

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5653045号
(P5653045)

(45) 発行日 平成27年1月14日(2015.1.14)

(24) 登録日 平成26年11月28日(2014.11.28)

(51) Int.Cl.

A61B 8/08 (2006.01)

F1

A61B 8/08

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-6534 (P2010-6534)
 (22) 出願日 平成22年1月15日(2010.1.15)
 (65) 公開番号 特開2011-143079 (P2011-143079A)
 (43) 公開日 平成23年7月28日(2011.7.28)
 審査請求日 平成24年9月20日(2012.9.20)

(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
 (72) 発明者 猪上 慎介
 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内

審査官 宮澤 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波を送受信する振動子を有する超音波探触子と、
 前記超音波探触子を介して被検体に超音波を送信する送信部と、
 前記超音波探触子で受信した前記被検体からの反射エコー信号を所定利得で増幅してRF信号を生成する受信部と、

前記RF信号の位相を制御し、1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整相加算部と、

前記RF信号フレームデータを記憶するデータ記憶部と、前記データ記憶部に記憶されたRF信号フレームデータに基づいて2次元断層画像を構成する2次元断層画像構成部と、

前記2次元断層画像について、2次元断層画像の取得位置に基づいて3次元座標変換を行ない、断層ボリュームデータを生成する断層ボリュームデータ生成部と、

前記断層ボリュームデータの輝度と不透明度に基づいてボリュームレンダリングを行ない、3次元断層画像を構成する3次元断層画像構成部と、

前記データ記憶部に記憶された複数のRF信号フレームデータに基づいて2次元弾性画像を構成する2次元弾性画像構成部と、

前記2次元弾性画像について2次元弾性画像の取得位置に基づいて3次元座標変換を行ない弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリュームデータ生成部と、

前記弾性ボリュームデータの弾性値と不透明度に基づいてボリュームレンダリングを行

10

20

ない、3次元弾性画像を構成する3次元弾性画像構成部と、

前記2次元断層画像と前記2次元弾性画像との合成、前記3次元断層画像と前記3次元弾性画像との合成を行って合成画像を生成する合成処理部と、

前記合成画像、前記2次元断層画像、前記2次元弾性画像、前記3次元断層画像及び前記3次元弾性画像を表示する表示部と、

前記送信部乃至前記表示部を制御する制御部と、

前記制御部に各種入力を行なう操作部と、

を備えた超音波診断装置であって

前記弾性ボリュームデータの所定の基準値を基準にして硬い部位に相当する弾性ボリュームデータを第1の色に色付けし、軟らかい部位に相当する弾性ボリュームデータを第2の色に色付けし、前記第1の色に色付けした弾性ボリュームデータと前記第2の色に色付けした弾性ボリュームデータとに分離する弾性ボリュームデータ分離部を備え、

前記制御部は、前記第1の色の弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして第1の色の3次元弾性画像を構成し、前記第2の色の弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして第2の色の3次元弾性画像を前記3次元弾性画像構成部に構成させ、前記第1の色の3次元弾性画像と前記第2の色の3次元弾性画像とを前記合成処理部に合成させて合成3次元弾性画像を生成させ、

前記合成3次元弾性画像を前記表示部に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

前記弾性ボリュームデータ分離部は、前記硬い部位に該当する弾性ボリュームデータを青色、前記軟らかい部位に該当する弾性ボリュームデータを赤色に色付けすることを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項3】

前記弾性ボリュームデータ分離部は、前記弾性ボリュームデータにおける最も硬い弾性値から所定値分軟らかい弾性値の位置である第1の基準値を基準にして、前記第1の基準値の弾性値よりも硬い弾性値を持つ弾性ボリュームデータと、前記弾性ボリュームデータにおける最も軟らかい弾性値から所定値分硬い弾性値の位置である第2の基準値を基準にして、前記第2の基準値の弾性値よりも軟らかい弾性値を持つ弾性ボリュームデータとに分離することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項4】

前記弾性ボリュームデータ分離部は、前記弾性ボリュームデータの所定の基準値を基準にして、前記硬い部位に相当する前記第1の色に色付けされる弾性ボリュームデータと、前記軟らかい部位に相当する前記第2の色に色付けされる弾性ボリュームデータと、前記硬い部位と前記軟らかい部位の間の平均的な硬さを持つ部位に相当する第3の色に色付けされる弾性ボリュームデータとに前記弾性ボリュームデータを分離し、

前記3次元弾性画像構成部は、前記第3の色の平均的な硬さを持つ部位の弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして第3の色の平均的な硬さを持つ部位の3次元弾性画像を構成し、前記第1の色の硬い部位の3次元弾性画像と前記第2の色の軟らかい部位の3次元弾性画像と前記第3の色の平均的な硬さを持つ部位の3次元弾性画像を合成して前記合成3次元弾性画像を構成することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項5】

前記弾性ボリュームデータ分離部は、前記硬い部位に該当する弾性ボリュームデータを青色、前記軟らかい部位に該当する弾性ボリュームデータを赤色、前記平均的な硬さを持つ部位に該当する弾性ボリュームデータを緑色に色付けされるように設定することを特徴とする請求項4記載の超音波診断装置。

【請求項6】

前記第1の色の部位の3次元弾性画像と前記第2の色の部位の3次元弾性画像のどちらかを優先表示するために選択する優先表示設定部を備え、

前記合成処理部は、優先表示が選択された前記第1の色あるいは前記第2の色の部位の3次元弾性画像の一方を前面に、優先表示が選択されない他方を背面に配置し、前面の前

10

20

30

40

50

記第1の色の硬いあるいは前記第2の色の軟らかい部位の3次元弾性画像の背面に配置される他方に前面に配置される一方を上書きして前記合成3次元弾性画像を構成することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項7】

前記表示部は、優先表示が選択された前記第1の色あるいは前記第2の色の部位の3次元弾性画像の選択を示す選択マークを表示することを特徴とする請求項6記載の超音波診断装置。

【請求項8】

前記合成処理部は、前記第1の色の部位の3次元弾性画像と前記第2の色の部位の3次元弾性画像とが表示画素毎に加算合成して前記合成3次元弾性画像を構成することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

10

【請求項9】

前記加算合成の際に前記第1の色の部位の3次元弾性画像と前記第2の色の部位の3次元弾性画像のそれぞれの半透明度を示す設定割合を設定する設定割合設定部を備え、

前記合成処理部は、前記設定割合に基づき前記第1の色の部位の3次元弾性画像と前記第2の色の部位の3次元弾性画像とを表示画素毎に加算合成することを特徴とする請求項8記載の超音波診断装置。

【請求項10】

前記設定割合設定部は、前記表示部に表示される割合設定バーに前記設定割合を設定することを特徴とする請求項9記載の超音波診断装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を利用し、被検体の生体組織の硬さ又は軟らかさを示す3次元弾性画像を表示する超音波診断装置及び超音波画像表示方法に関する。

【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、被検体内部の生体組織から受信される受信信号に基づいて3次元断層画像と3次元弾性画像を得て表示することができる。

30

3次元断層画像に3次元弾性画像を重ねて表示する際に、3次元弾性画像の硬い部位又は軟らかい部位の形状や容積を認識できるように3次元断層画像の不透明度を設定することが行なわれている。(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2008-259605号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

上記特許文献1には、3次元断層画像の不透明度を設定することが開示されているが、弾性ボリュームデータを弾性値に基づいて分離して、それぞれ又は少なくとも1つボリュームレンダリングを行なうことが開示されていない。そのため、特許文献1では、例えば、硬い部位と軟らかい部位が混合してボリュームレンダリングされ、3次元弾性画像が構成されてしまう。よって、操作者が硬い部位を観察したい場合、硬い部位が軟らかい部位に隠れてしまい、硬い部位の広がり把握できない可能性があった。

本発明の目的は、弾性ボリュームデータを硬い部位と軟らかい部位に分離してボリュームレンダリングを行ない、一方の部位(軟らかい部位)の3次元弾性画像が他方の部位(硬い部位)の3次元弾性画像の観察を妨げない3次元弾性画像を構成することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0005】

本発明の目的を達成するため、超音波を送受信する振動子を有する超音波探触子と、前記超音波探触子を介して被検体に超音波を送信する送信部と、前記超音波探触子で受信した前記被検体からの反射エコー信号を所定利得で増幅してRF信号を生成する受信部と、前記RF信号の位相を制御し、1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整相加算部と、前記RF信号フレームデータを記憶するデータ記憶部と、前記データ記憶部に記憶されたRF信号フレームデータに基づいて2次元断層画像を構成する2次元断層画像構成部と、前記2次元断層画像について、2次元断層画像の取得位置に基づいて3次元座標変換を行ない、断層ボリュームデータを生成する断層ボリュームデータ生成部と、前記断層ボリュームデータの輝度と不透明度に基づいてボリュームレンダリングを行ない、3次元断層画像を構成する3次元断層画像構成部と、前記データ記憶部に記憶された複数のRF信号フレームデータに基づいて2次元弾性画像を構成する2次元弾性画像構成部と、前記2次元弾性画像について2次元弾性画像の取得位置に基づいて3次元座標変換を行ない弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリュームデータ生成部と、前記弾性ボリュームデータの弾性値と不透明度に基づいてボリュームレンダリングを行い、3次元弾性画像を構成する3次元弾性画像構成部と、前記2次元断層画像と前記2次元弾性画像との合成、前記3次元断層画像と前記3次元弾性画像との合成を行って合成画像を生成する合成処理部と、前記合成画像、前記2次元断層画像、前記2次元弾性画像、前記3次元断層画像及び前記3次元弾性画像を表示する表示部と、前記送信部乃至前記表示部を制御する制御部と、前記制御部に各種入力を行なう操作部と、を備えた超音波診断装置であって、前記弾性ボリュームデータの所定の基準値を基準にして硬い部位に相当する弾性ボリュームデータを第1の色に色付けし、軟らかい部位に相当する弾性ボリュームデータを第2の色に色付けし、前記第1の色に色付けした弾性ボリュームデータと前記第2の色に色付けした弾性ボリュームデータとに分離する弾性ボリュームデータ分離部を備え、前記制御部は、前記第1の色の弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして第1の色の3次元弾性画像を構成し、前記第2の色の弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして第2の色の3次元弾性画像を前記3次元弾性画像構成部に構成させ、前記第1の色の3次元弾性画像と前記第2の色の3次元弾性画像とを前記合成処理部に合成させて合成3次元弾性画像を生成させ、前記合成3次元弾性画像を前記表示部に表示させる。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、弾性ボリュームデータを硬い部位と軟らかい部位に分離してボリュームレンダリングを行なうため、一方の部位の3次元弾性画像が他方の部位の3次元弾性画像の観察を妨げない3次元弾性画像を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の全体構成のブロック図を示す図。

【図2】本発明の実施例1における3次元弾性画像構成部118を示す図。

【図3】本発明の弾性ボリュームデータ分離部200を示す図。

【図4】本発明の表示部120の一表示形態を示す図。

【図5】本発明の表示部120の一表示形態を示す図。

【図6】本発明の表示部120の一表示形態を示す図。

【図7】本発明の実施例2における3次元弾性画像構成部118を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

(実施例1)

本発明を適用した超音波診断装置100について、図1を用いて説明する。

図1に示すように、超音波診断装置100には、被検体101に当接させて用いる超音波探触子102と、超音波探触子102を介して被検体101に一定の時間間隔をおいて超音波を繰り返し送信させる送信部105と、被検体101から反射した反射エコー信号を受信する受信部106と、

送信部105と受信部106を制御する送受信制御部107と、受信部106で受信された反射エコーを整相加算する整相加算部108とが備えられている。

超音波探触子102は、複数の振動子を配設して形成されており、被検体101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。超音波探触子102は、矩形又は扇形をなす複数の振動子からなり、複数の振動子の配列方向と直交する方向に振動子を機械的に振り、超音波を3次元に送受信することができる。なお、超音波探触子102は、複数の振動子が2次元配列され、超音波の送受信を電子的に制御することができるものでもよい。

送信部105は、超音波探触子102の振動子を駆動して超音波を発生させるための送波パルス生成部を生成する。送信部105は、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106は、超音波探触子102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信号すなわち受信信号を生成するものである。超音波送受信制御部107は、送信部105や受信部106を制御するためのものである。

整相加算部108は、受信部106で増幅されたRF信号の位相を制御し、1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(RAWデータに相当)を生成するものである。

さらに、超音波診断装置100には、整相加算部108で生成されたRF信号フレームデータを記憶するデータ記憶部109と、データ記憶部109に記憶されたRF信号フレームデータに基づいて2次元断層画像を構成する2次元断層画像構成部113と、2次元断層画像構成部113で構成された2次元断層画像について、2次元断層画像の取得位置に基づいて3次元座標変換を行ない、断層ボリュームデータを生成する断層ボリュームデータ生成部114と、

断層ボリュームデータの輝度と不透明度に基づいてボリュームレンダリングを行ない、3次元断層画像を構成する3次元断層画像構成部115と、データ記憶部109に記憶された複数のRF信号フレームデータに基づいて2次元弾性画像を構成する2次元弾性画像構成部116と、2次元弾性画像構成部116で構成される2次元弾性画像について、2次元弾性画像の取得位置に基づいて3次元座標変換を行ない、弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリュームデータ生成部117と、弾性ボリュームデータの弾性値と不透明度に基づいてボリュームレンダリングを行い、3次元弾性画像を構成する3次元弾性画像構成部118と、2次元断層画像と2次元弾性画像とを合成したり、3次元断層画像と3次元弾性画像とを合成したりする合成処理部119と、合成処理部119で合成された合成画像、2次元断層画像等を表示する表示部120とが備えられている。

また、超音波診断装置100には、上記各構成要素を制御する制御部103と、制御部103に各種入力を行なう操作部104を備えている。操作部104は、キーボードやトラックボール等を備えている。

2次元断層画像構成部113は、制御部103における設定条件に基づいて、データ記憶部109から出力される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ない、2次元断層画像を構成する。

【0010】

超音波探触子2は、超音波の送受信と同時に送受信方向()を計測することができ、断層ボリュームデータ生成部114は、2次元断層画像の取得位置に相当する送受信方向()に基づいて、複数の2次元断層画像について3次元変換を行ない、断層ボリュームデータを生成する。

3次元断層画像構成部115は、断層ボリュームデータから3次元断層画像を構成する次式(1)~(3)を用いてボリュームレンダリングを行なう。

【0011】

【数1】

$$C_{out}(i) = C_{out}(i-1) + (1 - A_{out}(i-1)) \cdot A(i) \cdot C(i) \cdot S(i) \quad (1)$$

$$A_{out}(i) = A_{out}(i-1) + (1 - A_{out}(i-1)) \cdot A(i) \quad (2)$$

$$A(i) = Opacity[C(i)] \quad (3)$$

C(i)は作成される2次元投影面上のある点から3次元断層画像を見た場合、視線*i*番目

10

20

30

40

50

に存在するボクセルの輝度値である。Cout(i)は、出力されるピクセル値である。例えば、視線上にNボクセルの輝度値が並んだとき、 $i=0 \sim N-1$ までを積算した輝度値Cout(N-1)が最終的に出力されるピクセル値となる。Cout(i-1)はi-1番目までの積算値を示す。

【0012】

また、A(i)は視線上i番目に存在する輝度値の不透明度であり、上記(3)に示すとおり、 $0 \sim 1.0$ の値をとる断層不透明度テーブル(断層オパシティテーブル)である。断層不透明度テーブルは、輝度値から不透明度を参照することによって、出力する2次元投影面(3次元断層画像)上への寄与率を決定する。

【0013】

S(i)は、輝度C(i)とその周辺の画素値より求めた勾配より算定される陰影付けのための重み成分で、たとえば、光源とボクセルiを中心とした面の法線が一致する場合、もっとも強く反射するため1.0が与えられ、光源と法線が直交する場合には0.0が与えられるなどの強調効果を指し示す。

10

【0014】

Cout(i)、Aout(i)は、ともに0を初期値としている。上記(2)に示されるように、Aout(i)はボクセルを通過するたびに積算され1.0に収束される。よって、上記(1)に示されるようにi-1番目までの不透明度の積算値Aout(i-1)が約1.0となった場合、i番目以降の輝度値C(i)は出力画像に反映されない。

【0015】

2次元弾性画像構成部116は、データ記憶部109に記憶された複数のRF信号フレームデータから変位を計測する。そして、2次元弾性画像構成部116は、計測した変位に基づいて弾性値を演算し、2次元弾性画像を構成する。弾性値とは、歪み、弾性率、変位、粘性、歪み比等の弾性情報のいずれかである。

20

【0016】

弾性ボリュームデータ生成部117は、2次元弾性画像の取得位置に相当する送受信方向(、)に基づいて、複数の2次元弾性画像について3次元変換を行ない、弾性ボリュームデータを生成する。

【0017】

3次元弾性画像構成部118は、弾性値に基づいて弾性ボリュームデータを複数に分離し、分離された弾性ボリュームデータについてボリュームレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する。具体的に、図2を用いて3次元弾性画像構成部118を説明する。

30

【0018】

3次元弾性画像構成部118は、弾性ボリュームデータを弾性値に基づいて複数の弾性ボリュームデータに分離する弾性ボリュームデータ分離部200と、弾性ボリュームデータ分離部200で分離された一方の弾性ボリュームデータを記憶する第1弾性ボリュームデータ記憶部201と、第1ボリュームデータ記憶部201に記憶された弾性ボリュームデータについてボリュームレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する第1弾性レンダリング演算部202と、弾性ボリュームデータ分離部200で分離された他方の弾性ボリュームデータを記憶する第2弾性ボリュームデータ記憶部205と、第2ボリュームデータ記憶部205に記憶された弾性ボリュームデータについてボリュームレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する第2弾性レンダリング演算部206と、第1弾性レンダリング演算部202と第2弾性レンダリング演算部206から出力される複数の3次元弾性画像を合成する3次元弾性画像合成部207とからなる。

40

【0019】

弾性ボリュームデータ分離部200について、図3を用いて説明する。弾性ボリュームデータ分離部200は、図3(a)又は図3(b)に示す分離手法を用いて弾性ボリュームデータを分離する。

【0020】

図3(a)と図3(b)には、弾性ボリュームデータ生成部117から出力される弾性ボリュームデータにおける、歪み、弾性率等の弾性値及び頻度の関係を示すヒストグラムと、弾性ボ

50

リユームデータを分離するためのラインが示されている。

【 0 0 2 1 】

まず、図3(a)に示す弾性ポリリユームデータの分離手法について説明する。曲線300は、弾性ポリリユームデータの弾性値と頻度の関係を示すヒストグラムである。ライン302は、弾性ポリリユームデータの内、最も硬い弾性値を示すマークである。ライン304は、弾性ポリリユームデータの所定の基準値を示すマークである。ライン306は、弾性ポリリユームデータの内、最も軟らかい弾性値を示すマークである。カラーバー308は、弾性ポリリユームデータの所定の基準値を基準にして、青色と赤色に色分けされていることを示している。カラーバー308は、白黒図面であるためグラデーションが鮮明ではないが、例えば、青色(赤色)に色分けされた弾性値において、弾性値が高いほど青色(赤色)が濃くなり、弾性値が

10

【 0 0 2 2 】

弾性ポリリユームデータ分離部200は、弾性ポリリユームデータの所定の基準値を基準にして、硬い部位と軟らかい部位とに弾性ポリリユームデータを2つに分離する。所定の基準値とは、例えば、弾性ポリリユームデータの平均値、中央値、最頻値等のいずれかである。弾性ポリリユームデータの平均値は、弾性ポリリユームデータの弾性値を全て加算し、弾性ポリリユームデータの総数で割った値である。弾性ポリリユームデータの中央値は、弾性ポリリユームデータの弾性値において、最も硬い弾性値と最も軟らかい弾性値の中央に位置する値である。弾性ポリリユームデータの最頻値は、曲線300で示されるヒストグラムにおいて最も頻度が高いところに位置する値である。

20

【 0 0 2 3 】

操作者は、操作部104の操作に基づく制御部103の制御によって、弾性ポリリユームデータ分離部200に対し、弾性ポリリユームデータを構成する弾性値の平均値、中央値、最頻値等の内、どの値を所定の基準値とすることを選択することができ、選択された値に基づいて基準値を設定させる。弾性ポリリユームデータ分離部200は、設定された基準値を基準にして弾性ポリリユームデータを分離する。なお、初期設定では、青色と赤色とによる弾性値の色付け幅が同じ幅になるため、弾性ポリリユームデータの中央値が弾性ポリリユームデータ分離部200に設定されている。

【 0 0 2 4 】

また、弾性ポリリユームデータ分離部200は、上記のように設定された弾性ポリリユームデータの所定の基準値を示すライン304を基準にして、硬い部位に該当する左側の弾性ポリリユームデータを青色、軟らかい部位に該当する右側の弾性ポリリユームデータを赤色に色付けされるように設定する。このように、分離された弾性ポリリユームデータには、それぞれ、弾性値に応じてカラー値(青色、赤色)が付与される。

30

【 0 0 2 5 】

図3(b)に示す弾性ポリリユームデータの分離手法について説明する。図3(a)の分離手法と異なる点は、弾性ポリリユームデータ分離部200は、青色以外の色から青色に変わる位置、赤色以外の色から赤色に変わる位置を基準値とし、硬い部位と軟らかい部位とに弾性ポリリユームデータを2つに分離する点である。

【 0 0 2 6 】

曲線300とライン302とライン304とライン306については、図3(a)と同様であるため、説明を省略する。ライン310は、弾性ポリリユームデータの内、青色以外の色から青色に変わる位置を示すマークである。ライン312は、弾性ポリリユームデータの内、赤色以外の色から赤色に変わる位置を示すマークである。カラーバー314は、弾性ポリリユームデータの所定の基準値を基準にして、青色と赤色と緑色に色分けされていることを示している。カラーバー314は、白黒図面であるためグラデーションが鮮明ではないが、例えば、青色(赤色、緑色)に色分けされた弾性値において、弾性値が高いほど青色(赤色、緑色)が濃くなり、弾性値が低いほど青色(赤色、緑色)が薄くなることが設定されている。

40

【 0 0 2 7 】

本実施例では、最も硬い弾性値から所定値分(例えば20%)軟らかい弾性値の位置を青色

50

以外の色から青色に変わる位置とする。また、最も軟らかい弾性値から所定値分(例えば20%)硬い弾性値の位置を赤色以外の色から赤色に変わる位置とする。

【0028】

弾性ポリリュームデータ分離部200は、最も硬い弾性値から所定値分軟らかい弾性値の位置である基準値を基準にして、基準値の弾性値よりも硬い弾性値を持つ弾性ポリリュームデータを分離する。そして、弾性ポリリュームデータ分離部200は、分離された弾性ポリリュームデータに青色を付与する。つまり、硬い部位の弾性値(ライン302とライン310の間の弾性値)の弾性ポリリュームデータについては青色が付与される。

【0029】

弾性ポリリュームデータ分離部200は、最も軟らかい弾性値から所定値分硬い弾性値の位置である基準値を基準にして、基準値の弾性値よりも軟らかい弾性値を持つ弾性ポリリュームデータを分離する。そして、弾性ポリリュームデータ分離部200は、分離された弾性ポリリュームデータに赤色を付与する。つまり、軟らかい部位の弾性値(ライン312とライン306の間の弾性値)の弾性ポリリュームデータについては赤色が付与される。

【0030】

なお、青色以外の色若しくは赤色以外の色とは、緑色である。緑色が付与されている部位は、弾性ポリリュームデータにおいて平均的な硬さを持つ部位である。

【0031】

また、上記では、弾性ポリリュームデータ分離部200が分離された弾性ポリリュームデータに色情報を付与したが、弾性ポリリュームデータ生成部117が弾性ポリリュームデータを生成する際に弾性値に応じて色情報を付与してもよい。弾性ポリリュームデータ分離部200は、弾性ポリリュームデータ生成部117で付与された色情報(RGB値)に基づいて弾性ポリリュームデータを分離することもできる。

【0032】

第1弾性ポリリュームデータ記憶部201は、弾性ポリリュームデータ分離部200において所定の基準値を基準にして分離された硬い部位(青色)に相当する弾性ポリリュームデータを記憶する。

【0033】

第1弾性レンダリング演算部202は、硬い部位(青色)に相当する弾性ポリリュームデータについて、下記式(4)~(6)を用いてポリリュームレンダリングを行ない、硬い部位(青色)の3次元弾性画像を作成する。

【0034】

【数2】

$$Eout(i) = Eout(i-1) + (1 - Aout(i-1)) \cdot A(i) \cdot E(i) \cdot S(i) \quad (4)$$

$$Aout(i) = Aout(i-1) + (1 - Aout(i-1)) \cdot A(i) \quad (5)$$

$$A(i) = Opacity[E(i)] \quad (6)$$

$E(i)$ は作成される2次元投影面上のある点から3次元弾性画像を見た場合の視線*i*番目に存在する弾性値である。 $Eout(i)$ は、出力されるピクセル値である。例えば、視線上に*N*ボクセルの弾性値が並んだとき、 $i=0 \sim N-1$ まで弾性値を積算した積算値 $Eout(N-1)$ が最終的に出力されるピクセル値となる。 $Eout(i-1)$ は*i-1*番目までの積算値を示す。また、 $A(i)$ は視線上*i*番目に存在する弾性値の不透明度であり、式(6)に示す弾性不透明度テーブルである。なお、硬い部位(青色)に相当する弾性ポリリュームデータにおいて、弾性値が存在しないところについては、弾性値が積算されない。

【0035】

$S(i)$ は弾性値 $E(i)$ とその周辺の弾性値より求めた勾配より算定される陰影付けのための重み成分で、たとえば、光源とボクセル*i*を中心とした面の法線が一致する場合、もっとも強く反射するため1.0が与えられ、光源と法線が直交する場合には0.0が与えられるなどの強調効果を指し示す。

【0036】

10

20

30

40

50

$E_{out}(i)$ 、 $A_{out}(i)$ はともに0を初期値とし、式(5)に示される様に $A_{out}(i)$ はボクセルを通過するたびに積算され1.0に収束する。よって、式(4)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 $A_{out}(i-1)$ が約1.0となった場合、 i 番目以降のボクセル値 $E(i)$ は出力画像に反映されない。

【0037】

第2弾性ボリュームデータ記憶部205は、弾性ボリュームデータ分離部200において所定の基準値を基準にして分離された軟らかい部位(赤色)に相当する弾性ボリュームデータを記憶する。

【0038】

第2弾性レンダリング演算部206は、軟らかい部位(赤色)に相当する弾性ボリュームデータについて、上記式(4)~(6)を用いてボリュームレンダリングを行ない、軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像を作成する。

【0039】

3次元弾性画像合成部207は、第1弾性レンダリング演算部202と第2弾性レンダリング演算部206から出力される複数の3次元弾性画像を合成する。合成処理部119は、合成された3次元弾性画像と3次元断層画像を合成する。具体的に、図4~図6を用いて3次元弾性画像合成部207を説明する。

【0040】

3次元弾性画像合成部207は、図4に示すように、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402とが並列に表示部120に表示されるように合成することができる。よって、操作者は、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402をそれぞれ比較して確認することができる。

【0041】

また、3次元弾性画像合成部207は、図5に示すように、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402を表示画素毎に重ね合わせて表示部120に表示されるように合成することができる。表示部120には、合成された3次元弾性画像の他に硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402のどちらかを優先表示するための優先表示設定部500が表示されている。

【0042】

優先表示設定部500には、硬い部位(青色)と軟らかい部位(赤色)を選択したことを示す選択マーク502が表示されている。図5では、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400が優先表示されるように設定されている。

【0043】

図5のように、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400が優先表示されるように設定された場合、3次元弾性画像合成部207は、軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402を背面にし、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400を前面にして表示する。つまり、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400が軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402上に上書きされて表示されることになる。よって、操作者は、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402が合成されても、硬い部位(青色)を常に確認することができる。

【0044】

また、3次元弾性画像合成部207は、図6に示すように、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402とが表示画素毎に加算されて表示されるように合成することができる。

【0045】

3次元弾性画像合成部207は、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402を設定された設定割合で表示画素毎に加算して次式を用いて合成する。設定割合とは、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402のそれぞれの半透明度(透過性)を設定するものであり、操作部104の操作に基づく制御部103の制御によって任意に設定される。設定割合は、0以上1以下である。

【0046】

10

20

30

40

50

【数3】

(合成された3次元弾性画像R)

$$= (1 - \alpha) \times (\text{硬い部位の3次元画像R}) + \alpha \times (\text{軟らかい部位の3次元弾性画}$$

(合成された3次元弾性画像G)

$$= (1 - \alpha) \times (\text{硬い部位の3次元画像G}) + \alpha \times (\text{軟らかい部位の3次元弾性画}$$

(合成された3次元弾性画像B)

$$= (1 - \alpha) \times (\text{硬い部位の3次元画像B}) + \alpha \times (\text{軟らかい部位の3次元弾性画}$$

10

よって、操作者は、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400における硬さ情報と、軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402における硬さ情報とを相互に確認することができる。

【0047】

図6には、設定割合 α を設定するための割合設定部600と設定割合を変更するための割合設定バー602が表示されている。割合設定バー602を中央より左側に寄せると、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400が軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402に対して強調されるように、3次元弾性画像合成部207は α の値を小さくする。割合設定バー602を中央より右側に寄せると、軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402が硬い部位(青色)の3次元弾性画像400に対して強調されるように、3次元弾性画像合成部207は α の値を大きくする。

【0048】

20

例えば、割合設定バー602を中央にすると、 α の値は0.5になり、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400と軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402がそれぞれ半透明に表示される。割合設定バー602を左端にすると、 α の値は0になり、硬い部位(青色)の3次元弾性画像400のみが表示される。割合設定バー602を右端にすると、 α の値は1になり、軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402のみが表示される。

【0049】

合成処理部119は、図示しないが、並列、重ね合わせ、又は加算されて合成される硬い部位(青色)の3次元弾性画像400及び軟らかい部位(赤色)の3次元弾性画像402と、3次元断層画像を表示画素毎にそれぞれ合成して表示することができる。3次元弾性画像400及び3次元弾性画像402と3次元断層画像の合成とは、例えば、3次元弾性画像400及び3次元弾性画像402を半透明にして3次元断層画像上に表示して、3次元弾性画像400及び3次元弾性画像402における硬さ情報と3次元断層画像における組織情報とが相互に確認できるように表示することを意味する。

30

【0050】

なお、図4～図6に示す表示部120の表示形態の切り換えについては、操作部104の操作に基づく制御部103の制御によって、行なうことができる。

【0051】

以上、本発明の実施例1によれば、弾性ボリュームデータを分離してボリュームレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成することができ、操作者は、硬い部位、軟らかい部位を相互に把握することができる。

40

【0052】

(実施例2)

ここで、実施例2を図1～図7を用いて説明する。実施例1と異なる点は、弾性ボリュームデータの所定の基準値を基準にして、硬い部位(青色)と軟らかい部位(赤色)の他に平均的な硬さを持つ部位(緑色)について弾性ボリュームデータを分離し、分離された弾性ボリュームデータについてボリュームレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する点である。具体的に、図7を用いて3次元弾性画像構成部118を説明する。

【0053】

3次元弾性画像構成部118は、弾性ボリュームデータを弾性値に基づいて、硬い部位(青色)、軟らかい部位(赤色)、平均的な硬さを持つ部位(緑色)に弾性ボリュームデータを分

50

離する弾性ポリウムデータ分離部700と、弾性ポリウムデータ分離部700で分離された硬い部位(青色)に相当する弾性ポリウムデータを記憶する第1弾性ポリウムデータ記憶部201と、第1ポリウムデータ記憶部201に記憶された弾性ポリウムデータについてポリウムレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する第1弾性レンダリング演算部202と、弾性ポリウムデータ分離部700で分離された軟らかい部位(赤色)に相当する弾性ポリウムデータを記憶する第2弾性ポリウムデータ記憶部205と、第2ポリウムデータ記憶部205に記憶された弾性ポリウムデータについてポリウムレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する第2弾性レンダリング演算部206と、弾性ポリウムデータ分離部700で分離された平均的な硬さを持つ部位(緑色)に相当する弾性ポリウムデータを記憶する第3弾性ポリウムデータ記憶部701と、第3ポリウムデータ記憶部701に記憶された弾性ポリウムデータについてポリウムレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成する第3弾性レンダリング演算部702と、第1弾性レンダリング演算部202と第2弾性レンダリング演算部206と第3弾性レンダリング演算部702から出力される複数の3次元弾性画像を合成する3次元弾性画像合成部703とからなる。

10

【0054】

弾性ポリウムデータ分離部700は、図3(b)に示す弾性ポリウムデータの分離手法を用いて弾性ポリウムデータを分離する。弾性ポリウムデータ分離部700は、青色以外の色から青色に変わる位置、赤色以外の色から赤色に変わる位置を基準値とし、硬い部位と軟らかい部位と平均的な硬さを持つ部位とに弾性ポリウムデータを3つに分離する。

【0055】

20

第1弾性ポリウムデータ記憶部201と第1弾性レンダリング演算部202と第2弾性ポリウムデータ記憶部205と第2弾性レンダリング演算部206とについては、実施例1で説明したため、説明は省略する。

【0056】

弾性ポリウムデータ分離部700は、最も硬い弾性値から所定値分軟らかい弾性値の位置である第1基準値と、最も軟らかい弾性値から所定値分硬い弾性値の位置である第2基準値とを基準にして、第1基準値と第2基準値の間に相当する平均的な硬さを持つ部位の弾性ポリウムデータを分離する。そして、弾性ポリウムデータ分離部700は、分離された弾性ポリウムデータに緑色を付与する。つまり、平均的な硬さを持つ部位の弾性値(ライン310とライン312の間の弾性値)の弾性ポリウムデータについては緑色が付与される。

30

【0057】

第3弾性ポリウムデータ記憶部701は、弾性ポリウムデータ分離部701において所定の基準値を基準にして分離された平均的な硬さを持つ部位(緑色)に相当する弾性ポリウムデータを記憶する。

【0058】

第3弾性レンダリング演算部703は、平均的な硬さを持つ部位(緑色)に相当する弾性ポリウムデータについて、上記式(4)~(6)を用いてポリウムレンダリングを行ない、平均的な硬さを持つ部位(緑色)の3次元弾性画像を作成する。

【0059】

40

3次元弾性画像合成部703は、第1弾性レンダリング演算部202と第2弾性レンダリング演算部206と第3弾性レンダリング演算部702から出力される複数の3次元弾性画像を合成する。具体例については、図4~図6の表示形態と同様であり、2つの画像合成パラメータを3つの画像合成パラメータに置き換えるのみであるので、説明は省略する。

【0060】

以上、本発明の実施例2によれば、弾性ポリウムデータを分離してポリウムレンダリングを行ない、3次元弾性画像を構成することができ、操作者は、硬い部位、軟らかい部位、平均的な硬さを持つ部位を相互に把握することができる。

【0061】

なお、実施例1では、弾性ポリウムデータを2つに分離し、実施例2では、弾性ポリ

50

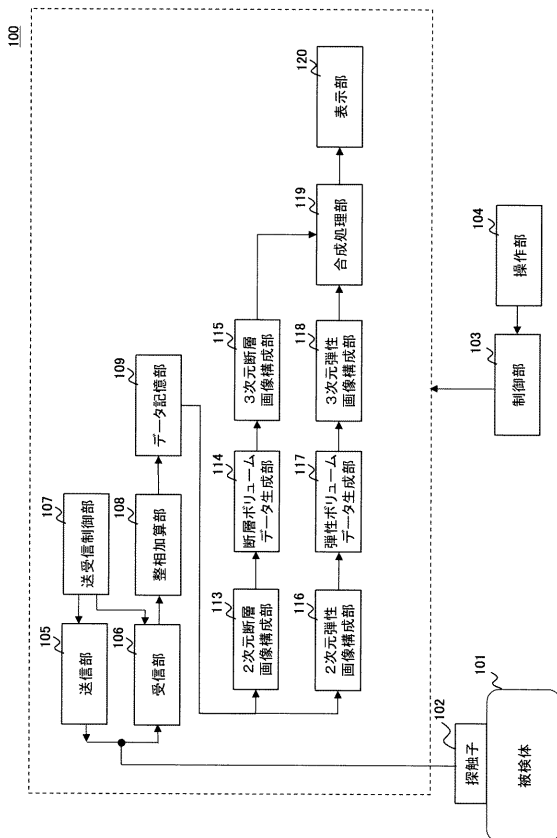
ームデータを3つに分離したが、弾性ボリュームデータを4つ以上に分離してもよい。

【符号の説明】

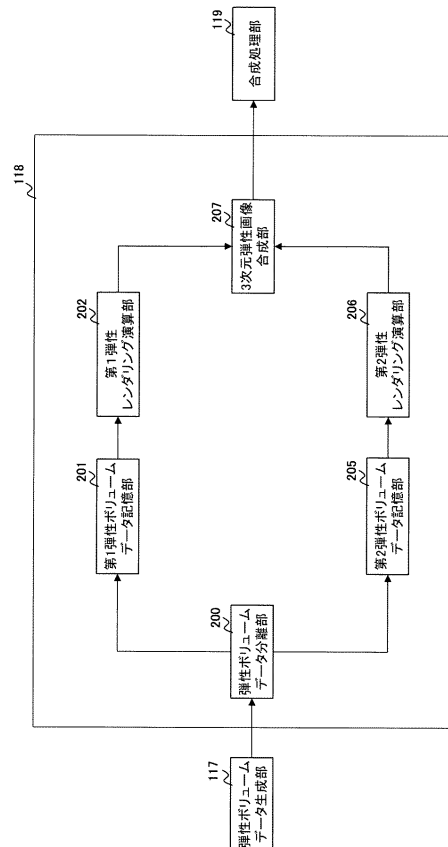
【0062】

100 超音波診断装置、102 超音波探触子、103 制御部、104 操作部、105 送信部、106 受信部、107 送受信制御部、108 整相加算部、109 データ記憶部、113 2次元断層画像構成部、114 断層ボリュームデータ生成部、115 3次元断層画像構成部、116 2次元弾性画像構成部、117 弾性ボリュームデータ生成部、118 3次元弾性画像構成部、119 合成処理部、120 表示部

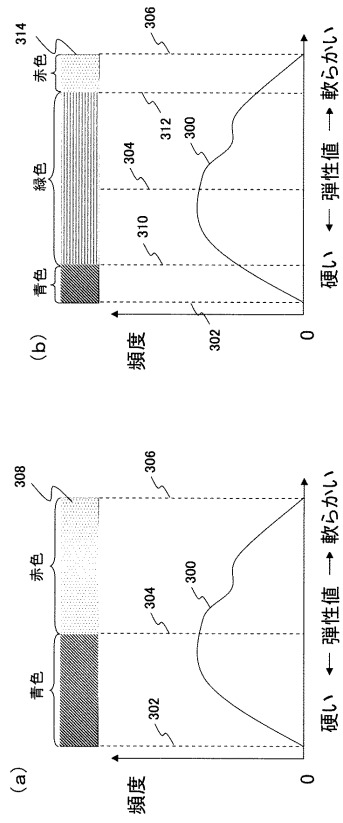
【図1】



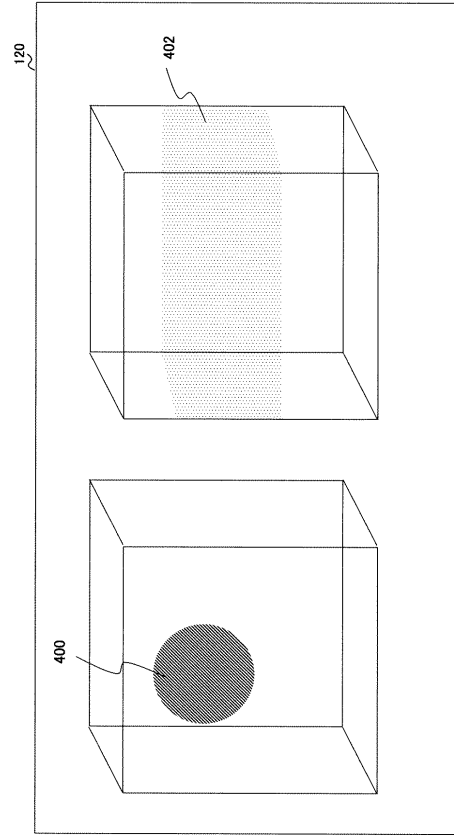
【図2】



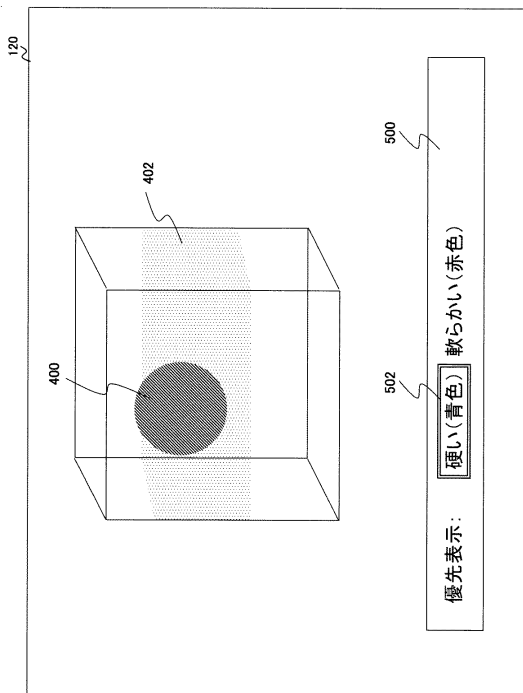
【図3】



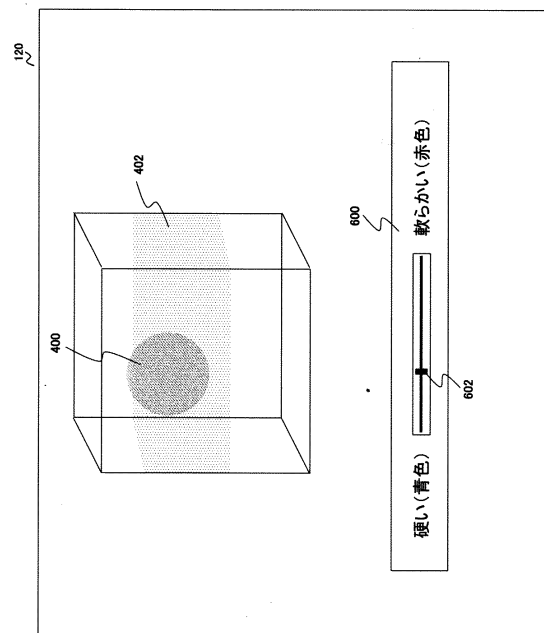
【図4】



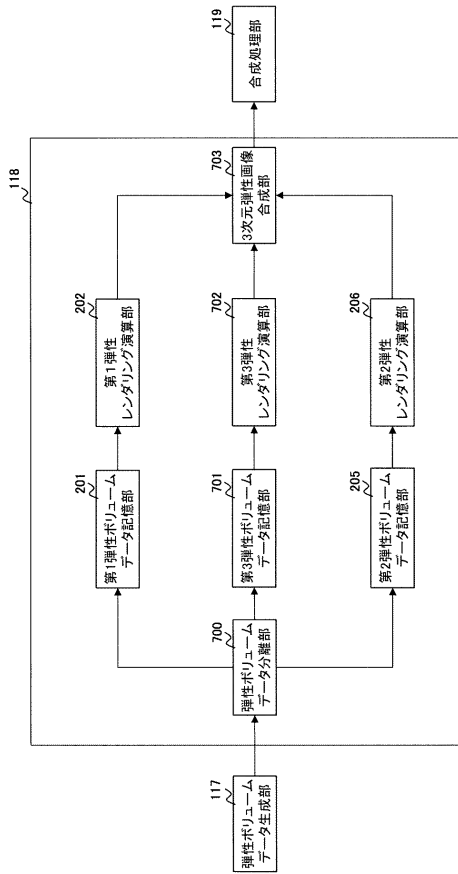
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-034521(JP,A)
国際公開第2005/048847(WO,A1)
特開2006-288495(JP,A)
特開2008-259605(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/08