

(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2013-244222  
(P2013-244222A)

(43) 公開日 平成25年12月9日(2013.12.9)

(51) Int.Cl.  
A61B 8/00 (2006.01)

F I  
A61B 8/00

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2012-120243 (P2012-120243)  
(22) 出願日 平成24年5月25日 (2012.5.25)

(71) 出願人 306037311  
富士フイルム株式会社  
東京都港区西麻布2丁目26番30号  
(74) 代理人 100079049  
弁理士 中島 淳  
(74) 代理人 100084995  
弁理士 加藤 和詳  
(74) 代理人 100099025  
弁理士 福田 浩志  
(72) 発明者 勝山 公人  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
富士フイルム株式会社内  
Fターム(参考) 4C601 DD20 EE10 EE22 HH33 JB40  
JB42 JB53

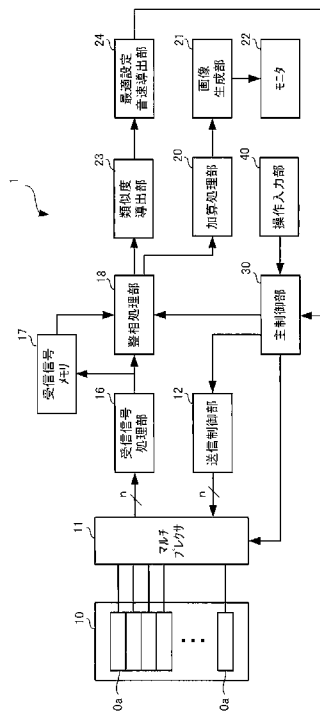
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、設定音速の信頼性判定方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】被検体内の音速の推定値の信頼性を安定的に判定することができる超音波診断装置および設定音速の信頼性判定方法を提供する。

【解決手段】受信信号取得手段は、被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の圧電素子10aの各々によって生成された受信信号を取得する。整相処理部18は、設定音速に基づいて算出した遅延時間を受信信号の各々に与えて受信信号の各々を整相する。類似度導出部23は、整相処理部18によって整相された受信信号間の類似性を示す類似度を導出する。最適設定音速導出部24は、類似度導出手段によって導出された類似度に基づいて最適設定音速を導出するとともに導出された最適設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号を取得する受信信号取得手段と、

設定音速に基づいて導出された前記受信信号の各々の時間領域における前記受信信号相互間の類似性を示す類似度を導出する類似度導出手段と、

前記類似度導出手段によって導出された類似度に基づいて前記設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する信頼度導出手段と、

を含む超音波診断装置。

**【請求項 2】**

前記複数の電気音響変換素子内の複数の電気音響変換素子の各々で生成された複数の受信信号を、設定音速に基づいて整相する整相手段を更に含み、

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された受信信号相互間の類似度を導出する請求項 1 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 3】**

被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号を取得する受信信号取得手段と、

設定音速に基づいて導出された前記受信信号の各々の時間領域における前記受信信号相互間の類似性を示す類似度を、複数の設定音速毎に導出する類似度導出手段と、

前記類似度導出手段によって導出された前記設定音速毎の類似度に基づいて前記被検体内の音速の推定値を最適設定音速として導出する最適設定音速導出手段と、

前記類似度導出手段によって導出された前記設定音速毎の類似度に基づいて前記最適設定音速導出手段によって導出された最適設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する信頼度導出手段と、

を含む超音波診断装置。

**【請求項 4】**

前記複数の電気音響変換素子内の複数の電気音響変換素子の各々で生成された複数の受信信号を、複数の設定音速毎に整相する整相手段を更に含み、

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された受信信号相互間の類似度を導出する請求項 3 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 5】**

前記類似度導出手段は、比較基準となるテンプレート信号と、前記整相手段によって整相された受信信号の各々との比較によって前記類似度を導出する請求項 4 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 6】**

前記類似度導出手段は、前記テンプレート信号と、前記整相手段によって整相された受信信号の各々との相関値に基づいて前記類似度を導出する請求項 5 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 7】**

前記テンプレート信号は、前記整相手段によって整相された受信信号の各々を積算した整相加算信号である請求項 5 または 6 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 8】**

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された互いに隣接する受信信号間の比較によって前記類似度を導出する請求項 4 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 9】**

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された互いに隣接する受信信号間の相関値に基づいて前記類似度を導出する請求項 8 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 10】**

前記最適設定音速導出手段は、前記類似度が最大となる設定音速を前記最適設定音速として導出する請求項 3 に記載の超音波診断装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 1】

前記最適設定音速導出手段は、前記類似度で前記設定音速の各々を重み付けして得られる重み付け平均値を前記最適設定音速として導出する請求項 3 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 1 2】

前記信頼度導出手段は、前記最適設定音速に基づいて整相された受信信号間の類似度を当該最適設定音速の信頼度として導出する請求項 4 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 1 3】

前記受信信号取得手段は、前記被検体内の複数箇所に送信された超音波の反射波の各々に対応する複数ラインの受信信号を取得し、

前記整相手段は、複数の設定音速の各々に基づいて算出した各遅延時間を前記複数ラインの受信信号の各々に与えて前記設定音速毎に前記複数ラインの受信信号の各々を整相し、

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって前記設定音速毎に整相された複数ラインの受信信号の各々における受信信号間の類似度を、前記受信信号の時間軸方向に沿った複数の演算対象領域毎に導出し、

前記最適設定音速導出手段は、前記複数ラインの受信信号の各々の各演算対象領域における受信信号間の類似度に基づいて、前記被検体内の複数の部位の各々における最適設定音速を導出し、

前記信頼度導出手段は、前記複数ラインの受信信号の各々の各演算対象領域における受信信号間の類似度を、前記被検体内の対応する部位の各々における最適設定音速の信頼度として導出する請求項 4 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 1 4】

前記最適設定音速導出手段によって導出された最適設定音速の信頼度が所定の閾値よりも低い部位における最適設定音速を、前記閾値よりも高い信頼度の最適設定音速を用いた補間処理によって再設定する再設定手段を更に含む請求項 1 3 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 1 5】

前記整相手段が、前記最適設定音速導出手段によって導出された最適設定音速および前記再設定手段によって再設定された最適設定音速に基づいて算出した各遅延時間を前記受信信号の各々に与えて前記受信信号を整相し、

加算手段が、前記整相手段によって整相された前記受信信号の各々を積算して整相加算信号を生成し、

画像生成手段が、前記整相加算信号に応じた画像を生成する請求項 1 4 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 1 6】

被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号を取得するステップと、

設定音速に基づいて算出した遅延時間を前記受信信号の各々に与えて前記受信信号の各々を整相するステップと、

整相された前記受信信号間の類似性を示す類似度を導出するステップと、

前記類似度に基づいて前記設定音速の信頼性を示す信頼度を導出するステップと、

を含む設定音速の信頼性判定方法。

## 【請求項 1 7】

コンピュータを

設定音速に基づいて算出した各遅延時間を、電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号の各々に与えて前記受信信号を整相する整相手段と、

前記整相手段によって整相された受信信号間の類似性を示す類似度を導出する類似度導出手段と、

前記類似度に基づいて前記設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する信頼度導出手段と、として機能させるためのプログラム。

## 【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、超音波の送受信によって被検体の断層画像を生成する超音波診断装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波プローブから被検体に超音波を送信し、被検体内部からの反射波に基づいて被検体の断層画像を生成する超音波診断装置が知られている。電子スキャン方式の超音波診断装置においては、超音波画像の方位分解能を向上させるために、超音波を送信する際には超音波プローブの各電気音響変換素子に各電気音響変換素子の配置に応じた遅延時間差を有する駆動パルス信号を供給して素子間で超音波の送信タイミングをずらす送信フォーカスが行われる。一方、反射波を受信する際には、各電気音響変換素子において生成された受信信号の各々に対して各電気音響変換素子の配置に応じた遅延時間を与えて各受信信号の時相を揃える受信フォーカスが行われている。

10

## 【0003】

超音波の送信および受信の際に各信号に与えられる遅延時間は、各電気音響変換素子から焦点までの距離と伝搬媒質の音速に基づいて設定される。伝搬媒質の音速として通常、仮定した仮定音速を用いる。しかし、伝搬媒質となる生体組織はその部位によって音速が異なるので、遅延時間を設定するために用いた仮定音速と実際の音速との間に誤差が生じると送信および受信の双方において適切に焦点を形成できずに画質劣化を招来することとなる。この課題に対して、下記の特許文献には、受信信号に基づいて実際の音速を推定して超音波画像の画質を向上させる技術が開示されている。

20

## 【0004】

例えば、特開2002-143153号公報には、ある設定音速に基づく遅延時間で受信信号を整相した後、隣接する2つのチャンネルの受信信号間の位相差を検出し、検出した位相差から遅延誤差  $D$  を求め、遅延誤差  $D$  と設定遅延時間  $D$  とを加算して得られる適応遅延時間  $DA$  を求め、複数の異なる媒質音速に対応する参照遅延時間のうち、適応遅延時間  $DA$  に最も近いものを選択し、選択された参照遅延時間に対応する媒質音速を生体音速として選択することが記載されている。また、この文献には、各計測領域について得られた複数の媒質音速の推定値の確からしさを、適応遅延時間の分散によって評価し、最も評価値の高い媒質音速推定値を複数の領域に対する共通の設定音速として設定することが記載されている。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2002-143153号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

上記の特許文献1に記載の技術においては、ある設定音速に基づいて整相した各チャンネルの受信信号間の位相差に対応する遅延時間誤差  $D$  を演算により求めている。しかしながら、チャンネル間における遅延時間誤差  $D$  の測定を安定的に行うことは容易ではない。すなわち、生体内に送信された超音波が干渉することによって受信信号に強度低下や波形歪みが生じると、遅延時間誤差  $D$  の測定精度が著しく低下する。その結果、生体内における実際の音速の計算精度が低下してしまうことになる。また、上記の特許文献1に記載の技術においては、適応遅延時間の分散によって媒質音速の推定値の確からしさを評価しているが、上記のとおり遅延時間誤差  $D$  の測定を安定的に行うことは容易ではないため、確からしさの判定を適切に行うことが困難となる場合がある。

40

## 【0007】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、被検体内の音速の推定値の信頼性を

50

安定的に判定することができる超音波診断装置、設定音速の信頼性判定方法およびプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するために、本発明に係る超音波診断装置は、被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号を取得する受信信号取得手段と、設定音速に基づいて導出された前記受信信号の各々の時間領域における前記受信信号相互間の類似性を示す類似度を導出する類似度導出手段と、前記類似度導出手段によって導出された類似度に基づいて前記設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する信頼度導出手段と、を含む。

10

【0009】

上記の超音波診断装置は、前記複数の電気音響変換素子内の複数の電気音響変換素子の各々で生成された複数の受信信号を、設定音速に基づいて整相する整相手段を更に含み、前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された受信信号相互間の類似度を導出してよい。

【0010】

また、本発明に係る他の超音波診断装置は、被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号を取得する受信信号取得手段と、設定音速に基づいて導出された前記受信信号の各々の時間領域における前記受信信号相互間の類似性を示す類似度を、複数の設定音速毎に導出する類似度導出手段と、前記類似度導出手段によって導出された前記設定音速毎の類似度に基づいて前記被検体内の音速の推定値を最適設定音速として導出する最適設定音速導出手段と、前記類似度導出手段によって導出された前記設定音速毎の類似度に基づいて前記最適設定音速導出手段によって導出された最適設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する信頼度導出手段と、を含む。

20

【0011】

上記他の超音波診断装置は、前記複数の電気音響変換素子内の複数の電気音響変換素子の各々で生成された複数の受信信号を、複数の設定音速毎に整相する整相手段を更に含み、前記類似度算出手段は、前記整相手段によって整相された受信信号相互間の類似度を導出してよい。

30

【0012】

前記類似度導出手段は、比較基準となるテンプレート信号と、前記整相手段によって整相された受信信号の各々との比較によって前記類似度を導出してよい。

【0013】

例えば、前記類似度導出手段は、前記テンプレート信号と、前記整相手段によって整相された受信信号の各々との相関値に基づいて前記類似度を導出してよい。

【0014】

前記テンプレート信号は、前記整相手段によって整相された受信信号の各々を積算した整相加算信号とすることができる。

【0015】

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された互いに隣接する受信信号間の比較によって前記類似度を導出してよい。

40

【0016】

前記類似度導出手段は、前記整相手段によって整相された互いに隣接する受信信号間の相関値に基づいて前記類似度を導出してよい。

【0017】

前記最適設定音速導出手段は、前記類似度が最大となる設定音速を前記最適設定音速として導出してよい。

【0018】

前記最適設定音速導出手段は、前記類似度で前記設定音速の各々を重み付けして得られ

50

る重み付け平均値を前記最適設定音速として導出してもよい。

【0019】

前記信頼度導出手段は、前記最適設定音速に基づいて整相された受信信号間の類似度を当該最適設定音速の信頼度として導出してもよい。

【0020】

前記受信信号取得手段は、前記被検体内の複数箇所に送信された超音波の反射波の各々に対応する複数ラインの受信信号を取得してもよい。この場合、前記整相手段は、複数の設定音速の各々に基づいて算出した各遅延時間を前記複数ラインの受信信号の各々に与えて前記設定音速毎に前記複数ラインの受信信号の各々を整相してもよい。前記類似度導出手段は、前記整相手段によって前記設定音速毎に整相された複数ラインの受信信号の各々における受信信号間の類似度を、前記受信信号の時間軸方向に沿った複数の演算対象領域毎に導出してもよい。前記最適設定音速導出手段は、前記複数ラインの受信信号の各々の各演算対象領域における受信信号間の類似度に基づいて、前記被検体内の複数の部位の各々における最適設定音速を導出してもよい。前記信頼度導出手段は、前記複数ラインの受信信号の各々の各演算対象領域における受信信号間の類似度を、前記被検体内の対応する部位の各々における最適設定音速の信頼度として導出してもよい。

10

【0021】

上記の超音波診断装置は、前記最適設定音速導出手段によって導出された最適設定音速の信頼度が所定の閾値よりも低い部位における最適設定音速を、前記閾値よりも高い信頼度の最適設定音速を用いた補間処理によって再設定する再設定手段を更に含んでもよい。

20

【0022】

上記の超音波診断装置は、前記整相手段が、前記最適設定音速導出手段によって導出された最適設定音速および前記再設定手段によって再設定された最適設定音速に基づいて算出した各遅延時間を前記受信信号の各々に与えて前記受信信号を整相し、加算手段が、前記整相手段によって整相された前記受信信号の各々を積算して整相加算信号を生成し、画像生成手段が、前記整相加算信号に応じた画像を生成するように構成されていてもよい。

【0023】

また、上記の目的を達成するために、本発明に係る設定音速の信頼性判定方法は、被検体内に送信された超音波の反射波に応じて複数の電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号を取得するステップと、設定音速に基づいて算出した遅延時間を前記受信信号の各々に与えて前記受信信号の各々を整相するステップと、整相された前記受信信号間の類似性を示す類似度を導出するステップと、前記類似度に基づいて前記設定音速の信頼性を示す信頼度を導出するステップと、を含む。

30

【0024】

また、上記の目的を達成するために、本発明に係るプログラムは、コンピュータを、設定音速に基づいて算出した各遅延時間を、電気音響変換素子の各々によって生成された受信信号の各々に与えて前記受信信号を整相する整相手段と、前記整相手段によって整相された受信信号間の類似性を示す類似度を導出する類似度導出手段と、前記類似度に基づいて前記設定音速の信頼性を示す信頼度を導出する信頼度導出手段と、として機能させるためのプログラムである。

40

【発明の効果】

【0025】

本発明に係る超音波診断装置、音速導出方法およびプログラムによれば、被検体内の音速の推定値の信頼性を安定的に判定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態に係る超音波診断装置において実行される最適設定音速導出処理プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

50

【図3】本発明の実施形態に係る類似度導出部による処理内容を説明するための図であり、設定音速に基づき整相された受信信号とテンプレート信号とを示す波形図である。

【図4】本発明の実施形態に係る類似度導出部によって導出された類似度の記憶形態を示す模式図である。

【図5】本発明の実施形態に係る最適設定音速導出部によって導出された最適設定音速およびその信頼度の記憶形態を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係る超音波診断装置において実行される画像生成処理プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】本発明の実施形態に係る超音波診断装置における最適設定音速の補間処理を示す図である。

【図8】局所音速値の演算処理を模式的に示す図である。

【図9】局所音速値の演算処理を示すフローチャートである。

【図10】局所音速値の演算処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、各図面において、実質的に同一又は等価な構成要素又は部分には同一の参照符号を付している。

【0028】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波診断装置1の概略構成を示すブロック図である。

【0029】

超音波プローブ10は、被検体の診断部位に向けて超音波を送信するとともに被検体の内部で反射した超音波を受信するものである。超音波プローブ10は、直線状に配列された電気音響変換素子としてのm個の圧電素子10aを含んでいる。超音波の1回の送受信は、m個の圧電素子10aの中から選択された隣接するn個( $m > n$ )の圧電素子群を使用して行われる。超音波の送受信に使用されるn個の圧電素子群を順次シフトさせることにより被検体内の診断部位が超音波ビームによってスキャンされる。なお、超音波プローブ10は、リニア型、コンベックス型、セクタ型等のいずれの走査方式を有するものであってもよい。圧電素子10aの各々は、mチャンネルの信号線を介してマルチプレクサ11に接続されている。圧電素子10aの各々は、送信制御部12からマルチプレクサ11を介して供給される駆動パルス信号に応じて超音波を発生させる。また、圧電素子10aの各々は、被検体内で反射された超音波を受信して電気信号である受信信号を生成し、これをマルチプレクサ11を介して受信信号処理部16に供給する。

【0030】

マルチプレクサ11は、主制御部30から供給される制御信号に応じて、超音波プローブ10のm個の圧電素子10aの中から超音波の送受信に使用する隣接するn個の圧電素子群を選択する電子スイッチである。マルチプレクサ11は、nチャンネルの信号線を介して送信制御部12および受信信号処理部16に接続されている。

【0031】

送信制御部12は、主制御部30から供給される制御信号に応じて、nチャンネル分の駆動パルス信号を生成する。また、送信制御部12は、主制御部30によって指定された着目領域の深さ位置に超音波ビームを収束させる送信フォーカスを実施するべくチャンネル毎の駆動パルス信号に遅延時間を与える。送信制御部12において生成された駆動パルス信号は、マルチプレクサ11によって選択されたn個の圧電素子10aの各々に供給される。

【0032】

受信信号処理部16は、チャンネル毎に設けられた増幅器およびA/D変換器を有する。マルチプレクサ11によって選択されたn個の圧電素子10aにおいて生成された受信信号の各々は、増幅器において増幅され、A/D変換器によってデジタル信号に変換され

10

20

30

40

50

る。

【0033】

受信信号メモリ17は、受信信号処理部16によってデジタル信号に変換された各チャンネルの受信信号を受信データとして記憶する記憶媒体である。

【0034】

整相処理部18は、主制御部30から供給される設定音速に基づいて受信遅延時間を算出する。そして、整相処理部18は、受信信号処理部16または受信信号メモリ17から供給されるチャンネル毎の受信信号に、算出した受信遅延時間を与えることによりチャンネル毎の受信信号の時相を揃える整相処理、すなわち受信フォーカス処理を行う。被検体内のある点で反射された超音波が各圧電素子10aに入射するタイミングは一致しない。これは、反射点から各圧電素子10aに至る超音波の伝搬距離が圧電素子毎に相違するからである。整相処理部18は、反射点までの距離が比較的短い位置に配置された圧電素子が生成する受波信号に対して比較的長い遅延時間を与えると共に反射点までの距離が比較的長い位置に配置された圧電素子が生成する受信信号に対して比較的短い遅延時間を与えることにより、各チャンネルの受信信号の時相を揃える受信フォーカス処理を行う。

10

【0035】

加算処理部20は、整相処理部18によって整相された各チャンネルの受信信号を積算して整相加算信号を生成する。

【0036】

画像生成部21は、加算処理部20から供給される整相加算信号に対してフィルタリング処理、Log圧縮処理、包絡線検波処理、STC (Sensitivity Time Control) 処理、補間処理、走査変換処理などを施し、整相加算信号の信号強度を輝度に変換した所謂Bモード画像を構築するための画像信号を生成する。

20

【0037】

モニタ22は、画像生成部21によって生成された画像信号に基づいて診断部位における断層画像等を表示する液晶表示パネル等の表示装置である。

【0038】

類似度導出部23は、整相処理部18が設定音速に基づいて整相したチャンネル毎の受信信号間の類似性を示す指標値(以下、類似度と称する)を導出する。類似度導出部23は、例えば、受信信号の時間軸方向(すなわち、撮像領域における深さ方向)において分割された複数の演算対象領域の各々において、後述する比較基準となるテンプレート信号 $S_t(t)$ とチャンネル毎の受信信号 $S_1(t) \sim S_n(t)$ (共に図3参照)との相互相関値を算出し、算出した相関値に基づいて演算対象領域毎(深さ領域毎)に各チャンネルの受信信号間の類似度を導出する。比較基準となるテンプレート信号は、例えば、各チャンネルの受信信号を整相加算したものをを用いることができる。

30

【0039】

整相処理部18が各チャンネルの受信信号を整相する際に用いる設定音速が被検体内の実際の音速と略一致している場合には、各チャンネルの受信信号の時相が揃うので類似度導出部23において導出される類似度の値は高くなる。整相処理部18が各チャンネルの受信信号を整相する際に用いた設定音速と被検体内の実際の音速との差が大きくなるに従って、受信信号間で時相のずれが大きくなるので、類似度導出部23において導出される類似度の値は低くなる。一方、着目領域からの反射に対する周囲散乱の干渉や、伝播過程における収差などの影響により各チャンネルの受信信号には歪みを生じ、この場合にも類似度は低くなる。すなわち、類似度導出部23において導出される類似度は、それから被検体内の実際の音速を推定できる情報であると共に、その推定値または受信信号の信頼性を示す評価値(信頼度)となり得る。

40

【0040】

最適設定音速導出部24は、類似度導出部23において複数の設定音速の各々について導出された受信信号間の類似度に基づいて、被検体内における実際の音速の推定値である最適設定音速を、上記した類似度の演算対象領域に対応する撮像領域内の単位領域毎に導

50

出する。最適設定音速導出部 24 は、例えば、受信信号間の類似度が最も高くなる設定音速を当該単位領域における最適設定音速として導出することとしてもよい。また、最適設定音速導出部 24 は、導出した最適設定音速に対応する類似度、すなわち、導出した最適設定音速で受信信号を整相したときの受信信号間の類似度を、当該最適設定音速の信頼性の評価値（信頼度）として設定する。干渉や収差などの影響による受信信号の歪みが全く無い場合、最適設定音速で整相した各チャンネルの受信信号の時相は完全に一致し、結果、受信信号間の類似度（相互相関値）は1となる。逆に、受信信号の歪みが有る場合、各チャンネルの受信信号を最適設定音速で整相したとしても、その時相は完全には一致せず、結果、受信信号間の類似度は1より小さい値となる。この様に、最適設定音速に対応する類似度は各チャンネル受信信号の歪みの程度を示し、ひいては各チャンネル受信信号や推定した最適設定音速値の信頼性を示す評価値（信頼度）となる。最適設定音速導出部 24 は、導出した最適設定音速に対応付けて、その最適設定音速の信頼性の評価値（信頼度）を自身に備えるメモリ（図示せず）に記憶する。なお、最適設定音速導出部 24 は、本発明における最適設定音速導出手段および信頼度導出手段に対応する。

10

#### 【0041】

主制御部 30 は、マルチプレクサ 11、送信制御部 12 および整相処理部 18 に制御信号を与えることにより超音波の送受信処理を統括的に制御する。

#### 【0042】

操作入力部 40 は、ユーザによる各種の操作入力を受け付けるものであり、例えば、マウスなどのポインティングデバイスやキーボードによって構成されるものである。

20

#### 【0043】

なお、送信制御部 12、受信信号処理部 16、整相処理部 18、加算処理部 20、画像生成部 21、類似度導出部 23、最適設定音速導出部 24 および主制御部 30 は、図 2 に示される後述の最適設定音速導出処理ルーチンにおける各処理を記述したプログラムを格納した ROM と、このプログラムを実行するための CPU と、CPU における処理内容を一時的に記憶しておくための RAM 等を備えたコンピュータで構成され得る。

#### 【0044】

次に、本実施形態に係る超音波診断装置 1 が、被検体内の最適設定音速を導出するとともに、導出された最適設定音速の信頼度（確からしさ）を示す評価値（信頼度）を導出する処理について図 2 に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

30

#### 【0045】

ステップ S1 において、ユーザが操作入力部 40 から被検体内における最適設定音速の導出処理を開始させる操作を行うと、主制御部 30 はこれを受信し、送信制御部 12 およびマルチプレクサ 11 に超音波の送信を開始させるための制御信号を供給する。

#### 【0046】

ステップ S2 において、送信制御部 12 は、主制御部 30 から供給される制御信号に応じて各チャンネル毎に駆動パルス信号を生成する。送信制御部 12 は、被検体内の着目領域に送信フォーカスを実施するべくチャンネル毎の駆動パルス信号に適宜遅延時間を与える。送信制御部 12 によって生成された駆動パルス信号の各々は、マルチプレクサ 11 によって選択された n 個の圧電素子 10a にそれぞれ供給される。これにより、超音波プローブ 10 の隣接する n 個の圧電素子 10a から被検体内に向けて超音波ビームが送信される。

40

#### 【0047】

超音波プローブ 10 の各圧電素子 10a から送信された超音波の反射によるエコーは、マルチプレクサ 11 によって選択された n 個の圧電素子 10a によって受信される。各圧電素子 10a は、反射エコーから電気信号である受信信号を生成してこれをマルチプレクサ 11 を介して受信信号処理部 16 に出力する。受信信号処理部 16 は、各受信信号に対して増幅および A/D 変換を含む信号処理を施し、信号処理を施した受信信号を 1 ライン分の受信データとして当該ラインの識別ナンバーと対応付けて受信信号メモリ 17 に格納する。

50

## 【 0 0 4 8 】

その後、マルチプレクサ 1 1 は、主制御部 3 0 から供給される制御信号に応じて選択対象となる圧電素子の切り替えを行ない、超音波の送受信を行う圧電素子 1 0 a を例えば圧電素子 1 つ分シフトさせる。その後、上記と同様に超音波の送受信が行われる。マルチプレクサ 1 1 が超音波の送受信を行う圧電素子 1 0 a を順次シフトさせることにより、被検体内における撮像領域が順次送信される超音波ビームによってスキャンされる。これにより、各送信に対応する複数ライン ( L [ 1 ]、L [ 2 ]、L [ 3 ] ・ ・ ・ ) の受信信号が取得され、各ラインの受信信号が当該ラインの識別ナンバーと対応付けられて受信信号メモリ 1 7 に格納される。

## 【 0 0 4 9 】

ステップ S 3 において、主制御部 3 0 は、受信信号メモリ 1 7 に格納された各ラインの受信信号のうち、類似度導出部 2 3 による類似度の導出処理対象となるライン L [ i ] ( i はラインの識別ナンバーであり正の整数 ) の受信信号を選択する。主制御部 3 0 は、初めにライン L [ 1 ] を選択する。これにより、第 1 回目の超音波の送信によって取得された第 1 ライン目の受信信号が類似度導出の対象とされる。

## 【 0 0 5 0 】

ステップ S 4 において、主制御部 3 0 は、整相処理部 1 8 において行われる受信信号の整相処理に使用される設定音速 C [ j ] ( j は設定音速の識別ナンバーであり正の整数 ) を、予め定められた複数の設定音速の中からから 1 つ選択する。すなわち、主制御部 3 0 は、例えば、1 4 0 0 m / s ~ 1 6 5 0 m / s の範囲において 1 0 m / s ステップで設定された複数の設定音速 C [ 1 ]、C [ 2 ]、C [ 3 ]、・ ・ ・ を当該設定音速の識別ナンバーに対応付けて自身に備えるメモリ ( 図示せず ) に予め保持しており、その中から 1 の設定音速を選択する。主制御部 3 0 は、初めに設定音速 C [ 1 ] を選択する。これにより整相処理に使用される設定音速値として 1 4 0 0 m / s が選択される。なお、設定音速の範囲やステップの幅は、上記したものに限定されるものではなく、適宜変更することが可能である。

## 【 0 0 5 1 】

ステップ S 5 において、整相処理部 1 8 は、主制御部 3 0 から供給される制御信号に基づいてステップ S 3 において主制御部 3 0 によって選択されたライン L [ i ] に対応する受信信号を受信信号メモリ 1 7 から読み出す。次に、整相処理部 1 8 は、主制御部 3 0 から供給される制御信号に基づいてステップ S 4 において主制御部 3 0 によって選択された設定音速 C [ j ] から各チャンネル毎の受信遅延時間を算出し、受信信号メモリ 1 7 から読み出した各チャンネルの受信信号に算出した受信遅延時間を与えることにより整相する。整相処理部 1 8 は、整相処理された受信信号を類似度導出部 2 3 に供給する。

## 【 0 0 5 2 】

ステップ S 6 において、類似度導出部 2 3 は、整相された各チャンネルの受信信号について類似度導出を行う演算対象領域を設定する。演算対象領域は、受信信号をある時間幅 ( 深さ範囲 ) で切り出すことにより設定される ( 図 3 参照 ) 。

## 【 0 0 5 3 】

ステップ S 7 において、類似度導出部 2 3 は、ステップ S 6 において設定された演算対象領域においてチャンネル毎の受信信号間の類似性の指標値である類似度を導出し、導出した類似度を自身に備えるメモリ ( 図示せず ) に記憶する。図 3 は、類似度導出部 2 3 によって行われる類似度導出処理の内容を説明するための図である。

## 【 0 0 5 4 】

図 3 において、整相処理部 1 8 において整相処理された各チャンネルの受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  が示されている。類似度導出部 2 3 は、受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  相互間の類似度を導出するための比較基準となるテンプレート信号  $S_t(t)$  を生成する。類似度導出部 2 3 は、当該設定音速にて整相した受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  を同一時間毎に積算することにより得られる整相加算信号をテンプレート信号  $S_t(t)$  として用いることとしてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 5 】

類似度導出部 2 3 は、図 3 において破線で囲まれた演算対象領域において、テンプレート信号  $S_t(t)$  と受信信号  $S_1(t)$  との相互相関値  $R$  を下記の式 (1) に従って導出する。式 (1) において、分母は、演算対象領域内におけるテンプレート信号  $S_t(t)$  の各点の値の 2 乗の積算値の平方根と、演算対象領域内における受信信号  $S_1(t)$  の各点の値の 2 乗の積算値の平方根とを乗算した値であり、分子は、演算対象領域内におけるテンプレート信号  $S_t(t)$  の各点の値と受信信号  $S_1(t)$  の各点の値とを乗算した値の積算値である。

## 【 0 0 5 6 】

【 数 1 】

$$R = \frac{\sum \{S_t(t) \times S_1(t)\}}{\sqrt{\sum \{S_t(t)\}^2} \times \sqrt{\sum \{S_1(t)\}^2}} \dots (1)$$

10

## 【 0 0 5 7 】

類似度導出部 2 3 は、受信信号  $S_2(t)$ 、 $S_3(t)$ 、 $\dots$ 、 $S_n(t)$  についても同様にテンプレート信号  $S_t(t)$  との間で相互相関値  $R$  を算出する。そして、類似度導出部 2 3 は、各チャンネルの受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  について算出した相互相関値  $R$  の絶対値の総和を受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  相互間の類似性を示す指標値、すなわち類似度として導出する。このようにして導出される類似度は、設定音速が被検体内の実際の音速に近いほど高い値となる。

20

## 【 0 0 5 8 】

なお、上記の例では、テンプレート信号  $S_t(t)$  と各チャンネルの受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  との間で相互相関値  $R$  を算出して類似度  $R$  を求める方法を示したが、互いに隣接する受信信号間 (例えば受信信号  $S_1(t)$  と  $S_2(t)$ 、受信信号  $S_2(t)$  と  $S_3(t)$  等) で、相互相関値をそれぞれ求めて、それらの絶対値の総和を類似度として導出することとしてもよい。この場合、テンプレート信号  $S_t(t)$  を生成することを要しないので、演算処理の高速化が可能となる。

30

## 【 0 0 5 9 】

ステップ S 8 において、類似度導出部 2 3 は、受信信号の全深さ範囲 (全時間範囲) について類似度導出が完了したか否かを判定し、完了していない場合には、ステップ S 6 に戻り、演算対象領域を時間軸方向 (深さ方向) にシフトさせ、新たな演算対象領域を設定して当該演算対象領域について上記と同様に類似度を導出する。類似度導出部 2 3 は、受信信号の全時間範囲 (全深さ範囲) について類似度導出が完了するまでステップ S 6 ~ S 8 の処理を繰り返す。

## 【 0 0 6 0 】

ステップ S 9 において、主制御部 3 0 は、設定音速  $C[j]$  の識別ナンバー  $j$  を 1 つインクリメントする。ステップ S 1 0 において、主制御部 3 0 は、インクリメントされた数値  $j$  と設定音速の識別ナンバー  $j$  の最大値  $j_{max}$  とを比較することにより、全ての設定音速について類似度の導出が完了したか否かを判定する。ステップ S 1 0 において、全ての設定音速について類似度の導出が完了していないと判定された場合、処理はステップ S 4 に戻され、新たな設定音速が設定され、ステップ S 5 ~ S 1 0 の処理が同様に行われる。主制御部 3 0 が設定音速  $C[j]$  の識別ナンバー  $j$  を順次インクリメントすることにより、 $1400 \text{ m/s} \sim 1650 \text{ m/s}$  の範囲内における各設定音速に基づいて整相された受信信号の各々について上記と同様に類似度が導出される。

40

## 【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 1 において、主制御部 3 0 は、超音波の各送信に対応する受信信号のライン  $L[i]$  の識別ナンバー  $i$  を 1 つインクリメントする。ステップ S 1 2 において、主制

50

御部 30 は、インクリメントされた数値  $i$  と識別ナンバー  $i$  の最大値を示す数値  $i_{max}$  とを比較することにより、全てのラインについて類似度の導出が完了したか否かを判定する。ステップ S 12 において、全てのラインについて類似度の導出が完了していないと判定された場合、処理はステップ S 3 に戻され、類似度の導出対象となる新たなラインが選択され、ステップ S 4 ~ S 12 の処理が同様に行われる。主制御部 30 がライン  $L[i]$  の識別ナンバー  $i$  を順次インクリメントすることにより、各ラインの受信信号について、上記と同様に設定音速毎および演算対象領域毎に類似度が導出される。

#### 【0062】

類似度導出部 23 は、上記の各処理を経ることにより導出した受信信号間の類似度の各々を図 4 に示すような形態で自身に備えるメモリ（図示せず）に記憶する。図 4 に示される  $111$ 、 $112$ 、 $113$ 、 $\dots$  は、設定音速毎に導出された各ラインの各演算対象領域（各深さ位置）における類似度である。図 4 に示すように、類似度導出部 23 は、撮像領域を各ラインおよび各深さ位置で分割した単位領域における類似度を、各設定音速  $C[1]$ 、 $C[2]$ 、 $C[3]$ 、 $\dots$  が設定された場合の各々について導出する。

10

#### 【0063】

ステップ S 13 において、最適設定音速導出部 24 は、類似度導出部 23 によって導出された受信信号間の類似度を類似度導出部 23 内のメモリから読み出し、読み出した類似度に基づいて被検体内の最適設定音速を導出する。例えば、最適設定音速導出部 24 は、各ラインの各深さについて導出された受信信号間の類似度が最大となる設定音速をそのラインのその深さ位置における最適設定音速として導出する。また、最適設定音速導出部 24 は、各ラインの各深さについて導出された最適設定音速に対応する類似度（すなわち、最適設定音速にて整相したときの受信信号間の類似度）を当該最適設定音速の信頼性（確からしさ）の評価値（信頼度）として設定する。最適設定音速導出部 24 は、図 5 に示すように、撮像領域内の各ラインの各演算対象領域（各深さ位置）について導出した最適設定音速を、当該最適設定音速の信頼度としての類似度と共に自身に備えるメモリ（図示せず）に記憶する。

20

#### 【0064】

最適設定音速導出部 24 は、このようにして撮像領域内の各部位毎に導出された最適設定音速およびその信頼性の評価値（信頼度）を主制御部 30 に供給して本ルーチンが終了する。

30

#### 【0065】

以下に、撮像領域内の各部位毎に導出された最適設定音速およびその信頼性の評価値（信頼度）を利用した画像生成処理の一例について図 6 に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

#### 【0066】

ステップ S 21 において、主制御部 30 は、例えば、ユーザによる操作入力部 40 からの操作入力に応じて、最適設定音速導出部 24 によって導出された各ラインの各深さ位置における最適設定音速およびその信頼度を整相処理部 18 に供給し、整相処理部 18 はこれを受信する。

#### 【0067】

ステップ S 22 において、整相処理部 18 は、ライン  $L[i]$  の深さ位置  $D[k]$  における最適設定音速およびその信頼度を抽出する。

40

#### 【0068】

ステップ S 23 において、整相処理部 18 は、ステップ S 22 において抽出した点における最適設定音速の信頼度が所定の閾値よりも大きいか否かを判定する。

#### 【0069】

ステップ S 23 において、肯定判定がなされた場合にはステップ S 24 に移行し、否定判定がなされた場合には、ステップ S 29 に移行する。ステップ S 29 に移行した場合には、後述するステップ S 28 において肯定判定がなされるまで処理が保留される。

#### 【0070】

50

ステップ S 2 2 において抽出した点における最適設定音速の信頼度が所定の閾値よりも高い場合、ステップ S 2 4 において、整相処理部 1 8 は、その点の最適設定音速をそのまま採用する。すなわち、最適設定音速導出部 2 4 によって導出された音速値が、そのままその点における最適設定音速として設定される。

【 0 0 7 1 】

ステップ S 2 5 において、整相処理部 1 8 は、深さ位置  $D [ k ]$  の識別ナンバー  $k$  を 1 つインクリメントする。ステップ S 2 6 において、整相処理部 1 8 は、インクリメントされた数値  $k$  と識別ナンバーの最大値を示す数値  $k_{max}$  とを比較することにより、全ての深さ位置について上記した最適設定音速の採用可否判定が完了したか否かを判定する。ステップ S 2 6 において、全ての深さ位置について最適設定音速の採用可否判定が完了していないと判定された場合、処理はステップ S 2 2 に戻され、同ラインの新たな深さ位置の点が抽出され、ステップ S 2 3 ~ S 2 6 の処理が同様に行われる。整相処理部 1 8 が深さ位置  $D [ k ]$  の識別ナンバー  $k$  を順次インクリメントすることにより、同ラインの各深さ位置における最適設定音速の採用可否判定が上記と同様に行われ、最適設定音速の信頼度が閾値よりも大きいと判定された各点については、最適設定音速導出部 2 4 によって導出された最適設定音速がそのまま採用される。

10

【 0 0 7 2 】

ステップ S 2 7 において、整相処理部 1 8 は、ライン  $L [ i ]$  の識別ナンバー  $i$  を 1 つインクリメントする。ステップ S 2 8 において、整相処理部 1 8 は、インクリメントされた数値  $i$  と識別ナンバーの最大値を示す数値  $i_{max}$  とを比較することにより、全てのラインについて最適設定音速の採用可否判定が完了したか否かを判定する。ステップ S 2 8 において、全てのラインについての最適設定音速の採用可否判定が完了していないと判定された場合、処理はステップ S 2 2 に戻され、新たなラインにおける各深さ位置の点が順次抽出され、ステップ S 2 3 ~ S 2 6 の処理が同様に行われる。整相処理部 1 8 がライン  $L [ i ]$  の識別ナンバー  $i$  を順次インクリメントすることにより、各ラインの各深さ位置における最適設定音速の採用可否判定が上記と同様に行われ、最適設定音速の信頼度が閾値よりも大きいと判定された各点については、最適設定音速導出部 2 4 によって導出された最適設定音速がそのまま採用される。

20

【 0 0 7 3 】

ステップ S 2 8 において、全てのラインについて最適設定音速の採用可否判定が完了したと判定されると、ステップ S 3 0 の処理が開始される。

30

【 0 0 7 4 】

ステップ S 3 0 において、整相処理部 1 8 は、最適設定音速の信頼度が閾値よりも低い各点について、それらの点の周囲に存在する、最適設定音速の信頼度が閾値よりも高い各点における音速値を用いた補間処理によって最適設定音速を再設定する。例えば、図 7 に示すように、最適設定音速の信頼度が閾値よりも低いと判定された点  $p$  の周囲に最適設定音速の信頼度が閾値よりも高いと判定された点  $q 1 \sim q 8$  が存在しているものとする。かかる場合において、整相処理部 1 8 は、例えば、点  $q 1 \sim q 8$  の各点における最適設定音速の平均値を点  $p$  における最適設定音速として導出することとしてもよい。また、点  $q 1 \sim q 8$  の各点における最適設定音速をそれぞれの信頼度で重み付けした重み付け平均値を点  $p$  における最適設定音速として導出することとしてもよい。

40

【 0 0 7 5 】

ステップ S 3 1 において、整相処理部 1 8 は、受信信号メモリ 1 7 から各ラインの受信信号を読み出す。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 3 2 において、整相処理部 1 8 は、上記の処理を経ることによって取得した各点における最適設定音速に基づいて、各点における受信遅延時間を導出し、受信信号メモリ 1 7 から読み出した受信信号に導出した受信遅延時間を与えて整相処理を行う。整相処理部 1 8 は、整相した受信信号を加算処理部 2 0 に供給する。

【 0 0 7 7 】

50

ステップ S 3 3 において、加算処理部 2 0 は、整相処理部 1 8 によって整相された各チャンネルの受信信号を積算して整相加算信号を生成し、これを画像生成部 2 1 に供給する。

【 0 0 7 8 】

ステップ S 3 4 において、画像生成部 2 1 は、加算処理部 2 0 から供給された整相加算信号に対してフィルタリング処理、L o g 圧縮処理、包絡線検波処理、S T C 処理、補間処理、走査変換処理などを施し、整相加算信号の信号強度を輝度に変換した所謂 B モード画像を構築するための画像信号を生成する。画像生成部 2 1 は、生成した画像信号をモニタ 2 2 に供給する。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 3 5 において、モニタ 2 2 は、画像生成部 2 1 によって生成された画像信号に応じた画像を表示する。

【 0 0 8 0 】

以上の各処理を経ることにより、本画像生成処理ルーチンが終了する。

【 0 0 8 1 】

以上の説明から明らかなように、本実施形態に係る超音波診断装置 1 は、各設定音速で整相された各チャンネルの受信信号間の類似度を導出し、導出された類似度に基づいて最適設定音速を導出する。また、超音波診断装置 1 は、導出された最適設定音速にて整相された受信信号間の類似度を当該最適設定音速の信頼性の評価値（信頼度）として設定する。このように、本実施形態に係る超音波診断装置 1 によれば、受信信号間の類似性に基づいて最適設定音速を導出するので、被検体内における超音波の干渉などに起因して受信信号の強度低下や波形歪みが生じた場合でも、類似度自体が大きく変動しないので、比較的安定的に最適設定音速を導出することが可能となり、最適設定音速の導出精度を高めることが可能となる。また、受信信号間の類似度を最適設定音速の信頼性の評価値としているので、被検体内における超音波の干渉などに起因して受信信号の強度低下や波形歪みが生じた場合でも、最適設定音速の信頼性の判定精度が著しく低下することはない。

【 0 0 8 2 】

また、本実施形態に係る超音波診断装置 1 によれば、最適設定音速の信頼度が高い点においては、最適設定音速導出部 2 4 によって導出された最適設定音速が採用され、最低設定音速の信頼度が低い点においては、信頼度の高い最適設定音速を用いた補間処理によって最適設定音速が再設定される。このように信頼度に基づいて最適設定音速の再設定がなされるので、歪みの少ないシャープな画像を構築することが可能となる。

【 0 0 8 3 】

なお、上記の実施形態においては、最適設定音速導出部 2 4 が受信信号間の類似度に基づいて導出した最適設定音速についてその信頼度を導出こととしたが、本実施形態に係る超音波診断装置 1 によれば、他の手段または他の装置等で導出された最適設定音速についてその信頼度を導出することも可能である。この場合、整相処理部 1 8 は、何らかの手段によって導出された最適設定音速に基づいて、受信遅延時間を算出し、算出された受信遅延時間を受信信号メモリ 1 7 から読み出した受信信号に与えることにより整相処理を行う。類似度導出部 2 3 は、整相処理された受信信号間の類似度を上記と同様に導出する。最適設定音速導出部 2 4 は、類似度導出部 2 3 によって導出された類似度を当該最適設定音速の信頼度として導出する。また、本実施形態に係る超音波診断装置によれば、なんらかの手段によって求められた最適設定音速のみならず、仮定や推定などに基づくあらゆる設定音速についてその信頼度を導出することが可能である。

【 0 0 8 4 】

また、上記の実施形態においては、各ラインの各深さ位置について最適設定音速および最適設定音速の信頼性の評価値を導出することとしたがこれに限定されるものではない。すなわち、最適設定音速導出部 2 4 は、複数ラインの複数深さ位置からなる各ブロックにおいて、当該ブロック内における各ラインの各深さ位置の受信信号の類似度の総和  $SUM$  を算出し、 $SUM$  の値が最も大きくなる設定音速を当該ブロックにおける最適設定音

10

20

30

40

50

速として算出するとともに、当該最適設定音速に対応する  $SUM$  を信頼性の評価値（信頼度）に設定することとしてもよい。

【0085】

また、上記の実施形態においては、最適設定音速で整相した場合における受信信号間の類似度を当該最適設定音速の信頼性の評価値としたが、各設定音速に対応する類似度の最大値（当該最適設定音速に対応する類似度）と最小値との差分を当該最適設定音速の信頼性の評価値としてもよい。または当該最適設定音速に対応する類似度（最大値）の所定比（1以下）となる類似度値に対応する設定音速の幅を信頼性の評価値としてもよい。つまり、類似度が最適設定音速にて最大となり、それより低い設定音速および高い設定音速にて低くなる事から、最大類似度値の所定比（1以下）の類似度となる設定音速が最適設定音速の低い側と高い側に存在する事を踏まえ、それぞれの設定音速値の差分を信頼性の評価値としてもよい。

10

【0086】

また、上記の実施形態においては、類似度導出部23がテンプレート信号と各チャンネルの受信信号との間で1次元の相互相関値を算出する場合を例示したが、テンプレート信号を圧電素子の方向と時間軸方向（深さ方向）の2次元信号に展開して2次元の相互相関値を算出することとしてもよい。つまり、テンプレート信号  $S_t(t)$  を各チャンネルの受信信号に対応して並べた2次元的なテンプレート信号  $S_{t1}(t)$ 、 $S_{t2}(t)$ 、 $\dots$ 、 $S_{tn}(t)$  を生成し（ここで  $S_{t1}(t) = S_{t2}(t) = \dots = S_{tn}(t)$ ）、これと各チャンネルの受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  との間で下記の式（2）に従って2次元的な相互相関値  $R$  を算出しても良い。ここで  $t$  は  $t$ （時間軸方向）と  $i$ （圧電素子の方向）に関する積算を示す。また、3次元プローブを用いる場合には、3次元の相互相関値を算出することとしてもよい。

20

【0087】

【数2】

$$R = \frac{\sum \{S_{ii}(t) \times S_i(t)\}}{\sqrt{\sum \{S_{ii}(t)\}^2} \times \sqrt{\sum \{S_i(t)\}^2}} \dots (2)$$

30

【0088】

また、上記の実施形態においては、テンプレート信号  $S_t(t)$  と各受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  との相互相関値に基づいて各チャンネルの受信信号の類似度を導出することとしたが、類似度導出部23は、テンプレート信号  $S_t(t)$  と各受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  との相互相関演算をそれぞれ行い、求められた相互相関関数のピーク値の存在する位置からテンプレート信号  $S_t(t)$  に対する各受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  の位相ずれ量を求め、各受信信号  $S_1(t) \sim S_n(t)$  について求めた位相ずれ量の絶対値または分散を受信信号間の類似性の指標値として導出することとしてもよい。この場合、受信信号間の類似性が高くなるほど、導出される値は小さくなる。

40

【0089】

また、上記の実施形態では、類似度が最大となる当該部位における設定音速を最適設定音速とすることとしたが、最適設定音速導出部24は、各設定音速を各部位における類似度で重み付けした重み付け平均値を当該部位における最適設定音速として導出することとしてもよい。

【0090】

また、例えば、特開2010-99452に開示されているように、複数の異なる点における最適設定音速に基づき局所的な音速を求める技術において、本実施形態に係る手法によって最適設定音速およびその信頼度を導出し、信頼度が閾値よりも高い最適設定音速を用いて局所音速を求めてもよいし、信頼度で重み付け平均した最適設定音速を用いて局

50

所音速を求めることとしてもよい。

【0091】

特開2010-99452では、以下のようにして局所音速を求めている。図8は、特開2010-99452に開示された局所音速値の演算処理の内容を模式的に示した図である。

【0092】

被検体OBJ内の着目領域ROIを代表する格子点を $X_{ROI}$ 、格子点 $X_{ROI}$ よりも浅い位置にXY方向に等間隔で配置された格子点を $A_1, A_2, \dots$ とし、少なくとも格子点 $X_{ROI}$ と各格子点 $A_1, A_2, \dots$ との間の音速はそれぞれ一定と仮定する。

格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波(それぞれ $WA_1, WA_2, \dots$ )の圧電素子に到達するまでの経過時間 $T$ 及び遅延時間 $T$ が既知として、格子点 $X_{ROI}$ と格子点 $A_1, A_2, \dots$ の位置関係から格子点 $X_{ROI}$ における局所音速値を求める。具体的には、ホイヘンスの原理により、格子点 $X_{ROI}$ からの受信波 $WX$ と格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波を仮想的に合成した受信波 $W_{SUM}$ が一致することを利用する。

【0093】

具体的には、図9に示すように、事前に被検体OBJ内に設定されたすべての格子点における最適音速値を判定する(ステップS40)。ここで、最適音速値とは、画像のコントラスト、シャープネスが最も高くなる音速値であり、各格子点における実際の局所音速値とは必ずしも一致しない。ステップS10における最適音速値の判定方法としては、例えば、画像のコントラスト、スキャン方向の空間周波数、分散などから判定する方法(例えば、特開平8-317926号公報)を適用することができる。ここで、本実施形態に係る手法によって各格子点における最適設定音速を導出して最適音速値とし、同時にその信頼度を導出してよい。

【0094】

次に、各格子点における最適音速値に基づいて、各格子点における局所音速値を判定する(ステップS42)。ここで、各格子点における最適音速値として、各格子点における最適音速値を信頼度で重み付け平均した最適音速値で置き換えて用いても良いし、信頼度が閾値よりも高い格子点のみを用いてもよい。

【0095】

最適音速値に基づいて局所音速値を判定する方法は以下の通りである。まず、図10に示すように、格子点 $X_{ROI}$ における最適音速値に基づいて、格子点 $X_{ROI}$ を反射点とした時の仮想的な受信波 $WX$ の波形が算出される(ステップS50)。

【0096】

次に、格子点 $X_{ROI}$ における仮定音速の初期値が設定される(ステップS52)。そして、仮定音速が1ステップ変更されて(ステップS54)、仮想的な合成受信波 $W_{SUM}$ が算出される(ステップS56)。格子点 $X_{ROI}$ における局所音速値を $V$ と仮定すると、格子点 $X_{ROI}$ から伝播した超音波が格子点 $A_1, A_2, \dots$ に到達するまでの時間は $X_{ROI}A_1/V, X_{ROI}A_2/V, \dots$ となる。ここで、 $X_{ROI}A_1, X_{ROI}A_2, \dots$ は、それぞれ格子点 $A_1, A_2, \dots$ と格子点 $X_{ROI}$ との間の距離である。格子点 $A_1, A_2, \dots$ における最適音速値はステップS40により既知のため、各格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波は予め求めることができる。従って、格子点 $A_1, A_2, \dots$ からそれぞれ遅延 $X_{ROI}A_1/V, X_{ROI}A_2/V, \dots$ で発した反射波(超音波エコー)を合成することにより、仮想合成受信波 $W_{SUM}$ を求めることができる。

【0097】

なお、実際には、素子データ(RF信号)上で上記処理を行うため、格子点 $X_{ROI}$ から格子点 $A_1, A_2, \dots$ に到達するまでの時間(それぞれ $T_1, T_2, \dots$ )は下記の式(2)により表される。ここで、 $X_{A_1}, X_{A_2}, \dots$ は、それぞれ格子点 $A_1, A_2, \dots$ と格子点 $X$ との間のスキャン方向(X方向)の距離である。また、 $t$ は格子点のY方向時間間隔である。

【0098】

10

20

30

40

50

【数 3】

$$T1 = \sqrt{(X_{A1}/V)^2 + (\Delta t/2)^2} \quad \dots (3)$$

$$T2 = \sqrt{(X_{A2}/V)^2 + (\Delta t/2)^2}$$

$$T3 = \dots$$

【0099】

上記 T1, T2, ... に、格子点 X<sub>ROI</sub> と同音線の格子点 A<sub>n</sub> から格子点 X<sub>ROI</sub> に到達するまでの時間 ( t / 2 ) を足した遅延で各格子点 A1, A2, ... からの受信波を合成することにより、仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> を求めることができる。

10

【0100】

ここで、格子点を Y 方向に時間軸で等間隔 ( t ) に設定する場合、空間上での間隔は必ずしも等間隔にはならない。従って、各格子点に超音波が到達するまでの時間を計算するときに、式 (2) において t / 2 の代わりに補正した t / 2 を用いてもよい。ここで、補正した t / 2 は、例えば、格子点 X<sub>ROI</sub> と同音線の格子点 A<sub>n</sub> に比べた A1, A2, ... の深さ ( Y 方向の距離 ) の差を V で除算した値を t / 2 から加算・減算した値である。各格子点 A1, A2, ... の深さはそれより浅い格子点において局所音速が既知であることから求められる。

20

【0101】

また、仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> の算出は、実際に格子点 A1, A2, ... から遅延 X<sub>ROI</sub> A1 / V, X<sub>ROI</sub> A2 / V, ... で発した既定のパルス波 ( それぞれ WA1, WA2, ... ) を重ね合わせるにより行う。

【0102】

次に、仮想受信波 WX と仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> の誤差が算出される ( ステップ S58 )。仮想受信波 WX と仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> の誤差は、互いの相互相関をとる方法、仮想受信波 WX に仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法、又は逆に仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> に仮想受信波 WX から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法により算出される。ここで、仮想受信波 WX から遅延を得るには、格子点 X<sub>ROI</sub> を反射点とし、音速 V で伝播した超音波が各素子に到着する時刻を遅延とすればよい。また、仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> から遅延を得るには、隣り合う素子間での合成受信波の位相差から等位相線を抽出し、その等位相線を遅延とするか、又は単に各素子の合成受信波の最大 ( ピーク ) 位置の位相差を遅延としてもよい。また、各素子からの合成受信波の相互相関ピーク位置を遅延としてもよい。位相整合加算時の誤差は、整合加算後の波形の peak to peak とする方法、又は包絡線検波した後の振幅の最大値とする方法により求められる。

30

次に、ステップ S54 から S60 が繰り返されて、全ての仮定音速の値での演算が終了すると ( ステップ S60 の Yes )、格子点 X<sub>ROI</sub> における局所音速値が判定される ( ステップ S62 )。ホイヘンスの原理を厳密に適用した場合、上記ステップ S56 において求めた仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> の波形は、格子点 X<sub>ROI</sub> における局所音速値を V と仮定した場合の仮想受信波 ( 反射波 ) WX の波形と等しくなる。ステップ S52 では、仮想受信波 WX と仮想合成受信波 W<sub>SUM</sub> との差が最小になる仮定音速の値を格子点 X<sub>ROI</sub> における局所音速値と判定する。

40

【0103】

なお、上記の実施形態では、整相処理を施した後の受信信号を用いて類似度を導出することとしたがこれに限定されるものではなく、設定音速に基づいて各チャンネルの受信信号に対して算出された受信遅延時間を中心とする演算対象領域を各チャンネルの受信信号について求め、各演算対象領域内における受信信号間の類似度を導出してもよい。

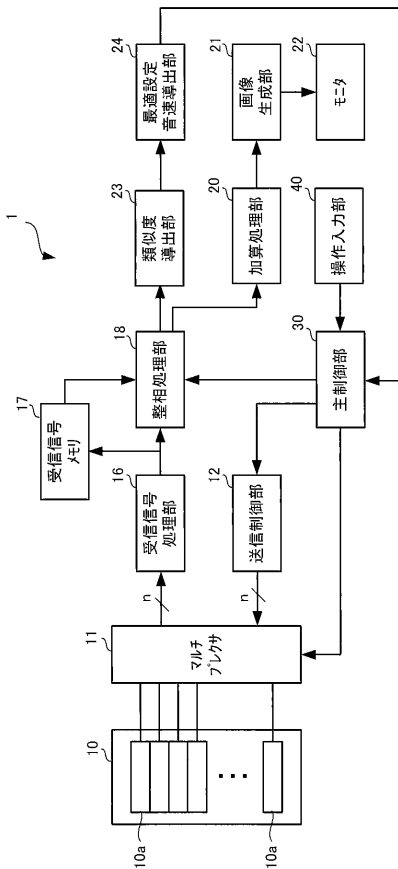
【符号の説明】

50

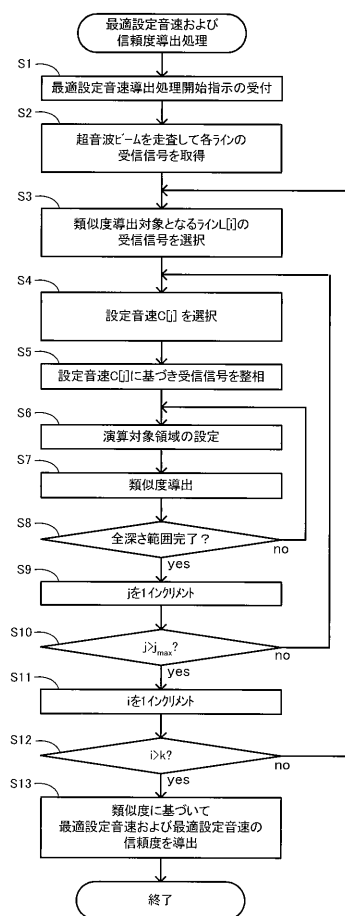
【 0 1 0 4 】

- 1 超音波診断装置
- 10 超音波プローブ
- 10a 圧電素子
- 12 送信制御部
- 16 受信信号処理部
- 17 受信信号メモリ
- 18 整相処理部
- 20 加算処理部
- 21 画像生成部
- 23 類似度導出部
- 24 最適設定音速導出部
- 30 主制御部
- 40 操作入力部

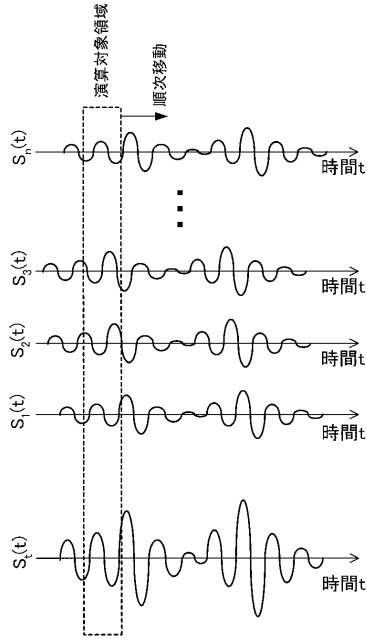
【 図 1 】



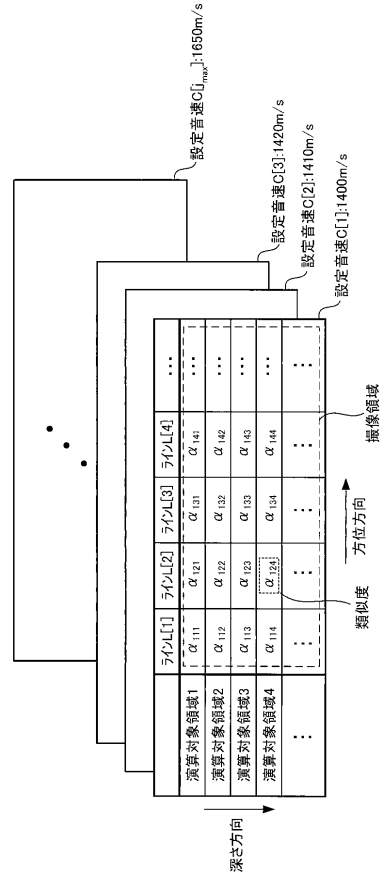
【 図 2 】



【図3】



【図4】



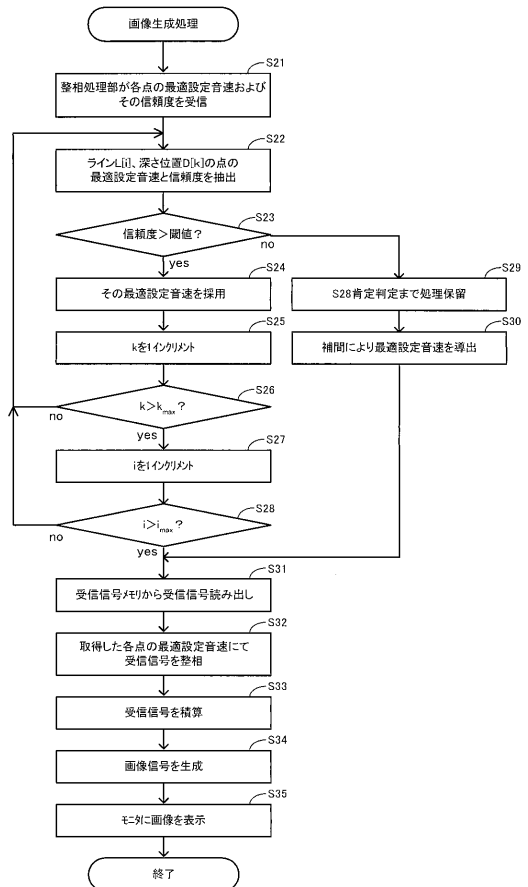
【図5】

演算対象領域1	ライン[1]	ライン[2]	ライン[3]	ライン[4]	...
	$C[1]/\alpha_{111}$	$C[1]/\alpha_{121}$	$C[2]/\alpha_{231}$	$C[2]/\alpha_{241}$	...
演算対象領域2	$C[3]/\alpha_{312}$	$C[3]/\alpha_{322}$	$C[2]/\alpha_{122}$	$C[2]/\alpha_{242}$	...
演算対象領域3	$C[4]/\alpha_{413}$	$C[4]/\alpha_{423}$	$C[3]/\alpha_{333}$	$C[3]/\alpha_{343}$	...
演算対象領域4	$C[4]/\alpha_{414}$	$C[3]/\alpha_{324}$	$C[2]/\alpha_{234}$	$C[2]/\alpha_{244}$	...
...	...	...	...	...	...

最速設定音速 (類似度)

画像領域

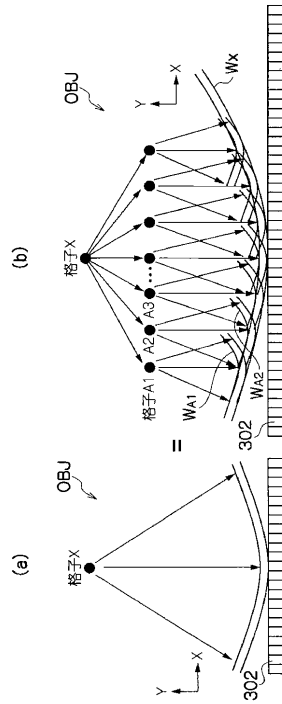
【図6】



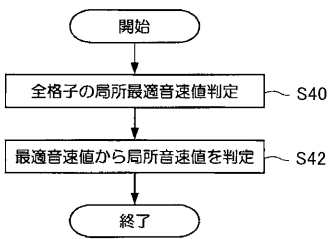
【 図 7 】

q1	q2	q3
q4	p	q5
q6	q7	q8

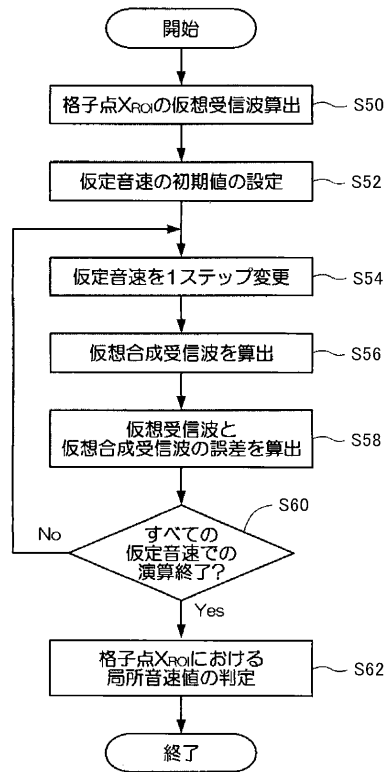
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



专利名称(译)	超声诊断设备，可靠性确定方法和设定声速的程序		
公开(公告)号	<a href="#">JP2013244222A</a>	公开(公告)日	2013-12-09
申请号	JP2012120243	申请日	2012-05-25
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	勝山公人		
发明人	勝山 公人		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14.ZDM		
F-TERM分类号	4C601/DD20 4C601/EE10 4C601/EE22 4C601/HH33 4C601/JB40 4C601/JB42 4C601/JB53		
代理人(译)	中岛敦 福田浩		
其他公开文献	JP5854929B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

摘要：要解决的问题：提供能够稳定地确定对象中声速的估计值的可靠性的超声诊断设备，以及用于确定设定声速的可靠性的方法。解决方案：接收信号获取装置获取由多个压电元件10a中的每一个根据传输到对象的超声波的反射波产生的接收信号。定相处理单元18通过将基于设定声速计算的延迟时间赋予每个接收信号来执行每个接收信号的定相。相似度导出单元23导出表示由定相处理单元18定相的接收信号之间的相似性的相似度。最佳设定声速导出单元24基于相似度导出最佳设定声速。通过相似度导出装置导出，并导出表示导出的最佳设定声速的可靠性的可靠度。

