

(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2017-159027
(P2017-159027A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)

F I
A61B 8/14

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2017-21034(P2017-21034)
(22) 出願日 平成29年2月8日(2017.2.8)
(31) 優先権主張番号 特願2016-43828(P2016-43828)
(32) 優先日 平成28年3月7日(2016.3.7)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 594164542
東芝メディカルシステムズ株式会社
栃木県大田原市下石上1385番地
(74) 代理人 110001380
特許業務法人東京国際特許事務所
(72) 発明者 嶺 喜隆
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
メディカルシステムズ株式会社内
(72) 発明者 貞光 和俊
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
メディカルシステムズ株式会社内
(72) 発明者 高橋 正美
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
メディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

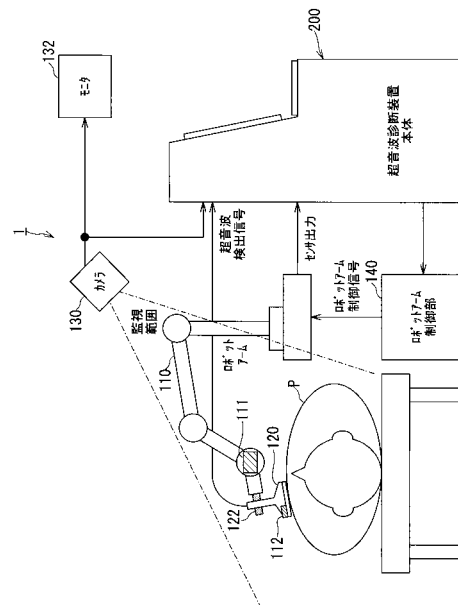
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波診断支援装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 医師や技師などの操作者のスキルに依存することなく、熟練者以上に安定した軌跡で超音波プローブを移動させることができる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】 超音波診断装置は、超音波プローブ112と、超音波プローブを保持し、被検体の体表面に沿って超音波プローブを移動させるロボットアーム110と、ロボットアームによって超音波プローブを移動させるための指示軌跡情報を記憶する記憶部と、記憶された指示軌跡情報に従って超音波プローブを移動させるように、ロボットアームの駆動を制御する制御部140と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波プローブと、

前記超音波プローブを保持し、被検体の体表面に沿って前記超音波プローブを移動させるロボットアームと、

前記ロボットアームによって前記超音波プローブを移動させるための指示軌跡情報を記憶する記憶部と、

記憶された前記指示軌跡情報に従って前記超音波プローブを移動させるように、前記ロボットアームの駆動を制御する制御部と、

を備える超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記ロボットアームに保持された前記超音波プローブを操作者が手動で移動させることによって得られる手動移動情報に基づいて、前記記憶部に記憶される前記指示軌跡情報の元となる参照軌跡情報を生成する参照軌跡情報生成部と、

前記参照軌跡情報を修正して、前記記憶部に記憶される前記指示軌跡情報を生成する指示軌跡情報生成部と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記手動移動情報に基づく前記参照軌跡情報は、前記ロボットアーム及び前記超音波プローブの少なくとも一方に装着されるセンサの情報に基づいて生成される、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 4】

前記参照軌跡情報は、前記センサの情報に加えて或いは前記センサの情報に換えて、前記超音波プローブに設けられる磁気センサ又はジャイロセンサ、若しくは、前記超音波プローブの外部に設けられる赤外センサ又は画像センサの各センサのうち、少なくとも 1 つのセンサの情報に基づいて生成される、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記記憶部に記憶される前記指示軌跡情報、及び前記参照軌跡情報は、夫々、移動軌跡上の各位置における、前記超音波プローブの位置、向き、移動速度、及び生体接触圧力の少なくとも 1 つを含み、

指示軌跡情報生成部は、前記参照軌跡情報の中の、前記超音波プローブの位置、向き、移動速度及び生体接触圧力の少なくとも 1 つを修正して、前記指示軌跡情報を生成する、ことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 6】

前記指示軌跡情報及び前記参照軌跡情報は、夫々、生体上の基準位置に基づいて、前記基準位置に対する相対的な位置情報として規定された情報である、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記指示軌跡情報生成部は、複数の前記参照軌跡情報を用いた最適化処理によって、前記指示軌跡情報を生成する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

40

【請求項 8】

前記指示軌跡情報は、機械学習によって最適化された情報である、

ことを特徴とする請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記指示軌跡情報生成部は、検査対象者の体格、又は、臓器位置に基づいて前記参照軌跡情報を修正して、前記指示軌跡情報を生成する、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

50

前記指示軌跡情報生成部は、検査対象者を撮像したＣＴ画像、又は、ＭＲＩ画像に基づいて、前記参照軌跡情報を修正して前記指示軌跡情報を生成する、
ことを特徴とする請求項２乃至９のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

【請求項１１】

前記指示軌跡情報生成部は、検査対象者の生体基準位置の情報に基づいて前記参照軌跡情報を修正して、前記指示軌跡情報を生成する、
ことを特徴とする請求項２乃至１０のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

【請求項１２】

前記制御部は、前記ロボットアームの動き制約するための制約条件に従って、前記ロボットアームの駆動を制御する、
ことを特徴とする請求項１乃至１１のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

10

【請求項１３】

前記制約条件は、前記ロボットアームに保持される前記超音波プローブの可動範囲、移動加速度範囲、移動速度範囲、及び生体接触圧力範囲、の少なくとも１つを含む、
ことを特徴とする請求項１２に記載の超音波診断装置。

【請求項１４】

前記ロボットアーム、又は、前記超音波プローブは、（ａ）位置センサ、（ｂ）位置センサ及び速度センサ、又は、（ｃ）位置センサ、速度センサ及び加速度センサを具備し、
前記制御部は、（ａ）位置センサ、（ｂ）位置センサ及び速度センサ、又は、（ｃ）位置センサ、速度センサ及び加速度センサからの信号に基づいて前記ロボットアームの駆動を制御する、
ことを特徴とする請求項１乃至１３のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

20

【請求項１５】

前記ロボットアーム、又は、前記超音波プローブは圧力センサをさらに備え、
前記制御部は、前記圧力センサの生体接触圧力情報に基づいて前記ロボットアームの駆動をさらに制御する、
ことを特徴とする請求項１４に記載の超音波診断装置。

【請求項１６】

ＥＣＧセンサ及び呼吸センサの少なくとも１つをさらに備え、
前記制御部は、前記ＥＣＧセンサ及び呼吸センサの少なくとも１つからの生体情報を用いて、前記ロボットアームの駆動をさらに制御する、
ことを特徴とする請求項１４又は１５に記載の超音波診断装置。

30

【請求項１７】

前記超音波プローブ、又は前記ロボットアームの位置及び動きを検出するカメラを備え、
前記制御部は、前記カメラで検出された前記ロボットアームの位置及び動きに基づいて、前記ロボットアームの駆動を制御する、
ことを特徴とする請求項１乃至１６のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

【請求項１８】

前記超音波プローブ、又は前記ロボットアームの位置及び動き、並びに生体の位置及び動きを検出するカメラを備え、
前記制御部は、前記カメラで検出された前記生体の位置及び動きに基づいて、前記ロボットアームの駆動を制御する、
ことを特徴とする請求項１乃至１６のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

40

【請求項１９】

前記ロボットアームに保持された前記超音波プローブの生体接触圧力情報を遠隔で検出すると共に、前記ロボットアームの駆動を遠隔から制御する触覚付入力デバイス、をさらに備え、
前記制御部は、前記触覚付入力デバイスからの制御にしたがって前記ロボットアームの駆動を制御する、
ことを特徴とする請求項１乃至１６のいずれか１項に記載の超音波診断装置。

50

【請求項 20】

前記超音波プローブ、又は前記ロボットアームの位置及び動きを撮影するカメラと、
前記カメラで撮影された前記位置及び動きを表示するディスプレイと、
前記ロボットアームに保持された前記超音波プローブの生体接触圧力情報を遠隔で検出すると共に、前記ロボットアームの駆動を遠隔から制御する触覚付入力デバイスと、を備え、

前記制御部は、前記ディスプレイに表示された前記超音波プローブ、又は前記ロボットアームの位置及び動きを観察しながら操作される前記触覚付入力デバイスからの制御にしたがって前記ロボットアームの駆動を制御する、
ことを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 21】

前記制御部は、前記超音波プローブを自動で移動させるよう前記ロボットアームを制御する一方、前記超音波プローブの自動移動中に、検査対象者の音声情報、検査対象者の生体情報、操作者による前記ロボットアーム又は前記超音波プローブへの接触情報、操作者による音声情報、前記ロボットアームに保持された前記超音波プローブの生体接触圧力情報を遠隔で検出する触覚付入力デバイスからの入力情報、前記超音波プローブ又は前記ロボットアームの位置及び動きを撮影するカメラで撮影した画像の解析情報、超音波画像の解析情報、及び、検査対象者に装着された位置センサ情報の少なくとも 1 つからなる軌跡変更情報に基づいて、前記超音波プローブの移動を停止させる、或いは移動経路を変更するように前記ロボットアームを制御する、

20

ことを特徴とする請求項 1 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 22】

超音波プローブを具備する超音波診断装置に接続される超音波診断支援装置であって、
前記超音波プローブを保持し、被検体の体表面に沿って前記超音波プローブを移動させるロボットアームと、

前記ロボットアームによって前記超音波プローブを移動させるための指示軌跡情報を記憶する記憶部と、

記憶された前記指示軌跡情報に従って前記超音波プローブを移動させるように、前記ロボットアームの駆動を制御する制御部と、
を備える超音波診断支援装置。

30

【請求項 23】

前記ロボットアームに保持された前記超音波プローブを操作者が手動で移動させることによって得られる手動移動情報に基づいて、前記記憶部に記憶される前記指示軌跡情報の元となる参照軌跡情報を生成する参照軌跡情報生成部と、

前記参照軌跡情報を修正して、前記記憶部に記憶される前記指示軌跡情報を生成する指示軌跡情報生成部と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 22 に記載の超音波診断支援装置。

【請求項 24】

前記手動移動情報に基づく前記参照軌跡情報は、前記ロボットアーム及び前記超音波プローブの少なくとも一方に装着されるセンサの情報に基づいて生成される、
ことを特徴とする請求項 23 に記載の超音波診断支援装置。

40

【請求項 25】

前記超音波プローブの位置、及び、超音波画像の位置の少なくとも 1 つを、前記超音波診断装置に送信できるインターフェース、
をさらに備えることを特徴とする請求項 22 に記載の超音波診断支援装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、超音波診断装置及び超音波診断支援装置に関する。

【背景技術】

50

【0002】

超音波診断装置は、超音波プローブに内蔵された振動素子から発生する超音波パルスや超音波連続波を被検体内に放射し、被検体組織の音響インピーダンスの差異によって生じる超音波反射を振動素子により電気信号に変換して、被検体内の情報を非侵襲的に収集するものである。超音波診断装置を用いた医療検査は、超音波プローブを体表に接触させる操作によって、各種の動画データやリアルタイム画像データを容易に収集することができるため、臓器の形態診断や機能診断に広く用いられている。

【0003】

また、3次元画像データを収集するために、1次元アレイを機械的に揺動させる4Dプローブや2次元アレイプローブを備えた3D超音波診断装置や、3次元画像データをほぼリアルタイムで時系列に収集する4D超音波診断装置も知られている。

10

【0004】

さらに、超音波プローブをロボットアームに保持させ、熟練した操作者による体表面の走査をプログラムしておくことにより、検査のスピードアップを図ることができるとする超音波診断装置等も提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-82333号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

超音波診断装置を用いた診断は、CT装置やMRI装置を用いた診断と比較して客観性が低いと言われている。この理由の1つとして、超音波画像の取得が、医師や技師等の操作者のスキルに依存する程度が大きいことが挙げられている。

【0007】

例えば、同じ臓器を検査する場合であっても、症例に応じて様々な方向から走査されるため、操作者に依存して、取得される画像もまちまちである。超音波画像の画質は、ガスや骨、アーチファクト等の影響を受けるため、検査の目的に応じて最適なプローブの位置や角度を設定し、最適な経路に沿ってプローブを移動させて走査を行う必要がある。しかしながら、このことが、超音波画像が操作者のスキルへの依存性を生じさせている理由の1つとなっている。また、記録される画像に関しても、操作者によって選択された画像のみが記録されるため、操作をしていない医師が記録された画像のみから客観的に症例を観察することが困難な場合もありうる。さらに、病院によっては、所定のスキルをもつ医師や技師を安定的に確保することが困難な場合もある。

30

【0008】

また、体表面を手動でプローブを移動させるため、スキルのある医師や技師であっても、常に一定のスピードでプローブを移動させるのは難しく、また、常に一定の断面間隔で断面画像を収集するのは難しい。また、健康診断等のように、複数の臓器全体を検査するルーチン検査の場合においても、各臓器をきれいに走査したか否かの判断は操作者の主観に委ねられており、客観的な確認をすることができない。

40

【0009】

そこで、手動でプローブを移動させることに起因する上記の様々な課題を解決することができる超音波診断装置が要望されている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

実施形態の超音波診断装置は、超音波プローブと、前記超音波プローブを保持し、被検体の体表面に沿って前記超音波プローブを移動させるロボットアームと、前記ロボットアームによって前記超音波プローブを移動させるための指示軌跡情報を記憶する記憶部と、記憶された前記指示軌跡情報に従って前記超音波プローブを移動させるように、前記ロボ

50

ットアームの駆動を制御する制御部と、を備える

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る超音波診断装置の基本構成を示す図。

【図2】本実施形態に係る超音波診断装置の第1変形例の構成を示す図。

【図3】本実施形態に係る超音波診断装置の第2変形例の構成を示す図。

【図4】本実施形態に係る超音波診断装置の第3変形例の構成を示す図。

【図5】本実施形態に係る超音波診断装置の基本構成の、より詳細な構成を示すブロック図。

【図6】本実施形態に係る超音波診断装置の第1変形例の、より詳細な構成を示すブロック図。

【図7】本実施形態に係る超音波診断装置の第2変形例の、より詳細な構成を示すブロック図。

【図8】本実施形態に係る超音波診断装置の第3変形例の、より詳細な構成を示すブロック図。

【図9】参照軌跡情報を生成するフェーズの第1の処理例を示すフローチャート。

【図10】参照軌跡情報を生成するフェーズの第2の処理例を示すフローチャート。

【図11】参照軌跡情報の一例と、生体基準位置とを例示する図。

【図12】参照軌跡情報を修正又は編集して指示軌跡情報を生成するフェーズの処理例を示すフローチャート。

【図13】参照軌跡情報を修正して指示軌跡情報を生成する第1の例を示す図。

【図14】参照軌跡情報を修正して指示軌跡情報を生成する第2の例を示す図。

【図15】参照軌跡情報を修正して指示軌跡情報を生成する第3の例を示す図。

【図16】参照軌跡情報を修正して指示軌跡情報を生成する第4の例を示す図。

【図17】CT画像やMRI画像に基づいて参照軌跡情報を修正し指示軌跡情報を生成する例を示す図。

【図18】複数の参照軌跡情報に対して最適化処理を行い、最適化された指示軌跡情報を生成する例を示す図。

【図19】指示軌跡情報にしたがってロボットアームを駆動するフェーズの処理例を示すフローチャート。

【図20】実施形態の超音波診断支援装置の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0013】

(全般及び構成)

図1は、本実施形態に係る超音波診断装置1の概略の基本構成を示す図である。超音波診断装置1は、超音波診断装置本体200(以下、単に装置本体200と呼ぶ)、超音波プローブ120、ロボットアーム110、及びロボットアーム制御部140を少なくとも備える。

【0014】

ロボットアーム110は、例えばその先端部において超音波プローブ120を保持し、ロボットアーム制御部140からの制御信号にしたがって、超音波プローブ120を6自由度で移動させることができる。6自由度で移動させることができるとは、例えば、互いに直交するX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の並進3方向成分(X、Y、Z)と、X軸周り、Y軸周り、Z軸周りの回転3方向成分(x、y、z)の6成分を任意の組み合わせで移動させることができるという意味である。換言すれば、ロボットアーム110は、超音波プローブ120を3次元空間内で任意の位置、任意の傾きで設置し、任意の軌跡、任意の速度で移動させることができる。

【0015】

10

20

30

40

50

ロボットアーム 110 には、アームセンサ 111 が設けられており、アームセンサ 111 によって、ロボットアーム 110 の各部の動きを検出する。アームセンサ 111 として、ロボットアーム 110 には少なくとも位置センサが設けられ、この位置センサによって上記の 6 成分の位置を検出する。また、ロボットアーム 110 は位置センサに加えて、速度センサをアームセンサ 111 として設けてもよいし、さらに、位置センサと速度センサに加えて、加速度センサをアームセンサ 111 として設けてもよい。

【0016】

また、ロボットアーム 110 は、アームセンサ 111 として、好ましくは圧力センサを備える。超音波プローブ 120 の生体接触圧力は、超音波プローブアダプタ 122 を介してロボットアーム 110 に伝達し、ロボットアーム 110 に内蔵される圧力センサで検出される。

10

【0017】

図 1 では、アームセンサ 111 が、ロボットアーム 110 の先端部の関節に設置される例を示しているが、アームセンサの設置位置は一箇所に限定されない。ロボットアーム 110 が図 1 に例示するように複数の関節を持つ場合、アームセンサ 111 を先端部の関節以外に設置しても良いし、また、アームセンサ 111 が具備する複数のセンサを、複数の関節に分散させて設置しても良い。

【0018】

上述したアームセンサ 111 に換えて、或いは、アームセンサ 111 に加えて、超音波プローブ 120 自体に、圧力センサ、位置センサ、速度センサ、加速度センサ等のプローブセンサ 112 を装着させるようにしてもよい。

20

【0019】

上記の位置センサ及び圧力センサの検出信号、或いはさらに速度センサや加速センサの検出信号を加えたこれらの検出信号は、ロボットアーム制御部 140 のよるフィードバック制御に用いられる。後述するように、ロボットアーム 110 は、指示軌跡情報に従ってロボットアーム制御部 140 で駆動される。指示軌跡情報は、超音波プローブ 120 の位置、傾き、移動経路、移動速度、生体接触圧力等を規定する情報である。移動経路は、基本的には、ロボットアームが移動する 3 次元の座標空間（ロボット座標系）で規定される。さらに、生体の臓器等との位置と関連づけるために、生体に設定される座標系（生体座標系）とロボット座標系との関連付け情報が、指示軌跡情報に含まれることもある。ロボットアーム制御部 140 は、この指示軌跡情報と各アームセンサからの検出信号を用いて、超音波プローブ 120 が指示軌跡情報に従って動くように、ロボットアーム 110 をフィードバック制御する。

30

【0020】

上述したように、ロボットアーム 110 は、ロボットアーム制御部 140 による制御の下、指示軌跡情報にしたがって、超音波プローブ 120 を被検体 P の体表面に沿って自動で移動させることができる。この動作モードを、以下、指示移動モードと呼ぶ。

【0021】

一方、これとは逆に、超音波プローブ 120 がロボットアーム 110 に保持された状態で、操作者が超音波プローブ 120 を手動で移動させることもできる。この動作モードを、以下、手動移動モードと呼ぶ。手動移動モードでは、ロボットアーム 110 は、ロボットアーム制御部 140 から切り離されて、操作者による超音波プローブ 120 の手動による操作にしたがって動くことになる。この場合においても、ロボットアーム 110 に取り付けられている位置センサや圧力センサ等のアームセンサ 111 は、動作し続けており、各アームセンサ 111 で検出した位置、速度、加速度や、生体接触圧力等の検出信号は、装置本体 200 に逐次送信される。

40

【0022】

この他、手動支援モードを設けてもよい。手動支援モードでは、操作者が超音波プローブ 120 を手動で移動させる場合、ロボットアーム 110 は、ロボットアーム制御部 140 から切り離されることなく、操作者による超音波プローブ 120 の手動による操作を支

50

援する。手動支援モードにより、例えば、操作者が超音波プローブ120を手動で操作する際に、ロボットアーム110は、プローブの重量を支える、プローブの移動スピードを一定に保つ、プローブのブレを抑止する、生体接触圧力を一定に保つ、等の種々の支援を提供することができる。

【0023】

図2は、本実施形態の第1変形例の構成を示す図である。第1変形例の超音波診断装置1では、図1の基本構成に加えて、カメラ130及びモニタ132を備える。カメラ130は、ロボットアーム110の動作を監視する。

【0024】

カメラ130の画像を解析することによって、ロボットアーム110や超音波プローブ120の位置や動きを検出することができる。また、カメラ130で撮影した生体の画像を解析することにより、体表の位置や概ねの臓器の位置を認識することができる。カメラ130は、可視カメラとして構成することもできるし、赤外線カメラとして構成することもできる。

【0025】

カメラ130の画像を、装置本体200の近傍に設けたモニタ132に表示させてもよい。モニタ132は、その撮影画像の表示に加えて、切り替えや並列の表示方法にて、超音波画像を表示することもできる。

【0026】

図3は、本実施形態の第2変形例の構成を示す図である。第2変形例の超音波診断装置1では、第1変形例の構成(図2)に加えて、触覚付入力デバイス160とモニタ131を具備する。触覚付入力デバイス160とモニタ131は、例えば、装置本体200から離れた遠隔地に設置される。触覚付入力デバイス160は、インターネット等のネットワーク161を介して、装置本体200や、ロボットアーム制御部140に接続される。触覚付入力デバイス160は、操作者がモニタ131を見ながら触覚付入力デバイス160を操作することによって、ロボットアーム110を手動で駆動させることができるように構成されている。ここで、触覚付とは、いわゆる触覚装置(ハプティックデバイス:haptic device)を備えているという意味である。

【0027】

触覚付き入力デバイス161では、ロボットアーム110に搭載されているアームセンサ111により検知された超音波プローブ120の生体接触圧力が再現される。また、モニタ131により、プローブの体表での走査位置や動きの確認することができる。また、モニタ132と同様に、モニタ131により超音波画像を観察することもできる。

【0028】

図4は、本実施形態の第3変形例の構成を示す図である。第3変形例の超音波診断装置1では、第2変形例の構成(図3)に加えて、磁気や赤外線などによる位置センサを備える。図4に示す構成例では、磁気送信機150、磁気センサ121、及び磁気センサ190等の位置センサを備える。

磁気送信機150により、プローブ121や被検体Pを含む領域に磁場空間が生成される。磁気送信機150を原点とする磁場座標系とロボット座標系は、それぞれの座標系の原点と軸によって関連づけることができる。

【0029】

超音波プローブ120に設置した磁気センサ121によって、監視カメラ130で得られるプローブの位置情報よりも正確な位置や回転の情報を得ることができる。この結果、磁気センサ121により、ロボットアーム110による超音波プローブ120の精度を高めることができる。

【0030】

一方、被検体Pの体表に設置した磁気センサ190は、生体の特定部位の位置情報を検出する。体動によりロボット座標系と生体座標系の位置関係に変化が生じたときに、体表に設置した磁気センサ190が検出する被検体Pの動きの情報により、体動の影響を除去

10

20

30

40

50

することができる。監視カメラ130によって体表の位置情報の検出も可能であるが、磁気センサ190によって、より高精度で安定した位置情報の検出が可能となる。

【0031】

磁気センサ190を、穿刺針に設置することもできる。この場合、穿刺針のグリップや針先位置を、ロボット座標系でも生体座標系でも検出することができる。また、ロボットアーム110が、磁気センサ190が設置された穿刺針を支持することも可能である。この場合、穿刺針を支持した状態で、生体内での穿刺針の針先位置をモニタし、針先位置を移動や調整することが可能である。さらに、穿刺針の針先を生体内外の所定の位置に誘導することもできる。

【0032】

図5は、本実施形態の超音波診断装置1のより詳細な構成を示すブロック図であり、特に、装置本体200の細部構成を図示している。図5に示すブロック図は、図1に示す基本構成に対応するものである。

【0033】

上述したように、装置本体200には、超音波プローブ120、ロボットアーム110、アームセンサ111、及びアーム制御回路140（図1においては、ロボットアーム制御部140）が接続される。この他、ECG/呼吸センサ180も装置本体200に接続可能となっている。また、前述したように、アームセンサ111に換えて、或いは、アームセンサ111に加えて、アームセンサ111と同様のプローブセンサ112を、超音波プローブ120に装着してもよい。

【0034】

装置本体200は、送信回路231、受信回路232、第1の処理回路210、ディスプレイ250、入力デバイス260、第2の処理回路220、参照軌跡情報記憶回路242、指示軌跡情報記憶回路243、生体情報データベース244を備えている。

【0035】

送信回路231は、トリガ発生回路、遅延回路、パルサ回路等を有し、超音波プローブ120に駆動信号を供給する。トリガ発生回路は、所定のレート周波数でレートパルスを繰り返し発生する。遅延回路は、超音波プローブ120が有する振動素子毎に、レートパルスを所定の遅延量だけ遅延させる回路であり、送信ビームを集束させる、或いは所望の方向に指向させるための回路である。パルサ回路は、遅延させたレートパルスに基づいてパルス信号を生成し、超音波プローブ120の各振動素子に印加する。

【0036】

超音波プローブ120は、被検体へ超音波信号を送信する一方、被検体内部からの超音波反射信号を受信する。超音波プローブ120として、通常検査で利用される1Dアレイプローブ、1.25Dアレイプローブ、1.5Dアレイプローブ、1.75Dアレイプローブ、3D画像の連続表示が可能な2Dアレイプローブ、あるいは1Dアレイプローブを揺動、及び又は回転して3次元的なデータ収集が連続的に可能なメカニカル4Dプローブを、装置本体200に装着できる。超音波プローブ120で受信した超音波信号は各振動素子で電気信号に変換され、受信回路232に供給される。

【0037】

受信回路232は、増幅回路、A/D変換回路、ビーム形成回路等を有する。超音波プローブ120の各振動素子から供給されるアナログ受信信号を増幅回路で増幅したのち、A/D変換回路でデジタル信号に変換する。その後、ビーム形成回路において、振動素子毎に遅延量を与え、これらを加算することによって、所望のビーム方向に対応する受信信号が形成される。

【0038】

第1の処理回路210は、例えばプロセッサとメモリを具備し、メモリに保存されたプログラムを実行することによって各種の機能を実現する。第1の処理回路210は、例えば、Bモード処理機能211、カラーモード処理機能212、ドップラモード処理機能213、表示制御機能214、画像解析機能215、3次元画像処理機能216等を実現す

10

20

30

40

50

る。

【0039】

Bモード処理機能211は、受信信号に対して包絡線検波や対数変換処理等を施してBモード画像を生成する。カラーモード処理機能212は、受信信号に対してMTIフィルタ処理や自己相関処理を施してカラーモード画像を生成する。ドップラモード処理機能213は、受信信号に対してフーリエ変換処理等を施してスペクトラム画像を生成する。生成されたBモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像は、HDD(Hard Disk Drive)等で構成される画像記憶回路241に保存される。

【0040】

表示制御機能214は、Bモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像等を、ディスプレイ250に表示させるための表示制御をおこなって、これらの画像や、これらの画像に関連するデータをディスプレイ250に表示させる。

【0041】

画像解析機能215は、Bモード画像、カラーモード画像、スペクトラム画像等に対して、各種の画像解析を行い、解析結果をディスプレイ250に表示させる。3次元画像処理機能216は、位置情報付きで収集されたBモードビームデータ、カラーモードビームデータを3次元再構成して、MPR(Multi-Planar Reconstruction/Reformation)法にて任意方向の断層像を生成したり、VR(Volume Rendering)法やMIP(Maximum Intensity Projection)法で3次元画像を生成したりする。ディスプレイ250は、例えば液晶パネル等を備える表示装置である。

【0042】

入力デバイス260は、操作者の操作等によって各種のデータや情報を入力するためのデバイスである。入力デバイス260は、例えば、キーボード、マウス、トラックボール、ジョイスティック、タッチパネル等の操作デバイスや、音声入力デバイス等の各種の情報入力デバイスを含み得る。

【0043】

第2の処理回路220は、第1の処理回路210と同様に、例えばプロセッサとメモリを具備し、メモリに保存されたプログラムを実行することによって各種の機能を実現する。

【0044】

第2の処理回路220は、例えば、参照軌跡情報生成機能221、指示軌跡情報生成機能222、制約条件設定機能223、及び軌跡学習機能225を実現する。

【0045】

参照軌跡情報とは、ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120を操作者が手動で移動させることよって得られる手動移動情報に基づいて生成される軌跡情報のことである。参照軌跡情報生成機能221は、アームセンサ111の検出信号に基づいて操作者による超音波プローブ120の動きから手動移動情報を取得し、この手動移動情報から参照軌跡情報を生成する機能である。生成した参照軌跡情報は、HDD等のメモリで構成される参照軌跡情報記憶回路242に保存される。

【0046】

参照軌跡情報は、超音波プローブ120の位置、傾き、移動経路、移動速度、生体接触圧力等を含む情報である。移動経路は、基本的には、ロボットアーム110が移動する3次元の座標空間(ロボット座標系)で規定される。さらに、生体の臓器等との位置と関連づけるために、参照軌跡情報には、生体に設定される座標系(生体座標系)とロボット座標系との関連付け情報が含まれることもある。

【0047】

事前に生体臓器の特定の位置、例えば、みぞおちの位置、を生体座標系で登録し、ロボットアーム110で支持された超音波プローブ120を、対応する生体臓器の特定の位置に設置する。そのときのロボット座標系での超音波プローブ120の位置やロボット座標系での超音波画像に表示されている特定位置を記録する。生体臓器の特定の位置が生体座

10

20

30

40

50

標系とロボット座標系とで規定されることにより、ロボット座標系と生体座標系とを関連づけることができる。プローブの移動経路は、生体座標系でも記述することができる。

【0048】

指示軌跡情報は、ロボットアーム110を駆動して、ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120を自動で移動させるための軌跡情報である。指示軌跡情報生成機能222は、参照軌跡情報生成機能221によって生成された参照軌跡情報を修正して指示軌跡情報を生成する、或いは参照軌跡情報に基づいて指示軌跡情報を生成する機能である。生成された指示軌跡情報は、HDD等のメモリで構成される指示軌跡情報記憶回路243に記憶される。

【0049】

アーム制御回路140（制御部）は、指示軌跡情報記憶回路243に記憶された指示軌跡情報に従って超音波プローブ120を自動で移動させるように、ロボットアーム110の駆動を制御する。アーム制御回路140も、第1、第2の処理回路210、220と同様に、例えばプロセッサとメモリを具備し、メモリに保存されたプログラムを実行することによって各種の機能を実現する。

【0050】

制約条件設定機能223は、例えば安全上の観点等からロボットアーム110の動きを制限するための制約条件を設定する機能である。制約条件は、例えば、入力デバイス260を介して操作者によって設定される。制約条件は、アーム制御回路140に入力され、ロボットアーム110の動きを規制する。例えば、ベッドサイドにロボットアーム110が設置されているときに、ロボットアーム110の可動空間を規定する。これにより、ロボットアーム110が稼働中に患者、医師、看護師、ベッド、検査機器、治療機器、壁、天井などにぶつかることを防止することができる。

【0051】

軌跡学習機能225は、複数の参照軌跡情報に対して最適化処理を行い、最適化された指示軌跡情報を生成する機能である。最適化された指示軌跡情報は、指示軌跡情報記憶回路243に記憶され、ロボットアーム110の駆動制御に利用される。複数の参照軌跡情報を用いた最適化処理には、いわゆる機械学習による最適化処理が含まれる。

【0052】

生体情報データベース244は、被検体の体格や臓器位置等の生体情報や、被検体を他のモダリティ装置、例えばCT装置やMRI装置で撮像した画像データ等を、被検体の識別情報に関連付けて記憶するデータベースである。生体情報データベース244に記憶される生体情報は、指示軌跡情報の修正処理に利用される。

【0053】

図6は、本実施形態の第1変形例の超音波診断装置1の、より詳細な構成を示すブロック図である。図6に示すブロック図は、図2に示す第1変形例の構成に対応するものである。図6では、図5のブロック図に対して、監視カメラ130、監視カメラモニタ132、及びカメラ画像解析機能224が付加されている。

【0054】

カメラ画像解析機能224は、ロボットアーム110や超音波プローブ120の動きを撮影した監視カメラ130の画像を解析し、解析結果から、ロボットアーム110の動きや超音波プローブ120動きを検出する機能である。生体の画像を解析することにより、体表の位置や概ねの臓器の位置を認識することができる。検出したロボットアーム110の動きや超音波プローブ120動き、生体の動きは、必要に応じて、参照軌跡情報の生成に利用される。

【0055】

図7は、本実施形態の第2変形例の超音波診断装置1の、より詳細な構成を示すブロック図である。図7に示すブロック図は、図3に示す第2変形例の構成に対応するものである。図7では、図6のブロック図に対して、触覚付き入力デバイス160、監視カメラモニタ131、及び触覚付き入力デバイス制御機能226が付加されている。

10

20

30

40

50

【0056】

触覚付入力デバイス制御機能226は、前述した触覚付入力デバイス160を制御するための機能である。ロボットアーム110の圧力センサで検出した生体接触圧力を触覚付入力デバイス160に送信する一方、ロボットアーム110を駆動するため触覚付入力デバイス160からの信号を、アーム制御回路140に供給する。

【0057】

また、監視カメラ130の画像が監視カメラモニタ131に表示されるため、触覚付入力デバイス160の操作者は、ロボットアーム110による超音波プローブ120のプローブ走査を、遠隔地においても見ることができる。また、監視カメラモニタ131により、プローブの体表での走査位置やプローブの動きを確認できるほか、同時に超音波画像の観察も可能である。

10

【0058】

図8は、本実施形態の第3変形例の超音波診断装置1の、より詳細な構成を示すブロック図である。図8に示すブロック図は、図4に示す第3変形例の構成に対応するものである。第3変形例の超音波診断装置1は、第2変形例に対して、磁気や赤外線などによる位置センサと位置センサ制御回路245が付加されている。

【0059】

図8に示す例では、超音波プローブ120に装着される、磁気的位置センサとしてのプローブセンサ121と、生体の所定の基準位置に設置される、磁気的位置センサとしての生体基準位置センサ170を有している。位置センサ制御回路245に制御される、プローブセンサ121及び生体基準位置センサ170により、磁場送信機150を原点とする磁場座標系で、それぞれのセンサの位置を検出することができる。位置情報は、位置センサ制御回路245を介して、参照軌跡情報生成機能221に伝達される。

20

【0060】

一方、磁場座標系とロボット座標系は、それぞれの座標系の原点と軸を関連づけることができる。また、ロボット座標系と生体座標系も互いに関連づけられている。したがって、体動によりロボット座標系と生体座標系の位置関係に変化が生じた場合であっても、体表に設置した生体基準位置センサ170の動きの情報により、体動の影響を除去することができる。

【0061】

また、磁気的位置センサとして、穿刺針に針位置センサ190を設置してもよい。針位置センサ190によって、穿刺針のグリップや針先の位置を、ロボット座標系でも生体座標系でも検知可能である。

30

【0062】

(ロボットアームに関連する動作)

実施形態の超音波診断装置1は、上述したようにロボットアーム110を具備している。以下、実施形態の超音波診断装置1における、ロボットアーム110に関連する動作について、第1のフェーズ、第2のフェーズ、及び第3のフェーズに分けて、より具体的に説明する。

【0063】

第1のフェーズは、ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120を、操作者が手動で被検体の体表面に沿って移動させることによって参照軌跡情報を生成するフェーズである。第2のフェーズは、参照軌跡情報を修正又は編集して指示軌跡情報を生成するフェーズである。第3のフェーズは、生成された指示軌跡情報に従ってロボットアーム110を駆動し、ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120を、被検体の体表面に沿って自動で移動させるフェーズである。

40

【0064】

図9は、参照軌跡情報を生成するフェーズ(第1のフェーズ)の第1の処理例を示すフローチャートである。図9は、生体基準位置センサ170が設けられている場合(図4及び図8参照)に対応する。

50

【0065】

ステップST100で、ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120を、検査目的に応じた所望の経路で、被検体の体表面に沿って移動させる。

【0066】

ステップST102では、ロボットアーム110に装着されているアームセンサ111の検出情報を取得する。アームセンサ111は、例えば、ロボットアーム110の各関節などに装着された複数の位置センサ、速度センサ、加速度センサなどであり、これらのセンサによって、6自由度の位置情報、速度情報、加速度情報が取得される。また、アームセンサ111は、圧力センサを含んでおり、超音波プローブ120からプローブアダプタ122を介して伝達される生体接触圧力の情報も取得される。アームセンサ111の各情報

10

は、これらを取得した時刻と共に、参照軌跡情報生成機能221に入力される。また、ステップST102では、超音波プローブ120に装着されているプローブセンサ112、121から、超音波プローブ120の位置情報等を取得しても良い。

【0067】

アームセンサ111、及び/又は、プローブセンサ112、121の各情報は、ロボットアーム110と超音波プローブ120の形状情報より、超音波プローブ120の開口面の中心位置に換算されて、参照軌跡情報生成機能221に入力されても良い。また、圧力センサで検出された圧力情報も、超音波プローブ120の体表接触面の生体接触圧力に換算されて、参照軌跡情報生成機能221に入力されても良い。

20

【0068】

アームセンサ111で検出されるロボットアーム110の位置情報、及び/又は、プローブセンサ112、121で検出される超音波プローブ120の位置情報は、例えば、本装置の近傍の所定の空間位置を原点とし、所定の直交3方向をX、Y、Z方向とするロボット座標系における位置情報として規定することができる。

【0069】

ロボット座標系で規定された参照軌跡情報は、寝台に対する被検体の相対的な位置や、被検体の姿勢には依存しない。

【0070】

これに対して、被検体体表面上の所定の位置（以下、生体基準位置と呼ぶ）と所定の方向（例えば、体軸方向、即ち頭足方向）を基準とする生体座標系で参照軌跡情報を規定した方が便利な場合も多い。このような場合、被検体の体表面上の基準となる位置、即ち、生体基準位置に生体基準位置センサ170を取り付ける。生体基準位置としては、例えば、剣状突起（胸骨の下端に突出する突起）の位置に対応する体表面位置等が考えられる。生体基準位置センサ170は、例えば磁気センサであり、磁気送信機150（図4参照）が生成する磁場を検出して、生体基準位置を検出する。生体基準位置センサ170の数は1つでもよいが、複数設けても良い。例えば、剣状突起の上に1つ設置し、剣状突起から体軸方向に延びる線上に1つ設置する。

30

【0071】

ステップST103で、生体基準位置センサ170の検出情報を取得する。生体基準位置センサ170で検出される位置もロボット座標系となる。

40

【0072】

ステップST104では、超音波プローブ120の移動が終了したか否かを判定する。この判定は、例えば入力デバイス260から入力される操作情報等に基づいて判定する。

【0073】

ステップST105では、ステップST102で取得されたアームセンサ111、及び/又は、プローブセンサ112、121の情報から、参照軌跡情報を生成する。

【0074】

ステップST106では、必要に応じて、生体基準位置情報を用いて、参照軌跡情報を生体基準位置に対する相対的な位置情報に変換する。即ち、ロボット座標系で規定された参照軌跡情報を、生体座標系で規定された参照軌跡情報に変換する。

50

【 0 0 7 5 】

そして、ステップ S T 1 0 7 で、生成した参照軌跡情報を参照軌跡情報記憶回路 2 4 2 に保存する。

【 0 0 7 6 】

なお、ステップ S T 1 0 2 からステップ S T 1 0 7 の処理は、第 2 の処理回路 2 2 1 によって行われる。また、ステップ S T 1 0 2 からステップ S T 1 0 7 の処理は、図 3 に示した順序に規定されるものではない。例えば、各センサの情報を同時に取得してもよいし、プローブの移動中に参照軌跡情報を逐次生成してもよい。

【 0 0 7 7 】

図 1 0 は、参照軌跡情報を生成するフェーズ(第 1 のフェーズ)の第 2 の処理例を示すフローチャートである。生体基準位置情報は、必ずしも生体基準位置センサ 1 7 0 を利用しなくても良い。そこで、第 2 の処理例では、生体基準位置センサ 1 7 0 を利用して生体基準位置情報を取得するステップ(図 9 のステップ S T 1 0 3)に換えて、ステップ S T 1 1 0 を設けている。その他のステップは図 9 と同じである。

10

【 0 0 7 8 】

ステップ S T 1 1 0 では、超音波プローブ 1 2 0 を生体基準位置に移動させて、ロボット座標系で生体基準位置の位置情報を取得する。ロボットアーム 1 1 0 に支持された超音波プローブ 1 2 0 を生体基準位置、例えばみぞおち、に置くことで、そのときのロボット座標系での位置を生体基準位置情報にすることができる。さらには、超音波画像で対象領域や対象物を画像化し、対象物を超音波画像上で指定することにより、生体基準位置情報

20

【 0 0 7 9 】

図 1 1 は、参照軌跡情報の一例と、生体基準位置とを例示する図である。この例では、生体基準位置センサ 1 7 0 は、剣状突起の位置に設置されている。操作者が、ロボットアーム 1 1 0 に保持された超音波プローブ 1 2 0 を、移動させることによって、図 1 1 に太い矢印線で示す参照軌跡情報が生成されることになる。

【 0 0 8 0 】

参照軌跡情報は、超音波プローブ 1 2 0 の位置の時系列な配列だけではなく、各位置における超音波プローブ 1 2 0 の傾き(姿勢角)や、各位置における生体接触圧力に関する情報を含むものである。さらに、超音波プローブ 1 2 0 を動かす際の速度や、加速度情報

30

【 0 0 8 1 】

また、参照軌跡情報は、検査対象となる被検体の指定された構造物や、体軸方向を基準とする生体座標系に変換されたものでもよい。

【 0 0 8 2 】

図 1 2 は、参照軌跡情報を修正又は編集して指示軌跡情報を生成するフェーズ(第 2 のフェーズ)の処理例を示すフローチャートである。

【 0 0 8 3 】

ステップ S T 2 0 0 で、参照軌跡情報記憶回路 2 4 2 に記憶された参照軌跡情報を読み込む。

40

【 0 0 8 4 】

ステップ S T 2 0 1 で、参照軌跡情報の変動や不均一性を修正して、滑らかな、或いは均一性の高い指示軌跡情報を生成する。参照軌跡情報は、医師や技師などの操作者が超音波プローブ 1 2 0 を手動で移動させた軌跡に基づいて生成されるものである。このため、熟練した操作者であっても、何らかの変動を伴っている。例えば、超音波プローブ 1 2 0 の移動速度を一定にしようとしても、完全には一定とはならない。また、超音波プローブ 1 2 0 の傾きを一定に保って移動させようとしても、傾きは完全には一定とはならない。また、手ブレによって、体表に対する上下の変動が軌跡に発生する。

【 0 0 8 5 】

図 1 3 の上段は、参照軌跡情報における超音波プローブ 1 2 0 の移動速度が一定となら

50

ない例を示しており、図13の下段は、ステップST201の処理によって、移動速度が一定となるように修正された指示軌跡情報を例示している。

【0086】

また、図14の上段は、参照軌跡情報における超音波プローブ120の傾きが一定とならない例を示しており、図14の下段は、ステップST201の処理によって、傾きが一定となるように修正された指示軌跡情報を例示している。

【0087】

また、図15の上段は、参照軌跡情報における超音波プローブ120の位置(上下方向)が手ぶれのために一定とならない例を示しており、図15の下段は、ステップST201の処理によって、位置(上下方向)が一定となるように修正された指示軌跡情報を例示している。

10

【0088】

指示軌跡情報は、参照軌跡情報に含まれる移動速度の時系列データや、超音波プローブ120の傾きの時系列データを、最少二乗法によって直線近似したり、所定の次数の曲線で近似したりすることによって、滑らかなラインとして生成することができる。

【0089】

ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120は、指示軌跡情報にしたがって、自動的に移動される。超音波プローブ120の走査を同じ被検体(患者)に対して繰り返すことがしばしばある。このような場合、最初の走査は操作者が行うものの、2回目以降は、最初の走査によって生成された参照軌跡情報に基づいて生成された指示軌跡情報に基づいてロボットアーム110が自動的に行う。このため、再現性の高いプローブ走査を、操作者に負担をかけることなく行うことができる。

20

【0090】

さらに、上述したように、指示軌跡情報は、参照軌跡情報の変動や不均一性が修正されたものであるため、熟練した操作者でも実現ができないような高い水準の均一性が確保された状態で超音波プローブ120を移動させることが可能となる。例えば、常に一定の速度で超音波プローブ120を移動させることによって、間隔が完全に均一な断層画像を撮像することも可能となる。

【0091】

なお、同じ臓器(例えば、肝臓)に対する検査を異なる被検体に対して行う場合や、健康診断などで異なる被検体に対して同じ検査を繰り返すことがある。この場合、参照軌跡情報を取得した被検体(第1の患者)と、指示軌跡情報を用いた自動走査を行おうとする被検体(第2の患者)は異なるため、第2の患者と第1の患者との間で、体格や臓器位置が大きく異なる場合も十分に考えられる。このような場合、第1の患者から取得した参照軌跡情報から生成した指示軌跡情報は、第2の患者の臓器位置に合致しない。

30

【0092】

図16は、左側の被検体(第1の患者)と右側の被検体(第2の患者)とで、体格が大きく異なっている例を示しており、臓器位置も当然異なってくる。そこで、このような場合、ステップST202において、指示軌跡情報を、被検体の体格や臓器位置に応じてさらに修正する。

40

【0093】

例えば、過去の多数の検査結果等から生成された、体重、身長、性別、年齢等の患者体型に応じた臓器位置情報を生体情報データベース244に保持しておく。そして、参照軌跡情報を生成した被検体(第1の患者)の患者体型と、ロボットアーム110で自動走査しようとする被検体(第2の患者)の患者体型に関連付けられた臓器位置情報をそれぞれ生体情報データベース244から取得し、両者の臓器位置の差に基づいて、参照軌跡情報を修正して、指示軌跡情報を生成することができる。

【0094】

また、ロボットアーム110で自動走査しようとする被検体(第2の患者)の診断画像、例えば、CT画像やMRI画像が存在する場合には、これらの診断画像を参照して、よ

50

り正確に参照軌跡情報を修正して指示軌跡情報を生成することができる。このような場合、被検体(第2の患者)のCT画像やMRI画像を、例えば病院内ネットワーク等を介して取得し、生体情報データベース244に保存しておく。

【0095】

そして、ステップST203で、被検体(第2の患者)のCT画像やMRI画像を、生体情報データベース244から取得し、これらの診断画像に基づいて、参照軌跡情報を修正する。図17は、心臓のCT画像やMRI画像に基づいて参照軌跡情報を修正し、指示軌跡情報を生成する例を示したものである。例えば、異なる患者間のCTデータにおいて、非剛体の位置合わせや、解剖学的特徴形状(ランドマーク)に基づく位置合わせを行う。そして、これらの位置合わせによる臓器の変形情報により、参照軌跡情報を変形させる。或いは、被検体(第2の患者)のCT画像やMRI画像の3次元画像上で仮想的なプローブ走査を行う。この仮想的なプローブ走査の軌跡を参照軌跡情報として生成する。

10

【0096】

ステップST204では、上記のステップST201乃至ステップST203で修正、又は生成された参照軌跡情報を、指示軌跡情報として指示軌跡情報記憶回路243に保存する。

【0097】

なお、ステップST200乃至ステップST204の各処理も、第2の処理回路221によって行われる。

【0098】

指示軌跡情報は、複数の参照軌跡情報から生成することもできる。複数の参照軌跡情報は参照軌跡情報記憶回路242に記憶される。例えば、図18の上段に例示するような複数の参照軌跡情報が参照軌跡情報記憶回路242に記憶される。

20

【0099】

第2の処理回路221の軌跡学習機能225は、複数の参照軌跡情報に対して最適化処理を行い、図18の下段に例示するような1つの最適化された指示軌跡情報を生成する。最適化された指示軌跡情報は、指示軌跡情報記憶回路243に記憶され、ロボットアーム110の駆動制御に利用される。

【0100】

同一部位や同一疾患に対して生成された参照軌跡情報は、複数の超音波診断装置によって大量に収集することができる。この大量に収集された参照軌跡情報と収集画像の品質評価によって、機械学習を用いてプローブ移動軌跡を最適化することもできる。そして、機械学習によって最適化されたプローブ移動軌跡を指示軌跡情報とし、この指示軌跡情報を用いてロボットアーム110を駆動することができる。機械学習に基づく指示軌跡情報は、参照軌跡情報を経時的に順次増加させることにより、その品質を向上させることができる。

30

【0101】

図19は、第3のフェーズ、即ち、指示軌跡情報記憶回路243に記憶された指示軌跡情報にしたがってロボットアーム110を駆動するフェーズの処理例を示すフローチャートである。

40

【0102】

ステップST300で、指示軌跡情報記憶回路243から指示軌跡情報を読み込む。そして、ステップST301で、アーム制御回路140が、指示軌跡情報にしたがってロボットアーム110を駆動し、超音波プローブ120を、指示軌跡情報に従った動きで移動させる。指示軌跡情報には、超音波プローブ120の位置だけでなく、超音波プローブ120の傾き(姿勢角)や、生体接触圧力、或いはさらに移動速度が規定されており、超音波プローブ120は、これらの指示軌跡情報に従って、被検体の体表面に沿って、自動で移動する。

【0103】

指示軌跡情報は、参照軌跡情報に基づいて生成されるため、同じ被検体に対して同じ検

50

査を繰り返す場合、操作者の操作負担なく、高い再現性で繰り返すことができる。また、指示軌跡情報は、手動操作に起因する超音波プローブ120の移動速度や傾きの変動やぶらつきがなく、熟練した操作者以上に安定したプローブ走査を実現することができる。

【0104】

さらに、複数の参照軌跡情報を用いて、機械学習等で最適化された指示軌跡情報で超音波プローブ120を移動させることができるため、より適切な診断が可能となる。

【0105】

また、参照軌跡情報を取得した被検体と、これから検査しようとする被検体が異なる場合でも、生体情報データベースや、CT画像やMRI画像などの診断画像を参照して、検査対象の被検体の臓器位置に適合した指示軌跡情報で、超音波プローブ120を移動させることができる。

10

【0106】

ステップST301におけるロボットアーム110の駆動処理では、被検体に装着された磁気センサ等の生体基準位置センサの検出信号を用いて、指示軌跡情報を更新するようにしてもよい。寝台に対する被検体の相対的な位置は、検査の都度異なる可能性がある。また、検査中においても、被検体の姿勢は変化する可能性がある。このような場合、検体に装着された生体基準位置センサの検出信号は、被検体の位置や姿勢、或いは被検体の動きに応じて時々刻々変化する。この検出信号を用いて、指示軌跡情報記憶回路243に記憶されている指示軌跡情報を、時々刻々更新することにより、寝台上の被検体の動きに連動して超音波プローブ120を移動させ、当初予定した体表面の経路に沿ったプローブ走査を実現することができる。被検体の姿勢の変化は、監視カメラ130の画像を解析することによっても検出できる。

20

【0107】

前述したように、ロボットアーム110を、装置本体200とは離れた場所に設置される触覚付入力デバイス160によって駆動することもできる。触覚付入力デバイス160には、ロボットアーム110に装着されている圧力センサによって検出される生体接触圧力の情報が伝達される。このため、触覚付入力デバイス160の操作者は、監視カメラ130のモニタ131の画像によって、ロボットアーム110に保持された超音波プローブ120の動きを制御するだけでなく、超音波プローブ120の生体接触圧力を感じながら、生体接触圧力をも制御することができる。

30

【0108】

また、被検体の臓器位置は、心拍の時相や、呼吸の時相に応じて変化する。そこで、心拍の時相を検出するECGセンサや呼吸の時相を検出する呼吸センサ（ECG/呼吸センサ180）を装置本体200に接続する。そして、例えば、心拍や呼吸による臓器位置の変動が少ない時相を検出し、臓器位置の変動が少ない時相の期間のみ、超音波プローブ120を移動させるように、ロボットアーム110の動きを制限してもよい。呼吸の時相は、監視カメラ130の画像を解析することによっても検出できる。

【0109】

この他、ロボットアーム110の駆動を、被検体に対する安全上の観点から制限する必要もある。また、ロボットアーム110の駆動は、装置本体200の周囲の器材の配置や寝台の位置等によって、制限しなければならない場合もある。制約条件設定機能223は、そのような機能を実現するものである。制約条件としては、例えば、ロボットアーム110の駆動範囲、超音波プローブ120の移動速度の制限範囲、生体接触圧力の許容範囲等が挙げられる。これらの制約条件は、入力デバイス260を介して設定され、所定のメモリに記憶される。

40

【0110】

ステップST302では、指示軌跡情報、或いはアームセンサ111から得られるロボットアーム110の位置や速度、或いは生体接触圧力が、上記の制約条件の範囲内であるか否かを判定し、範囲外の場合には、ステップST303に進み、ロボットアーム110の駆動を停止する、或いは、安全な位置に退避させる。

50

【0111】

さらにステップST304では、超音波プローブ120の自動移動中に、ロボットアーム110の駆動を停止させる情報が入力されたか否かを判定する。例えば、寝台上の被検体が突然姿勢を変えたり、大きく移動したりして、当初予定していな状況が発生した場合は、操作者はロボットアーム110に触れる。ロボットアーム110に対する操作者のこの接触は、ロボットアーム110の駆動を停止させるための情報となる。この接触情報によって、ステップST304では、駆動を停止させる情報が入力されたものと判定し、ステップST303において、ロボットアーム110の駆動を停止する。

【0112】

この他、ロボットアーム110の駆動を停止させる情報としては、被検体（患者）の音声情報や生体情報、被検体（患者）に装着された磁気センサ等の情報、操作者による音声情報、監視カメラ130の撮影画像の解析情報、超音波画像の解析情報、などがある。これらの情報によって、ステップST304では、駆動を停止させる情報が入力されたものと判定し、ステップST303において、ロボットアーム110の駆動を停止する。

10

【0113】

また、ステップST305では、超音波プローブ120の自動移動中に、ロボットアーム110の移動軌跡を変更する情報が入力されたか否かを判定する。軌跡変更情報の例としては、例えば、触覚付き入力デバイス160から指示される経路情報が挙げられる。軌跡変更情報が入力された場合には、ステップST306にて、入力された軌跡変更情報にしたがって、ロボットアーム110を駆動する軌跡が変更される。

20

【0114】

ステップST307では、ロボットアーム110による駆動が終了したか否かが判定され、終了していない場合は、ステップST301に戻って駆動を継続する。

【0115】

なお、ステップST300乃至ステップST307の処理は、アーム制御回路140によって行われる。

【0116】

（超音波診断支援装置）

図20の下段に、本実施形態の超音波診断支援装置300の構成例を示す。超音波診断支援装置300は、ここまで説明してきた超音波診断装置1の構成（図5に示した構成）から、図20の上段に示す構成（即ち、超音波プローブ120、送信回路231、受信回路232、第1の処理回路210、画像記憶回路324、ディスプレイ250、及び入力デバイス260）を取り除いた構成を有する。

30

【0117】

言い換えると、超音波診断支援装置300は、ロボットアーム110、ロボットアーム制御回路140、プローブセンサ112、アームセンサ111、第2の処理回路220、参照軌跡情報記憶回路242、指示軌跡情報記憶回路243、生体情報データベース244、ECG/呼吸センサ180を備えて構成される。

【0118】

また、本実施形態の超音波診断支援装置300の構成を、図6乃至図8に示した第1乃至第3変形例の構成から、超音波プローブ120、送信回路231、受信回路232、第1の処理回路210、画像記憶回路324、ディスプレイ250、及び入力デバイス260）を取り除いた構成とすることもできる。なお、超音波診断支援装置300の構成及び動作は、ここまで既に説明してきているため、その説明を省略する。

40

【0119】

本実施形態の超音波診断支援装置300を、従来の超音波診断装置（即ち、図20の上段に示す構成）に接続することにより、ここまで説明してきたロボットアーム110に関する各種の制御が可能となり、超音波プローブ120を、ロボットアーム110を用いて安定した軌跡で移動させることが可能となる。超音波診断装置は、超音波診断支援装置300より超音波画像の3次元空間の位置情報を取得し、3次元画像の生成を行うことがで

50

きる。また、超音波診断装置は、各画像の位置情報や軌跡情報を利用した画像表示が可能となる。なお、超音波診断支援装置300は、超音波プローブ120の位置、及び、超音波画像の位置の少なくとも1つを、従来の超音波診断装置に送信できるインターフェースを有している。

【0120】

以上説明してきたように、実施形態の超音波診断装置1によれば、医師や技師などの操作者のスキルに依存することなく、熟練者以上に安定した軌跡で（例えば、常に一定の速度で、常に一定の傾きで、常に一定の断面間隔で）超音波プローブ120を移動させることができる。また、同じ目的のプローブ走査を繰り返し行う場合でも、操作者に負担をかけることなく、再現性の高いプローブ走査を実現することができる。

10

【0121】

なお、図2に記載される第1の処理回路210、第2の処理回路220、アーム制御回路140は、前述したように、例えばプロセッサとメモリを具備し、プログラムがメモリに保存されたプログラムを実行することによって所定の機能を実現する。

【0122】

また、上記説明において用いた「プロセッサ」という文言は、例えば、専用又は汎用のCPU（Central Processing Unit）、或いは、特定用途向け集積回路（Application Specific Integrated Circuit：ASIC）、プログラマブル論理デバイス（例えば、単純プログラマブル論理デバイス（Simple Programmable Logic Device：SPLD）、複合プログラマブル論理デバイス（Complex Programmable Logic Device：CPLD）、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ（Field Programmable Gate Array：FPGA）等の回路を意味する。

20

【0123】

第1の処理回路210、第2の処理回路220、アーム制御回路140で使用するプロセッサは、記憶回路に保存された、もしくはプロセッサの回路内に直接組み込まれたプログラムを読み出し、実行することで各機能を実現する。第1の処理回路210、第2の処理回路220、及びアーム制御回路140は、それぞれ1以上のプロセッサを設ける構成でもよい。或いは、1つのプロセッサが、第1の処理回路210、第2の処理回路220、及びアーム制御回路140のうち、任意の2つの回路の処理を実行するように構成してもよいし、3つの回路の全ての処理を実行するように構成してもよい。

30

【0124】

なお、実施形態のアーム制御回路、指示軌跡情報記憶回路、参照軌跡情報生成機能、及び指示軌跡情報生成機能は、夫々、特許請求の範囲の制御部、記憶部、参照軌跡情報生成部、及び指示軌跡情報生成部の一例である。

【0125】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

40

【符号の説明】

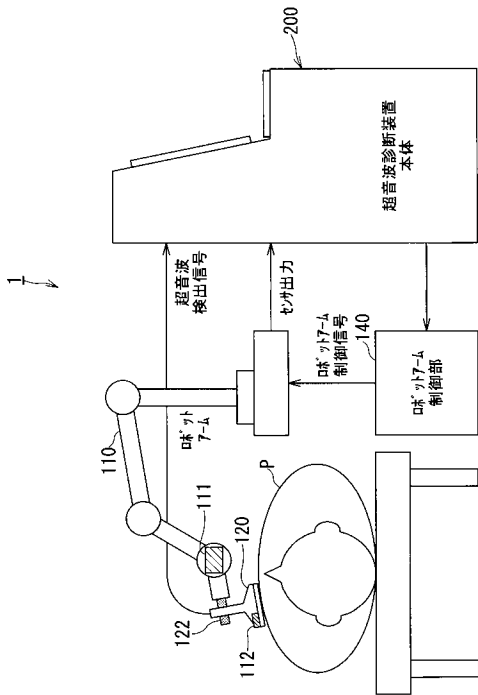
【0126】

- 1 超音波診断装置
- 110 ロボットアーム
- 111 アームセンサ
- 112 プローブセンサ
- 120 超音波プローブ
- 121 プローブセンサ
- 122 プローブアダプタ

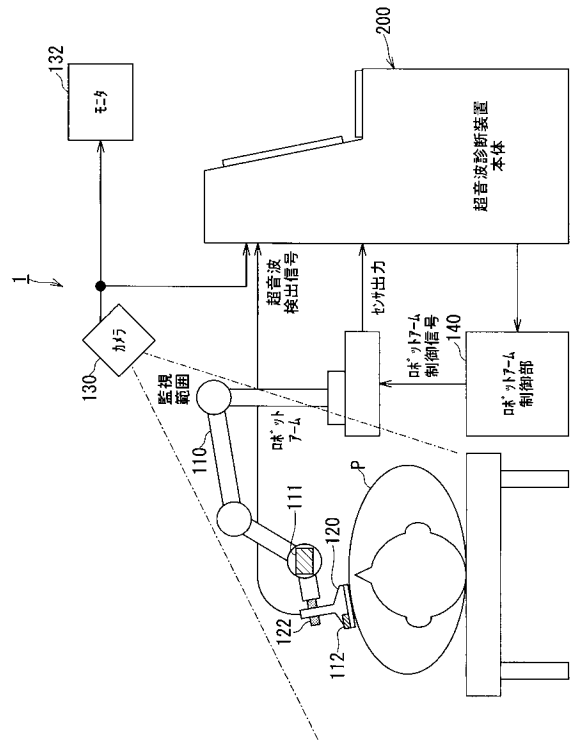
50

- 130 カメラ (監視カメラ)
- 131、132 モニタ (監視カメラモニタ)
- 140 ロボットアーム制御部 (制御部)
- 150 磁気送信機
- 160 触覚付入力デバイス
- 170 生体基準位置センサ
- 190 針位置センサ
- 210 第1の処理回路
- 220 第2の処理回路
- 221 参照軌跡情報生成部
- 222 指示軌跡情報生成部
- 225 軌跡学習部
- 226 触覚付入力デバイス制御部
- 242 参照軌跡情報記憶回路
- 243 指示軌跡情報記憶回路
- 244 生体情報データベース

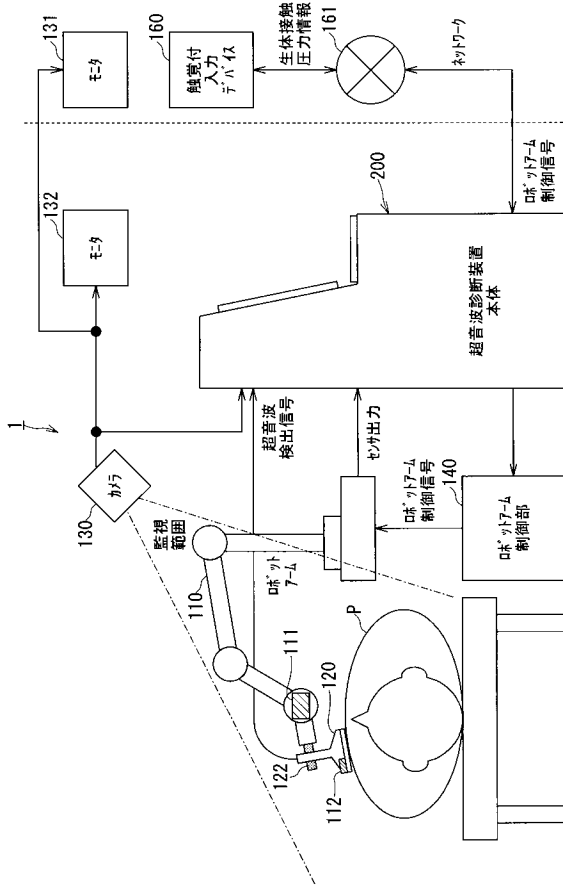
【 図 1 】



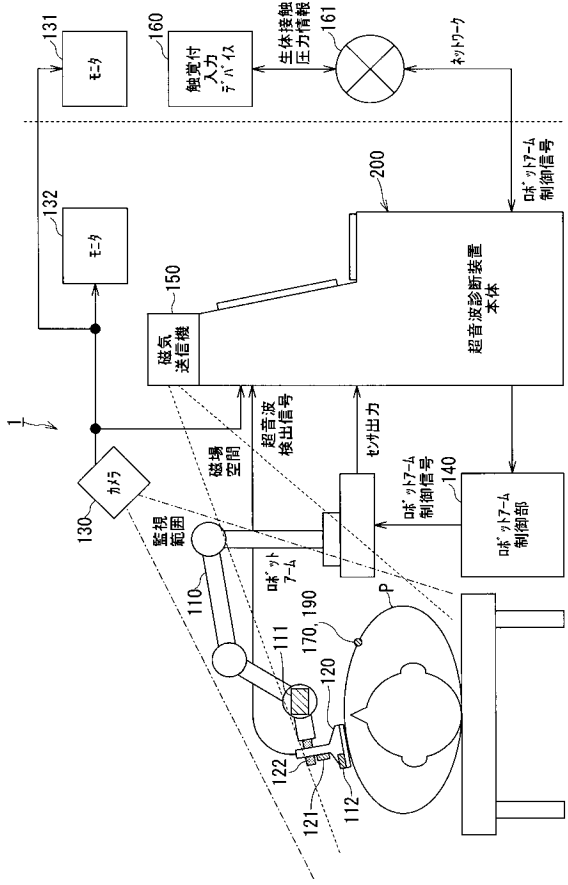
【 図 2 】



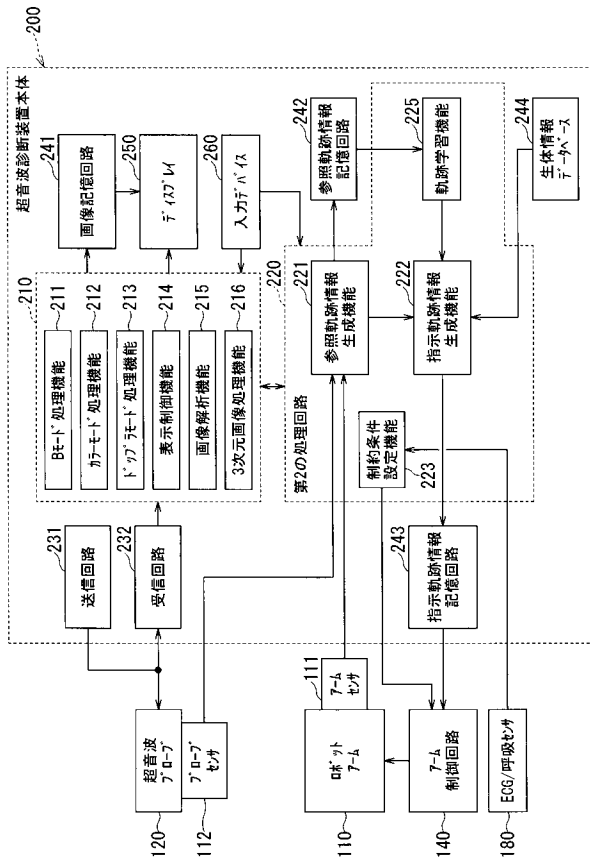
【図 3】



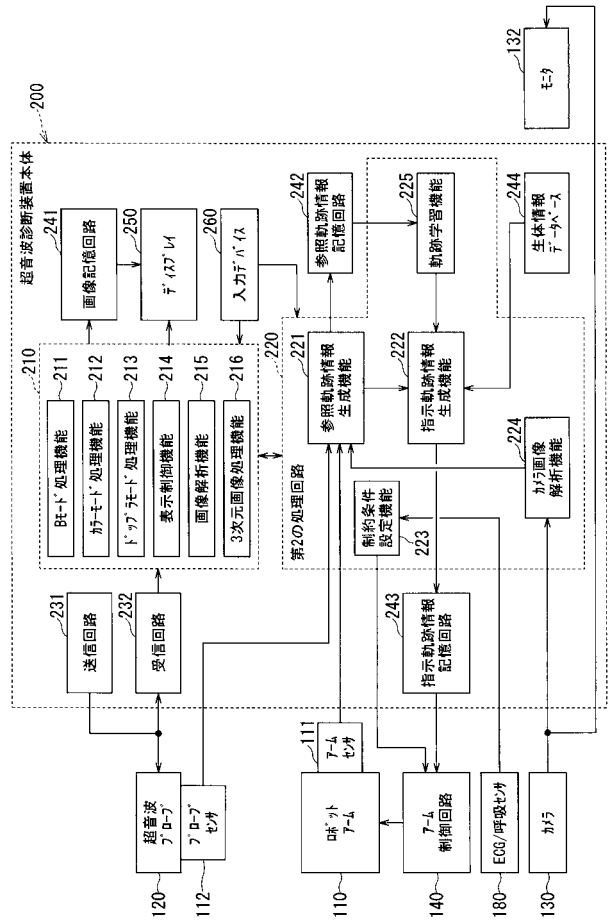
【図 4】



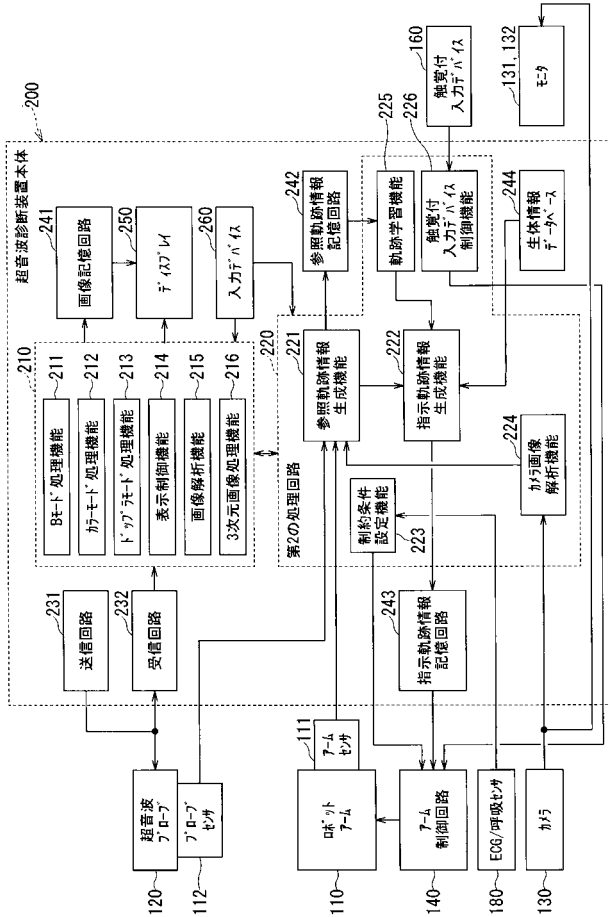
【図 5】



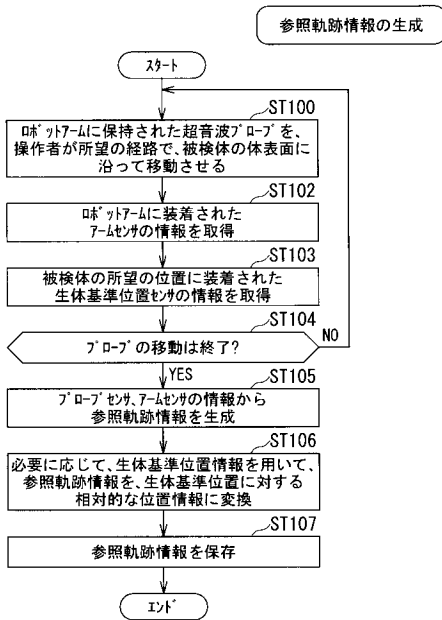
【図 6】



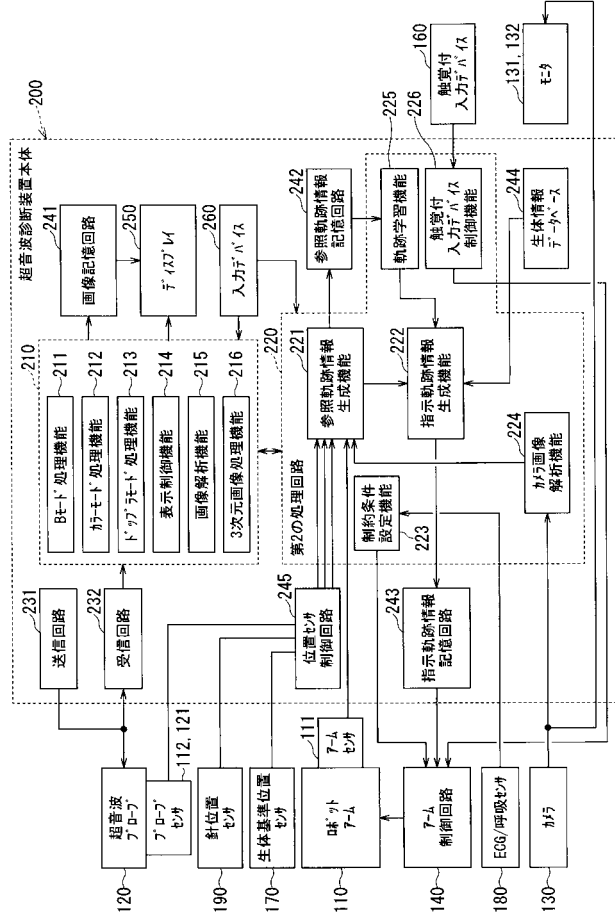
【図7】



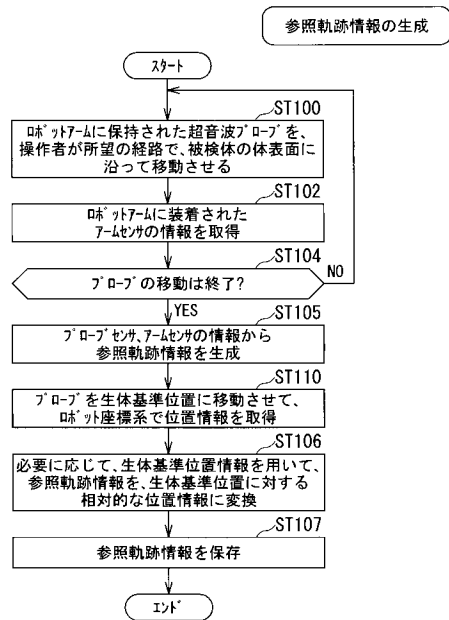
【図9】



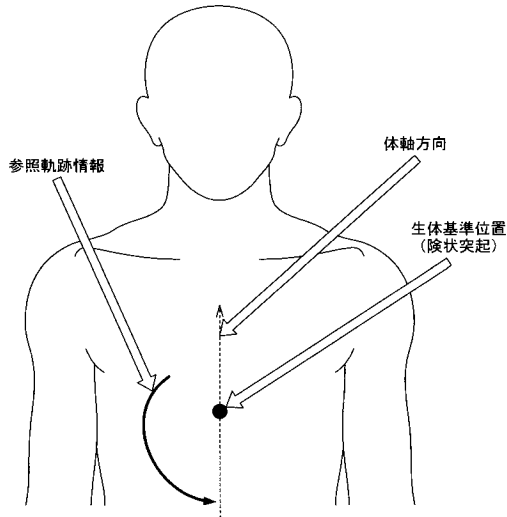
【図8】



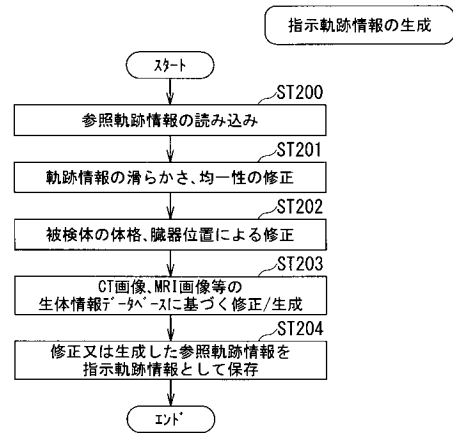
【図10】



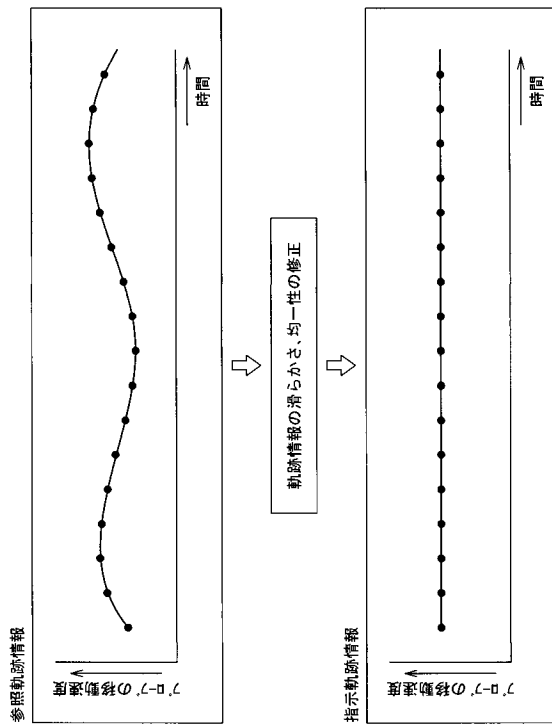
【 図 1 1 】



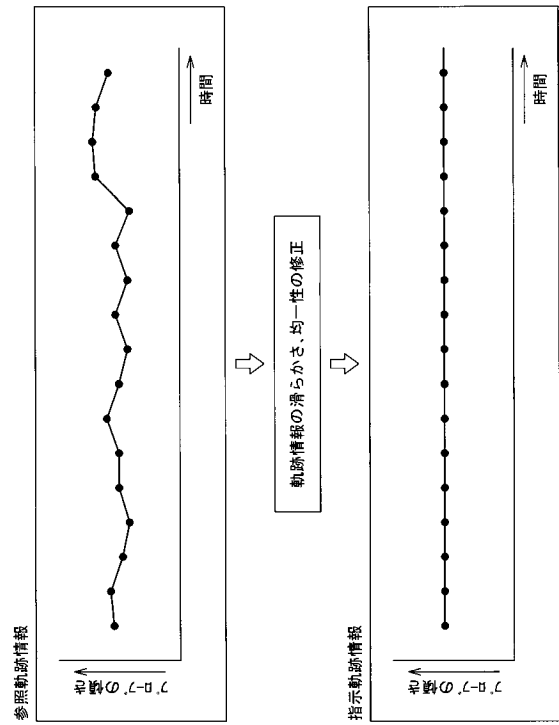
【 図 1 2 】



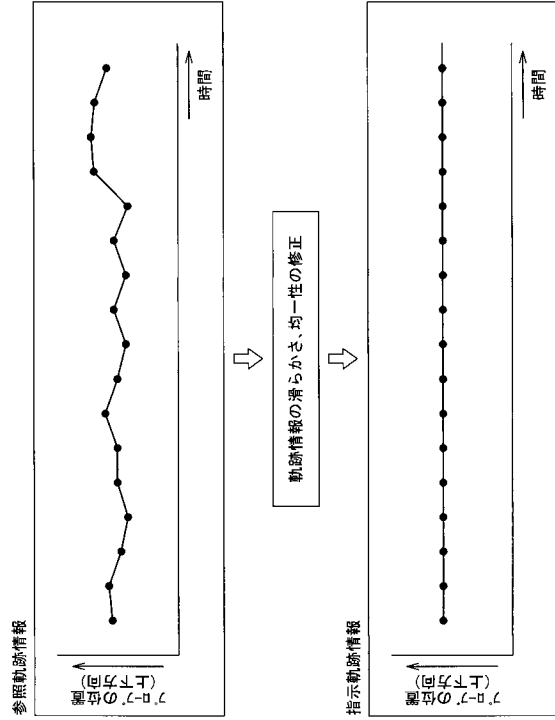
【 図 1 3 】



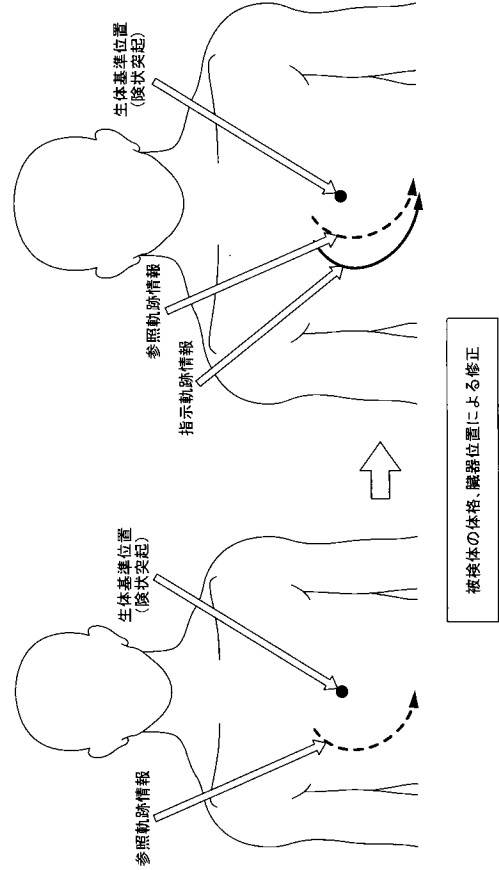
【 図 1 4 】



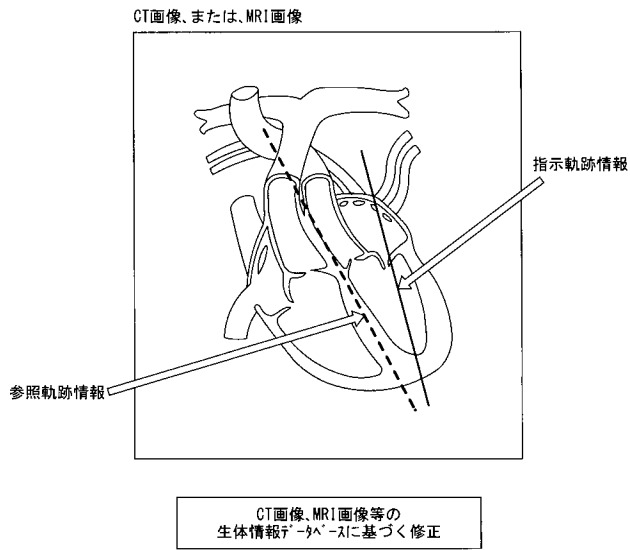
【 図 1 5 】



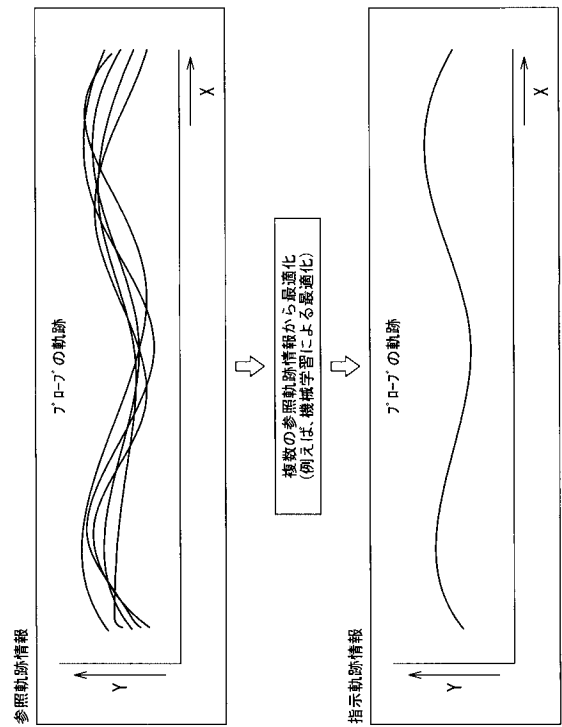
【 図 1 6 】



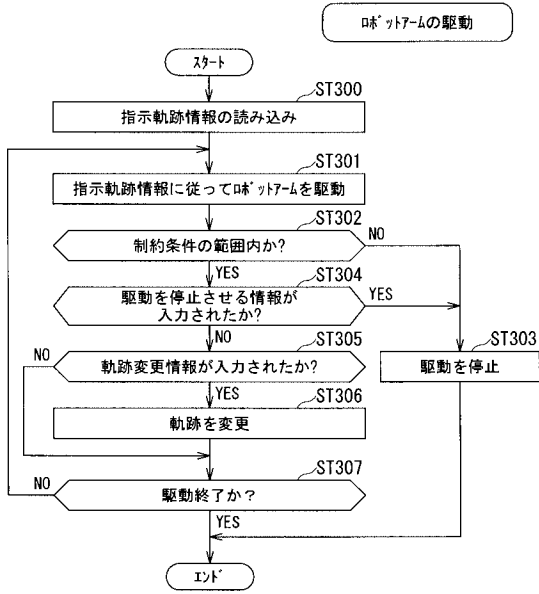
【 図 1 7 】



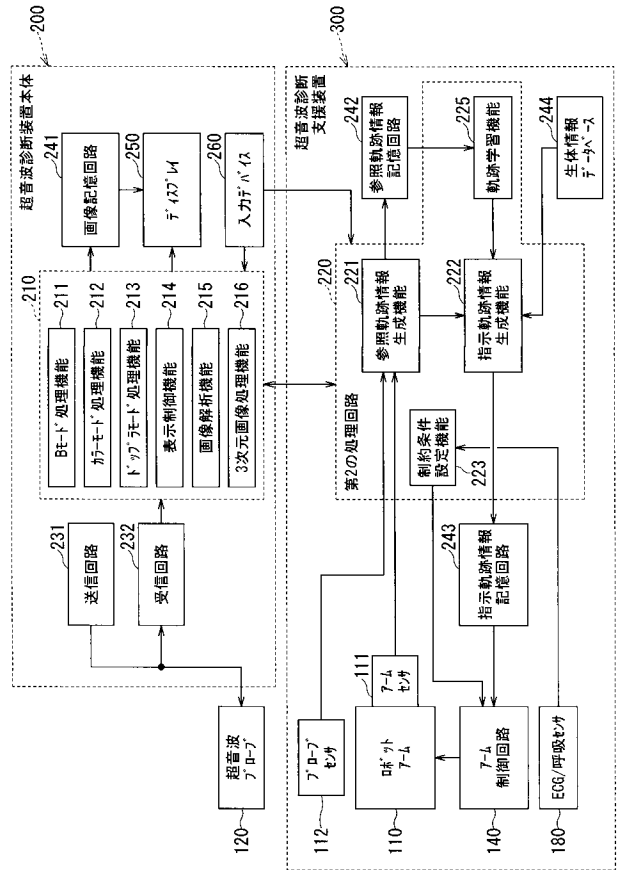
【 図 1 8 】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

- (72)発明者 西野 正敏
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 菊地 紀久
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 中沢 尚之
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 中井 淳
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 樋口 治郎
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 小林 豊
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 姚 淙
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 手塚 和男
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 米山 直樹
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 鷲見 篤司
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- Fターム(参考) 4C601 BB09 EE30 GA18 GA21 GA24 GA25

专利名称(译)	超声波诊断装置及び超声波诊断支援装置		
公开(公告)号	JP2017159027A	公开(公告)日	2017-09-14
申请号	JP2017021034	申请日	2017-02-08
[标]申请(专利权)人(译)	东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	嶺喜隆 貞光和俊 高橋正美 西野正敏 菊地紀久 中沢尚之 中井淳 樋口治郎 小林豊 姚淙 手塚和男 米山直樹 鷲見篤司		
发明人	嶺喜隆 貞光和俊 高橋正美 西野正敏 菊地紀久 中沢尚之 中井淳 樋口治郎 小林豊 姚淙 手塚和男 米山直樹 鷲見篤司		
IPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB09 4C601/EE30 4C601/GA18 4C601/GA21 4C601/GA24 4C601/GA25		
优先权	2016043828 2016-03-07 JP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波诊断装置，其能够在不依赖于诸如医生或技术人员的操作者的技能的情况下，以比本领域技术人员更稳定的轨迹移动超声波探头。 解决方案：超声波诊断装置包括超声波探头112，保持超声波探头并沿着被检体的身体表面移动超声波探头的机器人手臂110，通过机械手臂使超声波探头移动的机器人手臂存储部分，用于存储用于使存储指令跟踪信息的指令跟踪信息，并控制机器人臂的驱动，以便根据控制信号移动超声波探头。

