

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-39397

(P2020-39397A)

(43) 公開日 令和2年3月19日(2020.3.19)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
A 6 1 B	17/00	(2006.01)	A 6 1 B	17/00	7 0 0	3 C 7 0 7
B 2 5 J	19/06	(2006.01)	B 2 5 J	19/06		4 C 1 6 0
A 6 1 B	34/30	(2016.01)	A 6 1 B	34/30		4 C 6 0 1
A 6 1 B	8/14	(2006.01)	A 6 1 B	8/14		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2018-166908 (P2018-166908)	(71) 出願人	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成30年9月6日 (2018.9.6)	(74) 代理人	110000578 名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	稲田 誠生 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
		(72) 発明者	植山 剛 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
		Fターム(参考)	3C707 AS35 BS10 JT07 JT09 KS34 KX06 LW04 MS21 4C160 JJ32 4C601 EE09 EE10 FF13 FF16 GC02 GC10

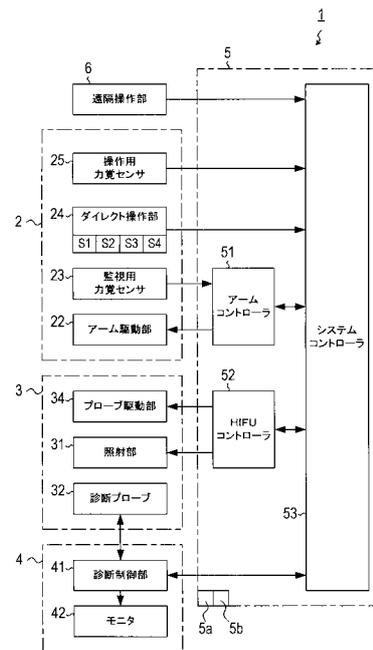
(54) 【発明の名称】 作業装置

(57) 【要約】

【課題】治療装置に設置されている力検出センサの信頼性を向上させる。

【解決手段】治療装置1は、治療ヘッド3とロボットアーム2と力覚センサ23とダイレクト操作部24と力覚センサ25と制御部5とを備える。治療ヘッド3は、収束超音波を照射する。ロボットアーム2は、治療ヘッド3を保持して、治療ヘッド3の位置および姿勢を変化させる。力覚センサ23は、治療ヘッド3に加わる力を検出する。ダイレクト操作部24は、ロボットアーム2を手動で動作させるために作業者によって把持される。力覚センサ25は、ダイレクト操作部24に加わる力を検出する。制御部5は、力覚センサ25による検出結果に基づいて、力覚センサ23が検出した力を推定する。制御部5は、推定結果と、力覚センサ23による検出結果とを比較することにより、力覚センサ23, 25の少なくとも一方が異常であるか否かを判断する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予め設定された作業を実行するように構成された作業部（3）と、
 前記作業部を保持して、前記作業部の位置および姿勢を変化させるように構成された保持装置（2）と、
 前記保持装置の動作を制御するように構成された保持制御部（51）と、
 前記作業部に加わる力の向きおよび大きさを検出するように構成された第1力検出部（23）と、
 前記作業部の付近で前記保持装置に連結され、前記保持装置を手動で動作させるために作業員によって把持されるように構成されたダイレクト操作部（24）と、
 前記ダイレクト操作部に加わる力の向きおよび大きさを検出するように構成された第2力検出部（25）と、
 前記第2力検出部による検出結果に基づいて、前記第1力検出部が検出した力の向きおよび大きさを推定するように構成された推定部（S50）と、
 前記推定部による推定結果と、前記第1力検出部による検出結果とを比較することにより、前記第1力検出部および前記第2力検出部の少なくとも一方が異常であるか否かを判断するように構成された異常判断部（S60～S90）と
 を備える作業装置（1）。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の作業装置であって、
 前記第1力検出部および前記第2力検出部は、力の向きおよび大きさを、三次元座標系を構成する三つの座標軸方向の力成分として検出し、
 前記異常判断部は、前記推定部による推定結果および前記第1力検出部による検出結果として、三つの前記力成分のうちの一部を用いる作業装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の作業装置であって、
 前記第1力検出部および前記第2力検出部は、力の向きおよび大きさを、三次元座標系を構成する三つの座標軸方向の力成分として検出し、
 前記第1力検出部および前記第2力検出部は、複数の検出素子を備え、
 前記第1力検出部および前記第2力検出部は、三つの前記力成分の少なくとも一つを、
 複数の前記検出素子による検出結果を用いて算出するように構成される作業装置。

30

【請求項 4】

請求項 1 ～ 請求項 3 の何れか 1 項に記載の作業装置であって、
 前記作業部は、収束超音波を照射するように構成された照射部を有する治療ヘッドである作業装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、予め設定された作業を実行するように構成された作業部を保持する作業装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、ロボットアームの先端に超音波診断用の診断プローブと収束超音波照射用の照射部を有する治療ヘッドとを取り付け、診断プローブを用いて患者の患部を観察し、照射部を用いて患部に収束超音波を照射して治療する治療装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2018 - 12143 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

特許文献1に記載の治療装置では、治療ヘッドを患者の治療部位に押し当てる必要がある。治療ヘッドを患者の治療部位に押し当てる押当力が必要以上に大きくならないようにするために、この押当力を力検出センサで検出し、押当力が所定値以下となるようにロボットアームを制御する方法が考えられる。

【0005】

しかし、力検出センサに異常が発生している場合には、押当力が所定値以下となるようにロボットアームを制御することができなくなるおそれがある。

本開示は、作業装置に設置されている力検出センサの信頼性を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本開示の一態様は、作業部(3)と、保持装置(2)と、保持制御部(51)と、第1力検出部(23)と、ダイレクト操作部(24)と、第2力検出部(25)と、推定部(S50)と、異常判断部(S60~S90)とを備える作業装置(1)である。

【0007】

作業部は、予め設定された作業を実行するように構成される。保持装置は、作業部を保持して、作業部の位置および姿勢を変化させるように構成される。保持制御部は、保持装置の動作を制御するように構成される。

【0008】

第1力検出部は、作業部に加わる力の向きおよび大きさを検出するように構成される。ダイレクト操作部は、作業部の付近で保持装置に連結され、保持装置を手動で動作させるために作業者によって把持されるように構成される。第2力検出部は、ダイレクト操作部に加わる力の向きおよび大きさを検出するように構成される。

【0009】

推定部は、第2力検出部による検出結果に基づいて、第1力検出部が検出した力の向きおよび大きさを推定するように構成される。異常判断部は、推定部による推定結果と、第1力検出部による検出結果とを比較することにより、第1力検出部および第2力検出部の少なくとも一方が異常であるか否かを判断するように構成される。

【0010】

このように構成された本開示の作業装置は、第1力検出部および第2力検出部の異常を検出することができ、作業装置に設置されている力検出センサの信頼性を向上させることができる。そして、本開示の作業装置は、作業部に加わる力を検出する第1力検出部と、ダイレクト操作部に加わる力を検出する第2力検出部とを用いて、第1力検出部および第2力検出部の異常を検出する。このため、本開示の作業装置は、異常検出のための新たなセンサを追加することなく、作業装置に設置されている力検出センサの信頼性を向上させることができる。

【0011】

なお、この欄及び特許請求の範囲に記載した括弧内の符号は、一つの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、本開示の技術的範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】**【0012】**

【図1】第1実施形態の治療装置の概要を示す模式図である。

【図2】治療装置の機能的な構成を示すブロック図である。

【図3】第1実施形態の治療ヘッド、力覚センサおよびダイレクト操作部を示す模式図である。

【図4】第1実施形態のセンサ異常検出処理を示すフローチャートである。

【図5】第2実施形態の治療装置の概要を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 6】第 2 実施形態の治療ヘッド、力覚センサおよびダイレクト操作部を示す模式図である。

【図 7】第 2 実施形態のセンサ異常検出処理の前半部分を示すフローチャートである。

【図 8】第 2 実施形態のセンサ異常検出処理の後半部分を示すフローチャートである。

【図 9】第 3 実施形態のセンサ異常検出処理を示すフローチャートである。

【図 10】第 4 実施形態のセンサ異常検出処理を示すフローチャートである。

【図 11】第 4 実施形態の許容範囲を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(第 1 実施形態)

以下に本開示の第 1 実施形態を図面とともに説明する。

本実施形態の治療装置 1 は、図 1 に示すように、ロボットアーム 2 と、治療ヘッド 3 と、超音波診断装置 4 と、制御部 5 と、遠隔操作部 6 とを備える。

【0014】

治療ヘッド 3 は、患者等の治療対象 101 に対して、治療用の超音波である収束超音波（以下、HIFU）と、HIFUとは異なる超音波である診断用超音波とを照射する機器である。HIFUは、High Intensity Focused Ultrasoundの略である。

【0015】

治療ヘッド 3 は、照射部 31 と、診断プローブ 32 と、水袋 33 と、プローブ駆動部 34 とを備える。

照射部 31 は、凹面に形成された照射面を有し、焦点となる 1 点に向けて HIFU を照射する。照射部 31 から焦点までの距離は一定である。

【0016】

診断プローブ 32 は、照射部 31 の照射面の中心から、HIFU の照射方向に向けて突出した軸状の部材である。診断プローブ 32 は、その先端にて診断用超音波を送受信する。診断プローブ 32 は、その中心軸（以下、プローブ軸）を延長した方向（すなわち、照射部 31 に対する突出方向）を中心とする予め設定された角度範囲に向けて診断用超音波を照射し、その反射波を受信する。

【0017】

水袋 33 は、照射部 31 および診断プローブ 32 を覆う水密の袋である。水袋 33 は、照射部 31 から照射される HIFU の減衰を抑制するために、HIFU の伝達媒体となる水で満たされる。また、治療対象 101 に対する診察および治療は、治療ヘッド 3 の水袋 33 を治療対象 101 に接触させた状態で行われる。水袋 33 は、通常、診断プローブ 32 の先端が内側から接触する部位、または、プローブ軸上に位置する部位で治療対象 101 に接触する。

【0018】

プローブ駆動部 34 は、診断プローブ 32 を、プローブ軸に沿って移動させるアクチュエータである。プローブ駆動部 34 は、照射部 31 に対する診断プローブ 32 の突出量（以下、プローブ位置）、すなわち、照射部 31 と診断プローブ 32 の先端との相対的な位置関係を変化させる。

【0019】

ロボットアーム 2 は、その先端に治療ヘッド 3 が取り付けられ、治療ヘッド 3 の位置および姿勢の制御に使用される。ロボットアーム 2 は、多関節アーム 21 と、アーム駆動部 22 と、監視用力覚センサ 23 と、ダイレクト操作部 24 と、操作用力覚センサ 25 とを備える。

【0020】

多関節アーム 21 は、複数の関節で連結された複数のリンクを有し、6 自由度での動きを実現する。アーム駆動部 22 は、多関節アーム 21 の各関節に設置された複数のモータを有する。アーム駆動部 22 は、制御部 5 からの指示により多関節アーム 21 の形状を変化させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

監視用力覚センサ 2 3 は、多関節アーム 2 1 の先端に設けられる。つまり、治療ヘッド 3 は、監視用力覚センサ 2 3 を介して多関節アーム 2 1 の先端（すなわち、ロボットアーム 2 の先端）に取り付けられる。監視用力覚センサ 2 3 は、治療ヘッド 3 を介してロボットアーム 2 に伝わる力の大きさと方向とを検出して、検出結果を示す第 1 検出信号を制御部 5 へ出力する。具体的には、監視用力覚センサ 2 3 は、検出中心点 O 1 を原点とする三次元直交座標系を構成する X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力成分 F_{x1} 、 F_{y1} 、 F_{z1} と、X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメント成分 M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{z1} とを検出する。

【 0 0 2 2 】

監視用力覚センサ 2 3 は、6 個の歪ゲージを備える。そして監視用力覚センサ 2 3 は、6 個の歪ゲージの出力 P_{s1} 、 P_{s2} 、 P_{s3} 、 P_{s4} 、 P_{s5} 、 P_{s6} を用いて、式 (1) に示す演算を行うことにより、力成分 F_{x1} 、 F_{y1} 、 F_{z1} およびモーメント成分 M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{z1} を算出する。

【 0 0 2 3 】

【 数 1 】

$$\begin{pmatrix} F_{x1} \\ F_{y1} \\ F_{z1} \\ M_{x1} \\ M_{y1} \\ M_{z1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} & \alpha_{15} & \alpha_{16} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \alpha_{24} & \alpha_{25} & \alpha_{26} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} & \alpha_{34} & \alpha_{35} & \alpha_{36} \\ \alpha_{41} & \alpha_{42} & \alpha_{43} & \alpha_{44} & \alpha_{45} & \alpha_{46} \\ \alpha_{51} & \alpha_{52} & \alpha_{53} & \alpha_{54} & \alpha_{55} & \alpha_{56} \\ \alpha_{61} & \alpha_{62} & \alpha_{63} & \alpha_{64} & \alpha_{65} & \alpha_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{s1} \\ P_{s2} \\ P_{s3} \\ P_{s4} \\ P_{s5} \\ P_{s6} \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

ダイレクト操作部 2 4 は、ロボットアーム 2 の先端付近に設けられる。そしてダイレクト操作部 2 4 は、ロボットアーム 2 を手動操作する際に、作業者 1 0 2 によって把持される。またダイレクト操作部 2 4 は、制御部 5 に対する指示を入力するための複数のスイッチを備える。

【 0 0 2 4 】

複数のスイッチには、図 3 に示すように、操作切替スイッチ S 1 と、制御切替スイッチ S 2 と、調整指示スイッチ S 3 と、退避指示スイッチ S 4 とが含まれる。

操作切替スイッチ S 1 は、ロボットアーム 2 の操作モードを、手動モードおよび遠隔モードのいずれかに切り替える場合に操作される。手動モードは、ロボットアーム 2 を手動操作する際に設定される。遠隔モードは、ロボットアーム 2 を、遠隔操作部 6 を介して遠隔操作する際に設定される。

【 0 0 2 5 】

制御切替スイッチ S 2 は、ロボットアーム 2 の制御モードを、フリーモード、平面限定モードおよび回動限定モードのいずれかに切り替える場合に操作される。フリーモードは、治療ヘッド 3 の位置および姿勢を任意に変化させることが可能な制御モードである。平面限定モードは、治療ヘッド 3 の動きを、基点を含むように設定された指定平面での移動に制限する制御モードである。回動限定モードは、治療ヘッド 3 の動きを、基点を中心とする回動動作に制限する制御モードである。なお、基点は、制御モードが平面限定モードまたは回動限定モードに切り替わった時点で、診断プローブ 3 2 の先端が位置する地点である。

【 0 0 2 6 】

調整指示スイッチ S 3 は、HIFU の焦点の調整を行う場合に、調整指示を入力するために操作される。退避指示スイッチ S 4 は、診断プローブ 3 2 による HIFU の遮りが抑制される退避位置まで、診断プローブを移動させる場合に、退避指示を入力するために操作される。

10

20

30

40

50

【0027】

操作用力覚センサ25は、図1に示すように、作業者102によってダイレクト操作部24に加えられる力の大きさと方向とを検出して、検出結果を示す第2検出信号を制御部5へ出力する。具体的には、操作用力覚センサ25は、監視用力覚センサ23と同様に、検出中心点O2を原点とする三次元直交座標系を構成するX軸、Y軸およびZ軸の方向に沿った力成分 F_{x2} 、 F_{y2} 、 F_{z2} と、X軸、Y軸およびZ軸周りのモーメント成分 M_{x2} 、 M_{y2} 、 M_{z2} とを検出する。

【0028】

操作用力覚センサ25は、6個の歪ゲージを備える。そして操作用力覚センサ25は、6個の歪ゲージの出力を用いて、監視用力覚センサ23と同様の演算を行うことにより、力成分 F_{x2} 、 F_{y2} 、 F_{z2} およびモーメント成分 M_{x2} 、 M_{y2} 、 M_{z2} を算出する。

10

【0029】

遠隔操作部6は、治療装置1の遠隔制御に必要な機能を有し、オペレータ103によって操作される。具体的には、遠隔操作部6は、少なくとも、ダイレクト操作部24が有する複数のスイッチS1～S4と同等の指示入力を受け付ける機能と、治療ヘッド3の動きに関する指示入力を受け付ける機能とを有する。

【0030】

遠隔操作部6は、専用の機器であってもよいし、例えば、汎用のパーソナルコンピュータに、治療装置1の遠隔制御に必要なアプリケーションがインストールされたものであってもよい。

20

【0031】

超音波診断装置4は、診断制御部41と、モニタ42とを備える。診断制御部41は、制御部5からの指示に従って、診断プローブ32に診断用超音波を照射させる。そして診断制御部41は、診断プローブ32が受信する反射波を画像処理することで、治療対象101の内部の状態を表す2次元の画像データを生成する。診断制御部41は、画像データに基づく診断画像をモニタ42に表示させるとともに、画像データを制御部5へ供給する。

【0032】

制御部5は、図2に示すように、CPU5aと、例えばRAMおよびROM等の半導体メモリ(以下、メモリ)5bとを有するマイクロコンピュータを備える。制御部5の各機能は、CPU5aが非遷移的実体的記録媒体に格納されたプログラムを実行することにより実現される。この例では、メモリ5bが、プログラムを格納した非遷移的実体的記録媒体に該当する。また、このプログラムが実行されることで、プログラムに対応する方法が実行される。なお、制御部5は、1つのマイクロコンピュータを備えてもよいし、複数のマイクロコンピュータを備えてもよい。

30

【0033】

制御部5は、機能単位のブロックとして、アームコントローラ51と、HIFUコントローラ52と、システムコントローラ53とを備える。制御部5に含まれる各部の機能を実現する手法はソフトウェアに限るものではなく、その一部または全部の機能が、一つあるいは複数のハードウェアを用いて実現されてもよい。例えば、上記機能がハードウェアである電子回路によって実現される場合、その電子回路は、デジタル回路またはアナログ回路、あるいはこれらの組合せによって実現されてもよい。

40

【0034】

アームコントローラ51は、監視用力覚センサ23の検出結果と、システムコントローラ53からの指示とに従ってアーム駆動部22を駆動し、多関節アーム21の形状を変化させることで、治療ヘッド3の位置および姿勢を制御する。またアームコントローラ51は、ロボットアーム2の状態(以下、アーム状態)をシステムコントローラ53へ通知する。なお、アームコントローラ51は、システムコントローラ53からの指示として、操作モードおよび制御モードの設定と、調整指示および退避指示の有無と、治療ヘッド3の

50

移動指示とが与えられる。

【0035】

アームコントローラ51は、操作モードが手動モードである場合、作業者102がロボットアーム2に加える作用力の大きさと方向とを、監視用力覚センサ23によって検出し、その検出結果から治療ヘッド3の移動指示を生成し、この移動指示に従って、アーム駆動部22に属する各モータの制御量を算出して、各モータを駆動する。またアームコントローラ51は、操作モードが遠隔モードである場合、遠隔操作部6から入力されシステムコントローラ53を介して通知される治療ヘッド3の移動指示、または予め設定されたプログラムに従って算出される治療ヘッド3の移動指示を取得し、その移動指示に従って、アーム駆動部22に属する各モータの制御量を算出して、各モータを駆動する。

10

【0036】

なお、治療ヘッド3の移動指示は、プローブ座標系を用いて、移動方向および移動量を示す。プローブ座標系は、診断プローブ32の先端（すなわち、診断用超音波の送受信点）を原点とし、プローブ軸に沿った方向をZ軸方向、Z軸に直交する平面をX-Y平面とする三次元直交座標系である。なお、X軸およびY軸は、モニタ42にX-Z平面の画像が表示されるように設定される。

【0037】

HIFUコントローラ52は、システムコントローラ53からの指示に従い、照射部31によるHIFUの照射を制御する。またHIFUコントローラ52は、システムコントローラ53からの指示に従い、プローブ駆動部34を駆動して、プローブ位置を変化させる。さらにHIFUコントローラ52は、プローブ位置をシステムコントローラ53へ通知する。

20

【0038】

システムコントローラ53は、遠隔操作部6からの入力またはダイレクト操作部24のスイッチ群S1～S4からの入力と、アームコントローラ51からのアーム状態と、HIFUコントローラ52からのプローブ位置と、診断制御部41からの画像データとに従って、アームコントローラ51およびHIFUコントローラ52の動作、並びにモニタ42の表示を制御する。

【0039】

図3に示すように、監視用力覚センサ23および操作用力覚センサ25は、検出中心点O1を通過してY軸に平行な直線上に検出中心点O2が位置するように配置されている。

30

そして、診断プローブ32のプローブ軸のY軸位置と、監視用力覚センサ23の検出中心点O1のY軸位置との差の絶対値を L_1 とする。監視用力覚センサ23の検出中心点O1のY軸位置と、操作用力覚センサ25の検出中心点O2のY軸位置との差の絶対値を L_2 とする。

【0040】

操作用力覚センサ25の検出中心点O2のY軸位置と、ダイレクト操作部24の操作中心PcのY軸位置との差の絶対値を L_{y_d} とする。操作用力覚センサ25の検出中心点O2のZ軸位置と、ダイレクト操作部24の操作中心PcのZ軸位置との差の絶対値を L_z とする。

40

【0041】

治療ヘッド3の質量を W_t とする。従って、治療ヘッド3に働く重力は、 $W_t g$ である。なお、 g は重力加速度である。また、治療ヘッド3の重心のY軸位置と、監視用力覚センサ23の検出中心点O1のY軸位置との差の絶対値を L_t とする。

【0042】

また、作業者102によってダイレクト操作部24の操作中心Pcに加えられる力 F_d （以下、操作力 F_d ）は、式(2)で表される。式(2)の力成分 F_{x_d} 、 F_{y_d} 、 F_{z_d} はそれぞれ、操作力 F_d におけるX軸、Y軸およびZ軸の方向に沿った力の大きさである。式(2)のモーメント成分 M_{x_d} 、 M_{y_d} 、 M_{z_d} はそれぞれ、操作力 F_d におけるX軸、Y軸およびZ軸周りのモーメントの大きさである。

50

【 0 0 4 3 】

【 数 2 】

$$F_d = \begin{pmatrix} F_{xd} \\ F_{yd} \\ F_{zd} \\ M_{xd} \\ M_{yd} \\ M_{zd} \end{pmatrix} \quad \dots(2)$$

10

監視用力覚センサ 2 3 の検出値 F_{s1} は、式 (3) で表される。式 (3) の力成分 F_{x1} , F_{y1} , F_{z1} はそれぞれ、検出値 F_{s1} における X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力の大きさである。式 (3) のモーメント成分 M_{x1} , M_{y1} , M_{z1} はそれぞれ、検出値 F_{s1} における X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメントの大きさである。

【 0 0 4 4 】

【 数 3 】

$$F_{s1} = \begin{pmatrix} F_{x1} \\ F_{y1} \\ F_{z1} \\ M_{x1} \\ M_{y1} \\ M_{z1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{xd} + \frac{M_{zd}}{L_{yd} + L_2} + \frac{M_{yd}}{L_{zd}} \\ F_{yd} + \frac{M_{xd}}{L_{zd}} \\ F_{zd} + \frac{M_{xd}}{L_{yd} + L_2} - W_t g \\ M_{xd} + F_{zd}(L_{yd} + L_2) + F_{yd}L_{zd} - W_t g L_t \\ M_{yd} + F_{xd}L_{zd} \\ M_{zd} + F_{xd}(L_{yd} + L_2) \end{pmatrix} \quad 20$$

$$= \begin{pmatrix} F_{x2} - \frac{M_{zd}L_2}{(L_{yd} + L_2)L_{yd}} \\ F_{y2} \\ F_{z2} - \frac{M_{xd}L_2}{(L_{yd} + L_2)L_{yd}} - W_t g \\ M_{x2} + F_{zd}L_2 - W_t g L_t \\ M_{y2} \\ M_{z2} + F_{xd}L_2 \end{pmatrix} \quad \dots(3) \quad 30$$

操作用力覚センサ 2 5 の検出値 F_{s2} は、式 (4) で表される。式 (4) の力成分 F_{x2} , F_{y2} , F_{z2} はそれぞれ、検出値 F_{s2} における X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力の大きさである。式 (4) のモーメント成分 M_{x2} , M_{y2} , M_{z2} はそれぞれ、検出値 F_{s2} における X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメントの大きさである。

40

【 0 0 4 5 】

【数 4】

$$F_{s2} = \begin{pmatrix} F_{x2} \\ F_{y2} \\ F_{z2} \\ M_{x2} \\ M_{y2} \\ M_{z2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{xd} + \frac{M_{zd}}{L_{yd}} + \frac{M_{yd}}{L_{zd}} \\ F_{yd} + \frac{M_{xd}}{L_{zd}} \\ F_{zd} + \frac{M_{xd}}{L_{yd}} \\ M_{xd} + F_{zd}L_{yd} + F_{yd}L_{zd} \\ M_{yd} + F_{xd}L_{zd} \\ M_{zd} + F_{xd}L_{yd} \end{pmatrix} \quad \dots(4)$$

10

次に、制御部 5 が実行するセンサ異常検出処理の手順を説明する。センサ異常検出処理は、制御部 5 の動作中において繰り返し実行される処理である。

【0046】

センサ異常検出処理が実行されると、制御部 5 は、図 4 に示すように、まず S 10 にて、監視用力覚センサ 23 から第 1 検出信号を取得し、操作用力覚センサ 25 から第 2 検出信号を取得する。そして S 20 にて、S 10 で取得した第 2 検出信号が示す検出値 F_{s2} に基づいて、作業者 102 によってダイレクト操作部 24 が操作されている最中であるか否かを判断する。具体的には、検出値 F_{s2} における力成分 F_{x2} 、 F_{y2} 、 F_{z2} およびモーメント成分 M_{x2} 、 M_{y2} 、 M_{z2} の全てが 0 である場合に、ダイレクト操作部 24 が操作されていないと判断する。一方、力成分 F_{x2} 、 F_{y2} 、 F_{z2} およびモーメント成分 M_{x2} 、 M_{y2} 、 M_{z2} の少なくとも一つが 0 でない場合に、ダイレクト操作部 24 が操作されている最中であると判断する。

20

【0047】

ここで、ダイレクト操作部 24 が操作されていない場合には、S 30 にて、S 10 で取得した第 1 検出信号が示す検出値 F_{s1} に基づいて、検出値 F_{s1} における力成分 F_{z1} を重力加速度 g で除した除算値を、治療ヘッド 3 の質量 W_t として算出し、センサ異常検出処理を一旦終了する。

30

【0048】

一方、ダイレクト操作部 24 が操作されている最中である場合には、S 40 にて、S 10 で取得した第 2 検出信号が示す検出値 F_{s2} と式 (4) とに基づいて、操作力 F_d における力成分 F_{xd} 、 F_{yd} 、 F_{zd} およびモーメント成分 M_{xd} 、 M_{yd} 、 M_{zd} を算出する。

【0049】

式 (4) は、式 (5) ~ (10) で示すように、力成分 F_{x2} 、 F_{y2} 、 F_{z2} およびモーメント成分 M_{x2} 、 M_{y2} 、 M_{z2} のそれぞれを左辺とする六つの連立方程式である。

40

【0050】

$$F_{x2} = F_{xd} + M_{zd} / L_{yd} + M_{yd} / L_{zd} \quad \dots(5)$$

$$F_{y2} = F_{yd} + M_{xd} / L_{zd} \quad \dots(6)$$

$$F_{z2} = F_{zd} + M_{xd} / L_{yd} \quad \dots(7)$$

$$M_{x2} = M_{xd} + F_{zd}L_{yd} + F_{yd}L_{zd} \quad \dots(8)$$

$$M_{y2} = M_{yd} + F_{xd}L_{zd} \quad \dots(9)$$

$$M_{z2} = M_{zd} + F_{xd}L_{yd} \quad \dots(10)$$

そして、力成分 F_{x2} 、 F_{y2} 、 F_{z2} およびモーメント成分 M_{x2} 、 M_{y2} 、 M_{z2} には、第 2 検出信号が示す値が代入される。また、 L_{zd} 、 L_{zd} は、予め設定された値である。すなわち、力成分 F_{xd} 、 F_{yd} 、 F_{zd} およびモーメント成分 M_{xd} 、 M_{yd}

50

、 M_{zd} が未知数である。そして、未知数が六つであるため、六つの連立方程式 (5) ~ (10) により、力成分 F_{xd} 、 F_{yd} 、 F_{zd} およびモーメント成分 M_{xd} 、 M_{yd} 、 M_{zd} を算出することができる。

【0051】

S40 の処理が終了すると、S50 にて、S10 で取得した第2検出信号が示す検出値 F_{s2} と、S30 で算出された最新の質量 W_t と、式 (3) とに基づいて、検出値 F_{s1} を推定する。以下、検出値 F_{s1} における力成分 F_{x1} 、 F_{y1} 、 F_{z1} およびモーメント成分 M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{z1} の推定値をそれぞれ、推定力成分 F'_{x1} 、 F'_{y1} 、 F'_{z1} および推定モーメント成分 M'_{x1} 、 M'_{y1} 、 M'_{z1} と表記する。

【0052】

式 (3) に基づいて、推定力成分 F'_{x1} 、 F'_{y1} 、 F'_{z1} および推定モーメント成分 M'_{x1} 、 M'_{y1} 、 M'_{z1} は、式 (11) ~ (16) で算出される。

【0053】

【数5】

$$F'_{x1} = F_{x2} - \frac{M_{zd}L_2}{(L_{yd} + L_2)L_{yd}} \quad \cdots(11)$$

$$F'_{y1} = F_{y2} \quad \cdots(12)$$

$$F'_{z1} = F_{z2} - \frac{M_{xd}L_2}{(L_{yd} + L_2)L_{yd}} - W_t g \quad \cdots(13)$$

$$M'_{x1} = M_{x2} + F_{zd}L_2 - W_t gL_t \quad \cdots(14)$$

$$M'_{y1} = M_{y2} \quad \cdots(15)$$

$$M'_{z1} = M_{z2} + F_{xd}L_2 \quad \cdots(16)$$

そしてS60にて、推定力成分 F'_{x1} 、 F'_{y1} 、 F'_{z1} および推定モーメント成分 M'_{x1} 、 M'_{y1} 、 M'_{z1} をそれぞれ、力成分 F_{x1} 、 F_{y1} 、 F_{z1} およびモーメント成分 M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{z1} と比較する。具体的には、推定力成分 F'_{x1} から力成分 F_{x1} を減じた減算値の絶対値を、比較差 F_{x1} として算出する。同様に、推定力成分 F'_{y1} 、 F'_{z1} および推定モーメント成分 M'_{x1} 、 M'_{y1} 、 M'_{z1} からそれぞれ力成分 F_{y1} 、 F_{z1} およびモーメント成分 M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{z1} を減じた減算値の絶対値を、比較差 F_{y1} 、 F_{z1} 、 M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{z1} として算出する。

【0054】

次にS70にて、監視用力覚センサ23および操作用力覚センサ25の少なくとも一方が異常であるか否かを判断する。具体的には、以下に示す第1異常判定条件、第2異常判定条件、第3異常判定条件、第4異常判定条件、第5異常判定条件および第6異常判定条件の少なくとも一つが成立した場合に、監視用力覚センサ23および操作用力覚センサ25の少なくとも一方が異常であると判断する。

【0055】

第1異常判定条件は、比較差 F_{x1} が予め設定された第1異常判定値以上であることである。第2異常判定条件は、比較差 F_{y1} が予め設定された第2異常判定値以上であることである。第3異常判定条件は、比較差 F_{z1} が予め設定された第3異常判定値以上であることである。第4異常判定条件は、比較差 M_{x1} が予め設定された第4異常判定値以上であることである。第5異常判定条件は、比較差 M_{y1} が予め設定された第5異常判定値以上であることである。第6異常判定条件は、比較差 M_{z1} が予め設定され

10

20

30

40

50

た第 6 異常判定値以上であることである。

【 0 0 5 6 】

ここで、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 の少なくとも一方が異常であると判断した場合には、S 8 0 にて、メモリ 5 b に設けられたセンサ異常フラグをセットして、センサ異常検出処理を一旦終了する。一方、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 が異常ではないと判断した場合には、S 9 0 にて、センサ異常フラグをクリアして、センサ異常検出処理を一旦終了する。

【 0 0 5 7 】

このように構成された治療装置 1 は、治療ヘッド 3 と、ロボットアーム 2 と、アームコントローラ 5 1 と、監視用力覚センサ 2 3 と、ダイレクト操作部 2 4 と、操作用力覚センサ 2 5 と、制御部 5 とを備える。

10

【 0 0 5 8 】

治療ヘッド 3 は、予め設定された作業として、収束超音波を照射するように構成される。ロボットアーム 2 は、治療ヘッド 3 を保持して、治療ヘッド 3 の位置および姿勢を変化させる。アームコントローラ 5 1 は、ロボットアーム 2 の動作を制御する。

【 0 0 5 9 】

監視用力覚センサ 2 3 は、治療ヘッド 3 に加わる力の向きおよび大きさを検出する。ダイレクト操作部 2 4 は、治療ヘッド 3 の付近でロボットアーム 2 に連結され、ロボットアーム 2 を手動で動作させるために作業者によって把持されるように構成される。操作用力覚センサ 2 5 は、ダイレクト操作部 2 4 に加わる力の向きおよび大きさを検出する。

20

【 0 0 6 0 】

制御部 5 は、操作用力覚センサ 2 5 による検出結果に基づいて、監視用力覚センサ 2 3 が検出した力の向きおよび大きさを推定する。制御部 5 は、推定結果と、監視用力覚センサ 2 3 による検出結果とを比較することにより、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 の少なくとも一方が異常であるか否かを判断する。

【 0 0 6 1 】

このように治療装置 1 は、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 の異常を検出することができ、治療装置 1 に設置されている力覚センサの信頼性を向上させることができる。そして、治療装置 1 は、治療ヘッド 3 に加わる力を検出する監視用力覚センサ 2 3 と、ダイレクト操作部 2 4 に加わる力を検出する操作用力覚センサ 2 5 とを用いて、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 の異常を検出する。このため、治療装置 1 は、異常検出のための新たなセンサを追加することなく、治療装置 1 に設置されている力覚センサの信頼性を向上させることができる。

30

【 0 0 6 2 】

以上説明した実施形態において、治療装置 1 は作業装置に相当し、治療ヘッド 3 は作業部に相当し、ロボットアーム 2 は保持装置に相当し、アームコントローラ 5 1 は保持制御部に相当する。

また、監視用力覚センサ 2 3 は第 1 力検出部に相当し、操作用力覚センサ 2 5 は第 2 力検出部に相当し、S 5 0 は推定部としての処理に相当し、S 6 0 ~ S 9 0 は異常判断部としての処理に相当する。

40

【 0 0 6 3 】

(第 2 実施形態)

以下に本開示の第 2 実施形態を図面とともに説明する。なお第 2 実施形態では、第 1 実施形態と異なる部分を説明する。共通する構成については同一の符号を付す。

【 0 0 6 4 】

第 2 実施形態の治療装置 1 は、図 5 に示すように、診断用力覚センサ 2 6 が追加された点が第 1 実施形態と異なる。

そして、第 2 実施形態のロボットアーム 2 は、支持板 2 7 , 2 8 を備える。支持板 2 7 の裏面には、照射部 3 1 が設置され、支持板 2 7 の表面には、監視用力覚センサ 2 3 が設置される。

50

【 0 0 6 5 】

また、支持板 2 8 の裏面には監視用力覚センサ 2 3 が設置される。そして、支持板 2 8 の表面には、診断用力覚センサ 2 6 および操作用力覚センサ 2 5 が設置される。なお、診断用力覚センサ 2 6 は、診断用力覚センサ 2 6 と監視用力覚センサ 2 3 との間に支持板 2 8 が挟まれているように配置される。

【 0 0 6 6 】

そして診断用力覚センサ 2 6 は、多関節アーム 2 1 の先端に設置される。つまり、治療ヘッド 3 は、診断用力覚センサ 2 6 と監視用力覚センサ 2 3 とを介して多関節アーム 2 1 の先端に取り付けられる。

【 0 0 6 7 】

診断用力覚センサ 2 6 は、治療ヘッド 3 を介してロボットアーム 2 に伝わる力の大きさと方向とを検出して、検出結果を示す第 3 検出信号を制御部 5 へ出力する。具体的には、診断用力覚センサ 2 6 は、検出中心点 O 3 を原点とする三次元直交座標系を構成する X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力成分 F_{x3} 、 F_{y3} 、 F_{z3} と、X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメント成分 M_{x3} 、 M_{y3} 、 M_{z3} とを検出する。

【 0 0 6 8 】

診断用力覚センサ 2 6 は、6 個の歪ゲージを備える。そして診断用力覚センサ 2 6 は、6 個の歪ゲージの出力を用いて、監視用力覚センサ 2 3 と同様の演算を行うことにより、力成分 F_{x3} 、 F_{y3} 、 F_{z3} およびモーメント成分 M_{x3} 、 M_{y3} 、 M_{z3} を算出する。

【 0 0 6 9 】

図 6 に示すように、監視用力覚センサ 2 3 および診断用力覚センサ 2 6 は、検出中心点 O 1 を通って Z 軸に平行な直線上に検出中心点 O 3 が位置するように配置されている。また、操作用力覚センサ 2 5 および診断用力覚センサ 2 6 は、検出中心点 O 2 を通って Y 軸に平行な直線上に検出中心点 O 3 が位置するように配置されている。これにより、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 は、検出値が相互に干渉しないように取り付けられる。

【 0 0 7 0 】

そして、診断プローブ 3 2 のプローブ軸の Y 軸位置と、監視用力覚センサ 2 3 の検出中心点 O 1 の Y 軸位置との差の絶対値を L_1 とする。監視用力覚センサ 2 3 の検出中心点 O 1 の Y 軸位置と、操作用力覚センサ 2 5 の検出中心点 O 2 の Y 軸位置との差の絶対値を L_2 とする。

【 0 0 7 1 】

操作用力覚センサ 2 5 の検出中心点 O 2 の Y 軸位置と、ダイレクト操作部 2 4 の操作中心 P c の Y 軸位置との差の絶対値を L_{y_d} とする。操作用力覚センサ 2 5 の検出中心点 O 2 の Z 軸位置と、ダイレクト操作部 2 4 の操作中心 P c の Z 軸位置との差の絶対値を L_{z_d} とする。監視用力覚センサ 2 3 の検出中心点 O 1 の Z 軸位置と、診断用力覚センサ 2 6 の検出中心点 O 3 の Z 軸位置との差の絶対値を L_{z_s} とする。

【 0 0 7 2 】

治療ヘッド 3 の質量を W_t とする。従って、治療ヘッド 3 に働く重力は、 $W_t g$ である。なお、 g は重力加速度である。また、治療ヘッド 3 の重心の Y 軸位置と、監視用力覚センサ 2 3 の検出中心点 O 1 の Y 軸位置との差の絶対値を L_t とする。診断プローブ 3 2 において最も低い箇所における Z 軸位置と、診断用力覚センサ 2 6 の検出中心点 O 3 の Z 軸位置との差の絶対値を L_h とする。

【 0 0 7 3 】

また、水袋 3 3 が治療対象 1 0 1 を押え付ける位置の Y 軸位置と、監視用力覚センサ 2 3 の検出中心点 O 1 の Y 軸位置との差の絶対値を L_c とする。水袋 3 3 が治療対象 1 0 1 を押え付けることにより水袋 3 3 に作用する反力を F_h とする。

【 0 0 7 4 】

監視用力覚センサ 2 3 の検出値 $F_{s_{11}}$ は、式 (17) で表される。式 (17) の力成

10

20

30

40

50

分 F_{x11} , F_{y11} , F_{z11} はそれぞれ、検出値 F_{s11} における X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力の大きさである。式 (17) のモーメント成分 M_{x11} , M_{y11} , M_{z11} はそれぞれ、検出値 F_{s11} における X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメントの大きさである。

【0075】

【数6】

$$F_{s11} = \begin{pmatrix} F_{x11} \\ F_{y11} \\ F_{z11} \\ M_{x11} \\ M_{y11} \\ M_{z11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ F_h - W_t g \\ F_h L_c - W_t g L_t \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots(17)$$

10

操作用力覚センサ25の検出値 F_{s12} は、式 (18) で表される。式 (18) の力成分 F_{x12} , F_{y12} , F_{z12} はそれぞれ、検出値 F_{s12} における X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力の大きさである。式 (18) のモーメント成分 M_{x12} , M_{y12} , M_{z12} はそれぞれ、検出値 F_{s12} における X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメントの大きさである。

20

【0076】

【数7】

$$F_{s12} = \begin{pmatrix} F_{x12} \\ F_{y12} \\ F_{z12} \\ M_{x12} \\ M_{y12} \\ M_{z12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{xd} + \frac{M_{zd}}{L_{yd}} + \frac{M_{yd}}{L_{zd}} \\ F_{yd} + \frac{M_{xd}}{L_{zd}} \\ F_{zd} + \frac{M_{xd}}{L_{yd}} \\ M_{xd} + F_{zd} L_{yd} + F_{yd} L_{zd} \\ M_{yd} + F_{xd} L_{zd} \\ M_{zd} + F_{xd} L_{yd} \end{pmatrix} \quad \dots(18)$$

30

診断用力覚センサ26の検出値 F_{s13} は、式 (19) で表される。式 (19) の力成分 F_{x13} , F_{y13} , F_{z13} はそれぞれ、検出値 F_{s13} における X 軸、Y 軸および Z 軸の方向に沿った力の大きさである。式 (19) のモーメント成分 M_{x13} , M_{y13} , M_{z13} はそれぞれ、検出値 F_{s13} における X 軸、Y 軸および Z 軸周りのモーメントの大きさである。

40

【0077】

【数 8】

$$F_{s13} = \begin{pmatrix} F_{x13} \\ F_{y13} \\ F_{z13} \\ M_{x13} \\ M_{y13} \\ M_{z13} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{xd} + \frac{M_{zd}}{L_{yd} + L_2} + \frac{M_{yd}}{L_{zd}} \\ F_{yd} + \frac{M_{xd}}{L_{zd}} \\ F_{zd} + \frac{M_{xd}}{L_{yd} + L_2} - F_h + W_t g \\ M_{xd} + F_{zd}(L_{yd} + L_2) + F_{yd}L_{zd} + F_h L_c - W_t g L_t \\ M_{yd} + F_{xd}L_{zd} \\ M_{zd} + F_{xd}(L_{yd} + L_2) \end{pmatrix} \cdots (19)$$

10

さらに、第 2 実施形態の治療装置 1 は、センサ異常検出処理が変更された点が第 1 実施形態と異なる。

【0078】

第 2 実施形態のセンサ異常検出処理が実行されると、制御部 5 は、図 7 に示すように、まず S 2 1 0 にて、監視用力覚センサ 2 3 から第 1 検出信号を取得し、操作用力覚センサ 2 5 から第 2 検出信号を取得し、診断用力覚センサ 2 6 から第 3 検出信号を取得する。

【0079】

そして S 2 2 0 にて、S 2 1 0 で取得した第 2 検出信号が示す検出値 F_{s12} に基づいて、S 2 0 と同様にして、作業者 1 0 2 によってダイレクト操作部 2 4 が操作されている最中であるか否かを判断する。

20

【0080】

ここで、ダイレクト操作部 2 4 が操作されている場合には、S 2 3 0 にて、ダイレクト操作が開始された時であるか否かを判断する。具体的には、検出値 F_{s12} における力成分 F_{x12} 、 F_{y12} 、 F_{z12} およびモーメント成分 M_{x12} 、 M_{y12} 、 M_{z12} の何れか一つが、0 から、0 より大きい値に変化した場合に、ダイレクト操作が開始された時であると判断する。

【0081】

ここで、ダイレクト操作が開始された時である場合には、S 2 4 0 にて、メモリ 5 b に設けられた開始時値 F_{s13_os} に、S 2 1 0 で取得した第 3 検出信号が示す検出値 F_{s13} における力成分 F_{x13} 、 F_{y13} 、 F_{z13} およびモーメント成分 M_{x13} 、 M_{y13} 、 M_{z13} を格納することにより、開始時値 F_{s13_os} を更新する。

30

【0082】

次に S 2 5 0 にて、第 1 比較を実行する。具体的には、まず、式 (20) に示すように、S 2 1 0 で取得した第 3 検出信号が示す検出値 F_{s13} から、S 2 1 0 で取得した第 2 検出信号が示す検出値 F_{s12} を減算した第 1 減算値 ($F_{s13} - F_{s12}$) を算出する。そして、第 1 減算値 ($F_{s13} - F_{s12}$) が、S 2 1 0 で取得した第 1 検出信号が示す検出値 F_{s11} (すなわち、式 (17) に示す F_{s11}) と一致しているか否かを判断する。

40

【0083】

【数 9】

$$F_{s13} - F_{s12} = \begin{pmatrix} \frac{M_{zd}}{L_{yd} + L_2} - \frac{M_{zd}}{L_{yd}} \\ 0 \\ \frac{M_{xd}}{L_{yd} + L_2} - \frac{M_{xd}}{L_{zd}} + F_h - W_t g \\ F_h L_c - W_t g L_t - F_{zd} L_2 \\ 0 \\ -F_{xd} L_2 \end{pmatrix} \cdots(20)$$

10

そして S 2 6 0 にて、S 2 5 0 における比較結果が「一致」であるか否かを判断する。ここで、比較結果が「一致」である場合には、S 2 7 0 にて、メモリ 5 b に設けられている第 1 センサ異常フラグをクリアして、S 3 3 0 に移行する。一方、比較結果が「一致」でない場合には、S 2 8 0 にて、第 1 センサ異常フラグをセットして、S 3 3 0 に移行する。なお、第 1 センサ異常フラグのセットは、監視用力覚センサ 2 3 の異常を示す。

【0084】

また S 2 3 0 にて、ダイレクト操作が開始された時でない場合には、S 2 9 0 にて、第 2 比較を実行する。具体的には、S 2 1 0 で取得した第 3 検出信号が示す検出値 F_{s13} から、開始時値 F_{s13_os} を減算した第 2 減算値 ($F_{s13} - F_{s13_os}$) を算出する。そして、第 2 減算値 ($F_{s13} - F_{s13_os}$) が、S 2 1 0 で取得した第 2 検出信号が示す検出値 F_{s12} (すなわち、式 (18) に示す F_{s12}) と一致しているか否かを判断する。

20

【0085】

そして S 3 0 0 にて、S 2 9 0 における比較結果が「一致」であるか否かを判断する。ここで、比較結果が「一致」である場合には、S 3 1 0 にて、メモリ 5 b に設けられている第 2 センサ異常フラグをクリアして、S 2 5 0 に移行する。一方、比較結果が「一致」でない場合には、S 3 2 0 にて、第 2 センサ異常フラグをセットして、S 2 5 0 に移行する。なお、第 2 センサ異常フラグのセットは、操作用力覚センサ 2 5 の異常を示す。

【0086】

30

そして S 3 3 0 に移行すると、図 8 に示すように、第 3 比較を実行する。具体的には、まず、式 (21) に示すように、S 2 1 0 で取得した第 2 検出信号が示す検出値 F_{s12} と、S 2 1 0 で取得した第 1 検出信号が示す検出値 F_{s11} とを加算した加算値 ($F_{s12} + F_{s11}$) を算出する。そして、加算値 ($F_{s12} + F_{s11}$) が、S 2 1 0 で取得した第 3 検出信号が示す検出値 F_{s13} (すなわち、式 (19) に示す F_{s13}) と一致しているか否かを判断する。

【0087】

【数 10】

$$F_{s12} + F_{s11} = \begin{pmatrix} F_{xd} + \frac{M_{zd}}{L_{yd}} + \frac{M_{yd}}{L_{zd}} \\ F_{yd} + \frac{M_{xd}}{L_{zd}} \\ F_{zd} + \frac{M_{xd}}{L_{yd}} + F_h - W_t g \\ M_{xd} + F_{zd} L_{yd} + F_{yd} L_{zd} + F_h L_c - W_t g L_t \\ M_{yd} + F_{xd} L_{zd} \\ M_{zd} + F_{xd} L_{yd} \end{pmatrix} \cdots(21)$$

40

そして S 3 4 0 にて、S 3 3 0 における比較結果が「一致」であるか否かを判断する。ここで、比較結果が「一致」である場合には、S 3 5 0 にて、メモリ 5 b に設けられてい

50

る第3センサ異常フラグをクリアして、センサ異常検出処理を一旦終了する。一方、比較結果が「一致」でない場合には、S360にて、第3センサ異常フラグをセットして、センサ異常検出処理を一旦終了する。なお、第3センサ異常フラグのセットは、監視用力覚センサ23および操作用力覚センサ25の少なくとも一方の異常を示す。

【0088】

またS220にて、ダイレクト操作部24が操作されていない場合には、S370にて、第4比較を実行する。具体的には、S210で取得した第3検出信号が示す検出値 $F_{s_{13}}$ と、S210で取得した第1検出信号が示す検出値 $F_{s_{11}}$ とが一致しているか否かを判断する。

【0089】

そしてS380にて、S370における比較結果が「一致」であるか否かを判断する。ここで、比較結果が「一致」である場合には、S390にて、メモリ5bに設けられている第4センサ異常フラグをクリアして、センサ異常検出処理を一旦終了する。一方、比較結果が「一致」でない場合には、S400にて、第4センサ異常フラグをセットして、センサ異常検出処理を一旦終了する。なお、第4センサ異常フラグのセットは、監視用力覚センサ23の異常を示す。

【0090】

このように構成された治療装置1は、ダイレクト操作時でも、ダイレクト操作の影響を排除して、監視用力覚センサ23および操作用力覚センサ25の異常を判断することができる。また、治療装置1は、診断用力覚センサ26を設置することにより、一つの力覚センサで2つの力覚センサを監視することができる。

【0091】

(第3実施形態)

以下に本開示の第3実施形態を図面とともに説明する。なお第3実施形態では、第1実施形態と異なる部分を説明する。共通する構成については同一の符号を付す。

【0092】

第3実施形態の治療装置1は、センサ異常検出処理が変更された点が第1実施形態と異なる。

第3実施形態のセンサ異常検出処理が実行されると、制御部5は、図9に示すように、まずS510にて、治療装置1が起動した直後であるか否かを判断する。ここで、治療装置1が起動した直後でない場合には、センサ異常検出処理を一旦終了する。一方、治療装置1が起動した直後である場合には、S520にて、異常検出用遠隔操作を実行する。具体的には、検出値 F_{s_1} における力成分 F_{x_1} 、 F_{y_1} 、 F_{z_1} およびモーメント成分 M_{x_1} 、 M_{y_1} 、 M_{z_1} のそれぞれが、予め設定された第1、2、3、4、5、6異常検出用設定値となるようにロボットアーム2を駆動する。第1、2、3、4、5、6異常検出用設定値はそれぞれ、予め設定された第1、2、3、4、5、6許容範囲内となるように設定されている。

【0093】

本実施形態では、第1、2、3許容範囲はそれぞれ、力成分 F_{x_1} 、 F_{y_1} 、 F_{z_1} のセンサ計測範囲の2.5%である。例えば、力成分 F_{x_1} 、 F_{y_1} 、 F_{z_1} のセンサ計測範囲が $-200 \sim +200$ [N]である場合に、第1、2、3許容範囲は $-5 \sim +5$ [N]である。

【0094】

また、第4、5、6許容範囲は、モーメント成分 M_{x_1} 、 M_{y_1} 、 M_{z_1} のセンサ計測範囲の1.25%である。例えば、モーメント成分 M_{x_1} 、 M_{y_1} 、 M_{z_1} のセンサ計測範囲が $-20 \sim +20$ [N・m]である場合に、第4、5、6許容範囲は $-0.25 \sim +0.25$ [N・m]である。

【0095】

次にS530にて、監視用力覚センサ23から第1検出信号を取得する。そしてS540にて、検出値 F_{s_1} が許容範囲内であるか否かを判断する。具体的には、以下に示す第

10

20

30

40

50

1 許容条件、第 2 許容条件、第 3 許容条件、第 4 許容条件、第 5 許容条件および第 6 許容条件の全てが成立した場合に、検出値 F_{s1} が許容範囲内であると判断する。

【0096】

第 1 許容条件は、力成分 F_{x1} が上記の第 1 許容範囲内であることである。第 2 許容条件は、力成分 F_{y1} が上記の第 2 許容範囲内であることである。第 3 許容条件は、力成分 F_{z1} が上記の第 3 許容範囲内であることである。第 4 許容条件は、モーメント成分 M_{x1} が上記の第 4 許容範囲内であることである。第 5 許容条件は、モーメント成分 M_{y1} が上記の第 5 許容範囲内であることである。第 6 許容条件は、モーメント成分 M_{z1} が上記の第 6 許容範囲内であることである。

【0097】

ここで、検出値 F_{s1} が許容範囲内であると判断した場合には、S550にて、センサ異常フラグをクリアして、センサ異常検出処理を一旦終了する。一方、検出値 F_{s1} が許容範囲内ではないと判断した場合には、S560にて、センサ異常フラグをセットして、センサ異常検出処理を一旦終了する。

【0098】

このように構成された治療装置 1 は、各軸の値を高精度に確認可能であり、センサ筐体の塑性変形、並びに検出素子および検出回路の故障等の様々な故障による不具合を検出可能である。

(第 4 実施形態)

以下に本開示の第 4 実施形態を図面とともに説明する。なお第 4 実施形態では、第 1 実施形態と異なる部分を説明する。共通する構成については同一の符号を付す。

【0099】

第 4 実施形態の治療装置 1 は、センサ異常検出処理が変更された点が第 1 実施形態と異なる。

第 4 実施形態のセンサ異常検出処理が実行されると、制御部 5 は、図 10 に示すように、まず S610にて、監視用力覚センサ 23 から第 1 検出信号を取得する。そして S620にて、検出値 F_{s1} が許容範囲内であるか否かを判断する。具体的には、以下に示す第 1 許容条件、第 2 許容条件、第 3 許容条件、第 4 許容条件、第 5 許容条件および第 6 許容条件の全てが成立した場合に、検出値 F_{s1} が許容範囲内であると判断する。

【0100】

第 1 許容条件は、力成分 F_{x1} が第 1 許容範囲内であることである。第 2 許容条件は、力成分 F_{y1} が第 2 許容範囲内であることである。第 3 許容条件は、力成分 F_{z1} が第 3 許容範囲内であることである。第 4 許容条件は、モーメント成分 M_{x1} が第 4 許容範囲内であることである。第 5 許容条件は、モーメント成分 M_{y1} が第 5 許容範囲内であることである。第 6 許容条件は、モーメント成分 M_{z1} が第 6 許容範囲内であることである。

【0101】

本実施形態では、第 1, 2 許容範囲はそれぞれ、力成分 F_{x1} , F_{y1} のセンサ計測範囲の 5% である。例えば、図 11 に示すように、力成分 F_{x1} , F_{y1} のセンサ計測範囲が $-200 \sim +200$ [N] である場合に、第 1, 2 許容範囲は $-10 \sim +10$ [N] である。

【0102】

また、第 3 許容範囲はそれぞれ、力成分 F_{z1} のセンサ計測範囲の 50% である。例えば、図 11 に示すように、力成分 F_{z1} のセンサ計測範囲が $-200 \sim +200$ [N] である場合に、第 3 許容範囲は $-200 \sim 0$ [N] である。

【0103】

また、第 4, 5 許容範囲は、モーメント成分 M_{x1} , M_{y1} のセンサ計測範囲の 100% である。例えば、図 11 に示すように、モーメント成分 M_{x1} , M_{y1} のセンサ計測範囲が $-20 \sim +20$ [N・m] である場合に、第 4, 5 許容範囲は $-20 \sim +20$ [N・m] である。

【0104】

10

20

30

40

50

また、第6許容範囲は、モーメント成分 M_{z1} のセンサ計測範囲の10%である。例えば、図11に示すように、モーメント成分 M_{z1} のセンサ計測範囲が $-20 \sim +20$ [N・m] である場合に、第6許容範囲は $-2 \sim +2$ [N・m] である。

【0105】

すなわち、使用する成分（すなわち、力成分 F_{z1} およびモーメント成分 M_{x1} , M_{y1} ）については、許容範囲を広くすることより、誤検出の発生を抑制する。

ほとんど使用されない成分（すなわち、力成分 F_{x1} , F_{y1} およびモーメント成分 M_{z1} ）については、許容範囲を狭くすることにより、異常判定率を向上させる。

【0106】

S620にて、検出値 F_{s1} が許容範囲内であると判断した場合には、S630にて、センサ異常フラグをクリアして、センサ異常検出処理を一旦終了する。一方、検出値 F_{s1} が許容範囲内ではないと判断した場合には、S640にて、センサ異常フラグをセットして、センサ異常検出処理を一旦終了する。

10

【0107】

このように構成された治療装置1は、使用する成分の許容範囲を十分広くし、使用されない成分の許容範囲を狭くすることで、ロボットアーム2側で複雑な処理をせずに監視用力覚センサ23側に荷重を与え、特定の故障が起きてないか否かを、治療装置1の使用中に常時確認することができる。

【0108】

以上、本開示の一実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、種々変形して実施することができる。

20

[変形例1]

例えば上記実施形態では、検出値 F_{s2} に基づいて検出値 F_{s1} を推定する形態を示した。しかし、ロボットアームの各軸の電流値、および、ロボットアームの各軸に設けたトルクセンサ等に基づいて、照射部31が取り付けられるツールフランジにかかる荷重およびトルクを推定することができる。このため、推定された値と検出値 F_{s1} と比較することで、監視用力覚センサ23が正常に動作しているか否かを判断するようにしてもよい。

【0109】

[変形例2]

上記実施形態では、X軸、Y軸およびZ軸の方向に沿った力の大きさと、X軸、Y軸およびZ軸周りのモーメントの大きさととの6つの成分について、監視用力覚センサ23が検出した力の向きおよび大きさを推定した推定結果と、監視用力覚センサ23による検出結果とを比較する形態を示した。しかし、上記6つの成分のうちの一部を比較することにより、監視用力覚センサ23および操作用力覚センサ25の少なくとも一方が異常であるか否かを判断するようにしてもよい。これにより、治療装置1は、異常判断処理を行うための演算負荷を低減することができる。なお、X軸、Y軸およびZ軸の方向は三次元座標系を構成する三つの座標軸方向である。

30

【0110】

例えば、センサの配線の診断またはCPUの診断を目的とする場合等には、一部の成分を比較することで、より容易かつ確実に診断することができる。

40

また、例えば、推定力成分 F'_{z1} と力成分 F_{z1} とを比較する場合、または、推定モーメント成分 M'_{x1} とモーメント成分 M_{x1} とを比較する場合には、照射部31の質量、または、治療対象101に対して水袋33を押し付けたときの反力の影響により、比較を行うことが困難になる。しかし、その他の成分については、上記の影響がないため、比較を行い易い。

【0111】

[変形例3]

上記実施形態では、X軸、Y軸およびZ軸の方向に沿った力の大きさと、X軸、Y軸およびZ軸周りのモーメントの大きさととの6つの成分について、監視用力覚センサ23が検出した力の向きおよび大きさを推定した推定結果と、監視用力覚センサ23による検出結

50

果とを比較する形態を示した。しかし、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 は、6 個の歪ゲージを備えており、式 (1) に示す演算を行うことにより、3 つの力成分および 3 つのモーメント成分 M_{x1} , M_{y1} , M_{z1} を算出する。すなわち、6 つの成分は、6 個の歪ゲージの検出結果の影響を受ける。このため、上記 6 つの成分のうちの一部を比較することにより、監視用力覚センサ 2 3 および操作用力覚センサ 2 5 の少なくとも一方が異常であるか否かを判断するようにしてもよい。これにより、例えば、1 つの成分を比較することにより、その他の成分においても異常が発生していると判断することが可能となる場合がある。このようにして、上記 6 つの成分のうちの一部を比較することにより、治療装置 1 は、異常検出処理を行うための演算負荷を低減することができる。なお、6 個の歪ゲージは複数の検出素子に相当する。

10

【 0 1 1 2 】

また、上記実施形態における 1 つの構成要素が有する機能を複数の構成要素に分担させたり、複数の構成要素が有する機能を 1 つの構成要素に発揮させたりしてもよい。また、上記実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、他の上記実施形態の構成に対して付加、置換等してもよい。なお、特許請求の範囲に記載の文言から特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本開示の実施形態である。

【 0 1 1 3 】

上述した治療装置 1 の他、当該治療装置 1 を構成要素とするシステム、当該治療装置 1 としてコンピュータを機能させるためのプログラム、このプログラムを記録した媒体、異常判断方法など、種々の形態で本開示を実現することもできる。

20

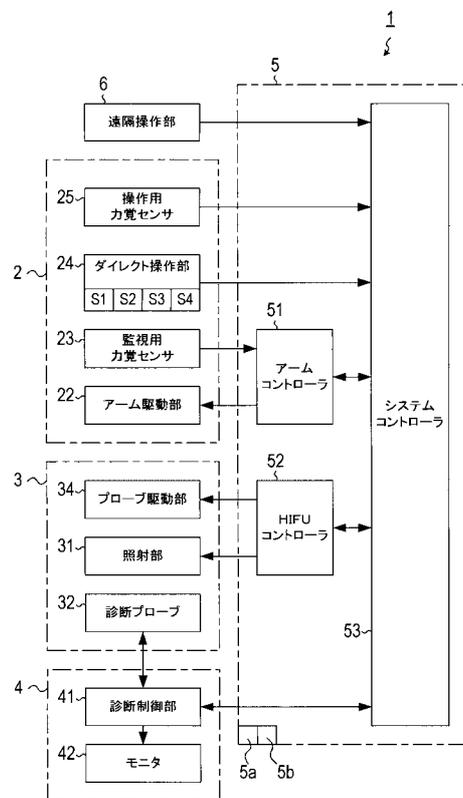
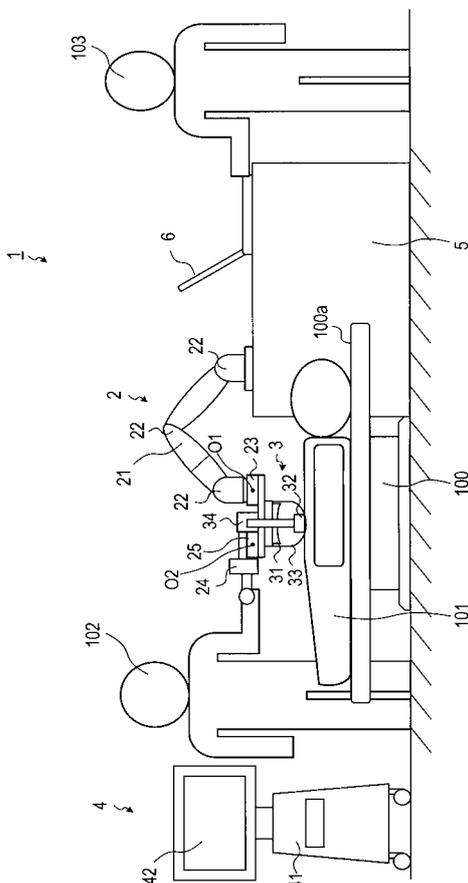
【 符号の説明 】

【 0 1 1 4 】

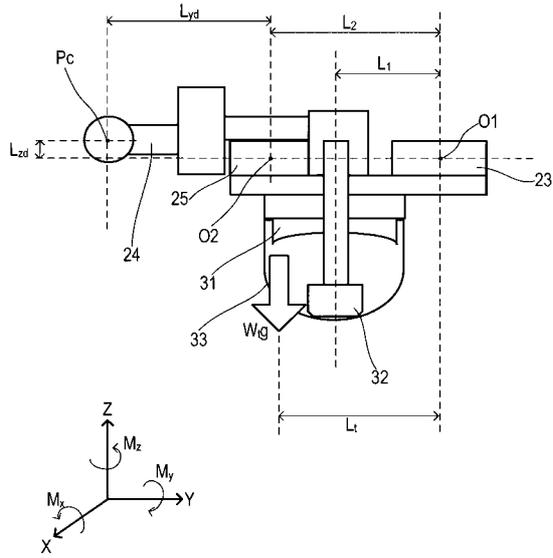
1 ... 治療装置、 2 ... ロボットアーム、 3 ... 治療ヘッド、 5 ... 制御部、 2 3 ... 監視用力覚センサ、 2 4 ... ダイレクト操作部、 2 5 ... 操作用力覚センサ、 5 1 ... アームコントローラ

【 図 1 】

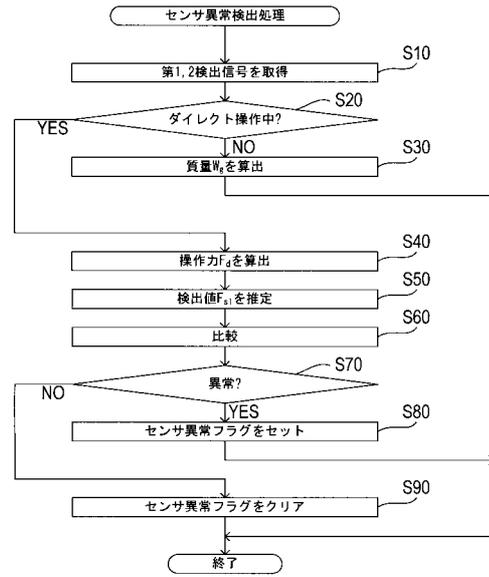
【 図 2 】



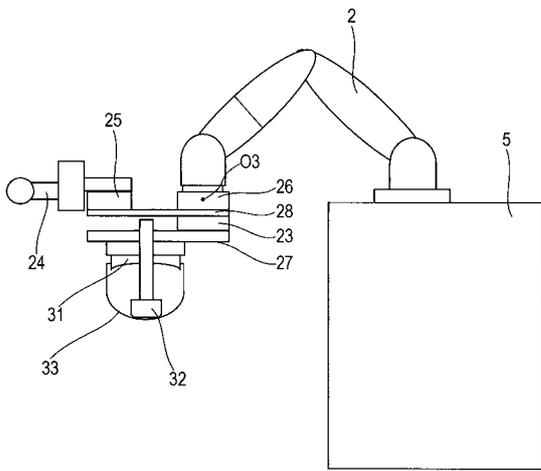
【図3】



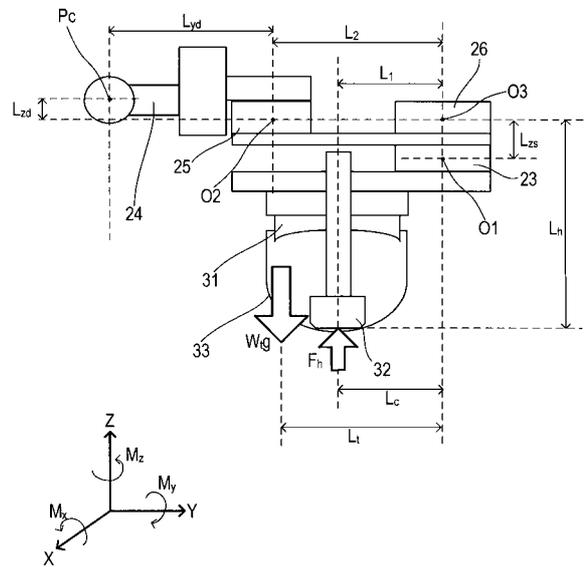
【図4】



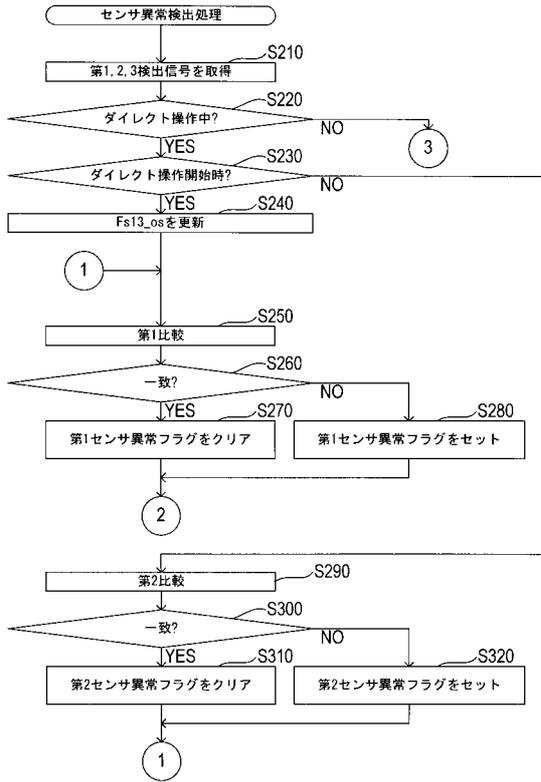
【図5】



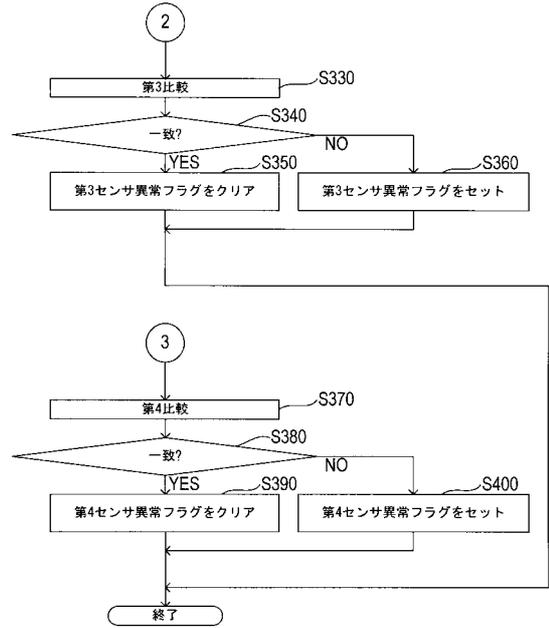
【図6】



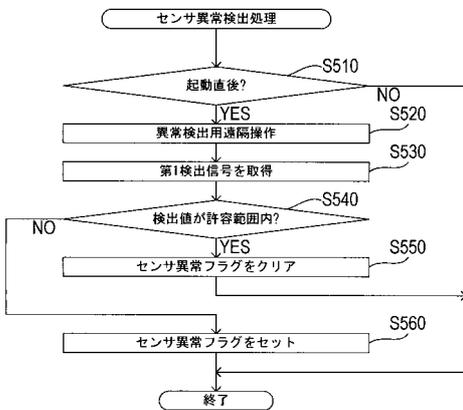
【 図 7 】



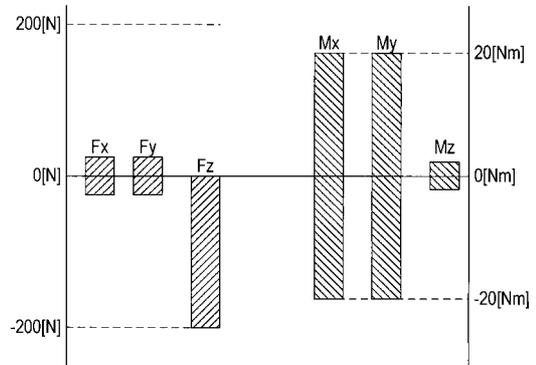
【 図 8 】



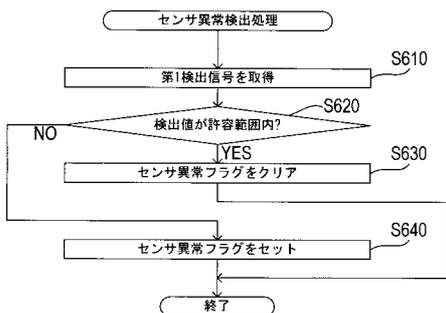
【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



专利名称(译)	工作设备		
公开(公告)号	JP2020039397A	公开(公告)日	2020-03-19
申请号	JP2018166908	申请日	2018-09-06
[标]申请(专利权)人(译)	日本电装株式会社		
申请(专利权)人(译)	Denso公司		
[标]发明人	稻田誠生 植山剛		
发明人	稻田 誠生 植山 剛		
IPC分类号	A61B17/00 B25J19/06 A61B34/30 A61B8/14		
FI分类号	A61B17/00.700 B25J19/06 A61B34/30 A61B8/14		
F-TERM分类号	3C707/AS35 3C707/BS10 3C707/JT07 3C707/JT09 3C707/KS34 3C707/KX06 3C707/LW04 3C707/MS21 4C160/JJ32 4C601/EE09 4C601/EE10 4C601/FF13 4C601/FF16 4C601/GC02 4C601/GC10		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题:提高安装在治疗设备中的力检测传感器的可靠性。处理装置(1)包括处理头(3),机械臂(2),力传感器(23),直接操作单元(24),力传感器(25)和控制单元(5)。治疗头3发射聚焦的超声波。机械臂2保持治疗头3并改变治疗头3的位置和姿势。力传感器23检测施加到治疗头3的力。直接操作单元24被操作员抓握,以便手动操作机器人手臂2。力传感器25检测施加到直接操作单元24的力。控制单元5基于力传感器25的检测结果来估计由力传感器23检测到的力。控制单元5将估计结果与力传感器23的检测结果进行比较,以确定力传感器23和25中的至少一个是否异常。

[选择图]图2

