

(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2020-10762
(P2020-10762A)

(43) 公開日 令和2年1月23日(2020.1.23)

(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 13 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2018-133457 (P2018-133457)
(22) 出願日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(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 渡邊 泰仁
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
(72) 発明者 吉田 淳子
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 EE04 HH02 HH15 HH22
HH24 HH25 HH29 JB03 JB05
JB39 JB45 JB51 JC37

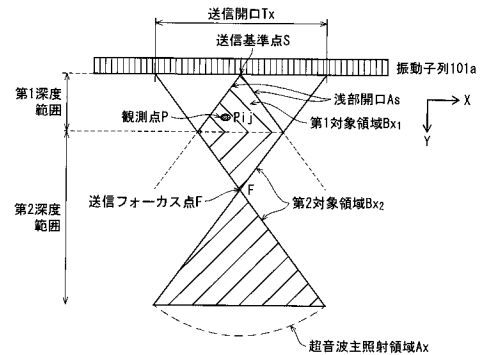
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、超音波診断装置、および、超音波信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】合成開口法において、観測点の深度に係らず空間分解能及びS/N比の低下を抑制する。

【解決手段】超音波信号処理装置であって、複数の振動子の一部を送信振動子列として選択して超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、送信開口を送信イベントごとに振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返す送信部と、受信信号列を生成する受信部と、フォーカス点よりも浅部に位置する深度範囲において深度が浅いほど振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を超音波主照射領域内に設定し、対象領域の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、複数のサブフレーム音響線信号に基づき、フレーム音響線信号を生成する合成部とを備える。

【選択図】 図5



【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に、被検体に超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、

前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まる超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行する送信部と、

各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの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、フォーカス点よりも浅部に位置する深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、

前記整相加算部が生成した前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、フレーム音響線信号を生成する合成部と

を備えることを特徴とする超音波信号処理装置。

【請求項 2】

複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に集束型の超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、

前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まるフォーカス点で超音波ビームが収束するように超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行する送信部と、

各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの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、前記フォーカス点より浅い所定の深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、

前記整相加算部が生成した前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を生成する合成部と

を備えることを特徴とする超音波信号処理装置。

【請求項 3】

前記対象領域は、前記深度範囲より深い第 2 深度範囲において、前記超音波主照射領域と同一の形状を有する

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

前記対象領域は、前記深度範囲において、前記振動子の並ぶ方向の幅の大きさが深度に比例する形状である

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 5】

前記対象領域は、前記深度範囲において、前記振動子の指向特性に基づく形状である

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

前記対象領域は、前記深度範囲において、前記超音波プローブの受信ビームプロファイルに基づく形状である

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記対象領域は、前記深度範囲より深く前記第 2 深度範囲より浅い第 3 深度範囲において、前記振動子の並ぶ方向の幅が前記超音波主照射領域より狭く、かつ、前記深度範囲とは異なる形状を有する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 8】

前記対象領域の形状を決定するための複数のパラメータの組み合わせを複数保持するパラメータ保持部と、

前記パラメータ保持部が保持するパラメータを取得して複数のパラメータの 1 つの組み合わせを選択し、対象領域の形状を決定する対象領域決定部と

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 9】

前記パラメータは、前記超音波プローブの特性値、前記振動子の特性値の 1 以上を含み、

前記対象領域決定部は、超音波プローブを特定する情報に基づいて、対象領域の形状を決定する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 10】

前記パラメータは、前記超音波ビームの周波数、波数、時間長、送信ビームフォーミング方法を特定する情報の 1 以上を含み、

前記対象領域決定部は、超音波ビームを特定する情報に基づいて、対象領域の形状を決定する

ことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

超音波プローブと、

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置と

を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 12】

複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、

前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まる超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行し、

各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの振動子各々に対する受信信号列を生成し、

前記送信イベントごとに、フォーカス点よりも浅部に位置する深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成し、

前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を生成する

ことを特徴とする超音波信号処理方法。

【請求項 13】

複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に集束型の超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体が

10

20

30

40

50

らの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、

前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まるフォーカス点で超音波ビームが収束するように超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行し、

各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの振動子各々に対する受信信号列を生成し、

前記送信イベントごとに、前記フォーカス点より浅い所定の深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成し、

前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を生成することを特徴とする超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波信号処理装置、及び、それを備えた超音波診断装置に関し、特に、超音波信号処理装置における受信ビームフォーミング処理方法に関する。

【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、モニタ（以後、「表示部」とする）上に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】

従来の超音波診断装置では、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。この方法では、一般に、複数の振動子によって行われる被検体への超音波送信が行われる際、被検体のある深度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、この方法では、送信超音波ビームの中心軸上に観測点を設定する。そのため、1回の超音波送信イベントでは送信超音波ビームの中心軸上にある1本若しくは少数本の音響線信号しか生成することができず、超音波の利用効率が悪い。また、観測点が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。

【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、特許文献1）。この方法によれば、超音波送信波の観測点への到達時間と、観測点で反射された反射波の観測点から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、1回の超音波送信イベントから超音波主照射領域全体に対して音響線信号を生成することができる。なお、超音波主照射領域とは、領域内のすべての点において、送信振動子列を構成する各振動子から送波される超音波の位相が揃っている領域を指す。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、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。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2016-87453号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

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、合成開口法を用いても、プローブに近接した浅部においては、送信超音波ビームの中心軸から離れた観測点で、音響線信号の空間分解能及び信号S/N比が低くなる課題が十分に解消することができないことがある。一方で、送信超音波ビームの中心軸近傍のみを対象領域とすると、同一観測点に対する受信信号の数が減少することから、合成開口法による空間分解能及びS/N比の向上を図ることが困難となる。

10

【0007】

本開示の一態様は、上記課題に鑑みてなされたものであり、合成開口法において、観測点の深度に係らず空間分解能及びS/N比の低下を抑制することのできる超音波信号処理装置および超音波信号処理方法、及び、それを用いた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】

【0008】

本開示の一態様に係る超音波信号処理装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まる超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行する送信部と、各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの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、フォーカス点よりも浅部に位置する深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、前記整相加算部が生成した前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を生成する合成部とを備えることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0009】

本開示の一態様に係る超音波信号処理装置、及び、それを用いた超音波診断装置は、合成開口法において、観測点の深度に係らず空間分解能及びS/N比の低下を抑制することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断装置100の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る送信ビームフォーマ部103による送信超音波ビームの伝播経路を示す図である。

【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に係る整相加算部1041の構成を示す機能ブロック図である。

50

- 【図 5】実施の形態 1 に係る対象領域 B_x を示す図である。
- 【図 6】実施の形態 1 に係る受信開口設定部 1043 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 7】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_k に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。
- 【図 8】実施の形態 1 に係る合成部 1140 の構成を示す機能ブロック図である。
- 【図 9】実施の形態 1 に係る加算処理部 11401 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。
- 【図 10】実施の形態 1 に係る、合成音響線信号における最大重畳数と、増幅処理部 11402 における増幅処理の概要を示す模式図である。 10
- 【図 11】実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 のフレーム音響線信号生成動作を示すフローチャートである。
- 【図 12】実施の形態 1 に係る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 13】実施の形態 1 に係る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。
- 【図 14】送信開口 T_x と観測点 P_{ij} との位置関係と、信号 S/N 比との関係を示す模式図である。
- 【図 15】実施の形態 1 に係る、浅部開口 A_s の第 1 の設定例を示す図である。
- 【図 16】実施の形態 1 に係る、浅部開口 A_s の第 2 の設定例を示す図である。 20
- 【図 17】実施の形態 1 に係る、浅部開口 A_s の第 3 の設定例を示す図である。
- 【図 18】変形例 1 に係る受信開口設定部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 19】変形例 1 に係る超音波診断装置のフレーム音響線信号生成動作を示すフローチャートである。
- 【図 20】変形例 1 に係る受信ビームフォーマ部における観測点 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。
- 【図 21】変形例 2 に係る対象領域 B_x の設定例を示す図である。
- 【図 22】変形例 3 に係る対象領域 B_x の設定例を示す図である。
- 【図 23】変形例 4 に係る対象領域 B_x の設定例を示す図である。 30
- 【図 24】変形例 4 に係る対象領域 B_x の設定例を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0011】
- 発明を実施するための形態に至った経緯
- 発明者は、合成開口法を用いる超音波診断装置において、浅部において音響線信号の空間分解能及び S/N 比（以下、「音響線信号の品質」と呼ぶ）の低下が発生する課題を見出した。
- 【0012】
- 合成開口法では、まず、それぞれの送信イベントにおいて対象領域（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）を設定し、対象領域内の観測点のそれぞれについて、観測点からの反射超音波を受波する受信振動子 R_k を設定する。そして、観測点のそれぞれについて、受信振動子 R_k のそれぞれが受波した反射超音波に基づき受信信号を作成し、複数の受信信号を整相加算してサブフレーム音響線信号を作成する。これにより、1 つの送信イベントに対応する音響線信号を作成する。そして、観測点の位置を指標として、複数のサブフレーム音響線信号を合成することで、フレーム音響線信号を作成する。これにより、仮想的な送信フォーカスを実現している。 40
- 【0013】
- しかしながら、観測点の深度が浅い場合、送信超音波ビームの中心軸から離れた観測点では音響線信号の空間分解能及び信号 S/N 比が低くなるという課題を発明者は見出した。以下、図 14 を用いて説明する。図 14 は、振動子列 101a から送信された超音波ビ 50

ームが観測点 P_{ij} に到達し、観測点 P_{ij} からの反射超音波が受信振動子 R_k に到達する経路を模式的に示している。ここで、超音波プローブの被検体に接する表面のうち、超音波ビームの送信に用いた複数の振動子に対応する領域を送信開口とし、送信開口の中心を送信基準点 S とする。また、送信基準点 S を通過し、超音波ビームの進行方向と平行な直線を送信開口中心軸 Tx_0 とする。超音波ビームが平面波である場合は、送信開口中心軸 Tx_0 は超音波ビームの波面に直交する直線となる。一方、超音波ビームが収束波である場合は、送信開口中心軸 Tx_0 は、送信基準点 S と、超音波ビームが収束する位置、または、超音波ビームが収束する領域の中心である、送信フォーカス点 F とを通過する直線となる。このとき、超音波ビームは、送信基準点 S から観測点 P_{ij} までの経路 P_s を通過したとみなすことができ、同様に、反射超音波は、観測点 P_{ij} から受信振動子 R_k までの経路 P_r を通過したとみなすことができる。一方で、受信振動子 R_k は、観測点 P_{ij} を、超音波ビームが経路 P_s を通過し、さらに反射超音波が経路 P_r を通過した全経路の所要時間により特定している。すなわち、送信基準点 S から参照点 D までの経路 $P's$ と参照点 D から受信振動子 R_k までの経路 $P'r$ の総経路長が、経路 P_s と経路 P_r の総経路長と等しくなるような参照点 D からの反射超音波は、観測点 P_{ij} からの反射超音波と区別することができない。一方で、参照点 D の位置は、送信基準点 S の位置と受信振動子 R_k の位置とを焦点とする楕円上に存在する。つまり、参照点 D の位置は受信振動子 R_k の位置に依存する。したがって、複数の受信振動子 R_k で受信した信号を整相加算することにより、観測点 P_{ij} からの反射超音波を強めあう一方で、参照点 D からの反射超音波も加算することになってしまう。

10

20

【0014】

ところが、整相加算による参照点 D からの反射超音波の打消しの度合いは、観測点 P_{ij} の位置にも依存する。例えば、図14(a)に示すように、観測点 P_{ij} が送信開口中心軸 Tx_0 の近傍に存在する場合は、観測点 P_{ij} からの反射超音波は空間的に観測点 P_{ij} に最も近い受信振動子 R_k で最も強く受信できる。このとき、参照点 D の存在領域は、送信基準点 S と受信振動子 R_k が近接しているため、ほぼ受信振動子 R_k を中心とする円周上に存在する。一方で、送信超音波ビームは、送信開口中心軸 Tx_0 に近いほど強いいため、観測点 P_{ij} に届く超音波ビームは、参照点 D_1 や D_2 に届く超音波ビームより強い。すなわち、受信振動子 R_k が受信する受信信号において、観測点 P_{ij} からの反射超音波が最も強くなる。従って、整相加算により、参照点 D からの反射超音波の影響は少なくなり、音響線信号の空間分解能及び信号 S/N 比を向上させることが可能である。また、観測点 P_{ij} の深度が深い場合は、経路 P_s の長さおよび経路 P_r の長さに対して受信振動子 R_k と送信基準点 S との距離が及ぼす影響が小さいため、同様に、整相加算により、音響線信号の空間分解能及び信号 S/N 比を向上させることが可能である。ところが、図14(b)に示すように、観測点 P_{ij} が観測点と離れた位置にある受信振動子 R_k では、以下のようなになる。観測点 P_{ij} からの反射超音波は受信振動子 R_k へ最短距離の P_r で受信できる。このとき、参照点 D の位置は、送信基準点 S の位置と受信振動子 R_k の位置とを焦点とする楕円上に存在する。したがって、受信振動子 R_k が受信する受信信号において、観測点 P_{ij} からの反射超音波と、参照点 D_3 からの反射超音波とで、強度に差がない。また参照点 D が参照点 D_3 のみならず多数存在することから、整相加算を行っても、観測点 P_{ij} からの反射超音波の強め合いが不十分となり、参照点 D_3 など複数の参照点 D からの反射超音波が残存することがある。したがって、音響線信号の空間分解能及び信号 S/N 比が、複数の参照点 D からの反射超音波によって低下する課題が発生する。

30

40

【0015】

上述した音響線信号の空間分解能及び信号 S/N 比低下の課題は、観測点 P_{ij} と送信開口中心軸 Tx_0 との距離により発生する。そのため、この課題を解決する手段としては、送信開口中心軸 Tx_0 より遠い領域を対象領域より除くために、対象領域の列方向の幅を小さくすることが考えられる。しかしながら、対象領域の列方向の幅を小さくすると、異なる送信イベント間で対象領域の重なり合う領域が狭くなり、特に、浅部以外の領域において、合成数の減少により空間分解能及び信号 S/N 比が低下する。そこで、発明者は

50

、浅部以外の領域における合成数の減少を抑制しながら浅部の空間分解能及び信号 S / N 比を向上する方法を模索し、実施の形態に至ったものである。

【0016】

以下、実施の形態に係る超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、および、それを用いた超音波診断装置について、図面を用いて詳細に説明する。

【0017】

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る。

【0018】

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の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。

【0019】

<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及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。

【0020】

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。

【0021】

超音波診断装置 100 を構成する各要素、例えば、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、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、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。プロセッサとしては CPU (Central Processing Unit) 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。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。

【0022】

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、MO、DVD、DVD-RAM、BD、半導体メモリ

10

20

30

40

50

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。

【0023】

なお、本実施の形態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。

10

【0024】

< 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プローブから受信し、電気信号を演算し、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を本実施の形態に係る送信ビームフォーマ部 103 及び受信ビームフォーマ部 104 に置き換えて使用することが可能である。

20

【0025】

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。

【0026】

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。

30

【0027】

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。

40

【0028】

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 つ分ずつ振動子列方向に移動していく。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 20~100 を選択してもよく、超音波送

50

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。

【0029】

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。

【0030】

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、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、フォーカスが合う(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)に最も集束する深度、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深度である、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である。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X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Y方向)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。

【0031】

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、整相加算部1041、合成部1140を備える。

【0032】

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。

【0033】

(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で超音波反射波の受信から得た電気信号を受信し、受信した電気信号を増幅し、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に受信信号を保存する。

【0034】

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増幅して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。

【0035】

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 に存する複数の振動子 101a の一部又は全部にあたる振動子の各々が受波した反射超音波に基づきプローブ内で変換された電気信号を受信し、受信した電気信号に基づき各振動子に対する受信信号の列を生成する。ここで、1 回の送信イベントにおいて 1 以上の観測点から反射された反射超音波を受波する振動子を「受波振動子」と称呼する。観測点それぞれに対応する受信振動子 Rk は、受波振動子の一部または全部である。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。

【0036】

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。

10

【0037】

(2) 整相加算部 1041

整相加算部 1041 は、送信イベントに同期して、サブフレーム音響線信号の生成を行う被検体内の対象領域 Bx を設定する。次に、整相加算部 1041 は、対象領域 Bx 内に存する複数の観測点 Pij 各々について、観測点から各受信振動子 Rk が受信した受信信号列を整相加算する。そして、整相加算部 1041 は、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。図 4 は、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、整相加算部 1041 は、対象領域設定部 1042、受信開口設定部 1043、送信時間算出部 1044、受信時間算出部 1045、遅延量算出部 1046、遅延処理部 1047、重み算出部 1048、及び加算部 1049 を備える。

20

【0038】

以下、整相加算部 1041 を構成する各部の構成について説明する。

【0039】

i) 対象領域設定部 1042

対象領域設定部 1042 は、サブフレーム音響線信号の生成を行う被検体内の領域である対象領域 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り、対象領域 Bx 内の観測点 Pij について音響線信号が生成される。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。

30

【0040】

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 Pij に対する音響線信号の集合である。なお、「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 Pij に対応するまとまった信号を形成する単位をさす。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。

【0041】

対象領域設定部 1042 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。

40

【0042】

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 内に存在し、深度が第 1 深度範囲である第 1 対象領域 Bx1 と、深度が第 2 深度範囲である第 2 対象領域 Bx2 とを含む。なお、第 1 深度範囲は深度が最浅部から所定深度までの領域であり、第 2 深度範囲は深度が所定深度より深い領域である。また、当該所定深度は、フォーカス深さよりも浅い。なお、最浅部は、代表的には被検体の表面、被検体と超音波プローブとの界面、または、振動子列の表面であるが、これに限られない。所定深度は、例えば、以下に示す浅部開口 As の列方向の幅と、超音波主照射領域 Ax の列方向の幅が等しくなる深度に設定される。第 2 対象領域 Bx2 は、第 2 深度範囲

50

における超音波主照射領域 A_x の全域である。これに対し、第 1 対象領域 $B_x 1$ は、深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状として設定される。より具体的には、第 1 対象領域 $B_x 1$ は、送信開口 T_x の中心を頂点とする二等辺三角形であり、送信開口 T_x の中心である送信基準点 S から所定の角度で広がる浅部開口 A_s と超音波主照射領域 A_x との重複領域として設定される。なお、第 1 対象領域 $B_x 1$ の形状は上述の例に限らず、深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなるテーパ状であればよい。また、第 2 対象領域 $B_x 2$ は、第 2 深度範囲における超音波主照射領域 A_x の一部であってもよい。このようにすることで、第 1 深度範囲では、受波振動子 R_k が観測点 P_{ij} から離間することによる空間分解能及び信号 S/N 比の低下を抑止することができる。また、第 2 深度範囲では、超音波主照射領域 A_x のほぼ全域に観測点を設定して照射された超音波の利用効率を向上し、仮想的な送信フォーカスによる空間分解能及び信号 S/N 比の向上を図ることができる。

10

【0043】

設定された対象領域 B_x は受信開口設定部 1043、送信時間算出部 1044、受信時間算出部 1045、遅延処理部 1047 に出力される。

【0044】

ii) 受信開口設定部 1043

受信開口設定部 1043 は、制御部 108 からの制御信号と、対象領域設定部 1042 からの対象領域 B_x の範囲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。受波振動子列のうち、観測点ごとに設定された受信開口 R_x に含まれる振動子が、当該観測点に対応する受信振動子 R_k となる。

20

【0045】

受信開口設定部 1043 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 を選択する。図 6 は、受信開口設定部 1043 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 6 に示すように、受信開口 R_x 振動子列の列中心が、観測点 P_{ij} に最も空間的に近接する振動子 X_k と合致するように受信開口 R_x が選択される。そのため、受信開口 R_x の位置は、観測点 P_{ij} の位置によって定まり、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。

30

【0046】

ただし、受信開口設定部 1043 の構成は上記の構成に限らない。例えば、送信フォーカス点 F を受信開口中心軸とした構成としてもよい。また、超音波主照射領域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。

40

【0047】

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。

【0048】

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。

【0049】

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

50

号とを、送信時間算出部 1044、受信時間算出部 1045、遅延処理部 1047、重み算出部 1048 に出力する。

【0050】

i i i) 送信時間算出部 1044

送信時間算出部 1044 は、送信された超音波が被検体中の観測点 P に到達するのに要する時間であ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 Tx に含まれる振動子の位置を示す情報と、対象領域設定部 1042 から取得した対象領域 Bx の位置を示す情報とに基づき、対象領域 Bx 内に存在する任意の観測点 Pij について、送信された超音波が被検体中の観測点 Pij に到達する送信時間を算出する。

10

【0051】

図7は、送信開口 Tx から放射され対象領域 Bx 内の任意の位置にある観測点 Pij において反射され受信開口 Rx 内に位置する受信振動子 Rk 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7(a)は観測点 Pij の深度がフォーカス深さ以下である場合、図7(b)は観測点 Pij がフォーカス深さより深い場合を示している。

【0052】

送信開口 Tx から放射された送信波は、経路 401 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観測点 Pij に到達し、観測点 Pij 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

20

【0053】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

【0054】

まず、観測点 Pij の深度がフォーカス深さ以下である場合について、図7(a)を用いて説明する。このとき、送信開口 Tx から放射された送信波の波面 405 が、経路 401 を通って送信フォーカス点 F に到達する時刻と、経路 404 を通って観測点 Pij に到達した後、観測点 Pij から経路 402 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。つまり、送信波が経路 401 を通過する時間から、経路 402 を通過する時間を差し引いた値が、観測点 Pij への送信時間となる。具体的な算出方法としては、例えば、経路 401 の長さから経路 402 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。

30

【0055】

次に、観測点 Pij がフォーカス深さより深い場合について、図7(b)を用いて説明する。このとき、送信開口 Tx から放射された送信波が、経路 401 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 402 を通って観測点 Pij に到達したものとして算出する。したがって、送信波が経路 401 を通過する時間と、経路 402 を通過する時間を合算した値が、観測点 Pij への送信時間となる。具体的な算出方法としては、例えば、経路 401 の長さから経路 402 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。

40

【0056】

なお、観測点 Pij がフォーカス点である場合の観測点 Pij への送信時間は、送信波が経路 401 を通過する時間から、経路 402 を通過する時間を差し引く計算方法を用いるとした。しかしながら、送信波が経路 401 を通過する時間と、経路 402 を通過する時間を合算する計算方法を用いるとしてもよい。経路 402 の長さが 0 となるため、いずれで算出しても経路 401 を通過する時間と一致するためである。

【0057】

50

送信時間算出部 1044 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域 B x 内の全ての観測点 P i j について、送信された超音波が被検体中の観測点 P i j に到達する送信時間を算出して遅延量算出部 1046 に出力する。

【0058】

i v) 受信時間算出部 1045

受信時間算出部 1045 は、観測点 P 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 1042 から取得した対象領域 B x の位置を示す情報とに基づき対象領域 B x 内に存在する任意の観測点 P i j について、送信された超音波が被検体中の観測点 P i j 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。

10

【0059】

上述のとおり、観測点 P i j に到達した送信波は、観測点 P i j 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 101 における受信開口 R x 内の各受信振動子 R k に戻っていく。受信開口 R x 内の各受信振動子 R k の位置情報はデータ格納部 107 から取得されるので、任意の観測点 P i j から各受信振動子 R k までの経路 403 の長さは幾何学的に算出することができる。

【0060】

受信時間算出部 1045 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域 B x 内に存在する全ての観測点 P i j について、送信された超音波が観測点 P i j 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 1046 に出力する。

20

【0061】

v) 遅延量算出部 1046

遅延量算出部 1046 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 1046 は、送信時間算出部 1044 から、送信された超音波が観測点 P i j に到達する送信時間を取得し、受信時間算出部 1045 から、観測点 P i j 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観測点 P i j に到達して観測点 P i j から反射されて各受信振動子 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 1046 は、対象領域 B x 内に存在する全ての観測点 P i j 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 1047 に出力する。

30

【0062】

v) 遅延処理部 1047

遅延処理部 1047 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 i j 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。

【0063】

遅延処理部 1047 は、送信イベントに対応して、受信開口設定部 1043 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 1042 から取得した対象領域 B x の位置を示す情報、遅延量算出部 1046 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 i j からの反射波に基づく受信信号として同定し、加算部 1049 に出力する。

40

【0064】

v i) 重み算出部 1048

重み算出部 1048 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（受信アポダイゼーション）を算出す

50

る回路である。

【0065】

図6に示すように、重み数列は受信開口 $R \times$ 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、観測点 P_{ij} に最も空間的に近接する振動子 x_k 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 $R \times$ 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 $R \times o$ と一致する。重み算出部1048は、受信開口設定部1043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1049に出力する。なお、上記では、重み数列を観測点 P_{ij} に最も空間的に近接する振動子 x_k を中心として対称な分布としたが、送信フォーカス点 F を受信開口中心軸とした構成としてもよい。

10

【0066】

vii) 加算部1049

加算部1049は、遅延処理部1047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1048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。遅延処理部1047において受信開口 $R \times$ 内に位置する各受信振動子 R_k が検出した受信信号の位相を整えて加算部1049にて加算処理をすることにより、観測点 P_{ij} からの反射波に基づいて各受信振動子 R_k 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、観測点 P_{ij} からの受信信号を抽出することができる。

20

【0067】

1回の送信イベントとそれに伴う処理から、対象領域 $B \times$ 内の全ての観測点 P_{ij} について音響線信号を生成することができる。そして、送信イベントに同期して送信開口 $T \times$ を列方向に移動ピッチ M_p 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い、送信イベント毎にサブフレーム音響線信号を生成し、各サブフレームを合成することにより1フレームの合成された音響線信号であるフレーム音響線信号を生成する。

30

【0068】

また、フレーム音響線信号を構成する観測点ごとの合成された音響線信号を、以後、「合成音響線信号」と称呼する。

【0069】

加算部1049により、送信イベントに同期して対象領域 $B \times$ 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。

【0070】

(5) 合成部1140

合成部1140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8は、合成部1140の構成を示す機能ブロック図である。図8に示すように、合成部1140は、加算処理部11401、増幅処理部11402を備える。

40

【0071】

以下、合成部1140を構成する各部の構成について説明する。

【0072】

i) 加算処理部11401

加算処理部11401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107に保持されている複数のサブフレ

50

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。

【0073】

図9は、加算処理部11401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 T_x)に用いる振動子を振動子列方向に振動子1つ分だけ異ならせて超音波送信が順次行われる。そのため、異なる送信イベントに基づく対象領域 B_x も送信イベントごとに同一方向に振動子1つ分だけ位置が異なる。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 B_x を網羅したフレーム音響線信号が合成される。

10

【0074】

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。

20

【0075】

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。図10(a)に示すように、重畳数は被検体の深さ方向において変化する。そのため、合成音響線信号の値は、深さ方向に変化する重畳数の影響を受け、合成音響線信号の値は、深さ方向において変化する。但し、上述したように第1対象領域 B_{x1} は、深度が浅いほど列方向の幅が小さい。そのため、深度に対する重畳数の変化は、第2対象領域 B_{x2} における、フォーカス深さより深い領域と同様の変化となる。

【0076】

なお、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際に、観測点 P_{ij} の位置を指標として重みづけしながら加算してもよい。

30

【0077】

合成されたフレーム音響線信号は増幅処理部11402に出力される。

【0078】

ii) 増幅処理部11402

上述のとおり、合成音響線信号の値は、重畳数の影響により、被検体の深度方向において変化する。これを補うために、増幅処理部11402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(重畳数)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。

【0079】

図10(b)は、増幅処理部11402における増幅処理の概要を示す模式図である。図10(b)に示すように、最大重畳数は被検体の深度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の深度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、深度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度方向において均一化が図られる。

40

【0080】

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。

50

【0081】

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。

【0082】

<動作>

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。

【0083】

図11は、超音波診断装置100のフレーム音響線信号生成動作を示すフローチャートである。

【0084】

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の内、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送信信号を供給する送信処理（送信イベント）を行う。

【0085】

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Txを列方向に移動ピッチMp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S210に進む。

【0086】

次に、ステップS210において、対象領域設定部1042は、送信イベントに同期して、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。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Txから求められる対象領域Bxが設定される。

【0087】

次に、観測点同期型ビームフォーミング処理（ステップS220（S221～S228））に進む。ステップS220では、まず、観測点Pijの位置を示す座標ijを対象領域Bx上の最小値に初期化し（ステップS221、S222）、受信開口設定部1043は、列中心が観測点Pijに最も空間的に近接する振動子Xkと合致するよう受信開口Rx振動子列を選択する（ステップS223）。

【0088】

次に、観測点Pijについて音響線信号を生成する（ステップS224）。

【0089】

ここで、ステップS224における、観測点Pijについて音響線信号を生成する動作について説明する。図12は、受信ビームフォーマ部104における観測点Pij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13は、受信ビームフォーマ部104における観測点Pij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。

【0090】

まず、ステップS2241において、送信時間算出部1044は、対象領域Bx上に存在する任意の観測点Pijについて、送信された超音波が被検体中の観測点Pijに到達する送信時間を算出する。送信時間は、（1）観測点Pijがフォーカス深さより深い場合は、幾何学的に定まる受信開口Rx内の受信振動子Rkから送信フォーカス点Fを經由して観測点Pijに至る経路（401+402）の長さを超音波の音速csで除することにより、（2）観測点Pijの深度がフォーカス深さ以下である場合には、幾何学的に定まる、受信開口Rx内の受信振動子Rkから送信フォーカス点Fに至る経路と観測点Pijからフォーカス点に至る経路との差分（401-402）の長さを、超音波の音速csで除することにより、算出できる。

【0091】

次に受信開口Rxから求められる受信開口Rx内の受信振動子Rkの位置を示す座標k

10

20

30

40

50

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 の長さを超音波の音速 c_s 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} ）。

【0092】

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。

10

【0093】

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。

【0094】

次に、重み算出部 1048 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 1049 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} ）。

20

【0095】

次に、図 11 に戻り、座標 ij をインクリメントしてステップ S_{223} 、 S_{224} を繰り返すことにより、対象領域 B_x 内の座標 ij に位置する全ての観測点 P_{ij} （図 13 中の「 \cdot 」）について音響線信号が生成される。対象領域 B_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_{225} 、 S_{227} ）、完了していない場合には座標 ij をインクリメント（ステップ S_{226} 、 S_{228} ）して、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成し（ステップ S_{224} ）、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 B_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。

30

【0096】

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_{230} ）、終了していない場合には、ステップ S_{210} に戻り、観測点 P_{ij} の位置を示す座標 ij を、次の送信イベントでの送信開口 T_x から求められる対象領域 B_x 上の最小値に初期化し（ステップ S_{221} 、 S_{222} ）、受信開口 R_x を設定（ステップ S_{223} ）、音響線信号の作成（ステップ S_{224} ）を行い、終了している場合にはステップ S_{301} に進む。

40

【0097】

次に、ステップ S_{301} において、加算処理部 11401 は、データ格納部 107 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 11402 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_{302} ）、増幅されたフレーム音響線信号を超音波画像生成部 10

50

5 及びデータ格納部 107 へ出力し (ステップ S303)、処理を終了する。

【0098】

< 浅部開口 A s の決定方法 >

以下、第 1 対象領域 B x の形状を規定する浅部開口 A s の設定方法についてより詳細に説明する。

【0099】

上述したように、第 1 対象領域 B x は、深度が浅いほど列方向の幅が小さくなる形状を有する。したがって、送信開口 T x の中心から所定の角度で広がる浅部開口 A s を決定し、浅部開口 A s と超音波主照射領域 A x の重複領域を第 1 対象領域 B x とすることが好ましい。

10

【0100】

(1) 受信ダイナミックアパーチャ

浅部開口 A s の 1 つの例としては、受信ダイナミックアパーチャを用いる方法がある。図 15 (a) は、受信ダイナミックアパーチャの模式図を示している。上述したように、観測点が浅いほど、観測点と離れた位置にある受波振動子 R k の受信信号の S / N 比は、低下する。したがって、送信開口中心軸 T x o を中心とした受信開口を設定する場合には、観測点の深度が所定の深度以下である場合には、受信開口の列方向の幅と観測点の深度とを比例関係として、浅部ほど受信開口を狭くする構成が考案されている。この受信開口の設定方法を、受信ダイナミックアパーチャと呼ぶ。実施の形態では、この受信ダイナミックアパーチャを合成開口法における仮想的な送信フォーカスに適用し、受信ダイ

20

【0101】

なお、対象領域設定部は、受信ダイナミックアパーチャの形状を特定するパラメータをあらかじめ保持し、このパラメータを基に浅部開口 A s を定めてもよい。

【0102】

(2) 振動子の指向特性

浅部開口 A s の他の一例として、超音波プローブ 101 の振動子 101 a の指向特性を用いる方法がある。図 16 (a) の模式図は、所定の周波数における 1 つの振動子 101 a の受信感度における指向特性を示す図である。図 16 (a) に示すように、振動子 101 a の指向特性は、Y 方向が最も強く、Y 方向に対して $\theta_1 / 2$ の角度をなす方向に対して最も弱くなる。この、Y 方向に対して $\theta_1 / 2$ の角度をなす方向を、ヌルビームとも呼ぶ。実施の形態では、ヌルビームを含まない範囲、すなわち、 θ_2 から θ_1 を満たす角度 θ_2 の範囲を、浅部開口 A s とする。そして、図 16 (b) の模式図に示すように、第 1 深度範囲において、超音波主照射領域 A x と浅部開口 A s との重複領域を、第 1 対象領域 B x 1 とする。なお、浅部開口 A s は、振動子 101 a の受信感度における指向特性が所定の

30

40

【0103】

なお、対象領域設定部は、送受信の対象となる超音波の周波数と、振動子 101 a の固体特性を示す情報と、浅部開口 A s を規定するパラメータとの組み合わせをあらかじめ保持し、送受信の対象となる超音波の周波数と、振動子 101 a の固体特性を示す情報とに基づいて浅部開口 A s を定めてもよい。

【0104】

50

(3) 受信ビームプロファイル

浅部開口 A s の他の一例として、超音波プローブ 1 0 1 の指向特性である受信ビームプロファイルを用いる方法がある。図 1 7 (a) の模式図は、所定の周波数における超音波プローブ 1 0 1 の受信感度における指向特性を示す図である。図 1 7 (a) に示すように、超音波プローブ 1 0 1 の受信感度における指向特性は、Y 方向に最も強い 0 次ピークがあり、Y 方向に対して所定の角度をなす方向において、サイドローブと呼ばれる 1 次ピークがある。実施の形態では、0 次ピークを含み 1 次ピークを含まない角度範囲 θ_4 に対して θ_3 θ_4 を満たす角度 θ_3 の範囲を受信プロファイルとし、角度 θ_3 の範囲を浅部開口 A s とする。なお、超音波プローブ 1 0 1 の受信感度における指向特性は、振動子 1 0 1 a の指向特性と同様、超音波の周波数によって異なる。したがって、対象領域設定部は、送受信の対象となる超音波の周波数に応じて、浅部開口 A s を変更するとしてもよい。

10

【0105】

なお、対象領域設定部は、送受信の対象となる超音波の周波数と、超音波プローブ 1 0 1 の固体特性を示す情報と、浅部開口 A s を規定するパラメータとの組み合わせをあらかじめ保持し、送受信の対象となる超音波の周波数と、超音波プローブ 1 0 1 の固体特性を示す情報とに基づいて浅部開口 A s を定めてもよい。

【0106】

<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 1 0 0 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 P 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、送信フォーカス点 F 以外の深度にある観測点 P 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。

20

【0107】

また、超音波診断装置 1 0 0 では、深度が所定深度以上の第 2 深度範囲では、サブフレーム音響線信号の生成されるべき対象領域としての第 2 対象領域は、超音波主照射領域全域に設定される。これにより、超音波の利用効率を向上させるとともに、合成開口法による S / N 比および空間解像度の向上効果を最大限に享受することができる。一方、深度が所定深度未満の第 1 深度範囲では、対象領域としての第 1 対象領域は、深度が浅いほど列方向の幅が狭くなるように設定される。これにより、浅い観測点では、観測点と受信振動子 R k との距離が遠く、整相加算によっても S / N 比が十分に向上しない条件下でのサブフレーム音響線信号を算出しないことで、フレーム音響線信号の S / N 比および空間解像度の劣化を抑制することができる。さらに、対象領域から、整相加算によっても S / N 比が十分に向上しない観測点を取り除くことにより、フレーム音響線信号における品質劣化の影響を最小限としつつ整相加算の演算量を削減することが可能となる。

30

【0108】

また、超音波診断装置 1 0 0 では、受信開口設定部 1 0 4 3 は、列中心が観測点 P に最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口 R x 振動子列を選択し、送信イベントに依存せず観測点 P の位置に基づいて、観測点 P を中心として対称な受信開口を用いて受信ビームフォーミングを行う。そのため、送信フォーカス点 F を横軸方向に変化（移動）させる送信イベントに同期せず、受信開口の位置が一定となり、異なる送信イベントにおいても同一の観測点 P に対して同一の受信開口にて整相加算を行うことができる。併せて、観測点 P からの反射波を、観測点 P から距離が小さい振動子ほど大きな重み数値が適用されることができるので、超音波が伝播距離に依存して減衰することを鑑みても、観測点 P に対して最も感度よく反射波を受信することができる。その結果、高い空間分解能と信号 S / N 比を実現できる。

40

【0109】

なお、上記実施形態では、列中心が観測点 P に最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口 R x 振動子列を選択したが、列中心がフォーカス点となるよう受信開口 R x 振動子列を選択してもよい。

50

【 0 1 1 0 】

変形例 1

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 1 0 0 では、受信開口設定部 1 0 4 3 は、列中心が観測点 P に最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口 R x を選択する構成とした。しかしながら、受信開口 R x の構成は、送信開口 T x から送信された超音波が送信フォーカス点 F を経由して対象領域 B x 内の観測点 P i j で反射され受信開口 R x の受信振動子 R k に到達するまでの総伝播時間を算出して総伝播経路に基づく遅延制御を行なうことで、対象領域 B x 内の全ての観測点 P i j についての音響線信号を生成するものであればよく、受信開口 R x の選択のための構成は適宜変更することができる。

【 0 1 1 1 】

変形例 1 では、列中心が送信開口 T x 振動子列の列中心と合致する受信開口 R x 振動子列を選択する送信同期型受信開口設定部（以後、「T x 受信開口設定部」）を備えた点で実施の形態 1 と相違する。T x 受信開口設定部以外の構成については、実施の形態 1 に示した各要素と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

【 0 1 1 2 】

図 1 8 は、T x 受信開口設定部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。変形例 1 では、受信開口 R x 振動子列の列中心が送信開口 T x 振動子列の列中心と合致するように受信開口 R x 振動子列が選択される。受信開口 R x の中心軸 R x o の位置は、送信開口 T x の中心軸 T x o の位置と同一であり、受信開口 R x は、送信フォーカス点 F を中心として対称な開口である。したがって、送信イベントにごとに列方向に移動する送信開口 T x の位置変化に同期して、受信開口 R x の位置も移動する。

【 0 1 1 3 】

また、受信開口 R x の中心軸 R x o 及び送信開口 T x の中心軸 T x o 上に位置する振動子に対する重みが最大となるよう受信開口 R x の各受信振動子 R i に対する重み数列（受信アポダイゼーション）は算出される。重み数列は、振動子 X i 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、ハンニング窓、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。

【 0 1 1 4 】

< 動作 >

図 1 9 は、変形例 1 に係る超音波診断装置のフレーム音響線信号生成動作を示すフローチャートである。本フローチャートでは、図 1 1 における観測点同期型ビームフォーミング処理（ステップ S 2 2 0（S 2 2 1 ~ S 2 2 8））に替えて送信同期型ビームフォーミング処理（ステップ S 4 2 0（S 4 2 1 ~ S 4 2 8））を行う点にて相違する。ステップ S 4 2 0 以外の処理については、図 1 1 と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

【 0 1 1 5 】

ステップ S 4 2 0 の処理において、先ず、ステップ S 4 2 1 では、T x 受信開口設定部は、送信イベントに対応して列中心が送信開口 T x に含まれる振動子列の列中心と合致する振動子列を受信振動子 R k として選択して受信開口 R x を設定する。

【 0 1 1 6 】

次に、ステップ S 2 1 0 で算出した対象領域 B x 内の観測点 P i j の位置を示す座標 i j を対象領域 B x 内の最小値に初期化し（ステップ S 4 2 2、S 4 2 3）、観測点 P i j について音響線信号を生成する（ステップ S 4 2 4）。図 2 0 は、変形例 1 に係る受信ビームフォーマ部における観測点 P i j 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。実施の形態 1 に関する図 1 3 とは、送信開口 T x と受信開口 R x との位置関係が異なる。ステップ S 4 2 4 における処理方法については、図 1 1 におけるステップ S 2 2 4（図 1 2 におけるステップ S 2 2 4 1 ~ ステップ S 2 2 5 1）と同じである。

【 0 1 1 7 】

座標 i j をインクリメントしてステップ S 4 2 4 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 i j（図 2 0 中の「・」）について音響線信号が

10

20

30

40

50

生成される。対象領域 B_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 4 2 5、S 4 2 7）、完了していない場合には座標 ij をインクリメント（ステップ S 4 2 6、S 4 2 8）して、観測点 P_{ij} について音響線信号を生成し（ステップ S 4 2 4）、完了している場合にはステップ S 2 3 0 に進む。この段階で、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 P_{ij} のサブフレームの音響線信号が生成されデータ格納部 1 0 7 に出力され保存されている。

【0 1 1 8】

< 効果 >

以上説明した、変形例 1 に係る超音波診断装置では、実施の形態 1 において示した効果のうち観測点同期型の受信開口に関する部分を除いた効果に変えて、以下の効果を奏する。すなわち、変形例 1 では、 T_x 受信開口設定部は送信イベントに対応して列中心が送信開口 T_x に含まれる振動子列の列中心と合致する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。そのため、受信開口 R_x の中心軸 R_{x0} の位置は、送信開口 T_x の中心軸 T_{x0} の位置と同一であり、送信イベントにごとに列方向に移動する送信開口 T_x の位置変化に同期して、受信開口 R_x の位置も変化（移動）する。よって、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。

【0 1 1 9】

変形例 2

実施の形態 1 および変形例 1 に係る超音波診断装置では、対象領域 B_x は、所定の深度以下である第 1 深度範囲の第 1 対象領域 B_{x1} と、所定の深度より深い第 2 深度範囲の第 2 対象領域 B_{x2} とからなるとした。しかしながら、対象領域 B_x は、それ以外の形状を備えてもよい。

【0 1 2 0】

図 2 1 (a) に、変形例 2 に係る対象領域 B_x の第 1 の設定例を示す。図 2 1 (a) に示すように、対象領域は、第 1 深度範囲の第 1 対象領域 B_{x1} と、第 2 深度範囲の第 2 対象領域 B_{x2} と、第 1 深度範囲と第 2 深度範囲の間に位置する第 3 深度範囲の第 3 対象領域 B_{x3} とからなる。第 3 対象領域 B_{x3} は、例えば、第 1 深度範囲と第 3 深度範囲との境界である深度における第 1 対象領域の列方向の幅を全ての深度について備える、長方形の領域となる。つまり、フォーカス深さより浅い領域において、対象領域 B_x の列方向の幅は、第 1 対象領域 B_{x1} の列方向の幅の最大より広くなならない。この構成により、浅部におけるフレーム音響線信号の S / N 比の低下を抑えるとともに、演算量を低下させることができる。

【0 1 2 1】

なお、第 3 領域 B_{x3} の形状は、長方形に限られない。図 2 1 (b) に、変形例 2 に係る対象領域 B_x の第 2 の設定例を示す。第 2 の設定例では、第 1 深度範囲の第 1 対象領域 B_{x1} と、第 2 深度範囲の第 2 対象領域 B_{x2} とは、第 1 の設定例と同一である。これに対し、第 3 対象領域 B_{x3} は、図 2 1 (b) に示すように、列方向の幅が、最浅部と最深部に対して中間部分で大きくなった樽型の形状である。また、図 2 1 (c) に、変形例 2 に係る対象領域 B_x の第 3 の設定例を示す。第 3 の設定例では、第 2 の設定例とは逆に、第 3 対象領域 B_{x3} が、図 2 1 (c) に示すように、列方向の幅が、最浅部と最深部に対して中間部分で小さくなった砂時計型の形状である。

【0 1 2 2】

なお、第 3 対象領域 B_{x3} の形状は上述の場合に限らず、第 3 深度範囲における超音波主照射領域 A_x の全域でなければ、任意の形状であってよい。

【0 1 2 3】

変形例 3

実施の形態 1 および変形例 1、2 に係る超音波診断装置では、対象領域 B_x は、観測点が列方向と深度方向にほぼ均等に配置された領域であるとした。しかしながら、対象領域

B_x は、それ以外の特徴を有していてもよい。

【0124】

図22(a)に、変形例3に係る対象領域 B_x の第1の設定例を示す。第1の設定例では、対象領域は、実施の形態1と同様、第1深度範囲において超音波主照射領域 A_x の内部かつ浅部開口 A_s の内部に存在する第1対象領域 B_{x1} と、第2深度範囲において超音波主照射領域 A_x の内部に存在する第2対象領域 B_{x2} とを含む。その一方で、図22(a)に示すように、第1対象領域 B_{x1} は、送信開口 T_x の中心から放射状に伸びる複数の直線状の領域である対象線 B_{L11} 、 B_{L12} 、 B_{L13} 、 B_{L14} 、 B_{L15} からなる。同様に、第2対象領域 B_{x2} は、フォーカス点 F を貫通する複数の直線状の領域である対象線 B_{L21} 、 B_{L22} 、 B_{L23} 、 B_{L24} 、 B_{L25} からなる。すなわち、変形例3に係る対象領域 B_x では、第1対象領域 B_{x1} 内全域に観測点を設定するのではなく、第1対象領域内の対象線 B_{L11} 、 B_{L12} 、 B_{L13} 、 B_{L14} 、 B_{L15} 上にも観測点を設定する。そのため、実施の形態1に比べて、列方向における観測点の密度が低い。このようにすることで、仮想的に送信フォーカスを行った効果の低減を抑えつつ、観測点の数の減少による演算量の削減を図ることができる。

10

【0125】

また、図22(b)に、変形例3に係る対象領域 B_x の第2の設定例を示す。第2の設定例では、対象領域は、変形例2の第2の設定例と同様、第1深度範囲において超音波主照射領域 A_x の内部かつ浅部開口 A_s の内部に存在する第1対象領域 B_{x1} と、第2深度範囲において超音波主照射領域 A_x の内部に存在する第2対象領域 B_{x2} と、第2深度範囲において超音波主照射領域 A_x の一部に存在する第2対象領域 B_{x3} とを含む。その一方で、図22(b)に示すように、第1対象領域 B_{x1} は、送信開口 T_x の中心から放射状に伸びる複数の直線状の領域である対象線 B_{L11} 、 B_{L12} 、 B_{L13} 、 B_{L14} 、 B_{L15} からなる。同様に、第2対象領域 B_{x2} は、フォーカス点 F を貫通する複数の直線状の領域である対象線 B_{L21} 、 B_{L22} 、 B_{L23} 、 B_{L24} 、 B_{L25} からなる。また、第3対象領域 B_{x3} は、対象線 B_{L11} と対象線 B_{L21} との間に位置する対象線 B_{L31} 、対象線 B_{L12} と対象線 B_{L22} との間に位置する対象線 B_{L32} 、対象線 B_{L13} と対象線 B_{L23} との間に位置する対象線 B_{L33} 、対象線 B_{L14} と対象線 B_{L24} との間に位置する対象線 B_{L34} 、対象線 B_{L15} と対象線 B_{L25} との間に位置する対象線 B_{L35} 、からなる。すなわち、第2の設定例においても、変形例2に係る対象領域 B_x と比べて、列方向における観測点の密度が低い。このようにすることで、仮想的に送信フォーカスを行った効果の低減を抑えつつ、観測点の数の減少による演算量の削減を図ることができる。

20

30

【0126】

なお、上述の例では、第1対象領域 B_{x1} 、第2対象領域 B_{x2} 、第3対象領域 B_{x3} がそれぞれ対象線を5つずつ含むものとしたが、任意の数でよい。また、複数の観測線は、列方向に観測点が等間隔に配置されるように配置されることが好ましく、隣接する2つの観測線のなす角が所定の角度となるように配置されてもよい。さらに、列方向における観測点の間隔について、送信開口中心軸 T_xo に近いほど間隔が狭く、送信開口中心軸 T_xo から遠いほど間隔が広がるような配置であってもよい。さらに、第1対象領域 B_{x1} 、第2対象領域 B_{x2} 、第3対象領域 B_{x3} のそれぞれにおいて、含む対象線の数

40

【0127】

変形例4

実施の形態1および変形例1～3に係る超音波診断装置では、超音波ビームが、送信フォーカス点 F において焦点があう焦点波、または、送信フォーカス点 F の近傍において列方向に狭い範囲に集束する集束波であるとした。しかしながら、超音波ビームは、平面波等の非集束波であってもよい。

【0128】

図23(a)に、変形例4に係る対象領域 B_x の第1の設定例を示す。第1の設定例では、超音波ビームは平面波であり、超音波主照射領域 A_x は、送信開口 T_x を1辺とする

50

長方形の領域である。このとき、浅部開口 A_s を実施の形態 1 等と同様に設定し、第 1 深度範囲では、超音波主照射領域 A_x の内部かつ浅部開口 A_s の内部を、第 1 対象領域 B_{x1} とする。また、第 2 深度範囲では、超音波主照射領域 A_x の内部を、第 2 対象領域 B_{x2} とする。この構成により、対象領域から、整相加算によっても S/N 比が十分に向上しない観測点を取り除くことにより、フレーム音響線信号における品質劣化の影響を最小限としつつ整相加算の演算量を削減することが可能となる。

【0129】

また、図 23 (b) に、変形例 4 に係る対象領域 B_x の第 2 の設定例を示す。第 2 の設定例では、超音波ビームは非集束波とみなせる程度に集束領域が広い、いわゆる Fat Beam であり、超音波主照射領域 A_x は、送信開口 T_x を 1 辺とした略長方形であるが、中間部が少しだけくびれている。このとき、浅部開口 A_s を実施の形態 1 等と同様に設定し、第 1 深度範囲では、超音波主照射領域 A_x の内部かつ浅部開口 A_s の内部を、第 1 対象領域 B_{x1} とする。また、第 2 深度範囲では、超音波主照射領域 A_x の内部を、第 2 対象領域 B_{x2} とする。この構成により、対象領域から、整相加算によっても S/N 比が十分に向上しない観測点を取り除くことにより、フレーム音響線信号における品質劣化の影響を最小限としつつ整相加算の演算量を削減することが可能となる。

【0130】

なお、図 24 (a) に示すように、第 1 の設定例に変形例 3 の構成を組み合わせ、第 1 対象領域 B_{x1} は、深度方向に延びる複数の直線状の領域である対象線 B_{Ln} からなり、第 2 対象領域 B_{x2} は、深度方向に延びる複数の直線状の領域である対象線 B_{L2m} からなる、としてもよい。同様に、図 24 (b) に示すように、第 2 の設定例に変形例 3 の構成を組み合わせ、第 1 対象領域 B_{x1} は、深度方向に延びる複数の直線状の領域である対象線 B_{Ln} からなり、第 2 対象領域 B_{x2} は、深度方向に延びる複数の直線状の領域である対象線 B_{L2m} からなる、としてもよい。

【0131】

また、図示しないが、変形例 2 の構成を組み合わせ、第 3 対象領域 B_{x3} を設定する、としてもよい。

【0132】

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各変形例では、第 1 対象領域 B_{x1} 、第 2 対象領域 B_{x2} 、第 3 対象領域 B_{x3} とで、観測点の密度が同一であるとした。しかしながら、例えば、第 1 対象領域 B_{x1} 、第 2 対象領域 B_{x2} 、第 3 対象領域 B_{x3} とで、観測点の密度を変更してもよい。このとき、変形例 3 に示すように、深度方向の密度を変更せずに列方向の密度を低下させることで、演算量の削減量を大きくしてもフレーム音響線信号の空間解像度や S/N 比の低下を抑制することができる。例えば、第 2 対象領域 B_{x2} のみ観測点の列方向の密度を低下させる構成により、深度が大きく反射超音波が微弱な観測点について、合成数を増加してもフレーム音響線信号の空間解像度や S/N 比の向上効果が小さい場合に演算量の増加を抑止することができる。

【0133】

(2) 各実施の形態および各変形例では、第 2 対象領域 B_{x2} を、第 2 深度範囲における超音波主照射領域 A_x の全域であるとした。しかしながら、例えば、第 2 対象領域 B_{x2} は、第 2 深度範囲における超音波主照射領域 A_x の一部であるとしてもよい。例えば、第 2 対象領域 B_{x2} は、第 2 深度範囲において、超音波主照射領域 A_x の列方向の一部であってよく、具体的には、超音波主照射領域 A_x を列方向に狭めた三角形の領域であってよい。また、第 2 対象領域 B_{x2} は、所定の深度までは超音波主照射領域 A_x のうち列方向の幅が所定の幅以下の三角形とし、所定の深度より深い領域では、所定の深度における第 2 対象領域 B_{x2} の幅と同じ幅の長方形となるような、三角形と四角形とを合わせた形状であってよい。または、例えば、第 2 対象領域 B_{x2} は、所定の深度よりも深い領域においては、深度が大きくなるほど列方向の幅が小さくなる形状であってよい。これにより、深度が大きく反射超音波が微弱な観測点について、合成数を増加してもフレー

10

20

30

40

50

ム音響線信号の空間解像度やS/N比の向上効果が小さい場合に演算量の増加を抑止することができる。

【0134】

(3) 各実施の形態および各変形例では、浅部開口Asは、送受信の対象となる超音波の周波数と、超音波プローブ101の固体特性または振動子101aの固体特性を示す情報とに基づいて決定されるとした。しかしながら、浅部開口Asを定める情報は、超音波の波数、送信時間、送信間隔等の他の超音波送信条件を含むとしてもよい。また、超音波プローブ101の固体特性または振動子101aの固体特性を示す情報は、例えば、超音波プローブ101の型番等に関連付けて管理されてもよい。

【0135】

(4) 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。

【0136】

例えば、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。例えば、本発明の超音波信号処理方法のコンピュータプログラムを有しており、このプログラムに従って動作する(又は接続された各部位に動作を指示する)コンピュータシステムであってもよい。

【0137】

また、上記超音波診断装置の全部、もしくは一部、また超音波信号処理装置の全部又は一部を、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。

【0138】

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))から構成されているとしてもよい。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。

【0139】

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。

【0140】

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。

【0141】

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

10

20

30

40

50

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するとしてもよい、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。

【0142】

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。

10

【0143】

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。

【0144】

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。

【0145】

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。

20

【0146】

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。

30

【0147】

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。

【0148】

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。

40

【0149】

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。

【0150】

まとめ

(1) 実施の形態に係る超音波信号処理装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置

50

であって、前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まる超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行する送信部と、各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの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、フォーカス点よりも浅部に位置する深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、前記整相加算部が生成した前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を合成する合成部とを備えることを特徴とする。

10

【0151】

また、実施の形態に係る超音波信号処理方法は、複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まる超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信開口を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行し、各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの振動子各々に対する受信信号列を生成し、前記送信イベントごとに、フォーカス点よりも浅部に位置する深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成し、前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を生成することを特徴とする。

20

【0152】

上記構成又は方法によれば、浅部において、観測点と反射超音波信号を受波する受信振動子とを近づけることができるため、音響線信号の空間分解能及び信号S/N比を高めることができる。また、浅部以外の深度については、対象領域の振動子の並ぶ向きを大きくすることができるため、仮想的に送信フォーカスを合わせることによる空間分解能及びS/N比の向上を図ることができる。

30

【0153】

(2)他の実施の形態に係る超音波信号処理装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブに、被検体に集束型の超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まるフォーカス点で超音波ビームが収束するように超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信振動子列を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行する送信部と、各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの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、前記フォーカス点より浅い深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、前記整相加算部が生成した前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を合成する合成部とを備えることを特徴とする。

40

【0154】

また、他の実施の形態に係る超音波信号処理方法は、複数の振動子を備えた超音波プロ

50

ープに、被検体に集束型の超音波ビームを送信させる送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに対応して受波された被検体からの反射超音波に基づく前記超音波プローブからの信号に基づき、複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、前記複数の振動子の一部を含む送信開口を設定して前記送信開口の位置によって定まるフォーカス点で超音波ビームが収束するように超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信振動子列を送信イベントごとに前記振動子の並ぶ方向にシフトしながら繰り返し実行し、各送信イベントに対応して、前記超音波プローブからの信号に基づき、前記超音波プローブの振動子各々に対する受信信号列を生成し、前記送信イベントごとに、前記フォーカス点より浅い深度範囲において深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を有する対象領域を前記超音波主照射領域内に設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算してサブフレーム音響線信号を生成し、前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を生成することを特徴とする。

10

【0155】

上記構成又は方法であっても、浅部において、観測点と反射超音波信号を受波する受信振動子とを近づけることができるため、音響線信号の空間分解能及び信号S/N比を高めることができる。また、浅部以外の深度については、対象領域の振動子の並ぶ向きを大きくすることができるため、仮想的に送信フォーカスを合わせることによる空間分解能及びS/N比の向上を図ることができる。

20

【0156】

(3) また、上記(1)または(2)の超音波信号処理装置は、前記対象領域は、前記深度範囲より深い第2深度範囲において、前記超音波主照射領域と同一の形状を有する、としてもよい。

【0157】

上記構成により、浅部以外の深度については、超音波の利用効率を最大化し、仮想的に送信フォーカスを合わせることによる空間分解能及びS/N比の向上を図ることができる。

【0158】

(4) また、上記(1)～(3)の超音波信号処理装置は、前記対象領域は、前記深度範囲において、前記振動子の並ぶ方向の幅の大きさが深度に比例する形状である、としてもよい。

30

【0159】

上記構成により、浅部においては、単純な方法で深度が浅いほど前記振動子の並ぶ方向の幅が小さくなる形状を実現することができる。

【0160】

(5) また、上記(1)～(3)の超音波信号処理装置は、前記対象領域は、前記深度範囲において、前記振動子の指向特性に基づく形状である、としてもよい。

【0161】

上記構成により、振動子の受信特性に合わせて浅部における対象領域の形状を設定することができる。

40

【0162】

(6) また、上記(1)～(3)の超音波信号処理装置は、前記対象領域は、前記深度範囲において、前記超音波プローブの受信ビームプロファイルに基づく形状である、としてもよい。

【0163】

上記構成により、超音波プローブの受信特性に合わせて浅部における対象領域の形状を設定することができる。

【0164】

(7) また、上記(3)の超音波信号処理装置は、前記対象領域は、前記深度範囲より

50

深く前記第2深度範囲より浅い第3深度範囲において、前記振動子の並ぶ方向の幅が前記超音波主照射領域より狭く、かつ、前記深度範囲とは異なる形状を有する、としてもよい。

【0165】

上記構成により、第3深度範囲における観測点の数を削減し、音響線信号の空間分解能及び信号S/N比の低下を抑制しながら演算量を削減することができる。

【0166】

(8)また、上記(1)～(7)の超音波信号処理装置は、前記対象領域の形状を決定するための複数のパラメータの組み合わせを複数保持するパラメータ保持部と、前記パラメータ保持部が保持するパラメータを取得して複数のパラメータの1つの組み合わせを選択し、対象領域の形状を決定する対象領域決定部とをさらに備える、としてもよい。

10

【0167】

上記構成により、撮像条件等に合わせて対象領域の形状を容易に決定することができる。

【0168】

(9)また、上記(8)の超音波信号処理装置は、前記パラメータは、前記超音波プローブの特性値、前記振動子の特性値の1以上を含み、前記対象領域決定部は、超音波プローブを特定する情報に基づいて、対象領域の形状を決定する、としてもよい。

【0169】

上記構成により、超音波プローブまたはその振動子の特性に合わせて、対象領域の形状を容易に決定することができる。

20

【0170】

(10)また、上記(8)または(9)の超音波信号処理装置は、前記パラメータは、前記超音波ビームの周波数、波数、時間長、送信ビームフォーミング方法を特定する情報の1以上を含み、前記対象領域決定部は、超音波ビームを特定する情報に基づいて、対象領域の形状を決定する、としてもよい。

【0171】

上記構成により、送受信に用いる超音波の特性に合わせて、対象領域の形状を容易に決定することができる。

【0172】

(11)また、実施の形態に係る超音波処理装置は、超音波プローブと、上記(1)～(10)の超音波信号処理装置を備える。

30

【産業上の利用可能性】

【0173】

本開示にかかる超音波信号処理装置、超音波診断装置、超音波信号処理方法、プログラム、及びコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体は、従来の超音波診断装置の性能向上、特に、対象領域の深度に依存しない空間分解能およびS/N比の向上に有用である。また本開示は超音波への適用のみならず、複数のアレイ素子を用いたセンサ等の用途にも応用できる。

【符号の説明】

40

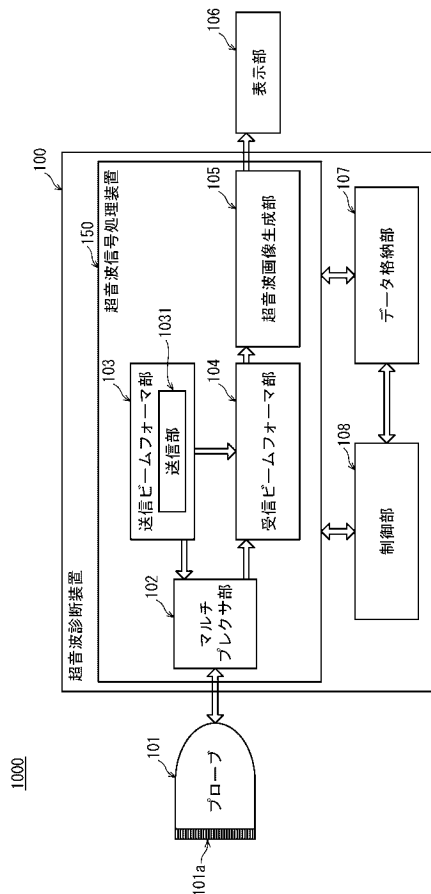
【0174】

- 100 超音波診断装置
- 101 超音波プローブ
- 101 a 振動子
- 102 マルチプレクサ部
- 103 送信ビームフォーマ部
- 103 1 送信部
- 104 受信ビームフォーマ部
- 104 0 受信部
- 104 1 整相加算部

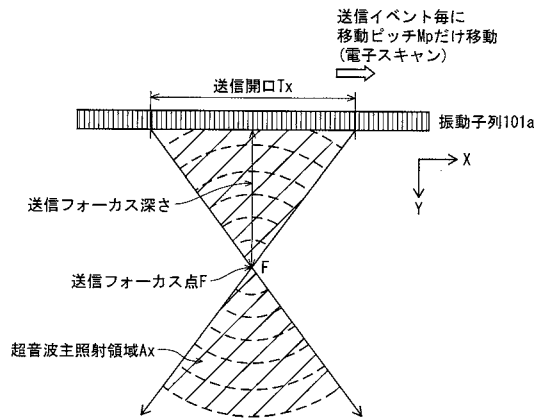
50

- 1 0 4 2 対象領域設定部
- 1 0 4 3 受信開口設定部
- 1 0 4 4 送信時間算出部
- 1 0 4 5 受信時間算出部
- 1 0 4 6 遅延量算出部
- 1 0 4 7 遅延処理部
- 1 0 4 8 重み算出部
- 1 0 4 9 加算部
- 1 1 4 0 合成部
- 1 1 4 0 1 加算処理部
- 1 1 4 0 2 増幅処理部
- 1 0 5 超音波画像生成部
- 1 0 6 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
- 1 0 0 0 超音波診断システム

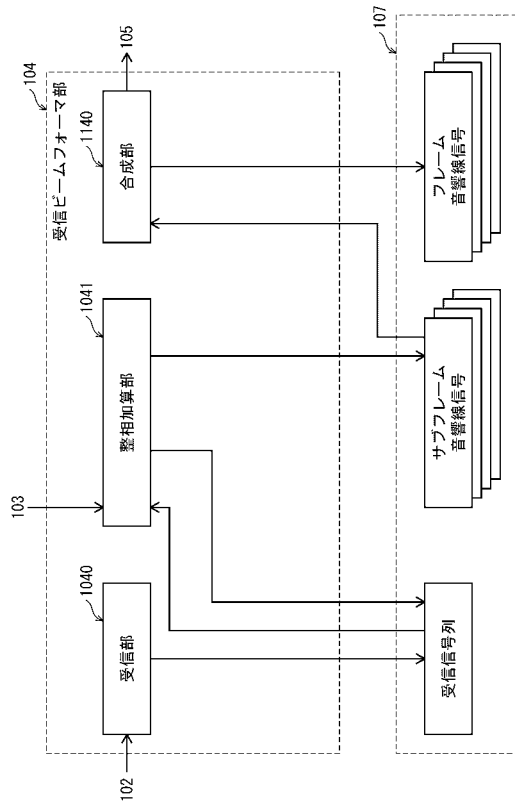
【 図 1 】



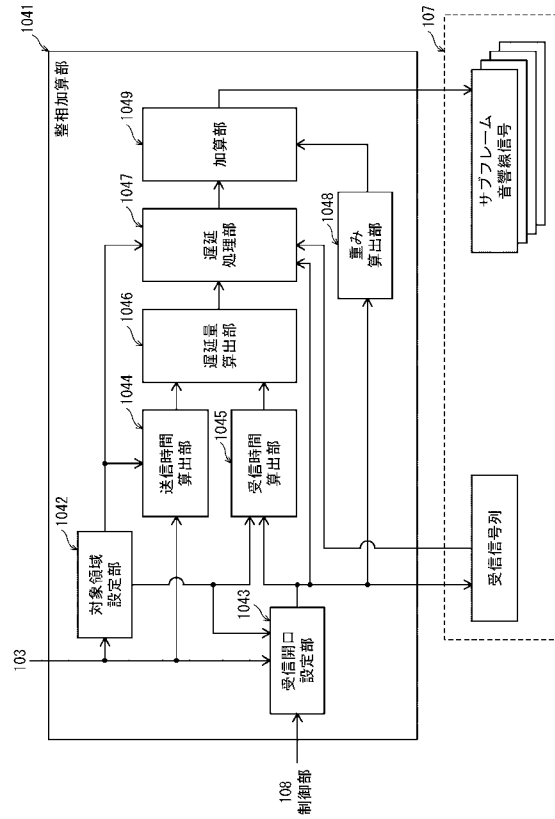
【 図 2 】



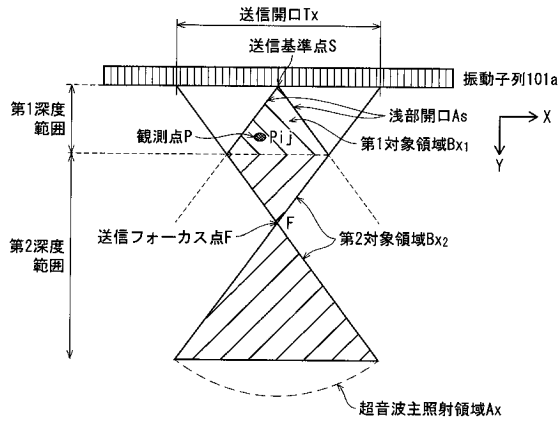
【図3】



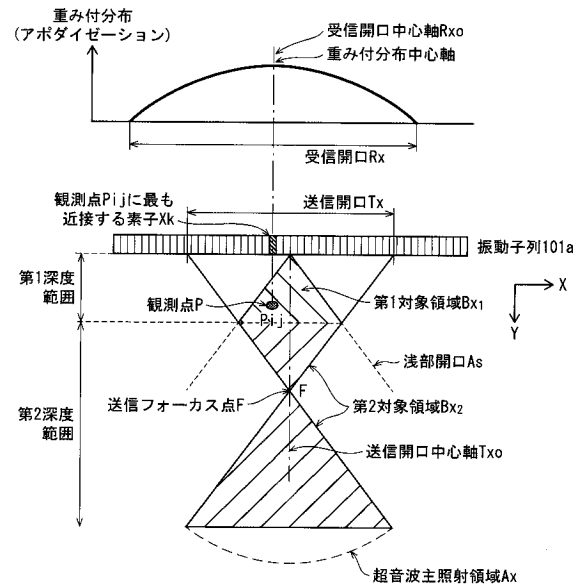
【図4】



【図5】

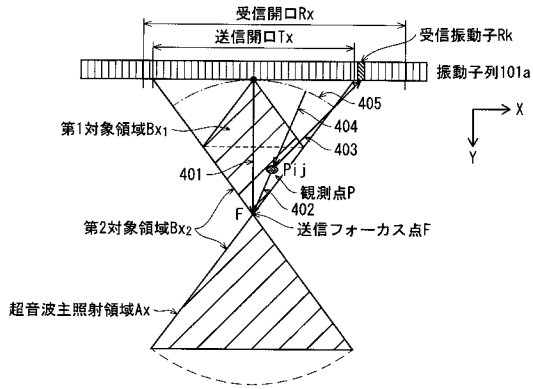


【図6】

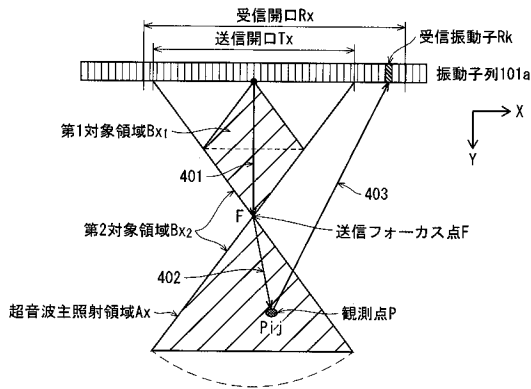


【 図 7 】

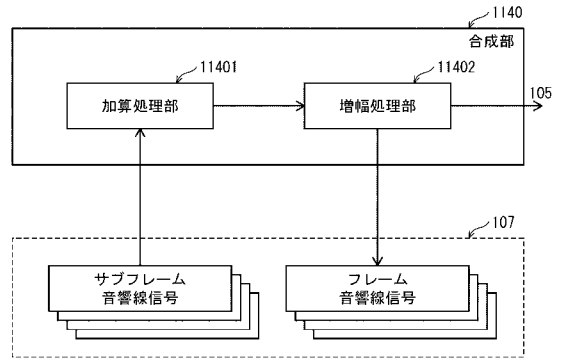
(a)



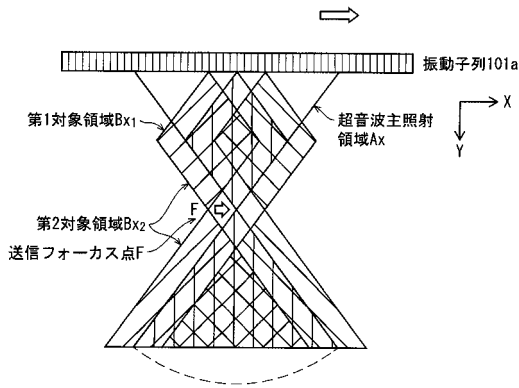
(b)



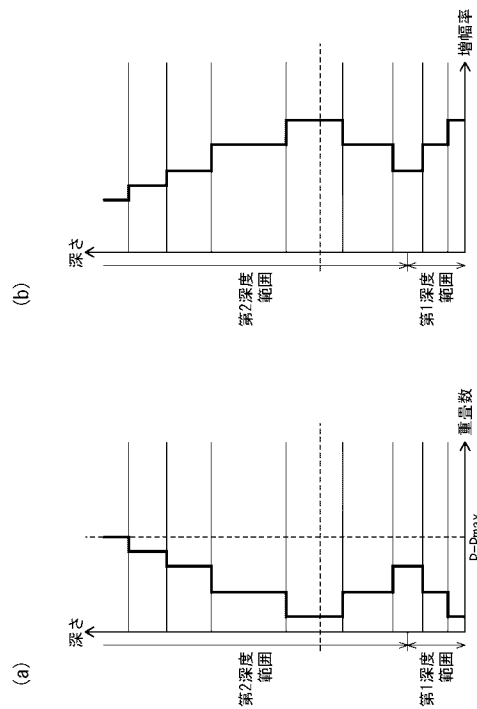
【 図 8 】



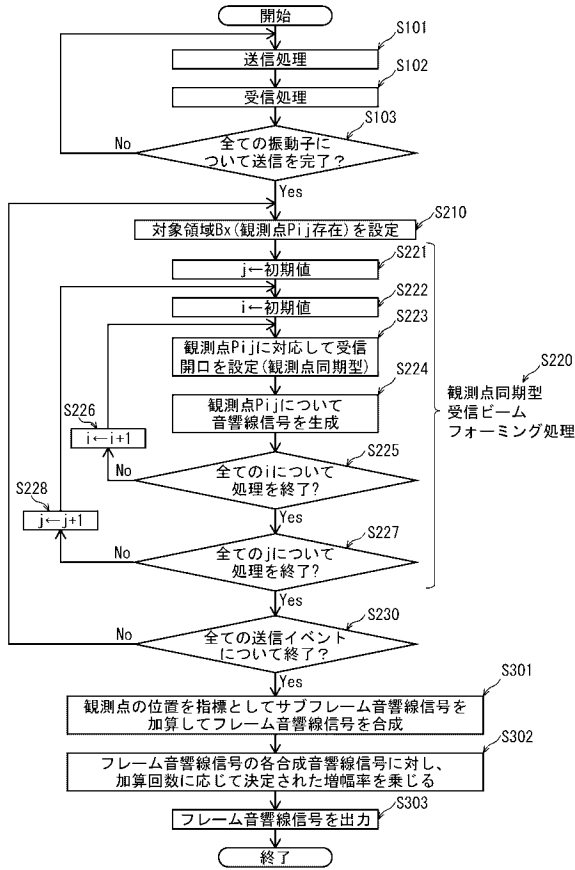
【 図 9 】



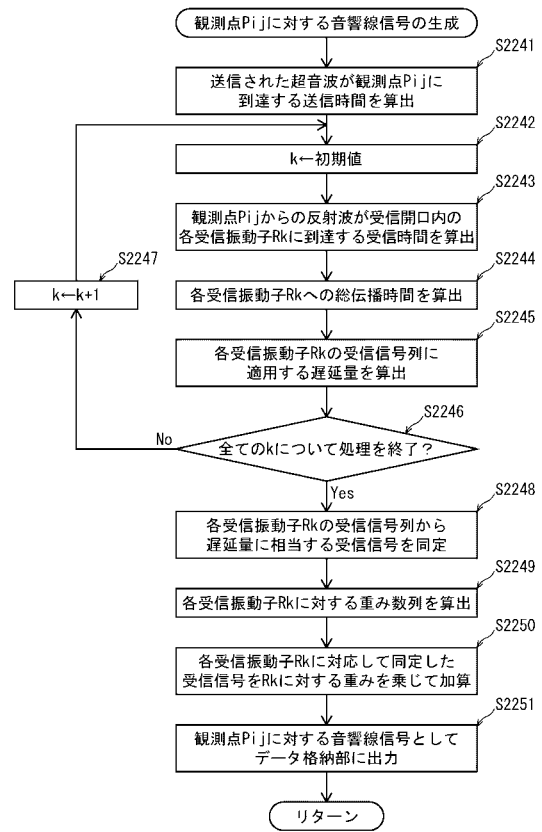
【 図 10 】



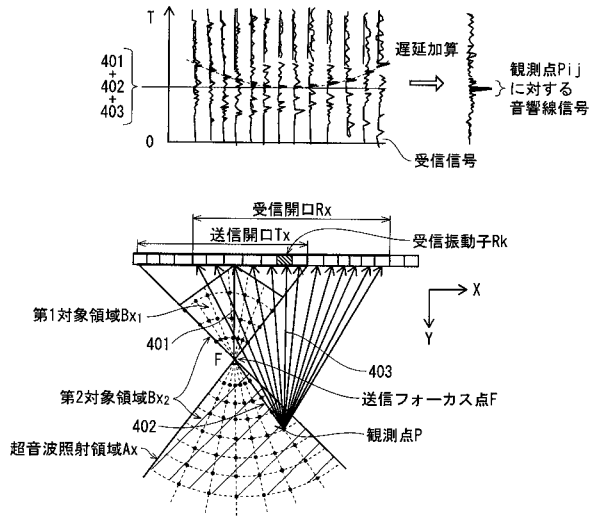
【図 1 1】



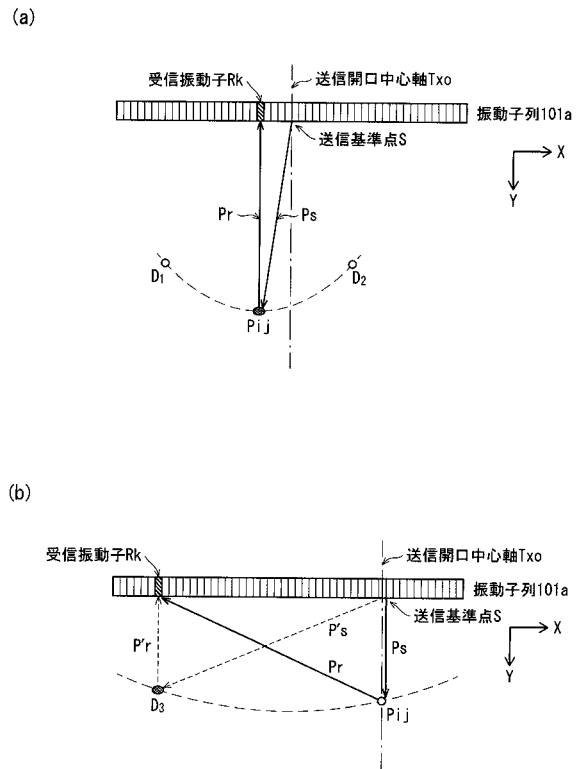
【図 1 2】



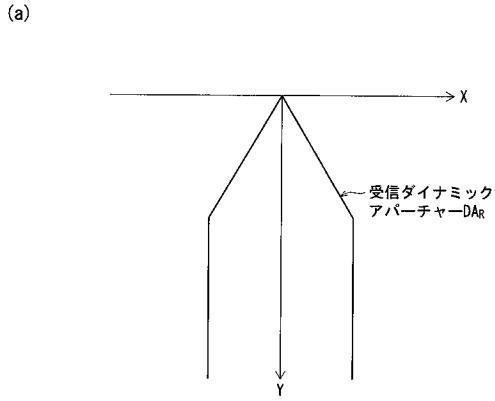
【図 1 3】



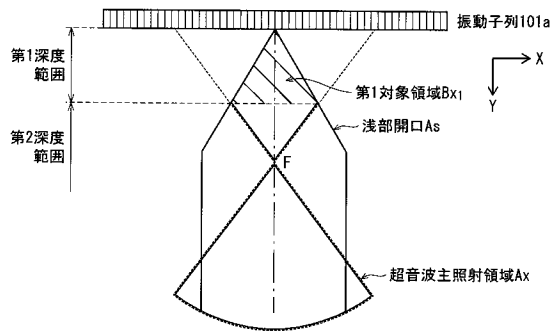
【図 1 4】



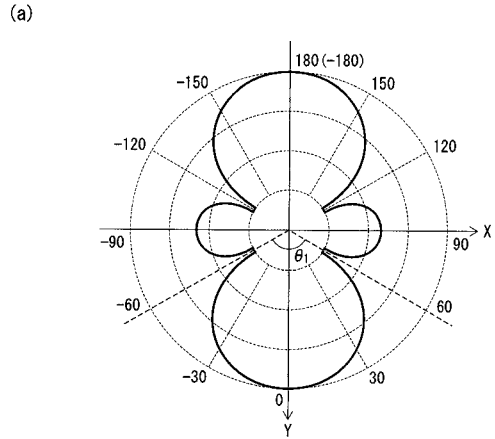
【図15】



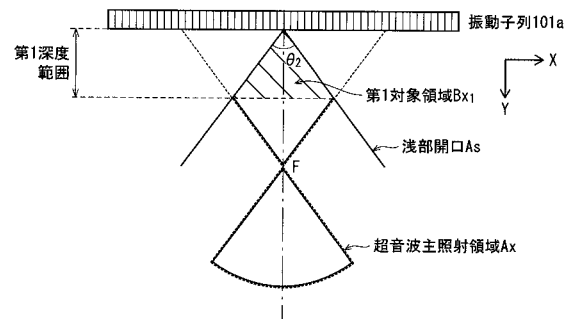
(b)



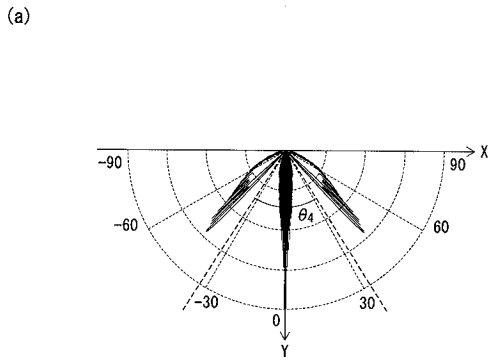
【図16】



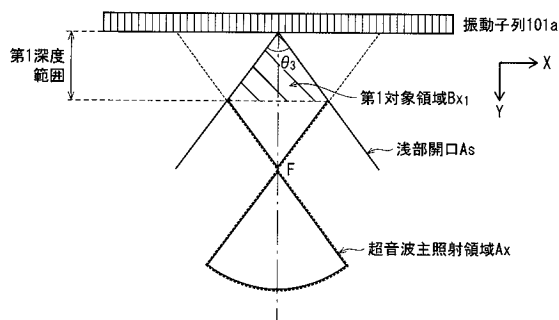
(b)



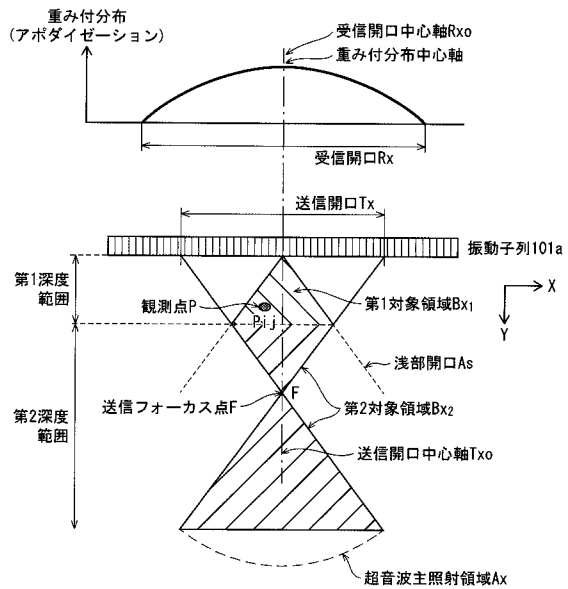
【図17】



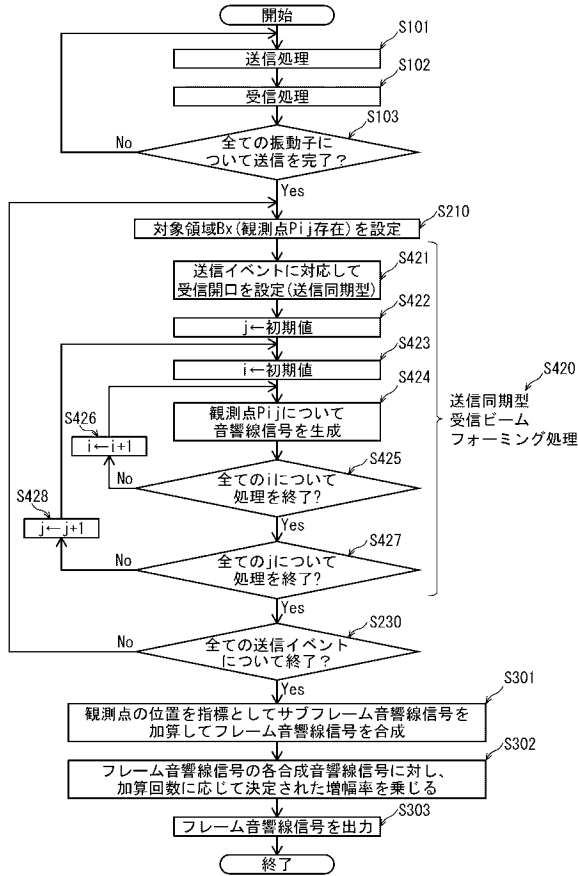
(b)



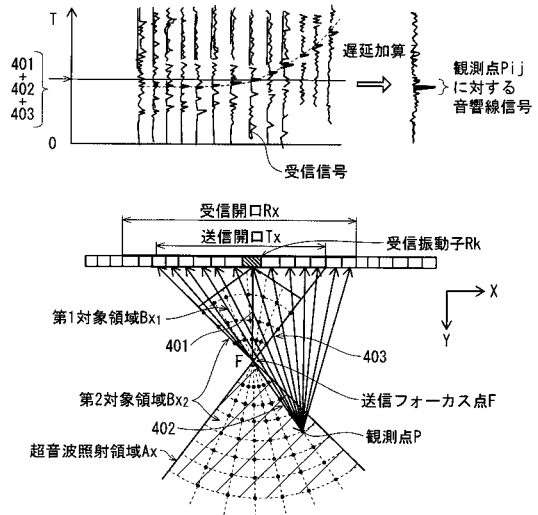
【図18】



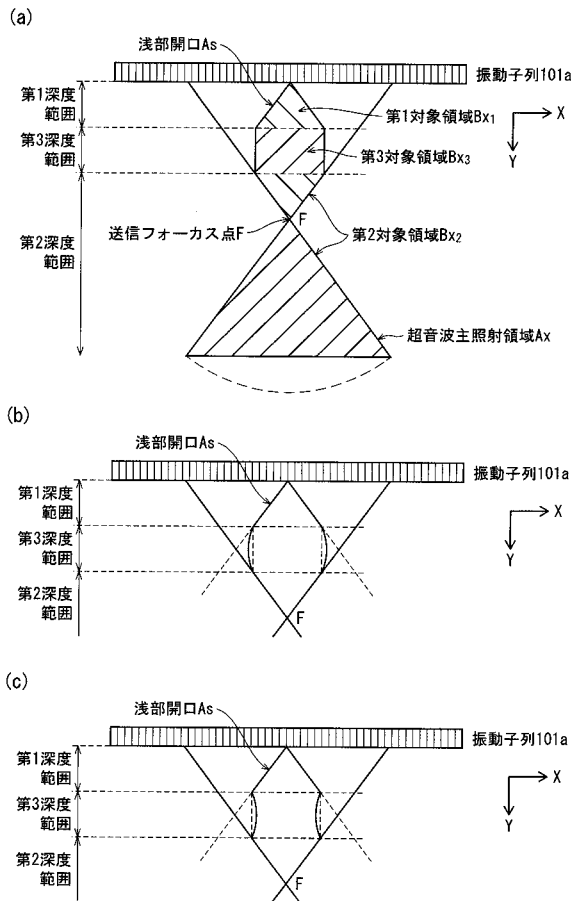
【図19】



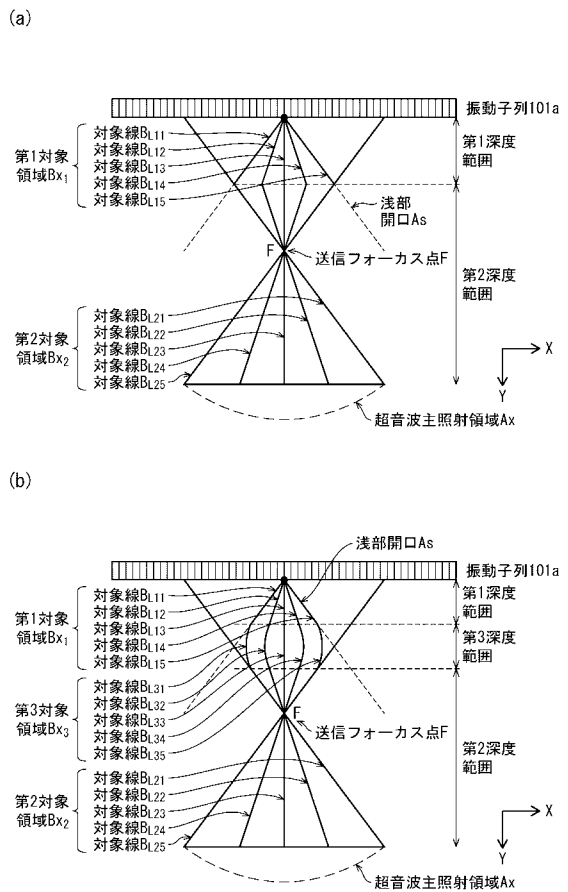
【図20】



【図21】

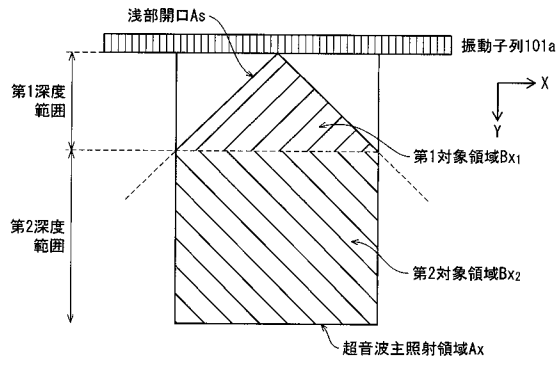


【図22】

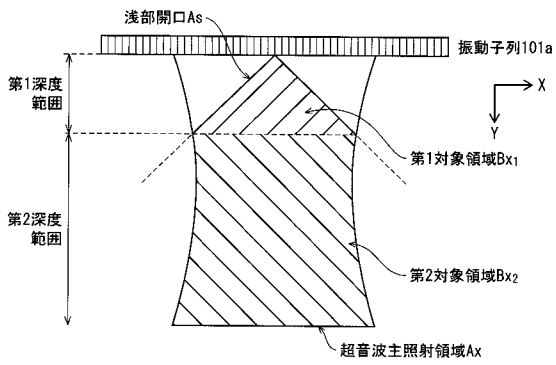


【 図 2 3 】

(a)

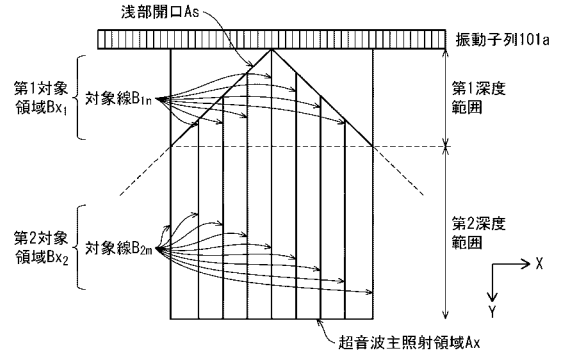


(b)

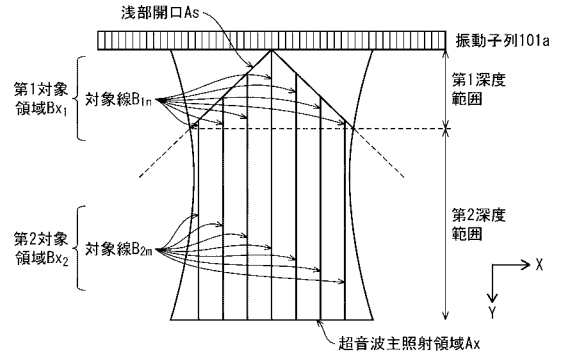


【 図 2 4 】

(a)



(b)



专利名称(译)	超声波信号处理装置，超声波诊断装置和超声波信号处理方法		
公开(公告)号	JP2020010762A	公开(公告)日	2020-01-23
申请号	JP2018133457	申请日	2018-07-13
[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	渡邊泰仁 吉田淳子		
发明人	渡邊 泰仁 吉田 淳子		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	G01S7/52046 G01S7/52085 G01S15/8915 G01S15/8997 A61B8/14 A61B8/4444 A61B8/4477 A61B8/4488 A61B8/4494 A61B8/5207 A61B8/5223		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE01 4C601/EE04 4C601/HH02 4C601/HH15 4C601/HH22 4C601/HH24 4C601/HH25 4C601/HH29 4C601/JB03 4C601/JB05 4C601/JB39 4C601/JB45 4C601/JB51 4C601/JC37		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了在合成孔径方法中不管观察点的深度如何都抑制空间分辨率和信噪比的降低。解决方案：超声波信号处理装置包括：发送单元，其重复选择多个振动器中的一些的发送事件。作为传输振动器柱，并且在沿每次传输事件沿振动器布置的方向移动传输孔的同时，将超声波束传输到超声主辐射区域；接收单元，产生接收信号列；相位加法单元，其在超声波主辐射区域中设置的对象区域的形状随着深度的变深而在比焦点更浅的深度范围内随着深度的增加而使振动器的排列宽度减小。对于对象区域中的多个观察点，根据从各个观察点得到的反射超声波，对接收信号列进行分相相加，生成子帧声线信号。图5是根据多个子帧声线信号产生帧声线信号的组合单元。

