

(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2010-99452

(P2010-99452A)

(43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/00

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 26 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2009-88363 (P2009-88363)
 (22) 出願日 平成21年3月31日 (2009.3.31)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-245519 (P2008-245519)
 (32) 優先日 平成20年9月25日 (2008.9.25)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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2番30号
 (74) 代理人 100083116
 弁理士 松浦 憲三
 (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 EE09 EE22 HH29 HH33
 JB35 JB53

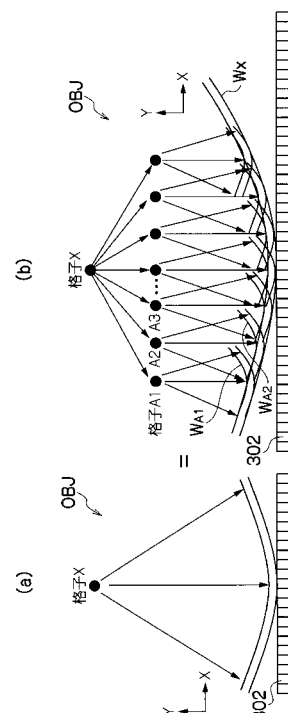
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波診断方法

(57) 【要約】

【課題】 被検体内の任意の診断部位における音速値（局所音速値）を高精度で算出することが可能な超音波診断装置及び超音波診断方法を提供する。

【解決手段】 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。本発明では、格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波（それぞれ $W_{A1}, W_{A2}, \dots$ ）の（ T 及び遅延時間 ΔT ）を既知として、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} からの仮想受信波 W_x と格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波を仮想的に合成した仮想合成受信波 W_{SUM} が一致することを利用して、仮想受信波 W_x と仮想合成受信波 W_{SUM} との差が最小となる仮定音速を格子点 X_{ROI} における局所音速値と判定する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、

前記超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された格子点と、前記着目領域における最適音速値を判定する最適音速値判定手段と、

前記着目領域における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記着目領域から受信される受信波を演算する第 1 の演算手段と、

前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記各格子点から受信される受信波を求め、前記各格子点の受信波を合成して合成受信波を得る第 2 の演算手段と、

前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定手段と、

を備える超音波診断装置。

【請求項 2】

前記局所音速値判定手段が、前記受信波と前記合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定する、請求項 1 記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、

前記超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点と前記超音波探触子の間の領域における最適音速値を判定する最適音速値判定手段と、

前記複数の格子点から受信される受信波を求め、前記求めた受信波を合成して第 1 の合成受信波を得る合成受信波取得手段と、

前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記複数の格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射されて前記複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波をそれぞれ求め、前記求めた受信波を合成して第 2 の合成受信波を得る演算手段と、

前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定手段と、

を備える超音波診断装置。

【請求項 4】

前記局所音速値判定手段が、前記第 1 の合成受信波と前記第 2 の合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定する、請求項 3 記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、

前記被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、前記超音波探触子から前記着目領域に超音波を送信したときに前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点から受信される受信波を前記仮定音速に基づいて求め、前記格子点からの受信波を合成して合成受信波を得る演算手段と、

前記格子点からの受信波から遅延を求めて前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算手段と、

前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定手段と、

10

20

30

40

50

を備える超音波診断装置。

【請求項 6】

前記音速判定指数演算手段が、画像のコントラスト、スキャン方向空間周波数及び分散のうち少なくとも 1 つに基づいて前記音速判定指数を求める請求項 5 記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、

前記被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、前記超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射され、前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波を前記仮定音速に基づいてそれぞれ求める演算手段と、

前記複数の格子点からの受信波から遅延を求め、前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算手段と、

前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定手段と、

を備える超音波診断装置。

【請求項 8】

前記被検体内の音速が略一様な領域の境界に格子点を設定する格子点設定手段を更に備える請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記被検体内の局所音速値の判定結果に基づいて、送信フォーカス及び受信フォーカスの少なくとも一方の処理を施すことによって、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成手段を更に備える請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記局所音速値の判定結果を表示する表示手段を更に備える請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記超音波検出信号に基づいて、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成手段を更に備え、

前記表示手段が、前記局所音速値の判定結果を、前記振幅画像に重畳させるか、又は前記振幅画像と並べて表示する請求項 10 記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記超音波検出信号に基づいて、前記超音波エコーの振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成手段を更に備え、

前記表示手段が、前記振幅画像の輝度又は色を変化させることにより、前記局所音速値の判定結果を表示する請求項 10 記載の超音波診断装置。

【請求項 13】

前記振幅画像を単独で表示する第 1 の表示モードと、前記被検体内の局所音速値の判定結果を表示する第 2 の表示モードとの間で表示モードを切り替える表示モード切替手段を更に備える請求項 11 又は 12 記載の超音波診断装置。

【請求項 14】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子から得られた超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された格子点と、前記着目領域における最適音速値を判定する最適音速値判定工程と、

前記着目領域における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記着目領域から受信される受信波を演算する第 1 の演算工程と、

10

20

30

40

50

前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記各格子点から受信される受信波を求め、前記各格子点の受信波を合成して合成受信波を得る第2の演算工程と、
前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定工程と、

を備える超音波診断方法。

【請求項15】

前記局所音速値判定工程では、前記受信波と前記合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定する、請求項14記載の超音波診断方法。

10

【請求項16】

超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子から得られた前記超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点と前記超音波探触子の間の領域における最適音速値を判定する最適音速値判定工程と、

前記複数の格子点から受信される受信波を求め、前記求めた受信波を合成して第1の合成受信波を得る合成受信波取得工程と、

前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記複数の格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射されて前記複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波をそれぞれ求め、前記求めた受信波を合成して第2の合成受信波を得る演算工程と、

20

前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定工程と、

を備える超音波診断方法。

【請求項17】

前記局所音速値判定工程では、前記第1の合成受信波と前記第2の合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定する、請求項16記載の超音波診断方法。

30

【請求項18】

被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、超音波探触子から前記着目領域に超音波を送信したときに前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点から受信される受信波を前記仮定音速に基づいて求め、前記格子点からの受信波を合成して合成受信波を得る演算工程と、

前記格子点からの受信波から遅延を求めて前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算工程と、

前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定工程と、

40

を備える超音波診断方法。

【請求項19】

前記音速判定指数演算工程では、画像のコントラスト、スキャン方向空間周波数及び分散のうち少なくとも1つに基づいて前記音速判定指数を求める請求項18記載の超音波診断方法。

【請求項20】

被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、超音波を前記被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射され、前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の

50

格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波を前記仮定音速に基づいてそれぞれ求める演算工程と、

前記複数の格子点からの受信波から遅延を求め、前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算工程と、

前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定工程と、

を備える超音波診断方法。

【請求項 2 1】

前記被検体内の音速が略一様な領域の境界に格子点を設定する格子点設定工程を更に備える請求項 1 4 から 2 0 のいずれか 1 項記載の超音波診断方法。

10

【請求項 2 2】

前記被検体内の局所音速値の判定結果に基づいて、送信フォーカス及び受信フォーカスの少なくとも一方の処理を施すことによって、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成工程を更に備える請求項 1 4 から 2 1 のいずれか 1 項記載の超音波診断方法。

【請求項 2 3】

前記局所音速値の判定結果を表示手段に表示する表示工程を更に備える請求項 1 4 から 2 1 のいずれか 1 項記載の超音波診断方法。

【請求項 2 4】

前記超音波検出信号に基づいて、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成工程と、

20

前記局所音速値の判定結果を、前記振幅画像に重畳させるか、又は前記振幅画像と並べて前記表示手段に表示する工程と、

を更に備える請求項 2 3 記載の超音波診断方法。

【請求項 2 5】

前記超音波検出信号に基づいて、前記超音波エコーの振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成工程と、

前記振幅画像の輝度又は色を変化させることにより、前記局所音速値の判定結果を前記表示手段に表示する工程と、

30

を更に備える請求項 2 3 記載の超音波診断方法。

【請求項 2 6】

前記振幅画像を単独で表示する第 1 の表示モードと、前記被検体内の局所音速値の判定結果を表示する第 2 の表示モードとの間で表示モードを切り替える指示入力をオペレータから受け付けて、前記表示モードを切り替える表示モード切替工程を更に備える請求項 2 4 又は 2 5 記載の超音波診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波診断装置及び超音波診断方法に係り、特に超音波を用いて被検体の超音波画像を撮影して表示する超音波診断装置及び超音波診断方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、超音波を用いて被検体内の一部（診断部位）における音速値（以下、局所音速値という。）を測定する試みがなされている。例えば、送信用と受信用の 2 個の振動子を向かい合わせて配置し、振動子間の距離と超音波の伝播時間から被検体内における音速値を求める方法や、所定距離間隔で配置された 2 組の振動子をそれぞれ送信用・受信用として、振動子間の超音波の伝播時間と送波・受波角度と各組の振動子間の距離とから伝播速度を求める方法が提案されている。

【0003】

50

また、特許文献 1 には、下記のような局所音速値の測定方法が開示されている。特許文献 1 では、送波振動子から被検体内に出射角度を変えながら超音波を送波し、受波振動子により入射角度を変えながら受波して、送波から受波までの経過時間を全てメモリに格納しておく。次に、仮想的な音速分布を設定し、その音速分布に基づいて各出射角度・入射角度ごとに経過時間を計算する。そして、経過時間の計算値と実測値の差が最小になるように仮想的な音速分布を修正し、最終的に得られた音速分布によって被検体内の音速値を求める。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献 1】特開平 5 - 9 5 9 4 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

音速値が一定の媒質からなる被検体 O B J 1 内の音速値 V は下記のようにして算出することができる。図 1 4 (a) に示すように、被検体 O B J 1 内の反射点 (領域) X 1_{RO I} から超音波探触子 3 0 0 A までの距離を L とすると、反射点 X 1_{RO I} で超音波が反射されてから反射点 X 1_{RO I} の直下の素子 3 0 2 A₀ で受信されるまでの経過時間 T は、 $T = L / V$ である。素子 3 0 2 A₀ から X 方向 (素子 3 0 2 A の配列方向) に距離 X 離れた位置にある素子 3 0 2 A_i で受信されるまで経過時間を $T + \Delta T$ とすると、素子 3 0 2 A₀ と 3 0 2 A_i との間の遅延時間 ΔT は下記の式 (1) により表される。

20

【0006】

【数 1】

$$\Delta T = \Delta L / V (\text{ここで、} \Delta L = \sqrt{L^2 + X^2} - L) \quad \cdots (1)$$

【0007】

従って、超音波が送波されて反射点 X 1_{RO I} で時間 T 後に反射された後、各素子により受信されるまでの経過時間 [2 T , 2 T + ΔT] を測定することにより、反射点 X 1_{RO I} までの距離 L と速度 V を一意に求めることができる。

30

【0008】

なお、反射点 X 1_{RO I} からの超音波が明確に判別できる場合には、位置関係が既知の異なる 2 素子において測定された経過時間から L と V を求めることができる。しかしながら、一般に各素子 3 0 2 A から出力される超音波検出信号は無数の反射点からの信号が干渉した結果であり、特定の反射点からの信号のみを弁別することが困難である。このため、実際には、反射点 X 1_{RO I} 近傍の着目領域における再構築画像の空間周波数、シャープネス及びコントラストから、反射点 X 1_{RO I} までの距離 L、遅延時間 ΔT 及び音速値 V を一意に求めることとなる。

40

【0009】

上記のように、被検体内の音速が一定の場合には、音速値を求めることが可能であるが、図 1 4 (b) に示す被検体 O B J 2 のように、内部の音速が一定でない場合には、上記の方法では、反射点 (領域) X 2_{RO I} までの距離 L 及び音速値 V , V ' を求めることは困難である。

【0010】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、被検体内の任意の診断部位における音速値 (局所音速値) を高精度で算出することが可能な超音波診断装置及び超音波診断方法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】

50

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の態様に係る超音波診断装置は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、前記超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された格子点と、前記着目領域における最適音速値を判定する最適音速値判定手段と、前記着目領域における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記着目領域から受信される受信波を演算する第 1 の演算手段と、前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記各格子点から受信される受信波を求め、前記各格子点の受信波を合成して合成受信波を得る第 2 の演算手段と、前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定手段とを備える。

10

【 0 0 1 2 】

上記第 1 の態様によれば、B モード画像を生成するときに得られる振幅画像、RF データ又は各超音波トランスデューサ素子により受信した受信波のデータを用いることにより、被検体内の局所音速値を高精度で判定することができる。上記のようにして求めた局所音速値を用いることにより、被検体内の病変の検出をより精確に行うことができる。また、上記第 1 の態様では、局所音速値を測定するために、超音波の送信、受信専用の構成を必要としない。

20

【 0 0 1 3 】

本発明の第 2 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 1 の態様において、前記局所音速値判定手段が、前記受信波と前記合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定するようにしたものである。

【 0 0 1 4 】

本発明の第 3 の態様に係る超音波診断装置は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、前記超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点と前記超音波探触子の間の領域における最適音速値を判定する最適音速値判定手段と、前記複数の格子点から受信される受信波を求め、前記求めた受信波を合成して第 1 の合成受信波を得る合成受信波取得手段と、前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記複数の格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射されて前記複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波をそれぞれ求め、前記求めた受信波を合成して第 2 の合成受信波を得る演算手段と、前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定手段とを備える。

30

【 0 0 1 5 】

上記第 3 の態様によれば、被検体内の着目領域で反射される超音波の音線追跡を行って、超音波探触子の各素子に直接到達する受信波を用いて、着目領域における局所音速値を行うことにより、局所音速値をより少ない処理で、精確に算出することが可能になる。

40

【 0 0 1 6 】

本発明の第 4 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 3 の態様において、前記局所音速値判定手段が、前記第 1 の合成受信波と前記第 2 の合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定するようにしたものである。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 5 の態様に係る超音波診断装置は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、前記被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、前記超音波探触子から前記着目領域に超音波を送信したときに前記着目領域より

50

も浅い領域に設定された複数の格子点から受信される受信波を前記仮定音速に基づいて求め、前記格子点からの受信波を合成して合成受信波を得る演算手段と、前記格子点からの受信波から遅延を求めて前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算手段と、前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定手段とを備える。

【 0 0 1 8 】

上記第 5 の態様によれば、被検体内の浅い層から順に局所音速値を判定することにより、被検体内の局所音速値を高精度で判定することができる。

10

【 0 0 1 9 】

本発明の第 6 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 5 の態様において、前記音速判定指数演算手段が、画像のコントラスト、スキャン方向空間周波数及び分散のうち少なくとも 1 つに基づいて前記音速判定指数を求めるようにしたものである。

【 0 0 2 0 】

本発明の第 7 の態様に係る超音波診断装置は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、前記被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、前記超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射され、前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波を前記仮定音速に基づいてそれぞれ求める演算手段と、前記複数の格子点からの受信波から遅延を求め、前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算手段と、前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定手段とを備える。

20

【 0 0 2 1 】

上記第 7 の態様によれば、被検体内の浅い層から順に音線追跡を繰り返して、局所音速値を判定することにより、被検体内の局所音速値を高精度で判定することが可能になる。

【 0 0 2 2 】

本発明の第 8 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 1 から第 7 の態様のいずれかにおいて、前記被検体内の音速が略一様な領域の境界に格子点を設定する格子点設定手段を更に備える。

30

【 0 0 2 3 】

本発明の第 9 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 1 から第 8 の態様のいずれかにおいて、前記被検体内の局所音速値の判定結果に基づいて、送信フォーカス及び受信フォーカスの少なくとも一方の処理を施すことによって、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成手段を更に備える。

【 0 0 2 4 】

本発明の第 10 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 1 から第 8 の態様のいずれかにおいて、前記局所音速値の判定結果を表示する表示手段を更に備える。

40

【 0 0 2 5 】

本発明の第 11 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 10 の態様において、前記超音波検出信号に基づいて、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成手段を更に備え、前記表示手段が、前記局所音速値の判定結果を、前記振幅画像に重畳させるか、又は前記振幅画像と並べて表示するようにしたものである。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 12 の態様に係る超音波診断装置は、上記第 10 の態様において、前記超音波検出信号に基づいて、前記超音波エコーの振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成手段を更に備え、前記表示手段が、前記振幅画像の輝度又は色を変化させ

50

ることにより、前記局所音速値の判定結果を表示するようにしたものである。

【0027】

本発明の第13の態様に係る超音波診断装置は、上記第11又は第12の態様において、前記振幅画像を単独で表示する第1の表示モードと、前記被検体内の局所音速値の判定結果を表示する第2の表示モードとの間で表示モードを切り替える表示モード切替手段を更に備える。

【0028】

上記第10から第13の態様によれば、上記した効果に加え、オペレータが局所音速値の判定結果を観察するための手段を提供することができる。

【0029】

本発明の第14の態様に係る超音波診断方法は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子から得られた超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された格子点と、前記着目領域における最適音速値を判定する最適音速値判定工程と、前記着目領域における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記着目領域から受信される受信波を演算する第1の演算工程と、前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記各格子点から受信される受信波を求め、前記各格子点の受信波を合成して合成受信波を得る第2の演算工程と、前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定工程とを備える。

【0030】

本発明の第15の態様に係る超音波診断方法は、前記局所音速値判定工程で、前記受信波と前記合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定するようにしたものである。

【0031】

本発明の第16の態様に係る超音波診断方法は、超音波を被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子から得られた前記超音波検出信号に基づいて、前記被検体内の着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点と前記超音波探触子の間の領域における最適音速値を判定する最適音速値判定工程と、前記複数の格子点から受信される受信波を求め、前記求めた受信波を合成して第1の合成受信波を得る合成受信波取得工程と、前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記複数の格子点における最適音速値に基づいて、前記超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射されて前記複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波をそれぞれ求め、前記求めた受信波を合成して第2の合成受信波を得る演算工程と、前記受信波と前記合成受信波に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定する局所音速値判定工程とを備える。

【0032】

本発明の第17の態様に係る超音波診断方法は、上記第16の態様の局所音速値判定工程で、前記第1の合成受信波と前記第2の合成受信波の間の誤差が最小になる受信波の演算に使用した仮定音速を、前記着目領域における局所音速値と判定するようにしたものである。

【0033】

本発明の第18の態様に係る超音波診断方法は、被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、超音波探触子から前記着目領域に超音波を送信したときに前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点から受信される受信波を前記仮定音速に基づいて求め、前記格子点からの受信波を合成して合成受信波を得る演算工程と、前記格子点からの受信波から遅延を求めて前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算工程と、前記音速判定指数に基づ

10

20

30

40

50

いて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定工程とを備える。

【0034】

本発明の第19の態様に係る超音波診断方法は、上記第18の態様の音速判定指数演算工程で、画像のコントラスト、スキャン方向空間周波数及び分散のうち少なくとも1つに基づいて前記音速判定指数を求めるようにしたものである。

【0035】

本発明の第20の態様に係る超音波診断方法は、被検体内のある着目領域における仮定音速を仮定して、超音波を前記被検体に送信するとともに、該被検体によって反射される超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子から前記着目領域に送信された超音波の音線を追跡し、前記着目領域で反射され、前記着目領域よりも浅い領域に設定された複数の格子点を通して前記複数の超音波トランスデューサに到達する受信波を前記仮定音速に基づいてそれぞれ求める演算工程と、前記複数の格子点からの受信波から遅延を求め、前記遅延に基づいて前記着目領域における画像を生成し、該画像に基づいて音速判定指数を求める音速判定指数演算工程と、前記音速判定指数に基づいて前記着目領域における局所音速値を判定し、前記局所音速値の判定を、浅い領域の格子点から順に繰り返すことにより、前記被検体内の局所音速値を判定する局所音速値判定工程とを備える。

10

【0036】

本発明の第21の態様に係る超音波診断方法は、上記第14から第20の態様のいずれかにおいて、前記被検体内の音速が略一様な領域の境界に格子点を設定する格子点設定工程を更に備える。

20

【0037】

本発明の第22の態様に係る超音波診断方法は、上記第14から第21の態様のいずれかにおいて、前記被検体内の局所音速値の判定結果に基づいて、送信フォーカス及び受信フォーカスの少なくとも一方の処理を施すことにより、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成工程を更に備える。

【0038】

本発明の第23の態様に係る超音波診断方法は、上記第14から第21の態様のいずれかにおいて、前記局所音速値の判定結果を表示手段に表示する表示工程を更に備える。

30

【0039】

本発明の第24の態様に係る超音波診断方法は、上記第23の態様において、前記超音波検出信号に基づいて、前記受信波の振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成工程と、前記局所音速値の判定結果を、前記振幅画像に重畳させるか、又は前記振幅画像と並べて前記表示手段に表示する工程とを更に備える。

【0040】

本発明の第25の態様に係る超音波診断方法は、上記第23の態様において、前記超音波検出信号に基づいて、前記超音波エコーの振幅を点の輝度により表す振幅画像を作成する振幅画像作成工程と、前記振幅画像の輝度又は色を変化させることにより、前記局所音速値の判定結果を前記表示手段に表示する工程とを更に備える。

40

【0041】

本発明の第26の態様に係る超音波診断方法は、上記第24又は第25の態様において、前記振幅画像を単独で表示する第1の表示モードと、前記被検体内の局所音速値の判定結果を表示する第2の表示モードとの間で表示モードを切り替える指示入力をオペレータから受け付けて、前記表示モードを切り替える表示モード切替工程を更に備える。

【発明の効果】

【0042】

本発明によれば、Bモード画像を生成するときに得られる振幅画像、RFデータ又は各超音波トランスデューサ素子により受信した受信波のデータを用いることにより、被検体

50

内の局所音速値を高精度で判定することができる。上記のようにして求めた局所音速値を用いることにより、被検体内の病変の検出をより精確に行うことができる。また、本発明では、局所音速値を測定するために、超音波の送信、受信専用の構成を必要としない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 3 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る超音波診断装置を示すブロック図

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を模式的に示す図

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を示すフローチャート

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を示すフローチャート

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を模式的に示す図

10

【図 6】本発明の第 2 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を示すフローチャート

【図 7】本発明の第 2 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を示すフローチャート

【図 8】本発明の第 3 の実施形態に係る被検体内の局所音速値の演算手順を模式的に示す図

【図 9】本発明の第 3 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を示すフローチャート

【図 10】本発明の第 3 の実施形態に係る音線追跡による受信波の受信時刻の算出処理を示すフローチャート

【図 11】本発明の第 4 の実施形態に係る被検体内の局所音速値の演算手順を模式的に示す図

【図 12】本発明の第 4 の実施形態に係る音線追跡による受信波の受信時刻の算出処理を示すフローチャート

20

【図 13】本発明の第 5 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を示すフローチャート

【図 14】局所音速値の演算処理を模式的に示す図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 4 】

以下、添付図面に従って本発明に係る超音波診断装置及び超音波診断方法の好ましい実施の形態について説明する。

【 0 0 4 5 】

[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を示すブロック図である。

30

【 0 0 4 6 】

図 1 に示す超音波診断装置 10 は、超音波探触子 300 から被検体 O B J に超音波ビームを送信して、被検体 O B J によって反射された超音波ビーム（超音波エコー）を受信し、超音波エコーの検出信号から超音波画像を作成・表示する装置である。

【 0 0 4 7 】

C P U (Central Processing Unit) 100 は、操作入力部 200 からの操作入力に応じて超音波診断装置 10 の各ブロックの制御を行う。

【 0 0 4 8 】

操作入力部 200 は、オペレータからの操作入力を受け付ける入力デバイスであり、操作卓 202 とポインティングデバイス 204 とを含んでいる。操作卓 202 は、文字情報（例えば、患者情報）の入力を受け付けるキーボードと、振幅画像（B モード画像）を単独で表示するモードと局所音速値の判定結果を表示するモードとの間で表示モードを切り替える表示モード切り替えボタンと、ライブモードとフリーズモードとの切り替えを指示するためのフリーズボタンと、シネメモリ再生を指示するためのシネメモリ再生ボタンと、超音波画像の解析・計測を指示するための解析・計測ボタンとを含んでいる。ポインティングデバイス 204 は、表示部 104 の画面上における領域の指定の入力を受け付けるデバイスであり、例えば、トラックボール又はマウスである。なお、ポインティングデバイス 204 としては、タッチパネルを用いることも可能である。

40

【 0 0 4 9 】

格納部 102 は、C P U 100 に超音波診断装置 10 の各ブロックの制御を制御するた

50

めの制御プログラムが格納する記憶装置であり、例えば、ハードディスク又は半導体メモリである。

【 0 0 5 0 】

表示部 1 0 4 は、例えば、C R T (Cathode Ray Tube) ディスプレイ又は液晶ディスプレイであり、超音波画像 (動画及び静止画) の表示、及び各種の設定画面を表示する。

【 0 0 5 1 】

超音波探触子 3 0 0 は、被検体 O B J に当接させて用いるプローブであり、1次元又は2次元のトランスデューサアレイを構成する複数の超音波トランスデューサ 3 0 2 を備えている。超音波トランスデューサ 3 0 2 は、送信回路 4 0 2 から印加される駆動信号に基づいて超音波ビームを被検体 O B J に送信すると共に、被検体 O B J から反射される超音波エコーを受信して検出信号を出力する。

10

【 0 0 5 2 】

超音波トランスデューサ 3 0 2 は、圧電性を有する材料 (圧電体) の両端に電極が形成されて構成された振動子を含んでいる。上記振動子を構成する圧電体としては、例えば、P Z T (チタン酸ジルコン酸鉛 : Pb (lead) zirconate titanate) のような圧電セラミック、P V D F (ポリフッ化ビニリデン : polyvinylidene difluoride) のような高分子圧電素子を用いることができる。上記振動子の電極に電気信号を送って電圧を印加すると圧電体が伸縮し、この圧電体の伸縮により各振動子において超音波が発生する。例えば、振動子の電極にパルス状の電気信号を送るとパルス状の超音波が発生し、振動子の電極に連続波の電気信号を送ると連続波の超音波が発生する。そして、各振動子において発生した超音波が合成されて超音波ビームが形成される。また、各振動子により超音波が受信されると、各振動子の圧電体が伸縮して電気信号を発生する。各振動子において発生した電気信号は、超音波の検出信号として受信回路 4 0 4 に出力される。

20

【 0 0 5 3 】

なお、超音波トランスデューサ 3 0 2 としては、超音波変換方式の異なる複数種類の素子を用いることも可能である。例えば、超音波を送信する素子として上記圧電体により構成される振動子を用いて、超音波を受信する素子として光検出方式の超音波トランスデューサを用いるようにしてもよい。ここで、光検出方式の超音波トランスデューサとは、超音波信号を光信号に変換して検出するものであり、例えば、ファブリーペロー共振器又はファイバブラッググレーティングである。

30

【 0 0 5 4 】

次に、ライブモード時における超音波診断処理について説明する。ライブモードは、被検体 O B J に超音波探触子 3 0 0 を当接させて超音波の送受信を行うことによって得られた超音波画像 (動画) の表示、解析・計測を行うモードである。

【 0 0 5 5 】

超音波探触子 3 0 0 が被検体 O B J に当接されて、操作入力部 2 0 0 からの指示入力により超音波診断が開始されると、C P U 1 0 0 は、送受信部 4 0 0 に制御信号を出力して、超音波ビームの被検体 O B J への送信、及び被検体 O B J からの超音波エコーの受信を開始させる。C P U 1 0 0 は、超音波トランスデューサ 3 0 2 ごとに超音波ビームの送信方向と超音波エコーの受信方向とを設定する。

40

【 0 0 5 6 】

更に、C P U 1 0 0 は、超音波ビームの送信方向に応じて送信遅延パターンを選択するとともに、超音波エコーの受信方向に応じて受信遅延パターンを選択する。ここで、送信遅延パターンとは、複数の超音波トランスデューサ 3 0 2 から送信される超音波によって所望の方向に超音波ビームを形成するために駆動信号に与えられる遅延時間のパターンデータであり、受信遅延パターンとは、複数の超音波トランスデューサ 3 0 2 によって受信される超音波によって所望の方向からの超音波エコーを抽出するために検出信号に与えられる遅延時間のパターンデータである。上記送信遅延パターン及び受信遅延パターンは予め格納部 1 0 2 に格納されている。C P U 1 0 0 は、格納部 1 0 2 に格納されているものの中から送信遅延パターン及び受信遅延パターンを選択し、選択した送信遅延パターン及

50

び受信遅延パターンに従って、送受信部400に制御信号を出力して超音波の送受信制御を行う。

【0057】

送信回路402は、CPU100からの制御信号に応じて駆動信号を生成して、該駆動信号を超音波トランスデューサ302に印加する。このとき、送信回路402は、CPU100によって選択された送信遅延パターンに基づいて、各超音波トランスデューサ302に印加する駆動信号を遅延させる。ここで、送信回路402は、複数の超音波トランスデューサ302から送信される超音波が超音波ビームを形成するように、各超音波トランスデューサ302に駆動信号を印加するタイミングを調整する（遅延させる）。なお、複数の超音波トランスデューサ302から一度に送信される超音波が被検体OBJの撮像領域全体に届くように、駆動信号を印加するタイミングを調節するようにしてもよい。

10

【0058】

受信回路404は、各超音波トランスデューサ302から出力される超音波検出信号を受信して増幅する。上記のように、各超音波トランスデューサ302と被検体OBJ内の超音波反射源との間の距離がそれぞれ異なるため、各超音波トランスデューサ302に反射波が到達する時間が異なる。受信回路404は遅延回路を備えており、CPU100によって選択された受信遅延パターンに基づいて設定される音速（以下、仮定音速という。）又は音速の分布に従って、反射波の到達時刻の差（遅延時間）に相当する分、各検出信号を遅延させる。次に、受信回路404は、遅延時間を与えた検出信号を整合加算することにより受信フォーカス処理を行う。超音波反射源 X_{ROI} と異なる位置に別の超音波反射源がある場合には、別の超音波反射源からの超音波検出信号は到達時刻が異なるので、上記加算回路で加算することにより、別の超音波反射源からの超音波検出信号の位相が打ち消し合う。これにより、超音波反射源 X_{ROI} からの受信信号が最も大きくなり、フォーカスが合う。上記受信フォーカス処理によって、超音波エコーの焦点が絞り込まれた音線信号（以下、RF信号という。）が形成される。

20

【0059】

A/D変換器406は、受信回路404から出力されるアナログのRF信号をデジタルRF信号（以下、RFデータという。）に変換する。ここで、RFデータは、受信波（搬送波）の位相情報を含んでいる。A/D変換器406から出力されるRFデータは、信号処理部502とシネメモリ602にそれぞれ入力される。

30

【0060】

シネメモリ602は、A/D変換器406から入力されるRFデータを順次格納する。また、シネメモリ602は、CPU100から入力されるフレームレートに関する情報（例えば、超音波の反射位置の深度、走査線の密度、視野幅を示すパラメータ）を上記RFデータに関連付けて格納する。

【0061】

信号処理部502は、上記RFデータに対して、STC（Sensitivity Time gain Control）によって、超音波の反射位置の深度に応じて距離による減衰の補正をした後、包絡線検波処理を施し、Bモード画像データ（超音波エコーの振幅を点の明るさ（輝度）により表した画像データ）を生成する。

40

【0062】

信号処理部502によって生成されたBモード画像データは、通常のテレビジョン信号の走査方式と異なる走査方式によって得られたものである。このため、DSC（Digital Scan Converter）504は、上記Bモード画像データを通常の画像データ（例えば、テレビジョン信号の走査方式（NTSC方式）の画像データ）に変換（ラスタ変換）する。画像処理部506は、DSC504から入力される画像データに、各種の必要な画像処理（例えば、階調処理）を施す。

【0063】

画像メモリ508は、画像処理部506から入力される画像データを格納する。D/A変換器510は、画像メモリ508から読み出された画像データをアナログの画像信号に

50

変換して表示部 104 に出力する。これにより、超音波探触子 300 によって撮影された超音波画像（動画）が表示部 104 に表示される。

【0064】

なお、本実施形態では、受信回路 404 において受信フォーカス処理が施された検出信号を RF 信号としたが、受信フォーカス処理が施されていない検出信号を RF 信号としてもよい。この場合、複数の超音波トランスデューサ 302 から出力される複数の超音波検出信号が、受信回路 404 において増幅され、増幅された検出信号、即ち、RF 信号が、A/D 変換器 406 において A/D 変換されることによって RF データが生成される。そして、上記 RF データは、信号処理部 502 に供給されるとともに、シネメモリ 602 に格納される。受信フォーカス処理は、信号処理部 502 においてデジタル的に行われる。

10

【0065】

次に、シネメモリ再生モードについて説明する。シネメモリ再生モードは、シネメモリ 602 に格納されている RF データに基づいて超音波診断画像の表示、解析・計測を行うモードである。

【0066】

操作卓 202 のシネメモリ再生ボタンが押下されると、CPU 100 は、超音波診断装置 10 の動作モードをシネメモリ再生モードに切り替える。シネメモリ再生モード時には、CPU 100 は、オペレータからの操作入力により指定された RF データの再生をシネメモリ再生部 604 に指令する。シネメモリ再生部 604 は、CPU 100 からの指令に従って、シネメモリ 602 から RF データを読み出して、画像信号生成部 500 の信号処理部 502 に送信する。シネメモリ 602 から送信された RF データは、信号処理部 502、DSC 504 及び画像処理部 506 において所定の処理（ライブモード時と同様の処理）が施されて画像データに変換された後、画像メモリ 508 及び D/A 変換器 510 を経て表示部 104 に出力される。これにより、シネメモリ 602 に格納された RF データに基づく超音波画像（動画又は静止画）が表示部 104 に表示される。

20

【0067】

ライブモード又はシネメモリ再生モード時において、超音波画像（動画）が表示されているときに操作卓 202 のフリーズボタンが押下されると、フリーズボタン押下時に表示されている超音波画像が表示部 104 に静止画表示される。これにより、オペレータは、着目領域（ROI：Region of Interest）の静止画を表示させて観察することができる。

30

【0068】

操作卓 202 の計測ボタンが押下されると、オペレータからの操作入力により指定された解析・計測が行われる。データ解析計測部 106 は、各動作モード時に計測ボタンが押下された場合に、A/D 変換器 406 又はシネメモリ 602 から、画像処理が施される前の RF データを取得し、当該 RF データを用いてオペレータ指定の解析・計測（例えば、組織部の歪み解析（硬さ診断）、血流の計測、組織部の動き計測、又は IMT（内膜中膜複合体厚：Intima-Media Thickness）値計測）を行う。データ解析計測部 106 による解析・計測結果は、画像信号生成部 500 の DSC 504 に出力される。DSC 504 は、データ解析計測部 106 による解析・計測結果を超音波画像の画像データに挿入して表示部 104 に出力する。これにより、超音波画像と解析・計測結果とが表示部 104 に表示される。

40

【0069】

また、表示モード切り替えボタンが押下されると、B モード画像を単独で表示するモード、B モード画像に局所音速値の判定結果を重畳して表示するモード（例えば、局所音速値に応じて色分け又は輝度を変化させる表示、又は局所音速値が等しい点を線で結ぶ表示）、B モード画像と局所音速値の判定結果の画像を並べて表示するモードの間で表示モードが切り替わる。これにより、オペレータは、局所音速値の判定結果を観察することで、例えば、病変を発見することができる。

【0070】

なお、局所音速値の判定結果に基づいて、送信フォーカス処理及び受信フォーカス処理

50

の少なくとも一方を施すことにより得られた B モード画像を表示部 104 に表示してもよい。

【0071】

[局所音速値の演算処理]

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る局所音速値の演算処理を模式的に示す図である。

【0072】

図 2 (b) に示すように、被検体 O B J 内の着目領域 R O I を代表する格子点を X_{ROI} 、格子点 X_{ROI} よりも浅い (即ち、超音波トランスデューサ 302 に近い) 位置に X Y 方向に等間隔で配置された格子点を A 1 , A 2 , ... とし、少なくとも格子点 X_{ROI} と各格子点 A 1 , A 2 , ... との間の音速はそれぞれ一定と仮定する。

10

【0073】

本実施形態では、格子点 A 1 , A 2 , ... からの受信波 (それぞれ W_{A1} , W_{A2} , ...) の (T 及び遅延時間 ΔT) が既知として、格子点 X_{ROI} と格子点 A 1 , A 2 , ... 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 W_X と格子点 A 1 , A 2 , ... 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。

【0074】

ここで、格子点 X_{ROI} における局所音速値を求めるときの演算に使用する格子点 A 1 , A 2 , ... の範囲及び個数は予め決めておく。ここで、局所音速値演算に使用する格子点の範囲が広いと局所音速値の誤差が大きくなり、狭いと仮想受信波との誤差が大きくなるため、格子点の範囲はこれらの兼ね合いで決める。

20

【0075】

格子点 A 1 , A 2 , ... の X 方向の間隔は、分解能と処理時間の兼ね合いで決定される。格子点 A 1 , A 2 , ... の X 方向の間隔は、一例で 1 mm から 1 cm である。

【0076】

格子点 A 1 , A 2 , ... の Y 方向の間隔が狭いと誤差計算における誤差が大きくなり、広いと局所音速値の誤差が大きくなる。格子点 A 1 , A 2 , ... の Y 方向の間隔は、超音波画像の画像分解能の設定に基づいて決定される。格子点 A 1 , A 2 , ... の Y 方向の間隔は、一例で 1 cm である。

30

【0077】

なお、格子点 A 1 , A 2 , ... の間隔が広い場合、合成波の演算 (後述) が困難になるため、補間によって細かい格子点を生成するようにすればよい。

【0078】

以下、本実施形態に係る局所音速値の演算処理について、図 3 及び図 4 のフローチャートを参照して具体的に説明する。

【0079】

本実施形態では、まず、図 3 に示すように、事前に被検体 O B J 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 S 10)。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 S 10 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 - 3 1 7 9 2 6 号公報) を適用することができる。

40

【0080】

次に、各格子点における最適音速値に基づいて、各格子における局所音速値を判定する (ステップ S 12)。

【0081】

最適音速値に基づいて局所音速値を判定する方法を説明する。まず、図 4 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 W_X の波形が算出される (ステップ S 20)。

50

【 0 0 8 2 】

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 S 2 2）。そして、仮定音速が 1 ステップ変更されて（ステップ S 2 4）、仮想的な合成受信波 W_{SUM} が算出される（ステップ S 2 6）。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 S 1 0 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。

10

【 0 0 8 3 】

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、 Δt は格子点の Y 方向時間間隔である。

【 0 0 8 4 】

【 数 2 】

20

$$\begin{aligned} T1 &= \sqrt{(X_{A1}/V)^2 + (\Delta t/2)^2}, \\ T2 &= \sqrt{(X_{A2}/V)^2 + (\Delta t/2)^2}, \quad \dots (2) \\ T3 &= \dots \end{aligned}$$

【 0 0 8 5 】

上記 $T 1, T 2, \dots$ に、格子点 X_{ROI} と同音線の格子点 $A n$ から格子点 X_{ROI} に到達するまでの時間（ $\Delta t / 2$ ）を足した遅延で各格子点 $A 1, A 2, \dots$ からの受信波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。

30

【 0 0 8 6 】

ここで、格子点を Y 方向に時間軸で等間隔（ Δt ）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 $\Delta t / 2$ の代わりに補正した $\Delta t / 2$ を用いてもよい。ここで、補正した $\Delta t / 2$ は、例えば、格子点 X_{ROI} と同音線の格子点 $A n$ に比した $A 1, A 2, \dots$ の深さ（ Y 方向の距離）の差を V で除算した値を $\Delta t / 2$ から加算・減算した値である。各格子点 $A 1, A 2, \dots$ 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。

【 0 0 8 7 】

また、仮想合成受信波 W_{SUM} の算出は、実際に格子点 $A 1, A 2, \dots$ から遅延 $X_{ROI} A 1 / V, X_{ROI} A 2 / V, \dots$ で発した既定のパルス波（それぞれ $W_{A 1}, W_{A 2}, \dots$ ）を重ね合わせることににより行う。

40

【 0 0 8 8 】

次に、仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} の誤差が算出される（ステップ S 2 8）。仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} の誤差は、互いの相互相関をとる方法、仮想受信波 W_X に仮想合成受信波 W_{SUM} 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_{SUM} に仮想受信波 W_X 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 W_X から遅延を得るには、格子点 X_{ROI} 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_{SUM} から遅延を得るには、隣り合う素子間での合成受信波

50

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。

【0089】

次に、ステップS24からS30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S30のYes）、格子点 X_{ROI} における局所音速値が判定される（ステップS32）。ホイヘンスの原理を厳密に適用した場合、上記ステップS26において求めた仮想合成受信波 W_{SUM} の波形は、格子点 X_{ROI} 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） W_X の波形と等しくなる。ステップS32では、仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} との差が最小になる仮定音速の値を格子点 X_{ROI} における局所音速値と判定する。

10

【0090】

本実施形態によれば、Bモード画像を生成するときに得られる振幅画像、RFデータ又は各超音波トランスデューサ素子により受信した受信波のデータを用いることにより、被検体内の局所音速値を高精度で判定することができる。上記のようにして求めた局所音速値を用いることにより、被検体内の病変の検出をより精確に行うことができる。また、本実施形態によれば、局所音速値を測定するために、超音波の送信、受信専用の構成を必要としない。

20

【0091】

なお、上記の方法（仮想合成受信波形算出、仮想受信波形との誤差算出、音速判定）の代わりに、格子点 X_{ROI} の最適音速と格子点 $A_1, A_2, \dots$ の最適音速値を入力として格子点 X_{ROI} における音速値を出力とするテーブルを利用してもよい。

【0092】

また、異なる間隔、異なる範囲の格子点を用いて、局所音速値の判定を複数回行うようにしてもよい。

【0093】

[第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、上記第1の実施形態と同様の構成については説明を省略する。

30

【0094】

図5及び図6に示すように、本実施形態は、浅い層の格子点から順に（ $A_{10}, A_{20}, \dots, A_{11}, A_{21}, \dots, A_{1N}, A_{2N}, \dots$ の順に）局所音速値を判定することにより、着目領域（格子点 X_{ROI} ）における局所音速値を判定するようにしたものである。ここで、ある深さの格子点（ $A_{1N}, A_{2N}, \dots$ ）から1段浅い層の格子点（ $A_{1N-1}, A_{2N-1}, \dots$ ）までの局所音速値はそれぞれ一定と仮定する。また、一番浅い層の格子点（ $A_{10}, A_{20}, \dots$ ）から超音波探触子300までの局所音速値はそれぞれ一定と仮定する。

40

【0095】

以下、本実施形態に係る局所音速値の演算処理について、図7のフローチャートを参照して具体的に説明する。

【0096】

本実施形態では、図7に示す局所音速値の演算処理を浅い層の格子点から順に実施してゆく。局所音速値の演算するときには、ある深さの格子点の音速値判定のために、それより浅い深さの格子点からの受信波が必要である。従って、深さ N の格子点（ $A_{1N}, A_{2N}, \dots$ ）における局所音速値を判定するために深さ $N-1$ の全格子点（ $A_{1N-1}, A_{2N-1}, \dots$ ）からの受信波をメモリ（格納部102）に保持しておく。深さ N の全格子点の処理終了した後に深さ $N-1$ の受信波を破棄し、代わりに深さ N の全格子点の受信波を保持する。

50

【 0 0 9 7 】

なお、一番浅い層の格子点 ($A1_0, A2_0, \dots$) における受信波及び局所音速値は単純な方法で求められる。

【 0 0 9 8 】

局所音速値の演算に用いる格子点の範囲、及び格子点の X Y 方向の間隔は、上記第 1 の実施形態と同様に予め決めておく。なお、異なる間隔、異なる範囲の格子点を用いて、局所音速値の判定を複数回行うようにしてもよい。

【 0 0 9 9 】

次に、図 7 に示すように、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 S 5 0)。そして、仮定音速が 1 ステップ変更されて (ステップ S 5 2)、格子点 $A1, A2, \dots$ からの受信波と、仮定音速から得られる遅延から格子点 X_{ROI} からの仮想合成受信波 W_{SUM} が算出される (ステップ S 5 4)。

10

【 0 1 0 0 】

次に、仮想合成受信波 W_{SUM} から格子点 X_{ROI} 周辺の遅延カーブが設定される (ステップ S 5 6)。仮想合成受信波 W_{SUM} から遅延カーブを設定する方法としては、例えば、仮想合成受信波の等位相線を抽出する方法、最大振幅位置を抽出する方法、相互相関ピーク位置を抽出する方法を適用することができる。

【 0 1 0 1 】

なお、仮想合成受信波 W_{SUM} を計算しないで、各格子点 $A1, A2, \dots$ における遅延の下での受信波をそのまま遅延カーブとして、全ての遅延カーブについて整合加算してもよい。

20

【 0 1 0 2 】

また、各格子点 $A1, A2, \dots$ における受信波をそのまま遅延カーブとして整合加算した各格子点 $A1, A2, \dots$ の信号について、格子点 X_{ROI} から格子点 $A1, A2, \dots$ の距離に基づく遅延に従って更に整合加算してもよい。本実施形態では、格子点 $A1, A2, \dots$ を仮想素子と見なして、各仮想素子における受信信号を各仮想素子からの受信波を整合加算した結果として求めた後、格子点 X_{ROI} から各仮想素子への反射波が均一音速媒質を伝播した波との仮定の下、当該反射波の受信時刻及び遅延を求めることにより、格子点 X_{ROI} における局所音速値を判定する。

【 0 1 0 3 】

30

次に、遅延カーブに基づいて格子点 X_{ROI} 周辺の超音波画像 (B モード画像) が生成され (ステップ S 5 8)、格子点 X_{ROI} 周辺の画像から音速判定指数が算出される (ステップ S 6 0)。ここで、音速判定指数とは、画像のコントラスト、スキャン方向空間周波数及び分散のうち少なくとも 1 つに基づいて求めた音速を判定するための指数である。なお、音速判定指数の計算は、全仮定音速の画像生成後 (ステップ S 6 2 の後) に行ってもよい。

【 0 1 0 4 】

次に、ステップ S 5 2 から S 6 2 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 S 6 2 の Yes)、上記音速判定指数に基づいて格子点 X_{ROI} における局所音速値が判定される (ステップ S 6 4)。

40

【 0 1 0 5 】

本実施形態によれば、被検体 OBJ 内の浅い層から順に局所音速値を判定することにより、被検体内の局所音速値を高精度で判定することができる。

【 0 1 0 6 】

[第 3 の実施形態]

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、上記第 1 の実施形態と同様の構成については説明を省略する。

【 0 1 0 7 】

図 8 は、本発明の第 3 の実施形態に係る被検体内の局所音速値の演算手順を模式的に示す図である。

50

【 0 1 0 8 】

以下の説明では、超音波トランスデューサ 3 0 2 が配置された素子面 S 2 に平行な方向を X 方向とし、X 方向に垂直な方向（被検体 O B J の深さ方向）を Y 方向とする。

【 0 1 0 9 】

図 8 に示すように、被検体 O B J 内の領域 A 内の着目領域 R O I を代表する格子点を X_{ROI} とし、被検体 O B J 内の格子点 X_{ROI} よりも浅い（即ち、超音波トランスデューサ 3 0 2 に近い）位置に X 方向に等間隔に配置された格子点を $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ とする。格子点 $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ を結ぶ直線（以下、境界面 S 1）と被検体 O B J 内の格子点 X_{ROI} との間の領域を領域 A とし、境界面 S 1 と超音波探触子 3 0 0 の素子面 S 2 との間の領域を領域 B とする。領域 A と領域 B における音速はそれぞれ一定と仮定する。

10

【 0 1 1 0 】

本実施形態では、格子点 $A_1, A_2, \dots$ から超音波探触子 3 0 0 の素子面 S 2 に至る領域の局所最適音速（環境音速）が略同じ場合、又は格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波が互いに同じ場合、又は該受信波が近似的に同じと見なせる場合、又は該受信波がゆるやかに変化する場合に、各格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波を重ね合わせて仮想的な受信波を合成して各素子の受信時刻を求める代わりに、図 8 に示すように、格子点 X_{ROI} と格子点 $A_1, A_2, \dots$ との間の領域 A における音速（仮定音速）と領域 B における環境音速に基づいて、スネル（Snell）の法則に従って領域 A と B との境界面で屈折する音線を追跡することにより各素子における受信時刻を求める。

20

【 0 1 1 1 】

図 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係る被検体内の局所音速値の演算処理を示すフローチャートである。

【 0 1 1 2 】

まず、被検体 O B J 内に設定された格子点 $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ から受信される受信波に基づいて領域 B における最適音速値（環境音速） V_B が算出される（ステップ S 7 0）。そして、超音波トランスデューサ 3 0 2 から + Y 方向に送信された超音波が領域 A と B との間の境界面 S 1 で - Y 方向に反射されて超音波トランスデューサ 3 0 2 に戻るまでの時間（受信時刻） T_B が測定されて、下記の式（3）により、上記環境音速 V_B と受信時刻 T_B から領域 B の深さ D_B が算出される。

30

【 0 1 1 3 】

$$D_B = T_B \times V_B / 2 \quad \dots (3)$$

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 S 7 0 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 - 3 1 7 9 2 6 号公報）を適用することができる。

【 0 1 1 4 】

次に、領域 A における局所音速値（仮定音速）の初期値 V_A が設定される（ステップ S 7 2）。そして、仮定音速 V_A が 1 ステップ変更される（ステップ S 7 4）。そして、格子点 X_{ROI} と Y 方向に並ぶ（X 座標が同じ）格子点 A_n から + Y 方向に送信された超音波が格子点 X_{ROI} で - Y 方向に反射されて格子点 A_n に戻るまでの時間（受信時刻） T_A が測定されて、下記の式（4）により、上記仮定音速 V_A と受信時刻 T_A から領域 A の深さ D_A が算出される。

40

【 0 1 1 5 】

$$D_A = T_A \times V_A / 2 \quad \dots (4)$$

次に、上記仮定音速 V_A 及び環境音速 V_B に基づいて、格子点 X_{ROI} において反射されて超音波トランスデューサ 3 0 2 に到達する受信波の音線追跡が実行され、上記受信波の受信時刻が算出される（ステップ S 7 6）。なお、ステップ S 7 6 の音線追跡の処理については後述する。

50

【 0 1 1 6 】

次に、ステップ S 7 0 において $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ から受信される受信波 W_1 と、ステップ S 7 6 の音線追跡により算出された受信波 W_2 との誤差が算出される（ステップ S 7 8）。ステップ S 7 8 において、受信波 W_1 と W_2 の誤差を算出する方法としては、互いの相互相関をとる方法、 $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ から受信される受信波 W_1 に音線追跡により算出された受信波 W_2 から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法、又は逆に音線追跡により算出された受信波 W_2 に $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ から受信される受信波 W_1 から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法がある。ここで、 $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ から受信される受信波 W_1 から遅延を得るには、格子点 X_{ROI} 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、音線追跡により算出された受信波 W_2 から遅延を得るには、隣り合う素子の受信波を合成して得られた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。

10

【 0 1 1 7 】

次に、ステップ S 7 4 から S 8 0 が繰り返されて、すべての仮定音速の値での演算が終了すると（ステップ S 8 0 の Yes）、格子点 X_{ROI} における局所音速値が判定される（ステップ S 8 2）。ステップ S 8 2 では、ステップ S 7 0 において $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$ から受信される受信波 W_1 と、ステップ S 7 6 の音線追跡により算出された受信波 W_2 との受信時刻の差（差の絶対値）が最小になる仮定音速 V_A の値が格子点 X_{ROI} における局所音速値と判定される。

20

【 0 1 1 8 】

以下、ステップ S 7 6 の音線追跡による受信波の受信時刻の算出処理について、図 1 0 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 1 1 9 】

まず、格子点 X_{ROI} からの超音波の出射角 θ の初期値が設定されるとともに、パラメータ n が $n = 0$ に設定される（ステップ S 9 0）。そして、出射角 θ が 1 ステップ変更されて $\theta = \theta + \Delta\theta$ （ $\Delta\theta$ ：所定の角度）に更新され、パラメータ n が $n = n + 1$ に更新される（ステップ S 9 2）。

30

【 0 1 2 0 】

次に、格子点 X_{ROI} から更新後の出射角 θ で出射した超音波が領域 A と領域 B との間の境界面 S 1 に到達するまでの超音波の伝播時間 T_{AR} と、境界面 S 1 上の超音波の到達位置 X' が算出される（ステップ S 9 4）。

【 0 1 2 1 】

格子点 X_{ROI} における X 座標を X_0 、点 X' における X 座標を X' とすると、格子点 X_{ROI} と点 X' との間の X 方向の距離 X_A は、下記の式（5）により求められる。

【 0 1 2 2 】

$$X_A = |X' - X_0| = D_A \times \tan \theta \quad \dots (5)$$

40

また、格子点 X_{ROI} から出射した超音波が境界面 S 1 上の点 X' に到達するまでの伝播時間 T_{AR} は、下記の式（6）により求められる。

【 0 1 2 3 】

$$T_{AR} = D_A / V_A / \cos \theta \quad \dots (6)$$

次に、格子点 X_{ROI} から出射角 θ で出射して境界面 S 1 上の点 X' に到達した超音波が、点 X' から領域 B に出射するときの出射角 θ' がスネルの法則により算出される。そして、点 X' から出射角 θ' で出射した超音波が超音波探触子 3 0 0 の素子面 S 2 に到達するまでの超音波の伝播時間 T_{BR} と、境界面 S 2 上の超音波の到達位置 X'' が算出される（ステップ S 9 6）。

【 0 1 2 4 】

50

ここで、点 X' からの出射角度 θ' は、下記の式 (7) により求められる。

【0125】

$$\theta' = \arcsin(V_B \times \sin \theta / V_A) \quad \dots (7)$$

また、点 X'' における X 座標を X'' とすると、点 X' と点 X'' との間の X 方向の距離 X_B は、下記の式 (8) により求められる。

【0126】

$$X_B = |X'' - X'| = D_B \times \tan \theta' \quad \dots (8)$$

また、点 X' から出射した超音波が境界面 S_2 上の点 X'' に到達するまでの伝播時間 T_{B_R} は、下記の式 (9) により求められる。

【0127】

$$T_{B_R} = D_B / V_B / \cos \theta' \quad \dots (9)$$

10

次に、素子面 S_2 から出射された超音波が格子点 X_{ROI} で反射されて素子面 S_2 に戻るまでの時間 $T_{SUM} (= T_{AT} + T_{BT} + T_{AR} + T_{BR})$ が算出され、上記超音波の到達位置 X'' とともに n 番目の受信時刻データ D_n として格納される (ステップ S_{98})。

【0128】

ここで、 T_{AT} 及び T_{BT} は、超音波トランスデューサ 302 から $+Y$ 方向に送信された超音波が領域それぞれ A 及び B を伝播するのに要する時間である。送信時間 T_{AT} 及び T_{BT} は、それぞれ下記の式 (10) 及び (11) により求められる。

【0129】

$$T_{AT} = T_A / 2 \quad \dots (10)$$

$$T_{BT} = T_B / 2 \quad \dots (11)$$

20

次に、ステップ S_{92} から S_{100} が繰り返されて、すべての出射角 θ (例えば、超音波探触子 300 の素子面 S_2 で受信可能な範囲の角度。 $|\theta| < 90^\circ$) の値での演算が実行される (ステップ S_{100} の Yes)。

【0130】

次に、上記ステップ S_{90} から S_{100} までの処理により、各出射角 θ に求められた受信時刻データ D_n ($n = 1, 2, \dots$) の中から超音波到達位置 (受信位置) X'' が素子面 S_2 上の素子 (超音波トランスデューサ 302) の位置に最も近い (例えば、点 X'' の X 座標と最も近い素子の X 座標との間の差の絶対値が所定値以下となる) 受信時刻データ D_n が抽出される。そして、抽出された受信時刻データ D_n が当該素子 (受信波の到達位置 X'' に最も近い超音波トランスデューサ 302) における受信時刻データとしてメモリ (格納部 102) に格納される (ステップ S_{102})。

30

【0131】

図9の処理では、ステップ S_{102} において格納された受信時刻データを用いて領域 A (格子点 X_{ROI}) における局所音速値の判定が行われる。

【0132】

本実施形態では、各格子点からの受信波が重ね合わされた結果、受信波が互いに打ち消し合う経路を省き、強めあう経路についてのみ、超音波の伝播時間 T_{SUM} を算出する。具体的には、被検体 OBJ 内の着目領域 ROI の格子点 X_{ROI} で反射される超音波の音線追跡を行って、超音波探触子 300 の各素子に直接到達する (又は最も近い位置に到達する) 受信波の受信時刻のみを、格子点 X_{ROI} における局所音速値の判定に使用する。本実施形態によれば、被検体 OBJ 内の格子点 X_{ROI} における局所音速値を、より少ない処理で、精確に算出することが可能になる。

40

【0133】

[第4の実施形態]

次に、本発明の第4の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、上記第1の実施形態と同様の構成については説明を省略する。

【0134】

本実施形態は、上記図9のステップ S_{76} の音線追跡において、超音波探触子 300 か

50

ら送信された超音波が格子点 X_{ROI} で反射されて超音波探触子 300 の素子面 S_2 に到達するまでの時間（受信時刻）を、素子面 S_2 上のすべての素子 C_n ($n = 1, 2, \dots$) について算出するようにしたものである。

【0135】

図 11 は、本発明の第 4 の実施形態に係る被検体内の局所音速値の演算手順を模式的に示す図である。

【0136】

本実施形態では、まず、図 11 に示すように、着目領域 ROI の格子点 X_{ROI} と超音波探触子 300 の各素子 C_n ($n = 1, 2, \dots$) とを結ぶ直線の音線 L を仮定し、超音波がこの音線 L に沿って素子 C_n に到達した場合の伝播時間 T_R を算出する。

10

【0137】

次に、音線 L と境界面 S_1 との交点 X' を $\pm X$ 方向に所定量 ΔX 移動させることにより音線（それぞれ $L(+)$ 及び $L(-)$ ）を設定し、超音波が音線 $L(+)$ 及び $L(-)$ に沿って素子 C_n に到達した場合の伝播時間 T_{R+} 及び T_{R-} をそれぞれ算出する。

【0138】

次に、上記伝播時間 T_R と T_{R+} 及び T_{R-} とを比較することにより、超音波の伝播時間 T_R が減少するような点 X' の移動方向を判定する。

【0139】

次に、伝播時間 T_R が減少する方向に点 X' を移動させることにより得られた音線（ $L(+)$ 又は $L(-)$ ）について同様の演算を繰り返すことにより、格子点 X_{ROI} から超音波探触子 300 の各素子 C_n ($n = 1, 2, \dots$) に到達する超音波の音線を特定する。そして、超音波探触子 300 から $+Y$ 方向に送信された超音波が、上記の処理により特定された音線に沿って各素子 C_n ($n = 1, 2, \dots$) に到達するまでの受信時刻 T_{SUM} を算出する。

20

【0140】

上記のように、本実施形態では、超音波探触子 300 のすべての素子 C_n ($n = 1, 2, \dots$) について音線を求めることができ、局所音速値の判定をより高精度に行うことが可能になる。

【0141】

以下、本発明の第 4 の実施形態に係る音線追跡処理について、図 12 のフローチャートを参照して説明する。

30

【0142】

まず、演算対象の素子位置 C_n が C_0 に設定される（ステップ $S110$ ）。次に、演算対象の素子位置 C_n が C_{n+1} に更新される（ステップ $S112$ ）。

【0143】

次に、格子点 X_{ROI} から超音波探触子 300 の素子 C_n に至る直線の音線 L が設定される。そして、格子点 X_{ROI} から出力された超音波が上記音線 L に沿って素子面 S_2 に到達するまでの伝播時間 T_R が算出される（ステップ $S114$ ）。

【0144】

格子点 X_{ROI} の X 座標を X_0 、素子 C_n の X 座標を X_{Cn} 、領域 A と B との境界面 S_1 と音線 L との交点 X' の X 座標を X' とすると、格子点 X_{ROI} と点 X' との間の X 方向の距離 X_A と、点 X' と素子 C_n との間の X 方向の距離 X_B は、下記の式（12）及び（13）により求められる。

40

【0145】

$$X_A = |X' - X_0| = |X_{Cn} - X_0| \times D_A / (D_A + D_B) \quad \dots (12)$$

$$X_B = |X_{Cn} - X'| = |X_{Cn} - X_0| \times D_B / (D_A + D_B) \quad \dots (13)$$

また、伝播時間 T_R は、下記の式（14）により求められる。

【0146】

50

【数 3】

$$T_R = \sqrt{X_A^2 + D_A^2} / V_A + \sqrt{X_B^2 + D_B^2} / V_B \quad \cdots (14)$$

【0147】

次に、点 X' を $+X$ 方向に所定量 ΔX ずらした点 $X' (+)$ と、点 X' を $-X$ 方向に所定量 ΔX ずらした点 $X' (-)$ がそれぞれ設定される。格子点 X_{ROI} から点 $X' (+)$ を通って素子 C_n に至る音線を $L (+)$ に沿って格子点 X_{ROI} から素子 C_n に到達する超音波の伝播時間 T_{R+} と、格子点 X_{ROI} から点 $X' (-)$ を通って素子 C_n に至る音線を $L (-)$ に沿って格子点 X_{ROI} から素子 C_n に到達する超音波の伝播時間 T_{R-} とが算出される。 10

【0148】

ここで、伝播時間 T_{R+} は、上記の式 (14) に、 $X_A = X_A + \Delta X$ 、 $X_B = X_B - \Delta X$ をそれぞれ代入することにより求められる。一方、伝播時間 T_{R-} は、上記の式 (14) に、 $X_A = X_A - \Delta X$ 、 $X_B = X_B + \Delta X$ をそれぞれ代入することにより求められる。

【0149】

次に、上記のようにして算出された伝播時間 T_R と T_{R+} 及び T_{R-} とが比較されて、伝播時間 T_R が減少するような点 X' の移動方向の判定が行われる (ステップ S116)。ステップ S116 では、 $T_{R-} - T_R > T_{R+}$ の場合には点 X' の移動方向が $+X$ 方向に設定される。一方、 $T_{R-} < T_R - T_{R+}$ の場合には点 X' の移動方向が $-X$ 方向に設定される。 20

【0150】

なお、 $\pm X$ 方向のどちらの方向に移動しても伝播時間 T_R が減少しない場合 (即ち、 $T_R - T_{R-}$ かつ $T_R - T_{R+}$ の場合) には (ステップ S118 の Yes)、超音波探触子 300 の素子面 S2 から送信された超音波が格子点 X_{ROI} で反射されて上記音線 L に沿って素子 C_n に到達するまでの伝播時間 T_{SUM} が算出され、素子 C_n における受信時刻データとしてメモリ (格納部 102) に格納される (ステップ S126)。 30

【0151】

ステップ S118 の No の場合、伝播時間 T_R が減少すると判定された方向 (以下、減少方向という。) に点 X' が所定量 ΔX ずらされる (ステップ S120)。また、格子点 X_{ROI} から出射した超音波が、ステップ S120 においてずらされた点 X' と格子点 X_{ROI} 及び素子 C_n とを結んで得られる音線に沿って素子 C_n に至るときの伝播時間 (具体的には、ステップ S116 の T_{R-} と T_{R+} のうち小さい方の値) が伝播時間 T_R として保持される。 30

【0152】

次に、点 X' を減少方向に更に ΔX ずらした点 $X' (2)$ と格子点 X_{ROI} 及び素子 C_n とを結んで得られる音線 $L (2)$ が設定される。そして、格子点 X_{ROI} から出射した超音波が、音線 $L (2)$ に沿って素子 C_n に至るときの伝播時間 $T_{R'}$ が算出される (ステップ S122)。なお、図 8 に示す例では、 $+X$ 方向を減少方向として示している。 40

【0153】

次に、伝播時間 $T_{R'}$ とステップ S120 において保持された T_R とが比較される (ステップ S124)。 $T_{R'} < T_R$ の場合には (ステップ S124 の Yes)、ステップ S120 に戻る。

【0154】

一方、 $T_{R'} - T_R$ の場合には (ステップ S124 の No)、超音波探触子 300 から送信された超音波が、格子点 X_{ROI} で反射されて、ステップ S120 において設定された音線に沿って素子 C_n に到達する間での時間 T_{SUM} が算出され、素子 C_n における受信時刻データとしてメモリ (格納部 102) に格納される (ステップ S126)。 50

【 0 1 5 5 】

ステップ S 1 1 2 から S 1 2 8 の処理が繰り返されて、超音波探触子 3 0 0 上のすべての素子 C_n ($n = 1, 2, \dots$) に対して上記の演算が実行される。

【 0 1 5 6 】

なお、点 X' を動かしたときの素子面 S 2 上における到達位置 X_c の位置を随時計算してゆき、求める素子位置に最も近づいたときの X' 及び X_c を採用してもよい。

【 0 1 5 7 】

[第 5 の実施形態]

次に、本発明の第 5 の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、上記第 1 の実施形態と同様の構成については説明を省略する。

10

【 0 1 5 8 】

本実施形態は、上記図 1 0 又は図 1 2 に示した方法により求めた受信時刻データを遅延カーブとして使用して、浅い層の格子点から順に局所音速値の演算処理を実施することにより、被検体 O B J 内の所望の着目領域における局所音速値を求めるものである（図 5 参照）。

【 0 1 5 9 】

図 1 3 は、本発明の第 5 の実施形態に係る被検体内の局所音速値の演算処理を示すフローチャートである。

【 0 1 6 0 】

本実施形態では、浅い層の格子点から順に局所音速値の演算処理を実施してゆく。局所音速値を演算するときには、格子点 X_{ROI} における局所音速値判定のために、格子点 X_{ROI} よりも浅い深さの格子点からの受信波が必要である。従って、深さ N の格子点 ($A_{1N}, A_{2N}, \dots$) における局所音速値を判定するために深さ N - 1 の全格子点 ($A_{1N-1}, A_{2N-1}, \dots$) からの受信波をメモリ（格納部 1 0 2）に保持しておく。深さ N の全格子点の処理終了した後に深さ N - 1 の受信波を破棄し、代わりに深さ N の全格子点の受信波を保持する。

20

【 0 1 6 1 】

最も浅い層の格子点 $A_{10}, A_{20}, \dots$ における最適音速値（環境音速）は、被検体 O B J 内に設定された格子点 $A_{10}, A_{20}, \dots$ から受信される受信波に基づいて求められる。

30

【 0 1 6 2 】

局所音速値の演算に用いる格子点の範囲、及び格子点の X Y 方向の間隔は、上記第 1 の実施形態と同様に予め決めておく。なお、異なる間隔、異なる範囲の格子点を用いて、局所音速値の判定を複数回行うようにしてもよい。

【 0 1 6 3 】

次に、図 1 3 に示すように、格子点 X_{ROI} における仮定音速の初期値 V_A が設定される（ステップ S 1 3 0）。そして、仮定音速が 1 ステップ変更されて（ステップ S 1 3 2）、上記仮定音速 V_A 及び環境音速（即ち、最も浅い層の環境音速） V_B に基づいて、格子点 X_{ROI} において反射されて超音波トランスデューサ 3 0 2 に到達する受信波の音線追跡が実行され、上記受信波の受信時刻が算出される（ステップ S 1 3 4）。なお、ステップ S 1 3 4 の音線追跡の処理は、上記図 1 0 又は図 1 2 と同様である。

40

【 0 1 6 4 】

次に、上記ステップ S 1 3 4 において求められた受信波の受信時刻から格子点 X_{ROI} 周辺の遅延カーブが設定される（ステップ S 1 3 6）。

【 0 1 6 5 】

次に、上記遅延カーブに基づいて格子点 X_{ROI} 周辺の超音波画像（B モード画像）が生成され（ステップ S 1 3 8）、格子点 X_{ROI} 周辺の画像から音速判定指数が算出される（ステップ S 1 4 0）。ここで、音速判定指数とは、画像のコントラスト、スキャン方向空間周波数及び分散のうち少なくとも 1 つに基づいて求めた音速を判定するための指数である。なお、音速判定指数の計算は、全仮定音速の画像生成後（ステップ S 1 4 2 の後）

50

に行ってもよい。

【0166】

次に、ステップS132からS142が繰り返されて、すべての仮定音速の値での演算が終了すると（ステップS142のYes）、上記音速判定指数に基づいて格子点 X_{ROI} における局所音速値が判定される（ステップS144）。

【0167】

次に、上記図13の処理が最も浅い層から順に繰り返し実行されて、より深い層の格子点（ $A_{11}, A_{21}, \dots, A_{12}, A_{22}, \dots, A_{1N}, A_{2N}, \dots$ ）における局所音速値を順次求めることにより、被検体OBJ内の所望の着目領域ROI（格子点 X_{ROI} ）における局所音速値を算出する。

10

【0168】

本実施形態によれば、被検体OBJ内の浅い層から順に音線追跡を繰り返して、局所音速値を判定することにより、被検体OBJ内の局所音速値を高精度で判定することが可能になる。

【0169】

なお、上記の各実施形態では、格子点のXY方向の間隔を等間隔としたが、音速がほぼ均一な領域の境界に格子点を配置するために、非等間隔でもよい。音速がほぼ均一な領域は、振幅画像において輝度が等しい領域に略一致していると考えられることから、平均輝度が閾値以上変化する境界に沿って格子点を配置してもよい。また、音響インピーダンスが異なる組織境界にて輝度が大きくなることから、輝度が周りより閾値以上大きくなる箇所に沿って格子点を配置してもよい。また、微分フィルタ等によって（Bモード画像における輝度の）エッジを検出し、そのエッジに沿って格子点を設定してもよい。また、ユーザがBモード画像を見ながらポインティングデバイス204等を用いて領域AとBの境界及び境界上の格子点の配置を設定できるようにしてもよい。

20

【0170】

上記の各実施形態は超音波トランスデューサが2次元に配置されている場合や、超音波トランスデューサが平面でなく任意の曲面状に配置されている場合にも適用できる。

【0171】

また、上記の各実施形態によって求めた各領域（格子点）の最適音速、又は受信波形、又は遅延カーブに従って、送信フォーカス及び受信フォーカスのうちの少なくとも一方の処理を施すことによりBモード画像を再構築しても良い。

30

【0172】

また、上記の各実施形態では、単位面積当りの格子点数が所定数以上となるように、又は横方向に所定以上の密度で格子点が並ぶように、格子点設定のための閾値を調整する。

【0173】

なお、上記の実施形態において、格子点 $A_1, A_2, \dots$ 及び格子点 X_{ROI} における環境音速を求めるとき、又は格子点 $A_1, A_2, \dots$ からの受信波から格子点 X_{ROI} における局所音速を求めるときに、単に環境音速のみ又は局所音速のみに基づいて受信波を決定するのではなく、隣り合う素子によって検出された超音波検出信号の相互相関をとることにより、遅延を調整しながら、コントラスト及びシャープネスの判定を行って受信波を決定するようにしてもよい。これにより、受信波の波形を滑らかにすることができ、音速判定の精度をより向上させることができる。

40

【0174】

また、環境音速判定処理又は局所音速判定処理において、受信フォーカスだけでなく、送信フォーカスも変化させるようにしてもよい。格子点 X_{ROI} に対して仮定された局所音速値によって決定される仮想合成受信波から遅延を求め、該遅延に従って受信フォーカスを行ったり、又は格子点 X_{ROI} に対して仮定された環境音速によって決定される遅延に従って受信フォーカスを行うだけでなく、送信フォーカスも実施することにより、音速の判定精度をより向上させることができる。例えば、格子点 X_{ROI} に実際に超音波を送信するときの各素子からの超音波の送信タイミングに加える遅延を変更するようにしても

50

よいし、超音波ビーム（送信波）の開口合成時の仮想的な送信遅延を変更するようにしてもよい。

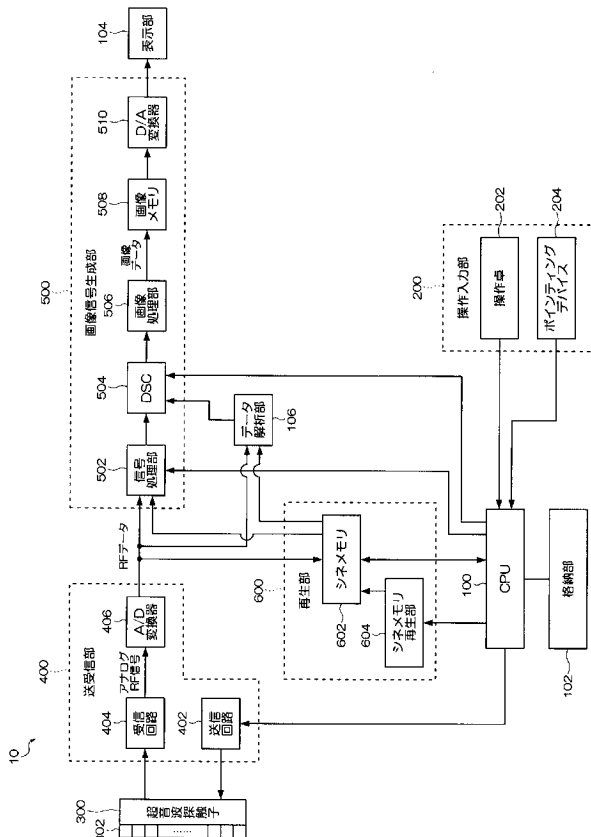
【符号の説明】

【0175】

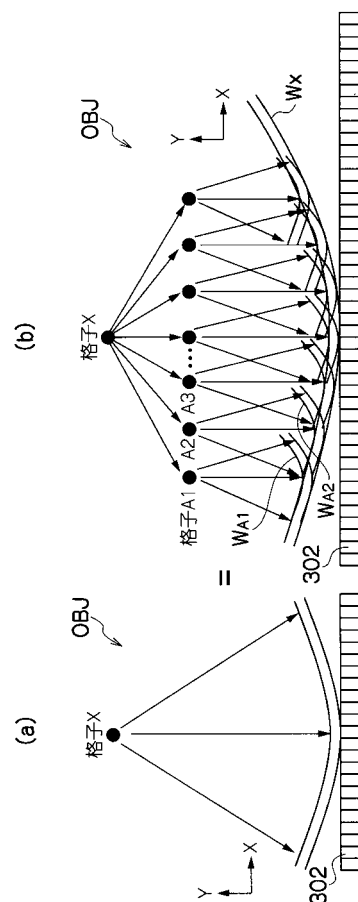
10...超音波診断装置、100...CPU、102...格納部、104...表示部、106...データ解析部、200...操作部、202...操作卓、204...ポインティングデバイス、300...超音波探触子、302...超音波トランスデューサ（素子）、400...送受信部、402...送信回路、404...受信回路、406...A/D変換器、500...画像信号生成部、502...信号処理部、504...DSC、506...画像処理部、508...画像メモリ、510...D/A変換器、600...再生部、602...シネメモリ、604...シネメモリ再生部

10

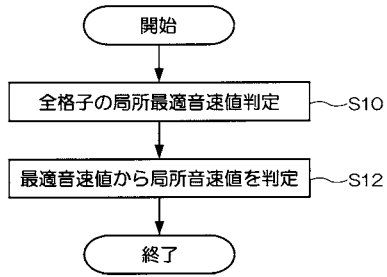
【図1】



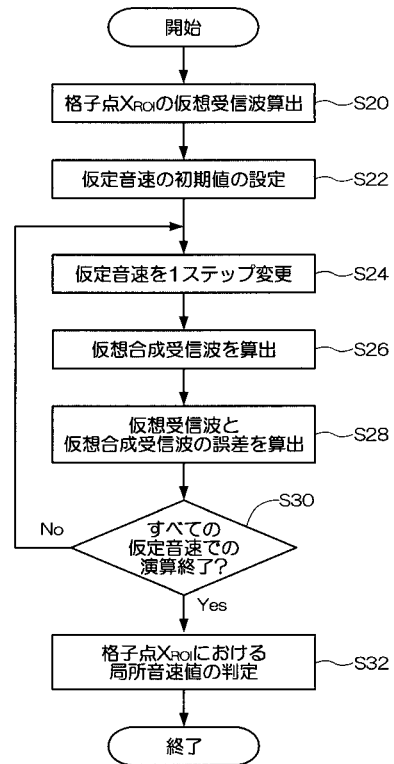
【図2】



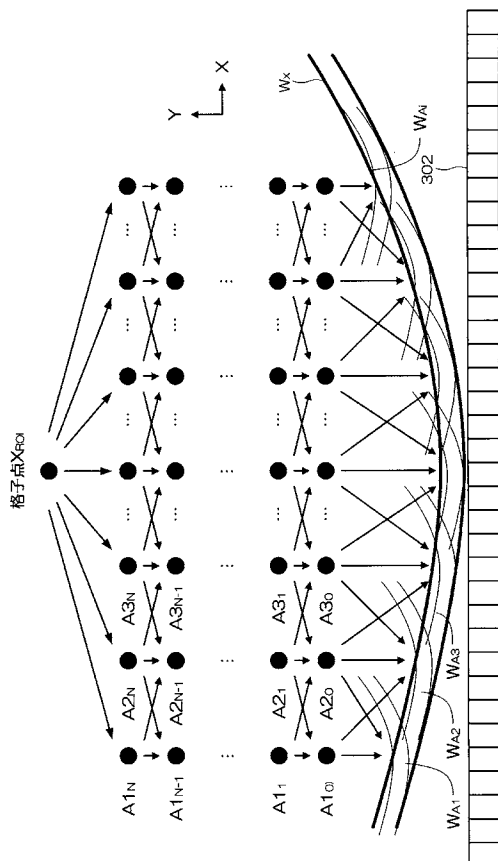
【図 3】



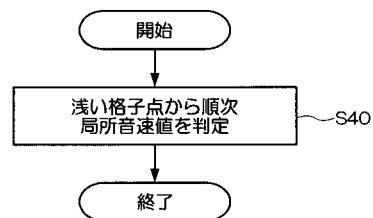
【図 4】



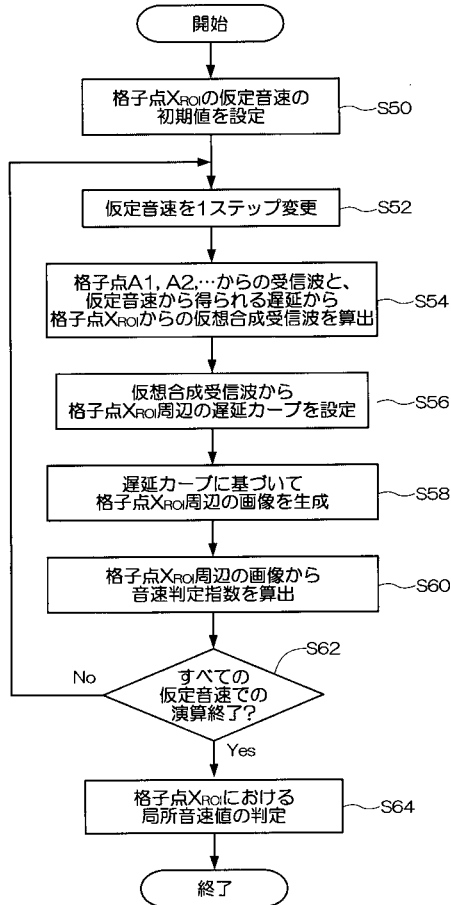
【図 5】



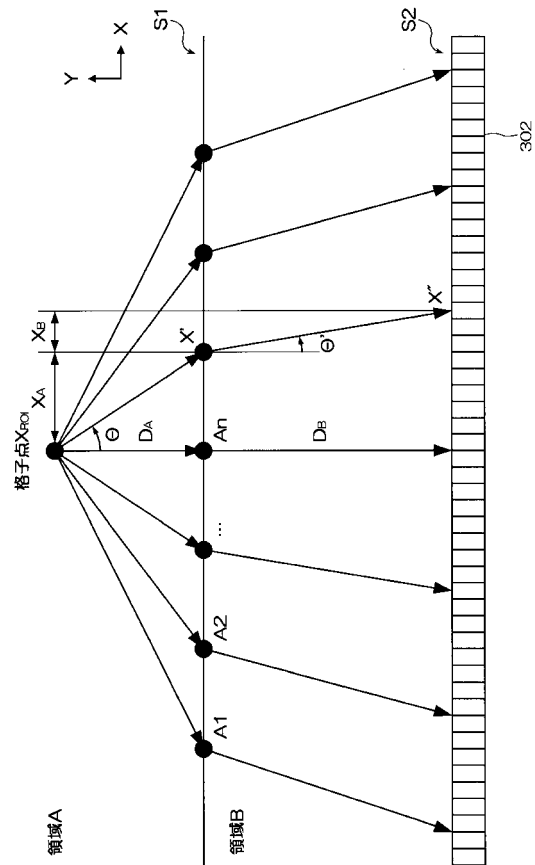
【図 6】



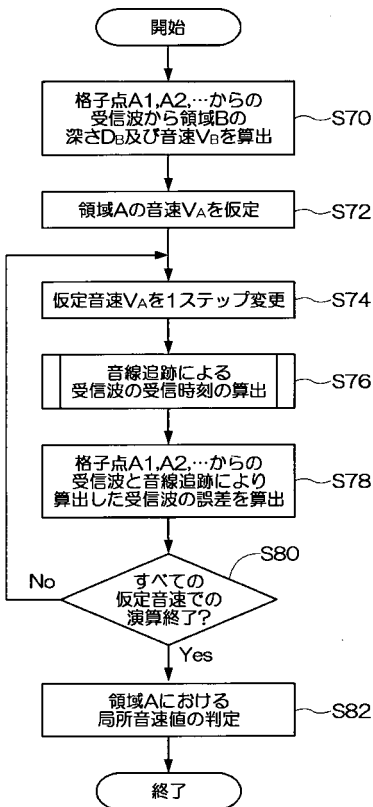
【図 7】



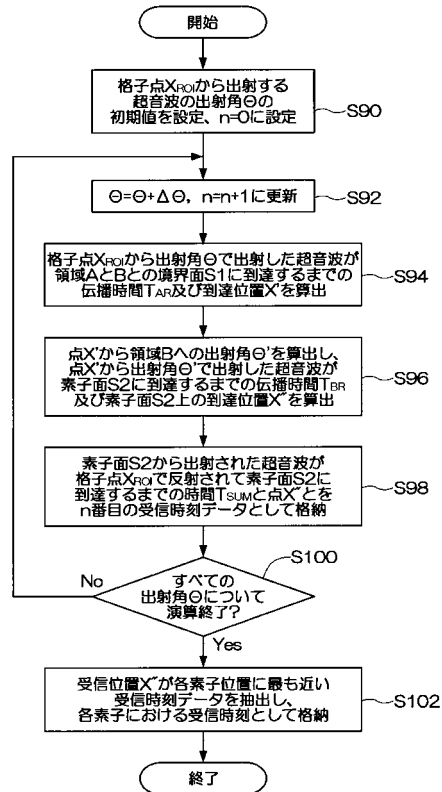
【図 8】



【図 9】



【図 10】



专利名称(译)	超音波诊断装置及び超音波诊断方法		
公开(公告)号	JP2010099452A	公开(公告)日	2010-05-06
申请号	JP2009088363	申请日	2009-03-31
[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		
CPC分类号	A61B8/52 A61B8/00 G01H5/00 G01N29/0672 G01N29/07 G01N2291/02475 G01N2291/044 G01N2291/106		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/DD20 4C601/EE09 4C601/EE22 4C601/HH29 4C601/HH33 4C601/JB35 4C601/JB53		
优先权	2008245519 2008-09-25 JP		
其他公开文献	JP2010099452A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声波诊断设备和超声波诊断方法，该超声波诊断设备和超声波诊断方法能够高精度地计算对象的任意诊断部位处的声速值（局部声速值）。解决方案：假设至少一个网格点X投资回报率与每个网格点A1，A2，...之间的声速是恒定的。在本发明中，已知来自网格点A1，A2，...的接收波（W A1，W A2，...）的（T和延迟时间 ΔT ），以及网格点X 投资回报率和网格点 根据A1，A2，...的位置关系，计算出网格点X处的局部声速值 投资回报率。具体地，根据惠更斯原理，虚拟合成接收波W 求和是来自晶格点X 投资回报率的虚拟接收波W X和来自晶格点A1，A2，...的接收波的虚拟合成。利用（1）匹配的事实，将虚拟接收波W X和虚拟合成接收波W 求和之差最小的假设声速确定为网格点X 投资回报率的 局部声速值。[选择图]图2

