

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-17757

(P2019-17757A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int.Cl.
A61B 8/08 (2006.01)F1
A61B 8/08テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-139595 (P2017-139595)
(22) 出願日 平成29年7月19日 (2017.7.19)(71) 出願人 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 菅井 玲奈
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
式会社日立製作所内
Fターム(参考) 4C601 DD19 EE09 JB36 JB40 JC11

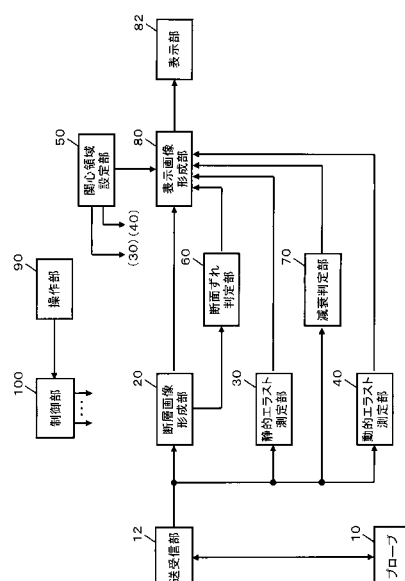
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波の弾性測定における測定エラーの原因を判定する技術を提供する。

【解決手段】断面ずれ判定部60は、プローブ10と測定部位の相対的な位置関係に起因する弾性測定の第1測定エラーを判定する第1判定部の好適な具体例である。断面ずれ判定部60は、プローブ10と測定部位の相対的な位置関係の変化に伴う断面ずれを判定する。減衰判定部70は、計測部位における超音波の伝播状態に起因する弾性測定の第2測定エラーを判定する第2判定部の好適な具体例である。減衰判定部70は、測定部位における超音波の減衰を判定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波のプローブを利用して測定部位から得られる受信データに基づいて弾性測定の処理を実行する弾性測定部と、

前記プローブと前記測定部位の相対的な位置関係に起因する前記弾性測定の第 1 測定エラーを判定する第 1 判定部と、

前記測定部位における超音波の伝播状態に起因する前記弾性測定の第 2 測定エラーを判定する第 2 判定部と、

を有する、

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、

前記第 1 判定部は、前記第 1 測定エラーとして、前記プローブと前記測定部位の相対的な位置関係の変化に伴う断面ずれを判定する、

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、

前記第 1 判定部は、前記弾性測定に含まれる動的エラスト測定の測定前後に得られる前記測定部位の画像データを比較することにより、前記断面ずれが許容されるか否かを判定する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置において、

前記第 2 判定部は、前記第 2 測定エラーとして、前記測定部位における超音波の減衰を判定する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波診断装置において、

前記第 2 判定部は、前記測定部位を伝播する超音波の減衰量に基づいて、前記測定部位における超音波の減衰が許容されるか否かを判定する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置において、

静的エラスト測定と動的エラスト測定を含む前記弾性測定を実行するにあたり、

静的エラスト測定において有効な測定結果が得られ且つ超音波の減衰が許容されると判定された位置を動的エラスト測定の推奨位置とし、当該推奨位置を示した表示画像を形成する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

40

【0001】

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、超音波を利用した弾性測定を実行する装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波を利用して組織の弾性情報を得る技術が知られている。例えば、被検体の体表から被検体内の組織を圧迫し、その圧迫により生じる組織のひずみを超音波で計測することにより、組織の弾性に係る診断情報を得るストレインエラストが知られている。例えば、特許文献 1 には、静的エラストの好適な具体例であるストレインエラスト（エラストグラフィ）に係る発明が開示されている。

50

【 0 0 0 3 】

また、超音波のプッシュパルスにより被検体内にせん断波（シアウェイブ）を発生させて、組織内を伝搬するせん断波の速度から組織の弾性に係る診断情報を得るシアウェイブエラストが知られている。シアウェイブエラストは動的エラストの好適な具体例である。

【 0 0 0 4 】

ちなみに、特許文献 2 には、互いに周波数の異なる複数の超音波を利用して、被検体内における超音波の減衰量を計測する超音波診断装置が記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 7 - 4 2 1 7 9 号公報

【 特許文献 2 】 特開昭 6 3 - 1 3 0 0 5 4 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

超音波の弾性測定では、幾つかの要因により、良好な測定結果が得られない測定エラーが発生する場合がある。例えば、超音波診断を行う医師や検査技師等のユーザは、弾性測定において測定エラーが発生すると、測定エラーの原因に応じた対策を講じつつ弾性測定をやり直すことになる。したがって、超音波の弾性測定における測定エラーの原因をユーザに提示することができれば、弾性測定におけるユーザの負担を軽減することができ、さらに測定精度の向上も期待される。そのためには、超音波の弾性測定における測定エラーの原因を判定する技術が必要になる。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、超音波の弾性測定における測定エラーの原因を判定する技術を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の態様として好適な超音波診断装置は、超音波のプロープを利用して測定部位から得られる受信データに基づいて弾性測定の処理を実行する弾性測定部と、前記プロープと前記測定部位の相対的な位置関係に起因する前記弾性測定の第 1 測定エラーを判定する第 1 判定部と、前記測定部位における超音波の伝播状態に起因する前記弾性測定の第 2 測定エラーを判定する第 2 判定部と、を有することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

上記構成において、弾性測定の好適な具体例には、静的エラスト測定と動的エラスト測定 of の少なくとも一方が含まれる。例えば、上記構成の超音波診断装置は、静的エラスト測定と動的エラスト測定 of の両測定を融合した融合エラスト測定を実行できる装置であることが望ましい。なお、上記構成の超音波診断装置は、静的エラスト測定のみを実行する装置であってもよいし、動的エラスト測定のみを実行する装置であってもよい。

【 0 0 1 0 】

弾性測定における測定エラーは、複数の原因のうちの何れか又は幾つかに起因して発生する可能性がある。そのため、弾性測定における測定エラーの原因を医師や検査技師等のユーザが判断することは容易なことではない。したがって、弾性測定における測定エラーの原因を超音波診断装置が判定することができれば、ユーザにとっての利便性を高めることができる。

【 0 0 1 1 】

上記構成の超音波診断装置によれば、弾性測定における測定エラーの原因として、プロープと測定部位の相対的な位置関係に起因する第 1 測定エラーと、計測部位における超音波の伝播状態に起因する第 2 測定エラーを判定することができる。これにより、例えば、測定エラーの原因を判定するためのユーザ負担が軽減され、医師や検査技師等のユーザにとっての利便性が高まる。例えば、測定エラーの原因が明らかになることにより、弾性測

10

20

30

40

50

定のための測定時間の短縮や測定精度の向上などが期待される。

【 0 0 1 2 】

例えば、前記第 1 判定部は、前記第 1 測定エラーとして、前記プローブと前記測定部位の相対的な位置関係の変化に伴う断面ずれを判定することが望ましい。

【 0 0 1 3 】

さらに、例えば、前記第 1 判定部は、前記弾性測定に含まれる動的エラスト測定の測定前後に得られる前記測定部位の画像データを比較することにより、前記断面ずれが許容されるか否かを判定することが望ましい。

【 0 0 1 4 】

また、例えば、前記第 2 判定部は、前記第 2 測定エラーとして、前記測定部位における超音波の減衰を判定することが望ましい。

【 0 0 1 5 】

さらに、例えば、前記第 2 判定部は、前記測定部位を伝播する超音波の減衰量に基づいて、前記測定部位における超音波の減衰が許容されるか否かを判定することが望ましい。

【 0 0 1 6 】

また、例えば、前記超音波診断装置は、静的エラスト測定と動的エラスト測定を含む前記弾性測定を実行するにあたり、静的エラスト測定において有効な測定結果が得られ且つ超音波の減衰が許容されると判定された位置を動的エラスト測定の推奨位置とし、当該推奨位置を示した表示画像を形成することが望ましい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明により、超音波の弾性測定における測定エラーの原因を判定する技術が提供される。例えば、本発明の好適な態様によれば、弾性測定における測定エラーの原因として、プローブと測定部位の相対的な位置関係に起因する第 1 測定エラーと、計測部位における超音波の伝播状態に起因する第 2 測定エラーを判定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 本発明の実施において好適な超音波診断装置の全体構成を示す図である。

【 図 2 】 静的エラスト測定の具体例を説明するための図である。

【 図 3 】 動的エラスト測定の具体例を説明するための図である。

【 図 4 】 融合エラスト測定における表示画像の具体例を示す図である。

【 図 5 】 断面ずれの判定に利用される関心ブロックの具体例を示す図である。

【 図 6 】 断面ずれの判定における移動量を説明するための図である。

【 図 7 】 超音波の減衰判定における送受信の具体例を示す図である。

【 図 8 】 超音波の減衰判定における減衰量を説明するための図である。

【 図 9 】 融合エラスト測定の具体例を示すフローチャートである。

【 図 1 0 】 断面ずれのエラーメッセージを含む表示画像の具体例を示す図である。

【 図 1 1 】 超音波減衰のエラーメッセージを含む表示画像の具体例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本発明の実施において好適な超音波診断装置の全体構成を示す図である。プローブ 1 0 は、被検体（生体）内の組織等の診断対象（測定部位）を含む領域に対して超音波を送受する超音波探触子である。プローブ 1 0 は、各々が超音波を送受または送波する複数の振動素子を備えており、複数の振動素子が送受信部 1 2 により送信制御されて送信ビームが形成される。

【 0 0 2 0 】

また、プローブ 1 0 が備える複数の振動素子が、診断対象を含む領域内から超音波を受波し、これにより得られた信号が送受信部 1 2 へ出力され、送受信部 1 2 が受信ビームを形成して受信ビームに沿って受信信号（エコーデータ）が収集される。なお、プローブ 1 0 は、例えばコンベックス型が望ましいもののリニア型等であってもよい。

【 0 0 2 1 】

プローブ 1 0 は、被検体内の断面からフレームデータを得るための超音波（通常パルス）を送受する機能と、被検体内においてせん断波を発生させる超音波（プッシュパルス）を送波する機能と、せん断波を計測する超音波（トラッキングパルス）を送受する機能を備えている。

【 0 0 2 2 】

断層画像形成部 2 0 は、送受信部 1 2 から得られる複数時相のフレームデータに基づいて超音波の断層画像データを形成する。断層画像形成部 2 0 は、受信データで構成されるフレームデータに対し、必要に応じて、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うことにより、断層画像データとして、例えば被検体内の断面における B モード画像の画像データを形成する。なお、断層画像形成部 2 0 は複数時相（複数フレーム）の断層画像データを記憶するフレームメモリを備えていることが望ましい。

10

【 0 0 2 3 】

静的エラスト測定部 3 0 は、被検体内（生体内）の組織の変位分布に基づいて、公知の静的エラスト（ストレインエラスト）を実行する。動のエラスト測定部 4 0 は、被検体内（生体内）を伝搬するせん断波に基づいて、公知の動のエラスト（シアウェイブエラスト）を実行する。また、関心領域設定部 5 0 は、静的エラスト測定に利用される第 1 関心領域と動のエラスト測定に利用される第 2 関心領域を設定する。

【 0 0 2 4 】

断面ずれ判定部 6 0 は、プローブ 1 0 と測定部位（診断対象）の相対的な位置関係に起因する弾性測定の第 1 測定エラーを判定する第 1 判定部の好適な具体例である。断面ずれ判定部 6 0 は、プローブ 1 0 と測定部位の相対的な位置関係の変化に伴う断面ずれを判定する。

20

【 0 0 2 5 】

減衰判定部 7 0 は、計測部位（診断対象）における超音波の伝播状態に起因する弾性測定の第 2 測定エラーを判定する第 2 判定部の好適な具体例である。減衰判定部 7 0 は、測定部位における超音波の減衰を判定する。

【 0 0 2 6 】

表示画像形成部 8 0 は、断層画像形成部 2 0 から得られる断層画像データ、静的エラスト測定部 3 0 から得られる弾性画像データ、動のエラスト測定部 4 0 から得られる測定データ等に基づいて表示画像を形成する。表示画像形成部 8 0 において形成された表示画像は表示部 8 2 に表示される。

30

【 0 0 2 7 】

制御部 1 0 0 は、図 1 の超音波診断装置内を全体的に制御する。制御部 1 0 0 による全体的な制御には、操作部 9 0 を介して医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示す構成（符号を付した各部）のうち、送受信部 1 2 ，断層画像形成部 2 0 ，静的エラスト測定部 3 0 ，動のエラスト測定部 4 0 ，関心領域設定部 5 0 ，断面ずれ判定部 6 0 ，減衰判定部 7 0 ，表示画像形成部 8 0 の各部は、例えば電気電子回路やプロセッサ等のハードウェア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、上記各部に対応した機能の少なくとも一部がコンピュータにより実現されてもよい。つまり、上記各部に対応した機能の少なくとも一部が、CPU やプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPU やプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現されてもよい。

40

【 0 0 2 9 】

表示部 8 2 の好適な具体例は、液晶ディスプレイや有機 E L （エレクトロルミネッセンス）ディスプレイ等であり、操作部 9 0 は、例えば、マウス、キーボード、トラックボール、タッチパネル、その他のスイッチ類等のうちの少なくとも一つにより実現できる。そして制御部 1 0 0 は、例えば、CPU やプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPU

50

やプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現することができる。

【0030】

図1の超音波診断装置の全体構成は以上のとおりである。次に、図1の超音波診断装置に実現される弾性測定に係る機能等について詳述する。なお、図1に示した構成（部分）については以下の説明において図1の符号を利用する。

【0031】

図2は、静的エラスト測定の実例を説明するための図である。静的エラスト測定部30は、被検体内（生体内）の組織の変位分布に基づいて、公知の静的エラスト（ストレインエラスト）を実行する。被検体内（生体内）の組織の変位分布は、フレームデータに基づいて導出される。フレームデータは、超音波ビームBを被検体の断面内において走査することにより形成される。

10

【0032】

図2（A）には、プローブ10を利用して被検体内で走査される超音波ビームBの実例が図示されている。フレームデータを得る場合、送受信部12は、通常パルスの送信信号をプローブ10が備える複数の振動素子へ出力し、通常パルスの送信ビームを形成して送信ビームを走査するようにプローブ10を送信制御する。また、送受信部12は、プローブ10が通常パルスの超音波を送受することにより複数の振動素子から得られる受信信号に対して、整相加算処理等を施すことにより、通常パルスの送信ビームに対応した受信ビームを形成し、受信ビームに沿って受信データ（例えばRF信号データ）を得る。

20

【0033】

通常パルスの超音波ビームB（送信ビームと受信ビーム）は、被検体の断面内において走査され、その断面内から収集される受信データによりフレームデータが形成される。例えば、図2（A）に示すように、X軸上における位置をずらしつつ深さY方向に沿って超音波ビームBが次々に形成され、1フレームのフレームデータが得られる。フレームデータは、複数時相に亘って各時相ごとに、つまり複数フレームに亘って各フレームごとに形成される。

【0034】

図2（B）は、静的エラスト測定において、複数時相に亘って次々に得られるフレームデータの具体例を示している。図2（B）の横軸は時間軸tである。静的エラスト測定においては、例えば、図2（B）に示す具体例のように、Bモード画像用のフレームデータ（Bモードフレーム）と静的エラスト測定用のフレームデータ（ストレインフレーム）が交互に形成される。

30

【0035】

断層画像形成部20は、複数時相に亘って各時相ごとに次々に得られるBモードフレームのフレームデータに基づいて、例えば、被検体内の組織を動的に映し出す超音波の断層画像データを形成する。

【0036】

静的エラスト測定部30は、複数時相に亘って各時相ごとに次々に得られるストレインフレームのフレームデータに基づいて、公知のストレインエラスト測定を実行する。ストレインエラストでは、例えば、プローブ10が被検体の体表に当てられ、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。

40

【0037】

静的エラスト測定部30は、複数時相に亘って各時相ごとに選択される一組のストレインフレーム、例えば互いに隣接する時相に対応した2つのストレインフレームの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を計測する。

【0038】

静的エラスト測定部30は、一組のストレインフレームに対して、例えば、1次元または2次元の相関演算処理を行うことにより、フレームデータ内つまり断層画像内の各計測点ごとに、その計測点における組織の変位を示す変位ベクトル、すなわち変位の方向と大

50

きさに関する 1 次元または 2 次元の変位ベクトルを導出し、これにより、断層画像内の複数の計測点における変位ベクトルの分布（変位分布）を得る。変位ベクトルを導出するにあたっては、例えば、公知のブロックマッチング法や位相勾配法などが利用される。

【0039】

また、静的エラスト測定部 30 は、被検体内における組織の変位分布に基づいて、被検体内における組織の弾性情報を得る。静的エラスト測定部 30 は、例えば、一組のストレインフレーム間で計測された各計測点における変位ベクトルに基づいて、複数の計測点について各計測点ごとに組織の歪みや弾性率を算出する。さらに、静的エラスト測定部 30 は、複数時相に亘って各時相（各ストレインフレーム）ごとに、そのフレーム内の複数の計測点における組織の歪みや弾性率を算出する。

10

【0040】

そして、静的エラスト測定部 30 は、各時相（各ストレインフレーム）内における各計測点の弾性情報（組織の歪みや弾性率）を示した弾性フレームデータに基づいて、被検体の断面内における弾性情報を視覚的に示すための弾性画像を形成する。その弾性画像の形成にも公知の手法が利用される。静的エラスト測定部 30 は、例えば、弾性フレームデータの各計測点に対して、その計測点における弾性情報に応じた色相情報を付与する機能を有しており、弾性フレームデータに基づいて、各計測点に対して光の 3 原色である赤（R）、緑（G）、青（B）を付した弾性画像データを形成する。例えば、歪みが大きい弾性データに対して赤色を基調とした色相情報が付与され、歪みが小さい弾性データに対して青色を基調とした色相情報が付与される。こうして、複数時相に亘って各時相（各フレーム）ごとに弾性画像データが形成される。

20

【0041】

図 3 は、動のエラスト測定の実施例を説明するための図である。図 3 を利用して、動のエラスト（シアウェイブエラスト）におけるせん断波の発生と変位の測定に係る実施例を説明する。

【0042】

せん断波を発生させる場合、送受信部 12 は、プッシュパルス（プッシュ波）の送信信号をプローブ 10 が備える複数の振動素子へ出力し、プッシュパルスの送信ビームを形成するようにプローブ 10 を送信制御する。また、せん断波を計測する場合、送受信部 12 は、トラッキングパルス（トラッキング波）の送信信号をプローブ 10 が備える複数の振動素子へ出力し、トラッキングパルスの送信ビームを形成するようにプローブ 10 を送信制御する。そして、送受信部 12 は、プローブ 10 がトラッキングパルスを送受することにより複数の振動素子から得られる受波信号に対し、整相加算処理等を施すことにより、トラッキングパルスの受信ビームを形成し、受信ビームに沿って受信データ（例えば RF 信号データ）を得る。

30

【0043】

図 3（A）には、プローブ 10 を利用して形成されるプッシュ波の送信ビーム P と、トラッキング波の超音波ビーム T1、T2 の具体例が図示されている。図 3（A）に示す具体例において、プッシュ波の送信ビーム P は、X 方向の位置 p を通るように深さ Y 方向に沿って形成される。例えば、図 3（A）に示す X 軸上の位置 p を焦点としてプッシュ波の送信ビーム P が形成される。位置 p は、例えば、表示部 82 に表示される生体内の診断対象に関する超音波画像（断層画像形成部 20 において形成される断層画像）を確認した医師または検査技師等のユーザ（検査者）により、所望の位置に設定される。

40

【0044】

位置 p を焦点として送信ビーム P が形成されてプッシュ波が送波されると、生体内において、位置 p とその近傍において比較的強いせん断波が発生する。図 3（A）は、位置 p において発生するせん断の X 方向における伝搬速度を測定する実施例を示している。

【0045】

図 3（A）の具体例では、トラッキング波の 2 本の超音波ビーム T1、T2 が形成される。超音波ビーム（送信ビームと受信ビーム）T1 は、例えば図 3（A）に示す X 軸上の

50

位置 x 1 を通るよう形成され、超音波ビーム（送信ビームと受信ビーム）T 2 は、例えば図 3（A）に示す X 軸上の位置 x 2 を通るよう形成される。位置 x 1 と位置 x 2 は、例えば、表示部 8 2 に表示される診断対象の超音波画像を確認したユーザにより所望の位置に設定されてもよいし、図 1 の超音波診断装置が、位置 p から X 方向に沿って所定の距離だけ離れた個所に位置 x 1 と位置 x 2 を設定してもよい。

【0046】

なお、図 3（A）に示す具体例では、プッシュ波の送信ビーム P に対して、X 軸の正方向側に、トラッキング波の超音波ビーム T 1，T 2 を形成しているが、プッシュ波の送信ビーム P に対して、X 軸の負方向側にトラッキング波の超音波ビーム T 1，T 2 を形成して、X 軸の負方向側に伝搬するせん断波を測定するようにしてもよい。もちろん、プッシュ波の送信ビーム P の位置 p や、トラッキング波の超音波ビーム T 1，T 2 の位置 x 1，x 2 は、診断対象や診断状況等に応じて適切に設定されることが望ましい。

【0047】

図 3（B）は、プッシュ波の送信ビーム P とトラッキング波の超音波ビーム T 1，T 2 の生成タイミングの具体例を示している。図 3（B）の横軸は時間軸 t である。図 3（B）において、期間 P は、プッシュ波の送信ビーム P が形成される期間であり、期間 T 1，T 2 は、それぞれ、トラッキング波の超音波ビーム T 1，T 2 が形成される期間である。

【0048】

期間 P 内においては、多数波のプッシュ波が送波される。例えば、期間 P 内において連続波の超音波が送波される。そして、例えば期間 P が終了した直後から位置 p においてせん断波が発生する。

【0049】

期間 T 1，T 2 においては、1 波から数波程度のいわゆるパルス波のトラッキング波が送波され、そのパルス波に伴う反射波が受波される。例えば位置 x 1，x 2 を通る超音波ビーム T 1，T 2 が形成され、位置 x 1，x 2 を含む複数の深さにおいて受信信号が得られる。つまり、超音波ビーム T 1，T 2 の各々について、複数の深さから受信信号が得られる。トラッキング波の送受は、複数の期間に亘って繰り返し行われる。例えば、図 3（B）に示すように、期間 T 1，T 2 が交互に、例えばせん断波に伴う組織の変位が確認されるまで繰り返される。

【0050】

動的エラスト測定部 40 は、位置 p において発生したせん断波の影響により変化する位置 x 1 と位置 x 2 における変位に基づいて、せん断波の X 軸方向の伝搬速度 V_s を算出する。例えば、位置 x 1 における変位が最大となる時刻 t_1 と、位置 x 2 における変位が最大となる時刻 t_2 と、位置 x 1 と位置 x 2 の距離 Δx と、に基づいて、せん断波の X 軸方向の伝搬速度 $V_s = \Delta x / (t_2 - t_1)$ が算出される。なお、せん断波の伝搬速度は、他の公知の手法を利用して算出されてもよい。

【0051】

また、動的エラスト測定部 40 は、例えば超音波ビーム T 1 と超音波ビーム T 2 から得られる受信信号に基づいて、複数深さの各深さごとに伝搬速度 V_s を算出する。さらに、せん断波の伝搬速度 V_s に基づいて、せん断波が測定された組織の弾性値などの弾性情報が算出されてもよいし、組織の情報として、粘弾性パラメータ、減衰、周波数特性などが導出されてもよい。

【0052】

図 3（B）に示す測定シーケンスは、プッシュ波の送波が開始されてから、せん断波の伝搬速度が算出されるまでの 1 シーケンスの期間である。測定シーケンスの終了後には、プローブ 10 をクーリングするための休止期間を設けることが望ましい。また、休止期間の後に、さらに次の測定シーケンスが開始され、複数の測定シーケンスが繰り返し実行されることが望ましい。

【0053】

動的エラスト測定部 40 は、図 3 を利用して説明した測定シーケンスにより、せん断波

10

20

30

40

50

の伝搬速度 V_s を測定する。動的エラスト測定部 40 は、被検体内の各深さごとにせん断波の伝搬速度 V_s を算出する。これにより、複数深さに対応した複数の伝搬速度 V_s からなる測定値列が得られる。さらに、せん断波の測定においては、図 3 を利用して説明した測定シーケンスが複数回実行され、複数回の測定シーケンスからなる測定セットが実行され、複数回の測定シーケンスに対応した複数の測定値列が得られることが望ましい。

【0054】

複数回の測定シーケンスからなる測定セットが実行され、測定セットを構成する複数の測定値（複数の伝播速度 V_s ）が算出されると、動的エラスト測定部 40 は、測定セット内の複数の伝搬速度 V_s のうち、有効な測定値とみなされた複数の伝搬速度 V_s に基づいて、伝搬速度 V_s に関する統計値を算出する。統計値としては、例えば、有効な測定値とみなされた複数の伝搬速度 V_s に関する平均値、中央値、IQR、標準偏差、 $V_s N$ （有効 V_s 割合）などが好適であるものの、他の統計値が算出されてもよい。

10

【0055】

図 1 の超音波診断装置は、同一の診断対象（同一の測定部位）に対して静的エラスト測定と動的エラスト測定の両測定を実行する融合エラスト測定の機能を備えている。融合エラスト測定では、測定部位に対して、一方の測定が実行された後、直ちに他方の測定が実行される。例えば、測定部位に対して、図 2 を利用して説明した静的エラスト測定が実行された後に、その同じ測定部位に対して、図 3 を利用して説明した動的エラスト測定が実行される。

【0056】

20

融合エラスト測定において、静的エラスト測定部 30 は、第 1 関心領域内のデータに基づいて静的エラストの測定を実行し、動的エラスト測定部 40 は、第 2 関心領域内のデータに基づいて動的エラストの測定を実行する。第 1 関心領域と第 2 関心領域は、操作部 90 を利用して得られるユーザ操作に応じて関心領域設定部 50 により設定される。ユーザは、例えば、表示部 82 に表示される表示画像を見ながら、第 1 関心領域と第 2 関心領域の位置関係などを調整する。

【0057】

図 4 は、融合エラスト測定における表示画像の具体例を示す図である。図 4 には、表示画像形成部 80 において形成されて表示部 82 に表示される表示画像 84 の具体例が図示されている。図 4 に示す具体例において、表示画像 84 は、静的エラスト画像 84 A と動的エラスト画像 84 B を含んでいる。

30

【0058】

静的エラスト画像 84 A は、断層画像形成部 20 において形成される断層画像（B モード画像）上に、静的エラスト測定部 30 の静的エラスト測定により得られる弾性情報を示す画像である。静的エラスト画像 84 A 内には、第 1 関心領域に対応した第 1 マーカ R1 が形成される。つまり、第 1 関心領域の位置と形状と大きさを示す第 1 マーカ R1 が静的エラスト画像 84 A 内に形成される。図 4 に示す具体例において、第 1 関心領域（第 1 マーカ R1）は台形であるが矩形その他の形状であってもよい。

【0059】

静的エラスト測定部 30 は、第 1 関心領域内のフレームデータに基づいて静的エラスト（ストレインエラスト）を実行する。これにより、第 1 関心領域内において複数の計測点の弾性情報を色で表現した弾性画像が形成される。つまり、図 4 において、第 1 マーカ R1 内には、各計測点の弾性情報に応じた色が付される。

40

【0060】

動的エラスト画像 84 B は、断層画像形成部 20 において形成される断層画像（B モード画像）上に、動的エラスト測定部 40 の動的エラスト測定に利用される第 2 関心領域に対応した第 2 マーカ R2 を示した画像である。つまり、第 2 関心領域の位置と形状と大きさを示す第 2 マーカ R2 が動的エラスト画像 84 B 内に形成される。図 4 に示す具体例において、第 2 関心領域（第 2 マーカ R2）は矩形であるがその他の形状であってもよい。

【0061】

50

また、図 4 に示す具体例において、動的エラスト画像 8 4 B 内には、第 1 関心領域に対応した参照マーカ R M が形成される。つまり、第 1 関心領域の位置と形状と大きさを示す参照マーカ R M が動的エラスト画像 8 4 B 内に形成される。

【0062】

動的エラスト測定部 4 0 は、第 2 関心領域内で動的エラスト測定を実行する。例えば、第 2 関心領域内の位置 p を通るようにプッシュ波の送信ビーム P (図 3) が形成され、さらに、トラッキング波の超音波ビーム T 1, T 2 (図 3) が第 2 関心領域内を通るように形成される。これにより第 2 関心領域内における複数深さの伝搬速度 V s が測定される。

【0063】

融合エラスト測定では、例えば、測定部位となる被検体内の組織に対して静的エラスト測定 (図 2) が実行された後に、その同じ組織に対して動的エラスト測定 (図 3) が実行される。なお、融合エラスト測定の前に、医師や検査技師等のユーザは、表示部 8 2 に表示される断層画像 (B モード画像) 内に診断対象となる測定部位が映し出されるように、プローブ 1 0 の位置や姿勢を適宜に調整する。

【0064】

融合エラスト測定において、表示画像形成部 8 0 は、例えば動的エラスト画像 8 4 B と静的エラスト画像 8 4 A を左右に配置した表示画像 8 4 を形成し、その表示画像 8 4 が表示部 8 2 に表示される。第 1 関心領域と第 2 関心領域は、操作部 9 0 を利用して得られるユーザ操作に応じて関心領域設定部 5 0 により設定される。ユーザは、例えば、表示部 8 2 に表示される表示画像 8 4 を見ながら、第 1 マーカ R 1 と第 2 マーカ R 2 の位置関係等を調整する。これにより、第 1 関心領域と第 2 関心領域の位置関係が調整される。

【0065】

そして、融合エラスト測定後、つまり静的エラスト測定と動的エラスト測定の後に、測定結果画像 8 4 M が形成されてもよい。測定結果画像 8 4 M には、静的エラストにより得られる測定値と動的エラストにより得られる測定値が例えば数値などで表示される。

【0066】

ところで、超音波の弾性測定では、幾つかの要因により、良好な測定結果が得られない測定エラーが発生する場合がある。図 1 の超音波診断装置は、超音波の弾性測定における測定エラーの原因として、断面ずれと超音波の減衰を判定する機能を備えている。

【0067】

断面ずれ判定部 6 0 は、プローブ 1 0 と測定部位の相対的な位置関係の変化に伴う断面ずれを判定する。断面ずれの判定においては、断層画像形成部 2 0 から得られる B モード画像 (断層画像) の画像データ内に設定される関心ブロックが利用される。

【0068】

図 5 は、断面ずれの判定に利用される関心ブロックの具体例を示す図である。図 5 (A) には、B モード画像 2 2 内に設定された関心ブロックが図示されている。図 5 (A) に示す具体例において、関心ブロックは 9 個の大ブロック M B で構成されている。関心ブロックは、例えば、静的エラスト測定の第 1 関心領域と動的エラスト測定の第 2 関心領域を含む領域に設定されることが望ましい。また、各大ブロック M B は、例えば図 5 (B) に示す具体例のように、9 個の小ブロック S B で構成される。

【0069】

断面ずれ判定部 6 0 は、例えば、図 5 に示す具体例の関心ブロックを利用して導出される移動量に基づいて断面ずれの有無を判定する。

【0070】

図 6 は、断面ずれの判定における移動量を説明するための図である。図 6 には、関心ブロックを構成する 9 個の大ブロック M B のうちの 1 個が図示されている。1 個の大ブロック M B は、9 個の小ブロック S B で構成されている。

【0071】

断面ずれ判定部 6 0 は、互いに異なる時刻 T s と時刻 T e との間におけるブロックマッチング処理により関心ブロック (9 個の大ブロック M B) の移動量を導出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

例えば、断面ずれ判定部 6 0 は、時刻 T_s の B モード画像の画像データと時刻 T_e の B モード画像の画像データに基づく相関演算処理（マッチング処理）により、各小ブロック S B ごとに移動量を導出する。

【 0 0 7 3 】

次に、断面ずれ判定部 6 0 は、1 個の大ブロック M B を構成する 9 個の小ブロック S B の移動量の平均値をその大ブロック M B の移動量とし、その大ブロック M B の移動量が判定閾値よりも大きい場合（又は判定閾値以上の場合）にその大ブロック M B が移動していると判定し、その大ブロック M B の移動量が判定閾値以下の場合（又は判定閾値よりも小さい場合）にその大ブロック M B が移動していないと判定する。

10

【 0 0 7 4 】

そして、断面ずれ判定部 6 0 は、関心ブロックを構成する 9 個の大ブロック M B のうち移動していると判定された大ブロック M B の個数が閾値個数よりも少ない場合（又は閾値個数以下の場合）に、時刻 T_s と時刻 T_e との間において B モード画像の断面ずれが無いと判定する。また、関心ブロックを構成する 9 個の大ブロック M B のうち移動していると判定された大ブロック M B の個数が閾値個数以上の場合（又は閾値個数よりも多い場合）には、時刻 T_s と時刻 T_e との間において断面ずれが生じていると判定される。

【 0 0 7 5 】

こうして、断面ずれ判定部 6 0 は、例えば、動的エラスト測定の前後に得られる測定部位の画像データを比較することにより、断面ずれが許容されるか否か、つまり断面ずれが生じているか否かを判定する。

20

【 0 0 7 6 】

一方、減衰判定部 7 0 は、測定部位を伝播する超音波の減衰を判定する。超音波の減衰の判定においては、互いに異なる周波数の送信信号が利用される。

【 0 0 7 7 】

図 7 は、超音波の減衰判定における送受信の具体例を示す図である。図 7 (A) には、減衰判定に利用される基準ビーム C B の具体例が図示されている。減衰判定は、例えば B モード画像 2 2 内の中心位置を通る基準ビーム C B 上において実行される。減衰判定において、送受信部 1 2 は、互いに異なる 2 つの周波数に対応した送信信号を利用して基準ビーム C B 上において超音波を送信する。

30

【 0 0 7 8 】

例えば、図 7 (B) に示すように、周波数 2 M H z の送信信号により基準ビーム C B 上において第 1 送信が実行され、周波数 4 M H z の送信信号により基準ビーム C B 上において第 2 送信が実行される。なお、第 1 送信と第 2 送信の送信焦点は互いに異なるように設定されてもよい。図 7 (B) に示す具体例では、第 1 送信の送信焦点（送信フォーカス）よりも第 2 送信の送信焦点（送信フォーカス）が浅い位置にある。

【 0 0 7 9 】

そして、送受信部 1 2 は、第 1 送信と第 2 送信の各々に対応した受信信号を取得する。図 7 (C 1) には周波数 2 M H z の第 1 送信に対応した受信信号が図示されており、図 7 (C 2) には周波数 4 M H z の第 2 送信に対応した受信信号が図示されている。

40

【 0 0 8 0 】

図 8 は、超音波の減衰判定における減衰量を説明するための図である。減衰判定部 7 0 は、互いに異なる周波数の送信信号を利用して得られた受信信号に基づいて超音波の減衰量を導出する。

【 0 0 8 1 】

図 8 (C 1) には、周波数 2 M H z の第 1 送信に対応した受信信号が図示されており、図 8 (C 2) には周波数 4 M H z の第 2 送信に対応した受信信号が図示されている。減衰判定部 7 0 は、各深さごとに、第 1 送信に対応した受信信号と第 2 送信に対応した受信信号の信号強度比を算出する。図 8 (D) には、複数の深さに亘って各深さごとに算出された信号強度比の具体例が図示されている。

50

【 0 0 8 2 】

減衰判定部 7 0 は、減衰判定の対象となる深さ範囲における信号強度比の傾き α を減衰量とする。例えば、図 8 (E) に示す具体例では、深度 4 c m ~ 1 0 c m が減衰判定の対象となる深さ範囲とされ、深度 4 c m ~ 1 0 c m における信号強度比の傾き α が超音波の減衰量 [d b / c m / M H z] となる。

【 0 0 8 3 】

図 9 は、図 1 の超音波診断装置が実行する融合エラスト測定の実行例を示すフローチャートである。融合エラスト測定を実行する場合には、まず、測定部位の確認が行われる (S 1)。例えば、図 1 の超音波診断装置を利用する医師や検査技師等のユーザは、表示部 8 2 に表示される被検者体内の断層画像を見ながら、診断対象となる測定部位が断層画像内に映し出されるように、プローブ 1 0 の位置や向きを調整する。

10

【 0 0 8 4 】

測定部位が確認されると、融合エラスト測定の開始操作が成される (S 2)。例えばユーザが操作部 9 0 を操作して図 1 の超音波診断装置を融合エラストモードに切り替える。融合エラストモードに切り替えられると、表示部 8 2 には、例えば測定部位の B モード画像を左右に 2 つ並べた 2 B 画像が表示される。

【 0 0 8 5 】

次に、関心領域が設定される (S 3)。つまり、静的エラスト測定の第 1 関心領域と動のエラスト測定の第 2 関心領域が設定される。第 1 関心領域と第 2 関心領域は、操作部 9 0 を利用して得られるユーザ操作に応じて関心領域設定部 5 0 により設定される。ユーザは、例えば、表示部 8 2 に表示される表示画像を見ながら、第 1 関心領域と第 2 関心領域の位置関係などを調整する。

20

【 0 0 8 6 】

関心領域が設定されると、静的エラスト測定が実行される (S 4)。例えば、第 1 関心領域と第 2 関心領域の位置を確定する操作をユーザが実行すると、静的エラスト測定部 3 0 は、第 1 関心領域内のフレームデータに基づいて静的エラスト (ストレインエラスト) を実行する。これにより、第 1 関心領域内において複数の計測点の弾性情報を色で表現した弾性画像 (例えば図 4 の静的エラスト画像 8 4 A) が形成されて表示される。

【 0 0 8 7 】

次に、動のエラスト測定の開始操作が成される (S 5)。例えばユーザが操作部 9 0 を操作して図 1 の超音波診断装置に動のエラスト測定の実行を指示する。動のエラスト測定の開始操作が成されると、まず、互いに異なる 2 つの周波数に対応した送信信号を利用した送受信 (図 7 参照) による減衰計測が行われ (S 6)、さらに、動のエラスト測定前の B 画像データが取得されてから (S 7)、動のエラスト測定が実行される (S 8)。

30

【 0 0 8 8 】

動のエラスト測定 (S 8) において、動のエラスト測定部 4 0 は、第 2 関心領域内で動のエラスト測定を実行する。例えば、第 2 関心領域内の位置 p を通るようにプッシュ波の送信ビーム P (図 3) が形成され、さらに、トラッキング波の超音波ビーム T 1 , T 2 (図 3) が第 2 関心領域内を通るように形成される。これにより第 2 関心領域内における複数深さの伝搬速度 V_s が測定される。そして、動のエラスト測定後にも B 画像データが取得される (S 9)。

40

【 0 0 8 9 】

動のエラスト測定が実行されて測定後画像が取得されると、融合エラスト測定が成功したか否かの判定が行われる (S 1 0)。例えば、図 1 の超音波診断装置 (例えば制御部 1 0 0) は、融合エラスト測定により得られた全ての測定値について、各測定値がその測定値に対応した許容値の範囲内にあれば融合エラスト測定が成功したと判定し、それ以外は融合エラスト測定が不成功であると判定する。

【 0 0 9 0 】

そして、融合エラスト測定が成功したと判定された場合に、図 1 の超音波診断装置 (例えば制御部 1 0 0) は、融合エラスト測定の測定結果、例えば全ての測定値を計測レポー

50

トとしてメモリ等の記憶デバイスに記憶し、図9のフローチャートに従った融合エラスト測定を終了する。なお、融合エラスト測定を再実行する場合に、ユーザは例えば関心領域の設定(S3)から図9のフローチャートに従った融合エラスト測定を再開する。

【0091】

一方、融合エラスト測定が不成功であると判定された場合には、不成功(測定エラー)となった原因を判定するための処理が実行される。つまり、断面ずれに関連する処理(S11~S13)と、超音波の減衰に関連する処理(S14~S17)が実行される。

【0092】

断面ずれの判定処理(S11)において、断面ずれ判定部60は、動的エラスト測定(S8)の測定前に得られたB画像の画像データ(S7)と、動的エラスト測定(S8)の測定後に得られたB画像の画像データ(S9)を比較することにより、例えば図5、図6を利用して説明した処理により、断面ずれが生じているか否かを判定する。そして、断面ずれが生じている場合には(S12)、測定エラーの原因が断面ずれであることを示すエラーメッセージが表示される(S13)。

【0093】

図10は、断面ずれのエラーメッセージを含む表示画像の具体例を示す図である。図10には、測定エラーの原因が断面ずれであると判定された場合に、表示部82に表示される表示画像84の具体例が図示されている。

【0094】

図10に示す具体例において、表示画像84は静的エラスト画像84Aと動的エラスト画像84Bを含んでいる。さらに、図10に示す具体例では、表示エリア84Eに、測定エラーの原因が断面ずれであることを示すエラーメッセージが表示される。表示エリア84Eには、例えば、図10に示す具体例のように、測定断面がずれているために融合エラスト測定をやり直すことをユーザに促すエラーメッセージが表示される。

【0095】

図9に戻り、超音波の減衰の判定処理(S14)において、減衰判定部70は、例えば図7を利用して説明した互いに異なる2つの周波数に対応した送信信号を利用した送受信による減衰計測(S6)の計測結果に基づいて、例えば図8を利用して説明した処理により減衰量を算出する。例えば、動的エラスト測定における第2関心領域内の深さ範囲が減衰判定の対象とされ、その深さ範囲に対応した減衰量が算出される。

【0096】

さらに、減衰判定部70は、算出された減衰量に基づいて超音波の減衰が許容されるか否かを判定する。減衰判定部70は、例えば、減衰量が判定閾値よりも小さい場合(又は判定閾値以下の場合)に減衰が許容されると判定し、減衰量が判定閾値以上の場合(又は判定閾値よりも大きい場合)に減衰が許容されないと判定する。そして、減衰が許容されない場合には、測定エラーの原因が減衰であると判定され(S15)、測定エラーの原因が超音波の減衰であることを示すエラーメッセージが表示される(S16)。

【0097】

また、測定エラーの原因が超音波の減衰である場合には、関心領域の推奨位置を示す表示画像が表示される(S17)。図1の超音波診断装置(例えば制御部100)は、例えば、静的エラスト測定(S4)において有効な測定結果が得られ、且つ、超音波の減衰が許容される位置を動的エラスト測定(S8)の推奨位置とし、その推奨位置を示した表示画像を形成して表示する。

【0098】

図11は、超音波の減衰のエラーメッセージを含む表示画像の具体例を示す図である。図11には、測定エラーの原因が超音波の減衰であると判定された場合に、表示部82に表示される表示画像84の具体例が図示されている。

【0099】

図11に示す具体例において、表示画像84は静的エラスト画像84Aと動的エラスト画像84Bを含んでいる。そして、図11に示す具体例では、表示エリア84Eに、測定

10

20

30

40

50

エラーの原因が超音波の減衰であることを示すエラーメッセージが表示される。表示エリア 84E には、例えば、図 11 に示す具体例のように、超音波が減衰しているために融合エラスト測定をやり直すことをユーザに促すエラーメッセージが表示される。

【0100】

さらに、図 11 に示す具体例では、例えば動的エラスト画像 84B 内に、動的エラスト測定における第 2 関心領域の推奨位置を示す推奨マーカ（破線の長方形）が表示される。推奨マーカは、例えば、静的エラスト測定において有効な測定結果が得られ、且つ、超音波の減衰が許容されると判定された位置に表示される。

【0101】

例えば、静的エラスト画像 84A の第 1 関心領域内には、静的エラスト測定において有効な測定結果が得られた領域に、つまり静的エラスト測定においてノイズ等によるエラーでは無いと判定された領域に、弾性情報に応じた色が付される。また、例えば、第 1 関心領域内の複数の深さ（複数の深さ範囲）において、超音波の減衰が計測され、各深さ（各深さ範囲）ごとに超音波の減衰が許容されるか否かが判定される。

10

【0102】

そのため、例えば、第 1 関心領域内において、弾性情報に応じた色が付され且つ超音波の減衰が許容されると判定された位置に、第 2 関心領域の推奨位置が設定される。なお、第 2 関心領域の推奨位置に対応した深さを数値やマーカで表示するようにしてもよい。

【0103】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、上述した実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明は、その本質を逸脱しない範囲で各種の変形形態を包含する。

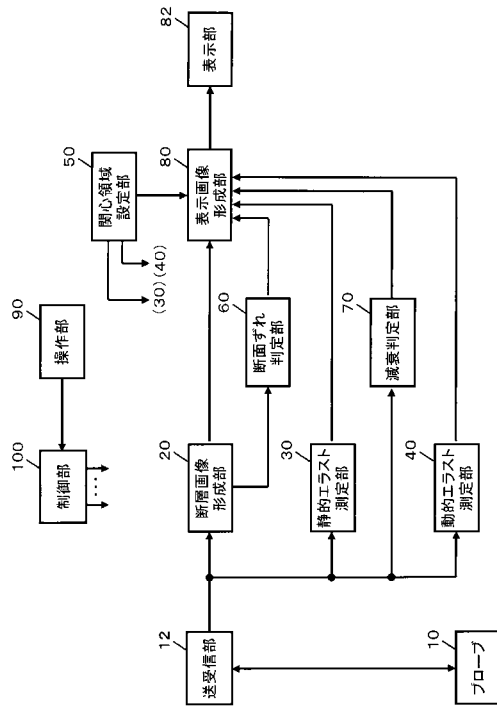
20

【符号の説明】

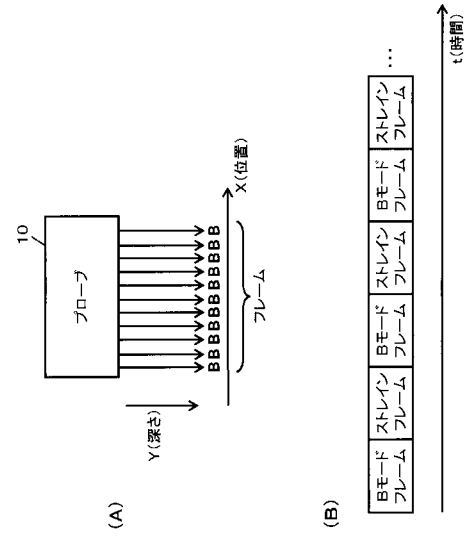
【0104】

10 プローブ、12 送受信部、20 断層画像形成部、30 静的エラスト測定部、40 動的エラスト測定部、50 関心領域設定部、60 断面ずれ判定部、70 減衰判定部、80 表示画像形成部、82 表示部、90 操作部、100 制御部。

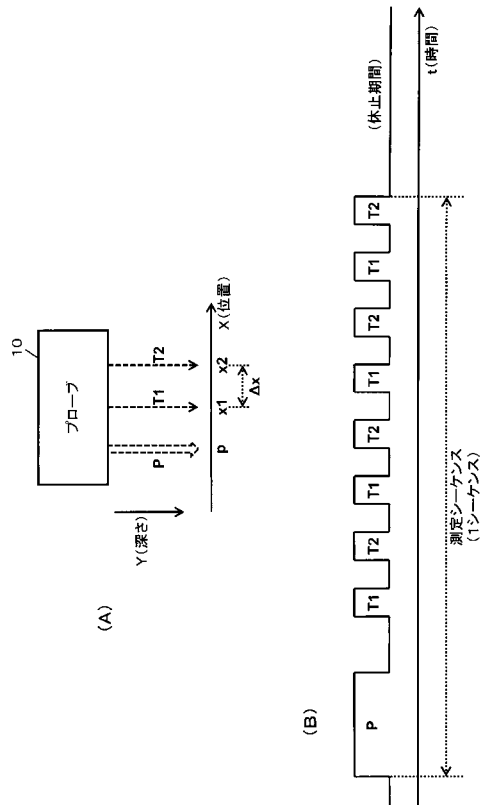
【 図 1 】



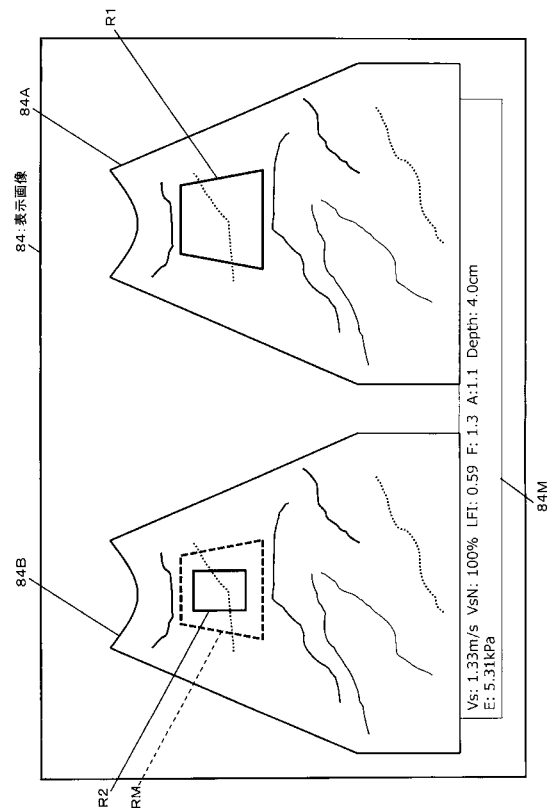
【 図 2 】



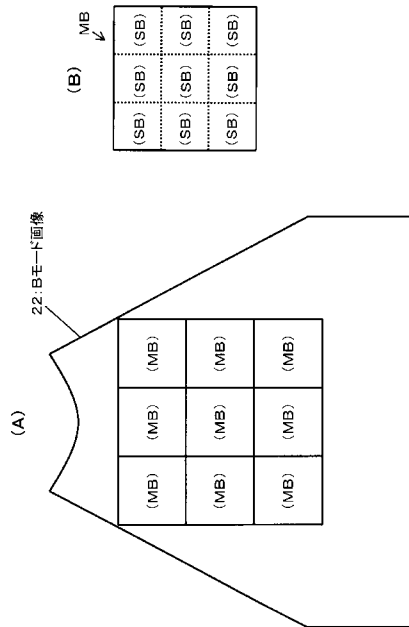
【 図 3 】



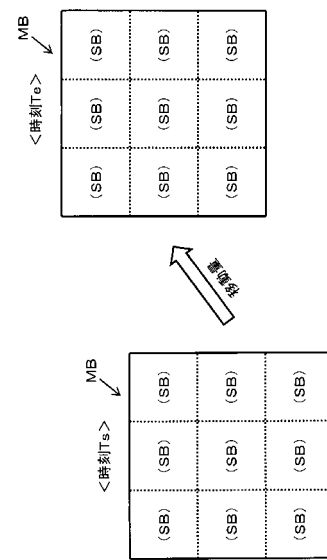
【 図 4 】



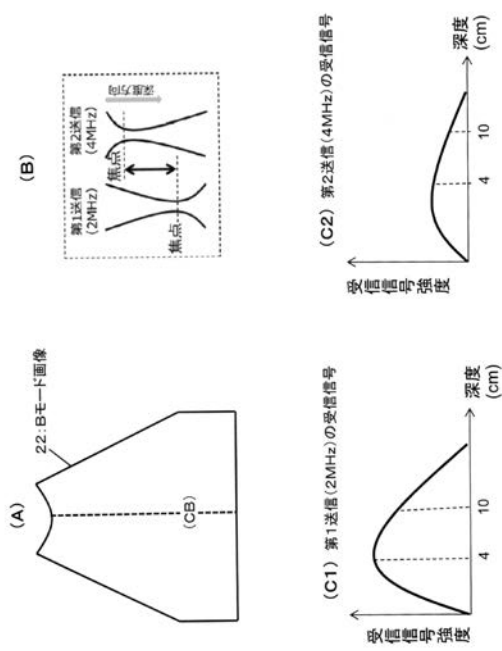
【図 5】



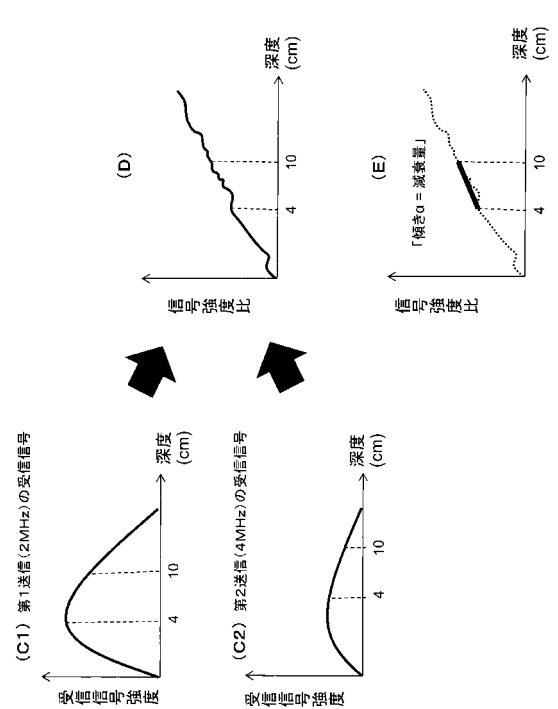
【図 6】



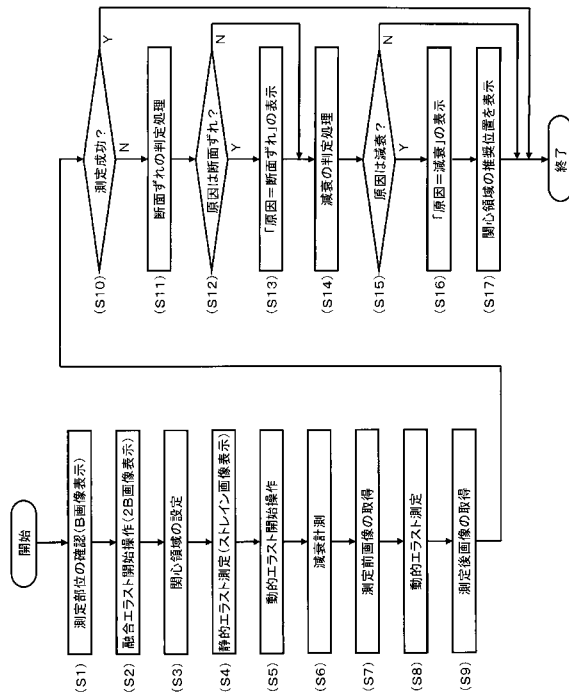
【図 7】



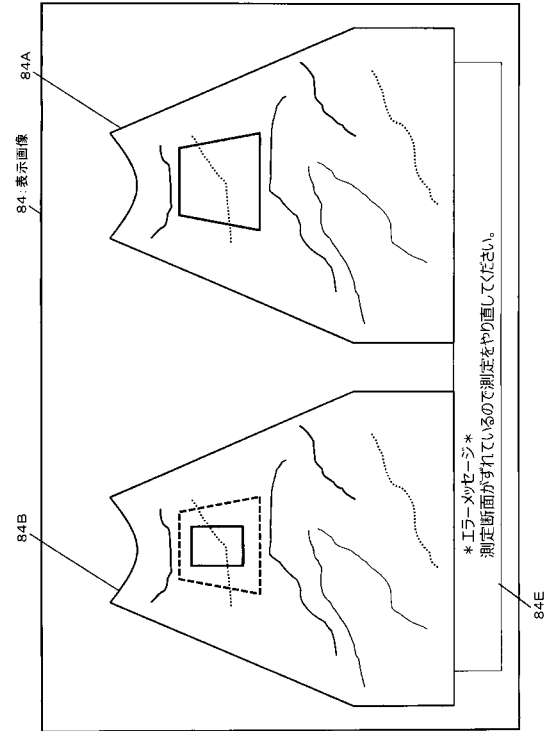
【図 8】



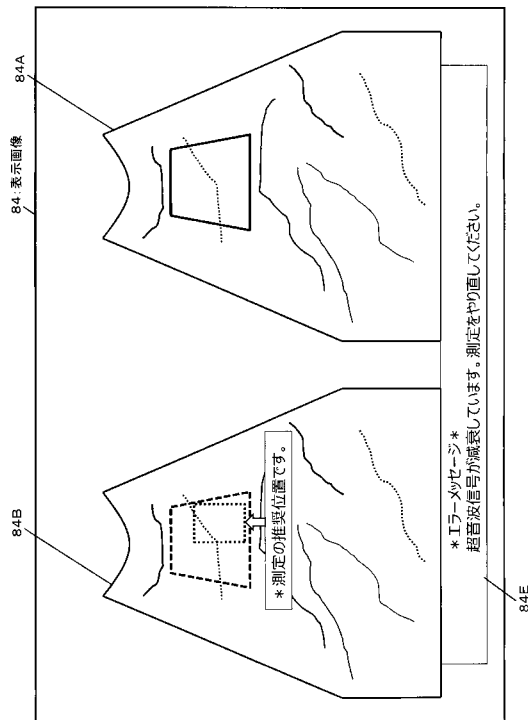
【図 9】



【図 10】



【図 11】



要解决的问题提供一种确定超声波弹性测量中测量误差原因的技术。截面偏差确定单元是第一确定单元的优选具体示例,该第一确定单元确定由探头和测量部位之间的相对位置关系引起的弹性测量的第一测量误差。截面偏差确定单元60确定由探头10和测量部位之间的相对位置关系的变化引起的截面偏差。衰减确定单元70是第二确定单元的优选具体示例,其确定由测量部位处的超声波的传播状态引起的弹性测量的第二测量误差。衰减确定单元70确定测量部位处的超声波的衰减。点域1

