

(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2010-82198

(P2010-82198A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(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 14 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-254806 (P2008-254806)
(22) 出願日 平成20年9月30日 (2008.9.30)(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 DD08 DD20 DE20 EE04 EE30
JC40

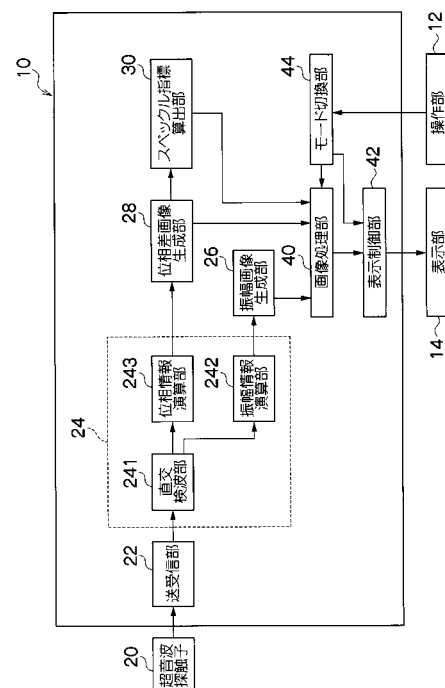
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報を的確且つ容易に得ること。

【解決手段】 被検体に向けて超音波を送信するとともに、前記被検体内からの超音波エコーを受信して、該超音波エコーを示す受信信号を生成する超音波探触子20と、前記受信信号から前記超音波の周波数にそれぞれ対応する複数の位相差を取得する信号処理部24および位相差画像生成部28と、複数の前記周波数の比と複数の前記位相差の比との大小に対応するスペックル指標を算出するスペックル指標算出部30を備えた。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体に向けて超音波を送信するとともに、前記被検体内からの超音波エコーを受信して、該超音波エコーを示す受信信号を生成する超音波送受信手段と、

前記受信信号から前記超音波の周波数にそれぞれ対応する複数の位相差を取得する位相差取得手段と、

複数の前記周波数の比と複数の前記位相差の比との大小に対応するスペックル指標を算出するスペックル指標算出手段と、

を備えたことを特徴とする超音波信号処理装置。

【請求項 2】

前記スペックル指標算出手段は、前記位相差に前記周波数間の比を掛算することで前記位相差を補正し、補正後の前記位相差で比較を行うことで前記スペックル指標を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 3】

前記スペックル指標算出手段は、補正後の前記位相差の差分の絶対値を、各空間位置を含む一定サイズの空間にて積分することで、前記各空間位置ごとの前記スペックル指標を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

異なる周波数を有する超音波を前記超音波送受信手段からそれぞれ送信することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 5】

複数の周波数帯域を有する超音波を前記超音波送受信手段から送信し、前記受信信号を帯域分割することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

基本波を前記超音波送受信手段から送信し、前記受信信号から基本波成分と高調波成分を抽出することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記スペックル指標算出手段は、前記超音波送受信手段の素子の配列方向における位相の分解能が前記素子の間隔以上であるデータを利用することを特徴とする請求項 1 ないし 6 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 8】

前記超音波送受信手段は、1 回の超音波送信で前記超音波送信手段の素子の配列方向にて 2 音線以上の前記受信データを生成可能であり、

前記スペックル指標算出手段は、前記超音波送受信手段にて生成される 2 音線以上の前記受信データを利用することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 9】

前記スペックル指標を用いて、非スペックル信号とスペックルノイズとの分離、スペックルノイズの除去、スペックル追跡、組織性状解析、または、非スペックル部分強調を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 10】

前記スペックル指標が反映された画像を表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

前記スペックル指標が反映された画像と、前記受信信号の空間的振幅を示す振幅画像とを合成して、表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 12】

前記スペックル指標によって前記受信信号の空間的振幅を示す振幅画像を変調して、表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 3】

前記スペックル指標が反映された画像を表示するモードと、前記スペックル指標が反映された画像を表示しないモードとを切り換えるモード切換手段を備えたことを特徴とする請求項 1 0 ないし 1 2 のうちいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 4】

被検体に向けて超音波を送信するとともに、前記被検体内からの超音波エコーを受信して、該超音波エコーを示す受信信号を生成し、前記受信信号から前記超音波の周波数にそれぞれ対応する複数の位相差を取得し、複数の前記周波数の比と複数の前記位相差の比との大小に対応するスペックル指標を算出することを特徴とする超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報を的確且つ容易に得ることができる超音波信号処理装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

被検体に向けて超音波を送信するとともに、被検体からの超音波エコーを受信し、受信信号に基づいて生成した超音波画像を表示する超音波信号処理装置が知られている。

【0003】

例えば、超音波を送信してから超音波エコーを受信するまでの時間（伝搬時間）が被検体内の反射位置の深さにより異なるので、伝搬時間を被検体内の反射位置の深さに対応付けるとともに、受信信号の振幅を輝度に対応付けることで、Bモードの振幅画像が生成される。

【0004】

ところで、被検体内での反射波のランダムな干渉に因って、スペックルノイズ（単に「スペックル」という場合もある）が発生する。

【0005】

従来、スペックル低減技術には、平滑化フィルタを複数設ける、像構造により適応的に変化させる、多重解像度分解を行う、モフォロジー処理を行うなど、像構造に着目して単一フレーム画像にフィルタ適用を行う技術がある。

【0006】

特許文献 1 には、コンパウンド走査型において、被検体に対する位置関係を整合させた複数の受信信号同士を合成する事でノイズを低減する構成が、開示されている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 7 0 7 8 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報を的確且つ容易に得ることが困難であるという課題がある。

【0008】

例えば、組織境界や孤立点とスペックルノイズとで像構造が酷似している場合には、スペックルノイズと非スペックル信号との分離が困難である。

【0009】

フレーム間でスペックルノイズの変化が非スペックル信号の変化と比べて大きい事を利用して、複数フレームでの重み付け平均によりスペックル低減を行う技術でも、非スペックル信号はスペックルノイズと似たようなフレーム変化となるので、分離が困難である。

【0010】

10

20

30

40

50

特許文献 1 に記載のスペックル低減技術は、要するに、複数方向ビームから得られた画像では、干渉状況が変化するためにスペックル像は変化するが、非スペックル信号は変化しない事に着目している。しかし、その差が明確でなく分離困難な場合がある。

【0011】

もしも、スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報を的確且つ容易に得ることができれば、スペックルノイズと非スペックル信号との分離だけでなく、スペックルノイズの除去、スペックル追跡、組織性状解析、非スペックル部分強調等の各種の処理を、的確且つ容易に行うことも可能となる。

【0012】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報を的確且つ容易に得ることができる超音波信号処理装置および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、本発明は、被検体に向けて超音波を送信するとともに、前記被検体内からの超音波エコーを受信して、該超音波エコーを示す受信信号を生成する超音波送受信手段と、前記受信信号から前記超音波の周波数にそれぞれ対応する複数の位相差を取得する位相差取得手段と、複数の前記周波数の比と複数の前記位相差の比との大小に対応するスペックル指標を算出するスペックル指標算出手段と、を備えたことを特徴とする超音波信号処理装置を提供する。

【0014】

これによれば、非スペックル信号の位相変化が超音波周波数に比例する事を利用したことにより、スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報（スペックル指標）を的確且つ容易に得ることができる。

【0015】

本発明の一態様として、前記スペックル指標算出手段は、前記位相差に前記周波数間の比を掛算することで前記位相差を補正し、補正後の前記位相差で比較を行うことで前記スペックル指標を算出する。これによれば、位相差に前記周波数間の比を掛算した結果である補正後の位相差で比較を行って、スペックル指標を算出するので、例えば、高解像度の超音波画像を生成する場合に、高解像度の各画素ごとのスペックル指標を容易に算出することが可能である。

【0016】

また、前記スペックル指標算出手段は、補正後の前記位相差の差分の絶対値を、各空間位置を含む一定サイズの空間にて積分することで、前記各空間位置ごとの前記スペックル指標を算出することが、好ましい。例えば、位相差を示す位相差画像にて、補正後の位相差の差分の絶対値を、各画素を中心とした一定体積（または一定面積または一定長さ）にて積分することで、各画素ごとのスペックル指標を算出する。

【0017】

これによれば、例えば、高解像度の超音波画像を生成する場合に、各画素ごとのスペックルらしさ又は非スペックルらしさを的確に示すスペックル指標を算出できる。

【0018】

複数の超音波周波数にそれぞれ対応する複数種類の位相差を取得する態様には、各種ある。

【0019】

例えば、異なる周波数を有する超音波を前記超音波送受信手段からそれぞれ送信する。

【0020】

また、例えば、複数の周波数帯域を有する超音波を前記超音波送受信手段から送信し、前記受信信号を帯域分割する。

【0021】

また、例えば、基本波を前記超音波送受信手段から送信し、前記受信信号から基本波成

10

20

30

40

50

分および高調波成分を帯域の違いにより抽出する。

【0022】

また、前記スペックル指標算出手段は、前記超音波送受信手段の素子の配列方向における位相の分解能が前記素子の間隔以上であるデータを利用することが、好ましい。

【0023】

また、前記超音波送受信手段は、1回の超音波送信で前記超音波送信手段の素子の配列方向にて2音線以上の前記受信データを生成可能であり、前記スペックル指標算出手段は、前記超音波送受信手段にて生成される2音線以上の前記受信データを利用することが、好ましい。

【0024】

スペックル指標の利用態様には、各種ある。

【0025】

例えば、前記スペックル情報を用いて、非スペックル信号とスペックルノイズとの分離、スペックルノイズの除去、スペックル追跡、組織性状解析、または、非スペックル部分強調を行う。

【0026】

また、例えば、前記スペックル指標が反映された画像を表示手段に表示させる。

【0027】

前記スペックル指標が反映された画像と、前記受信信号の空間的振幅を示す振幅画像とを合成して、表示手段に表示させてもよい。

【0028】

前記スペックル指標によって前記受信信号の空間的振幅を示す振幅画像を変調して、表示手段に表示させてもよい。

【0029】

前記スペックル指標が反映された画像を表示するモードと、前記スペックル指標が反映された画像を表示しないモードとを切り換えるモード切換手段を備えてもよい。また、本発明は、被検体に向けて超音波を送信するとともに、前記被検体内からの超音波エコーを受信して、該超音波エコーを示す受信信号を生成し、前記受信信号から前記超音波の周波数にそれぞれ対応する複数の位相差を取得し、複数の前記周波数の比と複数の前記位相差の比との大小に対応するスペックル指標を算出することを特徴とする超音波信号処理方法を提供する。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示す情報を的確且つ容易に得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、添付図面に従って、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

【0032】

<本発明の原理>

まず、本発明の原理を説明する。

【0033】

図1にて、超音波探触子20は、被検体90に向けて超音波を送信するとともに、被検体90内からの反射波（以下「超音波エコー」という）を受信して、超音波エコーを示す受信信号を生成する複数の超音波送受信素子が配列されている。

【0034】

以下では、超音波送受信素子が配列されている方向x（素子配列方向）を、「方位方向」（または「スキャン方向」）ということもある。また、被検体90の深さ方向yを、「距離方向」ということもある。また、深さ方向および素子配列方向の両方向に対して直交する方向z、すなわち、断層面に直交する方向zを、「スライス方向」（または「フレー

10

20

30

40

50

ム方向」)ということもある。

【0035】

なお、説明の便宜上、1次元配列された超音波送受信素子を有する超音波探触子20を例に説明するが、本発明は、超音波送受信素子が2次元配列されている場合にも適用できる。また、本発明は、超音波送受信素子が平面状に配置されている場合に限らず、任意の曲面状に配置されている場合に適用できる。

【0036】

次に、スペックルノイズの発生と超音波周波数と超音波エコーの位相差との関係について、説明する。

【0037】

図2(a)は、第1の超音波周波数 f_0 における被検体内の非スペックル波201およびスペックル波202と、第2の超音波周波数(本例では $2 \times f_0$)における被検体内の非スペックル波211およびスペックル波212を、模式的に示す。ここで、非スペックル波201、211は、被検体内の反射点にて反射された超音波(正規の反射波)である。スペックル波202、212は、無数の散乱による干渉で発生した干渉波である。超音波探触子20にて超音波エコーとして受信する受信波には、実際には、非スペックル波およびスペックル波が混在している。

【0038】

図2(b)は、非スペックル信号での超音波周波数(f_0 、 $2 \times f_0$)と位相差(空間的位相差および時間的位相差)との対応関係を示す。また、図2(c)は、スペックルノイズでの超音波周波数(f_0 、 $2 \times f_0$)と位相差との対応関係を示す。ここで、非スペックル信号およびスペックルノイズは、受信信号中のそれぞれ非スペックル波およびスペックル波に対応する成分である。

【0039】

非スペックル信号では、図2(b)に示すように、超音波周波数が2倍になると、位相差も2倍になる。このように、超音波周波数と位相差との間に比例関係が成立する。このような比例関係は、空間領域の各方向(距離方向、方位方向、スライス方向)にて、一定に保たれる。非スペックル信号では、図2(b)に示すように、超音波周波数が一定であれば、空間的位相差は空間領域の各方向で一定に保たれる。

【0040】

一方、スペックルノイズは、無数の散乱による干渉の結果であるため、超音波周波数に応じて干渉状況が変化する。図2(c)に示すように、空間領域の各方向(距離方向、方位方向、スライス方向)にて、空間的位相差は変化する。

【0041】

次に、互いに異なる2つの超音波周波数 f_0 、 f_1 を用いてスペックルらしさ又は非スペックルらしさを示すスペックル指標を求める方法について説明する。

【0042】

非スペックル信号では、位相差が超音波周波数に比例するので、論理的には、第1の超音波周波数 f_0 と第2の超音波周波数 f_1 との比(f_1 / f_0)、および、第1の超音波周波数 f_0 に対応する位相差 $\Delta \phi_0$ と第2の超音波周波数 f_1 に対応する位相差 $\Delta \phi_1$ との比($\Delta \phi_1 / \Delta \phi_0$)は、数1を満たす。

【0043】

[数1]

$$f_1 / f_0 - \Delta \phi_1 / \Delta \phi_0 = 0$$

しかし、実際には、非スペックル信号およびスペックルノイズは混在するため、数1の等式が成立するか否かではなく、スペックルノイズらしさ(または非スペックル信号らしさ)を示すスペックル指数を導出する。

【0044】

例えば、数2に示すようにスペックル指数 S_i を求める。

【0045】

〔数 2〕

$$S_i = |\Delta\phi_0 \times (f_1 / f_0) - \Delta\phi_1|$$

ここで、スペckル指数 S_i は、値が大きいほどスペckルノイズらしく、0 に近いほど非スペckル信号らしいことを示す。

【0046】

数 2 の右辺に (f_r / f_1) を掛けると、数 3 が得られる。

【0047】

〔数 3〕

$$S_i = |\Delta\phi_0 \times (f_r / f_0) - \Delta\phi_1 \times (f_r / f_1)|$$

ここで、 f_r は位相差を正規化するための特定の周波数である。

10

【0048】

すなわち、位相差に周波数間の比を掛け算することで、位相差を特定の周波数 f_r 相当に正規化する補正を行い、補正後の位相差 (f_r 相当に正規化された位相差) 同士を比較することで、スペckル指数 S_i を容易に算出できる。

【0049】

このようなスペckル指数 S_i を、スペckルノイズおよび非スペckル信号の分離、スペckルノイズの除去、スペckル追跡 (トラッキング)、組織性状解析、非スペckル部分強調などに用いることで、被検体の適切な診断が可能となる。

【0050】

例えば、超音波の各反射点に対応する各空間位置ごとに、スペckル指数 S_i を求める。例えば、受信信号から生成される超音波画像の各画素位置ごとに、スペckル指数 S_i を求める。

20

【0051】

ここで、一定サイズのカーネルにて積分することが、好ましい。この場合、スペckル指数 S_i は、数 4 にて表される。

【0052】

〔数 4〕

$$S_i = \Sigma |\Delta\phi_0 \times (f_r / f_0) - \Delta\phi_1 \times (f_r / f_1)|$$

ここで、記号「 Σ 」は、一定体積または一定面積または一定長さにて、積分 (総和) することを示す。

30

【0053】

例えば、図 3 に示すように、被検体 90 に対応する三次元の位相差画像 300 (2 次元の位相差画像 302 をスライス方向 z にて並べたものである) を生成し、一定体積 304 ごとに、補正後の空間的位相差の差分の絶対値を、積分する。このように三次元で積分することによりの確なスペckル指数を求めることができるが、簡易的に積分するには、2 次元の位相差画像 302 にて、一定面積ごとに 2 次元の積分を行ってよいし、一定長さごとに 1 次元の積分を行ってもよい。

【0054】

なお、 S_i は、数 4 にて $f_r = f_1$ とすれば数 5 にて表され、 $f_r = 1$ とすれば数 6 にて表される。

40

【0055】

〔数 5〕

$$S_i = \Sigma |\Delta\phi_0 \times (f_1 / f_0) - \Delta\phi_1|$$

〔数 6〕

$$S_i = \Sigma |\Delta\phi_0 / f_0 - \Delta\phi_1 / f_1|$$

数 4 ~ 数 6 のいずれの場合も、位相差に超音波周波数の比を掛け算することで位相差を補正したといえる。なお、数 4 ~ 数 6 に示したスペckル指数 S_i の代わりに、周波数間の比とそれぞれ対応する位相差間の比との差の絶対値 ($|f_1 / f_0 - \Delta\phi_1 / \Delta\phi_0|$) を積分しても良い。前者は空間的位相差に相当する距離差の周波数毎の差を積分した指数、後者は空間的位相差に相当する距離差の周波数毎の比を 1 から引いた値を積分した指

50

数と見なせ、両者とも周波数毎の距離差が小さい程、0に近い値となる。

【0056】

図4は、スペックル指数 S_i を求める処理の概要を示すフローチャートである。

【0057】

ステップS1にて、受信信号から複数の超音波周波数にそれぞれ対応する複数種類の位相差を取得する。距離方向には時間的位相差が検出されるが、それをそのまま空間的位相差と見なしても良いし、假定音速を用いて空間的位相差に変換しても良い。

【0058】

例えば、まず、第1の周波数 f_0 の超音波を送信して、超音波エコーの受信信号から、位相差 $\Delta\phi_0$ を取得する。次に、第2の周波数 f_1 の超音波を送信して、超音波エコーの受信信号から、位相差 $\Delta\phi_1$ を取得する。

10

【0059】

ステップS2にて、スペックル指数を例えば、数5により算出する。これにより、複数の周波数の比と複数の位相差の比との大小に対応するスペックル指標が算出される。

【0060】

なお、スペックルらしさ又は非スペックルらしさを示すスペックル指標として、数値（スペックル指数）を求めた場合を例について説明したが、本発明にてスペックル指標は数値には特に限定されず、どのような形式の情報（例えば、画像、文字列）であってもよい。

【0061】

20

<超音波画像処理装置>

図5は、本発明に係る超音波信号処理装置を含む超音波画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

【0062】

図5において、超音波画像処理装置10は、主に、操作部12、表示部14、超音波探触子20、送受信部22、時間領域信号処理部24、振幅画像生成部26（空間的振幅取得手段）、位相差画像生成部28（空間的位相差取得手段）、スペックル指標算出部30、画像処理部40、表示制御部42、および、モード切換部44を含んで構成されている。

【0063】

30

操作部12は、ユーザの指示が入力される指示入力デバイスである。例えば、キーボード、マウスなどによって構成されている。

【0064】

表示部14は、画像を表示可能な表示デバイスである。例えば、LCD（液晶ディスプレイ）などによって構成されている。

【0065】

超音波探触子20は、被検体に向けて超音波を送信するとともに、被検体内で反射されてくる超音波エコーを受信するものである。超音波探触子20は、例えば1次元の超音波トランスデューサアレイ（リニアアレイプローブ）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。

40

【0066】

なお、複数の超音波トランスデューサが1次元に配列されたリニアアレイプローブの他、被検者内を扇状に走査するセクタプローブ、複数の超音波トランスデューサが凸面上に配列されたコンベックスアレイプローブや、あるいは複数の超音波トランスデューサが2次元に配列された2次元アレイプローブを用いてもよい。あるいは超音波内視鏡においてラジアル走査を行うメカニカルラジアルプローブでもよい。

【0067】

送受信部22は、超音波送信信号を超音波探触子20に与え、超音波探触子20に超音波を発生させる。

50

【0068】

超音波探触子20は、送受信部22の駆動により超音波ビームを被検者内に送信し、リニア走査や、セクタ走査や、コンベックス走査や、ラジアル走査等の走査方式で被検者を走査する。超音波探触子20が発生した超音波は被検者体内に存在する反射体によって反射され、超音波エコーは超音波探触子20で受信される。超音波エコーが超音波探触子20によって受信されると、超音波エコーを示す受信信号を超音波探触子20が出力するので、送受信部22は、その受信信号を増幅及びA（アナログ）／D（デジタル）変換した後、受信フォーカスを施し時間領域信号処理部24に入力する。受信フォーカスにより、1回の超音波送信で素子配列方向にて2音線以上の受信データ（音線データ）が生成される。例えば、特開2008-167985号公報に記載のように受信フォーカスを行えばよい。

10

【0069】

時間領域信号処理部24は、超音波エコーの受信信号から、時間領域の振幅情報および時間領域の位相情報を取得する処理を行う。

【0070】

本例の信号処理部24は、直交検波部241、振幅情報演算部242および位相情報演算部243を含んで構成されている。

【0071】

直交検波部241は、超音波エコーを示す超音波エコーの受信信号に対して直交検波を行う。

20

【0072】

受信信号 $e(t)$ は、次式で表される。

【0073】

[数7]

$$e(t) = u(t) \times \cos(\omega t + \phi(t))$$

ここで、 $u(t)$ は振幅を示し、 $\phi(t)$ は位相を示す。

【0074】

受信信号 $e(t)$ は、直交検波によって、次式に示すように、実数成分 I （cos成分）と虚数成分 Q （sin成分）とに分離される。

【0075】

[数8]

$$I = u(t) \cos(\phi(t))$$

$$Q = u(t) \sin(\phi(t))$$

実数成分は I 成分、虚数成分は Q 成分とも呼ばれる。

【0076】

振幅情報演算部242は、直交検波部241にて得られる I 成分及び Q 成分に基づいて、振幅 $u(t)$ を、次式により算出する。

【0077】

[数9]

$$u(t) = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

40

位相情報演算部243は、直交検波部241にて得られる I 成分及び Q 成分に基づいて、位相 $\phi(t)$ を、次式により算出する。

【0078】

[数10]

$$\phi(t) = \tan^{-1} I / Q$$

直交検波部241および振幅情報演算部242によって、時間領域における振幅情報としての $u(t)$ を取得する時間的振幅取得手段が構成されている。また、直交検波部241および位相情報演算部243によって、時間領域における位相情報としての $\phi(t)$ を取得する時間的位相取得手段が構成されている。

【0079】

50

振幅画像生成部 26 は、各音線データの時間領域における振幅情報 $u(t)$ を方位方向の位置 x に対応させるとともに、假定音速を用いて断層面 (x, y) の空間領域における振幅情報 $u(x, y)$ に変換することにより、被検体内の各反射位置からの超音波エコーの振幅を示す振幅画像（例えば B モード振幅画像）を生成する。空間領域における振幅情報は、超音波のパルスを送信してから超音波エコーのパルスを受信するまでの時間（伝搬時間）が反射位置の深さにより異なるので、假定音速を用いて、伝搬時間を被検体内の反射位置の深さに対応付けるとともに、振幅の値を画素値（輝度または色を示す）に対応付けることで、算出される。

【0080】

位相差画像生成部 28 は、各音線データの時間領域における位相情報 $\phi(t)$ を方位方向の位置 x に対応させるとともに、假定音速を用いて断層面 (x, y) の空間領域における位相情報 $\phi(x, y)$ に変換し、更に方位方向の位相差 $\Delta\phi_x(x, y)$ および距離方向の位相差 $\Delta\phi_y(x, y)$ に変換することにより、被検体内の各反射位置からの超音波エコーの位相差を示す位相差画像を生成する。具体的には、超音波のパルスを送信してから超音波エコーのパルスを受信するまでの時間（伝搬時間）が反射位置の深さにより異なるので、假定音速を用いて、伝搬時間を被検体内の反射位置の深さに対応付けるとともに、位相差の値を画素値（輝度または色を示す）に対応付けることで、位相差画像が生成される。スライス方向において、複数の位相画像を生成し、スライス方向における空間的位相差 $\Delta\phi_z(x, y)$ を生成してもよい。

【0081】

なお、スペックルノイズが方位方向または距離方向のどちらかに平行に存在する場合、その方向では位相変化が小さいが、それと直交する方向では位相変化が大きくなるため、方位方向の空間的位相差 $\Delta\phi_x(x, y)$ 、および、距離方向の空間的位相差 $\Delta\phi_y(x, y)$ 、および、スライス方向の空間的位相差 $\Delta\phi_z(x, y)$ を求めることが、好ましい。 $\Delta\phi_x(x, y)$ と $\Delta\phi_y(x, y)$ の二乗和の平方根である二次元的な空間的位相差 $\Delta\phi_{xy}(x, y)$ や三次元的な空間的位相差 $\Delta\phi_{xyz}(x, y)$ を求めてもよい。

【0082】

なお、スライス方向の空間的位相差は、超音波探触子 20 が二次元プローブであれば、容易に算出できる。また、一次元プローブでも、スライス方向の位置関係がわかる場合（例えば、磁気センサ付き、自動スキャン機能付きなどのプローブ）では、スライス方向の空間的位相差を容易に算出できる。

【0083】

振幅画像生成部 26 によって、空間領域における振幅情報を取得する空間的振幅取得手段が構成されている。また、位相差画像生成部 28 によって、空間領域における位相差情報を取得する空間的位相差取得手段が構成されている。

【0084】

スペックル指標算出部 30 は、スペックル指標を算出する。具体的には、空間的位相差に超音波周波数間の比を掛算することで空間的位相差を正規化する補正を行い、各画素を中心とした一定体積または一定面積または一定長さにて、補正後の空間的位相差の差分の絶対値を積分することで、各画素位置ごとのスペックル指標を算出する。

【0085】

なお、スペックル指標を体積積分によって算出する場合は、 $\Delta\phi_x$ 、 $\Delta\phi_y$ 、 $\Delta\phi_z$ 等の位相差を 3 次元位置 x, y, z に対応して保持しておく。

【0086】

画像処理部 40 は、スペックル指標算出部 30 にて算出されたスペックル指標を用いて、各種の画像処理を行う。

【0087】

画像処理部 40 の画像処理には、非スペックル信号とスペックルノイズとの分離、スペックルノイズの除去、スペックル追跡、組織性状解析、非スペックル部分強調などの処理が含まれる。

10

20

30

40

50

【0088】

また、画像処理部40の画像処理には、スペックル指標が反映された画像（例えば、分離後の非スペックル信号を示す画像、分離後のスペックルノイズを示す画像、スペックル追跡結果を示す画像、組織性状解析結果を示す画像、非スペックル部分を強調した画像）と、振幅画像とを合成する処理が含まれる。例えば、スペックル指標が反映された画像によって振幅画像の輝度または色にて変調することで、合成を行う。

【0089】

また、画像処理部40は、振幅画像と位相差画像とを合成する機能を有する。例えば、位相差画像によって振幅画像の輝度または色を変調することにより、合成を行う。直接的に、スペックル指標によって振幅画像の輝度または色を変調することにより、合成を行ってよい。

10

【0090】

表示制御部42は、後述のモード切換部44の指示に従って任意の画像を選択し、拡縮処理やレイアウト処理を行って、表示部14に入力する。表示する画像の組み合わせは各種ある。例えば、スペックル指標が反映された画像と振幅画像とを並べて、表示部14に表示させる。振幅画像のみ、スペックル指標が反映された画像のみ、または、合成画像のみを、表示させてもよい。

【0091】

モード切換部44は、操作部12に入力されたユーザの指示に従って、モードを切り換える機能を有する。

20

【0092】

モード切換部44は、例えば、スペックル指標が反映された画像を表示するモードと、スペックル指標が反映された画像を表示しないモードとを切り換える機能を有する。

【0093】

本例にて、超音波探触子20の素子の配列方向における位相の分解能は、超音波探触子20の素子の間隔以上である。すなわち、位相差画像生成部28にて生成される位相差画像の素子配列方向における解像度は、超音波探触子20の素子（例えば超音波トランスデューサ）の間隔以上が好ましい。これによって、方位方向の位相差の折返しが起こらないため、スペックル指標の誤計算を防ぐ事ができる。

【0094】

時間領域信号処理部24、振幅画像生成部26、位相差画像生成部28、スペックル指標算出部30、画像処理部40、表示制御部42、および、モード切換部44は、例えばCPU（Central Processing Unit）を含んで構成される。これらの一部が回路によって構成されていてもよい。

30

【0095】

なお、被検体内の各反射位置に対応する空間的な位相差を示す情報として、位相差画像生成部28にて位相差画像を生成した場合を例に説明したが、本発明は位相差画像を生成する場合には特に限定されず、視認可能な画像の代わりに視認不能な情報を生成してもよい。同様に、被検体内の各反射位置に対応する空間的な振幅を示す情報として、振幅画像生成部26にて振幅画像を生成した場合を例に説明したが、本発明は振幅画像を生成する場合には特に限定されず、視認可能な画像の代わりに視認不能な情報を生成してもよい。

40

【0096】

図6、スペックル指標算出処理の一例の流れを示すフローチャートである。この処理は、送受信部22、時間領域信号処理部24、振幅画像生成部26、位相差画像生成部28、スペックル指標算出部30、画像処理部40、表示制御部42、モード切換部44などを構成しているCPU（Central Processing Unit）によって、プログラムに従い、実行される。

【0097】

ステップS11にて、第1の周波数 f_0 のRFデータ（受信信号）から空間的位相差 $\Delta\phi_0$ を算出し、ステップS12にて、第2の周波数 f_1 のRFデータ（受信信号）から空

50

間的位相差 $\Delta \phi 1$ を算出する。

【0098】

異なる周波数 (f_0 、 f_1) の RF データを得る態様に各種ある。

【0099】

第1に、送受信部22により、第1の周波数 f_1 の超音波、および、第2の周波数 f_1 の超音波を、それぞれ、超音波探触子20から送信する態様がある。すなわち、異なる周波数を有する超音波を超音波探触子20からそれぞれ送信する。

【0100】

第2に、送受信部22により、複数の周波数帯域を有する超音波を、一回で、超音波探触子20から送信する態様がある。また、送受信部22は、帯域フィルタなどにより、受信信号を帯域分割する。

【0101】

第3に、送受信部22により、基本波を送信送受信部22は、受信信号から周波数帯域が異なる基本波成分と高調波成分とを別々に抽出する。

【0102】

ステップS13にて、スペckル指標算出部30により、第1の周波数 f_0 における空間的位相差 $\Delta \phi 0$ を、 f_1 / f_0 倍して、周波数 f_1 相当の空間的位相差 ($\Delta \phi 0 \times f_1 / f_0$) に補正する。すなわち、空間的位相差に超音波周波数間の比を掛算することで、空間的位相差を正規化する。

【0103】

ステップS14にて、スペckル指標算出部30により、周波数 f_1 相当に補正後の空間的位相差 ($\Delta \phi 0 \times f_1 / f_0$) と、周波数 f_1 の空間的位相差 $\Delta \phi 1$ との差分の絶対値 ($|\Delta \phi 0 \times (f_1 / f_0) - \Delta \phi 1|$) を算出する。本例では、位相差画像生成部28にて生成された位相差画像にて、各画素ごとに、差分の絶対値を算出する。

【0104】

ステップS15にて、スペckル指標算出部30により、所定サイズのカーネルで、差分の絶対値を積分する。例えば、図3に示したように、方位方向 x 、距離方向 y およびスライス方向 z にて、積分する。つまり、図3の一定体積304にて積分する。方位方向 x および距離方向 y にて、一定面積の積分を行ってもよい。距離方向 x または y のみにて、一定長さの積分を行う方法もある。

【0105】

ステップS16にて、画像処理部40により、スペckル指標としての積分値 ($\Sigma |\Delta \phi 0 \times (f_1 / f_0) - \Delta \phi 1|$) が閾値以上である場合には、スペckルノイズと判定する。例えば、画像にて、カーネル (一定サイズの空間) の中心に位置する画素 (図3の305) の位置がスペckルノイズ位置であると判定する。実空間では、図3にて被検体90の符号315を付した反射点がスペckルノイズ位置に対応する。

【0106】

なお、周波数が2種類である場合を例に説明したが、周波数は何種類でもよい。周波数の種類が $N (> 2)$ である場合、例えば、まず、周波数 f_0 における空間的位相差を、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 、 $\dots$ 、 $f (N-1)$ 相当に補正し、周波数 f_1 における空間的位相差を周波数 f_2 、 f_3 、 $\dots$ 、 $f (N-1)$ 相当に補正し、周波数 f_2 における空間的位相差を周波数 f_3 、 $\dots$ 、 $f (N-1)$ 相当に補正し、というように空間的位相差の補正を行う (ステップS13に相当)。次に、補正後の空間的位相差 (f_1 、 f_2 、 f_3 、 $\dots$ 、 $f (N-1)$) 相当に補正後の空間的位相差) と、各周波数 (f_1 、 f_2 、 f_3 、 $\dots$ 、 $f (N-1)$) における位相差との差分の絶対値の総和を算出する (ステップS14に相当)。

【0107】

また、スペckル指標の利用についての容易な理解のために、ステップS16にて、スペckルノイズであるか非スペckル信号であるかの2値的判定を行う場合について説明したが、このような2値的判定を行う場合に本発明は特に限定されない。スペckル指標

10

20

30

40

50

は、多值的な判定を行う場合にも利用できることは、言うまでもない。また、明示的にスペckルを判定せずに、各種の処理中にスペckル指標算出処理（例えば図6のステップS11～15相当）を組み込んでもよい。

【0108】

例えば、スペckル除去処理の場合、スペckルらしさを示すスペckル指標（例えば差分絶対値のカーネル積分値）が大きいほど、スペckル除去の係数や範囲を大きくして、除去を強めてもよい。

【0109】

また、差分絶対値の積分値の代りに、最大値（例えば、差分絶対値のカーネル内での最大値）、あるいは、分散（例えば、差分値のカーネル内での分散）を、スペckル指標として算出してもよい。

10

【0110】

図7に、画像処理部40における組織性状解析処理の流れを示す。

【0111】

まず、スペckル密度計算部372によって、スペckル指標に対し、一定サイズの領域でのスペckル密度を計算する。例えば図8のように注目画素Pを含む周辺領域Q内（計算範囲）のスペckルの画素数、または実空間状の面積（体積）を計算し、領域Q全体との比を密度として出力する。また、領域Qは、ユーザが領域を指定してもよいし、振幅情報のエッジなどから得られる組織に応じた領域としてもよく、注目画素Pを必ずしも設ける必要は無い。また、超音波エコーの分解能は深さに応じて変化するため、深さに応じた密度の重みを与えてもよい。

20

【0112】

求められたスペckル密度はそのまま組織性状データとして出力してもよいが、組織性状変換部374によって、密度と対応付けられた組織情報、例えば音速などに変換して出力するようにしてもよい。この場合、例えば図9に示すような、予め密度と組織情報との関係に対応付けた参照データをもとに変換を行うことが好ましい。

【0113】

図10に、組織性状データの表示の一例を示す。

【0114】

組織性状データは、図10に示すように、そのままBモード画像に重ねて表示してもよい。あるいは、組織性状解析の結果を信号処理の再構成や画質調整に利用するようにしてもよい。

30

【0115】

以下、組織性状解析結果の様々な利用の例について説明する。

【0116】

例えば、参考文献(G.W.McLaughlin,"Practical Aberration CorrectionMethods,"Ultrasonnd,vol.15,no.2,2007.pp.99-104)に述べられているような、単一の受信データから異なる音速によってIQデータを生成できる装置の場合には、図11に音速解析／補正フローを示すように、一回目で画面内の平均音速を解析し、その音速で生成したIQデータに対し画像処理部40において組織性状の解析を行うようにする。

40

【0117】

ここで、平均音速の解析方法としては画像の分解能を比較する手法を用いる。例えば、上記参考文献に述べられているような、各音速のパワースペクトルの比較をFFT（高速フーリエ変換）によって行う手法などを用いるのがよい。

【0118】

次に、組織性状解析結果を変換することによって得られる音速データを信号処理部へフィールドバックし、データ位置に対応した音速の値に応じて再度音速を変更したIQデータを生成する。この処理によってそれぞれの組織の音速に合った信号処理を行うため、生成されるBモード画像は全領域において従来方式より分解能が同等以上の画質となる。

【0119】

50

また、従来のように、ある平均音速がわからない場合には、観測された組織が信号処理の際に仮定した音速とどの程度差があるか不明であるため、I Qデータの深さ方向（距離方向）の画素あたりにおける実際の距離を求めることが出来ないため、求められるスペックル密度は、相対的に大きいか小さいかわからない。この場合には、設定音速ごとのスペックル密度が必要となる。一方上記参考文献のような画面内の平均音速がわかる場合には、実際の距離がある程度推定できるため、スペックル密度は実距離に換算できるため絶対値に近い指標となり、高精度の解析が可能となる。

【0120】

次に、組織性状データを画質調整に利用する例について説明する。

【0121】

振幅情報からBモード画像へ変換する際、組織によって適切な輝度範囲になるように画質設定の基準として組織情報を与える。例えば、乳腺においてダイナミックレンジを調整する場合、図12に輝度分布を示すように、組織データによって明らかになった乳腺と脂肪の輝度が、ある決まった範囲の出力値となるようにダイナミックレンジ（DR）を調整する。このとき、もちろんダイナミックレンジだけでなく、階調やゲイン、スペックル除去の強度などの値も組織に応じて調整するようにしてもよい。以上、スペックル指標を組織性状解析に利用した場合について説明したが、本発明はこのような場合に限られない。スペックル指標は、非スペックル信号とスペックルノイズとの分離、スペックルノイズの除去、スペックル追跡、非スペックル部分強調など、あらゆる処理に利用できる。また、各処理内でスペックル指標を算出するようにしてもよい。

【0122】

最近のソフトウェアベースの超音波装置は受信信号をデジタルデータとして持ち、例えば同じ送信（1回の送信）から得られた受信信号を利用して方位方向に2音線以上のRFデータ（受信フォーカスされた受信データ）を生成することが可能となってきている。また、アナログベースでも高性能な回路構成により同様のことが可能となってきている。本装置構成によって、高速に隣接する音線データ、または、フレームのRFデータを得る事ができるため、高精度に空間的位相差を算出する事ができる。

【0123】

なお、本発明は、本明細書において説明した例や図面に図示された例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の設計変更や改良を行ってよいのはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【0124】

【図1】超音波探触子と被検体との位置関係の説明に用いる説明図

【図2】（a）は超音波エコーを構成する正規の反射波および干渉波の模式図、（b）は非スペックル信号における周波数と空間的位相差との対応関係を示すグラフ、（c）はスペックルノイズにおける周波数と空間的位相差との対応関係を示すグラフ

【図3】カーネルにて積分する方法の説明に用いる説明図

【図4】スペックル指標算出処理の概要の説明に用いるフローチャート

【図5】本発明に係る超音波信号処理装置を含む超音波画像処理装置の構成例を示すブロック図

【図6】本発明に係る超音波信号処理の一例の要部の流れを示すフローチャート

【図7】スペックル指標を組織性状解析に用いる場合について説明に用いるブロック図

【図8】スペックル密度の計算例の説明に用いる説明図

【図9】スペックル密度と物質との対応を表す参照データの例を示すテーブル

【図10】組織性状データの表示例を示す説明図

【図11】音速解析／補正フローの例を示すブロック図

【図12】組織による輝度の分布の例を示す線図

【符号の説明】

【0125】

10

20

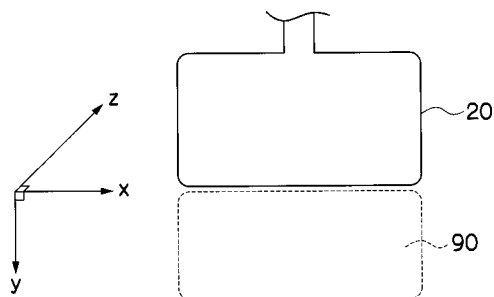
30

40

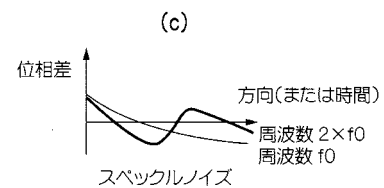
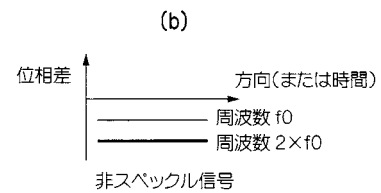
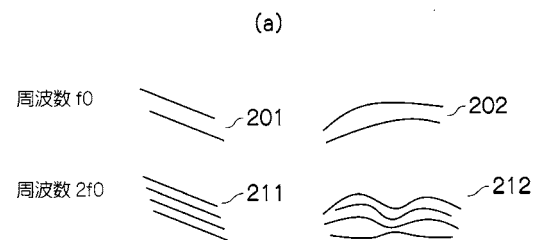
50

10…超音波画像処理装置、12…操作部、14…表示部、20…超音波探触子、22…送受信部、24…時間領域信号処理部（時間的振幅取得部、時間的位相取得部）、26…振幅画像生成部（空間的振幅取得部）、28…位相差画像生成部（空間的位相差取得部）、30…スペクル指標算出部、40…画像処理部、42…表示制御部、44…モード切換部

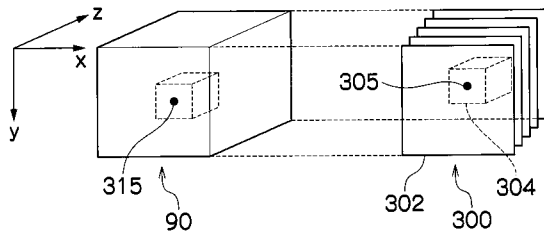
【図1】



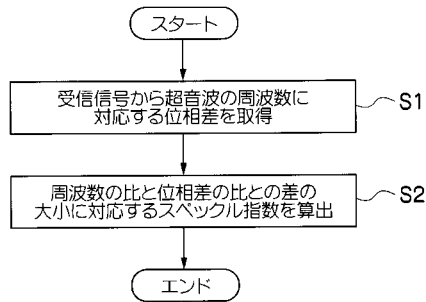
【図2】



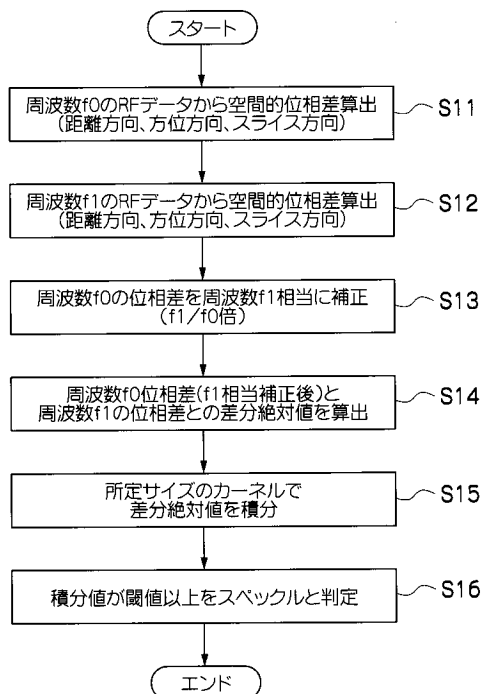
【図 3】



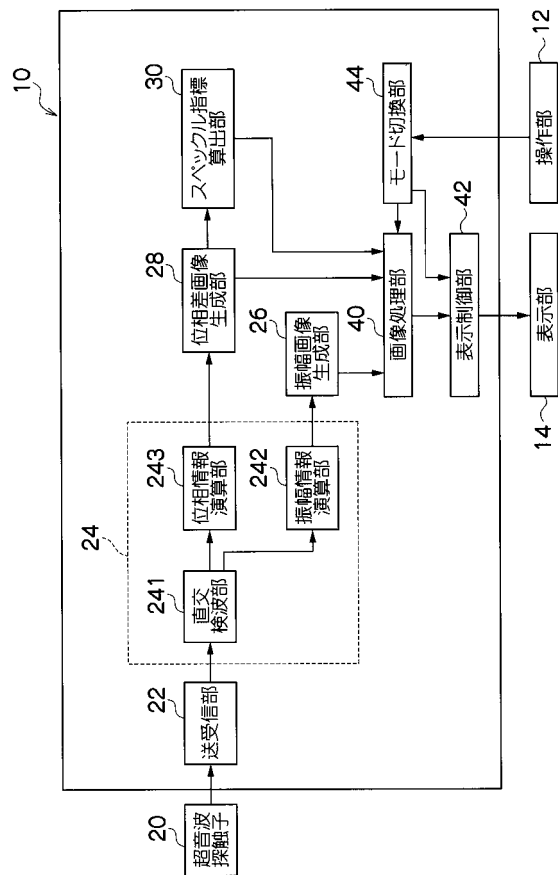
【図 4】



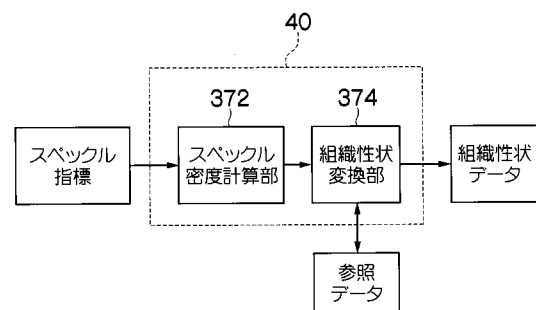
【図 6】



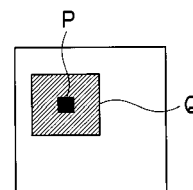
【図 5】



【図 7】



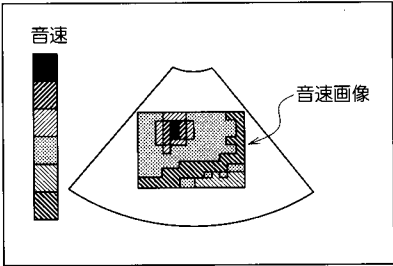
【図 8】



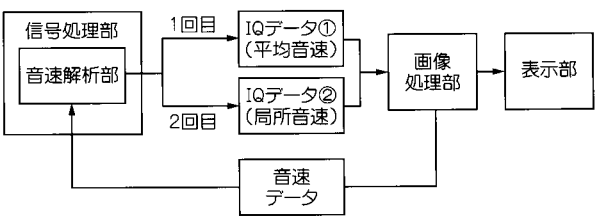
【図 9】

密度	物質	音速
⋮	⋮	⋮
ρ_1	脂肪肝	1500
ρ_2	肝臓	1570
⋮	⋮	⋮

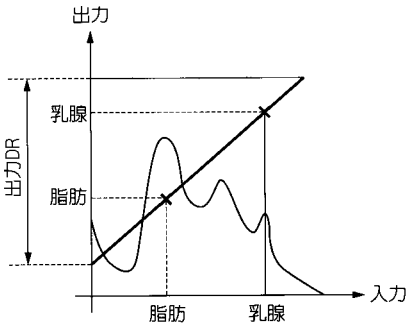
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



专利名称(译)	超声波信号处理设备和方法		
公开(公告)号	JP2010082198A	公开(公告)日	2010-04-15
申请号	JP2008254806	申请日	2008-09-30
[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		
F-TERM分类号	4C601/DD08 4C601/DD20 4C601/DE20 4C601/EE04 4C601/EE30 4C601/JC40		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：准确且容易地获得指示散斑可能性或非散斑可能性的信息。超声探头向对象发射超声并从对象内部接收超声回波以产生指示超声回波的接收信号。信号处理单元24和相位差图像生成单元28，其从接收信号中获取分别对应于超声波的频率的多个相位差，以及多个相位的比率与多个相位差的比率的比率以及散斑指数计算单元30，用于计算相应的散斑指数。点域5

