

(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2019-165840

(P2019-165840A)

(43) 公開日 令和1年10月3日(2019.10.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 34/35 (2016.01)	A 6 1 B 34/35	4 C 1 6 0
A 6 1 B 17/00 (2006.01)	A 6 1 B 17/00 7 0 0	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 3 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2018-54209 (P2018-54209)
 (22) 出願日 平成30年3月22日 (2018. 3. 22)

(出願人による申告) 平成29年度、国立研究開発法人日本医療研究開発機構、「医療機器開発推進研究事業」 「集束超音波治療機器とドラッグデリバリーシステムを組合せた音響力学的療法の実用化開発」委託研究開発、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 110000578
 名古屋国際特許業務法人
 (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
 (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 奥田 英樹
 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) 4C160 JJ33 JJ35 JJ36
 4C601 EE11 FF12 FF15 FF16

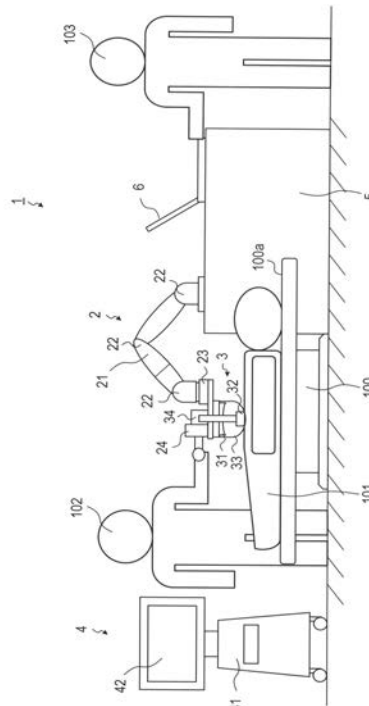
(54) 【発明の名称】 治療装置

(57) 【要約】

【課題】治療の場面に応じた的確なロボット操作を容易にする技術を提供する。

【解決手段】治療ヘッド3は、照射部31及び診断プローブ32を有し、6自由度を有するロボットアーム2の先端に設けられる。照射部31は、収束超音波を照射する。診断プローブ32は、照射部31の中心から収束超音波の照射方向に向けて突設され、収束超音波とは異なる診断用超音波を送受信する。プローブ駆動部34は、照射部31に対する診断プローブ32の突出量を変化させる。制御部5は、診断プローブ32の先端位置を保持したまま、プローブ駆動部34とロボットアーム2とを同期させて駆動する同期制御を少なくとも実行する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

6自由度を有するロボットアーム(2)と、

前記ロボットアームの先端に設けられ、収束超音波を照射する照射部(31)、および前記照射部の中心から前記収束超音波の照射方向に向けて突設され、前記収束超音波とは異なる診断用超音波を送受信する診断プローブ(32)を有する治療ヘッド(3)と、

外部からの入力に応じて前記ロボットアームの動作を制御することで前記治療ヘッドの位置および姿勢を変化させるように構成された制御部(5)と、

前記照射部に対する前記診断プローブの突出量を変化させるように構成されたプローブ駆動部(34)と、

を備え、

前記制御部は、前記診断プローブの先端位置を保持したまま、前記照射部と前記診断プローブの先端との相対位置が変化するように、前記プローブ駆動部と前記ロボットアームとを同期させて駆動する同期制御(5:S240~S260、S400)を少なくとも実行するように構成された

治療装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の治療装置であって、

前記収束超音波の焦点の調整を指示する調整指示が少なくとも入力されるように構成された指示入力部(6,24)を更に備え、

前記制御部は、前記指示入力部から前記調整指示の入力があり、且つ、前記治療ヘッドの位置を前記診断プローブの突出方向に沿って変化させる指示の入力があった場合に、前記同期制御を実行する

治療装置。

【請求項 3】

請求項1または請求項2に記載の治療装置であって、

前記治療ヘッドに加わる力の向き及び大きさを検出する力覚センサ(23)を更に備え、

前記制御部は、前記ロボットアームの動作に伴って、前記力覚センサにより検出される治療対象に対する押圧力が予め設定された圧力閾値以上である場合に、前記押圧力が前記圧力閾値より小さくなるように前記同期制御を実行する

治療装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ロボットアームに取り付けた治療ヘッドを用いて治療を行う治療装置に関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献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及び収束超音波(以下、HIFU)照射用の照射部を有する治療ヘッドを取り付け、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HIFUを照射して治療する超音波治療装置が記載されている。HIFUは、High Intensity Focused Ultrasoundの略である。

【0003】

そして、治療時には、治療ヘッドを治療対象に対して相対的に移動させることで、HIFUの焦点を患部に一致させながら、治療を行うことが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平4 - 35660号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、発明者の詳細な検討の結果、特許文献1に記載の従来技術では以下の課題が見出された。

即ち、一般的に、患部を観察するときには、呼吸による臓器の移動を抑制するために、診断プローブで患者を押さえつけた状態で患部を観察することが行われる。ところが、患部を見つけた後、焦点合わせのたえに治療ヘッドを患者に接近または患者から離隔する方向に移動させると、診断プローブによる押圧状態が変化する。そして、押圧力が減少すると臓器の状態が変化することで、患部を見失ってしまう場合があり、逆に押圧力が増加すると患者に苦痛を与えてしまう場合があった。

【0006】

本開示の1つの局面は、治療の場面に応じた的確なロボット操作を容易にする技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様による治療装置は、ロボットアーム(2)と、治療ヘッド(3)と、制御部(5)と、プローブ駆動部(34)と、を備える。

ロボットアームは、6自由度を有する。治療ヘッドは、ロボットアームの先端に設けられ、照射部および診断プローブを有する。照射部は、収束超音波を照射する。診断プローブは、照射部の中心から収束超音波の照射方向に向けて突設され、収束超音波とは異なる診断用超音波を送受信する。制御部は、外部からの入力に応じてロボットアームの動作を制御することで治療ヘッドの位置および姿勢を変化させる。プローブ駆動部は、照射部に対する診断プローブの突出量を変化させる。

【0008】

そして、制御部は、診断プローブの先端位置を保持したまま、照射部と診断プローブの先端との相対位置が変化するように、プローブ駆動部とロボットアームとを同期させて駆動する同期制御(5:S240~S260、S400)を少なくとも実行する。

【0009】

このような構成によれば、診断プローブの先端位置を保持したまま、照射部の位置を変化させることができる。その結果、例えば、診断プローブによる治療対象への押圧力を保持したまま収束超音波の焦点を合わせることで、及び治療対象への押圧力の増大を抑制すること等、治療の場面に応じた的確なロボット操作を容易に実現することができる。

【0010】

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】

【0011】

【図1】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】モード切替処理のフローチャートである。

【図4】フリーモードでの駆動処理のフローチャートである。

【図5】平面限定モードでの駆動処理のフローチャートである。

【図6】回動限定モードでの駆動処理のフローチャートである。

【図7】治療ヘッドの姿勢と水平限定モードでの移動量との関係を示す説明図である。

【図8】HIFUの焦点調整制御に関する説明図である。

【図9】診断プローブの退避制御に関する説明図である。

【図10】診断画像に関する説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1】他の実施形態の診断画像に関する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら、本開示の実施形態を説明する。

[1. 構成]

図 1 及び図 2 に示す、治療装置 1 は、治療台 100 に支持される治療対象 101 に対して収束超音波（以下、HIFU）を照射することで治療を行う装置である。HIFU は、High Intensity Focused Ultrasound の略である。治療装置 1 は、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。

【0013】

[1-1. 治療ヘッド]

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 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。

【0014】

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。

【0015】

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設され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、即ち、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。

【0016】

水袋 33 は、照射部 31 及び診断プローブ 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 に対する診察及び治療は、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が治療対象 101 に

【0017】

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り、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）、ひいては、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。

【0018】

[1-2. ロボットアーム]

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 の位置及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、力覚センサ 23 と、ダイレクト操作部 24 とを備える。

【0019】

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。

【0020】

力覚センサ 23 は、多関節アーム 21 の先端に設けられる。つまり、治療ヘッド 3 は、力覚センサ 23 を介して多関節アーム 21 の先端、ひいてはロボットアーム 2 の先端に取り付けられる。力覚センサ 23 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や方向を検出して制御部 5 に通知する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 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、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有する。

【 0 0 2 2 】

複数のスイッチには、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スイッチである。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。

10

【 0 0 2 3 】

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、及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スイッチである。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。

20

【 0 0 2 4 】

調整指示スイッチ S 3 は、H I F U 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スイッチである。退避指示スイッチ S 4 は、診断プローブ 3 2 による H I F U 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、对被指示を入力するために操作されるスイッチである。

【 0 0 2 5 】

[1 - 3 . 操作部]

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 1 0 3 によって操作される。具体的には、遠隔操作部 6 は、ダイレクト操作部 2 4 が有する複数のスイッチ S 1 ~ S 4 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少なくとも有する。

30

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

[1 - 4 . 超音波診断装置]

超音波診断装置 4 は、診断制御部 4 1 と、モニタ 4 2 とを備える。

診断制御部 4 1 は、制御部 5 からの指示に従って、診断プローブ 3 2 から診断用超音波を照射させ、診断プローブ 3 2 が受信する反射波を画像処理することで、治療対象 1 0 1 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 4 1 は、画像データに基づく診断画像をモニタ 4 2 に表示させると共に、画像データを制御部 5 に供給する。

40

【 0 0 2 8 】

また、診断制御部 4 1 は、図 1 0 に示すように、照射部 3 1 からの H I F U の照射による治療精度に応じた間隔のグリッド G を、診断画像に重畳してモニタ 4 2 に表示する。例えば、5 m m の治療精度が要求されるのであれば、5 m m 四方のグリッドがモニタ 4 2 に表示される。

【 0 0 2 9 】

[1 - 5 . 制御部]

制御部 5 は、C P U 5 a と、例えば、R A M 又は R O M 等の半導体メモリ（以下、メモ

50

リ) 5 b 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、CPU 5 a 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 5 b 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。

【0030】

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 5 1 と、HIFUコントローラ 5 2 と、システムコントローラ 5 3 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、その一部又は全部の機能が、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、又はアナログ回路、あるいはこれらの組合せによって実現されてもよい。

10

【0031】

アームコントローラ 5 1 は、力覚センサ 2 3 での検出結果と、システムコントローラ 5 3 からの指示とに従ってアーム駆動部 2 2 を駆動し、多関節アーム 2 1 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 5 1 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 5 3 に通知する。なお、アームコントローラ 5 1 は、システムコントローラ 5 3 からの指示として、操作モード及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 の移動指示とが与えられる。アームコントローラ 5 1 は、制御モード毎に異なる駆動処理を実行する。その詳細については後述する。

20

【0032】

アームコントローラ 5 1 は、操作モードが手動モードである場合、作業員 1 0 2 がロボットアーム 2 に加える作用力の大きさと方向を、力覚センサ 2 3 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 2 2 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 5 1 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 5 3 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 2 2 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。

30

【0033】

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が示される。プローブ座標系は、診断プローブ 3 2 の先端、即ち、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 軸及び Y 軸は、モニタ 4 2 に X - Z 平面の画像が表示されるように設定される。以下、プローブ座標系の X 軸を X p、Y 軸を Y p、Z 軸を Z p で表す。

【0034】

HIFUコントローラ 5 2 は、システムコントローラ 5 3 からの指示に従い、照射部 3 1 による HIFU の照射を制御する。また、HIFUコントローラ 5 2 は、システムコントローラ 5 3 からの指示に従い、プローブ駆動部 3 4 を駆動して、プローブ位置を変化させる。更に、HIFUコントローラ 5 2 は、プローブ位置をシステムコントローラ 5 3 に通知する。

40

【0035】

システムコントローラ 5 3 は、遠隔操作部 6 からの入力またはダイレクト操作部 2 4 のスイッチ群 S 1 ~ S 4 からの入力と、アームコントローラ 5 1 からのアーム状態と、HIFUコントローラ 5 2 からのプローブ位置と、診断制御部 4 1 からの画像データとに従って、アームコントローラ 5 1 および HIFUコントローラ 5 2 の動作、並びにモニタ 4 2 の表示を制御する。

50

【 0 0 3 6 】

システムコントローラ 5 3 は、目標表示処理、焦点表示処理、指示算出処理、モード切替処理を少なくとも実行する。

図 8 及び図 1 0 に示すように、目標表示処理は、H I F U の照射対象となる患部を含んだ目標範囲 T を設定し、診断制御部 4 1 に通知することで、モニター 4 2 の診断画像に目標範囲を重畳表示させる。目標範囲 T は、例えば、診断制御部 4 1 からの画像データに対する画像処理によって患部として抽出される領域であってもよいし、モニター 4 2 で確認のうえ遠隔操作部 6 からの入力に従って設定される領域であってもよい。

【 0 0 3 7 】

焦点表示処理は、アーム状態およびプローブ位置から H I F U の焦点位置 F を算出し、診断制御部 4 1 に通知することで、モニター 4 2 の診断画像に焦点位置 F を重畳表示させる。なお、焦点表示処理では、焦点位置 F に加えて、プローブ位置を変化させることによって変化させることが可能な焦点位置の範囲である焦点範囲（図示せず）を算出し、モニター 4 2 に表示させてもよい。

10

【 0 0 3 8 】

指示算出処理は、目標範囲 T が設定されると、目標範囲の中心をプローブ軸が通るようにアーム状態を変化させるための移動指示を自動的に生成する。指示算出処理は、操作モードが遠隔モードであり、かつ、遠隔操作部 6 からの入力によらずに移動指示を生成する旨の設定がされている場合に実行される。

20

【 0 0 3 9 】

[2 . 処理]

[2 - 1 . モード切替処理]

システムコントローラ 5 3 によって繰り返し実行されるモード切替処理を、図 3 のフローチャートを用いて説明する。

【 0 0 4 0 】

なお、初期状態では、診断プローブ 3 2 は、例えば、プローブ位置が取りうる範囲の中間位置に設定される。これに限らず、最も突出させた位置に設定されてもよい。

システムコントローラ 5 3 は、S 1 1 0 では、遠隔操作部 6 又はダイレクト操作部 2 4 を介して操作モードの切り替えが行なわれたか否かを判断する。操作モードの切り替えが行なわれていないと判断された場合は、S 1 2 0 に処理を移行し、操作モードの切り替えが行なわれたと判断された場合は、S 1 3 0 に処理を移行する。

30

【 0 0 4 1 】

システムコントローラ 5 3 は、S 1 2 0 では、実施された切り替え操作の内容に従って、操作モードを手動モードまたは遠隔モードのいずれかに設定して、S 1 3 0 に処理を進める。

【 0 0 4 2 】

システムコントローラ 5 3 は、S 1 3 0 では、遠隔操作部 6 又はダイレクト操作部 2 4 を介して制御モードの切り替えが行われたか否かを判断する。制御モードの切り替えが行われたと判断された場合は、S 1 4 0 に処理を移行し、制御モードの切り替えが行われていないと判断された場合は、処理を終了する。

40

【 0 0 4 3 】

システムコントローラ 5 3 は、S 1 4 0 では、実施された切り替え操作の内容に従って、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設定して、S 1 5 0 に処理を進める。

【 0 0 4 4 】

システムコントローラ 5 3 は、S 1 5 0 では、S 1 4 0 で設定された制御モードがフリーモードであるか否かを判断する。設定された制御モードがフリーモードであると判断された場合は、処理を終了する。設定された制御モードがフリーモードではなく、平面限定モードまたは回動限定モードであると判断された場合は、S 1 6 0 に処理を移行する。

【 0 0 4 5 】

50

システムコントローラ 5 3 は、S 1 6 0 では、診断プローブ 3 2 の先端の位置を、基点として取得し、メモリ 5 b に記憶して、処理を終了する。

[2 - 2 . フリーモード]

制御モードがフリーモードである場合に、アームコントローラ 5 1 が繰り返し実行する駆動処理を、図 4 のフローチャートを用いて説明する。

【 0 0 4 6 】

アームコントローラ 5 1 は、S 2 1 0 では、治療ヘッド 3 の位置及び姿勢を変化させるための移動指示の入力がある否かを判断する。移動指示の入力があると判断された場合は、S 2 2 0 に処理を移行し、移動指示の入力がないと判断された場合は、処理を終了する。なお、移動指示は、操作モードが手動モードの場合は、力覚センサ 2 3 の検出結果から算出され、操作モードが遠隔モードの場合は、システムコントローラ 5 3 から入力される。システムコントローラ 5 3 から入力される移動量は、遠隔操作部 6 から入力されるものであってもよいし、指示算出処理によって自動生成されるものであってもよい。

10

【 0 0 4 7 】

アームコントローラ 5 1 は、S 2 2 0 では、指示入力とアーム状態とに基づいて、ロボットアーム 2 の制御量、即ち、アーム駆動部 2 2 に属する各モータの制御量を算出する。

アームコントローラ 5 1 は、S 2 3 0 では、S 2 2 0 で算出された制御量に従ってアーム駆動部 2 2 を駆動しアーム状態を変化させることで、治療ヘッド 3 の位置及び姿勢を変化させる。

【 0 0 4 8 】

20

アームコントローラ 5 1 は、S 2 4 0 では、力覚センサ 2 3 にて、予め設定された圧力閾値以上の力が検出されたか否かを判断する。圧力閾値は、治療対象 1 0 1 に治療ヘッド 3 を押し付けたときに治療対象 1 0 1 に生じる痛みの程度を考慮して、例えば、治療対象に苦痛を与えることがない大きさに設定される。圧力閾値以上の力が検出されたと判断された場合は、S 2 5 0 に処理を移行し、圧力閾値以上の力が検出されていないと判断された場合は、S 2 6 0 に処理を移行する。

【 0 0 4 9 】

アームコントローラ 5 1 は、S 2 5 0 では、診断プローブ 3 2 の先端が、照射部 3 1 に接近する方向に所定量だけ移動するように H I F U コントローラ 5 2 を介してプローブ駆動部 3 4 を、ロボット駆動部 2 2 (即ち、ロボットアーム 2 の動き) に同期させて駆動する同期制御を実行して、S 2 4 0 に処理を戻す。これにより、治療ヘッド 3 による治療対象 1 0 1 への押圧力を軽減する。

30

【 0 0 5 0 】

アームコントローラ 5 1 は、S 2 6 0 では、S 2 3 0 の処理に基づくロボットアーム 2 の駆動が終了したか否かを判断する。駆動が終了していないと判断された場合は、S 2 4 0 に処理を戻す。駆動が終了していると判断された場合は、処理を終了する。

【 0 0 5 1 】

S 2 4 0 ~ S 2 6 0 の処理により、押圧力が、圧力閾値以下となるまでプローブ位置が変化する。つまり、治療ヘッド 3 の位置及び姿勢の変化に伴って、治療対象 1 0 1 に苦痛を感じさせてしまうことを抑制できる。

40

【 0 0 5 2 】

[2 - 2 . 平面限定モード]

制御モードが平面限定モードである場合に、アームコントローラ 5 1 によって繰り返し実行される駆動処理を、図 5 のフローチャートを用いて説明する。

【 0 0 5 3 】

なお、先の S 1 6 0 で取得された基点 P を含み、治療対象 1 0 1 を支持する治療台 1 0 0 において治療対象 1 0 1 を支持する支持面 1 0 0 a に平行な平面を指定平面という。

アームコントローラ 5 1 は、S 3 1 0 では、治療ヘッド 3 の位置及び姿勢を変化させるための移動指示の入力がある否かを判断する。なお、この判断は、S 1 1 0 の場合と同様である。移動指示の入力があると判断された場合は、S 3 2 0 に処理を移行し、移動指示

50

の入力がないと判断された場合は、処理を終了する。

【 0 0 5 4 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 2 0 では、移動指示が示す移動方向が、X 軸方向であるか否かを判断する。移動方向が X 軸方向であると判断された場合は、S 3 3 0 に処理を移行し、移動方向が X 軸方向でないと判断された場合は、S 3 4 0 に処理を移行する。

【 0 0 5 5 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 3 0 では、移動指示に示されたプローブ座標系の X 軸方向への移動量 X_p を、(1) 式を用いて、指定平面における X 軸方向の移動量 X_h に換算して、S 3 5 0 に処理を移行する。なお、 θ は、プローブ座標系の X 軸に対する指定平面の X 軸方向の傾きである。

10

【 0 0 5 6 】

$$X_h = X_p / \cos \theta \quad (1)$$

アームコントローラ 5 1 は、S 3 4 0 では、S 3 3 0 にて算出された移動量 X_h を用い、治療ヘッド 3 の姿勢を維持したまま、治療ヘッド 3 の位置を、指定平面の X 軸方向に移動量 X_h だけ移動させるためのロボットアーム 2 の制御量を算出して、S 3 7 0 に処理を進める。

【 0 0 5 7 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 5 0 では、移動指示が示す移動方向が、Y 軸方向であるか否かを判断する。移動方向が Y 軸方向であると判断された場合は、S 3 6 0 に処理を移行する。移動方向が Y 軸方向ではないと判断された場合、即ち、Z 軸方向であると判断された場合は、S 3 8 0 に処理を移行する。

20

【 0 0 5 8 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 6 0 では、移動指示に示されたプローブ座標系の Y 軸方向への移動量 Y_p を用い、治療ヘッド 3 の姿勢を維持したまま、治療ヘッド 3 の位置を、指定平面の Y 軸方向に Y_p だけ移動させるためのロボットアーム 2 の制御量を算出して、S 3 7 0 に処理を進める。

【 0 0 5 9 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 7 0 では、S 3 4 0 又は S 3 6 0 で算出されたロボットアームの制御量に従ってアーム駆動部 2 2 を駆動しアーム状態を変化させることで、治療ヘッド 3 の位置を変化させて、処理を終了する。

30

【 0 0 6 0 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 8 0 では、調整指示の入力があるか否かを判断する。調整指示は、調整指示スイッチ S 3 または遠隔操作部 6 から入力される。調整指示の入力がないと判断された場合は、処理を終了し、調整指示の入力があると判断された場合は、S 3 9 0 に処理を移行する。

【 0 0 6 1 】

アームコントローラ 5 1 は、S 3 9 0 では、移動指示に示された Z 軸方向への移動量 Z_p を用いて、治療ヘッド 3 の姿勢を維持したまま、治療ヘッド 3 の位置を、プローブ座標系の Z 軸方向に移動量 Z_p だけ移動させるためのロボットアーム 2 の制御量を算出する。更に、Z 軸方向に沿った治療ヘッド 3 の移動に対して、指定平面における診断プローブ 3 2 の先端位置が変化することがないように、ロボットアーム 2 の動きに同期して、プローブ位置を変化させるための制御を算出する。

40

【 0 0 6 2 】

アームコントローラ 5 1 は、S 4 0 0 では、S 3 9 0 にて算出されたロボットアーム 2 の制御量およびプローブ位置の制御量に従ってアーム駆動部 2 2 およびプローブ駆動部 3 4 を同期して駆動する同期制御の一つである焦点調整制御を実行して、処理を終了する。

【 0 0 6 3 】

S 4 0 0 の駆動により、診断プローブ 3 2 の先端位置が固定されたまま、プローブ位置が変化することにより、図 8 に示すように、治療対象 1 0 1 内における H I F U 焦点位置

50

FがZ軸方向に沿って変化する。

【0064】

[2-3. 回動限定モード]

制御モードが回動限定モードである場合に、アームコントローラ51によって繰り返し実行される駆動処理を、図6のフローチャートを用いて説明する。

【0065】

アームコントローラ51は、S510では、治療ヘッド3の位置及び姿勢を変化させるための移動指示の入力があるか否かを判断する。移動指示の入力があると判断された場合は、S520に処理を移行し、移動指示の入力がないと判断された場合は、S540に処理を移行する。

10

【0066】

アームコントローラ51は、S520では、移動指示に示された移動量 X_p , Y_p に従って、治療ヘッド3が取り付けられたロボットアーム2の先端を、S160で取得され基点を中心とする球面に沿って移動させることで、治療ヘッド3の姿勢を変化させるためのロボットアーム2の制御量を算出する。

【0067】

アームコントローラ51は、S530では、S530にて算出された制御量に従ってアーム駆動部22を駆動することで、治療ヘッド3の姿勢を変化させて、処理を終了する。

アームコントローラ51は、S540では、退避指示の入力があるか否かを判断する。退避指示は、退避指示スイッチS4または遠隔操作部6から入力される。退避指示の入力がないと判断された場合は、処理を終了する。退避指示の入力があると判断された場合は、S550に処理を移行する。

20

【0068】

アームコントローラ51は、S550では、診断プローブ32が退避位置まで移動するようにプローブ駆動部34を駆動する退避制御を実行して、本処理を終了する。なお、退避位置は、初期状態のプローブ位置よりも照射部21側に移動した位置に設定される。

【0069】

[3. 動作]

以下、診断から治療までの一連の流れに沿って、治療装置1の動作を説明する。なお、操作モードは、手動モードおよび遠隔モードのいずれでもよく、以下の手順の任意のタイミングで、操作モードの設定を切り替えてもよい。

30

【0070】

まず、作業員102又はオペレータ103は、制御モードをフリーモードに設定し、診断プローブ32に診断用超音波を送受信させることでモニタ42に診断画像を表示させる。作業員102又はオペレータ103は、診断画像を確認しながら、治療ヘッド3の位置および姿勢を任意に変化させて、患部の大まかな位置を探す。このとき、治療ヘッド3の先端、即ち診断プローブ32の先端を治療対象101に接触させ、圧力閾値より小さい押圧力を加えた状態で探す。但し、治療対象101に対する押圧力が、圧力閾値を超えると、押圧力を減少させる方向にプローブ位置が変化する。

【0071】

作業員102又はオペレータ103は、患部が見つかり、制御モードをフリーモードから平面限定モードに切り替える。このとき、治療対象101に接触している治療ヘッドの先端、即ち診断プローブ32の先端の位置が、基点Pとして記憶される。

40

【0072】

平面限定モードでは、治療ヘッド3の移動が、指定平面に限定される。プローブ座標系のZ軸、即ちプローブ軸が、対地座標系の垂直方向と一致している場合、モニタ42上における指定平面のX軸 X_h と、プローブ座標系のX軸 X_p とは一致する。しかし、図10に示すように、プローブ座標系のZ軸が、対地座標系の垂直方向に対して傾斜している場合、モニタ42上における指定平面のX軸 X_h は、プローブ座標系のX軸方向 X_p に対して傾斜する。

50

【 0 0 7 3 】

平面限定モードでは、プローブ座標系のX軸X_p方向に沿った移動指示については、指定平面のX軸X_h方向への移動に変換され、移動量もX_hに変換される。移動量X_hは、図7に示すように、変換した移動量X_hだけX_h方向に移動させたときと、X変換前の移動量X_pだけX_p方向に移動させたときとで、移動後の治療ヘッド3のZ軸が一致するように設定される。つまり、移動量X_pを変換することなくX_h方向に移動させると、モニタ42上のグリッドを用いて確認した所望の位置、例えば、患部の正面まで治療ヘッド3を移動させることができない。つまり、指定平面に沿った移動を行うことによって生じる移動量の誤差を補償するために移動量も変換する必要がある。

【 0 0 7 4 】

平面限定モードを用いることにより、治療ヘッド3の姿勢が傾いていても、治療対象101に対して水平方向に治療ヘッド3が移動するため、治療ヘッド3の移動に伴って治療対象101に対する押圧力が増大し患者に苦痛を与えてしまうことを抑制できる。また逆に、治療ヘッド3の移動に伴って治療対象101に対する押圧力が減少し、その結果、内蔵が移動することで患部を見失ってしまうことを抑制できる。

【 0 0 7 5 】

作業員102又はオペレータは、患部の正面に治療ヘッド3を移動させた後、調整指示と共にZ軸方向の移動指示を入力することで、HIFUの焦点位置を調整する。このとき、図8に示すように、モニタ42には、治療ヘッド3の正面に目標範囲Tが表示されるように表示されると共に、HIFUの焦点位置Fも表示されるため、目標範囲Tに焦点位置Fが重なるようにZ軸方向の移動量を簡単に指定することができる。

【 0 0 7 6 】

その後、照射部31にHIFUを照射させることで、治療が行われる。

次に、患部が肋骨の内側にあり、肋骨の間から患部の診断および治療を行う場合について説明する。

【 0 0 7 7 】

まず、上述の場合と同様に、制御モードをフリーモードに設定し、診断プローブ32に診断用超音波を送受信させることでモニタ42に診断画像を表示させる。作業員102又はオペレータ103は、診断画像を確認しながら、治療ヘッド3の位置および姿勢を任意に変化させて患部を探す。

【 0 0 7 8 】

作業員102又はオペレータ103は、患部が見つかり、患部が治療ヘッド3の正面に位置するように治療ヘッド3の位置および姿勢を調整した上で、制御モードを回動制限モードに切り替える。なお、制御モードを、フリーモードから回動限定モードに切り替える前に、一旦、平面限定モードに切り替えて、位置の微調整および焦点位置の調整を行った後、回動限定モードに切り替えてもよい。いずれにしろ、回動限定モードに切り替わった時点での診断プローブ32の先端の位置が基点として記憶される。

【 0 0 7 9 】

次に、作業員102又はオペレータ103は、退避指示を入力することで、図9に示すように、治療ヘッド3の位置および姿勢を保持したまま、診断プローブ32のみを退避位置まで移動させる。これにより、肋骨を通過させるHIFUが診断プローブ32によって遮られることを抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

その後、作業員102又はオペレータ103は、移動指示を入力することで基点Pを中心として治療ヘッド3の姿勢を変化させながら、照射部31にHIFUを照射させることで治療を行う。

【 0 0 8 1 】

この場合、患部は肋骨の内側にあり、診断プローブ32による押圧力が除去されても、患部周辺の状態が変化することはなく、的確な治療が実現される。

[4 . 効果]

10

20

30

40

50

以上詳述した第1実施形態によれば、以下の効果を奏する。

【0082】

(1) 治療装置1では、平面限定モードにおいて、調整指示と共にZ軸方向の移動指示が入力されると、診断プローブ32の先端位置を基点に保持したままプローブ位置を変化させる同期制御が行われる。このため、治療対象101の内蔵の状態を変化させることなく、HIFUの焦点位置を適宜調整することができる。

【0083】

(2) 治療装置1では、フリーモードにおいて、診断プローブ32による治療対象101への押圧力が圧力閾値より小さくなるように、診断プローブ32の先端位置を保持したまま診断プローブ32のプローブ位置を変化させる同期制御が行われる。このため、何らかの理由で治療ヘッド3を治療対象101に強く押し当ててしまう操作が行なわれたとしても、治療対象101に苦痛を与えてしまうことを抑制できる。

【0084】

(3) 治療装置1では、制御モードがフリーモードから、平面限定モード又は回動限定モードに切り替わったときの診断プローブ32の先端を基点Pとして、平面限定モードおよび回動限定モードでは、ロボットアーム2の動作が、基点Pに拘束された動きに制限される。

【0085】

特に、平面限定モードでは、治療ヘッド3の動きが、基点Pを含む指定平面に沿った移動に制限されるため、治療ヘッド3の姿勢が傾いている場合でも、治療ヘッド3の移動に伴って、治療対象101に対する押圧力が増減することを抑制できる。その結果、治療ヘッド3の移動に伴って押圧力が増大し、治療対象101に苦痛を与えてしまうことを抑制できる。また、逆に、治療ヘッド3の移動に伴って押圧力が減少し、内蔵が移動することで患部を見失ってしまうことを抑制できる。

【0086】

また、回動限定モードでは、治療ヘッド3の動きが、基点Pを中心とした回動に制限されるため、治療ヘッド3と治療対象101との接触部位を肋間等に保持したまま、HIFUの照射方向を容易に変化させることができ、効率よく治療を行うことができる。

【0087】

(4) 治療装置1では、平面限定モードにおいて、治療ヘッド3の移動方向を変換するだけでなく、プローブ座標系に従った移動指示と実際の移動方向とが異なることにより生じる移動量の誤差が補償されるように移動量も変換している。従って、プローブ座標系に従ったモニタ42の表示に基づいて移動指示を生成した場合でも、治療ヘッド3の位置を的確に制御することができる。

【0088】

(5) 治療装置1では、回動限定モードにおいて、退避指示を入力することで、治療ヘッド3の位置および姿勢を保持したまま、診断プローブ32を退避位置まで移動させている。このため、肋間からHIFUを照射する場合でも、診断プローブ32に遮られることなく、効率よく患部にHIFUを照射できる。

【0089】

[5. 他の実施形態]

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は上述の実施形態に限定されることなく、種々変形して実施することができる。

【0090】

(a) 上記実施形態では、モニタには、プローブ座標系に従ってZ軸が画面の縦方向、X軸が画面の横方向と一致する表示が行われているが、本開示は、これに限定されるものではない。例えば、制御モードが平面限定モードの場合、図11に示すように、モニタに、限定座標面のX軸が画面の横方向と一致するように、画像を傾けて表示してもよい。この場合、モニタから読み取られるX軸方向への移動量と、限定座標面内でのX軸方向への移動量とが一致するため、移動量を変換することなくそのまま制御に用いることができる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 9 1 】

(b) 上記実施形態では、治療対象 1 0 1 が支持される治療台 1 0 0 の支持面 1 0 0 a は、対地座標系の水平面と一致しているが、本開示は、これに限定されるものではない。例えば、治療対象 1 0 1 として患者の腕のみを支持するために支持面 1 0 0 a が対地座標系の垂直面と一致していてもよい。

【 0 0 9 2 】

(c) 上記実施形態では、治療対象 1 0 1 への押圧力が圧力閾値より小さくするための同期制御が、制御モードがフリーモードでのみ実施されるが、他の制御モードで実施されてもよい。

10

【 0 0 9 3 】

(d) 上記実施形態における 1 つの構成要素が有する複数の機能を、複数の構成要素によって実現したり、1 つの構成要素が有する 1 つの機能を、複数の構成要素によって実現したりしてもよい。また、複数の構成要素が有する複数の機能を、1 つの構成要素によって実現したり、複数の構成要素によって実現される 1 つの機能を、1 つの構成要素によって実現したりしてもよい。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又は置換してもよい。なお、特許請求の範囲に記載した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 0 9 4 】

(e) 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 の制御部 5 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半導体メモリ等の非遷移的実態的記録媒体、ロボットアームの制御方法など、種々の形態で本開示を実現することもできる。

20

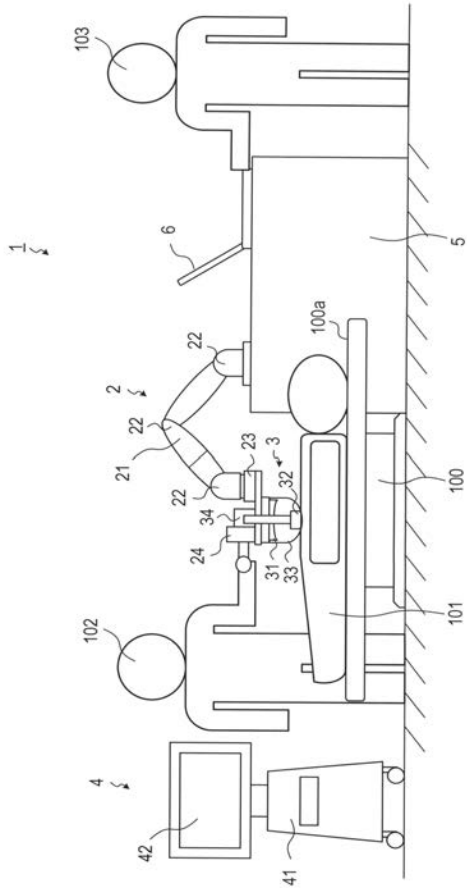
【 符号の説明 】

【 0 0 9 5 】

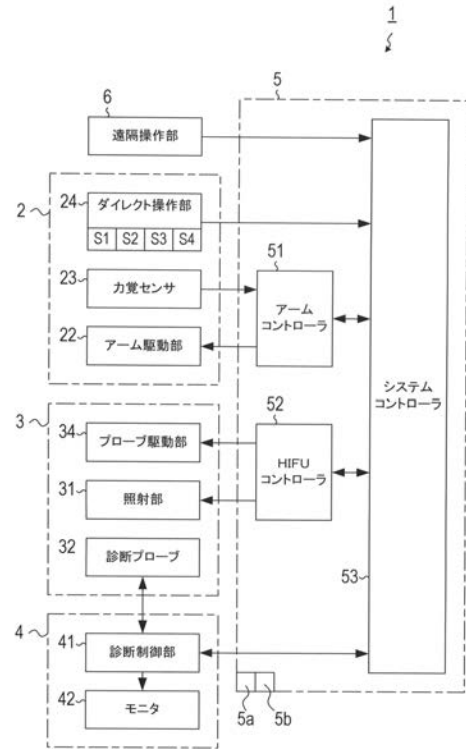
1 ... 治療装置、2 ... ロボットアーム、3 ... 治療ヘッド、4 ... 超音波診断装置、5 ... 制御部、5 a ... C P U、5 b ... メモリ、6 ... 遠隔操作部、2 2 ... アーム駆動部、2 3 ... 力覚センサ、2 4 ... ダイレクト操作部、3 1 ... 照射部、3 2 ... 診断プローブ、3 4 ... プローブ駆動部、4 1 ... 診断制御部、4 2 ... モニタ、5 1 ... アームコントローラ、5 2 ... H I F U コントローラ、5 3 ... システムコントローラ、S 1 ... 操作切替スイッチ、S 2 ... 制御切替スイッチ、S 3 ... 調整指示スイッチ、S 4 ... 退避指示スイッチ。

30

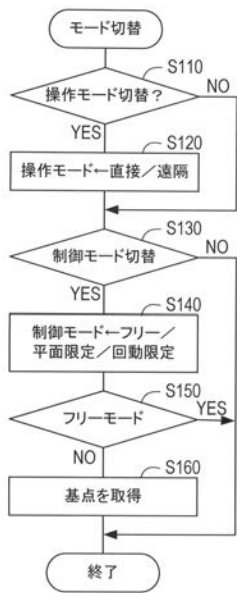
【 図 1 】



【 図 2 】



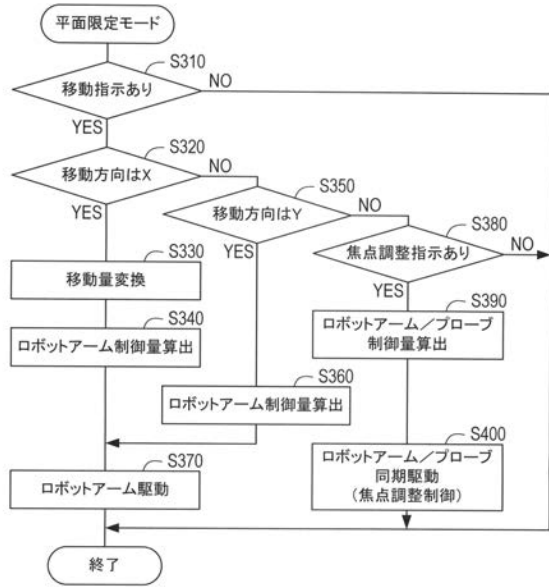
【 図 3 】



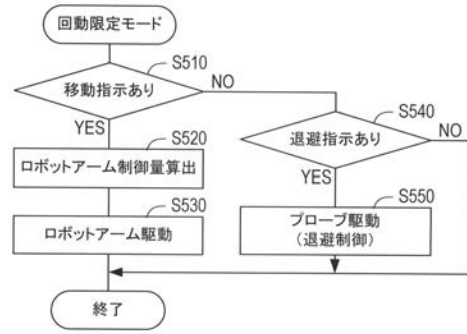
【 図 4 】



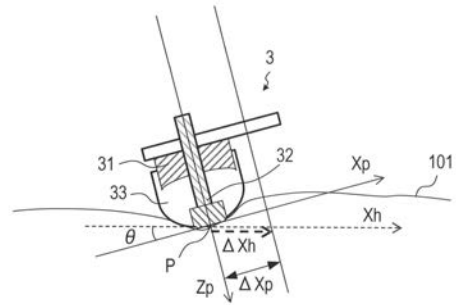
【 図 5 】



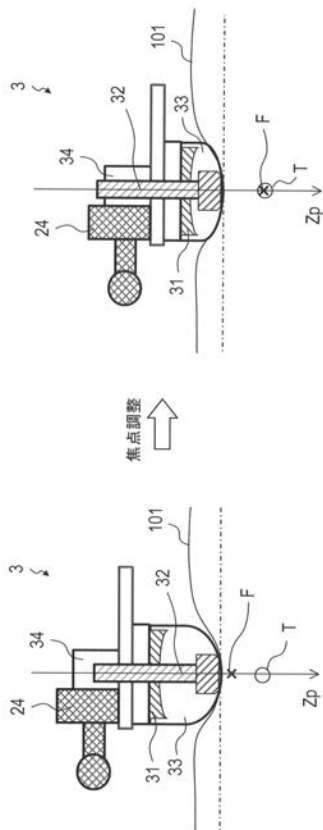
【 図 6 】



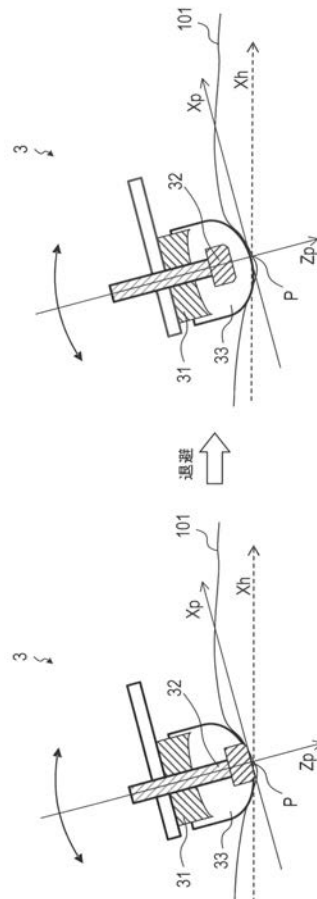
【 図 7 】



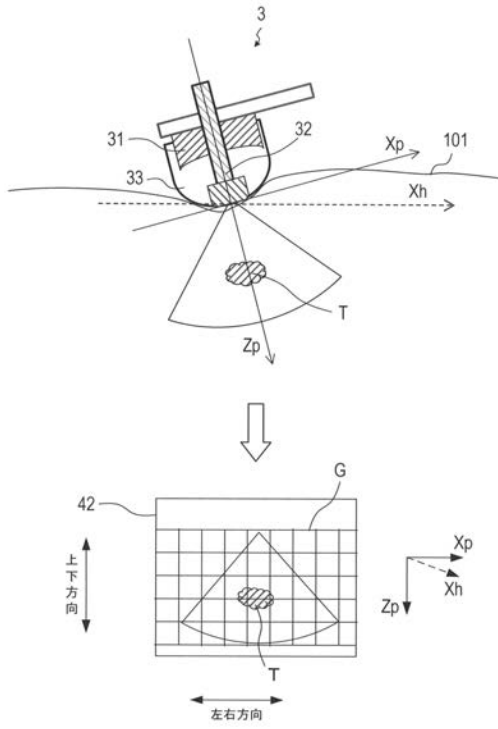
【 図 8 】



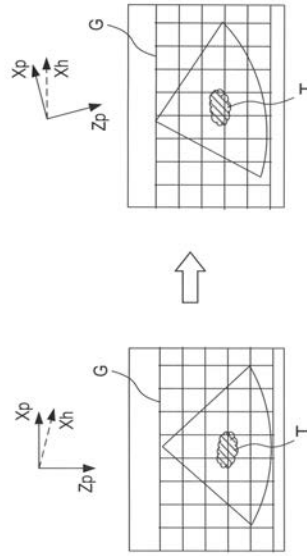
【 図 9 】



【図 10】



【図 11】



专利名称(译)	处理装置		
公开(公告)号	JP2019165840A	公开(公告)日	2019-10-03
申请号	JP2018054209	申请日	2018-03-22
[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	植山剛 稻田誠生 奥田英樹		
发明人	植山 剛 稻田 誠生 奥田 英樹		
IPC分类号	A61B34/35 A61B17/00 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/14 A61B17/00 A61B17/225 A61B34/30 A61B34/35		
FI分类号	A61B34/35 A61B17/00.700 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C160/JJ33 4C160/JJ35 4C160/JJ36 4C601/EE11 4C601/FF12 4C601/FF15 4C601/FF16		
其他公开文献	JP2019165840A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了提供一种便于根据治疗场景进行适当的机器人操作的技术。解决方案：治疗头3包括辐射部分31和诊断探针32，并设置在具有六个自由度的机器人手臂2的尖端。辐射部31辐射会聚的超声波。诊断探头32从辐射部31的中心朝向会聚超声波的辐射方向突出地设置，并且发射/接收与会聚超声波不同的用于诊断的超声波。探针驱动部34改变诊断探针32相对于辐射部31的突出量。控制部5至少在保持尖端位置的同时执行同步控制，以使探针驱动部34和机器人臂2同步并驱动。诊断探针32的选择。
图1

