

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/029417

発行日 平成25年10月28日 (2013.10.28)

(43) 国際公開日 平成24年3月8日 (2012.3.8)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/08 (2006.01)F 1
A 6 1 B 8/08テーマコード (参考)
4 C 6 0 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

出願番号 特願2012-531736 (P2012-531736)
(21) 国際出願番号 PCT/JP2011/066176
(22) 国際出願日 平成23年7月15日 (2011.7.15)
(31) 優先権主張番号 特願2010-194180 (P2010-194180)
(32) 優先日 平成22年8月31日 (2010.8.31)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 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 脇 康治
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
Fターム(参考) 4C601 BB03 BB16 DD19 DD23 EE04
EE09 EE11 GB04 JB41 JB45
JB48 JC17 JC22 JC23 JC28
JC29 JC33 KK21 KK31 KK33
KK42 LL04

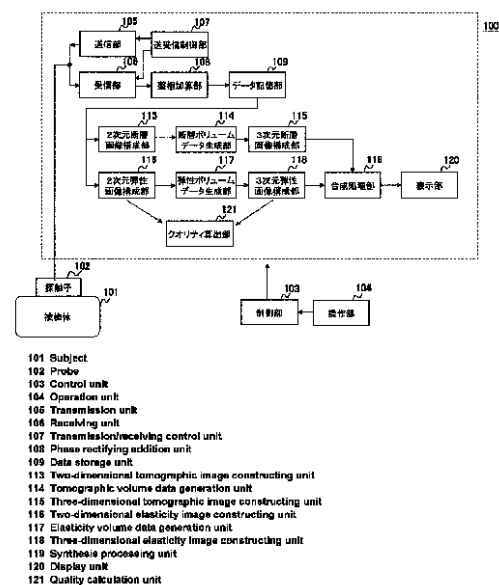
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び評価算出方法

(57) 【要約】

弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法を確立して、3次元弾性画像のクオリティを向上させるために、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを算出する2次元弾性画像構成部116と、弾性フレームデータを複数収集して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をボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構成する3次元弾性画像構成部118と、弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータ間の自己相関値と、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部121を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【図1】



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリューム生成部と、前記弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして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3次元弾性画像を表示する表示部とを備えた超音波診断装置において、

前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータ間の自己相関値を前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値とし、前記弾性ボリュームデータを構成する全ての前記弾性フレームデータの前記フレーム評価値の加算値又は加算平均値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、前記3次元スキャンにおける時間的に隣り合う一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、前記弾性ボリューム生成部で繰り返し生成される複数の弾性ボリュームデータをそれぞれ構成する複数の前記弾性フレームデータのうち、スキャン面位置が同一の前記弾性フレームデータ算出の基となった前記一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、現在の断層フレームデータと過去の複数の断層フレームデータと間で求めた前記自己相関値が最大の一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

請求項5に記載の超音波診断装置において、

前記自己相関値が最大の一対の断層フレームデータに基づいて算出された前記弾性フレームデータが収集され前記弾性ボリュームデータが生成されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記弾性フレームデータの弾性値の分布の平均、偏差、又はS/N比に基づいて、各弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出し、該算出したフレーム評価値を前記弾性ボリュームデータ単位で加算平均することにより前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

請求項7に記載の超音波診断装置において、

前記弾性値は、変位、歪み、歪み比、粘性、弾性率のいずれか1つであることを特徴とする超音波診断装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティを示すボリューム評価値を前記3次元弾性画像に対応付けて前記表示部に表示することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

請求項9に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティを示すボリューム評価値を、該ボリューム評価値に対応して表示態様が異なるマーク、バーチャート又は円グラフで前記表示部に表示することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 11】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータ生成部は、前記弾性ボリュームデータに基づいて構成した直交3断面弾性画像又は平行な複数の断面でスライスしたマルチ断面弾性画像を前記表示部に表示する断面弾性画像構成部を備え、

前記クオリティ算出部は、前記各断面弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を算出して前記表示部に表示する表示面クオリティ算出部を備えてなることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 12】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータのクオリティを示す前記ボリューム評価値が表示基準値よりも高い場合、前記表示部は前記3次元弾性画像を表示することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 13】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が記憶基準値よりも高い場合、前記3次元弾性画像を記憶する記憶部を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 14】

被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成するステップと、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構成するステップと、前記3次元弾性画像を表示するステップと、前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するステップを含む評価算出方法。

【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3次元弾性画像を表示する超音波診断装置と評価算出方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波診断装置は、被検体に超音波を送信し、被検体内部の生体組織からの反射エコー信号を受信し、例えば、生体組織の硬さ又は軟らかさを示す3次元弾性画像などの超音波画像を生成してモニタに表示して診断に供するものである。また、被検体内部の形態を分かり易く表示して診断に寄与するために、3次元断層画像や3次元弾性画像の3次元超音波画像を生成して表示することが行われている。一方で、診断精度の向上のため、画像の分解能の向上、ノイズの低減、等々、超音波画像の画質を改善することが要請されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構築する際に、同じ変位もしくは圧力の弾性画像区間を合成して3次元弾性画像

10

20

30

40

50

を構築することが提案されている。さらに、同文献には、相関係数が高い弾性フレームで弾性画像を合成して、3次元弾性画像を構築することが提案されている。つまり、3次元弾性画像を構成する際に、連続して取得した複数の2次元弾性フレームデータから、圧迫量(変位)が同じ2次元弾性フレームデータにより弾性ボリュームデータを構成し、その弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングすることにより、3次元弾性画像を構築するようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-259555号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献では、弾性ボリュームデータの中から所望の弾性フレームデータを選択して弾性ボリュームデータを合成しているが、取得した弾性ボリュームデータ全体についてのクオリティを評価することは考慮されていない。その結果、ボリュームレンダリングにより構築した3次元弾性画像にノイズ(例えば、スジ状のノイズ画像)が表れる可能性がある。

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法を確立して、3次元弾性画像のクオリティを向上させることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、本発明は、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを算出する弾性演算部と、前記弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリューム生成部と、前記弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして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3次元弾性画像を表示する表示部とを備えた超音波診断装置において、前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部を備えたことを特徴とする。

30

【0008】

以上のようにして求めたクオリティを示すボリューム評価値を、3次元弾性画像に対応付けて表示部に表示することが望ましい。これにより、表示された3次元弾性画像のクオリティがどの程度高いか否かを判断することができる。また、クオリティを示すボリューム評価値に対応して表示態様が異なるマーク、バーチャート又は円グラフを表示部に表示することにより、一目でクオリティを示すボリューム評価値を識別できるから、診断の精度向上に寄与することができる。

【0009】

さらに、本発明は、3次元弾性画像に限らず、弾性ボリュームデータに基づいて構成した直交3断面弾性画像又は平行な複数の断面でスライスしたマルチ断面弾性画像を前記表示部に表示する断面弾性画像構成部を備えて構成し、クオリティ算出部により各断面弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を算出して表示部に表示する表示面クオリティ算出部を備えて構成することができる。

40

【0010】

以上説明したように、本発明によれば、3次元弾性画像のクオリティを表示することができるから、検査者が3次元弾性画像の選択を簡便に行うことができる。また、クオリティの高い3次元弾性像を再構成して表示することもでき、高レベルな診断サポートが可能となる。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法を確立できるから、3次元弾性画像のクオリティを向上させることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本発明の実施例1の超音波診断装置の全体を示すブロック構成図

【 図 2 】 実施例1のクオリティ算出部のブロック構成図

【 図 3 】 実施例1の特徴部の処理手順を説明する図

【 図 4 】 本発明の実施例2の特徴部の処理手順を説明する図

【 図 5 】 本発明の実施例3の特徴部の処理手順を説明する図

【 図 6 】 本発明の実施例3の変形例の処理手順を説明する図

【 図 7 】 本発明の実施例4の断面弾性画像の表示例を説明する図

【 図 8 】 本発明の実施例4の断面弾性画像の表示を実現する主要部のブロック構成図

【 図 9 】 弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値の表示方法の一例を示す図

【 図 1 0 】 弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値の表示方法の他の例を示す図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

各図を用いて実施例について説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 1 4 】

本発明を適用した一実施例の超音波診断装置100について、図1を用いて説明する。

図示のように、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の内部からの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。

【 0 0 1 5 】

超音波探触子102は、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を配列してなり、複数の振動子の配列方向(長軸方向)と直交する方向(短軸方向)に超音波探触子102を機械的に振り、超音波を3次元スキャンに可能に構成されている。なお、超音波の3次元スキャンは、超音波探触子102を機械的に短軸方向に振るものに限らず、例えば、複数の振動子を2次元に配列した超音波探触子102を用い、超音波を短軸方向に電子的にスキャンするものでもよい。

【 0 0 1 6 】

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を生成する。送信部105は、送信される超音波の収束点を任意の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を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。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て、1点又は複数の収束点に対応する超音波ビームを形成することにより、RF信号フレームデータを生成する。

【 0 0 1 7 】

整相加算部108で生成されたRF信号フレームデータはデータ記憶部109に記憶される。2次元断層画像構成部113は、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。断層ボリュームデータ生成部114は、2次元断層画像構成部113で構成された2次元断層画像を取得位置に基づいて3次元座標変換を行なって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って3次元断層画像を構成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

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は、2次元弾性画像構成部116に適宜取り込まれ、2次元弾性画像が構成される。2次元弾性画像構成部116で構成された2次元弾性画像は、弾性ポリウムデータ生成部117に取り込まれ、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って弾性ポリウムデータが生成される。3次元弾性画像構成部118は、弾性ポリウムデータの弾性値と不透明度に基づいてポリウムレンダリングを行って3次元弾性画像を構成する。合成処理部119は、2次元断層画像と2次元弾性画像を合成したり、3次元断層画像と3次元弾性画像を合成するようになっている。表示部120は、合成処理部119で合成された合成画像や2次元断層画像の超音波画像を表示するようになっている。また、超音波診断装置100には、上述した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、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。

10

【 0 0 1 9 】

以下、図1の主要部の詳細構成について説明する。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取り込んで、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って2次元断層画像を構成する。このとき、超音波探触子102は、超音波の送受信と同時に送受信方向(θ 、 φ)を計測する。ここで、 θ は長軸方向のスキャン角度、 φ は短軸方向のスキャン(スイング)角度である。断層ポリウムデータ生成部114は、2次元断層画像の取得位置に相当する送受信方向(θ 、 φ)に基づいて、複数の2次元断層画像について3次元変換を行なって断層ポリウムデータを生成する。

20

【 0 0 2 0 】

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

【 0 0 2 1 】

$$\text{Cout}(i) = \text{Cout}(i-1) + (1 - \text{Aout}(i-1)) \cdot A(i) \cdot C(i) \cdot S(i) \quad - (1)$$

$$\text{Aout}(i) = \text{Aout}(i-1) + (1 - \text{Aout}(i-1)) \cdot A(i) \quad - (2)$$

$$A(i) = \text{Opacity}[C(i)] \quad - (3)$$

ここで、 $C(i)$ 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*番目に存在するボクセルの輝度値である。 $\text{Cout}(i)$ 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 $\text{Cout}(N-1)$ が最終的に出力されるピクセル値となる。 $\text{Cout}(i-1)$ は*i-1*番目までの積算値を示す。

30

【 0 0 2 2 】

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、式(3)に示すとおり、0~1.0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。

【 0 0 2 3 】

$S(i)$ 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。

40

【 0 0 2 4 】

$\text{Cout}(i)$ 、 $\text{Aout}(i)$ は、共に0を初期値としている。式(2)に示されるように、 $\text{Aout}(i)$ 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、式(1)に示されるように*i-1*番目までの不透明度の積算値 $\text{Aout}(i-1)$ およそ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。

【 0 0 2 5 】

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

50

タから変位を計測する。2次元弾性画像構成部116は被検体101に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを算出する弾性演算部を有している。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。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(θ 、 φ)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。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。

【0026】

10

以下、本発明の特徴部であるクオリティ算出部121について説明する。図2に、クオリティ算出部121のブロック構成図を示す。クオリティ算出部121は、基本的に、圧迫の情報もしくは3次元弾性画像の質であるクオリティ(Quality)を検出し、弾性ボリュームデータの質を演算して良し悪しを評価するものである。ここで、検出するクオリティとしては、2次元弾性画像を算出した際の一对の断層フレームデータの自己相関、変位、歪み、歪みのS/N比、等々を用いることができる。また、取得時間が異なる複数の弾性ボリュームデータ間の同一位置の弾性フレームデータの相関を用いることもできる。

【0027】

クオリティ算出部121は、フレーム相関処理部201、フレーム変位・歪み処理部203、ボリューム処理部205、クオリティ算出部207により構成される。フレーム相関処理部201は、2次元弾性画像構成部116で弾性フレームデータを算出した際に用いた一对の断層フレームデータ間の自己相関を保存しておき、フレーム単位の弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出するようになっている。

20

【0028】

また、フレーム変位・歪み処理部203は、2次元弾性画像構成部116で算出された弾性値(歪み、弾性率、変位、粘性、歪み比)と圧力を弾性フレームデータに対応付けて保存し、フレーム単位の弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出するようになっている。

【0029】

ボリューム処理部205は、フレーム相関処理部201、フレーム変位・歪み処理部203において、フレーム単位で算出されたフレーム評価値を加算平均等により、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求める。ここで、ボリューム評価値は1つあればよいが、複数のボリューム評価値を求めることもできる。

30

【0030】

図3を参照して、本実施例1の詳細な処理手順について説明する。図3(a)に示すように、3次元スキャンは、長軸方向(θ)に電子スキャンを行って断層フレームデータを計測する操作を、短軸方向(φ)にスキャン断面をスライドさせながら複数(n)フレームの断層フレームデータFr.0—Fr.nを取得する。短軸方向(φ)のスキャンは、機械的なスキャン又は電子的なスキャンのいずれを適用してもよい。例えば、モータにより超音波探触子102を遠動させてスキャンする場合は、モータを低速又は高速に速度制御可能にする。

40

【0031】

3次元スキャンにおいて2次元弾性画像構成部116は、例えば、隣り合う一对の断層フレームデータFr.0、Fr.1間の自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定する。なお、図示していないが、図1の断層ボリュームデータ生成部114に記憶されている異なる時間に取得された同一部位の複数の断層ボリュームデータを参照して、現在(リアルタイム)取得された例えば断層フレームデータFr.0と、同一位置において過去に取得された断層フレームデータFr.0との間で自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定することもできる。このように、一对の断層フレームデータ間で求められた自己相関値が、その一对の断層フレームデータにより算出された弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値となる。なお、一对の断層フレーム間の自己相関値が高いということは、断層フレームデ

50

ータを構成する複数本のRF信号の波形の一致度が高いことになり、これにより得られる弾性フレームデータのクオリティは高い傾向にある。

【0032】

そこで、フレーム相関処理部201は、2次元弾性画像構成部116から各対の断層フレーム間の自己相関値を取り込み、図3(a)、(b)に示すように、各弾性フレームデータについて画素単位で自己相関値のフレーム平均値Caveを求める。次いで、弾性ボリュームデータを構成する全部の弾性フレームデータに対応する自己相関値をフレーム評価値とし、その加算平均又は加算値を求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求める。例えば、自己相関値の弾性ボリュームの加算平均Cvol=0.95であればクオリティを示すボリューム評価値が高いとして、図3(c)のように「Quality High」が表示部120に表示される。また、そ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得られる3次元弾性像画像は、崩れが少ないものとなる。一方、図3(d)のように自己相関値の加算平均Cvol=0.74であれば「Quality Low」が表示部120に表示される。この場合の3次元弾性像画像は、ノイズが多く、例えば本来なら円形の画像が変形して表示されるなどの先鋭さに欠ける画像となる。このようにして、弾性ボリュームデータごとにクオリティを示すボリューム評価値を求めることにより、弾性ボリュームデータのクオリティを評価することが可能である。なお、フレーム変位・歪み算出部203の詳細な実施例は、後述する。

【実施例2】

【0033】

図4を参照して、本発明の実施例2の2次元弾性画像構成部116とクオリティ算出部121の詳細な処理手順について説明する。本実施例2が実施例1と異なる点は、2次元弾性画像構成部116とフレーム相関処理部201の処理手順にあり、その他の点は実施例1と同様であることから説明を省略する。実施例1においては、2次元弾性画像構成部116は隣り合う一対の断層フレームデータ間の自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定していた。これに対し、本実施例2では、2次元弾性画像構成部116は現在(リアルタイム)の断層フレームデータに対する過去数フレーム分の断層フレームデータとの間で自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定する。特に、過去数フレーム分との間の自己相関値が最も高い断層フレームデータを選択して、生体組織の変位分布を推定して弾性フレームデータを作成する。つまり、複数回の3次元スキャンで1フレーム分の自己相関値と変位分布データが算出される。その後の処理は、実施例1と同様であり、図4(c)、(d)に示す評価結果が表示される。

【0034】

本実施例2によれば、複数回の3次元スキャンで自己相関値が高い弾性フレームデータを選択できることから、最終的に質の高い弾性ボリュームデータを生成することができ、3次元弾性画像のクオリティを高めることができる。

【実施例3】

【0035】

図5を参照して、本発明の実施例3のクオリティ算出部121の詳細な処理手順について説明する。本実施例3が実施例1、2と異なる点は、弾性フレームデータを算出した際の一対の断層フレームデータの自己相関値に代えて、弾性フレームデータの弾性値(変位、歪み、歪み比、粘性、弾性率)の平均、S/N比、偏差情報の少なくとも1つに基づいて、弾性ボリュームデータを構成する弾性フレームデータのクオリティの評価値を算出するようにしたことにある。

【0036】

図5(a)に示すように、短軸方向に2次元スキャンを繰り返して、フレーム間自己相関から検出された弾性(変位)フレームデータを複数(n)フレーム取得する。これにより、同図(b)に示すような2次元の弾性フレームデータの集合体として、3次元の弾性ボリュームデータが作成される。各弾性フレームデータの変位の例えば加算平均を求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値とする。また、各フレームの変位の加算平均の分散を用いることにより、画像のバラつきを検出できる。各フレームの加算平均の分

散Saveは、式(4)により算出する。さらに、式(5)により、弾性ボリュームデータを構成する全ての弾性フレームデータの分散Saveの弾性ボリュームデータ平均Svolを求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値とする。

$$Save = \sum_{j=-W/2}^{+W/2} \sum_{i=-H/2}^{+H/2} (d(i,j) - d^*)^2 \quad - (4)$$

10

ここで、Wは画像の横幅、Hは画像の高さ、d(i,j)は変位、d*は変位の平均である。

$$Svol = \frac{\sum_{\phi=\phi_0}^{\phi_N} Save(\phi)}{N_{\phi}} \quad - (5)$$

本実施例によれば、バラつきが少ない方がノイズは少ないから、図5(c)に示すように、Svol = 0.001のように小さな値の方が評価が高いボリューム評価値「Quality High」と表示され、3次元弾性画像としても引き締まった画像となる。一方、ノイズの多い画像においては、バラつきが大きくなり、図5(d)に示すように、Svol = 0.02のように大きな値の方が評価が低いボリューム評価値「Quality Low」と表示され、画像も先鋭さを欠ける画像となる。

20

【0037】

図6は、本実施例の変形例であり、変位フレームデータに代えて、歪みフレームデータに基づいて弾性ボリュームデータのクオリティを評価するようにした例である。図6(a)に示すように、複数(n)フレームの歪みフレームデータにより弾性ボリュームデータが構成される。一般に、生体組織に圧迫が加えられていれば、負の歪みは存在しえない。したがって、図6(b)に示すように、一の歪みフレームデータ中に負の歪みが混在していると、歪みの平均が小さくなる。そこで、各フレームの歪みの平均をφ方向の各歪みフレームデータについて加算平均を求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値とする。これによれば、図6(c)に示すように評価が高い方が「Quality High」の表示になり、評価が低い場合は図6(d)に示すように「Quality Low」の表示になる。

30

【実施例4】

【0038】

図7に、本発明の各実施例により求めた弾性ボリュームデータを用いて構成される各種の表示画像の例を示す。図7の例では、弾性ボリュームデータを用いて任意の断面における断面画像を表示する場合において、表示された各断面画像にそれぞれクオリティを示すボリューム評価値を表示するようにしている。具体的には、図7(a)に示すように、任意の直交3断面のアキシャル面A、シータ面T、コロナル面C、3次元弾性画像Renderのそれぞれに、クオリティを示すボリューム評価値を表示する。また、図7(b)に示すように、いわゆるマルチスライス断面画像の場合も、複数断面画像の表示にそれぞれに、クオリティを示すボリューム評価値を表示することができる。

40

【0039】

図7の画像表示例を実現するには、弾性ボリュームデータ生成部117とクオリティ算出部121を図8のように構成する。つまり、弾性ボリューム生成部117にて、2次元弾性像構成部116で算出された自己相関値は、弾性ボリューム生成部117において、自己相関値ボリューム保持部802又は変位・歪みボリューム保持部804に格納される。このデータは、超音波のRF配列データ曲座標(RTφ)次元のデータであり、直交座標変換部806にて直交座標のデー

50

タに変換される。制御部103において、表示用に参照される座標面に対して表示面クオリティ算出部808で各断面のクオリティを示すポリウム評価値を算出する。

【実施例 5】

【0040】

図9及び図10を参照して、各実施例で評価した弾性ポリウムデータを示すポリウム評価値の表示方法の実施例について説明する。図9は、横軸が時間、縦軸がクオリティを示すポリウム評価値を示しており、連続的に取得した複数の弾性ポリウムデータ $V_0 - V_n$ のポリウム評価値が一目でわかる。また、最もポリウム評価値が高い弾性ポリウムデータと、最もポリウム評価値が低い弾性ポリウムデータに対応付けて、図3と同様のマークを表示する。

【0041】

図10は、弾性ポリウムデータ又は3次元弾性画像のクオリティを示すポリウム評価値を表すマーク、バーチャート、円グラフ、その他の変形例を示している。図10(a)は、円形のマークの表示色をポリウム評価値に対応付けて変えることにより、一目でポリウム評価値の高低を識別可能にした例である。同図(b)は、実施例1等で示したマークと同じであり、円形のマークの真円度合いに応じてポリウム評価値の高低を表した例である。同図(c)は、バーチャートのゲージ内の比率に応じてポリウム評価値の高低を表した例である。同図(d)は、円グラフの比率に応じてポリウム評価値の高低を表した例である。同図(e)は、複数の小円を並べてポリウム評価値に応じて、小円の表示態様の比率を異ならせた例である。

【実施例 6】

【0042】

本発明の各実施例により求めた弾性ポリウムデータを用いて構成される3次元弾性画像の表示形態と記憶形態を説明する。

【0043】

クオリティ算出部121によって算出された弾性ポリウムデータのクオリティを示すポリウム評価値に基づいて、表示部120は3次元弾性画像を表示する。ポリウム評価値が表示基準値よりも高い場合、制御部103は3次元弾性画像を表示するように指示を行い、表示部120はポリウム評価値が表示基準値よりも高い3次元弾性画像を表示する。ポリウム評価値が表示基準値よりも低い場合、制御部103は3次元弾性画像を表示しないように指示を行い、表示部120はポリウム評価値が表示基準値よりも低い3次元弾性画像を表示しない。

【0044】

表示基準値は、例えば、0.95とする。また、操作者は操作部104で表示基準値を設定することができる。

【0045】

本実施例によれば、弾性ポリウムデータのクオリティを示すポリウム評価値が表示基準値よりも高い場合、表示部120は3次元弾性画像を表示する。つまり、表示部120は弾性ポリウムデータのクオリティを示すポリウム評価値が表示基準値よりも高い3次元弾性画像のみを表示することができる。

【0046】

また、クオリティ算出部121によって算出された弾性ポリウムデータのクオリティを示すポリウム評価値に基づいて、記憶部(図示しない。)は3次元弾性画像を記憶する。ポリウム評価値が記憶基準値よりも高い場合、制御部103は3次元弾性画像を記憶部に記憶するように指示を行い、記憶部はポリウム評価値が記憶基準値よりも高い3次元弾性画像を記憶する。ポリウム評価値が記憶基準値よりも低い場合、制御部103は3次元弾性画像を記憶部に記憶しないように指示を行い、記憶部はポリウム評価値が記憶基準値よりも低い3次元弾性画像を記憶しない。

【0047】

本実施例によれば、弾性ポリウムデータのクオリティを示すポリウム評価値が記憶

10

20

30

40

50

基準値よりも高い場合、3次元弾性画像を記憶する記憶部を備える。つまり、記憶部は弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が記憶基準値よりも高い3次元弾性画像のみを記憶することができる。

【0048】

記憶基準値は、表示基準値と同様に設定することができ、操作者は操作部104で記憶基準値を設定することができる。表示基準値と記憶基準値を同一にすることもできる。

【0049】

以上、本発明によれば、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリューム生成部117と、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構成する3次元弾性画像構成部118と、3次元弾性画像を表示する表示部120とを備えた超音波診断装置において、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部121を備えたことを特徴とする。また、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成するステップと、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構成するステップと、前記3次元弾性画像を表示するステップと、前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するステップを含む評価算出方法である。

10

20

【0050】

すなわち、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値が高いことは、安定した計測状態で弾性フレームデータが算出されたことになる。これに鑑み、本発明は、弾性フレームデータのクオリティを評価するフレーム評価値を求め、さらに弾性ボリュームデータを構成する複数の弾性フレームデータを示すフレーム評価値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めて評価するようにしたのである。このように、弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法が確立されたことから、クオリティを示すボリューム評価値が高い弾性ボリュームデータを取得又は選択することにより、容易に3次元弾性画像のクオリティを向上させることができる。

【0051】

ここで、弾性フレームデータのクオリティあるいはクオリティ評価値とは、安定した適切な圧迫状態において弾性フレームデータが計測されたことを意味する。同様に、弾性ボリュームデータのクオリティあるいはクオリティ評価値とは、クオリティあるいはクオリティ評価値が高い弾性フレームデータの集合であることを意味する。したがって、クオリティあるいはクオリティ評価値が高いことは、結果としてノイズの少ない3次元弾性画像を生成することができる。

30

【0052】

ところで、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値は、クオリティ評価方法により求めることができる。例えば、弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータ間の自己相関値が高いと、一対の断層フレームデータの一致度が高いことを意味し、その一対の断層フレームデータが安定した計測状態で計測されたことになる。そこで、弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータの自己相関値をフレーム評価値とし、これに基づいて弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めて評価することができる。しかし、本発明に係るフレーム評価値は、後述するように、一対の断層フレームデータの自己相関値に限られるものではない。

40

【0053】

本発明において、クオリティ算出部121は、一対の断層フレームデータ間の自己相関値を弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値とし、弾性ボリュームデータを構成する全ての弾性フレームデータのフレーム評価値の加算値又は加算平均値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めるようにすることができる。この場合、一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、3次元スキャンに

50

おける時間的に隣り合う一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることができる。また、これに代えて、一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、弾性ボリューム生成部で繰り返し生成される複数の弾性ボリュームデータをそれぞれ構成する複数の弾性フレームデータのうち、スキャン面位置が同一の前記弾性フレームデータ算出の基となった前記一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることができる。

【0054】

さらに、一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、現在の断層フレームデータと過去の複数の断層フレームデータと間で求めた自己相関値が最大の一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることができる。これによれば、クオリティの高い弾性フレームデータを選択して弾性ボリュームデータを構成できることから、一層、ボリューム評価値を高めることができる。つまり、自己相関値が最大の一対の断層フレームデータに基づいて算出された弾性フレームデータを収集して弾性ボリュームデータが生成される。なお、前述したように、本発明は、弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータの自己相関値に基づいてフレーム評価値を求めるものに限られない。これに代えて、弾性フレームデータの弾性値の分布の平均、偏差、又はS/N比に基づいて、各弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出することができる。例えば、弾性値のS/N比が大きければ弾性フレームデータのクオリティが高いと評価することができる。また、弾性値としては、変位、歪み、歪み比、粘性、弾性率のいずれか1つを用いることができる。

10

【0055】

以上のようにして求めたクオリティを示すボリューム評価値を、3次元弾性画像に対応付けて表示部120に表示することが望ましい。これにより、表示された3次元弾性画像のクオリティがどの程度高いか否かを判断することができる。また、クオリティを示すボリューム評価値に対応して表示態様が異なるマーク、バーチャート又は円グラフを表示部に表示することにより、一目でクオリティを示すボリューム評価値を識別できるから、診断の精度向上に寄与することができる。

20

【0056】

さらに、本発明は、3次元弾性画像に限らず、弾性ボリュームデータに基づいて構成した直交3断面弾性画像又は平行な複数の断面でスライスしたマルチ断面弾性画像を前記表示部に表示する断面弾性画像構成部を備えて構成し、クオリティ算出部により各断面弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を算出して表示部に表示する表示面クオリティ算出部を備えて構成することができる。

30

【0057】

以上説明したように、本発明によれば、3次元弾性画像のクオリティを表示することができるから、検査者が3次元弾性画像の選択を簡便に行うことができる。また、クオリティの高い3次元弾性像を再構成して表示することもでき、高レベルな診断サポートが可能となる。

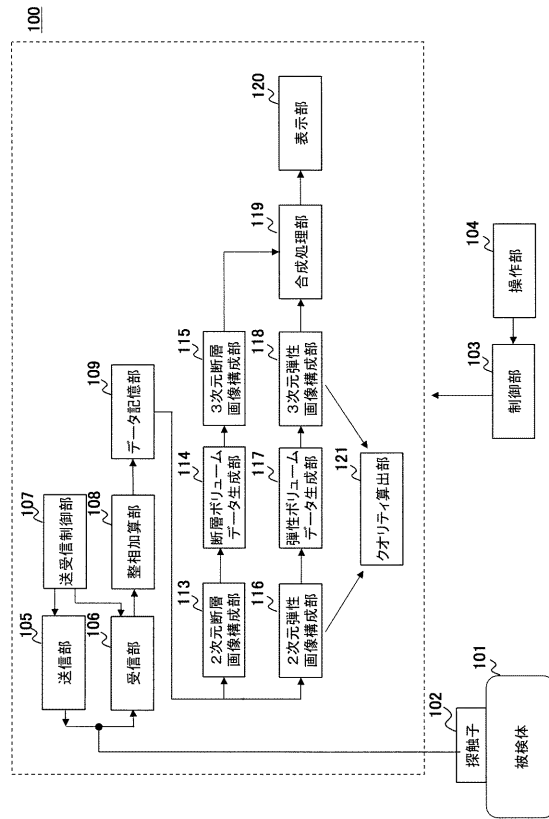
【符号の説明】

【0058】

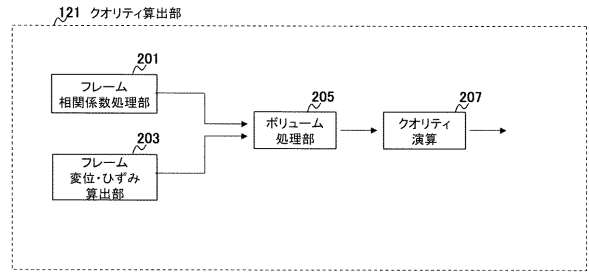
100 超音波診断装置、102 超音波探触子、103 制御部、104 操作部、105 送信部、106 受信部、107 送受信制御部、108 整相加算部、109 データ記憶部、113 2次元断層画像構成部、114 断層ボリュームデータ生成部、115 3次元断層画像構成部、116 2次元弾性画像構成部、117 弾性ボリュームデータ生成部、118 3次元弾性画像構成部、119 合成処理部、120 表示部、121 クオリティ算出部

40

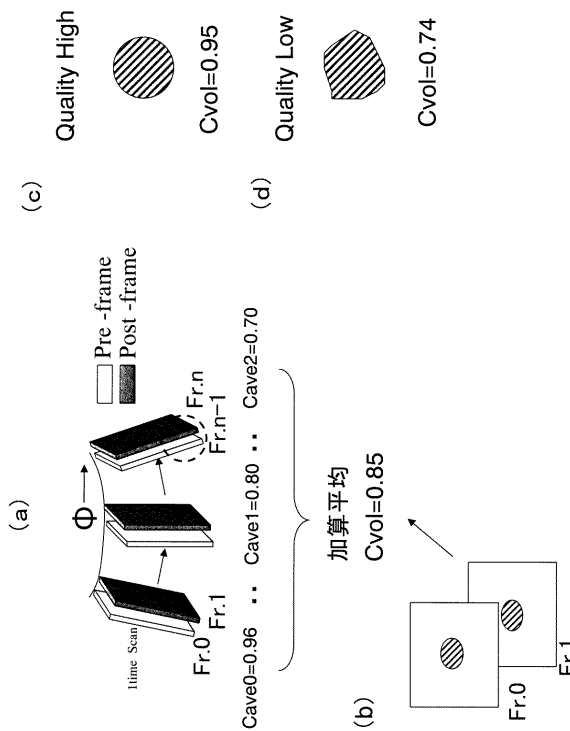
【図 1】



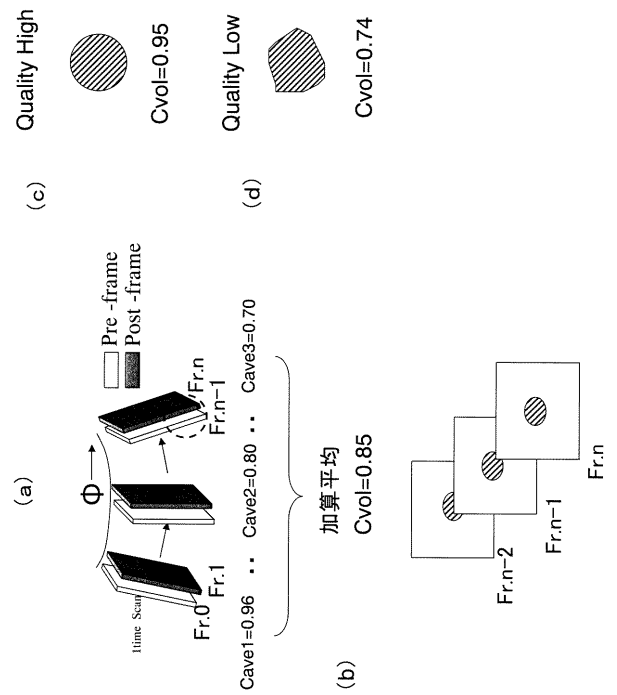
【図 2】



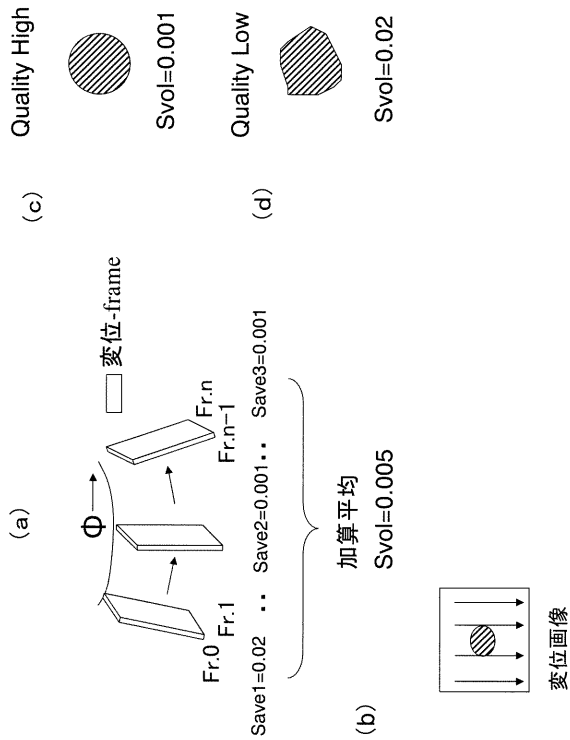
【図 3】



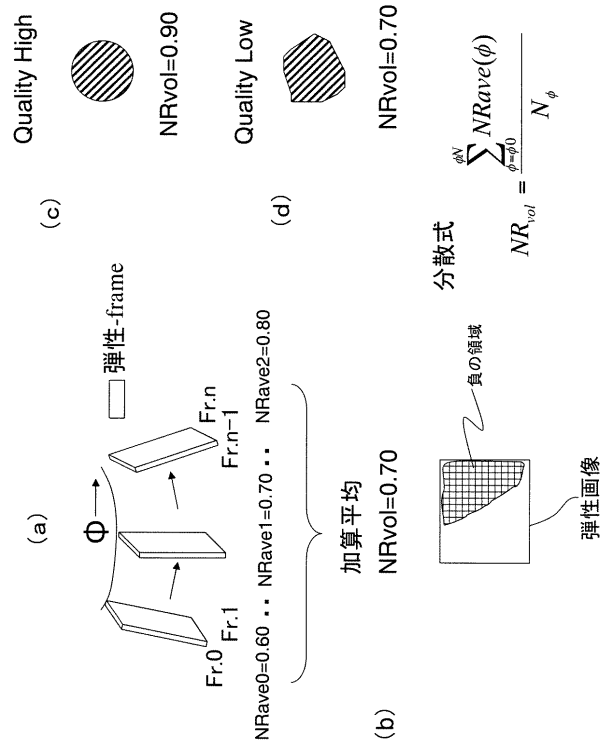
【図 4】



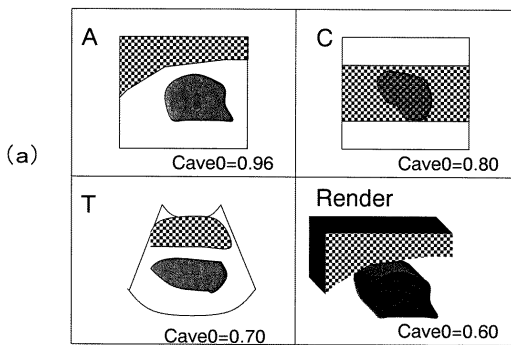
【図 5】



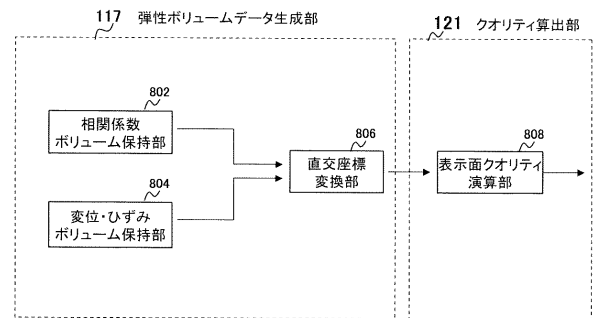
【図 6】



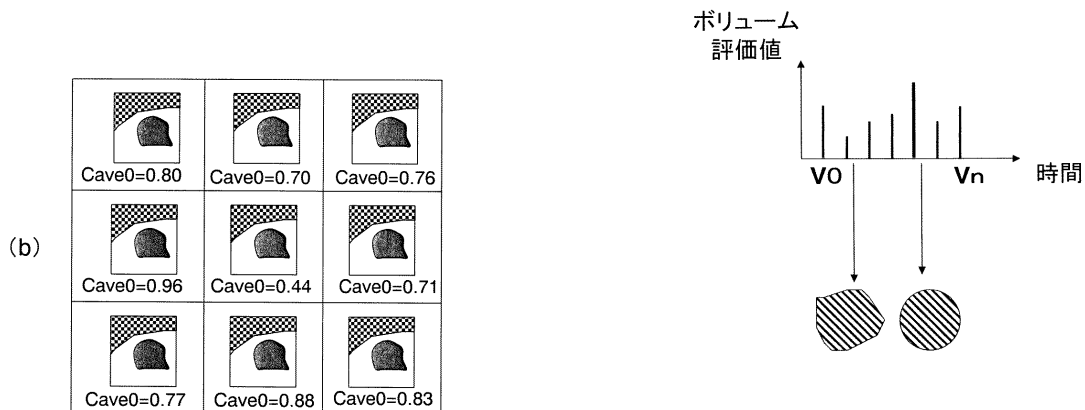
【図 7】



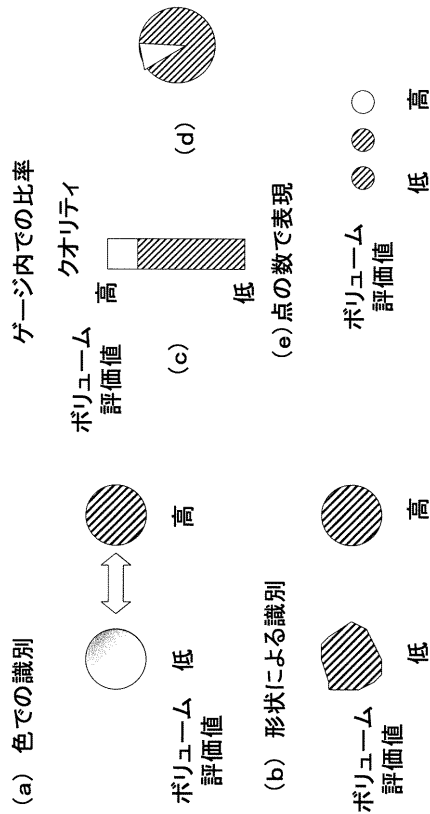
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【手続補正書】

【提出日】平成25年6月5日(2013.6.5)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成する弾性ボリューム生成部と、前記弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして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3次元弾性画像を表示する表示部とを備えた超音波診断装置において、

前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記弾性フレームデータを算出する基となった一対の断層フレームデータ間の自己相関値を前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値とし、前記弾性ボリュームデータを構成する全ての前記弾性フレームデータのフレーム評価値の加算値又は加算平均値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、前記3次元スキャンにおける時間的に隣り合う一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項4】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、前記弾性ボリューム生成部で繰り返し生成される複数の弾性ボリュームデータをそれぞれ構成する複数の前記弾性フレームデータのうち、スキャン面位置が同一の前記弾性フレームデータを算出する基となった前記一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項5】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、現在の断層フレームデータと過去の複数の断層フレームデータと間で求めた前記自己相関値が最大の一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項6】

請求項5に記載の超音波診断装置において、

前記自己相関値が最大の一対の断層フレームデータに基づいて算出された前記弾性フレームデータが収集され前記弾性ボリュームデータが生成されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項7】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記クオリティ算出部は、前記弾性フレームデータの弾性値の分布の平均、偏差、又はS/N比に基づいて、各弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出し、該算出したフレーム評価値を前記弾性ボリュームデータ単位で加算平均することにより前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項8】

請求項7に記載の超音波診断装置において、

前記弾性値は、変位、歪み、歪み比、粘性、弾性率のいずれか1つであることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項9】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を前記3次元弾性画像に対応付けて前記表示部に表示することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項10】

請求項9に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を、該ボリューム評価値に対応して表示態様が異なるマーク、バーチャート又は円グラフで前記表示部に表示することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項11】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータ生成部は、前記弾性ボリュームデータに基づいて構成した直交3断面弾性画像又は平行な複数の断面でスライスしたマルチ断面弾性画像を前記表示部に表示する断面弾性画像構成部を備え、

前記クオリティ算出部は、前記各断面弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を算出して前記表示部に表示する表示面クオリティ算出部を備えてなることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項12】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータのクオリティを示す前記ボリューム評価値が表示基準値よりも高い場合、前記表示部は前記3次元弾性画像を表示することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 3】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が記憶基準値よりも高い場合、前記3次元弾性画像を記憶する記憶部を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 4】

被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成するステップと、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構成するステップと、前記3次元弾性画像を表示するステップと、前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するステップを含む評価算出方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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3次元弾性画像を表示する超音波診断装置と評価算出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、被検体に超音波を送信し、被検体内部の生体組織からの反射エコー信号を受信し、例えば、生体組織の硬さ又は軟らかさを示す3次元弾性画像などの超音波画像を生成してモニタに表示して診断に供するものである。また、被検体内部の形態を分かり易く表示して診断に寄与するために、3次元断層画像や3次元弾性画像の3次元超音波画像を生成して表示することが行われている。一方で、診断精度の向上のため、画像の分解能の向上、ノイズの低減、等々、超音波画像の画質を改善することが要請されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構築する際に、同じ変位もしくは圧力の弾性画像区間を合成して3次元弾性画像を構築することが提案されている。さらに、同文献には、相関係数が高い弾性フレームで弾性画像を合成して、3次元弾性画像を構築することが提案されている。つまり、3次元弾性画像を構成する際に、連続して取得した複数の2次元弾性フレームデータから、圧迫量(変位)が同じ2次元弾性フレームデータにより弾性ボリュームデータを構成し、その弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングすることにより、3次元弾性画像を構築するようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】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】

【0005】

ところで、特許文献では、弾性ボリュームデータの中から所望の弾性フレームデータを選択して弾性ボリュームデータを合成しているが、取得した弾性ボリュームデータ全体についてのクオリティを評価することは考慮されていない。その結果、ボリュームレンダリングにより構築した3次元弾性画像にノイズ(例えば、スジ状のノイズ画像)が表れる可能性がある。

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法を確立して、3次元弾性画像のクオリティを向上させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、本発明は、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを算出する弾性演算部と、前記弾性フレームデータを複数収集して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をボリュームレンダリングして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3次元弾性画像を表示する表示部とを備えた超音波診断装置において、前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部を備えたことを特徴とする。

【0008】

以上のようにして求めたクオリティを示すボリューム評価値を、3次元弾性画像に対応付けて表示部に表示する。これにより、表示された3次元弾性画像のクオリティがどの程度高いか否かを判断することができる。また、クオリティを示すボリューム評価値に対応して表示態様が異なるマーク、バーチャート又は円グラフを表示部に表示することにより、一目でクオリティを示すボリューム評価値を識別できるから、診断の精度向上に寄与することができる。

【0009】

さらに、本発明は、3次元弾性画像に限らず、弾性ボリュームデータに基づいて構成した直交3断面弾性画像又は平行な複数の断面でスライスしたマルチ断面弾性画像を前記表示部に表示する断面弾性画像構成部を備えて構成し、クオリティ算出部により各断面弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を算出して表示部に表示する表示面クオリティ算出部を備えて構成することができる。

【0010】

以上説明したように、本発明によれば、3次元弾性画像のクオリティを表示することができるから、検査者が3次元弾性画像の選択を簡便に行うことができる。また、クオリティの高い3次元弾性画像を再構成して表示することもでき、高レベルな診断サポートが可能となる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法を確立できるから、3次元弾性画像のクオリティを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施例1の超音波診断装置の全体を示すブロック構成図

【図2】実施例1のクオリティ算出部のブロック構成図

【図3】実施例1の特徴部の処理手順を説明する図

【図4】本発明の実施例2の特徴部の処理手順を説明する図

【図5】本発明の実施例3の特徴部の処理手順を説明する図

【図6】本発明の実施例3の変形例の処理手順を説明する図

【図7】本発明の実施例4の断面弾性画像の表示例を説明する図

【図8】本発明の実施例4の断面弾性画像の表示を実現する主要部のブロック構成図

【図9】弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値の表示方法の一例を示す図

【図10】弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値の表示方法の他の例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0013】

各図を用いて実施例について説明する。

【実施例1】

【0014】

本発明を適用した一実施例の超音波診断装置100について、図1を用いて説明する。

図示のように、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の内部からの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。

【0015】

超音波探触子102は、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を配列してなり、複数の振動子の配列方向(長軸方向)と直交する方向(短軸方向)に超音波探触子102を機械的に振り、超音波を3次元スキャン可能に構成されている。なお、超音波の3次元スキャンは、超音波探触子102を機械的に短軸方向に振るものに限らず、例えば、複数の振動子を2次元に配列した超音波探触子102を用い、超音波を短軸方向に電子的にスキャンするものでもよい。

【0016】

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を生成する。送信部105は、送信される超音波の収束点を任意の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を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。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て、1点又は複数の収束点に対応する超音波ビームを形成することにより、RF信号フレームデータを生成する。

【0017】

整相加算部108で生成されたRF信号フレームデータはデータ記憶部109に記憶される。2次元断層画像構成部113は、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。断層ボリュームデータ生成部114は、2次元断層画像構成部113で構成された2次元断層画像を取得位置に基づいて3次元座標変換を行なって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って3次元断層画像を構成する。

【0018】

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は、2次元弾性画像構成部116に適宜取り込まれ、2次元弾性画像が構成される。2次元弾性画像構成部116で構成された2次元弾性画像は、弾性ボリュームデータ生成部117に取り込まれ、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って弾性ボリュームデータが生成される。3次元弾性画像構成部118は、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って3次元弾性画像を構成する。合成処理部119は、2次元断層画像と2次元弾性画像を合成したり、3次元断層画像と3次元弾性画像を合成するようになっている。表示部120は、合成処理部119で合成された合成画像や2次元断層画像の超音波画像を表示するようになっている。また、超音波診断装置100には、上述した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、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。

【0019】

以下、図1の主要部の詳細構成について説明する。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取り込んで、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って2次元断層画像を構成する。このとき、超音波探触子102は、超音波の送受信と同時に送受信方向(θ 、 φ)を計測する。ここで、 θ は長軸方向のスキャン角度、 φ は短軸方向のスキャン(スイング)角度である。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(θ 、 φ)に基づいて、複数の2次元断層画像について3次元変換を行なって断層ボリュームデータを生成する。

【0020】

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。

【0021】

$$\text{Cout}(i) = \text{Cout}(i-1) + (1 - \text{Aout}(i-1)) \cdot A(i) \cdot C(i) \cdot S(i) \quad - (1)$$

$$\text{Aout}(i) = \text{Aout}(i-1) + (1 - \text{Aout}(i-1)) \cdot A(i) \quad - (2)$$

$$A(i) = \text{Opacity}[C(i)] \quad - (3)$$

ここで、 $C(i)$ 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、視線上*i*番目に存在するボクセルの輝度値である。 $\text{Cout}(i)$ 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 $\text{Cout}(N-1)$ が最終的に出力されるピクセル値となる。 $\text{Cout}(i-1)$ は*i-1*番目までの積算値を示す。

【0022】

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、式(3)に示すとおり、0～1.0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。

【0023】

$S(i)$ 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。

【0024】

$\text{Cout}(i)$ 、 $\text{Aout}(i)$ は、共に0を初期値としている。式(2)に示されるように、 $\text{Aout}(i)$ 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、式(1)に示されるように*i-1*番目までの不透明度の積算値 $\text{Aout}(i-1)$ がおよそ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。

【0025】

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。2次元弾性画像構成部116は被検体101に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを算出する弾性演算部を有している。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。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(θ 、 φ)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。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。

【0026】

以下、本発明の特徴部であるクオリティ算出部121について説明する。図2に、クオリティ算出部121のブロック構成図を示す。クオリティ算出部121は、基本的に、圧迫の情報もしくは3次元弾性画像の質であるクオリティ(Quality)を検出し、弾性ボリュームデータの

質を演算して良し悪しを評価するものである。ここで、検出するクオリティとしては、2次元弾性画像を算出した際の一对の断層フレームデータの自己相関、変位、歪み、歪みのS/N比、等々を用いることができる。また、取得時間が異なる複数の弾性ボリュームデータ間の同一位置の弾性フレームデータの相関を用いることもできる。

【0027】

クオリティ算出部121は、フレーム相関処理部201、フレーム変位・歪み処理部203、ボリューム処理部205、クオリティ算出部207により構成される。フレーム相関処理部201は、2次元弾性画像構成部116で弾性フレームデータを算出した際に用いた一对の断層フレームデータ間の自己相関を保存しておき、フレーム単位の弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出するようになっている。

【0028】

また、フレーム変位・歪み処理部203は、2次元弾性画像構成部116で算出された弾性値(歪み、弾性率、変位、粘性、歪み比)と圧力を弾性フレームデータに対応付けて保存し、フレーム単位の弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出するようになっている。

【0029】

ボリューム処理部205は、フレーム相関処理部201、フレーム変位・歪み処理部203において、フレーム単位で算出されたフレーム評価値を加算平均等により、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求める。ここで、ボリューム評価値は1つあればよいが、複数のボリューム評価値を求めることもできる。

【0030】

図3を参照して、本実施例1の詳細な処理手順について説明する。図3(a)に示すように、3次元スキャンは、長軸方向(θ)に電子スキャンを行って断層フレームデータを計測する操作を、短軸方向(φ)にスキャン断面をスライドさせながら複数(n)フレームの断層フレームデータFr.0—Fr.nを取得する。短軸方向(φ)のスキャンは、機械的なスキャン又は電子的なスキャンのいずれを適用してもよい。例えば、モータにより超音波探触子102を遠動させてスキャンする場合は、モータを低速又は高速に速度制御可能にする。

【0031】

3次元スキャンにおいて2次元弾性画像構成部116は、例えば、隣り合う一对の断層フレームデータFr.0、Fr.1間の自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定する。なお、図示していないが、図1の断層ボリュームデータ生成部114に記憶されている異なる時間に取得された同一部位の複数の断層ボリュームデータを参照して、現在(リアルタイム)取得された例えば断層フレームデータFr.0と、同一位置において過去に取得された断層フレームデータFr.0との間で自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定することもできる。このように、一对の断層フレームデータ間で求められた自己相関値が、その一对の断層フレームデータにより算出された弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値となる。なお、一对の断層フレーム間の自己相関値が高いということは、断層フレームデータを構成する複数本のRF信号の波形の一致度が高いことになり、これにより得られる弾性フレームデータのクオリティは高い傾向にある。

【0032】

そこで、フレーム相関処理部201は、2次元弾性画像構成部116から各対の断層フレーム間の自己相関値を取り込み、図3(a)、(b)に示すように、各弾性フレームデータについて画素単位で自己相関値のフレーム平均値Caveを求める。次いで、弾性ボリュームデータを構成する全部の弾性フレームデータに対応する自己相関値をフレーム評価値とし、その加算平均又は加算値を求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求める。例えば、自己相関値の弾性ボリュームの加算平均Cvol=0.95であればクオリティを示すボリューム評価値が高いとして、図3(c)のように「Quality High」が表示部120に表示される。また、そ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得られる3次元弾性画像は、崩れが少ないものとなる。一方、図3(d)のように自己相関値の加算平均Cvol=0.74であれば「Quality Low」が表示部120に表示される。この場合の3次元弾性

画像は、ノイズが多く、例えば本来なら円形の画像が変形して表示されるなどの先鋭さに欠ける画像となる。このようにして、弾性ボリュームデータごとにクオリティを示すボリューム評価値を求めることにより、弾性ボリュームデータのクオリティを評価することが可能である。なお、フレーム変位・歪み処理部203の詳細な実施例は、後述する。

【実施例2】

【0033】

図4を参照して、本発明の実施例2の2次元弾性画像構成部116とクオリティ算出部121の詳細な処理手順について説明する。本実施例2が実施例1と異なる点は、2次元弾性画像構成部116とフレーム関連処理部201の処理手順にあり、その他の点は実施例1と同様であることから説明を省略する。実施例1においては、2次元弾性画像構成部116は隣り合う一対の断層フレームデータ間の自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定していた。これに対し、本実施例2では、2次元弾性画像構成部116は現在(リアルタイム)の断層フレームデータに対する過去数フレーム分の断層フレームデータとの間で自己相関演算を行って生体組織の変位分布を推定する。特に、過去数フレーム分との間の自己相関値が最も高い断層フレームデータを選択して、生体組織の変位分布を推定して弾性フレームデータを作成する。つまり、複数回の3次元スキャンで1フレーム分の自己相関値と変位分布データが算出される。その後の処理は、実施例1と同様であり、図4(c)、(d)に示す評価結果が表示される。

【0034】

本実施例2によれば、複数回の3次元スキャンで自己相関値が高い弾性フレームデータを選択できることから、最終的に質の高い弾性ボリュームデータを生成することができ、3次元弾性画像のクオリティを高めることができる。

【実施例3】

【0035】

図5を参照して、本発明の実施例3のクオリティ算出部121の詳細な処理手順について説明する。本実施例3が実施例1, 2と異なる点は、弾性フレームデータを算出した際の一対の断層フレームデータの自己相関値に代えて、弾性フレームデータの弾性値(変位、歪み、歪み比、粘性、弾性率)の平均、S/N比、偏差情報の少なくとも1つに基づいて、弾性ボリュームデータを構成する弾性フレームデータのクオリティの評価値を算出するようにしたことにある。

【0036】

図5(a)に示すように、短軸方向に2次元スキャンを繰り返して、フレーム間自己相関から検出された弾性(変位)フレームデータを複数(n)フレーム取得する。これにより、同図(b)に示すような2次元の弾性フレームデータの集合体として、3次元の弾性ボリュームデータが作成される。各弾性フレームデータの変位の例えば加算平均を求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値とする。また、各フレームの変位の加算平均の分散を用いることにより、画像のバラつきを検出できる。各フレームの加算平均の分散Saveは、式(4)により算出する。さらに、式(5)により、弾性ボリュームデータを構成する全ての弾性フレームデータの分散Saveの弾性ボリュームデータ平均Svolを求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値とする。

$$Save = \sum_{j=-W/2}^{+W/2} \sum_{i=-H/2}^{+H/2} (d(i,j) - d^*)^2 \quad - (4)$$

ここで、Wは画像の横幅、Hは画像の高さ、d(i,j)は変位、d*は変位の平均である。

$$Svol = \frac{\sum_{\phi=\phi_0}^{\phi_N} Save(\phi)}{N_{\phi}} \quad - (5)$$

本実施例によれば、バラつきが少ない方がノイズは少ないから、図5(c)に示すように、 $Svol = 0.001$ のように小さな値の方が評価が高いボリューム評価値「Quality High」と表示され、3次元弾性画像としても引き締まった画像となる。一方、ノイズの多い画像においては、バラつきが大きくなり、図5(d)に示すように、 $Svol = 0.02$ のように大きな値の方が評価が低いボリューム評価値「Quality Low」と表示され、画像も先鋭さを欠ける画像となる。

【0037】

図6は、本実施例の変形例であり、変位フレームデータに代えて、歪みフレームデータに基づいて弾性ボリュームデータのクオリティを評価するようにした例である。図6(a)に示すように、複数(n)フレームの歪みフレームデータにより弾性ボリュームデータが構成される。一般に、生体組織に圧迫が加えられていれば、負の歪みは存在しえない。したがって、図6(b)に示すように、一の歪みフレームデータ中に負の歪みが混在していると、歪みの平均が小さくなる。そこで、各フレームの歪みの平均を ϕ 方向の各歪みフレームデータについて加算平均を求めて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値とする。これによれば、図6(c)に示すように評価が高い方が「Quality High」の表示になり、評価が低い場合は図6(d)に示すように「Quality Low」の表示になる。

【実施例4】

【0038】

図7に、本発明の各実施例により求めた弾性ボリュームデータを用いて構成される各種の表示画像の例を示す。図7の例では、弾性ボリュームデータを用いて任意の断面における断面画像を表示する場合において、表示された各断面画像にそれぞれクオリティを示すボリューム評価値を表示するようにしている。具体的には、図7(a)に示すように、任意の直交3断面のアキシャル面A、シータ面T、コロナル面C、3次元弾性画像Renderのそれぞれに、クオリティを示すボリューム評価値を表示する。また、図7(b)に示すように、いわゆるマルチスライス断面画像の場合も、複数断面画像の表示にそれぞれに、クオリティを示すボリューム評価値を表示することができる。

【0039】

図7の画像表示例を実現するには、弾性ボリュームデータ生成部117とクオリティ算出部121を図8のように構成する。つまり、弾性ボリュームデータ生成部117にて、2次元弾性画像構成部116で算出された自己相関値は、弾性ボリュームデータ生成部117において、自己相関値ボリューム保持部802又は変位・歪みボリューム保持部804に格納される。このデータは、超音波のRF配列データ曲座標(RT ϕ)次元のデータであり、直交座標変換部806にて直交座標のデータに変換される。制御部103において、表示用に参照される座標面に対して表示面クオリティ算出部808で各断面のクオリティを示すボリューム評価値を算出する。

【実施例5】

【0040】

図9及び図10を参照して、各実施例で評価した弾性ボリュームデータを示すボリューム評価値の表示方法の実施例について説明する。図9は、横軸が時間、縦軸がクオリティを示すボリューム評価値を示しており、連続的に取得した複数の弾性ボリュームデータ $V_0 - V_n$ のボリューム評価値が一目でわかる。また、最もボリューム評価値が高い弾性ボリュームデータと、最もボリューム評価値が低い弾性ボリュームデータに対応付けて、図3と同様のマークを表示する。

【 0 0 4 1 】

図10は、弾性ボリュームデータ又は3次元弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を表すマーク、バーチャート、円グラフ、その他の変形例を示している。図10(a)は、円形のマークの表示色をボリューム評価値に対応付けて変えることにより、一目でボリューム評価値の高低を識別可能にした例である。同図(b)は、実施例1等で示したマークと同じであり、円形のマークの真円度合いに応じてボリューム評価値の高低を表した例である。同図(c)は、バーチャートのゲージ内の比率に応じてボリューム評価値の高低を表した例である。同図(d)は、円グラフの比率に応じてボリューム評価値の高低を表した例である。同図(e)は、複数の小円を並べてボリューム評価値に応じて、小円の表示態様の比率を異ならせた例である。

【 実施例 6 】

【 0 0 4 2 】

本発明の各実施例により求めた弾性ボリュームデータを用いて構成される3次元弾性画像の表示形態と記憶形態を説明する。

【 0 0 4 3 】

クオリティ算出部121によって算出された弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値に基づいて、表示部120は3次元弾性画像を表示する。ボリューム評価値が表示基準値よりも高い場合、制御部103は3次元弾性画像を表示するように指示を行い、表示部120はボリューム評価値が表示基準値よりも高い3次元弾性画像を表示する。ボリューム評価値が表示基準値よりも低い場合、制御部103は3次元弾性画像を表示しないように指示を行い、表示部120はボリューム評価値が表示基準値よりも低い3次元弾性画像を表示しない。

【 0 0 4 4 】

表示基準値は、例えば、0.95とする。また、操作者は操作部104で表示基準値を設定することができる。

【 0 0 4 5 】

本実施例によれば、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が表示基準値よりも高い場合、表示部120は3次元弾性画像を表示する。つまり、表示部120は弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が表示基準値よりも高い3次元弾性画像のみを表示することができる。

【 0 0 4 6 】

また、クオリティ算出部121によって算出された弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値に基づいて、記憶部(図示しない。)は3次元弾性画像を記憶する。ボリューム評価値が記憶基準値よりも高い場合、制御部103は3次元弾性画像を記憶部に記憶するように指示を行い、記憶部はボリューム評価値が記憶基準値よりも高い3次元弾性画像を記憶する。ボリューム評価値が記憶基準値よりも低い場合、制御部103は3次元弾性画像を記憶部に記憶しないように指示を行い、記憶部はボリューム評価値が記憶基準値よりも低い3次元弾性画像を記憶しない。

【 0 0 4 7 】

本実施例によれば、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が記憶基準値よりも高い場合、3次元弾性画像を記憶する記憶部を備える。つまり、記憶部は弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値が記憶基準値よりも高い3次元弾性画像のみを記憶することができる。

【 0 0 4 8 】

記憶基準値は、表示基準値と同様に設定することができ、操作者は操作部104で記憶基準値を設定することができる。表示基準値と記憶基準値を同一にすることもできる。

【 0 0 4 9 】

以上、本発明によれば、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して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をボリュームレンダリングして3次元弾性画像を

構成する3次元弾性画像構成部118と、3次元弾性画像を表示する表示部120とを備えた超音波診断装置において、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するクオリティ算出部121を備えたことを特徴とする。また、被検体に超音波を3次元スキャンして計測される弾性分布を表す弾性フレームデータを複数収集して弾性ボリュームデータを生成するステップと、弾性ボリュームデータをボリュームレンダリングして3次元弾性画像を構成するステップと、前記3次元弾性画像を表示するステップと、前記弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値に基づいて、前記弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を算出するステップを含む評価算出方法である。

【0050】

すなわち、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値が高いことは、安定した計測状態で弾性フレームデータが算出されたことになる。これに鑑み、本発明は、弾性フレームデータのクオリティを評価するフレーム評価値を求め、さらに弾性ボリュームデータを構成する複数の弾性フレームデータを示すフレーム評価値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めて評価するようにしたのである。このように、弾性ボリュームデータのクオリティを評価する手法が確立されたことから、クオリティを示すボリューム評価値が高い弾性ボリュームデータを取得又は選択することにより、容易に3次元弾性画像のクオリティを向上させることができる。

【0051】

ここで、弾性フレームデータのクオリティあるいはクオリティ評価値とは、安定した適切な圧迫状態において弾性フレームデータが計測されたことを意味する。同様に、弾性ボリュームデータのクオリティあるいはクオリティ評価値とは、クオリティあるいはクオリティ評価値が高い弾性フレームデータの集合であることを意味する。したがって、クオリティあるいはクオリティ評価値が高いことは、結果としてノイズの少ない3次元弾性画像を生成することができる。

【0052】

ところで、弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値は、クオリティ評価方法により求めることができる。例えば、弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータ間の自己相関値が高いと、一対の断層フレームデータの一致度が高いことを意味し、その一対の断層フレームデータが安定した計測状態で計測されたことになる。そこで、弾性フレームデータ算出の基となった一対の断層フレームデータの自己相関値をフレーム評価値とし、これに基づいて弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めて評価することができる。しかし、本発明に係るフレーム評価値は、後述するように、一対の断層フレームデータの自己相関値に限られるものではない。

【0053】

本発明において、クオリティ算出部121は、一対の断層フレームデータ間の自己相関値を弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値とし、弾性ボリュームデータを構成する全ての弾性フレームデータのフレーム評価値の加算値又は加算平均値に基づいて、弾性ボリュームデータのクオリティを示すボリューム評価値を求めるようにすることができる。この場合、一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、3次元スキャンにおける時間的に隣り合う一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることができる。また、これに代えて、一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、弾性ボリュームデータ生成部で繰り返し生成される複数の弾性ボリュームデータをそれぞれ構成する複数の弾性フレームデータのうち、スキャン面位置が同一の前記弾性フレームデータ算出の基となった前記一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることができる。

【0054】

さらに、一対の断層フレームデータ間の自己相関値として、現在の断層フレームデータと過去の複数の断層フレームデータとの間で求めた自己相関値が最大の一対の断層フレームデータの自己相関値を用いることができる。これによれば、クオリティの高い弾性フレームデータを選択して弾性ボリュームデータを構成できることから、一層、ボリューム評

価値を高めることができる。つまり、自己相関値が最大の一对の断層フレームデータに基づいて算出された弾性フレームデータを収集して弾性ボリュームデータが生成される。なお、前述したように、本発明は、弾性フレームデータ算出の基となった一对の断層フレームデータの自己相関値に基づいてフレーム評価値を求めるものに限られない。これに代えて、弾性フレームデータの弾性値の分布の平均、偏差、又はS/N比に基づいて、各弾性フレームデータのクオリティを示すフレーム評価値を算出することができる。例えば、弾性値のS/N比が大きければ弾性フレームデータのクオリティが高いと評価することができる。また、弾性値としては、変位、歪み、歪み比、粘性、弾性率のいずれか1つを用いることができる。

【0055】

以上のようにして求めたクオリティを示すボリューム評価値を、3次元弾性画像に対応付けて表示部120に表示することが望ましい。これにより、表示された3次元弾性画像のクオリティがどの程度高いか否かを判断することができる。また、クオリティを示すボリューム評価値に対応して表示態様が異なるマーク、バーチャート又は円グラフを表示部に表示することにより、一目でクオリティを示すボリューム評価値を識別できるから、診断の精度向上に寄与することができる。

【0056】

さらに、本発明は、3次元弾性画像に限らず、弾性ボリュームデータに基づいて構成した直交3断面弾性画像又は平行な複数の断面でスライスしたマルチ断面弾性画像を前記表示部に表示する断面弾性画像構成部を備えて構成し、クオリティ算出部により各断面弾性画像のクオリティを示すボリューム評価値を算出して表示部に表示する表示面クオリティ算出部を備えて構成することができる。

【0057】

以上説明したように、本発明によれば、3次元弾性画像のクオリティを表示することができるから、検査者が3次元弾性画像の選択を簡便に行うことができる。また、クオリティの高い3次元弾性画像を再構成して表示することもでき、高レベルな診断サポートが可能となる。

【符号の説明】

【0058】

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、121 クオリティ算出部

【手続補正3】

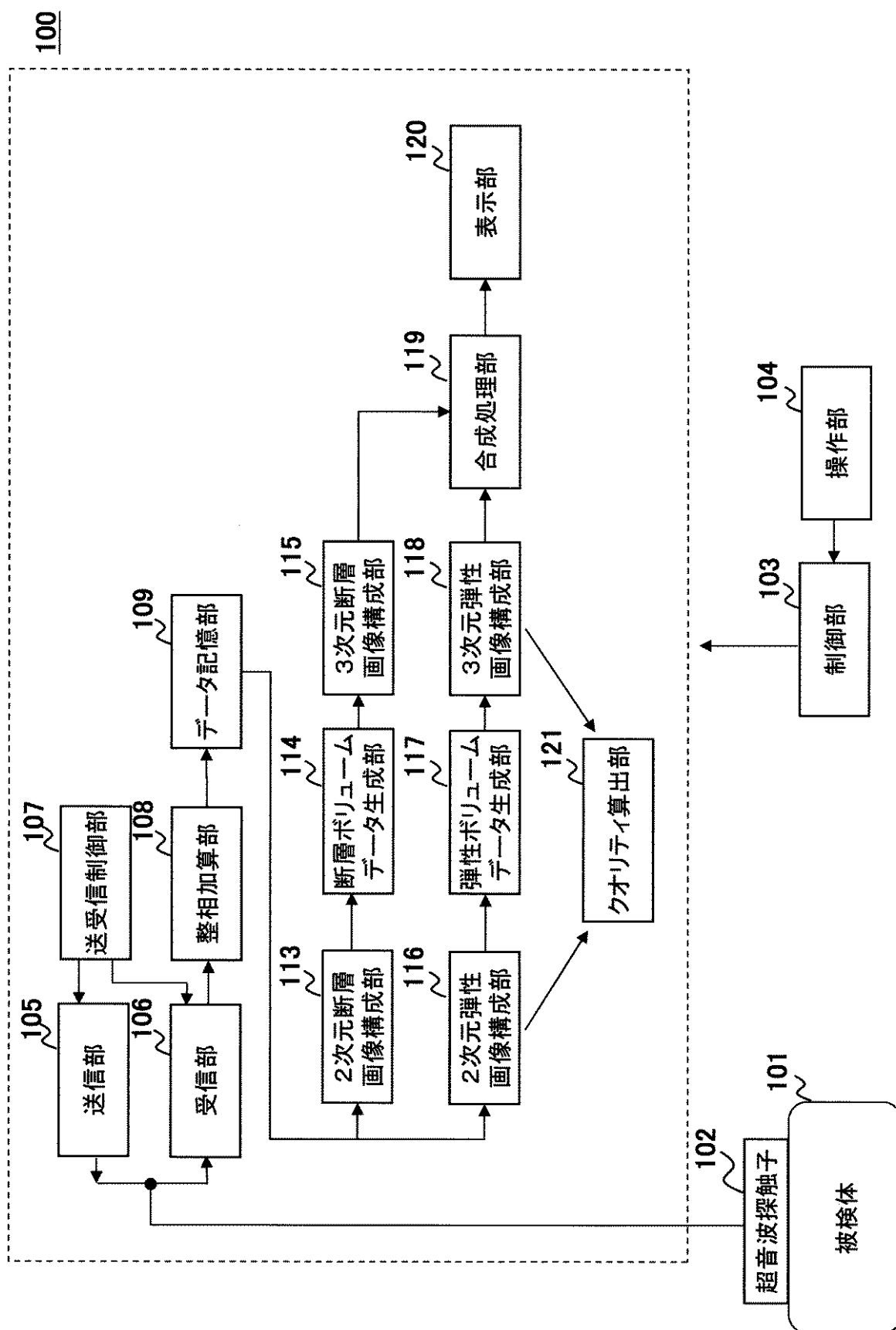
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

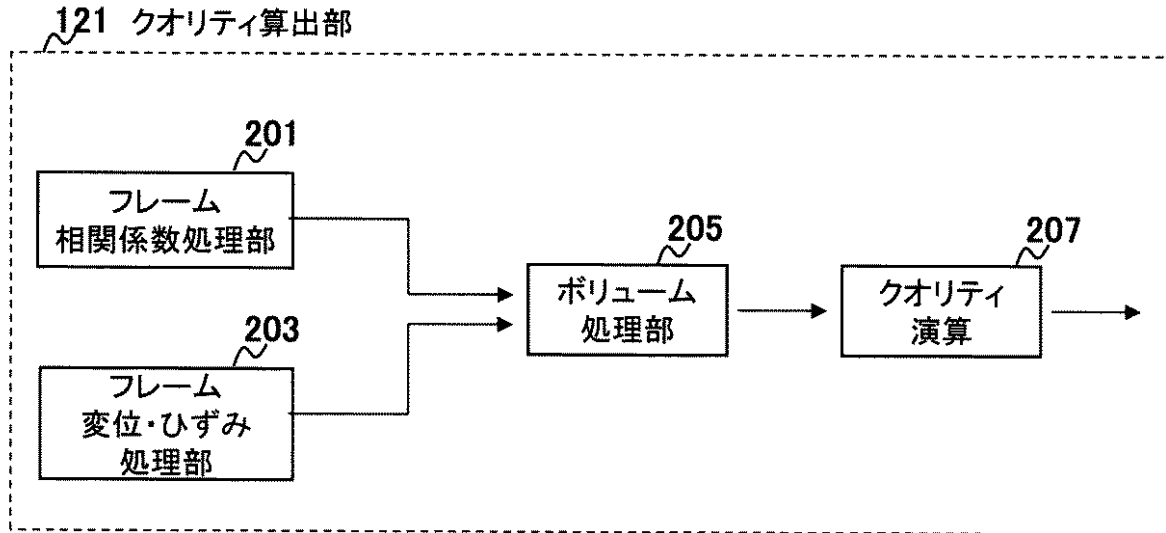
【補正方法】変更

【補正の内容】

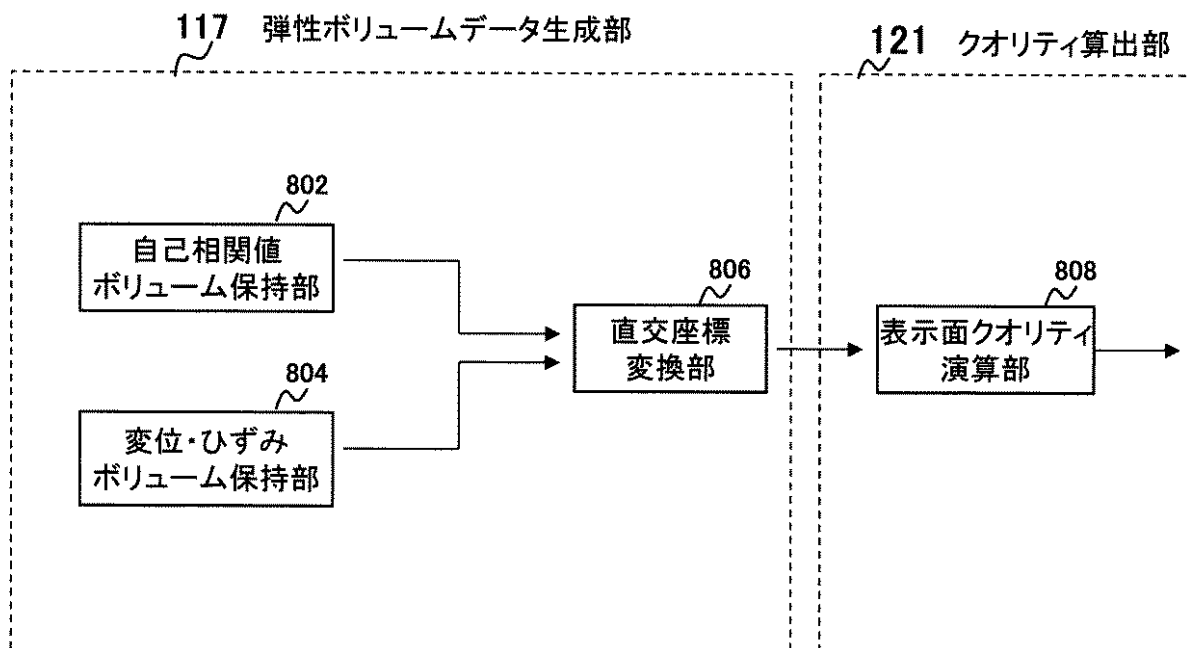
【 手 続 補 正 4 】



【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図 2
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【図 2】



【手続補正 5】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図 8
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【図 8】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B8/08(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B8/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2008-259555 A (Hitachi Medical Corp.), 30 October 2008 (30.10.2008), paragraphs [0063] to [0067] (Family: none)	1, 7, 8, 14 2-6, 9-13
Y	WO 2007/083745 A1 (Hitachi Medical Corp.), 26 July 2007 (26.07.2007), paragraphs [0048] to [0057] & US 2010/0220901 A1 & EP 1980210 A1 & CN 101370431 A	2-6, 9-13
Y	JP 2010-119630 A (GE Medical Systems Global Technology Co., L.L.C.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraphs [0052] to [0061] (Family: none)	3, 5, 6, 12, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 August, 2011 (04.08.11)Date of mailing of the international search report
13 September, 2011 (13.09.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066176

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6558324 B1 (Siemens Medical Solutions, Inc., USA), 06 May 2003 (06.05.2003), column 15, line 38 to column 16, line 59; fig. 6 (Family: none)	9-11
A	WO 2008/010500 A1 (Hitachi Medical Corp.), 24 January 2008 (24.01.2008), entire text; all drawings & US 2009/0292205 A1	1-14
A	JP 2010-12311 A (Hitachi Medical Corp.), 21 January 2010 (21.01.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2010-82308 A (GE Medical Systems Global Technology Co., L.L.C.), 15 April 2010 (15.04.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-14

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2011/066176	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/08 (2006.01) i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/08			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2011年 日本国実用新案登録公報 1996-2011年 日本国登録実用新案公報 1994-2011年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X Y	JP 2008-259555 A (株式会社日立メディコ) 2008.10.30, 段落[0063]-[0067] (ファミリーなし)	1, 7, 8, 14 2-6, 9-13	
Y	W0 2007/083745 A1 (株式会社日立メディコ) 2007.07.26, 段落[0048]-[0057] & US 2010/0220901 A1 & EP 1980210 A1 & CN 101370431 A	2-6, 9-13	
Y	JP 2010-119630 A (ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー) 2010.06.03,	3, 5, 6, 12, 13	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 04.08.2011		国際調査報告の発送日 13.09.2011	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 川上 則明	2Q 3704
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 1 / 0 6 6 1 7 6
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	段落[0052]-[0061] (ファミリーなし)	
Y	US 6558324 B1 (Siemens Medical Solutions, Inc., USA) 2003. 05. 06, 第 15 欄第 38 行-第 16 欄第 59 行, 図 6 (ファミリーなし)	9-11
A	WO 2008/010500 A1 (株式会社日立メディコ) 2008. 01. 24, 全文、全図 & US 2009/0292205 A1	1-14
A	JP 2010-12311 A (株式会社日立メディコ) 2010. 01. 21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2010-82308 A (ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・ テクノロジー・カンパニー・エルエルシー) 2010. 04. 15, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-14

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声诊断设备和评估计算方法		
公开(公告)号	JPWO2012029417A1	公开(公告)日	2013-10-28
申请号	JP2012531736	申请日	2011-07-15
[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		
[标]发明人	脇康治		
发明人	脇 康治		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	G06F17/00 A61B8/13 A61B8/463 A61B8/466 A61B8/467 A61B8/483 A61B8/485 A61B8/5223 G01N29/0654 G01S7/52042 G01S7/52071 G01S15/8993		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/BB16 4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE04 4C601/EE09 4C601/EE11 4C601/GB04 4C601/JB41 4C601/JB45 4C601/JB48 4C601/JC17 4C601/JC22 4C601/JC23 4C601/JC28 4C601/JC29 4C601/JC33 4C601/KK21 4C601/KK31 4C601/KK33 4C601/KK42 4C601/LL04		
优先权	2010194180 2010-08-31 JP		
其他公开文献	JPWO2012029417A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了通过建立评估弹性体数据的质量的方法来提高3D弹性图像的质量，计算表示通过3D扫描超声波对被检体测量的弹性分布的弹性框架数据。二维弹性图像形成单元116，收集多个弹性框架数据以生成弹性体积数据的弹性体数据生成单元117，以及对弹性体数据进行体积弯曲以形成三维弹性图像的三维弹性图像。基于配置单元118的指示弹性体数据的质量的体积评估值，作为弹性框架数据计算的基础的一对断层图像框架数据之间的自相关值，以及指示弹性框架数据的质量的框架评估值。一种超声波诊断设备，包括用于计算的质量计算单元121

