

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波画像の輝度及び弾性値の少なくとも 1 つに基づいて、冷凍治療による被検体の冷凍範囲を測定する冷凍範囲測定部と、

前記冷凍範囲の変化に基づいて前記冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する冷凍状態検出部と

を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記冷凍範囲測定部は、前記超音波画像の輝度に基づいて前記冷凍範囲と前記冷凍範囲以外の範囲との境界を識別し、基準位置と前記境界との間の距離及び面積のうち少なくとも 1 つに基づいて前記冷凍範囲を測定することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 3】

前記冷凍範囲測定部は、前記基準位置よりも深度が浅い前記境界を、前記冷凍範囲と前記冷凍範囲以外の範囲との境界を識別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。

【請求項 4】

前記冷凍範囲測定部は、前記基準位置よりも深度が浅い前記境界と前記基準位置との間の距離及び面積のうち少なくとも 1 つに基づいて前記冷凍範囲を測定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。

20

【請求項 5】

前記冷凍範囲測定部は、前記超音波画像に指定領域を設定し、前記指定領域の輝度を算出し、

前記冷凍状態検出部は、前記指定領域の輝度及び弾性値の少なくとも 1 つの変化に基づいて前記冷凍状態又は前記解凍状態を検出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。

【請求項 6】

第 1 の冷凍治療と第 2 の冷凍治療が行われる場合に、前記冷凍状態検出部は、前記第 1 の冷凍治療と前記第 2 の冷凍治療との前記冷凍範囲の変化を比較することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 つに記載の超音波診断装置。

30

【請求項 7】

前記冷凍範囲測定部は、前記冷凍範囲をガイドする冷凍計画範囲を前記超音波画像に設定す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 8】

前記冷凍範囲測定部は、前記基準位置を記憶し、前記基準位置を前記超音波画像に表示させることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、冷凍治療に用いられる超音波診断装置に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

冷凍治療において、治療器具の先端位置を断層画像として撮像することが可能な磁気共鳴イメージング装置（MRI）を用いて、治療のモニタリングを行う手法が開示されている（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2005 - 110865 号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の特許文献では、磁気共鳴イメージング装置（MRI）で冷凍治療をモニタリングしているため、治療を行いながらリアルタイムでモニタリングを行うことは困難であった。

【0005】

本発明の目的は、超音波診断装置を冷凍治療のモニタリングに用いることにより、冷凍治療の進行度をリアルタイムに観察することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の超音波診断装置は、超音波画像の輝度及び弾性値の少なくとも1つに基づいて、冷凍治療による被検体の冷凍範囲を測定する冷凍範囲測定部と、前記冷凍範囲の変化に基づいて前記冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する冷凍状態検出部とを備える。

【0007】

この構成によれば、超音波画像の輝度及び弾性値の少なくとも1つに基づいて冷凍範囲を測定することにより、冷凍治療の進行度をリアルタイムに観察することができる。

【発明の効果】

【0008】

本発明は、超音波画像の輝度及び弾性値の少なくとも1つに基づいて冷凍範囲を測定することにより、冷凍治療の進行度をリアルタイムに観察することができる超音波診断装置を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施の形態の超音波診断装置の一例を示したブロック図である。

【図2】境界と基準位置との距離に基づいて冷凍範囲が飽和したことを判断することを示した図である。

【図3】境界と基準位置との平均距離又は面積に基づいて冷凍範囲が飽和したことを判断することを示した図である。

【図4】被検体の組織の冷凍と解凍を繰り返す場合の境界変化グラフを示した図である。

【図5】弾性値により冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する超音波診断装置の一例を示したブロック図である。

【図6】超音波画像（弾性画像）に指定領域を設定することを示した図である。

【図7】基準位置よりも深度が深い箇所に指定領域が設定されたことを示す図である。

【図8】冷凍計画範囲を超音波画像に設定することを示した図である。

【図9】基準位置を超音波画像に表示させることを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態の超音波診断装置について、図面を用いて説明する。図1は、本実施の形態の超音波診断装置の一例を示したブロック図である。図1に示すように、超音波診断装置1は、被検体10に当接させて用いる超音波探触子12と、冷凍治療に用いられる治療針（冷凍部）13と、治療針（冷凍部）13の冷凍を制御して冷凍治療を行う冷凍治療器15と、超音波探触子12を介して被検体10に時間間隔をおいて超音波を繰り返し送信する送信部14と、被検体10から発生する時系列の反射エコー信号を受信する受信部16と、送信部14と受信部16を制御する送受信制御部17と、受信部16で受信された反射エコーを整相加算する整相加算部18とを備える。

【0011】

超音波診断装置1は、整相加算部18からのRF信号フレームデータに基づいて被検体10の濃淡断層画像（例えば、白黒断層画像）を構成する断層画像構成部20と、断層画像構成部20の出力信号を画像表示部26の表示に合うように変換するスキャンコンバー

10

20

30

40

50

タ（白黒スキャンコンバータ）２２とを備える。

【００１２】

超音波診断装置１は、整相加算部１８から出力されるＲＦ信号フレームデータを記憶し、少なくとも２枚のフレームデータを選択するＲＦフレームデータ選択部２８と、被検体１０の生体組織の変位を計測する変位計測部３０と、変位計測部３０で計測された変位情報から歪み又は弾性率を求める弾性情報演算部３２と、弾性情報演算部３２で演算された歪み又は弾性率からカラー弾性画像を構成する弾性画像構成部３４と、弾性画像構成部３４の出力信号を画像表示部２６の表示に合うように変換するカラースキャンコンバータ３６とを備える。

【００１３】

超音波診断装置１は、画像解析部（第１の画像解析部）１００を備える。画像解析部１００は、超音波画像の輝度に基づいて、冷凍治療による被検体の冷凍範囲を測定する冷凍範囲測定部（第１の冷凍範囲測定部）３９と、冷凍範囲に基づいて冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する冷凍状態検出部（第１の冷凍状態検出部）４０とを備える。冷凍範囲測定部３９は、スキャンコンバータ２２から出力される画像データに基づいて輝度の変化を解析する輝度解析部４４と、輝度が閾値以下の領域の境界を解析する境界解析部４５とを備える。

【００１４】

冷凍範囲測定部３９は、超音波画像（断層画像）の輝度に基づいて冷凍範囲と冷凍範囲以外の範囲との境界を識別し、基準位置（例えば、治療針（冷凍部）１３）と境界との間の距離（冷凍距離）及び面積（冷凍面積）のうち少なくとも１つに基づいて冷凍範囲を測定する。操作部４２からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部３９は、超音波画像（断層画像）に指定領域を設定し、指定領域の輝度（平均輝度を含む）を算出してもよい。冷凍状態検出部４０は、冷凍距離及び冷凍面積のうち少なくとも１つの変化に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出する。また、冷凍状態検出部４０は、指定領域の輝度（平均輝度を含む）の変化に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出してもよい。

【００１５】

超音波診断装置１は、白黒断層画像とカラー弾性画像を重ね合わせたり、グラフと画像を重ね合わせたり、関心領域（ＲＯＩ）と画像を重ね合わせたり、画像などを並列に表示させたり、画像などを切り替えたりする切替加算部２４と、合成された合成画像などを表示する画像表示部２６とを備える。

【００１６】

超音波探触子１２は、複数の振動子を配設して形成されており、振動子を介して被検体１０に超音波を送受信する機能を有している。送信部１４は、超音波探触子１２を駆動させて超音波を発生させるための送波パルスを生成するとともに、送信される超音波の収束点を所定の深さに設定する機能を有している。受信部１６は、超音波探触子１２により受信された反射エコー信号を所定のゲインで増幅してＲＦ信号（すなわち、受波信号）を生成する機能を有している。整相加算部１８は、受信部１６で増幅されたＲＦ信号を入力して位相制御し、一点又は複数の収束点に対し超音波ビームを形成してＲＦ信号フレームデータを生成する機能を有している。断層画像構成部２０は、整相加算部１８からのＲＦ信号フレームデータを入力して、ゲイン補正、ログ圧縮、検波、輪郭強調、及びフィルタ処理などの信号処理を行い、断層画像データを得る機能を有している。

【００１７】

スキャンコンバータ２２は、断層画像構成部２０からの断層画像データをデジタル信号に変換するＡ／Ｄ変換器と、変換された複数の断層画像データを時系列に記憶するフレームメモリと、制御コントローラとを含む。スキャンコンバータ２２は、フレームメモリに格納された被検体１０の断層フレームデータを１画像として取得し、取得された断層フレームデータをテレビ同期で読み出す機能を有している。

【００１８】

ＲＦフレームデータ選択部２８は、整相加算部１８からの複数のＲＦ信号フレームデー

10

20

30

40

50

タを格納し、格納されたRF信号フレームデータ群から1組(すなわち、2つのRF信号フレームデータ)を選択する。例えば、整相加算部18から時系列に(すなわち、画像のフレームレートに基づいて)生成されるRF信号フレームデータをRFフレームデータ選択部28が順次記憶し、記憶されたRF信号フレームデータ(F)を第1のデータとして選択すると同時に、時間的に過去に記憶されたRF信号フレームデータ群(F-1、F-2、F-3...F-M)の中から1つのRF信号フレームデータ(f)を選択する。なお、ここでF、M、fはRF信号フレームデータに付されたインデックス番号であり、自然数とする。

【0019】

変位計測部30は、RF信号フレームデータ(F)及びRF信号フレームデータ(f)から(すなわち、選択された1組のデータから)1次元相関処理或いは2次元相関処理を行って、断層画像の各点に対応する生体組織の変位や移動ベクトル(すなわち、変位の方向と大きさ)に関する1次元変位分布又は2次元変位分布を求める。ここで、移動ベクトルの検出には、ブロックマッチング法が用いられる。ブロックマッチング法は、画像を例えばN×N画素からなるブロックに分け、関心領域内のブロックに着目し、着目しているブロックに最も近似しているブロックを前のフレームから探し、これを参照して予測符号化(すなわち、差分)により標本値を決定する処理を行う。

【0020】

弾性情報演算部32は、変位計測部30から出力される計測値(例えば、移動ベクトル)と圧力計測部から出力される圧力値とから断層画像上の各点に対応する生体組織の弾性値(変位や歪みや弾性率など)を演算し、歪みや弾性率などに基づいて弾性画像信号(すなわち、弾性フレームデータ)を生成する機能を有する。

【0021】

このとき、歪みのデータは、生体組織の移動量(例えば、変位)を空間微分することによって算出される。また、弾性率のデータは、圧力の変化を歪みの変化で除することによって計算される。例えば、変位計測部30により計測された変位をL(X)、圧力計測部により計測された圧力をP(X)とすると、歪みS(X)は、L(X)を空間微分することによって算出することができるから、 $S(X) = L(X) / X$ という式を用いて求められる。また、弾性率データのヤング率Ym(X)は、 $Ym = P(X) / S(X)$ という式によって算出される。ヤング率Ym(X)から断層画像の各点に相当する生体組織の弾性率が求められるので、2次元の弾性画像データを連続的に得ることができる。

【0022】

弾性画像構成部34は、フレームメモリと画像処理部とを含み、弾性情報演算部32から時系列に出力される弾性フレームデータをフレームメモリに確保し、確保されたフレームデータに対し画像処理を行う機能を有する。

【0023】

カラーキャンコンバータ36は、弾性画像構成部34からの弾性フレームデータに色相情報を付与する機能を有する。つまり、弾性フレームデータに基づいて光の3原色(すなわち、赤(R)、緑(G)、青(B))に変換するものである。例えば、カラーキャンコンバータ36は、歪みが大きい弾性データを赤色コードに変換すると同時に、歪みが小さい弾性データを青色コードに変換する。

【0024】

画像解析部100は、冷凍状態検出部40、操作部42、輝度解析部44、境界解析部45を含む。輝度解析部44は、スキャンコンバータ22のフレームメモリに記憶された断層画像データに対して、所定の閾値以下の輝度の領域を特定し、冷凍範囲と冷凍範囲以外の範囲との境界を識別する。操作部42は、超音波画像に指定領域を設定し、輝度解析部44は、操作部42により設定された指定領域内の輝度の平均値(平均輝度)を計算する。境界解析部45は、輝度解析部44により求められた所定の閾値以下の輝度の領域の境界と基準位置(例えば、治療針(冷凍部)13)との距離又は面積を求める。境界解析

10

20

30

40

50

部 4 5 は、治療針 1 3 の所定の点における軸方向の垂線と境界との距離（冷凍距離）を求めてもよいし、治療針 1 3 の複数の点における軸方向の垂線と境界との距離（冷凍距離）の平均値を求めてもよいし、治療針 1 3 の 2 点における軸方向の垂線間の面積（冷凍面積）を求めてもよい。このように、境界解析部 4 5 は、基準位置（例えば、治療針（冷凍部）1 3）と境界との間の距離及び面積のうち少なくとも 1 つに基づいて冷凍範囲を測定する。

【0025】

冷凍状態検出部 4 0 は、内部メモリを含み、内部メモリは、輝度解析部 4 4 により計算された全てのフレームの指定領域内の輝度の平均値や境界解析部 4 5 により求められた全てのフレームの境界と基準位置との距離又は面積の値を保持する。冷凍状態検出部 4 0 は、輝度解析部 4 4 と境界解析部 4 5 の解析結果に基づいて、冷凍距離及び冷凍面積のうち少なくとも 1 つの変化をグラフ化した境界変化グラフを作成する。冷凍状態検出部 4 0 は、輝度解析部 4 4 の解析結果に基づいて、指定領域の輝度（平均輝度を含む）の変化をグラフ化した輝度変化グラフを作成する。

10

【0026】

切替加算部 2 4 は、フレームメモリと、画像処理部と、画像選択部とを備える。フレームメモリは、スキャンコンバータ 2 2 からの断層画像データとカラー スキャンコンバータ 3 6 からの弾性画像データとの合成割合を変更して合成画像を生成し、冷凍状態検出部 4 0 からの輝度変化グラフと境界変化グラフとを合成画像に重ねて画像表示部 2 6 に表示させる機能を有する。合成画像の各画素の輝度情報及び色相情報は、白黒断層画像とカラー弾性画像との各情報を所定の合成割合で加算したものである。画像選択部は、フレームメモリ内の断層画像データ、弾性画像データ、及び画像処理部の合成画像データのうちから画像表示部 2 6 に表示する画像を選択する機能を有する。

20

【0027】

図 2 は、境界と基準位置との距離に基づいて冷凍範囲が飽和したことを判断することを示した図である。図 2 では、冷凍範囲測定部 3 9 が、超音波画像の輝度に基づいて冷凍範囲 4 8 と冷凍範囲 4 8 以外の範囲との境界 5 0 を識別し、冷凍治療に用いられる治療針（冷凍部）1 3 と境界 5 0 との間の距離に基づいて冷凍範囲 4 8 を測定する。図 2 に示すように、冷凍範囲測定部 3 9 が治療針（冷凍部）1 3 の所定の点 P における軸方向の垂線と境界との冷凍距離 D を検出し、冷凍状態検出部 4 0 が冷凍距離 D の変化をグラフ表示する。

30

【0028】

図 2 (a) に示すように、治療針（冷凍部）1 3 が被検体 1 0 の組織（治療対象）4 6 に挿入されると、治療針 1 3 の冷凍機能により、治療針 1 3 の周りから組織 4 6 が徐々に冷凍状態になり、冷凍治療が実施される。冷凍が進行すると、治療針 1 3 の周りから輝度が徐々に小さくなり、冷凍範囲 4 8 が広がって冷凍範囲 4 8 と冷凍範囲 4 8 以外の範囲との境界 5 0 が徐々に広がる。図 2 (b) に示すように、氷（凍結した組織）は超音波を通さないため、冷凍が進行した組織からは超音波の反射信号を得られず、境界 5 0 よりも深度が深い部分は、黒い領域 5 1 として画像表示部 2 6 に表示される。つまり、輝度が最小に近づく。輝度解析部 4 4 が、各画素（各ピクセル）の輝度を解析することにより、所定の閾値以下の輝度の領域を特定し、冷凍領域の境界 5 0 を検出する。黒い領域 5 1 には、超音波の反射信号を得られず、輝度データのない領域が含まれるので、輝度解析部 4 4 （冷凍範囲測定部 3 9）は、基準位置（治療針（冷凍部）1 3）よりも深度が浅い境界を、冷凍範囲 4 8 と冷凍範囲 4 8 以外の範囲との境界 5 0 として識別すればよい。境界解析部 4 5 （冷凍範囲測定部 3 9）は、基準位置（治療針（冷凍部）1 3）よりも深度が浅い境界 5 0 と基準位置との冷凍距離 D を求める。また、境界解析部 4 5 （冷凍範囲測定部 3 9）は、基準位置（治療針（冷凍部）1 3）よりも深度が浅い境界 5 0 と基準位置との間の冷凍距離 D 及び冷凍面積 S のうち少なくとも 1 つに基づいて冷凍範囲を測定してもよい。

40

【0029】

図 2 (c) に示すように、冷凍状態検出部 4 0 が、冷凍距離 D の変化を境界変化グラフ

50

5 2として算出し、切替加算部 2 4 が、境界変化グラフ 5 2を画像データと重ねて画像表示部 2 6に表示させる。

【0030】

図 2 (d)に示すように、冷凍治療の開始時刻から所定の時間が経過すると冷凍範囲 4 8が飽和する。したがって、冷凍範囲 4 8が飽和に近づくと、冷凍距離 Dの時間変化 ($D(t)/t$)が徐々に小さくなる傾向がある。そこで、冷凍状態検出部 4 0が、冷凍距離 Dの変化(時間変化を含む)を解析することにより、冷凍範囲 4 8の飽和度をモニタリングすることで、冷凍治療の冷凍状態を検出できる。例えば、 $D(t)/t = 1 \text{ m} / \text{min}$ になった場合に、冷凍状態検出部 4 0は、冷凍範囲 4 8が飽和したことを検出できる。また、冷凍飽和から解凍過程に移行して解凍過程が進行すると、冷凍距離 Dが減少する。冷凍状態検出部 4 0が、冷凍距離 Dの減少に基づいて、冷凍距離 Dの変化(時間変化を含む)を解析することにより、冷凍範囲 4 8の解凍度をモニタリングすることで、冷凍治療の解凍状態を検出できる。

10

【0031】

また、図 3 (a)に示すように、境界解析部 4 5は、治療針(基準位置) 1 3の複数の点 P 1、P 2、P 3における軸方向の垂線と境界との冷凍距離 D 1、D 2、D 3の平均値を求めてもよい。図 3 (b)に示すように、境界解析部 4 5は、治療針(基準位置) 1 3の2点 P 4、P 5の垂線と境界 5 0に囲まれた冷凍面積 Sを求めてもよい。冷凍状態検出部 4 0は、複数の冷凍距離 D 1、D 2、D 3の平均値及び冷凍面積 Sのうち少なくとも1つの変化(時間変化を含む)に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出してよい。

20

【0032】

図 4は、被検体 1 0の組織の冷凍と解凍を繰り返す場合の境界変化グラフ 5 2を示した図である。冷凍治療は、確実な治療効果を得るために、冷凍した組織が解凍された後に再度冷凍するプロセスを繰り返す。複数回冷凍治療を実施した場合の治療効果をモニタリングする手法について説明する。

【0033】

図 4 (a)に示すように、第 1の冷凍治療の境界変化 G 1と第 2の冷凍治療の境界変化 G 2が、境界変化グラフ 5 2として表されている。第 1の冷凍治療が実施されると、第 1の冷凍過程に入り、冷凍範囲 4 8が広がっていき、第 1の冷凍飽和に近づくと冷凍距離 Dの時間変化 ($D(t)/t$)が徐々に小さくなる。時刻 $t = i 1$ で第 1の冷凍過程から第 1の冷凍飽和になり、冷凍範囲 4 8の広がりが鈍化し、冷凍距離 Dの時間変化 ($D(t)/t$)が最小に近づく。時刻 $t = j 1$ で第 1の冷凍飽和から第 1の解凍過程に入り、冷凍範囲 4 8が小さくなっていく。第 2の冷凍治療が実施されると、第 2の冷凍過程に入り、冷凍範囲 4 8が広がっていき、第 2の冷凍飽和に近づくと冷凍距離 Dの時間変化 ($D(t)/t$)が徐々に小さくなる。時刻 $t = i 2$ で第 2の冷凍過程から第 2の冷凍飽和になり、冷凍範囲 4 8の広がりが鈍化し、冷凍距離 Dの時間変化 ($D(t)/t$)が最小に近づく。時刻 $t = j 2$ で第 2の冷凍飽和から第 2の解凍過程に入り、冷凍範囲 4 8が小さくなっていく。

30

【0034】

第 2の冷凍治療が実施されると、第 1の解凍過程で半解凍の状態第 2の冷凍過程に入ったり、第 1の冷凍過程で血流が止まった状態で第 2の冷凍過程に入ったりするので、第 2の冷凍過程の冷凍速度が第 1の冷凍過程の冷凍速度よりも速くなる。例えば、1回目の冷凍治療を実施する際、治療する領域内において、微細な血管が存在している領域は、血流により他領域と比較して組織が凍結するまでに時間を要する。1回目の冷凍治療が実施された後、組織は変質を起こし、微細血管の血流は消失するので、2回目の冷凍治療では血流の影響がなくなり、組織が凍結するまでの時間が早くなる。

40

【0035】

したがって、図 4 (a)に示すように、第 2の冷凍飽和の開始時刻 $t = i 2$ は、第 1の冷凍飽和の開始時刻 $t = i 1$ よりも早くなる。また、冷凍飽和の時間設定によっては(例えば、第 1の冷凍治療と第 2の冷凍治療の冷凍飽和時間が同じに設定されていれば)、第

50

2の冷凍飽和の終了時刻 $t = j_2$ は、第1の冷凍飽和の終了時刻 $t = j_1$ よりも早くなる。

【0036】

このように、冷凍治療の第1の冷凍状態から解凍状態に変化し、解凍状態から第2の冷凍状態に変化する場合に、冷凍状態検出部40は、第1の冷凍治療と第2の冷凍治療における冷凍距離又は冷凍面積の時間、変化、及び時間変化の少なくとも1つを比較する。これにより、冷凍状態検出部40は、第1の冷凍治療と第2の冷凍治療が行われる場合に、第1の冷凍治療と第2の冷凍治療との冷凍範囲48の変化を比較する。

【0037】

例えば、冷凍状態検出部40は、冷凍治療開始から同時刻（例えば、第2の冷凍飽和開始時刻 $t = i_2$ ）における第1の冷凍治療と第2の冷凍治療との冷凍距離 D 又は冷凍面積 S の時間変化（ $D(t)/t$ 又は $S(t)/t$ ）を比較する。図4(a)の“ $t = i_2$ ”における第1の冷凍治療の冷凍距離 D の時間変化を“ $D_1(i_2)/t$ ”とし、“ $t = i_2$ ”における第2の冷凍治療の冷凍距離 D の時間変化を“ $D_2(i_2)/t$ ”とすると、冷凍状態検出部40は、式(1)に示すように冷凍距離 D の時間変化の比を算出する。

$$D_1(i_2) / D_2(i_2) \quad \dots \dots (1)$$

【0038】

なお、 $D_1(i_2)$ は、図4(a)の点 Q_1 の傾きに相当し、 $D_2(i_2)$ は、点 Q_2 の傾きに相当する。

【0039】

また、冷凍状態検出部40は、式(2)に示すように第1の冷凍治療の冷凍飽和終了時刻 $t = j_1$ における冷凍距離 D の時間変化の比を算出する。

$$D_1(j_1) / D_2(j_1) \quad \dots \dots (2)$$

【0040】

なお、 $D_1(j_1)$ は、図4(a)の点 Q_3 の傾きに相当し、 $D_2(j_1)$ は、点 Q_4 の傾きに相当する。

【0041】

また、冷凍状態検出部40は、式(3)に示すように第1の冷凍治療と第2の冷凍治療との冷凍飽和開始時刻（ $t = i_1$ 及び $t = i_2$ ）の差を算出する。

$$i_1 - i_2 \quad \dots \dots (3)$$

【0042】

また、冷凍状態検出部40は、式(4)に示すように第1の冷凍治療と第2の冷凍治療との冷凍飽和終了時刻（ $t = j_1$ 及び $t = j_2$ ）の差を算出する。

$$j_1 - j_2 \quad \dots \dots (4)$$

【0043】

冷凍状態検出部40は、式(1)～(4)の結果に基づいて、冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する。例えば、式(1)において、比“ $D_1(i_2)/D_2(i_2)$ ”が大きくなれば、冷凍状態検出部40は、繰り返し行う冷凍治療の冷凍効果（冷凍速度など）が上がっていることを検出する。また、式(2)において、比“ $D_1(j_1)/D_2(j_1)$ ”が小さくなれば、冷凍状態検出部40は、繰り返し行う冷凍治療の解凍効果（解凍速度など）が上がっていることを検出する。また、式(3)において、差“ $i_1 - i_2$ ”が大きくなれば、冷凍状態検出部40は、繰り返し行う冷凍治療の冷凍効果（冷凍速度など）が上がっていることを検出する。また、式(4)において、差“ $j_1 - j_2$ ”が大きくなれば、冷凍状態検出部40は、繰り返し行う冷凍治療の解凍効果（解凍速度など）が上がっていることを検出する。このように、第1の冷凍治療と第2の冷凍治療との冷凍範囲48の変化を比較することにより、冷凍状態検出部40は、冷凍治療を複数回実施した際の治療効果（治療の進行度など）をモニタリングすることが可能になる。なお、図4(b)に示すように、冷凍状態検出部40が、複数回の冷凍治療の冷凍距離 D の変化を境界変化グラフ52として算出し、切替加算部24が、境界変化グラフ52を画像

10

20

30

40

50

データと重ねて画像表示部 26 に表示させる。

【0044】

次に、複数回の冷凍治療を実施する場合、効果的に第2の冷凍治療を実施するために、組織の解凍の程度をモニタリングする手法について説明する。

【0045】

弾性画像構成部 34 で画像処理された弾性フレームデータに対して、カラースケャンコンバータ 36 にて色相情報を付加した弾性画像データを断層画像データと合成して画像表示部 26 に表示する。弾性画像は断層画像では識別できない組織の硬さの画像化が可能のため、凍結した組織の解凍の程度をモニタリングすることができる。冷凍治療された組織が周辺組織と比較して硬い場合、治療した組織はまだ冷凍状態（半解凍状態を含む）であると判断することが可能となる。

10

【0046】

図5は、弾性値（変位や歪みや弾性率など）により冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する超音波診断装置の一例を示したブロック図である。図5に示すように、超音波診断装置 1 は、画像解析部（第2の画像解析部）200を備える。画像解析部 200 は、超音波画像（弾性画像）の弾性値に基づいて、冷凍治療による被検体の冷凍範囲 48 を測定する冷凍範囲測定部（第2の冷凍範囲測定部）60と、冷凍範囲 48 に基づいて冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する冷凍状態検出部（第2の冷凍状態検出部）61とを備える。操作部 62 からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部 60 は、超音波画像（弾性画像）に指定領域を設定し、指定領域の輝度（平均輝度を含む）を算出してもよい。冷凍状態検出部 61 は、指定領域の輝度（平均輝度を含む）の変化に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出してもよい。

20

【0047】

冷凍範囲測定部 60 は、弾性情報演算部 32 から出力される弾性値に基づいて組織の硬さの変化を解析する弾性情報解析部 63 と、硬さが閾値以上の領域の境界を解析する硬さ境界解析部 64 とを備える。図6に示すように、操作部 62 からの入力に基づいて、弾性情報解析部 63 は、超音波画像（弾性画像）に指定領域 56 を設定し、指定領域 56 内から弾性値（弾性値の平均を含む）を算出する。硬さ境界解析部 64 は、弾性情報解析部 63 により求められた所定の閾値以上の硬さの領域の境界と基準位置（例えば、治療針（冷凍部）13）との距離又は面積を求める。硬さ境界解析部 64 は、治療針 13 の所定の点における軸方向の垂線と境界との距離（冷凍距離）を求めてもよいし、治療針 13 の複数の点における軸方向の垂線と境界との距離（冷凍距離）の平均値を求めてもよいし、治療針 13 の2点における軸方向の垂線間の面積（冷凍面積）を求めてもよい。このように、硬さ境界解析部 64 は、基準位置（例えば、治療針（冷凍部）13）と境界との間の距離及び面積のうち少なくとも1つに基づいて冷凍範囲 48 を測定する。

30

【0048】

冷凍状態検出部 61 は、内部メモリを含み、内部メモリは、弾性情報解析部 63 により計算された全てのフレームの指定領域内の弾性値や硬さ境界解析部 64 により求められた全てのフレームの境界と基準位置との距離又は面積の値を保持する。冷凍状態検出部 61 は、弾性情報解析部 63 と硬さ境界解析部 64 の解析結果に基づいて、冷凍距離及び冷凍面積のうち少なくとも1つの変化をグラフ化した境界変化グラフを作成する。冷凍状態検出部 61 は、弾性情報解析部 63 の解析結果に基づいて、指定領域 56 の弾性値（弾性値の平均値を含む）の変化をグラフ化した弾性値変化グラフを作成し、指定領域の弾性値の変化に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出する。

40

【0049】

図2～図4に示す冷凍範囲測定部（第1の冷凍範囲測定部）39及び冷凍状態検出部（第1の冷凍状態検出部）40と同様に、冷凍範囲測定部（第2の冷凍範囲測定部）60及び冷凍状態検出部（第2の冷凍状態検出部）61は、超音波画像の弾性値に基づいて、冷凍治療による被検体の冷凍範囲 48 を測定し、冷凍範囲 48 に基づいて冷凍治療の冷凍状態又は解凍状態を検出する。

50

【0050】

以上、本発明にかかる実施の形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、請求項に記載された範囲内において変更・変形することが可能である。

【0051】

操作部42からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部(第1の冷凍範囲測定部)39は、超音波画像(断層画像)に指定領域を設定し、指定領域の輝度(平均輝度を含む)を算出する。操作部62からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部(第2の冷凍範囲測定部)60は、超音波画像(弾性画像)に指定領域を設定し、指定領域内から弾性値(弾性値の平均を含む)を算出する。この場合、指定領域は、治療対象のすべて又は一部を含んでもよいし、治療対象を含まなくてもよい。指定領域の設定箇所は、基準位置(治療針(冷凍部)13)を含む箇所であってもよいし、基準位置近傍の基準位置よりも深度が浅い箇所又は深い箇所であってもよい。

10

【0052】

図7は、治療針(冷凍部)13よりも深度が深い箇所に指定領域が設定されたことを示す図である。図7に示すように、操作部42からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部(第1の冷凍範囲測定部)39は、超音波画像(断層画像)に指定領域70を設定する。冷凍状態検出部40は、輝度解析部44の解析結果に基づいて、指定領域70の輝度(平均輝度を含む)の変化をグラフ化した輝度変化グラフ72を作成する。冷凍状態検出部40は、内部メモリに輝度変化グラフ72に関するデータを保持し、指定領域70の輝度a(平均輝度を含む)の変化に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出する。

20

【0053】

図7(d)に示すように、冷凍治療の開始時刻から所定の時間が経過すると冷凍範囲48が飽和する。したがって、冷凍過程から冷凍飽和に近づくと、指定領域70の輝度a(平均輝度を含む)の時間変化($a(t)/t$)の絶対値が徐々に小さくなる傾向があり、“ $a(t)/t=0$ ”に近づく。そこで、冷凍状態検出部40が、輝度の変化(時間変化を含む)を解析することにより、冷凍治療の冷凍状態を検出できる。また、冷凍飽和から解凍過程に移行して解凍過程が進行すると、輝度が増加する。冷凍状態検出部40が、輝度の増加に基づいて、輝度の変化(時間変化を含む)を解析することにより、冷凍治療の解凍状態を検出できる。

【0054】

同様に、操作部62からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部(第2の冷凍範囲測定部)60は、超音波画像(弾性画像)に指定領域を設定する。冷凍状態検出部(第2の冷凍状態検出部)61は、弾性情報解析部63の解析結果に基づいて、指定領域の弾性値(弾性値の平均を含む)の変化をグラフ化した弾性値変化グラフを作成してもよい。冷凍状態検出部61は、内部メモリに弾性値変化グラフに関するデータを保持し、指定領域の弾性値(弾性値の平均を含む)の変化に基づいて冷凍状態又は解凍状態を検出してもよい。

30

【0055】

図8は、冷凍計画範囲を超音波画像に設定することを示した図である。図8(a)に示すように、操作部42からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部(第1の冷凍範囲測定部)39は、冷凍範囲をガイドする冷凍計画範囲80を超音波画像(断層画像)に設定する。冷凍治療を開始する前に冷凍計画範囲80を設定することにより、計画通りの冷凍治療を実施するためのガイドを設定することができる。操作部42により、冷凍計画範囲80の位置、形状、及び大きさなどが任意に変更されてもよい。図8(b)に示すように、冷凍が進行した組織からは超音波の反射信号を得られず、境界50よりも深度が深い部分は、黒い領域51として表示されるが、治療針(冷凍部)13よりも深度が浅い冷凍範囲48の境界50をガイドして楕円形の冷凍計画範囲80に合わせればよい。なぜなら、冷凍範囲48は、治療針(冷凍部)13を長軸として楕円形となる特徴と有しているため、境界50が楕円形の冷凍計画範囲80と合わせられれば、冷凍範囲48が楕円形の冷凍計画範囲80にほぼ一致するからである。

40

【0056】

50

同様に、操作部 6 2 からの入力に基づいて、冷凍範囲測定部（第 2 の冷凍範囲測定部）6 0 は、冷凍範囲をガイドする冷凍計画範囲を超音波画像（弾性画像）に設定してもよい。

【 0 0 5 7 】

図 9 は、治療針（冷凍部）1 3 の位置を超音波画像に表示させることを示した図である。図 9 に示すように、冷凍が進行した組織からは超音波の反射信号を得られず、境界 5 0 よりも深度が深い部分は、黒い領域 5 1 として表示され、基準位置である治療針（冷凍部）1 3 の位置が超音波画像（断層画像）に表示されなくなる。そこで、治療針（冷凍部）1 3 の位置が超音波画像（断層画像）に表示されなくなる前に、冷凍範囲測定部 3 9 は、記憶された治療針（冷凍部）1 3 の位置に基づいて、治療針（冷凍部）1 3 の位置（基準位置）1 3 0 を記憶し、治療針（冷凍部）1 3 の位置（基準位置）1 3 0 を超音波画像（断層画像）に表示させる。これにより、冷凍治療実施中であっても、冷凍範囲の中心となる基準位置を把握することができる。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 8 】

本発明に係る超音波診断装置によれば、超音波画像の輝度及び弾性値の少なくとも 1 つに基づいて冷凍範囲を測定することにより、冷凍治療の進行度をリアルタイムに観察することができるので、冷凍治療に用いられる超音波診断装置などとして有用である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 9 】

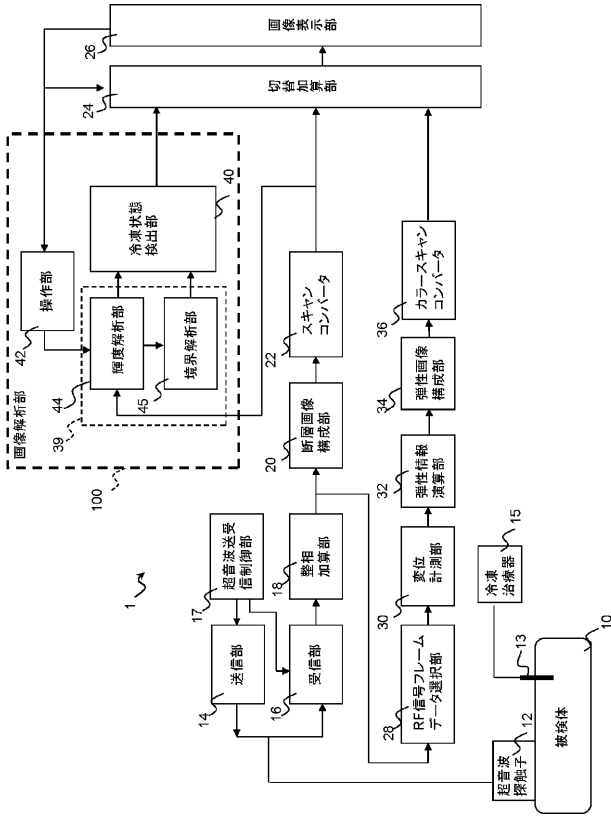
20

- 1 超音波診断装置
- 1 2 超音波探触子
- 1 3 治療針（冷凍部）
- 1 4 送信部
- 1 5 冷凍治療器
- 1 6 受信部
- 1 7 送受信制御部
- 1 8 整相加算部
- 2 0 断層画像構成部
- 2 2 スキャンコンバータ
- 2 4 切替加算部
- 2 6 画像表示部
- 2 8 R F フレームデータ選択部
- 3 0 変位計測部
- 3 2 弾性情報演算部
- 3 4 弾性画像構成部
- 3 6 カラースキャンコンバータ
- 3 9 冷凍範囲測定部
- 4 0 冷凍状態検出部
- 4 2 , 6 2 操作部
- 4 4 輝度解析部
- 4 5 境界解析部
- 6 0 冷凍範囲測定部
- 6 1 冷凍状態検出部
- 6 3 弾性情報解析部
- 6 4 境界解析部
- 1 0 0 , 2 0 0 画像解析部

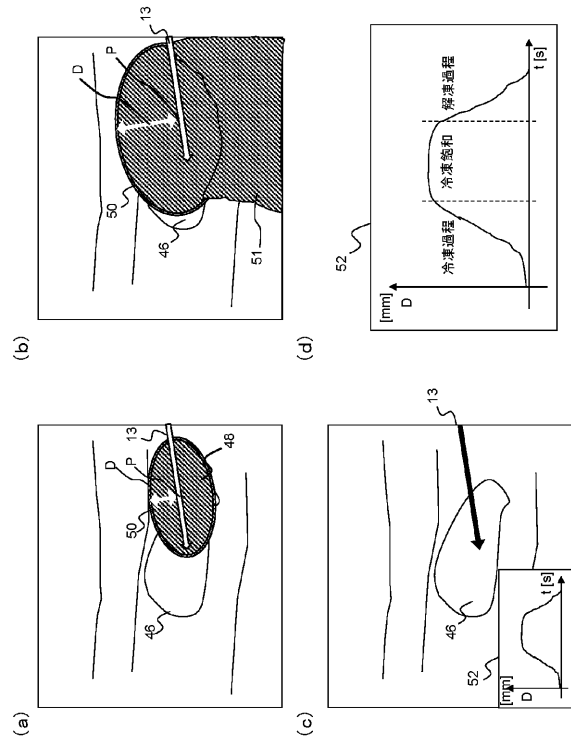
30

40

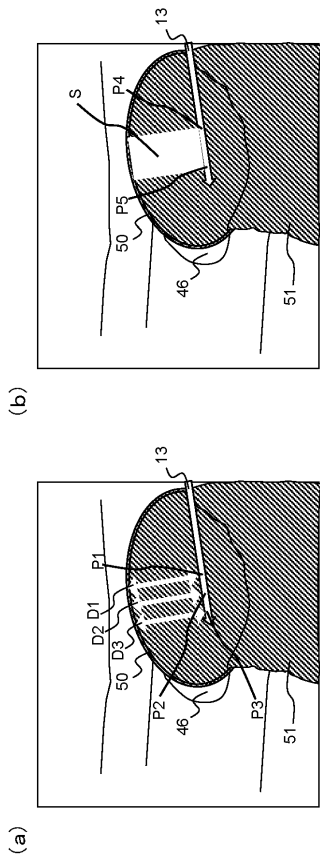
【図 1】



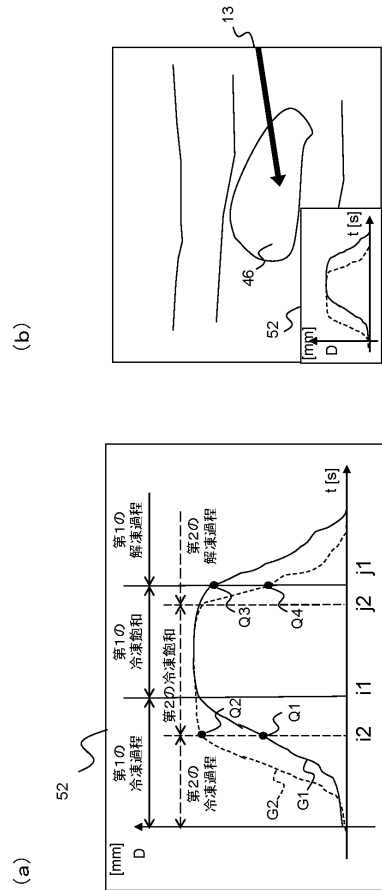
【図 2】



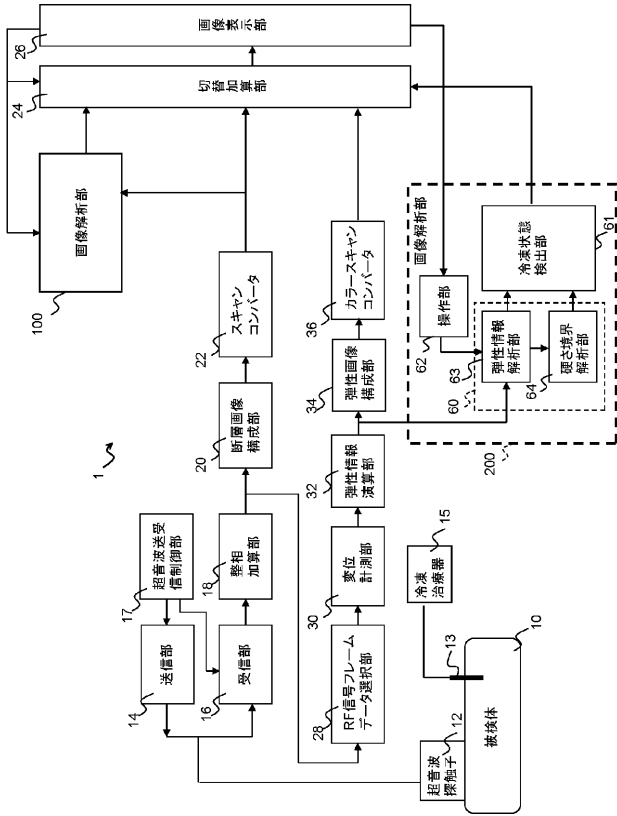
【図 3】



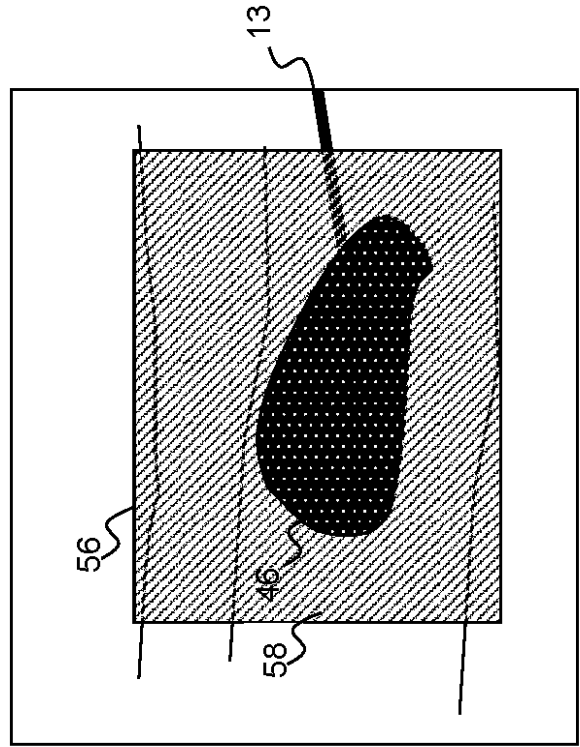
【図 4】



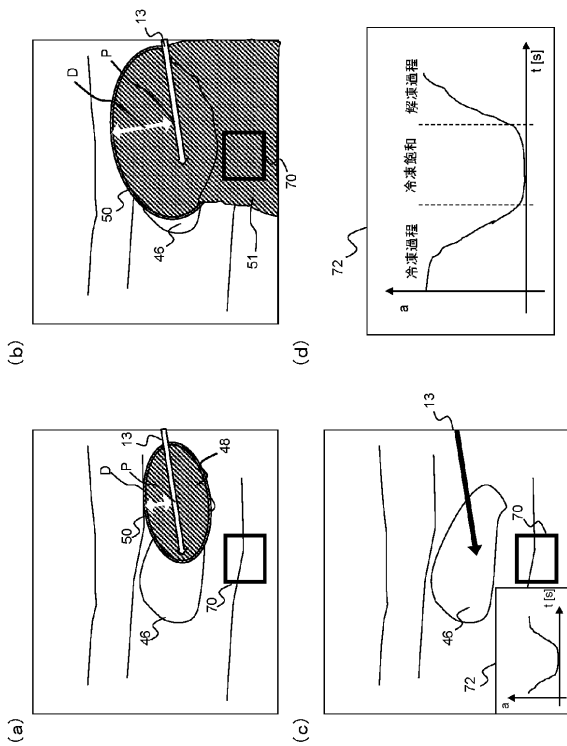
【 図 5 】



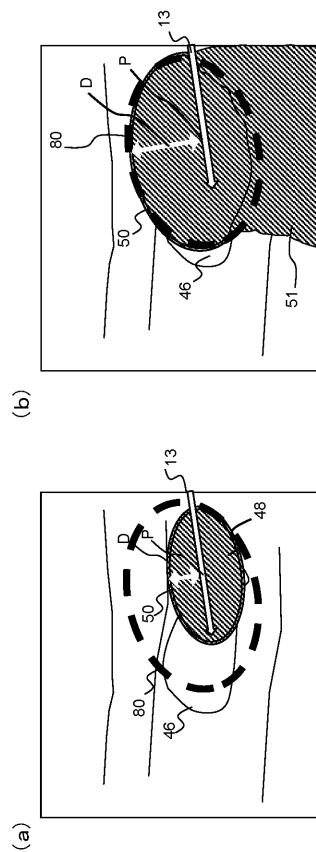
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

