

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6582549号
(P6582549)

(45) 発行日 令和1年10月2日 (2019. 10. 2)

(24) 登録日 令和1年9月13日 (2019. 9. 13)

(51) Int. Cl.

A 6 1 B 90/00 (2016. 01)

F 1

A 6 1 B 90/00

請求項の数 16 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-105241 (P2015-105241)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成27年5月25日 (2015. 5. 25)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2016-214715 (P2016-214715A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成28年12月22日 (2016. 12. 22)	(74) 代理人	110002147
審査請求日	平成30年5月10日 (2018. 5. 10)		特許業務法人酒井国際特許事務所
		(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
		(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	木下 将也
			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】 振動検出モジュール、振動検出装置、振動検出方法及び手術システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長尺の医療用器具の長手方向における、前記医療用器具が支持される側である基端側に着脱自在に取り付けられる振動検出モジュールであって、

患者の生体組織に近接又は接触する先端側において前記医療用器具と前記生体組織との接触によって生じる振動及び前記生体組織側から音が前記医療用器具を伝わって生じる振動の少なくともいずれか一方の振動を検出する振動センサと、

前記振動センサが内部に配置された筐体と、を備え、

前記振動センサは、前記筐体内に前記医療用器具の長手方向に沿って所定の間隔で並設される複数のセンサを含み、

前記複数のセンサによって、前記医療用器具の前記先端側から伝搬される振動と、前記医療用器具の前記基端側から伝搬される振動と、を分離して検出する、

振動検出モジュール。

【請求項 2】

前記筐体には、前記医療用器具が貫通され、前記医療用器具の長手方向における前記筐体の両側に、前記医療用器具が通される開口部が設けられ、

前記筐体は、前記両側の各開口部を通る前記筐体の分割面によって分割された第1の部材及び第2の部材を有し、前記第1の部材及び前記第2の部材が、前記医療用器具を挟んで組み合わせられ、

前記各開口部内及び前記分割面に沿う隙間には、前記筐体を封止するためのシーリング

部材が設けられている、

請求項 1 に記載の振動検出モジュール。

【請求項 3】

前記振動センサは、聴覚に対応する周波数帯域の振動を検出する聴覚センサと、触覚に対応する周波数帯域の振動を検出する触覚センサである、

請求項 1 又は 2 に記載の振動検出モジュール。

【請求項 4】

前記振動センサは、力覚に対応する周波数帯域の振動を検出する力覚センサを更に含む、

請求項 3 に記載の振動検出モジュール。

10

【請求項 5】

前記聴覚センサはマイクロフォンであり、前記触覚センサは加速度センサである、

請求項 3 に記載の振動検出モジュール。

【請求項 6】

前記振動センサは、所定の方向から伝搬される振動を抽出して検出可能な指向性振動センサであり、前記医療用器具の前記先端側から伝搬される振動を抽出して検出するように配設されている、

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の振動検出モジュール。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の振動検出モジュールと、

20

前記振動センサによって検出された振動を示す信号が前記振動センサから送られて、前記医療用器具を操作する術者に対して前記振動を伝達する振動提示部と、を備える、
振動検出装置。

【請求項 8】

前記振動提示部は、検出された聴覚に対応する周波数帯域の振動を音として出力する音出力装置と、検出された触覚に対応する周波数帯域の振動に応じて振動する振動素子と、を含む、

請求項 7 に記載の振動検出装置。

【請求項 9】

前記振動提示部は、検出された振動に関する情報を術者に対して視覚的に通知する表示装置、を含む、

30

請求項 7 又は 8 に記載の振動検出装置。

【請求項 10】

前記表示装置は、検出された振動に基づいて得られる前記医療用器具が接触している患者の生体組織の表面テクスチャ情報、及び前記生体組織の剛性情報の少なくともいずれかを、術者に対して通知するように構成されている、

請求項 9 に記載の振動検出装置。

【請求項 11】

患者に対して用いられる長尺の医療用器具と、

前記医療用器具を支持する支持アーム装置と、

40

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の振動検出モジュールと、

を備える、手術システム。

【請求項 12】

前記支持アーム装置から離隔して設置される入力装置を更に備え、

前記支持アーム装置は、前記医療用器具を支持するアーム部を有し、

前記アーム部及び前記医療用器具は、前記入力装置を介した術者からの指示に応じて動作し、

前記入力装置は、前記振動検出モジュールによって検出された振動を、術者に対して伝達する振動提示部を有する、

請求項 11 に記載の手術システム。

50

【請求項 1 3】

前記アーム部には、前記アーム部に作用する力を検出する力覚センサが設けられ、
前記振動提示部は、前記力覚センサによって検出された前記医療用器具に作用する力を、
術者に対して伝達する、
請求項 1 2 に記載の手術システム。

【請求項 1 4】

前記アーム部には、前記アーム部を構成する各関節部に設けられるアクチュエータのモータが発する振動を検出するための雑音低減用振動センサが設けられ、
前記振動提示部は、前記雑音低減用振動センサによる検出値を用いて、前記振動検出モジュールによって検出された振動から前記モータが発する振動の成分を除去して術者に対して伝達する、
請求項 1 2 又は 1 3 に記載の手術システム。

10

【請求項 1 5】

前記振動検出モジュールによって検出された振動が、前記アーム部の制振制御に用いられる、
請求項 1 2 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の手術システム。

【請求項 1 6】

長尺の医療用器具の長手方向における、前記医療用器具が支持される側である基端側に着脱自在に取り付けられる振動検出モジュールであって、患者の生体組織に近接又は接触する先端側において前記医療用器具と前記生体組織との接触によって生じる振動及び前記生体組織側から音が前記医療用器具を伝わって生じる振動の少なくともいずれか一方の振動を検出する振動センサと、前記振動センサが内部に配置された筐体と、を備え、前記振動センサが、前記筐体内に前記医療用器具の長手方向に沿って所定の間隔で並設される複数のセンサを含む、振動検出モジュールを用いて、
前記複数のセンサによって、前記医療用器具の前記先端側から伝搬される振動と、前記医療用器具の前記基端側から伝搬される振動と、を分離して検出する、
振動検出方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、振動検出モジュール、振動検出方法及び手術システムに関する。

30

【背景技術】

【0 0 0 2】

一般的に、手術時には、患者の体腔内に鉗子や内視鏡等の各種の医療用器具が挿入され、術者によって体腔外から当該医療用器具が操作される。術者の操作性を向上させるために、医療用器具の先端での患者の生体組織との接触状態を検出し、術者にフィードバックする技術が開発されている。例えば、特許文献 1、2 には、患者の体腔内に挿入される医療用器具の先端に、当該医療用器具と患者の生体組織との接触状態を検出するセンサ（触覚センサ又は力覚センサ）が設けられ、当該センサによって検出された接触状態が、当該医療用器具を操作する術者に対して振動として伝達される技術が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開平 1 0 - 9 4 5 1 2 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 1 1 7 2 2 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

ここで、上述したように、特許文献 1、2 に記載の技術では、いずれも、接触状態を検出するためのセンサが、患者の体腔内に挿入される医療用器具の先端に設けられている。

50

医療用器具は、当然、清潔が保たれていなければいけないため、その先端にセンサを取り付ける場合には、センサを保持しつつその清潔度を保つための特別な構造を設ける必要がある。従って、医療用器具の構造が複雑化し、コストが増大する恐れがある。また、センサが設けられる分、医療用器具の先端の構成が大型化するため、当該医療用器具を体腔内に挿入する際の患者への負担が増大したり、当該医療用器具の先端が体腔内の生体組織と誤って接触する危険性が増大することが懸念される。

【0005】

そこで、本開示では、より簡易な構成によって医療用器具と生体組織との接触状態を検出することが可能な、新規かつ改良された振動検出モジュール、振動検出方法及び手術システムを提案する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示によれば、長尺の医療用器具の長手方向における一部位に着脱自在に構成され、取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出する、振動検出モジュールが提供される。

【0007】

また、本開示によれば、長尺の医療用器具に着脱可能に構成される振動検出モジュールを、前記医療用器具の長手方向における一部位に取り付け、前記振動検出モジュールによって、取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出する、振動検出方法が提供される。

【0008】

また、本開示によれば、患者に対して用いられる長尺の医療用器具と、前記医療用器具を支持する支持アーム装置と、前記医療用器具の長手方向における一部位に着脱可能に構成され、取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出する振動検出モジュールと、を備える、手術システムが提供される。

【0009】

本開示によれば、医療用器具に着脱可能な振動検出モジュールが提供される。また、長尺の医療用器具の長手方向における一部位に当該振動検出モジュールを取り付け、当該振動検出モジュールによって、その取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出することが可能になる。従って、滅菌処理を行う際には、振動検出モジュールを取り外して、医療用器具及び振動検出モジュールのそれぞれに対して別個に滅菌処理を行えばよいため、滅菌処理を考慮した特別な構成を医療用器具に設ける必要がない。また、医療用器具の実際に患者の生体組織と近接又は接触し得る先端には振動検出モジュールが取り付けられないため、医療用器具の先端に清潔を保つための特別な構成を設ける必要がない。よって、医療用器具の構成をより簡易なものとすることができる。

【発明の効果】

【0010】

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医療用器具と生体組織との接触状態を検出することが可能になる。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】

【0011】

【図1】本実施形態に係る振動検出モジュールが鉗子に取り付けられた様子を示す図である。

【図2】本実施形態に係る振動検出モジュールの外観を示す斜視図である。

【図3】本実施形態に係る振動検出モジュールの分解斜視図である。

【図4】本実施形態に係る振動検出モジュールを鉗子の挿通方向に沿って切断した際の断面の様子を示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 5】本実施形態に係る振動検出モジュールが適用され得る手術システムの一構成例を示すブロック図である。

【図 6】本実施形態に係る手術システムのスレイブを構成し得る支持アーム装置の一構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

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。

【0013】

なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1. 振動検出モジュールの構成
2. 手術システムの構成
3. 支持アーム装置の構成例
4. 変形例
 - 4-1. 振動検出モジュールの制振制御への利用
 - 4-2. 振動検出モジュールの他の適用例
 - 4-3. 他の振動センサの検出値の利用
 - 4-4. 指向性振動センサの利用
 - 4-5. 振動検出モジュールに搭載される振動センサの個数
 - 4-6. アクチュエータの制御に関する情報の利用
 - 4-7. 振動の他の提示方法

5. 補足

【0014】

(1. 振動検出モジュールの構成)

図 1 - 図 4 を参照して、本開示の一実施形態に係る振動検出モジュールの構成について説明する。図 1 は、本実施形態に係る振動検出モジュールが鉗子に取り付けられた様子を示す図である。図 2 は、本実施形態に係る振動検出モジュールの外観を示す斜視図である。図 3 は、本実施形態に係る振動検出モジュールの分解斜視図である。図 4 は、本実施形態に係る振動検出モジュールを鉗子の挿通方向に沿って切断した際の断面の様子を示す斜視図である。なお、図 4 では、本実施形態に係る振動検出モジュールと鉗子との位置関係を示すために、当該鉗子も併せて図示している。

【0015】

図 1 を参照すると、手術時に患者に対して用いられる医療用器具の一例である鉗子 301 に対して、本実施形態に係る振動検出モジュール 10 が取り付けられた様子が図示されている。このように、本実施形態に係る振動検出モジュール 10 は、医療用器具に取り付けられて用いられ、当該医療用器具に生じる振動を検出するものである。

【0016】

図 1 に示すように、鉗子 301 は、各種の医療用器具を支持可能に構成される支持アーム装置のアーム部 303 によって支持されており、当該アーム部 303 によって鉗子 301 の位置及び姿勢が制御される。

【0017】

本実施形態では、アーム部 303 は、いわゆるマスター/スレイブ方式によって動作される。すなわち、アーム部 303 は、アーム部 303 及び鉗子 301 から離隔して設置されるコントローラ等の入力装置を介して、術者によって遠隔操作され得る。

【0018】

鉗子 301 は、その先端にエンドエフェクタが設けられた、長尺な管状の器具である。手術時には、当該先端を含む所定の長さの領域が、患者の体腔内に挿入される。エンドエフェクタは開閉可能な一対のブレードからなり、当該ブレードによって、患者の生体組織の把持や切断、又は生体組織の縫合時における針の把持等を行うことができる。

【 0 0 1 9 】

本実施形態では、鉗子 3 0 1 は、マスター / スレイブ方式によって動作される、いわゆるロボット鉗子である。例えば、鉗子 3 0 1 は、上述したアーム部 3 0 3 を遠隔操作するための入力装置を介して、術者によって、アーム部 3 0 3 とともに遠隔操作され得る。簡単のため図示は省略しているが、鉗子 3 0 1 には、エンドエフェクタの位置及び姿勢を変化させるための 1 つ又は複数の関節部が設けられていてもよく、術者は、入力装置を介した操作により、各関節部を動作させてエンドエフェクタの位置及び姿勢を調整したり、エンドエフェクタに開閉動作を行わせたりすることができる。

【 0 0 2 0 】

このように、本実施形態では、いわゆるマスター / スレイブ方式の手術システムに対して振動検出モジュール 1 0 が適用される。マスター / スレイブ方式の手術システムでは、複数のアーム部によって、各種の医療用器具や術部を観察するための観察ユニット（例えば、顕微鏡や内視鏡等）がそれぞれ支持され、これら複数のアーム部及び医療用器具が、当該複数のアーム部から離隔して設置されるコントローラ等の入力装置を介して術者によって遠隔操作されることにより、手術が行われる。本実施形態に係る振動検出モジュール 1 0 は、これらの各種の医療用器具の 1 つ又は複数に取り付けられ得る。なお、マスター / スレイブ方式の手術システムについては、下記（ 2 . 手術システムの構成 ）で改めて説明する。

【 0 0 2 1 】

なお、本実施形態において想定される手術は、開腹手術及び内視鏡手術の両方であり得る。例えば、開腹手術であれば、術部を電子的に撮影することが可能ないわゆるビデオ式顕微鏡によって術部が撮影される。また、内視鏡手術であれば、鉗子 3 0 1 とともに内視鏡が患者の体腔内に挿入され、当該内視鏡によって術部が撮影される。ビデオ式顕微鏡や内視鏡等の観察ユニットによって撮影された術部の画像は、術者によって視認され得る位置に配置される表示装置に表示され、術者は、当該表示装置に映し出された画像によって術部の様子を観察しながら手術を行う。なお、当該表示装置は、手術室内に設置されてもよいし、ヘッドマウントディスプレイ（HMD : Head Mounted Display）や眼鏡型のウェアラブルデバイスのように、術者が身に付けて使用するデバイスに搭載されてもよい。

【 0 0 2 2 】

図 1 では、このようなマスター / スレイブ方式の手術システムの構成の中から、代表的に、1 つのアーム部 3 0 3、及び当該アーム部 3 0 3 によって支持される鉗子 3 0 1 のみを図示している。以下では、一例として、図 1 に示すように、鉗子 3 0 1 に対して本実施形態に係る振動検出モジュール 1 0 が取り付けられる場合を例に挙げて、振動検出モジュール 1 0 の構成及び機能について説明する。

【 0 0 2 3 】

振動検出モジュール 1 0 は、鉗子 3 0 1 の基端側（すなわち、アーム部 3 0 3 と接続される側）に取り付けられ、振動検出モジュール 1 0 の取り付け位置よりも先端側、すなわち患者の生体組織に近接又は接触する部位において鉗子 3 0 1 に生じる振動を検出する。例えば、振動検出モジュール 1 0 は、患者の体腔内に挿入された鉗子 3 0 1 が当該体腔内の生体組織に接触することによって当該鉗子 3 0 1 に生じた振動を検出することができる。このように、本実施形態によれば、体腔外に設置される振動検出モジュール 1 0 によって、体腔内における鉗子 3 0 1 と生体組織との接触状態が検出され得る。

【 0 0 2 4 】

ここで、以下の説明では、便宜的に、鉗子 3 0 1 において振動検出モジュール 1 0 による振動検出の対象となる部位のことを、「先端側」と呼称することとする。ただし、上述したように、振動検出モジュール 1 0 は、振動検出モジュール 1 0 の取り付け位置よりも先端側において鉗子 3 0 1 に生じる振動を検出するため、振動検出モジュール 1 0 は、鉗子 3 0 1 の先端近傍の部位だけではなく、鉗子 3 0 1 の中間部位（振動検出モジュール 1 0 の取り付け位置と鉗子 3 0 1 の先端との間の部位）において生じる振動も検出し得る。

従って、当該「先端側」とは、必ずしも鉗子 301 の先端近傍の部位のみを指す言葉ではなく、先端及び中間部位を含む、振動検出モジュール 10 による振動検出の対象となる部位全体を示す言葉である。

【0025】

なお、図 1 に示す例では、鉗子 301 に対して振動検出モジュール 10 が取り付けられているが、本実施形態はかかる例に限定されない。本実施形態において振動検出の対象となる器具は長尺の医療用器具であればよく、その種類は限定されない。振動検出モジュール 10 は、各種の長尺の医療用器具に対して取り付けられてよい。本実施形態では、振動検出モジュール 10 は、長尺の医療用器具の長手方向における一部位に取り付けられ、その取り付け位置と離隔した長手方向における他の部位において当該医療用器具に生じた振動を検出し得る。

10

【0026】

振動検出モジュール 10 の構成についてより詳細に説明する。図 2 - 図 4 に示すように、振動検出モジュール 10 は、筐体 110 と、当該筐体 110 の内部に配設される第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130 と、から主に構成される。

【0027】

筐体 110 は中空の略円柱形状を有し、当該円柱形状の上面及び底面の略中央には、それぞれ開口部が設けられる。振動検出モジュール 10 が鉗子 301 に取り付けられる際には、筐体 110 の当該 2 つの開口部に鉗子 301 が挿通される。

【0028】

20

筐体 110 は、当該 2 つの開口部を通る平面で分割される、2 つの部材 111、112 (第 1 の部材 111 及び第 2 の部材 112) から構成される。そして、鉗子 301 を挟むように第 1 の部材 111 及び第 2 の部材 112 が組み付けられることにより、筐体 110 (すなわち、振動検出モジュール 10) が鉗子 301 に取り付けられる (図 4 を参照)。

【0029】

このように、振動検出モジュール 10 は、鉗子 301 に対して着脱可能に構成される。この際、振動検出モジュール 10 は、既存の鉗子 301 に対して取り付け可能に構成されてよい。これにより、振動検出モジュール 10 を取り付けのための特別な構成を鉗子 301 に設ける必要がなく、既存の鉗子 301 をそのまま利用することができる。

【0030】

30

また、振動検出モジュール 10 は、例えば第 1 の部材 111 及び第 2 の部材 112 に設けられる掛止部材同士を互いに掛止することにより両者が連結される等、工具を用いない簡便な方法で鉗子 301 に取り付け可能に構成されることが好ましい。これにより、振動検出モジュール 10 を鉗子 301 に対して取り付ける際の作業性を向上させることができる。

【0031】

筐体 110 の材質は特に限定されないが、手術時に振動検出モジュール 10 の清潔を保つ観点から、筐体 110 の材料としては、抗菌性を有するもの、及び / 又は滅菌処理に耐え得るものが用いられることが好ましい。また、外部の環境における雑音となり得る振動 (例えば、後述する会話や音楽) が、筐体 110 の内部に配設される第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130 に伝達されることを抑制するために、筐体 110 は、比較的比重が大きい材料によって形成されることが好ましい。

40

【0032】

第 1 の部材 111 と第 2 の部材 112 との接触部 (すなわち、筐体 110 の分割面における縁部)、及び筐体 110 の開口部における鉗子 301 との接触部 (すなわち、当該開口部の縁部) には、筐体 110 が鉗子 301 に取り付けられた際に筐体 110 を封止するためのシーリング部材 140 が設けられる。シーリング部材 140 が設けられることにより、筐体 110 が鉗子 301 に取り付けられた際に、筐体 110 の内部の密閉性が保たれ、筐体 110 の内部に設けられる第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130 を外部の環境から遮断することができる。

50

【 0 0 3 3 】

例えば、手術中には、術者と他の医療スタッフとの間で会話が行われたり、術者の緊張を緩和するために音楽が流されていたりすることがある。これらの会話や音楽は、第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130によって本来検出したい鉗子301において生じる振動に対して、雑音となり得る。シーリング部材140によって筐体110の内部の密閉性が保たれることにより、第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130において検出され得る外部の環境に起因する雑音を低減することができる。

【 0 0 3 4 】

例えば、シーリング部材140は、ゴム等の軟性体によって形成される。ただし、本実施形態はかかる例に限定されず、シーリング部材140としては、一般的に中空の部材の封止に用いられ得る各種の公知の部材を用いることができる。また、シーリング部材140が配設される部位は上述した部位に限定されず、例えば、第1の部材111と第2の部材112との接触部や鉗子301を挿通するための開口部以外に、筐体110の内部と外部とを空間的に接続する隙間が存在する場合には、これらの隙間を塞ぐようにシーリング部材140が適宜配設されてよい。

【 0 0 3 5 】

また、図1 - 図4に示す例では、シーリング部材140は、筐体110と別個の部材として構成されているが、本実施形態はかかる例に限定されない。例えば、2色成形により、筐体110を構成する第1の部材111及び第2の部材112のいずれかと、シーリング部材140とが、一体的な部材として形成されてもよい。これにより、筐体110の封止がより確実に行われることとなり、第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130を外部の環境から遮断する効果をより得ることができる。

【 0 0 3 6 】

第1の振動センサ120は、ヒトの聴覚に対応する周波数帯域の振動（以下、便宜的に聴覚振動とも言う）を検出する聴覚センサである。例えば、第1の振動センサ120は、ヒトの可聴域（例えば、約20Hz～約20kHz）に対応する周波数帯域の振動を検出する。第1の振動センサ120は、例えばマイクロフォンであり、筐体110が鉗子301に取り付けられた際に、第1の振動センサ120の收音部が鉗子301と接触するように、筐体110内に配置される。第1の振動センサ120により、鉗子301の内部を伝わってきた、鉗子301の先端側で生じた音（例えば、鉗子301のエンドエフェクタが患者の生体組織を把持した際の音等）が検出され得る。

【 0 0 3 7 】

図示する例では、第1の振動センサ120は、第1の部材111の内部に配置されている。図示は省略するが、第1の部材111の内部には、第1の振動センサ120を支持するための支持部材が適宜設けられており、当該支持部材によって、第1の振動センサ120が第1の部材111の内部に固定的に支持される。

【 0 0 3 8 】

第2の振動センサ130は、ヒトの触覚に対応する周波数帯域の振動（以下、便宜的に触覚振動とも言う）を検出する触覚センサである。例えば、第2の振動センサ130は、ヒトの皮膚での検出可能周波数帯域（例えば、数Hz～約1kHz）に対応する周波数の振動を検出する。第2の振動センサ130は、例えば3軸以上の多軸の加速度センサである。第2の振動センサ130は、筐体110に対して固定的に配設される。第2の振動センサ130により、鉗子301を伝わってきた、鉗子301の先端側で生じた触覚振動（例えば、鉗子301のエンドエフェクタが患者の生体組織を把持した際に生じた触覚振動）が、筐体110を介して検出され得る。

【 0 0 3 9 】

図示する例では、第2の振動センサ130は、第2の部材112の内部に配置されている。図示は省略するが、第2の部材112の内部には、第2の振動センサ130を支持するための支持部材が適宜設けられており、当該支持部材によって、第2の振動センサ130が第2の部材112の内部に固定的に支持される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

第 1 の振動センサ 1 2 0 によって検出された聴覚振動を示す信号及び第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された触覚振動を示す信号は、ケーブル 1 5 0 によって、これらの信号に対して増幅やフィルタリング等の各種の信号処理を行う回路基板等まで送信される。当該回路基板等において各種の信号処理が施された信号が、鉗子 3 0 1 及びアーム部 3 0 3 を操作する術者の手元の振動提示部（図示せず。）まで送信され、当該振動提示部によって、第 1 の振動センサ 1 2 0 によって検出された聴覚振動及び第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された触覚振動が、術者に対して伝達される。

【 0 0 4 1 】

なお、ケーブル 1 5 0 は、筐体 1 1 0 に設けられる開口部を介して筐体 1 1 0 の外部まで延設され得るが、ケーブル 1 5 0 が挿通される当該開口部も、上述した鉗子 3 0 1 が挿通される開口部と同様に、シーリング部材 1 4 0 によって封止され得る。また、第 1 の振動センサ 1 2 0 によって検出された聴覚振動を示す信号及び第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された触覚振動を示す信号は、必ずしもケーブル 1 5 0 によって送信されなくてもよく、各種の公知の通信方式に従って無線で上記回路基板等に送信されてもよい。

【 0 0 4 2 】

振動提示部は、例えば、スピーカや振動素子等によって構成される。振動提示部のスピーカによって、第 1 の振動センサ 1 2 0 によって検出された聴覚振動（すなわち音）が術者に対して伝達される。また、振動提示部の振動素子によって、第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された触覚振動が術者に対して伝達される。このように鉗子 3 0 1 の先端側で生じた聴覚振動及び触覚振動が術者に対して伝達されることにより、術者は、鉗子 3 0 1 の操作中における、鉗子 3 0 1 と患者の生体組織との接触状態をより直感的に感じることができる。なお、このような振動提示部を介した術者への聴覚振動及び触覚振動の伝達方法については、下記（ 2 . 手術システムの構成 ）で改めて説明する。

【 0 0 4 3 】

ここで、鉗子 3 0 1 が患者の生体組織に接触する際に第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出され得る触覚振動は、生体組織の表面テクスチャ情報、及び / 又は生体組織の剛性情報を含み得る。例えば、術者は、伝達された触覚振動に基づいて、現在鉗子 3 0 1 が触れている生体組織の表面の状態（滑らかなのか又はざらついているのか等）や、現在鉗子 3 0 1 が触れている生体組織の弾性（軟らかいのか又は硬いのか等）を、感覚的に把握することができる。例えば、同一の生体組織において、病変部と正常部位とで表面の状態や剛性等が著しく異なっている場合には、このような生体組織の表面テクスチャ情報及び / 又は剛性情報は、当該病変部を確認するための一助となり得る。例えば、鉗子 3 0 1 を生体組織の表面をなぞるように動かし、その間の触覚振動を検出し術者に対して伝達するといった、表面テクスチャ情報及び / 又は剛性情報を積極的に得るような使用方法も想定され得る。

【 0 0 4 4 】

また、第 1 の振動センサ 1 2 0 によって検出され得る聴覚振動、すなわち生体組織が発する音は、当該生体組織が正常な状態であるかどうかを判断するために有用な情報となる場合がある。例えば、血管の縫合においては、縫合後の血管内に正常に血液が流れているかどうかを音波によって確認する検査方法が存在する。本実施形態では、このような音波を用いた各種の検査において、第 1 の振動センサ 1 2 0 によって検出された聴覚振動が用いられてもよい。

【 0 0 4 5 】

このように、聴覚振動及び触覚振動が術者に対して伝達されることにより、術者は、鉗子 3 0 1 の先端側が接触している生体組織に関する、より多くの情報を得ることが可能になる。

【 0 0 4 6 】

ここで、図示は省略するが、アーム部 3 0 3 の鉗子 3 0 1 との接続部位には、力覚センサが設けられ得る。また、アーム部 3 0 3 を構成する各関節部には、当該各関節部に作用

10

20

30

40

50

する力を検出するための力覚センサ（トルクセンサ）が設けられ得る。本実施形態では、鉗子301に作用する力が、これらの力覚センサによって検出され、鉗子301を操作する術者に対して伝達されてもよい。この場合、術者には、力覚センサによって検出された鉗子301に作用する力、並びに振動検出モジュール10によって検出された鉗子301の先端側で生じた聴覚振動及び触覚振動が、ともに伝達されることとなる。なお、アーム部303の鉗子301との接続部位に設けられる力覚センサは、鉗子301に作用する力を検出するために別途設けられるものであってもよいし、アーム部303の鉗子301との接続部位に関節部が配置される場合であれば、当該関節部に設けられるトルクセンサであってもよい。

【0047】

10

力覚センサによる力のフィードバックによっても、術者は、鉗子301と生体組織との接触状態を把握し得る。しかしながら、一般的に、力覚センサは、例えば歪みゲージや感圧素子等からなり、力の大きさや方向が比較的高い周波数（例えば数Hz以上）で変化する場合には、その振動する力を正確に検出することは困難であることが多い。従って、力覚センサによって検出された鉗子301に作用する力を術者に対してフィードバックするだけでは、鉗子301と生体組織との接触状態を表す十分な情報が術者に対して伝達されているとは言い難いと考えられる。

【0048】

本実施形態における第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130は、このような力覚センサによって検出することが困難な周波数帯域の振動を検出するためのものであると言える。つまり、本実施形態によれば、第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130によって検出された振動を術者に対してフィードバックすることにより、力覚センサによる力のフィードバックだけでは得られない、より広い周波数帯域の振動を術者に対して伝達することが可能になる。従って、術者に対して、鉗子301と生体組織との接触状態を表すより多くの情報を伝達することができるため、術者は、当該接触状態をより直感的に、より現実的なものとして感じる事が可能になるのである。

20

【0049】

ここで、以下の説明では、簡単のため、第1の振動センサ120によって検出される聴覚振動及び第2の振動センサ130によって検出される触覚振動のことを、まとめて、単に「第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130によって検出される振動」等と呼称することとする。ただし、上記の観点から、本明細書では、第1の振動センサ120及び第2の振動センサ130によって検出される「振動」（すなわち、振動検出モジュール10によって検出され得る「振動」）は、特に記載のない限り、一般的に力覚センサによって検出することが困難な周波数帯域の振動を意味するものとする。

30

【0050】

以上、図1 - 図4を参照して、本実施形態に係る振動検出モジュール10の構成について説明した。

【0051】

ここで、特許文献1、2に例示される既存の構成では、鉗子等の医療用器具と患者の生体組織との接触状態を検出するためのセンサが、当該医療用器具の先端に、当該医療用器具と一体的に設けられていた。従って、医療用器具の先端の構成が大型化し、当該医療用器具を体腔内に挿入する際の患者への負担が増大したり、当該医療用器具の先端が体腔内の生体組織と誤って接触する危険性が増大する恐れがあった。

40

【0052】

また、医療用器具に対しては手術前後に滅菌処理が行われるが、当該滅菌処理としては、オートクレーブが用いられることが一般的である。オートクレーブでは、医療用器具は高温、高圧の液体にさらされるため、特許文献1、2に記載の構成のように、センサと医療用器具とが一体的に構成される場合には、当該センサがオートクレーブの環境に耐えられるように構成されることが要求される。従って、特許文献1、2に記載の構成では、センサが配置される部位の構成を、当該センサを高温、高圧の液体から保護し得る特別なもの

50

としたり、センサ自体をオートクレーブの環境に耐え得る特別なものとしたりする必要があり、コストが増加することが懸念される。あるいは、センサが設けられた医療用器具に対する滅菌処理ではセンサが壊れないようにオートクレーブ以外の他の方法を用いることも考えられるが、この場合には、従前とは異なる作業を医療スタッフに強いることとなるため、手術の準備や片付けを行う医療スタッフの作業が煩雑になる恐れがある。

【 0 0 5 3 】

また、特許文献 1、2 に記載の構成では、センサが医療用器具の先端に設けられており、当該センサの検出値を示す信号に対して各種の信号処理を施す回路基板等は体腔外に設置される。従って、センサの検出値を示す信号を当該回路基板等まで送信するための配線を、当該医療用器具に沿って設ける必要がある。よって、例えば配線のための専用の構造を有するカテーテルを別途用意する等、更なるコストの増加を招く可能性がある。また、上記のように、センサの検出値を示す信号が体腔外の回路基板等まで比較的長い距離を配線によって伝送されることとなるため、その間に雑音が重畳し、信号の S / N 比が悪化する恐れがある。

10

【 0 0 5 4 】

また、特許文献 1、2 に記載の構成では、センサとして、感圧素子が用いられている。一般的に、感圧素子は、その分解能に限界があり、高周波数で振動するような力や比較的小さい力は検出することが困難であるため、医療用器具と生体組織との接触状態を検出するために適しているとは言い難い。

20

【 0 0 5 5 】

これに対して、以上説明したように、本実施形態に係る振動検出モジュール 10 は、鉗子 301 の基端側に着脱自在に構成され、当該基端側に取り付けられた状態で鉗子 301 の先端側で生じる振動を検出する。従って、鉗子 301 の先端の構成をより簡易でより小型にすることができ、上記のような患者の負担や生体組織との意図せぬ接触の危険性を低減することができる。

【 0 0 5 6 】

また、この際、振動検出モジュール 10 は、既存の鉗子 301 に取り付け可能なように構成され得るため、鉗子 301 に、振動検出モジュール 10 を取り付けするための特別な構成を設ける必要がない。従って、鉗子 301 としては既存のものをそのまま用いることができ、コストの大幅な増加にはつながらない。

30

【 0 0 5 7 】

このように、本実施形態によれば、より簡易な構成によって、医療用器具に生じる振動を検出することが可能になる。

【 0 0 5 8 】

また、振動検出モジュール 10 は、鉗子 301 に対して着脱自在に構成されるため、必要な時のみ振動検出モジュール 10 を鉗子 301 に取り付け、準備や片付けの段階では、振動検出モジュール 10 を鉗子 301 から取り外すことができる。よって、準備や片付けの際に鉗子 301 に対して行われる各処理については、従来の処理をそのまま適用することができるため、準備や片付けの際の作業が煩雑化することなく、当該作業に係る医療スタッフの利便性をより向上させることができる。

40

【 0 0 5 9 】

例えば、滅菌処理については、振動検出モジュール 10 を鉗子 301 から取り外し、振動検出モジュール 10 及び鉗子 301 に対して、それぞれ別個に滅菌処理を行うことができる。従って、鉗子 301 に対しては、例えばオートクレーブ等、従前と同様の方法で滅菌処理を行うことができ、医療スタッフの作業が煩雑になることがない。また、振動検出モジュール 10 に対しては、例えばプラズマを用いた滅菌処理等、第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130 の動作に対して影響を及ぼし難い滅菌処理の方法を用いることができる。このように、本実施形態では、振動検出モジュール 10 が鉗子 301 に対して着脱可能に構成されることにより、振動検出モジュール 10 及び鉗子 301 のそれぞれに適した方法で滅菌処理を行うことが可能になる。

50

【 0 0 6 0 】

なお、振動検出モジュール 1 0 は、繰り返し使用されることを想定したものでなくともよく、使い捨てを前提としたものであってもよい。この場合には、手術前における事前の滅菌処理は必要であるが、病院等の医療施設において手術後に振動検出モジュール 1 0 に対する滅菌処理を行う必要がない。従って、医療施設における振動検出モジュール 1 0 の滅菌処理に係る作業の負担を軽減することができる。あるいは、手術時に振動検出モジュール 1 0 に対してドレープが被せられてもよい。この場合には、振動検出モジュール 1 0 自体に対しては特段の滅菌処理を行う必要がないため、滅菌処理に係る作業の負担を更に軽減することができる。

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態では、鉗子 3 0 1 の基端側に取り付けられる振動検出モジュール 1 0 によって鉗子 3 0 1 の先端側の振動が検出されるため、振動検出モジュール 1 0 の検出値を示す信号に対して各種の信号処理を行う回路基板等を、振動検出モジュール 1 0 の比較的近くに設置することができる。従って、振動検出モジュール 1 0 と当該回路基板等とを接続する配線をより短くすることができ、配線における信号への雑音の重畳を抑制することができる。

【 0 0 6 2 】

また、振動検出モジュール 1 0 は、聴覚振動を検出する第 1 の振動センサ 1 2 0 及び触覚振動を検出する第 2 の振動センサ 1 3 0 を備える。従って、振動検出モジュール 1 0 によれば、一般的な力覚センサでは検出することが困難な周波数帯域の振動を検出することができ、医療用器具と生体組織との接触状態をより詳細に検出することが可能になる。また、検出された聴覚振動及び触覚振動が術者に対して伝達されることにより、術者は、一般的な力覚センサによるフィードバックでは得ることのできなかった、鉗子 3 0 1 と患者の生体組織とのより詳細な接触状態を得ることが可能になる。なお、振動検出モジュール 1 0 は、必ずしも聴覚振動及び触覚振動の双方を検出可能に構成されなくともよく、聴覚振動及び触覚振動の少なくともいずれかを検出可能に（すなわち、第 1 の振動センサ 1 2 0 及び第 2 の振動センサ 1 3 0 の少なくともいずれかを備えるように）構成されればよい。聴覚振動及び触覚振動の少なくともいずれかを検出可能であることにより、一般的な力覚センサでは検出することが困難な周波数帯域の振動を検出することができ、術者に、より詳細な接触状態を伝達することが可能になる。

【 0 0 6 3 】

例えば、聴覚振動及び触覚振動が術者に対して伝達されることにより、術者は、例えば生体組織を鉗子 3 0 1 で把持している感覚や、鉗子 3 0 1 で針を保持して生体組織に対して縫合処理を施している際の針が生体組織に刺さる感覚等を、より現実的なものとして感じることができる。従って、術者の作業性が向上する。また、例えば、鉗子 3 0 1 が軟組織等の脆弱組織に意図せず接触した場合に、術者は、そのことをより直感的に把握することができ、鉗子 3 0 1 を移動させる等、適切な対応を即座に取ることが可能になる。従って、手術時の安全性を向上させることができる。

【 0 0 6 4 】

(2 . 手術システムの構成)

図 5 を参照して、以上説明した本実施形態に係る振動検出モジュール 1 0 が適用され得る手術システムの構成について説明する。図 5 は、本実施形態に係る振動検出モジュール 1 0 が適用され得る手術システムの一構成例を示すブロック図である。

【 0 0 6 5 】

図 5 では、本実施形態に係る手術システムとして、いわゆるマスター / スレイブ方式の手術システムの構成が図示されている。マスター / スレイブ方式の手術システムでは、マスター側で術者がコントローラ等の入力装置を介して入力した指示に応じて、スレイブ側のアーム部及び当該アーム部に取り付けられた医療用器具が駆動され、当該医療用器具によって患者の術部に対して各種の処置が施される。

【 0 0 6 6 】

図 5 を参照すると、本実施形態に係る手術システム 1 は、先端に鉗子等の医療用器具が取り付けられたアーム部を有する支持アーム装置 2 1 0 と、当該支持アーム装置 2 1 0 を操作するための入力装置 2 2 0 と、当該入力装置 2 2 0 を介して入力される指示に応じて支持アーム装置 2 1 0 を駆動させる制御システム 2 3 0 と、支持アーム装置 2 1 0 に取り付けられる振動検出モジュール 1 0 によって検出された振動を入力装置 2 2 0 に伝達する振動伝達部 2 4 0 と、から構成される。支持アーム装置 2 1 0 がスレイブに対応し、入力装置 2 2 0 がマスターに対応する。

【 0 0 6 7 】

なお、図 5 に示すブロック図では、本開示の説明のために特に必要となる構成のみを図示している。手術システム 1 は、図示した構成以外にも、一般的なマスター/スレイブ方式の手術システムが有する各種の構成を有してよい。図示を省略した構成については、各種の公知の構成が適用されてよい。その詳細な説明は省略する。

10

【 0 0 6 8 】

手術システム 1 では、情報伝達の系統が、支持アーム装置 2 1 0 の駆動制御に係る系統と、振動検出モジュール 1 0 によって検出された振動の術者への伝達に係る系統と、に大きく分類され得る。まず、支持アーム装置 2 1 0 の駆動制御に係る系統について説明する。

【 0 0 6 9 】

支持アーム装置 2 1 0 の駆動制御においては、入力装置 2 2 0 の入力部 2 2 1 を介して術者によって入力された支持アーム装置 2 1 0 のアーム部を駆動するための指示を示す情報が、制御システム 2 3 0 に送信される。上述したロボット鉗子のように、医療用器具が駆動部位を有する場合であれば、当該医療用器具を駆動するための指示を示す情報も、併せて、入力装置 2 2 0 の入力部 2 2 1 から制御システム 2 3 0 に入力され得る。

20

【 0 0 7 0 】

入力部 2 2 1 は、例えば、レバー、グリップ及び/又はボタン等の入力機構によって構成され得る。入力部 2 2 1 の具体的な構成はかかる例に限定されず、入力部 2 2 1 としては、一般的なマスター/スレイブ方式の手術システムの入力装置に設けられ得る各種の公知な構成が適用されてよい。

【 0 0 7 1 】

制御システム 2 3 0 は、支持アーム装置 2 1 0 の駆動制御に係る各種の演算を行う。例えば、制御システム 2 3 0 では、入力部 2 2 1 を介して入力された指示に基づいて、支持アーム装置 2 1 0 のアーム部を駆動するための制御量が算出される。当該アーム部は、複数のリンクが関節部によって互いに回動可能に連結されて構成され得る。例えば、支持アーム装置 2 1 0 の駆動制御が力制御によって行われる場合であれば、その制御量としては、術者によって指示された所望の動作をアーム部が実現するために必要な各関節部に発生させるべきトルクが算出され得る。あるいは、支持アーム装置 2 1 0 の駆動制御が位置制御によって行われる場合であれば、その制御量としては、術者によって指示された所望の動作をアーム部が実現するために必要な各関節部の回転角度が算出され得る。また、医療用器具が駆動部位を有する場合であれば、同様に、当該医療用器具を駆動するための制御量が制御システム 2 3 0 によって計算され得る。

30

40

【 0 0 7 2 】

本実施形態では、支持アーム装置 2 1 0 (アーム部及び/又は医療用器具)の駆動制御の方式としては、各種の公知の制御方式が用いられてよい。制御システム 2 3 0 としては、採用された制御方式に適合したものが適宜構築され得る。制御システム 2 3 0 の具体的な構成は、各種の制御方式に応じた既存のものと同様であってよい。その詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 3 】

制御システム 2 3 0 によって算出された制御量についての情報が、支持アーム装置 2 1 0 の駆動部 2 1 1 に送信される。駆動部 2 1 1 は、例えば、アーム部の各関節部に設けられる、当該各関節部を回転駆動させるためのモータに対応している。制御システム 2 3 0

50

によって算出された制御量に応じて当該モータが駆動することにより、術者が入力装置 220 を介して指示したようにアーム部が動作する。また、医療用器具が駆動部位を有する場合であれば、駆動部 211 は、当該駆動部位を動作させるためのモータに対応し得る。制御システム 230 によって算出された制御量に応じて当該モータが駆動することにより、術者が入力装置 220 を介して指示したように医療用器具が動作する。

【0074】

また、支持アーム装置 210 は、アーム部の状態を検出するための状態検出部 212 を有する。状態検出部 212 は、例えば、アーム部の各関節部に設けられる力覚センサ（トルクセンサ）やエンコーダに対応している。力覚センサによって、各関節部に作用する力（トルク）が検出され得る。また、エンコーダによって、各関節部の回転角度が検出され得る。状態検出部 212 によって検出されたアーム部の状態を示す情報は、制御システム 230 に送信される。制御システム 230 は、当該情報に基づいてアーム部の現在の状態を逐次把握しており、把握したアーム部の現在の状態に基づいて上述した制御量を算出する。

10

【0075】

ここで、力覚センサによって検出される各関節部に作用する力は、アーム部の先端に取り付けられる医療用器具に作用する力を反映したものであり得る。手術システム 1 では、制御システム 230 によって、力覚センサによって検出された各関節部に作用する力の中から医療用器具に作用する力の成分が抽出され、入力装置 220 の力提示部 222 に送信される。力提示部 222 は、例えばサーボモータ等によって構成され、医療用器具に作用する力に応じて、例えば術者による入力部 221 の操作に対して抵抗を与えるように入力部 221 を構成するレバー等を駆動させることにより、医療用器具に作用する力を術者に対して提示する。このように、手術システム 1 は、医療用器具に作用した力を検出し、当該力を術者に対してフィードバックする機能を備えている。

20

【0076】

次に、振動検出モジュール 10 によって検出された振動の伝達に係る系統について説明する。手術システム 1 では、支持アーム装置 210 において、振動検出モジュール 10 が医療用器具の基端側に取り付けられる。上記（1．振動検出モジュールの構成）で説明したように、振動検出モジュール 10 には第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130 が搭載されており、これらの振動センサによって、医療用器具に生じた聴覚振動及び触覚振動が検出される。

30

【0077】

第 1 の振動センサ 120 は、例えばコンデンサマイクであり、鉗子に生じた聴覚振動（すなわち、音）を検出する。第 2 の振動センサ 130 は、例えば加速度センサであり、鉗子に生じた触覚振動を検出する。第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130 によって検出された振動を示す信号は、振動伝達部 240 を介して、入力装置 220 の振動提示部 223 に送信される。

【0078】

具体的には、振動伝達部 240 は、振動検出モジュール 10 によって検出された振動を示す信号に対して、増幅処理やフィルタリング処理等の各種の信号処理を行い、処理後の信号を振動提示部 223 に対して送信する。例えば、振動伝達部 240 は、信号を適宜増幅するアンプや、検出された振動から有意な周波数帯域の成分のみを抽出するフィルタ等から構成される。

40

【0079】

また、入力装置 220 の振動提示部 223 は、振動検出モジュール 10 によって検出された振動を術者に対して提示するための各種のデバイスによって構成される。本実施形態では、振動提示部 223 は、例えばスピーカやイヤホン等の音声出力機器からなる聴覚振動提示部 224 と、例えばボイスコイル等の振動素子からなる触覚振動提示部 225 と、を含む。

【0080】

50

図示する例では、振動伝達部 240 は、プリアンプ 241、244、ローパスフィルタ 242、245 (LPF 242、245) 及びメインアンプ 243、246 を有する。第 1 の振動センサ 120 によって検出された聴覚振動を示す信号は、プリアンプ 241 によって増幅され、LPF 242 によって低周波数帯域の周波数成分のみが抽出され、メインアンプ 243 によって当該低周波数帯域の周波数成分が増幅されて、入力装置 220 の聴覚振動提示部 224 に送信される。聴覚振動提示部 224 のスピーカ等から、プリアンプ 241、LPF 242 及びメインアンプ 243 によって処理された後の聴覚振動を示す信号に対応する音声が出力されることにより、医療用器具に生じた聴覚振動が術者に対して伝達される。

【0081】

10

また、第 2 の振動センサ 130 によって検出された触覚振動を示す信号は、プリアンプ 244 によって増幅され、LPF 245 によって低周波数帯域の周波数成分のみが抽出され、メインアンプ 246 によって当該低周波数帯域の周波数成分が増幅されて、入力装置 220 の触覚振動提示部 225 に送信される。触覚振動提示部 225 のボイスコイル等が、プリアンプ 244、LPF 245 及びメインアンプ 246 によって処理された後の触覚振動を示す信号に応じて振動することにより、医療用器具に生じた触覚振動が術者に対して伝達される。

【0082】

LPF 242、245 によって有意な周波数成分のみが抽出されることにより、雑音が低減され、検出された振動のうち術者にとってより有用と考えられる成分のみが当該術者に対して伝達され得る。また、メインアンプ 243、246 によって、LPF 242、245 によって抽出された周波数成分が増幅されることにより、術者にとってより有用と考えられる成分が強調されて当該術者に対して伝達され得る。このように、振動伝達部 240 によって適宜信号処理が行われることにより、雑音が低減されたより明りょうな振動が術者に対して提示されることとなる。

20

【0083】

なお、プリアンプ 241、244 は、振動伝達部 240 の一機能として振動検出モジュール 10 と別個の部材として設けられなくてもよく、振動検出モジュール 10 内に設けられてもよい。これにより、振動検出モジュール 10 によって検出された振動を示す信号を振動伝達部 240 まで伝達する間に当該信号に重畳し得る雑音を、より低減することが可能になる。

30

【0084】

また、振動伝達部 240 の構成は図示した例に限定されない。振動伝達部 240 は、振動検出モジュール 10 に設けられる振動センサの特性に応じて、当該振動センサによって検出された振動から所望の周波数成分がより強調され得るように、適宜構成されてよい。例えば、医療用器具が近接又は接近している生体組織の異常を示す周波数帯域のような、術者に対してより強調して伝達されるべき周波数帯域が予め判明している場合であれば、当該周波数帯域の成分をより強調し得るように、振動伝達部 240 が構成されてよい。また、振動伝達部 240 においては、上述した増幅処理やフィルタリング処理以外にも、振動を示す信号に対する信号処理として一般的に行われている各種の処理が実行されてよい。振動伝達部 240 の構成としては、これらの機能が実現され得るような、各種の公知な構成が適用されてよい。

40

【0085】

また、振動提示部 223 の構成も、以上説明した構成に限定されない。振動提示部 223 は、聴覚振動及び触覚振動が適切に術者に対して伝達され得るように、適宜構成されてよい。振動提示部 223 の構成としては、振動をヒトに対して提示する際に用いられる各種の公知な構成が適用されてよい。なお、振動提示部 223 の他の構成例については、下記 (4 - 7 . 振動の他の提示方法) でも改めて説明する。

【0086】

以上、図 5 を参照して、本実施形態に係る振動検出モジュール 10 が適用され得る手術

50

システム１の構成について説明した。

【００８７】

（３．支持アーム装置の構成例）

図６を参照して、図５に示す手術システム１のスレイブを構成し得る支持アーム装置の一構成例を説明する。図６は、本実施形態に係る手術システム１のスレイブを構成し得る支持アーム装置の一構成例を示す図である。

【００８８】

図６を参照すると、支持アーム装置４００は、ベース部４１０と、アーム部４２０と、制御装置４４０と、を備える。支持アーム装置４００は、上述した図５に示す支持アーム装置２１０に対応するものであり、手術時に鉗子等の医療用器具を支持する医療用支持アーム装置である。

10

【００８９】

ベース部４１０は支持アーム装置４００の基台であり、ベース部４１０からアーム部４２０が延伸される。ベース部４１０にはキャスターが設けられており、支持アーム装置４００は、当該キャスターを介して床面と接地し、当該キャスターによって床面上を移動可能に構成されている。ただし、本実施形態に係る支持アーム装置４００の構成はかかる例に限定されず、例えば、ベース部４１０が設けられず、手術室の天井又は壁面にアーム部４２０が直接取り付けられて支持アーム装置４００が構成されてもよい。例えば、天井にアーム部４２０が取り付けられる場合には、支持アーム装置４００は、アーム部４２０が天井から吊り下げられて構成されることとなる。

20

【００９０】

ベース部４１０の内部には、図５に示す手術システム１における各種の情報処理を実行する制御装置４４０が設けられる。制御装置４４０は、例えばCPU（Central Processing Unit）やDSP（Digital Signal Processor）等のプロセッサであり得る。あるいは、制御装置４４０は、これらのプロセッサ及びメモリ等の記憶素子が搭載された制御基板やマイコンであり得る。制御装置４４０を構成するプロセッサが所定のプログラムに従って各種の信号処理を実行することにより、手術システム１における各種の動作が実行される。

【００９１】

具体的には、制御装置４４０は、図５に示す制御システム２３０によって行われる各種の処理を実行し、支持アーム装置４００の動作を統合的に制御する。また、制御装置４４０は、図５に示す振動伝達部２４０によって行われる各種の処理を実行し、振動検出モジュール１０によって検出された振動を示す信号に対して、増幅やフィルタリング等の各種の処理を施した上で、当該信号を術者の手元の入力装置（図示せず。）に対して伝達する。

30

【００９２】

アーム部４２０は、複数の関節部４２１a、４２１b、４２１c、４２１d、４２１e、４２１fと、関節部４２１a～４２１eによって互いに回動可能に連結される複数のリンク４２２a、４２２b、４２２c、４２２dと、アーム部４２０の先端に関節部４２１fを介して回動可能に設けられる保持ユニット４２９と、を有する。また、保持ユニット４２９は、各種の医療用器具を保持するものであり、図示する例では、保持ユニット４２９には鉗子４２３が取り付けられている。

40

【００９３】

リンク４２２a～４２２dは棒状の部材であり、リンク４２２aの一端が関節部４２１aを介してベース部４１０と連結され、リンク４２２aの他端が関節部４２１bを介してリンク４２２bの一端と連結され、更に、リンク４２２bの他端が関節部４２１c、４２１dを介してリンク４２２cの一端と連結される。更に、リンク４２２cの他端が、関節部４２１eを介して略L字状のリンク４２２dの一端と連結され、リンク４２２dの他端と鉗子４２３を保持する保持ユニット４２９とが、関節部４２１fを介して連結される。このように、ベース部４１０を支点として、複数のリンク４２２a～４２２dの端同士が

50

、関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f によって互いに連結されることにより、ベース部 4 1 0 から延伸されるアーム形状が構成される。

【 0 0 9 4 】

鉗子 4 2 3 は、上述した図 1 に示す鉗子 3 0 1 に対応するものである。図 6 では、簡単のため、鉗子 4 2 3 の具体的な形状の図示を省略し、簡易的に棒状の部材として図示しているが、実際には、鉗子 4 2 3 の先端には、患者の生体組織を把持又は切断等するためのエンドエフェクタが設けられる。手術を行う際には、鉗子 4 2 3 が患者の生体組織に対して所望の位置及び姿勢を取り得るように、支持アーム装置 4 0 0 によってアーム部 4 2 0 及び鉗子 4 2 3 の位置及び姿勢が制御される。

【 0 0 9 5 】

関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f には、アクチュエータが設けられており、関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f は、当該アクチュエータにより所定の回転軸に対して回転可能に構成されている。当該アクチュエータは、モータ、エンコーダ及びトルクセンサ等によって構成され得る。当該モータは、図 5 に示す駆動部 2 1 1 に対応し得るものであり、当該エンコーダ及び当該トルクセンサは、図 5 に示す状態検出部 2 1 2 に対応し得るものである。

【 0 0 9 6 】

各関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f のアクチュエータのモータの駆動が、制御装置 4 4 0 によってそれぞれ制御されることにより、例えばアーム部 4 2 0 を伸ばしたり、縮めたり（折り畳んだり）といった、アーム部 4 2 0 の駆動が制御される。この際、制御装置 4 4 0 は、アクチュエータのエンコーダ及びトルクセンサによって検出された各関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f の状態（すなわちアーム部 4 2 0 の状態）に基づいて、各アクチュエータのモータの制御量を算出し得る。

【 0 0 9 7 】

なお、図示する例では、支持アーム装置 4 0 0 は、6 つの関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f を有し、アーム部 4 2 0 の駆動に関して 6 自由度が実現されている。アーム部 4 2 0 が 6 自由度を有するように構成されることにより、アーム部 4 2 0 の可動範囲内において鉗子 4 2 3 を自由に移動させることができる。これにより、鉗子 4 2 3 を、様々な角度から患者に対して挿入することが可能になり、鉗子 4 2 3 を操作する際の自由度が向上する。

【 0 0 9 8 】

ただし、アーム部 4 2 0 の構成は図示する例に限定されず、関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f 及びリンク 4 2 2 a ~ 4 2 2 d の数や配置、関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f の駆動軸の方向等は、アーム部 4 2 0 が所望の自由度を有するように適宜設定されてよい。ただし、鉗子 4 2 3 の位置及び姿勢の自由度を考慮して、アーム部 4 2 0 は、好適に、6 自由度以上の自由度を有するように構成され得る。

【 0 0 9 9 】

アーム部 4 2 0 を動作させる際には、術者は、入力装置（図 5 に示す入力装置 2 2 0 に対応する）を介して、支持アーム装置 4 0 0 に対して指示を与える。入力装置を介して入力された指示を示す信号は、制御装置 4 4 0 に送信される。制御装置 4 4 0 は、各関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f のアクチュエータのエンコーダ及びトルクセンサによって検出された各関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f の状態に基づいて、当該指示に応じた各関節部 4 2 1 a ~ 4 2 1 f のアクチュエータのモータの制御量を算出する。算出された当該制御量に応じて各アクチュエータのモータが駆動されることにより、術者の指示に従ってアーム部 4 2 0 が動作することとなる。また、鉗子 4 2 3 が駆動部位を有する場合であれば、同様に、入力装置を介して入力された指示に基づいて、当該駆動部位を動作させるためのモータの制御量が制御装置 4 4 0 によって算出され、算出された当該制御量に応じて当該モータが駆動されることにより、術者の指示に従って鉗子 4 2 3 が動作することとなる。なお、入力装置と制御装置 4 4 0 との間の通信は、有線又は無線の各種の公知の方法によって行われてよい。

【 0 1 0 0 】

鉗子 4 2 3 の基端側には、振動検出モジュール 1 0 が取り付けられる。振動検出モジュ

10

20

30

40

50

ール 10 の振動センサ（図 5 に示す第 1 の振動センサ 120 及び第 2 の振動センサ 130）によって鉗子 423 の先端側において生じた振動が検出され、当該振動を示す信号が制御装置 440 に送信される。制御装置 440 は、当該信号に対して増幅やフィルタリング等の各種の処理（図 5 に示す振動伝達部 240 に対応する各種の処理）を施した上で、当該信号を術者の手元の入力装置に対して伝達する。入力装置に設けられる振動提示部（図 5 に示す振動提示部 223 に対応する）が当該信号に応じて駆動することにより、鉗子 423 の先端側で生じた振動が術者に対して伝達され得る。

【0101】

なお、振動検出モジュール 10 と制御装置 440 との間の通信は、有線又は無線の各種の公知の方法によって行われてよい。また、振動伝達部 240 の機能を実行する回路基板等が、制御装置 440 とは分離して、振動検出モジュール 10 の近傍に配置されてもよい。この場合には、振動検出モジュール 10 と当該回路基板等とが、より短い配線によって接続され得る。これにより、振動検出モジュール 10 によって検出された振動を示す信号に対して、アンプによる増幅前に雑音が重畳されることがより抑制され得る。

【0102】

（４．変形例）

以上説明した実施形態に関するいくつかの変形例について説明する。

【0103】

（４－１．振動検出モジュールの制振制御への利用）

上述したように、支持アーム装置 400 では、アーム部 420 を駆動させることにより、鉗子 423 の位置及び姿勢が制御される。その際、支持アーム装置 400 では、アーム部 420 の移動に伴って当該アーム部 420 に生じる振動を抑えるために、制振制御が実行されてもよい。制振制御が行われることにより、鉗子 423 の位置決めを高精度に行うことが可能になり、術者の操作性を向上させることができる。

【0104】

制振制御のためには、通常、制振制御用の振動センサがアーム部 420 及び／又は鉗子 423 に設けられ、当該振動センサの検出値に基づいて制振制御が行われる。本実施形態では、振動検出モジュール 10 の検出値に基づいて制振制御が行われるように、支持アーム装置 400 が構成されてもよい。つまり、振動検出モジュール 10 が、制振制御用の振動センサの役割を兼ねてもよい。これにより、制振制御用の振動センサを新たに設けることなくアーム部 420 の制振制御を行うことが可能となるため、より低コストで、より簡易な構成で、制振制御を行うことが可能になる。

【0105】

（４－２．振動検出モジュールの他の適用例）

上述した実施形態では、図 5 に示すように、本実施形態に係る振動検出モジュール 10 が、いわゆるマスター／スレイブ方式の手術システム 1 に対して適用されていた。ただし、本実施形態はかかる例に限定されず、振動検出モジュール 10 は他の装置又はシステムに対して適用されてもよい。

【0106】

例えば、振動検出モジュール 10 は、術者が直接手で持って操作する医療用器具に対して適用されてもよい。術者が直接操作する医療用器具では、当該医療用器具の基端側に、術者が当該医療用器具を操作するためのグリッパ等の操作部が設けられており、術者は、当該操作部を直接手で操作することにより、当該医療用器具の動きを制御する。例えば、鉗子であれば、術者が基端側に設けられる操作部を操作することにより、先端のエンドエフェクタの動作が制御され得る。振動検出モジュール 10 は、このような術者によって直接操作される医療用器具の基端側（例えば操作部よりもやや先端側の部位）に取り付けられ、当該医療用器具の先端側で生じる振動を検出してもよい。なお、この場合には、図 5 に示す振動提示部 223 の触覚振動提示部 225 は、医療用器具を操作する術者の手に対して振動を伝達可能なように、当該術者によって直接保持される上記操作部に設けられ得る。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 7 】

また、例えば、振動検出モジュール 1 0 は、手術のトレーニング用の装置に設けられる医療用器具に対して適用されてもよい。この場合、当該トレーニング用の装置において振動検出モジュール 1 0 によって検出された振動の履歴が、術者と紐付けて記録されてもよい。記録された振動の履歴を解析することにより、例えば、熟練者が手術を行った場合に医療用器具に生じた振動の特性と、初心者が手術を行った場合に医療用器具に生じた振動の特性との違いを、定量的に取得することができる。また、取得された振動の特性を利用して、トレーニングを行った術者の習熟度を判断することが可能になる。この際、振動の特性に応じて、医療用器具が生体組織に対して与え得るダメージ量が定量的に示されてもよい。また、熟練者の手術時に生じた振動の特性を踏まえて練習を行うことにより、術者は、熟練者の手術の方法をより容易に習熟することができる。

10

【 0 1 0 8 】

(4 - 3 . 他の振動センサの検出値の利用)

鉗子 4 2 3 及び / 又はアーム部 4 2 0 に対して、振動検出モジュール 1 0 の第 1 の振動センサ 1 2 0 及び第 2 の振動センサ 1 3 0 以外の他の振動センサを取り付け、当該他の振動センサの検出値を利用することにより、振動検出モジュール 1 0 による振動の検出を、より高精度に行うことが可能になる。なお、当該他の振動センサは、振動検出モジュール 1 0 の一構成部品として振動検出モジュール 1 0 の筐体 1 1 0 内に設けられてもよいし、振動検出モジュール 1 0 とは別個の部材として鉗子 4 2 3 及び / 又はアーム部 4 2 0 に対して取り付けられてもよい。

20

【 0 1 0 9 】

例えば、当該他の振動センサは、鉗子 4 2 3 の長手方向において第 1 の振動センサ 1 2 0 及び第 2 の振動センサ 1 3 0 よりも基端側に、既知の間隔だけ離隔して配置されてもよい。第 1 の振動センサ 1 2 0、第 2 の振動センサ 1 3 0 及び当該他の振動センサをこのように配置することにより、これらの振動センサの検出値に基づいて、鉗子 4 2 3 の先端側から伝搬されてきた振動と、鉗子 4 2 3 の根元側から伝搬されてきた振動と、を分離して検出することが可能になる。鉗子 4 2 3 の根元側から伝搬されてきた振動は、例えばアーム部 4 2 0 の駆動に起因する振動等であり、本来検出したい振動とは異なる、雑音となり得る振動である。従って、当該構成によれば、第 1 の振動センサ 1 2 0 及び第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された振動から、雑音となり得る鉗子 4 2 3 の根元側から伝搬されてきた振動の成分を除去することができる。よって、本来得たい振動の成分である、鉗子 4 2 3 の先端側から伝搬されてきた振動の成分のみを抽出することができ、鉗子 4 2 3 の先端側において生じた振動をより高精度に検出することが可能になる。

30

【 0 1 1 0 】

また、例えば、当該他の振動センサは、例えばアーム部 4 2 0 のアクチュエータのモータ等、雑音源となり得る構成の近くに配置されてもよい。当該他の振動センサによって検出された振動についての情報を用いて、振動検出モジュール 1 0 の第 1 の振動センサ 1 2 0 及び第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された振動に対してノイズキャンセリングを行うことにより、雑音成分をより好適に低減することができ、鉗子 4 2 3 の先端側において生じた振動をより高精度に検出することが可能になる。

40

【 0 1 1 1 】

なお、上述したような第 1 の振動センサ 1 2 0 及び第 2 の振動センサ 1 3 0 によって検出された振動に対する雑音低減処理は、例えば図 5 に示す振動伝達部 2 4 0 によって実行されてよい。この場合、振動伝達部 2 4 0 には、図 5 に示す構成の他に、雑音低減処理に係る各種の信号処理を行う雑音低減部が設けられてもよい。当該雑音低減部は、CPU や DSP 等のプロセッサによって構成され、当該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、雑音低減処理に係る所定の信号処理が実行され得る。なお、雑音低減処理の具体的な手法としては、各種の公知の手法が適用されてよいので、ここでは詳細な説明は省略する。

【 0 1 1 2 】

50

また、例えば、当該他の振動センサとして、力覚センサが設けられてもよい。つまり、振動検出モジュール１０は、振動センサとして、第１の振動センサ１２０（すなわち聴覚センサ）及び／又は第２の振動センサ１３０（すなわち触覚センサ）に加えて、力覚センサを更に有するように構成されてもよい。上記（１．振動検出モジュールの構成）で説明したように、本実施形態において、第１の振動センサ１２０及び第２の振動センサ１３０は、力覚センサによって検出することが困難な周波数帯域の振動を検出するためのものであると言える。従って、力覚センサを更に有することにより、振動検出モジュール１０においては、第１の振動センサ１２０によって検出される聴覚に対応する周波数帯域の振動、及び／又は第２の振動センサ１３０によって検出される触覚に対応する周波数帯域の振動に加えて、当該力覚センサによって検出される力覚に対応する周波数帯域の振動も、併せて検出することが可能になる。このように、力覚センサを更に有するように振動検出モジュール１０を構成することにより、当該振動検出モジュール１０によってより広い周波数帯域の振動を検出することが可能になり、振動の検出感度を向上させることができる。

10

【０１１３】

（４－４．指向性振動センサの利用）

第１の振動センサ１２０及び第２の振動センサ１３０として、特定の方向から伝搬された振動を抽出して検出可能な、指向性振動センサが用いられてよい。これにより、鉗子４２３の先端側から伝搬されてきた振動の成分のみを好適に検出することができ、鉗子４２３の先端側において生じた振動をより高精度に検出することが可能になる。

20

【０１１４】

（４－５．振動検出モジュールに搭載される振動センサの個数）

上述した実施形態では、振動検出モジュール１０は、複数の振動センサ（聴覚振動を検出する第１の振動センサ１２０及び触覚振動を検出する第２の振動センサ１３０）を備えていた。ただし、本実施形態はかかる例に限定されず、聴覚振動及び触覚振動を検出可能であれば、振動検出モジュール１０に搭載される振動センサは１つであってもよい。例えば、振動検出モジュール１０は、触覚に対応する周波数帯域の振動だけでなく聴覚に対応する周波数帯域の振動まで検出可能な、より広い検出範囲を有する多軸加速度センサを１つだけ、振動センサとして備えるように構成されてもよい。この場合には、当該１つの多軸加速度センサが聴覚センサ及び触覚センサを兼ねることができる。

30

【０１１５】

（４－６．アクチュエータの制御に関する情報の利用）

上記（４－３．他の振動センサの検出値の利用）で説明したように、アーム部４２０に設けられるアクチュエータのモータは、振動検出モジュール１０による振動の検出において雑音源となり得る。アクチュエータの制御に関する情報を用いて、振動検出モジュール１０によって検出された振動を補正することにより、当該アクチュエータのモータの駆動に起因する雑音成分を除去することができ、鉗子４２３の先端側で生じた振動をより高精度に検出することが可能になる。

【０１１６】

具体的には、例えば、アーム部４２０に設けられるアクチュエータのモータの回転数と、その際に生じる振動の特性（例えば周波数等）との関係を予め取得しておく。そして、振動検出モジュール１０によって振動が検出された際のモータの回転数についての情報に基づいて、その際のモータの駆動に起因して生じる振動の特性についての情報を取得し、当該振動の特性についての情報を用いて、振動検出モジュール１０によって検出された振動に対してノイズキャンセリングを行う。これにより、振動検出モジュール１０によって検出された振動からアクチュエータのモータの駆動に起因する雑音成分を除去することができる。

40

【０１１７】

アクチュエータのモータの回転数についての情報は、当該アクチュエータの駆動を制御する制御システムから得ることができる。例えば、図５に示す手術システム１であれば、制御システム２３０から、振動伝達部２４０に対して、アクチュエータのモータの回転数

50

についての情報が提供されてよい。振動伝達部 240 は、当該モータの回転数についての情報に基づいて、上述したようなノイズキャンセリング処理を施した上で、振動を示す信号を入力装置 220 に伝達することができる。この場合、上記(4-3.他の振動センサの検出値の利用)と同様に、振動伝達部 240 には、図 5 に示す構成の他に、雑音低減処理に係る信号処理を行う雑音低減部が設けられてもよく、モータの回転数についての情報に基づくノイズキャンセリング処理は、当該雑音低減部によって実行されてよい。

【0118】

(4-7.振動の他の提示方法)

上述した実施形態では、振動提示部は、第 1 の振動センサ 120 によって検出された聴覚振動を術者に対して伝達するスピーカ等の音声出力機器と、第 2 の振動センサ 130 によって検出された触覚振動を術者に対して伝達するボイスコイル等の振動素子と、によって構成されていた。しかしながら、聴覚振動及び触覚振動の術者への提示方法はかかる例に限定されない。聴覚振動及び触覚振動は、一般的に振動の伝達方法として想定され得る各種の方法によって、術者に対して提示されてよい。

【0119】

例えば、振動提示部は、検出された聴覚振動及び触覚振動に関する情報(例えば、周波数等の特性を示す情報)を、文字、グラフ(波形)及び/又は色等によって、術者に対して視覚的に通知する、表示装置を含んでもよい。当該表示装置は、手術室内に設置されるものであってもよいし、HMDや眼鏡型のウェアラブルデバイスのように術者が身に付けて使用するデバイスに搭載されるものであってもよい。これらの表示装置は、例えば、通常は、内視鏡やビデオ式顕微鏡等の観察ユニットによって術部の様子を観察しながら手術を行う場合に、当該観察ユニットによって撮影された術部の画像を表示するために用いられるものであり得る。つまり、内視鏡等の観察ユニットによって撮影された術部の映像を表示する表示装置に、当該映像とともに、聴覚振動及び触覚振動に関する情報が表示されてよい。

【0120】

ここで、上記(1.振動検出モジュールの構成)で説明したように、触覚振動は、鉗子 423 が接触している生体組織の表面テクスチャ情報や剛性情報を含み得る。振動提示部として振動素子が用いられる場合には、術者は、これらの情報を、当該振動素子によって触覚を通じて感覚的に把握することができるが、より明示的に視覚及び/又は聴覚を通じてこれらの情報が通知された方が有用である場合もある。例えば、触覚振動の特性に基づいて、現在鉗子 423 が接触している生体組織の表面の状態や剛性(弾性)が正常なものとは異なると判断され得る場合には、その旨の情報が、術者に対して文字及び/又は音声等によって視覚的及び/又は聴覚的に通知されてもよい。例えば切除対象である病変部と正常な部位とで表面の状態や剛性が異なる場合には、当該情報が術者に対して視覚的及び/又は聴覚的に通知されることにより、術者は、現在鉗子 423 が病変部に接触している可能性があることをより明確に把握することが可能となる。

【0121】

(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。

【0122】

また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的又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得る。

【0123】

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) 長尺の医療用器具の長手方向における一部位に着脱自在に構成され、取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出する、振動検出モジュール。

(2) 前記振動検出モジュールは、前記医療用器具が支持される側である基端側に取り付けられ、患者の生体組織に近接又は接触する先端側において前記医療用器具に生じる振動を検出する、前記 (1) に記載の振動検出モジュール。

(3) 前記振動検出モジュールは、筐体と、前記筐体内に配設される 1 つ又は複数の振動センサと、を備え、前記振動センサは、聴覚に対応する周波数帯域の振動及び触覚に対応する周波数帯域の振動の少なくともいずれかを検出する、前記 (1) 又は (2) に記載の振動検出モジュール。

10

(4) 前記筐体の内部と外部とを空間的に接続する隙間には、前記筐体を封止するためのシーリング部材が設けられる、前記 (3) に記載の振動検出モジュール。

(5) 前記振動センサは、聴覚に対応する周波数帯域の振動を検出する聴覚センサと、触覚に対応する周波数帯域の振動を検出する触覚センサと、の少なくともいずれかを含む、前記 (3) 又は (4) に記載の振動検出モジュール。

(6)

前記振動センサは、力覚に対応する周波数帯域の振動を検出する力覚センサを更に含む、前記 (5) に記載の振動検出モジュール。

(7) 前記聴覚センサはマイクロフォンであり、前記触覚センサは加速度センサである、前記 (5) に記載の振動検出モジュール。

20

(8) 前記振動検出モジュールによって検出された振動が、振動提示部を介して前記医療用器具を操作する術者に対して伝達される、前記 (1) ~ (7) のいずれか 1 項に記載の振動検出モジュール。

(9) 前記振動提示部は、検出された聴覚に対応する周波数帯域の振動を音声として出力する音声出力装置と、検出された触覚に対応する周波数帯域の振動に応じて振動する振動素子と、を含む、前記 (8) に記載の振動検出モジュール。

(10) 前記振動提示部は、検出された振動に関する情報を術者に対して視覚的に通知する表示装置、を含む、前記 (8) 又は (9) に記載の振動検出モジュール。

(11) 前記表示装置は、検出された振動に基づいて得られる前記医療用器具が接触している患者の生体組織の表面テクスチャ情報、及び前記生体組織の剛性情報の少なくともいずれかを、術者に対して通知する、前記 (10) に記載の振動検出モジュール。

30

(12) 前記医療用器具は、支持アーム装置のアーム部によって支持され、前記アーム部及び前記医療用器具は、前記支持アーム装置から離隔して設置される入力装置を介した術者からの指示に応じて動作し、前記振動検出モジュールによって検出された振動が、前記入力装置に設けられる振動提示部を介して術者に対して伝達される、前記 (1) ~ (11) のいずれか 1 項に記載の振動検出モジュール。

(13) 前記アーム部に、前記アーム部に作用する力を検出する力覚センサが設けられ、前記力覚センサによって検出された前記医療用器具に作用する力が、前記入力装置を介して術者に対して伝達される、前記 (12) に記載の振動検出モジュール。

(14) 前記アーム部に、前記アーム部を構成する各関節部に設けられるアクチュエータのモータが発する振動を検出するための雑音低減用振動センサが設けられ、前記雑音低減用振動センサによる検出値を用いて、前記振動検出モジュールによって検出された振動から前記モータが発する振動の成分が除去されて術者に対して伝達される、前記 (12) 又は (13) に記載の振動検出モジュール。

40

(15) 前記アーム部を構成する各関節部に設けられるアクチュエータのモータの回転数と、前記モータが発する振動と、の関係性を利用して、前記アーム部が動作している最中の前記モータの回転数についての情報に基づいて、前記振動検出モジュールによって検出された振動から前記モータが発する振動の成分が除去されて術者に対して伝達される、前記 (12) ~ (14) のいずれか 1 項に記載の振動検出モジュール。

(16) 前記振動検出モジュールによって検出された振動が、前記アーム部の制振制御に

50

用いられる、前記(12)～(15)のいずれか1項に記載の振動検出モジュール。

(17)前記振動検出モジュールは、筐体と、前記筐体内に前記医療用器具の長手方向に沿って所定の間隔で並設される複数の振動センサと、を備え、前記複数の振動センサによって、前記医療用器具の先端側から伝搬される振動と、前記医療用器具の基端側から伝搬される振動と、が分離して検出される、前記(1)～(16)のいずれか1項に記載の振動検出モジュール。

(18)前記振動検出モジュールは、筐体と、前記筐体内に配設される1つ又は複数の振動センサと、を備え、前記振動センサは、所定方向から伝搬される振動を抽出して検出可能な指向性振動センサであり、前記振動センサは、前記医療用器具の先端側から伝搬される振動を抽出して検出するように配設される、前記(1)～(17)のいずれか1項に記載の振動検出モジュール。

10

(19)前記振動検出モジュールは、手術のトレーニング用の装置に設けられる前記医療用器具に取り付けられ、トレーニング時に前記医療用器具に生じる振動を検出する、前記(1)～(18)のいずれか1項に記載の振動検出モジュール。

(20)長尺の医療用器具に着脱可能に構成される振動検出モジュールを、前記医療用器具の長手方向における一部位に取り付け、前記振動検出モジュールによって、取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出する、振動検出方法。

(21)患者に対して用いられる長尺の医療用器具と、前記医療用器具を支持する支持アーム装置と、前記医療用器具の長手方向における一部位に着脱可能に構成され、取り付け位置と離隔した前記長手方向における他の部位において前記医療用器具に生じた振動を検出する振動検出モジュールと、を備える、手術システム。

20

【符号の説明】

【0124】

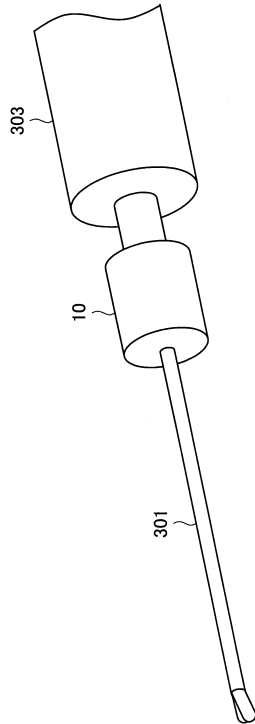
- 1 手術システム
- 10 振動検出モジュール
- 110 筐体
- 120 第1の振動センサ
- 130 第2の振動センサ
- 140 シーリング部材
- 150 ケーブル
- 210、400 支持アーム装置
- 211 駆動部
- 212 状態検出部
- 220 入力装置
- 221 入力部
- 222 力提示部
- 223 振動提示部
- 224 聴覚振動提示部
- 225 触覚振動提示部
- 230 制御システム
- 240 振動伝達部
- 301、423 鉗子
- 303、420 アーム部
- 410 ベース部
- 421a～421f 関節部
- 422a～422d リンク
- 429 保持ユニット
- 440 制御装置

30

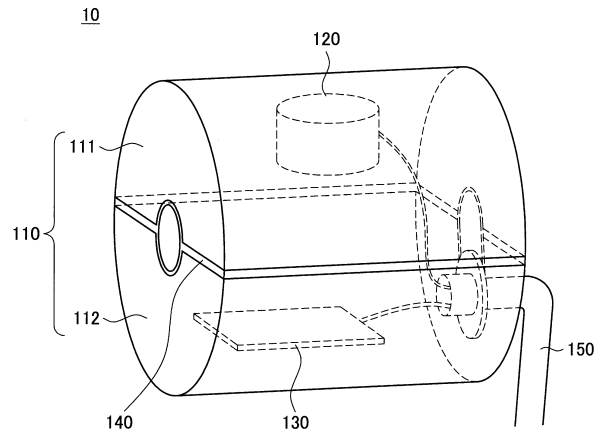
40

50

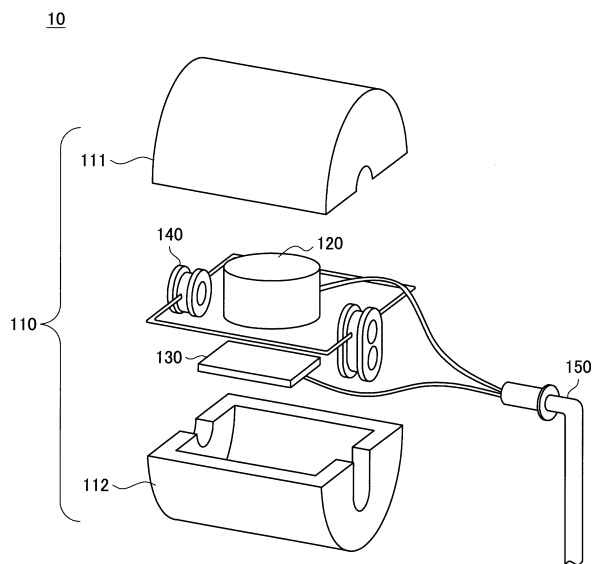
【図 1】



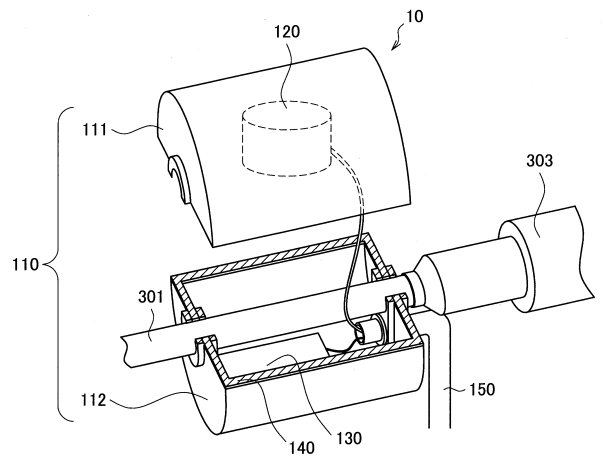
【図 2】



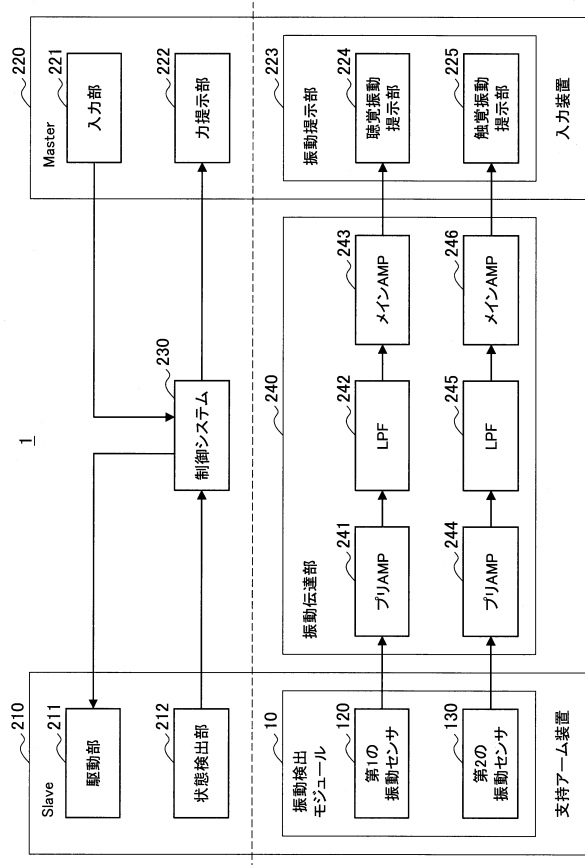
【図 3】



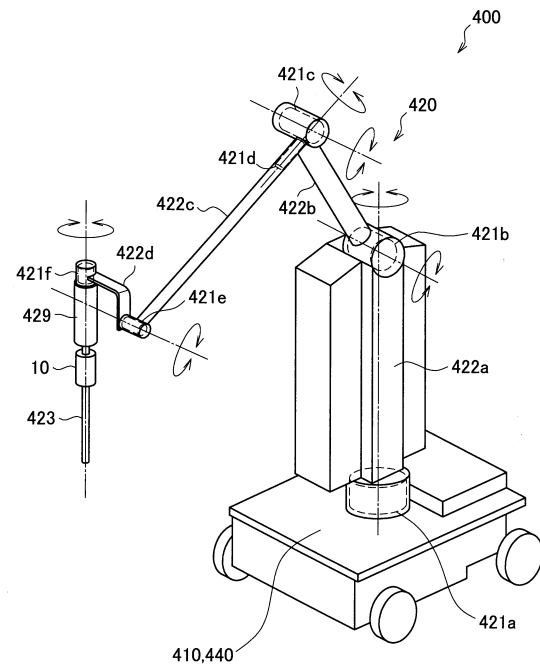
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 玉田 智樹
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 北川 大地

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0310257(US,A1)
米国特許出願公開第2002/0120188(US,A1)
特開昭59-209797(JP,A)
特開2013-169619(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B90/50
A61B90/53
A61B34/30
A61B34/35
A61B34/37