

(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2018-29702

(P2018-29702A)

(43) 公開日 平成30年3月1日(2018.3.1)

(51) Int.Cl.

A61B 8/14 (2006.01)

F1

A61B 8/14

テーマコード (参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2016-162682 (P2016-162682)
 (22) 出願日 平成28年8月23日 (2016.8.23)

(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 HH25 HH29 HH38 JB05

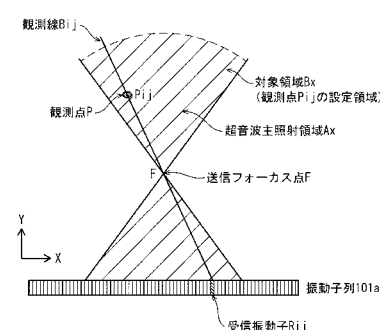
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、超音波診断装置、および、超音波信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】集束型の送信ビームフォーミングを用いた合成開口法において、空間分解能及びS/N比の低下を抑制しながら整相加算の演算量を削減することのできる超音波信号処理装置を提供する

【解決手段】超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに送信させる送信部と、対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定して前記振動子に対する前記受信信号列を観測点信号として同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで音響線信号を生成する整相加算部とを備える。

【選択図】図4



【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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、

超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに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被検体の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、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、

対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定して当該振動子に対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで前記観測点に対する音響線信号を生成する整相加算部と

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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、

超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに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被検体の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、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、

対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子と、前記観測点を通り前記振動子の並ぶ向きに直交する直線上の振動子とを特定し、特定された 2 つの前記振動子のそれぞれに対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで前記観測点に対する音響線信号を生成する整相加算部と

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 または 2 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

前記対象領域を第 1 対象領域、前記観測点を第 1 観測点としたとき、

前記送信イベントごとに、第 2 対象領域内に存在する複数の第 2 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第 2 整相加算部と、

前記整相加算部が生成した前記音響線信号と、前記第 2 整相加算部が生成した前記複数

10

20

30

40

50

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合成する合成部とをさらに備え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】

前記第 2 対象領域は、前記フォーカス点またはその近傍を通る、前記振動子の並ぶ向きに直交する 1 以上の直線からなり、

前記第 2 整相加算部は、送信された超音波が各第 2 観測点に到達する送信時間を、前記第 2 観測点の深さを被検体内における超音波速度で除した値を送信時間として算出することを特徴とする請求項 4 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

前記第 2 対象領域は、前記対象領域の一部または全部であり、

前記第 2 整相加算部は、送信された超音波が各第 2 観測点に到達する送信時間を、前記第 2 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達するまでの第 3 時間と、前記基準点から前記第 2 観測点に到達する第 4 時間との合計を送信時間として算出し、前記第 2 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 3 時間から前記第 4 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 4 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記第 2 対象領域は、前記対象領域の一部であって、前記振動子の並ぶ向きにおける幅と観測点密度との少なくとも一方が前記対象領域より小さい

ことを特徴とする請求項 6 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 8】

前記合成部は、観測点と前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さとの距離に基づく重みづけにより、前記音響線と前記サブフレーム音響線信号との合成比を異ならせることを特徴とする請求項 4 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】

前記合成部は、観測点ごとの前記サブフレーム音響線信号の加算数に基づく重みづけにより、前記音響線と前記サブフレーム音響線信号との合成比を異ならせる

ことを特徴とする請求項 4 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 10】

超音波プローブと、

請求項 1 から 9 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 11】

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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、

超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに送信させ、

各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記被検体の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、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、

対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定して当該振動子に対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで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】

10

20

30

40

50

【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。

10

【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】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開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）

40

【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

【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

50

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り、超音波診断装置のコストが増加する課題が発生する。しかしながら、演算量の削減のため観測点数を削減すると、超音波画像の解像度やS/N比が低下する。

【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において、空間分解能及びS/N比の向上という合成開口法の効果を享受しつつ、演算量を大きく削減することのでき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を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに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被検体の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、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、対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定して当該振動子に対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで前記観測点に対する音響線信号を生成する整相加算部とを備えることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明の一態様に係る超音波診断処理装置、及び、それを用いた超音波診断装置によれば、合成開口法により仮想的に送信フォーカスを行った効果による空間分解能と信号S/N比との向上の効果を享受しながら、送信イベントごとに整相加算を行わないことで演算量を大きく削減することができる。なお、「重み付き整相加算」とは、加算処理のみで実質的に重みづけがなされることを指し、この構成により重みづけ演算をさらに行わずとも好適な音響線信号を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断装置100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。

40

【図4】実施の形態1に係る対象領域 B_x と、観測点 P_{ij} と対応する受信振動子 R_{ij} との関係とを示す模式図である

【図5】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6】実施の形態1に係る加算部1048における観測点信号を整相加算して音響線信号を生成する処理を示す模式図である。

【図7】実施の形態に係る、音響線信号における最大重畳数と、増幅部1049における増幅処理の概要を示す模式図である。

【図8】実施の形態1に係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

50

を示すフローチャートである。

【図 9】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} についての観測点信号の同定動作を示すフローチャートである。

【図 10】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 11】変形例 1 に係る対象領域 B_x と、観測点 P_{ij} と対応する受信振動子 R_{ij} および固定受信振動子 X_{ij} との関係とを示す模式図である。

【図 12】変形例 1 に係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。

【図 13】変形例 1 に係る受信ビームフォーマ部 104 における観測点 P_{ij} についての観測点信号の同定動作を示すフローチャートである。

【図 14】変形例 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 15】実施の形態 2 に係る受信ビームフォーマ部 204 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 16】実施の形態 2 に係る第 2 整相加算部 2041 の構成を示す機能ブロック図である。

【図 17】実施の形態 2 に係る対象領域 C_x を示す模式図である。

【図 18】実施の形態 2 に係る受信開口設定部 2043 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】実施の形態 2 に係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。

【図 20】実施の形態 2 に係る整相加算部 1041 の第 1 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。

【図 21】実施の形態 2 に係る第 2 整相加算部 2041 の第 2 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。

【図 22】実施の形態 2 に係る第 2 整相加算部 2041 における観測点 Q_{mn} 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 23】変形例 2 に係る対象領域 C_x と、送信開口から観測点 Q_{mn} を経由して受信振動子に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。

【図 24】実施の形態 1 および変形例 1 と、比較例 1 および比較例 2 との受信ビームフォーミングにより得た超音波画像である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

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、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）の低下を抑止しながら演算量を削減するために各種の検討を行った。

一般に、集束型の送信ビームフォーミングでは、被検体のある深さ（以下、「フォーカス深さ」と呼ぶ）で超音波ビームがフォーカスを結ぶよう波面を集束させる。そのため、1 度の超音波の送信（送信イベント）によって、超音波送信に用いられる複数の振動子（以下、「送信振動子列」とする）から、超音波主照射領域に主として超音波が照射される。送信フォーカス点が 1 点である場合には、超音波主照射領域は、送信振動子列を底辺とし、底辺の両端のそれぞれから送信フォーカス点を通る 2 つの直線で囲まれる砂時計形状の領域となり、波面は、送信フォーカス点を中心とした円弧状となる。なお、必ずしも超音波ビームが 1 点でフォーカスを結ぶとは限らず、例えば、振動子 1.5 個分から数個分程度にフォーカスした領域に集束する場合もあるが、この場合、超音波主照射領域は送信フォーカス深さまでは列方向の幅が狭まり、送信フォーカス深さでフォーカス領域の列方向の幅となり、送信フォーカス深さより深い領域では再び列方向が広がる形状となる。なお、この場合においては、送信フォーカス深さにおける、フォーカス領域の中心点

10

20

30

40

50

を便宜上「送信フォーカス点」と規定する。すなわち、超音波主照射領域は、1点フォーカスであるか否かにかかわらず、送信フォーカス深さでは送信フォーカス点またはその近傍に集束し、それ以外の深さでは、送信フォーカス深さまでの距離が遠いほど列方向（素子の並び方向）の幅が広がる形状となる。

【0013】

合成開口法では、1回の送信イベントにおいて、超音波主照射領域の全域に対して観測点を設定できるため、超音波主照射領域全域を、対象領域とするのが好ましい。1つの送信イベントでは超音波画像を生成する領域（以下、「着目領域」と呼ぶ）全体を対象領域とすることができないために、1フレームの超音波画像を生成するためには、対象領域の異なる複数の送信イベントを行う。そのため、超音波の利用効率の観点から、1つの送信イベントにおける対象領域は超音波主照射領域内における面積を大きくすることが好ましい。また、一般的には連続する2つの送信イベントの対象領域の重複面積が大きいほうが、空間解像度や信号S/N比の向上のために好ましい。

10

【0014】

しかしながら、対象領域に含まれる観測点の数、つまり、受信ビームフォーミングの演算対象の点数は対象領域の面積に比例するため、必然的に、整相加算の演算量および整相加算後の音響線信号を格納するために必要なメモリ量は、対象領域の面積に比例することとなる。したがって、対象領域の面積の増大は、そのまま、超音波診断装置が必要とする演算量とメモリ量の増大に直結することとなる。また、整相加算の演算量に対して超音波診断装置の演算能力が不足すると、演算能力に見合ったフレームレートを超えることができないことから、超音波画像のフレームレートの低下による、時間解像度の低下と、それに伴うユーザビリティの低下が起こりうる。したがって、時間解像度の低下やユーザビリティの低下を抑制するためには、整相加算の演算を高速に行えるような処理能力の高いプロセッサ、例えば高性能のGPUなどが必要となり、超音波診断装置のコスト増加を招くこととなる。

20

【0015】

演算量を削減するには、対象領域に含まれる観測点の数を削減することが考えられる。しかしながら、演算量の削減のためむやみに観測点数を削減すると、超音波画像の解像度やS/N比が演算量に連動して低下する。さらに、観測点の数を削減するだけでは、抜本的な演算量の削減が困難な場合がある。そこで、発明者は、合成開口法の利点を享受しつつ演算量の削減を図るため、送信イベント内での整相加算を行わず、異なる複数の送信イベント間の合成において整相加算を行う方法を検討した。この手順によれば、例えば、特許文献1に開示されているように、整相加算の演算量を抜本的に削減することができる。さらに、その上で、合成開口による利点、すなわち、音響線信号の品質の低下を抑止する方法を模索し、それぞれの観測点について、送信イベントごとに観測点と送信フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定し、特定された振動子が受信した受信信号列に対して整相加算を行うという着想を得た。このようにすることで、それぞれの観測点において、送信フォーカス点と受信振動子とを連動させて位置を変更させながら得た複数の受信信号列に基づいて音響線信号を生成できるため、超音波ビームの進行方向、および、観測点と受信振動子との位置関係の多様性を大きくすることができ、仮想送信ビームフォーミングにより空間解像度や信号S/N比の低下を抑止することができる。さらに、それぞれの観測点において送信イベントごとに対応する受信振動子が異なる、すなわち、それぞれの観測点に対応する受信振動子が複数の送信イベントにまたがって固定されないことで、振動子の特性（特に受信感度）のばらつきが音響線信号に影響を与えることを抑止することができる。

30

40

【0016】

以下、実施の形態に係る超音波画像処理方法及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。

実施の形態 1

<全体構成>

50

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。

【0017】

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。

10

【0018】

< 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 の複数の振動子 101a のうち、送信又は受信の際に用いる振動子を各々に選択し、選択された振動子に対する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。

20

【0019】

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 GPGPU 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。

30

【0020】

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

50

超音波診断装置でも同様である。

【0021】

＜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から超音波送信を行わせる送信ビームフォーマ部103と、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。

10

【0022】

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。

20

【0023】

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。

30

【0024】

送信部1031は、超音波送信ごとに送信開口Txを列方向に順次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。すなわち、本実施の形態では、説明の便宜上、送信イベントごとの移動ピッチMpは振動子1つ分であるが、移動ピッチMpの大きさはこれに限定されない。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。

40

【0025】

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（F

50

ocal 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。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。

【0026】

10

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を備える。

【0027】

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

20

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に受信信号を保存する。

【0028】

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送信開口Txに含まれる各々の振動子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。ここで、反射超音波を受波する振動子の各々を「受波振動子」と称呼する。受波振動子の数は、送信開口Txに含まれる振動子の数と一致する。

30

【0029】

送信部1031は、送信イベントに同期して送信開口Txを列方向に順次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。

40

(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、被検体内において受信ビームフォーミングの対象領域である対象領域Bxを設定する。次に、対象領域Bx内に存する複数の観測点Pij各々について受信振動子Rijを特定し、受信振動子Rijが受信した受信信号列から観測点信号を抽出する。そして、複数の送信イベント間で、観測点Pijの位置に基づいて観測点信号を整相加算し、音響線信号を生成する回路である。図3に示すように、整相加算部1041は、対象領域設定部1042、受信振動子特定部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、加算部1048、及び増幅部1049を備える。

【0030】

50

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。

i) 対象領域設定部 1042

対象領域設定部 1042 は、被検体内において観測点信号の同定を行う対象領域 B_x 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観測点信号の同定が行われるべき信号上の領域であり、対象領域 B_x 内の観測点 P_{ij} について観測点信号が同定される。対象領域 B_x は、観測点信号の同定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。

【0031】

ここで、「観測点信号」とは、1 回の送信イベントから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} に対する受信信号の集合である。

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 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。

図 4 は、対象領域 B_x を示す模式図である。図 4 に示すように、対象領域 B_x は、超音波主照射領域 A_x の全域である。なお、対象領域 B_x はこの場合に限られず、超音波主照射領域 A_x の一部であってもよい。

【0032】

設定された対象領域 B_x は受信振動子特定部 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。

ii) 受信振動子特定部 1043

受信振動子特定部 1043 は、対象領域設定部 1042 からの対象領域 B_x の位置を示す情報に基づき、対象領域 B_x 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について、対応する受信振動子 R_{ij} を特定する回路である。

【0033】

受信振動子特定部 1043 は、観測点 P_{ij} と、送信フォーカス点とを通過する直線上の振動子を、受信振動子 R_{ij} として特定する。図 4 は、受信振動子特定部 1043 により特定された受信振動子 R_{ij} と観測点 P_{ij} との関係を示す模式図である。図 4 に示すように、観測点 P_{ij} と送信フォーカス点 F とを通過する直線である観測線 B_{ij} を仮定し、観測点 B_{ij} 上に存在する振動子を受信振動子 R_{ij} として特定する。したがって、受信振動子 R_{ij} の位置は、観測点 P_{ij} と送信フォーカス点 F との位置によって定まる。すなわち、同一位置にある観測点 P_{ij} に対し、受信振動子 R_{ij} の位置は送信イベントごとに異なることとなる。なお、位置の異なる複数の観測点 P_{ij} と送信フォーカス点 F が一直線上に並ぶ、すなわち、位置の異なる複数の観測点 P_{ij} が同一の観測線 B_{ij} 上に存在することは当然にあり得る。したがって、送信イベント内において観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij} は当然に 1 つであるが、送信イベント内において受信振動子 R_{ij} に対応する観測点 P_{ij} は 1 つに限られず複数存在する場合がある。なお、上述したように、対象領域 B_x は超音波主照射領域 A_x の外部を含むことはないため、観測点 P_{ij} は必ず超音波主照射領域 A_x の内部に存在する。従って、観測線 B_{ij} が超音波主照射領域 A_x の外部のみを通ることはないため、受信振動子 R_{ij} は、必ず送信開口 T_x に含まれることとなる。

【0034】

受信振動子 R_{ij} の特定は、送信イベントごとに、観測点 P_{ij} の数と同じ回数だけ行われる。また、受信振動子 R_{ij} の特定は、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て各観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij} の特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。

【0035】

また、受信振動子 R_{ij} は観測点 P_{ij} と送信フォーカス点 F とを通過する直線である観測線 B_{ij} 上の振動子であるとしたが、例えば、観測線 B_{ij} が 2 つの振動子の間を通過する場合にあっては、その一方の振動子を受信振動子 R_{ij} としてもよい。ただし、観測線 B_{ij} 上に 1 つの振動子しか存在しないように観測点 P_{ij} の座標を設定することが

10

20

30

40

50

好ましい。例えば、観測点 P_{ij} は、いずれかの振動子と送信フォーカス点 F とを通過する直線上にのみ設ければよい。

【0036】

観測点 P_{ij} ごとに特定された受信振動子 R_{ij} を示す情報は、受信時間算出部 1045 と、制御部 108 を介してデータ格納部 107 とに出力される。

データ格納部 107 は、受信振動子 R_{ij} に対応する受信信号を、遅延処理部 1047 に出力する。

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_{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 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_{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。

【0037】

図5は、送信開口 T_x から放射され対象領域 B_x 内の任意の位置にある観測点 P_{ij} において反射され受信振動子 R_{ij} 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5(a)は観測点 P_{ij} の深さが送信フォーカス深さ以上の場合、図5(b)は観測点 P_{ij} 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401を通過し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 P_{ij} に到達し、観測点 P_{ij} 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における受信振動子 R_{ij} 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 103 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 と任意の観測点 P_{ij} との間の経路402の長さは幾何学的に算出することができる。

【0038】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

まず、観測点 P_{ij} の深さが送信フォーカス深さ以上の場合について、図5(a)を用いて説明する。観測点 P_{ij} の深さが送信フォーカス深さ以上の場合は、送信開口 T_x から放射された送信波が、経路401を通過し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を通過して観測点 P_{ij} 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、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の長さで経路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。

【0039】

一方、観測点 P_{ij} が送信フォーカス深さより浅い場合について、図5(b)を用いて説明する。観測点 P_{ij} が送信フォーカス深さより浅い場合は、送信開口 T_x から放射された送信波が、経路401を通過して送信フォーカス点 F に到達する時刻と、経路404を通過して観測点 P_{ij} に到達した後、観測点 P_{ij} から経路402を通過し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、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。

【0040】

なお、観測点 P_{ij} が送信フォーカス深さである場合の送信時間は、観測点 P_{ij} が送信フォーカス深さより深い場合と同じ算出方法、すなわち、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た。しかしながら、観測点 P_{ij} が送信フォーカス深さより浅い場合と同じ算出方法、すなわち、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。

【0041】

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_{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 1046 に出力する。

i v) 受信時間算出部 1045

受信時間算出部 1045 は、それぞれの観測点 P_{ij} からの反射波が、対応する受信振動子 R_{ij} 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、受信振動子特定部 1043 から取得した振動子 P_{ij} それぞれに対応する受信振動子 R_{ij} の位置を示す情報に基づき、対象領域 B 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} で反射され対応する受信振動子 R_{ij} に到達する受信時間を算出する。

10

【0042】

上述のとおり、観測点 P_{ij} に到達した送信波は、観測点 P_{ij} 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 における受信振動子 R_{ij} に戻っていく。各観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij} の位置情報は受信振動子特定部 1043 から取得されるので、任意の観測点 P_{ij} から対応する受信振動子 R_{ij} 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。

【0043】

20

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_{ij} について、送信された超音波が観測点 P_{ij} で反射して対応する受信振動子 R_{ij} 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。

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振動子 R_{ij} への総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて、受信振動子 R_{ij} 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_{ij} に到達する送信時間と、受信時間算出部 1045 から観測点 P_{ij} で反射して受信振動子 R_{ij} 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_{ij} で反射され受信振動子 R_{ij} へ到達するまでの総伝播時間を算出し、各受信振動子 R_{ij} 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_{ij} について、受信振動子 R_{ij} 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

【0044】

v i) 遅延処理部 1047

遅延処理部 1047 は、受波振動子に対する受信信号の列から、受信振動子 R_{ij} 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受信振動子 R_{ij} 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 1047 は、送信イベントに対応して、受信振動子特定部 1043 から受信振動子 R_{ij} の位置を示す情報、データ格納部 107 から受信振動子 R_{ij} に対応する受信信号、遅延量算出部 1046 から各受信振動子 R_{ij} 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、受信振動子 R_{ij} に対応する受信信号の列から、受信振動子 R_{ij} 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観測点信号として同定し、加算部 1048 に出力する。

40

【0045】

v i i) 加算部 1048

加算部 1048 は、遅延処理部 1047 から出力される観測点 P_{ij} に対応して同定された観測点信号を入力として、観測点 P_{ij} の位置を指標として複数の送信イベントに係る観測点信号を重みづけ加算して、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。遅延処理部 1047 において観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij}

50

j が検出した受信信号の位相を整えて加算部 1048 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く観測点信号を送信イベント間で重ね合わせてその S/N 比を増加し、観測点 P_{ij} からの音響線信号を生成することができる。重みづけ加算における重みづけ係数は全て 1 でもよいし、任意に設定することも出来る。

【0046】

図 6 は、加算部 1048 における音響線信号を生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送信フォーカス点 F 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り、受信振動子 R_{ij} も送信フォーカス点 F の移動に同期して移動することとなる。具体的には、送信フォーカス点 F_1 の送信イベントに対しては観測線 B_1 上の受信振動子 R_{ij1} が、送信フォーカス点 F_2 の送信イベントに対しては観測線 B_2 上の受信振動子 R_{ij2} が、...、送信フォーカス点 F_8 の送信イベントに対しては観測線 B_8 上の受信振動子 R_{ij8} が、送信フォーカス点 F_9 の送信イベントに対しては観測線 B_9 上の受信振動子 R_{ij9} が、それぞれ特定される。そして、各送信イベントにおいて受信振動子 R_{ij} に対応する観測点信号を、観測点 P_{ij} の位置を指標として加算することにより、音響線信号が生成される。したがって、送信フォーカス点 F と観測点 P との位置関係、観測点 P と受信振動子 R_{ij} との位置関係は送信イベントごとに異なり、これらの多様性が大きく確保される。具体的には、送信フォーカス点 F は、観測点 P を超音波主照射領域 A_x の右端とする送信フォーカス点 F_1 から観測点 P を超音波主照射領域 A_x の左端とする送信フォーカス点 F_9 までの範囲に設定され、受信振動子 R_{ij} は、送信フォーカス点に同期して受信振動子 R_{ij1} から受信振動子 R_{ij9} までの範囲に設定される。この受信振動子 R_{ij1} から受信振動子 R_{ij9} までの範囲が、受信開口となる。そのため、仮想送信ビームフォーミングによる空間解像度と S/N 比の向上効果を最大化することができる。

【0047】

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、各観測点信号の値が加算されるので、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。

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である。そのため、図 7 (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、音響線信号の値も同様に深さ方向において変化する。

【0048】

1 回の送信イベントとそれに伴う処理から、対象領域 B_x 内のすべての観測点 P_{ij} について観測点信号を同定することができる。そして、送信イベントに同期して送信開口 T_x を列方向に順次移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ 101 に存するすべての振動子 101a から超音波送信を行い、得た観測点信号を重ね合わせるにより 1 フレーム内のすべての観測点 P_{ij} について音響線信号を生成する。

【0049】

加算部 1048 により生成された音響線信号は、増幅部 1049 に出力される。

v_{iii}) 増幅部 1049

上述のとおり、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、増幅部 1049 は、音響線信号の生成において、加算が行われた回数に応じて決定した増幅率を各音響線信号に乗じる増幅処理を行う。

【0050】

図 7 (b) は、増幅部 1049 における増幅処理の概要を示す模式図である。図 7 (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音響線信号の変動

10

20

30

40

50

要因は解消され、増幅処理後の音響線信号の値は深さ方向において均一化が図られる。

【 0 0 5 1 】

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音響線信号としてもよい。

【 0 0 5 2 】

< 動作 >

以上の構成からなる超音波診断装置 1 0 0 の動作について説明する。

図 8 は、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。

先ず、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。

【 0 0 5 3 】

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 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する（ステップ S 1 0 3 ）。そして、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 を列方向に振動子 1 つ分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 0 5 4 】

次に、ステップ S 2 1 0 において、対象領域設定部 1 0 4 2 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、受信ビームフォーミング処理（ステップ S 2 2 1 ~ S 2 2 7 ）に進む。まず、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する（ステップ S 2 2 1、S 2 2 2 ）。

【 0 0 5 5 】

次に、観測点 P i j について観測点信号を同定する（ステップ S 2 2 3 ）。

ここで、ステップ S 2 2 3 における、観測点 P i j について観測点信号を同定する動作について説明する。図 9 は、受信ビームフォーマ部 1 0 4 における観測点 P i j についての観測点信号同定動作を示すフローチャートである。

まず、ステップ S 2 2 4 1 において、送信時間算出部 1 0 4 4 は、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 に到達する送信時間を算出する。送信時間は、（ 1 ）観測点 P i j の深さが送信フォーカス深さ以上の場合には、幾何学的に定まる送信開口 T x 内の振動子から送信フォーカス点 F を経由して観測点 P i j に至る経路（ 4 0 1 + 4 0 2 ）の長さを超音波の音速 c s で除することにより、（ 2 ）観測点 P i j が送信フォーカス深さより浅い場合には、幾何学的に定まる、送信開口 T x 内の振動子から送信フォーカス点 F に至る経路と観測点 P i j から送信フォーカス点に至る経路との差分（ 4 0 1 - 4 0 2 ）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。

【 0 0 5 6 】

次に、ステップ S 2 2 4 2 において、受信振動子特定部 1 0 4 3 は、観測点 P i j と送信フォーカス点 F とを通る直線上にある振動子を受信振動子 R i j として特定する。

次に、送信された超音波が被検体内の観測点 P i j で反射され受信振動子 R i j に到達する受信時間を算出する（ステップ S 2 2 4 3 ）。受信時間は、幾何学的に定まる観測点 P i j から受信振動子 R i j までの経路 4 0 3 の長さを超音波の音速 c s で除することに

10

20

30

40

50

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_{ij} に到達するまでの総伝播時間を算出し（ステップ S 2 2 4 4）、受信振動子 R_{ij} に対する総伝播時間に基づき、受信振動子 R_{ij} に対する遅延量を算出する（ステップ S 2 2 4 5）。

【0057】

次に、ステップ S 2 2 4 6 において、遅延処理部 1 0 4 7 は、受信振動子 R_{ij} に対応する受信信号の列から、遅延量を差し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観測点信号として同定する。

次に、図 8 に戻り、座標 ij をインクリメントしてステップ S 2 2 3 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 10 中の「・」）について観測点信号が同定される。対象領域 B_x 内に存在する全ての観測点 P_{ij} について観測点信号の同定を完了したか否かを判定し（ステップ S 2 2 4、S 2 2 6）、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 2 2 5、S 2 2 7）して、観測点 P_{ij} について観測点信号を同定し（ステップ S 2 2 2）、完了した場合にはステップ S 2 2 9 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} についての観測点信号が同定されている。

【0058】

次に、全ての送信イベントについて、観測点信号の同定が終了したか否かを判定し（ステップ S 2 2 9）、終了していない場合には、ステップ S 2 1 0 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 内の最小値に初期化し（ステップ S 2 2 1、S 2 2 2）、観測点信号を同定（ステップ S 2 2 3）し、終了している場合にはステップ S 3 0 1 に進む。

【0059】

次に、ステップ S 3 0 1 において、加算部 1 0 4 8 は、観測点 P_{ij} の位置を指標として複数の観測点信号を加算して各観測点 P_{ij} に対する音響線信号を生成する。次に、増幅部 1 0 4 9 は、音響線信号の加算回数に応じて決定された増幅率を音響線信号に乘じ（ステップ S 3 0 2）、増幅された音響線信号を、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。

【0060】

<まとめ>

以上、説明したよう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同定された同一位置にある観測点 P についての観測点信号を整相加算して音響線信号を生成する。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 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。

【0061】

また、超音波診断装置 1 0 0 では、複数の送信イベントを跨いで整相加算を行う。これにより、観測点 P からの反射超音波に基づく複数の受信信号を、位相を揃えて強め合うことができ、個々の送信イベントで整相加算を行わないという大幅な演算量削減を行っても信号 S/N 比を向上させることができる。

また、従来の超音波診断装置では、観測点 P から距離が小さい振動子ほど大きな重み数列を適用する重みづけを行っているが、超音波診断装置 1 0 0 では、整相加算における重みづけを行っていない。従来の超音波診断装置では、送信イベントごとに整相加算を行うため、観測点 P との距離が最小になる振動子に対する重みが最大となるよう受信アポダイゼーションを行っている。一方、超音波診断装置 1 0 0 では、観測点 P と受信振動子 R_{ij} の距離が遠くなると、必然的に観測点 P と送信フォーカス点 F との距離も遠くなる関係にある。すなわち、観測点 P と受信振動子 R_{ij} の距離が遠くなると、観測点 P に到達する送信超音波の減衰が大きくなる。つまり、観測点 P と受信振動子 R_{ij} の距離が遠くなるほど観測点 P で反射される反射超音波が弱くなる関係が存在している。したがって、超音波診断装置 1 0 0 では、観測点信号がすでに受信アポダイゼーションを行われた状態と

10

20

30

40

50

なっており、さらなる重みづけを行う必要がない。

【0062】

また、超音波診断装置100では、観測点を設ける対象領域を、超音波主照射領域 A_x の全域に設定する。これにより、送信開口 T_x から観測点 P に至る超音波ビームの送信経路と、観測点 P から受信振動子 R_{ij} に至る反射超音波の受信経路との多様性を大きくすることができ、仮想送信ビームフォーミングによる空間解像度や信号 S/N 比の低下抑止効果を最大限に引き出すことができる。さらに、送信イベントごとに受信振動子 R_{ij} が異なるため、振動子の感度にばらつきがあっても観測点 P_{ij} 間の感度差が生じにくく、超音波画像への影響の発生を抑止することができる。

【0063】

したがって、従来の合成開口法を用いる超音波診断装置と比較して、音響線信号の品質劣化を抑止しつつ演算量を大きく削減することができ、プロセッサのコスト削減に奏功する。

変形例1

実施の形態1では、送信イベントごとに、各観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij} を特定して受信振動子 R_{ij} が受信した観測点 P_{ij} からの反射超音波に基づく観測点信号を同定し、複数の送信イベントの間で観測点信号を整相加算して音響線信号を生成する場合について説明した。

【0064】

変形例1は、送信イベントごとに、さらに、各観測点 P_{ij} に対して受信振動子 R_{ij} の他に2つ目の受信振動子を特定して観測点 P_{ij} からの反射超音波に基づく観測点信号を2つ同定し、各送信イベントで2つずつ同定した観測点信号を複数の送信イベントの間で整相加算して音響線信号を生成する点で実施の形態1と相違する。受信振動子の特定、観測点信号の同定、整相加算以外の動作及びこれらを行う構成以外については、実施の形態1の動作及び構成と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

【0065】

図11は、受信振動子特定部による受信振動子と観測点との関係を示す模式図である。受信振動子 R_{ij} は、観測点 P_{ij} と送信フォーカス点 F とを通過する直線である観測線 B_{ij} に存在する振動子であり、詳細は実施の形態1で説明したため省略する。一方、変形例1では、受信振動子 R_{ij} に加えて固定受信振動子 X_{ij} を特定する。固定受信振動子 X_{ij} は、図11に示すように、観測点 P_{ij} を通過し振動子101a列の振動子の並ぶ向き(X方向)に直交する直線(すなわち、Y方向に延伸する直線)である固定観測線 V_{ij} を仮定し、固定観測線 V_{ij} 上に存在する素子を固定受信振動子 X_{ij} として特定する。すなわち、固定受信振動子 X_{ij} は、観測点 P_{ij} に最も近接する振動子である。固定受信振動子 X_{ij} の位置は、送信フォーカス点 F の位置に関わらず、観測点 P_{ij} の位置によって一意に定まる。すなわち、同一位置にある観測点 P_{ij} に対しては、固定受信振動子 X_{ij} の位置は、送信イベントに関わらず一定である。なお、固定受信振動子 X_{ij} が複数の観測点 P_{ij} に対応しうるのは受信振動子 R_{ij} と同様である。

【0066】

固定受信振動子 X_{ij} の特定は、観測点 P_{ij} の数と同じ回数だけ行われる。固定受信振動子 X_{ij} の特定は、受信振動子 R_{ij} の特定と同時に進めてもよいし、別途行ってもよい。例えば、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て各観測点 P_{ij} に対応する固定受信振動子 X_{ij} の特定が行われる構成であってもよい。

観測点 P_{ij} ごとに特定された固定受信振動子 X_{ij} を示す情報は、受信振動子 R_{ij} を示す情報と同様、受信時間算出部と、制御部を介してデータ格納部とに出力される。

【0067】

図14は、音響線信号を生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送信フォーカス点 F 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り、受信

10

20

30

40

50

振動子 R_{ij} も送信フォーカス点 F の移動に同期して移動することとなる。一方で、固定受信振動子 X_{ij} の位置は、送信イベントに関わらず一定である。そして、各送信イベントにおいて受信振動子 R_{ij} と固定受信振動子 X_{ij} とに対応する観測点信号を、観測点 P_{ij} の位置を指標として加算することにより、音響線信号が生成される。したがって、送信フォーカス点 F と観測点 P との位置関係、観測点 P と受信振動子 R_{ij} との位置関係は送信イベントごとに異なり、これらの多様性が大きく確保される。実施の形態 1 と同様に、受信振動子 R_{ij1} から受信振動子 R_{ij9} までの範囲が、受信開口となる。そのため、仮想送信ビームフォーミングによる空間解像度と S/N 比の向上効果を最大化することができる。

【0068】

< 動作 >

図 12 は、変形例 1 に係る受信ビームフォーマ部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。本フローチャートは、図 8 に対し、観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij} を特定し観測点信号を同定する処理（ステップ S223）に替えて、観測点 P_{ij} に対応する受信振動子 R_{ij} と固定受信振動子 X_{ij} とを特定し観測点信号を同定する処理（ステップ S323）を行う点にて相違する。ステップ S323 以外の処理については、図 8 と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

【0069】

観測点 P_{ij} について観測点信号を同定する処理（ステップ S323）について、以下、詳細に説明する。図 13 は受信ビームフォーマ部における観測点 P_{ij} についての観測点信号同定動作を示すフローチャートである。なお、図 9 と同じ処理については同じステップ番号を付し、詳細を省略する。

まず、ステップ S2241 において、送信時間算出部は、対象領域 B_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} に到達する送信時間を算出する。

【0070】

次に、ステップ S2242 において、受信振動子特定部は、観測点 P_{ij} と送信フォーカス点 F とを通る直線上にある振動子を受信振動子 R_{ij} として特定する。

次に、ステップ S3241 において、受信振動子特定部は、観測点 P_{ij} を通り、振動子の並ぶ方向に直交する直線上にある振動子を固定受信振動子 X_{ij} として特定する。

次に、送信された超音波が被検体内の観測点 P_{ij} で反射され受信振動子 R_{ij} と固定受信振動子 X_{ij} のそれぞれに到達する受信時間を算出する（ステップ S3242）。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_{ij} までの経路の長さ、幾何学的に定まる観測点 P_{ij} から固定受信振動子 X_{ij} までの経路の長さをそれぞれ、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_{ij} に到達するまでの総伝播時間、送信開口 T_x から送信された超音波が観測点 P_{ij} で反射して固定受信振動子 X_{ij} に到達するまでの総伝播時間とをそれぞれ算出する（ステップ S3243）。そして、受信振動子 R_{ij} に対する総伝播時間に基づき受信振動子 R_{ij} に対する遅延量を、固定受信振動子 X_{ij} に対する総伝播時間に基づき固定受信振動子 X_{ij} に対する遅延量を、それぞれ算出する（ステップ S3244）。

【0071】

次に、ステップ S3245 において、遅延処理部は、受信振動子 R_{ij} に対応する受信信号の列から遅延量を差し引いた時間に対応する受信信号と、固定受信振動子 X_{ij} に対応する受信信号の列から遅延量を差し引いた時間に対応する受信信号とを、観測点 P_{ij} からの反射波に基づく観測点信号として同定する。

< まとめ >

以上説明したように、変形例に係る超音波診断装置によれば、実施の形態 1 において示した効果に加えて、以下の効果を奏する。すなわち、変形例 1 では、受信振動子 R_{ij} に加えて、固定受信振動子 X_{ij} で受信した観測点 P_{ij} からの反射超音波に基づく観測点

10

20

30

40

50

信号も同定し、複数の送信イベント間で整相加算を行う。固定受信振動子 X_{ij} で取得した観測点信号は、観測点 P から固定受信振動子 X_{ij} に至る反射超音波の受信経路が固定される反面、受信経路による受信超音波の減衰が最小限であるため S/N 比が高い。また、ほとんどの送信イベントでは観測点 P_{ij} に対応する固定受信振動子 X_{ij} と受信振動子 R_{ij} が異なっているため、同一の送信イベントにおいて固定受信振動子 X_{ij} の観測点信号と受信振動子 R_{ij} の観測点信号とを加算することで、整相加算による S/N 比向上の効果をえられる。したがって、信号 S/N 比の向上効果をさらに高めることができる。

【0072】

実施の形態1および変形例1の効果

10

以下、実施の形態1及び変形例1に係る受信ビームフォーミングと、比較例となる2つのビームフォーミングとの間で超音波画像の品質を比較し、実施の形態1および変形例1に係る効果を説明する。

(1) 比較例の受信ビームフォーミング

比較例1では、送信ビームフォーミングは実施の形態1および変形例1と同じである。これに対し、受信ビームフォーミングは、従来型の整相加算を行う。すなわち、図23(a)に示すように、送信フォーカス点 F を通り振動子の並ぶ方向に直交する直線 Cx_4 上に観測点を設け、直線 Cx_4 上の観測点からの反射超音波について、整相加算を行って音響線信号を生成する。すなわち、合成開口法を用いず、送信イベントごとに整相加算を行う受信ビームフォーミングである。なお、比較例1において、観測点の深さのみに基づいて送信時間を算出するとしてもよい。なお、比較例1に示す直線 Cx_4 上の観測点においては、実施の形態に係る送信時間と、従来の観測点の深さのみに基づく従来技術による送信時間とは完全に一致するため、得られる超音波画像に算出方法の違いによる影響は発生しない。

20

【0073】

比較例2においても、送信ビームフォーミングは実施の形態1および変形例1と同じである。これに対し、受信ビームフォーミングは、実施の形態1および変形例1と類似の動作を行う。すなわち、変形例1と同じ方法で固定受信振動子 X_{ij} として特定し、固定受信振動子 X_{ij} に対応する受信信号の列から遅延量を差し引いた時間に対応する受信信号とを、観測点 P_{ij} からの反射波に基づく観測点信号として同定する。そして、送信イベント間で、固定受信振動子 X_{ij} に対応する観測点信号のみを整相加算する。つまり、実施の形態1および変形例1とは異なり、受信振動子 R_{ij} を特定せず、受信振動子 R_{ij} に対応する観測点信号の同定を行わない。

30

【0074】

(2) 超音波画像の品質

図24に、実施の形態1、変形例1、比較例1、比較例2の各受信ビームフォーミングにより、同一の擬似被検体(ファントム)を撮像した超音波画像(Bモード断層画像)を示す。図24(a)、(b)、(c)、(d)は、比較例1、実施の形態1、比較例2、変形例1、のそれぞれに対応する。図24中、Y方向は深さ方向であり、X方向は振動子の並ぶ方向である。なお、図24(a)、(b)、(c)、(d)は、超音波画像における同じX座標範囲、同じY座標範囲の矩形領域を同じ大きさで抜き出したものである。

40

【0075】

図24(a)に示すように、比較例1では、送信フォーカス深さから遠ざかるほど、円形となるべき輝点がX方向に滲んでおり、また、深度が大きくなるほどノイズが多く、特に、輝点がX方向に4つ並ぶ深さより深い領域では、不鮮明な画像となっている。これは、送信フォーカス点 F から遠ざかるほど超音波ビームのフォーカスが甘くなって送信超音波の振幅が低下し位相の乱れが大きくなることが考えられる。

【0076】

一方、図24(b)に示すように、実施の形態1では、フォーカス深さより浅い領域では輝点のX方向への滲みが比較例1より大きいものの、深度が大きくなってもノイズが増

50

加せず、特に、輝点がX方向に4つ並ぶ深さより深い領域においても鮮明な画像を保っている。これは、送信開口 T_x から観測点Pに至る超音波ビームの送信経路と、観測点Pから受信振動子 R_{ij} に至る反射超音波の受信経路との多様性が大きいことから、送信フォーカス点Fから遠ざかっても合成開口法により空間解像度が向上したことが考えられる。これは、(1)距離分解能と方位分解能は超音波ビームの進行方向に依存するため、超音波ビームの送信経路が大きく異なる観測点信号を整相加算することで補間により空間解像度および S/N 比が向上する、(2)超音波ビームの送信経路と反射超音波の受信経路とが異なることにより、観測点周囲の影響によるノイズのパターンが異なり、合成によってノイズが打ち消され S/N 比が向上する、の2つが考えられる。一方で、送信フォーカス深さより浅い領域では輝点のX方向への滲みが比較例1より大きいことについては、整相加算に用いる観測点信号の数が少ないことで S/N 比が十分に向上しなかったことが原因と考えられる。

10

【0077】

これに対し、図24(c)に示すように、比較例2では、送信フォーカス深さより浅い領域では輝点のX方向への滲みが実施の形態1と変わらず、比較例1と比べて鮮明ではあるものの、実施の形態1と比べて不鮮明な画像となっている。これは、送信開口 T_x から観測点Pに至る超音波ビームの送信経路の多様性が確保され、送信フォーカス点Fから遠ざかっても合成開口法により空間解像度が向上している反面、観測点Pから固定受信振動子 X_{ij} に至る反射超音波の受信経路が固定化されていることで、合成開口法による空間解像度向上の効果が実施の形態1と比べて低いと考えられる。また、図24(c)では、Y方向に輝点が並ぶ位置の左側に、黒い線が数本確認できる。これは、特定の振動子の受信感度が低いことに起因するものである。比較例2では、観測点 P_{ij} からの反射超音波は、観測点 P_{ij} とX座標が一致する固定受信振動子 X_{ij} のみが受信することになる。したがって、振動子の受信感度にばらつきがあり、特に特定の振動子の受信感度が低いと、図24(c)のように、当該振動子を起点としてY方向に延びる直線状の、輝度の低い領域が発生することになる。

20

【0078】

一方で、図24(d)に示すように、変形例1では、フォーカス深さより浅い領域では輝点のX方向への滲みが実施の形態1や比較例2より軽減され、実施の形態1と同様、深度が大きくなってもノイズが増加せず、鮮明な画像を保っている。これは、整相加算に用いる観測点信号の数が増加したことで実施の形態1や比較例2より S/N 比が向上し、観測点Pから振動子に至る反射超音波の受信経路の多様性が増加したことで、比較例2より合成開口法による空間解像度向上、 S/N 比向上の効果が高くなったためと考えられる。また、Y方向に輝度の低い領域が発生しているものの、図24(c)と比べて薄く目立たない。これは、特定の固定受信振動子 X_{ij} の受信感度が低くても、X座標が一致する観測点 P_{ij} について、複数の受信振動子 R_{ij} が受信した観測点信号により補間が可能となるためである。

30

【0079】

実施の形態2

実施の形態1および変形例1に係る超音波診断装置100では、送信イベントごとに、各観測点に対応する1または2の受信振動子を特定して特定した受信振動子に対応する観測点信号を同定し、送信イベント間で観測点信号を整相加算して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、特に実施の形態1においては、整相加算に用いる観測点信号(複数送信によって得られる合成開口受信ビームフォーマで適切に遅延処理を施された受信信号)の数が少ないため、音響線信号の S/N 比の向上が不十分となることがある。

40

【0080】

実施の形態2に係る超音波診断装置は、実施の形態1または変形例1に係る音響線信号に加えて、送信イベントごとに、従来の合成開口法によるサブフレーム音響線信号を生成し、実施の形態1または変形例1に係る音響線信号とサブフレーム音響線信号を合成して

50

、フレーム音響線信号を生成する点で実施の形態 1 と相違する。

< 構成 >

以下、実施の形態 2 に係る超音波診断装置について、図面を参照しながら説明する。図 15 は、実施の形態 2 に係る超音波診断装置における、受信ビームフォーマ部 204 の構成を示す機能ブロック図である。図 15 に示すように、受信ビームフォーマ部 204 は、受信部 1040、整相加算部 1041 に加え、第 2 整相加算部 2041 と合成部 2140 とを備える。

【0081】

以下、受信ビームフォーマ部 204 を構成する各部の構成のうち、第 2 整相加算部 2041 と合成部 2140 について説明する。受信部 1040、整相加算部 1041 については実施の形態 1 と同様であるので、説明を省略する。

10

(1) 第 2 整相加算部 2041

第 2 整相加算部 2041 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 内に存する複数の観測点 P_{ij} 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 16 は、第 2 整相加算部 2041 の構成を示す機能ブロック図である。図 16 に示すように、第 2 整相加算部 2041 は、対象領域設定部 2042、受信開口設定部 2043、送信時間算出部 2044、受信時間算出部 2045、遅延量算出部 2046、遅延処理部 2047、重み算出部 2048、及び加算部 2049 を備える。

20

【0082】

以下、第 2 整相加算部 2041 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 2042

対象領域設定部 2042 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。「対象領域 C_x 」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 C_x 内の観測点 Q_{mn} について音響線信号が生成される。対象領域 C_x 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

【0083】

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 C_x 内に存在する全ての観測点 Q_{mn} 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 C_x 内に存在する全ての観測点 Q_{mn} 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。

【0084】

対象領域設定部 2042 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 T_x の位置を示す情報に基づき対象領域 C_x を設定する。

図 17 は、対象領域 C_x を示す模式図である。図 17 (a) に示すように、対象領域 C_x 1 は、超音波主照射領域 A_x 内に存在し、複数の対象線 $CL_1 \sim CL_7$ からなる。各対象線は、送信フォーカス点 F またはその近傍を通過する直線である。なお、対象線 CL_1 および CL_7 は、それぞれ超音波主照射領域 A_x の外郭線に該当し、対象線 CL_4 は送信開口中心軸 T_x 上に存在する。なお、超音波主照射領域 A_x の外郭線は便宜上、送信開口 T_x の一端と送信フォーカス点 F とを通過する直線、および、送信開口 T_x の他端と送信フォーカス点 F とを通過する直線、の 2 つであるものとする。また、各対象線 $CL_1 \sim CL_7$ において、隣接する対象線がなす角は概ね等しい。すなわち、送信フォーカス点 F を中心とする円弧上に存在する観測点は等間隔に並ぶ。また、同一の対象線 CL_1 上の隣接する 2 つの観測点 Q の間の距離 d_j は、隣接する対象線 CL_1 、 CL_2 上の 2 つの観測点 Q の間の距離 d_i よりも小さい。なお、距離 d_j は、少なくとも距離 d_i の 2 倍であり

40

50

、好ましくは４倍以上、より好ましくは８倍以上である。このようにすることで、観測点は深さ方向に高密度、振動子の並ぶ方向（送信フォーカス点Fを中心とした円周方向）には低密度となるように、超音波主照射領域Axのほぼ全域に均等に配置される。

【００８５】

なお、対象領域Cx１の形状は、上述の場合に限られず、例えば、各対象線CL１～CL７において、送信振動子列と接する位置の距離が等間隔である、としてもよい。また、対象領域Cx１は７本の対象線からなるが、これは一例であり、対象線の本数は７本に限られず任意に設定してよい。

また、他のバリエーションとして、例えば、図１７（b）に示すように、超音波主照射領域AxよりX方向に幅が狭い対象領域Cx２を設定してもよい。また、例えば、図１７（c）に示すように、超音波主照射領域Axの全域を対象領域Cx３としてもよい。

10

【００８６】

設定された対象領域Cxは送信時間算出部２０４４、受信時間算出部２０４５、遅延処理部２０４７に出力される。

i i) 受信開口設定部２０４３

受信開口設定部２０４３は、制御部１０８からの制御信号と、送信ビームフォーマ部１０３からの送信開口Tx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Qmn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Rxを設定する回路である。

20

【００８７】

受信開口設定部２０４３は、列中心が観測点Qmn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。図１８は、受信開口設定部２０４３により設定された受信開口Rxと送信開口Txとの関係を示す模式図である。図１８に示すように、受信開口Rx振動子列の列中心が、観測点Qmnに最も空間的に近接する振動子Xkと合致するように受信開口Rx振動子列が選択される。そのため、受信開口Rxの位置は、観測点Qmn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Tx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Qmn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Rx内の受信振動子Rk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

【００８８】

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Rx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Tx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Rx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Rxの設定は、送信イベントに対応して、少なくとも送信イベントと同じ回数だけ行われる。また、受信開口Rx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Rx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。

【００８９】

40

選択された受信開口Rx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Rx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２０４４、受信時間算出部２０４５、遅延処理部２０４７、重み算出部２０４８に出力する。

【００９０】

i i i) 送信時間算出部２０４４

送信時間算出部２０４４は、送信された超音波が被検体中の観測点Q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２０４２から取得し

50

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 上に存在する任意の観測点 Q_{mn} について、送信された超音波が被検体中の観測点 Q_{mn} に到達する送信時間を算出する。具体的な算出方法は、実施の形態 1 に係る送信時間算出部 1044 と同じであるので、詳細は省略する。

【0091】

送信時間算出部 2044 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域 C_x 上の全ての観測点 Q_{mn} について、送信された超音波が被検体中の観測点 Q_{mn} に到達する送信時間を算出して遅延量算出部 2046 に出力する。

i v) 受信時間算出部 2045

受信時間算出部 2045 は、観測点 Q 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 2042 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 Q_{mn} について、送信された超音波が被検体中の観測点 Q_{mn} 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。具体的な算出方法は、実施の形態 1 に係る受信時間算出部 2045 と同じであるので、詳細は省略する。

【0092】

受信時間算出部 2045 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域 C_x 内に存在する全ての観測点 Q_{mn} について、送信された超音波が観測点 Q_{mn} 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 2046 に出力する。

v) 遅延量算出部 2046

遅延量算出部 2046 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 2046 は、送信時間算出部 2044 から送信された超音波が観測点 Q_{mn} に到達する送信時間と、観測点 Q_{mn} 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 2046 は、対象領域 C_x 内に存在する全ての観測点 Q_{mn} 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 2047 に出力する。

【0093】

v i) 遅延処理部 2047

遅延処理部 2047 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 Q_{mn} 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 2047 は、送信イベントに対応して、受信開口設定部 2043 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 2042 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 2046 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 Q_{mn} からの反射波に基づく受信信号として同定し、加算部 2049 に出力する。

【0094】

v i i) 重み算出部 2048

重み算出部 2048 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）を算出する回路である。

図 18 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

10

20

30

40

50

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_{xo} と一致する。重み算出部 2048 は、受信開口設定部 2043 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 2049 に出力する。

【0095】

v i i i) 加算部 2049

加算部 2049 は、遅延処理部 2047 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 Q_{mn} 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 2048 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 Q_{mn} に対する音響線信号を生成する構成としてもよい。

10

【0096】

1 回の送信イベントとそれに伴う処理から、対象領域 C_x 内の全ての観測点 Q_{mn} 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_x を列方向に順次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。

【0097】

20

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。

加算部 2049 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 Q_{mn} 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。

【0098】

(2) 合成部 2140

合成部 2140 は、整相加算部 1041 が生成する音響線信号と、送信イベントに同期して第 2 整相加算部 2041 が生成するサブフレーム音響線信号とから、フレーム音響線信号を合成する回路である。

30

合成部 2140 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、整相加算部 1041 が生成した音響線信号と、複数のサブフレーム音響線信号とを読み出す。そして、音響線信号およびサブフレーム音響線信号が取得された観測点の位置を指標として音響線信号と複数のサブフレーム音響線信号と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。

【0099】

また、位置の異なる複数の対象領域 B_x 、 C_x にまたがって存在する観測点については、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。これを補うために、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。具体的な処理は実施の形態 1 に係る増幅部 1049 と同様であるので詳細は省略する。

40

【0100】

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。

< 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。

50

図19は、受信ビームフォーマ部204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8～9のフローチャートで示した各ステップと同様の動作については同じステップ番号を付し、詳細を省略する。

【0101】

まず、ステップS101において送信イベントを行い、ステップS102において、送信イベントに同期して受信処理を行う。このステップS101とS102の処理を、プロープ101に存する全ての振動子101aから超音波送信が完了するまで、送信開口Txを列方向に振動子1つ分だけ移動させながら繰り返す(ステップS103)。

次に、ステップS200において、第1ビームフォーミング処理を行って音響線信号を生成し、サブフレーム音響線信号としてデータ格納部107に出力する。図20は、整相加算部1041における第1ビームフォーミング処理を示すフローチャートである。

10

【0102】

まず、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。

次に、観測点Pijの位置を示す座標ijを対象領域Bx内の最小値に初期化する(ステップS221、S222)。

次に、観測点Pijについて観測点信号を同定する(ステップS223)。

【0103】

次に、座標ijをインクリメントしてステップS223を繰り返すことにより、対象領域Bx内の座標ijに位置する全ての観測点Pijについて観測点信号を同定する。

20

次に、全ての送信イベントについて、観測点信号の同定が終了したか否かを判定し(ステップS229)、終了していない場合には、ステップS210に戻り、観測点Pijの位置を示す座標ijを、次の送信イベントでの送信開口Txから求められる対象領域Bx内の最小値に初期化し(ステップS221、S222)、観測点信号を同定(ステップS223)し、終了している場合にはステップS301に進む。

【0104】

次に、ステップS301において、加算部1048は、観測点Pijの位置を指標として複数の観測点信号を加算して各観測点Pijに対する音響線信号を生成する。次に、増幅部1049は、音響線信号の加算回数に応じて決定された増幅率を音響線信号に乘じ(ステップS302)、増幅された音響線信号を、サブフレーム音響線信号としてデータ格納部107に出力し(ステップS303)処理を終了する。

30

【0105】

図19に戻り、次に、ステップS400において、第2ビームフォーミング処理を行ってサブフレーム音響線信号を生成し、データ格納部107に出力する。図21は、第2整相加算部2041における第2ビームフォーミング処理を示すフローチャートである。

まず、ステップS410において、対象領域設定部2042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Cx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Cxが設定される。

【0106】

次に、観測点同期型受信ビームフォーミング処理(ステップS420)に進む。ステップS420では、まず、観測点Qmnの位置を示す座標mnを対象領域Cx内の最小値に初期化し(ステップS421、S422)、受信開口設定部2043は、列中心が観測点Qmn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S423)。

40

【0107】

ここで、ステップS423における、観測点Qmn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22は、第2整相加算部2041における観測点Qmnについての音響性生成動作を示すフローチャートである。

まず、ステップS3241において、送信時間算出部2044は、対象領域Cx上に存在する任意の観測点Qmnについて、送信された超音波が被検体中の観測点Qmnに到達

50

する送信時間を算出する。

【0108】

次に、ステップS3242において、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を受信開口Rx内の最小値に初期化し（ステップS3242）、送信された超音波が被検体中の観測点Pijで反射され受信開口Rxの受信振動子Rkに到達する受信時間を算出する（ステップS3243）。さらに、送信時間と受信時間の合計から、送信開口Txから送信された超音波が観測点Qmnで反射して受信振動子Rkに到達するまでの総伝播時間を算出し（ステップS3244）、受信開口Rx内の各受信振動子Rkに対する総伝播時間の差異により、各受信振動子Rkに対する遅延量を算出する（ステップS3245）。

10

【0109】

受信開口Rx内に存在する全ての受信振動子Rk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S3246）、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S3247）して、更に受信振動子Rkについて遅延量の算出を行い（ステップS3243）、完了している場合にはステップS3248に進む。この段階では、受信開口Rx内に存在する全ての受信振動子Rkについて観測点Qmnからの反射波到達の遅延量が算出されている。

【0110】

ステップS3248において、遅延処理部2047は、受信開口Rx内の受信振動子Rkに対応する受信信号の列から、各受信振動子Rk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Qmnからの反射波に基づく受信信号として同定する。

20

次に、重み算出部2048は、受信開口Rx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Rkに対する重み数列を算出する（ステップS3249）。加算部2049は、各受信振動子Rkに対応して同定された受信信号に、各受信振動子Rkに対する重みを乗じて加算して、観測点Qmnに対する音響線信号を生成し（ステップS3250）、生成された観測点Pijについて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S3251）。

【0111】

次に、図21に戻り、座標mnをインクリメントしてステップS424を繰り返すことにより、対象領域Cx上の座標mnに位置する全ての観測点Qmnについて音響線信号が生成される。対象領域Cx上に存在する全ての観測点Qmn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S425、S427）、完了していない場合には座標mnをインクリメント（ステップS426、S428）して、観測点Pmnについて音響線信号を生成し（ステップS424）、完了した場合にはステップS430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Cx上に存在する全ての観測点Qmn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に出力され保存されている。

30

【0112】

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S430）、終了していない場合には、ステップS410に戻り、観測点Qmnの位置を示す座標mnを、次の送信イベントでの送信開口Txから求められる対象領域Cx上の最小値に初期化し（ステップS421、S422）、受信開口Rxを設定する（ステップS423）し、終了している場合にはステップS301に進む。

40

【0113】

次に、図20に戻り、ステップS301において、合成部2140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Pij、Qmn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、合成部2140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S302）、増幅されたフレーム音響線信号を、超音波画像生成

50

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。

【 0 1 1 4 】

< ま と め >

以上説明した、実施の形態 2 に係る超音波診断装置では、整相加算部で生成される音響線信号と、第 2 整相加算部で生成される、従来型の合成開口法によるサブフレーム音響線信号とを合成する。そのため、第 2 整相加算部で生成されるサブフレーム音響線信号により、フレーム音響線信号の空間解像度と S / N 比を向上させることができる。

【 0 1 1 5 】

また、整相加算部の演算量は第 2 整相加算部の演算量と比べて少ないため、第 2 整相加算部で生成されるサブフレーム音響線信号では対象領域 C x 内の観測点 Q m n の数が演算量に大きく影響するのに対し、整相加算部で生成される音響線信号では対象領域 B x 内の観測点 P i j の数は演算量にほとんど影響しない。そのため、対象領域 B x を超音波主照射領域 A x 全域とし、対象領域 C x を対象領域 B x の一部とすることで演算量を大きく削減することができる。その一方で、対象領域 C x が狭小化または低密度化することによる空間解像度と S / N 比の低下を整相加算部で生成される音響線信号で補完することができるため、フレーム音響線信号の空間解像度と S / N 比の向上と、演算量の削減とを両立させることができる。

10

【 0 1 1 6 】

したがって、従来の合成開口法を用いる超音波診断装置と比較して、音響線信号の品質劣化を抑止しつつ演算量を大きく削減することができ、プロセッサのコスト削減に奏功する。

20

変形例 2

実施の形態 2 に係る超音波診断装置では、第 2 整相加算部が従来型の合成開口法によりサブフレーム音響線信号を行う構成とした。しかしながら、第 2 整相加算部の構成は、送信イベントごとに整相加算を行うものであればよく、合成開口法に限られない。

【 0 1 1 7 】

変形例 2 では、第 2 整相加算部が、合成開口法でない従来の整相加算による受信ビームフォーミングを行う場合について説明する。

図 2 3 は、変形例 2 における対象領域 C x の設定方法と、送信時間を算出する方法を説明する模式図である。変形例 2 では、対象領域 C x は、送信フォーカス点 F またはその近傍を通過し、振動子の並ぶ方向と直交する向きの 1 ~ 数本の直線からなる。例えば、図 2 3 (a) に示す例では、対象領域 C x 4 は、送信フォーカス点 F を通過し、振動子の並ぶ方向と直交する向きの 1 本の直線からなる。また、図 2 3 (b) に示す例では、対象領域 C x 5 は、送信フォーカス点 F の近傍を通過し、振動子の並ぶ方向と直交する向きの 4 本の直線からなる。なお、対象領域 C x 5 は、送信フォーカス点 F を通過し、振動子の並ぶ方向と直交する向きの 1 本の直線に対して線対称である。また、連続する 2 つの送信イベントにおいて、2 つの対象領域 C x 5 を構成する 8 本の直線が X 方向に等間隔に並ぶよう、送信フォーカス点 F が X 方向に 4 素子分移動する。いずれの場合においても、1 つのフレームを構成する、異なる 2 つの送信イベントに係る対象領域 C x にまたがって存在する観測点 Q m n は存在しない。したがって、サブフレーム音響線信号を合成して音響線信号を生成するときには、第 2 の整相加算部が生成したサブフレーム音響線信号と、整相加算部が生成した音響線信号との間のみで、観測点の位置を指標とした複数のサブフレーム音響線信号の加算が発生することとなる。

30

40

【 0 1 1 8 】

なお、送信時間の算出方法は、図 2 3 (c) に示すような従来の方法でもよい。具体的には、観測点 Q m n に対し、振動子の位置を深さ 0 として観測点 Q m n の深さ y を特定し、深さ y を超音波の音速 c s で除することにより算出する。

変形例 2 では、このような手法により、第 2 整相加算部が従来型の整相加算により生成した音響線信号と、整相加算部が生成した音響線信号とを合成する。そのため、第 2 整相加算部で生成される音響線信号により、合成後の音響線信号の S / N 比を向上させること

50

ができる。

【0119】

また、第2整相加算部が生成した音響線信号と、整相加算部が生成した音響線信号とは、特徴が異なる。具体的には、第2整相加算部が生成した音響線信号では、送信フォーカス点F付近のS/N比が高い反面、観測点Qmnが送信フォーカス点Fから遠ざかるほど空間解像度が低下する。一方で、整相加算部が生成した音響線信号では、観測点Pijと送信フォーカス点Fとの距離にかかわらず空間解像度が高い。したがって、これらを合成することにより、送信フォーカス点F付近のS/N比向上と、全体的な空間解像度向上を図ることができる。

【0120】

さらに、変形例2に係る第2整相加算部の演算量は、実施の形態2と比べて大幅に少ない。したがって、演算量を大きく削減することができる。

実施の形態に係るその他の変形例

(1) 実施の形態1では、観測点信号を整相加算する際に重みづけを行わない場合を説明したが、観測点信号に対して重みづけを行ってもよい。重みづけに用いる重みづけ係数としては、受信開口の中心に位置する振動子、すなわち、変形例1で説明した固定受信振動子Xijに相当する振動子に対する重みが最大となるような重み係数の数列を用いる。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。

【0121】

また、変形例1において、各受信振動子Rijに対応する観測点信号と、固定受信振動子Xijに対応する観測点信号との間で重みづけを行ってもよい。

(2) 実施の形態2および変形例では、整相加算部は受信振動子Rijに対応する音響線信号を用いて整相加算を行うとしたが、整相加算部は、変形例1と同様に、固定受信振動子Xijに対応する観測点信号をさらに用いて整相加算を行うとしてもよい。

【0122】

(3) 実施の形態2および変形例2では、サブフレーム音響線信号の合成において、第2整相加算部が生成した音響線信号と、整相加算部が生成した音響線信号との間で重みづけを行わない場合について説明したが、合成部は重みづけを行ってもよい。例えば、第2整相加算部が生成した音響線信号のみを合成して増幅した後、さらに整相加算部が生成した音響線信号を合成することで、第2整相加算部が生成した音響線信号と、整相加算部が生成した音響線信号との間で重みづけを行うことができる。

【0123】

また、重畳数または観測点の深さに基づいて重みづけ係数を変えとしてもよい。例えば、実施の形態2において、重畳数が閾値以上の観測点については整相加算部が生成した音響線信号の重みづけ係数を小さく、または0とすることで、高品質に取得されているサブフレーム音響線信号の重みづけを大きくすることができ、重畳数が閾値未満の観測点については整相加算部が生成した音響線信号の重みづけ係数を大きくすることで、整相加算部が生成した音響線信号によりフレーム音響線信号の品質向上を図ることができる。または、変形例2において、例えば、送信フォーカス深さ近傍については整相加算部が生成した音響線信号の重みづけ係数を小さく、または0とし、それ以外の領域については大きくしてもよい。このようにすることで、送信フォーカス深さ近傍では、品質の高い従来型の整相加算により生成した音響線信号に基づいて、それ以外の領域では、送信フォーカス点から遠くても空間解像度の低下が起こらない整相加算部が生成した音響線信号に基づいて、フレーム音響線信号を生成することができる。

【0124】

(4) 実施の形態2では、整相加算部と第2整相加算部とを別構成であるとしたが、例えば、その大部分を共通構成としてもよい。例えば、送信時間算出部、受信時間算出部、遅延量算出部については、対象とする観測点Pij、Qmnの設定範囲が異なるだけで処

10

20

30

40

50

理内容は共通しているので、これらの構成を整相加算部と第2整相加算部とで共有することができる。なお、上述したように、超音波主照射領域 A_x の全域を対象領域 B_x とし、さらにその全部または一部を対象領域 C_x とすることができる。したがって、このような場合に、観測点 Q_{mn} は、観測点 P_{ij} の集合の一部、としてもよい。このようにすることで、送信時間算出部、受信時間算出部、遅延量算出部における演算を、整相加算部と第2整相加算部とで共通化することができてさらに演算量の削減に奏功するとともに、サブフレーム音響線信号が生成された観測点には必ず音響線信号も生成されることとなるため、合成によるフレーム音響線信号の空間解像度と S/N 比向上にも奏功する。

【0125】

(5) 実施の形態2では、受信開口設定部2043が、列中心が観測点 Q_{mn} 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構成とした。10

しかしながら、受信開口 R_x の構成は、適宜変更することができる。
例えば、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てもよい。この場合、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。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_k に対する重み数列（受信アボダイゼーション）は算出される。重み数列は、振動子 X_k を中心として対称な分布をなす。重み20
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。このような構成とすると、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、送信イベント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。

【0126】

(6) 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。30

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。

【0127】

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。40

【0128】

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、50

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。

【０１２９】

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（Ｒｅｃｏｎｆｉｇｕｒａｂ
ｌｅ　Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）を利用してもよい。

【０１３０】

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。

【０１３１】

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の分割したり、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。

【０１３２】

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。

【０１３３】

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、２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。

【０１３４】

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

10

20

30

40

50

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。

【0135】

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。

【0136】

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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに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被検体の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、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、対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定して当該振動子に対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで前記観測点に対する音響線信号を生成する整相加算部とを備えることを特徴とする。

【0137】

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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに送信させ、各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記被検体の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、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、対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子を特定して当該振動子に対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで音響線信号を生成することを特徴とする。

【0138】

上記構成又は方法によれば、合成開口法により仮想的に送信フォーカスを行った効果による空間分解能と信号S/N比との向上の効果を享受しながら、送信イベントごとに整相加算を行わないことで演算量を大きく削減することができる。

(2) また、実施の形態に係る他の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、複数の受信信号列を合成して音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、超音波ビームが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、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波プローブに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被検体の対象領域から受波した

反射超音波に基づいて、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、対象領域内のそれぞれの観測点について、前記観測点と前記フォーカス点とを通る直線上に存在する振動子と、前記観測点を通り前記振動子の並ぶ向きに直交する直線上の振動子とを特定し、特定された2つの前記振動子のそれぞれに対する受信信号を観測点信号として、前記受信信号列の中から同定する処理を前記送信イベントごとに行い、それぞれの送信イベントで同定された前記観測点信号を複数の送信イベント間で重み付き整相加算することで前記観測点に対する音響線信号を生成する整相加算部とを備えることを特徴とする。

【0139】

上記構成によれば、上記(1)の超音波信号処理装置に対して、観測点信号の数が増加し、かつ、同一の送信イベントにおいて異なる受信振動子で得た2つの音響線信号を整相加算することにより、音響線信号の信号S/N比をさらに向上させることができる。

(3)また、上記(1)または(2)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、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。

【0140】

上記構成により、観測点信号を精度よく同定することができ、音響線信号の空間分解能及びS/N比の向上効果を高めることができる。

(4)また、上記(1)～(3)の超音波信号処理装置は、前記送信イベントごとに、第2対象領域内に存在する複数の第2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第2整相加算部と、前記整相加算部が生成した前記音響線信号と、前記第2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合成する合成部とをさらに備えるとしてもよい。

【0141】

上記構成によれば、送信イベントごとに整相加算を行う従来型の受信ビームフォーミングで得られた音響線信号と、送信イベントごとに整相加算を行わない音響線信号との組み合わせにより、空間分解能と信号S/N比とをより向上させることができる。

(5)また、上記(4)の超音波信号処理装置は、前記第2対象領域は、前記フォーカス点またはその近傍を通る、前記振動子の並ぶ向きに直交する1以上の直線からなり、前記第2整相加算部は、送信された超音波が各第2観測点に到達する送信時間を、前記第2観測点の深さを被検体内における超音波速度で除した値を送信時間として算出するとしてもよい。

【0142】

上記構成によれば、第2整相加算部の演算量が少ないため、超音波信号処理装置の演算量が大きく増加することがない。一方で、整相加算部と第2整相加算部の演算内容が異なることから、品質を相互補完することができ、空間分解能と信号S/N比とを向上させることができる。

(6)また、上記(4)の超音波信号処理装置は、前記対象領域を第1対象領域、前記観測点を第1観測点としたとき、前記第2対象領域は、前記対象領域の一部または全部であり、前記第2整相加算部は、送信された超音波が各第2観測点に到達する送信時間を、前記第2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達するまでの第3時間と、前記基準点から前記第2観測点に到達する第4時間との合計を送信時間として算出し、前記第2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3時間から前記第4時間を減算した結果を送信時間として算出するとし

10

20

30

40

50

てもよい。

【 0 1 4 3 】

上記構成によれば、従来の合成開口法によるサブフレーム音響線信号を用いて、フレーム音響線信号の空間分解能と信号 S/N 比とを向上させることができる。

(7) また、上記 (6) の超音波信号処理装置は、前記第 2 対象領域は、前記対象領域の一部であって、前記振動子の並ぶ向きにおける幅と観測点密度との少なくとも一方が前記対象領域より小さいとしてもよい。

【 0 1 4 4 】

上記構成によれば、第 2 整相加算部の演算量を削減し、演算量減少による品質の低下を、整相加算部が生成した音響線信号により補完することができる。

(8) また、上記 (4) ~ (7) の超音波信号処理装置は、前記合成部は、観測点と前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さとの距離に基づく重みづけにより、前記音響線と前記サブフレーム音響線信号との合成比を異ならせるとしてもよい。

【 0 1 4 5 】

上記構成によれば、例えば、第 2 整相加算部が生成したサブフレーム音響線信号の空間分解能または S/N 比がフォーカス深さからの距離に依存する場合に、サブフレーム音響線信号の空間分解能または S/N 比が高い深さについてはその品質を維持し、高く無い深さについては、整相加算部が生成した音響線信号によりフレーム音響線信号の品質を向上させることができる。

【 0 1 4 6 】

(9) また、上記 (4) ~ (7) の超音波信号処理装置は、前記合成部は、観測点ごとの前記サブフレーム音響線信号の加算数に基づく重みづけにより、前記音響線と前記サブフレーム音響線信号との合成比を異ならせるとしてもよい。

上記構成によれば、例えば、サブフレーム音響線信号の重畳数が少ない領域について、整相加算部が生成した音響線信号により空間分解能と S/N 比の向上を図ることができる。

【 0 1 4 7 】

(1 0) 実施の形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブと、上記 (1) ~ (9) の超音波信号処理装置とを備えることを特徴とする。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 4 8 】

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、演算装置のコスト削減や演算負荷軽減によるフレームレート向上に有用である。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 】

【 0 1 4 9 】

- 1 0 0 超音波診断装置
- 1 0 1 プローブ
- 1 0 1 a 振動子
- 1 0 2 マルチプレクサ部
- 1 0 3 送信ビームフォーマ部
- 1 0 4、2 0 4 受信ビームフォーマ部
- 1 0 3 1 送信部
- 1 0 4 0 受信部
- 1 0 4 1 整相加算部
- 1 0 4 2、2 0 4 2 対象領域設定部
- 1 0 4 3 受信振動子特定部
- 2 0 4 3 受信開口設定部

10

20

30

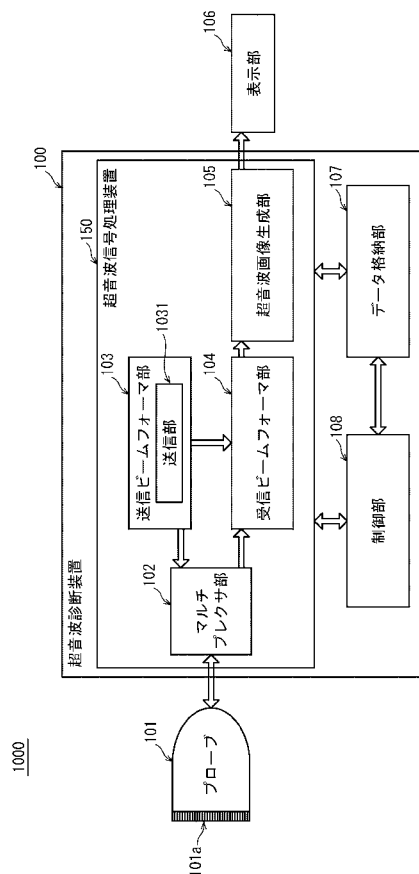
40

50

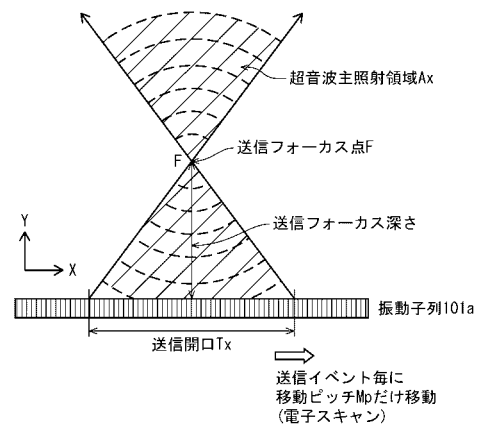
1 0 4 4、2 0 4 4 送信時間算出部
 1 0 4 5、2 0 4 5 受信時間算出部
 1 0 4 6、2 0 4 6 遅延量算出部
 1 0 4 7、2 0 4 7 遅延処理部
 1 0 4 8 加算部
 1 0 4 9 増幅部
 2 0 4 1 第2 整相加算部
 2 0 4 8 重み算出部
 2 0 4 9 加算部
 2 1 4 0 合成部
 1 0 5 超音波画像生成部
 1 0 6 表示部
 1 0 7 データ格納部
 1 0 8 制御部
 1 5 0 超音波信号処理装置
 1 0 0 0 超音波診断システム

10

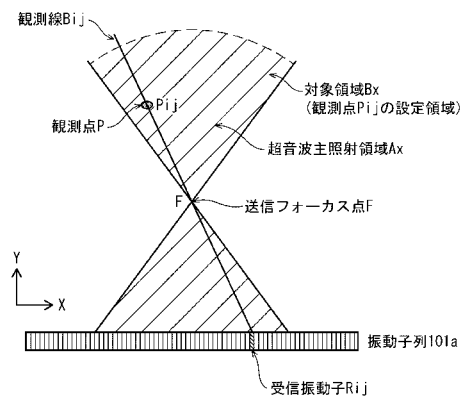
【 図 1 】



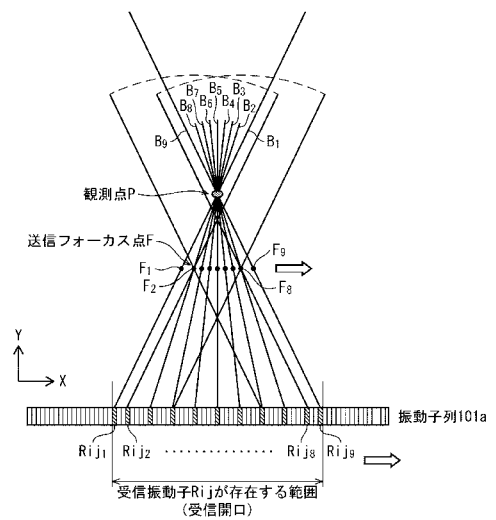
【 図 2 】



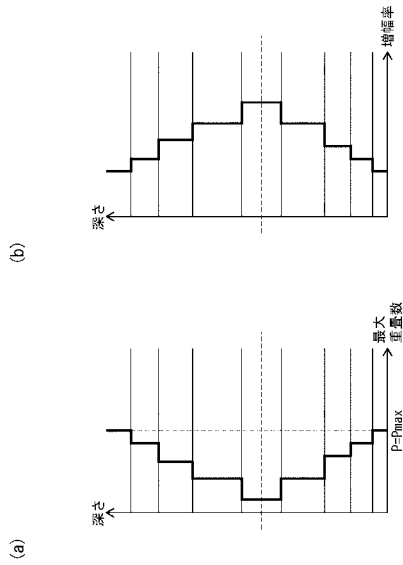
【 図 4 】



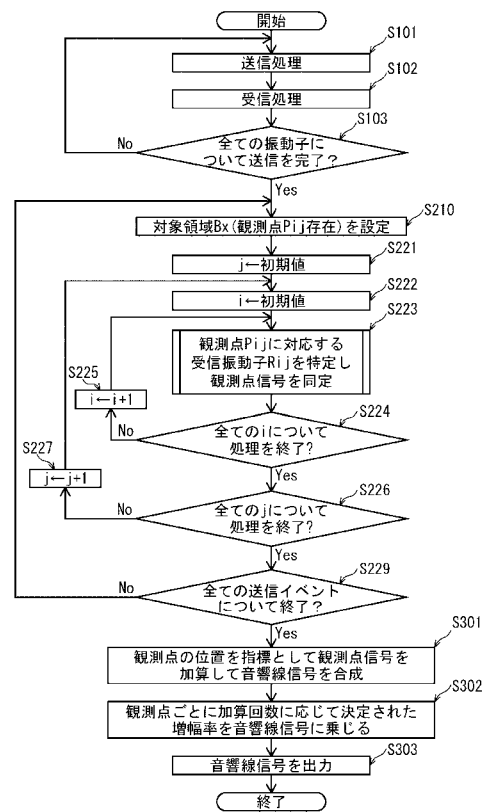
【 図 6 】



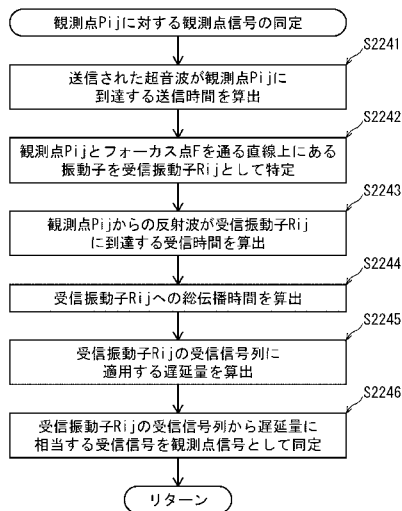
【図 7】



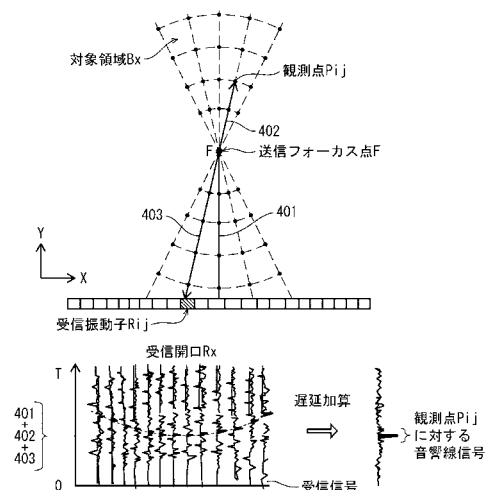
【図 8】



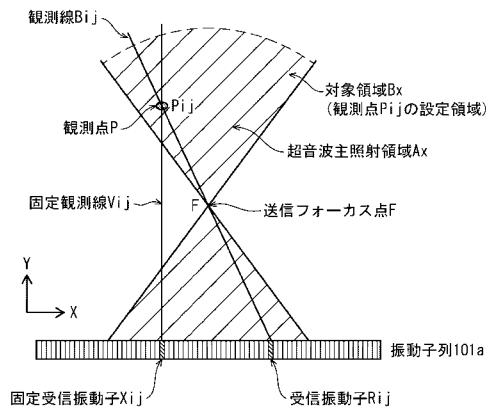
【図 9】



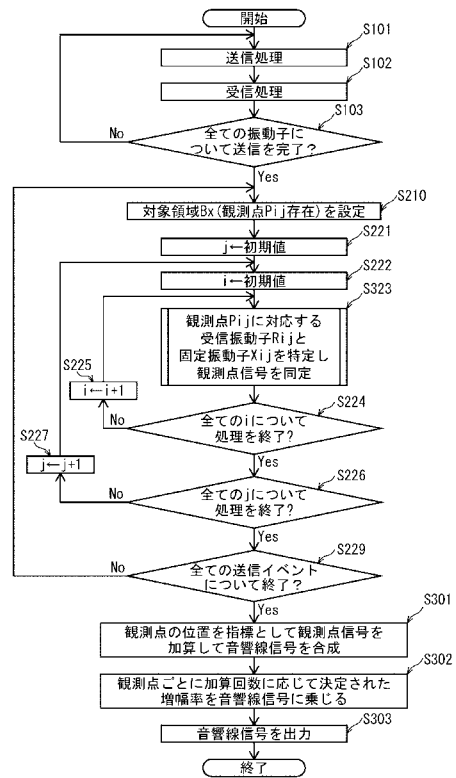
【図 10】



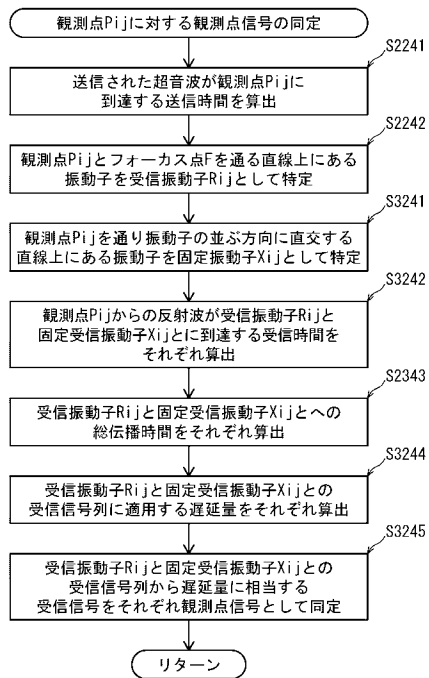
【図 1 1】



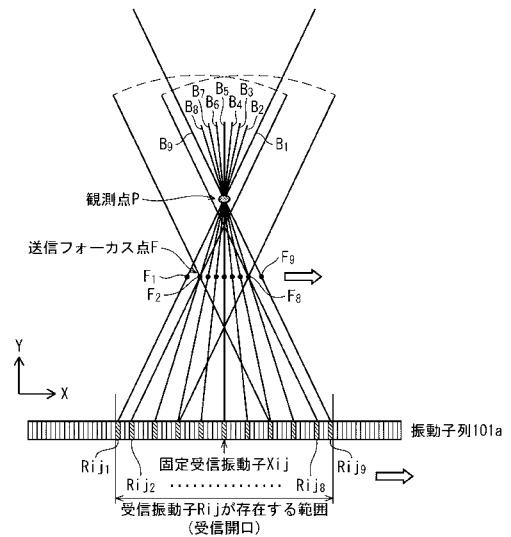
【図 1 2】



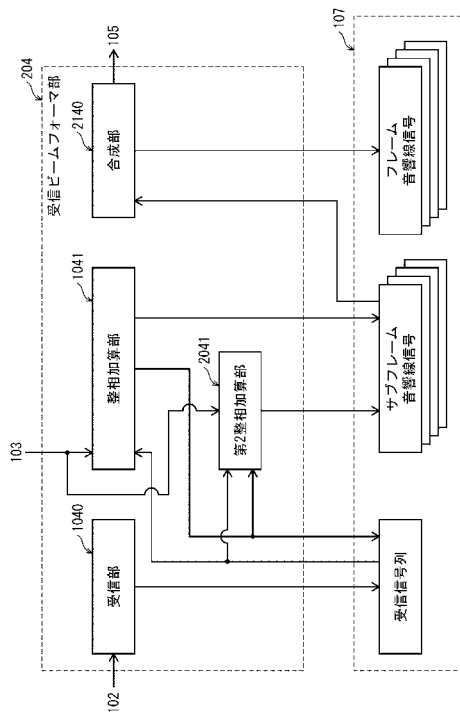
【図 1 3】



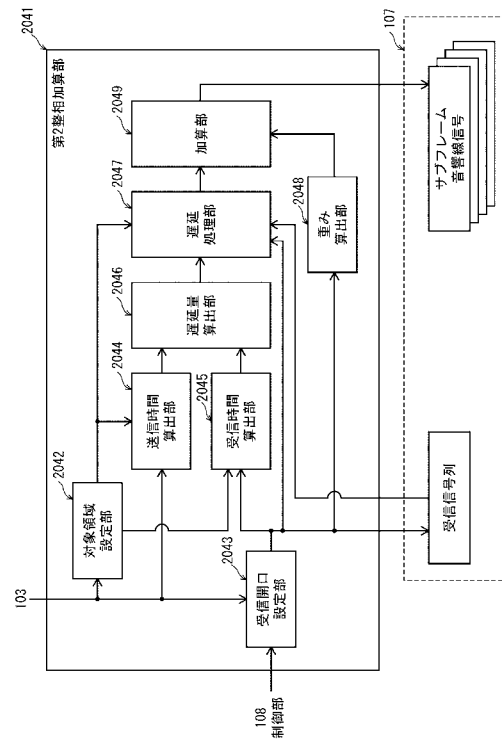
【図 1 4】



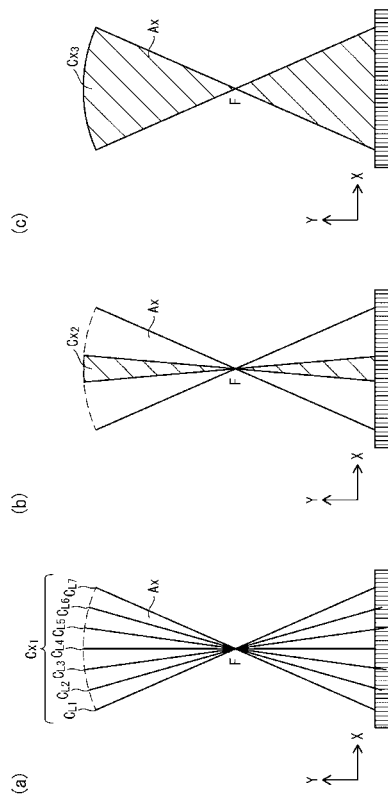
【 図 1 5 】



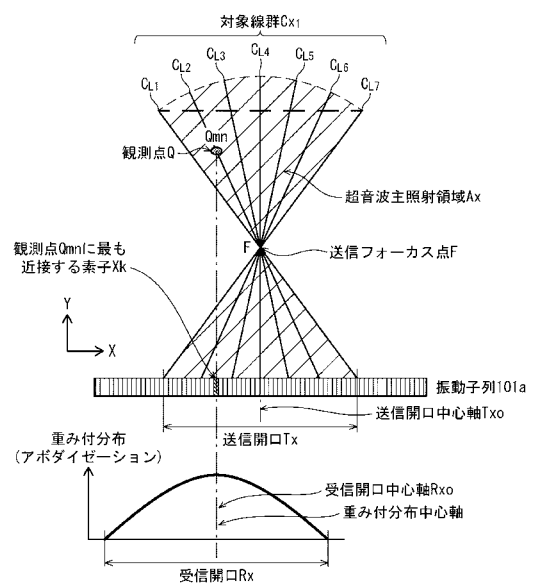
【 図 1 6 】



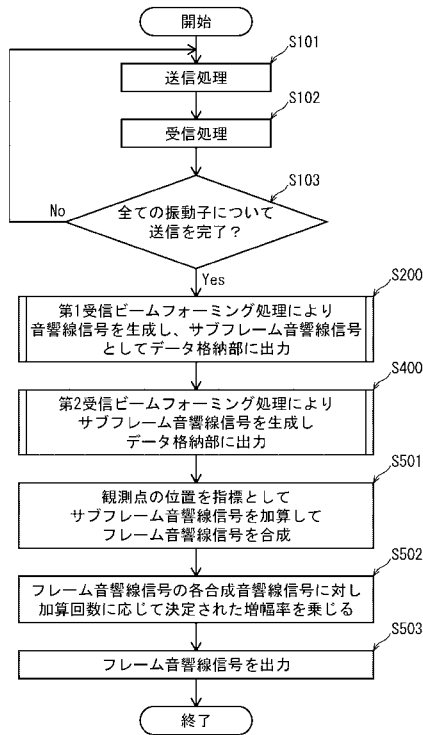
【 ㊦ 1 7 】



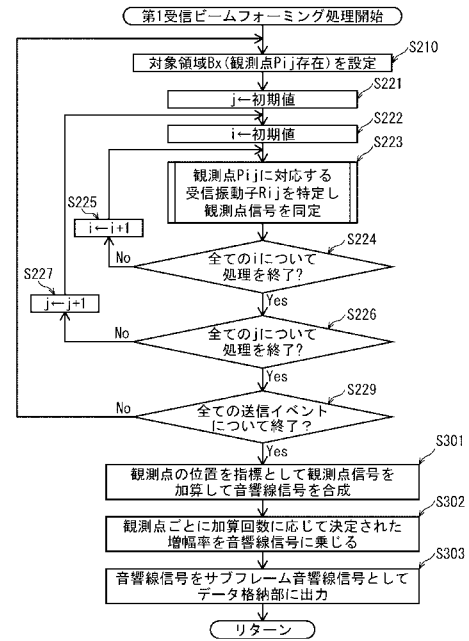
【 ㄨ 1 8 】



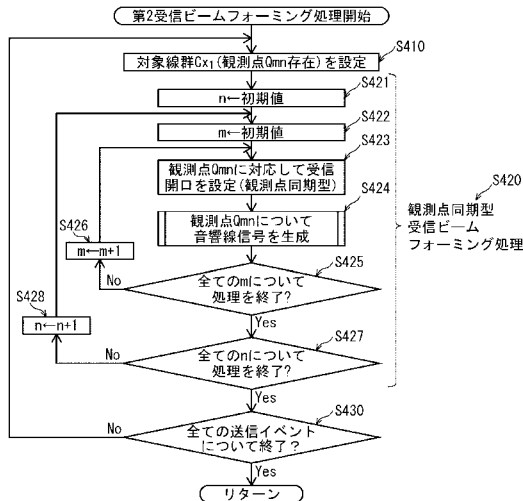
【図 19】



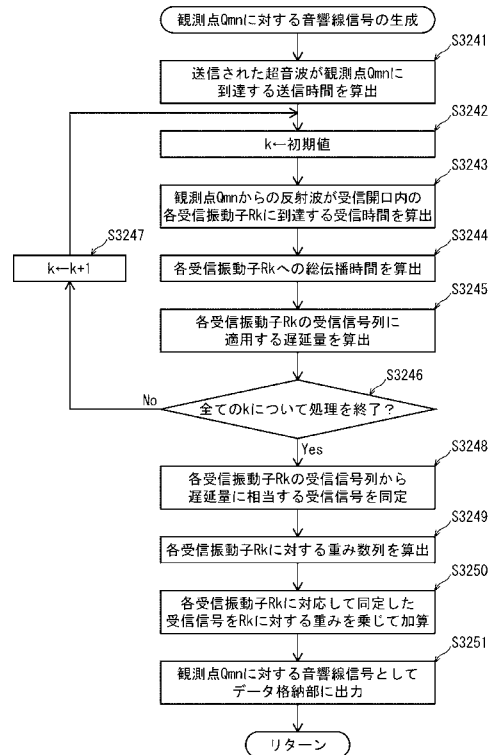
【図 20】



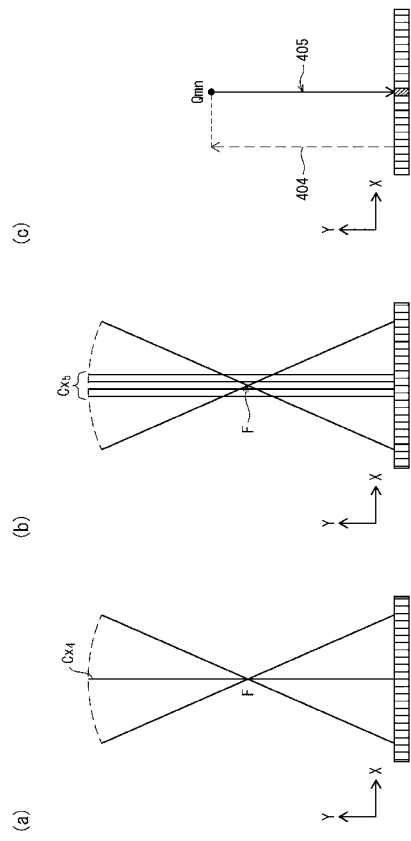
【図 21】



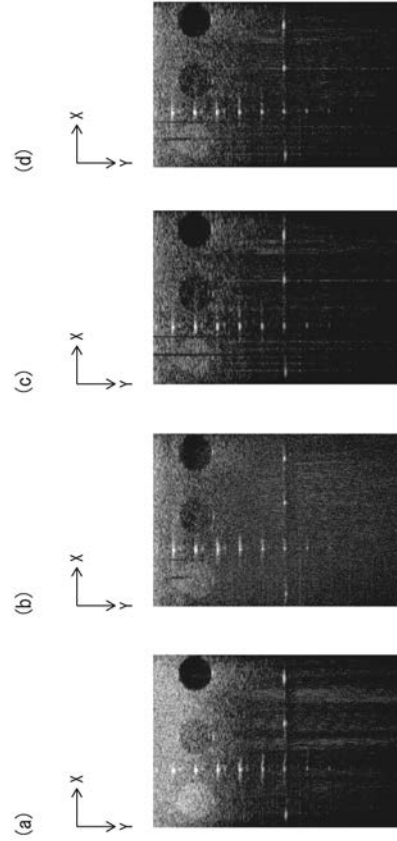
【図 22】



【図 2 3】



【図 2 4】



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	JP2018029702A	公开(公告)日	2018-03-01
申请号	JP2016162682	申请日	2016-08-23
[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	A61B8/5207 A61B8/14 A61B8/4477 G01S7/52028 G01S7/52046 G01S15/8918 G01S15/8927 G01S15/8997		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/HH25 4C601/HH29 4C601/HH38 4C601/JB05		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波信号处理设备，其能够在使用聚焦型发送波束成形的合成孔径方法中抑制空间分辨率和S / N比的恶化的同时减少相位相加的计算量 定义超声波束聚焦位置的焦点发送单元，其使超声波探头针对每个发送事件向超声波探头发送超声波束，同时改变每个发送事件的点;以及控制单元，其针对目标区域中的每个观察点，传感器存在于通过传感器的直线上对于每个传输事件，执行加权定相和添加在多个传输事件之间的相应传输事件中识别的观察点信号，从而获得声线信号以及用于产生定相信号的定相加法单元。点域4

