

(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2018-93974

(P2018-93974A)

(43) 公開日 平成30年6月21日(2018.6.21)

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

F I  
A61B 8/14

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2016-239550 (P2016-239550)  
(22) 出願日 平成28年12月9日(2016.12.9)

(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  
Fターム(参考) 4C601 HH15 HH17 HH29 HH31 HH38

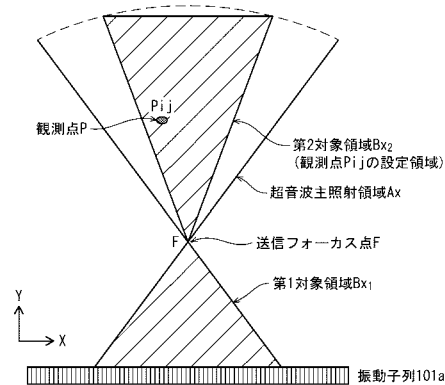
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、超音波信号処理方法、及び、超音波診断装置

(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、及び、それを用いた超音波診断装置を提供する。

【解決手段】フォーカス点と、送信振動子列の両端とを結ぶ2つの直線によって規定される超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信部と、受信信号列を生成する受信部と、超音波主照射領域のうち、フォーカス点より浅い領域の全域を第1対象領域として、フォーカス点より深い領域より一部を除外した領域を第2対象領域として、それぞれ設定し、第1対象領域内と第2対象領域内とに存在する複数の観測点について、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、整相加算部が生成した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、受波した反射超音波に基づいて生成される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、

送信振動子列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら、前記送信振動子列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、前記送信振動子列の各振動子を用いて、前記フォーカス点と、前記送信振動子列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ2つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信部と、

各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記被検体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、

前記送信イベントごとに、前記超音波主照射領域のうち、前記フォーカス点より浅い領域の全域を第1対象領域として、前記フォーカス点より深い領域より一部を除外した領域を第2対象領域として、それぞれ設定し、前記第1対象領域内に存在する複数の観測点と前記第2対象領域内に存在する複数の観測点とについて、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超音波信号処理装置。

## 【請求項 2】

前記第2対象領域において、前記フォーカス点の深さから前記フォーカス点の2倍の深さまでの範囲における観測点数は、前記第1対象領域内に存在する観測点数より少ないことを特徴とする請求項1に記載の超音波信号処理装置。

## 【請求項 3】

前記第2対象領域における単位面積当たりの観測点数は、前記第1対象領域における単位面積当たりの観測点数より少ない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】

前記第1対象領域、前記第2対象領域はいずれも、前記フォーカス点を頂点とする形状であって、前記プローブの振動子が並ぶ向きに直交し前記フォーカス点を通過する直線に対して線対称であり、

前記第2対象領域における前記フォーカス点に該当する頂点の内角は、前記第1対象領域における前記フォーカス点に該当する頂点の内角より小さい、

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】

前記プローブの振動子が並ぶ向きにおける前記第2対象領域の幅の最大値は、前記送信振動子列の幅以下である

ことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の超音波信号処理装置。

## 【請求項 6】

前記プローブの振動子が並ぶ向きにおける前記第2対象領域の幅の最大値は、前記第1対象領域の最大幅より小さい

ことを特徴とする請求項5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、前記フォーカス点を通過する複数の直線領域からなり、1つの直線領域上であって前記フォーカス点からの距離が所定距離以上である1つの観測点について、前記1つの直線領域上にある最近接の観測点との距離は、前記1つの直線領域に隣接する直線領域上に存在する最近接の観測点との距離より小さい

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 8】

前記第 2 対象領域内の一部領域における、前記プローブの振動子が並ぶ向きの観測点密度は、当該一部領域と、前記プローブの振動子が並ぶ向きに直交し前記フォーカス点を通過する直線との距離が小さいほど大きい

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】

前記被検体内に超音波照射領域を定め、前記超音波照射領域に基づいてフォーカス点を定めて前記フォーカス点において集束する超音波ビームを前記送信部に送信させ、前記超音波ビームに対応する反射超音波に基づく受信信号列を前記受信部に生成させ、前記超音波照射領域を含む試験領域内に観測点を複数設定し、前記観測点に対する音響線信号を整相加算部に生成させ、前記音響線信号に基づいて第 1 対象領域と第 2 対象領域とを定める領域設定部をさらに備える

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 10】

前記領域設定部は、前記試験領域内の観測点のうち、対応する音響線信号の振幅が所定の閾値以上である観測点が存在する領域を、前記第 1 対象領域および前記第 2 対象領域として設定する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

前記超音波プローブの特性を用いて、第 1 対象領域と第 2 対象領域とを定める領域設定部をさらに備える

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 12】

超音波プローブごとの特性を保持しているプローブ特性保持部をさらに備え、前記領域設定部は、前記超音波信号処理装置が用いる超音波プローブの特性を前記プローブ特性保持部から取得する

ことを特徴とする請求項 11 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 13】

前記第 2 対象領域は、前記第 1 対象領域に含まれる観測点の数と前記第 2 対象領域に含まれる観測点の数との合計が、前記整相加算部と前記合成部とによって定まる所定の上限値を超えないように設定される

ことを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 14】

超音波プローブと、

請求項 1 から 13 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 15】

複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に集束型の超音波ビームを送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波し、受波した反射超音波に基づいて生成される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、

送信振動子列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら、前記送信振動子列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、前記送信振動子列の各振動子を用いて、前記フォーカス点と、前記送信振動子列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ 2 つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に超音波ビームを送信させ、

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、

前記送信イベントごとに、前記超音波主照射領域のうち、前記フォーカス点より浅い領

10

20

30

40

50

域の全域を第1対象領域として、前記フォーカス点より深い領域より一部を除外した領域を第2対象領域として、それぞれ設定し、前記第1対象領域内に存在する複数の観測点と前記第2対象領域内に存在する複数の観測点とについて、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、

生成され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

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（例えば、非特許文献1）。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、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、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、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、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。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

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

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

10

20

30

40

50

nd 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】

【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、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。一方で、単純に対象領域の面積を削減すると、空間分解能及びS/N比が十分に向上しないことがある。

【0007】

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、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。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明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、受波した反射超音波に基づいて生成される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、送信振動子列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら、前記送信振動子列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、前記送信振動子列の各振動子を用いて、前記フォーカス点と、前記送信振動子列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ2つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記被検体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、前記送信イベントごとに、前記超音波主照射領域のうち、前記フォーカス点より浅い領域の全域を第1対象領域として、前記フォーカス点より深い領域より一部を除外した領域を第2対象領域として、それぞれ設定し、前記第1対象領域内に存在する複数の観測点と前記第2対象領域内に存在する複数の観測点とについて、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。

【発明の効果】

【0009】

本発明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によれば、フレーム音響線信号の空間分解能及びS/N比の低下を抑止しながら観測点の数を削減することができ、送信と受信の遅延を加味した整相加算、および、合成処理の演算量を削減することができる。

【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

10

20

30

40

50

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。

【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 $P_{ij}$ を經由して受信振動子 $R_k$ 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。

10

【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。

【図11】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】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。

20

【図15】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。

【図16】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17】変形例2に係る対象領域 $B_x$ の第1の設定例を示す図である。

【図18】変形例2に係る対象領域 $B_x$ の第2の設定例を示す図である。

【図19】実施の形態2に係る評価画像と対象領域 $B_x$ 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

30

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だけの場合もあるが、この場合、超音波主照射領域はフォーカス深さまでは列方向の幅が狭まり、フォーカス深さでフォーカス領域の列方向の幅となり、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、フォーカス深さにおける、フォーカス領域の中心点を便宜上「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わらず、フォーカス深さでは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、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。

40

【0012】

50

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。

#### 【0013】

しかしながら、対象領域に含まれる観測点の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、時間解像度の低下や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。

#### 【0014】

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。観測点の数を削減する方法としては、対象領域の面積を小さくする方法と、対象領域における観測点の密度を低下させる方法とが考えられる。しかしながら、深さ方向に対象領域を小さくする（狭くする）と超音波画像の生成できる領域が対象領域の面積に比例して小さくなり、また、深さ方向に観測点密度を低下させると、深さ方向の空間解像度である距離分解能が観測点密度に比例して低下する。そこで、発明者は、音響線信号の品質の低下を抑止しながら観測点の数を削減する方法を模索し、対象領域を深さがフォーカス深さ以下の第1対象領域とフォーカス深さより深い第2対象領域に分割し、第2対象領域のみ、列方向の幅または観測点密度を低下させるという着想を得た。このようにすることで、観測点の数を削減できる一方で、深さ方向には観測点の数も密度も低下していないため、距離分解能や超音波画像の生成範囲の縮小も発生しない。さらに、S/N比がよくないにもかかわらず観測点数の多い領域について観測点数を削減することで、音響線信号全体のS/N比低下を抑止しつつ演算量の削減を図ることができる。フォーカス点より深い領域では、フォーカス点から遠ざかるほど超音波の減衰が大きいため、浅い領域と比べてS/N比がよくない。そのため、合成数の減少によりS/N比や空間解像度の低下が起きても影響が小さい。一方で、超音波主照射領域はフォーカス深さまでの距離が遠いほど列方向の幅が広がる形状であるので、フォーカス点から遠ざかるほど観測点の数が増加する。したがって、第2対象領域における観測点数を削減することで、削減量に応じて演算量を削減することができる。

#### 【0015】

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>

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。

#### 【0016】

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。

#### 【0017】

<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。

10

#### 【0018】

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。

20

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

#### 【0019】

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。

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。

40

#### 【0020】

<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演算して超音波画像を生成するための音響線信号

50

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。

#### 【0021】

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。

#### 【0022】

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。

#### 【0023】

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

#### 【0024】

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

送信ビームフォーマ部 103 において、送信開口 Tx の中心に位置する振動子ほど送信タイミングを遅らせるように各振動子の送信タイミングを制御する。これにより、送信開口 Tx 内の振動子列から送信された超音波送信波は、被検体のある深度 (Focal depth) において、波面がある一点、すなわち送信フォーカス点 F (Focal point) で、フォーカスがあう (集束する) 状態となる。送信フォーカス点 F の深さ (Focal depth) (以下、「フォーカス深さ」とする) は、任意に設定することができる。ここで、フォーカス深さは、超音波送信波が振動子の並ぶ方向 (図 2 における x 方向) に最も集束する深さ、すなわち、超音波ビームの x 方向における幅が最も狭まる深さである、送信フォーカス点 F は、フォーカス深さにおける超音波ビームの x 方向における中心位置である。但し、1 フレームに係る複数の送信イベント中ではフォーカス深さは

10

20

30

40

50

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 $T_x$ 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 $T_x$ 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 $T_x$ 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 $A_x$ である。なお、上述したように、超音波主照射領域 $A_x$ 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。

#### 【0025】

##### 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。

#### 【0026】

以下、受信ビームフォーマ部104を構成する各部の構成について説明する。

##### (1) 受信部1040

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

#### 【0027】

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 $T_x$ 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を「受波振動子」と称呼する。受波振動子の数は、送信開口 $T_x$ に含まれる振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子の数はプローブ101に存する振動子101aの全数としてもよい。

#### 【0028】

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

##### (2) 整相加算部1041

整相加算部1041は、送信イベントに同期して、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う対象領域 $B_x$ を設定する。次に、対象領域 $B_x$ 上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104

10

20

30

40

50

6、遅延処理部1047、重み算出部1048、及び加算部1049を備える。

【0029】

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、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う対象領域Bxを設定する。「対象領域」とは、送信イベントに同期して被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成が行われるべき信号上の領域であり、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。

【0030】

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。

【0031】

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。

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、深さがフォーカス深さ以下の第1対象領域Bx1と、フォーカス深さより深い第2対象領域Bx2とを含む。第1対象領域Bx1は、超音波主照射領域Axにおいて深さがフォーカス深さ以下である部分の全域である。これに対し、第2対象領域Bx2は、超音波主照射領域Axにおいてフォーカス深さより深い部分に対して、列方向の幅が小さい形状として設定される。より具体的には、例えば、第1対象領域Bx1は、送信開口Txを底辺として送信フォーカス点Fを頂点とする二等辺三角形であり、第2対象領域Bx2は、ある深さにおける列方向と平行な直線を底辺として送信フォーカス点Fを頂点とする二等辺三角形である。このとき、第1対象領域Bx1における送信フォーカス点Fの内角を $\theta_1$ 、第2対象領域Bx2における送信フォーカス点Fの内角を $\theta_2$ としたとき、以下の関係を満たす。

$$\tan(\theta_1/2) = n \cdot \tan(\theta_2/2) \quad (\theta_1 > \theta_2, 1 > n > 0)$$

このとき、フォーカス深さをDfとすると、深さDf+dにおける第2対象領域Bx2の列方向の幅は、深さDf-dにおける第1対象領域Bx1の列方向の幅より小さく、n倍となる。また、第1対象領域Bx1と第2対象領域Bx2の中心軸は、ともに超音波主照射領域の中心軸と一致している。なお、第2対象領域Bx2の形状は上述の例に限らず、深さDf+dにおける第2対象領域Bx2の列方向の幅は、深さDf-dにおける第1対象領域Bx1の列方向の幅より小さいとの関係を満たしていればよい。なお、第1対象領域Bxが超音波主照射領域Axにおいてフォーカス深さより深い部分の全部ではなく一部であってもよい。なお、送信フォーカス点Fは、第1対象領域Bx1ではなく第2対象領域Bx2に含まれるとしてもよい。このようにすることで、深さがフォーカス深さ以下の領域では超音波主照射領域Ax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することができるとともに、フォーカス深さより深い領域では観測点の数を素子列方向に削減して音響線信号の品質低下の影響を小さくしつつ演算量を削減することができる。

【0032】

設定された対象領域Bxは送信時間算出部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、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、列中心が観測点に最も空間的に近接する振動子と合致する振動子列

10

20

30

40

50

(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。

【0033】

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  $R_x$  振動子列を選択する。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  $R_x$  振動子列が選択される。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。

10

【0034】

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。

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

20

【0035】

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

データ格納部 107 は、受信開口  $R_x$  の位置を示す情報と受信振動子に対応する受信信号とを、送信時間算出部 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。

【0036】

iii) 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。

30

【0037】

図 7 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開口  $R_x$  内に位置する受信振動子  $R_k$  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  $P_{ij}$  が第 2 対象領域  $B_x 2$  内である場合、すなわち観測点  $P_{ij}$  がフォーカス深さより深い場合、図 7 (b) は観測点  $P_{ij}$  が第 1 対象領域  $B_x 1$  内である場合、すなわち観測点  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以下である場合を示している。

40

【0038】

送信開口  $T_x$  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  $P_{ij}$  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、その反射波がプロンプ 101 における受信開口  $R_x$  内の受信振動子  $R_k$  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。

【0039】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

50

まず、観測点  $P_{ij}$  が第 2 対象領域  $B \times 2$  内である場合について、図 7 ( a ) を用いて説明する。観測点  $P_{ij}$  が第 2 対象領域  $B \times 2$  内である場合は、送信開口  $T_x$  から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点  $F$  に到達し、送信フォーカス点  $F$  から経路 4 0 2 を通って観測点  $P_{ij}$  に到達したものと算出する。したがって、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間と、経路 4 0 2 を通過する時間を合算した値が、送信時間となる。具体的な算出方法としては、例えば、経路 4 0 1 の長さで経路 4 0 2 の長さを加算した全経路長を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。

#### 【 0 0 4 0 】

一方、観測点  $P_{ij}$  が第 1 対象領域  $B \times 1$  内である場合について、図 7 ( b ) を用いて説明する。観測点  $P_{ij}$  が第 1 対象領域  $B \times 1$  内である場合は、送信開口  $T_x$  から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点  $F$  に到達する時刻と、経路 4 0 4 を通って観測点  $P_{ij}$  に到達した後、観測点  $P_{ij}$  から経路 4 0 2 を通って送信フォーカス点  $F$  に到達する時刻とが同一であるものとして算出する。つまり、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間から、経路 4 0 2 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 4 0 1 の長さから経路 4 0 2 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。

10

#### 【 0 0 4 1 】

なお、観測点  $P_{ij}$  がフォーカス点である場合の送信時間は、観測点  $P_{ij}$  が第 1 対象領域  $B \times 1$  内にあるとして、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間から、経路 4 0 2 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、観測点  $P_{ij}$  が第 2 対象領域内にあるとして、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間と、経路 4 0 2 を通過する時間を合算する計算方法を用いるとしてもよい。経路 4 0 2 の長さが 0 となるため、いずれで算出しても経路 4 0 1 を通過する時間と一致するためである。

20

#### 【 0 0 4 2 】

送信時間算出部 1 0 4 4 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域  $B \times$  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 1 0 4 6 に出力する。

#### i v ) 受信時間算出部 1 0 4 5

受信時間算出部 1 0 4 5 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 1 0 7 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 1 0 4 2 から取得した対象領域  $B \times$  の位置を示す情報とに基づき対象領域  $B \times$  内に存在する任意の観測点  $P_{ij}$  について、送信された超音波が被検体中の観測点  $P_{ij}$  で反射され受信開口  $R_x$  の各受信振動子  $R_k$  に到達する受信時間を算出する。

30

#### 【 0 0 4 3 】

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 1 0 1 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 1 0 7 から取得されるので、任意の観測点  $P_{ij}$  から各受信振動子  $R_k$  までの経路 4 0 3 の長さは幾何学的に算出することができる。

40

#### 【 0 0 4 4 】

受信時間算出部 1 0 4 5 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域  $B \times$  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 1 0 4 6 に出力する。

#### v ) 遅延量算出部 1 0 4 6

遅延量算出部 1 0 4 6 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 1 0 4 6 は、送信時間算出部 1 0 4 4 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、観測点  $P_{ij}$  で反射して各受信振動子  $R_k$  に到達する受信時間を取得する。そして、送信された超音波

50

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 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、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。

【0045】

v i ) 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  $P_{ij}$  からの反射超音波に基づく各受信振動子  $R_k$  に対応する受信信号として同定する回路である。

遅延処理部 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  $P_{ij}$  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。

【0046】

v i 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）を算出する回路である。

図 6 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。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  $R_{x0}$  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。

【0047】

v i i i ) 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  $R_x$  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。

【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  $T_x$  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 に存在する全ての振動子 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。

【0049】

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。

10

20

30

40

50

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。

【0050】

(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。

【0051】

以下、合成部 1140 を構成する各部の構成について説明する。

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ーム音響線信号を読み出す。そして、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点  $P_{ij}$  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。

【0052】

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  $T \times$ ）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  $B \times$  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  $B \times$  を網羅したフレーム音響線信号が合成される。

【0053】

また、位置の異なる複数の対象領域  $B \times$  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  $B \times$  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。

【0054】

また、本実施の形態では、対象領域  $B \times$  は砂時計形状の領域内に存在する。そのため、図 10 (a) に示すように、重畳数及び最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、合成音響線信号の値も同様に深さ方向において変化する。但し、上述したように第 2 対象領域  $B \times 2$  は第 1 対象領域  $B \times 1$  と比べて、送信フォーカス点  $F$  からの距離に対する列方向の幅の変化が小さい。そのため、深さに対する重畳数の変化も第 2 対象領域  $B \times 2$  では第 1 対象領域  $B \times 1$  より小さい。

【0055】

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。

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。

ii) 増幅処理部 11402

上述のとおり、合成音響線信号の値は被検体の深さ方向において変化する。これを補うために、増幅処理部 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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 6 】

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

## 【 0 0 5 7 】

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乘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。

10

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。

## 【 0 0 5 8 】

< 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 1 1 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。

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

20

## 【 0 0 5 9 】

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 を列方向に移動ピッチ M p だけ移動させながら送信イベントを行い、完了している場合にはステップ S 2 0 1 に進む。

## 【 0 0 6 0 】

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。

30

次に、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 ) ) に進む。ステップ S 2 2 0 では、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 上の最小値に初期化し（ステップ S 2 2 1、S 2 2 2 ）、受信開口設定部 1 0 4 3 は、列中心が観測点 P i j に最も空間的に近接する振動子 X k と合致するよう受信開口 R x 振動子列を選択する（ステップ S 2 2 3 ）。

## 【 0 0 6 1 】

次に、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 2 0 4 ）。

40

ここで、ステップ S 2 0 4 における、観測点 P i j 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 1 2 は、受信ビームフォーマ部 1 0 4 における観測点 P i j についての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。図 1 3 は、受信ビームフォーマ部 1 0 4 における観測点 P i j についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

## 【 0 0 6 2 】

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 上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 が第 2 対象領域 B x 2 内に存在する場合には、幾何学的に定まる受信開口 R x 内の受信振動子 R k から送信フォーカス

50

点 F を経由して観測点  $P_{ij}$  に至る経路 (401 + 402) 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  $P_{ij}$  が第 1 対象領域  $B_x$  内に存在する場合には、幾何学的に定まる、受信開口  $R_x$  内の受信振動子  $R_k$  から送信フォーカス点 F に至る経路と観測点  $P_{ij}$  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  $c_s$  で除することにより、算出できる。

【0063】

次に受信開口  $R_x$  から求められる受信開口  $R_x$  内の受信振動子  $R_k$  の位置を示す座標  $k$  を受信開口  $R_x$  内の最小値に初期化し (ステップ S2242)、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 S2243)。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 S2244)、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 S2245)。

10

【0064】

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 S2246)、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 S2247) 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 S2243)、完了している場合にはステップ S2248 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。

20

【0065】

ステップ S2248 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。

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 S2249)。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 S2250)、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 に出力され保存される (ステップ S2251)。

30

【0066】

次に、図 11 に戻り、座標  $ij$  をインクリメントしてステップ S223、S224 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「・」) 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 S225、S227)、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 S226、S228) して、観測点  $P_{ij}$  について音響線信号を生成し (ステップ S224)、完了した場合にはステップ S230 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 に出力され保存されている。

40

【0067】

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 S230)、終了していない場合には、ステップ S210 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 S221、S222)、受信開口  $R_x$  を設定 (ステップ S223)、音響線信号の作成 (ステップ S224) を行い、終了している場合にはステップ S301 に進む。

【0068】

50

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

【 0 0 6 9 】

< 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に重ね合わせて合成する。これにより、複数の送信イベントに対して送信フォーカス点 F 以外の深度にある観測点 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。

【 0 0 7 0 】

また、超音波診断装置 1 0 0 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について、深さがフォーカス深さ以下の第 1 対象領域では超音波主照射領域全域に設定される。これにより、S / N 比、空間解像度が共に高いことを期待される浅い領域においては、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、フォーカス深さより深い領域では、フォーカス点から遠ざかることによる列方向の幅の拡大が第 1 対象領域より小さい第 2 対象領域に設定される。これにより、特に整相加算によっても S / N 比が十分に向上しない深部の観測点数を削減することができる。また、第 2 対象領域  $B \times 2$  の中心軸は、超音波主照射領域の中心軸と一致している。送信超音波ビームの振幅は超音波主照射領域  $A \times$  の全域において必ずしも一定ではなく、超音波主照射領域の中心軸から遠ざかるほど弱くなる。また、受波振動子の感度も、超音波主照射領域の中心軸から遠い観測点からの反射波ほど弱くなる。したがって、第 2 対象領域  $B \times 2$  が超音波主照射領域の中心軸に近い領域を含むように設定することで、フォーカス深さより深い領域において、第 2 対象領域  $B \times 2$  が、S / N 比が高い観測点を含む一方で、S / N 比が低い観測点を含まないようにすることができる。したがって、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大きく削減することが可能となる。

【 0 0 7 1 】

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  $R \times$  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列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、局所的に高い空間分解能と信号 S / N 比を実現できる。

【 0 0 7 2 】

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  $R \times$  を選択する構成とした。しかしながら、受信開口  $R \times$  の構成は、送信開口  $T \times$  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  $B \times$  内の観測点  $P_{ij}$  で反射され受信開口  $R \times$  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  $B \times$  内の全ての観測点  $P_{ij}$  についての音響線信号を生成するものであれ

10

20

30

40

50

ばよく、受信開口  $R_x$  の構成は適宜変更することができる。

【0073】

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。

図14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。

【0074】

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。

【0075】

<動作>

図15は、変形例1に係る超音波診断装置の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。本フローチャートでは、図11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  $S_{220}$ （ $S_{221} \sim S_{228}$ ））に替えて送信同期型ビームフォーミング処理（ステップ  $S_{420}$ （ $S_{421} \sim S_{428}$ ））を行う点にて相違する。ステップ  $S_{420}$  以外の処理については、図11と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

【0076】

ステップ  $S_{420}$  の処理において、まず、ステップ  $S_{421}$  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。

次に、ステップ  $S_{210}$  で算出した対象領域  $B_x$  内の観測点  $P_{ij}$  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  $S_{422}$ 、 $S_{423}$ ）、観測点  $P_{ij}$  について音響線信号を生成する（ステップ  $S_{424}$ ）。図16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  $P_{ij}$  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。実施の形態1に関する図13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  $S_{424}$  における処理方法については、図11におけるステップ  $S_{224}$ （図12におけるステップ  $S_{2241} \sim$  ステップ  $S_{2251}$ ）と同じである。

【0077】

座標  $i, j$  をインクリメントしてステップ  $S_{424}$  を繰り返すことにより、対象領域  $B_x$  内の座標  $i, j$  に位置する全ての観測点  $P_{ij}$ （図16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  $S_{425}$ 、 $S_{427}$ ）、完了していない場合には座標  $i, j$  をインクリメント（ステップ  $S_{426}$ 、 $S_{428}$ ）して、観測点  $P_{ij}$  について音響線信号を生成し（ステップ  $S_{424}$ ）、完了している場合にはステップ  $S_{230}$  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107に出力され保存されている。

【0078】

<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

10

20

30

40

50

。すなわち、変形例 1 では、 $T \times$  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  $T \times$  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  $R \times$  を設定する。そのため、受信開口  $R \times$  の中心軸  $R \times o$  の位置は、送信開口  $T \times$  の中心軸  $T \times o$  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  $T \times$  の位置変化に同期して、受信開口  $R \times$  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。

【0079】

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、第 2 対象領域  $B \times 2$  の形状は、第 1 対象領域  $B \times 1$  の相似形に対して列方向に  $n$  倍 ( $1 > n > 0$ ) に幅を狭めた形状であるとした。しかしながら、第 2 対象領域  $B \times 2$  の形状は、ほかにも以下のような態様であってもよい。

【0080】

図 17 に、変形例 2 に係る第 2 対象領域  $B \times 2$  の第 1 の設定例を示す。図 17 に示すように、第 2 対象領域  $B \times 2$  は、超音波主照射領域  $A \times$  におけるフォーカス深さより深い部分のうち、送信開口  $T \times$  を底辺とする長方形の内側に該当する部分となる。したがって、フォーカス深さを  $Df$  とした場合、深さが  $Df$  から  $2 \times Df$  までの範囲においては、第 1 対象領域  $B \times 1$  と合同な形状となる。一方、深さが  $2 \times Df$  より深い領域については、列方向の幅が送信開口  $T \times$  の幅と一致する帯状の領域となる。具体的には、第 1 対象領域と合同な三角形と、その三角形の底辺を一辺とする長方形を繋げた五角形の形状となる。第 2 対象領域  $B \times 2$  をこのように設定することで、深さが  $Df$  から  $2 \times Df$  までの範囲においては、深さが  $Df$  以下の領域と同様に、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、深さが  $2 \times Df$  以上の領域については、領域の幅が第 2 対象領域の最大深度に関わらず一定であるため、観測点の数が大きく増加しない。したがって、特にフォーカス深さが第 2 対象領域  $B \times 2$  の最大深度に対して小さい（すなわち、フォーカス深さが着目領域に対して浅い）場合に、フォーカス深さの 2 倍までの深度の音響線信号の  $S/N$  比と空間解像度を向上させつつ、演算量の増加を抑止することができる。なお、列方向における第 1 対象領域  $B \times 1$  の最大幅が送信開口  $T \times$  より小さい場合、第 2 対象領域  $B \times 2$  の最大幅が第 1 対象領域  $B \times 1$  の最大幅より小さい、としてもよい。このようにすることで、第 2 対象領域  $B \times 2$  内の観測点数をより削減することができる。

【0081】

図 18 に、変形例 2 に係る第 2 対象領域  $B \times 2$  の第 2 の設定例を示す。図 18 に示すように、第 2 対象領域  $B \times 2$  は、超音波主照射領域  $A \times$  の外郭線及び内部に位置する、複数の対象線  $BL1 \sim BL7$  からなる。各対象線は、フォーカス点  $F$  またはその近傍から開始される半直線である。なお、対象線  $BL1$  および  $BL7$  は、それぞれ超音波主照射領域  $A \times$  の外郭線に該当し、対象線  $BL4$  は送信開口中心軸  $T \times o$  上に存在する。なお、超音波主照射領域  $A \times$  の外郭線は便宜上、送信開口  $T \times$  の一端とフォーカス点  $F$  とを通過する直線、および、送信開口  $T \times$  の他端とフォーカス点  $F$  とを通過する直線、の 2 つであるものとする。言い換えれば、第 2 対象領域  $B \times 2$  では、列方向における観測点の密度は、深さ方向における観測点の密度に対し、少なくとも  $1/2$  以下であり、好ましくは  $1/4$  以下、より好ましくは  $1/8$  以下である。このようにすることで、観測点は深さ方向に高密度、列方向には低密度となるように、超音波主照射領域  $A \times$  におけるフォーカス深さより深い部分のほぼ全域に均等に配置される。したがって、第 2 対象領域  $B \times 2$  における観測点数は、列方向における観測点密度に比例して減少する。第 2 の設定例によれば、第 2 対象領域  $B \times 2$  内の観測点数が実施の形態 1 における第 2 対象領域  $B \times 2$  内の観測点数と同程度である場合、フォーカス深さより深い領域について、実施の形態 1 より  $S/N$  比および空間解像度の向上を図ることができる。これは、1 つの観測点について、(1) 複数の送

10

20

30

40

50

信イベント間で超音波ビームの進行方向が変化する範囲が広くなり、進行方向の異なる超音波ビームで得た音響線信号を合成することによる補完の効果が十分に得られる、(2)観測点、送信フォーカス点F、受信開口の3つの位置関係が複数の送信イベント間で大きく変化するため、S/N比が向上する、の効果が得られるためである。したがって、実施の形態1と比べ、(1)演算量の削減程度が同程度であるとした場合の、S/N比および空間解像度の向上、または、(2)同程度のS/N比および空間解像度を得るとした場合の、演算量のさらなる削減、のいずれかを図ることができる。

#### 【0082】

なお、対象線の本数は7本に限らず、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てもよいし、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Txoに近いほど間隔が狭く、送信開口中心軸Txoから遠いほど間隔が広くなるような配置であってもよい。このような配置により、フォーカス深さより深い領域において、得られる受信信号のS/N比が高い領域に観測点を偏在させることができる。これにより、超音波ビームの進行方向の範囲や観測点とフォーカス点Fおよび受信開口との位置関係のパリエーションの広さを広げつつも、受信信号のS/N比に応じた重みづけを行うことができるため、効果的にS/N比の向上を図ることができる。

#### 【0083】

また、実施の形態1、本変形例の第1の設定例、第2の設定例のうち2以上を組み合わせるとしてもよい。例えば、第2対象領域Bx2は、第1対象領域Bx1より送信フォーカス点Fの内角が小さく、かつ、列方向の最大幅が送信開口以下であるとしてもよいし、第1対象領域Bx1より送信フォーカス点Fの内角が小さく、かつ、第1対象領域Bx1の最大幅以下である、としてもよい。また、例えば、第2対象領域Bx2は、送信開口中心軸Txoに近く送信フォーカス点Fの内角の小さい領域と、超音波主照射領域Axの外郭線に近い直線状の領域との組み合わせであってもよい。以上説明したように、第2対象領域Bx2の観測点を削減する方法としては、列方向における第2対象領域Bx2の幅を狭くする、列方向における第2対象領域Bx2の最大幅を制限する、列方向における観測点の密度を低下させる、送信開口中心軸Txoから遠い領域における列方向における観測点密度を下げる、の方法があり、これらを任意に組み合わせてもよい。

#### 【0084】

##### 実施の形態2

実施の形態1及び各変形例では、第2対象領域Bx2は、送信開口Tx、送信フォーカス点F、超音波主照射領域Axに基づいて対象領域設定部が定めるものとした。これに対し、実施の形態2では、超音波の送受信結果に基づいて第2対象領域Bx2を設定することを特徴とする。

#### 【0085】

なお、実施の形態2に係る超音波診断装置は、対象領域設定部が第2対象領域Bx2を決定する方法およびそれに係る構成のみが実施の形態1と異なる。したがって、その差異のみを説明し、その他の構成および動作は実施の形態1または変形例と同じであるので説明を省略する。

##### <構成>

本実施の形態に係る超音波診断装置は、制御部内に領域設定部を備えることを特徴とする。

#### 【0086】

領域設定部は、超音波プローブと超音波信号処理装置とを用いて超音波画像を生成し、得られた超音波画像に基づき、対象領域設定部に対象領域として設定すべき領域を通知する。

領域設定部は、1の送信イベントに係る送信開口Tx、送信フォーカス点F、およびこれに関わる超音波主照射領域Axを用いて、超音波画像を生成する。より具体的には、超音波主照射領域Axの全域を仮対象領域Bx3(試験領域)として、送信イベント(ステ

10

20

30

40

50

ップ S 1 0 1、S 1 0 2) を行う。なお、仮対象領域 B x 3 の形状は超音波主照射領域 A x の全域を含んでいればよく、例えば、送信開口 T x を 1 辺とする長方形の形状であってもよい。次に、当該送信イベントに係る受信信号列に対し、ビームフォーミングを行う。ビームフォーミングの詳細は、ステップ S 2 1 0 と S 2 2 0 との組み合わせ、または、ステップ S 2 1 0 と S 4 2 0 との組み合わせと同一であるので、詳細な説明を省略する。その後、得られたサブフレーム音響線信号に基づいて、対象領域 B x を決定する。

#### 【 0 0 8 7 】

以下、サブフレーム音響線信号に基づいて対象領域 B x を決定する方法について説明する。領域設定部は、超音波画像生成部を用いてサブフレーム音響線信号を超音波画像 ( B モード画像 ) に変換し、生成された超音波画像 ( 以下、評価画像と呼ぶ ) に基づいて対象領域 B x を決定する。図 1 9 ( a ) に、評価画像の例を示す。なお、図 1 9 ( a ) では、超音波ビームの伝播状態を示すため、仮対象領域 B x 3 は、超音波プローブの振動子列全体を 1 辺とする長方形の形状としている。図 1 9 ( a ) に示すように、深さがフォーカス深さより浅い領域では、送信フォーカス点 F と送信開口 T x とで定義される三角形領域の内部において輝度値が高く、この領域から外れると輝度値が低下する。一方、フォーカス深さより深い領域では、送信フォーカス点 F と送信開口 T x とで定義される三角形領域よりも x 方向に狭い三角形領域では輝度値が高いものの、その領域から外れると、三角形領域の内部であっても輝度値が低下する。これは、各振動子の超音波送受信における指向性により、超音波ビームの振幅も、反射超音波に対応する受信信号の値も、送信開口中心軸 T x o に近いほど大きく、遠ざかるほど小さくなるためである。したがって、領域設定部は、評価画像において輝度値が所定の値以上である領域を、対象領域 B x として決定する。所定の値は、例えば、フォーカス深さより浅い領域における、送信フォーカス点 F と送信開口 T x とで定義される三角形領域の外郭線における輝度値の平均である。このように設定した対象領域 B x は、図 1 9 ( b ) に示すように、実施の形態 1 と同様に、送信フォーカス点 F と送信開口 T x とで定義される三角形領域である第 1 対象領域 B x 1 と、送信フォーカス点 F と送信開口 T x とで定義される三角形領域よりも x 方向に狭い三角形領域である第 2 対象領域 B x 2 とからなる。なお、ここではサブフレーム音響線信号を評価画像に変換したが、サブフレーム音響線信号の振幅値、または、包絡線検波等によりサブフレーム音響線信号から取り出された反射超音波の強度値を、所定の閾値と比較することで、対象領域 B x を定めるとしてもよい。

#### 【 0 0 8 8 】

領域設定部は、最初の送信イベントの開始前、または、フォーカス深さや送信開口 T x が変更された後の最初の送信イベントの開始前に、上述の処理を行って対象領域 B x を決定し、決定した対象領域 B x を対象領域設定部に使用させる。

これにより、生成されるサブフレーム音響線信号における S / N 比が高い観測点のみが対象領域 B x に含まれ、生成されるサブフレーム音響線信号における S / N 比が低い観測点が対象領域 B x から排除される。したがって、音響線信号の S / N 比を所望の基準以上に保った状態で、演算量を最大限削減することが可能となる。

#### 【 0 0 8 9 】

< まとめ >

実施の形態 2 に係る超音波診断装置によれば、サブフレーム音響線信号の値に基づいて第 2 対象領域 B x 2 を設定する。したがって、超音波主照射領域 A x のうち、サブフレーム音響線信号における S / N 比が一定基準を満たした観測点のみを第 2 対象領域に含めることができる。したがって、音響線信号の S / N 比を一定基準以上に保ちつつ、演算量を最大限削減することができる。

#### 【 0 0 9 0 】

変形例 3

実施の形態 2 では、超音波診断装置が仮対象領域 B x 3 ( 試験領域 ) に実際に超音波の送受信を行い、その結果得られた音響線信号に基づいて対象領域 B x を設定する場合について説明した。

10

20

30

40

50

しかしながら、対象領域  $B_x$  は超音波プローブの特性、送信超音波ビームの特性、送信開口  $T_x$ 、フォーカス深さによって定まるものである。したがって、これらのパラメータが既知であれば、それに基づき、対象領域  $B_x$  を決定することができる。

#### 【0091】

変形例3に係る超音波診断装置の領域設定部は、超音波プローブの特性、送信超音波ビームの特性、送信開口  $T_x$  の幅、フォーカス深さ、対象領域  $B_x$  の対応関係を示すテーブルを保持している。超音波プローブの特性とは、例えば、振動子の周波数特性、振動子の配置、各振動子の送信および受信の指向性等である。なお、超音波プローブの特性は、特性値そのものではなく、例えば、超音波プローブの型番など、所定の特性を有する超音波プローブを指し示すIDであってもよい。送信超音波ビームの特性とは、例えば、超音波の周波数や振幅、波数や送信間隔等である。領域設定部は、制御部から超音波プローブの特性を、送信ビームフォーマ部から送信超音波ビームの特性、送信開口  $T_x$  の幅を取得し、対応する対象領域  $B_x$  を対象領域設定部に使用させる。

10

#### 【0092】

なお、領域設定部は、上述したテーブルを予め保持していてもよい。このようにすることで、試験領域に超音波の送受信を行うことなく、適切な対象領域  $B_x$  を設定することができる。また、領域設定部は、テーブルに対応する対象領域  $B_x$  がない場合には、実施の形態2で説明した動作を行い、その結果をテーブルに追加する、としてもよい。このようにすることで、超音波プローブの特性、送信超音波ビームの特性、送信開口  $T_x$  の幅、フォーカス深さの組み合わせに対する対象領域  $B_x$  がない場合には、試験領域への超音波の送受信により適切な対象領域  $B_x$  を設定することができる。さらに、超音波プローブの特性、送信超音波ビームの特性、送信開口  $T_x$  の幅、フォーカス深さの組み合わせに対する対象領域  $B_x$  をすでにテーブルに有している場合には、テーブルに保持されている対象領域  $B_x$  を使用することで、試験領域への超音波の送受信を省略することができる。

20

#### 【0093】

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2対象領域  $B_x 2$  に含まれる観測点の数については特に規定をしなかった。しかしながら、例えば、対象領域  $B_x$  全体に含まれる観測点の数について、整相加算部および/または合成部の演算能力、および/または、データ保持部の記憶容量に応じた上限値を定めてもよい。具体的には、超音波画像のフレームレート、フレーム音響線信号の生成対象である着目領域の幅と深さ、送信開口  $T_x$  の幅と移動ピッチ  $M_p$  が定めれば、1の送信イベントについての超音波主照射領域  $A_x$  の面積と、演算時間の上限値が定まる。これに対し、整相加算部における時間当たりの観測点数の上限値、合成部における時間当たりの観測点数の上限値はハードウェアの能力によって定まる。したがって、演算に要する時間が演算時間の上限値を超えないように、対象領域を定める、としてもよい。例えば、超音波主照射領域  $A_x$  の全域を対象領域  $B_x$  とした場合に演算所要時間が上限値の1.25倍となる場合、対象領域  $B_x$  に含まれる観測点の数が超音波主照射領域  $A_x$  の全域を対象領域  $B_x$  とした場合の0.8倍以下となるように、第2対象領域  $B_x 2$  を定める。なお、具体的な第2対象領域  $B_x 2$  の決定の方法は、実施の形態1、変形例1、2のいずれかでもよいし、実施の形態2または変形例3に基づいて決定した後、観測点数がまだ過剰であれば実施の形態1、変形例1、2のいずれかによる方法で観測点数を削減するとしてもよい。このように第2対象領域を決定することで、超音波信号処理装置の演算能力不足に起因する超音波画像のコマ落ち等を抑止することができる。

30

40

#### 【0094】

(2) 各実施の形態および各変形例では、第2対象領域  $B_x 2$  の形状が、送信フォーカス点  $F$  と頂点とする三角形、三角形と長方形を合わせた形状、複数の直線からなる形状であるとした。しかしながら、第2対象領域  $B_x 2$  の形状は上述の場合に限られず、第2対象領域において、深くなるほど広がり小さくなるような形状であってもよく、例えば、三角形と台形を合わせた形状であってもよい。また、例えば、第2対象領域  $B_x 2$  は、実

50

施の形態 2 または変形例 3 で説明した輝度に基づく三角形の領域と、変形例 2 の設定例 2 で説明した複数の直線からなる形状とを組み合わせた領域であってもよい。

【0095】

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

例えば、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。

10

【0096】

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。

【0097】

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。

20

30

【0098】

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。

【0099】

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。

40

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。

【0100】

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

50

置内に含む構成としたが、記憶装置はこれに限定されず、半導体メモリ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等が、超音波診断装置に外部から接続される構成であってもよい。

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

#### 【0101】

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。

10

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。

#### 【0102】

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。

20

#### 【0103】

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。

#### 【0104】

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。

30

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。

#### 【0105】

##### 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、受波した反射超音波に基づいて生成される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、送信振動子列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら、前記送信振動子列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、前記送信振動子列の各振動子を用いて、前記フォーカス点と、前記送信振動子列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ2つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に超音波ビームを送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波プローブが前記被検体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、前記送信イベントごとに、前記超音波主照射領域のうち、前記フォーカス点より浅い領域の全域を第1対象領域として、前記フォーカス点より深い領域より一部を除外した領域を第2対象領域として、それぞれ設定し、前記第1対象領域内に存在する複数の観測点と前記第2対象領域内に存

40

50

在する複数の観測点とについて、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。

【0106】

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、受波した反射超音波に基づいて生成される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、送信振動子列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら、前記送信振動子列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、前記送信振動子列の各振動子を用いて、前記フォーカス点と、前記送信振動子列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ2つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に超音波ビームを送信させ、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、前記送信イベントごとに、前記超音波主照射領域のうち、前記フォーカス点より浅い領域の全域を第1対象領域として、前記フォーカス点より深い領域より一部を除外した領域を第2対象領域として、それぞれ設定し、前記第1対象領域内に存在する複数の観測点と前記第2対象領域内に存在する複数の観測点とについて、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、生成され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ことを特徴とする。

10

20

【0107】

上記構成又は方法によれば、フレーム音響線信号の空間分解能及びS/N比の低下を抑制しながら観測点の数を削減することができ、送信と受信の遅延を加味した整相加算、および、合成処理の演算量を削減することができる。

(2)また、上記(1)の超音波信号処理装置は、前記第2対象領域において、前記フォーカス点の深さから前記フォーカス点の2倍の深さまでの範囲における観測点数は、前記第1対象領域内に存在する観測点数より少ない、としてもよい。

30

【0108】

上記構成により、第1対象領域における観測点密度を第2対象領域の平均観測点密度より高くすることができ、フォーカス深さより浅い領域の音響線信号の品質劣化を抑制することができる。

(3)また、上記(1)または(2)の超音波信号処理装置は、前記第2対象領域における単位面積当たりの観測点数は、前記第1対象領域における単位面積当たりの観測点数より少ない、としてもよい。

【0109】

上記構成により、第2対象領域の全域において観測点密度を第1対象領域より低くすることができ、演算量を確実に削減することができる。

(4)また、上記(1)～(3)の超音波信号処理装置は、前記第1対象領域、前記第2対象領域はいずれも、前記フォーカス点を頂点とする形状であって、前記プローブの振動子が並ぶ向きに直交し前記フォーカス点を通過する直線に対して線対称であり、前記第2対象領域における前記フォーカス点に該当する頂点の内角は、前記第1対象領域における前記フォーカス点に該当する頂点の内角より小さい、としてもよい。

40

【0110】

上記構成により、送信開口中心軸の近傍を第2対象領域とすることができる。したがって、生成される音響線信号におけるS/N比が低下することを抑制することができる。

(5)また、上記(1)～(4)の超音波信号処理装置は、前記プローブの振動子が並ぶ向きにおける前記第2対象領域の幅の最大値は、前記送信振動子列の幅以下である、としてもよい。

50

## 【0111】

上記構成により、第2対象領域の最大深さがフォーカス深さに対して大きい場合でも、第2対象領域の面積が粗大化し観測点が増加することを抑止することができる。

(6)また、上記(5)の超音波信号処理装置は、前記プローブの振動子が並ぶ向きにおける前記第2対象領域の幅の最大値は、前記第1対象領域の最大幅より小さい、としてもよい。

## 【0112】

上記構成により、第2対象領域の面積をさらに制限することができ、演算量を削減することができる。

(7)また、上記(1)～(6)の超音波信号処理装置は、前記第2対象領域は、前記フォーカス点を通過する複数の直線領域からなり、1つの直線領域上であって前記フォーカス点からの距離が所定距離以上である1つの観測点について、前記1つの直線領域上にある最近接の観測点との距離は、前記1つの直線領域に隣接する直線領域上に存在する最近接の観測点との距離より小さい、としてもよい。

10

## 【0113】

上記構成により、第2対象領域において、複数の送信イベント間で超音波ビームの進行方向が変化する範囲を広く、かつ、観測点、送信フォーカス点F、受信開口の3つの位置関係が複数の送信イベント間で大きく変化することを保ったまま、プローブの振動子が並ぶ向きに観測点密度を低下させることで、観測点数を削減することができる。したがって、演算量の削減量に対する音響線信号のS/N比および空間解像度の低下の度合いをより小さく抑えることができる。

20

## 【0114】

(8)また、上記(1)～(7)の超音波信号処理装置は、前記第2対象領域内の一部領域における、前記プローブの振動子が並ぶ向きの観測点密度は、当該一部領域と、前記プローブの振動子が並ぶ向きに直交し前記フォーカス点を通過する直線との距離が小さいほど大きい、としてもよい。

上記構成により、音響線信号のS/N比が高い領域ほど観測点密度が高くなるため、音響線信号のS/N比の低下を抑止することができる。

## 【0115】

(9)また、上記(1)～(8)の超音波信号処理装置は、前記被検体内に超音波照射領域を定め、前記超音波照射領域に基づいてフォーカス点を定めて前記フォーカス点において集束する超音波ビームを前記送信部に送信させ、前記超音波ビームに対応する反射超音波に基づく受信信号列を前記受信部に生成させ、前記超音波照射領域を含む試験領域内に観測点を複数設定し、前記観測点に対する音響線信号を整相加算部に生成させ、前記音響線信号に基づいて第1対象領域と第2対象領域とを定める領域設定部をさらに備える、としてもよい。

30

## 【0116】

上記構成により、音響線信号のS/N比の実測値に基づいて第2対象領域を定めることができる。したがって、音響線信号のS/N比を所望の基準を満たすために必要な観測点を過不足なく設定することが可能となり、ユーザが所望する基準を音響線信号の品質が満たす範囲で演算量を最小にすることが可能となる。

40

(10)また、上記(9)の超音波信号処理装置は、前記領域設定部は、前記試験領域内の観測点のうち、対応する音響線信号の振幅が所定の閾値以上である観測点が存在する領域を、前記第1対象領域および前記第2対象領域として設定する、としてもよい。

## 【0117】

上記構成により、音響線信号から簡易な処理により第2対象領域を定めることができる。

(11)また、上記(1)～(8)の超音波信号処理装置は、前記超音波プローブの特性を用いて、第1対象領域と第2対象領域とを定める領域設定部をさらに備える、としてもよい。

50

## 【 0 1 1 8 】

上記構成により、超音波プローブの特性から音響線信号における S / N 比の位置依存性を推測し、適切な第 2 対象領域を定めることができる。

( 1 2 ) また、上記 ( 1 1 ) の超音波信号処理装置は、超音波プローブごとの特性を保持しているプローブ特性保持部をさらに備え、前記領域設定部は、前記超音波信号処理装置が用いる超音波プローブの特性を前記プローブ特性保持部から取得する、としてもよい。

## 【 0 1 1 9 】

上記構成により、用いる超音波プローブに合わせ、適切な第 2 対象領域を定めることができる。

( 1 3 ) また、上記 ( 1 ) ~ ( 1 2 ) の超音波信号処理装置は、前記第 2 対象領域は、前記第 1 対象領域に含まれる観測点の数と前記第 2 対象領域に含まれる観測点の数との合計が、前記整相加算部と前記合成部とによって定まる所定の上限値を超えないように設定される、としてもよい。

## 【 0 1 2 0 】

上記構成により、超音波信号処理装置が処理できる範囲に観測点数を抑制することができる、いわゆるコマ落ち等の処理能力不足による不具合を抑制することができる。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 1 2 1 】

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 2 2 】

- 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 3 1 送信部
- 1 0 4 受信ビームフォーマ部
- 1 0 4 0 受信部
- 1 0 4 1 整相加算部
- 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

10

20

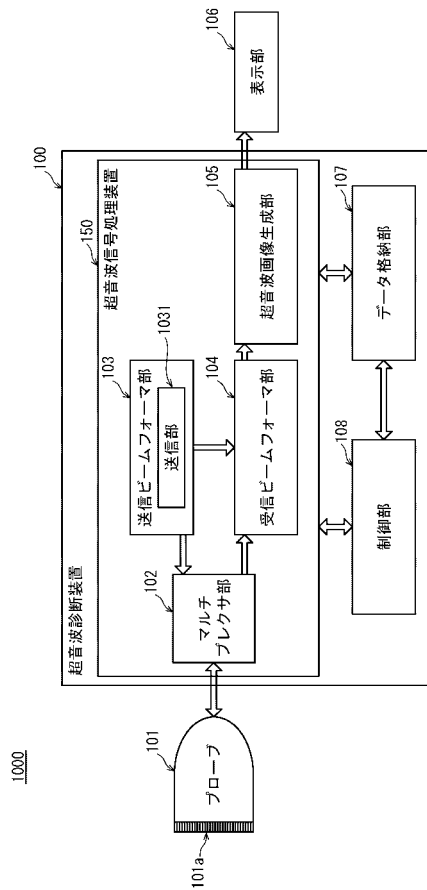
30

40

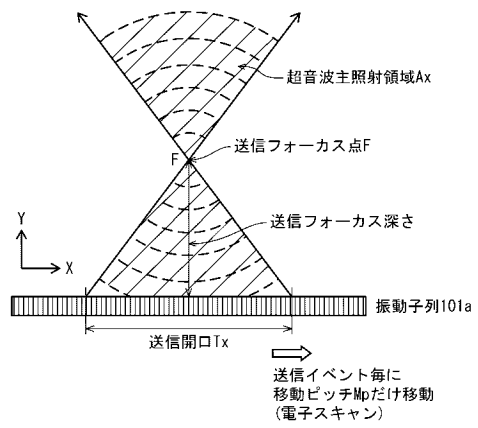
50

150 超音波信号処理装置  
1000 超音波診断システム

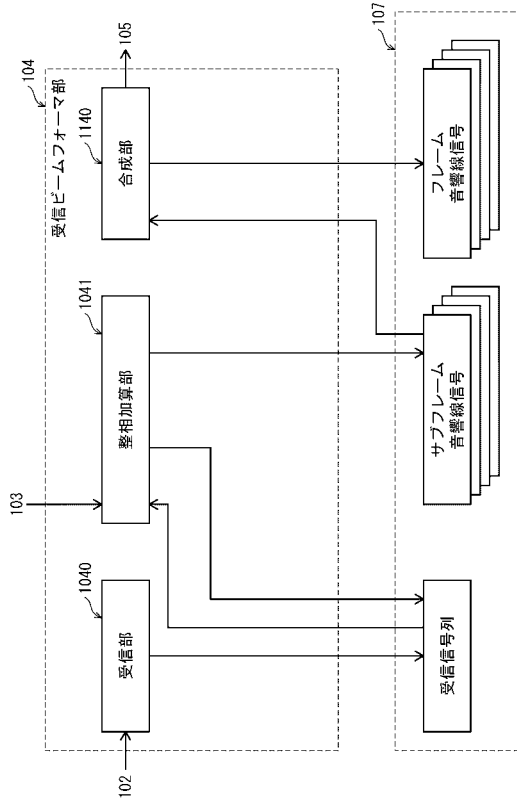
【 図 1 】



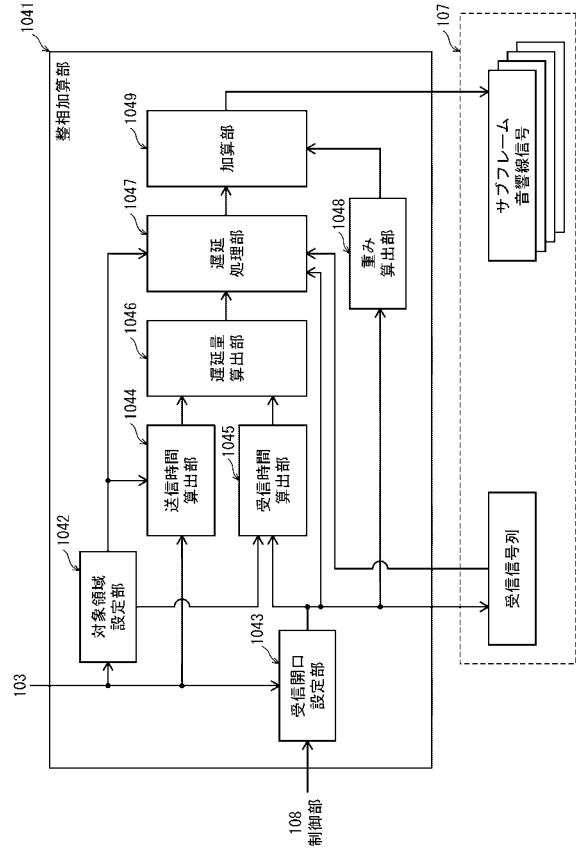
【 図 2 】



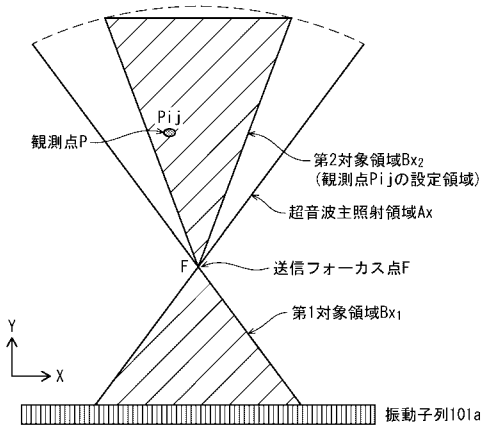
【図3】



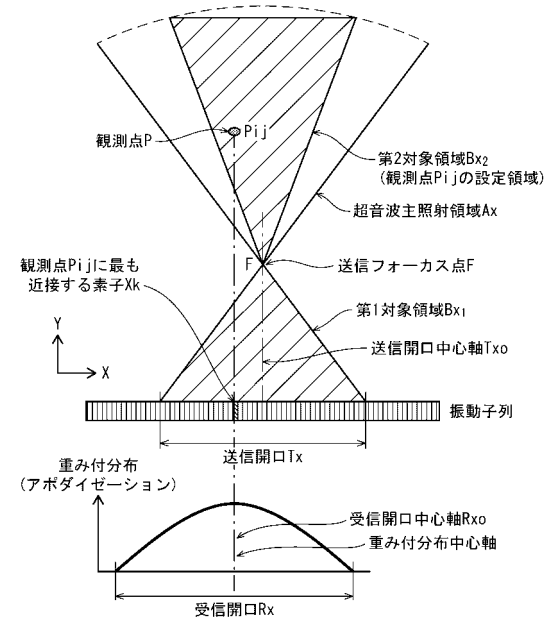
【図4】



【図5】

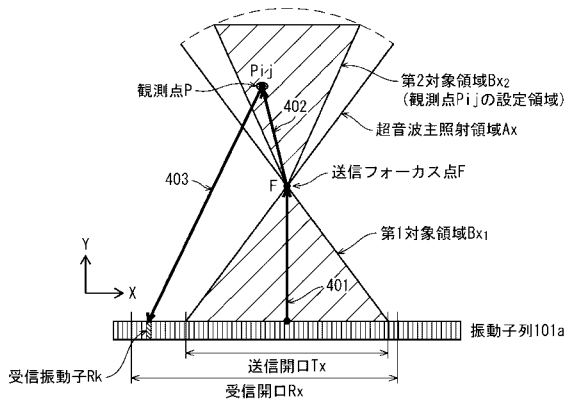


【図6】

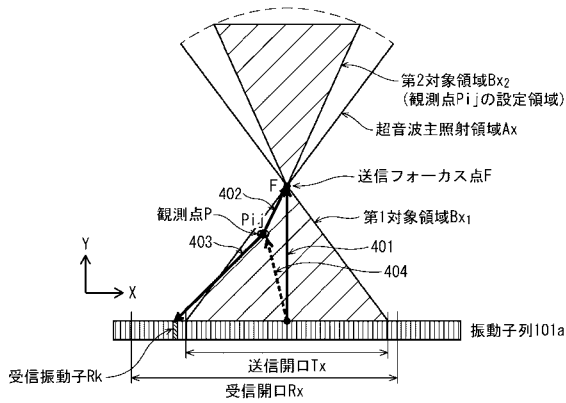


【 図 7 】

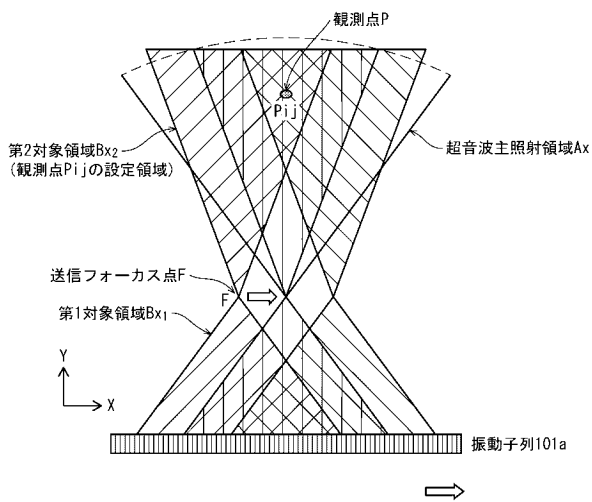
(a)



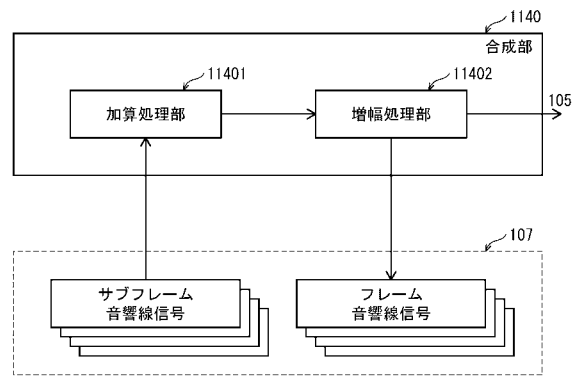
(b)



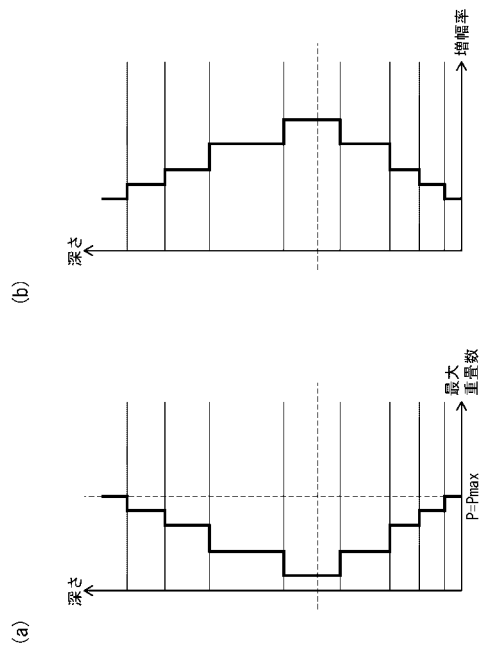
【 図 9 】



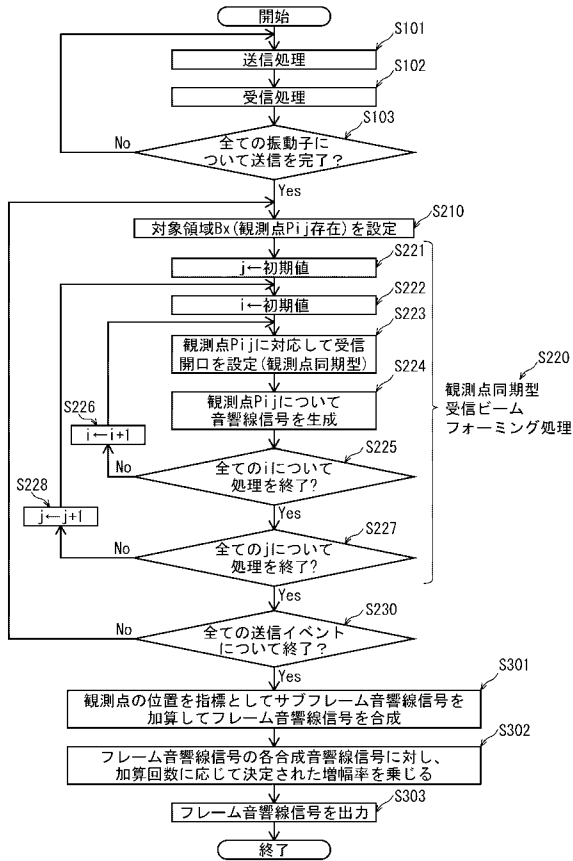
【 図 8 】



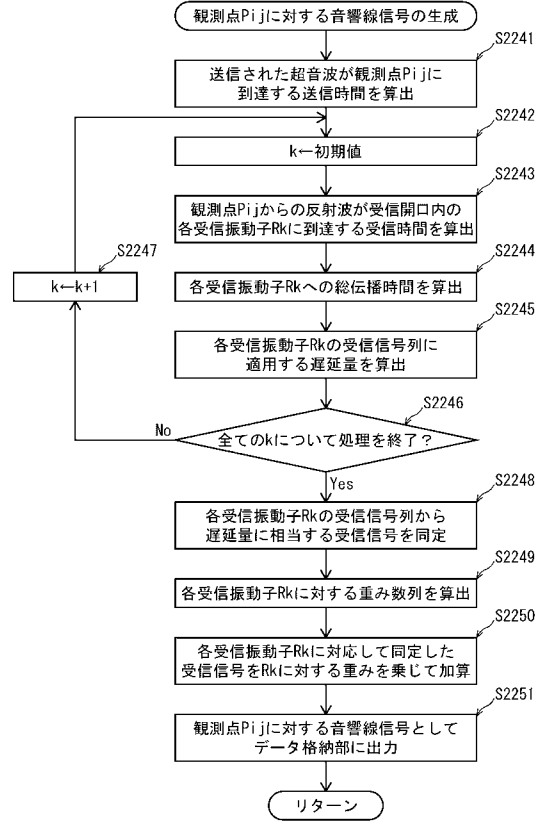
【 図 10 】



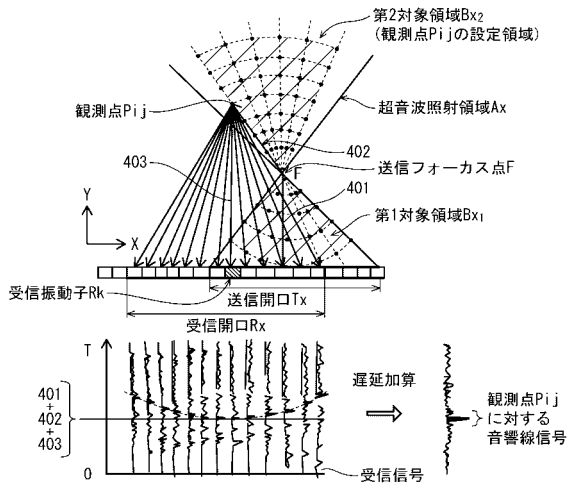
【図11】



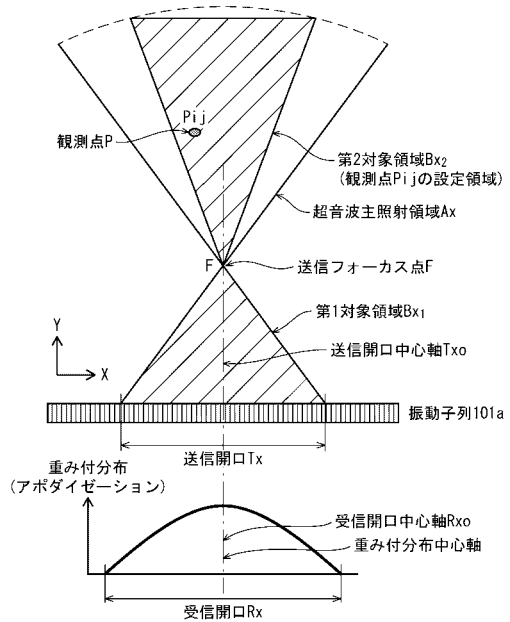
【図12】



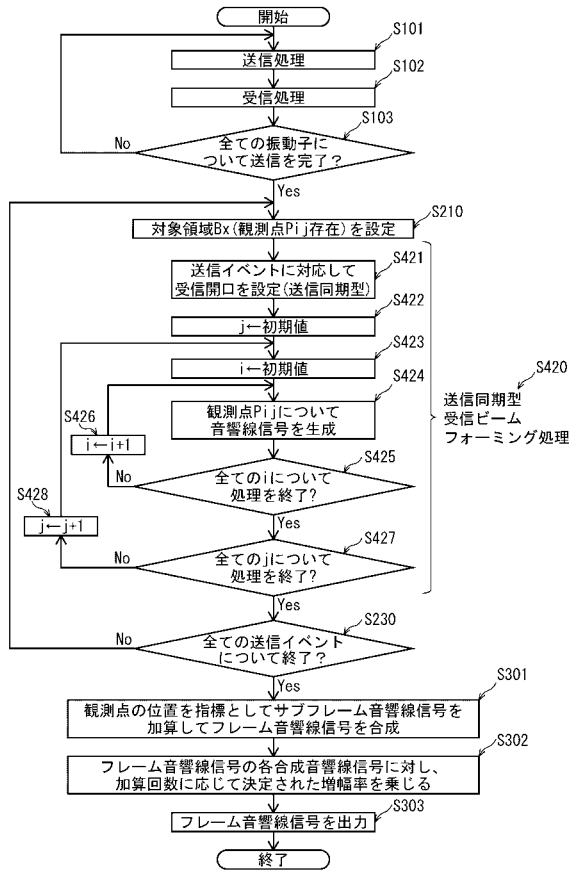
【図13】



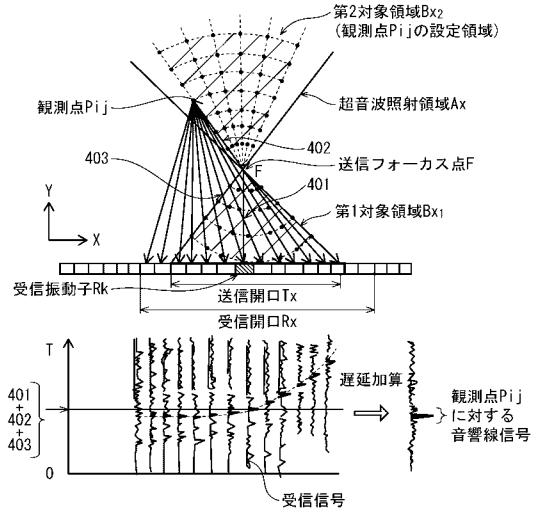
【図14】



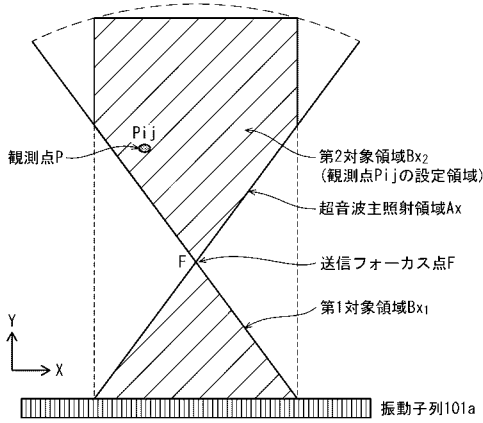
【図15】



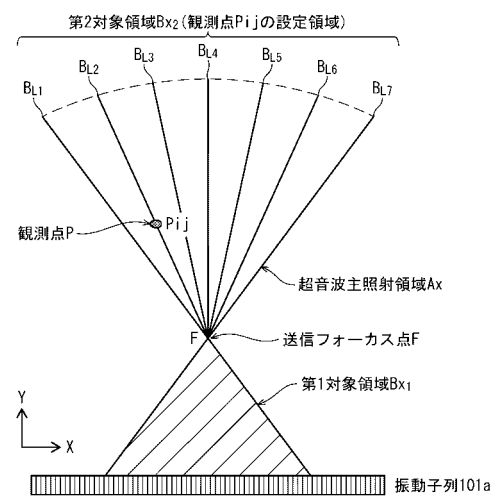
【図16】



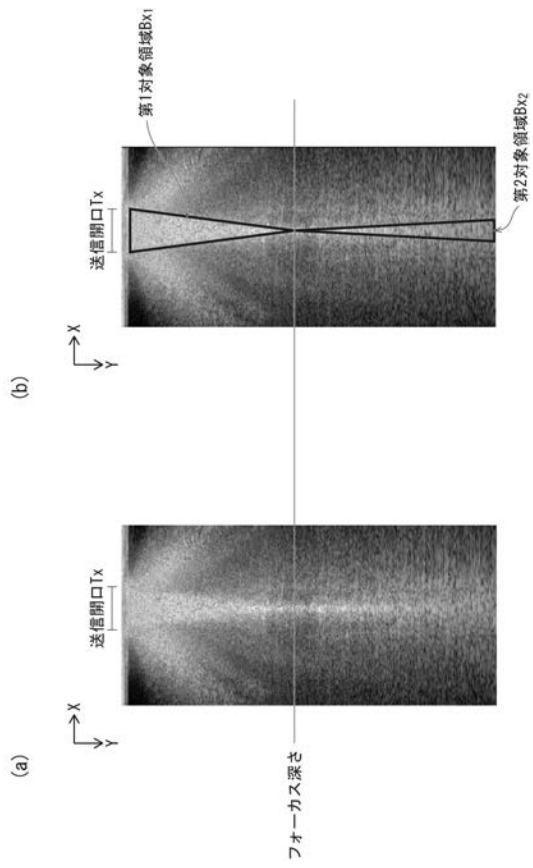
【図17】



【図18】



【 図 1 9 】



专利名称(译)	超声波信号处理装置，超声波信号处理方法和超声波诊断装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2018093974A</a>	公开(公告)日	2018-06-21
申请号	JP2016239550	申请日	2016-12-09
[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		
发明人	渡邊 泰仁		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/44 A61B8/14 A61B8/4488 A61B8/5207 G01S7/52046 G01S15/8915 G01S15/8961 G01S15/8997 G10K11/346		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/HH15 4C601/HH17 4C601/HH29 4C601/HH31 4C601/HH38		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

一种超声波信号处理装置，能够在使用会聚发送波束形成的合成孔径方法中抑制空间分辨率和S / N比的降低的同时减少相位相加的计算量，以及使用其的超声波诊断装置。和聚焦点，以及发送单元，用于超声波束发射到通过连接传输换能器柱的端部的两个直线限定的超声波主照射区域，用于产生接收信号序列的接收单元，将比焦点浅的超声波主照射区域的整个区域设定为第一对象区域，将从比焦点更深的区域除去该部分的区域设定为第二对象区域，一种定相加法单元，用于通过对存在于第一目标区域和第二目标区域中的多个观察点的反射超声波执行接收信号序列的相位相加来产生子帧声线信号；以及合成单元，用于基于所生成的多个子帧声线信号合成帧声线信号。 点域5

