

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5681755号

(P5681755)

(45) 発行日 平成27年3月11日(2015.3.11)

(24) 登録日 平成27年1月16日(2015.1.16)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 8/08 (2006.01) A 6 1 B 8/08
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14

請求項の数 4 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-124672 (P2013-124672)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成25年6月13日 (2013.6.13)		富士フイルム株式会社
(62) 分割の表示	特願2010-81053 (P2010-81053)		東京都港区西麻布2丁目2番30号
	の分割	(74) 代理人	100083116
原出願日	平成22年3月31日 (2010.3.31)		弁理士 松浦 憲三
(65) 公開番号	特開2013-208494 (P2013-208494A)	(72) 発明者	勝山 公人
(43) 公開日	平成25年10月10日 (2013.10.10)		神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
審査請求日	平成25年6月25日 (2013.6.25)		富士フイルム株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-227225 (P2009-227225)	審査官	後藤 順也
(32) 優先日	平成21年9月30日 (2009.9.30)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及びその作動方法

(57) 【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、

前記超音波探触子から、被検体内の少なくとも2点以上の各点に対して前記超音波をそれぞれ送信フォーカスする送信フォーカス手段と、

前記各送信フォーカスにより得られる受信データを取得する取得手段と、

前記各点に対する前記受信データから前記各点における環境音速をそれぞれ求める決定手段と、

を備える超音波診断装置。

10

【請求項2】

前記決定手段は、

前記各送信フォーカスにより得られる受信データに対して受信フォーカスするための複数の設定音速を指定する設定音速指定手段と、

前記複数の設定音速毎に受信フォーカスして、フォーカス指標を算出するフォーカス指標算出手段と、

前記各点に対して、前記複数の設定音速毎のフォーカス指標に基づき、環境音速をそれぞれ求める環境音速算出手段と、

を備える請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項3】

20

前記環境音速に基づき、前記各点の超音波画像を構築する超音波画像構築手段をさらに備える請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

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少なくとも 2 点以上の各点に対して超音波をそれぞれ送信フォーカスする送信フォーカスステップと、

前記各送信フォーカスにより得られる受信データを取得する取得ステップと、

前記各点に対する前記受信データから前記各点における環境音速をそれぞれ求める決定ステップと、

を備える超音波診断装置の作動方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を利用して被検体の診断部位について超音波画像を撮影して表示する超音波診断装置及びその作動方法に関し、特に診断部位の環境音速を補正する超音波診断装置及びその作動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波を利用して被検体の診断部位について超音波画像を撮影して表示する超音波診断装置は、探触子、超音波送受信部、画像処理回路、デジタルスキャンコンバータ (DSC) 及び画像表示器等を備えて構成されていた。

20

【0003】

このような従来の超音波診断装置においては、装置全体として設定された超音波音速値はある値に固定されていた。

【0004】

生体内の脂肪層、筋肉層等の組織の違いによりその音速が異なるので、被検体内の超音波音速（以下、環境音速）は一樣ではない。また、太った被検者と、やせた被検者とでは、脂肪層や筋肉層の厚さが異なるので、被検者ごとの環境音速には個人差がある。

【0005】

上述したように、従来の超音波診断装置は、装置全体として設定された超音波音速（以下、設定音速）の値をある値に固定していたので、被検体内の環境音速が設定音速とずれる程、反射波の到達時刻が超音波送受信部に設定された遅延時間とずれることとなり、フォーカスが劣化して、得られる超音波画像の画質が劣化する。

30

【0006】

そこで、例えば特許文献 1 等には、装置に設定された設定音速を補正可能としフォーカスを向上することができる超音波診断装置が提案されている。

【0007】

この特許文献 1 の超音波診断装置は、制御回路部と超音波送受信部との間に設けられたフォーカス計算回路により、操作入力装置で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、前記フォーカス計算回路の次段に設けられたフォーカスデータ記憶回路により、該フォーカス計算回路で計算したフォーカスデータを書き込むと共にそのフォーカスデータを読み出して前記超音波送受信部へ送り、このフォーカスデータ記憶回路から読み出し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、設定された設定音速を補正するように動作するように構成されている。

40

【0008】

また、この特許文献 1 の超音波診断装置には、超音波送受信部からの出力信号を入力して超音波受信信号の振幅について空間周波数を分析する空間周波数分析回路を設け、前記フォーカスデータ記憶回路から読み出したフォーカスデータを用いて超音波画像の撮影を行いながら、前記空間周波数分析回路で超音波受信信号の振幅について空間周波数の高周波成分又は分散が最大となる場合の超音波音速値を求め、この空間周波数分析信号を制御

50

回路部へフィードバックすることにより、この超音波音速値により前記設定された設定音速を補正することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平8-317926号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献1の超音波診断装置では、例えば、フォーカスデータ記憶回路から読み出したフォーカスデータを用いて超音波画像の撮影を行いながら、前記空間周波数分析回路で超音波受信信号の振幅について空間周波数の高周波成分又は分散の演算を行っている。

【0011】

このため、予め設定された設定音速を補正するためには、撮影し構築した超音波画像を用いる必要がある。すなわち、超音波画像全体の空間周波数を解析するので、設定音速が超音波画像全体としての環境音速に補正されるだけで、設定音速を例えば、超音波画像を構成する画素レベル毎あるいはライン画像レベル毎の、環境音速に適正に補正することができず、高精度の超音波画像を構築することができない。

【0012】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、超音波画像を構成する画素レベル毎あるいはライン画像レベル毎に、適正に環境音速を決定し、高精度の超音波画像を構築することのできる超音波診断装置及びその作動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】

【0013】

前記目的を達成するために、本発明の第1態様は、超音波を被検体に送信すると共に、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、超音波探触子から、被検体内の少なくとも2点以上に対して超音波をそれぞれ送信フォーカスする送信フォーカス手段と、各送信フォーカスにより得られる受信データを取得する取得手段と、受信データから各点における環境音速をそれぞれ求める決定手段と、を備える超音波診断装置を提供する。

【0014】

上記構成によれば、超音波画像を構成する画素レベル毎あるいはライン画像レベル毎に、適正に環境音速を決定し、高精度の超音波画像を構築することを可能とする。

【0015】

本発明の第2態様は、第1態様において、決定手段は、各送信フォーカスにより得られる受信データに対して受信フォーカスするための複数の設定音速を指定する設定音速指定手段と、複数の設定音速毎に受信フォーカスして、フォーカス指標を算出するフォーカス指標算出手段と、各点に対して、複数の設定音速毎のフォーカス指標に基づき、環境音速をそれぞれ求める環境音速算出手段と、を備える。

【0016】

本発明の第3態様は、第1態様又は第2態様において、各点の超音波画像を構築する超音波画像構築手段をさらに備える。

【0017】

本発明の第4態様は、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少なくとも2点以上に対して超音波をそれぞれ送信フォーカスする送信フォーカスステップと、各送信フォーカスにより得られる受信データを取得する取得ステップと、受信データから各点における環境音速をそれぞれ求める決定ステップと、を備える超音波診断装置の作動方法を提供する。

【発明の効果】

【0018】

以上説明したように、本発明によれば、超音波画像を構成する画素レベル毎あるいはライン画像レベル毎に、適正に環境音速を決定し、高精度の超音波画像を構築することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【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】 図1のデータ解析部の構成を示すブロック図

【図3】 図2のデータ解析部の処理の流れを示すフローチャート

【図4】 図3の処理を説明するための第1の図

10

【図5】 図3の処理を説明するための第2の図

【図6】 図3の処理を説明するための第3の図

【図7】 図3の処理を説明するための第4の図

【図8】 本発明の第2の実施形態に係るデータ解析部の処理の流れを示すフローチャート

【図9】 図8の処理を説明するための第1の図

【図10】 図8の処理を説明するための第2の図

【図11】 係数を掛けてライン画像の周辺部程その値を抑制する様子を示す説明図

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、添付図面を参照して、本発明に係る超音波診断装置及びその作動方法について実施形態毎に詳細に説明する。

20

【0021】

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り、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OBJに超音波ビームを送信して、被検体OBJによって反射された超音波ビーム（以下、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。

【0022】

CPU（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。

30

【0023】

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

【0024】

格納部102は、CPU100に超音波診断装置10の各ブロックの制御を実行するための制御プログラムを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。

【0025】

表示部104は、例えば、CRT（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。

【0026】

超音波探触子300は、被検体OBJに当接させて用いるプローブであり、1次元又は

50

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３０２を備えている。超音波トランスデューサ３０２は、送信回路４０２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ＯＢＪに送信すると共に、被検体ＯＢＪ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。

【００２７】

超音波トランスデューサ３０２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。前記振動子を構成する圧電体としては、例えば、ＰＺＴ（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、ＰＶＤＦ（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。前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４０４に出力される。

10

【００２８】

なお、超音波トランスデューサ３０２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前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。

20

【００２９】

次に、ライブモード時における超音波診断処理を例に超音波診断装置１０の各ブロックの詳細について説明する。ライブモードは、被検体ＯＢＪに超音波探触子３００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。

【００３０】

超音波探触子３００が被検体ＯＢＪに当接されて、操作入力部２００からの指示入力により超音波診断が開始されると、ＣＰＵ１００は、送受信部４００に制御信号を出力して、超音波ビームの被検体ＯＢＪへの送信、及び被検体ＯＢＪからの超音波エコーの受信を開始させる。ＣＰＵ１００は、超音波トランスデューサ３０２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。

30

【００３１】

さらに、ＣＰＵ１００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。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３０２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る。前記送信遅延パターンは予め格納部１０２に格納されている。ＣＰＵ１００は、格納部１０２に格納されているものの中から送信遅延パターンを選択し、選択した送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。

40

【００３２】

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）送信フォーカスを実行する。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

50

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。

【0033】

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し、アナログのRF信号としてA/D変換器406に出力する。

【0034】

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）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、シネメモリ602及びデータ解析部700にそれぞれ入力される。

10

【0035】

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）を前記RFデータに関連付けて格納する。

【0036】

前記のように、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。

【0037】

20

信号処理部502は、後述するデータ解析部700からの環境音速に基づいて設定される音速（以下、設定音速）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RFデータを遅延させる。次に、信号処理部502は、遅延時間を与えたRFデータを整合加算することによりデジタル的に受信フォーカス処理を行い、RF画像データを生成する。

【0038】

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、前記信号処理部502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。前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RF画像データが形成される。

30

【0039】

また、信号処理部502は、前記RF画像データに対して、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。

【0040】

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、前記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、階調処理等）を施す。

40

【0041】

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。

【0042】

50

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。

【0043】

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。

10

【0044】

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）が表示されている時に操作卓 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、静止画上の着目領域（ROI：Region of Interest）を観察することができる。

【0045】

20

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。データ解析部 700 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。

【0046】

また、データ解析部 700 は、着目領域の環境音速を算出し、算出した環境音速を信号処理部 502 に出力する。詳細は後述する。

【0047】

30

データ解析部 700 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、データ解析部 700 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。

【0048】

図 2 は図 1 のデータ解析部の構成を示すブロック図である。データ解析部 700 は、図 2 に示すように、着目領域設定部 701、送信フォーカス制御部 702、設定音速指定部 703、フォーカス指標算出部 704 及び環境音速決定部 705 を有して構成される。

【0049】

着目領域設定部 701 は、表示部 104 に表示される超音波画像上において、CPU 100 を介してオペレータによる操作入力部 200 からの入力より着目領域を設定するものであり、着目領域設定手段を構成する。

40

【0050】

送信フォーカス制御部 702 は、設定された着目領域に送信回路 402 が送信フォーカスを実行するように CPU 100 に送信フォーカス指示を行うものであり、送信フォーカス指示手段を構成する。

【0051】

設定音速指定部 703 は、CPU 100 の制御に基づき、RF データ（超音波検出信号）に対して受信フォーカスを実行するための設定音速を指定するものであり、設定音速指定手段を構成する。

50

【0052】

フォーカス指標算出部704は、シネメモリ602からRFデータを読み出し、設定音速指定部703が指定した複数の設定音速毎にRFデータに対して受信フォーカスして、RFデータのフォーカス指標を算出するものであり、フォーカス指標算出手段を構成する。

【0053】

環境音速決定部705は、複数の設定音速毎のフォーカス指標に基づき、着目領域の環境音速を決定するものであり、環境音速決定手段を構成する。

【0054】

このように構成された本実施形態の作用について、図3のフローチャートを用いて説明する。図3は図2のデータ解析部の処理の流れを示すフローチャートである。また、図4ないし図7は図3の処理を説明するための図である。

10

【0055】

図3に示すように、データ解析部700は、着目領域設定部701にて表示部104に表示される超音波画像上において、CPU100を介してオペレータによる操作入力部200からの入力より着目領域を設定する（ステップS10）。

【0056】

次に、データ解析部700は、設定音速指定部703にて設定音速Vの開始音速Vstと終了音速Vendを設定（ステップS20）し、設定音速Vに開始音速Vstをセットする（ステップS30）。

20

【0057】

図4に示すように、点反射からのRFデータに対しては受信フォーカスを実施した際に強度やシャープネスを解析することのできるRF画像データを取得できる（図4参照）が、スペックル領域の無数の散乱点に対してはピーク値と方位方向の空間周波数が干渉によって崩れてしまい（図5参照）、受信フォーカスを実施した際に強度やシャープネスを解析することのできるRF画像データを取得することが困難となる。

【0058】

そこで、データ解析部700は、スペックル領域の無数の散乱点に対して送信フォーカスを掛けることによって擬似的な点反射（図6参照）を形成し、取得した受信素子信号に対し受信フォーカスを実施し強度やシャープネスを解析する点反射と同様な方法によってスペックル領域においても環境音速を求める。

30

【0059】

すなわち、データ解析部700は、送信フォーカス制御部702にて設定された着目領域に送信回路402が送信フォーカスを実行するようにCPU100に送信フォーカス指示を行い、送信フォーカス位置を擬似的な点反射とする（ステップS40）。

【0060】

そして、データ解析部700は、フォーカス指標算出部704にてシネメモリ602からRFデータを読み出し、設定音速指定部703が指定した複数の設定音速毎にRFデータに対して受信フォーカスして、RF画像データのフォーカス指標を算出する（ステップS50）。

40

【0061】

ここで図4の点反射のRF画像データの場合、図7に示すように、ピーク値と方位方向の空間周波数に設定音速による変化傾向が見られるが、図6に示すように送信フォーカスを掛けることによって擬似的な点反射を形成した時のRF画像データの場合も、図7に示す傾向が見られるため、データ解析部700は、フォーカス指標算出部704にて積分値、2乗積分値、ピーク値、コントラスト、半値幅、周波数スペクトル積分、最大値や直流成分で規格化された周波数スペクトル積分値や2乗積分値、自己相関値等をフォーカス指標として算出する（図7の場合、設定音速=Amp1490の時のフォーカス指標が最大となる）。

【0062】

50

次にデータ解析部700は、設定音速指定部703にて設定音速Vが終了音速V_{end}に達したかどうか判定し（ステップS60）、設定音速Vが終了音速V_{end}未満ならば所定ステップ音速量ΔVを設定音速Vに加算し（ステップ70）ステップS40に戻り、設定音速Vが終了音速V_{end}に達したと判定するとステップS80に進む。

【0063】

そして、データ解析部700は、ステップS80において、環境音速決定部705にて複数の設定音速毎のフォーカス指標に基づき、着目領域の環境音速を決定し、決定した環境音速を信号処理部502に出力して処理を終了する（図7の場合、最も高いフォーカス指標の設定音速=Amp1490が環境音速となる）。

【0064】

このように本実施形態では、スペックル領域の無数の散乱点に対して送信フォーカスを掛け擬似的な点反射とし、複数の設定音速毎のフォーカス指標を生成し、複数の設定音速毎のフォーカス指標に基づき、着目領域の環境音速を決定するので、スペックル領域を含む着目領域の環境音速を点反射レベルにて適正に決定することが可能となり、高精度の超音波画像を構築することができる。

【0065】

第2の実施形態：

第2の実施形態は、第1の実施形態とその構成は同じであり、データ解析部での処理が第1の実施形態と異なるので、異なる点のみ説明する。

【0066】

図8は本発明の第2の実施形態に係るデータ解析部の処理の流れを示すフローチャートである。また、図9及び図10は図8の処理を説明するための図である。

【0067】

図8に示すように、データ解析部700は、ステップS10の処理の後、着目領域設定部701にてパラメータNの開始数N_{st}と終了数N_{end}を設定（ステップS11）する。そして、データ解析部700は、ステップS30の処理の後、パラメータNに開始数N_{st}をセットする（ステップS31）。

【0068】

本実施形態では、図9に示すように、データ解析部700は、例えばライン-by-ライン方式で取得したRF画像データに対してオペレータが着目領域を指定することで着目領域設定部701が着目領域を設定（ステップS10）し、この着目領域の各ラインで得られた受信素子データに対し、点反射を仮定した受信フォーカスを実施、フォーカス指標を算出し、各ライン・深さの総和をとることによって、スペックル領域においても高精度に環境音速を求める。

【0069】

そこで、データ解析部700は、送信フォーカス制御部702にて設定された着目領域に送信回路402が送信フォーカスを実行するようにCPU100に送信フォーカス指示を行い、送信フォーカス位置を擬似的な点反射とし、例えば多段フォーカスを実行する（ステップS40a）。

【0070】

そして、データ解析部700は、フォーカス指標算出部704にてシネメモリ602からラインN（パラメータN）のRFデータを読み出し、設定音速指定部703が指定した複数の設定音速毎にラインNのRFデータに対して点反射を仮定した受信フォーカスを実行して、ラインNのRF画像データを作成し、フォーカス指標を算出する（ステップS50a）。このRF画像データを、以降、ライン画像と呼ぶ。

【0071】

次にデータ解析部700は、着目領域設定部701にてパラメータNが終了数N_{end}に達したかどうか判定し（ステップS51）、パラメータNが終了数N_{end}未満ならばパラメータNをインクリメントして（ステップ52）ステップS40aに戻り、パラメータNが終了数N_{end}に達したと判定するとステップS53に進む。

【0072】

次に、データ解析部700は、設定速度VでのラインN（パラメータN）のフォーカス指標の総和よりフォーカス指標 Σ （＝ラインN s tフォーカス指標＋ラインN s t＋1フォーカス指標＋…）を算出する（ステップS53）。

【0073】

データ解析部700は、ステップS60、70の処理の後、環境音速決定部705にて複数の設定音速毎のフォーカス指標 Σ に基づき、着目領域の環境音速を決定し、決定した環境音速を信号処理部502に出力して処理を終了する（ステップS80）。

【0074】

本実施形態の図8の処理により、データ解析部700は、図10に示すように、設定した設定速度Vにおける着目領域を多段フォーカスしたライン-by-ラインRFデータに基づくRF画像データよりライン毎にフォーカス指標を算出し、さらにこのライン毎のフォーカス指標の総和によりフォーカス指標 Σ を算出する。そして、データ解析部700は、設定速度V毎のフォーカス指標 Σ により着目領域の環境音速を決定する。

【0075】

すなわち、本実施形態では、ライン-by-ラインの各ラインで得られた受信素子データから、送信フォーカス位置のみでなく周囲を含めて、点反射を仮定して受信フォーカスを実施、画像構築し、フォーカス指標を計算し、各ラインの総和をとることで最終的なフォーカス指標 Σ を得て着目領域の環境音速を決定する。

【0076】

このように本実施形態によれば、第1の実施形態の効果に加え、着目領域を構成する各ラインについて点反射を仮定して構築したRF画像データ（ライン画像）から計算したフォーカス指標の平滑化効果によって、さらに精度よく着目領域の環境音速を決定することができる。

【0077】

そして本実施形態によれば、従来のライン-by-ラインの最終画像から求める方法より、着目領域の環境音速を精度よく決定することができる。すなわち、図4に示す点反射の場合、RF画像データは図7のように各ライン位置に相当する送信フォーカス位置におけるピーク値が設定音速によって変化するため、送信フォーカス位置のRF画像データのみを利用する従来の方法も、周囲を含めて利用する本実施形態も同等の精度となるが、図6に示す擬似的な点反射の場合、RF画像データは図7の傾向を示すものの、ピーク位置やプロファイルが干渉によって多少変化しているため、送信フォーカス位置の周囲を含めて利用することによってその傾向を精度よく捉えることができ、本実施形態の方が従来の方法より精度よく環境音速を決定することができる。

【0078】

なお、各実施形態での着目領域は、オペレータにより設定されとしたが、これに限らず、例えば着目領域を自動的に図9に示したRF画像データ上において移動させ、全RF画像データの環境音速を着目領域毎に決定することができる。

【0079】

また、上記各実施形態のステップS50あるいはS50aにおいて、データ解析部700は、フォーカス指標算出部704にてシネメモリ602からRFデータを読み出すとしたが、これに限らず、フォーカス指標算出部704にてA/D変換器406からのRFデータ設定音速指定部703が指定した複数の設定音速毎にRFデータに対して受信フォーカスさせ、RF画像データのフォーカス指標を算出させるようにしてもよい。

【0080】

第3の実施形態：

第3の実施形態は、ライン画像から環境音速を求めるために、画像強度を含めずに、周波数スペクトル形状のみを利用するようにしたものである。

【0081】

すなわち、上記ライン画像（点反射を仮定した受信フォーカスを実行して作成したRF

10

20

30

40

50

画像データ) に対して、画像強度を含めずに方位方向の空間周波数スペクトル形状のみから環境音速を求めることによって、従来のライン-by-ラインの最終画像から求める方法より、スペックルの環境音速を精度良く求めることができる。

【0082】

以下、これについて詳しく説明する。

【0083】

一般的に、超音波画像の点反射 (P S F) は、図7を用いて既に説明したように、「画像強度」及び「周波数スペクトル形状」の両方の特性が設定音速によって変化する。そこで、この設定音速に依存するという特性を利用して環境音速を求めることができる。

【0084】

しかし、超音波診断の対象がスペックルの場合、すなわち周囲散乱の干渉が存在する場合には、それによって画像強度と周波数スペクトル共に、上記設定音速依存特性に誤差を生ずる。

【0085】

また、本願発明者による鋭意研究によって、画像強度と周波数スペクトルのどちらが干渉によって誤差を生じ難いかは、P S Fの特性に依存することがわかった。

【0086】

具体的には、受信フォーカスのみを実施した場合のP S Fは画像強度よりも周波数スペクトル形状の方が干渉の影響を受け難く、また、送信フォーカスまで掛かった結果のP S Fの場合はその逆に周波数スペクトル形状よりも画像強度の方が干渉の影響を受け難いことがわかった。

【0087】

従って、従来の送信フォーカスまで掛かったライン-by-ラインの最終画像を利用する場合、干渉の影響を受け難い画像強度のみに基づく指標、例えば「2乗和」を利用することで精度良く環境音速を求めることができる。

【0088】

ここで、ライン-by-ライン画像は、各送信に対応するライン画像の真中ラインを繋ぎ合わせた画像である。

【0089】

従って、この指標は、「ライン画像の真中ラインの2乗和を複数ライン分平滑化した指標」とみなすことができる。

【0090】

ここで、ライン画像において散乱点位置が真中ライン (送信フォーカスの中心) と、必ずしも一致しないこと、及び、干渉によって画像ピーク位置が真中ラインからずれることなどを踏まえると、「ライン画像の真中ラインの2乗和」を利用するよりも、「ライン画像のコントラスト」を利用する方が、正しく画像強度を評価することができ、その結果、環境音速を精度良く求めることができる。

【0091】

そして、ライン画像は、擬似的な点反射に対して受信フォーカスのみを実施した画像であることから、その場合のP S Fは、画像強度よりも周波数スペクトル形状の方が干渉の影響を受け難いことがわかり、従って、画像強度と周波数スペクトル形状の両方に基づく「コントラスト」より、周波数スペクトル形状のみに基づく指標、例えば、「平均値で規格化した2乗和」や「直流成分で規格化した周波数スペクトル積分」、「自己相関値」、「周波数スペクトルの半値幅」などを利用した方が精度良く環境音速を求めることができることがわかる。

【0092】

以上のことから、通常の送信フォーカスまで掛かったライン-by-ライン画像を利用する場合には、「2乗和」などの画像強度のみに基づく指標を利用すると環境音速を精度良く求めることができるが、それよりも、送信フォーカスを1点に掛けて形成された擬似的な点反射に対して受信フォーカスのみを実施したライン画像に対して「平均値で規格化した

10

20

30

40

50

2乗和」などの周波数スペクトル形状のみに基づく指標を利用した方が環境音速をより精度良く求めることができる、と言う事ができる。

【0093】

「平均値で規格化した2乗和」は、パーセバルの定理から「直流成分で規格化した周波数スペクトルの2乗の積分」と同じであり、簡単な計算で求めることができ、実用的である。

【0094】

「平均値で規格化した2乗和」により環境音速を求める場合、上記のように送信フォーカスを1点に掛けて形成された擬似的な点反射に対して受信フォーカスのみを実施したライン画像の周辺部程、その値が小さくなるような係数を掛けることにより、ノイズが支配

10

【0095】

この様子を図11に示す。図11において、左側の画像はライン画像であり、真中のグラフは画像端部抑制係数を示している。画像端部抑制係数のグラフは、横軸に方位方向画素位置をとり、縦軸に係数をとって示したものであり、グラフ中央の係数値が1で、その両側の係数値は1より小さな値となっており、これを掛けることで画像端部の値が抑制されるようになっている。図11の左側のライン画像に対して、真中の画像端部抑制係数を掛けたものが右側の画像である。この右側の画像が示すように、係数を掛けることによって画像端部の値が抑制されていることがわかる。

20

【0096】

なお、他の指標を用いた場合でも、ライン画像周辺部を抑制することは、環境音速の精度向上に有効である。

【0097】

以上説明したように、上記第3の実施形態によれば、ライン画像から環境音速を求めるために、画像強度を含めずに周波数スペクトル形状のみを利用するようにし、また特に、ライン画像の信頼性が低い画像端部を抑制すると共に、不連続性を低減するように画像端部程その値が小さくなるような係数を掛けるようにしたため、求める環境音速の精度をより向上させることができる。

【0098】

30

なお、着目領域の環境音速を判定する際に、着目領域内が均一なスペックルではなく、着目領域内に明瞭な構造物が含まれる場合には、上述した第3の実施形態のように、ライン画像を利用して周波数スペクトル形状のみを用いて環境音速を求める方法では却って精度が劣化することが有り得る。つまり、ライン画像の真中ラインに送信フォーカスを掛けても、周辺ラインからの反射の方が強いと誤差を生じることがある。

【0099】

このように着目領域内に明瞭な構造物が含まれる場合には、ライン画像を利用せずに、従来のようなライン-by-ラインの最終画像を利用して環境音速を判定するようにした方がよい。ライン-by-ライン画像は、送信フォーカスが掛かった画像なので、画像強度に基づく指標、例えば、「2乗和」を利用して環境音速を精度良く求めることができる。

40

【0100】

そこで、次に、第4の実施形態として、着目領域に構造物が含まれるか否かを判定することで、その後どのような指標を用いて環境音速を求めていくかという処理を切り分ける方法について説明する。

【0101】

第4の実施形態：

着目領域に構造物が含まれるか否か、すなわち均一なスペックルか否か、を判定する方法としては、例えば、以下のような3つの方法が考えられる。

【0102】

まず一つ目として、平均値の所定倍以上の画素数の着目領域内全画素数に対する比率が

50

所定の閾値以上か否かにより判定する方法。

【0103】

次に二つ目として、対数圧縮前、又は後の深さ方向の1次微分値が所定の閾値以上となる画素があるか否かにより判定する方法。

【0104】

三つ目として、レイリー分布からの逸脱度が所定の閾値以上であるか否かにより判定する方法。

【0105】

ここで、さらにレイリー分布からの逸脱度による判定法としては、例えば、次のような方法が考えられる。

【0106】

すなわち、レイリー分布の標準偏差 σ 、と平均値 u との関係は次の式で与えられる。

【0107】

$$\sigma = \sqrt{4/\pi - 1} * u$$

ここで、 $\sqrt{\quad}$ は、 $(\quad)$ 内の平方根を表す。

【0108】

このとき、もし着目領域に構造物が含まれると、 σ の値が大きくなるので、着目領域の平均値から上式で得た仮想標準偏差 σ_0 と実際の標準偏差 σ との比が所定の閾値以上か否かによって判定することができる。

【0109】

上に示した、いずれかの方法によって、まず着目領域に構造物が含まれるか否か、すなわち均一なスペックルかそれとも不均一か、を判定する。

【0110】

次に、その結果、例えば、着目領域に構造物が含まれていないと判定された場合には、前述した第3の実施形態のように、ライン画像を利用し、画像強度を含めずに周波数スペクトル形状のみに基づいた指標により環境音速を求める。

【0111】

一方、着目領域に構造物が含まれていると判定された場合には、従来のようにライン-by-ラインの最終画像を利用して環境音速を求めるようにする。このとき、真中ラインの周囲を含めずに、そのラインの強度情報のみに基づく指標、例えば、積分値、2乗積分値、ピーク値、周波数スペクトル積分値の少なくともいずれか一つを用いて環境音速を求めるようにする。

【0112】

以上説明したように、上記第4の実施形態によれば、着目領域に構造物が含まれるか否か、つまり均一なスペックル領域か否か、を判定し、その結果に応じた指標を用いて環境音速を求めるようにし、特に、着目領域に構造物が含まれない場合にはライン画像を利用し、画像強度を含めずに周波数スペクトル形状のみに基づいた指標により環境音速を求め、逆に着目領域に構造物が含まれる場合にはライン画像を利用せずに、通常画像（ライン-by-ラインの最終画像）を利用して環境音速を求めるようにしたため、求める環境音速の精度をさらに向上させることができる。

【0113】

以上、本発明の超音波診断装置及びその作動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。

【符号の説明】

【0114】

10…超音波診断装置、100…CPU、102…格納部、104…表示部、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、5

10

20

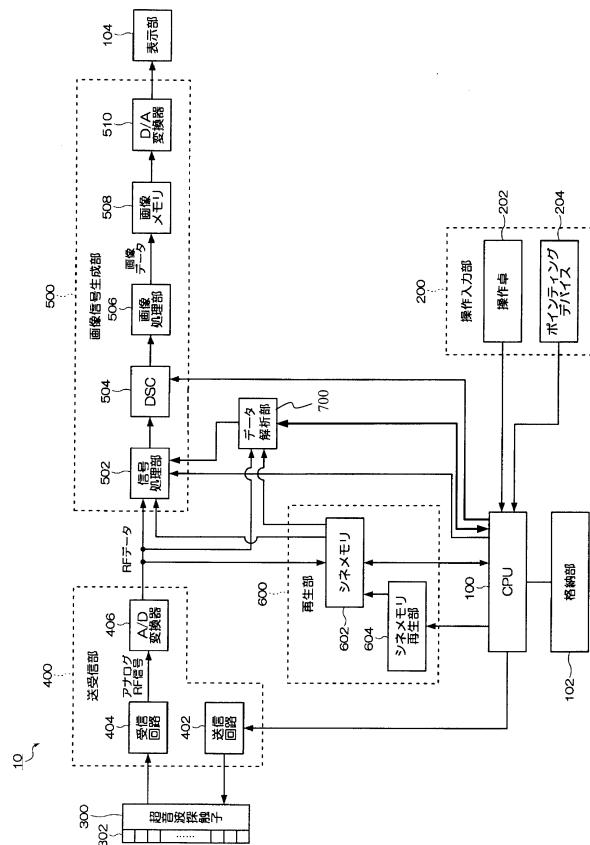
30

40

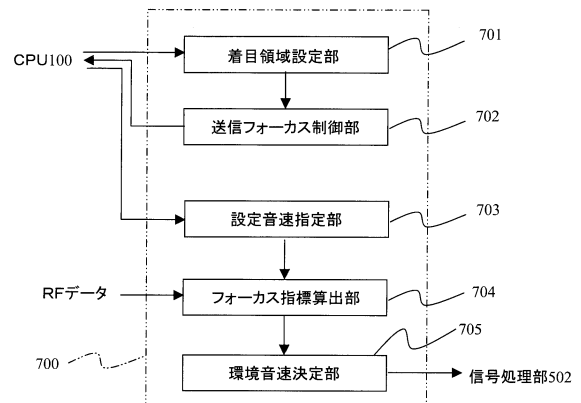
50

04…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、700…データ解析部

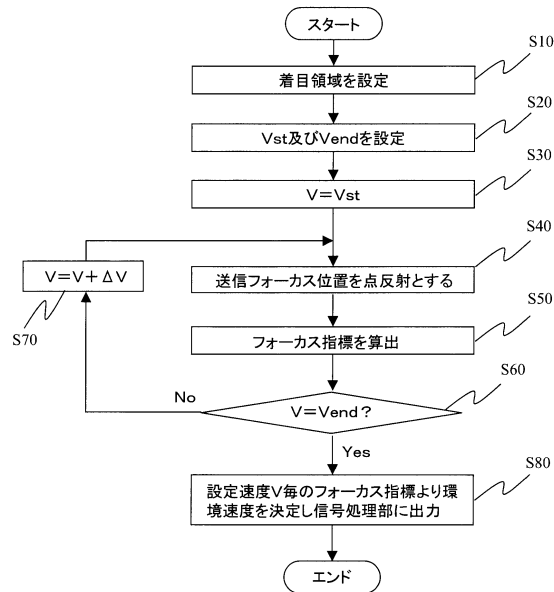
【図1】



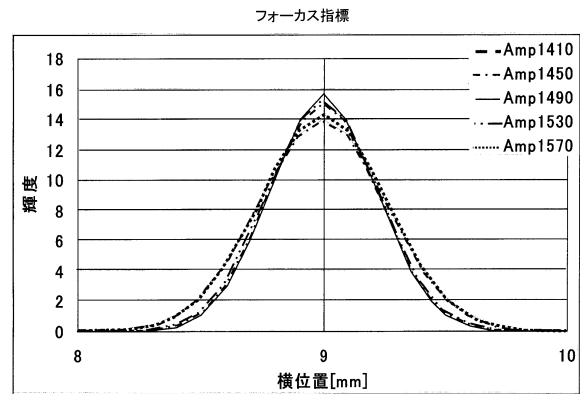
【図2】



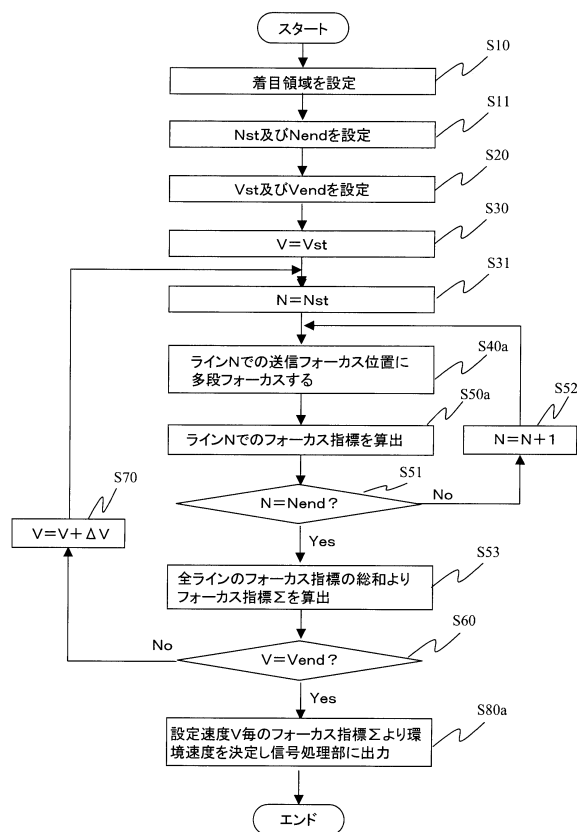
【図 3】



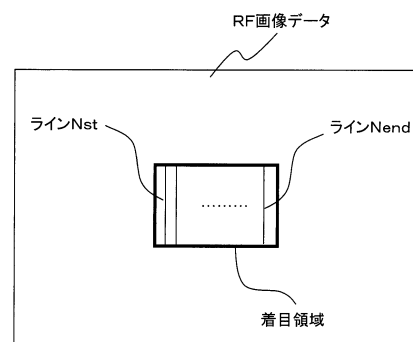
【図 7】



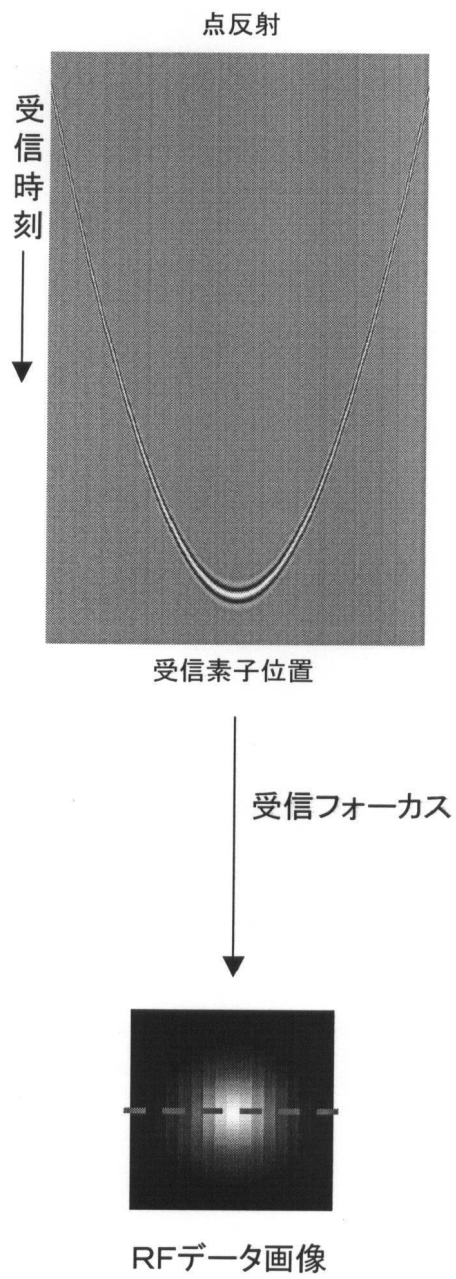
【図 8】



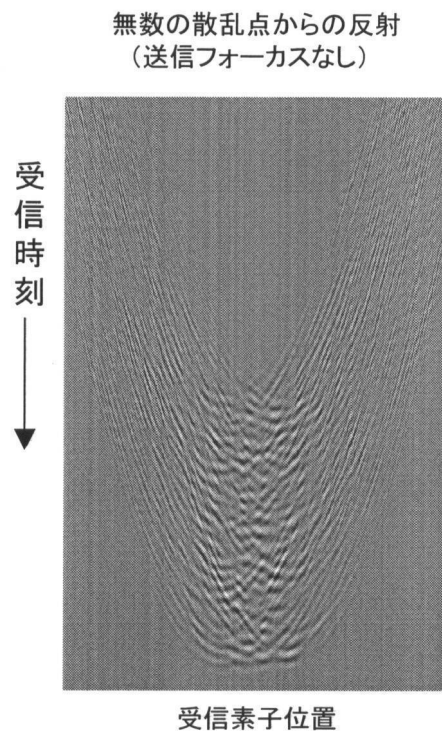
【図 9】



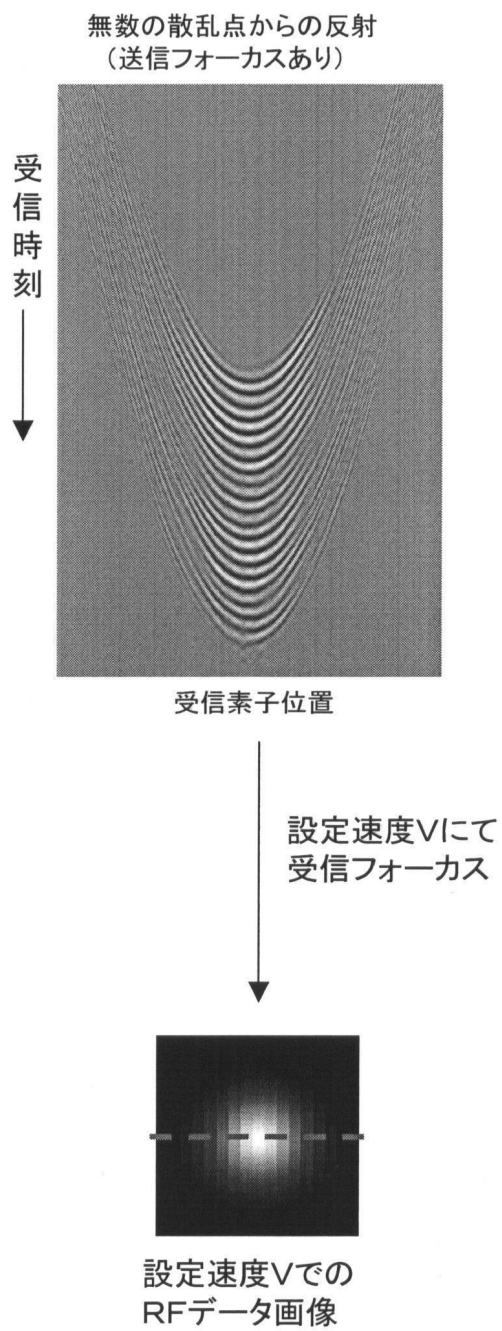
【図 4】



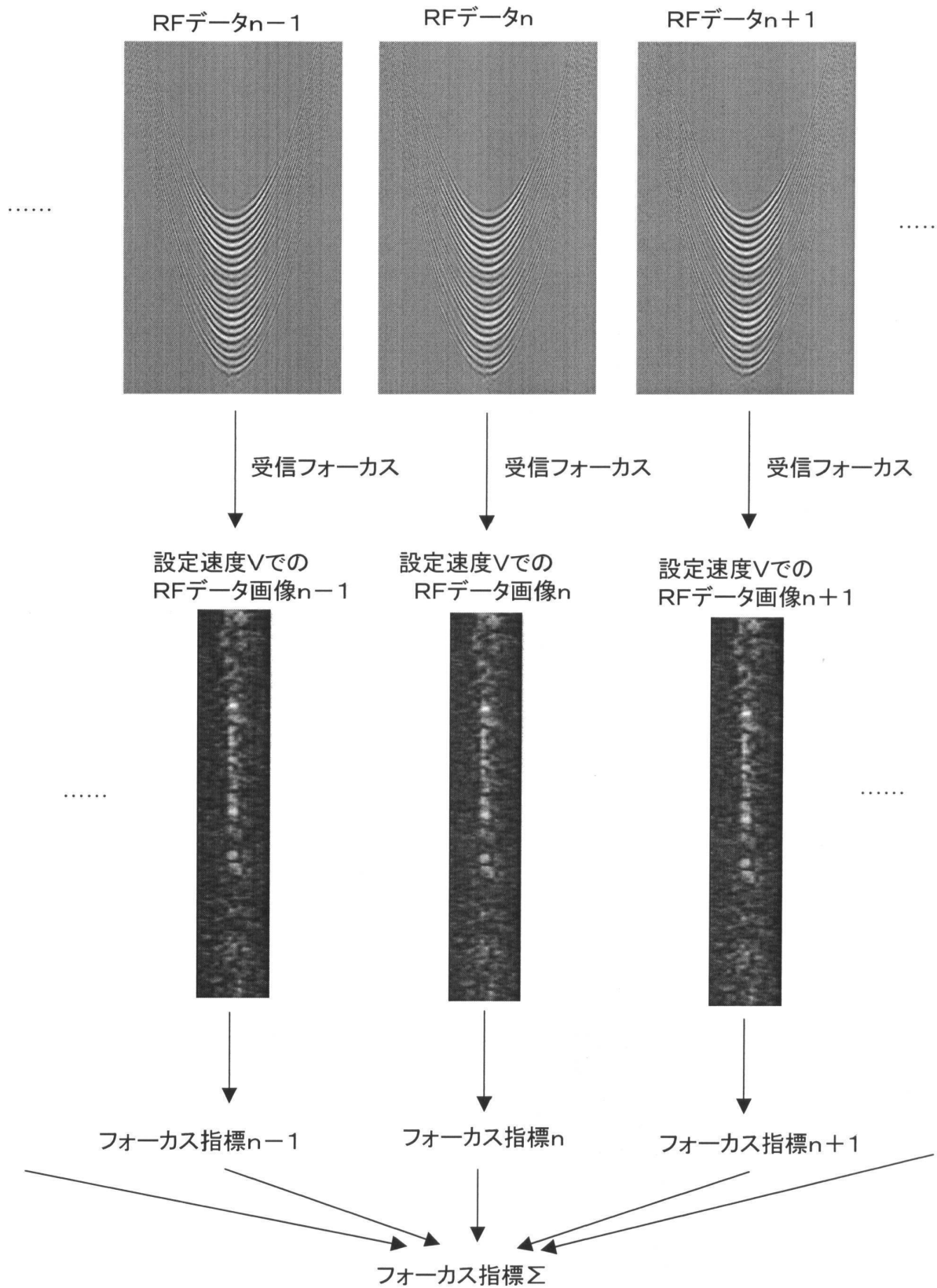
【図 5】



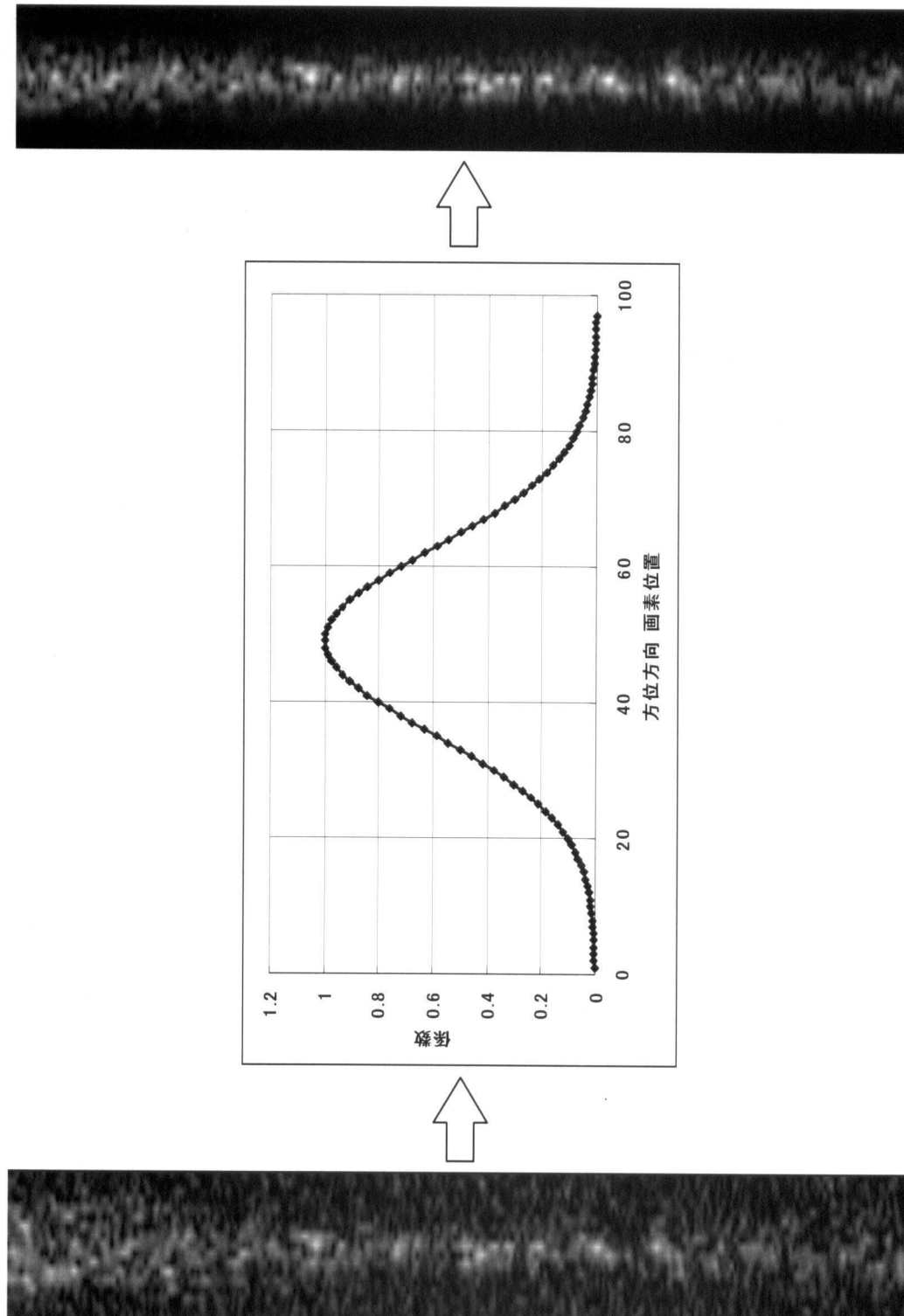
【図 6】



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-007045 (JP, A)
特開2001-276064 (JP, A)
特開平04-117954 (JP, A)
特開2009-101145 (JP, A)
特開昭60-232136 (JP, A)
特開平08-317923 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

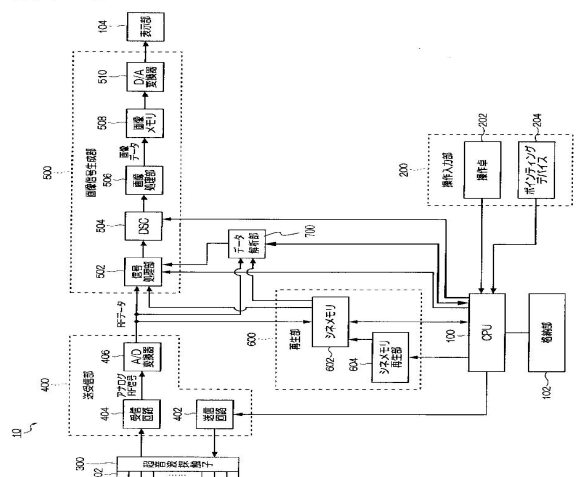
A61B 8/00-8/15

专利名称(译)	超声诊断设备及其操作方法		
公开(公告)号	JP5681755B2	公开(公告)日	2015-03-11
申请号	JP2013124672	申请日	2013-06-13
[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	A61B8/08 A61B8/14		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14 A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB03 4C601/BB06 4C601/DD20 4C601/EE09 4C601/HH29 4C601/HH33 4C601/JB36 4C601/JB42 4C601/JB50		
优先权	2009227225 2009-09-30 JP		
其他公开文献	JP2013208494A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

摘要：要解决的问题：提供一种超声诊断设备，用于在每个像素级或在构成超声图像的线图像的每个级别上适当地确定环境声速，并构建高精度超声图像。解决方案：感兴趣区域设置单元701在超声图像上设置感兴趣区域。发送聚焦控制单元702给出发送聚焦指令，使得发送电路执行聚焦在感兴趣区域上的发送。设定声速指定单元703指定用于执行关注于RF数据的接收的设定声速。聚焦指标计算单元704针对多个设定声速中的每一个执行RF数据的接收聚焦，以计算RF数据的聚焦指标。环境声速确定单元705基于多个设定声速中的每一个的焦点指数来确定感兴趣区域的环境声速。

【 図 1 】



【