

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-244138

(P2013-244138A)

(43) 公開日 平成25年12月9日(2013.12.9)

(51) Int.Cl.
A61B 8/08 (2006.01)

F1
A61B 8/08

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-119228 (P2012-119228)
(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 100073184
弁理士 柳田 征史
(74) 代理人 100090468
弁理士 佐久間 剛
(72) 発明者 野口 雅史
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 EE04 EE10 JB40 JB42
JC02 JC23 JC37 KK12 KK24

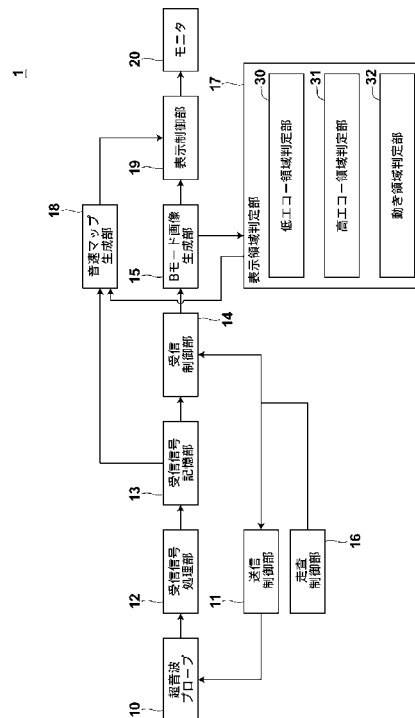
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置および音速表示方法

(57) 【要約】

【課題】 検体内の局所音速を取得し、その局所音速に基づいて音速マップを表示させる際、より信頼性の高い音速マップを表示させる。

【解決手段】 超音波プローブ10による被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいて、Bモード画像を生成するBモード画像生成部15と、超音波プローブ10によって取得された受信信号に基づいて被検体内の局所音速を取得し、その取得した局所音速に基づいて音速マップを生成する音速マップ生成部18と、音速マップ生成部18によって生成された音速マップを表示させる表示制御部19と、Bモード画像生成部15によって生成されたBモード画像に基づいて、音速マップの非表示領域を判定する表示領域判定部17とを設け、表示制御部19を、非表示領域については音速マップを表示させないものとする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波プローブによる被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいて、Bモード画像を生成するBモード画像生成部と、

前記超音波プローブによって取得された受信信号に基づいて前記被検体内の局所音速を取得し、該取得した局所音速に基づいて音速マップを生成する音速マップ生成部と、

該音速マップ生成部によって生成された音速マップを表示させる表示制御部と、

前記Bモード画像生成部によって生成されたBモード画像に基づいて、前記音速マップの非表示領域を判定する表示領域判定部とを備え、

前記表示制御部が、前記非表示領域については前記音速マップを表示させないものであることを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記表示領域判定部が、前記Bモード画像を構成する画素値のうちの低エコー領域判定用閾値よりも小さい画素値からなる領域を前記非表示領域として判定するものであることを特徴とする請求項 1 記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記表示領域判定部が、前記Bモード画像を構成する画素値のうちの高エコー領域判定用閾値よりも大きい画素値からなる領域を前記非表示領域として判定するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記表示領域判定部が、前記Bモード画像に対してぼかし処理を施した画像に基づいて、前記非表示領域の判定を行うものであることを特徴とする請求項 2 または 3 記載の超音波診断装置。

20

【請求項 5】

前記表示領域判定部が、互いに異なるフレームのBモード画像に基づいて、前記Bモード画像内の前記被検体の動き量を示す情報を取得し、該取得した動き量を示す情報に基づいて前記非表示領域を判定するものであることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記音速マップ生成部が、前記非表示領域については前記局所音速または前記音速マップを取得しないものであることを特徴とする請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

30

【請求項 7】

前記音速マップ生成部が、前記Bモード画像を生成するために取得された前記受信信号とは別のタイミングで前記超音波プローブによって音速取得用に送受信された受信信号に基づいて、前記被検体内の局所音速を取得するものであることを特徴とする請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記音速マップ生成部が、前記Bモード画像を生成するために取得された前記受信信号に基づいて、前記被検体内の局所音速を取得するものであることを特徴とする請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

40

【請求項 9】

前記表示制御部が、前記音速マップと前記Bモード画像とを重ねて表示させるものであることを特徴とする請求項 1 から 8 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

超音波プローブによる被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいてBモード画像を生成し、前記超音波プローブによって取得された受信信号に基づいて前記被検体内の局所音速を取得し、該取得した局所音速に基づいて音速マップを生成し、該生成した音速マップを表示させる音速表示方法において、

前記Bモード画像に基づいて、前記音速マップの非表示領域を判定し、

50

該非表示領域については前記音速マップを表示させないことを特徴とする音速表示方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて被検体内の局所音速を取得し、その局所音速に基づいて音速マップを表示させる超音波診断装置および音速表示方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、被検体に対して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診断装置が提案されている。

【0003】

この超音波診断装置における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、内臓や病変組織など）の輪郭を抽出することができる。

【0004】

このように、従来の超音波診断装置において表示される超音波画像は、生体から反射された超音波エコーの受信信号の強度に応じて輝度変調を行うことによって得られる断層像である。したがって、この断層像は被検体内の組織形状を表すものとなり、被検体内の組織性状を表すものとしては適切ではない。

【0005】

一方、被検体内の組織各部の弾性率が組織性状の情報を与えることが一般に知られており、超音波の送受信によって得られた受信信号に基づいて弾性率に相当する値の分布を組織弾性画像（エラストグラフィ）として表示する方法も提案されている。たとえば、腫瘍は他の組織と比べて一般的に硬くなるので弾性率が大きくなることになる。

【0006】

また、音速は弾性率の関数として与えられるものであるから、生体内の組織各部の音速が示す臨床的価値は弾性率と同等であると考えられる。したがって、音速の分布状態を表した音速マップも組織弾性画像と同様に臨床的価値があるものと推察することができるため、被検体内の音速を求める方法が種々提案されている（特許文献1から特許文献4参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-207490号公報

【特許文献2】特開2010-99452号公報

【特許文献3】特開2010-246692号公報

【特許文献4】特開2012-71042号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ここで、被検体内の音速についても、被検体内への超音波の送受信による受信信号に基づいて算出されるものであるが、被検体内に血管、胆のう、良性の嚢胞など内部に散乱体が少ない低エコー領域が存在する場合、その低エコー領域については受信信号の信号強度が小さくなるため、局所音速の値の精度が低下し、音速マップの信頼性が低下する場合がある。

【0009】

10

20

30

40

50

また、逆に、被検体内に骨などの非常に強い反射体が存在する高エコー領域がある場合、受信信号の信号強度が大きくなるため場合、A/D変換処理において測定レンジが飽和してしまうという問題がある。局所音速は、受信信号から生成される画像のシャープネスなどに基づいて算出されるが、上述したように受信信号が飽和している場合、シャープネスなどを正確に判定することができないため、正確な局所音速を取得することができず、音速マップの信頼性が低下する場合がある。

【0010】

また、被検体内における心拍などによる体動や、超音波プローブのブレなどによって受信信号から生成される画像内の動き量が大きい領域が存在する場合、画像内にモーションアーチファクトが生じる。上述したように局所音速は、受信信号から生成される画像のシャープネスなどに基づいて算出されるため、画像内にモーションアーチファクトがあった場合、画像のシャープネスなどを正確に判定することができないため、正確な局所音速を取得することができず、音速マップの信頼性が低下する場合がある。

10

【0011】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、検体内の局所音速を取得し、その局所音速に基づいて音速マップを表示させる際、より信頼性の高い音速マップを表示させることができる超音波診断装置および音速表示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】

本発明の超音波診断装置は、超音波プローブによる被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいて、Bモード画像を生成するBモード画像生成部と、超音波プローブによって取得された受信信号に基づいて被検体内の局所音速を取得し、その取得した局所音速に基づいて音速マップを生成する音速マップ生成部と、音速マップ生成部によって生成された音速マップを表示させる表示制御部と、Bモード画像生成部によって生成されたBモード画像に基づいて、音速マップの非表示領域を判定する表示領域判定部とを備え、表示制御部が、非表示領域については音速マップを表示させないものであることを特徴とする。

20

【0013】

また、上記本発明の超音波診断装置においては、表示領域判定部を、Bモード画像を構成する画素値のうちの低エコー領域判定用閾値よりも小さい画素値からなる領域を非表示領域として判定するものとする。

30

【0014】

また、表示領域判定部を、Bモード画像を構成する画素値のうちの高エコー領域判定用閾値よりも大きい画素値からなる領域を非表示領域として判定するものとする。

【0015】

また、表示領域判定部を、Bモード画像に対してぼかし処理を施した画像に基づいて、非表示領域の判定を行うものとする。

【0016】

また、表示領域判定部を、互いに異なるフレームのBモード画像に基づいて、Bモード画像内の被検体の動き量を示す情報を取得し、その取得した動き量を示す情報に基づいて非表示領域を判定するものとする。

40

【0017】

また、音速マップ生成部を、非表示領域については局所音速または音速マップを取得しないものとする。

【0018】

また、音速マップ生成部を、Bモード画像を生成するために取得された受信信号とは別のタイミングで超音波プローブによって音速取得用に送受信された受信信号に基づいて、被検体内の局所音速を取得するものとする。

【0019】

また、音速マップ生成部を、Bモード画像を生成するために取得された受信信号に基づい

50

て、被検体内の局所音速を取得するものとする。

【0020】

また、表示制御部を、音速マップとBモード画像とを重ねて表示させるものとする。

【0021】

本発明の音速表示方法は、超音波プローブによる被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいてBモード画像を生成し、超音波プローブによって取得された受信信号に基づいて被検体内の局所音速を取得し、その取得した局所音速に基づいて音速マップを生成し、その生成した音速マップを表示させる音速表示方法において、Bモード画像に基づいて、音速マップの非表示領域を判定し、その非表示領域については音速マップを表示させないことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明の超音波診断装置および音速表示方法によれば、超音波プローブによる被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいて被検体内の局所音速を取得し、その取得した局所音速に基づいて音速マップを生成して表示する際、Bモード画像に基づいて音速マップの非表示領域を判定し、その非表示領域については音速マップを表示させないようにしたので、たとえばBモード画像を用いて上述したような低エコー領域、高エコー領域、もしくは動き領域を非表示領域と判定し、これらの領域については音速マップを表示させないようにすれば、精度の低い局所音速に基づく音速マップを表示させないようにすることができるので、より信頼性の高い音速マップを表示させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の超音波診断装置の一実施形態を用いた超音波診断システムの概略構成を示すブロック図

【図2】Bモード画像とぼかし処理済のBモード画像の一例を示す図

【図3】隣接する2つのフレームのBモード画像に基づいて生成された相関係数画像の一例を示す図

【図4】局所音速の取得方法の一例を説明するための図

【図5】本発明の超音波診断装置を用いた超音波診断システムの作用を説明するためのフローチャート

30

【図6】低エコー領域である胆のうを含むBモード画像に対して、表示領域および非表示領域の判定を行わずに音速マップを表示した例を示す図

【図7】低エコー領域である胆のうを含むBモード画像に対して、表示領域および非表示領域の判定を行って音速マップを表示した例を示す図

【図8】拍動による動き領域を含む肝臓近傍のBモード画像に対して、表示領域および非表示領域の判定を行わずに音速マップを表示した例を示す図

【図9】拍動による動き領域を含む肝臓近傍のBモード画像に対して、表示領域および非表示領域の判定を行って音速マップを表示した例を示す図

【図10】本発明の超音波診断装置のその他の実施形態を用いた超音波診断システムの概略構成を示すブロック図

40

【図11】高エコー領域よりも深い領域を非表示領域とする例を説明するための図

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して本発明の超音波診断装置および音速表示方法の一実施形態を用いた超音波診断システム1について詳細に説明する。図1は、本実施形態の超音波診断システム1の概略構成を示すブロック図である。

【0025】

本実施形態の超音波診断システム1は、図1に示すように、超音波プローブ10、送信制御部11、受信信号処理部12、受信信号記憶部13、受信制御部14、Bモード画像生成部15、走査制御部16、表示領域判定部17、音速マップ生成部18、表示制御部

50

19およびモニタ20を備えている。

【0026】

超音波プローブ10は、被検体内の診断部位に向けて超音波を送信するとともに体内で反射してきた超音波を受信するものである。本実施形態の超音波プローブ10は、1次元の超音波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を備えており、各超音波トランスデューサは、例えばPZT等の圧電素子の両端に電極を形成した振動子によって構成されている。この電極は信号線によって受信信号処理部12および送信制御部11に接続されている。そして、この電極には、送信制御部11から出力された駆動パルス電圧信号に応じた電圧が印加され、振動子はこの電圧印加に応じて超音波を発生するものである。また、振動子は反射してきた超音波を受信すると電気信号を発生し、この電気信号を受信信号として受信信号処理部12に出力するものである。

10

【0027】

送信制御部11は、走査制御部16から出力された送信遅延時間に基づいて、超音波プローブ10の各超音波トランスデューサに対して駆動パルス電圧信号を出力し、上記送信遅延時間に応じた超音波を各超音波トランスデューサの振動子から送波させることによって、所定の焦点に収束するような超音波を超音波プローブ10から送波させるものである。

【0028】

受信信号処理部12は、超音波プローブ10の各超音波トランスデューサに対応して設けられた複数の増幅器および複数のA/D変換器を備えている。各超音波トランスデューサから出力された受信信号は、増幅器において増幅され、増幅器から出力されたアナログの受信信号は、A/D変換器によってデジタル信号の受信信号に変換され、そのデジタルの受信信号は受信信号記憶部13に出力される。

20

【0029】

受信信号記憶部13は、半導体メモリなどのストレージデバイスから構成されるものであり、受信信号処理部12から出力されたデジタルの受信信号を記憶するものである。

【0030】

受信制御部14は、受信信号記憶部13に記憶された受信信号を読み出し、その読み出した受信信号に対して走査制御部16から出力された受信遅延時間に基づいて受信フォーカス処理を施すことによって、超音波エコーの焦点が絞りこまれた音線信号（以下、RF信号という）を生成するものである。

30

【0031】

Bモード画像生成部15は、受信制御部14において生成されたRF信号に対して、増幅、ダイナミックレンジ、STC、エコーエンハンス等の各種信号処理を施して、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（受信信号の振幅を点の明るさ（輝度）により表した画像）を生成するものである。

【0032】

走査制御部16は、送信制御部11および受信制御部14に対し、送信遅延時間や受信遅延時間を出力し、送信フォーカス処理および受信フォーカス処理を制御するものである。

40

【0033】

表示領域判定部17は、Bモード画像生成部15において生成されたBモード画像に基づいて、後述する音速マップの表示領域と非表示領域とを判定するものである。具体的には、本実施形態の表示領域判定部17は、低エコー領域判定部30と、高エコー領域判定部31と、動き領域判定部32とを備えたものである。

【0034】

低エコー領域判定部30は、被検体内に含まれる血管、胆のう、良性の嚢胞などといった内部に散乱体が少なく、超音波プローブ10によって検出される受信信号の信号強度が小さい領域を非表示領域として判定するものである。

【0035】

50

ここで、音速マップの各画素を構成する局所音速は、超音波プローブ10によって検出される受信信号に基づいて算出されるものであるが、その受信信号の信号強度が小さいと局所音速の値の精度が低下し、音速マップの信頼性が低下する場合がある。したがって、低エコー領域判定部30は、このような信号強度が小さい受信信号の領域をBモード画像に基づいて抽出し、その領域を非表示領域として判定するものである。

【0036】

具体的には、低エコー領域判定部30は、まずBモード画像生成部15において生成されたBモード画像を取得し、そのBモード画像に対してぼかし処理を施すことによってスペckルが均されたぼかし処理済Bモード画像を生成する。図2は、Bモード画像とぼかし処理後のBモード画像の一例を示すものである。

10

【0037】

次いで、低エコー領域判定部30は、ぼかし処理済Bモード画像の各画素値と予め設定された低エコー領域判定用の閾値とを比較し、低エコー領域判定用の閾値よりも小さい画素値からなる領域を非表示領域として判定する。なお、上述したぼかし処理については施さないようにしてもよいが、Bモード画像において、閾値よりも小さい画素値の孤立点などを除き、閾値よりも小さい画素値がある程度集まっている領域を抽出するためにはぼかし処理を施すことが望ましい。また、上述したように小さい画素値がある程度集まっている領域を抽出する処理であれば、上述したような閾値処理に限らず、その他、モフォロジー演算処理など公知な種々の処理方法を用いることができる。

【0038】

高エコー領域判定部31は、被検体内に含まれる骨など非常に強い反射体であって、超音波プローブ10によって検出される受信信号の信号強度が大きい領域を非表示領域として判定するものである。

20

【0039】

ここで、超音波プローブ10による受信信号の信号強度が大きい場合、後段のAD変換処理において測定レンジが飽和してしまうという問題がある。一方、局所音速は、受信信号から生成される画像のシャープネスなどに基づいて算出されるが、上述したように受信信号が飽和している場合、シャープネスなどを正確に判定することができないため、正確な局所音速を取得することができず、音速マップの信頼性が低下する場合がある。

【0040】

そこで、高エコー領域判定部31は、信号強度が大きい受信信号の領域をBモード画像に基づいて抽出し、その領域を非表示領域として判定するものである。

30

【0041】

具体的には、高エコー領域判定部31は、Bモード画像生成部15において生成されたBモード画像を取得し、低エコー領域判定部30と同様に、そのBモード画像に対してぼかし処理を施すことによってスペckルが均されたぼかし処理済Bモード画像を生成する。次いで、高エコー領域判定部31は、ぼかし処理済Bモード画像の各画素値と予め設定された高エコー領域判定用の閾値とを比較し、高エコー領域判定用の閾値よりも大きい画素値からなる領域を非表示領域として判定する。なお、低エコー領域判定部30と同様に、上述したぼかし処理を施さないようにしてもよい。また、上述したように大きい画素値がある程度集まっている領域を抽出する処理であれば、上述した閾値処理に限らず、その他の公知な種々の処理方法を用いることができる。

40

【0042】

動き領域判定部32は、心拍などによる体動や、超音波プローブ10のブレなどによって受信信号から生成される画像内の動き量が大きい領域を音速マップの非表示領域として判定するものである。

【0043】

受信信号から生成される画像内の動き量が大きい場合、画像内にモーションアーチファクトが生じる。一方、上述したように局所音速は、受信信号から生成される画像のシャープネスなどに基づいて算出されるため、画像内にモーションアーチファクトがあった場合

50

、画像のシャープネスなどを正確に判定することができないため、正確な局所音速を取得することができず、音速マップの信頼性が低下する場合がある。

【0044】

したがって、動き領域判定部32は、このような動き量が大きい領域をBモード画像に基づいて抽出し、その領域を非表示領域として判定するものである。

【0045】

具体的には、動き領域判定部32は、互いに異なるタイミングで取得された複数のフレームのBモード画像を取得し、そのフレーム間の変化量に基づいて動き量を示す情報を取得する。本実施形態の動き領域判定部32は、動き量を示す情報としてフレーム間の相関係数を算出する。

10

【0046】

図3は、隣接した2つのフレームのBモード画像に基づいて生成した相関係数画像の一例を示すものである。図3に示すBモード画像は、肝臓付近を撮影したものであり、Bモード画像内には映っていないがBモード画像の右下には心臓が存在し、その心臓の拍動によって肝臓付近の組織が動いているものである。したがって、相関係数画像においては、右下の領域だけがその他の領域とは異なる相関係数となっている。

【0047】

動き領域判定部32は、図3に示すような相関係数画像を構成する各相関係数と予め設定された動き領域判定用の閾値とを比較し、相関係数が動き領域判定用の閾値以下の領域を非表示領域として判定する。なお、動き量を示す情報としては相関係数に限らず、2つのBモード画像の差でもよく、この差が閾値以上である領域を非表示領域として判定するようにしてもよい。また、動き領域を抽出する処理としては上記処理に限らず、その他の公知な種々の処理方法を用いることができる。

20

【0048】

なお、音速マップの表示対象となる範囲は、すなわち音速マップの非表示領域であるか否かの判定を行う範囲は、予め設定されているか、ユーザによって任意に設定されるものである。そして、表示領域判定部17は、その範囲内において非表示領域と判定されなかった領域については表示領域と判定するものである。

【0049】

また、本実施形態においては、表示領域判定部17が、低エコー領域判定部30、高エコー領域判定部31および動き領域判定部32の3種類の判定部を備えるものとしたが、必ずしも3種類全てを設ける必要はなく、この3種類の判定部のうちの少なくとも1つの判定部を備えたものとしてもよい。

30

【0050】

音速マップ生成部18は、表示領域判定部17における判定結果と、受信信号記憶部13に記憶された受信信号とに基づいて、局所音速を取得し、その局所音速の分布状態を表す音速マップを生成するものである。

【0051】

具体的には、本実施形態の音速マップ生成部18は、表示領域判定部17から出力された判定結果を取得し、音速マップの表示領域と判定された画素位置について、たとえば特開2010-99452号公報に記載の手法を用いて被検体の最適音速、さらには局所音速を取得するものである。そして、本実施形態の音速マップ生成部18は、表示領域判定部17において音速マップの非表示領域を判定された画素位置については最適音速および局所音速を取得しないものである。

40

【0052】

より詳細には、音速マップ生成部18は、まず、受信信号記憶部13に記憶された受信信号に基づいて、音速マップの表示領域と判定された画素位置のみについて最適音速を算出する。ここで、最適音速とは、画像のコントラスト、シャープネスが最も高くなる音速であり、各画素位置における実際の局所音速とは必ずしも一致しない。最適音速の算出方法としては、例えば、特開平8-317926号公報に記載された方法を採用することが

50

できる。すなわち、上述した受信信号に対して仮定音速（受信遅延時間）を変化させながら受信フォーカス処理を行って画像を生成し、その画像のコントラスト、スキャン方向の空間周波数、分散等に基づいて、種々の仮定音速の中から最適音速を取得する方法を用いることができる。なお、最適音速の算出方法は、これに限定されるものではなく、その他の種々の公知な方法を用いることができる。

【0053】

なお、本実施形態の音速マップ生成部18において最適音速を取得する際に用いられる受信信号は、上述したBモード画像を生成する際に用いた受信信号とは異なるものとする。すなわち、Bモード画像を生成する際に用いられる受信信号を取得するために行われた超音波の送受信とは別のタイミングで、音速取得用に超音波の送受信を行い、その音速取得用の超音波の送受信によって取得された受信信号を用いて最適音速を取得するものとする。ただし、Bモード画像を生成するための受信信号を用いて最適音速を取得するようにしてもよい。

10

【0054】

次に、表示領域と判定された各画素位置における最適音速を用いて、表示領域と判定された各画素位置における局所音速を算出する。以下、局所音速の算出方法について説明する。

【0055】

音速マップ生成部18は、図4に示すように、被検体内において、局所音速を算出する対象となる画素位置を格子点Xとし、その格子点Xよりも浅い（すなわち、超音波プローブ10に近い）位置にX方向に等間隔で配置された複数の格子点を格子点A1, A2, ...とする。なお、少なくとも格子点Xと各格子点A1, A2, ...との間の局所音速はそれぞれ一定と仮定する。

20

【0056】

そして、格子点Xにおける最適音速に基づいて、格子点Xを反射点とした時の仮想的な受信波 W_X の波形を算出する。

【0057】

次に、格子点Xにおける仮定音速の初期値を設定する。そして、仮定音速が1ステップずつ順次変更されて、仮想的な合成受信波 W_{SUM} を算出する。具体的には、格子点Xにおける局所音速をVと仮定すると、格子点Xから伝播した超音波が格子点A1, A2, ...に到達するまでの時間は $XA1/V$, $XA2/V$, ...となる。ここで、 $XA1$, $XA2$, ...は、それぞれ格子点A1, A2, ...と格子点Xとの間の距離である。格子点A1, A2, ...における最適音速は既知のため、各格子点A1, A2, ...からの受信波は予め求めることができる。したがって、格子点A1, A2, ...からそれぞれ遅延 $XA1/V$, $XA2/V$, ...で発した反射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

【0058】

次に、たとえば仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} の互いの相互相関をとることによって、仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} との誤差が算出される。仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} の誤差を算出する方法としては、種々の公知な方法を採用することができる。

40

【0059】

そして、全ての仮定音速について、仮想受信波 W_X と仮想合成受信波 W_{SUM} の誤差がそれぞれ算出される。ホイヘンスの原理を厳密に適用した場合、仮想合成受信波 W_{SUM} の波形は、格子点Xにおける局所音速値をVと仮定した場合の仮想受信波 W_X の波形と等しくなる。したがって、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を格子点Xにおける局所音速として取得する。なお、局所音速の算出方法としては、上述した方法に限らず、その他の種々の公知な方法を採用することができる。たとえば、特開2010-207490号公報に記載のように、深さ方向に異なる2つの画素位置の最適音速の平均値を取得することによって上記2つの画素位置間の画素位置の局所音速

50

を取得するようにしてもよい。

【0060】

また、上述したように所定の画素位置（ X_1 ， Y_1 ）の最適音速を用いてその画素位置とは異なる画素位置（ X_2 ， Y_2 ）の局所音速を取得する際、その画素位置（ X_1 ， Y_1 ）が音速マップの非表示領域と判定された画素位置であって最適音速が取得されていない場合には、その非表示領域と判定された画素位置（ X_1 ， Y_1 ）近傍の表示領域と判定された画素位置の最適音速を用いて補間することによってその画素位置（ X_1 ， Y_1 ）の最適音速を取得し、その取得した画素位置（ X_1 ， Y_1 ）の最適音速を用いて画素位置（ X_2 ， Y_2 ）の局所音速を取得するようにすればよい。なお、補間方法としては、種々の公知な方法を用いることができる。

10

【0061】

そして、音速マップ生成部18は、上述したようにして取得された各画素位置の局所音速に基づいて、被検体の音速マップを生成するものである。音速マップとは、被検体内における各画素位置の局所音速の分布状態を表すものであり、たとえば局所音速の大きさに応じて、赤や青などの互い異なる色が割り当てられて生成されるものである。

【0062】

表示制御部19は、Bモード画像生成部15において生成されたBモード画像および音速マップ生成部18において生成された音速マップに基づいて表示制御信号を生成し、その表示制御信号をモニタ20に出力するものである。

【0063】

モニタ20は、入力された表示制御信号に基づいて被検体のBモード画像および音速マップを表示するものである。

20

【0064】

次に、本実施形態の超音波診断システム1の作用について、図5に示すフローチャートを参照しながら説明する。

【0065】

まず、超音波プローブ10の各超音波トランスデューサから超音波が発生され、被検体に送波される。

【0066】

そして、各超音波トランスデューサから送波された超音波は被検体内を伝播し、その途中にある音響インピーダンスの不連続面で次々と反射し、この反射によるエコーが各超音波トランスデューサによって検出されて受信信号として受信信号処理部12に出力される。

30

【0067】

そして、受信信号処理部12において、各超音波トランスデューサから出力された受信信号が増幅器によって増幅され、その増幅されたアナログ信号はA/D変換器によってデジタル信号の受信信号に変換されて受信信号記憶部13に記憶される。

【0068】

次いで、受信制御部14によって受信信号記憶部13に記憶された受信信号が読み出され、その読み出された受信信号に対して受信フォーカス処理が施されることによってフレーム毎のRF信号が取得される。

40

【0069】

受信制御部14によって取得されたフレーム毎のRF信号はBモード画像生成部15に出力される。そして、Bモード画像生成部15において、入力されたRF信号に基づいてBモード画像が生成され、そのBモード画像に基づいて表示制御部19において表示制御信号が生成され、その表示制御信号に基づいてモニタ20においてBモード画像が表示される（S10）。

【0070】

ここで、モニタ20に表示されたBモード画像を観察しているユーザが、音速マップも表示させたいと考えた場合には、所定の設定入力部（図示省略）を用いて音速マップ表示

50

モードがユーザによって設定入力される (S 1 2 , Y E S) 。

【 0 0 7 1 】

そして、ユーザによる音速マップ表示モードの設定入力に応じて、表示領域判定部 1 7 によって B モード画像が取得され、表示領域判定部 1 7 は、その取得した B モード画像に基づいて、被検体内の各画素位置について、音速マップの表示領域であるかもしくは非表示領域であるかを判定する (S 1 4) 。なお、本実施形態においては、低エコー領域判定部 3 0 、高エコー領域判定部 3 1 および動き領域判定部 3 2 のそれぞれにおいて判定が行われる。そして、表示領域判定部 1 7 における判定結果が、音速マップ生成部 1 8 に出力される。

【 0 0 7 2 】

一方、このとき超音波プローブ 1 0 によって音速取得用の超音波の送受信が行われ、その送受信によって取得された受信信号が受信信号記憶部 1 3 に記憶される。

【 0 0 7 3 】

そして、音速マップ生成部 1 8 は、音速取得用として受信信号記憶部 1 3 に記憶された受信信号を読み出し、その読み出した受信信号と、表示領域判定部 1 7 から出力された判定結果に基づいて、音速マップの表示領域と判定された画素位置の局所音速を取得する。

【 0 0 7 4 】

次いで、音速マップ生成部 1 8 は、表示領域と判定された画素位置について取得された局所音速の分布に基づいて音速マップを生成する。音速マップ生成部 1 8 において生成された音速マップは、表示制御部 1 9 に出力され、表示制御部 1 9 は、入力された音速マップを用いて表示制御信号を生成し、モニタ 2 0 は、入力された表示制御信号に基づいて音速マップを B モード画像に重ねて表示する (S 1 6) 。

【 0 0 7 5 】

ここで、上述したようにして表示領域および非表示領域の判定を行わずに音速マップを表示した例と、表示領域および非表示領域の判定を行って音速マップを表示した例とを示す。

【 0 0 7 6 】

図 6 は、低エコー領域である胆のうを含む B モード画像に対して、表示領域および非表示領域の判定を行わずに音速マップを表示した例を示すものであり、図 7 は、表示領域および非表示領域の判定を行って音速マップを表示した例を示すものである。図 7 における音速マップにおいては胆のうの範囲が非表示領域となっている。

【 0 0 7 7 】

また、図 8 は、図 3 に示した動き領域を含む肝臓近傍の B モード画像に対して、表示領域および非表示領域の判定を行わずに音速マップを表示した例を示すものであり、図 9 は、表示領域および非表示領域の判定を行って音速マップを表示した例を示すものである。図 9 における音速マップにおいては動き量の大きい範囲が非表示領域となっている。

【 0 0 7 8 】

上記実施形態の超音波診断システム 1 によれば、超音波プローブ 1 0 による被検体内への超音波の送受信により取得された受信信号に基づいて被検体内の局所音速を取得し、その取得した局所音速に基づいて音速マップを生成して表示する際、B モード画像に基づいて音速マップの非表示領域を判定し、その非表示領域については音速マップを表示させないようにしたので、たとえば B モード画像を用いて上述したような低エコー領域、高エコー領域、もしくは動き領域を非表示領域と判定し、これらの領域については音速マップを表示させないようにすれば、精度の低い局所音速に基づく音速マップを表示させないようにすることができるので、より信頼性の高い音速マップを表示させることができる。

【 0 0 7 9 】

また、上記実施形態の超音波診断システム 1 においては、音速マップの非表示領域については局所音速を取得しないことによって、その非表示領域の音速マップを表示しないようにしたが、非表示領域についても局所音速を取得するが、その取得した非表示領域の局所音速に対応する音速マップは生成しないことによって、非表示領域の音速マップを表示

10

20

30

40

50

しないようにしてもよい。また、非表示領域についても音速マップを生成するが、表示制御部 19 が、その非表示領域の音速マップに基づく表示制御信号を生成しないことによって、非表示領域の音速マップを表示しないようにしてもよい。図 10 は、上述したように非表示領域についても音速マップを生成するが、表示制御部 19 が、その非表示領域の音速マップに基づく表示制御信号を生成しないことによって、非表示領域の音速マップを表示しないようにした場合の超音波診断システム 2 の構成例を示すものである。

【0080】

また、上記実施形態の高エコー領域判定部 31 については、骨などの高エコー領域だけでなく、図 11 に示すように、その高エコー領域よりも深い領域についても非表示領域と判定するようにしてもよい。これは高エコー領域よりも深い領域は、超音波が十分に到達していない可能性が高く、そのような領域の受信信号に基づいて算出される局所音速も正確なものではない可能性が高いからである。なお、高エコー領域よりも深い領域の設定方法としては、たとえば、図 11 に示すように、高エコー領域と X 方向の位置が同じ画素であって、Y 方向（深さ方向）の位置が高エコー領域よりも深い画素の領域を非表示領域として判定するようにすればよい。また、超音波の深さ方向についての広がりに基づいて、図 11 に示す高エコー領域よりも深い領域を、深さ方向について徐々に広げた領域を非表示領域として判定するようにしてもよい。

10

【0081】

また、上記実施形態の超音波診断システム 1 においては、音速マップの非表示領域については局所音速を取得しないようにしたが、これに限らず、たとえば音速マップ生成部 18 が、音速マップの非表示領域については、その非表示領域近傍の表示領域の局所音速に基づいて補間音速マップを生成し、表示制御部 19 が、非表示領域については、上述した補間音速マップを表示するようにしてもよい。このように補間音速マップを表示させることによって、非表示領域と判定された領域の情報についても把握することができる。

20

【0082】

また、上記補間音速マップの生成方法としては、上記方法に限らず、たとえば、表示領域判定部 17 によって非表示領域と判定する際に用いられた受信信号のフレームとは別の前後のフレームにおける上記非表示領域に対応する領域の受信信号を用いて取得された局所音速に基づいて補間音速マップを生成するようにしてもよい。なお、前後のフレームにおける上記非表示領域に対応する領域は、表示領域判定部 17 によって表示領域と判定された領域であるとする。

30

【0083】

また、上記実施形態の超音波診断システム 1 においては、B モード画像および音速マップを重ね合わせて同時に表示するようにしたが、これらをそれぞれ別個に表示するようにしてもよいし、また、音速マップについては、上述したように色画像で表示するのではなく、局所音速を数値で表示するようにしてもよい。

【0084】

また、音速マップ生成部 18 において取得された局所音速に基づく送信遅延時間および受信遅延時間を算出し、その送信遅延時間に基づく送信フォーカスを行うとともに、受信遅延時間を用いて受信信号に対して受信フォーカス処理を施して RF 信号を生成し、その RF 信号に基づく B モード画像をモニタ 20 に表示するようにしてもよい。

40

【符号の説明】

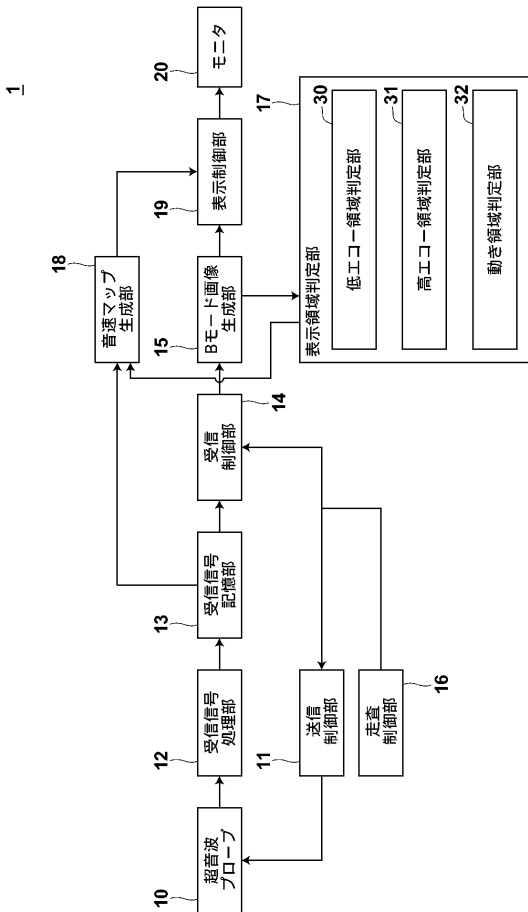
【0085】

- 1, 2 超音波診断システム
- 10 超音波プローブ
- 11 送信制御部
- 12 受信信号処理部
- 13 受信信号記憶部
- 14 受信制御部
- 15 B モード画像生成部

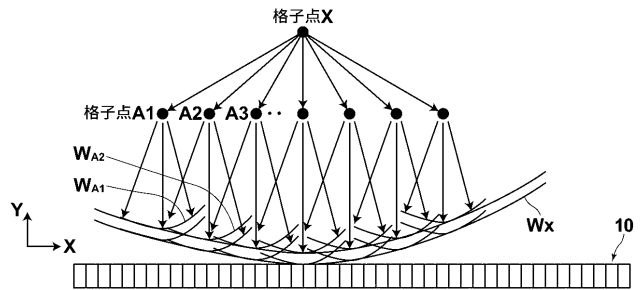
50

- 16 走査制御部
- 17 表示領域判定部
- 18 音速マップ生成部
- 19 表示制御部
- 30 低エコー領域判定部
- 31 高エコー領域判定部
- 32 動き領域判定部

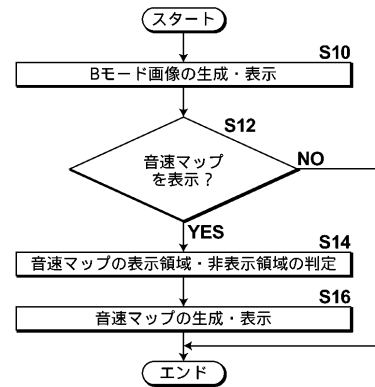
【 図 1 】



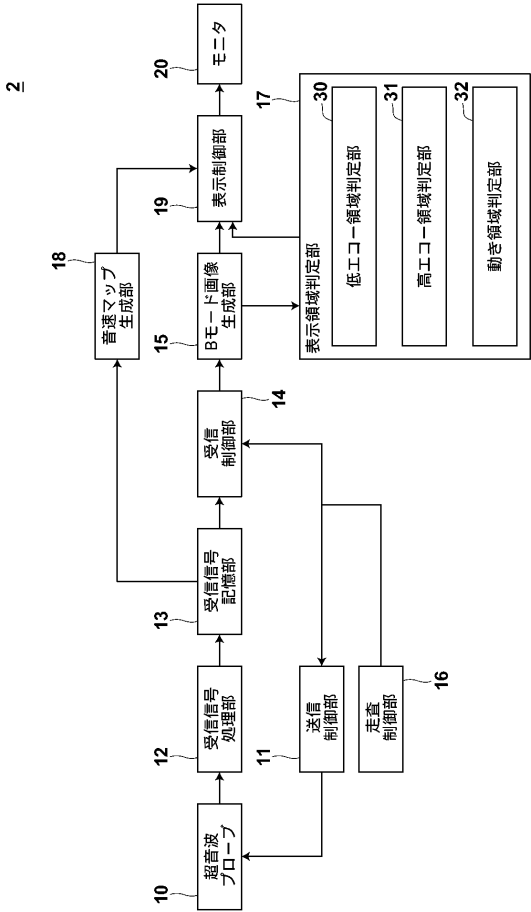
【 図 4 】



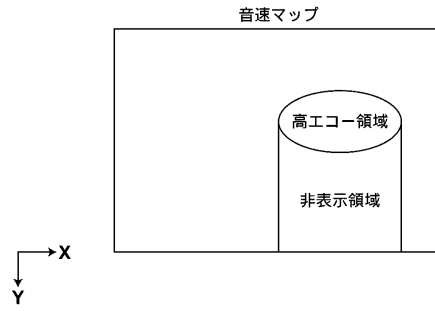
【 図 5 】



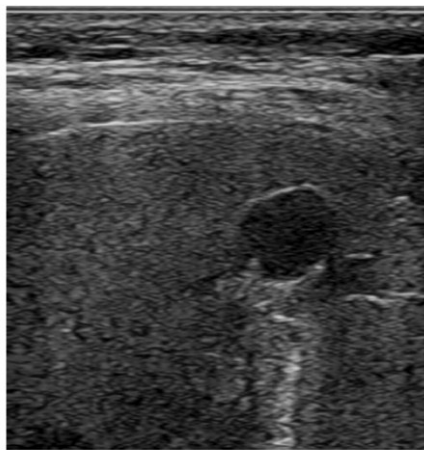
【図10】



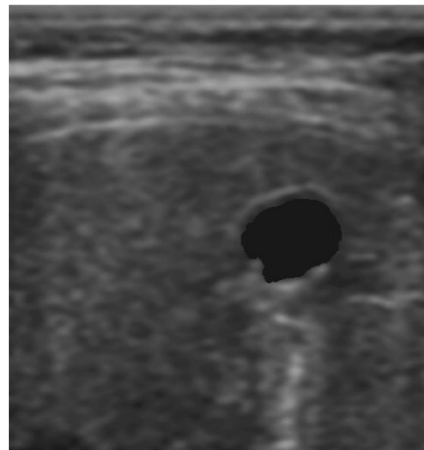
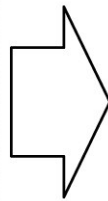
【図11】



【図2】

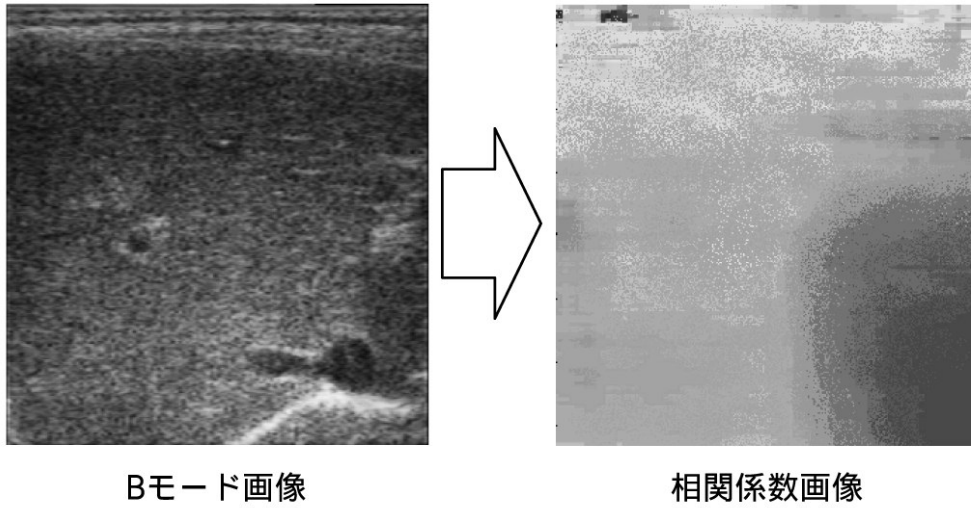


Bモード画像

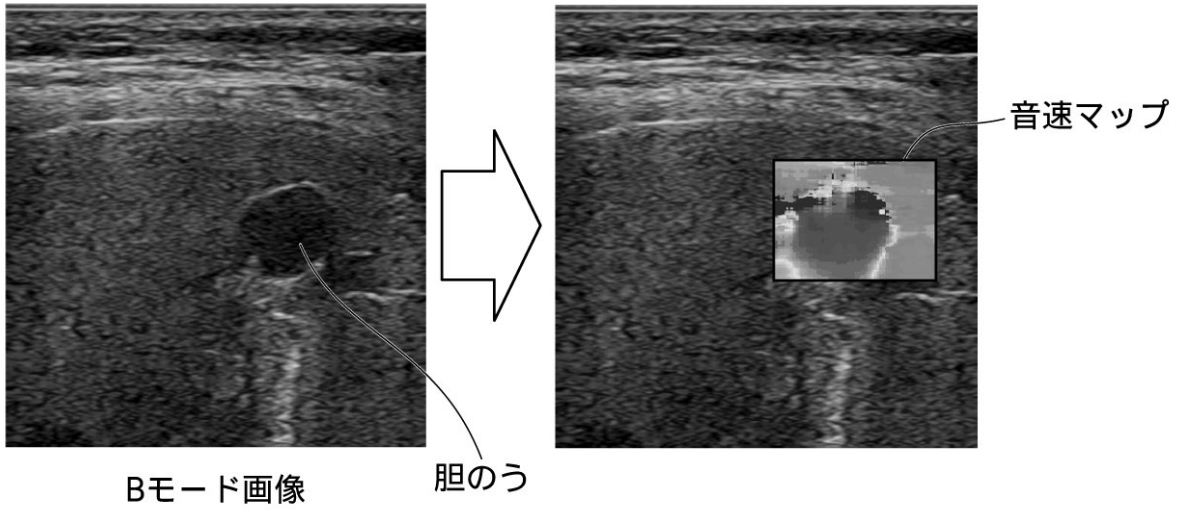


ぼかし処理後のBモード画像

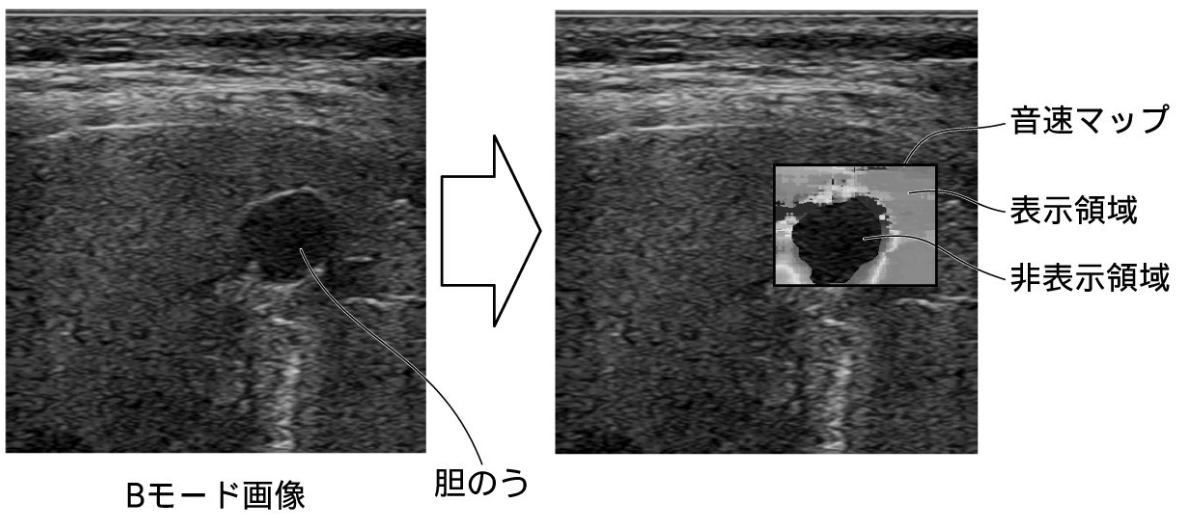
【図3】



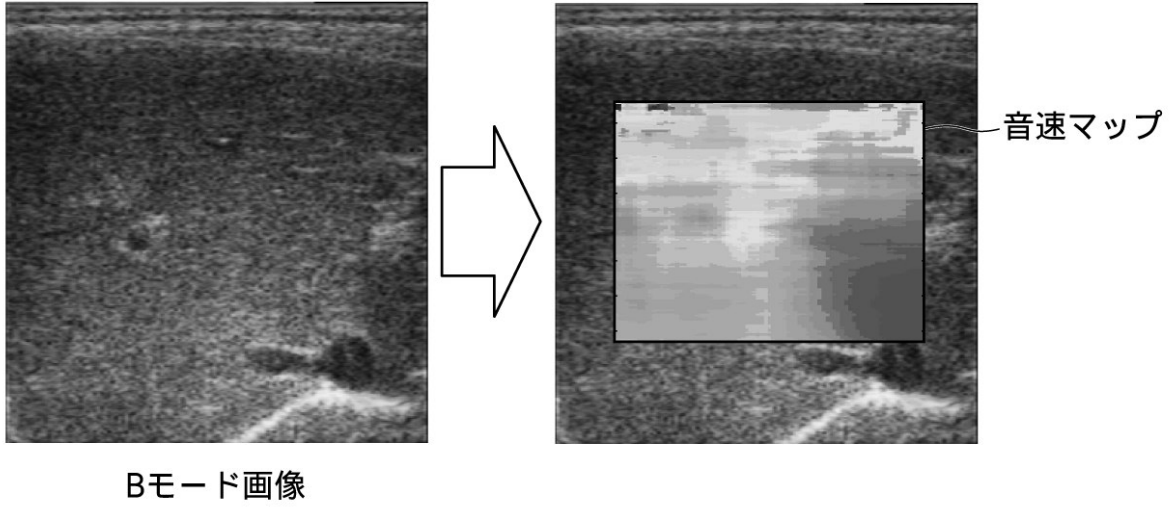
【図6】



【図7】



【 図 8 】



【 図 9 】

