

(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2018-108141
(P2018-108141A)

(43) 公開日 平成30年7月12日(2018.7.12)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)

F I
A61B 8/14

テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-256448 (P2016-256448)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成28年12月28日 (2016.12.28)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目1番6号
		(74) 代理人	100124682
			弁理士 黒田 泰
		(74) 代理人	100104710
			弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100090479
			弁理士 井上 一
		(72) 発明者	村上 誠
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 EE04 HH29 JB36 JB45 JB51

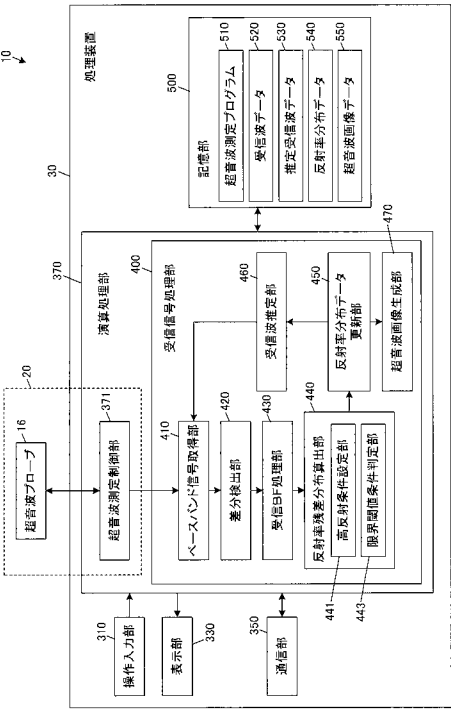
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置および超音波測定装置の制御方法

(57) 【要約】

【課題】超音波画像に現れるアーチファクトを効果的に低減すること。

【解決手段】超音波を送受信するプローブと、前記プローブの受信信号を演算処理する演算処理部と、を備え、前記演算処理部は、対象領域の所与の反射率分布に対する前記超音波の伝搬を計算することで推定受信信号を算出する受信波推定部と、前記受信信号と前記推定受信信号との差に基づいて前記反射率分布を更新する反射率分布データ更新部と、前記反射率分布を用いて前記対象領域の超音波画像を生成する超音波画像生成部と、を備え、前記受信波推定部による算出と前記反射率分布データ更新部による更新とを繰り返し実行する、超音波測定装置である。

【選択図】図14



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を送受信するプローブと、
前記プローブの受信信号を演算処理する演算処理部と、
を備え、
前記演算処理部は、
対象領域の所与の反射率分布に対する前記超音波の伝搬を計算することで推定受信信号を算出する受信波推定部と、
前記受信信号と前記推定受信信号との差に基づいて前記反射率分布を更新する反射率分布データ更新部と、
前記反射率分布を用いて前記対象領域の超音波画像を生成する超音波画像生成部と、
を備え、
前記受信波推定部による算出と前記反射率分布データ更新部による更新とを繰り返し実行する、超音波測定装置。

10

【請求項 2】

前記反射率分布データ更新部は、前記受信信号と前記推定受信信号の差となる差分信号に基づいて反射率残差分布を求め、当該反射率残差分布を合成することで前記反射率分布を更新する、
請求項 1 に記載の超音波測定装置。

【請求項 3】

前記反射率分布データ更新部は、前記差分信号を用いた受信ビームフォーミング処理を行い、所与の高反射条件を満たす反射率部分から前記反射率残差分布を求める、
請求項 2 に記載の超音波測定装置。

20

【請求項 4】

前記繰り返し実行することは、前記繰り返しの回数が増加するに従って、閾値を低減することで前記高反射条件を徐々に緩和することを含む、
請求項 3 に記載の超音波測定装置。

【請求項 5】

前記繰り返し実行することは、前記高反射条件が所定の限界閾値条件に達した場合に前記繰り返しを終了することを含む、
請求項 4 に記載の超音波測定装置。

30

【請求項 6】

前記繰り返し実行することは、所定回数の前記繰り返しを行った場合に前記繰り返しを終了することを含む、
請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【請求項 7】

前記超音波画像生成部は、前記反射率分布に、前記高反射条件を満たさない反射率部分の分布を合成した画像を前記超音波画像として生成する、
請求項 3 ～ 5 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【請求項 8】

前記反射率分布データ更新部は、前記受信信号を観測値とし、前記反射率分布を状態変数とするカルマンフィルタ処理を行うことで前記更新を行う、
請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

40

【請求項 9】

前記繰り返し実行することは、前記プローブが 1 フレーム分の超音波を送受信して得られた前記受信信号について複数回繰り返すことである、
請求項 1 ～ 8 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【請求項 10】

前記繰り返し実行することは、前のフレームに係る前記反射率分布を後のフレームで利用することにより、フレーム間を跨いで前記反射率分布を連綿と更新することを含む、

50

請求項 1 ~ 8 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【請求項 1 1】

超音波を送受信するプローブを用いて超音波測定を行う超音波測定装置の制御方法であって、

対象領域の所与の反射率分布に対する前記超音波の伝搬を計算することで推定受信信号を算出するステップと、前記プローブの受信信号と前記推定受信信号との差に基づいて前記反射率分布を更新するステップとを繰り返すことと、

前記反射率分布を用いて前記対象領域の超音波画像を生成することと、
を含む制御方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波測定を行う超音波測定装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、複数の超音波素子（超音波振動子）が配列された超音波プローブを用いて超音波ビームを走査し、生体や構造物内部の様子を画像化して診断や検査に用いる超音波測定装置が知られている。

【0003】

超音波画像の生成において問題となるアーチファクト（虚像）の 1 つに、サイドローブによるアーチファクトがある。サイドローブの方向に強い反射体が存在すると、強反射体で反射した不要波を受信してしまい画質の劣化を招く。この問題を解決するための技術として、画像化にあたって行う受信ビームフォーミング処理に際し、所望の方向以外の方向からの不要波に対して感度を持たないように各素子で受信した受信信号を加算する技術が知られている（例えば特許文献 1 を参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 77393 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1 の技術は、所望の方向以外の方向からの反射波に対する感度を最小化する重みを算出し、受信信号の加算に用いるものであり、実際に生体内に存在する反射体の位置やその反射率は考慮していない。そのため、アーチファクトの低減効果が不十分な場合があった。

【0006】

本発明は、こうした事情を鑑みてなされたものであり、超音波画像に現れるアーチファクトを効果的に低減することができる技術の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

上記課題を解決するための第 1 の発明は、超音波を送受信するプローブと、前記プローブの受信信号を演算処理する演算処理部と、を備え、前記演算処理部は、対象領域の所与の反射率分布に対する前記超音波の伝搬を計算することで推定受信信号を算出する受信波推定部と、前記受信信号と前記推定受信信号との差に基づいて前記反射率分布を更新する反射率分布データ更新部と、前記反射率分布を用いて前記対象領域の超音波画像を生成する超音波画像生成部と、を備え、前記受信波推定部による算出と前記反射率分布データ更新部による更新とを繰り返し実行する、超音波測定装置である。

【0008】

また、第 11 の発明として、超音波を送受信するプローブを用いて超音波測定を行う超

50

音波測定装置の制御方法であって、対象領域の所与の反射率分布に対する前記超音波の伝搬を計算することで推定受信信号を算出するステップと、前記プローブの受信信号と前記推定受信信号との差に基づいて前記反射率分布を更新するステップとを繰り返すことと、前記反射率分布を用いて前記対象領域の超音波画像を生成することと、を含む制御方法を構成してもよい。

【0009】

第1又は第11の発明によれば、対象領域の所与の反射率分布に対する超音波の伝搬を計算することで推定受信信号を算出し、受信信号と推定受信信号との差に基づいて反射率分布を更新する処理（以下、「反射率分布生成処理」という）を繰り返し行うことができる。そして、繰り返しの結果得られた反射率分布を用いて、対象領域の超音波画像を生成することができる。これによれば、超音波画像に現れるアーチファクトを効果的に低減することができる。超音波画像の高画質化が実現できる。

10

【0010】

また、第2の発明として、前記反射率データ更新部は、前記受信信号と前記推定受信信号の差となる差分信号に基づいて反射率残差分布を求め、当該反射率残差分布を合成することで前記反射率分布を更新する、第1の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0011】

第2の発明によれば、反射率分布生成処理の繰り返しのたびに受信信号と推定受信信号との差分信号に基づいて反射率残差分布を求め、求めた反射率残差分布を反射率分布に合成して更新することができる。

20

【0012】

また、第3の発明として、前記反射率データ更新部は、前記差分信号を用いた受信ビームフォーミング処理を行い、所与の高反射条件を満たす反射率部分から前記反射率残差分布を求める、第2の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0013】

第3の発明によれば、差分信号を用いた受信ビームフォーミング処理を行い、求めた反射率分布のうちの所与の高反射条件を満たす反射率部分から反射率残差分布を求めることができる。

【0014】

また、第4の発明として、前記繰り返し実行することは、前記繰り返しの回数が増加するに従って、閾値を低減することで前記高反射条件を徐々に緩和することを含む、第3の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

30

【0015】

第4の発明によれば、反射率分布生成処理の繰り返しの回数が増加するに従って閾値を低減することで、高反射条件を徐々に緩和しながら反射率分布生成処理を繰り返すことができる。

【0016】

また、第5の発明として、前記繰り返し実行することは、前記高反射条件が所定の限界閾値条件に達した場合に前記繰り返しを終了することを含む、第4の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

40

【0017】

第5の発明によれば、反射率分布生成処理の繰り返しのたびに閾値を低減した結果、高反射条件が所定の限界閾値条件に達した場合に、反射率分布生成処理の繰り返しを終了することができる。

【0018】

また、第6の発明として、前記繰り返し実行することは、所定回数の前記繰り返しを行った場合に前記繰り返しを終了することを含む、第1～第4の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0019】

第6の発明によれば、反射率分布生成処理を所定回数繰り返した場合に、反射率分布生

50

成処理の繰り返しを終了できる。

【0020】

また、第7の発明として、前記超音波画像生成部は、前記反射率分布に、前記高反射条件を満たさない反射率部分の分布を合成した画像を前記超音波画像として生成する、第3～第5の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0021】

第7の発明によれば、反射率分布生成処理の繰り返しのたびに高反射条件を満たす反射率部分に基づき更新して得た反射率分布に、高反射条件を満たさない反射率部分の分布を合成した画像を超音波画像として生成することができる。

【0022】

また、第8の発明として、前記反射率データ更新部は、前記受信信号を観測値とし、前記反射率分布を状態変数とするカルマンフィルタ処理を行うことで前記更新を行う、第1～第7の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0023】

第8の発明によれば、受信信号を観測値とし、反射率分布を状態変数とするカルマンフィルタ処理を行って反射率分布を更新することができる。

【0024】

また、第9の発明として、前記繰り返し実行することは、前記プローブが1フレーム分の超音波を送受信して得られた前記受信信号について複数回繰り返すことである、第1～第8の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0025】

第9の発明によれば、1フレーム分の超音波を送受信して得られた受信信号について反射率分布生成処理を複数回繰り返すことにより、処理対象のフレーム（以下「処理フレーム」という）に係る超音波画像を生成することができる。

【0026】

また、第10の発明として、前記繰り返し実行することは、前のフレームに係る前記反射率分布を後のフレームで利用することにより、フレーム間を跨いで前記反射率分布を連続と更新することを含む、第1～第8の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0027】

第10の発明によれば、前のフレームで得た反射率分布を後のフレームで利用することで反射率分布生成処理を繰り返しながら、処理フレームで更新した反射率分布を用いて当該処理フレームの超音波画像を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】超音波測定装置のシステム構成例を示す図。

【図2】超音波測定を簡略的に示す模式図。

【図3】対象領域の一例を示す図。

【図4】従来法で得た超音波画像の一例を示す図。

【図5】超音波画像生成処理のおおまかな流れを示す図。

【図6】各素子の受信波の一例を示す図。

【図7】各素子の受信波に係るベースバンド信号の一例を示す図。

【図8】受信BF処理結果の一例を示す図。

【図9】反射率残差分布の一例を示す図。

【図10】超音波の伝搬モデルを説明する模式図。

【図11】各素子の推定受信波の一例を示す図。

【図12】各素子の推定受信波に係るベースバンド信号の一例を示す図。

【図13】実施形態の超音波画像生成処理で得た超音波画像の一例を示す図。

【図14】超音波測定装置の機能構成例を示すブロック図。

【図15】超音波画像生成処理の流れを示すフローチャート。

10

20

30

40

50

【図 16】変形例 1 における超音波画像生成処理で得た超音波画像の一例を示す図。

【図 17】変形例 1 における超音波画像生成処理の流れを示すフローチャート。

【図 18】対象領域の他の例を示す模式図。

【図 19】従来法で得た超音波画像の他の例を示す図。

【図 20】変形例 1 の超音波画像生成処理で得た超音波画像の他の例を示す図。

【図 21】変形例 1 の超音波画像生成処理で得た超音波画像の他の例を示す図。

【図 22】変形例 2 における超音波画像生成処理の流れを示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。なお、以下説明する実施形態によって本発明が限定されるものではなく、本発明を適用可能な形態が以下の実施形態に限定されるものでもない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付す。

10

【0030】

図 1 は、本実施形態における超音波測定装置 10 のシステム構成例を示す図である。超音波測定装置 10 は、超音波測定を利用して被検体 2 の生体情報を取得するためのものであり、後述する反射波データや操作情報等を画像表示するための手段および操作入力のための手段を兼ねるタッチパネル 12 と、操作入力をするためのキーボード 14 と、超音波プローブ（探触子）16 と、処理装置 30 とを備える。

【0031】

20

処理装置 30 には、制御基板 31 が搭載されており、タッチパネル 12、キーボード 14、超音波プローブ 16 等の装置各部と信号送受可能に接続されている。制御基板 31 には、CPU (Central Processing Unit) 32、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や FPGA (Field-Programmable Gate Array) 等の各種集積回路の他、IC メモリーやハードディスク等による記憶媒体 33 と、外部装置とのデータ通信を実現する通信 IC 34 とが搭載されている。超音波測定装置 10 は、処理装置 30 において CPU 32 等が記憶媒体 33 に記憶されているプログラムを実行することにより、超音波測定をはじめとする生体情報の取得に必要な処理を行う。

【0032】

具体的には、超音波測定装置 10 は、処理装置 30 の制御により超音波プローブ 16 から被検体 2 へ超音波ビームを送信し、その反射波を受信して超音波測定を行う。そして、超音波プローブ 16 の受信信号を増幅・信号処理し、被検体 2 の生体内構造の位置情報や経時変化等の反射波データを生成する。超音波測定は所定周期で行われる。1 周期に係る測定単位を「フレーム」と呼ぶ。また、「受信信号」を厳密に定義すると、超音波測定に際し超音波プローブ 16 において各超音波素子 161 (図 2 を参照) で受信した受信波のことと、反射波データを生成するにあたり受信波から取り出されるベースバンド信号のこととの 2 つの意味があるが、本実施形態における「受信信号」は何れの意味であってもよい広義の意味である。

30

【0033】

反射波データには、いわゆる B モードの画像が少なくとも含まれるが、その他のいわゆる A モード、M モード、カラードップラーモードの各モードの画像が含まれることとしてもよい。A モードは、第 1 軸を超音波ビームの送受信方向に沿った受信信号のサンプリング点列とし、第 2 軸を各サンプリング点での反射波の受信信号強度（反射率）として、反射波の振幅（A モード画像）を表示するモードである。また、B モードは、超音波ビームを所定のスキャン範囲内で走査させながら得た反射波振幅（A モード画像）を輝度値に変換することで可視化した、生体内構造の二次元の超音波画像（B モード画像）を表示するモードである。

40

【0034】

図 2 は、超音波プローブ 16 を対象物の表面に当てて超音波測定している状態を簡略的に示す模式図である。超音波プローブ 16 は、列状に等間隔で配置された複数（n 個）の

50

超音波素子（超音波振動子）１６１を内蔵しており、例えば、リニアスキャン方式で超音波測定を行う。すなわち、超音波プローブ１６は、超音波素子（以下、単に「素子」ともいう）１６１の配列方向に超音波ビームの入射位置をずらしながら、互いに平行な複数の走査線Ｌに沿って超音波ビームを送受信することで矩形のスキャン範囲Ｒを走査する。なお、スキャン方式はリニアスキャン方式に限らず、例えばセクタースキャン方式等の他の走査方式を採用する場合にも同様に適用が可能である。

【００３５】

ここで、超音波ビームのスキャン方向をｘ方向、これと直交する走査線Ｌの方向をｚ方向と定義する。ｚ方向は、生体表面からの深さ方向に対応する。実際に超音波測定装置１０が行う超音波測定では、超音波プローブ１６が被検体２の生体表面（図１では頸部）に当てられ、スキャン範囲に相当する対象領域が画像化される。なお、超音波プローブ１６が当てられる部位は頸部に限らず、手首、腕、腹部等、測定（診断）の目的に応じた被検体２の部位としてよい。

10

【００３６】

この超音波測定の測定結果に基づき超音波プローブ１６の受信信号から超音波画像を生成する際、処理装置３０は、受信ビームフォーミング（ＢＦ；Beam Forming）処理を行ってサンプリング点毎に各素子１６１の受信信号を整相加算する。これにより各素子１６１の受信信号が各サンプリング点における反射率を表す二次元データとされ、当該二次元データに検波処理や対数変換処理等の必要な処理を施してサンプリング点毎に輝度値を得ることで、対象領域の超音波画像を生成できる。なお、隣接する複数の超音波素子１６１が１つのチャンネルを構成して超音波の送受信を行う場合は、チャンネル毎に得られる受信信号を整相加算することで超音波画像を生成できる。

20

【００３７】

〔原理〕

超音波ビームの送受信に際しては、走査線Ｌに沿って放射される音圧の高いメインローブと併せて、走査線Ｌの方向から外れた斜めの方向にも感度の低い超音波ビームが放射されている（サイドローブ）。そのため、サイドローブの方向に反射体が存在すると、その虚像（アーチファクト）が超音波画像内に現れて画質を悪化させる問題がある。例えば図３に示すように、実体として２つの反射体０１１，０１３が存在する対象領域の超音波測定を行って超音波画像を生成すると、図４に示すように、生成される超音波画像には反射体０１１，０１３の周辺にアーチファクトが現れる。

30

【００３８】

そこで、本実施形態では、以下説明する原理で超音波画像を生成することで、超音波画像に現れるアーチファクトの低減を図る。図５は、超音波画像生成処理のおおまかな流れを示す図である。本実施形態の超音波画像生成処理では、所与の反射率分布データ５４０に基づいて対象領域中の超音波の伝搬を計算し、推定受信信号を算出するステップと、受信信号と推定受信信号との差に基づいて反射率分布データ５４０を更新するステップとを含む処理（反射率分布生成処理）を繰り返す。所与の反射率分布データ５４０は、各サンプリング点の反射率を定めた対象領域内の反射率分布を表し、フレーム毎に各サンプリング点の値が「０」に初期化される。そして、反射率分布生成処理の繰り返しは、処理フレームにおける１フレーム分の超音波プローブ１６の受信信号を用いてフレーム毎に複数回繰り返し、複数回繰り返したことで得られた反射率分布データ５４０から、当該処理フレームにおける超音波画像を生成する。

40

【００３９】

はじめに、１フレーム分の超音波測定を行って反射波を受信する（ステップＳ１）。その後初回の反射率分布生成処理を行い、初期化された反射率分布データ５４０を更新する。すなわちまず、ステップＳ１において各素子１６１で受信した受信波からベースバンド信号を取り出す（ステップＳ３）。そして、差分検出処理を行い（ステップＳ５）、受信ＢＦ処理を行う（ステップＳ７）。ステップＳ５の差分検出処理は、ステップＳ３で取り出されたベースバンド信号と、後述するステップＳ１５で取り出されるベースバンド信号

50

との差を求め、各ベースバンド信号の差分信号を出力する処理である。ベースバンド信号の差分信号を算出することにより、信号帯域を制限してデータ量を削減した上で、各素子 161 の受信波（受信信号とも言える）と推定受信波（推定受信信号とも言える）との比較が行える。なお、初回の差分検出処理では、推定受信波に係るベースバンド信号を初期値「0」として差分信号を算出し、ステップ S3 で得た受信波に係るベースバンド信号をそのまま後段の受信 BF 処理へと渡す。

【0040】

図 6 は、ステップ S1 で受信される受信波の一例を示す図である。図 6 では、図 3 に示す対象領域の反射体 O11 を通る中央の走査線 L に沿って超音波ビームを送受信した結果、各素子 161 で受信した受信波の受信波形例を示している。また、図 7 は、図 6 の受信波から取り出したベースバンド信号の大きさを示す図である。図 6 および図 7 において横軸は受信時刻（深さに相当する）を、縦軸は、超音波プローブ 16 における配列順に各素子 161 に割り振られた素子番号を表し、個々の信号波形が、縦軸に示す素子番号の素子 161 で受信した受信波およびそれから取り出したベースバンド信号に対応する。

【0041】

ここで、図 6 および図 7 に示すように、超音波プローブ 16 の各素子 161 において反射体 O11 からの反射波が最初に到達するのは反射体 O11 に最も近い中央の素子 161 であり、その両側の素子 161 には、それよりも遅れて到達する。反射体 O11 との距離が最も離れた両端の素子 161 には、反射波は最後に到達する。図 5 のステップ S7 で行う受信 BF 処理では、各素子 161 からのベースバンド信号に上記距離差に応じた遅延をかけて位相を揃え、その上でそれらを加算する処理を走査線 L 毎に行うことで、各サンプリング点における反射率を得る。

【0042】

図 8 は、受信 BF 処理結果を示す図である。これを画像化した B モード画像が従来法で得られる超音波画像（図 4）である。図 8 に示すように、受信 BF 処理の結果得られる対象領域の反射率は、反射体 O11，O13 の位置で大きい。しかし、反射体 O11，O13 の周辺にアーチファクトとなる反射率成分が分布している。

【0043】

ところで、通常のアーチファクトは、実体（反射体）からの反射波よりも弱い反射波が当該実体の方向とは異なる方向から返ってきたように見えるため、アーチファクトに係る反射率は、実体の反射率よりも小さくなる。したがって、受信 BF 処理結果から反射率の高い領域を抽出することで、アーチファクト部分の反射率分布を取り除いた、実体に対する反射波の可能性が高い領域を選び出す効果が期待できる。

【0044】

そこで、続く図 5 のステップ S9 では反射率残差分布算出処理を行い、受信 BF 処理結果から反射率残差分布を求める。具体的には、受信 BF 処理結果である各サンプリング点の反射率が所与の高反射条件を満たす反射率部分の分布を求める。例えば、「反射率が判定用閾値以上であること」を高反射条件とし、当該高反射条件を満たすサンプリング点を抽出する。そして、抽出した各サンプリング点の反射率分布を反射率残差分布として得る。

【0045】

判定用閾値は、予め定められる初回判定用閾値を初期値とし、反射率分布生成処理の繰り返しの回数が増加するに従って、例えば所定量ずつ低減するように設定される。このように判定用閾値を段階的に低減させることで、繰り返しのたびに高反射条件を徐々に緩和していくことができる。そして、判定用閾値を下限判定用閾値以下まで低減させた場合に、高反射条件が所定の限界閾値条件に達したとして、処理フレームについての反射率分布生成処理の繰り返しの終わる。下限判定用閾値は、予め所定値として設定しておくのでもよいし、初回の受信 BF 処理結果における反射率の最大値を用い、フレーム毎に設定するのもよい。例えば、当該最大値から 40 [dB] の範囲を特定し、その下限値を下限判定用閾値としてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

さて、図 9 は、図 8 に示す初回の受信 B F 処理結果から求めた反射率残差分布を示す図である。初回の反射率残差分布算出処理では、測定結果を受信 B F 処理することで得た対象領域の反射率分布のうちの高い反射率部分の分布が、反射率残差分布として求まる。図 9 の例では、アーチファクト部分の反射率分布が概ね取り除かれ、反射率残差分布として、実体である 2 つの反射体 0 1 1 , 0 1 3 の反射率分布が得られている。

【 0 0 4 7 】

続いて、図 5 に示すように、求めた反射率残差分布を反射率分布データ 5 4 0 に加算することで合成し、これを更新する（ステップ S 1 1）。初回の反射率分布生成処理に先立ち反射率分布データ 5 4 0 は初期化されているため、初回の更新では、ステップ S 9 で求めた反射率残差分布が反射率分布データ 5 4 0 とされる。

【 0 0 4 8 】

続いて、更新後の反射率分布データ 5 4 0 に基づき、対象領域中の超音波の伝搬を計算し、推定受信信号である各素子 1 6 1 の推定受信波を算出する（ステップ S 1 3）。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 は、超音波の伝搬モデルを説明する模式図である。図 1 0 では、n 個の素子 1 6 1 のうちの i 番目の素子 1 6 1 を送信素子、j 番目の素子 1 6 1 を受信素子として、送信素子から送信されて k 番目の反射体（0 2）で反射し、受信素子で受信される超音波の伝搬経路を示している。図 1 0 の伝搬モデルを用い、受信素子に至る伝搬経路を伝搬する超音波の伝搬波形を送信素子と反射体の全ての組合せについて求めて重ねることで、当該受信素子における受信波を算出することができる。ここで、送信素子から受信素子までの超音波の伝搬距離 p l は、送信素子から反射体 0 2 までの距離 l (i , k) と、反射体 0 2 から受信素子までの距離 l (j , k) とを用いて次式（1）で表される。

【数 1】

$$pl = (l(i, k) + l(j, k)) \quad \cdots (1)$$

【 0 0 5 0 】

実際の伝搬計算は、対象領域をメッシュ状に分割して超音波の伝搬シミュレーションを行う。各送信素子からの伝搬を i (i = 1 ~ n)、各メッシュ部分を k (k = 1 ~ n k) とすると、受信素子の受信波 r j は、次式（2）で表すことができる。式（2）において、α はメッシュ部分 k の反射率を表し、a t t は伝搬距離 p l に応じた減衰を表し、p u l s e は送信波形を表す。送信波形 p u l s e は、伝搬距離 p l に応じた遅延と、送信フォーカスのための送信遅延時間 d e l a y を考慮して設定される。c は音速を表す。図 5 のステップ S 1 3 では、全ての素子 1 6 1 について式（1）、（2）に従って受信波 r j を算出し、各素子 1 6 1 の推定受信波として得る。

【数 2】

$$r_j = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{nk} \alpha(k) \cdot att(pl) \cdot \left\{ pulse \left(t - delay(i) - \frac{pl}{c} \right) \right\} \quad \cdots (2)$$

【 0 0 5 1 】

なお、伝搬計算に用いる伝搬モデルは、図 1 0 に示した伝搬モデルに限らず、多重反射を考慮して複数の反射体間の伝搬パスを加えとか、反射体表面の指向性の効果を伝搬方向に依存した反射率として現す等、超音波画像の画質に影響を与える要因を適宜取り込んだ伝搬モデルを用いるとしてよい。或いは、対象領域に存在する各反射体の透過率が事前にわかれば、これを考慮して伝搬モデルを構築しておくこともできる。

【 0 0 5 2 】

図 5 の説明に戻る。伝搬計算を行って各素子 1 6 1 の推定受信波を算出したならば、当該推定受信波からベースバンド信号を取り出す（ステップ S 1 5）。その後ステップ S 5

10

20

30

40

50

に移行し、2回目の反射率分布生成処理に係る差分検出処理を行う。

【0053】

ここで、ステップS13での伝搬計算の結果得られる推定受信波は、もしも仮に反射率分布データ540が実際の対象領域の反射率分布と一致していれば、ステップS1において各素子161で受信した受信波と一致する。ステップS15で取り出した推定受信波に係るベースバンド信号も、ステップS3において取り出した受信波に係るベースバンド信号と一致する。図11は、図6と同じ走査線Lについて算出した各素子161の推定受信波を示す図であり、図12は、図11の推定受信波から取り出したベースバンド信号の大きさを示す図である。本例では、前段の反射率残差分布算出処理において対象領域に存在する2つの反射体011, 013の反射率分布が反射率残差分布として得られていること

10

【0054】

そして、このように実際の対象領域の反射率分布とほぼ一致した反射率分布データ540が得られれば、この反射率分布データ540を画像化することで、アーチファクトを除去或いは低減した超音波画像の生成が実現できる。図13は、図9の反射率残差分布で更新された反射率分布データ540を用い、各サンプリング点の反射率を輝度値に変換して生成した超音波画像を示す図である。図13に示すように、反射率分布データ540を用いて超音波画像を生成することにより、アーチファクトの少ない超音波画像を生成することができる。

20

【0055】

しかし、現実には、対象領域に存在する実体の反射率は本例のように全て同程度とは限らない。また、一定程度以上の反射率を有する実体の数も不明である。そのため、ある程度の反射率がありながらも実体として存在する対象領域に対する反射率分布は、反射率分布生成処理を1回行っただけで、全ての領域で高反射条件を満たすことは稀である。2回目以降の反射率分布生成処理の繰り返しは、このように未だ高反射条件を満たしていない実体部分の反射率分布を反射率分布データ540に反映していくために行う。すなわち、反射率分布生成処理の繰り返しのたびに反射率残差分布算出処理で用いる判定用閾値を段階的に低減させていくことによって、差分信号に残った実体部分に係る反射率成分を反射率残差分布として求め、反射率分布データ540に加算することで合成していく。この結果、実体ではない虚像を排除しつつ、一定程度以上の反射率を有する実体を徐々に抽出していくことが可能となり、アーチファクトが生じない、或いは、アーチファクトを低減した反射率分布データ540を生成することができる。

30

【0056】

[機能構成]

図14は、超音波測定装置10の機能構成例を示すブロック図である。超音波測定装置10は、処理装置30と、超音波プローブ16とを備え、処理装置30は、操作入力部310と、表示部330と、通信部350と、演算処理部370と、記憶部500とを備える。

40

【0057】

超音波プローブ16は、複数の超音波素子161を配列して備え、処理装置30（より詳細には演算処理部370の超音波測定制御部371）からのパルス電圧に基づいて超音波を送信する。そして、送信した超音波の反射波を受信し、各素子161で受信した受信波を超音波測定制御部371へ出力する。

【0058】

操作入力部310は、ユーザーによる各種操作入力を受け付け、操作入力に応じた操作入力信号を演算処理部370へ出力する。ボタンスイッチやレバースイッチ、ダイヤルス

50

タッチ、トラックパッド、マウス等により実現できる。図 1 ではタッチパネル 1 2 やキーボード 1 4 がこれに該当する。

【 0 0 5 9 】

表示部 3 3 0 は、LCD (Liquid Crystal Display) 等の表示装置によって実現され、演算処理部 3 7 0 からの表示信号に基づく各種表示を行う。図 1 ではタッチパネル 1 2 がこれに該当する。

【 0 0 6 0 】

通信部 3 5 0 は、演算処理部 3 7 0 の制御のもと、外部との間でデータを送受するための通信装置である。この通信部 3 5 0 の通信方式としては、所定の通信規格に準拠したケーブルを介して有線接続する形式や、クレイドル等と呼ばれる充電器と兼用の中間装置を介して接続する形式、無線通信を利用して無線接続する形式等、種々の方式を適用可能である。図 1 では通信 IC 3 4 がこれに該当する。

【 0 0 6 1 】

演算処理部 3 7 0 は、例えば、CPU や GPU (Graphics Processing Unit) 等のマイクロプロセッサや、ASIC、FPGA、IC メモリー等の電子部品によって実現される。そして、演算処理部 3 7 0 は、各機能部との間でデータの入出力制御を行い、所定のプログラムやデータ、操作入力部 3 1 0 からの操作入力信号、超音波プローブ 1 6 の受信信号等に基づき各種の演算処理を実行して、被検体 2 の生体情報を算出する。図 1 では CPU 3 2 がこれに該当する。なお、演算処理部 3 7 0 を構成する各部は、専用のモジュール回路等のハードウェアで構成することとしてもよい。

【 0 0 6 2 】

この演算処理部 3 7 0 は、超音波測定制御部 3 7 1 と、受信信号処理部 4 0 0 とを含む。

【 0 0 6 3 】

超音波測定制御部 3 7 1 は、超音波プローブ 1 6 とともに超音波測定部 2 0 を構成し、この超音波測定部 2 0 によって超音波測定が行われる。超音波測定制御部 3 7 1 は、公知技術を用いて実現できる。すなわち、超音波測定制御部 3 7 1 は、超音波プローブ 1 6 による超音波パルスの送信タイミングを制御し、送信タイミングでパルス電圧を発生させて超音波プローブ 1 6 へ出力する。その際、送信遅延処理を行って各素子 1 6 1 へのパルス電圧の出力タイミングの調整を行う。また、各素子 1 6 1 で受信した受信波の増幅やフィルタ処理を行って、処理後の各素子 1 6 1 の受信波 (測定結果) を受信信号処理部 4 0 0 のベースバンド信号取得部 4 1 0 へ出力する。

【 0 0 6 4 】

受信信号処理部 4 0 0 は、ベースバンド信号取得部 4 1 0 と、差分検出部 4 2 0 と、受信 BF 処理部 4 3 0 と、反射率残差分布算出部 4 4 0 と、反射率分布データ更新部 4 5 0 と、受信波推定部 4 6 0 と、超音波画像生成部 4 7 0 とを含む。

【 0 0 6 5 】

ベースバンド信号取得部 4 1 0 は、超音波測定制御部 3 7 1 から入力される各素子 1 6 1 の受信波からベースバンド信号を取り出し、差分検出部 4 2 0 へ出力する。また、このベースバンド信号取得部 4 1 0 には、処理フレームにおける前回の反射率分布生成処理で受信波推定部 4 6 0 が算出した各素子 1 6 1 の推定受信波が入力される。ベースバンド信号取得部 4 1 0 は、この各素子 1 6 1 の推定受信波からベースバンド信号を取り出し、差分検出部 4 2 0 へ出力する。

【 0 0 6 6 】

差分検出部 4 2 0 は、差分検出処理を行って各素子 1 6 1 の受信波に係るベースバンド信号と推定受信波に係るベースバンド信号との差分信号を算出し、受信 BF 処理部 4 3 0 へ出力する。

【 0 0 6 7 】

受信 BF 処理部 4 3 0 は、受信 BF 処理を行って各素子 1 6 1 の差分信号を整相加算し、反射率残差分布算出部 4 4 0 へ出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

反射率残差分布算出部 4 4 0 は、受信 B F 処理部 4 3 0 が各素子 1 6 1 の差分信号について行った受信 B F 処理結果から反射率が判定用閾値以上のサンプリング点を抽出することで、高反射条件を満たす反射率残差分布を求める。求めた反射率残差分布は、反射率分布データ更新部 4 5 0 へ出力される。この反射率残差分布算出部 4 4 0 は、高反射条件設定部 4 4 1 と、限界閾値条件判定部 4 4 3 とを備える。

【 0 0 6 9 】

高反射条件設定部 4 4 1 は、各フレームにおいて反射率分布生成処理の繰り返し回数が増加するのに従って判定用閾値を初回判定用閾値から所定量ずつ低減させて設定する。反射率分布生成処理の繰り返し回数と、判定用閾値を低減させるタイミングとは、任意に定めることができる。例えば、繰り返し回数 1 回ごとに判定用閾値を徐々に低減させるとしてもよいし、繰り返し回数 2 回ごとに判定用閾値を低減させるとしてもよい。限界閾値条件判定部 4 4 3 は、各フレームにおいて判定用閾値が下限判定用閾値以下となったことを限界閾値条件として判定する。

10

【 0 0 7 0 】

反射率分布データ更新部 4 5 0 は、反射率残差分布を反射率分布データ 5 4 0 に合成し、反射率分布データ 5 4 0 を更新する。

【 0 0 7 1 】

受信波推定部 4 6 0 は、反射率分布データ更新部 4 5 0 が更新した反射率分布データ 5 4 0 に基づいて対象領域における超音波の伝搬計算を行い、各素子 1 6 1 の推定受信波を算出してベースバンド信号取得部 4 1 0 に出力する。

20

【 0 0 7 2 】

超音波画像生成部 4 7 0 は、反射率分布データ 5 4 0 を用いて超音波画像を生成する。

【 0 0 7 3 】

記憶部 5 0 0 は、I C メモリーやハードディスク、光学ディスク等の記憶媒体により実現されるものである。この記憶部 5 0 0 には、超音波測定装置 1 0 を動作させ、超音波測定装置 1 0 が備える種々の機能を実現するためのプログラムや、当該プログラムの実行中に使用されるデータ等が事前に記憶され、或いは処理の都度一時的に記憶される。図 1 では、制御基板 3 1 に搭載されている記憶媒体 3 3 がこれに該当する。なお、演算処理部 3 7 0 と記憶部 5 0 0 との接続は、装置内の内部バス回路による接続に限らず、L A N (Local Area Network) やインターネット等の通信回線で実現してもよい。その場合、記憶部 5 0 0 は、超音波測定装置 1 0 とは別の外部記憶装置により実現されるとしてもよい。

30

【 0 0 7 4 】

また、記憶部 5 0 0 には、超音波測定プログラム 5 1 0 と、受信波データ 5 2 0 と、推定受信波データ 5 3 0 と、反射率分布データ 5 4 0 と、超音波画像データ (反射波データ) 5 5 0 とが格納される。

【 0 0 7 5 】

演算処理部 3 7 0 は、超音波測定プログラム 5 1 0 を読み出して実行することにより、超音波測定制御部 3 7 1 や受信信号処理部 4 0 0 等の機能を実現する。なお、これらの機能部を電子回路等のハードウェアで実現する場合には、当該機能を実現させるためのプログラムの一部を省略することができる。

40

【 0 0 7 6 】

受信波データ 5 2 0 は、超音波測定の結果各素子 1 6 1 で受信した受信波をフレーム毎に記憶する。受信信号データということもできる。また、推定受信波データ 5 3 0 は、反射率分布生成処理の過程で行う超音波の伝搬計算で得た各素子 1 6 1 の推定受信波をフレーム毎に記憶する。推定受信信号データということもできる。

【 0 0 7 7 】

反射率分布データ 5 4 0 は、フレーム毎に初期化・更新される対象領域内の反射率分布を記憶する。

【 0 0 7 8 】

50

超音波画像データ550は、超音波測定の測定結果に基づきフレーム毎に生成された超音波画像である各フレームのBモード画像のデータを記憶する。

【0079】

[処理の流れ]

図15は、本実施形態における超音波画像生成処理の流れを示すフローチャートである。ここで説明する処理は、例えば、ユーザーにより超音波プローブ16が被検体2の生体表面に当てられ、所定の測定開始操作入力が行われると開始される。なお、本処理は、演算処理部370が記憶部500から超音波測定プログラム510を読み出して実行し、超音波測定装置10の各部を動作させることで実現できる。

【0080】

10

図15に示すように、本実施形態の超音波画像生成処理では、フレーム毎にループAの処理を繰り返す(ステップS101~ステップS139)。そして、ループAではまず、反射率分布データ540を初期化する(ステップS103)。また、初回の反射率分布生成処理において各素子161の推定受信波として用いる初期値「0」を推定受信波データ530に格納して設定するとともに(ステップS105)、判定用閾値を初期値である初回判定用閾値として設定する(ステップS107)。

【0081】

以上の初期設定の後、超音波測定部20が、1フレーム分の超音波測定を開始する(ステップS109)。ここでの処理により、処理フレームの測定結果(各素子161の受信波)が受信波データ520へ格納されていく。

20

【0082】

その後は、反射率分布生成処理であるステップS111~ステップS135の処理を複数回繰り返す。すなわちまず、走査線L毎にループBの処理を実行する(ステップS111~ステップS125)。そして、ループBではまず、ベースバンド信号取得部410が、処理対象の走査線(処理走査線)Lに係る各素子161の受信波を受信波データ520から読み出し、当該受信波からベースバンド信号を取り出す(ステップS113)。また、処理フレームについての前回の反射率分布生成処理において後段のステップS135で算出された各素子161の推定受信波を受信波データ530から読み出し、当該推定受信波からベースバンド信号を取り出す(ステップS115)。ここでの処理を処理フレームについて初回に行うときには、ステップS105で推定受信波データ530に格納された初期値「0」が読み出され、取り出されるベースバンド信号も初期値「0」となる。

30

【0083】

続いて、当該処理走査線Lについて一定時間のサンプリングを行い、各サンプリング点を順次処理対象点としてループCの処理を実行する(ステップS117~ステップS123)。ループCではまず、差分検出部420が差分検出処理を行い、ステップS113で取り出された各素子161の受信波に係るベースバンド信号と、ステップS115で取り出された各素子161の推定受信波に係るベースバンド信号との差分信号を素子161毎に算出する(ステップS119)。その後、受信BF処理部430が受信BF処理を行い、ステップS119で算出された各素子161の差分信号を整相加算する(ステップS121)。

40

【0084】

このループCの処理を繰り返し、処理走査線Lのサンプリングを終えたならば、処理走査線LについてのループBの処理を終える。そして、全ての走査線を処理対象としてループBの処理を行ったならば、ステップS127に移行する。

【0085】

そして、ステップS127では、反射率残差分布算出部440が反射率残差分布算出処理を行い、ステップS121の受信BF処理結果から高反射条件を満たす反射率残差分布を求める。その後、反射率分布データ更新部450が、反射率残差分布を反射率分布データ540に合成して更新する(ステップS129)。

【0086】

50

続いて、高反射条件設定部 441 が、現在の判定用閾値が下限判定用閾値以下か否かを判定する。そして、下限判定用閾値より大きい場合には（ステップ S131：NO）、現在の判定用閾値から予め定められる所定値を減算して判定用閾値を再設定する（ステップ S133）。そして、受信波推定部 460 が、反射率分布データ 540 を用いて対象領域における超音波の伝搬計算を行い、走査線 L 毎に各素子 161 の推定受信波を算出する（ステップ S135）。ここでの処理により、各素子 161 の推定受信波が推定受信波データ 530 へ格納されていく。その後ステップ S111 に戻り、反射率分布生成処理の次の繰り返しを行う。

【0087】

一方、現在の判定用閾値が下限判定用閾値以下であれば（ステップ S131：YES）、超音波画像生成部 470 が、反射率分布データ 540 に設定されている各サンプリング点の反射率を輝度値に変換して超音波画像を生成する（ステップ S137）。生成された超音波画像は、適宜表示部 330 に表示制御される。以上で処理フレームについての超音波画像生成処理を終える。

【0088】

以上説明したように、本実施形態によれば、各素子 161 の受信波から得た対象領域の反射率分布をもとに高反射条件を満たす反射率分布を求め、所与の反射率分布データ 540 を生成することができる。また、この反射率分布データ 540 に基づいて対象領域における超音波の伝搬を計算し、各素子 161 の推定受信波を算出することができる。そして、各素子 161 の受信波に係るベースバンド信号と推定受信波に係るベースバンド信号との差分信号を受信 BF 処理して反射率残差分布を求め、これを合成することで更新した反射率分布データ 540 から各素子 161 の推定受信波を算出する処理を繰り返し行うことができる。これによれば、反射率分布データ 540 を実際の対象領域の反射率分布に近づけて収束させることができる。また、このようにして得た反射率分布データ 540 を用いて超音波画像を生成できる。したがって、超音波画像に現れるアーチファクトを効果的に低減することができ、超音波画像の高画質化が実現できる。

【0089】

なお、上記実施形態では、高反射条件が限界閾値条件に達した場合に反射率分布生成処理の繰り返しを終了することとしたが、各素子 161 の受信波に係るベースバンド信号と推定受信波に係るベースバンド信号との差分信号が「0」に近づき、当該差分信号が予め定められる所定値以下まで十分小さくなった時点で終了する構成としてもよい。これによれば、実際の対象領域の反射率分布とほぼ一致した反射率分布データ 540 を用いて超音波画像を生成することができるので、アーチファクトを確実に低減できる。

【0090】

[変形例 1]

その他にも、反射率分布生成処理の繰り返しの回数は、予め定められる所定回数（例えば 20 回等）としてもよい。また、上記実施形態では、反射率分布生成処理を複数回繰り返して得られる反射率分布データ 540 を用いて超音波画像を生成することとした。これに対し、複数回の繰り返しの後、処理フレームについての最終回の反射率分布生成処理で高反射条件を満たさないとした反射率部分の分布を、反射率分布データ 540 に加算して合成するとしてもよい。そして、当該合成後の反射率分布データ 540 を用いて超音波画像を生成するとしてもよい。例えば、図 13 に示した反射率分布データ 540 に、この反射率分布データ 540 に係る反射率残差分布を求めた際の低反射率分布を合成することで生成した超音波画像を図 16 に示す。

【0091】

反射率分布生成処理の繰り返しの回数が少ないと、対象領域に存在する反射率の低い実体部分の反射率分布が高反射条件を満たさないまま繰り返し終了してしまい、当該反射率分布が反射率分布データ 540 に反映されない場合がある。その一方で、繰り返しのたびに超音波の伝搬計算を行うことから、繰り返しの回数を増やせばその分処理時間が増大してしまう。

10

20

30

40

50

【0092】

ここで、反射率分布生成処理を所定回数繰り返しても高反射条件を満たさなかった実体の反射率分布は、最終回の反射率残差分布算出処理において受信BF処理結果から抽出されなかったサンプリング点の反射率分布（以下、「低反射率分布」という）に含まれる。したがって、反射率分布生成処理の繰り返しの後、最終的に残った低反射率分布を反射率分布データ540に合成することで、超音波画像において当該実体を描出することができる。ただし、この場合、低反射率分布にはアーチファクト部分の反射率分布も含まれ得る。しかし、当初のアーチファクト部分の反射率分布の一部は、それまでに繰り返された反射率分布生成処理の結果反射率残差分布から消失している。したがって、本変形例1においても、従来法と比べてアーチファクトの少ない超音波画像を生成することができる。よって、変形例1によれば、反射率分布生成処理の繰り返し回数を調整することで処理時間を短縮しつつ、超音波画像に現れるアーチファクトを低減できる。

10

【0093】

図17は、変形例1における超音波画像生成処理の流れを示すフローチャートである。なお、図17において、上記実施形態と同様の処理工程には同一の符号を付して説明は省略する。

【0094】

図17に示すように、変形例1では、フレーム毎にループDの処理を繰り返す（ステップS201～ステップS247）。そして、ステップS129において反射率残差分布を反射率分布データ540に合成して更新した後、反射率分布生成処理を所定回数繰り返したか否かを判定する（ステップS241）。所定回数繰り返していなければ（ステップS241：NO）、ステップS133に移行する。一方、所定回数繰り返した場合には（ステップS241：YES）、処理フレームについて直前に行ったステップS127で高反射条件を満たさなかった低反射率分布を反射率分布データ540に合成し、これを更新する（ステップS243）。その後、ステップS243で更新した反射率分布データ540を用いて超音波画像を生成する（ステップS245）。

20

【0095】

ここで、比較検討するために、図18に示すように縦に2つずつ並んだ4つの反射体O31～O34が存在する対象領域を想定し、超音波測定を行った場合の対象領域の超音波画像を生成した。4つの反射体O31～O34のうち左下の反射体O32を弱反射体とし、それ以外の3つの反射体O31、O33、O34を強反射体とした。図19は、従来法で得た当該対象領域の超音波画像を示す図であり、図20および図21は、変形例1の超音波画像生成処理で得た当該対象領域の超音波画像を示す図である。図20は反射率分布生成処理の繰り返し回数を15回とし、図21は25回とした場合の超音波画像をそれぞれ示している。図19に示すように、従来法で得た超音波画像では、強反射体O31の周囲に現れたアーチファクトに隠れてその下方の弱反射体O32が観察できない。一方、反射率分布生成処理の繰り返しの回数を増やしていくと、図20および図21に示すようにアーチファクトはだんだんと低減していき、図21の超音波画像では、弱反射体O32が視認できる。

30

【0096】

なお、反射率分布データ540に低反射率分布を合成するのではなく、反射率分布データ540から生成した画像に低反射率分布から生成した画像を合成し、超音波画像を生成するとしてもよい。

40

【0097】

またその場合は、合成に先立ち、反射率分布データ540から生成した画像または低反射率分布から生成した画像の何れか一方に所定のフィルターを適用し、或いは、双方の画像に異なるフィルターを適用してもよい。また、適用するフィルターは、ユーザーの操作入力に従って決定してもよい。

【0098】

例えば、超音波画像の表示にあたっては、生体組織の境界や臓器の輪郭部分の把握がし

50

易い表示が望ましい。その一方で、生体組織の内部や臓器内部の領域については、スペックルノイズを抑えた表示が求められている。ここで、反射率分布データ540は、対象領域内の反射率の高い実体部分の反射率分布、具体的には、組織境界や臓器の輪郭部分の反射率分布を多く含む。すなわち、反射率分布データ540は、対象領域における生体内構造を表している。これに対し、低反射率分布は、組織内部や臓器内部の反射率分布を多く含む。そこで、低反射率分布から生成した画像に対してスペックルリダクションフィルター等を適用して平滑化処理を行う一方、反射率分布データ540から生成した画像に対しては、エッジを強調するフィルター処理を行うとしてもよい。これによれば、生体内構造の輪郭を強調しつつ、スペックルノイズの発生を抑えた見易い超音波画像を生成することができる。

10

【0099】

[変形例2]

上記実施形態や変形例1では、フレーム毎に反射率分布生成処理を複数回繰り返すこととした。これに対し、各フレームで行う反射率分布生成処理は1回とし、前のフレームで得た反射率分布データ540を後のフレームで利用することによって、フレーム間を跨いで反射率分布データ540を連続と更新することとしてもよい。

【0100】

例えば、超音波プローブ16を当てる位置を動かさずに対象領域の超音波画像を観察する等の使用態様では、対象領域の画像が大きく変化しない。このような場合では、前のフレームで得た反射率分布データ540を更新していくことで、反射率分布データ540を実際の対象領域の反射率分布に近づけて収束させることができ、上記実施形態と同様の効果を奏することができる。

20

【0101】

また、この場合において、フレーム毎に更新される反射率分布データ540の分散度を信頼度として用い、所定のフィルター処理や重み付けを行うことで、フレーム間の画像変化を滑らかにしたり、ノイズを低減することができる。

【0102】

その一例として、各素子161の受信波を観測値 y とし、反射率分布データ540の反射率分布を状態変数とするカルマンフィルター処理を行うとしてもよい。カルマンフィルターは、次式(3)の状態方程式と、次式(4)の観測方程式とから定義される。式(3)、(4)において、 F は時間遷移の線形モデル、 G は雑音モデル、 H は観測モデル、 w は観測ノイズ、 v はプロセス誤差を表す。なお、カルマンフィルターは、反射率分布データ540の全域に適用してもよいし、その代表値に適用するとしてもよい。

30

$$x(k+1) = Fx(k) + Gw \quad \cdots (3)$$

$$y(k) = Hx(k) + v \quad \cdots (4)$$

【0103】

カルマンフィルター処理を行うと、フレーム間で反射率分布データ540の変化が小さい場合に、更新前の反射率分布データ540を信頼して更新後の反射率分布データ540が補正される。したがって、反射率分布データ540を安定させることができ、フレーム間での超音波画像のちらつきを抑えることができる。カルマンフィルター処理は、反射率分布データ540を更新する処理の後段の処理とすることができるため、反射率分布データ540の更新処理の一部ととらえることができる。なお、超音波プローブ16の静止時は時間変化がないため式(3)の時間遷移の線形モデル F は不要であるが、超音波プローブ16の移動量を検出して時間遷移の線形モデル F に反映することで、超音波プローブ16が動かされた場合の追従性が向上する。

40

【0104】

超音波プローブ16の移動量は、例えば、更新前の反射率分布データ540(前のフレームで更新した反射率分布データ540)と、更新後の反射率分布データ540(処理フレームで更新した反射率分布データ540)とを比較することで検出できる。すなわち、反射率分布データ540は、上記のように主として生体組織の境界や臓器の輪郭部分の反

50

射率分布を含み、対象領域における生体内構造を表していることから、更新前後の反射率分布データ540を比較することで、該当するフレーム間における超音波プローブ16の移動量を検出することができる。

【0105】

図22は、変形例2における超音波画像生成処理の流れを示すフローチャートである。なお、図22において、上記実施形態と同様の処理工程には同一の符号を付して説明は省略する。

【0106】

図22に示すように、変形例2では、フレーム毎にループEの処理を繰り返す（ステップS301～ステップS351）。そして、ステップS129で反射率分布データ540を更新した後、カルマンフィルター処理を行う（ステップS330）。また、変形例2では、ステップS135において伝搬計算を行った後、ステップS349に移行する。ステップS349では、処理フレームにおいてステップS129で更新し、ステップS330のカルマンフィルター処理で補正された反射率分布データ540を用い、超音波画像を生成する。なお、ステップS349に先立ち、変形例1のように、処理フレームについて行ったステップS127で高反射条件を満たさなかった低反射率分布を反射率分布データ540に合成してもよい。或いは、補正後の反射率分布データ540から生成した画像と、低反射率分布から生成した画像とを合成し、超音波画像を生成するとしてもよい。

【0107】

[その他の変形例]

上記実施形態等では、図15等のステップS133で行う判定用閾値の再設定を、現在の判定用閾値から予め定められる所定値を減算することで行うとした。そして、今回の繰り返しに係る受信BF処理結果において反射率が現在の判定用閾値以上であることを高反射条件として、反射率残差分布を求めることとした。これに対し、今回の繰り返しに係る受信BF処理結果のうちの反射率の最大値を用い、「反射率が当該最大値から例えば10%以内であること」を高反射条件として、反射率残差分布を求めるようにしてもよい。或いは、超音波プローブ16が送受信する超音波ビームのビーム径を用い、「今回の繰り返しに係る受信BF処理結果において反射率が最大であるサンプリング点を中心とした、直径がビーム径の範囲内であること」を高反射条件とし、当該範囲内のサンプリング点を抽出して反射率残差分布を求めるとしてもよい。

【0108】

また、これら高反射条件を、ユーザーの操作入力に従って可変に設定してもよい。すなわち、上記所定値や割合（例えば上記した「10%」）の数値をユーザーが指定できるようにしてもよい。或いは、ユーザーの操作入力に従って超音波ビームのビーム径を設定する構成とし、ユーザーが指定したビーム径に応じて反射率残差分布を求めるとしてもよい。

【0109】

また、素子161毎に受信波形と推定受信波形とを比較し、コヒーレント性を評価する処理を行ってもよい。散乱信号が重畳した反射波を受信した場合、スペックルノイズによる画質の低下を招く。ここで、反射波に散乱信号が重畳している場合、各受信時刻で受信波と推定受信波との差が大きくばらつくため、コヒーレント性は低下する。したがって、ばらつきの大小からコヒーレント性の低い領域を特定でき、対象領域内の組織境界と散乱領域とを判別することができる。そこで、コヒーレント性の低い散乱領域をスペックル領域とし、反射率分布データ540の更新に際してスペックル領域をマスクすることによって、当該領域の反射率分布が更新されないようにしてもよい。或いは、反射率残差分布についてスペックル領域を平滑化処理し、その上で反射率分布データ540に合成するようにしてもよい。

【0110】

また、上記実施形態等では、超音波プローブ16のスキャン範囲の全域を対象領域とし、当該対象領域の超音波画像を生成することとした。これに対し、スキャン範囲の一部の

領域を対象領域として超音波画像を生成する構成としてもよい。この場合には、例えば、スキャン範囲内の任意の領域を選択する領域選択操作を受け付ける。そして、ユーザーが当該領域選択操作を入力した場合には、選択された領域を対象領域として、その超音波画像を生成する。選択する領域は矩形の領域でもよいし、扇状の領域であってもよく、形状は特に限定されない。これによれば、スキャン範囲よりも狭い領域を対象領域とすることができるので、伝搬計算の計算量を削減でき、1回の反射率分布生成処理に要する処理時間の高速化が実現できる。

【0111】

また、フレーム毎に生成される超音波画像を全て超音波画像データ550に格納して保存しておくのではなく、ユーザーが保存指示操作を入力したときのフレームの超音波画像（静止画）のみを保存するとしてもよい。

10

【0112】

またその場合、保存指示操作が入力された保存時のフレームについてのみ上記実施形態等の超音波画像生成処理を行い、保存時以外のフレームでは従来法により超音波画像を生成するとしてもよい。或いは、保存時のフレームでの反射率分布生成処理の繰り返しの回数を多くし、保存時以外のフレームでの反射率分布生成処理の繰り返しの回数を少なくして上記実施形態の超音波画像生成処理を行うとしてもよい。また、保存時以外のフレームでは反射率分布データ540を間引いて用い、伝搬計算を行うようにしてもよい。

【0113】

また、本発明の超音波測定装置は、上記した実施形態等のように超音波測定を利用して生体内の対象領域の超音波画像を生成する場合に限らず、例えば、生体以外の構造体の内部の領域を対象領域として超音波画像を生成し、その検査等に用いる場合にも同様に適用することができる。

20

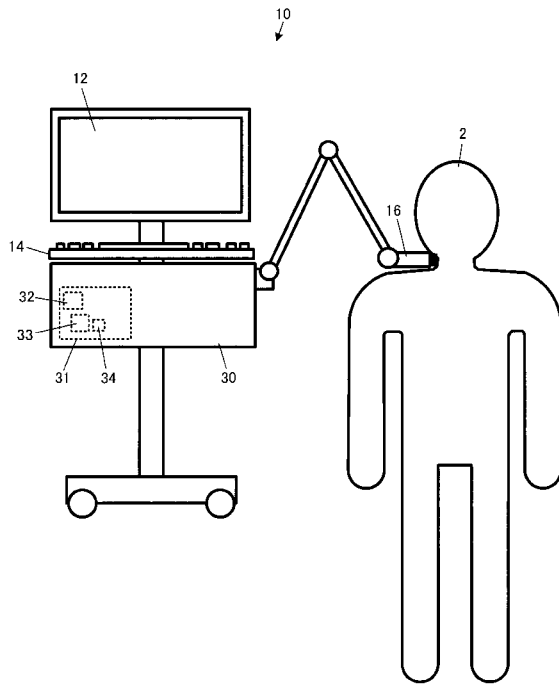
【符号の説明】

【0114】

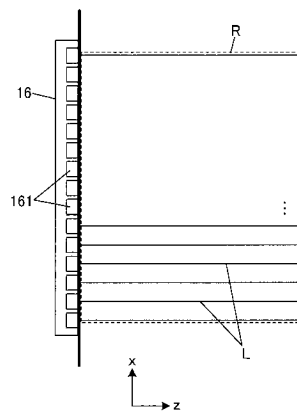
10...超音波測定装置、16...超音波プローブ、161...超音波素子、20...超音波測定部、30...処理装置、310...操作入力部、330...表示部、350...通信部、370...演算処理部、371...超音波測定制御部、400...受信信号処理部、410...ベースバンド信号取得部、420...差分検出部、430...受信BF処理部、440...反射率残差分分布算出部、441...高反射条件設定部、443...限界閾値条件判定部、450...反射率分布データ更新部、460...受信波推定部、470...超音波画像生成部、500...記憶部、510...超音波測定プログラム、520...受信波データ、530...推定受信波データ、540...反射率分布データ、550...超音波画像データ、2...被検体

30

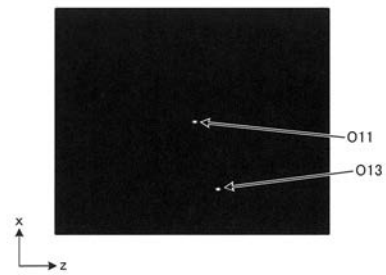
【図 1】



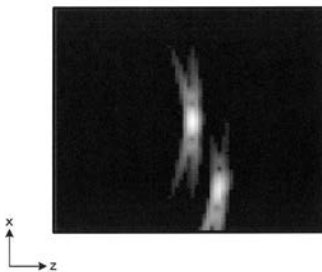
【図 2】



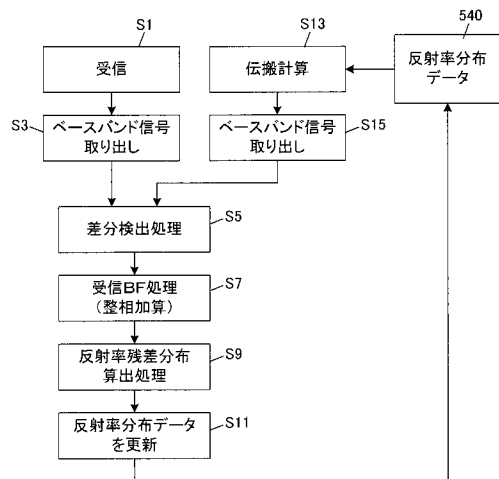
【図 3】



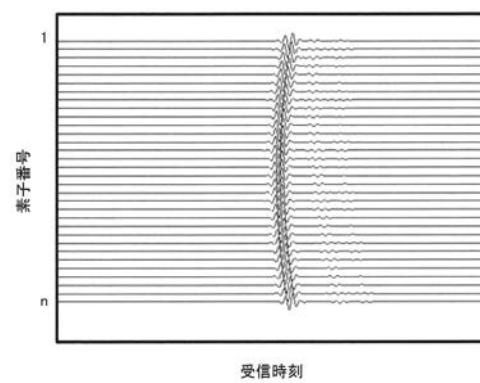
【図 4】



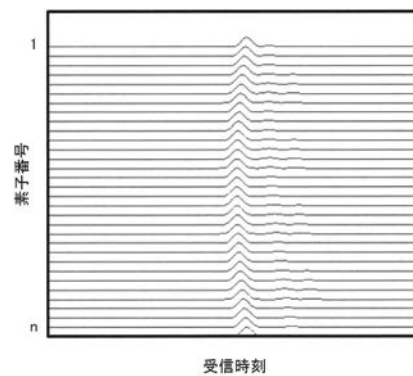
【図 5】



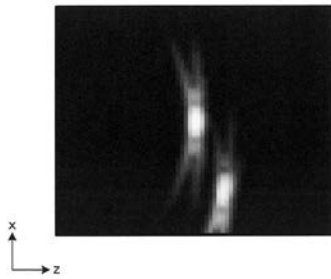
【図 6】



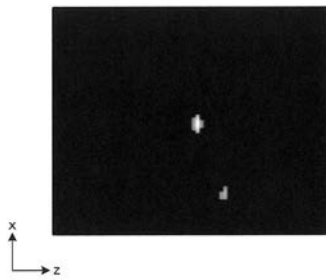
【図 7】



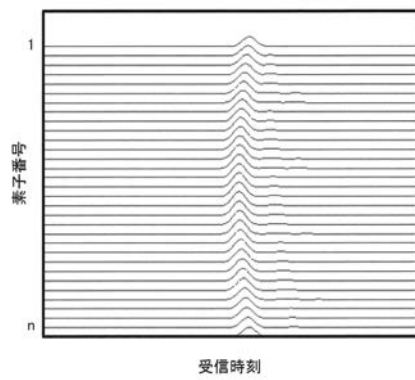
【図 8】



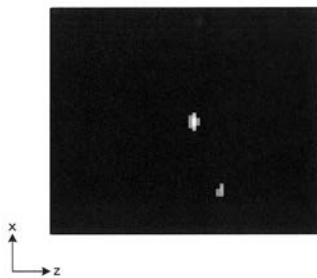
【図 9】



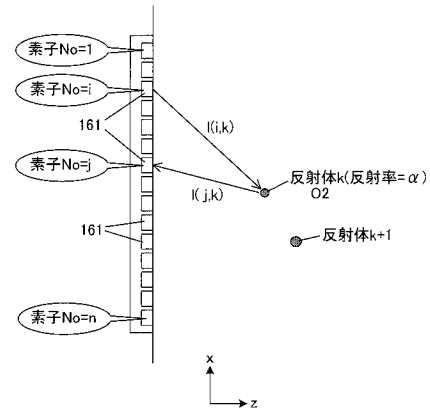
【図 12】



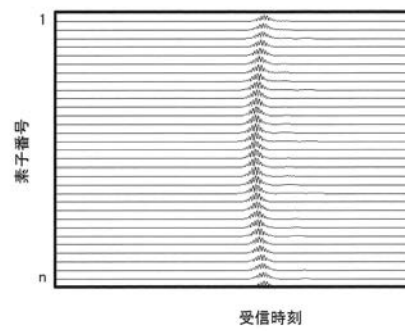
【図 13】



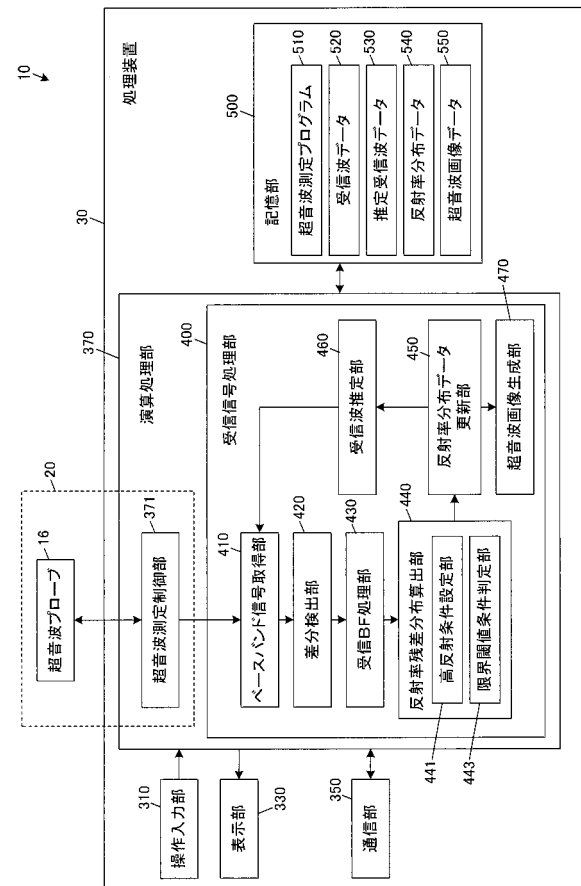
【図 10】



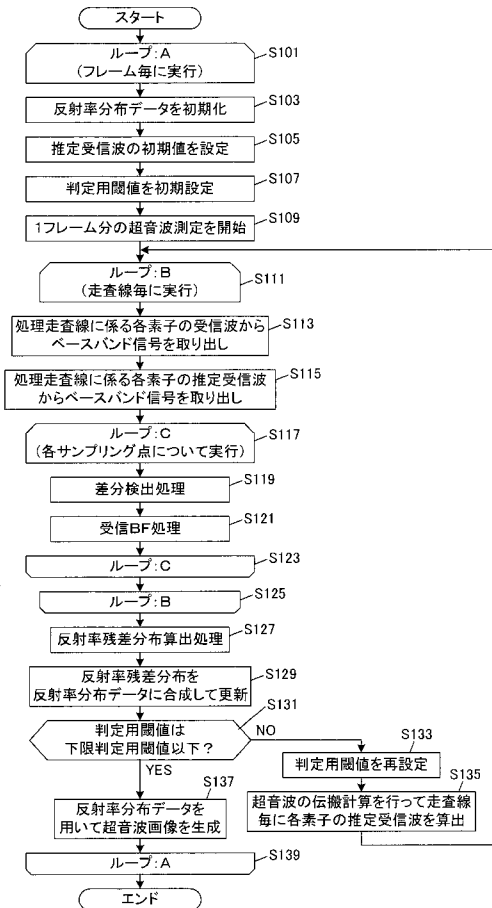
【図 11】



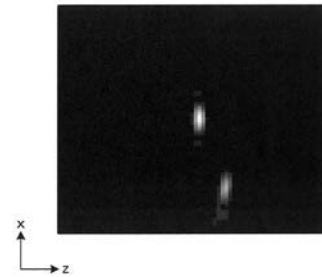
【図 14】



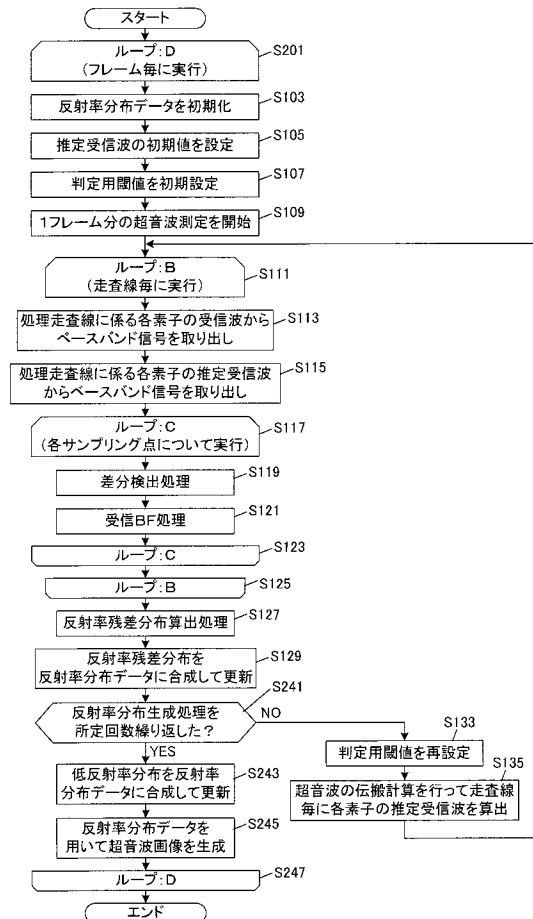
【図 15】



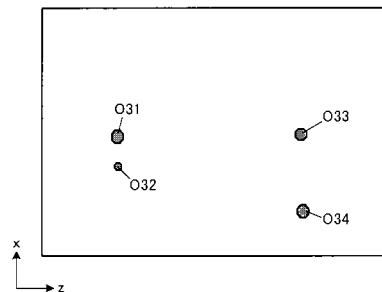
【図 16】



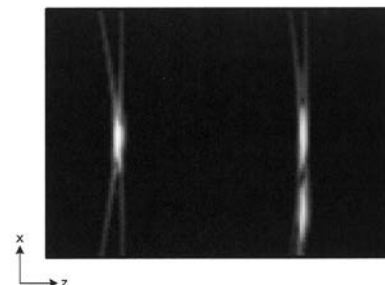
【図 17】



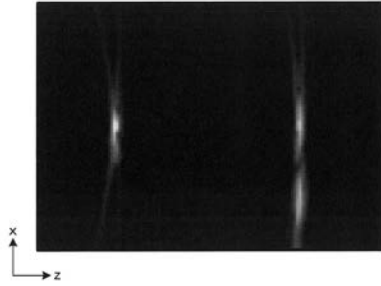
【図 18】



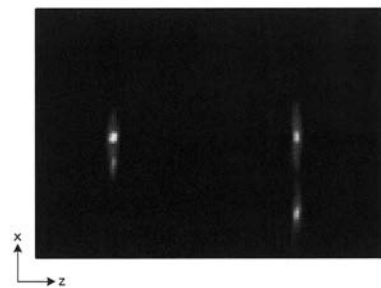
【図 19】



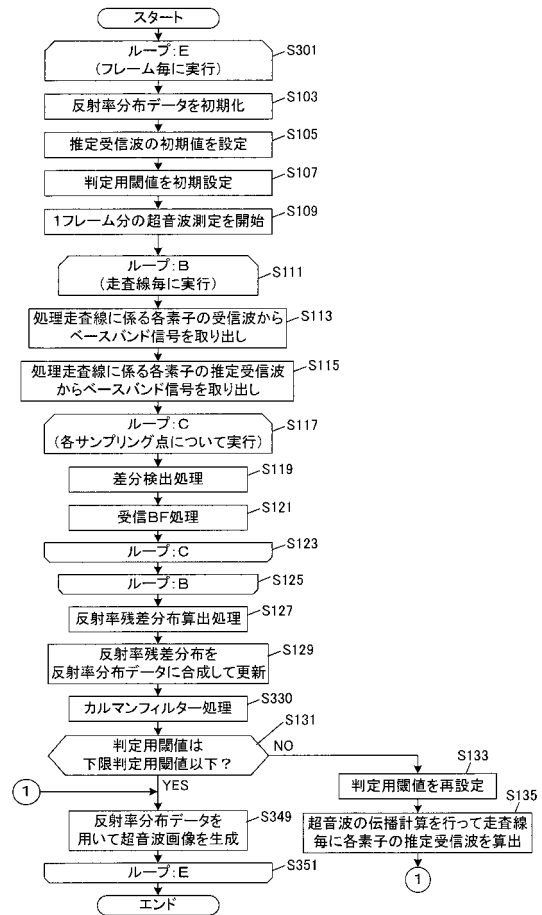
【図 20】



【図 21】



【図 22】



专利名称(译)	超声波测量装置及超声波测量装置的控制方法		
公开(公告)号	JP2018108141A	公开(公告)日	2018-07-12
申请号	JP2016256448	申请日	2016-12-28
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	村上誠		
发明人	村上 誠		
IPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/HH29 4C601/JB36 4C601/JB45 4C601/JB51		
代理人(译)	黑田靖 井上 一		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：有效减少超声图像中出现的伪影。 解决方案：超声诊断设备包括用于发送和接收超声波的探头，以及用于对探头的接收信号进行算术处理的算术处理单元，其中，算术处理单元执行超声波到目标区域的给定反射率分布的传播，反射率分布数据更新部分，用于根据接收信号和估计的接收信号之间的差异更新反射率分布，反射率分布数据更新部分，用于更新反射率分布并且，超声波图像生成单元通过使用接收波估计单元和反射率分布数据更新单元的更新来生成目标区域的超声波图像，它是。 .The 14

