

(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2013-244199

(P2013-244199A)

(43) 公開日 平成25年12月9日(2013.12.9)

(51) Int.Cl.  
A61B 8/00 (2006.01)

F1  
A61B 8/00

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2012-119962 (P2012-119962)  
(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 勝山 公人  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
富士フイルム株式会社内  
Fターム(参考) 4C601 BB22 DD20 EE05 EE09 GB09  
GC01 KK02 KK12 KK24

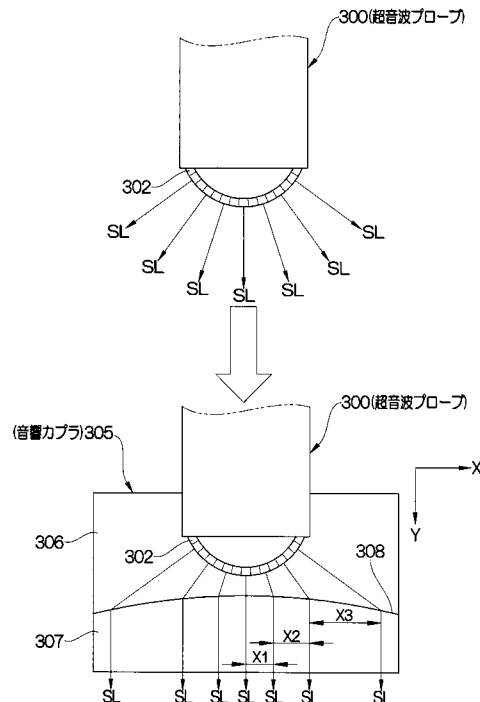
(54) 【発明の名称】 音響カプラ及び超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】コンベックス型の超音波探触子を使用した場合でも正しい局所音速を求める。

【解決手段】コンベックス型の超音波探触子300の先端部に、音響カプラ305を取り付ける。音響カプラ305を、2種類の音速の異なる第1媒質層306と第2媒質層307とを超音波の送信方向に沿って順番に積層して構成する。第1媒質層306の音速をV1とし、第2媒質層307の音速をV2としたときにV1 > V2とする。非平行な超音波の走査線が平行になるように、第1媒質層306と第2媒質層307との界面308の形状を調節する。これにより、コンベックス型の超音波探触子を使用した場合でも各走査線を平行にすることができるので、リニア型の超音波探触子を使用した場合と基本的には同じようにして局所音速を求めることができる。

【選択図】 図6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波を被検体に送信し、かつ前記被検体によって反射された超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子であって、前記複数の素子毎にそれぞれ送信される超音波の各走査線が非平行となる超音波探触子と、前記被検体との間に設けられる音響カプラにおいて、

前記超音波探触子から前記被検体に向かう超音波の送信方向に沿って音速の異なる 2 種以上の媒質を積層してなり、各前記媒質の界面で超音波を屈折させて前記各走査線を平行にする音響カプラ。

## 【請求項 2】

前記送信方向に沿って相対的に音速の大きい第 1 媒質と相対的に音速の小さい第 2 媒質とを順番に積層してなる請求項 1 記載の音響カプラ。

## 【請求項 3】

前記界面は、前記超音波探触子側に向けて突出する湾曲面状に形成されている請求項 2 記載の音響カプラ。

## 【請求項 4】

前記超音波探触子の曲率中心の座標を  $(0, 0)$ 、平行にする走査線方向を Y 方向、Y 方向に直角な方向を X 方向、前記第 1 媒質の音速を  $V_1$ 、前記第 2 媒質の音速を  $V_2$  としたときに、前記界面上の座標  $(x, y)$  が下記式 (1) から式 (3) を満たす請求項 2 または 3 記載の音響カプラ。

$$\text{式 (1)} \quad \tan \theta = x / y$$

$$\text{式 (2)} \quad \tan \theta = dy / dx$$

$$\text{式 (3)} \quad \sin(\theta + \alpha) / V_1 = \sin(\theta) / V_2$$

## 【請求項 5】

超音波を被検体に送信し、かつ前記被検体によって反射された超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子であって、前記複数の素子毎にそれぞれ送信される超音波の各走査線が非平行となる超音波探触子と、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の音響カプラと、

を備える超音波診断装置。

## 【請求項 6】

前記音響カプラにより平行にされた前記各走査線の間隔を示す走査線間隔情報を記憶する走査線間隔情報記憶手段と、

前記走査線間隔情報記憶手段に記憶された前記走査線間隔情報に基づき、局所音速値を判定する局所音速値判定手段と、を備える請求項 5 記載の超音波診断装置。

## 【請求項 7】

前記超音波探触子は、コンベックス型の超音波探触子である請求項 5 または 6 記載の超音波診断装置。

## 【請求項 8】

前記音響カプラは、音速の異なる 3 種以上の媒質を積層してなる請求項 5 から 7 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、超音波探触子と被検体との間に設けられる音響カプラ、及びこの音響カプラを備える超音波診断装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

音速が一定の媒質からなる被検体 OBJ 1 内の音速  $V$  は、下記のようにして算出することができる。図 19 (a) に示すように、被検体 OBJ 内の反射点 (領域)  $X_{1ROI}$  から超音波探触子 300A までの距離を  $L$  とすると、反射点  $X_{1ROI}$  で超音波が反射され

10

20

30

40

50

てから反射点  $X_{1ROI}$  の直下の超音波トランスデューサ（素子） $302A_0$  で受信されるまでの経過時間  $T$  は、 $T = L / V$  である。素子  $302A_0$  から  $X$  方向（素子  $302A$  の配列方向）に距離  $X$  離れた位置にある素子  $302A_i$  で受信されるまで経過時間を  $T + T$  とすると、素子  $302A_0$  と  $302A_i$  との間の遅延時間  $T$  は、下記の式（1）により表される。

【0003】

【数1】

式（1）

$$\Delta T = \frac{\Delta L}{V}$$

10

ここで、 $\Delta L = \sqrt{L^2 + X^2} - L$

【0004】

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

20

【0005】

図19(a)に示したように、被検体内の音速が一定の場合には音速  $V$  を求めることが可能であるが、図19(b)に示す被検体  $OBJ2$  のように、内部の音速が一定でない場合には、上記の方法では、反射点（領域） $X_{2ROI}$  までの距離  $L$  及び音速  $V, V'$  を求めることは困難である。

【0006】

これに対し、被検体内の音速が一定でない場合であっても、局所音速を精度よく算出することができる超音波診断方法が提案されている（特許文献1）。

【0007】

特許文献1記載の超音波診断方法では、超音波探触子から超音波走査線を所定の間隔で被検体に出射する。そして、被検体によって反射された超音波を受信して得た受信信号のうち、着目する走査線上の着目領域に設定された格子点（上格子点）での反射の受信信号に基づいて、上格子点から超音波探触子までの領域の平均音速である環境音速及び各素子受信時刻を算出する。

30

【0008】

また、上格子点と超音波探触子との間に設定された各走査線上の格子点（下格子点）での反射の受信信号に基づいて、各下格子点から超音波探触子までの領域の平均音速である環境音速及び各素子受信時刻を算出する。さらに、着目領域における仮定音速を仮定し、上格子点から各下格子点までの伝播時間を算出する。

【0009】

また、スネルの法則により上格子点から各下格子点に入射する超音波の入射角と、着目領域の仮定音速と上記下格子点での反射に関連して算出した環境音速とに基づいて各下格子点から出射する超音波の出射角を算出する。次いで、下格子点から先に算出した出射角で出射する超音波が入射する超音波探触子の素子の位置と該素子に入射するまでの伝播時間とを算出する。

40

【0010】

そして、超音波探触子の素子の位置における超音波の受信時刻を、先に算出した2つの伝播時間を加算することにより算出する。この算出した受信時刻と上格子点での反射の超音波探触子の素子の位置における受信時刻との誤差が最小になるように仮定音速を修正し、その修正した仮定音速を着目領域における局所音速として判定する。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】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】

【0012】

ところで、特許文献1の超音波診断方法では、リニア型の超音波探触子を用いることを前提としているので、各下格子の図19中のX方向位置は走査線上の深さに関係なく一定である。これに対して、コンベックス型の超音波探触子を用いた場合には、超音波の送信方向に沿って走査線が扇状に広がるので、各下格子のX方向位置の間隔が広がる。このため、特許文献1記載の超音波診断方法では正しい局所音速を求めることができない。主として腹部の超音波診断などでは視野（走査範囲）の広いコンベックス型の超音波探触子を用いることが多く、リニア型の超音波探触子を備えていない医療施設もある。このため、コンベックス型の超音波探触子を用いた場合でも正しい局所音速を求められるようにすることが強く望まれている。

10

【0013】

本発明の目的は、各走査線が非平行となるコンベックス型等の超音波探触子を使用したときに正しい局所音速を求められるようにするための音響カブラ及び超音波診断装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の目的を達成するための音響カブラは、超音波を被検体に送信し、かつ被検体によって反射された超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子であって、複数の素子毎にそれぞれ送信される超音波の各走査線が非平行となる超音波探触子と、被検体との間に設けられる音響カブラにおいて、超音波探触子から被検体に向かう超音波の送信方向に沿って音速の異なる2種以上の媒質を積層してなり、各媒質の界面で超音波を屈折させて各走査線を平行にすることを特徴とする。

【0015】

本発明によれば、超音波探触子の非平行な各走査線を平行にすることができる。

30

【0016】

送信方向に沿って相対的に音速の大きい第1媒質と相対的に音速の小さい第2媒質とを順番に積層してなることが好ましい。非平行な各走査線を平行にすることができる。

【0017】

界面は、超音波探触子側に向けて突出する湾曲面状に形成されていることが好ましい。非平行な各走査線を平行にすることができる。

【0018】

超音波探触子の曲率中心の座標を(0, 0)、平行にする走査線方向をY方向、Y方向に直角な方向をX方向、第1媒質の音速をV1、第2媒質の音速をV2としたときに、界面上の座標(x, y)が下記式(1)から式(3)を満たすことが好ましい。非平行な各走査線を平行にすることができる。

40

$$\text{式(1)} \quad \tan \theta = x / y$$

$$\text{式(2)} \quad \tan \theta = dy / dx$$

$$\text{式(3)} \quad \sin(\theta + \alpha) / V1 = \sin(\alpha) / V2$$

本発明の超音波診断装置は、超音波を被検体に送信し、かつ被検体によって反射された超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子であって、複数の素子毎にそれぞれ送信される超音波の各走査線が非平行となる超音波探触子と、請求項1から4のいずれか1項記載の音響カブラと、を備えることを特徴とする。

【0019】

音響カブラにより平行にされた各走査線の間隔を示す走査線間隔情報を記憶する走査線

50

間隔情報記憶手段と、走査線間隔情報記憶手段に記憶された走査線間隔情報に基づき、局所音速値を判定する局所音速値判定手段と、を備えることが好ましい。超音波の各走査線が平行となるので正しい局所音速を求めることができる。

【0020】

超音波探触子は、コンベックス型の超音波探触子であることが好ましい。

【0021】

音響カプラは、音速の異なる3種以上の媒質を積層してなることが好ましい。

【発明の効果】

【0022】

本発明の音響カプラ及び超音波診断装置は、非平行な超音波の走査線を平行にすることができるので、各走査線が非平行となるコンベックス型等の超音波探触子を使用したときでも正しい局所音速を求めることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】超音波診断装置の概略図である。

【図2】送信回路の遅延回路の説明図である。

【図3】音響カプラの側面図である。

【図4】超音波探触子に取り付けられた音響カプラの側面図である。

【図5】音響カプラの界面形状を説明するための説明図である。

【図6】音響カプラ装着前後の各走査線を比較した比較図である。

20

【図7】CPUの機能ブロック図である。

【図8】局所音速算出処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】格子点設定を説明するための説明図である。

【図10】屈折率モデル計算による超音波算出処理を説明するための説明図である。

【図11】図10の一部を拡大した拡大図である。

【図12】図8中の音線追跡（ステップS7）の処理の流れを示すフローチャートである。

【図13】ホイヘンスの原理を用いた局所音速算出処理を説明するための説明図である。

【図14】第2実施形態のCPUの機能ブロック図である。

【図15】第2実施形態の局所音速算出処理の流れの概略を示したフローチャートである。

30

【図16】第2実施形態の局所音速算出処理の流れの詳細を示したフローチャートである。

【図17】3種類の媒質層で構成される音響カプラの概略図である。

【図18】複数種類の音響カプラが取り付けられる超音波診断装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図19】局所音速値の演算処理を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

[第1実施形態の超音波診断装置の装置構成]

40

図1に示すように、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（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。超音波診断装置10は、大別して、CPU100、格納部102、操作入力部200、超音波探触子300、送受信部400、画像信号生成部500、表示部511、再生部600、データ解析計測部605を備えている。

【0025】

CPU（Central Processing Unit：中央処理装置）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。

【0026】

50

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 511 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。

10

**【0027】**

格納部 102 は、CPU 100 により超音波診断装置 10 の各ブロックの制御を制御するための制御プログラム、パラメータ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。

**【0028】**

表示部 511 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、局所音速マップ、及び各種の設定画面などを表示する。

**【0029】**

超音波探触子 300 は、被検体 O B J に当接させて用いるコンベックス型のプローブであり、1次元又は2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素子 302 を備えている。超音波探触子 300 の先端部の表面は、被検体 O B J に向けて突出した湾曲状（扇状）に形成されており、この表面に各素子 302 が設けられている。このため、素子 302 毎にそれぞれ送受信される超音波の各走査線 S L（図 5 参照）が非平行となる。具体的には、超音波の送信方向に沿って各走査線 S L の間隔が次第に広がる、すなわち、各走査線 S L が扇状に広がる。

20

**【0030】**

超音波探触子 300 の各素子 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。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。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。

30

**【0031】**

送受信部 400 は、超音波の送受信制御を行うものであり、送信回路 402、受信回路 404、及び A / D 変換器 406 を備えている。送信回路 402 は、各素子 302 をそれぞれ駆動する駆動信号をそれぞれ各素子 302 に送る。受信回路 404 は、各素子 302 から入力される検出信号を受信して音線信号を生成する。A / D 変換器 406 は、アナログの音線信号をデジタル信号に変換する。

40

**【0032】**

画像信号生成部 500 は、送受信部 400 からの R F 画像信号に基づき、表示用の画像データ（例えば B モード画像データ）を生成するものであり、信号処理部 502、D S C (Digital Scan Converter) 504、画像処理部 506、画像メモリ 508、D / A 変換器 510 を備えている。信号処理部 502 は、R F データに基づき B モード画像データを生成する。D S C 504 は、B モード画像データ等をテレビジョン信号の走査方式の画像

50

データに変換する。画像処理部 506 は、画像データに各種の画像処理を施す。画像メモリ 508 は、画像処理後の画像データを一時的に格納する。D/A変換器 510 は、デジタルの画像データをアナログの画像信号に変換する。

#### 【0033】

再生部 600 は、後述のシネメモリ再生モード時に作動するものであり、シネメモリ 602 とシネメモリ再生部 604 とを有している。シネメモリ 602 は、A/D変換器 406 に接続しており、RFデータを格納する。シネメモリ再生部 604 は、シネメモリ 602 に格納されているRFデータを信号処理部 502 に送る。データ解析計測部 605 は、RFデータを用いてオペレータ指定の解析・計測を行う。

#### 【0034】

超音波診断装置 10 は、動作モードとして、ライブモードとシネメモリ再生モードとを有している。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。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。

#### 【0035】

##### <ライブモード>

次に、ライブモード時における超音波診断処理について説明する。超音波探触子 300 を被検体OBJに当接させた状態で、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、CPU 100 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。CPU 100 は、素子 302 毎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。

#### 【0036】

また、CPU 100 は、超音波ビームの送信方向に応じて送信遅延パターンを選択するとともに、超音波エコーの受信方向に応じて受信遅延パターンを選択する。ここで、送信遅延パターンとは、複数の素子 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り、受信遅延パターンとは、複数の素子 302 によって受信される超音波によって所望の方向からの超音波エコーを抽出するために検出信号に与えられる遅延時間のパターンデータである。これら送信遅延パターン及び受信遅延パターンは予め格納部 102 に格納されている。CPU 100 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及び受信遅延パターンを選択し、選択した送信遅延パターン及び受信遅延パターンに従って、送受信部 400 に制御信号を出力して超音波の送受信制御を行う。

#### 【0037】

送信回路 402 は、CPU 100 からの制御信号に応じて駆動信号を生成して、該駆動信号を素子 302 に印加する。

#### 【0038】

図 2 に示すように、送信回路 402 は、素子 302 毎に遅延回路 1 ~ N を有し、CPU 100 によって選択された送信遅延パターンに基づいて、各素子 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、複数の素子 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、各素子 302 に駆動信号を印加するタイミングを調整（遅延）する。また、送信回路 402 は、超音波ビームの方向（ステア角）を調整するように、各素子 302 に駆動信号を印加するタイミングを調整（遅延）する。なお、複数の素子 302 から一度に送信される超音波が被検体OBJの撮像領域全体に届くように、駆動信号を印加するタイミングを調節してもよい。

#### 【0039】

図 1 に戻って、受信回路 404 は、超音波探触子 300 の各素子 302 から出力される超音波検出信号を受信して増幅する。上述のように、各素子 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、各素子 302 に反射波が到達する時間が

10

20

30

40

50

異なる。この際に受信回路404は、遅延回路を備えており、CPU100によって選択された音速（以下、「仮定音速」という）又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）に相当する分だけ、各検出信号を遅延させる。

#### 【0040】

さらに、受信回路404は、遅延時間を与えた検出信号を整合加算することにより受信フォーカス処理を行う。この際に、超音波反射源とは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、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。このような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。

10

#### 【0041】

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

#### 【0042】

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RFデータに関連付けて格納する。

20

#### 【0043】

信号処理部502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をした後、包絡線検波処理を施す。これにより、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）が生成される。

#### 【0044】

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、DSC504は、Bモード画像データを通常の画像データ（例えば、テレビジョン信号の走査方式（NTSC方式）の画像データ）に変換（ラスタ変換）する。画像処理部506は、DSC504から入力される画像データに、各種の必要な画像処理（例えば、階調処理）を施す。

30

#### 【0045】

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511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511に表示される。

#### 【0046】

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

40

#### 【0047】

<シネメモリ再生モード>

次に、シネメモリ再生モードについて説明する。操作卓202のシネメモリ再生ボタンが押下されると、CPU100は、超音波診断装置10の動作モードをシネメモリ再生モ

50

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。

【0048】

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511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511に表示される。

10

【0049】

< 超音波診断装置の各種機能 >

ライブモード又はシネメモリ再生モード時において、超音波画像（動画）が表示されているときに操作卓202のフリーズボタンが押下されると、フリーズボタン押下時に表示されている超音波画像が表示部511に静止画表示される。これにより、オペレータは、着目領域（ROI：Region of Interest）の静止画を表示させて観察することができる。

【0050】

操作卓202の計測ボタンが押下されると、オペレータからの操作入力により指定された解析・計測が行われる。データ解析計測部605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、この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（内臓中膜複合体厚：Intima-Media Thickness）値計測）を行う。データ解析計測部605による解析・計測結果は、DSC 504に出力される。DSC 504は、データ解析計測部605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511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511に表示される。

20

【0051】

また、表示モード切り替えボタンが押下されると、Bモード画像を単独で表示するモード、Bモード画像に局所音速の判定結果を重畳して表示するモード（例えば、局所音速に応じて色分け又は輝度を変化させる表示、又は局所音速が等しい点を線で結ぶ表示）、Bモード画像と局所音速値の判定結果の画像を並べて表示するモードの間で表示モードが切り替わる。これにより、オペレータは、局所音速の判定結果を観察することで、例えば、病変を発見することができる。なお、局所音速の判定結果に基づいて、送信フォーカス処理及び受信フォーカス処理の少なくとも一方を施すことにより得られたBモード画像を表示部511に表示してもよい。

30

【0052】

< 音響カプラの構成 >

図3及び図4に示すように、超音波探触子300の先端部には、非平行な各走査線SLを平行（ここでいう平行にはほぼ平行も含む）にするための音響カプラ305が着脱自在に取り付けられる。音響カプラ305は、2種類の音速の異なる第1媒質層306と第2媒質層307とを超音波の送信方向（図中下方向）に沿って順番に積層してなる。第1媒質層306の音速を $V_1$ とし、第2媒質層307の音速を $V_2$ としたときに、 $V_1 > V_2$ となる。第1及び第2媒質層306、307は例えばウレタンなどで形成される。

40

【0053】

第1媒質層306の超音波探触子300と対向する対向面には、超音波探触子300の先端部が挿入される挿入穴306aが形成されている。なお、図示は省略するが、超音波探触子300の先端部を挿入穴306a内に挿入した状態で固定する固定治具を設けてもよい。

【0054】

第1媒質層306及び第2媒質層307の互いに対向する対向面、すなわち、第1媒質

50

層 3 0 6 及び第 2 媒質層 3 0 7 の界面 3 0 8 は、超音波探触子 3 0 0 側に突出する湾曲面状に形成されている。第 2 媒質層 3 0 7 の被検体 O B J と対向する対向面は平面状に形成されている。

【 0 0 5 5 】

界面 3 0 8 は、超音波探触子 3 0 0 から送信された超音波を屈折させることにより、非平行の各走査線 S L を平行にする。以下、各走査線 S L を平行にするための界面 3 0 8 の条件の一例について説明を行う。

【 0 0 5 6 】

図 5 に示すように、各走査線 S L が超音波探触子 3 0 0 内で仮想的に交差するコンベックス中心（曲率中心）C を原点、すなわち、座標（0, 0）とする。コンベックス中心（仮想交点）C から超音波の送信方向（図中 Y 方向）に沿って長く伸びた直線を第 1 直線 L 1 とする。任意の走査線 S L が通過する界面 3 0 8 上の任意の点 P の座標を（x, y）として、さらに、コンベックス中心 C と点 P とを結ぶ直線を第 2 直線 L 2 とする。そして、第 1 直線 L 1 と第 2 直線 L 2 とのなす角度を  $\theta$  とする。

10

【 0 0 5 7 】

また、点 P を通りかつ第 1 直線 L 1 と直交する直線を第 3 直線 L 3 とし、第 3 直線 L 3 と界面 3 0 8 とのなす角度を  $\phi$  とする。さらに、界面 3 0 8 上の点 P の近傍に位置する点 P' の座標を（x + dx, y + dy）とする。

【 0 0 5 8 】

さらに、点 P を通りかつ走査線 L 1 に平行な直線を第 4 直線 L 4 とすると、第 2 直線 L 2 と第 4 直線 L 4 とのなす角度は  $\theta$  となる。そして、点 P において界面 3 0 8 と直行する直線を第 5 直線 L 5 とする。ここで点 P において直線 L 3 と直線 L 5 の成す角度は、直線 L 5 と界面 3 0 8 の成す角度  $\phi$  から  $\theta$  を引いた角度である。このことから、直線 L 4 と直線 L 5 の成す角度は、直線 L 3 と直線 L 4 の成す角度  $\theta$  から直線 L 3 と直線 L 5 の成す角度  $\phi$  を引いた角度、つまり  $\phi - \theta$  となる事が分かる。なお、上述したように第 1 媒質層 3 0 6 の音速は V 1 であり、第 2 媒質層 3 0 7 の音速は V 2 である。

20

【 0 0 5 9 】

各走査線 S L が平行になるときには、図中の走査線 S L（超音波）の第 5 直線 L 5 に対する入射角は（ $\theta + \phi$ ）となり、出射角は  $\phi - \theta$  となる。従って、スネルの法則に基づき、 $\sin(\theta + \phi) / \sin(\phi - \theta) = V 1 / V 2$  となる。また、 $\tan \theta = x / y$  の式から求められ、 $\tan \phi = dy / dx$  の式から求められる。このため、各走査線 S L を平行にするためには、界面 3 0 8 の形状と、第 1 及び第 2 媒質層 3 0 6, 3 0 7 の音速 V 1, V 2 とが以下の式（2）～（4）を満たす。

30

$$\text{式 (2) } \tan \theta = x / y$$

$$\text{式 (3) } \tan \phi = dy / dx$$

$$\text{式 (4) } \sin(\theta + \phi) / V 1 = \sin(\phi - \theta) / V 2$$

図 6 に示すように、超音波探触子 3 0 0 の先端部に音響カプラ 3 0 5 を取り付けることにより、非平行な各方向の走査線 S L が界面 3 0 8 で屈折され平行になる。この際に、音響カプラ 3 0 5 により平行にされた各走査線 S L の間隔は等間隔とはならない。具体的には、各走査線 S L の間隔は、音響カプラ 3 0 5 の図中 X 方向の中心から X 方向の端部側に向かうのに従って、 $X 1, X 2, X 3, \dots (X 1 < X 2 < X 3, \dots)$  のように次第に広がる。

40

【 0 0 6 0 】

このような平行な各走査線 S L の間隔  $X 1, X 2, \dots$  は、音響カプラ 3 0 5 の種類（例えば、第 1 及び第 2 媒質層 3 0 6, 3 0 7 の音速 V 1, V 2、界面 3 0 8 の形状、超音波探触子 3 0 0 の先端部と界面との間の距離など）により異なる。このため、音響カプラ 3 0 5 により平行にされる各走査線 S L の間隔に関する情報は予め測定あるいはシミュレーションにより算出されており、走査線間隔情報 1 0 3（図 1 参照）として格納部 1 0 2 に格納されている。この走査線間隔情報 1 0 3 は、後述の着目領域の局所音速の測定に用いられる。

50

## 【0061】

< CPUの機能（局所音速の算出に係る構成）>

図7に示すように、CPU100は、格納部102から読み出した各種プログラムを実行することにより、着目領域設定部104、格子点設定部（格子点設定手段）105、最適音速値判定部（最適音速値判定手段）106、演算部（第2受信時刻取得手段）108、誤差算出部109、局所音速値判定部（局所音速値判定手段）110、及び送受信部400を制御する送受信制御部111、受信時刻取得部（第1受信時刻取得手段）112として機能する。これら各部は、シネメモリ602に格納されたRFデータに基づき、特許文献1に開示された屈折率モデル計算により着目領域の局所音速値を算出する。以下、これら各部による局所音速値の算出処理について具体的に説明する。

10

## 【0062】

< 局所音速値の算出処理 >

図8に示すフローチャートにおいて、最初に超音波探触子300の先端部に音響カプラ305を取り付ける（ステップS1）。これにより、リニア型の超音波探触子と同様に走査線SLを平行にすることができる。その結果、リニア型の超音波探触子を使用する場合（特許文献1）と基本的には同じ方法を用いて局所音速を算出することができる。

## 【0063】

音響カプラ305の装着後に、超音波診断装置10の動作モードが音響カプラ305を使用して超音波診断を行うモードに設定されると、CPU100は、格納部102から走査線間隔情報103を取得する（ステップS2）。

20

## 【0064】

次いで、着目領域設定部104により被検体OBJの着目領域の設定が行われる（ステップS3）。着目領域設定部104は、例えば、表示部511に表示される超音波画像の静止画上でオペレータがポインティングデバイスにより指定した領域を着目領域として設定する。なお、着目領域は自動的に所定位置、所定サイズにて設定してもよい。あるいは、着目領域設定部104が超音波画像を二値化処理するとともに、白の部分（又は黒の部分）が連続した画素に同じ番号を割り振るラベリング処理を行い、ラベリングした番号順に自動的に着目領域を設定してもよい。

## 【0065】

〔格子点の設定〕

図9に示すように、格子点設定部105は、CPU100が格納部102から取得した走査線間隔情報103に基づき、着目領域設定部104が設定した着目領域内に上格子点及び下格子点を設定する（ステップS4）。各格子点は、走査線位置と受信時刻によって、その位置が定義される。すなわち、音響カプラ305により平行とされた各走査線SL1, SL2, ..., SLn上の深さの異なる反射点を格子点として設定する。

30

## 【0066】

より具体的には、図10に示すように、格子点設定部105は、被検体OBJ内の着目領域（ROI）を代表する上格子点を $X_{ROI}$ （格子点 $X_{ROI}$ ）とし、下格子点を $A1, A2, \dots, An, \dots$ （格子点 $A1, A2, \dots, An, \dots$ ）とする（ステップS4）。格子点 $A1, A2, \dots, An, \dots$ を連結した境界面S1と被検体OBJ内の格子点 $X_{ROI}$ との間の領域を領域Aとし、境界面S1と音響カプラ305の被検体OBJの対向面S2との間の領域を領域Bとする。領域Aと領域Bの中における音速はそれぞれ一定と仮定する。各格子点（ $X_{ROI}, A1, A2, \dots$ ）の設定後、送受信制御部111は、送受信部400を制御して、各格子点（ $X_{ROI}, A1, A2, \dots$ ）に対する超音波の送受信（送信フォーカス、受信フォーカス）を各素子302に実行させる。これにより、各格子点（ $X_{ROI}, A1, A2, \dots$ ）のRFデータがシネメモリ602に格納される。

40

## 【0067】

〔領域Bの深さ $D_B$ 及び最適音速値 $V_B$ の算出〕

次いで、最適音速値判定部106は、シネメモリ602に格納されたRFデータに基づき、領域Bにおける最適音速値（環境音速） $V_B$ を算出する。ここで、最適音速値とは、

50

画像のコントラスト、シャープネスが最も高くなる音速値であり、各格子における実際の局所音速値とは必ずしも一致しない。そして、超音波探触子300の各素子302から音響カプラ305を経て+Y方向に送信された超音波が領域AとBとの間の境界面S1で-Y方向に反射されて各素子302に戻るまでの時間(受信時刻) $T_B$ が測定されて、下記の式(5)により、上記環境音速 $V_B$ と受信時刻 $T_B$ から領域Bの深さ $D_B$ が算出される(ステップS5)。

$$\text{式(5)} \quad D_B = T_B \times V_B / 2$$

なお、超音波の受信時刻から各種の数値を求める際に、音響カプラ305内での各走査線SL1~SLnの経路長差を考慮して、受信時刻又は受信時刻から求める各種数値に補正を加えることが好ましい。各走査線SL1~SLnの間隔は既知であるので各走査線SL1~SLnの音響カプラ305内での経路長も予め求めておくことができるため、各走査線SL1~SLnの経路長差も予め求められる。従って、経路長差に応じて受信時刻又は受信時刻から求める各種数値に補正を加えることもできる。経路長差が微小である場合には、経路長差を考慮せずにリニア型の超音波探触子を使用する特許文献1と同様にして受信時刻から各種数値を求めてもよい。この場合には、局所音速の算出が複雑化することが防止される。本実施形態では、経路長差が微小であると仮定した場合について説明する。

#### 【0068】

最適音速値の算出方法としては、例えば、画像のコントラスト、スキャン方向の空間周波数、分散などから算出する方法(例えば、特開平8-317926号公報)を適用することができる。

#### 【0069】

〔演算部による演算処理〕

演算部108は、領域Aにおける局所音速値(仮定音速)の初期値 $V_A$ を設定する(ステップS6)。そして、演算部108は、格子点 $X_{ROI}$ とY方向に並ぶ(X座標が同じ)格子点Anから+Y方向に送信された超音波が格子点 $X_{ROI}$ で-Y方向に反射されて格子点Anに戻るまでの時間(受信時刻) $T_A$ を測定して、下記の式(6)により、仮定音速 $V_A$ と受信時刻 $T_A$ から領域Aの深さ $D_A$ を算出する。

$$\text{式(6)} \quad D_A = T_A \times V_A / 2$$

次に、演算部108は、先に求められた仮定音速 $V_A$ 及び環境音速 $V_B$ に基づいて、格子点 $X_{ROI}$ において反射されて各素子302に到達する受信波の音線追跡を実行して、受信波の受信時刻を算出する(ステップS7)。なお、ステップS7の音線追跡の処理については後述する。また、受信時刻取得部120は、シネメモリ602に格納された格子点 $X_{ROI}$ のRFデータに基づき、格子点 $X_{ROI}$ で反射された超音波(以下、受信波W1という)が各素子302で受信される受信時刻を求める。

#### 【0070】

〔誤差算出処理〕

次に、誤差算出部109は、受信時刻取得部120により取得される受信波W1の受信時刻と、ステップS7の音線追跡により算出された受信波W2の受信時刻との誤差を算出する(ステップS8)。受信波W1の受信時刻と受信波W2の受信時刻との誤差を算出する方法としては、特許文献1に記載されているように、互いの相互相関をとる方法、受信波W1に音線追跡により算出された受信波W2から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法、又は逆に音線追跡により算出された受信波W2に受信波W1から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法がある。

#### 【0071】

〔繰り返し処理〕

そして、仮定音速 $V_A$ が1段階変更(ステップS9)された後、ステップS7、S8とが繰り返される。そして、全ての仮定音速の値での演算が終了すると、局所音速値判定部110は、格子点 $X_{ROI}$ における局所音速値を判定する(ステップS10)。このステップS10では、受信波W1と、ステップS7の音線追跡により算出された受信波W2と

10

20

30

40

50

の受信時刻の差（差の絶対値）が最小になる仮定音速  $V_A$  の値が格子点  $X_{ROI}$  における局所音速値と判定される。

【0072】

〔音線追跡による受信波の受信時刻の算出処理〕

次に、ステップ S7 の音線追跡による受信波の受信時刻の算出処理について、図 11 及び図 12 を用いて説明する。まず、格子点  $X_{ROI}$  からの超音波の出射角の初期値が設定されるとともに、パラメータ  $n$  が  $n = 0$  に設定される（ステップ S20）。

【0073】

次に、格子点  $X_{ROI}$  から出射角  $\theta$  で出射した超音波が領域 A と領域 B との間の境界面 S1 に到達するまでの超音波の伝播時間  $T_{AR}$  と、境界面 S1 上の超音波の到達位置  $X$  が算出される（ステップ S21）。

10

【0074】

格子点  $X_{ROI}$  における X 座標を  $X_0$ 、点  $X$  における X 座標を  $X$  とすると、格子点  $X_{ROI}$  と点  $X$  との間の X 方向の距離  $X_A$  は、下記の式（7）により求められる。なお、距離  $X_A$  は、走査線間隔情報 103 からも得られる。

$$\text{式(7)} \quad X_A = |X - X_0| = D_A \times \tan \theta$$

また、格子点  $X_{ROI}$  から出射した超音波が境界面 S1 上の点  $X$  に到達するまでの伝播時間  $T_{AR}$  は、下記の式（8）により求められる。

$$\text{(式8)} \quad T_{AR} = D_A / V_A / \cos \theta$$

次に、格子点  $X_{ROI}$  から出射角  $\theta$  で出射して境界面 S1 上の点  $X$  に到達した超音波が、点  $X$  から領域 B に出射するときの出射角  $\theta'$  がスネルの法則により算出される（ステップ S22）。そして、点  $X$  から出射角  $\theta'$  で出射した超音波が超音波探触子 300 の対向面 S2 に到達するまでの超音波の伝播時間  $T_{BR}$  と、対向面 S2 上の超音波の到達位置  $X$  が算出される（ステップ S23）。

20

【0075】

ここで、点  $X$  からの出射角  $\theta'$  は、下記の式（9）により求められる。また、点  $X$  における X 座標を  $X$  とすると、点  $X$  と点  $X$  との間の X 方向の距離  $X_B$  は、下記の式（10）により求められる。また、点  $X$  から出射した超音波が対向面 S2 上の点  $X$  に到達するまでの伝播時間  $T_{BR}$  は、下記の式（11）により求められる。なお、上述したように、各走査線 SL1 ~ SLn の音響カプラ 305 内での経路長差は微小であると仮定しているため、対向面 S2 上の各位置は特許文献 1 の図 8 における各素子 302 の位置にそれぞれ対応する。

30

$$\text{(式9)} \quad \theta' = \arcsin(V_B \times \sin \theta / V_A)$$

$$\text{(式10)} \quad X_B = |X - X| = D_B \times \tan \theta'$$

$$\text{(式11)} \quad T_{BR} = D_B / V_B / \cos \theta'$$

次に、対向面 S2 から出射された超音波が格子点  $X_{ROI}$  で反射されて対向面 S2 に戻るまでの時間  $T_{SUM}$  ( $= T_{AT} + T_{BT} + T_{AR} + T_{BR}$ ) が算出され、上記超音波の到達位置  $X$  とともに  $n$  番目の受信時刻データ  $D_n$  として格納される（ステップ S24）。

【0076】

40

ここで、 $T_{AT}$  及び  $T_{BT}$  は、素子 302 から +Y 方向に送信された超音波が領域 A 及び領域 B をそれぞれ伝播するのに要する時間である。送信時間  $T_{AT}$  及び  $T_{BT}$  は、それぞれ下記の式（12）及び式（13）により求められる。

$$\text{(式12)} \quad T_{AT} = T_A / 2$$

$$\text{(式13)} \quad T_{BT} = T_B / 2$$

次に、出射角  $\theta$  が 1 ステップ変更されて  $\theta = \theta + \Delta\theta$ （ $\Delta\theta$  : 所定の角度）に更新され、パラメータ  $n$  が  $n = n + 1$  に更新された後（ステップ S25）、ステップ S21 からステップ S24 が繰り返される。そして、全ての出射角  $\theta$ （例えば、音響カプラ 305 の対向面 S2 で受信可能な範囲の角度。  $|\theta| < 90^\circ$ ）の値での演算が実行される。

【0077】

50

次に、上記ステップ S 2 0 からステップ S 2 5 までの処理により、各出射角  $\theta$  に求められた受信時刻データ  $D_n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) の中から超音波到達位置 (受信位置)  $X$  が対向面 S 2 上の素子 3 0 2 に対応する位置に最も近い受信時刻データ  $D_n$  が抽出される。そして、抽出された受信時刻データ  $D_n$  が当該素子 (受信波の到達位置  $X$  に最も近い素子 3 0 2) における受信時刻データとして格納部 1 0 2 に格納される (ステップ S 2 6)。

#### 【0078】

図 8 の処理では、ステップ S 2 6 において格納された受信時刻データを用いて領域 A (格子点  $X_{ROI}$ ) における局所音速値の判定が行われる。本実施形態では、被検体 OBJ 内の着目領域の格子点  $X_{ROI}$  で反射される超音波の音線追跡を行って、超音波探触子 3 0 0 の各素子 3 0 2 に直接到達する (又は最も近い位置に到達する) 受信波の受信時刻のみを、格子点  $X_{ROI}$  における局所音速値の判定に使用する。本実施形態によれば、被検体 OBJ 内の格子点  $X_{ROI}$  における局所音速値を、より少ない処理で正確に算出することが可能になる。

10

#### 【0079】

<作用効果>

本発明では、音響カブラ 3 0 5 をコンベックス型の超音波探触子 3 0 0 に取り付けて各走査線 SL を平行にするとともに、予め取得された各走査線 SL の間隔に関する走査線間隔情報 1 0 3 に基づき各格子点の設定を行うことで、リニア型の超音波探触子を用いる特許文献 1 と基本的には同じようにして局所音速値を求めることができる。これにより、コンベックス型の超音波探触子 3 0 0 を用いた場合でも正しい局所音速を求められる。また、生体内の組織境界に対して走査線をなるべく垂直に入射させて屈折を低減することができる。

20

#### 【0080】

[第2実施形態の超音波診断装置]

次に、本発明の第2実施形態の超音波診断装置について説明を行う。上記第1実施形態では、特許文献1に開示された屈折率モデル計算により着目領域の局所音速値を算出しているが、第2実施形態では、特許文献1に開示されたホイヘンスの原理を利用して局所音速を算出する。

#### 【0081】

図13(a), (b)は、本発明の第2実施形態に係る局所音速値の演算処理を模式的に示す図である。なお、第1実施形態と同様に、超音波の各走査線の音響カブラ305内の経路長差は微小であるとして説明を行う。

30

#### 【0082】

被検体 OBJ 内の着目領域 (ROI) を代表する格子点を  $X_{ROI}$ 、格子点  $X_{ROI}$  よりも浅い (即ち、音響カブラ 3 0 5 に近い) 位置に XY 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  $X_{ROI}$  と各格子点  $A_1, A_2, \dots$  との間の音速はそれぞれ一定と仮定する。

#### 【0083】

本実施形態では、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 (伝搬時間  $T$  及び遅延時間  $T$ ) を既知として、格子点  $X_{ROI}$  と格子点  $A_1, A_2, \dots$  の位置関係から格子点  $X_{ROI}$  における局所音速値を求める。具体的には、上述のホイヘンスの原理により、格子点  $X_{ROI}$  からの受信波  $W_X$  と格子点  $A_1, A_2, \dots$  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。

40

#### 【0084】

ここで、格子点  $X_{ROI}$  における局所音速値を求めるときの演算に使用する格子点  $A_1, A_2, \dots$  の範囲及び個数は予め決めておく。なお、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。

#### 【0085】

50

格子点  $A_1, A_2, \dots$  の X 方向の間隔は、走査線間隔情報 103 に基づき、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。

【0086】

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。

【0087】

なお、格子点  $A_1, A_2, \dots$  の間隔が広い場合、合成波の演算（後述）が困難になるため、補間によって細かい格子点を生成するようにすればよい。

10

【0088】

< 第 2 実施形態の CPU の機能 >

第 2 実施形態の超音波診断装置は、第 1 実施形態とは異なる CPU 150 を備える点を除けば、上記第 1 実施形態の超音波診断装置 10 と基本的に同じ構成であり、上記第 1 実施形態と機能・構成上同一のものについては、同一符号を付してその説明は省略する。

【0089】

図 14 に示すように、CPU 150 は、格納部 102 から読み出した各種プログラムを実行することにより、前述の着目領域設定部 104、格子点設定部（格子点設定手段）105、最適音速値判定部（最適音速値判定手段）106 の他に、第 1 演算部 151、第 2 演算部 152、局所音速値判定部 153 として機能する。以下、これら各部による局所音速値の算出処理について具体的に説明する。

20

【0090】

< 局所音速値の算出処理 >

図 15 に示すフローチャートにおいて、ステップ S1 からステップ S4 までは第 1 実施形態と基本的に同じであるので、ここでは具体的な説明を省略する。なお、各格子点 ( $X_{ROI}, A_1, A_2, \dots$ ) の設定後、送受信制御部 111 は、送受信部 400 を制御して、各格子点 ( $X_{ROI}, A_1, A_2, \dots$ ) に対する超音波の送受信（送信フォーカス、受信フォーカス）を各素子 302 に実行させる。これにより、各格子点 ( $X_{ROI}, A_1, A_2, \dots$ ) の RF データがシネメモリ 602 に格納される。そして、最適音速値判定部 106 は、シネメモリ 602 に格納された RF データに基づき、事前に被検体 OBJ 内に設定された全ての格子点 ( $X_{ROI}, A_1, A_2, \dots$ ) における最適音速値を判定する（ステップ S30）。ここで、最適音速値とは、画像のコントラスト、シャープネスが最も高くなる音速値であり、各格子点における実際の局所音速値とは必ずしも一致しない。ステップ S30 における最適音速値の判定方法としては、例えば、画像のコントラスト、スキャン方向の空間周波数、分散などから判定する方法（例えば、特開平 8 - 317926 号公報）を適用することができる。

30

【0091】

次いで、各格子点における最適音速値に基づいて、各格子点における局所音速値の判定が行われる（ステップ S31）。

40

【0092】

最適音速値に基づいて局所音速値を判定する方法を説明する。まず、図 4 に示すように、第 1 演算部 151 は、格子点  $X_{ROI}$  における最適音速値に基づいて、格子点  $X_{ROI}$  を反射点としたときの仮想的な受信波  $W_X$  の波形を算出する（ステップ S41）。

【0093】

次いで、第 2 演算部 152 は、格子点  $X_{ROI}$  における仮定音速の初期値を設定する（ステップ S42）。そして、第 2 演算部 152 は、下記のように仮想的な合成受信波  $W_{SUM}$  を算出する（ステップ S43）。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、 $X_{ROI}A_1, X_{ROI}A_2$

50

、...は、それぞれ格子点  $A_1, A_2, \dots$  と格子点  $X_{ROI}$  との間の距離である。格子点  $A_1, A_2, \dots$  における最適音速値はステップ  $S_{30}$  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。

【0094】

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（14）により表される。ここで、 $X_{A1}, X_{A2}, \dots$  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。

10

【0095】

【数2】

式（14）

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

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

$$T3 = \dots$$

20

【0096】

上記  $T_1, T_2, \dots$  に、格子点  $X_{ROI}$  と同一の走査線  $SL$  上の格子点  $A_n$  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。

【0097】

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（13）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が既知であることから求められる。

30

【0098】

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  $W_{A1}, W_{A2}, \dots$ ）を重ね合わせるにより行う。

【0099】

次に、第2演算部152（別途に誤差算出部を設けてもよい）は、仮想受信波  $W_X$  と仮想合成受信波  $W_{SUM}$  との誤差を算出する（ステップ  $S_{44}$ ）。仮想受信波  $W_X$  と仮想合成受信波  $W_{SUM}$  との誤差は、互いの相互相関をとる方法、仮想受信波  $W_X$  に仮想合成受信波  $W_{SUM}$  から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法、又は逆に仮想合成受信波  $W_{SUM}$  に仮想受信波  $W_X$  から得られる遅延を掛けて位相整合加算する方法により算出される。ここで、仮想受信波  $W_X$  から遅延を得るには、格子点  $X_{ROI}$  を反射点とし、音速  $V$  で伝播した超音波が各素子  $302$  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  $302$  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、又は単に各素子  $302$  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  $302$  からの合成受信波の相互相関ピーク位置を遅延としてもよい。位相整合加算時の誤差は、整合加算後の波形の peak to peak とする方法、又は包絡線検波した後の振幅の最大値とする方法により求め

40

50

られる。

【0100】

次いで、仮定音速が1ステップ変更された後(ステップS46)、ステップS43からS44が繰り返される。そして、全ての仮定音速の値での演算が終了すると、局所音速値判定部153は、格子点 $X_{ROI}$ における局所音速値を判定する(ステップS47)。ホイヘンスの原理を厳密に適用した場合に、上記のステップS43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S47では、仮想受信波 $W_X$ と仮想合成受信波 $W_{SUM}$ との差が最小になる仮定音速の値を格子点 $X_{ROI}$ における局所音速値と判定する。

10

【0101】

第2実施形態によれば、Bモード画像を生成するときに行われる振幅画像、RFデータ又は各超音波トランスデューサ素子により受信した受信波のデータを用いることにより、被検体内の局所音速値を高精度で判定することができる。

【0102】

<作用効果>

第2実施形態においても、音響カブラ305をコンベックス型の超音波探触子300に取り付けて各走査線を平行にするとともに、予め取得された各走査線の間隔に関する走査線間隔情報103に基づき各格子点の設定を行うことで、リニア型の超音波探触子を用いる特許文献1と基本的には同じようにして局所音速値を求めることができる。これにより、第1実施形態と同様に、コンベックス型の超音波探触子300を用いた場合でも正しい局所音速を求められる。また、生体内の組織境界に対して走査線をなるべく垂直に入射させて屈折を低減することができる。

20

【0103】

[その他の構成]

上記各実施形態では、屈折率モデル計算やホイヘンスの原理を利用して着目領域の局所音速を求めているが、例えば特許文献1に記載されている他の方法(第2の実施形態、第4の実施形態)を用いて局所音速を求めてもよい。

【0104】

上記各実施形態では、第1媒質層306及び第2媒質層307の各音速を $V_1$ 、 $V_2$ ( $V_1 > V_2$ )としているが、 $V_1 < V_2$ であってもよい。

30

【0105】

上記各実施形態では、2種類の音速の異なる第1媒質層306と第2媒質層307とを積層してなる音響カブラ305について説明したが、例えば図17に示すように、3種類の音速の異なる第1媒質層306、第2媒質層307、及び第3媒質層351を積層してなる音響カブラ305を使用してもよい。第1媒質層306、第2媒質層307、及び第3媒質層351の各音速を $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ としたときに、 $V_1 > V_2 > V_3$ となるのが好ましい。なお、 $V_1 < V_2 < V_3$ であってもよく、 $V_2 > V_1$ 、 $V_3$ であってもよい。さらに、音響カブラが4種類以上の音速が異なる媒質層で構成されていてもよい。

40

【0106】

上記各実施形態では、超音波探触子300に取り付けられる音響カブラ305の種類は1種類を想定しているが、形状や媒質の材料(音速)等が異なる複数種類の音響カブラ305の中からユーザが選択したものを超音波探触子300に取り付けられるようにしてもよい。この場合には、音響カブラ305の種類により、平行にされた各走査線SLの間隔が異なるので、図18に示すように、複数種類の音響カブラ305にそれぞれ対応した走査線間隔情報103を格納部102に格納しておく。CPU100(格子点設定部105)は、超音波探触子300に取り付けられた音響カブラ305に対応する走査線間隔情報103を取得して各格子点の設定を行う。なお、超音波探触子300に取り付けられた音響カブラ305の種類の判別は、ユーザにより操作入力部200に入力された入力情報を基に行われる。あるいは音響カブラに設けられた無線タグの情報を、超音波探触子に設け

50

られたタグリーダーで読み取ることで、音響カブラ305の種類を自動判別してもよい。

【0107】

上記各実施形態では、Bモード画像などを得る超音波診断装置の超音波探触子に取り付けられる音響カブラについて説明したが、例えば、横波音速計測など、走査線の実間隔情報を必要とする各種計測・診断を行う超音波診断装置の超音波探触子に取り付けられる音響カブラにも本発明を適用することができる。

【0108】

上記各実施形態では、各走査線SLが非平行な超音波探触子としてコンベックス型の超音波探触子を例に挙げて説明したが、例えばセクタープローブなどの走査線が非平行となる各種超音波探触子に取り付けられる音響カブラに本発明を適用することができる。

10

【0109】

上記各実施形態では、音響カブラ305を超音波探触子300に取り付けているが、少なくとも被検体OBJと超音波探触子300との間に音響カブラ305が設けられていれば、音響カブラ305を超音波探触子300に取り付けなくともよい。

【0110】

上記各実施形態では、CPU100により局所音速の算出を行っているが、例えば、データ解析計測部605にて局所音速の算出を行ってもよい。また、超音波探触子300の素子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上述の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

【0111】

上記説明によれば、下記の事項の発明が得られる。また、各項の組み合わせも可能である。

【0112】

[付記]

(付記項1)

超音波を被検体に送信し、かつ前記被検体によって反射された超音波を受信して超音波検出信号を出力する複数の素子を含む超音波探触子であって、前記複数の素子毎にそれぞれ送信される超音波の各走査線が非平行となる超音波探触子と、前記超音波探触子から前記被検体に向かう超音波の送信方向に沿って音速の異なる2種以上の媒質を積層してなり、各前記媒質の界面で超音波を屈折させて前記各走査線を平行にする音響カブラと、を備える超音波診断装置。

30

【0113】

(付記項2)

前記音響カブラにより平行にされた前記各走査線の間隔を示す走査線間隔情報を記憶する走査線間隔情報記憶手段と、前記走査線間隔情報記憶手段に記憶された前記走査線間隔情報に基づき、前記各走査線のうちの複数の走査線上で、かつ前記被検体内の着目領域と前記超音波探触子との間に複数の格子点を設定する格子点設定手段と、前記着目領域及び前記複数の格子点に対する超音波の送受信を前記複数の素子に実行させる送受信制御部と、前記着目領域に対する超音波の送受信により得られた前記超音波検出信号に基づいて、前記着目領域で反射された超音波が前記複数の素子で受信される受信時刻を求める第1受信時刻取得手段と、前記複数の格子点に対する超音波の送受信により得られた前記超音波検出信号に基づいて、前記複数の格子点と前記超音波探触子の間の領域における最適音速値を判定する最適音速値判定手段と、前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と複数の格子点における最適音速値とに基づいて、前記着目領域で反射されて前記複数の格子点を通して前記複数の素子に到達する超音波の受信時刻を音線追跡法により求める処理を、複数の前記仮定音速について行う第2受信時刻取得手段と、前記第2受信時

40

50

刻取得手段が取得した前記仮定音速毎の前記受信時刻の中で、第1受信時刻取得手段が取得した前記受信時刻との差が最小となる受信時刻を判別し、判別した受信時刻に対応する前記仮定音速を前記着目領域における局所音速値として判定する局所音速値判定手段と、を備える付記項1記載の超音波診断装置。

【0114】

(付記項3)

前記音響カブラにより平行にされた前記各走査線の間隔を示す走査線間隔情報を記憶する走査線間隔情報記憶手段と、前記走査線間隔情報記憶手段に記憶された前記走査線間隔情報に基づき、前記各走査線のうちの複数の走査線上で、かつ前記被検体内の着目領域と前記超音波探触子との間に複数の格子点を設定する格子点設定手段と、前記着目領域及び前記複数の格子点に対する超音波の送受信を前記複数の素子に実行させる送受信制御部と、前記複数の格子点に対する超音波の送受信により得られた前記超音波検出信号に基づいて、前記複数の格子点と前記着目領域とにおける最適音速値を判定する最適音速値判定手段と、前記着目領域における最適音速値に基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記着目領域から受信される受信波を演算する第1の演算手段と、前記着目領域における仮定音速を仮定して、前記仮定音速と前記複数の格子点における最適音速値とに基づいて、前記超音波を前記着目領域に送信したときに前記着目領域で反射されて前記複数の格子点を通して受信される受信波を求め、これら受信波を合成して合成受信波を得る処理を、複数の前記仮定音速について行う第2の演算手段と、前記第2の演算手段が得た前記仮定音速毎の前記合成受信波の中で、前記第1の演算手段が演算した前記受信波との差が最小となる合成受信波を判別し、判別した合成受信波に対応する前記仮定音速を前記着目領域における局所音速値として判定する局所音速値判定手段と、を備える付記項1記載の超音波診断装置。

10

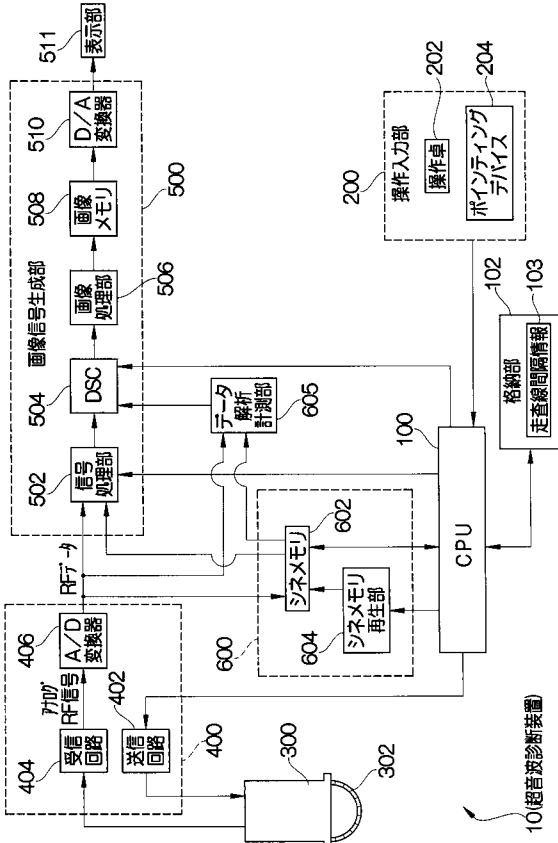
20

【符号の説明】

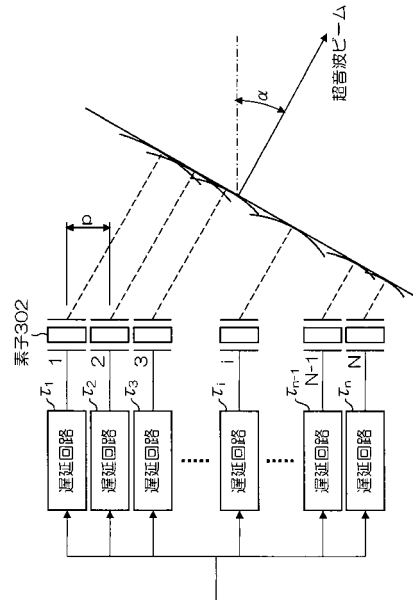
【0115】

10...超音波診断装置, 100, 150...CPU, 106...走査線間隔情報, 300...超音波探触子, 302...素子, 305...音響カブラ, 306...第1媒質層, 307...第2媒質層, 308...界面

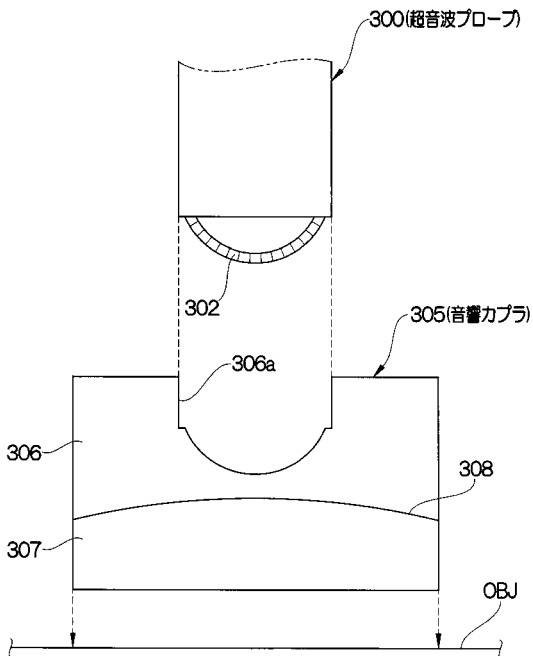
【図1】



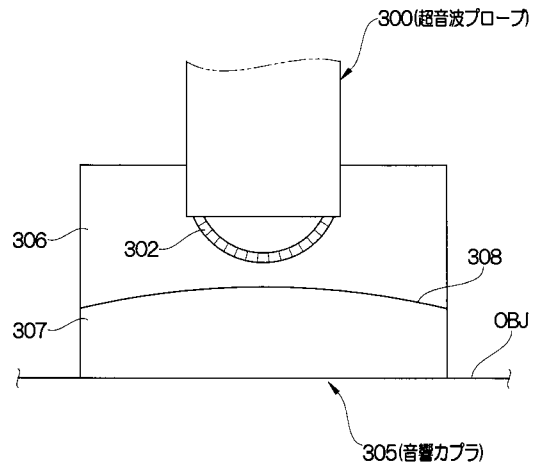
【図2】



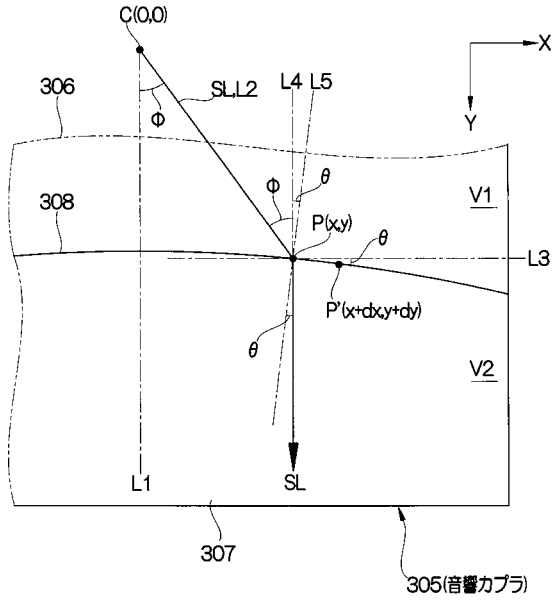
【図3】



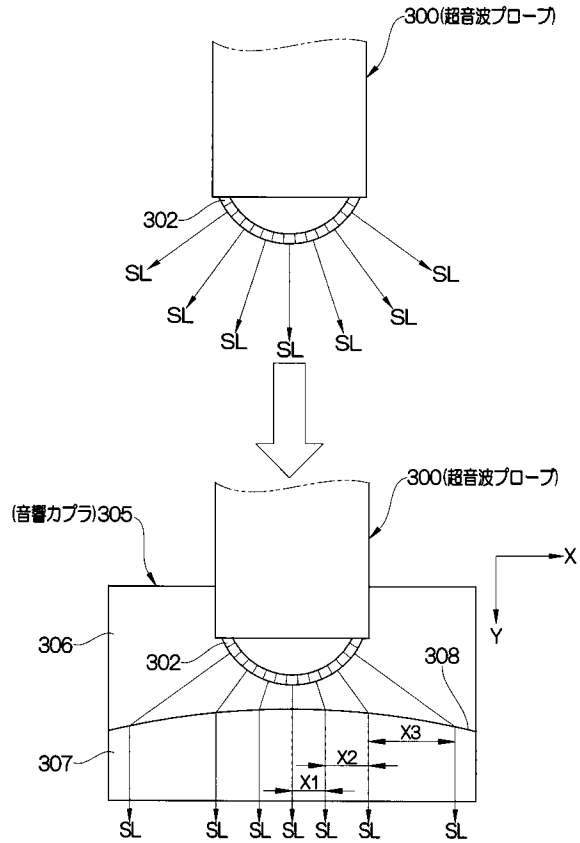
【図4】



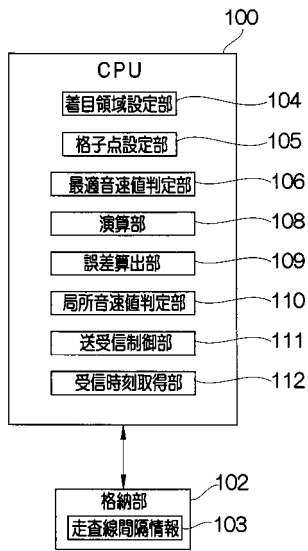
【 図 5 】



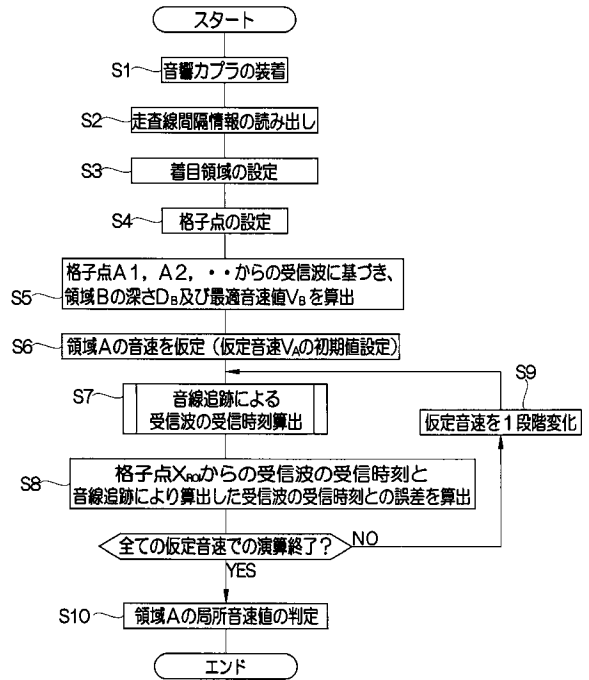
【 図 6 】



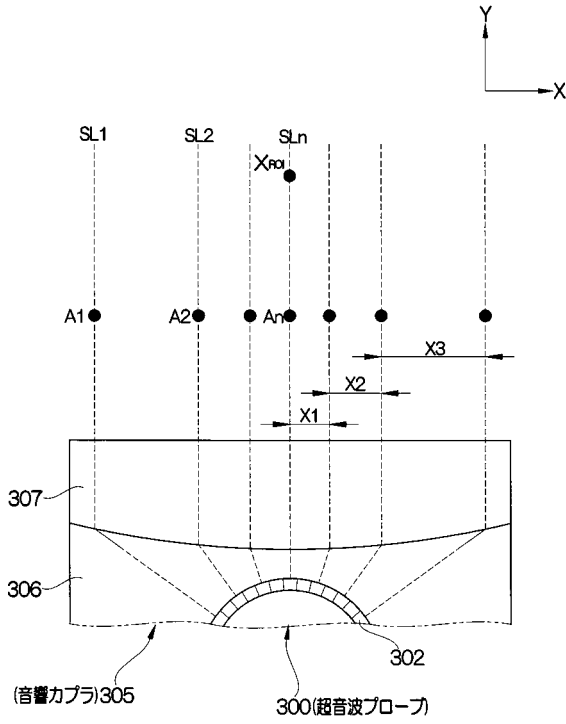
【 図 7 】



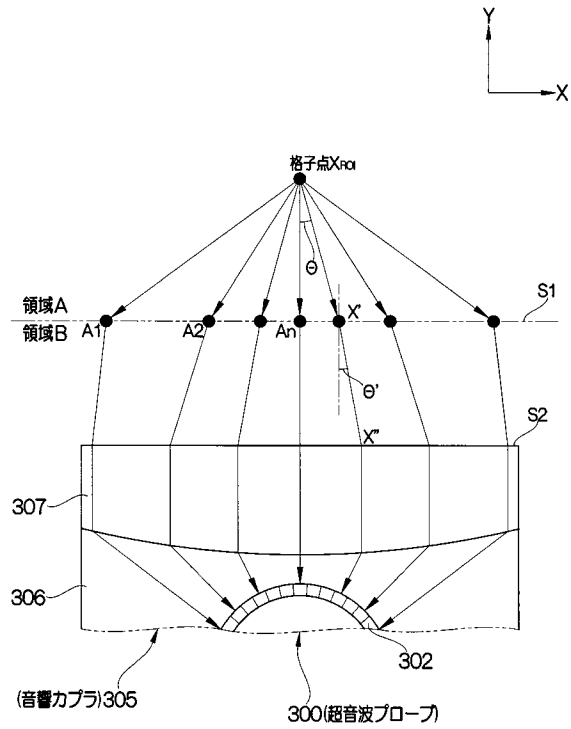
【 図 8 】



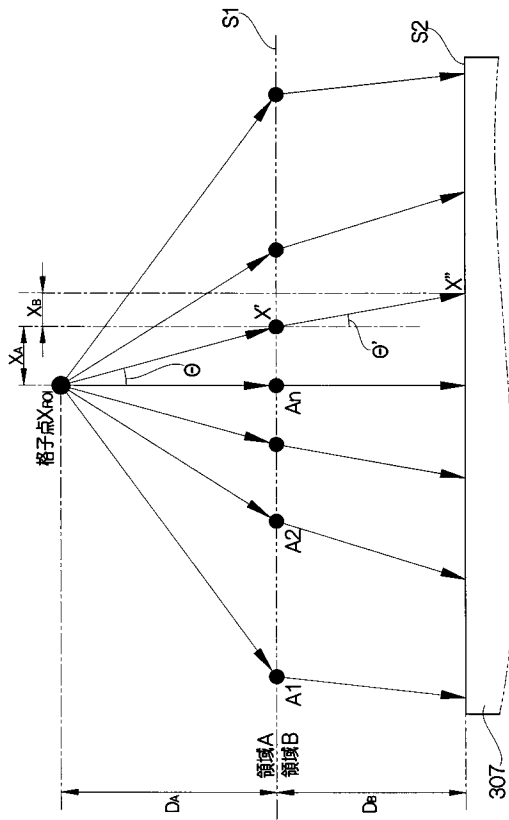
【 図 9 】



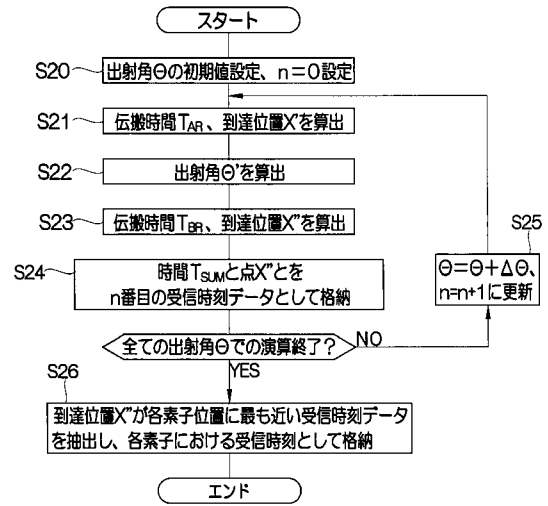
【 図 10 】



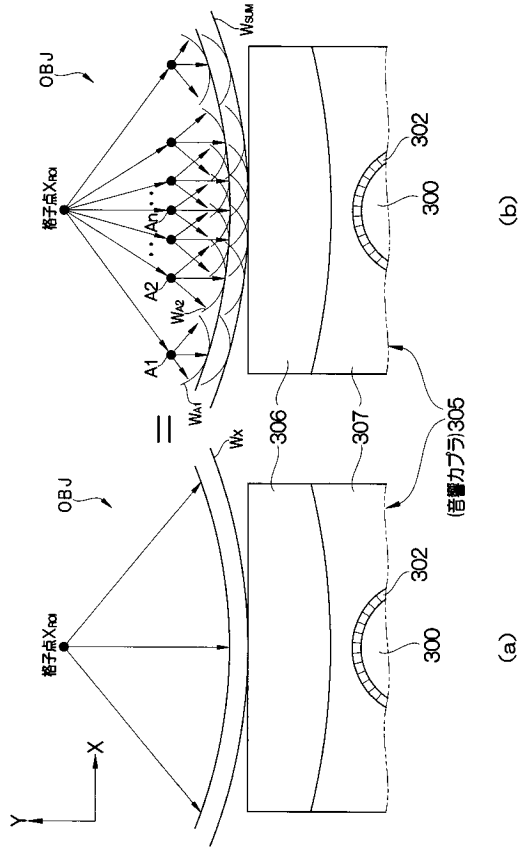
【 図 11 】



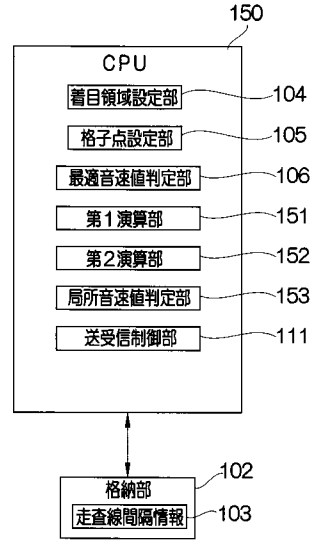
【 図 12 】



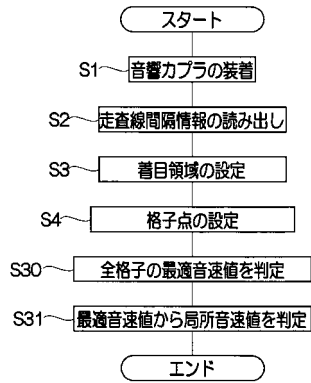
【 図 1 3 】



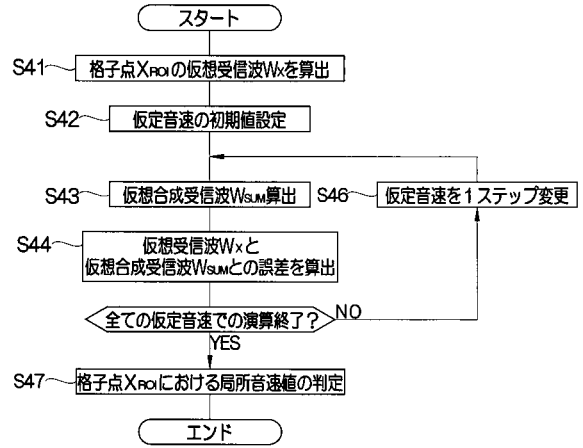
【 図 1 4 】



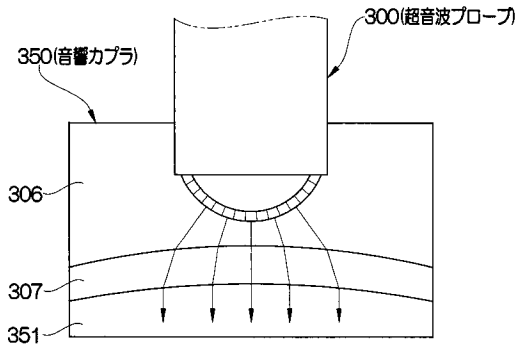
【 図 1 5 】



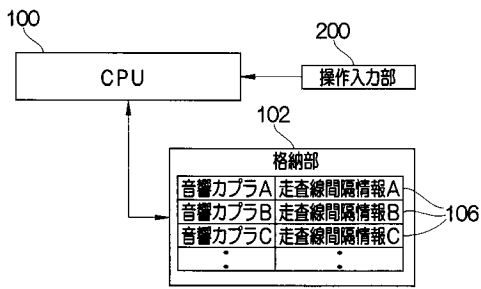
【 図 1 6 】



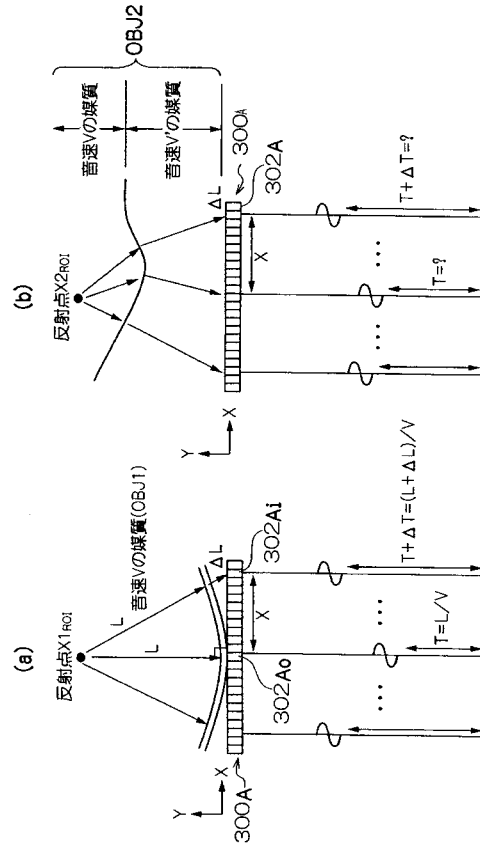
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



专利名称(译)	声耦合器和超声诊断设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP2013244199A</a>	公开(公告)日	2013-12-09
申请号	JP2012119962	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	勝山公人		
发明人	勝山 公人		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB22 4C601/DD20 4C601/EE05 4C601/EE09 4C601/GB09 4C601/GC01 4C601/KK02 4C601/KK12 4C601/KK24		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

摘要：要解决的问题：即使在使用凸型超声波探头时也能确定正确的局部声速。解决方案：声耦合器305附接到凸型超声探头300的尖端部分。声耦合器305通过沿着超声波传输顺序堆叠具有不同声速的两种第一和第二介质层306和307来配置。方向。第一介质层306的声速V1和第二介质层307的声速V2满足不等式： $V1 > V2$ 。调节第一和第二介质层306和307之间的界面308的形状，使得非平行超声扫描线可以变得彼此平行。因此，由于即使在使用凸型超声波探头时各个扫描线也可以彼此平行设置，因此基本上可以如使用线性型超声波探头的情况那样确定局部声速。