

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5950291号  
(P5950291)

(45) 発行日 平成28年7月13日(2016.7.13)

(24) 登録日 平成28年6月17日(2016.6.17)

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

請求項の数 5 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-107933 (P2015-107933) (22) 出願日 平成27年5月27日 (2015.5.27) 審査請求日 平成28年3月22日 (2016.3.22)</p>	<p>(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 (74) 代理人 110001210 特許業務法人YK I 国際特許事務所 (72) 発明者 猪上 慎介 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 日立 アロカメディカル株式会社内  審査官 宮川 哲伸</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体内の三次元空間に対する超音波の送受波により前記三次元空間内の弾性値分布を表す弾性ボリュームデータを取得する弾性ボリュームデータ取得手段と、

前記弾性ボリュームデータに対して複数のレイを設定し、レイ毎にレイに沿って前記弾性ボリュームデータに基づく弾性値及び不透明度を利用した出力光量演算を順次実行することにより、各レイに対応する画素値を演算し、これにより三次元弾性画像を形成する三次元弾性画像形成手段と、

前記各出力光量演算に際して、当該出力光量演算で利用する弾性値及び当該弾性値のノイズ可能性に応じて前記不透明度を設定する不透明度設定手段と、  
を含むことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記不透明度設定手段は、ノイズ可能性のある弾性値に対する不透明度を、ノイズ可能性のない弾性値に対する不透明度よりも小さくする、  
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、

前記不透明度設定手段は、ノイズ可能性のない弾性値については、弾性値と不透明度との関係を規定する不透明度関数から求められる値に対して標準の重み係数を乗算すること

20

により不透明度を求め、ノイズ可能性のある弾性値については、前記不透明度関数から求められる値に対して前記標準の重み係数よりも小さい重み係数を乗算することにより不透明度を求める、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項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取得手段は、被検体に対する超音波の送受波により複数の弾性フレームデータを取得し、前記複数の弾性フレームデータに基づいて前記弾性ボリュームデータを形成し、

弾性値のノイズ可能性は、当該弾性値が、前記複数の弾性フレームデータの中のノイズを含むノイズ弾性フレームデータに属するか否かによって判断される、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

コンピュータを、

被検体内の三次元空間に対する超音波の送受波により形成された、前記三次元空間内の弾性値分布を表す弾性ボリュームデータを取得する弾性ボリュームデータ取得手段と、

前記弾性ボリュームデータに対して複数のレイを設定し、レイ毎にレイに沿って前記弾性ボリュームデータに基づく弾性値及び不透明度を利用した出力光量演算を順次実行することにより、各レイに対応する画素値を演算し、これにより三次元弾性画像を形成する三次元弾性画像形成手段と、

前記各出力光量演算に際して、当該出力光量演算で利用する弾性値及び当該弾性値のノイズ可能性に応じて前記不透明度を設定する不透明度設定手段と、

として機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波診断装置に関し、特に、被検体内の弾性値分布を表す三次元弾性画像を形成する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置において、例えば腫瘍等の組織の硬さに関する弾性値（組織のひずみや弾性率等）を計測する技術が知られている。例えば、プローブによって被検体の体表から静的な圧力を加えて被検体内の組織を圧縮変形させ、その際に生じる組織のひずみ等を超音波によって計測する技術が知られている。また、弾性値を表す複数の弾性フレームデータから弾性ボリュームデータを形成し、弾性ボリュームデータにボリュームレンダリングを適用することにより三次元弾性画像を形成する技術が知られている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2010/026823 号

【特許文献 2】国際公開第 2012/029458 号

【特許文献 3】特開 2012 - 213545 号公報

【特許文献 4】特許第 4455003 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、プローブによって被検体を圧迫して弾性値を得る場合において、例えば手ぶれ等によってプローブの位置ずれ等が発生すると、被検体内に加えられる圧力が不均一なものとなってしまい、弾性値にノイズが発生する場合がある。そのノイズ対策として、弾

10

20

30

40

50

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の画質を評価し、ノイズが多いノイズフレームデータを除去する、又は、ノイズフレームデータを他の弾性フレームデータに置換する技術が知られている（特許文献2参照）。また、特許文献3には、ノイズフレームデータを非表示にすることが記載されており、特許文献4には、弾性画像中のノイズ部分を表示しない技術が記載されている。

【0005】

ノイズフレームデータやノイズ部分を除去する技術においては、データを除去した部分でデータの欠損が生じ、連続性のない不自然な三次元弾性画像が形成されるという問題が生じる。また、ノイズフレームデータを他の弾性フレームデータで置換する技術においては、ノイズフレームデータが増大すると置換部分が多くなり、真のデータが少なくなるという問題が生じる。

10

【0006】

本発明の目的は、超音波診断装置において、ノイズが目立たない三次元弾性画像を形成することである。あるいは、ノイズを目立たなくするとともに、連続性のない不自然な三次元弾性画像が形成されないようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る超音波診断装置は、被検体内の三次元空間に対する超音波の送受波により前記三次元空間内の弾性値分布を表す弾性ボリュームデータを取得する弾性ボリュームデータ取得手段と、前記弾性ボリュームデータに対して複数のレイを設定し、レイ毎にレイに沿って前記弾性ボリュームデータに基づく弾性値及び不透明度を利用した出力光量演算を順次実行することにより、各レイに対応する画素値を演算し、これにより三次元弾性画像を形成する三次元弾性画像形成手段と、前記各出力光量演算に際して、当該出力光量演算で利用する弾性値及び当該弾性値のノイズ可能性に応じて前記不透明度を設定する不透明度設定手段と、を含むことを特徴とする。

20

【0008】

上記の構成において、弾性値は、例えば、ひずみ、弾性率、変位等である。例えば、超音波を送受波するプローブによって被検体の体表から圧力を加えて被検体内の組織を圧迫した状態で、超音波の送受波が行われ、これにより、弾性ボリュームデータが取得される。この弾性ボリュームデータに対してボリュームレンダリングが適用されることにより、三次元弾性画像データが形成される。ボリュームレンダリングにおいては、例えばレイキャスティング法が適用される。例えば、弾性ボリュームデータに対して複数のレイが設定され、個々のレイに沿って弾性値及び不透明度（オパシティ）を利用した出力光量演算が順次実行され、これにより三次元弾性画像データが形成される。弾性ボリュームデータにおいて大きい不透明度が設定された部分は、三次元弾性画像データにおいて寄与度が高くなるつまり可視化度合いが高められて（十分に不透明に表示され）、その部分の視認性が向上する。一方、弾性ボリュームデータにおいて小さい不透明度が設定された部分は、三次元弾性画像データにおいて寄与度が低くなるつまり可視化度合いが低くされて（半透明に表示され又は十分に透明になり）、目立たなくなる。弾性値のノイズ可能性に応じて不透明度を変えることにより、ノイズ可能性のない部分を十分に不透明にして表示し、ノイズ可能性のある部分を十分に透明にして又は半透明にして表示することが可能となる。これにより、弾性ボリュームデータにノイズ部分が含まれる場合であっても、三次元弾性画像データにおいて、そのノイズ部分を十分に目立たなくすることが可能となる。また、ノイズ部分を常に完全に除去するものではないので、データの欠損が発生しない。それ故、連続性のある自然な三次元弾性画像データを形成することが可能となる。

30

40

【0009】

望ましくは、前記不透明度設定手段は、ノイズ可能性のある弾性値に対する不透明度を、ノイズ可能性のない弾性値に対する不透明度よりも小さくする。これにより、三次元弾性画像データにおいて、ノイズ可能性のない部分よりもノイズ可能性のある部分の透明度が高くなり、ノイズ可能性のある部分が目立たなくなる。

50

## 【 0 0 1 0 】

望ましくは、前記不透明度設定手段は、ノイズ可能性のない弾性値については、弾性値と不透明度との関係を規定する不透明度関数から求められる値に対して標準の重み係数を乗算することにより不透明度を求め、ノイズ可能性のある弾性値については、前記不透明度関数から求められる値に対して前記標準の重み係数よりも小さい重み係数を乗算することにより不透明度を求める。

## 【 0 0 1 1 】

不透明度関数（オパシティ関数）は、弾性値と不透明度との関係を規定する関数である。例えば、弾性値が小さい組織（硬い組織）ほど、大きい不透明度が設定され、弾性値が大きい組織（軟らかい組織）ほど、小さい不透明度が設定される。ノイズ可能性のある弾性値については、標準の重み係数よりも小さい重み係数が用いられる。それ故、ノイズ可能性のある弾性値に対する不透明度は、ノイズ可能性のない弾性値に対する不透明度よりも小さくなる。これにより、三次元弾性画像データにおいて、ノイズ可能性のある部分が目立たなくなる。なお、ノイズ可能性のない弾性値用の不透明度関数と、ノイズ可能性のある弾性値用の不透明度関数と、が用いられてもよい。例えば、ノイズ可能性のある弾性値用の不透明度関数は、ノイズ可能性のない弾性値用の不透明度関数に対して、標準の重み係数よりも小さい重み係数が乗算された関数である。ノイズ可能性の有無に応じて、これらの関数を切り替えて適用することにより、三次元弾性画像データにおいて、ノイズ可能性のある部分を目立たなくすることが可能となる。

## 【 0 0 1 2 】

望ましくは、前記弾性ボリュームデータ取得手段は、被検体に対する超音波の送受波により複数の弾性フレームデータを取得し、前記複数の弾性フレームデータに基づいて前記弾性ボリュームデータを形成し、弾性値のノイズ可能性は、当該弾性値が、前記複数の弾性フレームデータの中のノイズを含むノイズ弾性フレームデータに属するか否かによって判断される。

## 【 0 0 1 3 】

上記の構成によると、フレーム単位でノイズか否かが判断される。例えば、各弾性フレームデータに属する点（ボクセル）毎にノイズか否かが判定され、ノイズであると判定された点（ボクセル）の割合が閾値以上となる弾性フレームデータが、ノイズ弾性フレームデータであると判定される。そのノイズ弾性フレームデータに属する点（ボクセル）の弾性値は、ノイズ可能性のある弾性値として処理される。この場合、ノイズではないと判定された点（ボクセル）であっても、ノイズ弾性フレームデータに属する場合には、当該点（ボクセル）の弾性値は、ノイズ可能性のある弾性値として処理されることになる。なお、ボクセル単位でノイズ処理が実行されてもよい。すなわち、ノイズであると判定された点（ボクセル）の弾性値はノイズ可能性のある弾性値として処理され、ノイズではないと判定された点（ボクセル）の弾性値はノイズ可能性のない弾性値として処理されてもよい。この場合、個々のボクセル毎にノイズか否かが判定されることになる。それ故、ノイズであると判定された点（ボクセル）と同じ弾性フレームデータに属する点（ボクセル）であっても、ノイズではないと判定された場合には、当該点（ボクセル）の弾性値は、ノイズ可能性のない弾性値として処理されることになる。

## 【 0 0 1 4 】

本発明に係るプログラムは、コンピュータを、被検体内の三次元空間に対する超音波の送受波により形成された、前記三次元空間内の弾性値分布を表す弾性ボリュームデータを取得する弾性ボリュームデータ取得手段と、前記弾性ボリュームデータに対して複数のレイを設定し、レイ毎にレイに沿って前記弾性ボリュームデータに基づく弾性値及び不透明度を利用した出力光量演算を順次実行することにより、各レイに対応する画素値を演算し、これにより三次元弾性画像を形成する三次元弾性画像形成手段と、前記各出力光量演算に際して、当該出力光量演算で利用する弾性値及び当該弾性値のノイズ可能性に応じて前記不透明度を設定する不透明度設定手段と、として機能させることを特徴とする。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 5 】

本発明によると、超音波診断装置において、ノイズが目立たない三次元弾性画像を形成することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 6 】

【図 1】本発明の実施形態に係る超音波診断装置を示すブロック図である。

【図 2】超音波ビームの走査によって形成される走査面を示す模式図である。

【図 3】弾性ボリュームデータを示す模式図である。

【図 4】輝度画像用オパシティ関数を示す図である。

【図 5】弾性画像用オパシティ関数を示す図である。

10

【図 6】弾性画像用オパシティ関数を示す図である。

【図 7】弾性値と色相との関係を示す図である。

【図 8】弾性画像用オパシティ関数を示す図である。

【図 9】三次元弾性画像を示す模式図である。

【図 10】三次元弾性画像を示す模式図である。

【図 11】ノイズ弾性フレームデータを示す模式図である。

【図 12】ノイズ部分を含む弾性ボリュームデータを示す模式図である。

【図 13】三次元弾性画像を示す模式図である。

【図 14】ボリュームレンダリングにおけるサンプリング点とボクセルとを示す模式図である。

20

【図 15】弾性フレームデータと弾性ボリュームデータとを示す模式図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 7 】

図 1 には、本発明に係る超音波診断装置の好適な実施形態が示されている。図 1 は、その全体構成を示すブロック図である。超音波診断装置は、病院等の医療機関に設置され、人体に対する超音波の送受波により超音波画像を形成する装置である。

## 【 0 0 1 8 】

プローブ 10 は超音波を送受波する送受波器である。プローブ 10 は、超音波を送受波する複数の振動素子を含み、複数の振動素子によって超音波ビームが形成される。本実施形態においては、プローブ 10 は、1Dアレイ振動子とそれを機械的に走査する走査機構とを含む。1Dアレイ振動子は、複数の振動素子が一列に配列されて形成されたものである。1Dアレイ振動子による超音波ビームの電子走査により走査面が形成され、その走査面が機械的に走査される。これにより、三次元エコーデータ取込空間が形成される。または、プローブ 10 は2Dアレイ振動子を含んでもよい。2Dアレイ振動子は、複数の振動素子が二次元的に配列されて形成されたものである。この2Dアレイ振動子によって超音波ビームが形成され、その超音波ビームは二次元的に走査される。これにより、三次元エコーデータ取込空間が形成される。電子走査方式としては、電子リニア走査や電子セクタ走査等が知られている。

30

## 【 0 0 1 9 】

送信部 12 は送信ビームフォーマである。送信部 12 は、送信時において、プローブ 10 の複数の振動素子に対して一定の遅延関係をもった複数の送信信号を供給する。これにより、超音波の送信ビームが形成される。

40

## 【 0 0 2 0 】

受信部 14 は受信ビームフォーマである。受信部 14 は、受信時において、複数の振動素子から得られる複数の受信信号に対して整相加算処理等を施すことにより、受信ビームを形成する。

## 【 0 0 2 1 】

送信部 12 及び受信部 14 の作用により、送信ビーム及び受信ビームが電子的に走査される。これにより、ビーム走査面が形成される。ビーム走査面は複数のビームデータに相当し、それらは受信フレームデータ(RF信号フレームデータ)を構成する。なお、各ビ

50

ームデータは深さ方向に並ぶ複数のエコーデータにより構成される。超音波ビームの電子走査を繰り返すことにより、受信部 14 から時間軸上に並ぶ複数の受信フレームデータが出力される。それらは受信フレーム列を構成する。なお、超音波の送受において、送信開口合成等の技術が利用されてもよい。

【 0 0 2 2 】

断層画像形成部 18 は、座標変換機能及び補間処理機能等を有するデジタルスキャンコンバータにより構成されている。断層画像形成部 18 は、受信部 14 から出力された受信フレームデータに対して、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、組織表示フレームデータを形成する。組織表示フレームデータは B モード断層画像のデータである。断層画像形成部 18 は、受信部 14 から出力される受信フレームデータ列に基づいて、複数の組織表示フレームデータによって構成される組織表示フレームデータ列を形成する。組織表示フレームデータ列は、モニタ等の表示部 42 に出力されて表示される。これにより、リアルタイムで B モード断層画像が動画像として表示される。

10

【 0 0 2 3 】

輝度ボリュームデータ形成部 20 は、断層画像形成部 18 によって形成された組織表示フレームデータ列（複数の B モード断層画像データ）に基づいて、輝度ボリュームデータを形成する。例えば、輝度ボリュームデータ形成部 20 は、複数の組織表示フレームデータをビーム走査面毎に順次並べることにより、輝度ボリュームデータを形成する。このとき、輝度ボリュームデータ形成部 20 は、複数の組織表示フレームデータに対して座標変換処理及び補間処理等を適用することにより、直交座標系で表される輝度ボリュームデータを形成する。

20

【 0 0 2 4 】

不透明度設定部 22 は、三次元輝度画像データを形成するための輝度画像用オパシティ関数（輝度画像用不透明度関数）を作成し、その輝度画像用オパシティ関数を三次元輝度画像形成部 24 に設定する。輝度画像用オパシティ関数においては、輝度ボリュームデータの輝度値（エコーデータ）に対する不透明度（オパシティ）が規定されている。

【 0 0 2 5 】

三次元輝度画像形成部 24 は、輝度ボリュームデータに対してボリュームレンダリング法を適用することにより、三次元輝度画像データを形成する。レンダリングとして、例えばレイキャスティング法が用いられる。レイキャスティング法においては、三次元輝度画像形成部 24 は、輝度ボリュームデータに対して複数のレイ（透過線）を設定し、レイ毎に、レイに沿って各点（ボクセル）の輝度値（エコーデータ）と不透明度（オパシティ）とを利用した出力光量演算を順次実行する。これにより、各レイに対応する画素値が演算され、複数の画素値の集合として三次元輝度画像データが形成される。各ボクセルの輝度値、不透明度、及び、各ボクセルからの出力光量は、例えば、以下の式（1）～（3）で表現される。三次元輝度画像形成部 24 は、不透明度設定部 22 によって設定された輝度画像用オパシティ関数を用いて、式（1）～（3）に従ってボリュームレンダリング法を輝度ボリュームデータに適用することにより、三次元輝度画像データを形成する。

30

【 0 0 2 6 】

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

$$Aout(i)=Aout(i-1) + (1 - Aout(i-1)) \cdot A(i) \quad \dots (2)$$

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

40

【 0 0 2 7 】

上記の式において、  
C(i)は、視線における i 番目のボクセル（注目ボクセル）の輝度値である。  
Cout(i)は、i 番目のボクセルから出力される輝度値（出力光量）である。例えば、視線上に N 個のボクセルが配置されている場合、0 番目のボクセルから (N - 1) 番目のボクセルまでの演算結果 Cout(N-1) が、最終的に出力される画素値となる。  
Cout(i-1)は、(i - 1) 番目のボクセルから出力される輝度値（出力光量）であり、（

50

$i - 1$  ) 番目のボクセルまでの演算結果である。

$A(i)$  は、視線における  $i$  番目のボクセルに対する不透明度であり、輝度値  $C(i)$  の関数で表される。 $A(i)$  は、例えば、 $0.0 \sim 1.0$  の間の値が採用される。不透明度は、三次元輝度画像データへのボクセルの寄与度に相当する。

$Aout(i)$  は、 $i$  番目のボクセルから出力される累積不透明度である。

$Aout(i-1)$  は、 $(i - 1)$  番目のボクセルから出力される累積不透明度である。

$S(i)$  は、陰影付けのための重み成分であり、 $i$  番目のボクセルの輝度値  $C(i)$  とその周辺の輝度値とにより求められた勾配から決定される。光源とボクセルとの位置関係に応じて、例えば、 $0.0 \sim 1.0$  の間の値が  $S(i)$  として採用される。

【 0 0 2 8 】

$Cout(i)$  と  $Aout(i)$  の初期値は共に 0 (ゼロ) である。式 (2) に示すように、 $Aout(i)$  は、レイがボクセルを通過するたびに積算されて 1.0 に収束する。よって、 $(i - 1)$  番目までのボクセルの不透明度の演算結果  $Aout(i-1)$  が、ほぼ 1.0 (1.0) となった場合、式 (1) に示されているように、 $i$  番目以降の輝度値  $C(i)$  は、三次元輝度画像データに反映されない。

【 0 0 2 9 】

変位演算部 26 は、受信部 14 から出力された 2 つの受信フレームデータに基づいて、被検体内における組織の変位量を演算する。例えば、変位演算部 26 は、時間軸上で隣接する 2 つの受信フレームデータに対して、1 次元又は 2 次元の相関演算処理を行うことにより、各受信フレームデータ内の個々の計測点毎に、組織の変位を示す変位ベクトルを演算する。この変位ベクトルは、変位の方向と大きさに関する 1 次元又は 2 次元のベクトルである。この演算によって、複数の計測点における変位ベクトルの分布が得られる。変位ベクトルの演算においては、例えばブロックマッチング法や位相勾配法等が利用される。

【 0 0 3 0 】

ブロックマッチング法においては、各受信フレームデータが、縦方向に数画素かつ横方向に数画素からなる複数のブロックに分けられる。そして、個々のブロック毎に、一方の受信フレームデータにおけるブロックに最も類似するブロックが、他方の受信フレームデータにおいて探索される。これにより、各受信フレームデータにおける計測点 (ブロック) 毎に変位が演算され、例えば 2 次元の変位ベクトルが得られる。なお、複数のブロックの探索結果を参照して、予測符号化すなわち差分により標本値を決定する処理等を行って、各計測点の変位ベクトルを得るようにしてもよい。

【 0 0 3 1 】

位相勾配法においては、各受信フレームデータを構成するエコーデータから波の位相情報を得て、その位相情報の変化から波の移動量を算出し、各受信フレームデータにおける各計測点の変位を演算する。これにより、例えば受信ビーム方向における 1 次元の変位ベクトル、又は、各受信フレームデータにおける二次元の変位ベクトルが得られる。

【 0 0 3 2 】

弾性情報演算部 28 は、個々の受信フレームデータ毎に、被検体内における弾性値を演算する。例えば、弾性情報演算部 28 は、変位演算部 26 によって演算された変位量を利用し、被検体内における組織の弾性値を演算する。弾性値は、例えば、ひずみ、弾性率、変位、粘性、ひずみ比等である。弾性情報演算部 28 は、例えば、各計測点における変位ベクトルに基づいて、個々の計測点毎に弾性値を演算する。また、弾性情報演算部 28 は、個々の受信フレームデータ毎に弾性値を演算する。

【 0 0 3 3 】

弾性情報演算部 28 によって弾性値を演算する場合には、例えば、プローブ 10 が被検体に押し当てられ、被検体の体表から被検体内の組織が圧迫され、その圧迫による組織の変位が計測される。その際に、例えば図示しない圧力センサが、プローブ 10 の送受波面と被検体の体表との間の圧力を検出し、図示しない応力計測部が、圧力センサによって検出された圧力に基づいて、被検体内部の各計測点における圧力を計測してもよい。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

弾性情報演算部 28 は、応力計測部によって計測された応力を参照して、各計測点における組織の弾性率を算出する。ひずみのデータは、組織の移動量、例えば変位を空間微分することによって算出される。また、弾性率のデータは、応力の変化をひずみの変化で除算することによって算出される。

【0035】

例えば、各受信フレームデータ内の位置  $x$  について、変位演算部 26 によって演算された変位を  $L(x)$  とし、応力計測部によって計測された応力を  $P(x)$  とすると、ひずみ  $S(x)$  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。例えば、「 $S(x) = L(x) / x$ 」という式を用いてひずみを算出することができる。また、弾性率データとしてのヤング率  $Y_m(x)$  は「 $Y_m(x) = P(x) / S(x)$ 」という式によって算出することができる。例えば、このヤング率  $Y_m$  から、受信フレームデータ内の各計測点における弾性率が得られる。

10

【0036】

二次元弾性画像形成部 30 は、座標変換機能及び補間処理機能等を有するデジタルスキャンコンバータにより構成されている。二次元弾性画像形成部 30 は、弾性情報演算部 28 から得られる弾性値に基づいて弾性フレームデータを形成する。弾性フレームデータは、二次元の弾性画像データである。弾性画像データは、公知の技術によって形成することができる。例えば、二次元弾性画像形成部 30 は、受信フレームデータ内の各計測点における弾性値を表す弾性フレームデータを形成する。

20

【0037】

弾性ボリュームデータ形成部 32 は、二次元弾性画像形成部 30 によって形成された複数の弾性フレームデータに基づいて、三次元空間内の弾性値分布を表す弾性ボリュームデータを形成する。例えば、弾性ボリュームデータ形成部 32 は、複数の弾性フレームデータをビーム走査面毎に順次並べることにより、弾性ボリュームデータを形成する。このとき、弾性ボリュームデータ形成部 32 は、複数の弾性フレームデータに対して座標変換処理及び補間処理等を適用することにより、直交座標系で表される弾性ボリュームデータを形成する。

【0038】

不透明度設定部 34 は、三次元弾性画像データを形成するための弾性画像用オパシティ関数（弾性画像用不透明度関数）を作成し、その弾性画像用オパシティ関数を三次元弾性画像形成部 38 に設定する。弾性画像用オパシティ関数においては、弾性ボリュームデータの弾性値に対する不透明度（オパシティ）が規定されている。

30

【0039】

ノイズ判定部 36 は、弾性ボリュームデータに含まれる各ボクセルの弾性値がノイズであるか否かを判定する。また、ノイズ判定部 36 は、弾性ボリュームデータに含まれる各弾性フレームデータがノイズであるか否かを判定してもよい。ノイズ判定部 36 は、判定結果を示す情報を不透明度設定部 34 へ出力する。公知技術（例えば特許第 4455003 号）を用いることにより、各ボクセルの弾性値がノイズ（無益な情報）であるか否かを判定することができ、また、各弾性フレームデータがノイズであるか否かを判定することができる。例えば、任意のボクセルの周辺に存在するボクセルの弾性値の統計的特徴（例えば分散値等）に基づいて、当該任意のボクセルの弾性値がノイズに該当するか否かを判定することができる。例えば、ノイズ判定部 36 は、弾性フレームデータに含まれる各ボクセルの弾性値がノイズであるか否かを判定し、ノイズであると判定されたボクセルの割合が閾値以上となる弾性フレームデータを、ノイズ弾性フレームデータであると判定する。なお、この閾値は、ユーザによって任意に設定された値であってもよい。

40

【0040】

三次元弾性画像形成部 38 は、弾性ボリュームデータに対してボリュームレンダリング法を適用することにより、三次元弾性画像を形成する。レンダリングとして、例えばレイキャスティング法が用いられる。レイキャスティング法においては、三次元弾性画像形成部 38 は、弾性ボリュームデータに対して複数のレイ（透過線）を設定し、レイ毎に、レ

50

イに沿って各点（ボクセル）の弾性値と不透明度（オパシティ）とを利用した出力光量演算を順次実行する。これにより、各レイに対応する画素値が演算され、複数の画素値の集合として三次元弾性画像データが形成される。なお、レンダリングの視点及び光源は、三次元弾性画像形成部 38 と三次元輝度画像形成部 24 とにおいて同じ条件に設定される。各ボクセル値の弾性値、不透明度、及び、各ボクセルからの出力光量は、例えば、以下の式（4）～（6）で表現される。三次元弾性画像形成部 38 は、不透明度設定部 34 によって設定された弾性画像用オパシティ関数を用いて、式（4）～（6）に従ってボリュームレンダリング法を弾性ボリュームデータに適用することにより、三次元弾性画像データを形成する。

【0041】

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

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

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

【0042】

上記の式において、

E(i)は、視線におけるi番目のボクセル（注目ボクセル）の弾性値である。

Eout(i)は、i番目のボクセルから出力される弾性値（出力光量）である。例えば、視線上にN個のボクセルが配置されている場合、0番目のボクセルから(N-1)番目のボクセルまでの演算結果Eout(N-1)が、最終的に出力される画素値となる。

Eout(i-1)は、(i-1)番目のボクセルから出力される弾性値（出力光量）であり、(i-1)番目のボクセルまでの演算結果である。

A(i)は、視線におけるi番目のボクセルに対する不透明度であり、弾性値E(i)の関数で表される。A(i)は、例えば、0.0～1.0の間の値が採用される。不透明度は、三次元弾性画像データへのボクセルの寄与度に相当する。

Aout(i)は、i番目のボクセルから出力される累積不透明度である。

Aout(i-1)は、(i-1)番目のボクセルから出力される累積不透明度である。

S(i)は、陰影付けのための重み成分であり、i番目のボクセルの弾性値E(i)とその周辺の弾性値とにより求められた勾配から決定される。光源とボクセルとの位置関係に応じて、例えば、0.0～1.0の間の値がS(i)として採用される。

【0043】

Eout(i)とAout(i)の初期値は共に0（ゼロ）である。式（5）に示すように、Aout(i)は、レイがボクセルを通過するたびに積算されて1.0に収束する。よって、(i-1)番目までのボクセルの不透明度の演算結果Aout(i-1)が、ほぼ1.0（1.0）となった場合、式（4）に示されているように、i番目以降の弾性値E(i)は、三次元弾性画像データに反映されない。

【0044】

なお、本実施形態では、弾性値E(i)を用いてボリュームレンダリングが実行されるが、弾性値に応じて、光の3原色である赤値（R）、緑値（G）、青値（B）が、各ボクセルに割り当てられてもよい。そして、弾性ボリュームデータが、弾性値に応じた色相の3原色成分に分離され、個々の成分に対してボリュームレンダリングが実行される。この場合、弾性値E(i)に応じた色相の3原色成分がR(i),G(i),B(i)で表現され、式（4）中のE(i)がR(i),G(i),B(i)に置き換えられて、各成分についての演算が実行される。

【0045】

本実施形態では、不透明度設定部 34 は、弾性値のノイズ可能性に応じて不透明度を変える。例えば、不透明度設定部 34 は、ノイズ可能性のあるボクセルの弾性値に対する不透明度を、ノイズ可能性のないボクセルの弾性値に対する不透明度よりも小さくする。具体的には、不透明度設定部 34 は、ノイズ可能性のないボクセルの弾性値については、弾性画像用オパシティ関数から求められる値に対して標準の重み係数を乗算することにより不透明度を求め、ノイズ可能性のあるボクセルの弾性値については、弾性画像用オパシティ関数から求められる値に対して、標準の重み係数よりも小さい重み係数を乗算すること

10

20

30

40

50

により不透明度を求める。不透明度設定部 34 は、フレーム単位でノイズ処理を行ってもよいし、ボクセル単位でノイズ処理を行ってもよい。フレーム単位でのノイズ処理においては、不透明度設定部 34 は、ノイズ弾性フレームデータに属する各ボクセルに対する不透明度を、ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセルに対する不透明度よりも小さくする。ボクセル単位でのノイズ処理においては、不透明度設定部 34 は、ノイズであると判定されたボクセルに対する不透明度を、ノイズではないと判定されたボクセルに対する不透明度よりも小さくする。

【0046】

例えば、三次元弾性画像形成部 38 は、以下の式(7)で表現される不透明度を用いてボリュームレンダリングを実行する。

$$A(i) = \text{Opacity}[E(i)] \cdot w \cdots (7)$$

【0047】

上記の式(7)において、w は、ノイズの有無によって決定される重み係数である。

例えば、フレーム単位でノイズ処理が実行される場合、

ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルの重み係数は、 $w = 0.05$  に設定され、

ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセルの重み係数は、 $w = 1.0$  に設定される。

$w = 1.0$  が標準の重み係数に相当し、 $w = 0.05$  が標準の重み係数よりも小さい重み係数に相当する。

【0048】

また、ボクセル単位でノイズ処理が実行される場合、

ノイズであると判定されたボクセルの重み係数は、 $w = 0.05$  に設定され、

ノイズではないと判定されたボクセルの重み係数は、 $w = 1.0$  に設定される。

【0049】

なお、上記の重み係数 w の値は一例であり、重み係数 w は上記の値に限定されるものではない。フレーム単位でノイズ処理が実行される場合、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルが十分に透明になり又は半透明に表示されるのであれば、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルの重み係数 w は、 $0.05$  以外の値であってもよい。同様に、ボクセル単位でノイズ処理が実行される場合、ノイズであると判定されたボクセルが十分に透明になり又は半透明に表示されるのであれば、ノイズであると判定されたボクセルの重み係数は  $0.05$  以外の値であってもよい。また、ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセル、又は、ノイズではないと判定されたボクセルが十分に不透明に表示されるのであれば、それらのボクセルの重み係数は  $1.0$  以外の値であってもよい。

【0050】

表示処理部 40 は、三次元輝度画像データ、三次元弾性画像データ、Bモード断層画像データ、及び、二次元弾性画像データに対して、必要なグラフィックデータをオーバーレイ処理し、これによって表示画像データを形成する。例えば、表示処理部 40 は、三次元輝度画像データと三次元弾性画像データとを合成処理することにより、表示画像データを構成する。表示画像データは表示部 42 に出力され、表示モードに従った表示形態で画像が表示される。また、表示処理部 40 は、複数の画像を並べて表示部 42 に表示させてもよい。例えば、表示処理部 40 は、任意の断面における二次元弾性画像と三次元弾性画像とを並べて表示部 42 に表示させてもよい。

【0051】

表示部 42 は、例えば液晶ディスプレイ等の表示デバイスによって構成されている。表示部 42 は、複数の表示デバイスによって構成されていてもよい。

【0052】

制御部 44 は、図 1 に示す各構成の動作制御を行う。制御部 44 には、入力部 46 が接続されている。入力部 46 は、一例として、トラックボールやキーボード等の入力デバイスを含む操作パネルによって構成されている。ユーザは入力部 46 を使用して、測定条件等を指定することができる。

【0053】

10

20

30

40

50

上述した超音波診断装置においてプローブ10以外の構成は、例えばプロセッサや電子回路等のハードウェア資源を利用して実現することができ、その実現において必要に応じてメモリ等のデバイスが利用されてもよい。また、プローブ10以外の構成は、例えばコンピュータによって実現されてもよい。つまり、コンピュータが備えるCPUやメモリやハードディスク等のハードウェア資源と、CPU等の動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により、プローブ10以外の構成の全部又は一部が実現されてもよい。当該プログラムは、CDやDVD等の記録媒体を経由して、又は、ネットワーク等の通信経路を経由して、図示しない記憶装置に記憶される。別の例として、プローブ10以外の構成は、DSP（Digital Signal Processor）やFPGA（Field Programmable Gate Array）等によって実現されてもよい。

10

## 【0054】

以下、本実施形態に係る超音波診断装置による処理について詳しく説明する。

## 【0055】

図2には、超音波ビームの走査によって形成されるビーム走査面が示されている。例えば、プローブ10に含まれる1Dアレイ振動子を矢印の方向に機械的にスイングさせることにより、複数の弾性フレームデータ48が取得され、これら複数の弾性フレームデータ48によって弾性ボリュームデータが形成される。もちろん、2Dアレイ振動子を用いて超音波ビームを二次元的に走査することにより、弾性ボリュームデータが取得されてもよい。

## 【0056】

図3には、弾性ボリュームデータの一例が示されている。例えば、弾性ボリュームデータ50の中心には、球状の硬い組織52が表されており、その硬い組織52の上方と下方とに軟らかい組織54が表されている。また、硬い組織52と軟らかい組織54とを覆うように、硬さが中間の組織56が表されている。

20

## 【0057】

図4には、輝度画像用オパシティ関数の一例が示されている。この輝度画像用オパシティ関数58は、不透明度設定部22によって作成される。図4中のグラフにおいて、横軸は輝度値（エコーデータ）であり、縦軸は不透明度（オパシティ）である。輝度値がある基準値58a以下の範囲においては、不透明度は輝度値の増大とともに増大し、輝度値が基準値58aより大きい範囲においては、不透明度は一定の最大値に維持される。この輝度画像用オパシティ関数58を用いて輝度ボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用することにより、輝度値が大きいボクセルは不透明に表示され、輝度値が小さいボクセルは透明になり又は半透明に表示される。なお、この輝度画像用オパシティ関数58は一例に過ぎず、これ以外のオパシティ関数が用いられてもよい。例えば、ユーザによって作成された輝度画像用オパシティ関数が用いられてもよい。

30

## 【0058】

図5には、弾性画像用オパシティ関数の一例が示されている。この弾性画像用オパシティ関数60は、不透明度設定部34によって作成される。図5中のグラフにおいて、横軸は弾性値（ひずみや弾性率等）であり、縦軸は不透明度である。弾性値は組織の硬さに対応する。弾性値が小さいほど組織の硬さは硬くなり、弾性値が大きいほど組織の硬さは軟らかくなる。弾性値がある基準値60a以下の範囲（弾性値が小さく、組織の硬さが硬い範囲）においては、不透明度は一定の最大値に維持される。これにより、硬い組織が不透明に表示される。弾性値が基準値60aと基準値60b（基準値60aよりも大きい値）との間の範囲においては、不透明度は弾性値の増大とともに小さくなる。弾性値が基準値60bよりも大きい範囲（弾性値が大きく、組織の硬さが軟らかい範囲）においては、不透明度は一定の最小値（>0）に維持される。これにより、軟らかい組織が透明になり又は半透明に表示される。この弾性画像用オパシティ関数60を用いて弾性ボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用することにより、弾性値が小さいボクセル（硬い組織を表すボクセル）は不透明に表示され、弾性値が大きいボクセル（軟らかい組織を表すボクセル）は透明になり又は半透明に表示される。ただし、目的に応じて、軟らかい

40

50

組織が不透明に表示されるように、不透明度を設定してもよい。

【 0 0 5 9 】

ちなみに、ボリュームレンダリングの際の視線方向におけるボクセル数に依存するが、一般的に、不透明度を 0 . 1 未満に設定すると、半透明な三次元弾性画像データを形成することができる。ただし、半透明な三次元弾性画像データを形成することができるのであれば、それ用の不透明度として 0 . 1 以上の値が採用されてもよい。また、視線方向におけるボクセル数に依存するが、一般的に、不透明度を 0 . 5 以上に設定すると、不透明な三次元弾性画像データを形成することができる。ただし、不透明な三次元弾性画像データを形成することができるのであれば、それ用の不透明度として 0 . 5 未満の値が採用されてもよい。

10

【 0 0 6 0 】

なお、図 5 に示す弾性画像用オパシティ関数 6 0 は一例に過ぎず、これ以外のオパシティ関数が用いられてもよい。例えば、ユーザによって作成された弾性画像用オパシティ関数が用いられてもよい。

【 0 0 6 1 】

図 6 には、弾性画像用オパシティ関数の一例が示されている。この弾性画像用オパシティ関数 6 2 は、上記の弾性画像用オパシティ関数 6 0 に対して重み係数  $w = 0 . 0 5$  を乗算することにより得られたオパシティ関数である。つまり、図 5 に示す弾性画像用オパシティ関数 6 0 は、上記の式 ( 7 ) において重み係数  $w$  が 1 . 0 のときのオパシティ関数であり、図 6 に示す弾性画像用オパシティ関数 6 2 は、式 ( 7 ) において重み係数  $w$  が 0 . 0 5 のときのオパシティ関数であるといえる。すなわち、図 5 に示す弾性画像用オパシティ関数 6 0 は、ノイズ弾性フレームに属さないボクセル、又は、ノイズではないと判定されたボクセル、に対して適用されるオパシティ関数である。一方、図 6 に示す弾性画像用オパシティ関数 6 2 は、ノイズ弾性フレームに属するボクセル、又は、ノイズであると判定されたボクセル、に対して適用されるオパシティ関数である。弾性画像用オパシティ関数 6 2 においては、全体的に不透明度が小さく設定されているので、この弾性画像用オパシティ関数 6 2 を用いて弾性ボリュームデータにボリュームレンダリングを適用することにより、ノイズに相当する部分を透明にする又は半透明に表示することが可能となる。なお、不透明度を 0 にまで低減すると、三次元弾性画像が不自然な画像になる場合があるため、弾性画像用オパシティ関数 6 2 においても、不透明度の最小値は 0 ( ゼロ ) よりも大きい値に設定されている。

20

30

【 0 0 6 2 】

図 7 には、弾性値と色相との関係が示されている。弾性値に応じて色をボクセルに割り当てる場合、例えば、小さい弾性値を有するボクセル ( 硬い組織を表すボクセル ) には青値 ( B ) が割り当てられ、大きい弾性値を有するボクセル ( 軟らかい組織を表すボクセル ) には赤値 ( R ) が割り当てられ、中間の弾性値を有するボクセルには緑値 ( G ) が割り当てられる。この場合、弾性ボリュームデータが、弾性値に応じた色相の 3 原色成分に分離され、個々の成分に対してボリュームレンダリングが実行される。図 7 に示す例では、離散的に色相を割り当てているが、例えば、小さな弾性値から大きな弾性値にかけて、青、緑、赤と、連続的に変化する色相を割り当ててもよい。

40

【 0 0 6 3 】

図 8 には、参考例に係る弾性画像用オパシティ関数の一例が示されている。図 8 中において、横軸は弾性値 ( ひずみや弾性率等 ) であり、縦軸は不透明度である。弾性画像用オパシティ関数 6 4 においては、弾性値の全範囲において不透明度が 1 . 0 に設定されている。図 9 には、この弾性画像用オパシティ関数 6 4 を用いて形成された三次元弾性画像が示されている。三次元弾性画像 6 6 は、弾性画像用オパシティ関数 6 4 を用いて、図 3 に示されている弾性ボリュームデータ 5 0 に対してボリュームレンダリングを適用することにより形成された画像である。図 3 に示すように、弾性ボリュームデータ 5 0 の中心には球状の硬い組織 5 2 が表されており、不透明度が適切に設定されていれば、硬い組織 5 2 が三次元弾性画像 6 6 に表されるはずである。しかし、弾性画像用オパシティ関数 6 4 に

50

おいては、弾性値の全範囲において不透明度が 1.0 に設定されているので、視線方向の手前側に存在する軟らかい組織 54 において不透明度が飽和してしまい、内部の構造が表されない三次元弾性画像 66 が形成されてしまうことになる。

#### 【0064】

図 10 には、図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 60 を用いて形成された三次元弾性画像が示されている。この三次元弾性画像 68 は、弾性画像用オパシティ関数 60 を用いて、図 3 に示されている弾性ボリュームデータ 50 に対してボリュームレンダリングを適用することにより形成された画像である。三次元弾性画像 68 の中心には、硬い組織像 70 が不透明に表されており、その硬い組織像 70 の上方及び下方には、軟らかい組織像 72 が半透明に表されている。硬い組織像 70 は、弾性ボリュームデータ 50 に表 10  
 されている硬い組織 52 を表す像であり、軟らかい組織像 72 は、弾性ボリュームデータ 50 に表されている軟らかい組織 54 を表す像である。図 5 に示すように、弾性画像用オパシティ関数 60 においては、硬い組織（弾性値が小さいボクセル）には大きい不透明度が設定され、軟らかい組織（弾性値が大きいボクセル）には小さい不透明度が設定されている。それ故、視線方向の手前側に存在する軟らかい組織 54 では不透明度は飽和せず、その軟らかい組織 54 は半透明に表示される。これにより、内部の硬い組織が表された三次元弾性画像 68 を形成することが可能となる。

#### 【0065】

図 11 には、ノイズ弾性フレームデータの一例が示されている。ノイズ弾性フレームデータ 74 には、硬い組織 76 とともにノイズ部分 78 が表されている。ノイズ部分 78 は 20  
 、例えば不均一な圧迫によって生じる。公知技術（例えば特許第 4455003 号公報）を用いることにより、ノイズ部分 78 を特定することができる。図 12 には、このノイズ弾性フレームデータ 74 を含む弾性ボリュームデータ 80 が示されている。この弾性ボリュームデータ 80 には、硬い組織 82 とともにノイズ部分 84 も表されている。この弾性ボリュームデータ 80 に対して、図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 60 を用いてボリュームレンダリングを適用すると、形成された三次元弾性画像において、硬い組織 82 を表す像のみならず、ノイズ部分 84 を表すノイズ像も表されてしまう。それ故、内部に存在する硬い組織 82 の視認性の悪い三次元弾性画像データが形成されてしまうこと 30  
 になる。例えば、硬い組織 82 を表す像にノイズ像が重畳して表示され、硬い組織 82 の視認性が悪化することが想定される。

#### 【0066】

図 13 には、本実施形態に係る処理によって形成された三次元弾性画像が示されている。三次元弾性画像 86 は、上記の式（7）に規定されている弾性画像用オパシティ関数を用いて、図 12 に示されている弾性ボリュームデータ 80（ノイズ弾性フレームデータ 74 を含む弾性ボリュームデータ）に対してボリュームレンダリングを適用することにより形成された画像である。三次元弾性画像 86 の中心には、硬い組織像 88 が不透明に表されており、その硬い組織像 88 の周辺には、ノイズ像 90 が半透明に表されている。

#### 【0067】

例えばフレーム単位でノイズ処理が実行される場合、不透明度設定部 34 は、弾性画像用オパシティ関数から得られる不透明度に対して重み係数  $w = 1.0$  を乗算して得られた 40  
 値を、ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセルの不透明度として採用し、弾性画像用オパシティ関数から得られる不透明度に対して重み係数  $w = 0.05$  を乗算して得られた値を、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルの不透明度として採用する。そして、三次元弾性画像形成部 38 は、それらの不透明度を利用して弾性ボリュームデータ 80 に対してボリュームレンダリングを適用することにより、三次元弾性画像 86 を形成する。例えば、三次元弾性画像形成部 38 は、ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセルに対して、図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 60（標準のオパシティ関数）を適用し、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルに対して、図 6 に示されている弾性画像用オパシティ関数 62（ノイズ用オパシティ関数）を適用する。三次元弾性画像形成部 38 は、これらのオパシティ関数を用いて弾性ボリュームデータ 80 に対してボリュ 50

ームレンダリングを適用することにより、三次元弾性画像 86 を形成する。ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルに対する不透明度は低く抑えられるので、三次元弾性画像 86 において、ノイズ像 90 が半透明に表示されることになる。一方、ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセルには、標準のオパシティ関数が適用されるので、硬い組織は不透明に表示され、軟らかい組織は半透明に表示されることになる。このように、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルに対する不透明度を低く抑えることにより、三次元弾性画像 86 に対するノイズ弾性フレームデータの寄与度が小さくなり、内部に存在する硬い組織の視認性が向上した三次元弾性画像 86 を形成することが可能となる。

#### 【0068】

また、ボクセル単位でノイズ処理が実行される場合、不透明度設定部 34 は、弾性画像用オパシティ関数から得られる不透明度に対して重み係数  $w = 1.0$  を乗算して得られた値を、ノイズではないと判定されたボクセルの不透明度として採用し、弾性画像用オパシティ関数から得られる不透明度に対して重み係数  $w = 0.05$  を乗算して得られた値を、ノイズであると判定されたボクセルの不透明度として採用する。そして、三次元弾性画像形成部 38 は、それらの不透明度を利用して弾性ボリュームデータ 80 に対してボリュームレンダリングを適用することにより、三次元弾性画像 86 を形成する。例えば、三次元弾性画像形成部 38 は、ノイズではないと判定されたボクセルに対して、図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 60 (標準のオパシティ関数) を適用し、ノイズであると判定されたボクセルに対して、図 6 に示されている弾性画像用オパシティ関数 62 (ノイズ用オパシティ関数) を適用する。これにより、三次元弾性画像 86 が形成される。ノイズであると判定されたボクセルに対する不透明度は小さく抑えられるので、三次元弾性画像 86 において、ノイズ像 90 が半透明に表示されることになる。一方、ノイズではないと判定されたボクセルには、標準のオパシティ関数が適用されるので、硬い組織は不透明に表示され、軟らかい組織は半透明に表示されることになる。このように、ノイズであると判定されたボクセルに対する不透明度を低く抑えることにより、三次元弾性画像 86 に対するノイズボクセルの寄与度が小さくなり、内部に存在する硬い組織の視認性が向上した三次元弾性画像 86 を形成することが可能となる。

#### 【0069】

以上のように、本実施形態によると、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルに対する不透明度、又は、ノイズであると判定されたボクセルに対する不透明度、を小さく設定することにより、ノイズ弾性フレームデータの寄与度又はノイズボクセルの寄与度を小さくすることが可能となる。これにより、ノイズが目立たない三次元弾性画像データを形成することが可能となる。また、ノイズ弾性フレームデータやノイズボクセルは除去されずに弾性ボリュームデータに含まれているので、データの欠損がない連続性のある自然な三次元弾性画像データを形成することが可能となる。つまり、ノイズ弾性フレームデータやノイズボクセルを除去した場合には、除去した部分のデータが欠損し、連続性のない不自然な三次元弾性画像データが形成されることになる。本実施形態では、ノイズ弾性フレームデータやノイズボクセルを除去せずに、それらの不透明度を小さく設定することにより、データの欠損を回避することが可能となる。

#### 【0070】

##### (変形例 1)

図 14 を参照して変形例 1 について説明する。図 14 には、弾性ボリュームデータの一部と、ボリュームレンダリングにおける視線と、が示されている。この弾性ボリュームデータには、ノイズ弾性フレームデータに属さないボクセル 92 と、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセル 94 と、が含まれている。通常、ボリュームレンダリングにおける視線 96 と弾性ボリュームデータに含まれるボクセルとが交差することは少ない。そのため、視線 96 上のサンプリング点 98 の弾性値を、近傍のボクセル群の弾性値を用いて補間によって求め、サンプリング点 98 の弾性値を用いてボリュームレンダリングを行う。

#### 【0071】

変形例 1 においては、不透明度設定部 34 は、サンプリング点 98 の補間元となるボク

10

20

30

40

50

セル群に含まれる、ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルの割合に応じて、補間後のサンプリング点 98 に対する不透明度を決定する。一例として、サンプリング点 98 の周囲に存在する 8 個のボクセルの弾性値を用いて、サンプリング点 98 の弾性値を補間によって求めるものとする。例えば、8 個のボクセルの中で 4 個のボクセルがノイズ弾性フレームデータに属するボクセルであると判定された場合、不透明度設定部 34 は、重み係数  $w = 0.5$  として、上記の式 (7) によってサンプリング点 98 に対する不透明度を決定する。例えば、図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 60 が使用される。不透明度設定部 34 は、この弾性画像用オパシティ関数 60 から、サンプリング点 98 の弾性値に対応する不透明度を求め、その不透明度に対して重み係数  $w = 0.5$  を乗算して得られた値を、サンプリング点 98 に対する不透明度として採用する。また、8 個のボクセルの中で 2 個のボクセルがノイズ弾性フレームデータに属するボクセルであると判定された場合、不透明度設定部 34 は、重み係数  $w = 0.75$  として、上記の式 (7) によってサンプリング点 98 に対する不透明度を決定する。また、8 個のボクセルの中で 6 個のボクセルがノイズ弾性フレームデータに属するボクセルであると判定された場合、不透明度設定部 34 は、重み係数  $w = 0.25$  として、上記の式 (7) によってサンプリング点 98 に対する不透明度を決定する。なお、上記の重み係数  $w$  の値は一例に過ぎず、これら以外の値が重み係数  $w$  として用いられてもよい。もちろん、ユーザが重み係数  $w$  を決定してもよい。上記のように、各サンプリング点 98 の弾性値が補間によって求められ、各サンプリング点 98 に対する不透明度が決定されると、三次元弾性画像形成部 38 は、サンプリング点 98 を対象としてボリュームレンダリングを行う。これにより、三次元弾性画像データが形成される。ノイズ弾性フレームデータに属するボクセルの割合が多くなるほど不透明度が小さく設定されるので、ノイズが目立たない三次元弾性画像データを形成することが可能となる。

#### 【0072】

別の例として、不透明度設定部 34 は、サンプリング点 98 の補間元となるボクセル群に含まれる、ノイズであると判定されたボクセルの割合に応じて、補間後のサンプリング点 98 に対する不透明度を決定してもよい。この場合も、上記の例と同様に、補間元のボクセル群に含まれるノイズボクセルの割合が多いほど、重み係数  $w$  が小さく設定され、これにより、不透明度が小さく設定される。その結果、ノイズが目立たない三次元弾性画像データを形成することが可能となる。

#### 【0073】

##### (変形例 2)

変形例 2 では、ノイズ判定部 36 は、各弾性フレームデータにおいてノイズであると判定されたボクセルの割合に応じて、各弾性フレームデータについてノイズレベル (ノイズらしさ) を判定する。例えば、ノイズ判定部 36 は、ノイズレベルを 5 段階 (レベル 1 ~ 5) に分けて、ノイズであると判定されたボクセルの割合が多い弾性フレームデータほど、高いノイズレベルを付与する。例えば、ノイズレベル 5 が、最もノイズらしい状態を示すレベルであるとする。不透明度設定部 34 は、ノイズレベルが「1」の場合に重み係数  $w = 1.0$  を使用し、ノイズレベルが「2」の場合に重み係数  $w = 0.5$  を使用し、ノイズレベルが「3」の場合に重み係数  $w = 0.2$  を使用し、ノイズレベルが「4」の場合に重み係数  $w = 0.1$  を使用し、ノイズレベルが「5」の場合に重み係数  $w = 0.05$  を使用する。もちろん、これら以外の値が重み係数として使用されてもよい。また、ユーザが重み係数を決定してもよい。不透明度設定部 34 は、ノイズレベルに応じた重み係数  $w$  を、図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 60 に乗算することにより、各弾性フレームデータに属する各ボクセルに対する不透明度を決定する。そして、三次元弾性画像形成部 38 は、各ボクセルに設定された不透明度を利用してボリュームレンダリングを実行することにより、三次元弾性画像データを形成する。ノイズレベルが高い弾性フレームデータに属するボクセルほど、重み係数  $w$  が小さく設定され、これにより、不透明度が小さく設定される。その結果、ノイズが目立たない三次元弾性画像データを形成することが可能となる。

## 【 0 0 7 4 】

(変形例 3)

図 1 5 を参照して変形例 3 について説明する。図 1 5 には、弾性フレームデータ 4 8 と弾性ボリュームデータ 1 0 0 の一部とが示されている。図 2 に示すように、プローブ 1 0 に含まれる 1 D アレイ振動子を機械的にスイングさせた場合、取得される複数の弾性フレームデータ 4 8 は、図 2 及び図 1 5 に示すように、弧を描いて空間的に配置される。一方で、ボリュームレンダリングにおいては、データを直交座標系で表した方が、演算が簡便になる。従って、一般的には、座標変換処理を行うことにより、複数の弾性フレームデータ 4 8 から直交座標系で表される弾性ボリュームデータ 1 0 0 を形成する。このとき、弾性ボリュームデータ 1 0 0 における点 (ボクセル) 1 0 2 の弾性値は、周囲に存在する複数の弾性フレームデータ 4 8 上の複数の点 1 0 4 の弾性値を用いて、補間処理によって求められる。本実施形態においても、弾性ボリュームデータ形成部 3 2 は、座標変換処理及び補間処理を実行することにより、弾性ボリュームデータ 1 0 0 を形成する。

10

## 【 0 0 7 5 】

変形例 3 においては、不透明度設定部 3 4 は、重み係数ボリュームデータを形成する。この重み係数ボリュームデータは、三次元の重み係数テーブルに相当する。例えば、不透明度設定部 3 4 は、点 (ボクセル) 1 0 2 の補間元の弾性フレームデータ 4 8 がノイズ弾性フレームデータに該当するか否かに応じて、当該点 (ボクセル) 1 0 2 に対する重み係数  $w$  を決定する。

## 【 0 0 7 6 】

具体的には、点 (ボクセル) 1 0 2 の補間元の弾性フレームデータ 4 8 がノイズ弾性フレームデータに該当する場合、不透明度設定部 3 4 は、当該点 (ボクセル) に対する重み係数  $w$  として 0 . 5 を採用する。また、点 (ボクセル) 1 0 2 の補間元の弾性フレームデータ 4 8 がノイズ弾性フレームデータに該当しない場合、不透明度設定部 3 4 は、当該点 (ボクセル) 1 0 2 に対する重み係数として 1 . 0 を採用する。このようにして、不透明度設定部 3 4 は、弾性ボリュームデータ 1 0 0 に含まれる各点 (ボクセル) 1 0 2 の重み係数  $w$  を決定する。これにより、重み係数  $w$  からなる重み係数ボリュームデータ (三次元重み係数テーブル) が作成される。

20

## 【 0 0 7 7 】

そして、不透明度設定部 3 4 は、上記の式 (7) と重み係数ボリュームデータとに従って、各点 (ボクセル) 1 0 2 に対する不透明度を決定する。不透明度設定部 3 4 は、例えば図 5 に示されている弾性画像用オパシティ関数 6 0 から、点 (ボクセル) 1 0 2 の弾性値 (補間によって求められた値) に対応する不透明度を求め、その不透明度に対して重み係数  $w$  を乗算して得られた値を、当該点 (ボクセル) 1 0 2 に対する不透明度として採用する。各点 (ボクセル) 1 0 2 に対する不透明度が決定されると、三次元弾性画像形成部 3 8 は、点 (ボクセル) 1 0 2 を対象としてボリュームレンダリングを行う。これにより、三次元弾性画像データが形成される。補間元の弾性フレームデータがノイズ弾性フレームデータに該当する場合、重み係数  $w$  が小さく設定されて、不透明度が小さくなる。これにより、ノイズが目立たない三次元弾性画像データを形成することが可能となる。

30

## 【 0 0 7 8 】

なお、変形例 1 , 3 を組み合わせてもよい。例えば、視線 9 6 上のサンプリング点 9 8 に対する重み係数  $w$  を、重み係数ボリュームデータにおける近傍 8 個のボクセルの重み係数  $w$  から補間によって求めてもよい。

40

## 【 符号の説明 】

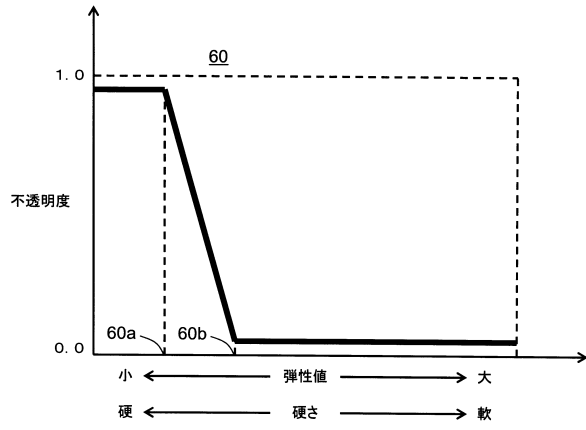
## 【 0 0 7 9 】

1 0 プローブ、1 2 送信部、1 4 受信部、1 8 断層画像形成部、2 0 輝度ボリュームデータ形成部、2 2 , 3 4 不透明度設定部、2 4 三次元輝度画像形成部、2 6 変位演算部、2 8 弾性情報演算部、3 0 二次元弾性画像形成部、3 2 弾性ボリュームデータ形成部、3 6 ノイズ判定部、3 8 三次元弾性画像形成部、4 0 表示処理部、4 2 表示部、4 4 制御部、4 6 入力部。

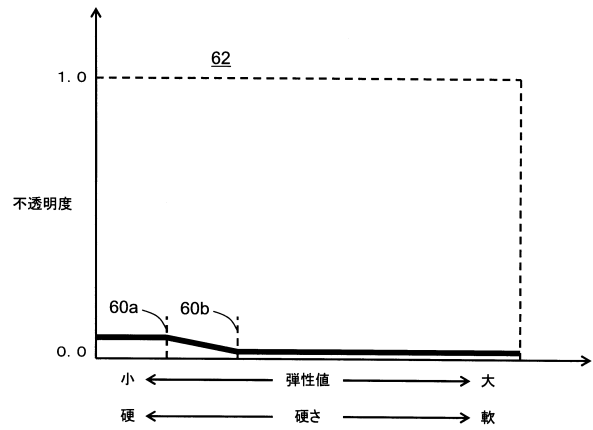
50



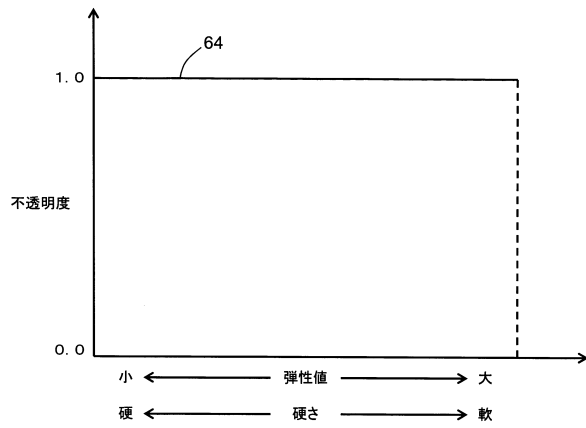
【図5】



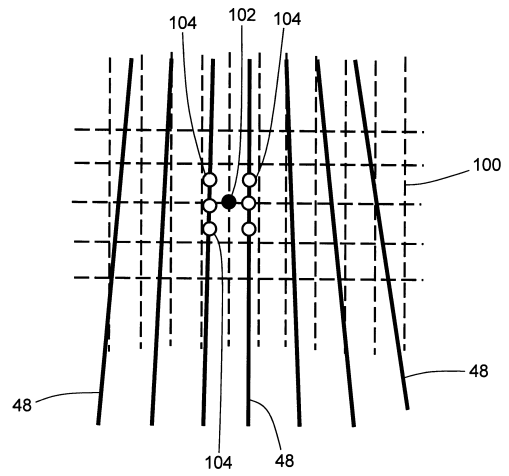
【図6】



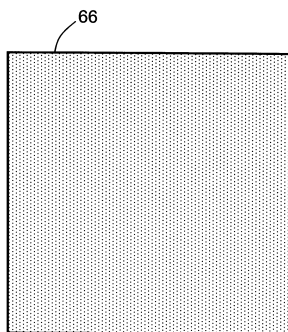
【図8】



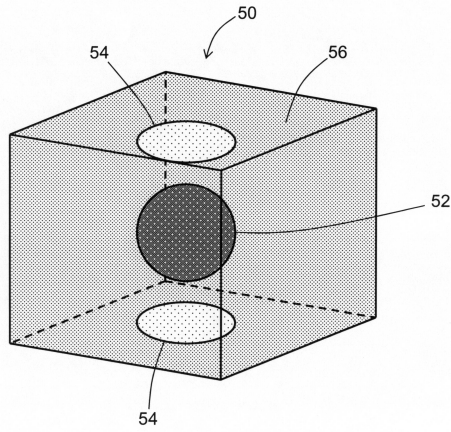
【図15】



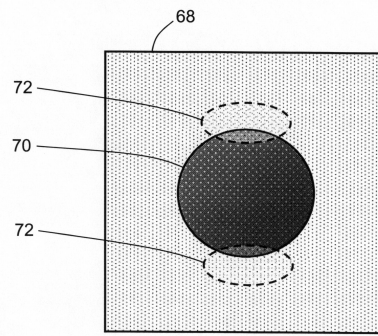
【図9】



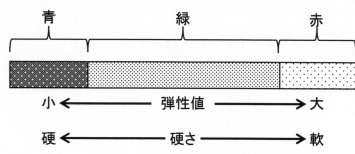
【図3】



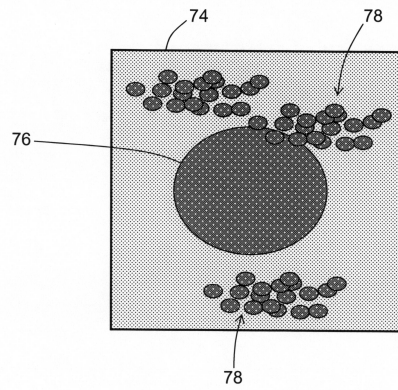
【図10】



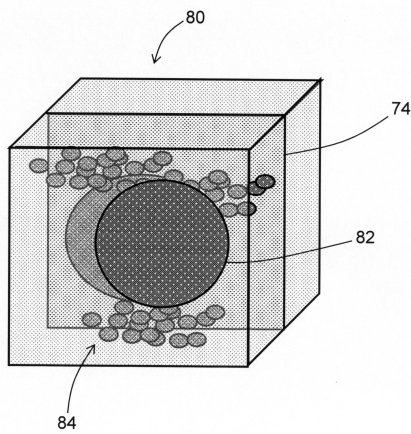
【図7】



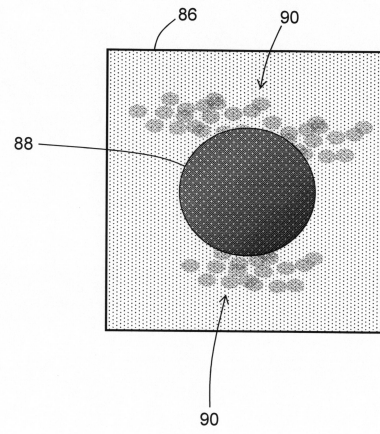
【図11】



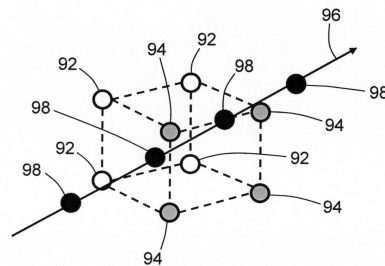
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-111102(JP,A)  
特開2012-213545(JP,A)  
国際公開第2012/029458(WO,A1)  
特開2012-55531(JP,A)

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

专利名称(译)	超声诊断设备和程序		
公开(公告)号	<a href="#">JP5950291B1</a>	公开(公告)日	2016-07-13
申请号	JP2015107933	申请日	2015-05-27
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	猪上慎介		
发明人	猪上 慎介		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/DD19 4C601/DD23 4C601/EE04 4C601/EE22 4C601/JB53 4C601/JC07 4C601/JC26 4C601/KK22		
其他公开文献	JP2016220765A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

甲超声波诊断装置，噪声，以形成三维弹性图像不明显。通过发送和对象物的内部接收超声波相对于三维空间A，形成表示三维空间中的弹性分布弹性容积数据。在三维弹性图像形成单元38，多条射线被设置相对于所述弹性体数据，利用所述的弹性值和沿着每条射线的射线不透明度的输出光强度计算被顺序执行时，每条射线是基于像素值计算的。由此，形成三维弹性图像。在输出光量计算，根据噪声电势的弹性和弹性的不透明度，以在输出光量计算被设置来使用。例如，抗吵弹性潜在不透明度设定为比不透明度为噪声可能的，而不弹性小。点域1

(21) 出願番号	特願2015-107933 (P2015-107933)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成27年5月27日 (2015.5.27)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人YK I 国際特許事務所
審査請求日	平成28年3月22日 (2016.3.22)	(72) 発明者	猪上 慎介 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立 アロカメディカル株式会社内
		審査官	宮川 哲伸