

(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2018-110784
(P2018-110784A)

(43) 公開日 平成30年7月19日(2018.7.19)

(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 15 O L (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2017-4351 (P2017-4351)
(22) 出願日 平成29年1月13日 (2017.1.13)

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 110001900
特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
(72) 発明者 津島 峰生
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
Fターム(参考) 4C601 EE01 EE03 EE22 HH38 JB03

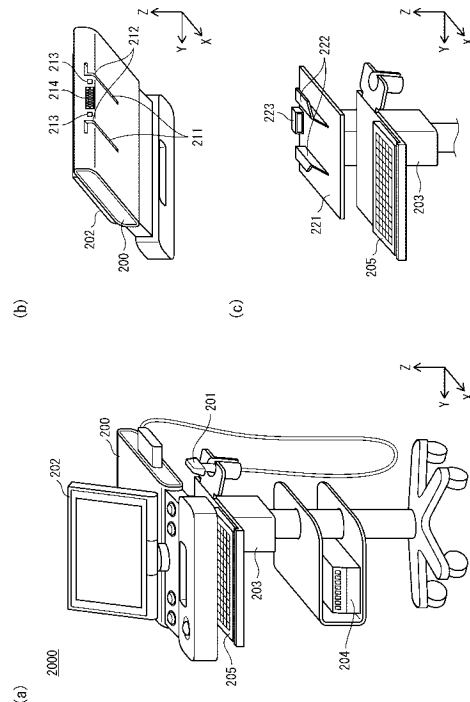
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、および、その制御方法

(57) 【要約】

【課題】集束型の送信ビームフォーミングを用いた合成開口法を行う超音波診断装置であって、必要な演算能力に応じて構成及び処理内容を変更することのできる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】少なくとも対象領域の一部を含む第1対象領域内の複数の観測点について、受信信号列を整相加算し第1音響線信号を生成する第1整相加算部と、第1音響線信号に基づいてパラメータを算出するパラメータ算出部と、対象領域の全部または一部である第2対象領域内の複数の観測点について、パラメータに基づき、受信信号列を整相加算しサブフレーム音響線信号を生成する第2整相加算部と、サブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する合成部と、第1音響線信号とフレーム音響線信号のいずれに基づいて超音波画像を生成するかを決定する制御部と、超音波画像を生成する超音波画像生成部とを備える超音波診断装置。

【選択図】図24



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に集束型の超音波ビームを送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波して受信信号列を生成し、前記受信信号列に基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、

超音波ビームの集束位置を規定するフォーカス点を送信イベントごとに変更しながら、送信イベントごとに、前記超音波プローブに列設された複数の振動子から送信振動子列を選択して当該送信振動子列から被検体内の対象領域に超音波ビームを送信させる送信部と、

各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記対象領域から受波した反射超音波に基づいて、振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、

前記送信イベントごとに、少なくとも前記対象領域の一部を含む第 1 対象領域内の複数の観測点について、前記受信信号列を整相加算し第 1 音響線信号を生成する第 1 整相加算部と、

前記第 1 音響線信号に基づいて、サブフレーム音響線信号を生成するためのパラメータを算出するパラメータ算出部と、

前記対象領域の全部または一部である第 2 対象領域内の複数の観測点について、前記パラメータに基づき、前記受信信号列を整相加算しサブフレーム音響線信号を生成する第 2 整相加算部と、

前記サブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する合成部と、

前記第 1 音響線信号と前記フレーム音響線信号のいずれに基づいて超音波画像を生成するかを決定する制御部と、

前記制御部の決定に基づき、前記第 1 音響線信号と前記フレーム音響線信号のいずれか一方から超音波画像を生成する超音波画像生成部と

を含む超音波信号処理回路を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記超音波信号処理回路は、少なくとも前記第 1 整相加算部と前記パラメータ算出部と前記制御部とを含む第 1 回路と、少なくとも前記第 2 整相加算部と前記合成部とを含む第 2 回路とを含み、

前記第 2 回路は前記第 1 回路に対して脱着可能に構成され、

前記制御部は、前記第 2 回路が前記第 1 回路に接続されているときは、前記フレーム音響線信号に基づいて超音波画像を生成すると決定し、前記第 2 回路が前記第 1 回路から切り離されているときは、前記第 1 音響線信号に基づいて超音波画像を生成すると決定する請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記パラメータ算出部は、前記第 1 音響線信号に基づいて前記被検体内の動きを検出し、

前記制御部は、被検体内の動きが大きいほど、前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向における第 2 対象領域の幅が小さくなるように、前記第 2 整相加算部に指示することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記パラメータ算出部は、前記第 1 音響線信号から生成したフレーム音響線信号と、他のフレームにおける第 1 音響線信号から生成したフレーム音響線信号とから、前記被検体内の動きを検出する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記第 1 整相加算部は、整相加算に用いる被検体内の超音波速度について複数の推定値を保持しており、前記送信イベントごとに、同一の第 1 対象領域に対して、前記複数の推定値のそれぞれを用いて、複数の第 1 音響線信号を生成し、

10

20

30

40

50

前記パラメータ算出部は、前記複数の第 1 音響線信号に基づいて、被検体内の超音波速度を推定し、

前記制御部は、前記パラメータ算出部が推定した被検体内の超音波速度を用いて整相加算を行うよう、第 2 整相加算部に指示する

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記パラメータ算出部は、第 1 対象領域が同一で超音波速度の推定値が異なる、複数の第 1 音響線信号のそれぞれに対して、信号の値の分散を算出し、

算出した分散が最も大きい第 1 音響線信号に対応する推定値を、被検体内の超音波速度であると推定する

ことを特徴とする請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記パラメータ算出部は、前記第 1 音響線信号における、観測点の深さと信号の S / N 比との関係を算出して、観測点の深さに応じた増幅率を決定し、

前記制御部は、前記パラメータ算出部が決定した、観測点の深さに応じた増幅率を用いて、第 2 音響線信号に重みづけを行うよう、第 2 整相加算部に指示する

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記第 1 整相加算部は、観測点の深さに対する信号増幅率について複数のプロファイルを保持しており、前記送信イベントごとに、同一の第 1 対象領域に対して、前記複数のプロファイルのそれぞれを用いて、複数の第 1 音響線信号を生成し、

前記パラメータ算出部は、前記第 1 音響線信号における、観測点の深さに対する信号の S / N 比の分散が最も小さいプロファイルを、観測点の深さに応じた増幅率として決定する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記第 2 整相加算部は、送信された超音波が各観測点に到達する送信時間を、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ以上である場合には、送信された超音波が前記送信振動子列から前記フォーカス点に到達するまでの第 1 時間と、前記基準点から前記観測点に到達する第 2 時間との合計を送信時間として算出し、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ未満である場合には、前記第 1 時間から前記第 2 時間を減算した結果を送信時間として算出する

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記画像生成部は、前記第 1 音響線信号からフレーム音響線信号を生成する第 1 音響線信号合成部を備え、

前記第 1 対象領域は、前記フォーカス点を通過し、全域が前記対象領域内に含まれる直線状の領域であり、

前記第 1 整相加算部は、前記送信振動子列に含まれる振動子のそれぞれに対応する受信信号列に対して、観測点と前記フォーカス点との距離と、前記フォーカス点と振動子との距離とをそれぞれ被検体内の超音波速度で除算した値に基づく遅延処理を含む整相加算を行って前記第 1 音響線信号を生成し、

前記画像生成部は、前記第 1 音響線信号から超音波画像を生成する場合、前記第 1 音響線信号合成部が生成したフレーム音響線信号から超音波画像を生成する

ことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記第 1 整相加算部は、送信された超音波が各観測点に到達する送信時間を、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ以上である場合には、送信された超音波が前記送信振動子列から前記フォーカス点に到達するまでの第 1 時間と、前記基準点から前記観測点に到達する第 2 時間との合計を送信時間として算出し、前記観測点

10

20

30

40

50

の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ未満である場合には、前記第 1 時間から前記第 2 時間を減算した結果を送信時間として算出する

ことを特徴とする請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記第 1 整相加算部は、各観測点からの反射波が各振動子に到達する受信時間を、前記観測点から前記観測点に最近接する振動子に到達するまでの時間を、前記観測点に最近接する振動子に対応する受信時間として算出し、超音波が前記フォーカス点から振動子に到達するまでの時間と前記フォーカス点から前記観測点に最近接する振動子に到達するまでの時間との差を、前記観測点に最近接する振動子に対応する受信時間に加算することで、当該振動子に対応する受信時間として算出する

10

ことを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の超音波診断装置。

【請求項 13】

前記第 1 音響線信号合成部は、前記送信イベントごとに、前記対象領域内の各観測点について、前記フォーカス点との距離が当該観測点と同一であり前記直線上に存在する観測点の前記第 1 音響線信号を割り当てて当該観測点の音響線信号とすることで、サブフレーム音響線信号を生成し、生成した複数のサブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する

ことを特徴とする請求項 10 から 12 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 14】

前記第 1 対象領域は、前記フォーカス点またはその近傍を通過し、前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向に直交する 1 以上の直線からなり、

20

前記第 1 整相加算部は、観測点の深さを被検体内の超音波速度で除算した値を送信時間、観測点から振動子までの距離を被検体内の超音波速度で除算した値を受信時間として整相加算を行い、前記第 1 音響線信号を生成し、

前記画像生成部は、前記第 1 音響線信号から超音波画像を生成する場合、前記第 1 整相加算部が生成した複数の第 1 音響線信号から超音波画像を生成する

ことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 15】

複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に集束型の超音波ビームを送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波して受信信号列を生成し、前記受信信号列に基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、

30

超音波ビームの集束位置を規定するフォーカス点を送信イベントごとに変更しながら、送信イベントごとに、前記超音波プローブに列設された複数の振動子から送信振動子列を選択して当該送信振動子列から被検体内の対象領域に超音波ビームを送信させる送信部と、

各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記対象領域から受波した反射超音波に基づいて、振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、

前記送信イベントごとに、少なくとも前記対象領域の一部を含む第 1 対象領域内の複数の観測点について、前記受信信号列を整相加算し第 1 音響線信号を生成する第 1 整相加算部と、

40

前記第 1 音響線信号に基づいて、サブフレーム音響線信号を生成するためのパラメータを算出するパラメータ算出部と、

前記第 1 音響線信号から超音波画像を生成する超音波画像生成部と、
制御部と

を含む超音波信号処理回路を備え、

前記対象領域の全部または一部である第 2 対象領域内の複数の観測点について、前記パラメータに基づき、前記受信信号列を整相加算しサブフレーム音響線信号を生成する第 2 整相加算部と、

前記サブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する合成部と

50

を含む演算回路が前記超音波信号処理回路に対して着脱可能に構成され、

前記制御部は、前記演算回路が前記超音波信号処理回路に接続されているとき、前記超音波画像生成部に、前記第1音響線信号に替えて前記フレーム音響線信号から超音波画像を生成させる

ことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波診断装置に関し、特に、超音波診断装置における送受信ビームフォーミング処理方法、制御方法、および装置システム構成に関する。

10

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波プローブ（以後、「プローブ」とする）により被検体内部に超音波を送信し、被検体組織の音響インピーダンスの差異により生じる超音波反射波（エコー）を受信する。さらに、この受信から得た電気信号に基づいて、被検体の内部組織の構造を示す超音波断層画像を生成して表示するものである。超音波診断装置は、被検体への侵襲が少なく、リアルタイムに体内組織の状態を断層画像などで観察できるため、生体の形態診断に広く用いられている。

【0003】

従来、受信した反射超音波に基づく信号の受信ビームフォーミング方法として、一般的に整相加算法と呼ばれる方法が使用されている（例えば、非特許文献1）。この方法では、一般に、被検体への超音波送信が行われる際、被検体のある深さで超音波ビームがフォーカスを結ぶよう送信ビームフォーミングがなされる。また、送信超音波ビームの中心軸上またはその近傍に観測点を設定する。そのため、超音波主照射領域の面積に比べて観測点数が少なく超音波の利用効率が悪い。また、観測点が送信フォーカス点近傍から離れた位置にある場合には、得られる音響線信号の空間分解能及び信号S/N比が低くなる課題も有している。なお、超音波主照射領域とは、超音波ビームが伝播する領域を指す。

20

【0004】

これに対して、合成開口法(Synthetic Aperture Method)により、送信フォーカス点近傍以外の領域においても空間分解能の高い、高画質な画像を得る受信ビームフォーミング方法が考案されている（例えば、非特許文献2）。この方法によれば、超音波送信波の伝播経路と、その伝播経路による反射波の振動子への到達時間の両方を加味した遅延制御を行うことで、送信フォーカス点近傍以外に位置する超音波主照射領域からの反射超音波も反映した受信ビームフォーミングを行うことができる。その結果、送信超音波ビームの中心軸のみならず超音波主照射領域全体に対して音響線信号（受信ビームフォーミングにより生成される、観測点からの反射超音波に基づく信号）を生成することができる。また、合成開口法では、複数の送信イベントから得た同一観測点に対する複数の受信信号をもとに仮想的に送信フォーカスを合わせることで、非特許文献1記載の受信ビームフォーミング方法と比較して、空間分解能及びS/N比の高い超音波画像を得ることが可能となる。

30

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特表2008-536578号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】伊東正安、望月剛共著「超音波診断装置」コロナ社出版、2002年8月26日（P42 - P45）

【非特許文献2】"Virtual ultrasound sources in high resolution ultrasound imaging", S.I.Nikolov and J.A.Jensen, in Proc, SPIE - Progress in biomedical optics and imaging, vol. 3, 2002, P. 395 - 405

50

【非特許文献 3】"Synthetic Aperture Sequential Beamforming", Jacob Kortbek, et. al., IEEE Ultrasonics Symposium, 2 - 5 Nov. 2008 pp 966 - 969

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

一方で、合成開口法においては、超音波利用効率と解像度向上の観点から、1回の超音波送信イベントで音響線信号を生成する領域（以下、「対象領域」と呼ぶ）の面積が大きいことが好ましく、超音波主照射領域全域を対象領域とすることがより好ましい。しかしながら、対象領域の面積が大きくなると、その内部に存在する観測点（受信ビームフォーミングの演算対象となる場所）の数が対象領域の面積に比例して増加するため、送信と受信の遅延を考慮した整相加算の演算量が増加する。そのため、超音波主照射領域の面積が大きくなると、整相加算の演算処理を高速に行うため演算処理能力の高いハードウェアが必要となる。しかしながら、可搬型の超音波診断装置では、例えば、装置の大きさ、排熱、バッテリーによる駆動可能時間などにより、演算能力の向上について制約が生じることが少なくない。一方で、用途に応じて演算能力の異なる超音波診断装置を用いる場合、超音波診断装置の台数が増加し非効率である。

10

【0008】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、集束型の送信ビームフォーミングを用いた合成開口法を行う超音波診断装置であって、必要な演算能力に応じて構成及び処理内容を変更することのできる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】

【0009】

本発明の一態様に係る超音波診断装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に集束型の超音波ビームを送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波して受信信号列を生成し、前記受信信号列に基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、超音波ビームの集束する位置を規定するフォーカス点を送信イベントごとに変更しながら、送信イベントごとに、前記超音波プローブに列設された複数の振動子から送信振動子列を選択して当該送信振動子列から被検体内の対象領域に超音波ビームを送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記対象領域から受波した反射超音波に基づいて、振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、前記送信イベントごとに、少なくとも前記対象領域の一部を含む第1対象領域内の複数の観測点について、前記受信信号列を整相加算し第1音響線信号を生成する第1整相加算部と、前記第1音響線信号に基づいて、サブフレーム音響線信号を生成するためのパラメータを算出するパラメータ算出部と、前記対象領域の全部または一部である第2対象領域内の複数の観測点について、前記パラメータに基づき、前記受信信号列を整相加算しサブフレーム音響線信号を生成する第2整相加算部と、前記サブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する合成部と、前記第1音響線信号と前記フレーム音響線信号のいずれに基づいて超音波画像を生成するかを決定する制御部と、前記制御部の決定に基づき、前記第1音響線信号と前記フレーム音響線信号のいずれか一方から超音波画像を生成する超音波画像生成部とを含む超音波信号処理回路を備えることを特徴とする。

30

40

【発明の効果】

【0010】

本発明の一態様に係る超音波診断装置によれば、必要な演算能力に応じて、第2整相加算部を用いる動作と、第2整相加算部を用いない動作とを切り替えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断システム1000の構成を示す機能ブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る送信ビームフォーマ部103による超音波送信波の伝播経路

50

を示す模式図である。

【図 3】実施の形態 1 に係る受信ビームフォーマ部 104 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 4】実施の形態 1 に係る第 1 整相加算部 1041 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 5】実施の形態 1 に係る対象領域 B_x と観測線 B_L 、代表点 Q_k を示す模式図である。

【図 6】(a)、(b) はいずれも、実施の形態 1 に係る、送信開口 T_x から代表点 Q_k を経由して受信振動子 R_m に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。

【図 7】受信振動子 R_m ごとの遅延時間の関係を示す模式図である。

【図 8】実施の形態 1 に係る第 2 整相加算部 1042 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 9】実施の形態 1 に係る、観測点 P_{ij} の位置と重み算出部 1247 が算出する重み数列との関係を示す模式図である。

【図 10】(a)、(b) はいずれも、実施の形態 1 に係る、送信開口 T_x から観測点 P_{ij} を経由して受信振動子 R_{ij} に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。

【図 11】(a)、(b) はいずれも、実施の形態に係る、遅延量と超音波速度との関係を示す模式図である。

【図 12】(a) は実施の形態 1 に係る第 1 合成部 1044 の、(b) は実施の形態 1 に係る第 2 合成部 1045 の、それぞれの構成を示す機能ブロック図である。

【図 13】実施の形態 1 に係る、音響線信号展開部 1341 におけるサブフレーム音響線信号生成処理を示す模式図である。

【図 14】実施の形態 1 に係る、重みづけ合成部 1342 における重みづけ合成処理と重み数列を示す模式図である。

【図 15】実施の形態 1 に係る、音響線信号における最大重畳数と、増幅処理の概要を示す模式図である。

【図 16】実施の形態 1 に係る、第 2 整相加算部 1042 を使用する場合における、受信ビームフォーマ部 104 のビームフォーミング処理を示すフローチャートである。

【図 17】実施の形態 1 に係る、線領域音響線信号の生成動作を示すフローチャートである。

【図 18】実施の形態 1 に係る、代表点 Q_k についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

【図 19】実施の形態 1 に係る、サブフレーム音響線信号の生成動作を示すフローチャートである。

【図 20】実施の形態 1 に係る、観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

【図 21】実施の形態 1 に係る、第 2 整相加算部 1042 を使用しない場合における、受信ビームフォーマ部 104 のビームフォーミング処理を示すフローチャートである。

【図 22】変形例に係る、ゲイン補正值を変更した場合の、観測点の深さと音響線信号の S/N 比の関係を示す模式図である。

【図 23】変形例に係る、対象領域 C_x の幅を変更する制御を示す模式図である。

【図 24】実施の形態 2 に係る超音波診断システム 2000、可搬本体部 200、カート 203 のそれぞれを示す模式図である。

【図 25】実施の形態 2 に係る受信ビームフォーマ部 304 の構成を示す機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

実施の形態 1

<全体構成>

以下、実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 について、図面を参照しながら説明す

10

20

30

40

50

る。

図 1 は、実施の形態 1 に係る超音波診断システム 1000 の機能ブロック図である。図 1 に示すように、超音波診断システム 1000 は、被検体に向けて超音波を送信しその反射波を受信する複数の振動子 101a を有するプローブ 101、プローブ 101 に超音波の送受信を行わせプローブ 101 からの出力信号に基づき超音波画像を生成する超音波診断装置 100、超音波画像を画面上に表示する表示部 106 を有する。プローブ 101、表示部 106 は、それぞれ、超音波診断装置 100 に各々接続可能に構成されている。図 1 は超音波診断装置 100 に、プローブ 101、表示部 106 が接続された状態を示している。なお、プローブ 101 と、表示部 106 とは、超音波診断装置 100 の内部にあってもよい。

10

【0013】

< 超音波診断装置 100 の構成 >

超音波診断装置 100 は、プローブ 101 の複数ある振動子 101a のうち送信又は受信の際に用いる振動子のそれぞれについて入出力を確保するマルチプレクサ部 102、超音波の送信を行うためにプローブ 101 の各振動子 101a に対する高電圧印加のタイミングを制御する送信ビームフォーマ部 103 と、プローブ 101 で受信した超音波の反射波に基づき、複数の振動子 101a で得られた電気信号を増幅し、A/D 変換し、受信ビームフォーミングして音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部 104 を有する。また、受信ビームフォーマ部 104 からの出力信号に基づいて超音波画像 (B モード画像) を生成する超音波画像生成部 105、受信ビームフォーマ部 104 が出力する音響線信号および超音波画像生成部 105 が出力する超音波画像を保存するデータ格納部 107 と、各構成要素を制御する制御部 108 を備える。

20

【0014】

このうち、マルチプレクサ部 102、送信ビームフォーマ部 103、受信ビームフォーマ部 104、超音波画像生成部 105 は、超音波信号処理装置 150 を構成する。

超音波診断装置 100 を構成する、マルチプレクサ部 102、送信ビームフォーマ部 103、超音波画像生成部 105、制御部 108 は、それぞれ、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェア回路により実現される。あるいは、CPU (Central Processing Unit) に代表されるプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。なお、受信ビームフォーマ部 104 については後述する。

30

【0015】

データ格納部 107 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、光学ディスク、半導体メモリ等を用いることができる。また、データ格納部 107 は、超音波診断装置 100 に外部から接続された記憶装置であってもよい。

40

なお、本実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 は、図 1 で示した構成の超音波診断装置に限定されない。例えば、マルチプレクサ部 102 がなく、送信ビームフォーマ部 103 と受信ビームフォーマ部 104 とが直接、プローブ 101 の各振動子 101a に接続されていてもよい。また、プローブ 101 に送信ビームフォーマ部 103 や受信ビームフォーマ部 104、またその一部などが内蔵される構成であってもよい。これは、本実施の形態に係る超音波診断装置 100 に限られず、後に説明する他の実施の形態や変形例に係る超音波診断装置でも同様である。

【0016】

< 超音波診断装置 100 の主要部の構成 >

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 は、プローブ 101 の各振動子 101a から

50

超音波ビームの送信を行わせる送信ビームフォーマ部103と、プローブ101において超音波反射波の受信から得た電気信号をA/D変換し演算して超音波画像を生成するための音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部104に特徴を有する。そのため、本明細書では、主に、送信ビームフォーマ部103及び受信ビームフォーマ部104について、その構成及び機能を説明する。なお、送信ビームフォーマ部103及び受信ビームフォーマ部104以外の構成については、公知の超音波診断装置に使われるものと同じ構成を適用可能であり、公知の超音波診断装置のビームフォーマ部に本実施の形態に係るビームフォーマ部を置き換えて使用することが可能である。

【0017】

以下、送信ビームフォーマ部103と、受信ビームフォーマ部104の構成について説明する。

1. 送信ビームフォーマ部103

送信ビームフォーマ部103は、マルチプレクサ部102を介してプローブ101と接続され、プローブ101から超音波の送信を行うためにプローブ101に存する複数の振動子101aの全てもしくは一部に当たる送信振動子列からなる送信開口Txに含まれる複数の振動子の各々に対する高電圧印加のタイミングを制御する。送信ビームフォーマ部103は送信部1031から構成される。

【0018】

送信部1031は、制御部108からの送信制御信号に基づき、プローブ101に存する複数の振動子101a中、送信開口Txに含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるためのパルス状の送信信号を供給する送信処理を行う。具体的には、送信部1031は、例えば、クロック発生回路、パルス発生回路、遅延回路を備えている。クロック発生回路は、超音波ビームの送信タイミングを決定するクロック信号を発生させる回路である。パルス発生回路は、各振動子を駆動するパルス信号を発生させるための回路である。遅延回路は、超音波ビームの送信タイミングを振動子毎に遅延時間を設定し、遅延時間だけ超音波ビームの送信を遅延させて超音波ビームのフォーカシングを行うための回路である。

【0019】

送信部1031は、超音波送信ごとに送信開口Txを列方向に移動ピッチMpだけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ101に存する全ての振動子101aから超音波送信を行う。本実施の形態では、移動ピッチMpを振動子1つ分とし、超音波送信ごとに、送信開口Txが振動子1つ分ずつ移動していく。なお、移動ピッチMpは振動子1つ分に限られず、例えば、振動子0.5個分としてもよい。送信開口Txに含まれる振動子の位置を示す情報は制御部108を介してデータ格納部107に出力される。例えば、プローブ101に存する振動子101a全数を192としたとき、送信開口Txを構成する振動子列の数として、例えば20~128を選択してもよく、超音波送信毎に振動子1つ分だけ移動させる構成としてもよい。以後、送信部1031により同一の送信開口Txから行われる超音波送信を「送信イベント」と称呼する。

【0020】

図2は、送信ビームフォーマ部103による超音波送信波の伝播経路を示す模式図である。ある送信イベントにおいて、超音波送信に寄与するアレイ状に配列された振動子101aの列(送信振動子列)を送信開口Txとして図示している。また、送信開口Txの列長を送信開口長と呼ぶ。

送信ビームフォーマ部103において、送信開口Txの中心に位置する振動子ほど送信タイミングを遅らせるように各振動子の送信タイミングを制御する。これにより、送信開口Tx内の振動子列から送信された超音波送信波は、被検体のある深度(Focal depth)において、波面がある一点、すなわち送信フォーカス点F(Focal point)で、フォーカスがあう(集束する)状態となる。送信フォーカス点Fの深さ(Focal depth)(以下、「フォーカス深さ」とする)は、任意に設定することができる。ここで、フォーカス深さは、超音波送信波が振動子の並ぶ方向(図2におけるx方向)に最も集束する深さ、すなわち、超音波ビームのx方向における幅が最も狭まるy

10

20

30

40

50

方向の深さである。送信フォーカス点Fは、フォーカス深さにおける超音波ビームのx方向における中心位置である。但し、1フレームに係る複数の送信イベント中ではフォーカス深さは一定とする。すなわち、1フレームに係る複数の送信イベントにおいて、送信開口Txと送信フォーカス点Fとの相対的な関係は変化しない。送信フォーカス点Fで合焦した波面は、再び拡散し、送信開口Txを底とし送信フォーカス点Fを節とする交差する2つの直線で区切られた砂時計型の空間内を超音波送信波が伝播する。すなわち、送信開口Txで放射された超音波は、次第にその空間上での幅(図中の横軸方向)を小さくし、送信フォーカス点Fでその幅を最小化し、それよりも深部(図中では上部)に進行するにしたがって、再び、その幅を大きくしながら拡散し、伝播することとなる。この砂時計型の領域が超音波主照射領域Axである。なお、上述したように、超音波主照射領域Axは、1点の送信フォーカス点Fの近傍に集束するように超音波送信波を送信してもよい。

10

【0021】

2. 受信ビームフォーマ部104の構成

受信ビームフォーマ部104は、プローブ101で受信した超音波の反射波に基づき、複数の振動子101aで得られた電気信号から音響線信号を生成する。なお、「音響線信号」とは、ある観測点に対する、整相加算処理がされた後の信号である。整相加算処理については後述する。図3は、受信ビームフォーマ部104の構成を示す機能ブロック図である。図3に示すように、受信ビームフォーマ部104は、受信部1040、第1整相加算部1041、第2整相加算部1042、パラメータ算出部1043、第1合成部1044、第2合成部1045、出力部1046を備える。

20

【0022】

このうち、第2整相加算部1042、第2合成部1045は、高機能演算回路1047を構成する。

高機能演算回路1047は、例えば、プロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される。プロセッサとしては、CPUやGPU(Graphics Processing Unit)を用いることができ、GPUを用いる構成はGPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Unit)と呼ばれる。また、受信ビームフォーマ部104のうち高機能演算回路1047を除く各要素、すなわち、受信部1040、第1整相加算部1041、パラメータ算出部1043、第1合成部1044、出力部1046は、例えば、FPGA(Field Programmable Gate Array)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)などのハードウェア回路、あるいは、プロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される。なお、第2整相加算部1042、第2合成部1045は、それぞれ、第1整相加算部1041、第1合成部1044より高い演算能力を備えている。

30

【0023】

以下、受信ビームフォーマ部104を構成する各部の構成について説明する。

(1) 受信部1040

受信部1040は、マルチプレクサ部102を介してプローブ101と接続され、送信イベントに同期してプローブ101での超音波反射波の受信から得た電気信号を増幅した後AD変換した受信信号(RF信号)を生成する回路である。送信イベントの順に時系列に受信信号を生成しデータ格納部107に出力し、データ格納部107に受信信号を一時的に保存する。

40

【0024】

ここで、受信信号(RF信号)とは、各振動子にて受信された反射超音波から変換された電気信号をA/D変換したデジタル信号であり、各振動子にて受信された超音波の送信方向(被検体の深さ方向)に連なった信号の列を形成している。

送信イベントでは、上述のとおり、送信部1031は、プローブ101に存する複数の振動子101a中、送信開口Txに含まれる複数の振動子の各々に超音波ビームを送信させる。これに対し、受信部1040は、送信イベントに同期してプローブ101に存する

50

複数の振動子 101a の一部又は全部にあたる振動子（以下、「受波振動子」という）の各々が得た反射超音波に基づいて、各振動子に対する受信信号の列を生成する。受波振動子の数は、送信開口 Tx に含まれる振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子の数はプローブ 101 に存する振動子 101a の全数としてもよい。

【0025】

送信部 1031 は、送信イベントに同期して送信開口 Tx を列方向に移動ピッチ Mp だけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ 101 に存する複数の振動子 101a 全体から超音波送信を行う。受信部 1040 は、送信イベントに同期して各受波振動子に対する受信信号の列を生成し、生成された受信信号はデータ格納部 107 に保存される。

(2) 第 1 整相加算部 1041

第 1 整相加算部 1041 は、送信イベントに同期して、被検体においてサブフレーム音響線信号の生成を行う対象領域 Bx を設定する。次に、対象領域 Bx 内に、送信フォーカス点 F を通過する観測線 BL を設定する。本実施の形態では、観測線 BL は送信フォーカス点 F と送信開口 Tx の中心線とを通過する直線であり、振動子列に直交している。なお、観測線 BL は送信フォーカス点 F と送信開口 Tx 内の任意の点を通過していればよく、上述の場合に限られない。次に、観測線 BL 上に存在する複数の代表点 Qk の各々について、代表点 Qk から各受信振動子 Rm が受信した受信信号列を整相加算する。そして、各代表点 Qk における音響線信号の列を算出することにより線領域音響線信号を生成する回路である。図 4 は、第 1 整相加算部 1041 の構成を示す機能ブロック図である。図 4 に示すように、第 1 整相加算部 1041 は、対象領域設定部 1141、送信時間算出部 1142、受信時間算出部 1143、遅延量算出部 1144、遅延処理部 1145、重み算出部 1146、及び加算部 1147 を備える。

【0026】

以下、第 1 整相加算部 1041 を構成する各部の構成について説明する。

i) 対象領域設定部 1141

対象領域設定部 1141 は、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う対象領域 Bx を設定する。「対象領域」とは、送信イベントに同期して被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成が行われるべき信号上の領域である。すなわち、対象領域 Bx は、音響線信号の生成が行われる観測対象点の集合として、1 回の送信イベントに同期して計算の便宜上設定される。ここで、「サブフレーム音響線信号」とは、1 回の送信イベントから生成される対象領域 Bx 内に存在する全ての観測点に対する音響線信号の集合である。「サブフレーム」とは、1 回の送信イベントで得られ、対象領域 Bx 内に存在する全ての観測点に対応するまとまった信号を形成する単位を指し、取得時間の異なる複数のサブフレームを合成したものがフレームとなる。

【0027】

対象領域設定部 1141 は、送信イベントに同期して、送信ビームフォーマ部 103 から取得する送信開口 Tx の位置を示す情報に基づき対象領域 Bx を設定する。

図 5 は、対象領域 Bx を示す模式図である。図 5 に示すように、対象領域 Bx は、超音波主照射領域 Ax 内に存在する任意の領域であり、本実施の形態では、超音波主照射領域 Ax の全域である。

【0028】

さらに、対象領域設定部 1141 は、対象領域 Bx の内部に、線領域音響線信号の生成を行う対象線 BL を設定する。本実施の形態では、対象線 BL は、フォーカス点 F またはその近傍を通過する直線である。なお、上述したように、対象線 BL はフォーカス点 F またはその近傍と、送信開口 Tx 上の任意の点とを通過する直線上の領域であればよい。そして、この対象線 BL 上に設定される代表点 Qk に対し、線領域音響線信号が生成される。なお、受信開口は、送信開口 Tx をそのまま用いる。

【0029】

設定された対象領域 Bx は制御部 103 に出力され、対象線 BL、および、送信ビームフォーマ部 103 から取得した送信開口 Tx は、送信時間算出部 1142、受信時間算出

10

20

30

40

50

部 1 1 4 3、遅延処理部 1 1 4 5、重み算出部 1 1 4 6 に出力される。

i i) 送信時間算出部 1 1 4 2

送信時間算出部 1 1 4 2 は、送信された超音波が被検体中の観測点 P に到達する送信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、対象領域設定部 1 1 4 1 から取得した、送信開口 T x に含まれる振動子の位置を示す情報と、対象線 B L の位置を示す情報とに基づき対象線 B L 上に存在する任意の代表点 Q k について、送信された超音波が被検体中の代表点 Q k に到達する送信時間を算出する。

【 0 0 3 0 】

図 6 は、送信開口 T x から放射され対象線 B L 上の任意の位置にある代表点 Q k において反射され送信開口 T x 内に位置する受信振動子 R m に到達する超音波の伝播経路を説明するための模式図である。なお、図 6 (a) は代表点 Q k の深さが送信フォーカス深さ以上の場合、図 6 (b) は代表点 Q k が送信フォーカス深さより浅い場合を示している。

送信開口 T x から放射された送信波は、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F にて波面が集束し、再び、拡散する。送信波が集束または拡散する途中で代表点 Q k に到達し、代表点 Q k で音響インピーダンスに変化があれば反射波を生成し、その反射波がプローブ 1 0 1 における送信開口 T x 内の受信振動子 R m に戻っていく。送信フォーカス点 F は送信ビームフォーマ部 1 0 3 の設計値として規定されているので、送信フォーカス点 F と任意の代表点 Q k との間の経路 4 0 2 の長さは幾何学的に算出することができる。

【 0 0 3 1 】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

まず、代表点 Q k の深さが送信フォーカス深さ以上の場合について、図 6 (a) を用いて説明する。この場合、送信開口 T x から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F に到達し、送信フォーカス点 F から経路 4 0 2 を通って代表点 Q k に到達したものと算出する。したがって、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間と、経路 4 0 2 を通過する時間を合算した値が、送信時間となる。具体的には、経路 4 0 1 の長さとの経路 4 0 2 の長さを加算した全経路長を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。

【 0 0 3 2 】

一方、代表点 Q k が送信フォーカス深さより浅い場合について、図 6 (b) を用いて説明する。この場合は、送信開口 T x から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F に到達する時刻と、経路 4 0 4 を通って代表点 Q k に到達した後、代表点 Q k から経路 4 0 5 を通って送信フォーカス点 F に到達する時刻とが同一であるものとして算出する。つまり、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間から、経路 4 0 5 を通過する時間を差し引いた値が、送信時間となる。具体的には、経路 4 0 1 の長さから経路 4 0 5 の長さを減算した経路長差を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。

【 0 0 3 3 】

なお、代表点 Q k が送信フォーカス深さである場合の送信時間は、代表点 Q k が送信フォーカス深さより浅い場合と同じ算出方法を用いてもよい。経路 4 0 2 の長さとの経路 4 0 5 の長さがいずれも 0 となるため、いずれの算出方法でも、経路 4 0 1 を通過する時間と一致するためである。

送信時間算出部 1 1 4 2 は、1 回の送信イベントに対し、対象線 B L 上の全ての代表点 Q k について、送信された超音波が被検体中の観測点 Q k に到達する送信時間を算出して遅延量算出部 1 1 4 4 に出力する。また、送信時間算出部 1 1 4 2 は、1 回の送信イベントに対し、対象線 B L 上の全ての代表点 Q k について、経路 4 0 2 または経路 4 0 5 の長さを、受信時間算出部 1 1 4 3 に出力する。

【 0 0 3 4 】

i i i) 受信時間算出部 1 1 4 3

受信時間算出部 1 1 4 3 は、代表点 Q からの反射波が、送信開口 T x に含まれる受信振動子 R m の各々に到達する受信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、対

10

20

30

40

50

象領域設定部 1 1 4 1 から取得した受信振動子 R_k の位置を示す情報と、対象線 B_L の位置を示す情報とに基づき対象線 B_L 上に存在する任意の代表点 Q_k について、送信された超音波が被検体中の代表点 Q_k で反射され送信開口 T_x の各受信振動子 R_m に到達する受信時間を算出する。

【 0 0 3 5 】

上述のとおり、代表点 Q_k に到達した送信波は、代表点 Q_k で音響インピーダンスに変化があれば反射波を生成し、その反射波がプローブ 1 0 1 における送信開口 T_x 内の各受信振動子 R_m に戻っていく。このとき、受信時間算出部 1 1 4 3 は、送信超音波ビームと同様、送信フォーカス点 F を基準として代表点 Q_k から受信振動子 R_m までの経路を算出する。

10

【 0 0 3 6 】

受信時間の算出方法について、まず、図 6 を用いて概念を説明する。但し、算出に当たっては、後述するように、単純化を行うことができる。

まず、代表点 Q_k の深さが送信フォーカス深さ以上の場合について、図 6 (a) を用いて説明する。この場合は、代表点 Q_k が反射した反射波が、経路 4 0 2 を通って送信フォーカス点 F に到達し、送信フォーカス点 F から経路 4 0 3 を通って受信振動子 R_m に到達したものと算出する。したがって、経路 4 0 2 を通過する時間と、経路 4 0 3 を通過する時間を合算した値が、受信時間となる。

【 0 0 3 7 】

一方、代表点 Q_k が送信フォーカス深さより浅い場合について、図 6 (b) を用いて説明する。この場合は、送信フォーカス点 F が反射した反射波が、経路 4 0 5 を通って代表点 Q_k に到達した後経路 4 0 6 を通って受信振動子 R_m に到達する時刻と、経路 4 0 3 を通って直接受信振動子 R_m に到達する時刻とが同一であるものとして算出する。つまり、代表点 Q_k が反射した反射波が受信振動子 R_m に到達する時間は、送信フォーカス点 F が反射した反射波が経路 4 0 3 を通って受信振動子 R_m に到達する時間より、経路 4 0 5 の通過に必要な時間だけ短い、とする。したがって、経路 4 0 3 を通過する時間から経路 4 0 5 を通過する時間を差し引いた値が、受信時間となる。

20

【 0 0 3 8 】

ここで、代表点 Q_k ごとの経路 4 0 2 または経路 4 0 5 の長さは、送信時間算出部 1 1 4 2 が送信時間の一部として算出する代表点 Q_k ごとの経路 4 0 2 または経路 4 0 5 の長さと同じとなる。そのため、本実施の形態では、送信時間算出部 1 1 4 2 が算出した代表点 Q_k ごとの経路 4 0 2 または経路 4 0 5 の長さを、受信時間の算出に用いる。また、経路 4 0 3 の長さは送信フォーカス点 F と受信振動子 R_m との位置関係のみに依存する。言い換えると、同一の代表点 Q に対する 2 つの受信振動子 R_{m_1} 、 R_{m_2} における受信時間の差は、代表点の位置には全く依存しない。すなわち、同一の代表点 Q に対する 2 つの受信振動子 R_{m_1} 、 R_{m_2} における受信時間の差は、代表点 Q_{k_1} に対しても、代表点 Q_{k_2} に対しても、代表点 Q_{k_3} に対しても、一定となる。

30

【 0 0 3 9 】

以下、図 7 を用いてより詳細に説明する。経路 4 0 3 の長さは、受信振動子 R_m と送信フォーカス点 F との位置関係によって定まる。受信振動子 R_m の受信時間と送信開口 T_x の中心に位置する受信振動子 R_c の受信時間との差は、送信フォーカス点 F を中心として受信振動子 R_c に接する円弧 4 1 0 と、受信振動子 R_m との距離 4 1 2 を超音波が伝播するのに要する時間である。

40

【 0 0 4 0 】

したがって、受信時間算出部 1 1 4 3 は、受信振動子 R_c の経路 4 0 3 の長さに対応する経路 4 0 1 の長さと、送信時間算出部 1 1 4 2 が算出した代表点 Q_k ごとの経路 4 0 2 または経路 4 0 5 の長さをを用いて、受信振動子 R_c に対する代表点 Q_k ごとの受信時間を算出する。さらに、受信振動子 R_m ごとの距離 4 1 2 を超音波の伝播速度で除することで、受信振動子 R_m ごとの受信振動子 R_c に対する受信時間差を算出する。そして、受信振動子 R_c に対する代表点 Q_k ごとの受信時間と、受信振動子 R_m ごとの受信振動子 R_c

50

に対する受信時間差を、遅延量算出部 1 1 4 4 に出力する。

【 0 0 4 1 】

i v) 遅延量算出部 1 1 4 4

遅延量算出部 1 1 4 4 は、送信時間と受信時間とから送信開口 T_x 内の各受信振動子 R_m への総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて、各受信振動子 R_m に対する受信信号の列に適用する遅延量を算出する回路である。遅延量算出部 1 1 4 4 は、送信された超音波が代表点 Q_k に到達する送信時間と、代表点 Q_k で反射して受信振動子 R_c に到達する受信時間と、受信振動子 R_c と各受信振動子 R_m との受信時間差とを取得する。そして、送信された超音波が各受信振動子 R_m へ到達するまでの総伝播時間を算出し、各受信振動子 R_m に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子 R_m に対する遅延量を算出する。代表点 Q_k ごとの受信振動子 R_c に対する総伝播時間は、代表点 Q_k に対する送信時間と、受信振動子 R_c に対する受信時間との合計として得ることができる。また、各受信振動子 R_m に対する総伝播時間は、同一の代表点 Q_k に対する受信振動子 R_c の総伝播時間に、受信振動子 R_c と各受信振動子 R_m との受信時間差を加算することで得ることができる。遅延量算出部 1 1 4 4 は、対象線 B_L 上に存在する全ての代表点 Q_k について、受信振動子 R_c に対する受信信号の列に適用する遅延量を算出し、受信振動子 R_c と各受信振動子 R_m との受信時間差と併せて遅延処理部 1 1 4 5 に出力する。

10

【 0 0 4 2 】

v) 遅延処理部 1 1 4 5

遅延処理部 1 1 4 5 は、送信開口 T_x 内の受信振動子 R_m に対する受信信号の列から、各受信振動子 R_m に対する遅延量に相当する受信信号を、代表点 Q_k からの反射超音波に基づく各受信振動子 R_m に対応する受信信号として同定する回路である。

20

遅延処理部 1 1 4 5 は、送信イベントに対応して、対象領域設定部 1 1 4 1 から受信振動子 R_m の位置および対象線 B_L の位置を示す情報、データ格納部 1 0 7 から受信振動子 R_m に対応する受信信号、遅延量算出部 1 1 4 4 から各受信振動子 R_m に対する受信信号の列に適用する遅延量を入力として取得する。そして、各受信振動子 R_m に対応する受信信号の列から、各受信振動子 R_m に対する遅延量を差引いた時間に対応する受信信号を代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号として同定し、加算部 1 1 4 7 に出力する。

【 0 0 4 3 】

より具体的には、遅延処理部 1 1 4 5 は、各受信振動子 R_m に対する受信信号の列に対し、受信振動子 R_c と各受信振動子 R_m との受信時間差を打ち消すように遅延処理を行う。遅延処理後の受信信号の列から同一の時刻に対応する受信信号を取り出すことで、同一の代表点 Q_k からの反射超音波に基づく受信信号の集合を取り出すことができる。

30

v i) 重み算出部 1 1 4 6

重み算出部 1 1 4 6 は、各受信振動子 R_m に対する重み数列（受信アポダイゼーション）を算出する回路である。

【 0 0 4 4 】

重み数列は送信開口 T_x 内の各振動子に対応する受信信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、送信フォーカス点 F を中心として対称な分布をなす。重み数列は、送信開口 T_x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるように設定され、重みの分布の中心軸は、送信開口中心軸と一致する。重み数列の形状としては、例えば、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓である。

40

【 0 0 4 5 】

重み算出部 1 1 4 6 は、対象領域設定部 1 1 4 1 から出力される送信開口 T_x の位置を示す情報を入力として各受信振動子 R_m に対する重み数列を算出し、算出した代表点 Q_k ごとの重み数列を加算部 1 1 4 7 に出力する。

v i i) 加算部 1 1 4 7

加算部 1 1 4 7 は、遅延処理部 1 1 4 5 から出力される各受信振動子 R_m に対応して同定された受信信号と、重み算出部 1 1 4 6 から出力される重みづけプロファイルを入力として、各受信振動子 R_m に対応して同定された受信信号に、各受信振動子 R_m に対する重

50

みを乗じて加算して、代表点 Q k に対する音響線信号を生成する。遅延処理部 1 1 4 5 において送信開口 T x 内に位置する各受信振動子 R m が検出した受信信号の位相を整えて加算部 1 1 4 7 にて加算処理をすることにより、代表点 Q k からの反射波に基づいて各受信振動子 R m で受信した受信信号を重ね合わせてその信号 S / N 比を増加し、代表点 Q k からの受信信号を抽出することができる。

【 0 0 4 6 】

以上の処理をまとめると以下ようになる。受信振動子 R m に対する受信信号列を R f (m , t) とする。ここで、m は受信振動子を指す識別子であり、t は代表点 Q k からの反射超音波を受信振動子 R c が受信した時刻である。また、受信振動子 R m に対する重み係数を A (m) とする。さらに、受信振動子 R m と受信振動子 R c との受信時間差を d (m) とする。このとき、代表点 Q k に対する音響線信号 D a s (k) は、以下の式で与えられることとなる。

10

【 0 0 4 7 】

【 数 1 】

$$Das(k) = \sum_m \{A(m) \times Rf(m, t + d(m))\}$$

20

以上の処理により、1 回の送信イベントに係る対象線 B L 上の全ての代表点 Q k について音響線信号を生成することができる。生成された線領域の音響線信号は、データ格納部 1 0 7 に出力され保存される。

【 0 0 4 8 】

(3) 第 2 整相加算部 1 0 4 2

第 2 整相加算部 1 0 4 2 は、送信イベントに同期して、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う対象領域 C x を設定する。次に、対象領域 C x 上に存する複数の観測点 P i j 各々について、観測点から各受信振動子 R k が受信した受信信号列を整相加算する。そして、各観測点における音響線信号の列を算出することによりサブフレーム音響線信号を生成する回路である。図 8 は、第 2 整相加算部 1 0 4 2 の構成を示す機能ブロック図である。図 8 に示すように、第 2 整相加算部 1 0 4 2 は、対象領域設定部 1 2 4 1、受信開口設定部 1 2 4 2、送信時間算出部 1 2 4 3、受信時間算出部 1 2 4 4、遅延量算出部 1 2 4 5、遅延処理部 1 2 4 6、重み算出部 1 2 4 7、及び加算部 1 2 4 8 を備える。

30

【 0 0 4 9 】

以下、第 2 整相加算部 1 0 4 2 を構成する各部の構成について説明する。なお、第 1 整相加算部 1 0 4 1 を構成する同名称の構成とほぼ同じ機能を有する構成については、詳細な説明を省略する。

i) 対象領域設定部 1 2 4 1

対象領域設定部 1 2 4 1 は、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う対象領域 C x を設定する。

40

【 0 0 5 0 】

対象領域設定部 1 2 4 1 は、送信イベントに同期して、第 1 整相加算部 1 0 4 1 の対象領域設定部 1 2 4 1 が設定した対象領域 B x に基づき、対象領域 C x を設定する。本実施の形態において、対象領域 C x は、対象領域 B x の全域である。

設定された対象領域 C x は送信時間算出部 1 2 4 3、受信時間算出部 1 2 4 4、遅延処理部 1 2 4 6 に出力される。

【 0 0 5 1 】

i i) 受信開口設定部 1 2 4 2

受信開口設定部 1 2 4 2 は、制御部 1 0 8 からの制御信号と、送信ビームフォーマ部 1

50

03からの送信開口 T_x の位置を示す情報とに基づき、プローブ101に存する複数の振動子の一部に当たり、列中心が観測点に最も空間的に近接する振動子と合致する振動子列（受信振動子列）を受信振動子として選択して受信開口 R_x を設定する回路である。

【0052】

図9は、受信開口設定部1242により設定された受信開口 R_x と送信開口 T_x との関係を示す模式図である。図9に示すように、受信開口 R_x は、その中心が観測点 P_{ij} に最も空間的に近接する振動子 X_k と合致するように設定される。なお、送信開口 R_x は、観測点 P_{ij} ごとにその位置が決定され、送信イベントに同期して変動する送信開口 T_x の位置に基づいては変化しない。すなわち、異なる送信イベントであっても、同一位置にある観測点 P_{ij} についての音響線信号を生成する処理においては、同一の受信開口 R_x 内の受信振動子 R_k によって取得された受信信号に基づき整相加算が行われる。

10

【0053】

また、超音波主照射領域 A_x 全体からの反射波を受信するために、受信開口 R_x に含まれる振動子の数は、対応する送信イベントにおける送信開口 T_x に含まれる振動子の数以上に設定することが好ましい。受信開口 R_x を構成する振動子列の数は、例えば32、64、96、128、192等としてもよい。

受信開口 R_x の設定は、少なくとも列方向における観測点 P_{ij} の最大数と同じ回数だけ行われる。また、受信開口 R_x の設定は、送信イベントに同期して漸次行われる構成であってもよく、あるいは、全ての送信イベントが終了した後に、各送信イベントに対応した受信開口 R_x の設定が送信イベントの回数分まとめて行われる構成であってもよい。

20

【0054】

選択された受信開口 R_x の位置を示す情報は制御部108を介してデータ格納部107に出力される。

データ格納部107は、受信開口 R_x の位置を示す情報と受信振動子に対応する受信信号とを、送信時間算出部1243、受信時間算出部1244、遅延処理部1246、重み算出部1247に出力する。

【0055】

iii) 送信時間算出部1243

送信時間算出部1243は、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} に到達する送信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部107から取得した送信開口 T_x に含まれる振動子の位置を示す情報と、対象領域設定部1241から取得した対象領域 C_x の位置を示す情報とに基づき、対象領域 C_x 内に存在する任意の観測点 P_{ij} について、送信された超音波が被検体中の観測点 C_{ij} に到達する送信時間を算出する。送信時間の算出方法は、送信時間算出部1142と同じであるので、ここでは説明を省略する。

30

【0056】

送信時間算出部1243は、1回の送信イベントに対し、対象領域 C_x 内の全ての観測点 P_{ij} について、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} に到達する送信時間を算出して遅延量算出部1245に出力する。

iv) 受信時間算出部1244

受信時間算出部1244は、観測点 P_{ij} からの反射波が、受信開口 R_x に含まれる受信振動子 R_k の各々に到達する受信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部107から取得した受信振動子 R_k の位置を示す情報と、対象領域設定部1141から取得した対象領域 C_x の位置を示す情報とに基づき対象領域 C_x 内に存在する任意の観測点 P_{ij} について、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} で反射され受信開口 R_x の各受信振動子 R_k に到達する受信時間を算出する。

40

【0057】

受信時間算出部1143とは異なり、受信時間算出部1244では、反射波は、観測点 P_{ij} から受信振動子 R_k への最短経路403を経由するとして受信時間を算出する。

受信時間算出部1244は、1回の送信イベントに対し、対象領域 C_x 内に存在する全

50

ての観測点 P_{ij} について、送信された超音波が観測点 P_{ij} で反射して各受信振動子 R_k に到達する受信時間を算出して遅延量算出部 1245 に出力する。

【0058】

v) 遅延量算出部 1245

遅延量算出部 1245 は、送信時間と受信時間とから受信開口 R_x 内の各受信振動子 R_k への総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて、各受信振動子 R_k に対する受信信号の列に適用する遅延量を算出する回路である。遅延量算出部 1245 は、送信された超音波が観測点 P_{ij} に到達する送信時間と、観測点 P_{ij} で反射して各受信振動子 R_k に到達する受信時間を取得する。そして、送信された超音波が各受信振動子 R_k へ到達するまでの総伝播時間を算出し、各受信振動子 R_k に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子 R_k に対する遅延量を算出する。遅延量算出部 1245 は、対象領域 C_x 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について、各受信振動子 R_k に対する受信信号の列に適用する遅延量を算出して遅延処理部 1246 に出力する。

10

【0059】

vi) 遅延処理部 1246

遅延処理部 1246 は、受信開口 R_x 内の受信振動子 R_k に対する受信信号の列から、各受信振動子 R_k に対する遅延量に相当する受信信号を、観測点 P_{ij} からの反射超音波に基づく各受信振動子 R_k に対応する受信信号として同定する回路である。

遅延処理部 1246 は、送信イベントに対応して、受信開口設定部 1242 から受信振動子 R_k の位置を示す情報、データ格納部 107 から受信振動子 R_k に対応する受信信号、対象領域設定部 1241 から取得した対象領域 C_x の位置を示す情報、遅延量算出部 1245 から各受信振動子 R_k に対する受信信号の列に適用する遅延量を入力として取得する。そして、各受信振動子 R_k に対応する受信信号の列から、各受信振動子 R_k に対する遅延量を差引いた時間に対応する受信信号を観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受信信号として同定し、加算部 1248 に出力する。

20

【0060】

vii) 重み算出部 1247

重み算出部 1247 は、受信開口 R_x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるよう各受信振動子 R_k に対する重み数列を算出する回路である。

図 9 に示すように、重み数列は受信開口 R_x 内の各振動子に対応する受信信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、送信フォーカス点 F を中心として対称な分布をなす。重み数列の分布の形状は、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓などを用いることができ、分布の形状は特に限定されない。重み数列は、受信開口 R_x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるように設定され、重みの分布の中心軸は、受信開口中心軸 $R_x o$ と一致する。重み算出部 1247 は、受信開口設定部 1242 から出力される受信振動子 R_k の位置を示す情報を入力として、各受信振動子 R_k に対する重み数列を算出し加算部 1248 に出力する。

30

【0061】

viii) 加算部 1248

加算部 1248 は、遅延処理部 1246 から出力される各受信振動子 R_k に対応して同定された受信信号を入力として、それらを加算して、観測点 P_{ij} に対する整相加算された音響線信号を生成する回路である。あるいは、さらに、重み算出部 1247 から出力される各受信振動子 R_k に対する重み数列を入力として、各受信振動子 R_k に対応して同定された受信信号に、各受信振動子 R_k に対する重みを乗じて加算して、観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成する構成としてもよい。

40

【0062】

加算部 1248 により、送信イベントに同期して対象領域 C_x 内に存在する全ての観測点 P_{ij} に対するサブフレームの音響線信号が生成される。生成されたサブフレームの音響線信号は、データ格納部 107 に出力され保存される。

(4) パラメータ算出部 1043

50

パラメータ算出部 1043 は、第 1 整相加算部 1041 が生成した線領域音響線信号、および/または、後述する第 1 合成部 1044 が生成する第 1 フレーム音響線信号をもとに、第 2 整相加算部 1042 が受信ビームフォーミングを行うためのパラメータを算出する回路である。ここで、パラメータとは、例えば、被検体内の超音波の伝播速度（以下、「超音波速度」という）、観測点の深さに対する重みづけ（以下、「ゲイン補正值」という）、対象領域 C_x の大きさを指定する情報などである。

【0063】

本実施の形態では、被検体内の超音波速度をパラメータとして算出する。被検体内の超音波速度は、音響線信号を B モード画像に変換する際の座標変換（時差を深さの差に変換）や、上述したように、整相加算における遅延量の算出に用いる。遅延量は、図 11 (a) の模式図に示すように、観測点 P_{ij} からの反射波に基づく音響線信号を生成する際、振動子 R_c における観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受信信号と、振動子 R_m における観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受信信号とのタイミングが同じになるように設定する。このとき、振動子 R_c と観測点 P_{ij} との幾何学的距離 d_c 、振動子 R_m と観測点 P_{ij} との幾何学的距離 d_m 、超音波速度 v_u を用いて、遅延量を算出する。具体的には、 $d = d_m - d_c$ を用いて、振動子 R_m における観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受信信号とのタイミングが、振動子 R_c における観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受信信号のタイミングより d / v_u だけ遅い、という前提を用いて整相加算を行う。

【0064】

このとき、超音波速度 v_u は、被検体の特性から推定した値を用いる。しかしながら、超音波速度は、被検体内の組織の硬さ等に依存し、推定値が誤差を含むことがある。ここで、超音波速度の推定値 v_u の誤差が大きい場合、すなわち、観測点 P_{ij} からの反射波が振動子 R_c に到達する時刻と振動子 R_m に到達する時刻との真の時差 t と、計算上の遅延量差 d / v_u との差が大きい場合、整相加算の受信フォーカスが合わない（ずれた）状態となる。図 11 (b) は、計算上の超音波速度 v_u と、遅延量と真の時差とのずれ $d / v_u - t$ との関係を示した模式図である。しかしながら、超音波速度を事前に正確に推定することは困難である。

【0065】

そこで、パラメータ算出部 1043 は、同一の対象線 BL に対して、用いる計算上の超音波速度 v_u のみが異なる複数の線領域音響線信号を第 1 整相加算部 1041 に生成させ、超音波速度 v_u の推定を行う。具体的には、パラメータ算出部 1043 は、例えば、同一の対象線 BL に対して生成した、超音波速度 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 に対応する線領域音響線信号を比較し、最も分散が大きい線領域音響線信号に対応する超音波速度を、超音波速度として第 2 整相加算部 1042 に出力する。これは、計算上の超音波速度と実際の超音波速度とのずれが小さいほど、整相加算の受信フォーカスが合った状態になる、すなわち、音響線信号の S/N 比が大きくなるためである。つまり、計算上の超音波速度と実際の超音波速度とのずれが小さいほど、1 つの超音波反射源からの反射超音波に基づく複数の受信信号において、ピークのタイミングの時差が小さくなるため、ピークが鋭く、すなわち、ピークの信号値が大きく、かつ、半値幅の時間が短くなり、距離解像度（時間解像度）の高い音響線信号が得られるからである。

【0066】

パラメータ算出部 1043 は、算出したパラメータを第 2 整相加算部 1042 に出力する。

(5) 第 1 合成部 1044

第 1 合成部 1044 は、送信イベントに同期して生成される線領域音響線信号からサブフレーム音響線信号を生成し、生成したサブフレーム音響線信号から第 1 フレーム音響線信号を合成する回路である。図 12 (a) は、第 1 合成部 1044 の構成を示す機能ブロック図である。図 12 (a) に示すように、第 1 合成部 1044 は、音響線信号展開部 1341、重みづけ合成部 1342 を備える。

【0067】

10

20

30

40

50

以下、第1合成部1044を構成する各部の構成について説明する。

i) 音響線信号展開部1341

音響線信号展開部1341は、第1フレーム音響線信号を合成するための一連の線領域音響線信号の生成が終了したのち、データ格納部107に保持されている複数の線領域音響線信号を読み出す。そして、線領域音響線信号のそれぞれについて、対象領域Bx内の観測点 S_{ij} と代表点 Q_k との位置関係に基づいて、線領域音響線信号からサブフレーム音響線信号を生成する。

【0068】

図13は、音響線信号展開部1341におけるサブフレーム音響線信号を生成する処理を示す模式図である。まず、代表点 Q_k の深さと、観測点 S_{ij} の深さがいずれも送信フォーカス深さより深い場合を想定する。上述の通り、代表点 Q_k の送信時間は、送信開口Txから送信フォーカス点Fまでの距離と、送信フォーカス点Fから代表点 Q_k までの距離との合算値に依存する。すなわち、送信フォーカス点Fから代表点 Q_k と観測点 S_{ij} とが等距離に存在した場合、代表点 Q_k の送信時間と、観測点 S_{ij} の送信時間とは等しい。同様に、代表点 Q_k の受信時間は、観測点 Q_k から送信フォーカス点Fまでの距離と、送信フォーカス点Fから受信振動子 R_m までの距離との合算値に依存する。すなわち、送信フォーカス点Fから代表点 Q_k と観測点 S_{ij} とが等距離に存在した場合、代表点 Q_k の受信時間と、観測点 S_{ij} の受信時間とは等しい。したがって、代表点 Q_k に対する音響線信号は、送信フォーカス点Fまでの距離が等しい複数の観測点 S_{ij} に対する音響線信号を含んでいる。言い換えれば、送信フォーカス点Fまでの距離が等しい複数の観測点 S_{ij} に対する音響線信号の総和を、代表点 Q_k に対する音響線信号として取得している。この関係は、代表点 Q_k の深さと、観測点 S_{ij} の深さがいずれも送信フォーカス深さより浅い場合であっても成立する。

【0069】

したがって、音響線信号展開部1341は、代表点 Q_k の音響線信号を、(1)送信フォーカス深さに対し、代表点 Q_k の深さと観測点 S_{ij} の深さは、いずれも深い、または、いずれも浅い、(2)代表点 Q_k と送信フォーカス点Fとの距離と、観測点 S_{ij} と送信フォーカス点Fとの距離とは等しい、の2条件を満たす観測点 S_{ij} の音響線信号の値として適用する。具体的には、対象領域Bx内に、送信フォーカス点Fを中心として代表点 Q_k を通過する円弧を設定し、円弧上に存在する全ての観測点 S_{ij} に対し、当該観測点 S_{ij} に対応する音響線信号の値として、当該円弧上に存在する代表点 Q_k の音響線信号の値を適用する。このとき、対象領域Bx内で連続しない円弧、すなわち、送信フォーカス点Fからの距離は等しいが、フォーカス深さより浅い円弧と、フォーカス深さより深い円弧、例えば、円弧521と円弧511は、別の円弧として扱う。例えば、円弧514上の全ての観測点 S_{ij} に対し、当該当該観測点 S_{ij} に対応する音響線信号の値として、円弧514に存在する代表点 Q_k の音響線信号の値を適用する。このような処理により、音響線信号展開部1341は、線領域音響線信号からサブフレーム音響線信号を生成する。

【0070】

音響線信号展開部1341は、生成したサブフレーム音響線信号を、重みづけ合成部1342に出力する。

ii) 重みづけ合成部1342

図14は、重みづけ合成部1342における合成音響線信号を合成する処理を示す模式図である。上述のとおり、送信イベントに同期して送信振動子列(送信開口Tx)に用いる振動子を振動子列方向に移動ピッチMpだけ異ならせて超音波送受信が順次行われる。そのため、異なる送信イベントに基づく対象領域Bxも送信イベントごとに同一方向に移動ピッチMpだけ位置が異なる。複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号と対応する観測点 S_{ij} の位置を指標として加算することにより、全ての対象領域Bxを網羅した第1フレーム音響線信号が合成される。

【0071】

10

20

30

40

50

このとき、重みづけ合成部 1 3 4 2 は、観測点 S_{ij} の位置を指標としてサブフレーム音響線信号に対する重みづけを行う。重み数列は、観測点 S_{ij} に対応する各サブフレーム音響線信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、サブフレーム音響線信号に対応する送信イベントにおける送信フォーカス点 F の位置によって規定される。重み数列は、観測点 S_{ij} を中心として対称な分布をなす。重み数列は、観測点 S_{ij} と同じ X 座標（振動子の並び方向における位置）に送信フォーカス点 F が設定される送信イベントにおけるサブフレーム音響線信号に対する重みが最大となるように設定される。重みの分布の中心軸は、観測点 P_{ij} を通り振動子列に直交する直線 $P_{ij}o$ と一致する。重み数列の形状としては、例えば、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓である。

【0072】

重みづけ合成部 1 1 4 0 2 は、各観測点 P_{ij} について、観測点 P_{ij} に対応する各サブフレーム音響線信号を重みづけ加算することで、第 1 フレーム音響線信号を合成する。

また、位置の異なる複数の対象領域 B_x にまたがって存在する観測点 P_{ij} については、各サブフレーム音響線信号における音響線信号の値が加算されるので、合成音響線信号は、跨りの程度に応じて大きな値を示す。以後、観測点 P_{ij} が異なる対象領域 B_x に含まれる回数を「重畳数」、振動子列方向における重畳数の最大値を「最大重畳数」と称する。

【0073】

また、本実施の形態では、対象領域 B_x は砂時計形状の領域内に存在する。そのため、図 1 5 (a) に示すように、重畳数及び最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、合成音響線信号の値も同様に深さ方向において変化する。これを補うため、重みづけ合成部 1 1 4 0 2 は、フレーム音響線信号に含まれる合成音響線信号の合成において、加算が行われた回数に応じて決定した増幅率を各合成音響線信号に乗じる増幅処理を行う。

【0074】

図 1 5 (b) は、重みづけ合成部 1 1 4 0 2 における増幅処理の概要を示す模式図である。図 1 5 (b) に示すように、最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、この変化を補うように、最大重畳数に応じて決定された被検体深さ方向において変化する増幅率が合成音響線信号に乗じられる。これにより、深さ方向における重畳数の変化に伴う合成音響線信号の変動要因は解消され、増幅処理後の合成音響線信号の値は深さ方向において均一化が図られる。

【0075】

また、重畳数に応じて決定された振動子列方向において変化する増幅率を合成音響線信号に乗じる処理を行ってもよい。振動子列方向において重畳数が変化する場合に、その変動要因を解消し、振動子列方向において増幅処理後の合成音響線信号の値の均一化が図られる。

なお、生成した各観測点に対する合成音響線信号に増幅処理を施した信号をフレーム音響線信号としてもよい。

【0076】

(6) 第 2 合成部

第 2 合成部 1 0 4 5 は、送信イベントに同期して生成されるサブフレーム音響線信号からフレーム音響線信号を合成する回路である。図 1 2 (b) は、第 2 合成部 1 0 4 5 の構成を示す機能ブロック図である。図 1 2 (b) に示すように、合成部 1 0 4 5 は、加算処理部 1 3 4 3、増幅処理部 1 3 4 4 を備える。

【0077】

以下、第 2 合成部 1 0 4 5 を構成する各部の構成について説明する。

i) 加算処理部 1 3 4 3

加算処理部 1 3 4 3 は、フレーム音響線信号を合成するための一連のサブフレーム音響線信号の生成が終了したのち、データ格納部 1 0 7 に保持されている複数のサブフレーム音響線信号を読み出す。そして、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得

10

20

30

40

50

された観測点 P_{ij} の位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を加算することにより、各観測点に対する合成音響線信号を生成してフレーム音響線信号を合成する。そのため、複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号は加算されて合成音響線信号が生成される。

【0078】

加算処理部 1343 は、重みづけ合成部 1342 と同様、複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点 P_{ij} の位置を指標として加算することにより、全ての対象領域 C_x を網羅した第 2 フレーム音響線信号を合成する。

i i) 増幅処理部 1344

上述のとおり、合成音響線信号の値は被検体の深さ方向において変化する。これを補うために、増幅処理部 1344 は、フレーム音響線信号に含まれる合成音響線信号の合成において、加算が行われた回数に応じて決定した増幅率を各合成音響線信号に乗じる増幅処理を行う。増幅処理部 1344 では、重みづけ合成部 1342 と同様の増幅処理を行う。図 15 (b) に示すように、最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するもので、この変化を補うように、最大重畳数に応じて決定された被検体深さ方向において変化する増幅率が合成音響線信号に乗じられる。これにより、深さ方向における重畳数の変化に伴う合成音響線信号の変動要因は解消され、増幅処理後の合成音響線信号の値は深さ方向において均一化が図られる。

【0079】

(7) 出力部

出力部 1046 は、制御部 108 の制御に基づき、第 1 合成部 1044 で生成されるフレーム音響線信号と、第 2 合成部 1045 で生成されるフレーム音響線信号とのいずれかを超音波画像生成部 105 に出力するセレクタ回路である。制御部 108 は、高機能演算回路 1047 を使用する場合には、出力部 1046 に第 2 合成部 1045 で生成されるフレーム音響線信号を出力させる。一方、制御部 108 は、高機能演算回路 1047 を使用しない場合には、出力部 1046 に第 1 合成部 1044 で生成されるフレーム音響線信号を出力させる。

【0080】

< 動作 1 : 第 2 整相加算部を用いる場合 >

以上の構成からなる超音波診断装置 100 の動作について説明する。

図 16 は、第 2 整相加算部を用いる場合における、受信ビームフォーマ部 104 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

まず、ステップ S101 において、送信部 1031 は、プローブ 101 に存する複数の振動子 101a 中送信開口 T_x に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるための送信信号を供給する送信処理（送信イベント）を行う。

【0081】

次に、ステップ S102 において、受信部 1040 は、プローブ 101 での超音波反射波の受信から得た電気信号に基づき受信信号を生成しデータ格納部 107 に出力し、データ格納部 107 に受信信号を保存する。プローブ 101 に存する全ての振動子 101a から超音波送信が完了したか否かを判定する（ステップ S103）。そして、完了していない場合にはステップ S101 に戻り、送信開口 T_x を列方向に移動ピッチ M_p だけ移動させながら送信イベントを行い、完了している場合にはステップ S201 に進む。

【0082】

次に、ステップ S201 において、対象領域設定部 1141 は、送信イベントに同期して、送信開口 T_x の位置を示す情報に基づき対象領域 B_x を設定する。1 回目のループでは初回の送信イベントにおける送信開口 T_x から求められる対象領域 B_x が設定される。

次に、ステップ S202 において、対象領域設定部 1141 は、設定した対象領域 B_x 内に、対象線 B_L を設定する。対象線 B_L は対象領域 B_x 内部に存在し、かつ、送信フォーカス点 F を通過する直線状の領域である。

10

20

30

40

50

【0083】

次に、ステップS210において、代表点Q_kについて音響線信号を生成する。

ここで、ステップS210における、代表点Q_kについて音響線信号を生成する動作について説明する。なお、以下では、代表点Q_kについて1つだけ音響線信号を生成する動作を説明するが、上述したように、超音波速度のパラメータのみを変更して同一の代表点Q_kについて複数の音響線信号を生成する。つまり、超音波速度の値のみを変更して、ステップS210を複数回実行する。

【0084】

図17は、受信ビームフォーマ部104における代表点Q_kについての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。図18は、受信ビームフォーマ部104における代表点Q_kについての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

まず、ステップS2111において、送信時間算出部1142は、送信された超音波が送信フォーカス点Fに到達する第1時間を算出する。第1時間は、幾何学的に定まる送信開口T_xから送信フォーカス点Fに至る経路(401)の長さを超音波の音速c_sで除することにより、算出できる。

【0085】

次に、ステップS2112において、送信時間算出部1142は、送信フォーカス点Fから代表点Q_kに到達する第2時間を算出する。第2時間は、幾何学的に定まる送信フォーカス点Fから代表点Q_kに至る経路(402)の長さを超音波の音速c_sで除することにより、算出できる。なお、代表点Q_kの深さが送信フォーカス深さより浅い場合には、算出した値を絶対値とする負の値を、第2時間とする。すなわち、送信フォーカス点から等距離の2つの代表点Q_x、Q_yに対し、深さが送信フォーカス深さより深い代表点Q_xの第2時間を1.5μsと仮定すると、深さが送信フォーカス深さより浅い代表点Q_yの第2時間を-1.5μsとする。

【0086】

送信時間算出部1142は、第1時間と第2時間の和を代表点Q_kに対する送信時間として遅延量算出部1144に出力し、第2時間を受信時間算出部1143に出力する。

次に、送信開口T_xから求められる受信振動子R_mの位置を示す座標mを送信開口T_x内の最小値に初期化し(ステップS2114)、送信された超音波が被検体中の代表点Q_kで反射され送信開口T_xの受信振動子R_mに到達する受信時間を算出する。ここで、代表点Q_kで反射された超音波が送信フォーカス点Fまでに到達する時間はすでに第2時間としてステップS2112で算出されている。そこで、受信時間算出部1143は、反射された超音波が送信フォーカス点Fから送信開口T_xの受信振動子R_mに到達する第3時間を算出する(ステップS2114)。第3時間は、幾何学的に定まる送信フォーカス点Fから受信振動子R_mまでの経路403の長さを超音波の音速c_sで除することにより算出できる。そして、受信時間算出部1143は、第2時間と第3時間との和を、受信時間として遅延量算出部1144に出力する。さらに、遅延量算出部1144は、送信時間と受信時間の合計から、送信開口T_xから送信された超音波が代表点Q_kで反射して受信振動子R_mに到達するまでの総伝播時間を算出し(ステップS2115)、送信開口T_x内の各受信振動子R_mに対する総伝播時間の差異により、各受信振動子R_mに対する遅延量を算出する(ステップS2116)。

【0087】

送信開口T_x内に存在する全ての受信振動子R_mについて遅延量の算出を完了したか否かを判定し(ステップS2117)、完了していない場合には座標mをインクリメント(ステップS2118)して、更に受信振動子R_mについて遅延量の算出を行い(ステップS2114)、完了している場合にはステップS2121に進む。この段階では、送信開口T_x内に存在する全ての受信振動子R_mについて代表点Q_kからの反射波到達の遅延量が算出されている。

【0088】

ステップS2121において、遅延処理部1145は、送信開口T_x内の受信振動子R

mに対応する受信信号の列に対し、各受信振動子 R_m に対する遅延量に基づいた遅延処理を行い、代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号の時刻（タイミング）を同期させる。上述したように、総伝播時間のうち、第1時間は送信フォーカス点Fと送信開口 T_x との位置関係によって一意に決まり、第2時間は送信フォーカス点Fと代表点 Q_k との位置関係によって一意に決まり、第3時間は送信フォーカス点Fと受信振動子 R_m との位置関係によって一意に決まる。ここで、1つの送信イベントにおいて送信フォーカス点Fの位置と送信開口 T_x の位置とはいずれも一定であるから、第1時間は全ての代表点 Q_k 、全ての受信振動子 R_m に対して一定である。また、第2時間は受信振動子 R_m の位置に依存しないから、1つの受信振動子 R_m において代表点 Q_k と代表点 $Q(k+1)$ との総伝播時間の差は、座標mに依存しない。すなわち、同一の受信振動子に対応する受信信号の列において、代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号と代表点 $Q(k+1)$ からの反射波に基づく受信信号との時差は代表点 Q_k と代表点 $Q(k+1)$ との間の距離のみに依存し、受信振動子 R_m に対応する信号と受信振動子 $R(m+1)$ に対応する信号との間で差はない。一方、第3時間は代表点 Q_k の位置には依存しないから、受信振動子 R_m に対応する受信信号の列における代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号と、受信振動子 $R(m+1)$ に対応する受信信号の列における代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号との時差は受信振動子 R_m 、受信振動子 $R(m+1)$ 、送信フォーカス点Fの3つの位置関係のみに依存し、代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号と代表点 $Q(k+1)$ からの反射波に基づく受信信号との間で差はない。したがって、各受信振動子 R_m に対応する受信信号の列のそれぞれに対して第3時間の差を打ち消す遅延処理を行うと、受信信号の列の間で、代表点 Q_k からの反射波に基づく受信信号の時刻が揃うだけでなく、代表点 $Q(k+1)$ からの反射波に基づく受信信号の時刻も、代表点 $Q(k-1)$ からの反射波に基づく受信信号の時刻も、それぞれ揃うことになる。したがって、代表点 Q_k ごとに総伝播時間に基づいて受信信号を同定する必要はなく、各受信信号の列に対して第3時間に基づいた遅延処理を行うことで、第1時間と第2時間に基づいて代表点 Q_k ごとの受信信号を振動子列方向の受信信号列として同定することができる。

【0089】

次に、重み算出部1146は、各受信振動子 R_m に対する重み数列を算出する（ステップS2123）。重み算出部1146は、例えば、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓を適用する。加算部1147は、各受信振動子 R_m に対応して同定された受信信号列に、各受信振動子 R_m に対する重みを乗じて加算して、代表点 Q_k に対する音響線信号を生成し（ステップS2123）、生成された代表点 Q_k に対応する音響線信号はデータ格納部107に出力され保存される（ステップS2124）。

【0090】

次に、図16に戻り、ステップS211において、パラメータ算出部1043は、線領域音響線信号に基づいてパラメータを算出する。ここでは、同一の対象線領域 B_L に対して生成された複数の線領域音響線信号について、それぞれの、音響線信号の値の分散（音響線信号の値の二乗の相加平均）を算出する。そして、最も分散の大きい音響線信号に対応する超音波速度を、被検体内における超音波速度として算出する。算出されたパラメータである超音波速度は、第2整相加算部1042に出力される。

【0091】

次に、ステップS220において、パラメータを用いて観測点 P_{ij} について音響線信号を生成する。図19は受信ビームフォーマ部104における観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。図20は、受信ビームフォーマ部104における観測点 P_{ij} についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

まず、ステップS2210において、対象領域設定部1241は、観測点 P_{ij} の設定範囲である対象領域 C_x を設定する。ここでは、対象領域 B_x 全体を、対象領域 C_x として設定する。

【0092】

次に、観測点同期型ビームフォーミング処理（ステップS2211～2264）に進む

。まず、観測点 P_{ij} の位置を示す座標 i, j を対象領域 C_x の最小値に初期化し（ステップ S_{2211} 、 S_{2212} ）、受信開口設定部 1242 は、列中心が観測点 P_{ij} に最も空間的に近接する振動子 X_k と合致するよう受信開口 R_x 振動子列を選択する（ステップ S_{2231} ）。

【0093】

次に、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成する。

まず、ステップ S_{2241} において、送信時間算出部 1243 は、対象領域 C_x 上に存在する任意の観測点 P_{ij} について、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} に到達する送信時間を算出する。このとき、送信時間算出部 1243 は、経路 401 と経路 402 とで定まる幾何学的な経路長と、パラメータ算出部 1043 が算出した超音波の速度とを用いて送信時間を算出する。

10

【0094】

次に受信開口 R_x から求められる受信開口 R_x 内の受信振動子 R_k の位置を示す座標 k を受信開口 R_x 内の最小値に初期化し（ステップ S_{2242} ）、送信された超音波が被検体中の観測点 P_{ij} で反射され受信開口 R_x の受信振動子 R_k に到達する受信時間を算出する（ステップ S_{2243} ）。受信時間は、幾何学的に定まる観測点 P_{ij} から受信振動子 R_k までの経路 403 の長さを、パラメータ算出部 1043 が算出した超音波の速度で除することにより算出できる。さらに、送信時間と受信時間の合計から、送信開口 T_x から送信された超音波が観測点 P_{ij} で反射して受信振動子 R_k に到達するまでの総伝播時間を算出し（ステップ S_{2244} ）、受信開口 R_x 内の各受信振動子 R_k に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子 R_k に対する遅延量を算出する（ステップ S_{2245} ）。

20

【0095】

受信開口 R_x 内に存在する全ての受信振動子 R_k について遅延量の算出を完了したか否かを判定し（ステップ S_{2246} ）、完了していない場合には座標 k をインクリメント（ステップ S_{2247} ）して、更に受信振動子 R_k について遅延量の算出を行い（ステップ S_{2243} ）、完了している場合にはステップ S_{2248} に進む。この段階では、受信開口 R_x 内に存在する全ての受信振動子 R_k について観測点 P_{ij} からの反射波到達の遅延量が算出されている。

【0096】

ステップ S_{2248} において、遅延処理部 1047 は、受信開口 R_x 内の受信振動子 R_k に対応する受信信号の列から、各受信振動子 R_k に対する遅延量を差引いた時間に対応する受信信号を観測点 P_{ij} からの反射波に基づく受信信号として同定する。

30

次に、重み算出部 1247 は、受信開口 R_x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるよう各受信振動子 R_k に対する重み数列を算出する（ステップ S_{2249} ）。加算部 1248 は、各受信振動子 R_k に対応して同定された受信信号に、各受信振動子 R_k に対する重みを乗じて加算して、観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成し（ステップ S_{2250} ）、生成された観測点 P_{ij} について音響線信号はデータ格納部 107 へ出力され保存される（ステップ S_{2251} ）。

【0097】

次に、座標 i, j をインクリメントしてステップ $S_{2231} \sim S_{2251}$ を繰り返すことにより、対象領域 B_x 内の座標 i, j に位置する全ての観測点 P_{ij} （図 20 中の「 \cdot 」）について音響線信号が生成される。対象領域 C_x 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について音響線信号の生成を完了したか否かを判定し（ステップ S_{2261} 、 S_{2263} ）、完了していない場合には座標 i, j をインクリメント（ステップ S_{2262} 、 S_{2264} ）して、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成し、完了した場合にはステップ S_{230} に進む。この段階では、1回の送信イベントに伴う対象領域 C_x 内に存在する全ての観測点 P_{ij} についてのサブフレームの音響線信号が生成され、データ格納部 107 へ出力され保存されている。

40

【0098】

50

次に、全ての送信イベントについて、サブフレームの音響線信号の生成が終了したか否かを判定し（ステップS 2 3 0）、終了していない場合には、ステップS 2 1 0に戻り、終了している場合にはステップS 3 0 1に進む。

次に、ステップS 3 0 1において、加算処理部1 3 4 3は、データ格納部1 0 7に保持されている複数のサブフレーム音響線信号を読み出し、観測点 P_{ij} の位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を加算して各観測点 P_{ij} に対する合成音響線信号を生成してフレーム音響線信号を合成する。次に、増幅処理部1 3 4 4は、フレーム音響線信号に含まれる各合成音響線信号の加算回数に応じて決定された増幅率を各合成音響線信号に乘じ（ステップS 3 0 2）、増幅されたフレーム音響線信号を超音波画像生成部1 0 5及びデータ格納部1 0 7に出力し（ステップS 3 0 3）、処理を終了する。

10

【0 0 9 9】

<動作2：第2整相加算部を用いない場合>

一方、第2整相加算部1 0 4 2を用いない場合の超音波診断装置1 0 0の動作について説明する。

図2 1は、第2整相加算部を用いない場合における、受信ビームフォーマ部1 0 4のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。なお、図1 6で示した、第2整相加算部を用いる場合と同様の動作については同じステップ番号を付し、詳細な説明を省略する。

【0 1 0 0】

まず、ステップS 1 0 1において、送信部1 0 3 1は、プローブ1 0 1に存する複数の振動子1 0 1 a中送信開口 T_x に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるための送信信号を供給する送信処理（送信イベント）を行う。

20

次に、ステップS 1 0 2において、受信部1 0 4 0は、プローブ1 0 1での超音波反射波に基づき受信信号を生成しデータ格納部1 0 7に出力し、データ格納部1 0 7に受信信号を保存する。プローブ1 0 1に存する全ての振動子1 0 1 aから超音波送信が完了したか否かを判定し（ステップS 1 0 3）、完了していない場合にはステップS 1 0 1に戻り、送信開口 T_x を列方向に移動ピッチ M_p だけ移動させながら送信イベントを行い、完了している場合にはステップS 2 0 1に進む。

【0 1 0 1】

次に、ステップS 2 0 1において、対象領域設定部1 1 4 1は、送信イベントに同期して、送信開口 T_x の位置を示す情報に基づき対象領域 B_x を設定する。

30

次に、ステップS 2 0 2において、対象領域設定部1 1 4 1は、設定した対象領域 B_x 内に、対象線 B_L を設定する。

次に、ステップS 2 1 0において、代表点 Q_k について音響線信号を生成する。

【0 1 0 2】

次に、ステップS 2 1 2において、音響線信号展開部1 3 4 1は、線領域音響線信号に基づいて、対象領域 B_x 内の観測点 S_{ij} についてサブフレーム音響線信号を生成する。上述したように、音響線信号展開部1 3 4 1は、観測点 S_{ij} について、送信フォーカス点 F との距離が同一である代表点 Q_k のうち、観測点 S_{ij} が送信フォーカス深さより深い場合は送信フォーカス深さより深い代表点 Q_k 、観測点 S_{ij} が送信フォーカス深さより浅い場合は送信フォーカス深さより浅い代表点 Q_k を特定し、特定した代表点 Q_k に対する音響線信号を当該観測点 S_{ij} に対する音響線信号とする。この段階では、1回の送信イベントに伴う対象領域 B_x 内に存在する全ての観測点 S_{ij} についてのサブフレームの音響線信号が生成されている。

40

【0 1 0 3】

次に、全ての送信イベントについて、サブフレームの音響線信号の生成が終了したか否かを判定し（ステップS 2 3 0）、終了していない場合には、ステップS 2 0 1に戻り、送信開口 T_x に基づいて対象領域 B_x を設定し（ステップS 2 0 1）、終了している場合にはステップS 3 1 1に進む。

次に、ステップS 3 1 1において、重みづけ合成部1 3 4 2は、観測点 P_{ij} に対する

50

サブフレーム音響線信号に対応する送信イベントにおける送信フォーカス点Fの位置に基づいて、サブフレーム音響線信号に対する重みづけ数列を設定する。

【0104】

次に、ステップS312において、重みづけ合成部1342は、重み数列を用いて、観測点 P_{ij} の位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を重みづけ加算して各観測点 P_{ij} に対する合成音響線信号を生成してフレーム音響線信号を合成する。次に、重みづけ合成部1342は、フレーム音響線信号を、超音波画像生成部105及びデータ格納部107に出力し(ステップS303)処理を終了する。

【0105】

<まとめ>

以上、説明したように本実施の形態に係る超音波診断装置100によれば、合成開口法により、異なる送信イベントにより生成された同一位置にある観測点についての音響線信号を重ね合わせて合成する。これにより、複数の送信イベントに対して送信フォーカス点F以外の深度にある観測点においても、仮想的に送信フォーカスを行った効果が得られ空間分解能と信号S/N比を向上することができる。

【0106】

また、超音波診断装置100では、線領域音響線信号を生成する際に、全ての観測点 P_{ij} について整相加算を行うのではなく、送信フォーカス点Fを中心とする円弧状の領域のそれぞれに代表点 Q_k を1つずつ設け、代表点 Q_k に対してのみ整相加算を行う。これにより、整相加算の対象となる代表点 Q_k の数は対象領域 B_x の面積ではなく対象領域 B_x の深さ方向の長さ依存するため、整相加算の演算量を大きく削減することができる。さらに、送信時間のみならず受信時間も送信フォーカス点Fを基準とすることで、受信振動子 R_m ごとの受信時間算出処理を代表点 Q_k ごとに繰り返す必要がなくなる。したがって、総伝播時間の算出処理も整相加算処理も単純化することができる。この点においても整相加算の演算量を大きく削減することができる。一方で、同一の観測点について異なるサブフレーム音響線信号を合成することによる空間解像度、信号S/N比の向上効果を得ることができるため、演算量の低下度合いに対して空間解像度、信号S/N比の低下を抑えることができる。

【0107】

さらに、超音波診断装置100では、第2整相加算部1042を用いる場合には、線領域音響線信号に基づいて超音波速度などのパラメータを算出し、これをサブフレーム音響線信号の生成に反映する。これにより、整相加算により生成された音響線信号に基づいて整相加算のパラメータを変更する場合、演算量の大きいサブフレーム音響線信号の生成を繰り返す必要がなくなる。さらに、評価に用いる線領域音響線信号はサブフレーム音響線信号と独立に生成されるため、第2整相加算部と第2合成部の演算能力をフレーム音響線信号の生成のみに振り分けることができる。したがって、第2整相加算部と第2合成部の演算能力を最大限に発揮させながら、パラメータの調整を行うことができる。

【0108】

また、超音波診断装置100では、第2整相加算部1042を用いない場合には、線領域音響線信号に基づいてフレーム音響線信号を生成する。したがって、第1整相加算部と第1合成部の演算能力に見合った低演算量でフレーム音響線信号を生成することができる。そのため、第1整相加算部の演算能力が低い場合でも、空間解像度、信号S/N比の低下を抑えた上で超音波画像を生成することができる。

【0109】

変形例1

実施の形態1に係る超音波診断装置100では、パラメータ算出部1043が、超音波の速度を算出した。しかしながら、パラメータ算出部が算出するパラメータは超音波速度に限らず、音響線信号から事後的に最適化できるパラメータであれば、任意のパラメータであってよい。

【0110】

10

20

30

40

50

パラメータの他の具体例としては、例えば、ゲイン補正值が挙げられる。受信部は、A/D変換前に、プローブ101の各振動子101aが超音波反射波の受信で得た電気信号を増幅する「ゲインコントロール」の処理を行う。A/D変換で混入する量子化ノイズのレベルは一定であるため、量子化ノイズの影響を最小限とするためには、増幅後の電気信号の振幅が最大値を超えない範囲で大きく、かつ、揃っていることが好ましい。しかしながら、電気信号が微弱な場合、特にホワイトノイズ等が混入している場合、過度に増幅すると、ホワイトノイズ等も同時に増幅され、整相加算後の音響線信号にノイズが混入し、品質が却って低下する課題がある。そのため、ゲインコントロールでは、S/N比が一定となるよう、増幅することが好ましい。しかしながら、被検体内の超音波減衰率は組織の硬さ、組織の境界の存在等に影響されるため、必ずしも適正に行われるとは限らない。そこで、線領域音響線信号から観測点の深さとS/N比の関係を算出し、深さに対するS/N比の変化を最小にするために、観測点の深さに応じて増幅を行う、としてもよい。その増幅率がゲイン補正值である。具体的には、超音波速度同様、観測点の深さに対する重みづけ係数であるゲイン補正值分布を複数備え、ゲイン補正值分布のみが異なる、同一の対象線領域BLに対する複数の線領域音響線信号を生成し、図22に示すように、深さに対するS/N比の変化が最も小さいゲイン補正值分布g2を第2整相加算部に出力することができる。これにより、S/N比のムラのない高品質な音響線信号を生成することができる。

10

【0111】

また、線領域音響線信号ではなく、線領域音響線信号に基づき第1合成部が生成した第1フレーム音響線信号に基づいて、パラメータを算出してもよい。パラメータの具体例としては、例えば、対象領域Cxの幅があげられる。具体的には、第1フレーム音響線信号の時間変化に基づいて被検体内の組織および/またはプローブの移動を検知し、図23に示すように、被検体内の組織および/またはプローブの移動量が大きくなるほど、対象領域Cxの幅Wが小さくなるようにパラメータを算出する。被検体内の組織および/またはプローブの移動は、例えば、連続する2フレームの第1フレーム音響線信号で相関処理を行い、相関値が閾値を下回るか否かで検出することができる。これにより、プローブの移動時に重畳数を小さくし、モーションアーチファクトの発生を抑制することができる。また、例えば、被検体内の組織および/またはプローブの移動の大きさに対して、対象領域Cxの幅を多段階で狭めてもよい。具体的には、相関値が第1の閾値を下回るときは、対象領域Cxの幅Wを対象領域Bxの幅Txの1/2とし、相関値が第2の閾値を下回るときは、対象領域Cxの幅Wを対象領域Bxの幅Txの1/3とする、としてもよい。

20

30

【0112】

なお、パラメータは上述の例に限定されず、線領域音響線信号または第1フレーム音響線信号から算出可能な任意のパラメータであってよい。また、超音波速度やゲイン補正值を、第1フレーム音響線信号から算出するとしてもよい。

実施の形態2

実施の形態1および変形例では、第2整相加算部を使用するか否かで超音波診断装置の構成が変化しない場合について説明した。しかしながら、第2整相加算部と第2合成部とを構成する高機能演算回路を脱着可能に構成し、超音波診断装置は、高機能演算回路が装着されているときにのみ第2整相加算部を使用する、としてもよい。

40

【0113】

図23(a)は、実施の形態2に係る超音波診断システム2000を示す外観図である。図23(a)に示すように、超音波診断システム2000は、可搬本体部(HCU; Hand Carry Unit)200、プローブ201、カート203、増設部204、入力部205を有する。表示部202は、可搬本体部200に内蔵されている。

可搬本体部200は、プローブ201に超音波の送受信を行わせプローブ101からの出力信号に基づき超音波画像を生成して表示部202に表示する超音波診断装置であり、超音波診断装置100のうち高機能演算回路1047、すなわち、第2整相加算部1042と第2合成部1045とを除く全構成を有している。可搬本体部200は、例えば、P

50

C I E x p r e s s x 1 6 対応のスイッチファブリックと、スイッチファブリックに接続されたパーソナルコンピュータと、スイッチファブリックに接続され F P G A で構成された受信部 1 0 4 0 とで実現される。なお、スイッチファブリックの通信仕様は P C I E x p r e s s x 1 6 に限られず、受信部 1 0 4 0 とパーソナルコンピュータ、パーソナルコンピュータと後述する増設部 2 0 4 との通信に十分な速度（帯域）を有していれば、任意のバスを用いてよい。

【 0 1 1 4 】

カート 2 0 3 は可搬本体部 2 0 0 を搭載した状態で移動可能な台であり、天板 2 2 1、増設部 2 0 4、入力部 2 0 5 を備える。

増設部 2 0 4 は、高機能演算回路 1 0 4 7 を備える。具体的には、G P U と、G P U を動作させるための電源ユニットなどから構成される。なお、具体的構成は G P U に限られず、高機能な演算能力を有するプロセッサや、プロセッサや演算回路を含むモジュールであってもよい。

10

【 0 1 1 5 】

入力部 2 0 5 は、例えば、可搬本体部 2 0 0 と接続可能なキーボードである。

可搬本体部 2 0 0 は、カート 2 0 3 から取り外されているときは、図 2 0 のフローチャートで示したように、第 2 整相加算部を用いない動作を行う。一方、可搬本体部 2 0 0 は、カート 2 0 3 に取り付けられているときは、図 1 6 のフローチャートで示したように、第 2 整相加算部を用いる動作を行う。

20

【 0 1 1 6 】

< 脱着構成 >

可搬本体部 2 0 0 の裏面は脱着部を備えている。脱着部は、例えば、図 2 3 (b) に示すように、X 方向に延びる 2 つの係合溝 2 1 1 からなる。係合溝 2 1 1 は、L 字型の溝であり、可搬本体部 2 0 0 の背面側には、係止爪 2 1 2 が設けられている。係止爪 2 1 2 はばねで係止溝内に付勢されており、可搬本体部 2 0 0 の背面側が傾斜面となっている。そのため、係合溝 2 1 1 に後述する係合凸部 2 2 2 の挿入を許容するが、係合溝 2 1 1 の奥まで挿入された係合凸部 2 2 2 の引き出しを抑止する構成となっている。可搬本体部 2 0 0 の背面には、係止爪 2 1 2 を係止溝から引き上げるための解除釦 2 1 3 と、コネクタ 2 1 4 が設けられている。コネクタ 2 1 4 には、スイッチファブリックから延びる信号線が格納されている。なお、コネクタ 2 1 4 は、いわゆる活線挿抜（ホットプラグ）に対応していることが好ましい。さらに、コネクタ 2 1 4 は、入力部 2 0 5 からの入力を受け付ける信号線を含んでいてもよい。

30

【 0 1 1 7 】

一方、カート 2 0 3 の天板 2 2 1 は脱着部を備えている。脱着部は、例えば、図 2 3 (c) に示すように、X 方向に延びる 2 つの係合凸部 2 2 2 とコネクタ 2 2 3 が設けられている。係合凸部 2 2 2 は、係合溝 2 1 1 と係合可能な L 字型の突起である。なお、図 2 3 (c) に示すように、係合凸部 2 2 2 はカート 2 0 3 の前面側に近づくほど、Y 方向に延びる部分が小さくなったり、Y 方向に延びる部分がない状態で Z 方向の高さが低くなったりしてもよい。このような形状にすることで、係合凸部 2 2 2 の一部のみが係合溝 2 1 1 に挿入された状態で可搬本体部 2 0 0 が天板 2 2 1 に対して Z 方向に相対移動可能となるため、可搬本体部 2 0 0 の着脱が容易となる。コネクタ 2 2 3 は、天板 2 2 1 の係合凸部 2 2 2 と可搬本体部 2 0 0 の係合溝 2 1 1 が係合して係止爪 2 1 2 によって可搬本体部 2 0 0 が天板 2 2 1 に対して相対移動できない状態で、コネクタ 2 1 4 と係合するように設けられている。コネクタ 2 2 3 には、増設部 2 0 4 の高機能演算回路 1 0 4 7 から延びる信号線が格納されている。さらに、コネクタ 2 2 3 は、入力部 2 0 5 からの信号線を含んでいてもよい。

40

【 0 1 1 8 】

可搬本体部 2 0 0 をカート 2 0 3 に取り付ける際には、係合凸部 2 2 2 のカート 2 0 3 の前面側の端部と係合溝 2 1 1 の位置を合わせ、X 方向カート後方側に可搬本体部 2 0 0 をスライドさせる。これにより、係合溝 2 1 1 がガイドとなって、係合凸部 2 2 2 と係合

50

溝 2 1 1 が係合する。係合凸部 2 2 2 が係合溝 2 1 1 に完全に格納されると、コネクタ 2 1 4 とコネクタ 2 2 3 が係合し、可搬本体部 2 0 0 と増設部 2 0 4 が電氣的に接続される。また、係止爪 2 1 2 が係合溝 2 1 1 に突出し、カート 2 0 3 に対して可搬本体部 2 0 0 が相対移動することを抑止する。これにより、可搬本体部 2 0 0 がカート 2 0 3 に固定される。

【 0 1 1 9 】

一方、可搬本体部 2 0 0 をカート 2 0 3 から取り外す際には、解除釦 2 1 3 を押しながら可搬本体部 2 0 0 をカート 2 0 3 の前面側にスライドさせ、さらに、可搬本体部 2 0 0 をカート 2 0 3 の前面側に引き出す。解除釦 2 1 3 を押すことで係合凸部 2 2 2 と係合溝 2 1 1 が X 方向に相対移動可能となり、可搬本体部 2 0 0 をカート 2 0 3 の前面側にスライドさせることでコネクタ 2 1 4 とコネクタ 2 2 3 との接続が解除される。さらに、可搬本体部 2 0 0 をカート 2 0 3 の前面側にスライドさせることで、係合凸部 2 2 2 と係合溝 2 1 1 の係合が完全に解かれる。

10

【 0 1 2 0 】

< 機能構成 >

図 2 4 に、可搬本体部 2 0 0 の受信ビームフォーマ部 3 0 4 の構成を示す。図 2 4 に示すように、受信ビームフォーマ部 3 0 4 は、受信ビームフォーマ部 1 0 4 から高機能演算回路 1 0 4 7、すなわち、第 2 整相加算部 1 0 4 2 と第 2 合成部 1 0 4 5 とを除く構成である。

20

【 0 1 2 1 】

受信ビームフォーマ部 3 0 4 は、それ単体で<動作 2：第 2 整相加算部を用いない場合>の動作を行う。さらに、可搬本体部 2 0 0 がカート 2 0 3 に固定されているときは、増設部 2 0 4 の高機能演算回路 1 0 4 7 と連携する。すなわち、受信ビームフォーマ部 3 0 4 と高機能演算回路 1 0 4 7 との組み合わせで、受信ビームフォーマ部 1 0 4 を実現する。

【 0 1 2 2 】

可搬本体部 2 0 0 の制御部は、可搬本体部 2 0 0 がカート 2 0 3 に固定されているか否かを判定し、固定されていない場合は、第 2 整相加算部を用いないと決定し、固定されている場合は、第 2 整相加算部を用いると決定する。可搬本体部 2 0 0 がカート 2 0 3 に固定されているか否かを判定する方法としては、例えば、スイッチファブリックと高機能演算回路 1 0 4 7 との接続が有効か否かを検出する方法がある。なお、判定方法はこの場合に限られず、例えば、制御部が高機能演算回路 1 0 4 7 への通信を試みて、成功するか否かで判定してもよい。または、コネクタ 2 1 4 に、コネクタ 2 2 3 と接続されているか否かを検出する検出信号線を設け、検出信号線の状態で判定してもよい。または、コネクタ 2 1 4、係合溝 2 1 1、あるいは、可搬本体部 2 0 0 の裏面または背面に、可搬本体部 2 0 0 がカート 2 0 3 に固定されているか否かを検出するためのセンサを設けてもよい。

30

【 0 1 2 3 】

< まとめ >

実施の形態 2 に係る超音波診断装置によれば、可搬本体部のみで超音波画像を生成する場合には、線領域音響線信号を生成して線領域音響線信号から超音波画像を生成する、という演算量の小さい処理を行う。したがって、可搬本体部が高い演算能力を有している必要がない。また、演算量が小さいことで省電力化が可能となるため、可搬本体部の排熱設計や回路の単純化等による可搬本体部の小型化や、内蔵蓄電池による稼働可能時間の延長が容易となる。一方、可搬本体部がカートに搭載されている場合は、線領域音響線信号に基づいて最適化されたパラメータを用いて、高機能演算回路が合成開口法により超音波画像を生成する。したがって、高機能演算回路の演算能力を超音波画像の生成のみに使用した上でパラメータの最適化が可能となり、高品質の超音波画像を生成した上で、対象領域の広域化やフレームレートの向上が可能となる。そのため、可搬本体部のみでも超音波診断装置として使用可能でありながら、カートと一体化した場合には高品質な超音波診断装置として使用することができる。

40

50

【0124】

実施の形態に係るその他の変形例

(1) 各実施の形態および変形例では、第1整相加算部は、対象領域 $B \times$ の内部であり、かつ、フォーカス点 F を通過する対象線 BL について線領域音響線信号を生成し、第1合成部は、線領域音響線信号に基づいて第1フレーム音響線信号を生成する場合について説明した。しかしながら、第1整相加算部、第1合成部の受信ビームフォーミングは上述の例に限られない。例えば、第1整相加算部は、フォーカス点 F またはその近傍を通過し、振動子列 $101a$ に直交する1または複数の直線状の領域 $BL \times$ について、従来型の受信ビームフォーミングにより線領域音響線信号を生成するとしてもよい。ここで、従来型の受信ビームフォーミングとは、例えば、観測点 Q と送信開口 $T \times$ との最短距離（すなわち、観測点 Q の深さ）を超音波速度で除した値を送信時間、観測点 Q と受信振動子 R との距離を超音波速度で除した値を受信時間、とする、既知のビームフォーミングである。このような構成においても、実施の形態と同様の効果を得ることができる。

10

【0125】

(2) 各実施の形態および変形例では、第2整相加算部は、観測点同期型の受信ビームフォーミングを行うとした。しかしながら、第2整相加算部は、送信開口同期型の受信ビームフォーミングを行うとしてもよい。この場合、受信開口を、送信開口の位置に基づいて設定する。具体的には、送信開口の中心軸と受信開口の送信軸が一致するように、受信開口を設ける。したがって、受信開口は観測点の位置には依存せず、送信開口の位置に依存する。そのため、送信イベントに同期してそれぞれ異なる受信開口にて整相加算を行うことができ、複数の送信イベントにわたって受信時刻は異なるものの、結果としてより一層広い受信開口を用いた受信処理の効果が得られ、広い観測領域で空間分解能を均一にすることができるという効果を奏する。

20

【0126】

(3) 実施の形態2では、可搬本体部200とカート203のそれぞれの脱着部の具体的形状について説明した。しかしながら、脱着部の構成は上述の例に限られない。着脱部の形状は、(a)可搬本体部がユーザの意に反してカートから離脱しない、(b)可搬本体部がカートに装着されているときに、可搬本体部と増設部とが電氣的に接続される、の2条件を満たしていれば、任意の形状でよい。なお、ユーザが可搬本体部を取り外そうとしているときにカートからの離脱が容易であることが好ましい。

30

【0127】

また、実施の形態2では、可搬本体部200とカート203のそれぞれにコネクタを設ける、としたが、例えば、可搬本体部と増設部とは、無線通信または非接触通信を行うとしてもよい。

(4) 各実施の形態および変形例では、パラメータ算出部がパラメータを算出した送信イベントにおいて、第2整相加算部が当該パラメータを用いて整相加算する場合について説明した。しかしながら、パラメータの反映は、同一の送信イベントである必要はない。例えば、第2整相加算部は、パラメータ算出部からパラメータを受信すると、次以降の送信イベントにおいてパラメータを反映するとしてもよい。この構成により、第2整相加算部は、第1整相加算部による線領域音響線信号の生成およびパラメータ算出部によるパラメータの算出を待つ必要がなく、第2整相加算部による整相加算と、第1整相加算部による線領域音響線信号の生成およびパラメータ算出部によるパラメータの算出とを並列処理で行うことができる。したがって、第1整相加算部およびパラメータ算出部による演算能力が第2整相加算部および第2合成部によるフレーム音響線信号の生成時間に影響を与えず、第2整相加算部を使用する場合におけるフレームレートを向上させることができる。

40

【0128】

(5) なお、本発明を上記実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明は、上記の実施の形態に限定されず、以下のような場合も本発明に含まれる。

例えば、上記超音波診断装置の全部、もしくは一部を、マイクロプロセッサ、ROM、RAM等の記録媒体、ハードディスクユニットなどから構成されるコンピュータシステム

50

で構成した場合も本発明に含まれる。上記RAM又はハードディスクユニットには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、各装置はその機能を達成する。

【0129】

また、上記の各装置を構成する構成要素の一部又は全部は、1つのシステムLSI(Large Scale Integration(大規模集積回路))から構成されるとしてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。なお、LSIは、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。上記RAMには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。例えば、本発明のビームフォーミング方法がLSIのプログラムとして格納されており、このLSIがコンピュータ内に挿入され、所定のプログラム(ビームフォーミング方法)を実施する場合も本発明に含まれる。

10

【0130】

なお、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサ(Reconfigurable Processor)を利用してもよい。

20

【0131】

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。

また、各実施の形態に係る、超音波診断装置の機能の一部又は全てを、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。上記超音波診断装置の診断方法や、ビームフォーミング方法を実施させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。プログラムや信号を記録媒体に記録して移送することにより、プログラムを独立した他のコンピュータシステムにより実施してもよい、また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

30

【0132】

上記実施形態に係る超音波診断装置では、記憶装置であるデータ格納部を超音波診断装置内に含む構成としたが、記憶装置はこれに限定されず、半導体メモリ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等が、超音波診断装置に外部から接続される構成であってもよい。

また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

40

【0133】

また、上記のステップが実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時(並列)に実行されてもよい。

また、超音波診断装置には、プローブ及び表示部が外部から接続される構成としたが、これらは、超音波診断装置内に一体的に具備されている構成としてもよい。

【0134】

50

また、上記実施の形態においては、プローブは、複数の圧電素子が一次元方向に配列されたプローブ構成を示した。しかしながら、プローブの構成は、これに限定されるものではなく、例えば、複数の圧電変換素子を二次元方向に配列した二次元配列振動子や、一次元方向に配列された複数の振動子を機械的に揺動させて三次元の断層画像を取得する揺動型プローブを用いてもよく、測定に応じて適宜使い分けることができる。例えば、二次元に配列されたプローブを用いた場合、圧電変換素子に電圧を与えるタイミングや電圧の値を個々に変化させることによって、送信する超音波ビームの照射位置や方向を制御することができる。

【0135】

また、プローブは、送受信部の一部の機能をプローブに含んでいてもよい。例えば、送受信部から出力された送信電気信号を生成するための制御信号に基づき、プローブ内で送信電気信号を生成し、この送信電気信号を超音波に変換する。併せて、受信した反射超音波を受信電気信号に変換し、プローブ内で受信電気信号に基づき受信信号を生成する構成を採ることができる。

10

【0136】

また、各実施の形態に係る超音波診断装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。更に上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。

さらに、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

20

【0137】

まとめ

(1) 実施の形態に係る超音波診断装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に集束型の超音波ビームを送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波して受信信号列を生成し、前記受信信号列に基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、超音波ビームの集束位置を規定するフォーカス点を送信イベントごとに変更しながら、送信イベントごとに、前記超音波プローブに列設された複数の振動子から送信振動子列を選択して当該送信振動子列から被検体内の対象領域に超音波ビームを送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記対象領域から受波した反射超音波に基づいて、振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、前記送信イベントごとに、少なくとも前記対象領域の一部を含む第1対象領域内の複数の観測点について、前記受信信号列を整相加算し第1音響線信号を生成する第1整相加算部と、前記第1音響線信号に基づいて、サブフレーム音響線信号を生成するためのパラメータを算出するパラメータ算出部と、前記対象領域の全部または一部である第2対象領域内の複数の観測点について、前記パラメータに基づき、前記受信信号列を整相加算しサブフレーム音響線信号を生成する第2整相加算部と、前記サブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する合成部と、前記第1音響線信号と前記フレーム音響線信号のいずれに基づいて超音波画像を生成するかを決定する制御部と、前記制御部の決定に基づき、前記第1音響線信号と前記フレーム音響線信号のいずれか一方から超音波画像を生成する超音波画像生成部とを含む超音波信号処理回路を備えることを特徴とする。

30

40

【0138】

上記構成により、必要な演算能力に応じて、第2整相加算部を用いる動作と、第2整相加算部を用いない動作とを切り替えることができる。

(2) また、上記(1)の超音波診断装置は、前記超音波信号処理回路は、少なくとも前記第1整相加算部と前記パラメータ算出部と前記制御部とを含む第1回路と、少なくとも前記第2整相加算部と前記合成部とを含む第2回路とを含み、前記第2回路は前記第1回路に対して脱着可能に構成され、前記制御部は、前記第2回路が前記第1回路に接続されているときは、前記フレーム音響線信号に基づいて超音波画像を生成すると決定し、前

50

記第2回路が前記第1回路から切り離されているときは、前記第1音響線信号に基づいて超音波画像を生成すると決定する、としてもよい。

【0139】

上記構成により、演算能力より可搬性を重視する場合には演算量の小さい受信ビームフォーミングにより超音波画像を生成することができる一方、可搬性より演算能力を重視する場合には高品質の超音波画像を生成することができる。したがって、使用状況に応じて最適な制御を行うことができる。

(3)また、上記(1)～(2)の超音波診断装置は、前記パラメータ算出部は、前記第1音響線信号に基づいて前記被検体内の動きを検出し、前記制御部は、被検体内の動きが大きいほど、前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向における第2対象領域の幅が小さくなるように、前記第2整相加算部に指示する、としてもよい。

10

【0140】

(4)また、上記(3)の超音波診断装置は、前記パラメータ算出部は、前記第1音響線信号から生成したフレーム音響線信号と、他のフレームにおける第1音響線信号から生成したフレーム音響線信号とから、前記被検体内の動きを検出する、としてもよい。

これら上記構成により、第2整相加算部の演算に影響を与えずにプローブや被検体の動きを検出し、速やかにモーションアーチファクトの発生の抑制を行うことができる。

【0141】

(5)また、上記(1)～(4)の超音波診断装置は、前記第1整相加算部は、整相加算に用いる被検体内の超音波速度について複数の推定値を保持しており、前記送信イベントごとに、同一の第1対象領域に対して、前記複数の推定値のそれぞれを用いて、複数の第1音響線信号を生成し、前記パラメータ算出部は、前記複数の第1音響線信号に基づいて、被検体内の超音波速度を推定し、前記制御部は、前記パラメータ算出部が推定した被検体内の超音波速度を用いて整相加算を行うよう、第2整相加算部に指示する、としてもよい。

20

【0142】

(6)また、上記(5)の超音波診断装置は、前記パラメータ算出部は、第1対象領域が同一で超音波速度の推定値が異なる、複数の第1音響線信号のそれぞれに対して、信号の値の分散を算出し、算出した分散が最も大きい第1音響線信号に対応する推定値を、被検体内の超音波速度であると推定する、としてもよい。

30

これら上記構成により、第2整相加算部の演算に影響を与えることなく、超音波速度を最適化し、超音波画像の解像度を向上させることが可能となる。

【0143】

(7)また、上記(1)～(6)の超音波診断装置は、前記パラメータ算出部は、前記第1音響線信号における、観測点の深さと信号のS/N比との関係を算出して、観測点の深さに応じた増幅率を決定し、前記制御部は、前記パラメータ算出部が決定した、観測点の深さに応じた増幅率を用いて、第2音響線信号に重みづけを行うよう、第2整相加算部に指示する、としてもよい。

【0144】

(8)また、上記(7)の超音波診断装置は、前記第1整相加算部は、観測点の深さに対する信号増幅率について複数のプロファイルを保持しており、前記送信イベントごとに、同一の第1対象領域に対して、前記複数のプロファイルのそれぞれを用いて、複数の第1音響線信号を生成し、前記パラメータ算出部は、前記第1音響線信号における、観測点の深さに対する信号のS/N比の分散が最も小さいプロファイルを、観測点の深さに応じた増幅率として決定する、としてもよい。

40

【0145】

これら上記構成により、第2整相加算部の演算に影響を与えることなくゲインコントロールを行い、超音波画像のS/N比を均一化させることが可能となる。

(9)また、上記(1)～(8)の超音波診断装置は、前記第2整相加算部は、送信された超音波が各観測点に到達する送信時間を、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波

50

が集束するフォーカス深さ以上である場合には、送信された超音波が前記送信振動子列から前記フォーカス点に到達するまでの第1時間と、前記基準点から前記観測点に到達する第2時間との合計を送信時間として算出し、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ未満である場合には、前記第1時間から前記第2時間を減算した結果を送信時間として算出する、としてもよい。

【0146】

上記構成により、第2整相加算部を用いる場合に高解像度の超音波画像を生成することが可能となる。

(10)また、上記(1)~(9)の超音波診断装置は、前記画像生成部は、前記第1音響線信号からフレーム音響線信号を生成する第1音響線信号合成部を備え、前記第1対象領域は、前記フォーカス点を通り、全域が前記対象領域内に含まれる直線状の領域であり、前記第1整相加算部は、前記送信振動子列に含まれる振動子のそれぞれに対応する受信信号列に対して、観測点と前記フォーカス点との距離と、前記フォーカス点と振動子との距離とをそれぞれ被検体内の超音波速度で除算した値に基づく遅延処理を含む整相加算を行って前記第1音響線信号を生成し、前記画像生成部は、前記第1音響線信号から超音波画像を生成する場合、前記第1音響線信号合成部が生成したフレーム音響線信号から超音波画像を生成する、としてもよい。

10

【0147】

(11)また、上記(10)の超音波診断装置は、前記第1整相加算部は、送信された超音波が各観測点に到達する送信時間を、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ以上である場合には、送信された超音波が前記送信振動子列から前記フォーカス点に到達するまでの第1時間と、前記基準点から前記観測点に到達する第2時間との合計を送信時間として算出し、前記観測点の深さが前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さ未満である場合には、前記第1時間から前記第2時間を減算した結果を送信時間として算出する、としてもよい。

20

【0148】

これら上記構成により、第1整相加算部を用いない場合に、演算量を大きく削減しながらも品質劣化を抑えた超音波画像を生成することができる。また、第2整相加算部を用いる場合、特に超音波速度をパラメータとして算出する際に、誤差を低減させることができる。

30

(12)また、上記(10)~(11)の超音波診断装置は、前記第1整相加算部は、各観測点からの反射波が各振動子に到達する受信時間を、前記観測点から前記観測点に最近接する振動子に到達するまでの時間を、前記観測点に最近接する振動子に対応する受信時間として算出し、超音波が前記フォーカス点から振動子に到達するまでの時間と前記フォーカス点から前記観測点に最近接する振動子に到達するまでの時間との差を、前記観測点に最近接する振動子に対応する受信時間に加算することで、当該振動子に対応する受信時間として算出する、としてもよい。

【0149】

上記構成により、観測点ごとに受信信号を同定する必要がなくなり、第1整相加算部の演算量を大きく削減することができる。

40

(13)また、上記(10)~(12)の超音波診断装置は、前記第1音響線信号合成部は、前記送信イベントごとに、前記対象領域内の各観測点について、前記フォーカス点との距離が当該観測点と同一であり前記直線上に存在する観測点の前記第1音響線信号を割り当てて当該観測点の音響線信号とすることで、サブフレーム音響線信号を生成し、生成した複数のサブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する、としてもよい。

【0150】

上記構成により、対象領域内の観測点の数に対して第1整相加算部の演算量を削減することができる。

(14)また、上記(1)~(9)の超音波診断装置は、前記第1対象領域は、前記フ

50

フォーカス点またはその近傍を通過し、前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向に直交する1以上の直線からなり、前記第1整相加算部は、観測点の深さを被検体内の超音波速度で除算した値を送信時間、観測点から振動子までの距離を被検体内の超音波速度で除算した値を受信時間として整相加算を行い、前記第1音響線信号を生成し、前記画像生成部は、前記第1音響線信号から超音波画像を生成する場合、前記第1整相加算部が生成した複数の第1音響線信号から超音波画像を生成する、としてもよい。

【0151】

上記構成により、第1整相加算部を用いない場合に、演算量を削減することができる。

(15)また、実施の形態の他の態様に係る超音波診断装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に集束型の超音波ビームを送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波して受信信号列を生成し、前記受信信号列に基づいて超音波画像を生成する超音波診断装置であって、超音波ビームの集束位置を規定するフォーカス点を送信イベントごとに変更しながら、送信イベントごとに、前記超音波プローブに列設された複数の振動子から送信振動子列を選択して当該送信振動子列から被検体内の対象領域に超音波ビームを送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記対象領域から受波した反射超音波に基づいて、振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、前記送信イベントごとに、少なくとも前記対象領域の一部を含む第1対象領域内の複数の観測点について、前記受信信号列を整相加算し第1音響線信号を生成する第1整相加算部と、前記第1音響線信号に基づいて、サブフレーム音響線信号を生成するためのパラメータを算出するパラメータ算出部と、前記第1音響線信号から超音波画像を生成する超音波画像生成部と、制御部とを含む超音波信号処理回路を備え、前記対象領域の全部または一部である第2対象領域内の複数の観測点について、前記パラメータに基づき、前記受信信号列を整相加算しサブフレーム音響線信号を生成する第2整相加算部と、前記サブフレーム音響線信号を合成してフレーム音響線信号を生成する合成部とを含む演算回路が前記超音波信号処理回路に対して着脱可能に構成され、前記制御部は、前記演算回路が前記超音波信号処理回路に接続されているとき、前記超音波画像生成部に、前記第1音響線信号に替えて前記フレーム音響線信号から超音波画像を生成させることを特徴とする。

10

20

【0152】

上記構成により、第1整相加算部が生成する第1音響線信号に基づき、演算量の小さい受信ビームフォーミングにより超音波画像を生成することができる。一方、高い演算能力が必要な場合は、第2整相加算部と合成部とを装着することで、高品質の超音波画像を生成することができる。さらに、第2整相加算部に対し第1音響線信号に基づいてパラメータ制御を行うことで、演算量の大きい第2整相加算部による受信ビームフォーミングを不必要に繰り返すことなく、第1整相加算部による低演算量の処理によりパラメータの最適化を図ることができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0153】

本開示にかかる超音波診断装置は、ポータブルな超音波診断装置としても高演算能力の超音波診断装置としても使用可能であり、かつ、使用状況に応じて最適な動作を行うことができる。

40

【符号の説明】

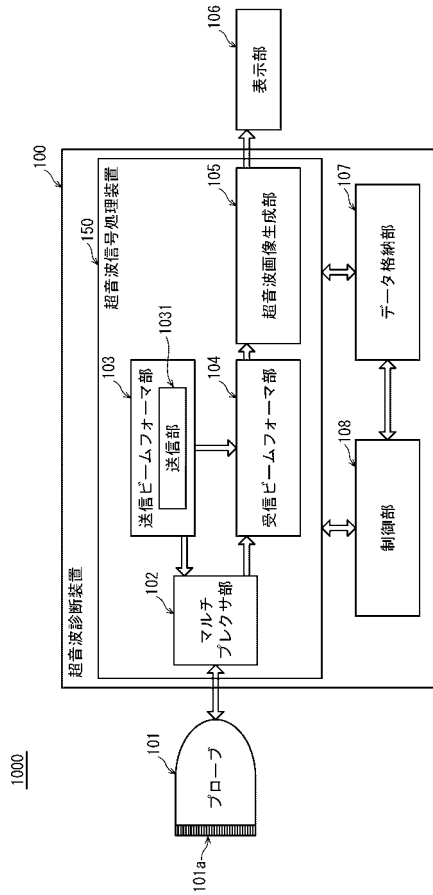
【0154】

- 100 超音波診断装置
- 101、201 プローブ
- 101a 振動子
- 102 マルチプレクサ部
- 103 送信ビームフォーマ部
- 1031 送信部
- 104、304 受信ビームフォーマ部

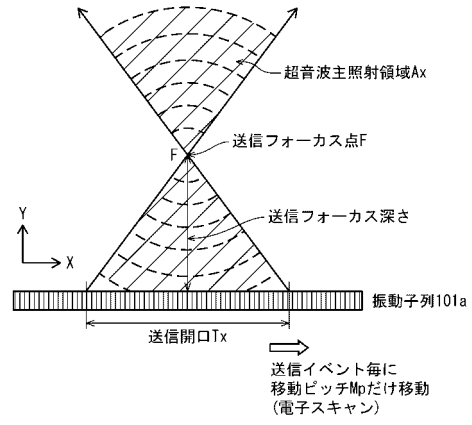
50

1 0 4 0	受信部	
1 0 4 1	第 1 整相加算部	
1 0 4 2	第 2 整相加算部	
1 0 4 3	パラメータ算出部	
1 0 4 4	第 1 合成部	
1 0 4 5	第 2 合成部	
1 0 4 6	出力部	
1 0 4 7	高機能演算回路	
1 1 4 1、1 2 4 1	対象領域設定部	
1 2 4 2	受信開口設定部	10
1 1 4 2、1 2 4 3	送信時間算出部	
1 1 4 3、1 2 4 4	受信時間算出部	
1 1 4 4、1 2 4 5	遅延量算出部	
1 1 4 5、1 2 4 6	遅延処理部	
1 1 4 6、1 2 4 7	重み算出部	
1 1 4 7、1 2 4 8	加算部	
1 3 4 1	音響線信号展開部	
1 3 4 2	重み付け合成部	
1 3 4 3	加算処理部	
1 3 4 4	増幅処理部	20
1 0 5	超音波画像生成部	
1 0 6、2 0 2	表示部	
1 0 7	データ格納部	
1 0 8	制御部	
1 5 0	超音波信号処理装置	
2 0 0	可搬本体部	
2 0 3	カート	
2 0 4	増設部	
2 0 5	入力部	
2 1 1	係合溝	30
2 1 2	係止爪	
2 1 3	解除釦	
2 1 4、2 2 3	コネクタ	
2 2 1	天板	
2 2 2	係合凸部	

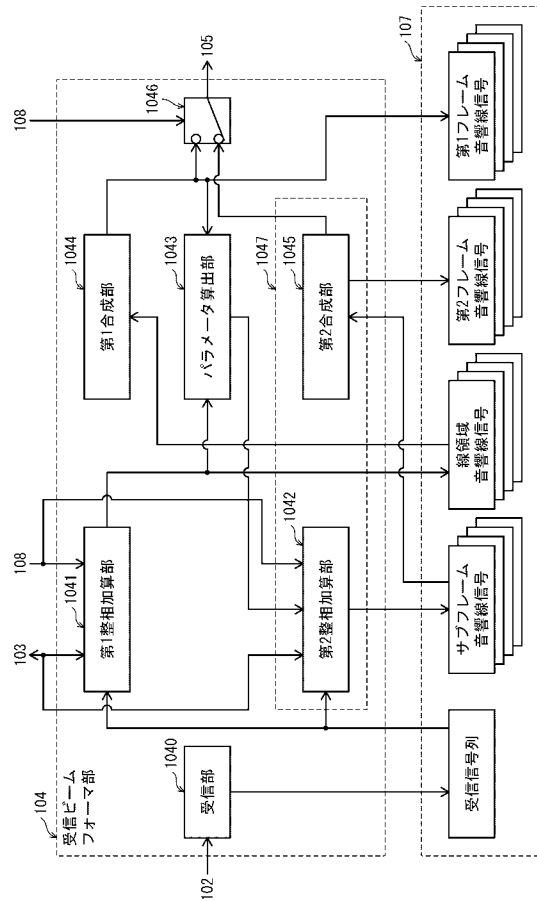
【図1】



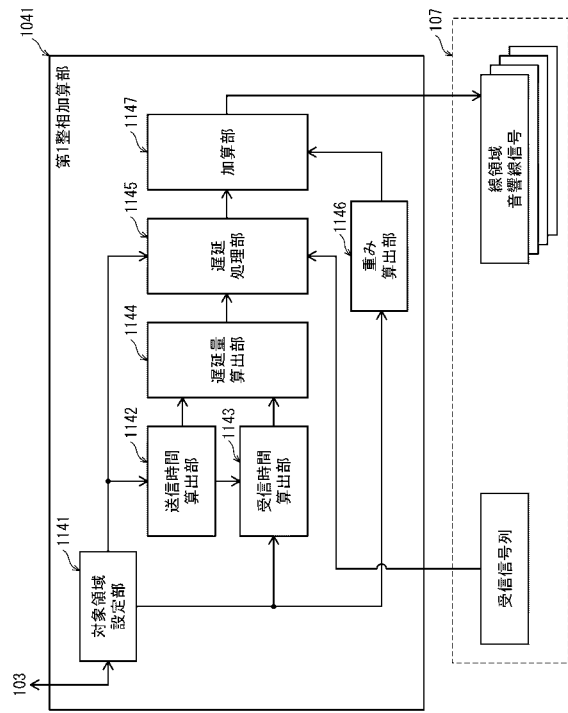
【図2】



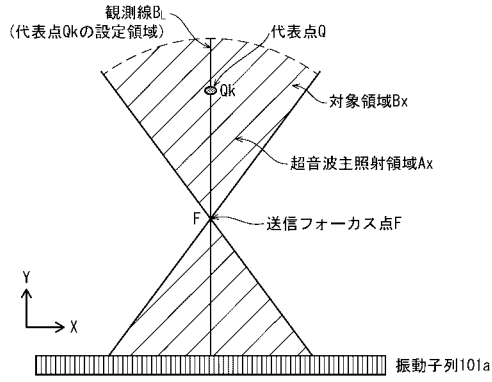
【図3】



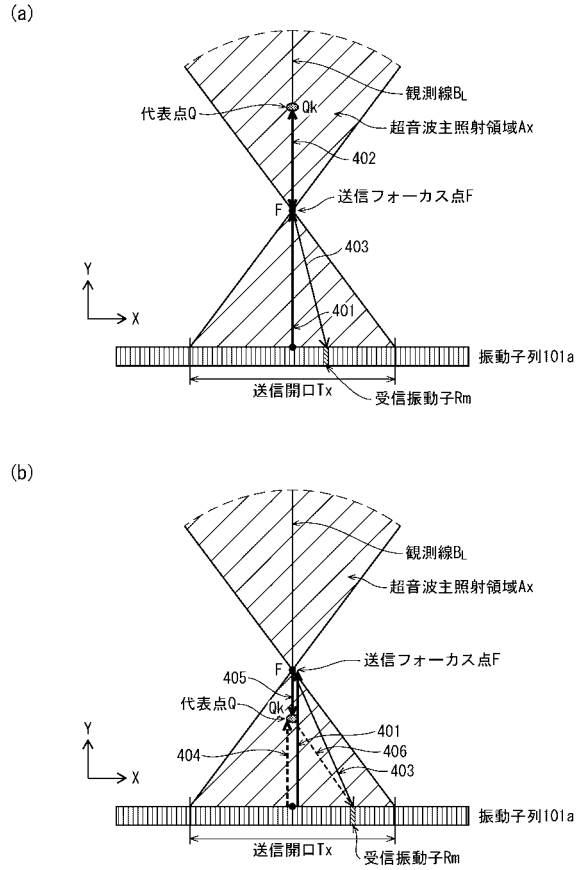
【図4】



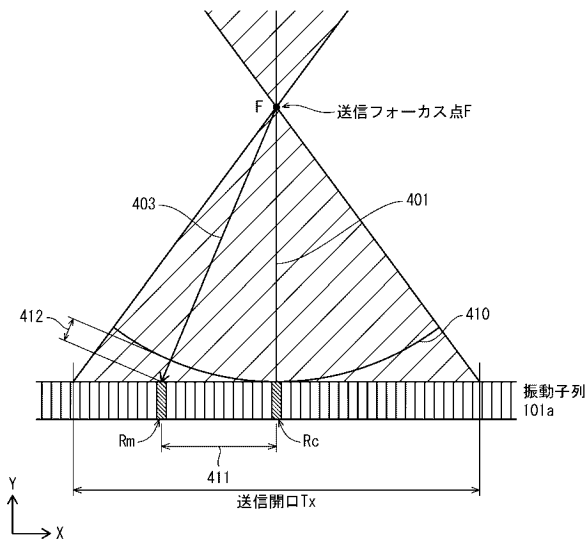
【図5】



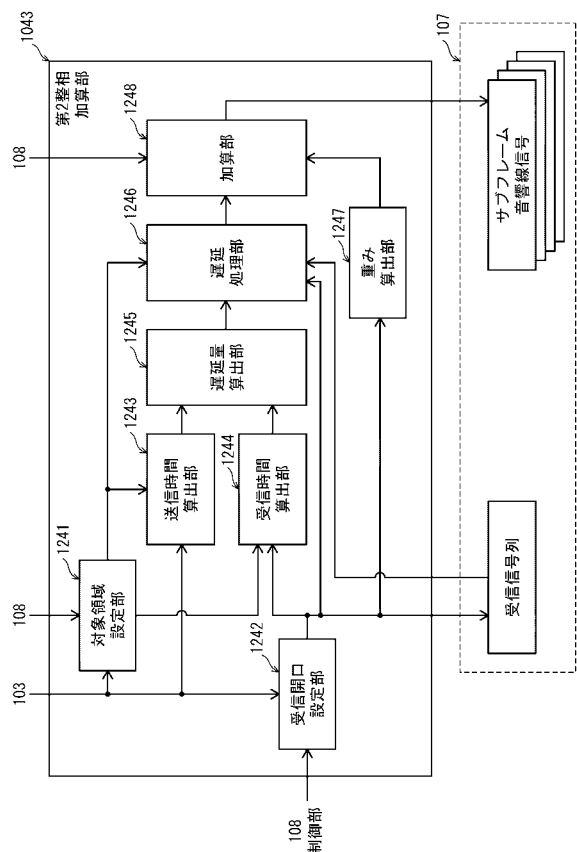
【図6】



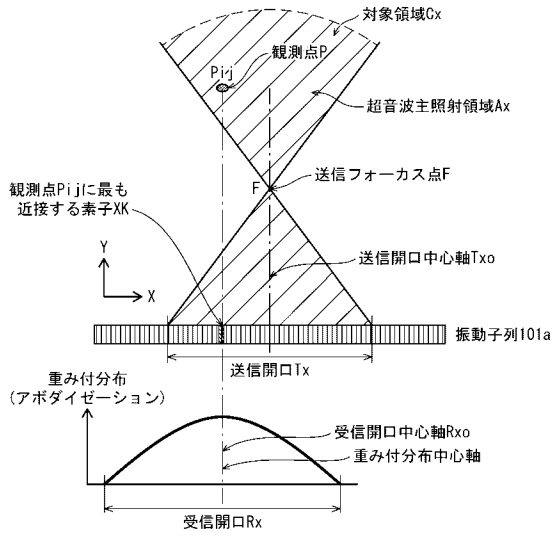
【図7】



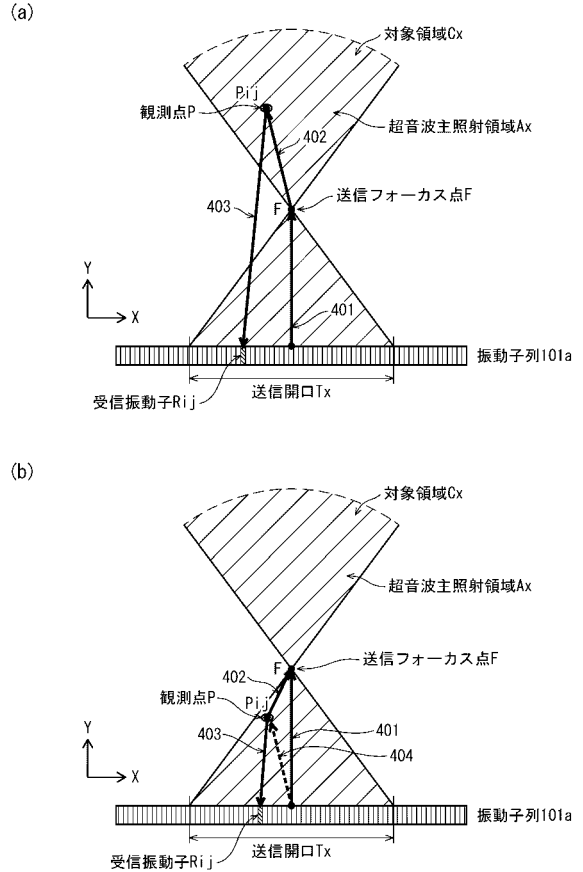
【図8】



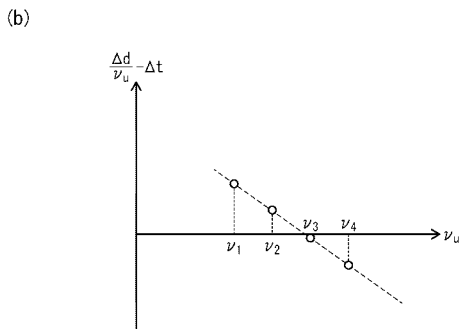
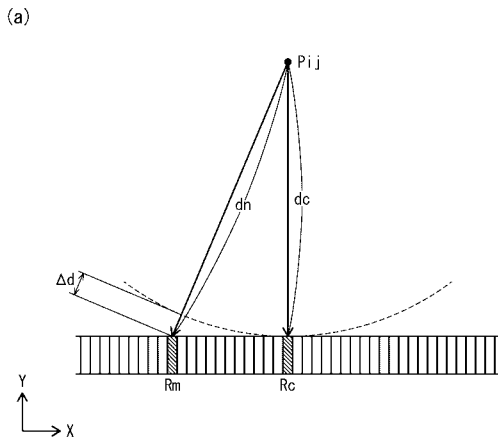
【図9】



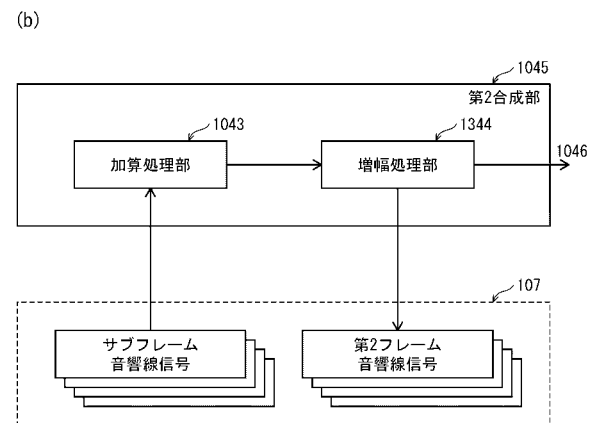
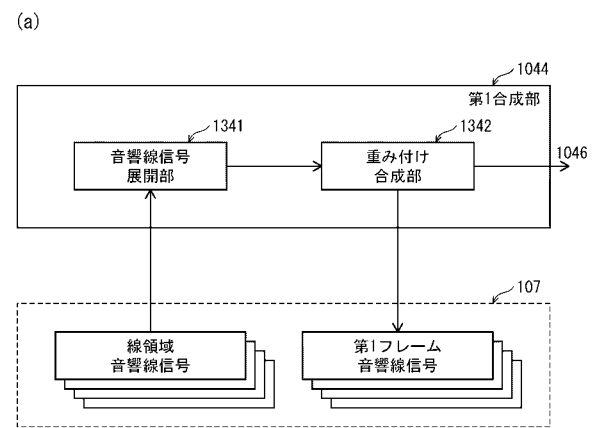
【図10】



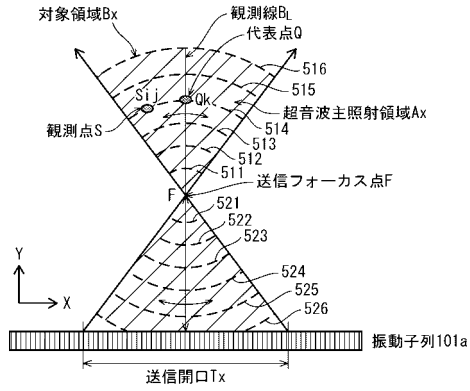
【図11】



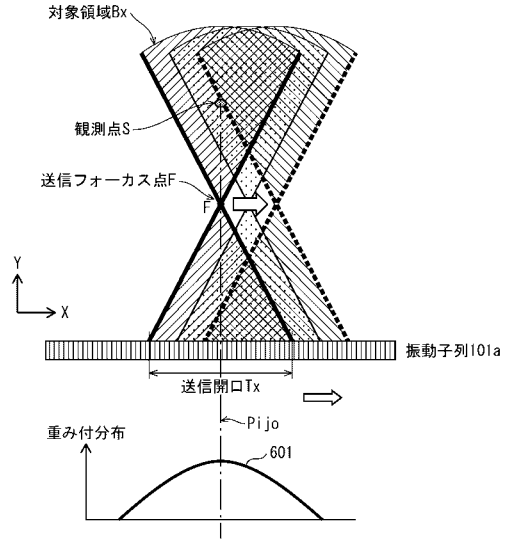
【図12】



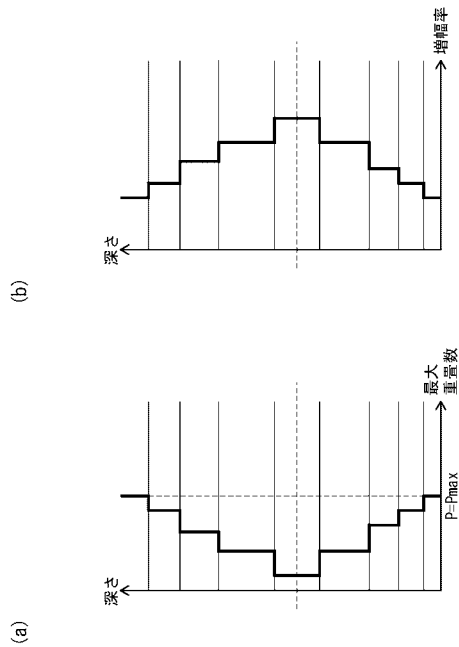
【図 13】



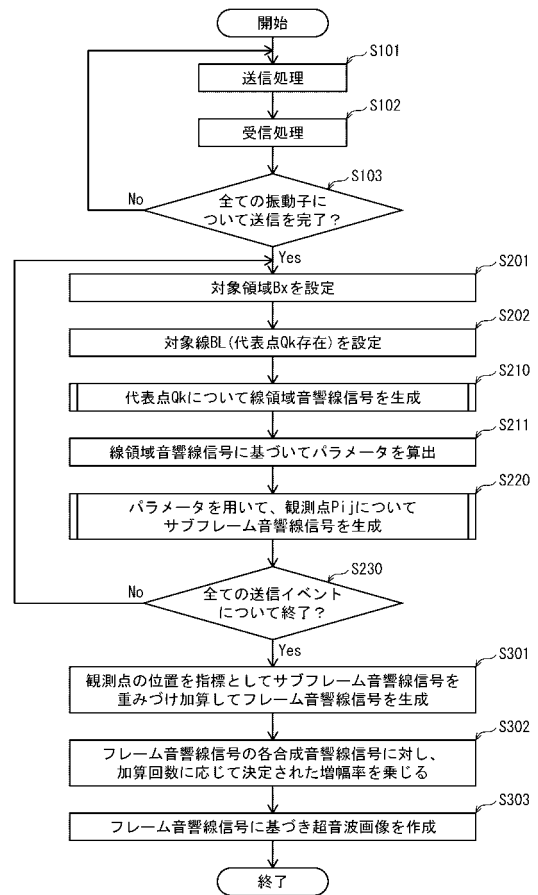
【図 14】



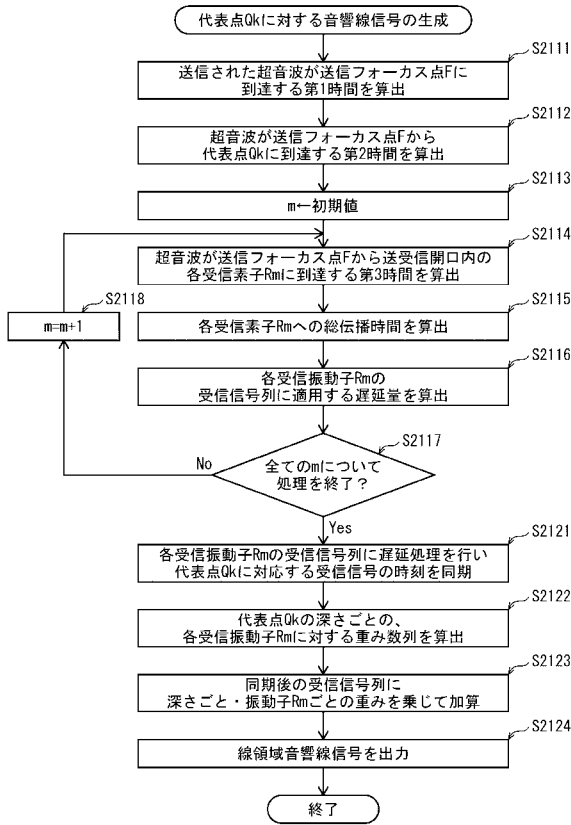
【図 15】



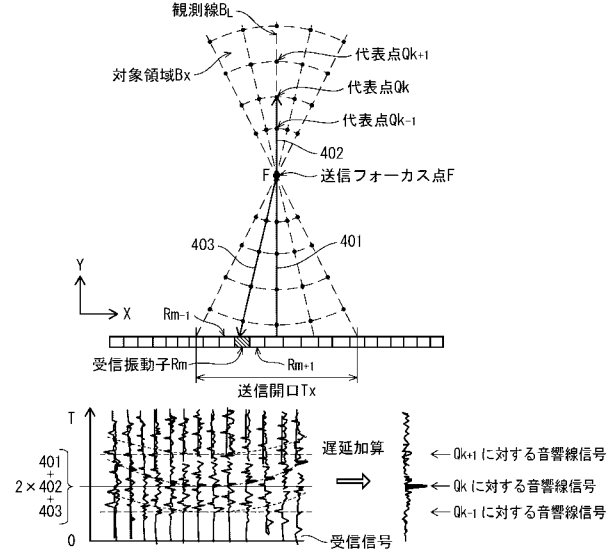
【図 16】



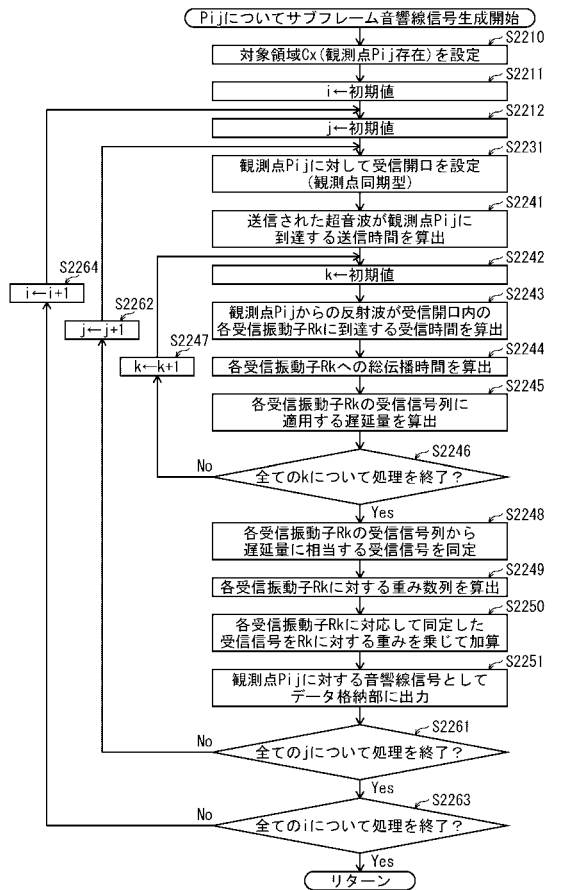
【図 17】



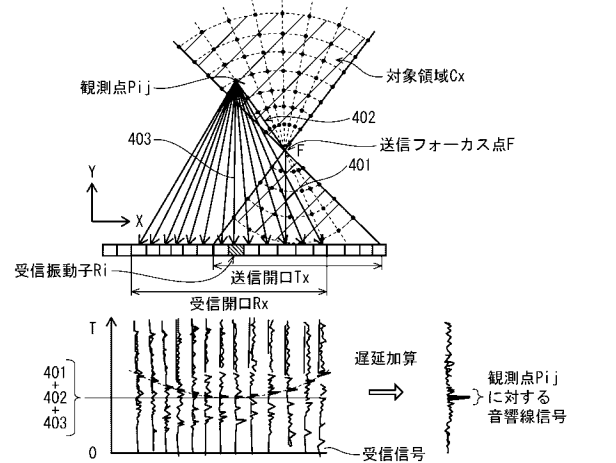
【図 18】



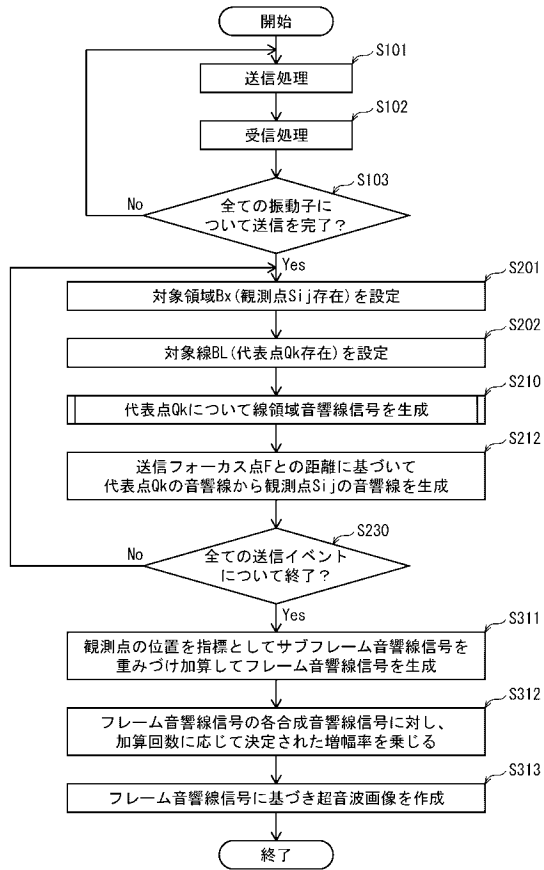
【図 19】



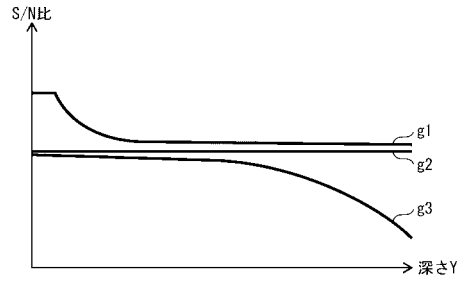
【図 20】



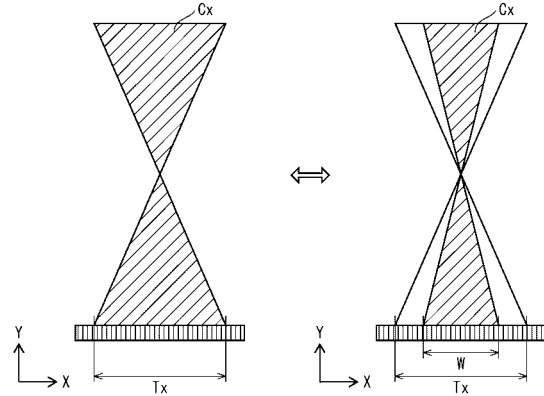
【図 2 1】



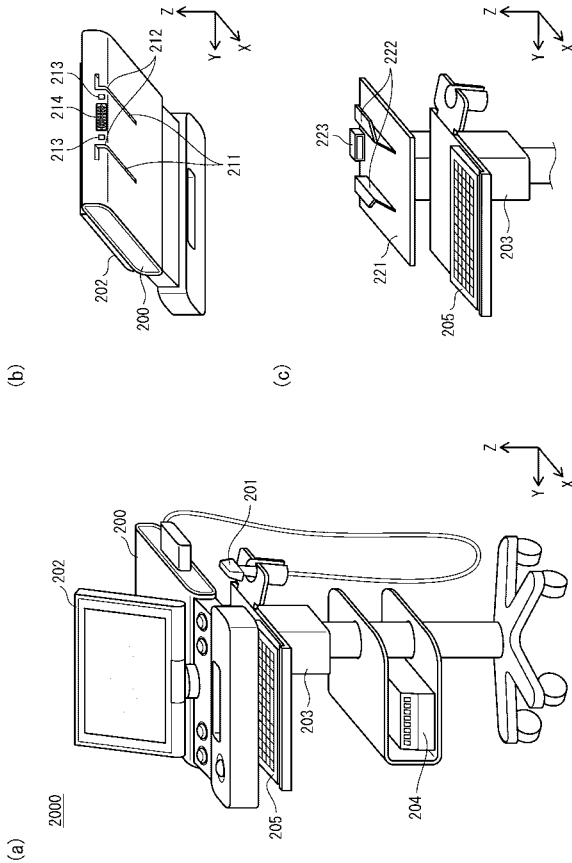
【図 2 2】



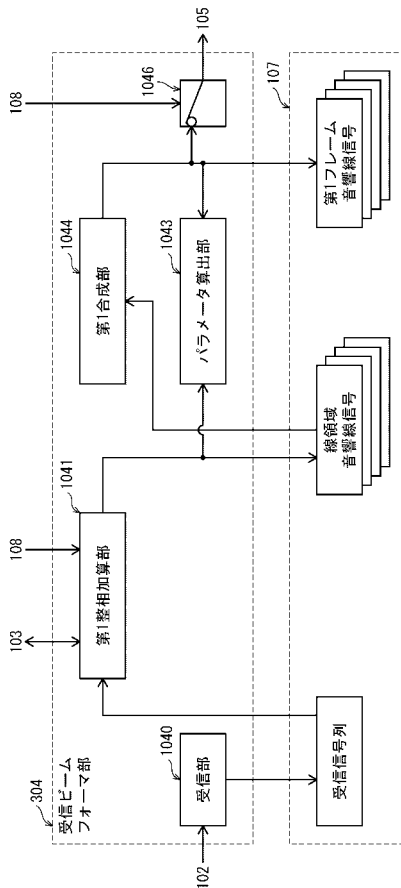
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



专利名称(译)	超声波诊断装置及其控制方法		
公开(公告)号	JP2018110784A	公开(公告)日	2018-07-19
申请号	JP2017004351	申请日	2017-01-13
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	津島峰生		
发明人	津島 峰生		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4483 A61B8/4405 A61B8/4472 A61B8/5207 B06B1/0215 B06B1/0622 G01N29/2437 G01N29/2481 G01N29/34 G01N29/36 G01N2291/012 G01N2291/106 G01S7/52049 G01S7/52082 G01S15/8915 G01S15/8997 G06G7/14 H01L27/20		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE01 4C601/EE03 4C601/EE22 4C601/HH38 4C601/JB03		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开的是，其与发射波束成形聚集式执行，以提供能够改变配置和根据所要求的计算能力的处理内容的超声波诊断装置中的合成孔径方法的超声波诊断装置。在包括A的一部分，至少所述目标区域，并用于产生第一声音线信号整相相加的接收信号序列中的第一整相相加单元中的第一目标区域的多个观测点，第一用于基于声传输线的信号的参数的参数计算单元，在所述第二目标区域中的多个观测点是基于所述参数的目标区域的全部或一部分，延迟与求和并且接收的子帧的信号序列第二延迟与求和单元，用于生成声线信号，和用于通过子帧的声线信号组合来生成帧声线信号的组合单元，基于任何第一声线信号和帧声线信号超确定是否生成声学图像的控制单元和生成超声波图像的超声波图像生成单元。

The 24

