

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5613773号
(P5613773)

(45) 発行日 平成26年10月29日 (2014. 10. 29)

(24) 登録日 平成26年9月12日 (2014. 9. 12)

(51) Int. Cl. F 1
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 18 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2012-536483 (P2012-536483)	(73) 特許権者	306037311
(86) (22) 出願日	平成23年9月27日 (2011. 9. 27)		富士フイルム株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/072089		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(87) 国際公開番号	W02012/043569	(74) 代理人	100080159
(87) 国際公開日	平成24年4月5日 (2012. 4. 5)		弁理士 渡辺 望穂
審査請求日	平成25年4月15日 (2013. 4. 15)	(74) 代理人	100090217
(31) 優先権主張番号	特願2010-215735 (P2010-215735)		弁理士 三和 晴子
(32) 優先日	平成22年9月27日 (2010. 9. 27)	(74) 代理人	100152984
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 伊東 秀明
		(74) 代理人	100148080
			弁理士 三橋 史生
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波画像生成装置、超音波画像生成方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、

前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成部と

、

前記信頼度情報に基づき信頼度画像を生成する信頼度画像生成部と、を有し、

前記信頼度情報生成部は、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成装置。

【請求項 2】

さらに、前記形態画像、前記音速画像、および前記信頼度画像のうち1以上から表示画像を生成する画像処理部と、

前記表示画像を表示する表示部と、を有することを特徴とする請求項1に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 3】

超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、

10

20

前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成部と、を有し、

前記信頼度情報生成部は、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成するものであり、

前記信頼度情報は、前記音速画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲の画素から求めた情報であることを特徴とする超音波画像生成装置。

【請求項 4】

前記信頼度情報は、複数の前記音速画像間の各画素から求めた情報であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 5】

超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、

前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成部と、を有し、

前記信頼度情報生成部は、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成するものであり、

前記信頼度情報は、前記音速画像に対してエッジ検出処理またはギャップ検出処理により不連続点を検出した場合の、測定エラー情報であることを特徴とする超音波画像生成装置。

【請求項 6】

前記音速値は環境音速値であり、前記音速画像は環境音速画像であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 7】

前記音速値算出部は、環境音速値を算出する環境音速値算出部と、前記環境音速値に基づき局所音速値を算出する局所音速値算出部とを有し、

前記音速値は局所音速値であり、前記音速画像は局所音速画像であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 8】

超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、

前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、を有し、

前記音速値算出部は、前記形態画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲の画素から、該各画素のフォーカス指標値を設定音速ごとに求め、または該各画素における仮想受信波と仮想合成受信波との誤差を、仮の局所音速ごとに求め、

前記信頼度情報生成部は、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づいて信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成装置。

【請求項 9】

さらに、音速画像生成部を有し、

前記音速値算出部は、さらに、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づき、前記形態画像の着目領域における環境音速値または局所音速値を算出し、

10

20

30

40

50

前記音速画像生成部は、前記着目領域に対応する前記環境音速値または前記局所音速値に基づいて音速画像を生成し、

前記信頼度情報生成部は、さらに、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに信頼度情報を生成することを特徴とする請求項 8 に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 10】

さらに、前記信頼度情報に基づき信頼度画像を生成する信頼度画像生成部を有することを特徴とする請求項 9 に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 11】

さらに、前記形態画像、前記音速画像、および前記信頼度画像のうち 1 以上から表示画像を生成する画像処理部と、

前記表示画像を表示する表示部と、を有することを特徴とする請求項 10 に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 12】

前記表示部に、前記形態画像と、前記音速画像または前記信頼度画像とをオーバーレイ表示することを特徴とする請求項 2 または 11 に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 13】

前記信頼度画像の各画素のうち、前記信頼度情報が所定の値よりも低い画素をマスクして表示することを特徴とする請求項 2 または 11 に記載の超音波画像生成装置。

【請求項 14】

超音波を被検体に送信して反射波を受信し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成方法であって、

前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出ステップと、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成ステップと、を有し、

前記音速値算出ステップは、前記形態画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲の画素から、該各画素のフォーカス指標値を設定音速ごとに求め、または該各画素における仮想受信波と仮想合成受信波との誤差を、仮の局所音速ごとに求め、

前記信頼度情報生成ステップは、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づいて信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成方法。

【請求項 15】

さらに、音速画像生成ステップを有し、

前記音速値算出ステップは、さらに、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づき、前記形態画像の着目領域における環境音速値または局所音速値を算出し、

前記音速画像生成ステップは、前記着目領域に対応する前記環境音速値または前記局所音速値に基づいて音速画像を生成し、

前記信頼度情報生成ステップは、さらに、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに信頼度情報を生成することを特徴とする請求項 14 に記載の超音波画像生成方法。

【請求項 16】

超音波を被検体に送信して反射波を受信し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成方法であって、

前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出ステップと、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成ステップと、

前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成ステップと、

前記信頼度情報に基づき信頼度画像を生成する信頼度画像生成ステップと、を有し、

前記信頼度情報生成ステップは、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成方法。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

請求項 14 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の超音波画像生成方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 18】

請求項 17 に記載のプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し、画像を表示する超音波画像生成装置、超音波画像生成方法およびプログラムに関し、詳しくは、受信した反射波から着目領域の音速、および音速の信頼度を画像化する超音波画像生成装置、超音波画像生成方法およびプログラムに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、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。この B モード画像を高画質化するために、被検体の音速を設定し求められたフォーカスデータにより音速値を補正することで、B モード画像のフォーカスを向上させることが提案されている。また、被検体内の一部における音速値（以下、局所音速値という）を測定する試みもなされている。

【0003】

20

例えば、特許文献 1 には、入力された超音波音速値を装置全体の設定音速としてフォーカス計算を行い、求められたフォーカスデータを用いて超音波画像の撮影を行うことにより、設定された超音波音速値を補正して（つまり、環境音速値（以下、最適音速値ともいう）を用いて）、フォーカスを向上させる超音波断層装置が開示されている。

【0004】

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超音波診断装置が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 8 - 3 1 7 9 2 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 0 - 9 9 4 5 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 では、B モード画像のフォーカスは向上するが、画像中の任意の領域における音速値を求めることはできない。また、特許文献 2 では、着目領域の局所音速値を求めること、求めた音速値によってフォーカスを向上させ、B モード画像を再構築して高画質化すること、および 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（例えば、局所音速値に応じて色分けまたは輝度を変化させる）ことは開示されているが、音速値の信頼性を求めることは開示されていない。

40

【0007】

本発明の目的は、着目領域の環境音速値または局所音速値だけでなく、これらの信頼度を求めることで、信頼性の高い環境音速値または局所音速値のみをフォーカスに用いたり、これらの値を直接または画像化して表示することで、より被検体内の病変の検出が行いやすい超音波画像を生成する超音波画像生成装置、超音波画像生成方法およびプログラム

50

を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成部と、前記信頼度情報に基づき信頼度画像を生成する信頼度画像生成部と、を有し、前記信頼度情報生成部は、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成装置を提供する。

10

【0009】

さらに、前記形態画像、前記音速画像、および前記信頼度画像のうち1以上から表示画像を生成する画像処理部と、前記表示画像を表示する表示部と、を有することが好ましい。

【0010】

また、上記課題を解決するために、本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成部と、を有し、前記信頼度情報生成部は、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成するものであり、前記信頼度情報は、前記音速画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲の画素から求めた情報であることを特徴とする超音波画像生成装置を提供する。

20

また、前記信頼度情報は、複数の前記音速画像間の各画素から求めた情報であることが好ましい。

また、上記課題を解決するために、本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成部と、を有し、前記信頼度情報生成部は、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成するものであり、前記信頼度情報は、前記音速画像に対してエッジ検出処理またはギャップ検出処理により不連続点を検出した場合の、測定エラー情報であることを特徴とする超音波画像生成装置を提供する。

30

【0011】

また、前記音速値は環境音速値であり、前記音速画像は環境音速画像であることが好ましい。

また、前記音速値算出部は、環境音速値を算出する環境音速値算出部と、前記環境音速値に基づき局所音速値を算出する局所音速値算出部とを有し、前記音速値は局所音速値であり、前記音速画像は局所音速画像であることが好ましい。

40

【0012】

また、上記課題を解決するために、本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し超音波検出信号を出力する超音波探触子を有し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成装置であって、前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出部と、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成部と、を有し、前記音速値算出部は、前記形態画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲の画素から、該各画素のフォーカス指標値を設定音速ごとに求め、または該各画素における仮想受信波と仮想合成受信波との誤差を、仮の局所音速ごとに

50

求め、前記信頼度情報生成部は、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づいて信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成装置を提供する。

さらに、音速画像生成部を有し、前記音速値算出部は、さらに、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づき、前記形態画像の着目領域における環境音速値または局所音速値を算出し、前記音速画像生成部は、前記着目領域に対応する前記環境音速値または前記局所音速値に基づいて音速画像を生成し、前記信頼度情報生成部は、さらに、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに信頼度情報を生成することが好ましい。

【0013】

さらに、前記信頼度情報に基づき信頼度画像を生成する信頼度画像生成部を有することが好ましい。

さらに、前記形態画像、前記音速画像、および前記信頼度画像のうち1以上から表示画像を生成する画像処理部と、前記表示画像を表示する表示部と、を有することが好ましい。

【0014】

また、前記表示部に、前記形態画像と、前記音速画像または前記信頼度画像とをオーバーレイ表示することが好ましい。

また、前記信頼度画像の各画素のうち、前記信頼度情報が所定の値よりも低い画素をマスクして表示することが好ましい。

【0015】

また、上記課題を解決するために、本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成方法であって、前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出ステップと、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成ステップと、を有し、前記音速値算出ステップは、前記形態画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲の画素から、該各画素のフォーカス指標値を設定音速ごとに求め、または該各画素における仮想受信波と仮想合成受信波との誤差を、仮の局所音速ごとに求め、前記信頼度情報生成ステップは、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づいて信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成方法を提供する。

【0017】

さらに、音速画像生成ステップを有し、前記音速値算出ステップは、さらに、前記設定音速ごとの前記フォーカス指標値、または前記仮の局所音速ごとの前記誤差に基づき、前記形態画像の着目領域における環境音速値または局所音速値を算出し、前記音速画像生成ステップは、前記着目領域に対応する前記環境音速値または前記局所音速値に基づいて音速画像を生成し、前記信頼度情報生成ステップは、さらに、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに信頼度情報を生成することが好ましい。

さらに、上記課題を解決するために、本発明は、超音波を被検体に送信して反射波を受信し、形状を表す形態画像を生成する超音波画像生成方法であって、前記形態画像の着目領域における音速値を算出する音速値算出ステップと、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、該音速値の信頼度情報を生成する信頼度情報生成ステップと、前記着目領域に対応する前記音速値に基づいて、音速画像を生成する音速画像生成ステップと、前記信頼度情報に基づき信頼度画像を生成する信頼度画像生成ステップと、を有し、前記信頼度情報生成ステップは、前記音速画像の前記着目領域に対応する領域ごとに前記信頼度情報を生成することを特徴とする超音波画像生成方法を提供する。

【0018】

また、上記課題を解決するために、本発明は、上記のいずれかに記載の超音波画像生成方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラムを提供する。

また、上記課題を解決するために、本発明は、上記に記載のプログラムが記録されたコ

10

20

30

40

50

ンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、環境音速値または局所音速値を測定するための、専用の超音波を送受信する構成を用いることなく、より被検体内の病変の検出が行いやすい、環境音速画像、または局所音速画像、および信頼度画像を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明に係る超音波画像生成方法を実施する、超音波画像生成装置の第1実施形態の構成の一例を示すブロック図である。

10

【図2】(a)、(b)は、設定音速プロファイルの一例を示すグラフである。

【図3】本発明に係る第1実施形態の超音波画像生成方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図4】音速値を決定する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図5】Bモード画像の一例を示す説明図である。

【図6】着目領域の設定の一例を示す説明図である。

【図7】環境音速値を画像化した音速画像の一例を示す説明図である。

【図8】音速の信頼度を画像化した信頼度画像の一例を示す説明図である。

【図9】設定音速プロファイル形状の信頼度を画像化した信頼度画像の一例を示す説明図である。

20

【図10】音速画像の表示の一例を示す説明図である。

【図11】音速画像の表示の他の一例を示す説明図である。

【図12】音速画像の表示の他の一例を示す説明図である。

【図13】音速画像の表示の他の一例を示す説明図である。

【図14】音速画像の表示の他の一例を示す説明図である。

【図15】本発明に係る超音波画像生成方法を実施する、超音波画像生成装置の第2実施形態の構成の一例を示すブロック図である。

【図16】本発明に係る局所音速値の演算処理を模式的に示す説明図である。

【図17】本発明に係る第2実施形態の超音波画像生成方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

30

【図18】本発明に係る局所音速値の演算処理の一例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】

【0021】

本発明に係る超音波画像生成方法を実施する本発明に係る超音波画像生成装置を、添付の図面に示す好適実施形態に基づいて以下に詳細に説明する。なお、以下の実施形態では、形態画像としてBモード画像を用いる場合について説明する。

【0022】

図1は、本発明に係る超音波画像生成装置の構成を表す第1実施形態のブロック図である。第1実施形態の超音波画像生成装置では、音速値として環境音速値を用いて音速画像および信頼度画像が生成される。

40

図1に示す超音波画像生成装置10は、操作部12、制御部14、超音波探触子16、送受信部20、信号処理部22、環境音速値算出部24、音速画像生成部32、第1信頼度画像生成部34、第2信頼度画像生成部36、画像処理部38、表示部40、およびRFデータ記録再生部42によって構成される。また、環境音速値算出部24は、フォーカス指標算出部26、環境音速プロファイル生成部28、および環境音速値決定部30によって構成される。

【0023】

操作部12は、超音波画像生成装置10の各種操作をオペレータが行うためのものであり、操作情報を出力する。操作部12の具体的な態様には特に限定はなく、キーボード、マウス、タッチパネルなど、公知の各種の操作機器を用いればよい。

50

【 0 0 2 4 】

制御部 1 4 は、超音波画像生成装置 1 0 の各部の動作を制御するためのものである。また、操作情報に従って各種処理が実施されるように、各部に対して制御信号 (C T L) が出力される。また、環境音速値を求めるための設定音速または受信遅延パターンを、後述する送受信部 2 0 に設定する。

【 0 0 2 5 】

超音波探触子 1 6 は、被検体に当接させて用いるプローブであり、1次元または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 1 8 を備えている。超音波トランスデューサ 1 8 では、送受信部 2 0 から印加される駆動信号に基づいて超音波ビームが被検体に送信されると共に、被検体から反射される超音波エコーが受信されて検出信号が出力される。

10

【 0 0 2 6 】

超音波トランスデューサ 1 8 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送受信部 2 0 に出力される。

20

【 0 0 2 7 】

なお、超音波トランスデューサ 1 8 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 2 8 】

送受信部 2 0 は、送信回路、受信回路、および A / D 変換器を備えている。

送信回路は、制御部 1 4 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 1 8 に印加する。このとき、送信回路は、制御部 1 4 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 1 8 に印加する駆動信号を遅延させる。ここで、送信回路は、複数の超音波トランスデューサ 1 8 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 1 8 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 1 8 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、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。

40

【 0 0 2 9 】

受信回路は、各超音波トランスデューサ 1 8 から出力される超音波検出信号を受信して増幅する。各超音波トランスデューサ 1 8 と被検体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 1 8 に反射波が到達する時間は異なる。受信回路は遅延回路を備えており、制御部 1 4 によって選択された音速 (以下、仮定音速という。) または音速の分布に基づいて設定される受信遅延パターンに従って、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 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、加算回路で加算することによ

50

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 からの受信信号が最も大きくなり、フォーカスが合う。この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。

【0030】

A/D変換器では、受信回路から出力されるアナログのRF信号がデジタルRF信号（以下、RFデータという。）に変換され出力される。ここで、RFデータには、受信波（搬送波）の位相情報が含まれている。

【0031】

信号処理部22では、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がされた後、包絡線検波処理が施され、Bモード画像データが生成され出力される。

10

【0032】

フォーカス指標算出部26には、設定音速ごとのBモード画像データおよびRFデータが入力され、Bモード画像の画素ごとに、環境音速値を求めるために必要な設定音速ごとのフォーカス指標が算出される。ある設定音速についてフォーカス指標が算出されると、設定音速を変更してフォーカス指標が算出される。つまり、全ての設定音速についてフォーカス指標が算出され出力される。フォーカス指標としては、例えば、Bモード画像データからは画像のコントラスト、シャープネス、あるいは各画素における超音波検出信号の周期または振幅が用いられ、RFデータからはビーム幅が用いられる。

20

【0033】

環境音速プロファイル生成部28には、Bモード画像の画素ごとに全ての設定音速についてのフォーカス指標が入力される。入力されたフォーカス指標は、横軸を設定音速、縦軸をフォーカス指標としたグラフにプロットされ、設定音速プロファイル（以下、環境音速プロファイルという）が生成され出力される。

【0034】

環境音速値決定部30には、Bモード画像の画素ごとに求められた環境音速プロファイルが入力される。入力された環境音速プロファイルに基づき、画素ごとの最適音速値（以下、環境音速値という）が決定され出力される。ここで、最適音速値（環境音速値）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、およびビーム幅が最も狭くなる音速値であり、各画素における実際の音速値（局所音速値）とは必ずしも一致しない。

30

なお、環境音速値を求める方法は、他にも、例えば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）を用いてもよい。

【0035】

音速画像生成部32には、Bモード画像の画素ごとに求められた環境音速値が入力される。音速画像生成部32では、環境音速値に対応した値、例えば、階調表現が可能なように、一定範囲の音速について対応付けられた一定範囲の数値が、Bモード画像の各画素に割り当てられた画像（以下、音速画像という）が生成され、音速画像データとして出力される。なお、階調表現が可能な一定範囲の数値に対して、擬似カラー画像化が行われてもよい。

40

さらに、超音波探触子16が静止された状態で複数の音速画像が生成され、時間軸（フレーム）方向の当該複数の音速画像間の平均値を算出することで測定エラーを抑制した測定エラー抑制音速画像としてもよい。

【0036】

第1信頼度画像生成部34には、音速画像データが入力される。第1信頼度画像生成部34は信頼度情報生成部および信頼度画像生成部であり、音速画像の画素ごとに信頼度情報が生成され、信頼度情報が画像化された信頼度画像が生成され、信頼度画像データとして出力される。ここで、信頼度情報は、例えば、音速画像の各画素および該各画素の周囲における所定範囲（例えば、3×3画素）の画素における環境音速値のバラツキの標準偏

50

差を求めて、中心画素の値とすることができる。全ての画素について求められた信頼度情報は画像化され、信頼度画像（標準偏差画像）データとして出力される。

また、信頼度情報は、他にも取得時間の異なる同一着目領域の、複数の音速画像間における対応する画素の環境音速値のバラつきについて標準偏差を求めてもよく、同様に画像化され信頼度画像データとして出力される。さらに、これらを組み合わせて、つまり、画像のx軸、y軸、および時間軸（フレーム）の3次元の所定範囲の画素における環境音速値のバラつきについて標準偏差を求めてもよい。

【0037】

また、各画素における環境音速が一定だとしても、超音波探触子16と着目領域の間に音速の異なる媒質が存在した場合、環境音速は深さ方向に変化する。そこで、この変化を信頼性の計算から除外するために、1次式または2次式で深さ方向に変化する平面で近似し、各画素における環境音速値から本近似による環境音速値を引いた後に標準偏差を求めるようにしてもよい。

さらに、超音波探触子16が移動されて複数の音速画像が生成される場合に、同一着目画素の各音速画像（各フレーム）間における環境音速値のバラつきの標準偏差を求めるようにしてもよい。

【0038】

第2信頼度画像生成部36には、Bモード画像の画素ごとに求められた環境音速プロファイルが入力される。第2信頼度画像生成部36は信頼度情報生成部および信頼度画像生成部であり、Bモード画像の画素ごとに、入力された環境音速プロファイルの形状または音速画像に基づき、信頼度情報が生成され、信頼度情報が画像化された信頼度画像が生成され、信頼度画像データが出力される。なお、信頼度情報生成部および信頼度画像生成部は、第1信頼度画像生成部34と第2信頼度画像生成部36とが、単独で、または併せて構成されたものである。

【0039】

ここで、環境音速プロファイルの形状について説明すると、環境音速値の信頼性が高い場合、例えば、図2(a)に示すように、フォーカス指標は環境音速値に近い程単調に大きくなる単峰性の変化となる。また、環境音速値におけるフォーカス指標と、環境音速値から外れた設定音速値におけるフォーカス指標とは、その差が大きくなる。つまり、コントラストが大きくなる。

一方、環境音速値の信頼性が低い場合、例えば、図2(b)に示すように、フォーカス指標は設定音速によって複雑に変化し、2峰性や3峰性の変化となる場合もある。また、環境音速値におけるフォーカス指標と、環境音速値から外れた設定音速値におけるフォーカス指標との差が小さくなる。つまり、コントラストが小さくなる。

【0040】

このため、環境音速プロファイルの形状の歪さ、例えば、曲線フィッティングの誤差が小さくなる次数、最大値を頂点とした2次曲線フィッティング結果との誤差、設定音速値の分散（2次モーメント）、および設定音速値の3次モーメント等を用いて、信頼度情報を生成することができる。

【0041】

また、フォーカス指標のコントラスト、例えば、フォーカス指標の最大値と最小値との差分、下記式(1)で表されるフォーカス指標、およびフォーカス指標の微分絶対値の平均値を用いて信頼度情報を生成してもよい。

【0042】

フォーカス指標 = 最大フォーカス指標

$$- (\text{フォーカス指標}[1400] + \text{フォーカス指標}[1650]) / 2 \quad \cdots (1)$$

【0043】

また、フォーカス指標がBモード画像の輝度や周波数に依存する事を踏まえて、上記の誤差またはコントラストを、フォーカス指標の平均値や最大値で規格化した値を用いて信頼度情報を生成してもよい。

【 0 0 4 4 】

画像処理部 38 には、B モード画像データ、音速画像データ、および信頼度画像データが入力される。画像処理部 38 は、D S C (Digital Scan Converter) 機能、並びに、エッジ検出、ギャップ検出、各種画像データ (B モード画像データ、音速画像データ、および信頼度画像データ) の重畳 (オーバーレイ) 表示、強調表示、およびマスク処理等の画像処理機能を有する。画像処理部 38 からは、D S C および画像処理が行われた表示画像データが出力される。なお、重畳表示等に用いる B モード画像データは、画像全体のフォーカスが最も良好な設定音速におけるデータを用いるのがよい。

【 0 0 4 5 】

D S C 機能では、B モード画像データ、およびこれを基に生成される音速画像データおよび信頼度画像データは、通常のテレビジョン信号の走査方式と異なる走査方式であるため、後述する表示部 40 に表示可能なように、通常の画像データ (例えば、テレビジョン信号の走査方式 (N T S C 方式) の画像データ) への変換 (ラスタ変換) が行われる。

【 0 0 4 6 】

画像処理機能では、例えば、各種画像データの重畳画像を生成したり、信頼度の高い画素を強調表示したり、信頼度の低い画素をマスクして非表示とすることで、医師の診断を補助する画像が生成される。例えば、信頼性画像の各画素のうち、信頼性情報が所定値以下の着目画素を測定エラーとして、測定エラー情報を取得して測定エラー画像を生成し、測定エラー画像を音速画像に重畳表示するようにしてもよい。

【 0 0 4 7 】

また、信頼性画像として、例えば、音速画像についてエッジ検出処理またはギャップ検出処理を行う、すなわち、着目画素周辺の 2 次元断面内、または時間軸 (フレーム) 方向も含めて 3 次元的に複数の画素を設定し、隣り合う各画素間の環境音速値の差が所定以上の画素組を含む場合 (つまり、不連続箇所を含む場合)、当該着目画素を測定エラーとして検出することで、測定エラー情報を取得して測定エラー画像を生成し、測定エラー画像を音速画像に重畳表示するようにしてもよい。このとき、深さ方向に 1 次式または 2 次式で変化する平面で近似し、各画素における環境音速値から、本近似による環境音速値を引いた後に不連続箇所を判定し、測定エラーとして検出してもよい。

【 0 0 4 8 】

表示部 40 には、表示画像データが入力され表示される。表示部 40 は、液晶、プラズマ、有機 E L (Electro Luminescence) 等の F P D (Flat Panel Display)、または C R T (Cathode Ray Tube) 等により構成される。表示部 40 は、複数の画像を並べて表示可能なように、表示面積が大きいもの、および画素数の多いものを用いるのがよい。

【 0 0 4 9 】

R F データ記録再生部 42 には、R F データ、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) が入力され、内部のシネメモリに記録される。R F データ記録再生部 42 は、シネメモリ記録モードとシネメモリ再生モードの 2 つの動作モードを持ち、通常観察時 (ライブモード) にはシネメモリ記録モードとして動作し、R F データが記録されている。

【 0 0 5 0 】

シネメモリ再生モードは、シネメモリに格納されている R F 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。シネメモリ再生モード時には、シネメモリに格納されている R F データが、オペレータの操作に応じて、信号処理部 22 へと出力され、オペレータは R F データ記録再生部 42 に記録された R F データに基づく、B モード画像、音速画像、および信頼度画像を見ることができる。

【 0 0 5 1 】

次に、本発明に係る超音波画像生成方法を実現する、本発明に係る超音波画像生成装置 10 の動作を説明する。

【 0 0 5 2 】

図 3 および図 4 は、本発明に係る超音波画像生成方法の処理の流れの一例を示すフロー

10

20

30

40

50

チャートである。

まず、環境音速値を求めるための設定音速が制御部 14 によって複数選択され、送受信部 20 に対して設定される（ステップ S 8）。ここで、設定音速は人体内の音速の範囲（概ね、 $1400\text{ m/s} \sim 1650\text{ m/s}$ ）の中から、複数の音速が選択され設定される。選択される音速の数（ L ）は、横軸を設定音速、縦軸をフォーカス指標としたグラフにプロットしたときに、図 2（a）、（b）に示すようなグラフが描ける程度であればよい。なお、オペレータによって設定音速が設定されるようにしてもよい。

【0053】

続いて、オペレータが超音波探触子 16 を被検体に接触させて超音波の送受信が行われ、超音波検出信号が超音波探触子 16 から出力される（ステップ S 10）。超音波検出信号は送受信部 20 に入力され、選択された複数の設定音速に対応する受信遅延パターンに基づき、それぞれの設定音速ごとに受信フォーカス処理または送受信フォーカス処理が行われ、A/D（Analog/Digital）変換されて、設定音速ごとの RF データとして出力される（ステップ S 12）。

【0054】

設定音速ごとの RF データは、信号処理部 22 に入力され、STC により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がされた後、包絡線検波処理が施され、図 5 に示すような B モード画像の B モード画像データが設定音速ごとに生成され出力される（ステップ S 14）。

【0055】

全ての設定音速ごとの B モード画像データおよび RF データは、環境音速値算出部 24 に入力される。環境音速値算出部 24 では、B モード画像のうち音速画像または信頼性画像を得たい領域について着目領域として指定される（ステップ S 16）。着目領域は、例えば、図 6 に示す着目領域 44 のように、B モード画像全体が初期設定にて自動的に設定されるようにしてもよいし、B モード画像の一部が自動的に着目領域として設定されてもよい。また、オペレータが操作部 12 を操作することにより B モード画像の一部が設定されてもよい。着目領域は、例えば、始点座標 $[x_{min}, y_{min}]$ 、および終点座標 $[x_{max}, y_{max}]$ で指定される。図 3 のフローチャートでは、例として x が $n \sim N$ 、 y が $m \sim M$ と設定される。

着目領域が設定されると、環境音速値の算出を開始する開始着目画素（例えば、 $x = n$ 、 $y = m$ ）が設定され（ステップ S 18）、着目画素の環境音速値の算出が行われる（ステップ S 20）。

【0056】

ここで、着目画素の環境音速値の算出の詳細を、図 4 のフローチャートにより説明する。

まず、ステップ S 8 で設定された環境音速値を求めるための選択される音速の数（設定音速の個数）が、初期値 $C_i = 1$ 、最大値 $C_{max} = L$ に設定される（ステップ S 202）。

【0057】

次に、設定音速 C_i のフォーカス指標が算出され出力される（ステップ S 204）。フォーカス指標値としては、例えば、B モード画像データのコントラスト、シャープネスの値が算出され出力される。なお、着目画素の RF データのビーム幅から、所定の指数が算出されてフォーカス指標として出力されてもよい。

【0058】

$C_i = 1$ （初期値）についてフォーカス指標の算出が終了すると、 C_i と C_{max} （最大値）の値が比較され（ステップ S 206）、 C_i の値が C_{max} 未満であるときは（ステップ S 206 で“N”）、 C_i に 1 が足されて（ステップ S 208）、ステップ S 204 のフォーカス指標の算出に戻る。フォーカス指標の算出（ステップ S 204）は、 $C_i = C_{max}$ となるまで繰り返され、着目画素の全ての設定音速についてフォーカス指標が算出され出力される。

10

20

30

40

50

【0059】

着目画素の全ての設定音速についてのフォーカス指標は、環境音速プロファイル生成部28に入力され、横軸を設定音速、縦軸をフォーカス指標としたグラフにプロットされ、環境音速プロファイルが生成され出力される(ステップS210)。

【0060】

環境音速プロファイルは、環境音速値決定部30に入力され、例えば、図2(a)に示すような環境音速プロファイルであれば、フォーカス指標の最大値の設定音速値が環境音速値として決定され出力される(ステップS212)。

【0061】

着目画素の環境音速値の算出が終了すると、つまりステップS20が終了すると、着目画素のy座標の値が y_{max} と比較され(ステップS22)、yの値が y_{max} 未満であるときは(ステップS22で“N”)、yに1が足されて(ステップS24)、ステップS20の着目画素の環境音速値の算出に戻る。着目画素の環境音速値の算出(ステップS20)は、 $y = y_{max}$ となるまで繰り返される。

【0062】

$y = y_{max}$ となると(ステップS22で“Y”)、着目画素のx座標の値が x_{max} と比較され(ステップS26)、xの値が x_{max} 未満であるときは(ステップS26で“N”)、xに1が足されて(ステップS28)、y座標の値が y_{min} ($y = m$)に設定され(ステップS30)、ステップS20の着目画素の環境音速値の算出に戻る。つまり、y座標方向をラインとすると、x座標がnである1ライン目の環境音速値が算出されると、x座標が1だけインクリメントされ($n + 1$)、2ライン目の環境音速値が算出される。着目画素の環境音速値の算出(ステップS20)は、着目領域全体について($x = x_{max}$ ($x = N$), $y = y_{max}$ ($y = M$)まで)、環境音速値が算出されるまで繰り返される。

【0063】

着目領域全体について環境音速値の算出が終了すると、環境音速値は音速画像生成部32に入力され、環境音速プロファイルは、第2信頼度画像生成部36に入力される。

ここで、信頼度画像の選択情報が予め設定されるか、またはオペレータにより操作部12が操作され制御部14により選択される(ステップS32)。信頼度画像として標準偏差画像が選択された場合(ステップS32で“標準偏差”)、音速画像生成部32では、Bモード画像の各画素に対応した環境音速値が割り当てられ、環境音速画像が生成され環境音速画像データ出力される(ステップS34)。

【0064】

環境音速画像データは、第1信頼度画像生成部34、および画像処理部38に入力される。第1信頼度画像生成部34では、音速画像の画素ごとに信頼度情報が生成され、信頼度情報が画像化された信頼度画像が生成され、信頼度画像データとして出力される(ステップS36)。

【0065】

一方、ステップS32において、信頼度画像として環境音速プロファイル形状画像が選択された場合(ステップS32で“プロファイル形状”)、環境音速画像を用いずに、第2信頼度画像生成部36に入力された、Bモード画像の画素ごとの環境音速プロファイル形状に基づきBモード画像の画素ごとに信頼度情報が生成され、信頼度情報が画像化された信頼度画像が生成され、信頼度画像データが出力される(ステップS36)。

【0066】

画像処理部38には、Bモード画像データ、環境音速画像データ、および信頼度画像データが入力される。画像処理部38では、入力された各種画像データに対して通常の画像データへの変換、重畳表示、強調表示、およびマスク処理等が行われ、表示画像データが生成され、表示部40に対して出力され表示される(ステップS38)。なお、各種画像データに対してエッジ検出、ギャップ検出等が行われ、測定エラー情報を取得して測定エラー画像が生成されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

ここで、表示部 4 0 に表示される表示画像データの例を挙げる。例えば、図 5 に示すような B モード画像または図 7 に示すような環境音速画像と、図 8 に示すような信頼度画像（標準偏差画像）または図 9 に示すような信頼度画像（音速プロファイル形状）とを並べて表示することができる。

また、例えば、図 1 0 に示すように、環境音速画像の色（輝度、色相、彩度）を変調して、単独または並べて表示してもよいし、環境音速画像の代わりに信頼性画像または測定エラー画像の色を変調して、単独または並べて表示してもよい。さらに、図 1 1 に示すように、図 5 の B モード画像と図 7 の環境音速画像とを重畳表示してもよい。

【 0 0 6 8 】

また、B モード画像、または環境音速画像の表示を、信頼性が低い画素または測定エラーが発生している画素の表示を行わないよう、あるいは、信頼性が高い画素のみ表示するように、限定して表示してもよい。例えば、図 1 2 に示すように、図 7 の環境音速画像を図 8 の信頼性画像でマスクして表示することができる。

【 0 0 6 9 】

他にも、例えば、図 1 3 に示すように、図 5 に示す B モード画像と、図 1 0 に示す環境音速画像の色を変調した画像を重畳表示してもよいし、図 1 4 に示すように、図 5 に示す B モード画像と、図 1 2 に示す環境音速画像を信頼性画像でマスクした画像を重畳表示してもよい。

また、上記の各種の表示画像をオペレータが操作部 1 2 を介して、任意に表示モードが切り替えられるようにしてもよい。

【 0 0 7 0 】

以上のように、環境音速値を測定するための専用の超音波を送受信する構成を用いることなく、より被検体内の病変の検出が行いやすい、様々な環境音速画像、および信頼度画像を提供することができる。

【 0 0 7 1 】

次に、第 2 実施形態として、環境音速値の代わりに局所音速値を用いた場合について説明する。図 1 5 は、上述の第 1 実施形態と異なる、本発明に係る超音波画像生成装置 5 0 の構成を表す第 2 実施形態のブロック図である。

超音波画像生成装置 5 0 は、図 1 に示す本発明に係る第 1 実施形態の超音波画像生成装置 1 0 と比べ、環境音速値から局所音速値をさらに求め、当該局所音速値を用いて音速画像および信頼度画像を生成するものであり、基本的に同様の構成を有するものである。よって、同様の構成要素には同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 2 】

図 1 5 に示す超音波画像生成装置 5 0 は、環境音速値算出部 2 4 の出力である各画素の環境音速値が局所音速値算出部 5 2 に入力され、局所音速値算出部 5 2 から出力される局所音速値が音速画像生成部 3 2 および第 2 信頼度画像生成部 3 6 に入力され、同じく局所音速値算出部 5 2 から出力される誤差プロファイルが第 2 信頼度画像生成部 3 6 に入力される。

【 0 0 7 3 】

局所音速値算出部 5 2 は、仮想受信波・仮想合成受信波誤差算出部 5 4、誤差プロファイル生成部 5 6、および局所音速値決定部 5 8 で構成される。

【 0 0 7 4 】

仮想受信波・仮想合成受信波誤差算出部 5 4 には、B モード画像データおよび環境音速値が入力され、B モード画像の画素ごとに、局所音速値を求めるために必要な仮の局所音速値ごとの、仮想受信波と仮想合成受信波との誤差が算出される。つまり、全ての仮の局所音速値について仮想受信波と仮想合成受信波との誤差が算出され出力される。

【 0 0 7 5 】

誤差プロファイル生成部 5 6 には、B モード画像の画素ごとに全ての仮の局所音速値について仮想受信波と仮想合成受信波との誤差が入力される。入力された仮想受信波と仮想合

10

20

30

40

50

成受信波との誤差は、横軸を仮の局所音速、縦軸を仮想受信波と仮想合成受信波との誤差としたグラフにプロットされ、誤差プロファイルが生成され出力される。

【 0 0 7 6 】

局所音速値決定部 5 8 には、B モード画像の画素ごとに求められた誤差プロファイルが入力される。入力された誤差プロファイルに基づき、画素ごとの局所音速値が決定され出力される。

【 0 0 7 7 】

ここで、局所音速値の演算処理について説明する。

図 1 6 は、局所音速値の演算処理を模式的に示す図である。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 (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 $X_{R O I}$ 、格子点 $X_{R O I}$ よりも浅い（即ち、超音波トランスデューサ 1 8 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, \dots とし、少なくとも格子点 $X_{R O I}$ 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。

【 0 0 7 9 】

本例では、格子点 A_1, A_2, \dots からの受信波（それぞれ W_{A_1}, W_{A_2}, \dots ）の（ T 及び遅延時間 T ）が既知として、格子点 $X_{R O I}$ と格子点 A_1, A_2, \dots の位置関係から格子点 $X_{R O I}$ 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 $X_{R O I}$ からの受信波 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受信波 W_{SUM} が一致することを利用する。

【 0 0 8 0 】

ここで、格子点 $X_{R O I}$ 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, \dots 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。

【 0 0 8 1 】

格子点 A_1, A_2, \dots 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, \dots の X 方向の間隔は、一例で 1 mm から 1 cm である。

【 0 0 8 2 】

格子点 A_1, A_2, \dots 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, \dots 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, \dots の Y 方向の間隔は、一例で 1 cm である。

【 0 0 8 3 】

なお、格子点 A_1, A_2, \dots の間隔が広い場合、合成波の演算が困難になるため、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。

【 0 0 8 4 】

第 2 実施形態の超音波画像生成装置 5 0 の動作は、第 1 実施形態の超音波画像生成装置 1 0 の場合とほぼ同様であるから、繰り返しの説明は省略し、異なる部分のみ図 1 7 に示すフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 8 5 】

図 1 7 は、図 3 のステップ S 2 6 とステップ S 3 2 との間に追加されるフローチャートである。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 2 6 までによって着目領域の全ての画素について環境音速値が求められる。

続いて、局所音速値の算出を開始する開始着目画素（例えば、 $x = n, y = m$ ）が設定され（ステップ S 4 0）、着目画素の局所音速値の算出が行われる（ステップ S 4 2）。

【 0 0 8 7 】

ここで、着目画素の局所音速値の算出の詳細を、図 1 8 のフローチャートにより説明する。

10

20

30

40

50

まず、格子点 X_{ROI} における環境音速値に基づいて、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 3 0 2）。

【 0 0 8 8 】

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 3 0 4）。そして、仮定音速が 1 ステップ変更されて（ステップ S 3 0 6）、仮想的な合成受信波 W_{SUM} が算出される（ステップ S 3 0 8）。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 における環境音速値は図 3 のステップ S 2 6 までにより既知のため、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。

【 0 0 8 9 】

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。

【 0 0 9 0 】

【 数 1 】

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

【 0 0 9 1 】

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（ $t/2$ ）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。

【 0 0 9 2 】

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_{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 $t/2$ 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値が既知であることから求められる。

【 0 0 9 3 】

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 ）を重ね合わせるにより行う。

【 0 0 9 4 】

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 3 1 0）。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、また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、また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、また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。

【0095】

次に、ステップ $S306$ から $S310$ 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 $S312$ で“Y”）、格子点 X_{ROI} における局所音速値が判定される（ステップ $S314$ ）。ホイヘンスの原理を厳密に適用した場合、上記ステップ $S308$ 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 $S314$ 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。

【0096】

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} の環境音速値と格子点 $A1, A2, \dots$ の環境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よい。

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。

【0097】

着目画素の局所音速値の算出が終了すると、つまりステップ $S42$ が終了すると、着目画素の y 座標の値が y_{max} と比較され（ステップ $S44$ ）、 y の値が y_{max} 未満であるときは（ステップ $S44$ で“N”）、 y に1が足されて（ステップ $S46$ ）、ステップ $S42$ の着目画素の局所音速値の算出に戻る。着目画素の局所音速値の算出（ステップ $S42$ ）は、 $y = y_{max}$ となるまで繰り返される。

【0098】

$y = y_{max}$ となると（ステップ $S44$ で“Y”）、着目画素の x 座標の値が x_{max} と比較され（ステップ $S48$ ）、 x の値が x_{max} 未満であるときは（ステップ $S48$ で“N”）、 x に1が足されて（ステップ $S50$ ）、 y 座標の値が y_{min} （ $y = m$ ）に設定され（ステップ $S52$ ）、ステップ $S42$ の着目画素の局所音速値の算出に戻る。つまり、 y 座標方向をラインとすると、 x 座標が n である1ライン目の局所音速値が算出されると、 x 座標が1だけインクリメントされ（ $n+1$ ）、2ライン目の局所音速値が算出される。着目画素の局所音速値の算出（ステップ $S42$ ）は、着目領域全体について（ $x = x_{max}$ （ $x = N$ ）、 $y = y_{max}$ （ $y = M$ ）まで）、局所音速値が算出されるまで繰り返される。

【0099】

着目領域全体について局所音速値の算出が終了すると、第1実施形態のステップ $S32$ 以降と同様に、局所音速画像データおよび信頼度画像データが生成され、表示部40に表示される。

なお、表示部40に表示される表示画像データは、第1実施形態と同様に、各種の表示画像データとすることができる。

【0100】

このように、環境音速値だけでなく局所音速値を用いる場合であっても、局所音速値を測定するための、専用の超音波を送受信する構成を用いることなく、より被検体内の病変の検出が行いやすい、局所音速画像、および信頼度画像を提供することができる。

【0101】

なお、上記の各実施形態では、Bモード画像を生成してその画素を着目画素としたが、Bモード画像を生成せず、RFデータに基づいて着目領域を複数の画素に分解し、当該画

10

20

30

40

50

素を着目画素として音速画像が生成されるようにしてもよい。

また、上記の各実施形態では、環境音速値または局所音速値をBモード画像の各画素に割り当てて音速画像を生成したが、これに限定されず、音速画像の画素はBモード画像の画素と1対1で対応しなくてもよい。例えば、Bモード画像の4画素分を音速画像の1画素としてもよい。

【0102】

また、上記の各実施形態では、通常観察時(ライブモード)の動作について説明したが、RFデータ記録再生部42に記録されたRFデータに基づいて、Bモード画像、音速画像、および信頼度画像が生成されるようにしてもよい。

【0103】

なお、本発明においては、上述した超音波画像生成方法の各工程をコンピュータに実行させるための超音波画像生成プログラムとして構成しても良いし、また、コンピュータを、超音波画像生成方法の各工程を実施する各手段として、または、上述した超音波画像生成装置を構成する各手段として機能させる超音波画像生成プログラムとして構成しても良い。

また、本発明を、上述した超音波画像生成プログラムをコンピュータにより読取可能な媒体またはコンピュータにより読取可能なメモリとして構成してもよい。

【0104】

以上、本発明に係る超音波画像生成装置、超音波画像生成方法およびプログラムについて詳細に説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変更を行ってもよい。

【符号の説明】

【0105】

- 10, 50 超音波画像生成装置
- 12 操作部
- 14 制御部
- 16 超音波探触子
- 18 超音波トランスデューサ
- 20 送受信部
- 22 信号処理部
- 24 環境音速値算出部
- 26 フォーカス指標算出部
- 28 環境音速プロファイル生成部
- 30 環境音速値決定部
- 32 音速画像生成部
- 34 第1信頼度画像生成部
- 36 第2信頼度画像生成部
- 38 画像処理部
- 40 表示部
- 42 RFデータ記録再生部
- 44 着目領域
- 52 局所音速値算出部
- 54 仮想受信波・仮想合成受信波算出部
- 56 誤差プロファイル生成部
- 58 局所音速値決定部

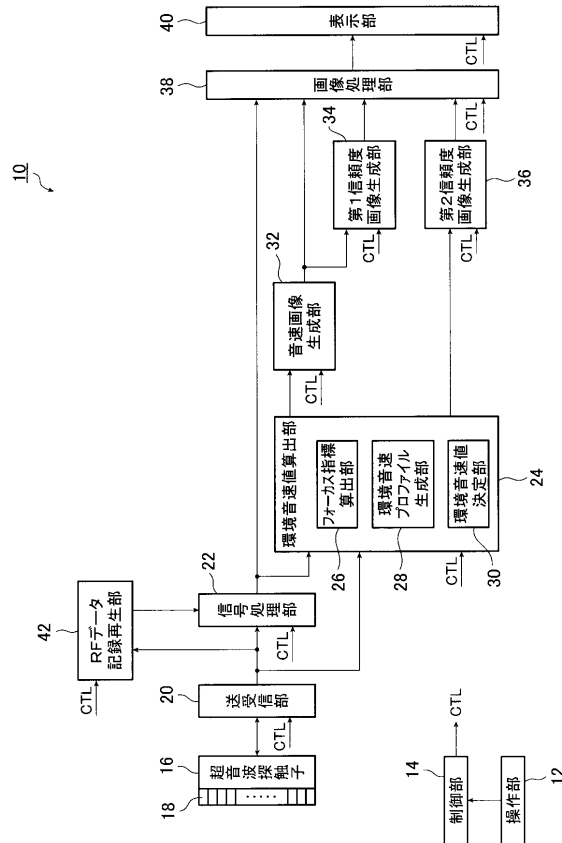
10

20

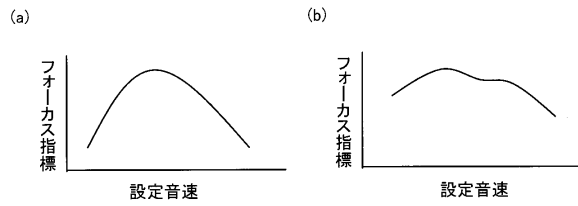
30

40

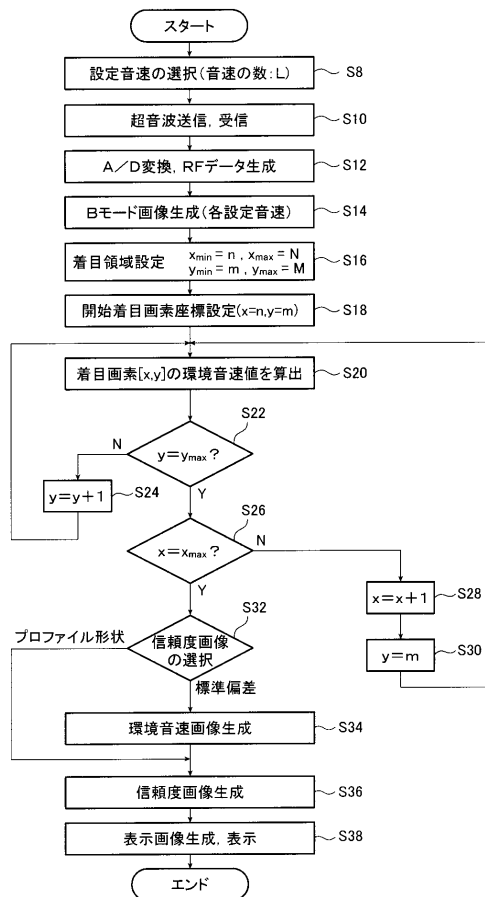
【図 1】



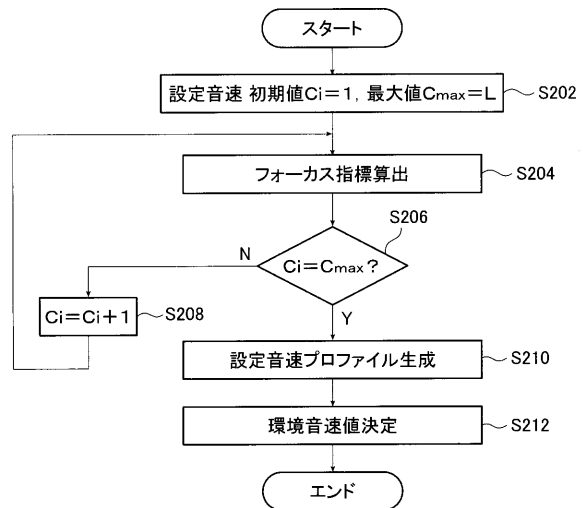
【図 2】



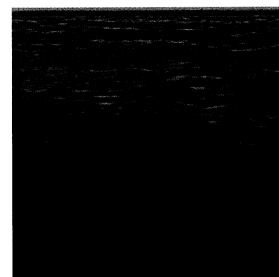
【図 3】



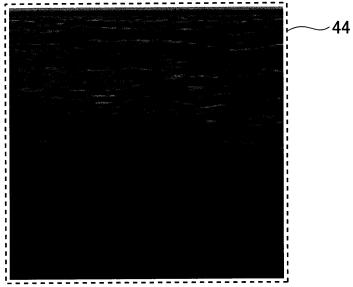
【図 4】



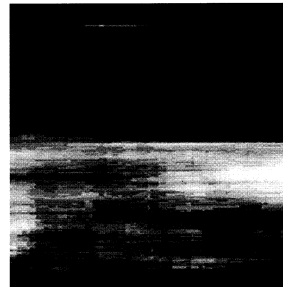
【図 5】



【図 6】



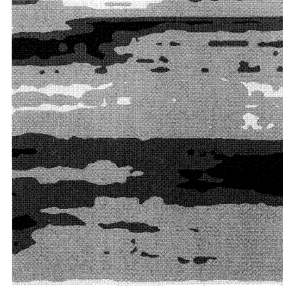
【図 8】



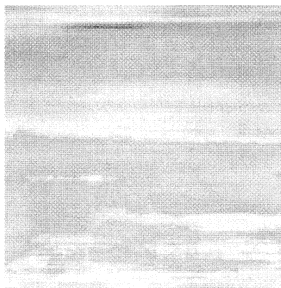
【図 7】



【図 9】



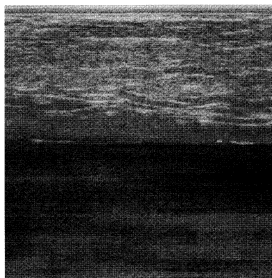
【図 10】



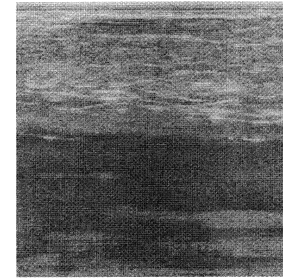
【図 12】



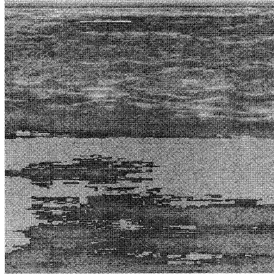
【図 11】



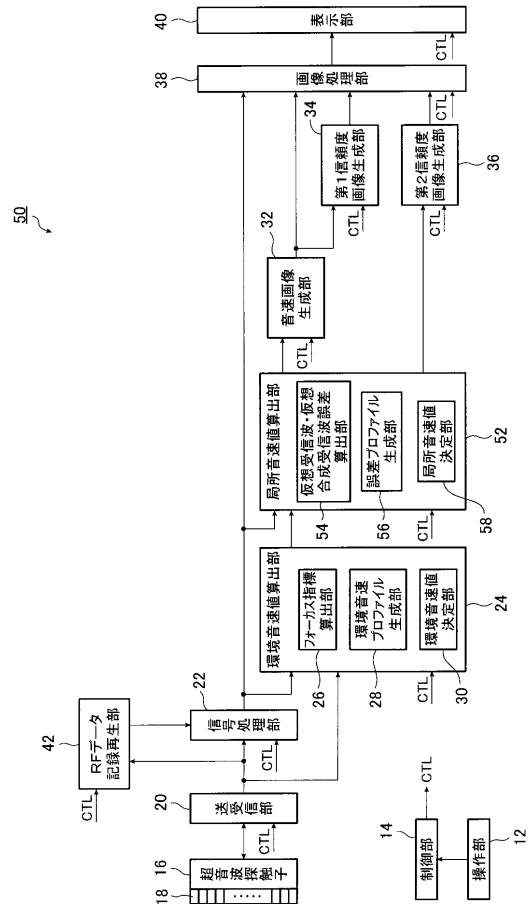
【図 13】



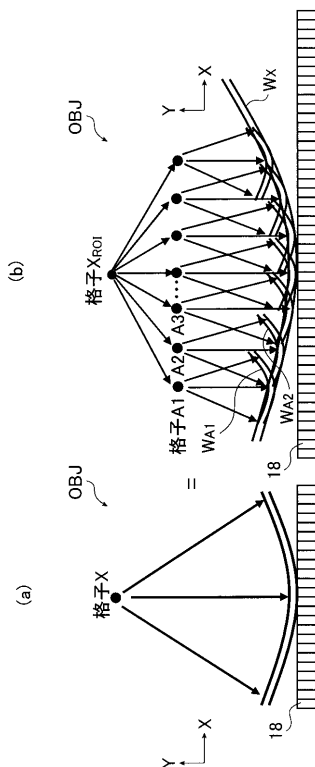
【 図 1 4 】



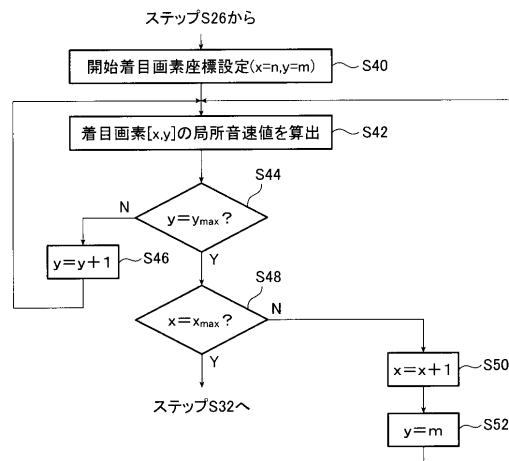
【 図 1 5 】



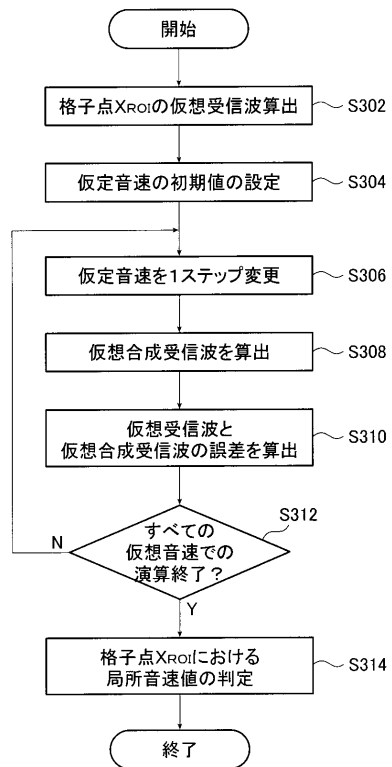
【 ㄨ 1 6 】



【 図 1 7 】



【図 18】



フロントページの続き

審査官 宮澤 浩

- (56)参考文献 特開2009-078124(JP,A)
特開2010-012157(JP,A)
特開2010-099452(JP,A)
特開平08-317926(JP,A)
特開昭61-154651(JP,A)
国際公開第2009/013871(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00

专利名称(译)	超声波图像生成装置，超声波图像生成方法以及程序		
公开(公告)号	JP5613773B2	公开(公告)日	2014-10-29
申请号	JP2012536483	申请日	2011-09-27
[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		
当前申请(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	A61B8/58 A61B8/5207		
FI分类号	A61B8/00		
代理人(译)	伊藤英明		
审查员(译)	宮澤浩		
优先权	2010215735 2010-09-27 JP		
其他公开文献	JPWO2012043569A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

根据本发明的超声波图像生成装置具有超声波探头，该超声波探头向对象发送超声波，接收反射波，并输出超声波检测信号，并生成表示形状的形态图像。并且，声速值计算单元用于计算形态图像的感兴趣区域中的声速值，以及可靠性信息生成单元，用于基于与感兴趣区域对应的声速值生成声速值的可靠性信息。。

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

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

$$T3 = \dots$$