

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/056339

発行日 平成29年7月27日(2017.7.27)

(43) 国際公開日 平成28年4月14日(2016.4.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08	3 C 7 0 7
A 6 1 B 17/29 (2006.01)	A 6 1 B 17/29	4 C 1 6 0

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 37 頁)

出願番号	特願2016-552869 (P2016-552869)	(71) 出願人	000002185
(21) 国際出願番号	PCT/JP2015/075489		ソニー株式会社
(22) 国際出願日	平成27年9月8日(2015.9.8)		東京都港区港南1丁目7番1号
(31) 優先権主張番号	特願2014-207980 (P2014-207980)	(74) 代理人	100095957
(32) 優先日	平成26年10月9日(2014.10.9)		弁理士 亀谷 美明
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100096389
			弁理士 金本 哲男
		(74) 代理人	100101557
			弁理士 萩原 康司
		(74) 代理人	100128587
			弁理士 松本 一騎
		(72) 発明者	本郷 一生
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株 式会社内

最終頁に続く

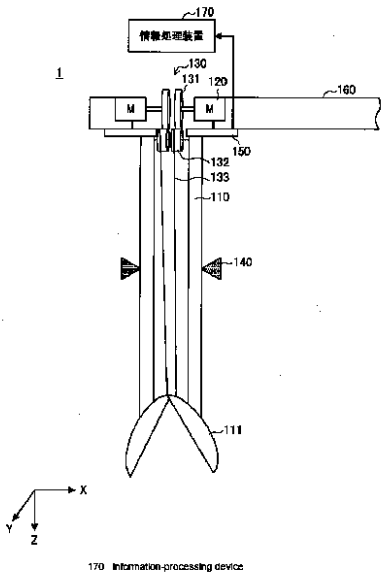
(54) 【発明の名称】 情報処理装置、情報処理方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】より簡易な構成によって術具に作用する力を検出することを可能にする。

【解決手段】棒状部材の一側に設けられる第1の力センサによる第1の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第1の作用点及び第2の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する作用力計算部、を備える、情報処理装置を提供する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

棒状部材の一側に設けられる第 1 の力センサによる第 1 の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第 1 の作用点及び第 2 の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する作用力計算部、
を備える、情報処理装置。

【請求項 2】

前記作用力計算部は、前記第 1 の検出値と、前記第 1 の作用点への作用力と、前記第 2 の作用点への作用力と、の釣り合い式に基づいて、前記作用力を計算する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

10

【請求項 3】

前記作用力計算部は、前記棒状部材の使用態様に応じた制約条件に基づいて、前記釣り合い式を簡略化することにより、前記作用力を計算する、
請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 の力センサは、互いに直交する 3 軸方向の力と、当該 3 軸周りのモーメントを検出する 6 軸力覚センサである、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記第 1 の作用点は、前記棒状部材の前記他側の先端である、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

20

【請求項 6】

前記棒状部材は、内視鏡手術の際に患者の体腔内に挿入される鉗子である、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記第 2 の作用点は、前記患者の身体に設けられる開口部にトロッカー及び前記鉗子が挿入される際に前記トロッカーの外壁と前記開口部の縁部とが接触する位置における、前記トロッカーの内壁と前記鉗子との接触部位である、
請求項 6 に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

前記棒状部材を動作させるモータの駆動軸のトルクを検出する第 2 の力センサ、を更に備え、
前記作用力計算部は、前記第 2 の力センサによる第 2 の検出値に基づいて、前記モータの駆動力の影響を除去して、前記作用力を計算する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

30

【請求項 9】

前記第 2 の検出値に基づいて、前記モータの駆動力に応じて前記棒状部材に加えられる力及びモーメントを計算し、当該計算された力及びモーメントを前記第 1 の検出値から差し引く能動的な作用力除去部、を更に備え、
前記作用力計算部は、前記モータの駆動力に応じて前記棒状部材に加えられる力及びモーメントが差し引かれた前記第 1 の検出値に基づいて、前記作用力を計算する、
請求項 8 に記載の情報処理装置。

40

【請求項 10】

前記棒状部材は、コントローラを介して術者によって遠隔操作されるマスタースレーブ方式の支持アーム装置のアーム部に取り付けられ、
前記支持アーム装置の制御装置は、前記作用力計算部によって計算された前記第 1 の作用点への作用力を、前記コントローラを介して前記術者にフィードバックする、
請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

前記棒状部材は、支持アーム装置のアーム部に取り付けられ、

50

前記支持アーム装置の制御装置は、前記作用力計算部によって計算された前記第 1 の作用点への作用力に基づいて、前記アーム部の駆動を制御する、

請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 2】

前記作用力計算部は、前記制御装置が保持している前記アーム部及び前記棒状部材の位置及び姿勢についての情報に基づいて、前記棒状部材の自重の影響を除去して、前記作用力を計算する、

請求項 1 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 3】

前記作用力計算部は、前記棒状部材の自重に応じて前記棒状部材に加えられる力及びモーメントを計算し、当該計算された力及びモーメントを前記第 1 の検出値から差し引くことにより、前記棒状部材の自重の影響を除去する、

請求項 1 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 4】

前記棒状部材の長さは可変であり、

前記作用力計算部は、前記棒状部材の長さの変化に応じて、前記第 1 の検出値と、前記第 1 の作用点への作用力と、前記第 2 の作用点への作用力と、の釣り合い式を計算し直すことにより、前記作用力を計算する、

請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 5】

前記棒状部材は、少なくとも 1 つの関節部を有し、当該関節部によって位置及び姿勢を変化可能に構成され、

前記作用力計算部は、前記関節部による前記棒状部材の位置及び姿勢の変化に応じて、前記第 1 の検出値と、前記第 1 の作用点への作用力と、前記第 2 の作用点への作用力と、の釣り合い式を計算し直すことにより、前記作用力を計算する、

請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 6】

プロセッサが、棒状部材の一側に設けられる第 1 の力センサによる第 1 の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第 1 の作用点及び第 2 の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算すること、

を含む、情報処理方法。

【請求項 1 7】

コンピュータのプロセッサに、棒状部材の一側に設けられる第 1 の力センサによる第 1 の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第 1 の作用点及び第 2 の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する機能、

を実現させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、情報処理装置、情報処理方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、医療現場においては、支持アーム装置を用いて手術を行うことが広く行われつつある。例えば、特許文献 1 には、コントローラを介した操作者（術者、例えば外科医）の操作により外科用器具（術具）が取り付けられたアーム部が駆動される、いわゆるマスタースレーブ方式の医療用支持アーム装置が開示されている。

【0003】

一方で、特許文献 1 に記載されているようなマスタースレーブ方式の医療用支持アーム装置においては、術具に作用する力を検出し、当該力をコントローラを操作する術者に対して伝える、いわゆる力センシング及び力フィードバックを、高精度に実現するための技

10

20

30

40

50

術が確立されていない。その理由の１つとしては、術具の先端部に作用する力を検出するための力センサを、当該先端部に設置することが困難であることが挙げられる。例えば、腹腔鏡手術に用いられる鉗子について考えると、当該鉗子の先端部には直径５（ｍｍ）程度の狭い空間しか存在せず、例えば６軸力覚センサの様な高精度な力センサを当該空間に搭載することは困難である。

【０００４】

そこで、空気圧アクチュエータによって支持アーム装置のアーム部を駆動させるとともに、当該空気圧アクチュエータの駆動力に基づいてアーム部に取り付けられた術具に作用する力を推定し、カフィードバックを行う技術が開発されている（例えば特許文献２）。当該技術によれば、力センサを用いることなく術具に作用する力を推定することができるため、上述したような力センサの設置場所に係る問題を解決できる可能性がある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特許第５４５８１２２号公報

【特許文献２】特許第５３２７６８７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、特許文献２に記載されているような空気圧アクチュエータを用いる技術では、当該空気圧アクチュエータを駆動するためのエアコンプレッサを手術室に設置する必要があり、手術中に騒音等が発生する可能性がある。また、当該技術を用いた力センシング及びカフィードバックでは、その応答性、再現性の点で、未だ十分な精度が得られているとは言えない。

20

【０００７】

そこで、本開示では、より簡易な構成によって術具に作用する力を検出することが可能な、新規かつ改良された情報処理装置、情報処理方法及びプログラムを提案する。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本開示によれば、棒状部材の一側に設けられる第１の力センサによる第１の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する作用力計算部、を備える、情報処理装置が提供される。

30

【０００９】

また、本開示によれば、プロセッサが、棒状部材の一側に設けられる第１の力センサによる第１の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算すること、を含む、情報処理方法が提供される。

【００１０】

また、本開示によれば、コンピュータのプロセッサに、棒状部材の一側に設けられる第１の力センサによる第１の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する機能、を実現させるためのプログラムが提供される。

40

【００１１】

本開示によれば、棒状部材の一側に設けられる第１の力センサによる第１の検出値に基づいて、当該棒状部材の他側の互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかが計算される。従って、術具の一側（例えば根元側）に力センサを設けるといった比較的簡易な構成によって、術具の他側（例えば先端側）に作用する力を求めることが可能になる。

【発明の効果】

【００１２】

50

以上説明したように本開示によれば、より簡易な構成によって術具に作用する力を検出することが可能となる。なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、又は上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、又は本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本開示の第1の実施形態に係るシステムの概略構成を示す図である。

【図2】第1の実施形態における、鉗子の第1の作用点及び／又は第2の作用点への作用力の計算方法について説明するための説明図である。

【図3】第1の実施形態に係る情報処理装置の機能構成を示すブロック図である。

10

【図4】第1の実施形態に係る情報処理方法の処理手順の一例を示すフロー図である。

【図5】本開示の第2の実施形態に係るシステムの概略構成を示す図である。

【図6】第2の実施形態における、鉗子の第1の作用点及び／又は第2の作用点への作用力の計算方法について説明するための説明図である。

【図7】第2の実施形態に係る情報処理装置の機能構成を示すブロック図である。

【図8】第2の実施形態に係る情報処理方法の処理手順の一例を示すフロー図である。

【図9】第1の実施形態において力センサの配置位置が変更された変形例に係るシステムの概略構成を示す図である。

【図10】第2の実施形態において第1の力センサの配置位置が変更された変形例に係るシステムの概略構成を示す図である。

20

【図11】第1及び第2の実施形態に係るシステムのハードウェア構成の一例を示す機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0015】

なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1. 第1の実施形態

30

1-1. システムの構成

1-2. 作用力の計算方法

1-3. 機能構成

1-4. 情報処理方法

2. 第2の実施形態

2-1. システムの構成

2-2. 作用力の計算方法

2-3. 機能構成

2-4. 情報処理方法

3. 変形例

40

3-1. 第1の実施形態の変形例

3-2. 第2の実施形態の変形例

3-3. トルクセンサの代わりに6軸力覚センサが用いられる変形例

4. ハードウェア構成

5. 補足

【0016】

ここで、以下に説明する本開示の第1及び第2の実施形態では、医療用支持アーム装置のアーム部に取り付けられる術具に作用する力を検出する、いわゆる力センシングが行われる。以下の説明では、第1及び第2の実施形態の一例として、当該支持アーム装置が内視鏡手術、特に腹腔鏡手術に用いられ、当該術具が鉗子である場合について説明する。腹

50

腔鏡手術では、患者の身体に5 (mm) ~ 10 (mm) 程度の大きさの開口部を複数設け、これらの開口部から、腹腔鏡や電気メス、鉗子等の術具をそれぞれ挿入し、腹腔鏡によって術部を観察しながら、その他の術具によって術部に対して処置がなされる。このように、腹腔鏡手術では、患者の体内に細い鉗子を挿入して微細な作業を行う必要があるため、鉗子の操作が人手によって行われる場合には、術者（外科医）の技量により手術の成功率が大きく左右される可能性があった。第1及び第2の実施形態のように、腹腔鏡手術に対して支持アーム装置を用いることにより、手術の難易度を大きく低下させ、安全に手術を行うことが可能となる。

【0017】

第1及び第2の実施形態では、鉗子の様な棒状の部材に対して作用する力が好適に検出され得る。ただし、本開示はかかる例に限定されず、本開示における術具に作用する力を検出するための手法は、棒状の部材であれば、あらゆる術具に対して適用可能である。なお、以下の説明において、術具に作用する力という表現には、特に記載のない限り、力及びモーメントの両方又は一方が含まれる。

【0018】

また、第1及び第2の実施形態に係る支持アーム装置には、検出された術具に作用する力に基づいて、アーム部の駆動を制御する機能が備えられてよい。例えば、検出された術具に作用する力が所定のしきい値を超えた場合には、その方向にそれ以上術具が移動しないように、術具の移動を抑制するようにアーム部が制御されてもよい。これにより、術具と接触することにより患者の体腔内の組織に過大な力が加えられてしまう事態を防止することが可能となる。

【0019】

また、第1及び第2の実施形態に係る支持アーム装置は、コントローラを介して術者によって遠隔操作される、いわゆるマスタースレーブ方式の支持アーム装置であってもよい。その場合、当該支持アーム装置には、検出された術具に作用する力をコントローラを介して術者に対して伝達する、いわゆる力フィードバック機能が搭載され得る。

【0020】

ただし、本開示の第1及び第2の実施形態に特徴的な構成は、力センシングを行うための構成であり、アーム部の駆動制御を行うための構成や、力フィードバックを実現するための構成としては、各種の公知な構成を適用することができる。従って、以下では、検出された力を用いた各種の制御を行うための構成については、その詳細な説明を省略し、力センシングを行うための構成について主に説明を行う。

【0021】

（1．第1の実施形態）

（1-1．システムの構成）

図1を参照して、本開示の第1の実施形態に係るシステムの概略構成について説明する。図1は、本開示の第1の実施形態に係るシステムの概略構成を示す図である。

【0022】

図1では、第1の実施形態に係る支持アーム装置の、アーム部と術具との接続部近傍の構成のみを図示している。図1を参照すると、第1の実施形態に係るシステム1は、アーム部160に取り付けられる鉗子110と、鉗子110を動作させるためのモータ120と、モータ120の駆動力を鉗子110の先端部に伝達する伝達部材130と、鉗子110を患者の体内に挿入する際のガイドとなるトロッカー140と、鉗子110とアーム部160との接続部に設けられる力センサ150と、力センサ150の検出値に基づいて鉗子110に作用する力を計算する情報処理装置170と、を備える。

【0023】

アーム部160は、複数のリンクが関節部によって互いに連結された多リンク構造体であってよく、図1では、アーム部160を構成する一のリンクのみが概略的に図示されている。第1の実施形態に係る支持アーム装置は、図示しない制御装置によって、位置制御又は力制御等の、各種の公知の制御方式によって、アーム部160を駆動させることがで

10

20

30

40

50

きる。また、当該制御装置は、モータ１２０を駆動させることにより、鉗子１１０を動作させることができる。アーム部１６０の駆動制御、及び、鉗子１１０の動作の制御には、一般的な支持アーム装置において用いられる各種の公知の制御手法が適用され得るため、ここではその詳細な説明は省略する。

【００２４】

鉗子１１０は棒状の部材であり、その先端には、開閉可能なハサミ型の構成を有する把持部１１１が設けられる。手術時には、鉗子１１０が患者の体腔内に挿入され、把持部１１１によって、術部の血管を圧迫したり、切除した組織等を把持したりする。なお、鉗子１１０の種類は限定されず、鉗子１１０はあらゆる種類の鉗子であってよい。具体的には、鉗子１１０を体腔内に挿入する場合には、まず、患者の身体に設けられた５（mm）～１０（mm）程度の大きさの開口部に、トロッカー１４０が挿入される。トロッカー１４０は中空の筒状の部材であり、鉗子１１０は、当該トロッカー１４０の内部を通して患者の体腔内に挿入される。

10

【００２５】

ここで、手術中に鉗子１１０に対して外部から作用し得る力について考えてみる。鉗子１１０の先端部は、患者の体腔内において体組織と接触し得るため、鉗子１１０は、当該体組織との接触部位において力を受ける可能性がある。また、鉗子１１０の外周は、トロッカー１４０の内壁と接触し得るため、鉗子１１０は、トロッカー１４０の内壁との接触部位において力を受ける可能性がある。このように、鉗子１１０には、互いに異なる２つの部位から力が作用し得る。以下の説明では、鉗子１１０において、患者の体腔内の体組織との接触により力を受ける点を第１の作用点とも呼称し、トロッカー１４０の内壁との接触により力を受ける点を第２の作用点とも呼称する。

20

【００２６】

第１の作用点は、上述したように鉗子１１０の先端であり得る。一方、トロッカー１４０に外力が負荷されず、トロッカー１４０に鉗子１１０が単に挿入されている状態においては、鉗子１１０に対してトロッカー１４０の内壁から作用する力は、さほど大きなものではない。鉗子１１０に対してトロッカー１４０の内壁からより大きい力が作用し得る場合とは、トロッカー１４０に対して外部から力が作用している場合である。トロッカー１４０に対して外部から力が作用すると、その内部に挿入されている鉗子１１０にも、トロッカー１４０の側壁を介してその力が伝達されるからである。従って、第２の作用点は、鉗子１１０においてトロッカー１４０に挿入されている部位の中でも、トロッカー１４０に対して外部から力が作用する点であり得る。

30

【００２７】

トロッカー１４０の用途を考慮すると、トロッカー１４０の外壁は、患者の身体に設けられる開口部において、当該開口部の縁部と接触している。従って、呼吸等によって患者の身体が動くことにより、当該接触部位においてトロッカー１４０に対して外部から力が作用することとなる。このように、第２の作用点は、患者の身体に設けられる開口部の縁部とトロッカー１４０の外壁とが接触する位置における、トロッカー１４０の内壁と鉗子１１０との接触部位である。第２の作用点は、患者の体表面付近に対応する位置であるとも言える。

40

【００２８】

なお、第１の実施形態では、トロッカー１４０としては、各種の公知のトロッカーが用いられてよい。従って、図１では、図面が煩雑になることを避けるために、トロッカー１４０の詳細な構造の図示を省略している。ただし、図１では、説明のため、第２の作用点に対応する鉗子１１０とトロッカー１４０との接触部位だけを概略的に図示している。

【００２９】

図示するように、アーム部１６０の鉗子１１０の取り付け部には、鉗子１１０を動作させるためのモータ１２０が設けられる。図１に示す例では、鉗子１１０に対して２つのモータ１２０が設けられている。モータ１２０の駆動力が伝達部材１３０を介して鉗子１１０に伝達されることにより、鉗子１１０が動作する。

50

【 0 0 3 0 】

伝達部材 1 3 0 は、歯車（ギア）1 3 1、1 3 2 及びワイヤ 1 3 3 からなる。ギア 1 3 1 は、モータ 1 2 0 の駆動軸にその中心が軸支されており、モータ 1 2 0 の駆動に伴って回転する。ギア 1 3 1 には、例えば所定の減速比になるようにその大きさが調整されたギア 1 3 2 が噛合される。ギア 1 3 2 にはワイヤ 1 3 3 の一端が巻回されており、モータ 1 2 0 によって、ギア 1 3 1、1 3 2 を介して、ワイヤ 1 3 3 に張力が負荷される構成になっている。鉗子 1 1 0 は中空に構成され、ワイヤ 1 3 3 は鉗子 1 1 0 の内部に延設されている。ワイヤ 1 3 3 の他端は、鉗子 1 1 0 の先端の把持部 1 1 1 に接続されており、モータ 1 2 0 によって当該ワイヤ 1 3 3 が駆動されることにより、把持部 1 1 1 の開閉等の動作が行われる。なお、鉗子 1 1 0 が、例えば関節部等、把持部 1 1 1 以外にも可動部を有する場合には、ワイヤ 1 3 3 によって当該他の可動部が駆動されてもよい。

10

【 0 0 3 1 】

ここで、ギア 1 3 1、1 3 2 は、必ずしも設けられなくてもよく、モータ 1 2 0 の駆動軸に直接ワイヤ 1 3 3 が接続され、鉗子 1 1 0 が駆動されてもよい。ただし、ギア 1 3 1、1 3 2 のような伝達部材を用いることにより、アーム部 1 6 0 及び鉗子 1 1 0 のメンテナンスや交換等の作業がより容易になる。また、伝達部材 1 3 0 の具体的な構成も、図示されるものに限定されず、伝達部材 1 3 0 は、モータ 1 2 0 の駆動力をワイヤ 1 3 3 に伝達し得るように構成されればよく、その構成は任意であってよい。

【 0 0 3 2 】

なお、図 1 に示す例では、鉗子 1 1 0 を動作させる機構が、2 つのモータ 1 2 0 によって、2 本のワイヤ 1 3 3 がそれぞれ駆動されることにより構成されているが、鉗子 1 1 0 を動作させる機構はかかる例に限定されない。モータ 1 2 0 の配置数及び配置位置や伝達部材 1 3 0 の具体的な構成は、鉗子 1 1 0 の所望の動作を実現させるように、適宜設定され得る。

20

【 0 0 3 3 】

アーム部 1 6 0 と鉗子 1 1 0 との接続部には、力センサ 1 5 0 が設けられる。図 1 に示す例では、円環形状を有する力センサ 1 5 0 が 1 つ設けられている。図 1 では、力センサ 1 5 0 の断面を図示している。図示するように、鉗子 1 1 0 は、力センサ 1 5 0 を介してアーム部 1 6 0 と接続されており、力センサ 1 5 0 は、鉗子 1 1 0 に作用する力及びモーメントを検出することができる。力センサ 1 5 0 は、例えば 6 軸力覚センサであり、互いに直交する 3 軸方向の力と、当該 3 軸方向周りのモーメントを検出する機能を有する。このように、第 1 の実施形態では、鉗子 1 1 0 の一端に力センサ 1 5 0 が設けられ、他端側に第 1 の作用点及び第 2 の作用点が存在していることになる。

30

【 0 0 3 4 】

なお、力センサ 1 5 0 の配置数及び配置位置は、図示する例に限定されない。第 1 の実施形態では、力センサ 1 5 0 は、鉗子 1 1 0 の、第 1 の作用点及び第 2 の作用点とは異なる側に設けられればよく、その具体的な配置数及び配置位置は、後述する情報処理装置 1 7 0 による鉗子 1 1 0 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力の計算が精度良く実行されるように、任意に設定されてよい。

【 0 0 3 5 】

ここで、以下の説明では、棒状の部材である鉗子 1 1 0 の延伸方向を z 軸方向と定義する。また、当該 z 軸方向と互いに直交する 2 方向を x 軸方向及び y 軸方向と定義する。第 1 の実施形態では、力センサ 1 5 0 は、当該 x 軸方向、y 軸方向、z 軸方向を検出軸とするように配設される。

40

【 0 0 3 6 】

力センサ 1 5 0 によって検出された力及びモーメントについての情報は、情報処理装置 1 7 0 に送信される。情報処理装置 1 7 0 は、力センサ 1 5 0 の検出値に基づいて、鉗子 1 1 0 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力（以下、単に鉗子 1 1 0 への作用力とも呼称する。）を計算する。例えば、力センサ 1 5 0 は、所定の間隔で力及びモーメントを検出し、その検出値についての情報を随時情報処理装置 1 7 0 に送信するように

50

構成されている。情報処理装置 170 は、力センサ 150 の検出間隔に従って、所定の間隔で随時、鉗子 110 への作用力を計算することができる。なお、情報処理装置 170 が行う計算処理の詳細については、下記（１－２．作用力の計算方法）及び（１－３．機能構成）で改めて説明する。また、力センサ 150 と情報処理装置 170 との通信方式には、有線又は無線を問わず、各種の公知の通信方式が適用されてよい。

【0037】

ここで、情報処理装置 170 は、所定のプログラムに従って動作し、上述した計算処理を行う機能を有すればよく、その具体的な構成は限定されない。例えば、情報処理装置 170 は、PC (Personal Computer) 等の汎用的な情報処理装置であってもよいし、演算サーバ等の数値計算に特化した情報処理装置であってもよい。あるいは、情報処理装置 170 は、CPU (Central Processing Unit) や DSP (Digital Signal Processor) 等の各種のプロセッサであってもよいし、プロセッサとメモリ等の記憶装置とが一体的に構成されたいわゆるマイコンであってもよい。また、情報処理装置 170 は、支持アーム装置の駆動を制御する制御装置と一体的に構成されてもよい。

【0038】

更に、情報処理装置 170 は、必ずしも 1 台の装置でなくともよく、複数の装置によって構成され、当該複数の装置が互いに協働することによって上述した計算処理が行われてもよい。例えば、複数の装置によって計算処理が並列的に行われることにより、計算速度を向上させることができる。また、情報処理装置 170 は、支持アーム装置の近くに配置されなくともよく、例えばネットワーク上（いわゆるクラウド上）に設けられ、力センサ 150 の検出値を当該ネットワークを介して受信して、上述した計算処理を行ってもよい。

【0039】

以上、図 1 を参照して、第 1 の実施形態に係るシステム 1 の概略構成について説明した。

【0040】

（１－２．作用力の計算方法）

図 2 を参照して、上述した情報処理装置 170 において実行される、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力の計算方法について説明する。図 2 は、第 1 の実施形態における、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力の計算方法について説明するための説明図である。なお、図 2 は、図 1 に対して、鉗子 110 に対して作用する力を表す矢印や、鉗子 110 の寸法等の記載を追加したものに対応するため、図 1 を参照して既に説明した構成については、重複する説明を省略する。

【0041】

ここで、第 1 の実施形態では、鉗子 110 への作用力を求めるために、簡易的に、鉗子 110 が駆動することによって鉗子 110 に作用する力（以下、能動的な力とも呼称する。）については、考慮しないこととする。すなわち、第 1 の実施形態では、鉗子 110 が動作していない、静的な状態を仮定しているとも言える。このように、能動的な力を考慮しない場合であっても、鉗子 110 への作用力を一定の精度で求めることが可能である。なお、能動的な力まで考慮した、より高精度な作用力の計算方法については、下記（２．第 2 の実施形態）で詳しく説明する。第 1 の実施形態は、後述する第 2 の実施形態と比べて多少精度は低下する恐れはあるものの、より簡易な構成によって、鉗子 110 への作用力を求めることを可能にするものである。

【0042】

図 2 に示すように、能動的な力を考慮しない場合には、鉗子 110 には、第 1 の作用点 210 に対する力 211 と、第 2 の作用点 220 に対する力 221 と、鉗子 110 の自重による重力 231 が作用し得る。力 211 は、鉗子 110 の先端が患者の体腔内の体組織と接触することにより、当該鉗子 110 の先端に当該体組織から加えられる反力である。また、力 221 は、患者の身体に設けられる開口部の縁部と接触しているトロッカー 14

0 に対して、呼吸等による患者の身体の動きによって加えられる力が、トロツカー 140 の側壁を介して鉗子 110 に伝達されたものである。

【0043】

説明のため、以下では、第 1 の作用点 210 において x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向に作用する力を、それぞれ、 F_x 、 F_y 及び F_z と呼称する。また、第 1 の作用点 210 において作用する、x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向周りのモーメントを、それぞれ、 M_x 、 M_y 及び M_z と呼称する。また、同様に、第 2 の作用点 220 において x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向に作用する力を、それぞれ、 F_{tx} 、 F_{ty} 及び F_{tz} と呼称する。また、第 2 の作用点 220 において作用する、x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向周りのモーメントを、それぞれ、 M_{tx} 、 M_{ty} 及び M_{tz} と呼称する。更に、力センサ 150 の検出値において、x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向の力の検出値を、それぞれ、 F_{sx} 、 F_{sy} 及び F_{sz} と呼称し、x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向周りのモーメントの検出値を、それぞれ、 M_{sx} 、 M_{sy} 及び M_{sz} と呼称する。

10

【0044】

なお、上述したように、本実施形態では、力センサ 150 の配置数及び配置位置は図 1 に示す構成例に限定されない。例えば、アーム部 160 と鉗子 110 との接続部に力センサ 150 が複数設けられてもよい。力センサ 150 が複数設けられる場合には、これら複数の力センサ 150 の検出値が合成された値等が、 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} として扱われ得る。

【0045】

ここで、鉗子 110 の質量は、事前に測定可能な既知の量である。また、アーム部 160 及び鉗子 110 の位置及び姿勢は、例えば内部モデルとして、アーム部 160 の駆動を制御する制御装置によって保持されている（鉗子 110 の質量も内部モデルとして保持され得る）。従って、鉗子 110 に作用する重力 231 の大きさや、鉗子 110 の位置及び姿勢に応じた重力 231 に起因するモーメントの大きさは、当該制御装置が保持しているアーム部 160 及び鉗子 110 の位置及び姿勢についての情報に基づいて計算可能な、既知の値として扱うことができる。従って、第 1 の実施形態では、力センサ 150 の検出値から、重力 231 による成分を差し引いた値を、 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} とみなすこととする。これにより、以下の計算では、重力 231 や、重力 231 によるモーメントを考慮する必要がなくなる。

20

30

【0046】

ここで、第 1 の実施形態では、鉗子 110 への作用力を計算する際に、鉗子 110 の使用態様に応じた制約条件を設定する。当該制約条件は、手術内容等に応じた鉗子 110 の使用態様に鑑み、術者又はシステム 1 の設計者等によって適宜設定され得る。

【0047】

まず、トロツカー 140 と鉗子 110 との接触部位（すなわち、第 2 の作用点 220）においては、鉗子 110 に対しては、z 軸方向の力 F_{tz} 、x 軸周りのモーメント M_{tx} 、y 軸周りのモーメント M_{ty} 及び z 軸周りのモーメント M_{tz} は、ほぼ作用しないことが想定される。これは、鉗子 110 が、筒状の部材であるトロツカー 140 の内部に挿入されており、第 2 の作用点は、鉗子 110 の外周部とトロツカー 140 の内壁との接触部位であるため、構造的に、力 F_{tz} 及びモーメント M_{tx} 、 M_{ty} 、 M_{tz} は、他の力及びモーメントに比して十分小さい値となることが想定されるからである。従って、1 つ目の制約条件として、第 2 の作用点 220 における力 F_{tz} 及びモーメント M_{tx} 、 M_{ty} 、 M_{tz} を略ゼロとみなすこととする。

40

【0048】

また、第 1 の作用点 210 は、棒状の部材である鉗子 110 の先端であるため、第 1 の作用点 210 においては、鉗子 110 の延伸方向、すなわち z 軸方向以外の軸周りのモーメントはほぼ作用しないことが想定される。従って、2 つ目の制約条件として、第 1 の作用点 210 におけるモーメント M_x 、 M_y を略ゼロとみなすこととする。

【0049】

50

以上の制約条件の下で、力センサ 1 5 0 の検出値 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} （ただし、重力 2 3 1 の成分を差し引いたもの）と、第 1 の作用点 2 1 0 における F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z と、第 2 の作用点 2 2 0 における F_{tx} 、 F_{ty} 、 F_{tz} 、 M_{tx} 、 M_{ty} 、 M_z と、の間での、力及びモーメントの釣り合いを考えると、以下の数式（１）～（６）を得ることができる。なお、下記数式（４）～（６）は、第 2 の作用点を中心としたモーメントの釣り合いから導出したものである。

【 0 0 5 0 】

【数 1】

$$F_{sx} + F_{tx} + F_x = 0$$

……（１）

10

【 0 0 5 1 】

【数 2】

$$F_{sy} + F_{ty} + F_y = 0$$

……（２）

20

【 0 0 5 2 】

【数 3】

$$F_{sz} + F_z = 0$$

……（３）

【 0 0 5 3 】

【数 4】

$$-F_{sx} \times L_t + M_{sy} + F_x \times L_s = 0$$

……（４）

30

【 0 0 5 4 】

【数 5】

$$F_{sy} \times L_t + M_{sx} - F_y \times L_s = 0$$

……（５）

40

【 0 0 5 5 】

【数 6】

$$M_{sz} = M_s$$

……（６）

【 0 0 5 6 】

なお、 L_t は、力センサ 1 5 0 から第 2 の作用点 2 2 0 までの距離であり、 L_s は、第 2 の作用点 2 2 0 から鉗子 1 1 0 の先端までの距離である。

50

【 0 0 5 7 】

ここで、上記数式(1)～(6)において、 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} は、力センサ150から得られる値であり、既知の値である。また、 L_t 、 L_s も既知の値である。何故ならば、 L_t 、 L_s は、鉗子110の全長と、トロツカー140と鉗子110との位置関係と、から容易に計算することができるからである。具体的には、鉗子110の全長は、鉗子110の構造上、当然既知の値であり、例えば支持アーム装置の制御装置がアーム部160の駆動を制御する際に用いられる内部モデルに、当該鉗子110の長さについての情報も含まれている。また、手術中においてトロツカー140は患者に挿入されているためにその位置はほぼ固定されており、上記内部モデルには、当該トロツカー140の位置情報も含まれている。更に、上述したように、鉗子110の位置情報も、上記内部モデルに含まれている。従って、当該制御装置によって、鉗子110の全長、及びトロツカー140と鉗子110との位置関係が把握されているため、 L_t 、 L_s を、既知の値として扱うことができるのである。

10

【 0 0 5 8 】

このように、数式(1)～(6)における未知数は、 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_z 、 F_{tx} 、 F_{ty} の6つだけとなる。数式の数と未知数の数とが一致しているため、数式(1)～(6)からなる連立方程式を解くことにより、 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_z 、 F_{tx} 、 F_{ty} を求めることができる。第1の実施形態では、情報処理装置170が、数式(1)～(6)からなる連立方程式を解くことにより、 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_z 、 F_{tx} 、 F_{ty} を求める。

20

【 0 0 5 9 】

例えば、情報処理装置170は、各種の数値計算の手法により、上記連立方程式を解くことができる。連立方程式を解くための数値計算の手法としては、各種の公知の手法を用いることが可能であるため、ここでは詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 0 】

あるいは、鉗子110の使用態様がほぼ変化せず、制約条件が一定である場合には、予め上記連立方程式の解析解が、術者又はシステム1の設計者等により計算され、システム1に入力されていてもよい。例えば、上記数式(1)～(6)からなる連立方程式を未知数について解くことにより、解析解として、以下の数式(7)～(12)を得ることができる。情報処理装置170は、下記数式(7)～(12)に、力センサ150の検出値である F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} や、既知の量として計算可能な L_t 、 L_s を代入することにより、 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_z 、 F_{tx} 、 F_{ty} を求めることができる。

30

【 0 0 6 1 】

【数7】

$$F_x = \frac{F_{sx} \times L_t - M_{sy}}{L_s}$$

…… (7)

40

【 0 0 6 2 】

【数8】

$$F_y = \frac{M_{sx} + F_{sy} \times L_t}{L_s}$$

…… (8)

【 0 0 6 3 】

50

【数 9】

$$F_z = -F_{sz}$$

..... (9)

【0 0 6 4】

【数 1 0】

$$M_z = M_{sz}$$

..... (1 0)

10

【0 0 6 5】

【数 1 1】

$$F_{tx} = \frac{F_{sx} \times (L_t + L_s) - M_{sy}}{L_s}$$

..... (1 1)

20

【0 0 6 6】

【数 1 2】

$$F_{ty} = \frac{M_{sx} + F_{sy} \times (L_t + L_s)}{L_s}$$

..... (1 2)

【0 0 6 7】

30

以上、第 1 の実施形態に係る作用力の計算方法について説明した。以上説明したように、第 1 の実施形態では、力センサ 1 5 0 の検出値と、第 1 の作用点 2 1 0 への作用力と、第 2 の作用点への作用力と、の釣り合い式に基づいて、鉗子 1 1 0 の当該第 1 の作用点 2 1 0 への作用力及び / 又は当該第 2 の作用点への作用力が計算される。その際、鉗子 1 1 0 の使用態様に応じて、鉗子 1 1 0 への作用力について制約条件が設定され、当該制約条件に基づいて上記釣り合い式が簡略化されることにより、鉗子 1 1 0 の第 1 の作用点 2 1 0 への作用力及び / 又は第 2 の作用点への作用力が計算される。

【0 0 6 8】

40

ここで、制約条件は上述した例に限定されない。上記実施形態では、腹腔鏡手術に用いられる鉗子 1 1 0 に作用する力が計算されるため、上述したような制約条件を設けたが、鉗子 1 1 0 の種類やその使用方法によっては、異なる制約条件が設定されてよい。また、冒頭で説明したように、第 1 の実施形態では、作用力が計算される対象は鉗子 1 1 0 に限定されず、他のあらゆる棒状の部材への作用力が計算されてもよい。部材に応じた、その使用態様も変化し得るため、第 1 の実施形態では、作用力の計算対象である部材の使用態様に応じて、適切な制約条件が、システム 1 の使用者及び設計者等により適宜設定されてよい。制約条件が異なる場合であっても、上述した方法と同様に、力及びモーメントの釣り合い式を当該制約条件に基づいて簡略化することにより、部材に作用する力を計算することが可能である。

【0 0 6 9】

(1 - 3 . 機能構成)

50

次に、図 3 を参照して、以上説明した計算処理を実行する情報処理装置 170 の機能構成について説明する。図 3 は、第 1 の実施形態に係る情報処理装置 170 の機能構成を示すブロック図である。

【0070】

図 3 を参照すると、第 1 の実施形態に係る情報処理装置 170 は、記憶部 171 と、制御部 172 と、を備える。図示するように、情報処理装置 170 は、力センサ 150 と、各種の情報を通信可能に接続される。情報処理装置 170 は、力センサ 150 から、当該力センサ 150 による検出値（すなわち力及びモーメント）についての情報を取得することができる。なお、図示は省略するが、情報処理装置 170 は、アーム部 160 の駆動を制御する制御装置とも、各種の情報を通信可能に接続されている。情報処理装置 170 は、当該制御装置から、アーム部 160 及び鉗子 110 の位置及び姿勢についての情報や、上述した L_t 、 L_s を計算するために必要な情報等を取得することができる。

10

【0071】

記憶部 171 は、例えば HDD (Hard Disk Drive) 等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等の各種の記憶デバイスによって構成され、制御部 172 によって処理される各種の情報及び制御部 172 による処理結果等を記憶する。制御部 172 は、記憶部 171 に記憶されている各種の情報を利用することにより、各種の処理を実行することができる。

【0072】

第 1 の実施形態では、記憶部 171 は、上記（1 - 2 . 作用力の計算方法）で説明した計算を行うために必要な各種の情報を記憶する。例えば、記憶部 171 は、力センサ 150 の検出値を記憶する。また、例えば、記憶部 171 は、上記制御装置から送信される各種の情報（例えば、アーム部 160 及び鉗子 110 の位置及び姿勢についての情報、鉗子 110 の形状や質量等についての情報、トロッカ 140 の位置についての情報等）を記憶する。また、例えば、記憶部 171 は、上述した制約条件についての情報を記憶する。なお、当該制約条件についての情報は、手術に先立ち、術者やシステム 1 の設計者等によって、予め記憶部 171 に入力され得る。

20

【0073】

制御部 172 は、例えば CPU や DSP 等の各種のプロセッサによって構成され、情報処理装置 170 における各種の処理を統括的に制御する。制御部 172 は、その機能として、作用力計算部 173 を有する。なお、制御部 172 の各機能は、制御部 172 を構成する各種のプロセッサが所定のプログラムに従って動作することにより実現され得る。

30

【0074】

作用力計算部 173 には、力センサ 150 から、その検出値についての情報が入力される。作用力計算部 173 は、力センサ 150 の検出値に基づいて、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力を計算する。具体的には、作用力計算部 173 は、力センサ 150 の検出値と、記憶部 171 に記憶されている各種の情報と、に基づいて、上記（1 - 2 . 作用力の計算方法）で説明した計算を行い、鉗子 110 への作用力を計算する。

【0075】

より具体的には、作用力計算部 173 は、記憶部 171 に記憶されている制約条件に基づいて、上記数式（1）～（6）に示すような、力の釣り合い及びモーメントの釣り合いを示す数式を立式する。ここで、作用力計算部 173 には、力センサ 150 から、その検出値が提供されている。また、作用力計算部 173 は、記憶部 171 に記憶されている、鉗子 110 についての情報やアーム部 160 の位置及び姿勢を示す情報等に基づいて、鉗子 110 に作用する重力の成分や、上述した L_t 、 L_s を計算することができる。作用力計算部 173 は、立式した数式に、重力の成分を差し引いた力センサ 150 の検出値や、 L_t 、 L_s 等の既知の値を代入した上で、これらの数式を連立し、未知数（すなわち、鉗子 110 への作用力）について解くことができる。この際、鉗子 110 の使用態様がほぼ変化せず、制約条件が一定である場合には、予め上記連立方程式を未知数について解いた

40

50

解析解（例えば上記数式（７）～（１２））が、術者及びシステム１の設計者等により計算され、記憶部１７１に記憶されていてもよい。作用力計算部１７３は、当該解析解に対して、重力の成分を差し引いた力センサ１５０の検出値や、 L_t 、 L_s 等の既知の値を代入することにより、鉗子１１０への作用力を計算することができる。なお、力センサ１５０の検出値は、情報処理装置１７０に送信された後、一旦記憶部１７１に記憶されてもよく、作用力計算部１７３は、記憶部１７１を参照することにより、計算に用いる力センサ１５０の検出値を得てもよい。

【００７６】

なお、作用力計算部１７３は、上記数式（１）～（６）からなる連立方程式を解く際、又は上記数式（７）～（１２）に既知の値を代入する際に、必ずしも全ての未知数を求めなくてもよい。例えば、鉗子１１０の先端（すなわち第１の作用点）への作用力のみを求めたい場合であれば、作用力計算部１７３は、第１の作用点での作用力に対応する未知数のみを計算することができる。いずれの未知数を求めるかは、術者及びシステム１の設計者等によって適宜設定されてよい。

10

【００７７】

作用力計算部１７３によって計算された鉗子１１０への作用力は、例えば、上記制御装置に送信される。当該制御装置では、計算された鉗子１１０への作用力に基づいて、アーム部１６０の制御や、術者のコントローラへの力フィードバックの制御が行われる。あるいは、作用力計算部１７３による計算結果は、例えば表示部（図示せず。）に表示されたり、通信部（図示せず。）を介して他の機器に送信されたりして、術者等に対して、数値、グラフ等の形式で出力されてもよい。

20

【００７８】

以上、図３を参照して、情報処理装置１７０の機能構成について説明した。以上説明したように、第１の実施形態によれば、作用力計算部１７３によって、鉗子１１０の一侧（アーム部１６０との接続部）に設けられる力センサ１５０の検出値に基づいて、鉗子１１０の他側に存在する互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかが計算される。従って、鉗子１１０の先端に力センサを設けなくても、当該先端における作用力を計算することができる。このように、第１の実施形態によれば、より簡易な構成で、鉗子１１０に作用する力を検出することが可能になる。

30

【００７９】

鉗子１１０に作用する力が検出可能であることにより、検出された力を用いて、術部の診断を行ったり、手術の安全性をより高めたりすることができる。例えば、検出された鉗子１１０への作用力に基づいて、術部の硬さを調べることにより患者の病状を確認したり、腹腔鏡等のカメラでは確認できない部位の感触を確認したりすることができる。また、例えば、検出された鉗子１１０への作用力に基づいて、一定以上の力が術部に負荷されないように鉗子１１０が取り付けられるアーム部１６０の駆動制御を行ったり、切除した部位を体外に引っ張り出す際に体内の他の組織に引っ掛かっていないかどうかを判断したりすることができる。このように、検出された鉗子１１０への作用力は、様々な用途に用いられてよい。

40

【００８０】

ここで、上記の説明では、鉗子１１０の全長が一定であるとして、鉗子１１０への作用力を計算していた。しかしながら、第１の実施形態はかかる例に限定されず、鉗子１１０は、その長さが可変であってもよい。鉗子１１０の長さが可変である場合、 L_t 、 L_s の値が、鉗子１１０の長さの変化に応じて変化し得る。第１の実施形態では、鉗子１１０の長さが可変である場合には、作用力計算部１７３は、鉗子１１０の長さの変化に応じて L_t 、 L_s を計算し、計算された L_t 、 L_s を用いて、第１の作用点及び／又は第２の作用点への作用力を計算することができる。具体的には、鉗子１１０の長さの変化は、アーム部１６０の駆動を制御する制御装置によって、例えば内部モデルとして把握されている。従って、作用力計算部１７３は、鉗子１１０の長さが変化した場合に、当該制御装置から変化後の鉗子１１０の長さについての情報を取得することにより、 L_t 、 L_s を計算し直

50

することができる。

【0081】

また、上記の説明では、鉗子110を、略直線的に延伸する棒状の部材として扱っていた。しかしながら、第1の実施形態はかかる例に限定されず、鉗子110は、関節部を有し、その形状及び姿勢を変化可能に構成されてもよい。この場合、鉗子110の形状及び姿勢の変化に応じて、第1の作用点及び第2の作用点の位置（すなわち L_t 、 L_s の値）や、鉗子110の重心の位置（すなわち重力が作用する位置）が変化し得る。第1の実施形態では、鉗子110が関節部を有する場合には、作用力計算部173は、鉗子110の形状及び姿勢の変化に応じて、第1の作用点、第2の作用点及び重心の位置を計算し、計算されたこれらの位置情報を上記数式（1）～（6）に反映して、第1の作用点及び／又は第2の作用点への作用力を計算することができる。具体的には、鉗子110が関節部を有する場合には、その鉗子110の関節部の駆動は、アーム部160の駆動を制御する制御装置によって制御され得る。従って、関節部が駆動されたことによる鉗子110の形状や姿勢の変化は、例えば内部モデルとして、当該制御装置によって把握されている。従って、作用力計算部173は、関節部が駆動し鉗子110の形状及び姿勢が変化した場合に、当該制御装置から変化後の鉗子110の形状及び姿勢についての情報を取得することにより、第1の作用点、第2の作用点及び重心の位置を計算し直すことができる。

10

【0082】

なお、図3では、簡単のため、第1の実施形態に特徴的な機能のみを図示し、その他の機能の図示を省略している。情報処理装置170は、一般的な情報処理装置が有する各種の機能を更に有してもよい。例えば、情報処理装置170は、ユーザによる各種の操作入力を受け付ける入力部、ユーザに対して視覚的、聴覚的に各種の情報を出力する出力部、外部の他の機器との間で通信を行う通信部等の機能を更に有し得る。

20

【0083】

また、情報処理装置170の装置構成は、図3に示す例に限定されない。例えば、図3に示す情報処理装置170の各機能は、必ずしも1つの装置に一体的に搭載されなくてもよい。図3に示す情報処理装置170に搭載される各機能が、複数の装置に分散されて搭載され、当該複数の装置が通信可能に接続されることにより、情報処理装置170が構成されてもよい。例えば、記憶部171は、情報処理装置170とは異なる外部の機器として備えられてもよく、情報処理装置170が、外部機器である記憶部171と通信を行いながら、上述した計算処理を実行してもよい。また、例えば、制御部172の各機能は、1つのプロセッサによって実行されてもよいし、複数のプロセッサの協働によって実行されてもよい。

30

【0084】

また、上述のような第1の実施形態に係る情報処理装置170の機能を実現するためのコンピュータプログラムを作製し、パーソナルコンピュータ等を実装することが可能である。また、このようなコンピュータプログラムが格納された、コンピュータで読み取り可能な記録媒体も提供することができる。記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリなどである。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信してもよい。

40

【0085】

（1-4．情報処理方法）

図4を参照して、図3に示す情報処理装置170において行われる、情報処理方法について説明する。図4は、第1の実施形態に係る情報処理方法の処理手順の一例を示すフロー図である。なお、図4に示す各処理は、図3に示す制御部172が所定のプログラムに従って動作することにより実行され得る。

【0086】

第1の実施形態に係る情報処理方法では、まず、制御部172によって、力センサ150による検出値が取得される（ステップS101）。力センサ150の検出値は、直接図3に示す作用力計算部173に提供されてもよいし、一旦記憶部171に記憶されてもよ

50

い。

【 0 0 8 7 】

次に、作用力計算部 1 7 3 によって、取得した検出値に基づいて、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における鉗子 1 1 0 への作用力が計算される (ステップ S 1 0 3) 。具体的には、作用力計算部 1 7 3 によって、力センサ 1 5 0 の検出値と、記憶部 1 7 1 に記憶されている各種の情報と、に基づいて、上記 (1 - 2 . 作用力の計算方法) で説明した計算が行われ、当該作用力が計算される。なお、ステップ S 1 0 3 に示す処理では、第 1 の力センサ 1 5 0 の検出値から、鉗子 1 1 0 の重力による成分が差し引かれたものを用いて作用力が計算されてよい。

【 0 0 8 8 】

最後に、作用力計算部 1 7 3 による計算結果が出力される (ステップ S 1 0 5) 。計算結果の出力先は、例えば、鉗子 1 1 0 を駆動させている支持アーム装置の制御装置である。当該制御装置において、計算結果に基づいて、アーム部 1 6 0 の駆動制御や、術者のコントローラへのカフィードバック制御が行われる。

【 0 0 8 9 】

以上、図 4 を参照して、第 1 の実施形態に係る情報処理方法について説明した。

【 0 0 9 0 】

(2 . 第 2 の実施形態)

上述したように、第 1 の実施形態では、鉗子 1 1 0 に作用する能動的な力を考慮せずに、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における鉗子 1 1 0 への作用力が計算される。しかしながら、実際には、力センサ 1 5 0 の検出値には、モータ 1 2 0 を駆動させることにより鉗子 1 1 0 に与えられる力による影響が含まれている。第 2 の実施形態は、能動的な力まで考慮することにより、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における鉗子 1 1 0 への作用力を、より高精度に計算するものである。

【 0 0 9 1 】

(2 - 1 . システムの構成)

図 5 を参照して、本開示の第 2 の実施形態に係るシステムの概略構成について説明する。図 5 は、本開示の第 2 の実施形態に係るシステムの概略構成を示す図である。なお、第 2 の実施形態に係るシステムは、図 1 を参照して説明した第 1 の実施形態に係るシステム 1 に対して、後述する力センサ 2 8 0 が追加され、それに伴って情報処理装置 1 7 0 の機能が変更されたものに対応する。その他の部材の構成及び機能はシステム 1 と同様であるため、以下の第 2 の実施形態についての説明では、第 1 の実施形態と重複する事項についてはその詳細な説明を省略し、第 1 の実施形態との相違点について主に説明することとする。

【 0 0 9 2 】

図 5 を参照すると、第 2 の実施形態に係るシステム 2 は、鉗子 1 1 0 と、モータ 1 2 0 と、伝達部材 1 3 0 と、トロッカー 1 4 0 と、力センサ 1 5 0 、 2 8 0 と、情報処理装置 2 9 0 と、を備える。ここで、鉗子 1 1 0 、モータ 1 2 0 、伝達部材 1 3 0 、トロッカー 1 4 0 及び力センサ 1 5 0 の構成及び機能は、第 1 の実施形態におけるこれらの部材の構成及び機能と同様であるため、その詳細な説明は省略する。

【 0 0 9 3 】

力センサ 2 8 0 は、モータ 1 2 0 の駆動軸に設けられ、当該駆動軸のトルクを検出するトルクセンサである。以下では、力センサ 1 5 0 と力センサ 2 8 0 とを区別するために、力センサ 1 5 0 のことを第 1 の力センサ 1 5 0 とも呼称し、力センサ 2 8 0 のことを第 2 の力センサ 2 8 0 とも呼称する。図 5 に示す例では、2 つのモータ 1 2 0 の駆動軸に、それぞれ第 2 の力センサ 2 8 0 が設けられている。第 2 の力センサ 2 8 0 と情報処理装置 2 9 0 とは通信可能に接続されており、第 2 の力センサ 2 8 0 によって検出されたモータ 1 2 0 の駆動軸のトルクについての情報は、情報処理装置 2 9 0 に送信される。第 2 の力センサ 2 8 0 のトルクの検出間隔及び第 2 の力センサ 2 8 0 から情報処理装置 2 9 0 への検出値についての情報の送信間隔は、例えば、第 1 の力センサ 1 5 0 の検出間隔及び第 1 の

10

20

30

40

50

力センサ 150 から情報処理装置 290 への検出値についての情報の送信間隔と同期している。第 1 の力センサ 150 の検出値は、鉗子 110 に作用する力が変化することにより変化し得るし、第 2 の力センサ 280 の検出値は、モータ 120 の駆動力が変化することにより変化し得るため、第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 が互いに同期し、同一のタイミングで力及びモーメント（トルク）を検出することにより、時間変化まで考慮したより正確な検出値を得ることができる。なお、第 2 の力センサ 280 と情報処理装置 290 との間の通信方式には、有線又は無線を問わず、任意の通信方式が適用されてよい。

【0094】

情報処理装置 290 は、第 1 の力センサ 150 の検出値及び第 2 の力センサ 280 の検出値に基づいて、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点に作用する力を計算する。情報処理装置 290 は、第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 の検出間隔に従って、所定の間隔で随時、鉗子 110 への作用力を計算してよい。上述したように、第 2 の力センサ 280 の検出値は、モータ 120 の駆動軸のトルクであり、モータ 120 が駆動することにより鉗子 110 に作用する力、すなわち、能動的な力を表すものである。第 2 の実施形態では、情報処理装置 290 は、第 1 の力センサ 150 の検出値及び第 2 の力センサ 280 の検出値の双方を用いて、能動的な力による影響を除去して、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点に作用する力を計算する。これにより、能動的な力まで考慮した、より精度の高い計算が可能となる。なお、情報処理装置 290 が行う計算処理の詳細については、下記（2 - 2 . 作用力の計算方法）及び（2 - 3 . 機能構成）で改めて説明する。

【0095】

なお、情報処理装置 290 は、第 1 の実施形態に係る情報処理装置 170 と同様に、所定のプログラムに従って動作し、上述した計算処理を行う機能を有すればよく、その具体的な構成は限定されない。例えば、情報処理装置 290 は、PC やサーバ、プロセッサ等であり得る。

【0096】

以上、図 5 を参照して、第 2 の実施形態に係るシステム 2 の概略構成について説明した。

【0097】

（2 - 2 . 作用力の計算方法）

図 6 を参照して、上述した情報処理装置 290 において実行される、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力の計算方法について説明する。図 6 は、第 2 の実施形態における、鉗子 110 の第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点への作用力の計算方法について説明するための説明図である。なお、図 6 は、図 5 のアーム部 160 と鉗子 110 との接続部近傍を拡大したものであるため、図 5 を参照して既に説明した構成については、重複する説明は省略する。

【0098】

ここで、第 2 の実施形態に係る計算方法では、第 1 の力センサ 150 の検出値（上述した F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} ）に基づいて、第 1 の作用点における力及びモーメント（上述した F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z ）と、第 2 の作用点における力及びモーメント（上述した F_{tx} 、 F_{ty} 、 F_{tz} 、 M_{tx} 、 M_{ty} 、 M_z ）を求める方法は、第 1 の実施形態と同様である。すなわち、第 2 の実施形態においても、上記（1 - 2 . 作用力の計算方法）で説明した方法と同様の制約条件に基づいて、上記数式（1）～（6）を立式し、当該数式（1）～（6）を用いて、未知数である F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_z 、 F_{tx} 、 F_{ty} が計算される。ただし、第 2 の実施形態では、第 1 の力センサ 150 の検出値から、第 2 の力センサ 280 の検出値から算出される能動的な力の成分を差し引いたものを、 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} とみなし、数式（1）～（6）を解く。ここでは、図 6 を参照して、能動的な力について説明する。

【0099】

図 6 では、モータ 1 2 0 が駆動することにより鉗子 1 1 0 及び伝達部材 1 3 0 等に作用し得る力及びモーメント（トルク）を矢印で図示している。

【 0 1 0 0 】

トルク 3 1 0 は、モータ 1 2 0 が駆動することにより駆動軸に与えられるトルクを表している。第 2 の力センサ 2 8 0 は、当該トルク 3 1 0 を検出するように設けられる。

【 0 1 0 1 】

力 3 2 0 は、トルク 3 1 0 を受けて、ギア 1 3 1 がギア 1 3 2 に与える力を表している。力 3 3 0 は、力 3 2 0 を受けて、ギア 1 3 2 がワイヤ 1 3 3 を引っ張る力（張力）を表している。すなわち、力 3 3 0 は、ワイヤ 1 3 3 が鉗子 1 1 0 の先端を引っ張る力であるとも言える。

10

【 0 1 0 2 】

ここで、図 1 及び図 5 では図示を省略していたが、図 6 に示すように、ギア 1 3 2 は、実際には、その回転軸が鉗子 1 1 0 によって軸支されるように構成されている。従って、力 3 2 0 を受けてギア 1 3 2 が回転することにより、当該回転軸を介して、鉗子 1 1 0 に力 3 4 0 が与えられ得る。また、ワイヤ 1 3 3 の張力である力 3 3 0 を受けて、ギア 1 3 2 の回転軸が鉗子に与える力 3 5 0 も生じ得る。

【 0 1 0 3 】

これらの力及びトルクのうち、ワイヤ 1 3 3 に生じる張力である力 3 3 0 と、当該力 3 3 0 によって鉗子 1 1 0 が受ける力 3 5 0 とは、互いに打ち消し合う関係にある。従って、モータ 1 2 0 が駆動し鉗子 1 1 0 が動いている間は、鉗子 1 1 0 には、第 1 の作用点及び第 2 の作用点において作用する力以外に、力 3 4 0 が、第 1 の力センサ 1 5 0 によって検出され得る。このように、第 1 の力センサ 1 5 0 の検出値から、第 1 の作用点及び第 2 の作用点における作用力を計算する際に、当該力 3 4 0 はノイズとなり得る。

20

【 0 1 0 4 】

一方、力 3 4 0 は、トルク 3 1 0 がギア 1 3 1、1 3 2 を介して伝達されることにより生じる力であり、ギア 1 3 1、1 3 2 の形状やトルク 3 1 0 の値に基づいて、容易に算出され得るものである。そこで、第 2 の実施形態では、情報処理装置 2 9 0 が、第 2 の力センサ 2 8 0 の検出値（すなわちトルク 3 1 0）に基づいて、モータ 1 2 0 の駆動力に応じて鉗子 1 1 0 に加えられる力及びモーメント（すなわち力 3 4 0 や当該力 3 4 0 に起因するモーメント）を計算し、計算された当該力 3 4 0 の成分を第 1 の力センサ 1 5 0 の検出値から差し引く処理を行う。そして、情報処理装置 2 9 0 が、力 3 4 0 の成分が除去された力センサ 1 5 0 の検出値を用いて（すなわち、力 3 4 0 の成分が除去された力センサ 1 5 0 の検出値を F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} とみなして）、上記（1 - 2 . 作用力の計算方法）で説明した方法と同様の方法によって、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における作用力を計算する。このような処理を行うことにより、能動的な力による影響が除去された、より高精度な、第 1 の作用点及び第 2 の作用点における作用力の計算を行うことが可能となる。

30

【 0 1 0 5 】

なお、図 6 では、2 つのモータ 1 2 0 のうちの一方について、その駆動力に伴う力及びモーメントを図示しているが、他方のモータ 1 2 0 についても同様に、他方のモータ 1 2 0 が駆動することにより鉗子 1 1 0 及び伝達部材 1 3 0 等に作用し得る力及びモーメント（トルク）が存在する。第 2 の実施形態では、他方のモータ 1 2 0 の駆動軸にも第 2 の力センサ 2 8 0 が設けられる。そして、情報処理装置 2 9 0 は、当該他方の第 2 の力センサ 2 8 0 の検出値も併せて用いて、双方のモータ 1 2 0 の駆動力に応じて鉗子 1 1 0 に加えられる力及びモーメントを計算し、双方のモータ 1 2 0 の駆動力の影響を除去して、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における作用力を計算する。

40

【 0 1 0 6 】

以上、第 2 の実施形態に係る作用力の計算方法について説明した。

【 0 1 0 7 】

（ 2 - 3 . 機能構成 ）

50

次に、図 7 を参照して、以上説明した計算を実行する情報処理装置 290 の機能構成について説明する。図 7 は、第 2 の実施形態に係る情報処理装置 290 の機能構成を示すブロック図である。

【0108】

図 7 を参照すると、第 2 の実施形態に係る情報処理装置 290 は、記憶部 291 と、制御部 292 と、を備える。図示するように、情報処理装置 290 は、第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 と、各種の情報を通信可能に接続される。なお、図 7 では、概略的に第 2 の力センサ 280 を 1 つのブロックとして図示しているが、実際には、図 5 に示すように第 2 の力センサ 280 はモータ 120 のそれぞれに設けられ、これら複数の第 2 の力センサ 280 の検出値が、情報処理装置 290 に送信される。情報処理装置 290 は、第 1 の力センサ 150 から、当該第 1 の力センサ 150 による検出値（すなわち力及びモーメント）についての情報を取得するとともに、第 2 の力センサ 280 から、当該第 2 の力センサ 280 による検出値（すなわちモータ 120 の駆動軸に作用するトル）についての情報を取得することができる。また、図示は省略するが、情報処理装置 290 は、アーム部 160 の駆動を制御する制御装置とも、各種の情報を通信可能に接続されている。情報処理装置 290 は、当該制御装置から、アーム部 160 及び鉗子 110 の位置及び姿勢についての情報や、上述した L_t 、 L_s を計算するために必要な情報等を取得することができる。

【0109】

記憶部 291 は、例えば HDD 等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等の各種の記憶デバイスによって構成され、制御部 292 によって処理される各種の情報及び制御部 292 による処理結果等を記憶する。制御部 292 は、記憶部 291 に記憶されている各種の情報を利用することにより、各種の処理を実行することができる。

【0110】

記憶部 291 は、第 1 の実施形態に係る記憶部 171 と同様の情報を記憶する。ただし、第 2 の実施形態では、記憶部 291 は、これらの情報に加えて、第 2 の力センサ 280 の検出値を記憶することができる。更に、記憶部 291 は、第 2 の力センサ 280 の検出値から、第 1 の力センサ 150 の検出値に含まれる、図 6 に示す力 340 の成分を求めるために必要な各種の情報（例えば、ギア 131、132 の形状や取り付け位置等についての情報）を記憶している。当該情報は、アーム部 160 及び鉗子 110 の構成に応じて決定され得るものであるため、手術に先立ち、術者やシステム 1 の設計者等によって、予め記憶部 171 に入力され得る。

【0111】

制御部 292 は、例えば CPU や DSP 等の各種のプロセッサによって構成され、情報処理装置 290 における各種の処理を統括的に制御する。制御部 292 は、その機能として、能動的作用力除去部 293 と、作用力計算部 294 と、を有する。なお、制御部 292 の各機能は、制御部 292 を構成する各種のプロセッサが所定のプログラムに従って動作することにより実現され得る。

【0112】

能動的作用力除去部 293 には、第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 から、その検出値についての情報が入力される。能動的作用力除去部 293 は、第 2 の力センサ 280 の検出値から、第 1 の力センサ 150 の検出値に含まれる、モータ 120 の駆動力によって鉗子 110 に与えられる力及びモーメント（すなわち図 6 に示す力 340 及び当該力 340 に起因するモーメント）の成分を計算する。当該計算には、記憶部 291 に記憶されている、ギア 131、132 の形状や取り付け位置等についての情報等が用いられ得る。能動的作用力除去部 293 は、計算結果に基づいて、第 1 の力センサ 150 の検出値からモータ 120 の駆動力に起因する成分を差し引く処理を行う。能動的作用力除去部 293 は、第 1 の力センサ 150 の検出値からモータ 120 の駆動力に起因する成分を差し引いた値（すなわち、第 1 の力センサ 150 の検出値から能動的な力による成分を差

10

20

30

40

50

し引いた値)を、作用力計算部294に提供する。なお、第1の力センサ150及び第2の力センサ280の検出値は、情報処理装置290に送信された後、一旦記憶部291に記憶されてもよく、能動的作用力除去部293は、記憶部291を参照することにより、計算に用いる第1の力センサ150及び第2の力センサ280の検出値を得てもよい。

【0113】

なお、図5に示すように、複数のモータ120に応じて複数の第2の力センサ280が設けられる場合には、能動的作用力除去部293は、これら複数の第2の力センサ280のそれぞれの検出値に基づいて、複数のモータ120の駆動力によって鉗子110に与えられる力及びモーメントの合成値を計算し、当該合成値を第1の力センサ150の検出値から差し引いてもよい。

10

【0114】

作用力計算部294は、第1の力センサ150の検出値及び第2の力センサ280の検出値に基づいて、鉗子110の第1の作用点及び/又は第2の作用点への作用力を計算する。具体的には、作用力計算部294は、第1の力センサ150の検出値と、記憶部171に記憶されている各種の情報と、に基づいて、上記(1-2.作用力の計算方法)で説明した計算を行い、鉗子110への作用力を計算する。ただし、作用力計算部294は、当該計算処理において、能動的作用力除去部293から提供される、第1の力センサ150の検出値から能動的な力による成分が差し引かれた値を、上記数式(1)~(12)の F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} として用いる。なお、当該 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} は、第1の力センサ150の検出値から能動的な力による成分が差し引かれるとともに、第1の実施形態と同様に、鉗子110の重力による成分が更に差し引かれたものであってもよい。 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} として、第1の力センサ150の検出値から能動的な力による成分が差し引かれた値を用いること以外は、作用力計算部294の機能は、第1の実施形態に係る作用力計算部173の機能と略同様であるため、ここでは、作用力計算部294のその他の機能についての詳細な説明は省略する。

20

【0115】

作用力計算部294によって計算された鉗子110への作用力は、例えば、上記制御装置に送信される。当該制御装置では、計算された鉗子110への作用力に基づいて、アーム部160の制御や、術者のコントローラへの力フィードバックの制御が行われる。あるいは、作用力計算部294による計算結果は、例えば表示部(図示せず。)に表示されたり、通信部(図示せず。)を介して他の機器に送信されたりして、術者等に対して、数値、グラフ等の形式で出力されてもよい。

30

【0116】

以上、図7を参照して、情報処理装置290の機能構成について説明した。第2の実施形態によれば、上述した第1の実施形態によって得られる効果に加えて、以下の効果を得ることができる。すなわち、第2の実施形態によれば、第2の力センサ280によってモータ120の駆動軸のトルクが検出される。そして、当該第2の力センサ280による検出値に基づいて、モータ120の駆動力の影響が除去された、鉗子110の第1の作用点及び/又は第2の作用点への作用力が計算される。従って、モータ120が駆動し鉗子110が動作している最中であっても、鉗子110に作用する力をより精度良く検出することが可能になる。

40

【0117】

なお、図7では、簡単のため、第2の実施形態に特徴的な機能のみを図示し、その他の機能の図示を省略している。情報処理装置290は、第1の実施形態に係る情報処理装置170と同様に、入力部、出力部、通信部等の、一般的な情報処理装置が有する各種の機能を更に備えてもよい。

【0118】

また、情報処理装置290の装置構成は、図7に示す例に限定されない。例えば、図7に示す情報処理装置290の各機能は、必ずしも1つの装置に一体的に搭載されなくても

50

よい。図 7 に示す情報処理装置 290 に搭載される各機能が、複数の装置に分散されて搭載され、当該複数の装置が通信可能に接続されることにより、情報処理装置 290 が構成されてもよい。例えば、記憶部 291 は、情報処理装置 290 とは異なる外部の機器として備えられてもよく、情報処理装置 290 が、外部機器である記憶部 291 と通信を行いながら、上述した計算処理を実行してもよい。また、図示する制御部 292 の各機能は、互いに異なる装置によって実行されてもよい。例えば、制御部 292 の各機能は、1 つのプロセッサによって実行されてもよいし、複数のプロセッサの協働によって実行されてもよい。

【0119】

また、上述のような第 2 の実施形態に係る情報処理装置 290 の機能を実現するためのコンピュータプログラムを作製し、パーソナルコンピュータ等を実装することが可能である。また、このようなコンピュータプログラムが格納された、コンピュータで読み取り可能な記録媒体も提供することができる。記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリなどである。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信してもよい。

【0120】

(2-4. 情報処理方法)

図 8 を参照して、図 7 に示す情報処理装置 290 において行われる、情報処理方法について説明する。図 8 は、第 2 の実施形態に係る情報処理方法の処理手順の一例を示すフロー図である。なお、図 8 に示す各処理は、図 7 に示す制御部 292 が所定のプログラムに従って動作することにより実行され得る。

【0121】

第 2 の実施形態に係る情報処理方法では、まず、制御部 292 によって、第 1 の力センサ 150 による検出値が取得される (ステップ S201)。次に、制御部 292 によって、第 2 の力センサ 280 による検出値が取得される (ステップ S203)。なお、図 8 では、便宜的に、ステップ S201 に示す処理及びステップ S203 に示す処理が順番に実行されるように図示しているが、実際には、これらの処理は同時に行われ得る。また、第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 の検出値は、直接図 7 に示す能動的作用力除去部 293 に提供されてもよいし、一旦記憶部 291 に記憶されてもよい。

【0122】

次に、能動的作用力除去部 293 によって、第 2 の力センサ 280 の検出値に基づいて、第 1 の力センサ 150 の検出値から、能動的な力による成分が除去される (ステップ S205)。具体的には、能動的作用力除去部 293 によって、第 2 の力センサ 280 の検出値と、記憶部 291 に記憶されているギア 131、132 の形状等の情報と、に基づいて、能動的な力、すなわち、モータ 120 の駆動力によって鉗子 110 に与えられる力及びモーメントが計算される。そして、能動的作用力除去部 293 によって、第 1 の力センサ 150 の検出値から、当該計算結果に対応する成分が差し引かれる。

【0123】

次に、作用力計算部 294 によって、第 1 の力センサ 150 の検出値から能動的な力による成分が除去された値に基づいて、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における鉗子への作用力が計算される (ステップ S207)。具体的には、作用力計算部 294 によって、ステップ S205 で計算された値 (第 1 の力センサ 150 の検出値から能動的な力による成分が差し引かれた値) と、記憶部 291 に記憶されている各種の情報と、に基づいて、上記 (1-2. 作用力の計算方法) で説明した計算が行われ、当該作用力が計算される。なお、ステップ S207 に示す処理では、第 1 の力センサ 150 の検出値から能動的な力による成分が差し引かれた値から、鉗子 110 の重力による成分が更に差し引かれたものを用いて作用力が計算され得る。

【0124】

最後に、作用力計算部 294 による計算結果が出力される (ステップ S209)。計算結果の出力先は、例えば、鉗子 110 を駆動させている支持アーム装置の制御装置である

10

20

30

40

50

。当該制御装置において、計算結果に基づいて、アーム部 160 の駆動制御や、術者のコントローラへの力フィードバック制御が行われる。

【0125】

以上、図 8 を参照して、第 2 の実施形態に係る情報処理方法について説明した。

【0126】

(3. 変形例)

以上説明した第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態における変形例について説明する。

【0127】

(3-1. 第 1 の実施形態の変形例)

図 9 を参照して、第 1 の実施形態において力センサ 150 の配置位置が変更された変形例について説明する。図 9 は、第 1 の実施形態において力センサ 150 の配置位置が変更された変形例に係るシステムの概略構成を示す図である。なお、本変形例に係るシステムは、図 1 を参照して説明した第 1 の実施形態に係るシステム 1 に対して、力センサ 150 の配置位置が変更されたものに対応し、その他の部材の構成及び機能はシステム 1 と同様である。従って、以下の本変形例についての説明では、第 1 の実施形態と重複する事項についてはその詳細な説明を省略し、第 1 の実施形態との相違点について主に説明することとする。

【0128】

図 9 を参照すると、本変形例に係るシステム 3 は、鉗子 110 と、モータ 120 と、伝達部材 130 と、トロツカー 140 と、力センサ 150 と、情報処理装置 170 と、を備える。ここで、鉗子 110、モータ 120、伝達部材 130、トロツカー 140、力センサ 150 及び情報処理装置 170 の構成及び機能は、第 1 の実施形態におけるこれらの部材の構成及び機能と同様であるため、その詳細な説明は省略する。

【0129】

図 9 に示すように、本変形例に係るシステム 3 では、力センサ 150 が、モータ 120 よりも前段に設けられる。すなわち、力センサ 150 が、アーム部 160 に直接取り付けられ、当該力センサ 150 は、モータ 120 を介して鉗子 110 に接続されている。このような構成であっても、第 1 の実施形態と同様の方法によって、力センサ 150 の検出値に基づいて、第 1 の作用点及び / 又は第 2 の作用点における鉗子 110 への作用力を計算することが可能である。

【0130】

ただし、上述した第 1 の実施形態では、力センサ 150 は鉗子 110 とアーム部 160 との接続部に、鉗子 110 を支持するように取り付けられていた(図 1 参照)。従って、力センサ 150 の検出値から鉗子 110 の自重による成分を差し引く処理を行う際には、鉗子 110 の質量、位置及び姿勢を考慮すればよかった。一方、図 9 に示すように、本変形例では、力センサ 150 によって、鉗子 110 に作用する重力だけでなく、モータ 120 や伝達部材 130 に作用する重力も検出され得る。従って、本変形例では、情報処理装置 170 は、力センサ 150 の検出値から、鉗子 110、モータ 120 及び伝達部材 130 に作用する重力による成分を差し引く処理を行い、これらの成分が差し引かれた値を、 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} とみなして、上記数式(1)~(6)を解く処理を行うことができる。

【0131】

以上、図 9 を参照して、第 1 の実施形態において力センサ 150 の配置位置が変更された変形例について説明した。なお、力センサ 150 の配置位置に関して、図 1 に示すシステム 1 のような構成とするか、図 9 に示すシステム 3 のような構成とするかは、アーム部 160 の構造や、アーム部 160 と鉗子 110 との接続部の構造等に応じて、より簡易に力センサ 150 を配設可能なように、適宜判断されてよい。

【0132】

(3-2. 第 2 の実施形態の変形例)

図 10 を参照して、第 2 の実施形態において第 1 の力センサ 150 の配置位置が変更さ

10

20

30

40

50

れた変形例について説明する。図 10 は、第 2 の実施形態において第 1 の力センサ 150 の配置位置が変更された変形例に係るシステムの概略構成を示す図である。なお、本変形例に係るシステムは、図 5 を参照して説明した第 2 の実施形態に係るシステム 2 に対して、第 1 の力センサ 150 の配置位置が変更されたものに対応し、その他の部材の構成及び機能はシステム 2 と同様である。従って、以下の本変形例についての説明では、第 2 の実施形態と重複する事項についてはその詳細な説明を省略し、第 2 の実施形態との相違点について主に説明することとする。

【0133】

図 10 を参照すると、本変形例に係るシステム 4 は、鉗子 110 と、モータ 120 と、伝達部材 130 と、トロッカー 140 と、第 1 の力センサ 150 と、第 2 の力センサ 280 と、情報処理装置 290 と、を備える。ここで、鉗子 110、モータ 120、伝達部材 130、トロッカー 140、第 1 の力センサ 150、第 2 の力センサ 280 及び情報処理装置 290 の構成及び機能は、第 2 の実施形態におけるこれらの部材の構成及び機能と同様であるため、その詳細な説明は省略する。

10

【0134】

図 10 に示すように、本変形例に係るシステム 4 では、第 1 の力センサ 150 が、モータ 120 よりも前段に設けられる。すなわち、第 1 の力センサ 150 が、アーム部 160 に直接取り付けられ、当該第 1 の力センサ 150 は、モータ 120 を介して鉗子 110 に接続されている。このような構成であっても、第 2 の実施形態と同様の方法によって、第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 の検出値に基づいて、第 1 の作用点及び第 2 の作用点における鉗子への作用力を計算することが可能である。

20

【0135】

ただし、上記(3-1、第 1 の実施形態の変形例)で説明したシステム 3 と同様に、本変形例においても、第 1 の力センサ 150 によって、鉗子 110 に作用する重力だけでなく、モータ 120 や伝達部材 130 に作用する重力が検出され得る。従って、本変形例では、情報処理装置 290 は、第 1 の力センサ 150 の検出値から、鉗子 110、モータ 120 及び伝達部材 130 に作用する重力による成分を差し引く処理を行い、これらの成分が差し引かれた値を、 F_{sx} 、 F_{sy} 、 F_{sz} 、 M_{sx} 、 M_{sy} 、 M_{sz} とみなして、上記数式(1)～(6)を解く処理を行う。

【0136】

以上、図 10 を参照して、第 2 の実施形態において力センサ 150 の配置位置が変更された変形例について説明した。なお、力センサ 150 の配置位置に関して、図 5 に示すシステム 2 のような構成とするか、図 10 に示すシステム 4 のような構成とするかは、アーム部 160 の構造や、アーム部 160 と鉗子 110 との接続部の構造等に応じて、より簡易に力センサ 150 を配設可能なように、適宜判断されてよい。

30

【0137】

(3-3、トルクセンサの代わりに 6 軸力覚センサが用いられる変形例)

上述した第 2 の実施形態では、第 2 の力センサ 280 としてトルクセンサを用い、当該トルクセンサの検出値に基づいて、第 1 の力センサ 150 の検出値から能動的な力による影響を除去する処理を行っていた。しかしながら、第 2 の実施形態はかかる例に限定されず、第 2 の力センサ 280 としては、他の種類の力センサ、例えば 6 軸力覚センサが用いられてもよい。第 2 の力センサ 280 として 6 軸力覚センサが用いられる場合であっても、同様に、能動的な力による影響を除去することが可能である。

40

【0138】

第 2 の力センサ 280 として 6 軸力覚センサが用いられる場合には、当該 6 軸力覚センサは、例えば、図 1 に示すモータ 120 に対して直接取り付けられる。当該構成によれば、第 1 の力センサ 150 によって検出される力及びモーメントには、第 1 の作用点における鉗子 110 への作用力による成分、第 2 の作用点における鉗子 110 への作用力による成分、鉗子 110 の自重に係る重力による成分、及びモータ 120 の駆動力による成分が含まれる。一方、6 軸力覚センサである第 2 の力センサ 280 によって検出される鉗子 1

50

１０に作用する力及びモーメントには、モータ１２０の自重に係る重力による成分、及びモータ１２０の駆動力による成分が含まれる。

【０１３９】

鉗子１１０の質量及びモータ１２０の質量は既知であるため、上記の各成分のうち、鉗子１１０の自重に係る重力による成分及びモータ１２０の自重に係る重力による成分は、計算可能である。従って、本変形例によれば、第２の力センサ２８０の検出値に基づいてモータ１２０の駆動力による成分を算出し、算出された結果を、第１の力センサ１５０の検出値から差し引くことにより、能動的な力による影響が除去された、鉗子１１０の第１の作用点及び／又は第２の作用点に作用する力を求めることが可能となる。

【０１４０】

なお、第２の力センサ２８０の検出値に含まれるモータ１２０の駆動力による成分は、モータ１２０に直接取り付けられた第２の力センサ２８０によって検出されるものであるのに対して、第１の力センサ１５０の検出値に含まれるモータ１２０の駆動力による成分は、伝達部材１３０を介して検出されるものであるため、両者の関係性は、鉗子１１０の位置及び姿勢に応じて変化し得る。従って、本変形例では、鉗子１１０の位置及び姿勢に応じた、第１の力センサ１５０の検出値及び第２の力センサ２８０の検出値の変化を予め学習し、学習した内容に基づいて、上記の能動的な力による影響を除去する処理が実行され得る。

【０１４１】

（４．ハードウェア構成）

次に、図１１を参照して、第１及び第２の実施形態に係るシステムのハードウェア構成について説明する。図１１は、第１及び第２の実施形態に係るシステムのハードウェア構成の一例を示す機能ブロック図である。なお、図１１に示すシステム９００は、例えば、図１、図５、図９及び図１０に示すシステム１、２、３、４を実現し得る。なお、図１１では図示を省略しているが、システム９００は、図１、図５、図９及び図１０に示す鉗子１１０、モータ１２０、伝達部材１３０、トロッカー１４０及びアーム部１６０に対応する構成を備えている。

【０１４２】

システム９００は、ＣＰＵ９０１、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）９０３及びＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）９０５を備える。また、システム９００は、ホストバス９０７、ブリッジ９０９、外部バス９１１、インターフェース９１３、入力装置９１５、出力装置９１７、ストレージ装置９１９、ドライブ９２１、接続ポート９２３、通信装置９２５及びセンサ９３５を備えてもよい。システム９００は、ＣＰＵ９０１に代えて、又はこれとともに、ＤＳＰ若しくはＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ　Ｓｐｅｃｉｆｉｃ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）と呼ばれるような処理回路を有してもよい。

【０１４３】

ＣＰＵ９０１は、演算処理装置及び制御装置として機能し、ＲＯＭ９０３、ＲＡＭ９０５、ストレージ装置９１９又はリムーバブル記録媒体９２７に記録された各種のプログラムに従って、システム９００内の動作全般又はその一部を制御する。ＲＯＭ９０３は、ＣＰＵ９０１が使用するプログラムや演算パラメータ等を記憶する。ＲＡＭ９０５は、ＣＰＵ９０１の実行において使用するプログラムや、その実行時のパラメータ等を一次記憶する。ＣＰＵ９０１は、例えば、上述した第１及び第２の実施形態における制御部１７２、２９２に対応する。

【０１４４】

ＣＰＵ９０１、ＲＯＭ９０３及びＲＡＭ９０５は、ＣＰＵバス等の内部バスにより構成されるホストバス９０７により相互に接続されている。更に、ホストバス９０７は、ブリッジ９０９を介して、ＰＣＩ（Ｐｅｒｉｐｈｅｒａｌ　Ｃｏｍｐｏｎｅｎｔ　Ｉｎｔｅｒｃｏｎｎｅｃｔ／Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）バス等の外部バス９１１に接続されている。

【０１４５】

10

20

30

40

50

ホストバス907は、ブリッジ909を介して、PCI (Peripheral Component Interconnect / Interface) バス等の外部バス911に接続されている。

【0146】

入力装置915は、例えば、マウス、キーボード、タッチパネル、ボタン、スイッチ及びレバー等、ユーザによって操作される装置によって構成される。また、入力装置915は、例えば、赤外線やその他の電波を利用したリモートコントロール装置（いわゆる、リモコン）であってもよいし、システム900の操作に対応した携帯電話やPDA等の外部接続機器929であってもよい。更に、入力装置915は、例えば、上記の操作手段を用いてユーザにより入力された情報に基づいて入力信号を生成し、CPU901に出力する入力制御回路などから構成されている。システム900のユーザは、この入力装置915を操作することにより、システム900に対して各種のデータを入力したり処理動作を指示したりすることができる。第1及び第2の実施形態では、術者及びシステム900の設計者等によって、入力装置915を介して、例えば、制約条件についての情報等、鉗子110の第1の作用点及び／又は第2の作用点への作用力を計算するために用いられる各種の情報が入力される。

10

【0147】

出力装置917は、取得した情報をユーザに対して視覚的又は聴覚的に通知することが可能な装置で構成される。このような装置として、CRTディスプレイ装置、液晶ディスプレイ装置、プラズマディスプレイ装置、ELディスプレイ装置及びランプ等の表示装置や、スピーカ及びヘッドホン等の音声出力装置や、プリンタ装置等がある。出力装置917は、例えば、システム900が行った各種処理により得られた結果を出力する。具体的には、表示装置は、システム900が行った各種処理により得られた結果を、テキスト、イメージ、表、グラフ等、様々な形式で視覚的に表示する。第1及び第2の実施形態では、当該表示装置に、例えば、鉗子110の第1の作用点及び／又は第2の作用点への作用力の計算結果が表示される。他方、音声出力装置は、再生された音声データや音響データ等からなるオーディオ信号をアナログ信号に変換して聴覚的に出力する。

20

【0148】

ストレージ装置919は、システム900の記憶部の一例として構成されたデータ格納用の装置である。ストレージ装置919は、例えば、HDD等の磁気記憶部デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等により構成される。このストレージ装置919は、CPU901が実行するプログラムや各種データ及び外部から取得した各種のデータ等を格納する。ストレージ装置919は、例えば、上述した第1及び第2の実施形態における記憶部171、291に対応する。第1及び第2の実施形態では、ストレージ装置919に、例えば、制約条件についての情報等、鉗子110の第1の作用点及び／又は第2の作用点への作用力を計算するために用いられる各種の情報が格納される。

30

【0149】

ドライブ921は、記録媒体用リーダーライターであり、システム900に内蔵、あるいは外付けされる。ドライブ921は、装着されている磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク又は半導体メモリ等のリムーバブル記録媒体927に記録されている情報を読み出して、RAM905に出力する。また、ドライブ921は、装着されている磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク又は半導体メモリ等のリムーバブル記録媒体927に情報を書き込むことも可能である。リムーバブル記録媒体927は、例えば、DVDメディア、HD-DVDメディア、Blu-ray（登録商標）メディア等である。また、リムーバブル記録媒体927は、コンパクトフラッシュ（登録商標）（CompactFlash：CF）、フラッシュメモリ又はSDメモリカード（Secure Digital memory card）等であってもよい。また、リムーバブル記録媒体927は、例えば、非接触型ICチップを搭載したICカード（Integrated Circuit card）又は電子機器等であってもよい。第1及び第2の実施形態では、例えば、

40

50

制御部 172、292 によって処理される各種の情報や、記憶部 171、291 に記憶される各種の情報が、ドライブ 921 によってリムーバブル記録媒体 927 から読み出されたり、リムーバブル記録媒体 927 に書き込まれたりしてもよい。

【0150】

接続ポート 923 は、機器をシステム 900 に直接接続するためのポートである。接続ポート 923 の一例として、USB (Universal Serial Bus) ポート、IEEE1394 ポート及び SCSI (Small Computer System Interface) ポート等がある。接続ポート 923 の別の例として、RS-232C ポート、光オーディオ端子及び HDMI (登録商標) (High-Definition Multimedia Interface) ポート等がある。この接続ポート 923 に外部接続機器 929 を接続することで、システム 900 は、外部接続機器 929 から直接各種のデータを取得したり、外部接続機器 929 に各種のデータを提供したりする。第 1 及び第 2 の実施形態では、例えば、制御部 172、292 によって処理される各種の情報や、記憶部 171、291 に記憶される各種の情報が、接続ポート 923 を介して外部接続機器 929 から取得されたり、外部接続機器 929 に出力されたりしてもよい。

10

【0151】

通信装置 925 は、例えば、通信網 (ネットワーク) 931 に接続するための通信デバイス等で構成された通信インターフェースである。通信装置 925 は、例えば、有線若しくは無線 LAN (Local Area Network)、Bluetooth (登録商標) 又は WUSB (Wireless USB) 用の通信カード等である。また、通信装置 925 は、光通信のルータ、ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 用のルータ又は各種通信のモデム等であってもよい。この通信装置 925 は、例えば、インターネットや他の通信機器との間で、例えば TCP/IP 等の所定のプロトコルに則して信号等を送受信することができる。また、通信装置 925 に接続されるネットワーク 931 は、有線又は無線によって接続されたネットワーク等により構成され、例えば、インターネット、家庭内 LAN、赤外線通信、ラジオ波通信又は衛星通信等であってもよい。第 1 及び第 2 の実施形態では、例えば、情報処理装置 170、290 と、支持アーム装置の駆動を制御する制御装置との間の通信が、通信装置 925 によってネットワーク 931 を介して実行されてよい。

20

30

【0152】

センサ 935 は、例えば、加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサ、光センサ、音センサ、測距センサ、力センサ等の各種のセンサである。センサ 935 は、例えば取り付けられた部材 (例えば図 1、図 5、図 9 及び図 10 に示す鉗子 110 等) の姿勢、移動速度、作用力等当該部材の状態に関する情報や、当該部材の周辺の明るさや騒音等、当該部材の周辺環境に関する情報を取得する。また、センサ 935 は、GPS 信号を受信して装置の緯度、経度及び高度を測定する GPS センサを含んでもよい。センサ 935 は、例えば、上述した第 1 及び第 2 の実施形態における第 1 の力センサ 150 及び第 2 の力センサ 280 に対応する。

【0153】

以上、本実施形態に係るシステム 900 の機能を実現可能なハードウェア構成の一例を示した。上記の各構成要素は、汎用的な部材を用いて構成されていてもよいし、各構成要素の機能に特化したハードウェアにより構成されていてもよい。従って、本実施形態を実施する時々の技術レベルに応じて、適宜、利用するハードウェア構成を変更することが可能である。

40

【0154】

なお、上述のような本実施形態に係るシステム 900 の各機能を実現するためのコンピュータプログラムを作製し、PC 等を実装することが可能である。また、このようなコンピュータプログラムが格納された、コンピュータで読み取り可能な記録媒体も提供することができる。記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッ

50

シュメモリ等である。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信されてもよい。

【 0 1 5 5 】

(5 . 補足)

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

【 0 1 5 6 】

また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、又は上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

【 0 1 5 7 】

例えば、上記実施形態では、鉗子 1 1 0 への作用力を計算したが、本技術はかかる例に限定されない。本技術では、作用力が計算される対象は鉗子 1 1 0 に限定されず、他のあらゆる棒状の部材への作用力を計算することが可能である。例えば、作用力が計算される対象は、鉗子 1 1 0 以外の他の術具であってもよい。また、当該棒状の部材は、医療分野において用いられる術具に限定されない。本技術は、他の技術分野における各種の棒状の部材に対しても適用可能である。

【 0 1 5 8 】

なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1) 棒状部材の一側に設けられる第 1 の力センサによる第 1 の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第 1 の作用点及び第 2 の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する作用力計算部、を備える、情報処理装置。

(2) 前記作用力計算部は、前記第 1 の検出値と、前記第 1 の作用点への作用力と、前記第 2 の作用点への作用力と、の釣り合い式に基づいて、前記作用力を計算する、前記 (1) に記載の情報処理装置。

(3) 前記作用力計算部は、前記棒状部材の使用態様に応じた制約条件に基づいて、前記釣り合い式を簡略化することにより、前記作用力を計算する、前記 (2) に記載の情報処理装置。

(4) 前記第 1 の力センサは、互いに直交する 3 軸方向の力と、当該 3 軸周りのモーメントを検出する 6 軸力覚センサである、前記 (1) ~ (3) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(5) 前記第 1 の作用点は、前記棒状部材の前記他側の先端である、前記 (1) ~ (4) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(6) 前記棒状部材は、内視鏡手術の際に患者の体腔内に挿入される鉗子である、前記 (1) ~ (5) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(7) 前記第 2 の作用点は、前記患者の身体に設けられる開口部にトロッカー及び前記鉗子が挿入される際に前記トロッカーの外壁と前記開口部の縁部とが接触する位置における、前記トロッカーの内壁と前記鉗子との接触部位である、前記 (6) に記載の情報処理装置。

(8) 前記棒状部材を動作させるモータの駆動軸のトルクを検出する第 2 の力センサ、を更に備え、前記作用力計算部は、前記第 2 の力センサによる第 2 の検出値に基づいて、前記モータの駆動力の影響を除去して、前記作用力を計算する、前記 (1) ~ (7) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(9) 前記第 2 の検出値に基づいて、前記モータの駆動力に応じて前記棒状部材に加えられる力及びモーメントを計算し、当該計算された力及びモーメントを前記第 1 の検出値から差し引く能動的な作用力除去部、を更に備え、前記作用力計算部は、前記モータの駆動力に応じて前記棒状部材に加えられる力及びモーメントが差し引かれた前記第 1 の検出値に

10

20

30

40

50

基づいて、前記作用力を計算する、前記（８）に記載の情報処理装置。

（１０）前記棒状部材は、コントローラを介して術者によって遠隔操作されるマスターレーブ方式の支持アーム装置のアーム部に取り付けられ、前記支持アーム装置の制御装置は、前記作用力計算部によって計算された前記第１の作用点への作用力を、前記コントローラを介して前記術者にフィードバックする、前記（１）～（９）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１１）前記棒状部材は、支持アーム装置のアーム部に取り付けられ、前記支持アーム装置の制御装置は、前記作用力計算部によって計算された前記第１の作用点への作用力に基づいて、前記アーム部の駆動を制御する、前記（１）～（１０）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１２）前記作用力計算部は、前記制御装置が保持している前記アーム部及び前記棒状部材の位置及び姿勢についての情報に基づいて、前記棒状部材の自重の影響を除去して、前記作用力を計算する、前記（１１）に記載の情報処理装置。

（１３）前記作用力計算部は、前記棒状部材の自重に応じて前記棒状部材に加えられる力及びモーメントを計算し、当該計算された力及びモーメントを前記第１の検出値から差し引くことにより、前記棒状部材の自重の影響を除去する、前記（１２）に記載の情報処理装置。

（１４）前記棒状部材の長さは可変であり、前記作用力計算部は、前記棒状部材の長さの変化に応じて、前記第１の検出値と、前記第１の作用点への作用力と、前記第２の作用点への作用力と、の釣り合い式を計算し直すことにより、前記作用力を計算する、前記（１）～（１３）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１５）前記棒状部材は、少なくとも１つの関節部を有し、当該関節部によって位置及び姿勢を変化可能に構成され、前記作用力計算部は、前記関節部による前記棒状部材の位置及び姿勢の変化に応じて、前記第１の検出値と、前記第１の作用点への作用力と、前記第２の作用点への作用力と、の釣り合い式を計算し直すことにより、前記作用力を計算する、前記（１）～（１４）のいずれか１項に記載の情報処理装置。

（１６）プロセッサが、棒状部材の一侧に設けられる第１の力センサによる第１の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算すること、を含む、情報処理方法。

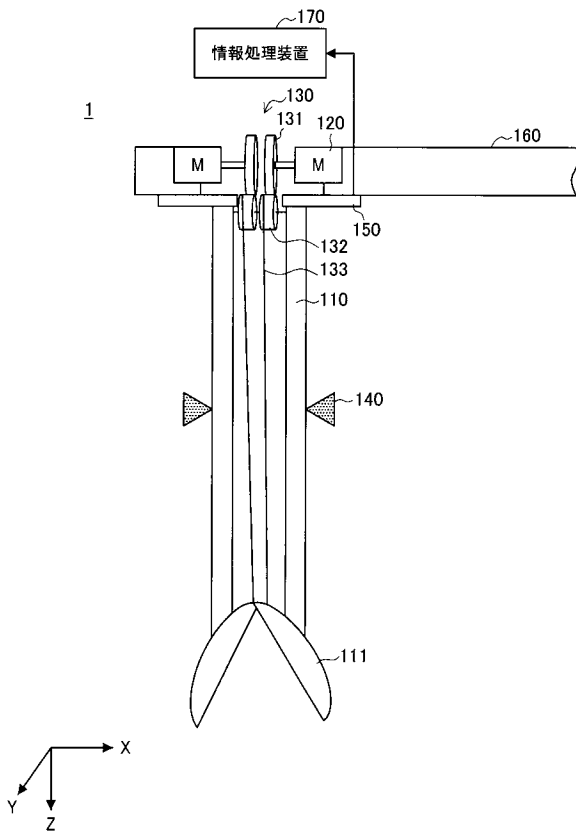
（１７）コンピュータのプロセッサに、棒状部材の一侧に設けられる第１の力センサによる第１の検出値に基づいて、前記棒状部材の他側の互いに異なる第１の作用点及び第２の作用点への作用力の少なくともいずれかを計算する機能、を実現させるためのプログラム。

【符号の説明】

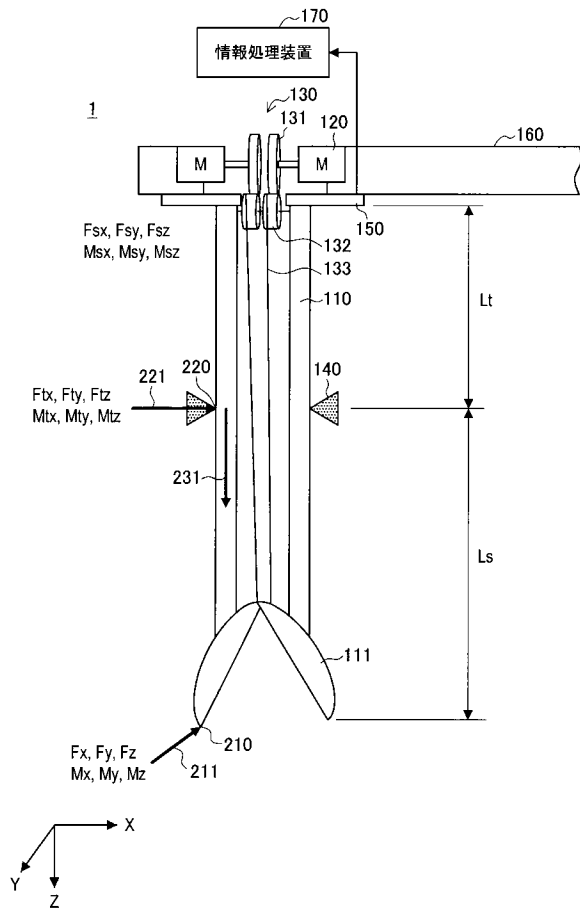
【０１５９】

- １、２、３、４ システム
- １１０ 鉗子
- １２０ モータ
- １３０ 伝達部材
- １３１、１３２ ギア
- １３３ ワイヤ
- １４０ トロッカー
- １５０ 力センサ（第１の力センサ）
- １６０ アーム部
- １７０、２９０ 情報処理装置
- １７１、２９１ 記憶部
- １７２、２９２ 制御部
- １７３、２９４ 作用力計算部
- ２８０ 第２の力センサ
- ２９３ 能動的な作用力除去部

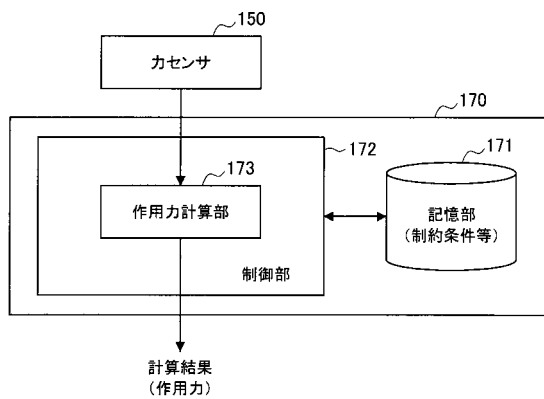
【図 1】



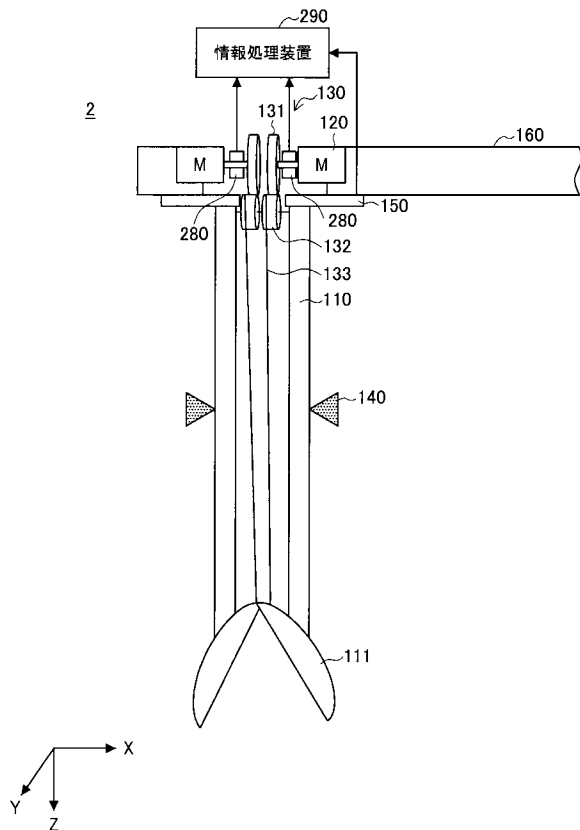
【図 2】



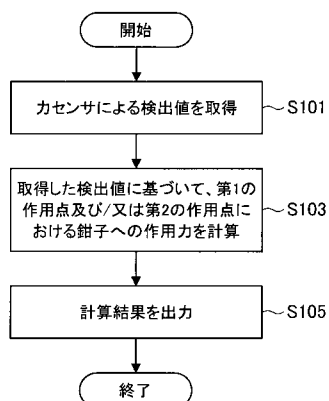
【図 3】



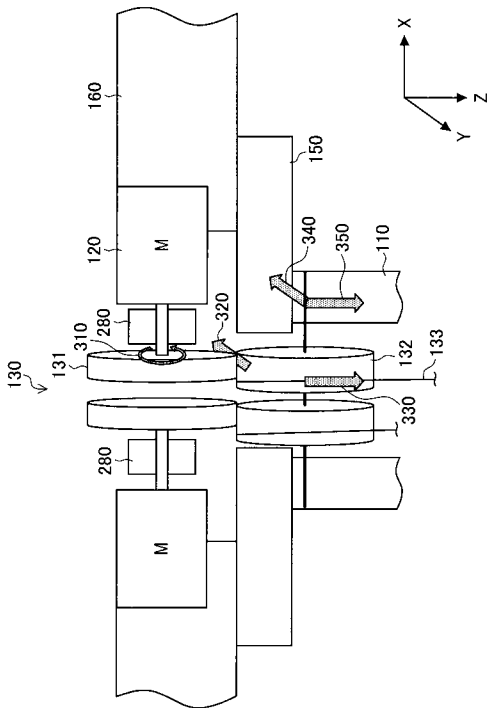
【図 5】



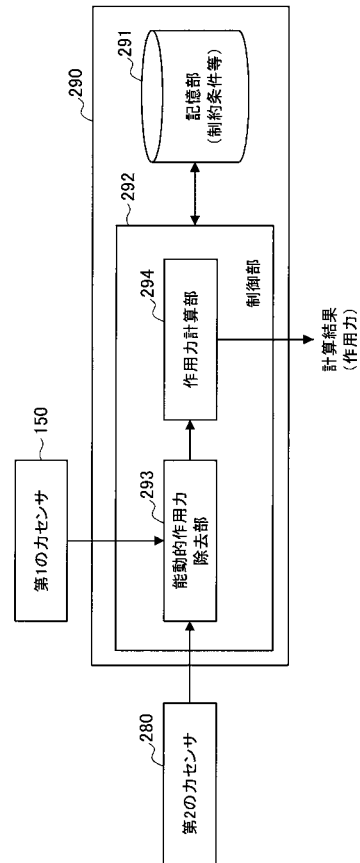
【図 4】



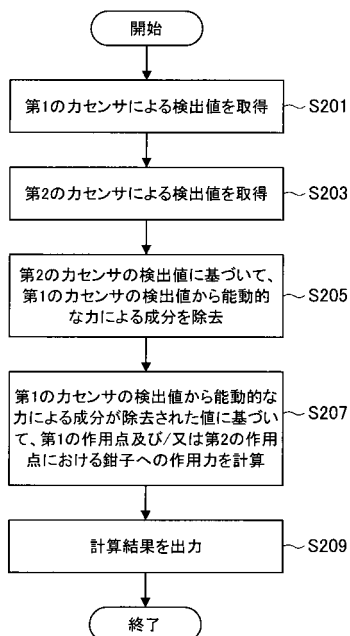
【図 6】



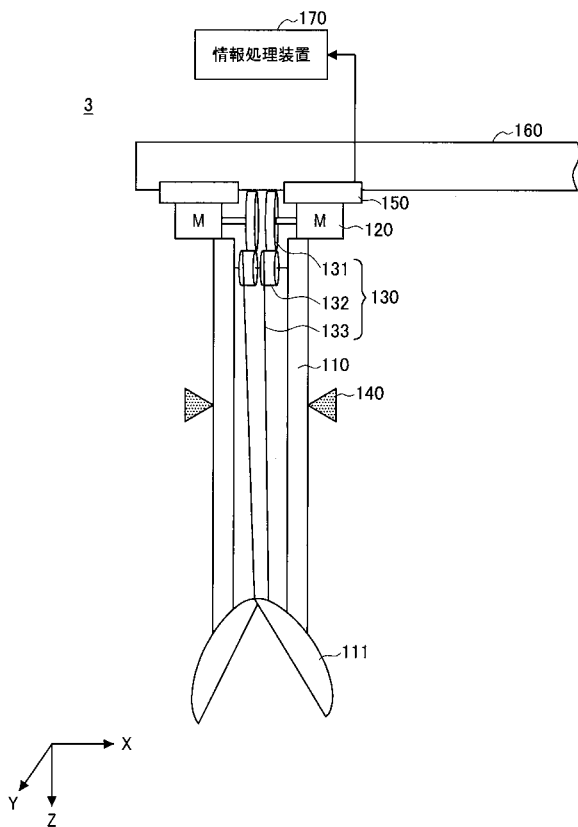
【図 7】



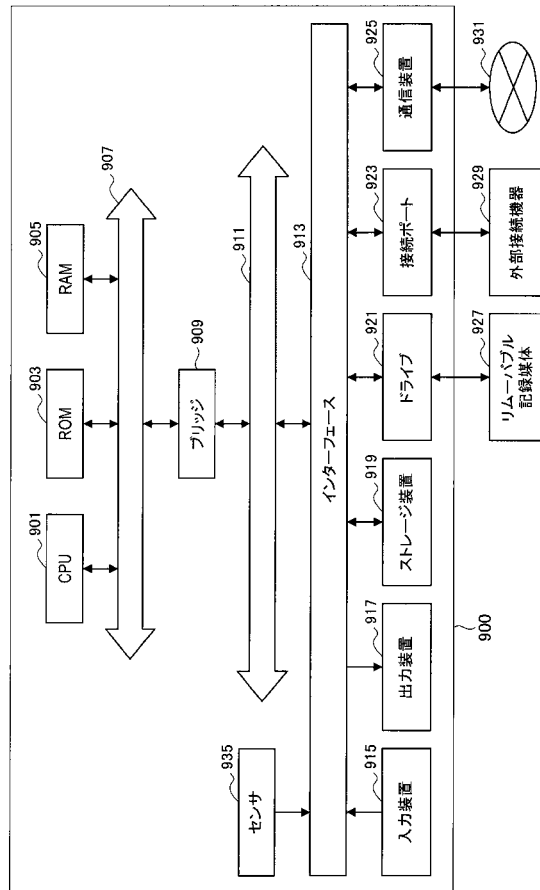
【図 8】



【図 9】



【 図 1 1 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/075489

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J19/02(2006.01)i, A61B19/00(2006.01)i, B25J3/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J19/02, A61B19/00, B25J3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2014-118 A (Canon Inc.), 09 January 2014 (09.01.2014), paragraphs [0044] to [0049], [0062]; fig. 5 & US 2015/0157409 A1 paragraphs [0035] to [0075]; fig. 5 & WO 2013/187011 A1 & EP 2861178 A1 & CN 104363852 A	1-10, 14-17 11-13
Y A	JP 2008-238338 A (Gifu University), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraph [0041] & WO 2008/123200 A1	11-13 1-10, 14-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 October 2015 (26.10.15)Date of mailing of the international search report
10 November 2015 (10.11.15)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/075489

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-100677 A (Tokyo Institute of Technology), 04 June 2015 (04.06.2015), entire text; all drawings & WO 2015/079775 A1	1-17
A	JP 2008-6517 A (Toyota Motor Corp.), 17 January 2008 (17.01.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2014-90800 A (Tokyo Institute of Technology), 19 May 2014 (19.05.2014), entire text; all drawings & WO 2014/069003 A1	1-17
A	JP 2005-329476 A (Keio University), 02 December 2005 (02.12.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 7 5 4 8 9	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B25J19/02 (2006.01)i, A61B19/00 (2006.01)i, B25J3/00 (2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B25J19/02, A61B19/00, B25J3/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X Y	JP 2014-118 A (キヤノン株式会社) 2014.01.09, [0044]-[0049], [0062], 第5図 & US 2015/0157409 A1 [0035]-[0075], FIG. 5 & WO 2013/187011 A1 & EP 2861178 A1 & CN 104363852 A	1-10, 14-17 11-13	
Y A	JP 2008-238338 A (国立大学法人岐阜大学) 2008.10.09, [0041] & WO 2008/123200 A1	11-13 1-10, 14-17	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 26.10.2015		国際調査報告の発送日 10.11.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 鈴木 崇文 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 7 5 4 8 9
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-100677 A (国立大学法人東京工業大学) 2015.06.04, 全文, 全図 & WO 2015/079775 A1	1-17
A	JP 2008-6517 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.01.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2014-90800 A (国立大学法人東京工業大学) 2014.05.19, 全文, 全図 & WO 2014/069003 A1	1-17
A	JP 2005-329476 A (学校法人慶應義塾) 2005.12.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 長阪 憲一郎
東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 ソニー株式会社内

(72)発明者 小峰 直樹
東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 ソニー株式会社内

(72)発明者 鈴木 裕之
東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 3C707 AS35 ES03 ET03 HS27 HT04 HT21 JT05 KS33 KS34 KS35
KX02 LU08 LV18 MS07
4C160 GG22 GG28 MM32

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	信息处理设备，信息处理方法和程序		
公开(公告)号	JPWO2016056339A1	公开(公告)日	2017-07-27
申请号	JP2016552869	申请日	2015-09-08
[标]申请(专利权)人(译)	索尼公司		
申请(专利权)人(译)	索尼公司		
[标]发明人	本郷一生 長阪憲一郎 小峰直樹 鈴木裕之		
发明人	本郷 一生 長阪 憲一郎 小峰 直樹 鈴木 裕之		
IPC分类号	B25J13/08 A61B17/29		
CPC分类号	A61B34/76 A61B2090/064 A61B2090/065 B25J3/00 B25J19/02 A61B17/29 A61B34/37 B25J9/1633 B25J13/085		
FI分类号	B25J13/08.Z A61B17/29		
F-TERM分类号	3C707/AS35 3C707/ES03 3C707/ET03 3C707/HS27 3C707/HT04 3C707/HT21 3C707/JT05 3C707/KS33 3C707/KS34 3C707/KS35 3C707/KX02 3C707/LU08 3C707/LV18 3C707/MS07 4C160/GG22 4C160/GG28 4C160/MM32		
代理人(译)	松本 一骑		
优先权	2014207980 2014-10-09 JP		
其他公开文献	JPWO2016056339A5 JP6631528B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

[目的]能够以更简单的配置检测作用在手术器械上的力。[解决方案]提供一种信息处理装置，包括作用力计算单元，其基于设置在杆状构件的一侧上的第一力传感器，基于第一检测值计算至少一个作用力。第一作用点和第二作用点在杆状构件的另一侧上彼此不同。

