

(11)特許出願公開番号

特開2013-244159

(P2013-244159A)

(43) 公開日 平成25年12月9日(2013.12.9)

(51) Int. Cl.
A 6 1 B 8/00

F I
A 6 1 B 8/00

テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-119576 (P2012-119576)
(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 100083116
弁理士 松浦 憲三

(72) 発明者 山本 拓明
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 GB03 JB36 JB37
JB38 KK27

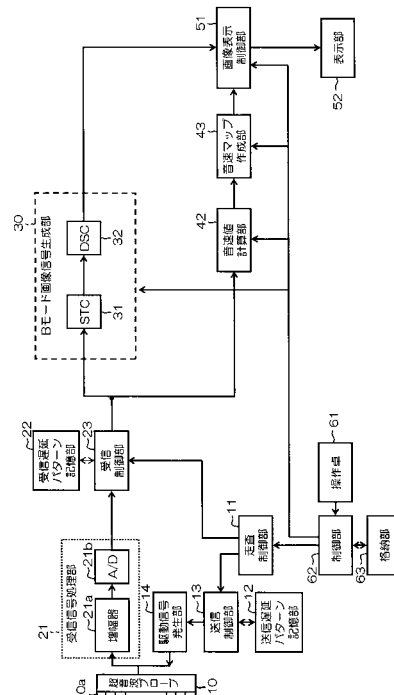
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び音速推定方法

(57) 【要約】

【課題】 検体内の音速分布が方位方向に不均一な場合でも局所音速を精度良く求める。

【解決手段】この超音波診断装置は、超音波プローブと、被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割して局所音速を計算する音速値計算手段と、を備え、音速値計算手段は、仮定局所音速を設定する音速設定手段と、仮定局所音速に基づき超音波エコーの波形を計算する波形計算手段と、超音波エコーの実波形と計算された波形とに基づいて局所音速を判定する局所音速判定手段と、を含んで構成される。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の駆動信号に従って超音波を被検体に送信すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信することにより複数の受信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プローブと、

被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、前記分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算手段と、を備え、

前記音速値計算手段は、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定手段と、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、前記分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算手段と、

前記受信信号に基づく前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算手段により計算された波形とに基づいて局所音速を判定する局所音速判定手段と、を含んで構成される超音波診断装置。

【請求項 2】

前記局所音速判定手段は、前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算手段により計算された波形との誤差が最小になる前記仮定局所音速を局所音速と判定する請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

複数の駆動信号に従って超音波を被検体に送信すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信することにより複数の受信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プローブと、

被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、前記分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算手段と、を備え、

前記音速値計算手段は、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定手段と、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、前記分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算手段と、

前記受信信号に基づく前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算手段により計算された波形との誤差が閾値以下か否かを判定する誤差判定手段と、

前記誤差判定手段の判定結果に基づき、前記誤差が閾値よりも大きい場合には前記複数の分割領域にそれぞれ設定されている仮定局所音速を新たな音速値に更新し、前記誤差が閾値以下の場合には、前記複数の分割領域にそれぞれ設定されている音速を局所音速として決定する音速更新決定手段と、

を含んで構成される超音波診断装置。

【請求項 4】

前記誤差は、前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算手段により計算された波形との位相差である請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記音速値計算手段は、前記被検体内の所定の領域を深さ方向に m 行及び方位方向に n 列（但し、 m 、 n は 2 以上の自然数とする。）からなる複数の分割領域に分割する請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記音速値計算手段は、前記複数の分割領域に対する局所音速を前記被検体内の深さ方向に関して浅い側から順番に行毎に求める請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記音速値計算手段は、前記複数の分割領域に対する局所音速を全行同時に求める請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記複数の分割領域に対する局所音速に基づいて被検体内の音速分布を表示する表示手段と、

前記表示手段に表示される音速分布の表示分解能に応じて前記分割領域の大きさを変化させる分割領域調整手段と、

を備える請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

複数の駆動信号を超音波プローブ内の複数の超音波トランスデューサに供給すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信した前記複数の超音波トランスデューサから出力される複数の受信信号を検出する受信信号検出ステップと、

被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、前記分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算ステップと、を備え、

前記音速値計算ステップは、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定ステップと、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、前記分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算ステップと、

前記受信信号検出ステップに基づく前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算ステップにより計算された波形とに基づいて局所音速を判定する局所音速判定ステップと、

を含む音速推定方法。

【請求項 10】

前記局所音速判定ステップは、前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算ステップにより計算された波形との誤差が最小になる前記仮定局所音速を局所音速と判定する請求項 9 に記載の音速推定方法。

【請求項 11】

複数の駆動信号を超音波プローブ内の複数の超音波トランスデューサに供給すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信した前記複数の超音波トランスデューサから出力される複数の受信信号を検出する受信信号検出ステップと、

被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、前記分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算ステップと、を備え、

前記音速値計算ステップは、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定ステップと、

前記複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、前記分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算ステップと、

前記受信信号検出ステップに基づく前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算ステップにより計算された波形との誤差が閾値以下か否かを判定する誤差判定ステップと、

前記誤差判定ステップの判定結果に基づき、前記誤差が閾値よりも大きい場合には前記複数の分割領域にそれぞれ設定されている仮定局所音速を新たな音速値に更新し、前記誤差が閾値以下の場合には、前記複数の分割領域にそれぞれ設定されている音速を局所音速として決定する音速更新決定ステップと、

を含む音速推定方法。

【請求項 12】

前記誤差は、前記分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、前記波形計算ステップにより計算された波形との位相差である請求項 9～11 に記載の音速推定方法。

【請求項 13】

前記音速値計算ステップは、前記被検体内の所定の領域を深さ方向に m 行及び方位方向に n 列（但し、 m 、 n は 2 以上の自然数とする。）からなる複数の分割領域に分割する請求項 9～12 に記載の音速推定方法。

【請求項 14】

前記音速値計算ステップは、前記複数の分割領域に対する局所音速を前記被検体内の深

10

20

30

40

50

さ方向に関して浅い側から順番に行毎に求める請求項 1 3 に記載の音速推定方法。

【請求項 1 5】

前記音速値計算ステップは、前記複数の分割領域に対する局所音速を全行同時に求める請求項 1 3 に記載の音速推定方法。

【請求項 1 6】

前記複数の分割領域に対する局所音速に基づいて被検体内の音速分布を表示する表示ステップと、

前記表示ステップに表示される音速分布の表示分解能に応じて前記分割領域の大きさを変化させる分割領域調整ステップと、

を含む請求項 9 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の音速推定方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、超音波診断装置及び音速推定方法に係り、特に、被検体内の所望の領域における音速（局所音速）を正確に求める技術に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

医療分野においては、被検体の内部を観察して診断を行うために、様々な撮像技術が開発されている。特に、超音波を送受信することによって被検体の内部情報を取得する超音波撮像は、リアルタイムで画像観察を行うことができる上に、X線写真やR I（radio isotope）シンチレーションカメラ等の他の医用画像技術と異なり、放射線による被曝がない。そのため、超音波撮像は、安全性の高い撮像技術として、産科領域における胎児診断の他、婦人科系、循環器系、消化器系等を含む幅広い領域において利用されている。

20

【0 0 0 3】

超音波撮像の原理は、次のようなものである。超音波は、被検体内における構造物の境界のように、音響インピーダンスが異なる領域の境界において反射される。そこで、超音波ビームを人体等の被検体内に送信し、被検体内において生じた超音波エコーを受信し、超音波エコーが生じた反射位置や反射強度を求めることにより、被検体内に存在する構造物（例えば、内臓や病変組織等）の輪郭を抽出することができる。

【0 0 0 4】

30

一般に、超音波診断装置においては、超音波の送受信機能を有する複数の超音波トランスデューサ（振動子）を含む超音波プローブが用いられる。送信フォーカス処理によって複数の超音波を合波して形成される超音波ビームを用いて被検体を走査し、被検体内部において反射された超音波エコーを受信して受信フォーカス処理を行うことにより、超音波エコーの強度に基づいて、被検体内に存在する構造物に関する画像情報が得られ、表示部に超音波画像が表示される。

【0 0 0 5】

ところで、超音波画像の形態画像の1つとして、形状を表すBモード画像（超音波エコーの振幅を点の輝度により表した画像）が用いられている。しかし、形状以外の情報も診断に用いたいとの要望があり、そのうちの1つとして音速が挙げられる。音速は、医師が超音波診断を行うにあたり、生体組織、病変およびその進行度等を診断するために有効な音響情報であることから、種々の計測手法によって被検体の音速を計測することが提案されている。また、被検体内の所望の領域における音速（以下、「局所音速」という）を測定する試みもなされている。

40

【0 0 0 6】

例えば、特許文献 1 には、被検体内において反射された超音波エコーの受信信号に基づいて、被検体内の所望の領域における音速（局所音速）を求める方法が提案されている。この方法では、まず、被検体内の深さの異なる位置に2つの着目領域としてR O I 1、R O I 2が設定される。次に、R O I 1を送信フォーカス位置として、設定音速値が順次変更されたときの受信フォーカス処理におけるビーム集束度が判定される。そして、その判

50

定結果に基づいて、超音波プローブからROI1に至る経路における第1の平均音速 C_1 が求められる。同様に、ROI2を送信フォーカス位置として、超音波プローブからROI2に至る経路における第2の平均音速 C_2 が求められる。次に、第1及び第2の平均音速 C_1 、 C_2 と、超音波プローブからROI1及びROI2までの距離とに基づいて、ROI1からROI2に至る経路における平均音速（局所音速） C_x が求められる。

【0007】

また、特許文献2には、ホイヘンスの原理を用いて、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、着目領域における最適音速値を判定し、着目領域における最適音速値に基づいて、超音波を着目領域に送信したときに着目領域から受信される受信波を演算し、着目領域における仮定音速を仮定して、仮定音速に基づいて各格子点における最適音速値から求めた各格子点からの受信波を合成して合成受信波を得て、受信波と合成受信波に基づいて着目領域における局所音速値を判定する方法が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2010-207490号公報

【特許文献2】特開2010-99452号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

20

しかしながら、特許文献1に記載される方法では、例えば、図8に示すように、被検体内の音速分布が方位方向（X方向）に一定でない場合には、被検体内の着目領域（ROI1又はROI2）で反射した超音波エコーの波形 W_p は、音速分布が方位方向に一定である場合に得られる波形 W_q と比較して位相的なずれが生じる。このような位相的なずれが生じていると、受信フォーカス処理を適切に行うことができず、超音波プローブからROI1及びROI2に至る経路における第1及び第2の平均音速 C_1 、 C_2 を正確に求めることができなくなる。その結果、第1及び第2の平均音速 C_1 、 C_2 に基づいて算出される局所音速 C_x の算出精度が良くないという問題がある。

【0010】

また、特許文献2に記載される方法においても同様に、被検体内の音速分布が方位方向（X方向）に一定でない場合には、正確に局所音速を求めることができない問題がある。

30

【0011】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、被検体内の音速分布が方位方向に不均一な場合でも局所音速を精度良く求めることができる超音波診断装置及び音速推定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】

【0012】

前記目的を達成するために、本発明の第1の態様に係る超音波診断装置は、複数の駆動信号に従って超音波を被検体に送信すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信することにより複数の受信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プローブと、被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算手段と、を備え、音速値計算手段は、複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定手段と、複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算手段と、受信信号に基づく分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算手段により計算された波形とに基づいて局所音速を判定する局所音速判定手段と、を含んで構成される態様である。

40

【0013】

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、局所音速判定手段は、分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算手段により計算さ

50

れた波形との誤差が最小になる仮定局所音速を局所音速と判定する態様である。

【0014】

本発明の第3の態様に係る超音波診断装置は、複数の駆動信号に従って超音波を被検体に送信すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信することにより複数の受信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プローブと、被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算手段と、を備え、音速値計算手段は、複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定手段と、複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算手段と、受信信号に基づく分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算手段により計算された波形との誤差が閾値以下か否かを判定する誤差判定手段と、誤差判定手段の判定結果に基づき、誤差が閾値よりも大きい場合には複数の分割領域にそれぞれ設定されている仮定局所音速を新たな音速値に更新し、誤差が閾値以下の場合には、複数の分割領域にそれぞれ設定されている音速を局所音速として決定する音速更新決定手段と、を含んで構成される態様である。

10

【0015】

本発明の第4の態様に係る超音波診断装置は、上記第1～第3の態様において、誤差は、分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算手段により計算された波形との位相差である態様である。

【0016】

本発明の第5の態様に係る超音波診断装置は、上記第1～第4の態様において、音速値計算手段は、被検体内の所定の領域を深さ方向に m 行及び方位方向に n 列（但し、 m 、 n は2以上の自然数とする。）からなる複数の分割領域に分割する態様である。

20

【0017】

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、音速値計算手段は、複数の分割領域に対する局所音速を被検体内の深さ方向に関して浅い側から順番に行毎に求める態様である。

【0018】

本発明の第7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、音速値計算手段は、複数の分割領域に対する局所音速を全行同時に求める態様である。

30

【0019】

本発明の第8の態様に係る超音波診断装置は、上記第1～第7の態様において、複数の分割領域に対する局所音速に基づいて被検体内の音速分布を表示する表示手段と、表示手段に表示される音速分布の表示分解能に応じて分割領域の大きさを変化させる分割領域調整手段と、を備える態様である。

【0020】

本発明の第9の態様に係る音速推定方法は、複数の駆動信号を超音波プローブ内の複数の超音波トランスデューサに供給すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信した複数の超音波トランスデューサから出力される複数の受信信号を検出する受信信号検出ステップと、被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算ステップと、を備え、音速値計算ステップは、複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定ステップと、複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算ステップと、受信信号検出ステップに基づく分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算ステップにより計算された波形とに基づいて局所音速を判定する局所音速判定ステップと、を含む態様である。

40

【0021】

本発明の第10の態様に係る音速推定方法は、上記第9の態様において、局所音速判定ステップは、分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算ステップにより計算された波形との誤差が最小になる仮定局所音速を局所音速と判定する態様である。

50

【0022】

本発明の第11の態様に係る音速推定方法は、複数の駆動信号を超音波プローブ内の複数の超音波トランスデューサに供給すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信した前記複数の超音波トランスデューサから出力される複数の受信信号を検出する受信信号検出ステップと、被検体内の所定の領域を複数の分割領域に分割し、分割領域における局所的な音速である局所音速を計算する音速値計算ステップと、を備え、音速値計算ステップは、複数の分割領域に対してそれぞれ仮定局所音速を設定する音速設定ステップと、複数の分割領域に対してそれぞれ設定された仮定局所音速に基づき、分割領域で反射された超音波エコーの波形を計算する波形計算ステップと、受信信号検出ステップに基づく分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算ステップにより計算された波形との誤差が閾値以下か否かを判定する誤差判定ステップと、誤差判定ステップの判定結果に基づき、誤差が閾値よりも大きい場合には複数の分割領域にそれぞれ設定されている仮定局所音速を新たな音速値に更新し、誤差が閾値以下の場合には、複数の分割領域にそれぞれ設定されている音速を局所音速として決定する音速更新決定ステップと、を含む態様である。

10

【0023】

本発明の第12の態様に係る音速推定方法は、上記第9～第11の態様において、誤差は、分割領域で実際に反射した超音波エコーの実波形と、波形計算ステップにより計算された波形との位相差である態様である。

【0024】

本発明の第13の態様に係る音速推定方法は、上記第9～第12の態様において、音速値計算ステップは、被検体内の所定の領域を深さ方向に m 行及び方位方向に n 列（但し、 m 、 n は2以上の自然数とする。）からなる複数の分割領域に分割する態様である。

20

【0025】

本発明の第14の態様に係る音速推定方法は、上記第13の態様において、音速値計算ステップは、複数の分割領域に対する局所音速を被検体内の深さ方向に関して浅い側から順番に行毎に求める態様である。

【0026】

本発明の第15の態様に係る音速推定方法は、上記第13の態様において、音速値計算ステップは、複数の分割領域に対する局所音速を全行同時に求める態様である。

30

【0027】

本発明の第16の態様に係る音速推定方法は、上記第9～第15の態様において、複数の分割領域に対する局所音速に基づいて被検体内の音速分布を表示する表示ステップと、表示ステップで表示される音速分布の表示分解能に応じて分割領域の大きさを変化させる分割領域調整ステップと、を含む態様である。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、被検体内を複数の分割領域に分割し、各分割領域の局所音速を仮定して逐次計算を行う。これにより、被検体内の音速分布が方位方向に不均一な場合においても局所音速を高精度に求めることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の一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】第1の実施形態に係る音速推定方法を示すフローチャート図である。

【図3】図2に示すフローチャートにおいて局所音速が求められる様子を示した説明図である。

【図4】超音波エコーの計算波形 W_A と実波形 W_R の関係の一例を示したグラフである。

【図5】音速マップの表示分解能に応じて分割領域のサイズが変化する様子を示した説明図である。

【図6】第2の実施形態に係る音速推定方法を示すフローチャート図である。

50

【図 7】図 6 に示すフローチャートにおいて局所音速が求められる様子を示した説明図である。

【図 8】被検体内の音速分布が方位方向に一定でない場合の問題点を示した説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

【0031】

図 1 は、本発明の一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。この超音波診断装置は、超音波プローブ 10 と、走査制御部 11 と、送信遅延パターン記憶部 12 と、送信制御部 13 と、駆動信号発生部 14 と、受信信号処理部 21 と、受信遅延パターン記憶部 22 と、受信制御部 23 と、B モード画像信号生成部 30 と、音速値計算部 42 と、音速マップ作成部 43 と、画像表示制御部 51 と、表示部 52 と、操作卓 61 と、制御部 62 と、格納部 63 とを有している。ここで、送信遅延パターン記憶部 12 ～受信制御部 23 は、信号処理手段を構成している。

【0032】

超音波プローブ 10 は、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 10a を含んでいる。それらの超音波トランスデューサ 10a は、印加される複数の駆動信号に基づいて超音波を被検体に送信すると共に、被検体から伝搬する超音波エコーを受信して複数の受信信号を出力する。

【0033】

各超音波トランスデューサ 10a は、例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛：Pb(lead) zirconate titanate）に代表される圧電セラミックや、PVDf（ポリフッ化ビニリデン：polyvinylidene difluoride）に代表される高分子圧電素子等の圧電性を有する材料（圧電体）の両端に電極を形成した振動子によって構成される。そのような振動子の電極に、パルス状又は連続波の電圧を印加すると、圧電体が伸縮する。この伸縮により、それぞれの振動子からパルス状又は連続波の超音波が発生し、それらの超音波の合成によって超音波ビームが形成される。また、それぞれの振動子は、伝搬する超音波を受信することによって伸縮し、電気信号を発生する。それらの電気信号は、超音波の受信信号として出力される。

【0034】

走査制御部 11 は、超音波ビームの送信方向及び超音波エコーの受信方向を順次設定する。送信遅延パターン記憶部 12 は、超音波ビームを形成する際に用いられる複数の送信遅延パターンを記憶している。送信制御部 13 は、走査制御部 11 において設定された送信方向に応じて、送信遅延パターン記憶部 12 に記憶されている複数の遅延パターンの中から 1 つのパターンを選択し、そのパターンに基づいて、複数の超音波トランスデューサ 10a の駆動信号にそれぞれ与えられる遅延時間を設定する。あるいは、送信制御部 13 は、複数の超音波トランスデューサ 10a から一度に送信される超音波が被検体の撮像領域全体に届くように遅延時間を設定しても良い。

【0035】

駆動信号発生部 14 は、例えば、複数の超音波トランスデューサ 10a に対応する複数のパルスによって構成されている。駆動信号発生部 14 は、送信制御部 13 によって設定された遅延時間に従って、複数の超音波トランスデューサ 10a 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複数の駆動信号を超音波プローブ 10 に供給し、又は、複数の超音波トランスデューサ 10a から一度に送信される超音波が被検体の撮像領域全体に届くように複数の駆動信号を超音波プローブ 10 に供給する。

【0036】

受信信号処理部 21 は、複数の超音波トランスデューサ 10a に対応して、複数の増幅器（プリアンプ）21a と、複数の A/D 変換器 21b とを含んでいる。超音波トランスデューサ 10a から出力される受信信号は、増幅器 21a において増幅され、増幅器 21

10

20

30

40

50

aから出力されるアナログの受信信号は、A/D変換器21bによってデジタルの受信信号に変換される。A/D変換器21bは、デジタルの受信信号を受信制御部23に出力する。

【0037】

受信遅延パターン記憶部22は、複数の超音波トランスデューサ10aから出力される複数の受信信号に対して受信フォーカス処理を行う際に用いられる複数の受信遅延パターンを記憶している。受信制御部23は、走査制御部11において設定された受信方向に基づいて、受信遅延パターン記憶部22に記憶されている複数の受信遅延パターンの中から1つのパターンを選択し、その受信遅延パターンと設定音速値とに基づいて、複数の受信信号に遅延を与えて加算することにより、受信フォーカス処理を行う。この受信フォーカス処理により、超音波エコーの焦点が絞り込まれた受信信号（音線信号）が形成される。さらに、受信制御部23は、形成された音線信号に対して包絡線検波処理を施す。

10

【0038】

Bモード画像信号生成部30は、受信制御部23によって生成される音線信号に基づいて、被検体内の組織に関する断層画像情報であるBモード画像信号を生成する。そのために、Bモード画像信号生成部30は、STC（sensitivity time control）部31と、DSC（digital scan converter：デジタル・スキャン・コンバータ）32とを含んでいる。

【0039】

STC部31は、受信制御部23によって生成される音線信号に対して、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施す。また、DSC32は、STC部31によって補正された音線信号を通常のテレビジョン信号の走査方式に従う画像信号に変換（ラスタ変換）し、階調処理等の必要な画像処理を施すことにより、Bモード画像信号を生成する。Bモード画像信号生成部30によって生成されるBモード画像信号に基づいて、表示部52に超音波画像が表示される。

20

【0040】

音速値計算部42は、被検体内の対象領域（観察領域）を複数の分割領域（微小領域）に分割し、各分割領域の局所音速を仮定して逐次計算を行うことにより、各分割領域の局所音速を求める。

【0041】

音速マップ作成部43は、音速値計算部42によって複数の分割領域について計算される局所音速に基づいて、被検体内における音速分布を表示する音速マップを表す画像信号を生成する。画像表示制御部51は、操作卓61を用いたオペレータの操作に従って、Bモード画像信号生成部30によって生成されるBモード画像信号と、音速マップ作成部43によって生成される音速マップを表す画像信号との内の少なくとも1つを選択して、表示用の画像信号を生成する。表示部52は、例えば、CRTやLCD等のディスプレイ装置を含んでおり、表示用の画像信号に基づいて超音波画像又は音速マップを表示する。

30

【0042】

制御部62は、操作卓61を用いたオペレータの操作に従って、走査制御部11、Bモード画像信号生成部30等を制御する。本実施形態においては、走査制御部11、送信制御部13、受信制御部23～画像表示制御部51、及び、制御部62が、CPUとソフトウェア（プログラム）によって構成されるが、それらをデジタル回路やアナログ回路で構成しても良い。上記のソフトウェア（プログラム）は、格納部63に格納される。格納部63における記録媒体としては、内蔵のハードディスクの他に、フレキシブルディスク、MO、MT、RAM、CD-ROM、又は、DVD-ROM等を用いることができる。

40

【0043】

次に、図1に示す超音波診断装置において用いられる音速推定方法について詳しく説明する。

【0044】

〔第1の実施形態〕

50

図2は、第1の実施形態に係る音速推定方法を示すフローチャートである。図3は、図2に示すフローチャートにおいて局所音速が求められる様子を示した説明図である。第1の実施形態に係る音速推定方法は、被検体内の対象領域を複数の分割領域（微小領域）に分割し、各分割領域の局所音速を被検体内の浅い側から順番に行毎に求める方法である。以下、図2に示したフローチャートに従って説明する。

【0045】

まず、オペレータが、操作卓61を操作することにより、被検体の超音波画像において音速マップを表示する対象領域（観察領域）が指定されると、音速値計算部42は、図3（a）に示すように、被検体内の対象領域を m 行 n 列（ m 、 n は2以上の自然数とする）からなる複数の分割領域100に分割する（ステップS10）。なお、行方向（Y方向）は被検体の深さ方向とし、列方向（X方向）は方位方向（複数の超音波トランスデューサ10aが配列される方位方向）とする。また、複数の分割領域100のうち、被検体の深さ方向において一番浅い側となる1行目の各分割領域100は超音波プローブ10に接する領域とする。

【0046】

次に、音速値計算部42は、変数 k を1に初期設定する（ステップS12）。以下では、 $k=1$ の場合について説明する。

【0047】

次に、音速値計算部42は、図3（a）に示すように、1行目の各分割領域100に対してそれぞれ仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ を設定する（ステップS14）。

【0048】

次に、音速値計算部42は、1行目の各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ に基づき、1行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーの波形（以下、「計算波形」という。） W_A を計算する（ステップS16）。超音波エコーの計算波形 W_A では、各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ と各超音波トランスデューサ10aとの幾何学的な配置関係から、反射点となる分割領域100から各超音波トランスデューサ10aに超音波エコーが到達するまでの伝搬時間を算出することにより求めることが可能である。

【0049】

次に、音速値計算部42は、1行目の各分割領域100に送信フォーカス位置を順次ずらしながら、複数の超音波トランスデューサ10aから超音波ビームを送信したときに、1行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーの波形（以下、「実波形」という。） W_R を取得する（ステップS18）。なお、超音波エコーの実波形 W_R は、各超音波トランスデューサ10aから出力される超音波の受信信号から求められる。

【0050】

次に、音速値計算部42は、1行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差を求める（ステップS20）。

【0051】

図4は、超音波エコーの計算波形 W_A と実波形 W_R の関係の一例を示したグラフである。各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ と実際の局所音速との間に誤差がある場合には、図4に示すように、X方向の各位置において、超音波エコーの計算波形 W_A と実波形 W_R との間に位相差が生じる。すなわち、各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ が実際の局所音速と一致する場合には、超音波エコーの計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差はゼロとなる。したがって、超音波エコーの計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差を求めることにより、各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ と実際の局所音速との差を推定することが可能となる。

【0052】

次に、音速値計算部42は、1行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差が閾値以内か否かを判定する（ステップS22）。

【0053】

ステップS22にてNoの場合、すなわち、1行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差が閾値よりも大きい場合、音速値計算部42は、1行目の各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ が実際の局所音速からずれていると判断し、例えば最小二乗法などの最適化手法を用いて上記位相差を最小にする局所音速分布を求める（ステップS24）。そして、ステップS24で求めた局所音速分布に基づき、1行目の各分割領域100に設定されている仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ を新たな音速値に更新する（ステップS26）。その後、ステップS16に戻り、更新後の仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ に基づき、それ以降の処理を繰り返し実行する。

10

【0054】

一方、ステップS22にてYesの場合、すなわち、1行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差が閾値以下の場合、音速値計算部42は、1行目の各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ が実際の局所音速と等しいものとみなして、1行目の各分割領域100の仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{1n}$ を局所音速 $V_{11} \sim V_{1n}$ として決定する（ステップS28）。

【0055】

次に、音速値計算部42は、 $k=m$ が成り立つか否かを判断し（ステップS30）、 $k=m$ が成り立たない場合には k に1を加算する（ステップS32）。そして、ステップS14に戻り、それ以降の処理を繰り返し実行する。

20

【0056】

例えば、先の例（ $k=1$ の場合）において、1行目の各分割領域100の局所音速 $V_{11} \sim V_{1n}$ が求められると、ステップS30及びステップ32を経て、ステップS14に戻る。そして、音速値計算部42は、図3（b）に示すように、2行目の各分割領域100に対して仮定局所音速 $v_{21} \sim v_{2n}$ を設定する（ステップS14）。

【0057】

次に、音速値計算部42は、2行目の各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{21} \sim v_{2n}$ に基づいて、2行目の各分割領域100でそれぞれ反射した超音波エコーの計算波形 W_A を計算する（ステップS16）。その際、2行目より浅い領域、すなわち、1行目の各分割領域100を通過する超音波エコーの伝搬時間については先に求めた局所音速 $V_{11} \sim V_{1n}$ を用いて求める。

30

【0058】

その後の処理については $k=1$ の場合と同様であり、音速値計算部42は、計算波形 W_A と実波形 W_R の位相差が閾値以下となるまで仮定局所音速 $v_{21} \sim v_{2n}$ を新たな音速値に更新し、その位相差が閾値以下となった場合には、2行目の各分割領域100の仮定局所音速 $v_{21} \sim v_{2n}$ を局所音速 $V_{21} \sim V_{2n}$ として決定する。

【0059】

その後、 $k=m$ となるまでステップS14～ステップS32の各処理が繰り返し行われ、図3（c）に示すように、1～ m 行目までの全行の各分割領域100の局所音速 $V_{11} \sim V_{mn}$ が求められる。そして、図2のステップS30において、 $k=m$ が成り立つと判断されて終了となる。

40

【0060】

なお、このようにして求められた各分割領域100の局所音速 $V_{11} \sim V_{mn}$ は音速マップ作成部43に出力され、音速マップ作成部43によって各分割領域100の局所音速 $V_{11} \sim V_{mn}$ に基づく音速マップを表す画像信号が生成される。そして、画像表示制御部51により表示用の画像信号が生成され、その画像信号に基づいて音速マップが表示部52に表示される。

【0061】

本実施形態によれば、被検体内の対象領域を m 行 n 列からなる複数の分割領域100に分割し、各分割領域100の局所音速を仮定して逐次計算を行う。その際、被検体の浅い

50

側から順番に行毎に各分割領域 100 の局所音速を求める。これにより、被検体内の音速分布が方位方向に不均一な場合においても局所音速を高精度に求めることができる。

【0062】

また、本実施形態において、音速値計算部 42 は、図 5 (a)、(b) に示すように、分割領域 100 のサイズ（行方向及び列方向の大きさ）を、表示部 52 に表示される音速マップの表示に必要な分解能（表示分解能）に応じて変化させる態様が好ましい。例えば、音速マップの表示分解能が高くなるにつれて分割領域 100 のサイズを小さくする。これにより、被検体内の音速分布を精細に把握することが可能となり、診断精度の向上を図ることができる。また、音速マップの表示分解能が低い場合には、分割領域 100 のサイズを大きくすることにより、処理速度の向上を図ることができる。なお、後述する第 2 の実施形態についても同様である。

10

【0063】

〔第 2 の実施形態〕

図 6 は、第 2 の実施形態に係る音速推定方法を示したフローチャートである。図 7 は、図 6 に示すフローチャートにおいて局所音速が求められる様子を示した説明図である。

【0064】

第 2 の実施形態に係る音速推定方法は、複数の分割領域 100 の局所音速を行毎ではなく、全行同時に求める方法である。

【0065】

まず、第 1 の実施形態と同様にして図 6 に示したフローチャートが開始されると、音速値計算部 42 は、被検体内の対象領域を m 行 n 列からなる複数の分割領域 100 に分割する（ステップ S30）。

20

【0066】

次に、音速値計算部 42 は、図 7 (a) に示すように、全ての分割領域 100 に対してそれぞれ仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{mn}$ を設定する（ステップ S32）。

【0067】

次に、音速値計算部 42 は、各分割領域 100 に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{mn}$ に基づき、各分割領域 100 でそれぞれ反射した超音波エコーの計算波形 W_A を計算する（ステップ S34）。

【0068】

次に、音速値計算部 42 は、各分割領域 100 に送信フォーカス位置を順次ずらしながら、複数の超音波トランスデューサ 10a から超音波ビームを送信したときに、各分割領域 100 でそれぞれ反射した超音波エコーの実波形 W_R を取得する（ステップ S36）。

30

【0069】

次に、音速値計算部 42 は、各分割領域 100 でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差を求める（ステップ S38）。

【0070】

次に、音速値計算部 42 は、各分割領域 100 でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R の位相差が閾値以内か否かを判定する（ステップ S40）。

40

【0071】

ステップ 40 にて No の場合、すなわち、各分割領域 100 でそれぞれ反射した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差が閾値よりも大きい場合には、第 1 の実施形態と同様に、例えば最小二乗法などの最適化手法を用いて上記位相差が最小となる局所音速分布を求める（ステップ S42）。そして、ステップ S40 で求めた局所音速分布に基づき、各分割領域 100 に設定されている仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{mn}$ を新たな音速値に更新する（ステップ S44）。その後、ステップ S34 に戻り、更新後の仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{mn}$ に基づき、それ以降の処理を繰り返し実行する。

【0072】

一方、ステップ S40 にて Yes の場合、すなわち、各分割領域 100 でそれぞれ反射

50

した超音波エコーに関して、計算波形 W_A と実波形 W_R との位相差が閾値以内の場合には、各分割領域100に設定された仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{mn}$ が実際の局所音速と等しいものとみなし、図7(b)に示すように、全ての分割領域100の仮定局所音速 $v_{11} \sim v_{mn}$ を局所音速 $V_{11} \sim V_{mn}$ として決定する(ステップS46)。

【0073】

第2の実施形態によれば、被検体内を m 行 n 列からなる複数の分割領域100に分割し、各分割領域100の局所音速を仮定して逐次計算を行う。その際、各分割領域100の局所音速を全行同時に求める。これにより、被検体内の音速分布が方位方向に不均一な場合においても局所音速を高精度に求めることができる。また、第1の実施形態のように行毎に局所音速を求める場合に比べて、実際の局所音速との誤差が累積されることがなく、各分割領域100の局所音速をより高精度に求めることができる。

10

【0074】

なお、上述した各実施形態においては、超音波エコーの計算波形 W_A と実波形 W_R との誤差として位相差を比較することによって局所音速の判定を行っているが、これに限らず、例えば、これらの波形の時間差を比較することによって局所音速の判定を行ってもよいし、これらの波形を規格化した上で波形同士の振幅の差分を比較することによって局所音速の判定を行ってもよい。

【0075】

以上、本発明に係る超音波診断装置及び音速推定方法について詳細に説明したが、本発明は、以上の例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはもちろんである。

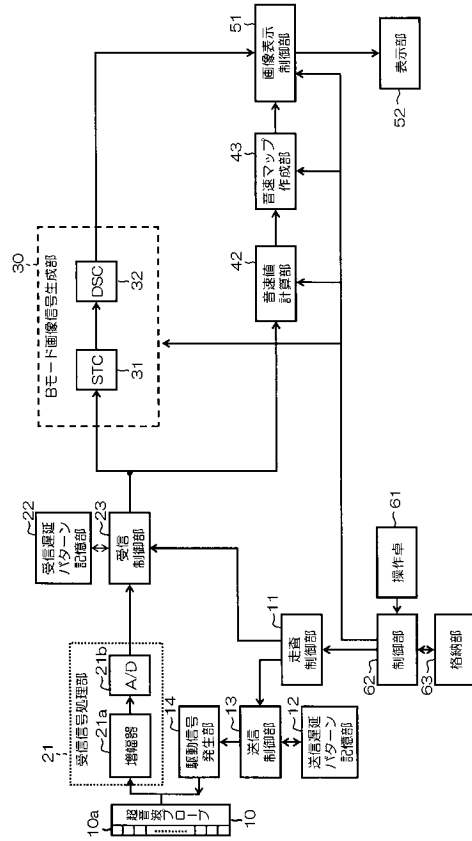
20

【符号の説明】

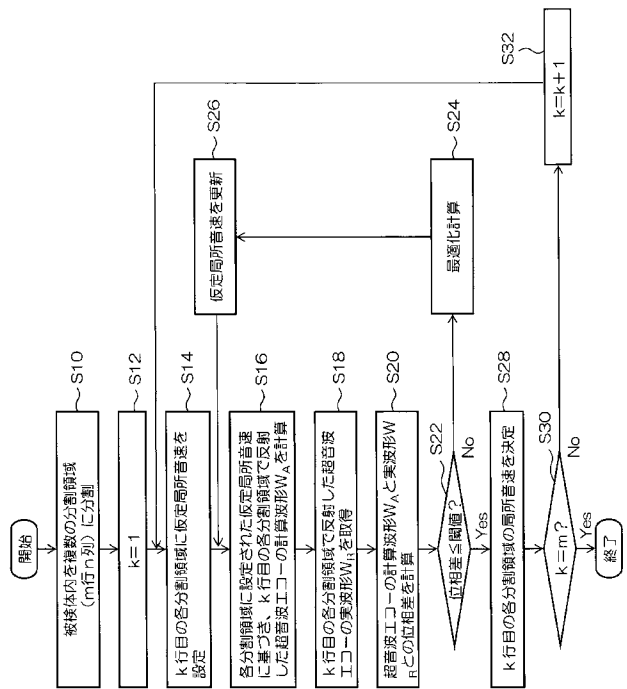
【0076】

10…超音波プローブ、10a…超音波トランスデューサ、11…走査制御部、12…送信遅延パターン記憶部、13…送信制御部、14…駆動信号発生部、21…受信信号処理部、21a…増幅器、21b…A/D変換器、22…受信遅延パターン記憶部、23…受信制御部、30…Bモード画像信号生成部、31…STC部、32…DSC、42…音速値計算部、43…音速マップ作成部、51…画像表示制御部、52…表示部、61…操作卓、62…制御部、63…格納部、100…分割領域

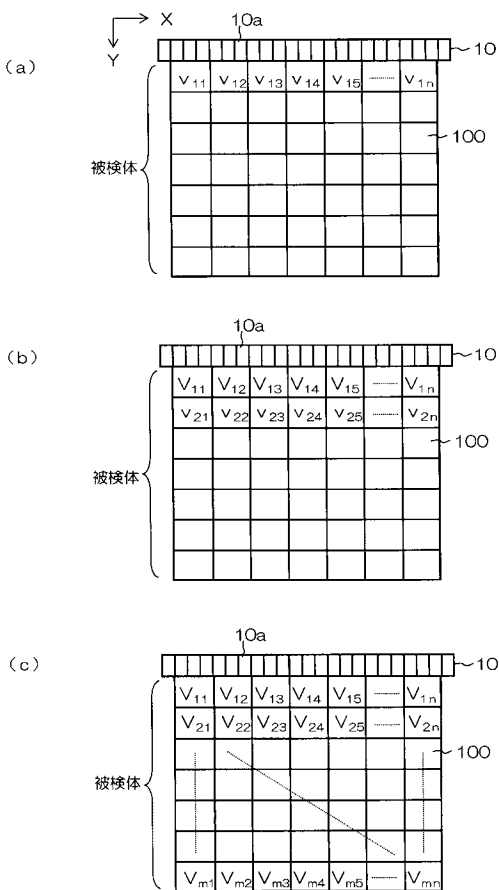
【図 1】



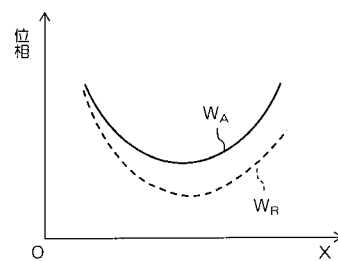
【図 2】



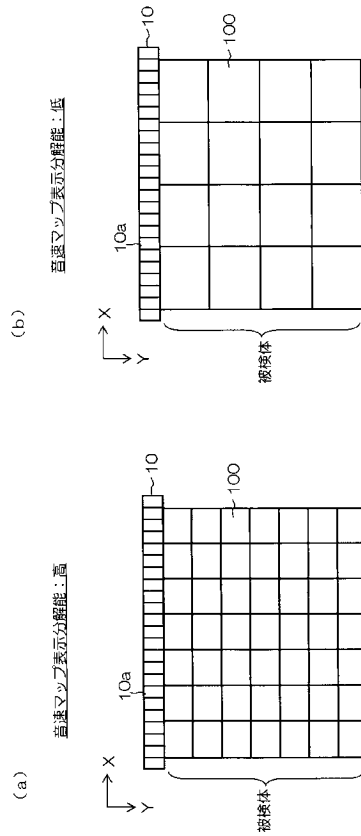
【図 3】



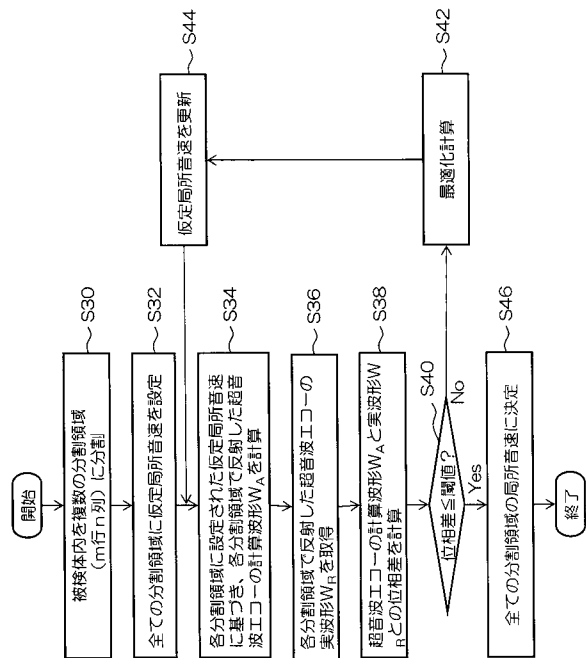
【図 4】



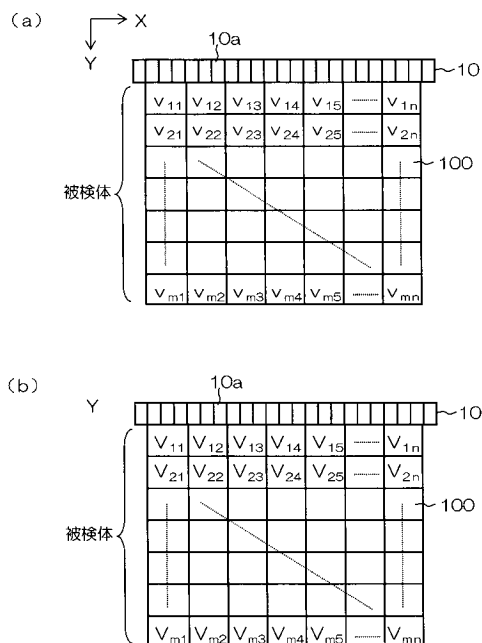
【図 5】



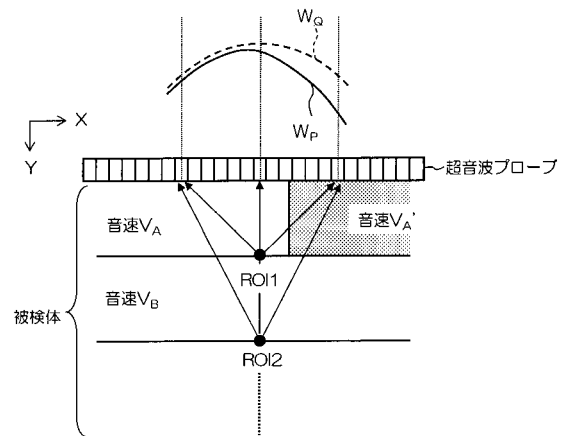
【図 6】



【図 7】



【図 8】



专利名称(译)	超音波診断装置及び音速推定方法		
公开(公告)号	JP2013244159A	公开(公告)日	2013-12-09
申请号	JP2012119576	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	山本拓明		
发明人	山本 拓明		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/DD20 4C601/EE09 4C601/GB03 4C601/JB36 4C601/JB37 4C601/JB38 4C601/KK27		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

摘要：要解决的问题：即使在物体中的声速分布在方位方向上不均匀时，也能准确地确定局部声速。解决方案：超声波诊断设备包括：超声波探头；声速值计算装置，用于通过将对象中的预定区域分割成多个分割区域来计算局部声速。声速值计算装置包括：声速设定装置，用于设定假定的局部声速；波形计算装置，用于根据假定的局部声速计算超声回波的波形；本地声速确定装置，用于根据超声回波的实际波形和计算出的波形确定局部声速。

