

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5647990号
(P5647990)

(45) 発行日 平成27年1月7日(2015.1.7)

(24) 登録日 平成26年11月14日(2014.11.14)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 8/08 (2006.01) A 6 1 B 8/08

請求項の数 14 (全 34 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-538347 (P2011-538347) (86) (22) 出願日 平成22年10月15日 (2010.10.15) (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/068135 (87) 国際公開番号 W02011/052400 (87) 国際公開日 平成23年5月5日 (2011.5.5) 審査請求日 平成25年10月1日 (2013.10.1) (31) 優先権主張番号 特願2009-247981 (P2009-247981) (32) 優先日 平成21年10月28日 (2009.10.28) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000153498 株式会社日立メディコ 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 (74) 代理人 100098017 弁理士 吉岡 宏嗣 (74) 代理人 100120053 弁理士 小田 哲明 (72) 発明者 辻田 剛啓 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 株式会社日立メディコ 社内 審査官 富永 昌彦</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び画像構成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、
 前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受信部と、

該送受信部により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部と、

該変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部と、

該弾性像構成部により構成される前記弾性像に係る変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部とを備え、

前記3次元画像構成部は、

前記弾性像構成部により順次構成される前記弾性像に係る前記生体組織の変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求め、複数の前記弾性像の中から前記累積変位又は前記累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のボリュームデータを生成し、

所望の累積変位に対応する弾性像の短軸走査位置において両隣に位置する弾性像と該弾性像の累積変位と前記短軸走査位置との関係に基づいて、前記所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間し、補間した弾性像を含めて前記ボリュームデータを生成することを特徴とする超音波診断装置。

10

20

【請求項2】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、
前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受信部と、

該送受信部により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部と、

該変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部と、
該弾性像構成部により構成される前記弾性像に係る変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部とを備え、

10

前記3次元画像構成部は、

前記弾性像構成部により順次構成される前記弾性像に係る前記生体組織の変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求め、複数の前記弾性像の中から前記累積変位又は前記累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のボリュームデータを生成し、

一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する弾性像が得られなかった場合、当該一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た弾性像と該弾性像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間し、補間した弾性像を含めて前記ボリュームデータを生成することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項3】

20

前記3次元画像構成部は、前記累積変位と該累積変位に係る弾性像の短軸走査方向の位置との関係を示す累積変位図を作成することを特徴とする請求項1又は2に記載の超音波診断装置。

【請求項4】

前記送受信部により計測される複数のRF信号フレームデータに基づいて、前記生体組織の断層像を順次構成する断層像構成部を備え、

前記3次元画像構成部は、前記断層像構成部から出力される複数の前記断層像と前記変位計測部から出力される前記変位とを対応付け、該対応付けられた変位を累積して前記断層像の累積変位を求め、該累積変位が設定範囲内の断層像を選択して該選択した断層像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元断層像を構成することを特徴とする請求項1乃至3の何れか1つに記載の超音波診断装置。

30

【請求項5】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、
前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受信部と、

該送受信部により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部と、

該変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部と、
該弾性像構成部により構成される前記弾性像に係る変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部と、

40

前記送受信部により計測される複数のRF信号フレームデータに基づいて、前記生体組織の断層像を順次構成する断層像構成部とを備え、

前記3次元画像構成部は、

前記断層像構成部から出力される複数の前記断層像と前記変位計測部から出力される前記変位とを対応付け、該対応付けられた変位を累積して前記断層像の累積変位を求め、該累積変位が設定範囲内の断層像を選択して該選択した断層像のボリュームデータを生成し、

所望の累積変位に対応する断層像の短軸走査位置において両隣に位置する断層像と該断層像の累積変位と前記短軸走査位置との関係に基づいて、前記所望の累積変位に対応する

50

断層像を生成して補間し、補間した断層像を含めて前記ボリュームデータを生成し、
該生成したボリュームデータに基づいて3次元断層像を構成することを特徴とする超音
波診断装置。

【請求項6】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、
前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受
信部と、

該送受信部により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部
と、

該変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部と、

該弾性像構成部により構成される前記弾性像に係る変位又は歪みを累積して累積変位又
は累積歪みを求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに
基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部と、

前記送受信部により計測される複数のRF信号フレームデータに基づいて、前記生体組織
の断層像を順次構成する断層像構成部とを備え、

前記3次元画像構成部は、

前記断層像構成部から出力される複数の前記断層像と前記変位計測部から出力される前
記変位とを対応付け、該対応付けられた変位を累積して前記断層像の累積変位を求め、該
累積変位が設定範囲内の断層像を選択して該選択した断層像のボリュームデータを生成し

、
一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する断層像が得られなかった場合、当該
一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た断層像と該断層像の累積変位と短軸走査位置
との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する断層像を生成して補間し、補間した断層
像を含めて前記ボリュームデータを生成し、

該生成したボリュームデータに基づいて3次元断層像を構成することを特徴とする超音
波診断装置。

【請求項7】

前記3次元画像構成部は、前記3次元弾性像に基づいて弾性値を求め、該弾性値に対応し
た画像表示にして前記3次元断層像表面に重畳することを特徴とする請求項4に記載の超音
波診断装置。

【請求項8】

前記3次元画像構成部は、前記累積変位図と、前記弾性像構成部により構成される弾性
像及び前記断層像構成部により構成される断層像と前記3次元画像構成部により構成され
る3次元弾性像及び3次元断層像の少なくとも一つを含む画面を表示する画像表示部を備
え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9】

前記3次元画像構成部は、前記3次元弾性像又は3次元断層像の任意断面における弾性像
又は断層像と、該弾性像と該断層像の合成画像とを含む画面を表示することを特徴とする
請求項4に記載の超音波診断装置。

【請求項10】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、
前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受
信部と、

該送受信部により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部
と、

該変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部と、

該弾性像構成部により構成される前記弾性像に係る変位又は歪みを累積して累積変位又
は累積歪みを求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに
基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部とを備え、

前記被検体に加える圧迫力の変化及び前記断層位置の前記短軸走査方向への移動は、前

10

20

30

40

50

記超音波探触子を把持して手技により行う場合において、

前記3次元画像構成部は、

前記弾性像構成部により順次構成される前記弾性像に係る前記生体組織の変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求め、複数の前記弾性像の中から前記累積変位又は前記累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のボリュームデータを生成し、

前記累積変位と該累積変位に係る弾性像の短軸走査方向の位置との関係を示す累積変位図を作成し、

前記累積変位図に基づいて、前記圧迫力の偏りによる変位を抽出して変位ベースラインを作成して前記画像表示部に表示される前記累積変位図に表示することを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項11】

前記3次元画像構成部は、前記変位ベースラインの変位が設定値を超えた場合に、前記画像表示部に警告を表示することを特徴とする請求項10に記載の超音波診断装置。

【請求項12】

前記3次元画像構成部は、前記累積変位図から前記変位ベースラインを除いた累積変位図に基づいて、前記3次元弾性像又は前記3次元断層像を構成することを特徴とする請求項10に記載の超音波診断装置。

【請求項13】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子を介して、前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測するステップと

20

、
該計測されたRF信号フレームデータに基づいて変位を求めるステップと、

該求められた変位に基づいて、弾性像を構成するステップと、

該構成された前記弾性像に係る変位を累積して累積変位を求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成するステップと、

順次構成される前記弾性像に係る生体組織の変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求め、複数の前記弾性像の中から前記累積変位又は前記累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のボリュームデータを生成するステップと、

30

所望の累積変位に対応する弾性像の短軸走査位置において両隣に位置する弾性像と該弾性像の累積変位と前記短軸走査位置との関係に基づいて、前記所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間し、補間した弾性像を含めて前記ボリュームデータを生成するステップとを含む画像構成方法。

【請求項14】

被検体に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子を介して、前記被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測するステップと

、
該計測されたRF信号フレームデータに基づいて変位を求めるステップと、

該求められた変位に基づいて、弾性像を構成するステップと、

該構成された前記弾性像に係る変位を累積して累積変位を求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成するステップと、

40

順次構成される前記弾性像に係る前記生体組織の変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求め、複数の前記弾性像の中から前記累積変位又は前記累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のボリュームデータを生成するステップと、

一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する弾性像が得られなかった場合、当該一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た弾性像と該弾性像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間し、補間した弾性像を含めて前記ボリュームデータを生成するステップとを含む画像構成方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を利用して被検体の生体組織の硬さ又は軟らかさを示す弾性像を生成し、弾性像に基づいて3次元弾性像を構成する超音波診断装置及び画像構成方法に関する

。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波探触子により被検体内部に超音波を送信し、被検体内部からの生体組織の構造に応じた超音波の反射エコー信号を受信し、超音波断層像、例えば、Bモード像等の画像を構成して診断用に表示するものである。

10

【0003】

従来、手技又は機械的な方法により超音波探触子で被検体を圧迫し、計測時間(圧迫量)が異なる1対のRF信号フレームデータに基づいて、被検体の断層面の生体組織の硬さ又は軟らかさを示す弾性像を生成することが行われている。

【0004】

また、特許文献1には、被検体を圧迫する前後の状態に超音波を3次元走査して得られる断層ボリュームデータ(マルチスライス断層像データ)に基づいて、圧迫量の違いにより生じる生体組織の変位を求め、その変位に基づいて生体組織の弾性を表す弾性ボリュームデータ(マルチスライス弾性像データ)を生成し、生成した弾性ボリュームデータに基づいて、3次元弾性像を生成することが記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開WO2004/010872号公報

【特許文献2】特開2008 - 259555号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1では、圧迫の前又は後において被検体に対する圧迫状態を一定にするために、特定の圧迫状態で超音波探触子を固定したまま3次元走査を行う必要があるが、走査のたびに固定するのは手間がかかる。そこで、通常は、手技で超音波探触子により圧迫力を周期的に変化させながらマルチスライスの断層像及び弾性像を計測している。

30

【0007】

しかし、圧迫力が周期的に変化する過程で、計測時間(圧迫力)の異なる1対のRF信号フレームデータを計測し、そのRF信号フレームデータに基づいて、複数の弾性像を順次取得すると、圧迫力の違いにより、生体組織の変位位置が異なってくる。特に、被検体の変位方向の位置が異なる状態で得た弾性像に基づいて弾性ボリュームデータを生成して3次元画像化すると、被検体の変位方向での弾性像同士のずれが生じ、3次元画像が上下に波打つ等のアーチファクトが生じ、画像精度が低下するという問題があった。

40

【0008】

この問題を解決するため、特許文献2では、複数の断層像から生体組織に加わる圧迫力が同等な状態で生成された断層像を選択し、その断層像に対応する弾性像に基づいてボリュームデータを生成して3次元弾性像を構成するようにしている。つまり、圧迫力は被検体の変位方向に周期的に付与されるため、押し込み動作中、引き戻し動作中に1枚ずつ変位方向に同じ変位位置の画像が出現する。そこで、各動作中に得られた弾性像の中から1枚ずつ選択して弾性ボリュームデータを生成して3次元弾性像を構成している。しかし、例えば、3周期の圧迫動作を行って計測し、2周期目の圧迫動作で1周期目、3周期目より圧迫力が不足していた場合、2周期目で得た画像の変位状態がその他の周期のものとは異なるため、3次元弾性像に異なる変位状態の画像が混入し、やはり、3次元弾性像が上下に波打

50

つ等の問題が生じる場合がある。この点は、断層ボリュームデータについても同様である。

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、圧迫力の変動によるアーチファクトが軽減された3次元画像を構成することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明の超音波診断装置は、被検体に当接させて被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受信部と、送受信部により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部と、変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部と、弾性像構成部により構成される弾性像を累積して弾性像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部とを備えてなることを特徴とする。

10

【0011】

より具体的には、被検体に当接させて被検体との間で超音波送受信する超音波探触子と、超音波探触子により被検体に加える圧迫力が変化され、かつ、被検体に超音波を送受信する断層位置が短軸方向に移動される過程で、被検体に超音波を周期的に送受信して、被検体からの反射エコー信号を受信処理して断層位置のRF信号フレームデータを計測する送受信部と、送受信部により計測される計測時間が異なる2つのRF信号フレームデータに基づいて、断層位置の生体組織の変位を順次求める変位計測部と、変位計測部により順次求められる変位に基づいて、生体組織の弾性像を順次構成する弾性像構成部と、弾性像構成部により順次構成される弾性像に係る生体組織の変位を累積して累積変位を求め、複数の弾性像の中から累積変位が設定範囲内の弾性像を選択して選択した弾性像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部とを備えてなる構成とする。

20

【0012】

本発明によれば、累積変位が設定範囲内の弾性像のボリュームデータを生成しているから、圧迫力がほぼ同じ状態の弾性ボリュームデータを生成することができる。つまり、累積変位が同一ということは、生体組織の上下方向、あるいは、加圧減圧方向の変位位置が各断層面で揃っているということなので、上下の波打ち等のアーチファクトがより軽減された3次元弾性像を構成することができる。ここで、累積変位は、圧迫開始時から弾性像に対応する弾性フレームデータを計測したときまでの生体組織の変位であり、被検体に押し込む方向を正、引き戻す方向を負とすると、最も押し込まれたときに最大となり、最も引き戻されたとき、つまり圧迫ゼロ時に最小となる。

30

【0013】

ところで、累積変位は、弾性フレーム間の変位の積算値より求められるが、圧迫により生体組織に生じる変位は、被検体中の生体組織の硬さに依存するから、生体組織の部位によって異なる変位を示す。そこで、例えば、関心領域を設定し、関心領域内の各生体組織の変位の平均値を求めて弾性フレーム間の変位とすることが望ましい。なお、変位の平均値は、関心領域内に複数のサンプル点を設け、圧迫前後でそれぞれのサンプル点間の変位を求め、それらの変位の平均であってもよい。また、平均値の他に、中央値、分散、標準偏差等の統計的データを用いることができる。また、変位計測部により求められる変位をそれぞれ対応する変位の弾性フレームデータに付し、弾性像構成部でそれらの弾性フレームデータに付された変位に基づいて累積変位を求めることもできる。

40

【0014】

また、本発明によれば、超音波探触子による被検体の圧迫状態を固定する必要がないため、探触子の位置固定のための加圧装置などを必要とせず、手動圧迫でも可能となり、装置を簡便に構成することができる。

【0015】

50

以上説明したように、累積変位が設定範囲内の弾性像を用いれば、アーチファクトが軽減された3次元弾性像を構成することができる。しかし、短軸方向に移動して計測する各スライス位置で、必ずしも所望の累積変位に対応する弾性像の弾性フレームデータを計測できているとは限らない。そこで、3次元画像構成部を、所望の累積変位に対応する弾性像の短軸走査位置において両隣に位置する弾性像とそれらの弾性像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間し、補間した弾性像を含めてボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成することが望ましい。

【0016】

さらに、前述した例のように、2周期目の圧迫動作で1周期目、3周期目より圧迫力が不足していた場合には、2周期目の所望の累積変位に対応する弾性像が存在しないことがある。そこで、3次元画像構成部を、一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する弾性像が得られなかった場合、当該一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た弾性像弾性像とそれらの弾性像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成するように構成することもできる。前述の例で説明すると、2周期目の所望の累積変位に対応する弾性像に短軸走査位置で最も近い位置にある1周期目、3周期目所望の累積変位に対応する弾性像に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成する。これによって、所望の累積変位に対応する弾性像がない場合でも、アーチファクトが軽減された精度の高い3次元弾性像を構成することができる。

【0017】

また、本発明の超音波診断装置は、送受信部により計測される複数のRF信号フレームデータに基づいて、生体組織の断層像を順次構成する断層像構成部を備え、3次元画像構成部は、断層像構成部から出力される複数の断層像と変位計測部から出力される変位とを対応付け、対応付けられた変位を累積して断層像の累積変位を求め、累積変位が設定範囲内の断層像を選択して選択した断層像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元断層像を構成する。

【0018】

これにより、弾性像の場合と同様に、アーチファクトが抑制された3次元断層像を構成することができる。3次元画像構成部は、断層像を、例えば2つの断層像間での変位を変位計測部から取り込んで対応付ける。なお、3次元画像構成部は、変位計測部から出力される変位の代わりに、断層像構成部の出力より変位を求める構成とすることもできる。例えば、断層像中に1つ又は複数のサンプル点を設定し、サンプル点の圧迫方向への移動点数より、変位を求めることができる。

【0019】

また、弾性像の場合と同様に、所望の累積変位に対応する断層像の短軸走査位置において両隣に位置する断層像と断層像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する断層像を生成して補間し、補間した断層像を含めてボリュームデータを生成する構成でもよく、一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する断層像が得られなかった場合、当該一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た断層像と断層像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する断層像を生成して補間する構成でもよい。なお、本発明の超音波診断装置は、弾性像のみ又は断層像のみを構成し、補間処理を行って3次元弾性像又は3次元断層像の構成をするようにしてもよく、必ずしも弾性像構成部及び断層像構成部の両方を必要としない。

【0020】

また、3次元画像構成部は、3次元弾性像に基づいて弾性値を求め、弾性値に対応した画像表示(輝度、色調)にして3次元断層像表面に重畳するように構成することもできる。これにより、検者は形態的な情報と性状的な情報を同時に観察することができる。

【0021】

また、3次元画像構成部は、累積変位と累積変位に係る弾性像の短軸走査方向の位置との関係を示す累積変位図を作成する構成とすることができる。さらに、累積変位図と、弾

10

20

30

40

50

性像構成部により構成される弾性像及び断層像構成部により構成される断層像と3次元画像構成部により構成される3次元弾性像及び3次元断層像の少なくとも一つを含む画面を表示する画像表示部を備えて構成することもできる。

【0022】

これにより、検者は、各画像をリアルタイムで確認しながら計測を行うことができるので、計測が適切でなかった場合に、すぐに修正して再計測することができ、後で計測し直す必要がない。例えば、3次元弾性像及び3次元断層像は、取得した弾性像及び断層像と求めた累積変位から順次構成するようにし、検者が3次元画像を確認して画像精度が低いと思えば、圧迫手技の仕方を修正することで画像精度を高めることができる。この場合、例えば、基準の累積変位を定めることで、フレーム更新ごとに補正ボリュームデータを構築してリアルタイム表示を可能にすることができる。

10

【0023】

この場合において、3次元画像構成部は、3次元弾性像又は3次元断層像の任意断面における弾性像又は断層像と、弾性像と断層像の合成画像とを含む画面を表示する構成でもよい。

【0024】

さらに、3次元画像構成部は、被検体に加える圧迫力の変化及び断層位置の短軸走査方向への移動を、超音波探触子を把持して手技により行う場合において、累積変位図に基づいて、圧迫力の偏りによる変位を抽出して変位ベースラインを作製して画像表示部に表示される累積変位図に表示する構成とすることができる。

20

【0025】

計測の際に検者が、手ぶれ等により圧迫力を徐々に弱く又は徐々に強くしてしまうことにより、変位が周期性のない一定の変位成分や、低周期の変位成分を含むことがある。すなわち、例えば、圧迫力を徐々に弱くすると、変位がそれにつれて小さくなり、累積変位図ではその変化は、累積変位が短軸走査方向に一定の割合で小さくなっていくように表れる。この変化を、例えば、最小2乗法や低次の多項式近似により変位ベースラインとして推定することができる。検者は、変位ベースラインが累積変位図に表示されたら、変位ベースラインを消すように計測の仕方を変えることで、手ぶれ等による変位を小さくすることができる。

【0026】

この場合、3次元画像構成部は、変位ベースラインの変位が設定値を超えた場合に、画像表示部に警告を表示する構成でもよく、検者は、その警告に基づいて圧迫操作を修正することができる。

30

【0027】

また、3次元画像構成部は、累積変位図から変位ベースラインを除いた累積変位図に基づいて、3次元弾性像又は3次元断層像を構成するようにしてもよく、これにより、累積変位から検者の手ぶれ等の影響を除去して、3次元画像を構成することができる。

【0028】

さらに、3次元画像構成部は、3次元弾性像又は3次元断層像をそれぞれ対応する累積変位に基づいて連続で画像表示部に表示するように構成することができる。これにより、例えば、累積変位の小さな3次元弾性像又は3次元断層像から順に連続的に再生することで、圧迫の過程を3次元的な動画で観察することができる。

40

【0029】

また、3次元画像の構成方法としては、被検体に当接させて被検体との間で超音波送受信する超音波探触子を介して、被検体からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測するステップと、計測されたRF信号フレームデータに基づいて変位を求めるステップと、求められた変位に基づいて、弾性像を構成するステップと、構成された弾性像を累積して弾性像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成するステップとを含んで構成することができる。

【0030】

50

より具体的には、被検体に当接させて被検体との間で超音波送受信する超音波探触子により被検体に加える圧迫力を変化させ、かつ、被検体に超音波を送受信する断層位置が短軸方向に移動させる過程で、被検体に超音波を周期的に送受信して、被検体からの反射エコー信号を受信処理して断層位置のRF信号フレームデータを計測するステップと、計測された計測時間が異なる2つのRF信号フレームデータに基づいて、断層位置の生体組織の変位を順次求めるステップと、順次求められた変位に基づいて、生体組織の弾性像を順次構成するステップと、順次構成された弾性像に係る生体組織の変位を累積して累積変位を求め、複数の弾性像の中から累積変位が設定範囲内の弾性像を選択して選択した弾性像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成するステップとを含んで構成する。

10

【0031】

この場合において、所望の累積変位に対応する弾性像の短軸走査位置において両隣に位置する弾性像と弾性像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間するステップと、補間した弾性像を含めてボリュームデータを生成するステップとを含んで構成することができる。

【0032】

さらに、一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する弾性像が得られなかった場合、当該一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た弾性像と弾性像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する弾性像を生成して補間するステップと、補間した弾性像を含めてボリュームデータを生成するステップとを含んで構成することができる。

20

【0033】

また、計測した複数のRF信号フレームデータに基づいて、生体組織の断層像を順次構成するステップと、複数の断層像と求めた変位とを対応付け、対応付けられた変位を累積して断層像の累積変位を求め、累積変位が設定範囲内の断層像を選択して選択した断層像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元断層像を構成するステップとを含んで構成することができる。

【0034】

また、所望の累積変位に対応する断層像の短軸走査位置において両隣に位置する断層像と断層像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する断層像を生成して補間するステップと、補間した断層像を含めてボリュームデータを生成するステップとを含んで構成することができる。

30

【0035】

さらに、一の圧迫周期において、所望の累積変位に対応する断層像が得られなかった場合、当該一の圧迫周期の前後の圧迫周期において得た断層像と断層像の累積変位と短軸走査位置との関係に基づいて、所望の累積変位に対応する断層像を生成して補間するステップと、補間した断層像を含めてボリュームデータを生成するステップとを含んで構成することができる。

【0036】

また、3次元弾性像に基づいて弾性値を求め、弾性値に対応した画像表示(輝度、色調)を3次元断層像表面に重畳するステップを含んで構成することができる。

40

【0037】

また、累積変位と累積変位に係る弾性像の短軸走査方向の位置との関係を示す累積変位図を構成するステップを含んで構成することができる。さらに、構成した累積変位図と、構成した弾性像及び断層像と3次元弾性像及び3次元断層像の少なくとも一つを含む画面を表示するステップを含んで構成することができる。

【0038】

また、3次元弾性像又は3次元断層像の任意断面における弾性像又は断層像と、弾性像と断層像の合成画像とを含む画面を表示するステップを含んで構成することができる。

【0039】

50

また、被検体に加える圧迫力の変化及び断層位置の短軸走査方向への移動は、超音波探触子を把持して手技により行う場合において、累積変位図に基づいて、圧迫力の偏りによる変位を抽出して変位ベースラインを構成して画像表示部に表示するステップを含んで構成することができる。

【0040】

また、変位ベースラインの変位が設定値を超えた場合に、画像表示部に警告を表示するステップを含んで構成することができる。また、累積変位図から変位ベースラインを除いた累積変位図に基づいて、3次元弾性像又は3次元断層像を構成するステップを含んで構成することができる。

【0041】

また、3次元弾性像又は3次元断層像をそれぞれ対応する累積変位に基づいて連続で画像表示部に表示するステップを含んで構成することができる。

【発明の効果】

【0042】

本発明によれば、圧迫力の変動によるアーチファクトが軽減された3次元画像を構成できる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の超音波診断装置の構成図

【図2】3次元画像構成部の構成図

【図3】相対変位、累積変位を説明する図

【図4】累積変位と補間フレーム変位との関係を示す図

【図5】補間処理について説明する図

【図6】圧迫力が少なかった場合の補間処理について説明する図

【図7】本発明により構成した画像表示の一例

【図8】本発明により構成した画像表示の一例

【図9】本発明により構成した画像表示の一例

【図10】本発明により構成した画像表示の一例

【図11】従来の方法により構成した画像表示の一例

【図12】本発明により構成した3次元画像と従来の方法により構成した3次元画像の概念図

【図13】各累積変位での3次元画像構成の概念図

【図14】本発明の超音波診断装置の処理過程を示す図

【図15】圧迫手技について説明する図

【図16】2次元断層像と累積変位グラフの表示方式の一例

【図17】2次元断層像と累積変位グラフの表示方式の一例

【図18】往路、復路での補間処理について説明する図

【図19】本発明の第2の実施例の処理過程を示す図

【図20】2次元断層像と累積変位グラフの表示方式の一例

【図21】(a)は、検者による手ぶれが存在しない場合であり、(b)は、手ぶれが存在する場合の3次元画像と累積変位のグラフの概念図

【図22】本発明の第3の実施例の超音波診断装置の構成図

【図23】変位ベースラインについて説明する図

【図24】変位ベースラインシフト処理の概念図

【図25】本発明の第4の実施例を説明するための図

【発明を実施するための形態】

【0044】

{実施例1}

【0045】

以下、超音波診断装置の第1の実施例について、図面を参照して説明する。図1に示すよ

10

20

30

40

50

うに、本実施例の超音波診断装置は、被検体10に当接させて被検体10との間で超音波送受信する超音波探触子12と、超音波探触子12により被検体10に加える圧迫力が変化され、かつ、被検体10に超音波を送受信する断層位置が超音波探触子12の短軸方向に移動される過程で、被検体10に超音波を周期的に送信する送信部14と、被検体10からの反射エコー信号を受信処理する受信部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信号に基づいて生体組織の断層位置のRF信号フレームデータを整相加算する整相加算部18とを備えている。

【0046】

また、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の濃淡断層像、例えば白黒断層像を構成する断層像構成部20と、断層像構成部20の出力信号を画像表示器26の表示に合うように変換する白黒スキャンコンバータ22とを備えている。

また、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つの計測時間が異なるRF信号フレームデータを選択するRF信号フレームデータ選択部28と、2つのRF信号フレームデータに基づいて、被検体10の断層位置の生体組織の変位を順次求める変位計測部30と、変位計測部30により順次求められる変位に基づいて、歪み等の弾性情報を求める弾性情報演算部32と、弾性情報演算部32で演算した弾性情報から生体組織のカラー弾性像を順次構成する弾性像構成部34と、弾性像構成部34の出力信号を画像表示器26の表示に合うように変換する弾性像スキャンコンバータ36とを備えている。

【0047】

さらに、白黒断層像とカラー弾性像を重ね合わせたり、並列に表示させたり、切り替えを行う2次元画像合成部38と、合成された合成画像を表示する画像表示器26とが備えられている。また、検者が各種操作、設定を行うコントロールパネル40と、各機能ブロックを制御する制御部42が備えられている。なお、制御部42は図中、全ての機能ブロックと接続されており、制御命令の出力、各機能ブロックからの情報取得が可能である。

【0048】

次に、超音波診断装置の各構成要素について詳細に説明する。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、被検体10に振動子を介して超音波を送受信する機能を有している。断層像走査面の短軸方向(1次元的に振動素子が配置された超音波探触子の場合、振動素子の並び方向に対して垂直方向の軸を指す)への移動は、制御部42からの制御信号などを受けてモータ制御部によって機械的に超音波探触子12の短軸方向のスキャン位置を切り替えるモータ駆動で行う。

【0049】

また、探触子ヘッドに配置された振動子が短軸方向にもk個に切断されて1~kチャンネル分配列されている場合、探触子ヘッドの曲率に沿った長軸、短軸方向、もしくは電子フォーカスによって生成した長軸短軸方向の超音波ビームにより3次元データを収集することも可能である。また、超音波探触子12が短軸方向への走査を行う機構を備えていない場合、フリーハンドで短軸方向に移動しながらスキャンを行ってもよい。

【0050】

送信部14は、超音波探触子12を駆動し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のある深さに設定する機能を有している。また、受信部16は、超音波探触子12で受信した反射エコー信号について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ものである。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ものである。

【0051】

断層像構成部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、フィルタ処理等の信号処理を行い、断層像データを得るものである。また、白黒スキャンコンバータ22は、断層像構成部20からの断層像データを画像表示器26上の座標系へ変換を行う。

【0052】

10

20

30

40

50

RF信号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つの計測時間の異なる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信号フレームデータ選択部28に順次記憶し、記憶されたRF信号フレームデータ(N)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(N-1、N-2、...、N-M)の中から1つのRF信号フレームデータ(X)を選択する。なお、ここでN、M、X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。

【0053】

そして、変位計測部30は、選択された1組のRF信号フレームデータ(N)及びRF信号フレームデータ(X)から1次元、あるいは2次元相関処理を行って、断層像の各点に対応する生体組織における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次元又は2次元変位分布を求める。

【0054】

ここで、移動ベクトルの検出にはブロックマッチング法を用いる。ブロックマッチング法とは、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ものである。

【0055】

弾性情報演算部32は、変位計測部30から出力される変位に基づいて断層像上の各点に対応する生体組織の歪みを演算し、その歪みに基づいた弾性像フレームデータを生成するものである。このとき、歪みのデータは、例えば生体組織の変位を空間微分することによって算出される。

【0056】

弾性像構成部34は、フレームメモリと画像処理部とを含んで構成されており、弾性情報演算部32から時系列に出力される弾性像フレームデータをフレームメモリに確保し、確保された弾性像フレームデータに対し画像処理を行う。また、弾性像構成部34では、RF信号フレームデータ選択部28、変位計測部30、又は弾性情報演算部32の出力情報から弾性像のエラーを評価し、出力画像のマスキングを行っている。弾性像スキャンコンバータ36は、弾性像構成部34からの弾性像フレームデータを画像表示器26に合わせて座標変換する。

【0057】

ここで、本実施例の特徴部である3次元画像構成部24について説明する。本実施例では、被検体10に当接させて前記被検体との間で超音波送受信する超音波探触子12と、被検体10からの反射エコー信号を受信処理してRF信号フレームデータを計測する送受信部14、16と、該送受信部14、16により計測されるRF信号フレームデータに基づいて変位を求める変位計測部30と、該変位計測部により求められる変位に基づいて弾性像を構成する弾性像構成部34と、該弾性像構成部34により構成される前記弾性像に係る変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求めて弾性像のボリュームデータを生成し、該生成したボリュームデータに基づいて3次元弾性像を構成する3次元画像構成部24とを備えてなる。

また、3次元画像構成部24は、弾性像構成部34により順次構成される弾性像に係る生体組織の変位又は歪みを累積して累積変位又は累積歪みを求め、複数の弾性像の中から累積変位又は累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のボリュームデータを生成する。

【0058】

また、送受信部14、16により計測される複数のRF信号フレームデータに基づいて、生体組織の断層像を順次構成する断層像構成部20を備え、3次元画像構成部24は、断層像構成部20から出力される複数の断層像と変位計測部30から出力される変位とを対応付け、対応付けられた変位を累積して断層像の累積変位を求め、累積変位が設定範囲内の断層像を選択して選択した断層像のボリュームデータを生成し、生成したボリュームデータに基づいて3次元断層像を構成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

図2に示すように、3次元画像構成部24は、断層像構成部20から出力される断層像データを保存する断層像フレームメモリ46と、変位情報解析・補間情報設定部48における条件設定を元に補間処理を行う断層像補間処理部46Aと、断層像補間処理部46Aで作成した補間フレームデータを格納する断層像補間フレームメモリ46Bと、断層像補間フレームメモリ46Bからの出力を3次元座標変換する断層像座標変換部50と、断層像座標変換部50で3次元ボリュームデータへと変換されたデータのボリュームレンダリングを行うボリュームレンダリング部52とを備えている。

【 0 0 6 0 】

また、3次元画像構成部24は、弾性像構成部34からの弾性像データを格納する弾性像フレームメモリ54と、変位情報解析・補間情報設定部48における条件設定を元に補間処理を行う弾性像補間処理部54Aと、弾性像補間処理部54Aで作成した補間フレームデータを格納する弾性像補間フレームメモリ54Bと、弾性像補間フレームメモリ54Bからの出力を座標変換し、3次元ボリュームデータを作成する弾性像座標変換部56と、弾性像座標変換部56で座標変換されたデータのボリュームレンダリングを行うボリュームレンダリング部58とを備えている。

10

【 0 0 6 1 】

また、画像合成部60は、ボリュームレンダリング部52から出力される3次元断層像と、ボリュームレンダリング部58から出力される3次元弾性像を合成処理、カラー変換する。なお、断層像フレームメモリ46、弾性像フレームメモリ54は、断層像構成部20からの断層像データと弾性像構成部34からの弾性像データとを1ボリューム以上格納するようになっている。

20

【 0 0 6 2 】

ここで、変位情報解析・補間情報設定部48の特徴的な機能について説明する。変位情報解析・補間情報設定部48は、変位情報解析機能として、変位計測部30より出力される平均圧迫変位(平均変位)を解析し、圧迫ゼロ状態からの変位を被検体10の変位を単位として数値化した絶対的な変位位置を表す累積変位、検者による圧迫の周期的な変化のみを表す相対変位を求めるようになっている。なお、ここでいう変位は、被検体10の圧迫ゼロ状態からの変位である。本実施例では、変位を用いて説明するが、変位を歪みに置き換えて適用することもできる。

30

【 0 0 6 3 】

ここで、平均圧迫変位、相対圧迫変位、累積圧迫変位について、図3を用いて説明する。なお、ここでは、検者による圧迫手技の手ぶれはないものとする。まず、平均圧迫変位について説明する。図3には、変位方向に走査を行うことで得られた2次元断層像70、2次元断層像70中に存在する硬い領域を示す2次元断層像72、弾性の推定を行うための関心領域74、関心領域74に対し圧迫を加え、断層像を得た場合の2次元断層像76が表示されている。本実施例で説明する変位方向は、深度方向である。

【 0 0 6 4 】

関心領域78は、2次元断層像76中に存在する硬い領域を含んだ関心領域内の断層像であり、圧迫前の2次元断層像72から圧迫後の2次元断層像76の間におけるピクセルごとの変位を示したものであり、網掛け部のパターンは、表示ピクセルごとに異なる変位を持つことを示す。圧迫が被検体10に起こす変位は、被検体10中の生体組織の硬さに依存し、表示ピクセルごとに異なる変位を示すので、一義的に求めることはできない。したがって、関心領域78中の変位を合計し、ピクセル数で除することによって関心領域78中の平均的な変位を求めている。本実施例ではこれを平均圧迫変位とし、以下、単に平均変位という。

40

【 0 0 6 5 】

次に、相対圧迫変位について説明する。図3の相対圧迫変位のグラフ80は、縦軸を変位、横軸を短軸方向走査位置にとったものである。ここで、縦軸にプロットする変位は、関心領域78内の変位の平均値である。この平均値は連続する2つのフレーム間の位置のズレを求めたものであり、前のフレームに対する現在のフレームのズレ量である。したがって

50

、その値は2フレーム間の差であり、圧迫の変位を絶対値として求めているものではない。本実施例では、この平均値の短軸方向への変化を示したものを相対圧迫変位とし、以下、単に相対変位という。

【0066】

さらに、累積圧迫変位について説明する。図3の累積圧迫変位のグラフ82は、縦軸を累積圧迫変位、横軸を短軸方向走査位置にとったものである。ここで、縦軸にプロットする変位は相対変位のグラフ80で示した相対変位の累積であり、相対変位の積分値と言い換えることもできる。つまり、この累積圧迫変位は、連続する2つのフレーム間の変位を圧迫開始時から加算し続けたものであり、初期の圧迫変位からの絶対的な変位を示している。

【0067】

図3に示すように、相対変位が正方向にある区間において、累積圧迫変位は増大して相対変位ゼロにおいて正方向のピーク(山)を示し、相対変位が負方向にある区間において、累積圧迫変位は減少して相対変位ゼロにおいて負方向のピーク(谷)を示す。本実施例では、相対変位を圧迫開始時から加算し続けた変位の短軸方向への変化を示したものを累積圧迫変位とし、以下、単に累積変位という。

【0068】

次に、変位情報解析・補間情報設定部48の補間情報設定機能について説明する。検者による圧迫手技が、被検体10の同じ累積変位を通過する周期運動であるとすれば、上から下への押し込み操作と下から上への引き戻し操作で同じ累積変位の画像が出現するはずである。しかし、実際には圧迫周期と超音波走査の周期が一致しているとは限らないため、目的の累積変位の画像を得るために、その変位の前後の画像に対し、累積変位から求めた割合を乗じて補間を行い、目的の累積変位に相当するフレームデータを作成する。本実施例ではこの補間処理を、目的変位フレーム補間処理とする。

【0069】

ここで、この補間フレームは、圧迫周期、超音波走査とは異なるタイミングで動作する短軸方向の走査位置の移動が行われているため、補間フレームを得るに伴い、累積変位から求めた割合を乗じて短軸方向の走査位置も補間を行って、目的の累積変位に相当する短軸位置のフレームデータも作成する。本実施例ではこの補間処理を、短軸位置情報補間処理とする。この補間処理は、超音波走査を行った全短軸走査範囲について行い、複数回の圧迫操作により、複数フレームの同累積変位における弾性像、断層像を得ることができる。

【0070】

3次元ボリュームデータを作成する場合、その元となる2次元フレームデータセットは等間隔であることが望ましい。補間処理によって作成された複数フレームの同一の累積変位における弾性像、断層像は、短軸方向の走査位置情報を保持している。これを使用して、等間隔な短軸方向の走査位置における弾性フレームデータ、断層フレームデータを補間処理によって内挿する。この際、圧迫手技により得た元のフレームデータは、出力結果から除外する。本実施例ではこの補間処理を、等間隔短軸フレーム補間処理とする。

【0071】

等間隔短軸フレーム補間処理により作成されたフレームデータセットに対し、3次元座標変換処理を行うことで上下の波打ちのないボリュームデータを作成することができる。これを複数の累積変位に行うことで圧迫の過程を3次元ボリュームデータセットとして生成することができる。

【0072】

次に各補間処理を、図2を用いてより具体的に説明する。まず、変位情報解析・補間情報設定部48は、検者によるコントロールパネル40の入力により、制御部42を介して設定される等間隔の累積変位を変位インデックスとして設定する。この設定は、例えば、変位+10 μm から-10 μm までを2 μm ごとに作成する場合、{+10 μm 、+8 μm 、 \dots 、0 μm 、-2 μm 、 \dots 、-10 μm }という設定が行われる。

【0073】

次に、等間隔な短軸方向の走査位置を設定するため、同様にコントロールパネル40より設定される短軸方向のフレーム数より、等間隔の短軸位置インデックスを設定する。この設定は、超音波探触子の短軸方向走査形式が曲率を持った扇状の走査である場合は角度を単位として設定され、例えば、10の短軸方向走査範囲で9フレーム作成したい場合、{ +5.00deg、+3.75deg、・・・、0.00deg、-1.25deg、・・・、-5.00deg } という設定が行われる。平行走査であった場合には距離を単位として設定され、例えば、10mmの短軸方向走査範囲で9フレーム作成したい場合、{ +5.00mm、+3.75mm、・・・、0.00mm、-1.25mm、・・・、-5.00mm } という設定が行われる。これにより、フレームの累積変位における補間処理と、短軸方向の走査位置についての2つの軸における補間処理を行うための変位インデックス、短軸位置インデックスを設定する。

10

【0074】

目的変位フレーム補間処理について説明する。断層像補間処理部46Aと弾性像補間処理部54Aは、変位情報解析・補間情報設定部48より設定された変位インデックスを用いてフレームデータを作成する。この計算は、フレームX0、X1の累積変位がそれぞれD0、D1であり、変位インデックスの目的変位DiがD0 < Di < D1の関係を持つとき、目的変位Diに相当する補間フレームXiを $X_i = (D_i - D_0) / (D_1 - D_0) * X_1 + (D_1 - D_i) / (D_1 - D_0) * X_0$ として係数を乗じて生成する。なお、ここでは、フレームデータをXとして扱っているが、実際にはフレーム上の各ピクセルデータに対して、同様の係数で補間を行っている。

【0075】

この補間処理について、図4を用いて説明する。図4の累積変位グラフ84は、縦軸は累積変位を示し、グラフ上の点はスキャンされたフレームを示す。横軸にはフレーム番号、短軸方向の走査位置を角度で示している。弾性像補間処理部54Aに入力されるフレームデータは、変位インデックスを用いて図4中の補間変位86に示される変位のフレームを補間処理により作成する。

20

【0076】

弾性像補間処理部54Aは、累積変位グラフ84と補間変位86が交差する位置におけるフレームを周りのフレームより作成する。例えば、変位補間フレーム88はフレームデータ89、90を用いて作成され、変位補間フレーム91はフレームデータ92、93を用いて作成される。同様にして、変位補間フレーム94～98が作成される。変位補間フレーム99のように、変位方向に補間変位86を通過するフレームが存在せず、短軸方向にも変位補間フレーム99の両側に変位補間フレームが存在しない場合は、ゼロで埋められた補間フレームを挿入し、以後の処理を継続する。弾性像補間処理部54Aと同様にして、断層像補間処理部46Aは、累積変位グラフ84と補間変位86が交差する位置におけるフレームを周りのフレームより作成する。

30

【0077】

次に、断層像補間処理部46Aと弾性像補間処理部54Aの短軸位置情報補間処理について説明する。短軸位置は、変位インデックスを用いて補間によって生成したフレームに相当する短軸位置情報を補間処理によって算定する。ここで、フレームX0、X1の短軸走査位置がそれぞれS0、S1である場合には、短軸位置インデックスにしたがって補間フレームXiの走査位置も補間によって算定され、 $S_i = (D_i - D_0) / (D_1 - D_0) * S_1 + (D_1 - D_i) / (D_1 - D_0) * S_0$ のように決定する。

40

【0078】

つまり、図4において、フレームデータ89、90を用い、目的変位フレーム補間処理により作成した変位補間フレーム88は、フレームデータ89が取得された短軸方向走査位置と、フレームデータ90が取得された短軸方向走査位置の中間位置で走査されていることに相当するため、目的変位フレーム補間処理で用いた補間係数と同様の値を用いて、短軸方向走査位置も補間によって作成する。

【0079】

次に、断層像補間処理部46Aと弾性像補間処理部54Aの等間隔短軸フレーム補間処理について説明する。補間処理によって作成された複数フレームの同一累積変位における弾性像

50

、断層像は、短軸走査位置情報補間処理で算定されるように、短軸方向の走査位置情報を保持している。これを使用して、変位情報解析・補間情報設定部48で設定した短軸位置の値に相当する走査位置における弾性フレームデータ、断層フレームデータを補間処理によって生成する。

【 0 0 8 0 】

この計算は、目的変位 D_i におけるフレーム X_{i0} 、 X_{i1} の短軸走査位置が S_{i0} 、 S_{i1} であり、補間によって作成したい短軸位置インデックスの目的短軸位置 S_{ij} が $S_{i0} < S_{ij} < S_{i1}$ の関係を持つとき、目的短軸位置 S_{ij} に相当する補間フレーム X_{ij} は、 $X_{ij} = (S_{ij} - S_{i0}) / (S_{i1} - S_{i0}) * X_{i1} + (S_{i1} - S_{ij}) / (S_{i1} - S_{i0}) * X_{i0}$ のように係数を乗じて生成する。

【 0 0 8 1 】

図5を用いて説明すると、変位インデックスを用いて補間によって生成した補間変位86上の変位補間フレーム88, 91, 94~98を用い、短軸位置インデックスにより、変位補間フレーム88, 91から等間隔の短軸方向補間フレーム100~103が作成され、変位補間フレーム91, 94から等間隔の短軸方向補間フレーム104~106が作成される。同様に、変位補間フレーム94, 95から短軸方向補間フレーム107, 108が作成され、109まで等間隔に短軸方向補間フレームが作成される。この処理により補間ボリュームデータ110の作成に必要な同一累積変位上で等間隔な補間フレームデータを作成することができる。

【 0 0 8 2 】

なお、目的変位フレーム補間処理、等間隔短軸フレーム補間処理は、1枚の補間フレームを作成する手順を変位方向補間、短軸方向補間の2つの処理に分けて記載しているが、目的変位インデックス、短軸位置インデックスの両方を跨いだ4枚のフレームデータがある場合には前記の式をまとめ、この2つの補間処理を一括で行うことも可能である。

【 0 0 8 3 】

また、前述した弾性情報演算部32は、圧迫手技が適切でない場合など、変位計測部30からの変位に基づいて演算によって求められた画像の正確さが低いと判断した場合、弾性像をゼロ、もしくは不正値として出力する機能も有している。したがって、変位情報解析・補間情報設定部48は、弾性像補間処理部54Aにおける入力データの値がゼロ、もしくは不正値を含むフレームであった場合、その前後のフレームデータから補間を行い、該当する弾性像フレームデータとの置き換えを行う。また、同じく平均変位も補間された値に置き換えることで、抜けのない補間フレームデータを作成することが可能になる。

【 0 0 8 4 】

ここで、例として、振幅が $10\mu\text{m}$ になるように3周期分の圧迫動作を行ってデータを計測したとき、2周期目の圧迫動作で1周期目、3周期目より圧迫力が不足しており、 $3\mu\text{m}$ 程度しか圧迫が行われなかった場合の等間隔短軸フレーム補間処理について、図6を参照して説明する。 $5\mu\text{m}$ の累積変位における弾性ボリュームデータを作成しようとした場合、2周期目には該当する弾性フレームデータが存在しない。そこで、等間隔なフレームデータA1~E1を、目的変位フレーム補間処理によって同一累積変位上に作成されたフレームデータA0~D0により補間する。すなわち、フレームデータA1をフレームデータA0とフレームデータB0で補間し、フレームデータE1をフレームデータC0とフレームデータD0で補間し、フレームデータB1、C1、D1は、フレームデータB0とフレームデータC0で補間する。

【 0 0 8 5 】

断層像補間処理部46A、弾性像補間処理部54Aは、作成した補間フレームを、断層像補間フレームメモリ46B、弾性像補間フレームメモリ54Bへ格納する。

【 0 0 8 6 】

断層像座標変換部50、弾性像座標変換部56は、断層像補間フレームメモリ46B、弾性像補間フレームメモリ54Bから出力された補間フレームデータから、X、Y、Z軸の直交する直交座標系へ変換を行ってそれぞれの3次元ボリュームデータを作成する。

【 0 0 8 7 】

ボリュームレンダリング部52, 58は、出力する2次元投影面上の各ピクセルの視線方向に存在するボリュームデータに対し、ボリュームレンダリング、最大値、最小値投影、あ

10

20

30

40

50

るいは平均処理などを行って、入力データから3次元画像を作成する。

【0088】

ボリュームレンダリング部52は、断層像座標変換部50から出力される断層像直交座標ボリュームデータを、いわゆるボリュームレンダリングと呼ばれる公知の手法で処理し、3次元断層像データセット中の視線方向の輝度データに、制御部42より転送される輝度ごとの透明度値を乗じて加算することで2次元投影面上の写像となる3次元画像を作成する。ここで、本実施例で用いる公知のボリュームレンダリング方式の式を以下に再定義する。

【0089】

(数1)

$$C_{out} = C_{out-1} + (1 - A_{out-1}) \cdot A_i \cdot C_i \cdot \dots \quad (1)$$

10

(数2)

$$A_{out} = A_{out-1} + (1 - A_{out-1}) \cdot A_i \cdot \dots \quad (2)$$

式(1)の C_i は、作成される2次元投影面上のある点から3次元画像を見た場合の視線上 i 番目に存在するボクセル輝度値であり、視線上に N ボクセルのデータが並んだとき、 $i = 0 \sim N$ までを積算した値 C_{out} が最終的な出力ピクセル値となる。 C_{out-1} は $i-1$ 番目までの積算値を示す。また、 A_i は視線上 i 番目に存在するボクセル値の不透明度であり、 $0 \sim 1$ の値をとる。 C_{out} 、 A_{out} はともに0を初期値とし、式(2)に示されるように、 A_{out} はボクセルを通過するたびに積算され1に収束する。よって、式(1)に示されるように $i-1$ 番目までのボクセルの不透明度の積算値 A_{out-1} が1となった場合、 i 番目のボクセル値 C_i は出力画像に反映されない。

20

【0090】

ここで、ボクセル値と不透明度の関係は、一般に横軸に輝度、縦軸に不透明度をとった不透明度テーブル(オパシティテーブル)として表され、ボクセルの値から不透明度を参照する。以上より、通常、ボリュームレンダリング処理では、不透明度の高いボクセルを表面としてとらえて、3次元断層像データを立体的に表示することができる。また、表面ではなく内部の構造物を透過的に可視化するレンダリング手法として、関心領域内の高輝度構造物のみを表示する最大値投影法(Maximum intensity projection)、低輝度構造物のみを描出する最小値投影法(Minimum intensity projection)、視線方向のボクセル値の累算画像を表示する方法(Ray summation)などが一般的に用いられている。また、レンダリング処理の過程において、制御部42を介してコントロールパネル40より設定されるしきい値により、そのボクセルデータを有効にするか無効にするかどうかを選択する機能も持っている。

30

【0091】

ボリュームレンダリング部58は、ボリュームレンダリング部52と同様に、断層像座標変換部50から出力される弾性像直交座標ボリュームデータに対しボリュームレンダリング処理を行う。ここで、本実施例では、表示を有効化したボクセルデータの表面に存在するボクセルデータのみとその表面の弾性値を示す弾性値マップを作成するための変更を加えている。

【0092】

また、ボリュームレンダリング部58は、弾性像座標変換部56から出力される弾性像直交座標ボリュームデータと同時に、断層像座標変換部50から出力される断層像直交座標ボリュームデータを入力としている。ここで、断層像直交座標ボリュームデータは、コントロールパネル40より設定されるしきい値により有効・無効の選択が行われていることから、無効の場合には弾性像直交座標ボリュームデータも同時に無効とする。すなわち、入力断層像直交座標ボリュームデータが、しきい値処理により有効な場合にのみ式(1)、式(2)におけるレンダリング処理を行うことで、有効な断層像直交座標ボリュームデータに相当する位置の弾性像直交座標ボリュームデータのみを使用して3次元画像を作成する機能を備える。特に、この時、ボリュームレンダリング部58に設定する不透明度テーブル(オパシティテーブル)を全域にわたり不透明な設定とすることで、表面のみを完全に不透明にす

40

50

ることができる。

【0093】

また、このボリュームレンダリング部52, 58は、ボリュームレンダリングや最大値投影、最小値投影などの公知の手法で処理し、2次元投影面上の写像となる3次元画像を作成して画像合成部60にてブレンディングなどの公知の手法により重畳してもよいし、断層像と弾性像にそれぞれ特化した方法を用いて3次元画像を作成してもよい。

【0094】

断層像任意断面像作成部62は、断層像補間フレームメモリ46Bより読み出した補間フレームセットより、任意の断面を切り出す処理を行い、弾性像任意断面像作成部64は、弾性像補間フレームメモリ54Bより読み出した補間フレームセットより、任意の断面を切り出す処理を行っている。

10

【0095】

画像合成部60は、ボリュームレンダリング部52から出力される3次元断層像と、ボリュームレンダリング部58より出力される3次元弾性像(弾性値マップ)の合成を行う。合成画像の各画素の輝度情報及び色相情報は、白黒断層像とカラー弾性像の各情報を合成割合で加算し、RGB変換を行って画像表示器26に表示する画像を作成する。具体的には、3次元弾性像より、相当するピクセルデータの色相(色調)に関するパラメータを決定し、3次元断層像より、相当するピクセルデータの輝度に関するパラメータを決定する。

【0096】

また、画像合成部60は、制御部42より決定されるブレンド率パラメータにより、断層像と弾性像の比重が決定付けられるため、ブレンド率により彩度に関するパラメータを決定し、3次元画像を構築する機能を備える。これにより、断層像の形状によって陰影などの効果が生まれ、弾性値によって3次元画像の表面の色付けが決定され、通常のボリュームレンダリングに比べ、より正確に3次元形状とその性状を表した3次元画像を生成することができる。また、断層像、弾性像ともにコントロールパネル40より設定される弾性しきい値を用い、しきい値以上、以下、もしくはその間にある任意の弾性値の画像のみ3次元画像化し、表示することも可能である。

20

【0097】

なお、レンダリング手法は、断層像、弾性像の2種類の3次元ボリュームデータから3次元画像を作成するための技術であり、画像の精度向上を目的とする本実施例に適した方法であるが、本実施例におけるデータ取得方法を持つシステムに限定されず、一般的な断層像、弾性像の3次元画像構築を目的とするシステムに関わるものである。

30

【0098】

また、画像合成部60は、断層像任意断面像作成部62と弾性像任意断面像作成部64のブレンディングなどの重畳処理と表示形式への変換を行い、3次元画像とともに画像表示器26へ出力する。

【0099】

図7は、画像表示器26に表示される画像の一例であり、3次元断層像112と3次元弾性像114の同時表示形式である。3次元断層像112は、ボリュームレンダリングによる3次元断層像であり、3次元弾性像114はボリュームレンダリング部58で生成される弾性値を3次元断層像上にマッピングしたものである。図7に示すように、断層像と弾性像のマッピング画像を同時に表示することで、形態的な情報と性状的な情報を同時に観察する。

40

【0100】

図8は、画像表示器26に表示される画像の別の一例であり、3次元弾性像116は、弾性値をボリュームレンダリングにより3次元画像化したものである。これにより、図8の表示形式と同様に、形態的な情報と性状的な情報を同時に観察する。

【0101】

図9は、画像表示器26に表示される画像のさらに別の例であり、3次元断層像112と3次元弾性像116に加え、断層像任意断面画像118と断層像、弾性像の合成画像120の同時表示形式である。断層像任意断面画像118は断層像補間ボリュームからZ-Y面を切り出した断層

50

平面像であり、合成画像120は弾性像補間ボリュームからZ-Y面を切り出し、断層像任意断面画像118にブレンディング法により重畳したものである。このように、断層像、弾性像の3次元画像と断層像、弾性像の任意断面画像を同時に表示することで表面的な構造と内部構造、そしてその性状を同時に観察する。

【0102】

ここで、図10, 11を参照して、本実施例により構成される画像と従来の方法により構成される画像の比較を行う。図10に、本実施例の特徴である補間ボリュームを取り込んで、超音波探触子12の短軸方向、すなわち、圧迫力の変動によるアーチファクトが画像上の水平方向に現れるように構成した断層像任意断面画像118、弾性像任意断面画像122、それぞれをブレンディング用により重畳した合成画像120を示す。また、断層像任意断面画像118の拡大画像124、弾性像任意断面画像122の拡大画像126を示す。

10

【0103】

また、図11に、計測した全てのデータを取り込む従来の方法で作成した断層像任意断面画像128、弾性像任意断面画像132、それぞれをブレンディング用により重畳した合成画像130、断層像任意断面画像128の拡大画像134、弾性像任意断面画像132の拡大画像136を示す。

【0104】

フレームデータは、被検体10の体表面に対してほぼ垂直方向に上下の圧迫を加える圧迫手技を行いながら計測されるため、被検体10に加わる圧力が異なる状態で計測されたデータが含まれる。これらの全てのデータを取り込んで3次元画像を作成する、あるいは各断層面から適当にフレームデータを選択して合成すると、上下に波打ったボリュームデータが作成され、画像精度が悪化する。図11の断層像上には波打ちが、弾性像上には縦スジの目立った画像の乱れが顕著に発生していることがわかる。これに対して、図10では、波打ち、画像の乱れが消失していることがわかる。図12に、従来の方法で作成した3次元画像135、本実施例の補間処理を行った3次元画像137の概念図を示す。3次元画像135では、上下の波打ちが生じるのに対し、3次元画像137では、波打ちが消失する。

20

【0105】

画像表示時には、1つの累積変位における3次元画像、2次元断面像を表示してもよいが、変位情報解析・補間情報設定部48で作成した変位インデックスの順番にしたがって繰り返し再生を行うことで、圧迫時の被検体10の挙動をリアルタイムのごとく知ることができる。また、図13に示すように、目的変位フレーム補間処理、短軸走査位置情報補間処理、等間隔短軸フレーム補間処理を累積変位138, 139, 86, 140で変位を切り替えながら行うことで補間ボリュームデータ141, 142, 110, 143に示すように圧迫変位の異なるボリュームデータを作成することができ、これを検査終了後に連続的に再生することで圧迫の過程を3次元的な動画で観察することができる。

30

【0106】

このように構成される超音波診断装置の処理過程について、図14, 15を用いて説明する。まず、検者は、図15(a)~(c)に示すように、被検体10に超音波探触子12を当てて、例えば5%~20%程度の歪みが生じるように一定の応力を加えた初期状態から、0.2%~1%程度、もしくは10 μ m以下の歪み変化を生じさせるように超音波探触子12を上下に繰り返し操作する(ステップ1)。

40

【0107】

この操作とともに超音波送受信が行われて、2次元断層像、2次元弾性像が構築され、画像表示器26に表示される。断層像と弾性像の2次元合成画像の表示はフレームごとにリアルタイムに表示されるものであり、検者は、加圧操作中に手技の成否を認識することができ、うまく弾性像が得られていない場合には操作を中断し、再試行することができる(ステップ2)。予め設定した走査範囲を走査し終わると、超音波信号の送受信を停止する(ステップ3)。

【0108】

検者は、画像表示器26を確認しながら、圧迫手技が適切に行われていると判断したら、

50

コントロールパネル40からスタート信号を入力して、短軸方向への移動を開始し、3次元のフレームデータの収集を開始する。次に、3次元画像構成部24により、変位情報解析・補間処理(ステップ4)と、3次元弾性像・断層像座標変換が行われ(ステップ5)、3次元ボリュームデータが構成される。この処理は変位ごとに行われ、全累積変位において補間処理が終了し、各変位における3次元ボリュームデータが揃った時点で補間処理は終了される(ステップ6)。

【0109】

次に、検者は動画再生をするか、静止画再生を行うかを選択する(ステップ7)。ここで、静止画が選択された場合、自動、もしくは手動で表示したい3次元画像の圧迫変位を設定し(ステップ8)、3次元弾性像・断層像画像処理(ステップ9)、もしくは任意断面弾性像・断層像画像処理(ステップ10)あるいはその両方を行い、画像表示器26へ表示する(ステップ11)。

10

【0110】

検者は動画再生を選択した場合、作成した各圧迫変位における3次元ボリュームデータの変位を順番に切り替え(ステップ12)、静止画の場合と同様に3次元弾性像・断層像画像処理(ステップ9)、もしくは任意断面弾性像・断層像画像処理(ステップ10)あるいはその両方を行い、画像表示器26へ表示する(ステップ11)。このとき、動画再生の停止が選択されなければ、3次元ボリュームデータの変位を順番に切り替えながら(ステップ12)、実時間画像のごとく圧迫手技の過程における3次元画像を観察することができる。

【0111】

20

以上説明したように、本実施例によれば、累積変位が設定値と同一の弾性像のみを選択してボリュームデータを生成することができる。つまり、累積変位が同一ということは、生体組織の上下方向、あるいは、加圧減圧方向の変位位置が各断層面で揃っているということなので、上下の波打ち等のアーチファクトがより軽減された3次元弾性像を構成することができる。また、本実施例によれば、超音波探触子12による被検体10の圧迫状態を固定する必要がないため、超音波探触子12の位置固定のための加圧装置などを必要とせず、手動圧迫でも可能となり、装置を簡便に構成することができる。

【0112】

また、短軸方向に移動して計測する各スライス位置で、所望の累積変位に対応する弾性像の弾性フレームデータが計測できていない場合、さらに、圧迫力が不足した周期があり、その周期の所望の累積変位に対応する弾性像が存在しない場合でも、補間処理によって生成した弾性ボリュームデータを用いてアーチファクトが軽減された精度の高い3次元弾性像を構成することができる。

30

【0113】

また、本実施例によれば、弾性像の場合と同様に、アーチファクトが抑制された3次元断層像を構成することができる。3次元画像構成部24は、変位計測部30から出力される変位の代わりに、断層像構成部20の出力より変位を求める構成とすることもできる。なお、弾性像のみ又は断層像のみを構成し、補間、3次元画像の構成をするようにしてもよく、必ずしも弾性像構成部34及び断層像構成部20の両方を必要としない。

【0114】

40

また、3次元画像構成部24は、3次元弾性像に基づいて弾性値を求め、弾性値に対応した画像表示(輝度、色調)にして3次元断層像表面に重畳するようになっているので、検者は形態的な情報と性状的な情報を同時に観察することができる。

【0115】

さらに、3次元画像構成部は、3次元弾性像に対応する累積変位に基づいて連続で画像表示部に表示するように構成されているので、累積変位の小さな3次元弾性像から順に連続的に再生することで、圧迫の過程を3次元的な動画で観察することができる。

【0116】

以上、本実施例について説明したが、本発明は、これらに限らず適宜構成を変更して適用することができる。例えば、さらに、圧力計測部を設け、変位計測部30から出力される

50

変位と、計測された圧力値とから断層画上の各点に対応する弾性率を演算し、弾性率に基づいて弾性像フレームデータを生成することもできる。

【0117】

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 $L(X)$ 、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 $Y_m(X)$ は、 $Y_m = P(X) / S(X)$ という式によって算出される。このヤング率 Y_m から断層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次元の弾性像データを連続的に得ることができる。なお、ヤング率とは、物体に加えられた単純引張り応力と、引張りに平行に生じるひずみに対する比である。

10

【0118】

また、平均変位は、関心領域内に複数のサンプル点を設け、圧迫前後でそれぞれのサンプル点間の変位を求め、それらの変位の平均であってもよい。なお、平均値の他に、中央値、分散、標準偏差等の統計的データを用いることができる。

【0119】

また、弾性像の場合と同様にして、断層像の補間処理を行い、断層ボリュームデータを生成して、3次元断層像を構成することもできる。その際の断層像間の変位は、例えば、断層像の相互相関処理を用いてフレーム間の相関値ピークを検出し、その距離から変位を推定する、あるいは画像の圧迫方向の重心を計測し、その変化による移動距離から変位を推定し、変位計測部30において算定される変位の代替手段として用いることもできる。

20

【0120】

さらに、本実施例では、圧迫変位を変位から推定し、位置ずれのないボリュームデータを作成する方法について述べたが、圧迫の過程で、押し過ぎや引き過ぎによる圧迫変位のズレが生じてしまう場合には、補間を行っても正しい3次元ボリュームデータを作成することができない。これを防ぐために、圧迫による垂直方向の累積変位をリアルタイムに表示することができる。

【0121】

累積変位は、圧迫手技による垂直方向の総変位を時間的に加算し、累積値を求めることで簡易的に表すことが可能である。図16は、2次元断層像76と累積変位グラフ84を1画面に表したものである。本実施例の補間処理は、最初のデータ取り込み範囲から常に同じ振幅となるよう圧迫されている状態が最も好ましいため、最初の押し込みから引き戻し操作に変わった変位を基準として、その総変位と交差するように時間方向に水平な直線を表示する。このグラフにより、検者が、圧迫がゼロ線と初期圧迫時の総変位を超えるように圧迫することで、良好なフレームデータを計測できるので、検査の効率化と画質の向上を図ることができる。

30

【0122】

図17は、圧迫手技中、本実施例の補正処理を行うことなく短軸断面を表面に向けた3次元画像150あるいは3次元データより切り出された短軸断面の断面画像と、通常の2次元画像152と累積変位グラフ154とを同時に表示した画面である。この表示方法によれば、グラフによる変位だけでなく、再構成中の3次元画像を観察することができ、圧迫が足りない場合に検者が画像からそれを認識することができるため、設定された走査の終了を待たずに走査を停止させ、再び走査を開始させることができる。この時の3次元画像150、あるいは任意断面の断面画像は、短軸面だけでなく任意に回転角を変更し、任意の角度の3次元画像、もしくは断面画像を表示することもできる。

40

【0123】

本実施例では、検者の手ぶれによる関心領域のズレを抑制するため、超音波探触子12を短軸方向に一度だけ走査し、取得した複数フレームを使用して補間処理により圧迫による変位ズレのない3次元データを作成することが望ましい。しかし、手ぶれが抑えられるのであれば、複数走査の結果を用いてより精度を向上することができる。この場合、短軸方

50

向の操作は往復、あるいは同一方向へ複数回走査することによって同一場所を含む複数面のフレームデータを取得することができる。このフレームデータは複数回走査を行っても同じ短軸方向走査位置で行われる。

【 0 1 2 4 】

図18に往復で短軸方向に2回の操作を行った場合の短軸方向走査位置を横軸に、累積変位を縦軸にとった場合の図を示す。図18で、実線と灰色丸で示した往路の累積変位グラフ84に対し、一点鎖線と白丸で示した累積変位グラフ160が復路である。ここで、復路における走査データを用いて補間変位86に沿って補間フレームを作成する場合、往路走査による補間に加え、復路走査によって補間変位ライン86上の黒丸162～169に沿って補間フレームが作成され、より高密度に補間フレームが作成されることにより、精度の良い3次元画像を作成することができる。

10

【 0 1 2 5 】

特に、往路における補間フレーム98以降には、補間フレームが作成できず、ゼロで埋められた補間フレーム99が存在し、補間フレーム98から補間フレーム99の間は、等間隔短軸フレーム補間処理によってゼロに近づく補間フレームが作成されるだけであったが、補間フレーム162, 163を用いて等間隔短軸フレーム補間処理を行うことにより、より広い走査範囲において実データのある3次元画像を作成することができる。

{ 実施例 2 }

【 0 1 2 6 】

ここで、第2の実施例について説明する。第1の実施例は、全てのフレームデータを計測し終えた後、各補間処理を開始するのに対し、本実施例は、リアルタイムで補間ボリュームデータを作成し、表示を行うことである。したがって、図2中では、断層像補間処理部46A、弾性像補間処理部54A、変位情報解析・補間情報設定部48の動作が第1の実施例と異なっている。

20

【 0 1 2 7 】

本実施例では、リアルタイム表示を可能にするために、1つの変位における補間ボリュームデータを作成する。したがって、変位情報解析・補間情報設定部48で設定する圧迫変位は1つのみとなる。表示を行う圧迫変位は、超音波走査を開始前にコントロールパネル40より手動で設定するか、もしくは超音波走査開始後、最初に圧迫の方向が反転したフレームを変位より検出して、それまでの累積変位の1/2を表示圧迫変位として自動的に設定

30

【 0 1 2 8 】

圧迫変位の決定後、短軸方向へ移動しながら圧迫操作を続け、圧迫変位を跨いで表示を行う変位に対し、前後のフレームが揃ったとき、直ちに前後のフレームの累積変位と変位インデックスより前述した補間係数を決定し、圧迫変位が変位インデックスに等しい補間フレームを生成し、短軸位置も補間により再計算する。

【 0 1 2 9 】

走査が短軸の走査範囲を全て走査完了したとき、すなわち全ての補間フレームが作成されたとき、変位情報解析・補間情報設定部48で設定された短軸位置インデックスに従い、補間ボリュームデータを作成し、断層像座標変換部50、弾性像座標変換部56はそれぞれ断層像補間フレームメモリ46B、弾性像補間フレームメモリ54Bより出力される補間ボリュームデータに対し、スキャンラインデータからX、Y、Z軸の直交する直交座標系へ変換を行う。作成された補間ボリュームデータは、第1の実施例と同様に、ボリュームレンダリングにより3次元画像が作成され、画像表示器26に出力される。走査中、この処理を継続して行うことで手動、もしくは自動で設定したある圧迫変位における3次元断層像、3次元弾性像をリアルタイムに走査をしながら表示することができる。

40

【 0 1 3 0 】

本実施例においても、図17に示すような画像を表示することができる。しかし、本実施例では、1ボリューム分の走査を終了する前に補間の計算が可能である。したがって、図17では補正処理を行っていない3次元画像を表示しているが、本実施例では、設定した圧迫

50

変位における3次元ボリュームデータを補正処理により随時作成し、再構成中の3次元画像や3次元ボリュームデータから任意の断面を切り出して観察することができる。

【0131】

次に、図19を用いて本実施例における操作と処理の流れについて説明する。検者は、予め3次元化を行う累積変位、もしくはそれを自動的に検出するための設定を行う(ステップ21)。検者が走査を開始すると(ステップ22)、2次元断層像、2次元弾性像を構築して画面へ表示しながら(ステップ23)、予め設定した累積変位の補間フレームを補間処理により作成し(ステップ24)、3次元弾性像、3次元断層像座標変換が行われ(ステップ25)、3次元ボリュームデータが構築される。

【0132】

この3次元ボリュームデータも随時、3次元弾性像・断層像画像処理(ステップ26)、もしくは任意断面弾性像・断層像画像処理(ステップ27)、あるいはその両方の処理へ入力され、画像表示器26へ表示する(ステップ28)。実施例2はリアルタイム処理であるため、検者が検査を終了しない限りは3次元画像の作成と表示を行い続ける。

【0133】

以上説明したように、本実施例によれば、検者は、累積変位グラフ84、弾性像、断層像、3次元弾性像、3次元断層像の各画像をリアルタイムで確認しながら計測を行うことができるので、計測が適切でなかった場合に、すぐに修正をすることができ、後で計測し直す必要がない。

【0134】

以上、本実施例について述べたが、第1の実施例と同様に、圧迫操作による垂直方向の累積変位をリアルタイムに表示する方法が考えられる。本実施例による補間処理は同じ累積変位を常に通過している状態が最も好ましいため、図20に示すように、圧迫が始まり、最初の押し込みから引き戻し操作に変わったとき、その変位の1/2、つまり、圧迫走査に置ける中間変位を基準として、その変位と交差するように時間方向に水平な直線を表示する。このグラフにより、検者は、圧迫が中間変位のラインを通過するように圧迫することで、良好な補間ボリュームデータを取得することができ、検査の効率化と画質の向上を図ることができる。

【0135】

なお、第1の実施例においては、走査終了後の補間処理について記述しているが、3次元化を行う変位をある変位に固定すれば、本実施例と同様に、設定した累積変位における3次元ボリュームデータを補正処理により随時作成し、再構成中の3次元画像や、3次元データから任意の断面をリアルタイムに切り出して観察することができ、3次元画像、もしくは任意断面画像により圧迫の過程を検者が知ることが可能である。

{実施例3}

【0136】

次に、第3の実施例について説明する。第1、第2の実施例において、圧迫の過程における数周期で振幅、周期ともに一定の状態フレームデータを計測することが望ましいが、必ずしも一定の状態で行えるとは限らず、圧迫以外の変位、例えば、検者は手ぶれにより徐々に強く、もしくは徐々に弱く圧迫してしまうことにより発生する周期性のない、もしくは低周波の変位成分からなるラインを含むことになることがある。本実施例では、これを変位ベースラインという。

【0137】

変位ベースラインは、変位情報解析・補間情報設定部48において、取得した全フレームにおける累積変位に対し、最小2乗法や低次の多項式近似により推定することができる。また、その他に変位ベースライン波形を推定する方法として、相対変位の短軸方向変化波形、もしくは相対変位の短軸方向変化波形の自己相関波形に対しフーリエ変換を行い、周波数軸上の最大スペクトルを検出することで圧迫手技の周波数成分を特定する。次に、累積変位の短軸方向変化波形に対しフーリエ変換を行い、推定した圧迫手技の周波数成分を周波数軸上より除去し、逆フーリエ変換により時間信号へ変換を行うことにより変位ベー

10

20

30

40

50

スライン波形を推定することも可能である。

【0138】

変位情報解析・補間情報設定部48は、推定した変位ベースライン波形の変化量、もしくはスペクトルの大きさが設定値を超えた場合に、検者に警告する機能を有し、検者に再取得を促すことができる。この設定値は、予め設定されているものでもよいし、累積変位から変位ベースライン波形を除去して得られる圧迫手技による累積変位の大きさに対し、一定の割合を乗じた値を基準として用いてもよい。

【0139】

変位情報解析・補間情報設定部48は、前述の方法で検者に警告した結果を得て、検者が望む場合には、累積変位から変位ベースライン波形を除去して得られる圧迫変位を累積変位として、補正処理を行うことも可能である。累積変位から変位ベースライン波形を除去する処理は、低周波成分を除去するFIRフィルタ処理や、周期成分のみを抽出できる自己相関処理を用いて簡易的に実施することができる。

10

【0140】

この場合、変位ベースラインを除去しているため、実際の形状とは異なる3次元画像を作成することになるが、圧迫手技による誤った周期成分は除去できるため、画像の見た目を改善することができ、検者が精度の低い画像を見て誤った判断を行うことを防止できる。

【0141】

この場合、変位ベースラインが検者の手ぶれにより圧迫の程度が変わることによるものであれば、正しい補正処理ができないこともある。しかし、この変位ベースラインの周期は概して低く、弾性表示のための圧迫手技のない通常の3次元画像取得時にも発生し得る現象であるため、補正処理を行うことを検者に通知して実施すればデータの取り直しを減らすことができ、検査の効率を良くする点で、効果的な処理となる。

20

【0142】

図21に、検者による手ぶれが存在しない場合(a)と、存在する場合(b)の3次元画像と累積変位のグラフの概念図を示す。3次元画像170は、圧迫による周期変化を含む3次元画像であり、上下に波打っている。一方で、3次元画像172は検者の手ぶれによる変位ベースライン成分を含んだ3次元画像であり、上下に波打っているだけでなく、右上がりの画像になっていることがわかる。

30

【0143】

累積変位グラフ174, 176は、これらの場合にそれぞれ累積変位を求めた場合の累積変位のグラフである。累積変位グラフ174は、圧迫による周期変化を含んでおり、上下に波打っている。累積変位グラフ176は、変位ベースライン成分を含んでおり、上下に波打っているだけでなく、右下がりのグラフになっている。この場合、マイナスの変位、すなわち上への変位が下への変位に比べ大きい場合を示し、検者がだんだんと圧迫を弱めていることが考えられる。

【0144】

図22に、本実施例における3次元画像構成部24を示す。第1, 2の実施例と異なる点は、断層像補間処理部46A、弾性像補間処理部54Aが、断層像フレームメモリ46、弾性像フレームメモリ54からの断層像、弾性像をそれぞれ変位情報解析・補間情報設定部48から設定される変位インデックス、短軸位置インデックスを元に補間処理により補間フレームを作成する際に、断層像変位オフセット処理部178、弾性像変位オフセット処理部180を介して変位方向にオフセット処理を行う点である。

40

【0145】

変位情報解析・補間情報設定部48は、前述したように、累積変位の短軸方向変化波形、相対変位の短軸方向変化波形、変位ベースライン波形を推定し、変位ベースラインの変化が大きい場合には画像表示器26に警告を表示し、検者が望む場合には、変位ベースラインシフト処理を行うための変位ベースラインオフセット値として、変位ベースライン波形より圧迫開始フレームからの変位ベースラインの変化量よりシフト量を算定する。

50

【0146】

図23は、累積変位グラフの概念図を示し、累積変位グラフ176が入力された場合、変位ベースライングラフ182は、累積変位グラフ176より推定した変位ベースライン成分であり、累積変位グラフ174は、累積変位グラフ176から変位ベースライングラフ182を減じたものである。変位情報解析・補間情報設定部48は、変位ベースライングラフ182より、積算されている負の変位を検出し、サンプル単位のシフト量に変換して断層像変位オフセット処理部178、弾性像変位オフセット処理部180へ出力する。

【0147】

本実施例では、変位ベースラインの補正を断層像変位オフセット処理部178、弾性像変位オフセット処理部180における変位ベースラインシフト処理として実施しているため、断層像補間処理部46A、弾性像補間処理部54Aにおいて実施される補間処理のための累積変位の短軸方向変化波形から変位ベースライン波形の変化量を減じた図23の累積変位グラフ174に示す累積変位を使用する。

10

【0148】

断層像変位オフセット処理部178は、断層像フレームメモリ46からの断層像データに対し、変位情報解析・補間情報設定部48から設定される変位ベースラインオフセット値を参照して、図24の変位ベースラインシフト処理の概念図184に示すように断層像データを上下にシフトする変位ベースラインシフト処理を行い、その結果を断層像補間処理部46Aへ出力する。この変位ベースラインシフト処理により、3次元画像172に含まれる変位ベースライン成分は、図21の3次元画像170に示すように除去することができる。

20

【0149】

弾性像変位オフセット処理部180は、弾性像フレームメモリ54からの弾性像データに対し、変位情報解析・補間情報設定部48から設定される変位ベースラインオフセット値を参照して弾性像データを上下にシフトする変位ベースラインシフト処理を行い、その結果を弾性像補間処理部54Aへ出力する。

断層像変位オフセット処理部178、弾性像変位オフセット処理部180により上下にシフトした断層像、弾性像データを用いて、第1の実施例と同様に補間処理を行うことで、変位ベースラインを補正して精度のよい3次元画像を作成することが可能である。

【0150】

以上説明したように、本実施例によれば、計測の際に検者が、手ぶれ等により圧迫力を徐々に弱く又は徐々に強くてしまうことによる変位を、変位ベースライングラフ182として推定することができる。検者は、変位ベースライン182が累積変位図に表示されたら、変位ベースライングラフ182を消すように計測の仕方を変えることで、手ぶれ等による変位を小さくすることができる。

30

【0151】

また、3次元画像構成部24を、変位ベースライングラフ182の変位が設定値を超えた場合に、画像表示部に警告を表示するように構成したので、検者は、その警告に基づいて圧迫操作を修正することができる。また、3次元画像構成部を、累積変位図から変位ベースライングラフ182を除いた累積変位図に基づいて、3次元弾性像又は3次元断層像を構成することができるので、累積変位から検者の手ぶれ等の影響を除去して、3次元画像を構成することができる。

40

【0152】

ここで、本実施例の変形例として、累積変位の1周期中に1フレームのみ補間フレームを作成する構成としてもよい。例えば、図5では、補間フレーム88, 91, 94~98を生成しているが、累積変位に加え、平均変位の符号が同じ、つまり押している場合、引いている場合のどちらか片方だけを用いて補間フレームを生成することも可能である。

【0153】

この場合、引いている場合のみで補間フレームを作成すると、補間フレーム88, 94, 96, 98のみ作成されることになる。また、処理の簡便化のため、変位計測部30より出力される平均変位の時間変化波形にフィルタ処理を行い、相対変位の時間変化波形を算出し、圧

50

迫周期の1周期中に1フレームのみ補間フレームを作成してもよい。この変形例は、実施例1, 2にも適用できる。

{ 実施例 4 }

【 0 1 5 4 】

ここで、第4の実施例について説明する。第1～第3の実施例において、補間フレーム作成に用いる圧迫歪みを深度方向の歪みを累積することで求めたが、本実施例では圧迫歪みを深度方向の歪みを累積することで求め、求めた歪みに対するしきい値を設定することで補間処理の制御を行うことが特徴となる点である。3次元画像構成部24は、弾性像構成部34により構成される弾性像に係る歪みを累積して累積歪みを求めて弾性像のポリウムデータを生成し、生成したポリウムデータに基づいて3次元弾性像を構成する。3次元画像構成部24は、複数の前記弾性像の中から累積歪みが設定範囲内の弾性像を選択して該選択した弾性像のポリウムデータを生成することもできる。本実施例では、歪みを累算した値はパーセンテージを単位として用い、累積歪み(%)が等しいフレームを選択し、補間を行う。

10

【 0 1 5 5 】

変位情報解析・補間情報設定部48は、図示はしないが、弾性情報演算部32より出力される平均圧迫歪み(平均歪み)を解析し、圧迫ゼロ状態からの歪みを被検体10の歪みを単位として数値化した累積歪みを求めるようになっている。なお、ここでいう歪みは、被検体10の圧迫ゼロ状態からの積算歪みである。

【 0 1 5 6 】

20

弾性像補間処理部54Aは、変位情報解析・補間情報設定部48における歪みに基づく条件に基づいて補間処理を行う。また、例えば、歪みのしきい値を歪み10%とした場合、目的の累積歪みとの差分が10%以上となるフレームのみに対し、フレーム補間処理を実施する。そして、弾性像補間フレームメモリ54Bは、弾性像補間処理部54Aで作成した補間フレームデータを格納し、弾性像座標変換部56は、弾性像補間フレームメモリ54Bからの出力を座標変換し、3次元ポリウムデータを作成する。そして、ポリウムレンダリング部58は、弾性像座標変換部56で座標変換されたデータのポリウムレンダリングを行う。

【 0 1 5 7 】

同様に、断層像補間処理部46Aは、変位情報解析・補間情報設定部48における歪みに基づく条件に基づいて補間処理を行う。そして、断層像補間フレームメモリ46Bは断層像補間処理部46Aで作成した補間フレームデータを格納し、断層像座標変換部50は、断層像補間フレームメモリ46Bからの出力を座標変換し、3次元ポリウムデータを作成する。ポリウムレンダリング部52は、断層像座標変換部50で座標変換されたデータのポリウムレンダリングを行う。

30

【 0 1 5 8 】

図25は歪みのしきい値の具体例を示したものである。図25(a)に示す累積歪みグラフ2501は、変位から求めた歪みを時間方向に累積したものである。

【 0 1 5 9 】

図25(b)に示す累積歪みグラフ2503は、累積歪みグラフ2501から基準ライン2502の歪み分を差し引いたものである。ここで、弾性像補間処理部54Aは、しきい値が10%と指定された場合、差分の絶対値が10%以上、すなわち、破線2504より歪みが大きいフレーム、および、破線2505より歪みが小さいフレームについてのみ補間処理を行う。すなわち、差分の絶対値が10%以下のフレームについては補間処理を行わないため、分解能を保持することができる。

40

【 0 1 6 0 】

図25(c)に示すように、歪み差分の絶対値が10%以下の場合、アーチファクトが視認できない程度であれば、分解能を保持しつつ、アーチファクトの発生している部分だけを選択的に補正することもできる。図25(c)に示す例は、グラフ2506は圧迫による累積歪みの目的累積歪みとの差分が常に10%以下である場合であるが、弾性像補間処理部54Aは、しきい値を10%である場合には全領域に渡って補正処理が実施されない。

50

【0161】

また、しきい値を設定する調整ダイヤル、あるいは調整ボタンをコントロールパネルに有することで、操作者が画像を見ながら対話的に操作できる事により、最適な画像を作成することができる。

【0162】

本実施例では、変位を圧迫前の大きさで正規化した歪みで説明を行ったが、変位で同様の処理を行うことも当然可能である。

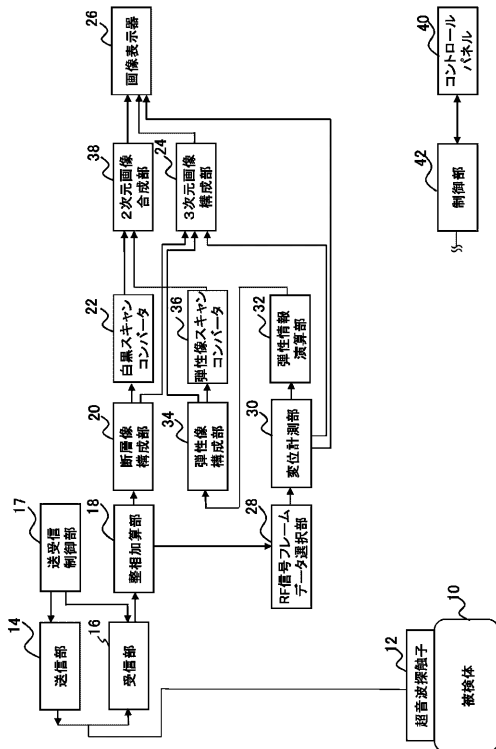
【符号の説明】

【0163】

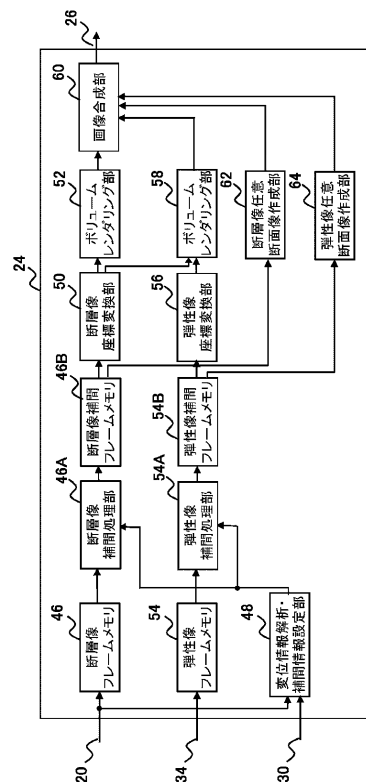
12 超音波探触子、14 送信部、16 受信部、18 整相加算部、20 断層像構成部、24 3次元画像構成部、26 画像表示器、30 変位計測部、32 弾性情報演算部、34 弾性像構成部、46 断層像フレームメモリ、54 弾性像フレームメモリ、48 変位情報解析・補間情報設定部、46A 断層像補間処理部、54A 弾性像補間処理部、60 画像合成部、84 累積変位グラフ、182 変位ベースライン

10

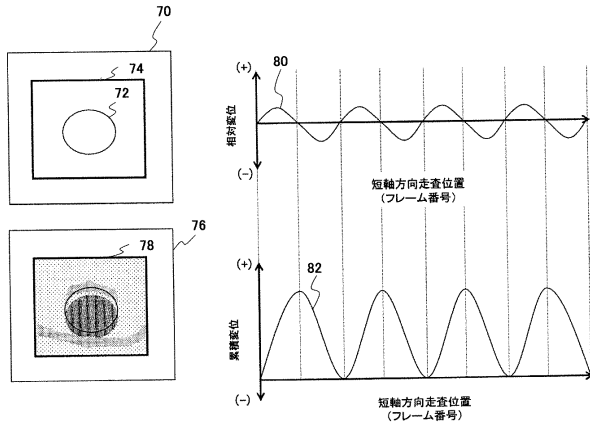
【図1】



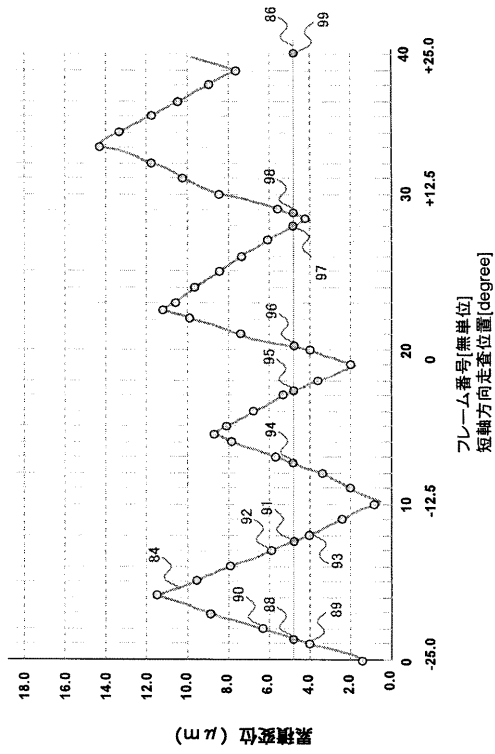
【図2】



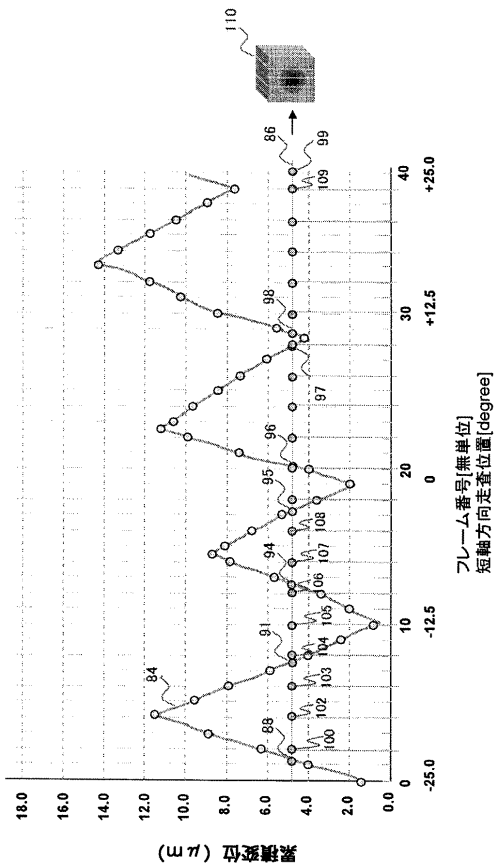
【図3】



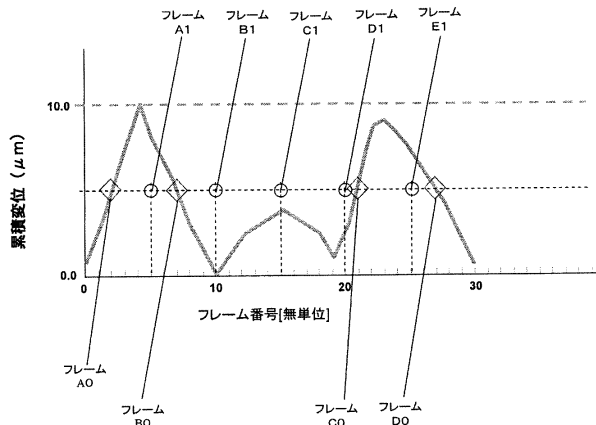
【図4】



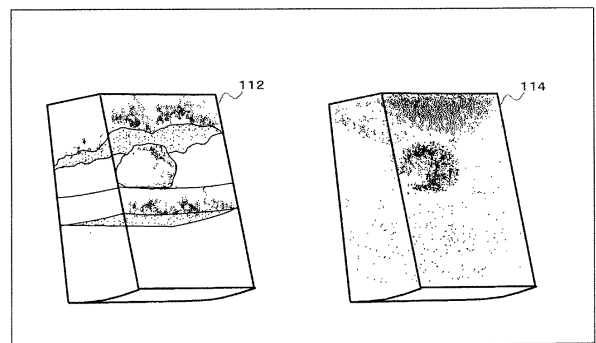
【図5】



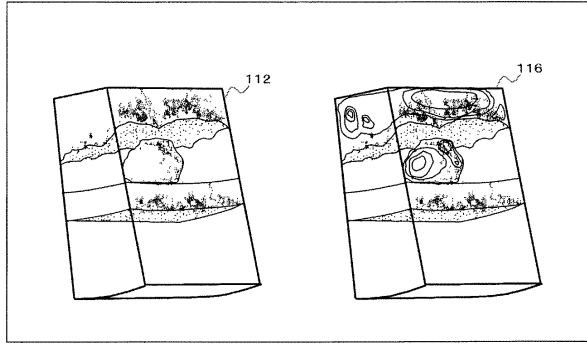
【図6】



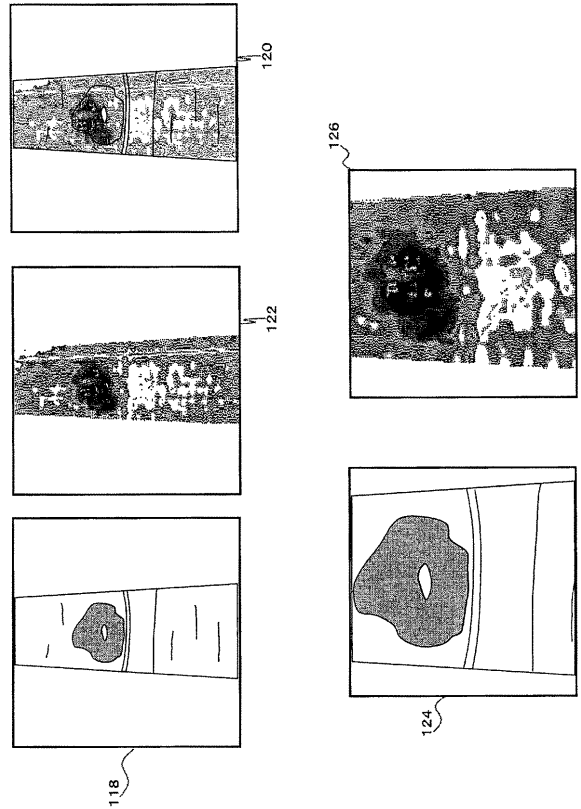
【図7】



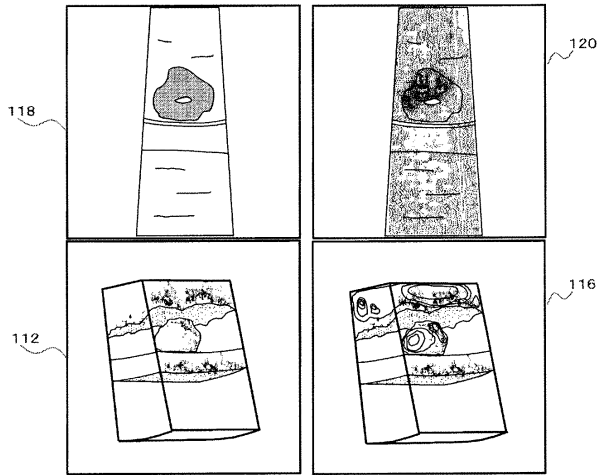
【図8】



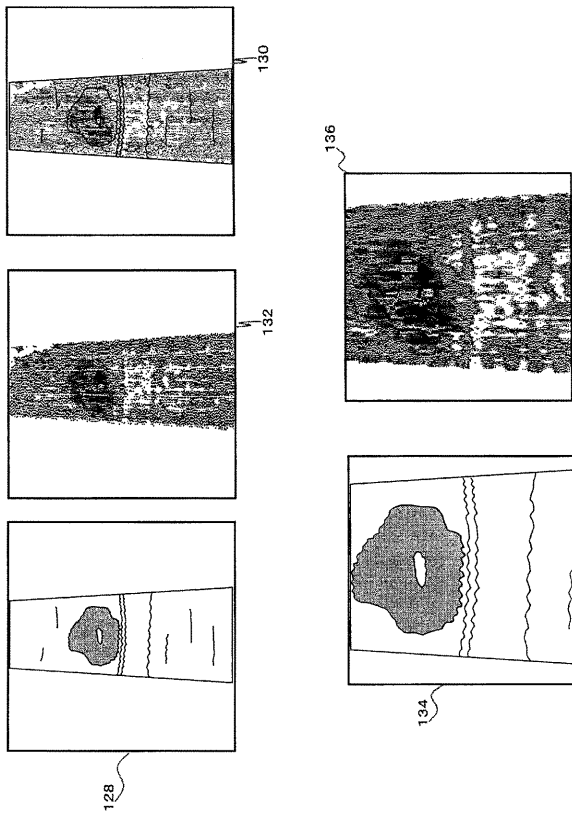
【図10】



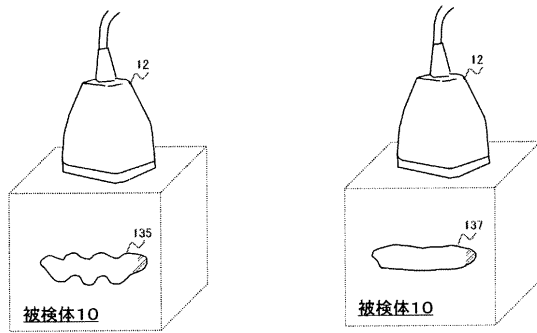
【図9】



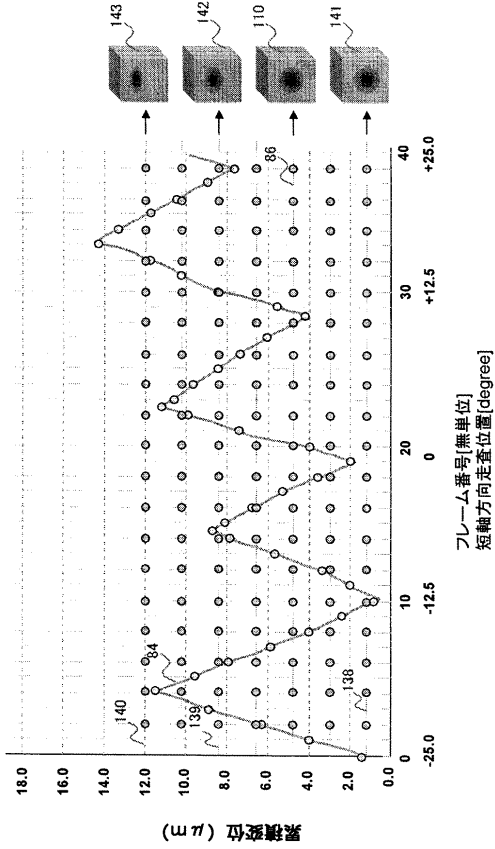
【図11】



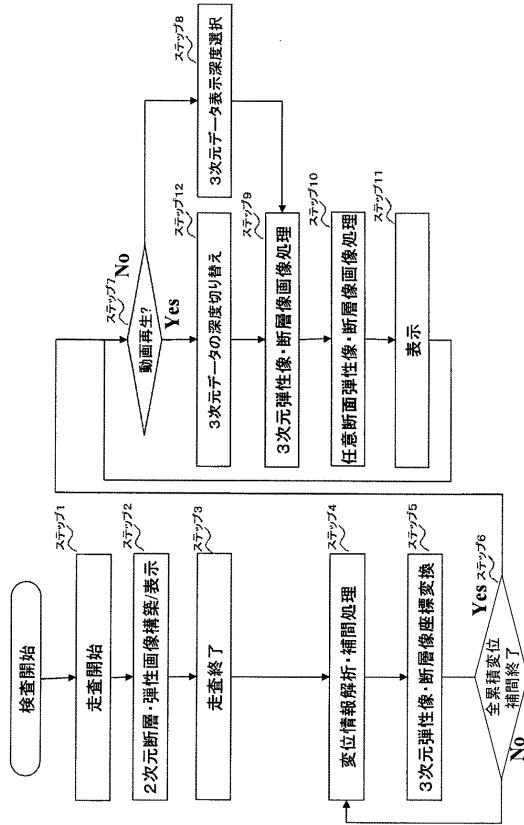
【図12】



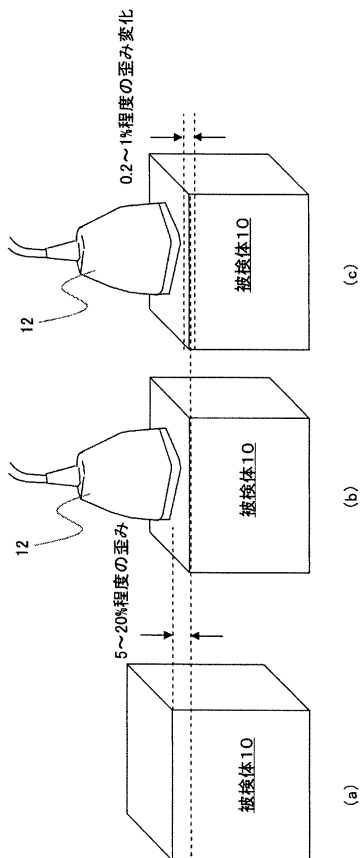
【図13】



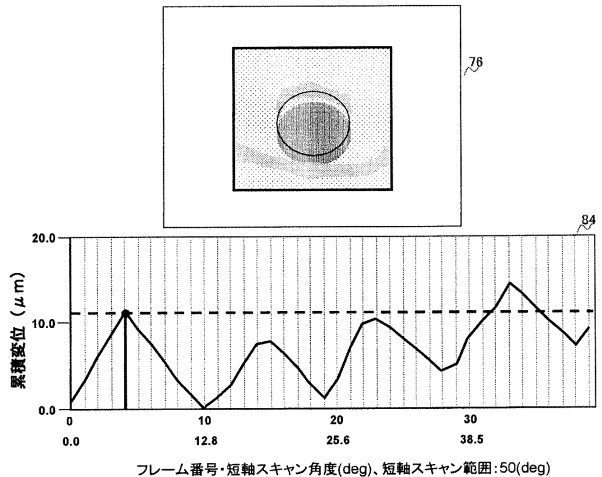
【図14】



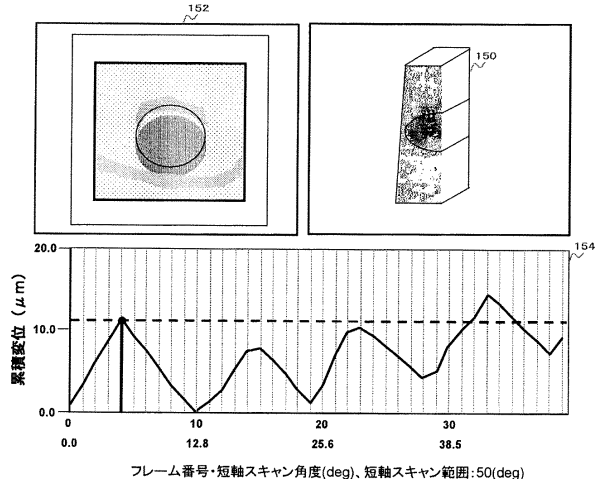
【図15】



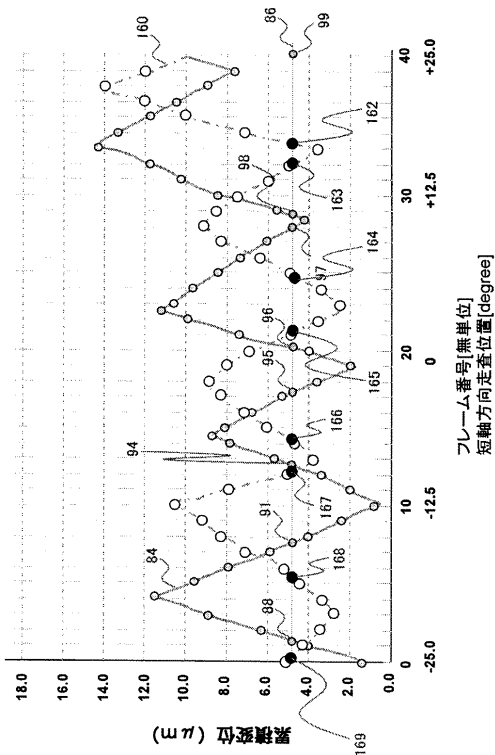
【図16】



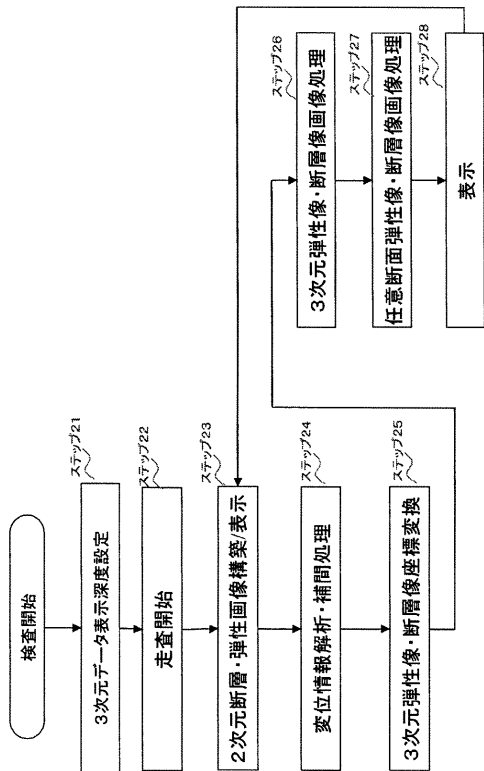
【図 17】



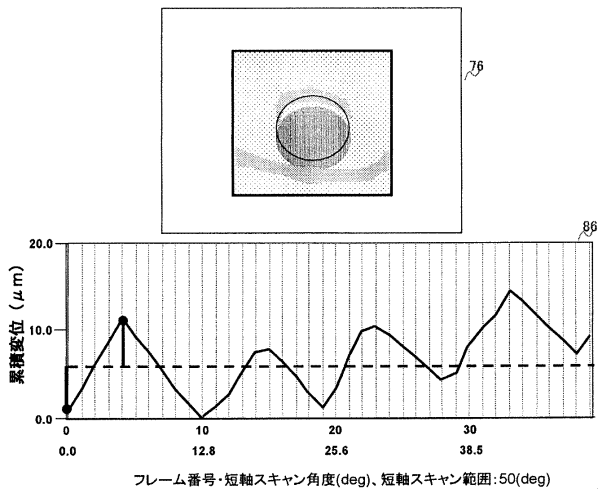
【図 18】



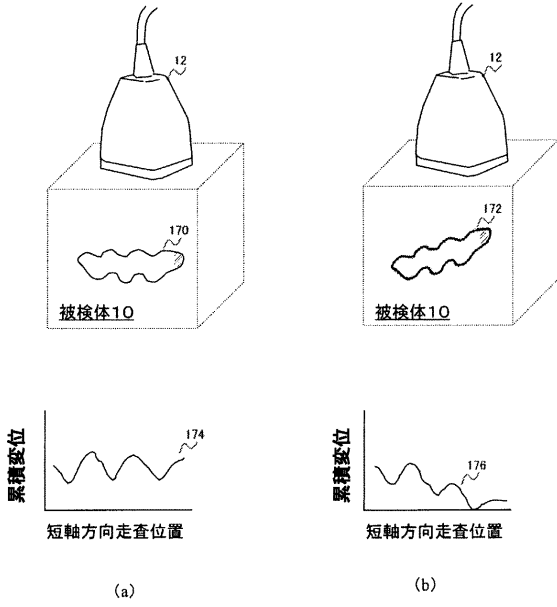
【図 19】



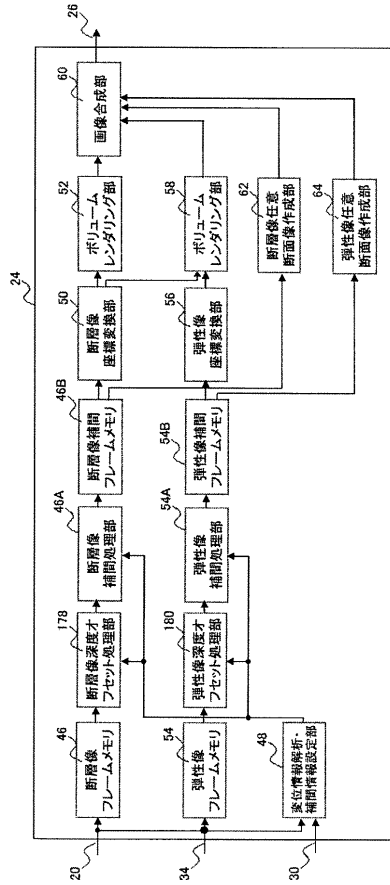
【図 20】



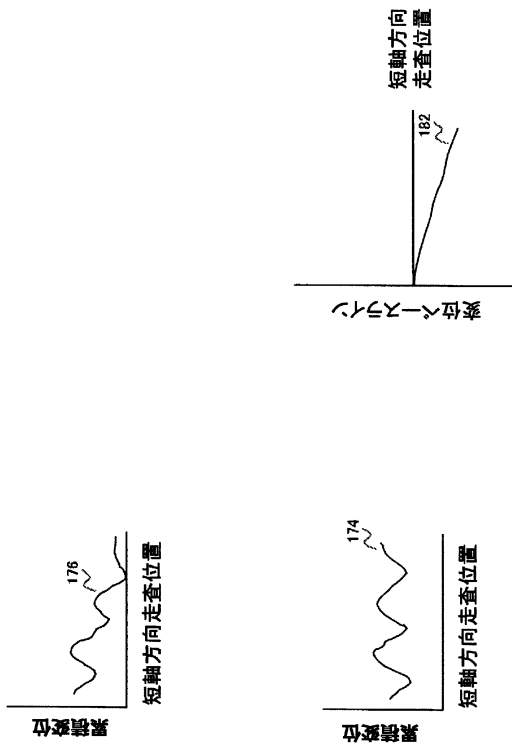
【図21】



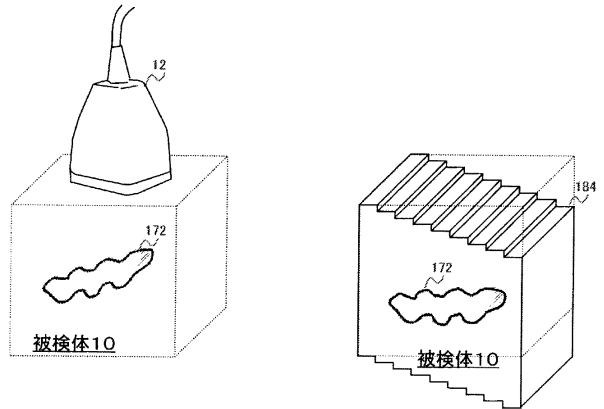
【図22】



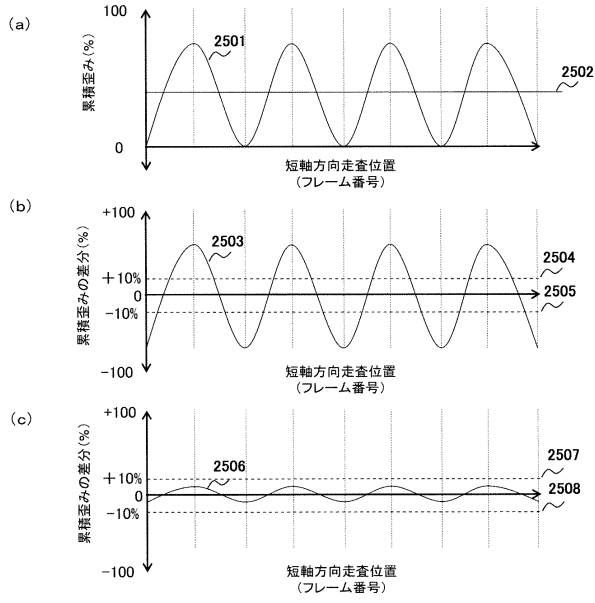
【図23】



【図24】



【図 25】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-259555(JP,A)
特開2008-259605(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	超声诊断设备和图像构建方法		
公开(公告)号	JP5647990B2	公开(公告)日	2015-01-07
申请号	JP2011538347	申请日	2010-10-15
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立メディコ		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立メディコ		
[标]发明人	辻田剛啓		
发明人	辻田 剛啓		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/429 A61B8/485 A61B8/5246 A61B8/5276		
FI分类号	A61B8/08		
优先权	2009247981 2009-10-28 JP		
其他公开文献	JPWO2011052400A5 JPWO2011052400A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要配置的三维图像伪影，由于在压缩力的变化被减少，对超声波的发送和接收到和从在与物体接触物体10的超声波探头12向被检10，超声波探头被改变按压由儿童12施加到被检体10的力，并且，在故障定位的过程中，用于发送和接收超声波的被检体10在短轴方向上移动时，超声波周期性地接收被检体10碎，用于测量的断层位置的RF信号帧数据，以从被检体10，接收单元16，两个RF信号帧的测量时间是不同的，这是由接收器16测得的接收和处理的反射回波信号的发送部14基于该数据，位移测量部30依次取得故障位置的生物体组织的位移，基于所述序列试图通过位移测量部30移位时，弹性图像构成部34构成的生物组织的弹性图像依次由弹性图像形成部分34顺序形成的弹性图像通过在设定的范围内选择弹性图像来生成弹性图像和所选择的，所产生的体数据的体数据存储生物组织，从多个弹性图像的累积位移的位移产生累积位移并且三维图像合成单元24用于基于三维图像构建三维弹性图像。

图 2

