又は2つよりも多くのユニバーサルジョイントを備える駆動システムを有してよい。

【0044】

図3Aは、モータ（例えば、図2のモータ210）のトルク出力310を示すグラフ300である。本例によれば、垂直軸302は、モータトルクを表しており、水平軸314は、時間を表している。グラフ300は、目標トルク306、トルク上限304、及びトルク下限312を示している。

【0045】

目標トルク306は、特定の操作を実行するのに望ましいトルクレベルを表す。例えば、クランプ操作を正確に行うためには、モータのトルク出力310が特定のトルクレベルに達しなければならないことが知られている。このトルクレベルは、目標トルク306として定義される。幾つかの例において、目標トルク306は、トルクレベルの範囲として定義されてよい。

【0046】

トルク上限304は、もし達するならば、操作が正しく実行されなかったことを示すトルクレベルを表す。換言すると、トルク出力310がそのようなレベルを超えるならば、それは組織がクランプ機構内で所望にクランプされなかったことを示すことがある。これはステープラの操作者が知ることが重要である。何故ならば、組織がクランプ機構内で適切にクランプされていない場合には、ステープル操作が遂行されるべきでないからである。トルク下限312は、同様の機能を遂行してよい。

【0047】

モータトルク出力310は、基本成分308(base component)と、トルク出力310と基本成分308との間の差である振動成分(oscillation component)を含む。基本成分308は、電気信号の直流(DC)成分に類似する。発振成分は、電気信号の交流(AC)成分に類似する。振動成分は、モータが受けるトルクリップルによって引き起こされる。上述のように、駆動システムによってモータにかけられる負荷は、トルクリップルを引き起こし得る。加えて、駆動システムが位置を変えると、トルクリップルは影響を受ける。具体的には、マニピュレータアームが動くと、駆動シャフトが交わる角度は変化する。トルクリップルは駆動シャフトが交わる角度の影響を受けるので、角度が変化するとトルクリップルは変化する。

【0048】

モータが受けるトルクリップルは、それ自体がいくつかの成分を有することがある。トルクリップルは、トルク高調波(torque harmonics)に更に分解されてよい。例えば、幾つかのトルク出力は、1×トルク高調波、2×トルク高調波、及び4×トルク高調波の組み合わせを表すことがある。トルク高調波は、モータの1回の機械的回転の逆数の整数倍である空間周波数でのトルク出力の偏差(deviations)を表す。例えば、1×トルク高調波は、ロータ回転の1周期に亘る単一の正弦波のように見えることがある。2×トルク高調波は、ロータ回転の1周期に亘る2つの完全な正弦波のように見えることがある。

【0049】

基本成分308は、トルク上限304を超えることなく目標トルクに近づくのが望ましい。しかしながら、トルクリップルによって引き起こされる振動成分では、トルク出力310がトルク限界316, 318を超える時点316, 318がある場合がある。本明細書で記載する原理によれば、この問題は、トルク限界304を局所的に変化させて、振動成分を考慮することによって、緩和される。トルク限界全体を一様に超えるよりもむしろ、限定的な持続時間に亘って局所化された修正されたトルク限界は、目標トルクが、例えば、駆動させられる器具のための最大の操作力、例えば、最大量の組織をクランプするのに必要とされる力を提供するのに必要とされるレベルに留まるのを可能にする。

【0050】

図3Bは、動的トルク限界326を示すグラフ330である。本例によれば、トルク限界304は、動的トルク限界326を創り出すように調節される。これは周期、位相、及び振幅320のような、振動成分の特性を決定することによって行われてよい。次に、こ

10

20

30

40

50

これらの特性に基づきトルク限界 3 0 4 を局所的に調節して、動的トルク限界 3 2 6 を創り出すことができる。例えば、振動の周期の部分（例えば、振動振幅が基本成分よりも大きい部分）に亘って、振動の異なる振幅がトルク限界に加えられてよい。代替的に、振幅の所定の百分率が、振動の周期の部分に亘ってトルク限界に加えられてよい。代替的に、振動のピーク振幅が、振動の周期の部分に亘ってトルク限界に加えられてよい。図 3 B の実施態様において、動的トルク限界は、切り取られた(clipped)正弦プロファイルを有するが、振動成分の周期、位相、及び/又は振幅に基づきトルク限界の局所的变化をもたらす他のプロファイルが、動的トルク限界として用いられてよい。

【 0 0 5 1 】

図 3 B の例において、動的トルク上限 3 2 6 は、切り取られた正弦波として現れている。具体的には、動的トルク限界は、2つの種類の成分を有する。第1の持続時間成分 3 2 2 の間に、トルク限界は、元のトルク限界 3 0 4 と一致する。しかしながら、第2の持続時間成分 3 2 4 の間に、トルク限界は、トルク出力 3 1 0 の検出された振動成分に基づき増加させられる。よって、時点 3 1 6 及び 3 1 8 で、トルク出力 3 1 0 は、元のトルク限界 3 0 4 を超えるとしても、動的トルク限界 3 2 6 を超えない。よって、システムは、システムが振動を取り扱い得る間に、トルク出力の関連部分（即ち、基本成分 4 0 8 ）がトルク限界 3 0 4 を超えたことを誤って示さない。様々な実施態様では、動的トルク下限が、振動成分に基づきトルク下限 3 1 2 を調節することによって決定されてよい。

【 0 0 5 2 】

図 4 は、例示的な全正弦(full sinusoidal)動的トルク限界 4 1 2 を示すグラフ 4 0 0 である。再び、垂直軸 4 0 2 は、モータトルクを表しており、水平軸 4 1 4 は、時間を表している。モータのトルク出力 4 1 0 は、基本成分 4 0 8 と、振動成分とを含む。グラフ 4 0 0 は、目標トルク 4 0 6 と、トルク限界 4 0 4 とを示している。

【 0 0 5 3 】

この例では、トルク出力 4 1 0 の振動成分を元のトルク限界 4 0 4 に加えることによって、動的トルク限界 4 1 2 を創り出すことができる。よって、動的トルク限界 4 1 2 は、トルク出力 4 1 0 の振動成分と一致する正弦波として現れる。振動の全周期に亘って動的なトルク限界を提供することは、特定の用途において有用なことがある。例えば、振動成分の下方部分と一致する時点 4 1 6 で、モータトルク 4 1 0 の基本成分 4 0 8 にスパイク(spike)が生じることがある。これは、たとえ基本成分 4 0 8 がトルク限界 4 0 4 を超えるとしても、トルク出力 4 1 0 がトルク限界 4 0 4 を超えないようにさせることがある。そのような場合、システムは、クランプ操作が失敗したかもしれないが、システムはそうでないことを、操作者に警告しなければならない。トルク出力 4 1 0 は、動的トルク限界 4 1 2 を超える。しかしながら、動的トルク限界 4 1 2 に基づき警告することは、トルク出力の関連部分（即ち、基本成分）がトルク限界 4 0 4 を超えることを適切に示す。

【 0 0 5 4 】

トルク出力 4 1 0 の振動成分を補償することは、様々な方法で制御システム（例えば、図 2 の 2 0 2 ）によって実行されてよい。制御システムは、トルク出力 4 1 0 のデジタル表現及びトルク限界 4 0 4 のデジタル表現を格納する。特定の時点で、トルク出力 4 1 0 の値がトルク限界 4 0 4 の値を超えるならば、システムは、相応して操作者に警告することができる。しかしながら、上述のようにトルク限界 4 0 4 を調節することによって、制御システムは、トルク出力 4 1 0 の値とトルク限界 4 0 4 の値との間の数学的差を本質的に調整している。具体的には、振動の値又は部分値をトルク限界の値に加えることによって、動的トルク限界 4 1 2 が創り出される。しかしながら、幾つかの例では、振動成分の値をトルク限界 4 0 4 に加える代わりに、制御システムは、トルク出力 4 1 0 のデジタル表現から振動成分を差し引くことによって、同じ機能を実行することができる。よって、実際のトルク出力 4 1 0 は、振動成分を依然として示すが、トルク出力 4 1 0 のデジタル表現はそうでない。よって、トルク出力 4 1 0 のデジタル表現から振動成分を差し引くことは、振動成分をトルク限界 4 0 4 に加えて動的トルク限界 4 1 2 を創り出すのと同じ方法において、トルク出力 4 1 0 とトルク限界 4 0 4 との間の数学的差を調節する。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、トルク下限 5 1 2 についての例示的な動的トルク限界 5 1 0 を示すグラフ 5 0 0 である。再び、垂直軸 5 0 2 は、モータトルクを表しており、水平軸 5 0 4 は、時間を表している。モータのトルク出力 5 0 8 は、基本成分 5 0 6 と、振動成分とを含む。幾つかの場合には、トルク出力が特定のレベルより下に落ちないことを保証することが望ましい場合がある。よって、図 3 A、3 B、及び図 4 に例示するようなトルク上限の代わりに、トルク下限 5 1 2 を用いることができる。トルク上限と同様に、制御システムは、トルク出力 5 0 8 の振動成分を決定し、振動成分に関連する情報を用いて、調節されたトルク下限 5 1 0 を創り出す。よって、トルク出力 5 0 8 は、トルクリップルの故に、トルク下限 5 1 2 より下に落ちるが、トルク出力は動的トルク下限 5 1 0 より下に落ちない。

10

【 0 0 5 6 】

図 6 は、トルクリップルに基づきトルク限界を調節する例示的な方法 6 0 0 を示すフローチャートである。本例によれば、方法 6 0 0 は、モータについてのモータトルク限界を受信するステップ 6 0 2 を含む。上述のように、制御システムは、ステープラ器具のクランプ操作のような特定の種類の操作についてのトルク限界を受信してよい。トルク限界は、もし達するならば、クランプ操作が成功裡に行なわれなかったことを示す、既知のトルクレベルに基づく。

【 0 0 5 7 】

方法 6 0 0 は、モータのトルク出力をモニタリングするステップ 6 0 4 を更に含む。これはモータに接続されるセンサの使用によって行われてよい。上述のように、トルク出力は、基本成分と、トルクリップルに関連する振動成分とを含む。トルクリップルは、モータに取り付けられる負荷によって部分的に引き起こされることがある。具体的には、モータをクランプ機構に接続する 1 つ又はそれよりも多くのユニバーサルジョイントのシステムがあつてよい。トルクリップルは、それらのユニバーサルジョイントの位置の変化によって影響を受ける。よって、トルク出力は、リアルタイムでモニタリングされる。

20

【 0 0 5 8 】

方法 6 0 0 は、トルク出力のトルクリップルの振幅及び位相を決定するステップ 6 0 6 を更に含む。換言すれば、トルク出力の振動成分の特性が決定される。これらの特性は、駆動シャフト及びユニバーサルジョイントを支持するマニピュレータアームが位置を変えるのに応じて、リアルタイムで変化する。よって、振動成分の振幅及び位相を決定することは、リアルタイムで行われる。

30

【 0 0 5 9 】

方法 6 0 0 は、モータについての動的トルク限界を決定するステップ 6 0 8 を更に含む。これは上で議論したような様々な方法で行われてよい。具体的には、トルクリップルの振幅及び位相を用いて受け取ったトルク限界を調節し、動的トルク限界を創り出す。一例では、動的トルク限界は、切り取られた正弦波として現れる。幾つかの例では、動的トルク限界は、完全な正弦波として現れる。

【 0 0 6 0 】

本明細書に記載する原理の使用を通じて、トルク出力が定められた限界を超えたか否かについてのより正確な判断が達成される。これは、目標トルクがトルク限界に比較的近く、モータが受けるトルクリップルがトルク出力に対して大きな影響を及ぼす状況において、更に一層有用であり得る。これは制御システムがトルク限界を超過したことを誤って示す状況又はトルク限界を超えたのを示すのを不適切に控える状況を減少させることができる。

40

【 0 0 6 1 】

本発明の実施態様における 1 つ又はそれよりも多くの要素は、制御処理システムのようなコンピュータシステムのプロセッサ上で実行するソフトウェアにおいて実装（実施）されてよい。ソフトウェアにおいて実装（実施）されるとき、本発明の実施態様の要素は、本質的に、必要なタスクを実行するコードセグメントである。プログラム又はコードセグメントは、伝送媒体又は通信リンクを通じて搬送波において具現されるコンピュータデー

50

タ信号によってダウンロードされてよいプロセッサ可読記憶媒体又はデバイスに格納され得る。プロセッサ可読記憶装置は、光学媒体、半導体媒体、及び磁気媒体を含む、情報を格納し得る任意の媒体を含んでよい。プロセッサ可読記憶装置の例は、電子回路、半導体デバイス、半導体メモリデバイス、読出し専用記憶装置（ROM）、フラッシュメモリ、消去可能なプログラム可能読取り専用記憶装置（EPROM）フロッピーディスク、CD-ROM、光ディスク、ハードディスク、又は他の記憶デバイスを含む。コードセグメントは、インターネット、イントラネット等のような、コンピュータネットワークを介してダウンロードされてよい。

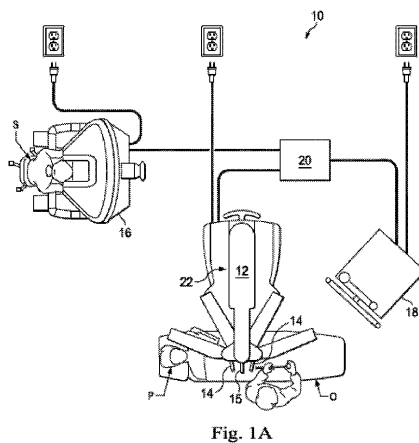
【0062】

提示したプロセス及びディスプレイは、本質的に如何なる特定のコンピュータ又は他の装置にも関係しない場合があることに留意のこと。様々な汎用システムが、本明細書中の教示に従ったプログラムと共に用いられてよく、或いはより特殊化された装置を構築して記載する操作を実行することが便利であると分かることがある。様々なこれらのシステムのために必要な構造は、請求項中に要素として現れる。加えて、本発明の実施態様は、いずれかの特定のプログラミング言語を参照して記載されていない。様々なプログラミング言語が用いて本明細書に記載する本発明の教示を実施してよいことが理解されるであろう。

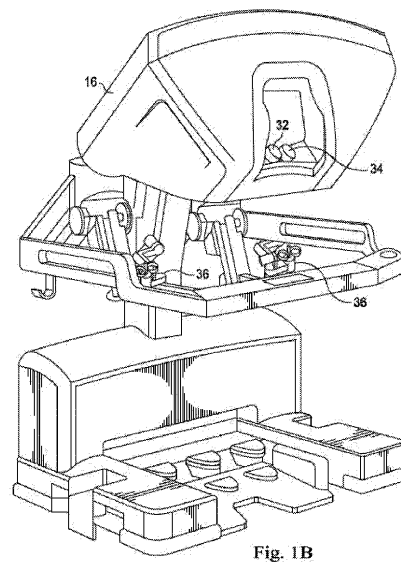
【0063】

本発明の特定の例示的な実施態様が記載され、添付の図面中に示されているが、そのような実施態様は、広範な発明を例示するものであるに過ぎず、それを限定するものでないこと、並びに、本発明の実施態様は図示し且つ記載した特定の構造及び構成（配置）に限定されないことが理解されるべきである。何故ならば、様々な他の変更が当業者の心に思い浮かぶことがあるからである。

【図1A】



【図1B】



【図 1 C】

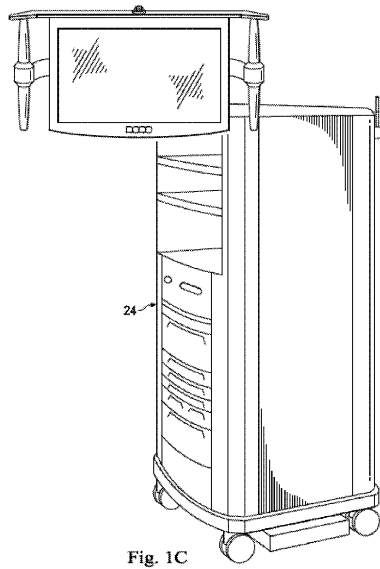


Fig. 1C

【図 1 D】

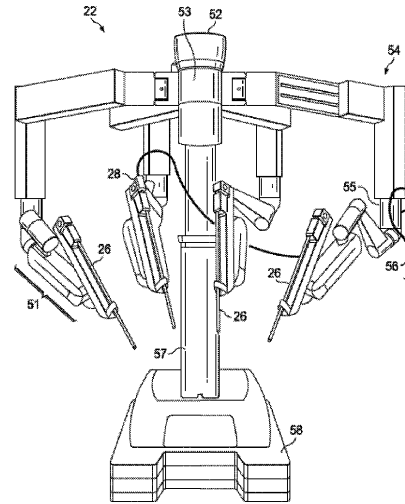


Fig. 1D

【図 2】

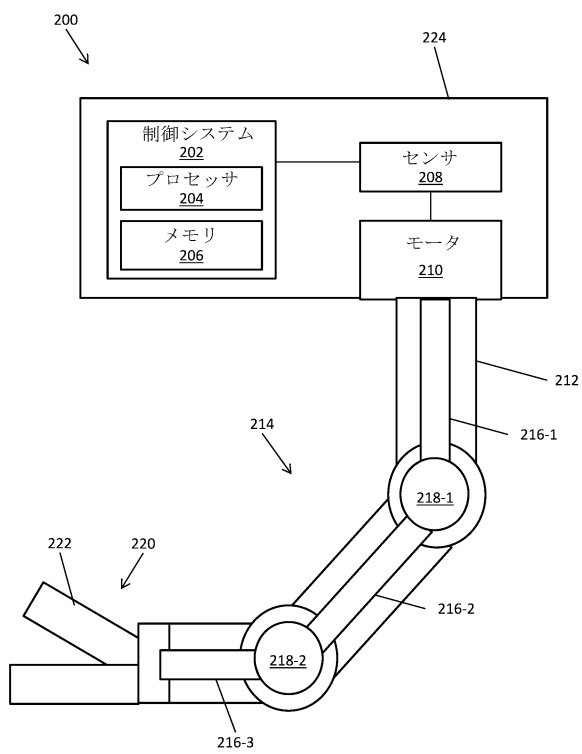


Fig. 2

【図 3 A】

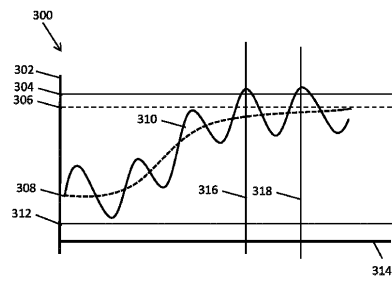


Fig. 3A

【図 3 B】

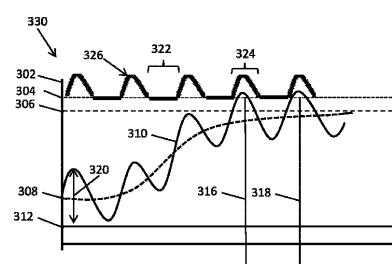


Fig. 3B

【図 4】

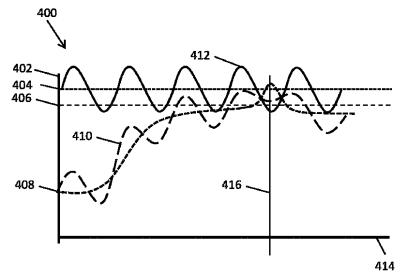


Fig. 4

【図 5】

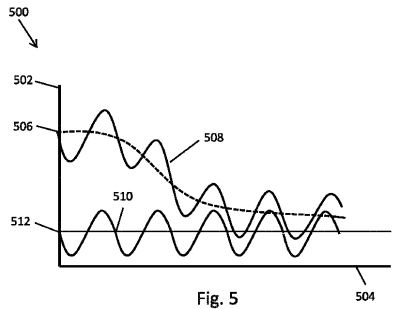


Fig. 5

【図 6】

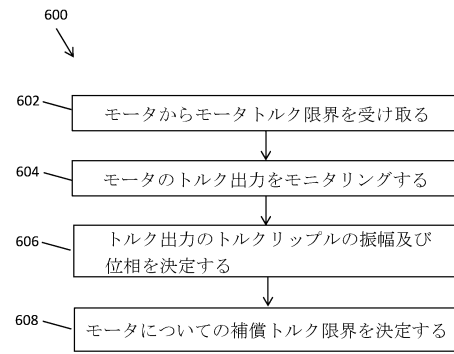


Fig. 6

フロントページの続き

- (72)発明者 チャガジェルディ, アーミル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95120, サンノゼ, クウェイル・クリーク・サークル
1154
- (72)発明者 ヒンウィ, ブッシュカー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94024, ロスアルトス, ベリー・アヴェニュー 990

審査官 佐藤 彰洋

- (56)参考文献 特開2002-223582(JP, A)
特表2014-534863(JP, A)
特開2006-314177(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| H02P | 29/00 - 29/68 |
| H02P | 6/00 - 6/34 |
| A61B | 17/072 |
| A61B | 34/35 |