

(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2016-185212

(P2016-185212A)

(43) 公開日 平成28年10月27日(2016.10.27)

(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 15 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2015-66483 (P2015-66483)  
 (22) 出願日 平成27年3月27日 (2015.3.27)

(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 BB06 EE08 HH29 HH38

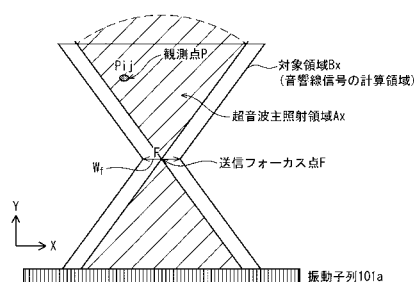
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、及び、超音波診断装置

## (57) 【要約】

【課題】一般的な送信ビームフォーミングを用いた合成開口法において、超音波画像の欠損領域が生じることによる画質劣化を抑制しながらフレームレートを向上する。

【解決手段】被検体に超音波送信する送信イベントを繰り返し、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き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超音波信号処理装置であって、1回の送信イベントにおいて送信振動子列から超音波が被検体中で集束するように送信し、送信イベントに同期して、送信振動子列が列方向に、振動子複数個分のピッチで移動するよう選択し、送信イベントごとに、被検体内で超音波が集束する場所に対応する位置を含み、かつ、被検体内で超音波が集束するフォーカス深さに対応する列方向の幅が少なくともピッチ以上である対象領域を設定し、対象領域内の観測点についてサブフレーム音響線信号を生成する。

【選択図】図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波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超音波信号処理装置であって、

1 回の送信イベントにおいて前記複数の振動子から送信振動子列を選択し、前記送信振動子列から超音波が被検体中で集束するように送信し、各送信イベントに同期して、超音波を送信する送信振動子列が列方向に、振動子複数個分のピッチで移動するよう選択する送信部と、

各送信イベントに同期して前記複数の振動子から受信振動子列を選択し、前記受信振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記受信振動子列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、前記被検体内で超音波が集束するエリアに対応する領域を含み、かつ、前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さに対応する列方向の幅が少なくとも前記ピッチ以上である対象領域を設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算して前記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

を備える超音波信号処理装置。

**【請求項 2】**

前記整相加算部は、前記送信振動子列を底辺とし、前記フォーカス深さに対応する前記列方向の幅が最も小さく、かつ、当該幅が前記ピッチより小さい砂時計形状の第 1 対象領域と、少なくとも前記フォーカス深さにおいて前記第 1 対象領域と前記列方向に隣接する第 2 対象領域とを、前記対象領域として設定する

請求項 1 に記載の超音波信号処理装置。

**【請求項 3】**

前記整相加算部は、送信された超音波が被検体内の観測点に到達する送信時間を算出し、前記観測点からの超音波が前記受信素子列に含まれる振動子の各々に到達する受信時間と、前記送信時間との和を、送信された超音波が前記観測点で反射され前記受信素子列に含まれる振動子の各々へ到達するまでの総伝播時間として算出し、前記受信素子列に含まれる振動子の各々に対する遅延量を当該総伝播時間から算出して整相加算を行う

請求項 2 に記載の超音波信号処理装置。

**【請求項 4】**

前記整相加算部は、前記第 1 対象領域内の観測点について、前記観測点の深さが前記フォーカス深さより深い位置の場合は、送信された超音波が前記第 1 対象領域内であって前記フォーカス深さにある基準点に到達するまでの第 1 時間に、超音波が前記基準点から前記観測点に到達するまでの第 2 時間を加算して算出した到達時間を、前記観測点の深さが前記フォーカス深さ未満の場合は、前記第 1 時間から前記第 2 時間を減算して算出した到達時間を、前記観測点についての前記送信時間とする

請求項 3 に記載の超音波信号処理装置。

**【請求項 5】**

前記整相加算部は、前記第 2 対象領域内の観測点について、前記観測点の深さが前記フォーカス深さより深い位置の場合は、前記第 1 時間に、超音波が前記基準点から前記観測点に到達するまでの第 3 時間を加算して算出した第 2 到達時間を、前記観測点の深さが前記フォーカス深さ未満の場合は、前記第 1 時間から前記第 3 時間を減算して算出した第 2 到達時間を、前記観測点についての前記送信時間とする

請求項 4 に記載の超音波信号処理装置。

**【請求項 6】**

10

20

30

40

50

前記整相加算部は、前記第 2 対象領域内における、少なくとも前記フォーカス深さにある観測点について、送信された超音波が、前記送信振動子列上のいずれかの位置から前記観測点と同じ深さにあるいずれかの位置に到達するまでの時間を前記送信時間とする

請求項 4 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記整相加算部は、前記第 2 対象領域内の観測点について、送信された超音波が前記送信振動子列の列中心から前記観測点に到達するまでの時間を、当該観測点についての前記送信時間とする

請求項 6 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 8】

前記整相加算部は、前記第 2 対象領域内の観測点について、(1) 前記観測点が前記第 1 対象領域との境界に近接している場合には、前記到達時間を前記観測点についての前記送信時間とし、(2) 前記観測点の深さが前記フォーカス深さである場合には、送信された超音波が前記送信振動子列上のいずれかの位置から前記観測点と同じ深さにあるいずれかの位置に到達するまでの第 2 到達時間を、前記観測点についての前記送信時間とし、(3) 前記送信振動子列の列方向と直交する直線上の複数の観測点について、観測点の深さの増加に対し前記送信時間が連続的に単調増加する、ように前記送信時間を算出する

請求項 6 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 9】

前記整相加算部は、前記到達時間を  $T_1$  とし、前記第 2 到達時間を  $T_2$  としたとき、当該観測点に係る前記送信時間  $T_M$  を数式

$$T_M = \alpha T_1 + (1 - \alpha) T_2$$

を用いて算出し、 $\alpha$  の値は、当該観測点が前記フォーカス深さであるときに 0、当該観測点が前記第 1 領域と接しているときに 1 であり、当該観測点の深さと前記フォーカス深さとの差異に応じて連続的に増加する

請求項 8 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 10】

前記整相加算部は、連続する 2 つの送信イベントにおいて、前記第 2 対象領域が列方向において重なるように前記対象領域を設定する

請求項 2 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

前記整相加算部は、連続する 2 つの送信イベントにおいて前記第 2 対象領域が列方向において重なる面積が、前記第 2 対象領域の面積の 50% 以上となるように前記対象領域を設定する

請求項 10 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 12】

前記合成部は、前記複数のサブフレーム音響線信号のうち前記第 1 領域に含まれる部分を合成して第 1 領域の合成音響線信号を生成し、さらに、前記複数のサブフレーム音響線信号のうち前記第 2 領域に含まれる部分を合成して第 2 領域の合成音響線信号を生成し、第 1 領域の合成音響線信号と第 2 領域の合成音響線信号とを結合して合成音響線信号を生成する

請求項 2 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 13】

前記合成部において加算が行われる数に応じて決定した増幅率を用いて、前記複数のサブフレーム音響線信号のそれぞれを増幅する増幅処理部をさらに備える

請求項 1 乃至 12 にいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 14】

超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波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サブフレーム音響線信号に

10

20

30

40

50

基づいてフレーム音響線信号を合成する超音波信号処理装置であって、

1回の送信イベントにおいて前記複数の振動子から送信振動子列を選択し、前記送信振動子列から超音波が被検体中で集束するように送信し、各送信イベントに同期して、超音波を送信する送信振動子列が列方向に順次移動するよう選択する送信部と、

各送信イベントに同期して前記複数の振動子から受信振動子列を選択し、前記受信振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記受信振動子列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、前記被検体内で超音波が集束するエリアに対応する領域を含み、かつ、前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さに対応する列方向の幅が少なくとも前記振動子1個の幅より大きい対象領域を設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算して前記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

を備える超音波信号処理装置。

【請求項15】

前記超音波プローブが接続可能に構成された、

請求項1乃至14のいずれか1項に記載の超音波信号処理装置を備えた超音波診断装置

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波信号処理装置、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、図27に示すように、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。また、合成開口

10

20

30

40

50

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、分解能及び信号 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 (P 42 - P 45)

【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 10

【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、超音波画像の時間に対する解像度、すなわち、超音波画像のフレームレートを向上させることが検討されている。超音波診断装置の性能上、フレームレートを向上させるためには、超音波送信イベントの回数を減らす必要がある。しかしながら、上述したような一般的な送信ビームフォーミングでは、フォーカス深さに近づくほど超音波の波面が集束している。そのため、送信イベント回数を減らすと、超音波が集束している箇所では、超音波が照射される領域が間欠的（素子の並び方向に疎になる）となり、フォーカス深さ近傍では、振動子列方向に沿って、超音波画像において描画されない欠損領域が生じる。この結果、超音波画像の画質劣化が顕著となる場合がある。 20

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、一般的な送信ビームフォーミングを用いた合成開口法において、超音波画像の欠損領域が生じることによる画質劣化を抑制しながらフレームレートを向上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、超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波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超音波信号処理装置であって、1 回の送信イベントにおいて前記複数の振動子から送信振動子列を選択し、前記送信振動子列から超音波が被検体中で集束するように送信し、各送信イベントに同期して、超音波を送信する送信振動子列が列方向に、振動子複数個分のピッチで移動するよう選択する送信部と、各送信イベントに同期して前記複数の振動子から受信振動子列を選択し、前記受信振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記受信振動子列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、前記被検体内で超音波が集束するエリアに対応する領域を含み、かつ、前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さに対応する列方向の幅が少なくとも前記ピッチ以上である対象領域を設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算して前記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。 30 40

【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、一般的な送信ビームフォーミングを用いた合成開口法において、超音波画像の欠損領域が生じないため、これによる画質劣化を伴わずにフレームレートを向上できる。 50

## 【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。

【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 $B_x$ を示す模式図である

【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。 10

【図7】実施の形態1に係る、送信開口 $T_x$ から観測点 $P_{ij}$ を経由して受信振動子 $R_i$ に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。

【図8】実施の形態1に係る合成部1140の構成を示す機能ブロック図である。

【図9】実施の形態1に係る加算処理部11401における合成音響線信号を合成する処理を示す模式図である。

【図10】実施の形態1に係る、合成音響線信号における最大重畳数と、増幅処理部11402における増幅処理の概要を示す模式図である。

【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。 20

【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 $T_x$ 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。

【図15】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。

【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。 30

【図17】実施の形態2に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部104Aの構成を示す機能ブロック図である。

【図18】実施の形態2に係る対象領域 $B_x$ を示す模式図である。

【図19】実施の形態2に係るサブフレーム音響線信号からフレーム音響線信号を生成する生成する処理を示す模式図である。

【図20】実施の形態2に係る受信ビームフォーマ部104A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21】変形例2に係る超音波の伝播経路を説明するための模式図である。

【図22】変形例2に係る超音波の伝播経路を説明するための模式図である。

【図23】変形例3に係る超音波の伝播経路を説明するための模式図である。 40

【図24】変形例4に係る対象領域 $B_x$ を示す模式図である。

【図25】その他の対象領域 $B_x$ の例を示した模式図である。

【図26】超音波画像の一例である。

【図27】従来の超音波診断装置における整相加算の模式図である。

【図28】従来の、波面を集束させる送信ビームフォーミングと合成開口法の組み合わせにおける課題を説明する模式図である。

## 【発明を実施するための形態】

【0011】

発明を実施するための形態に至った経緯

発明者は、合成開口法を用いる超音波診断装置において、フレームレートを向上させる 50

ために各種の検討を行った。

超音波診断装置においては、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、波面を集束させる送信ビームフォーミングがなされる（以下、フォーカスが結ばれる深さを「フォーカス深さ」とする）。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。ここで、「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のことである。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、1.5素子分から数素子分程度にフォーカスした領域（以下、「フォーカス領域」とする）に集束する場合もあるが、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。すなわち、超音波主照射領域は、フォーカス深さで列方向の幅が最も狭くなり、それ以外の深さでは、フォーカス深さまでの距離に応じて列方向の幅が広がる形状となる。

10

#### 【0012】

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、音響線信号が生成される領域（以下、「対象領域」とする）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。

20

#### 【0013】

したがって、図28(a)に示すように、砂時計形状の超音波主照射領域の全域を対象領域として送信イベントを行い、送信イベントに同期して、順次超音波主照射領域と対象領域とを1素子分ずつ移動させて音響線信号を生成し（以下、1回の送信イベントで生成される音響線信号を「サブフレーム音響線信号」とする）、複数のサブフレーム音響線信号を合成して1フレームの超音波画像を生成することが従来行われている。この方法によれば、1フレームの超音波画像を生成するための所要時間は、1回の送信イベントの所要時間に、1フレームあたりの送信イベントの回数を乗じた時間となる。

30

#### 【0014】

上述したように、合成開口法を用いることで音響線信号の分解能及び信号S/N比が向上する。しかしながら、例えば、被検体や検査者の負担を軽減するため短時間で画像を取得したい、または、血流など動きのある超音波画像における時間解像度を向上させたい、などの場合、フレームレートの向上が求められる。フレームレートを向上させるためには、1フレームの超音波画像を生成するための所要時間を短縮する必要がある。1回の送信イベントの所要時間は、超音波の伝搬速度によりほぼ一義的に定まり、短縮することが難しい。そのため、1フレームあたりの送信イベントの回数を小さくすることによる、フレームレートの向上が検討されている。

40

#### 【0015】

1フレームあたりの送信イベントの回数を小さくするには、超音波主照射領域と対象領域とを送信イベントに同期して移動させる際に、その移動ピッチを大きくすればよい。すなわち、移動ピッチが1素子分であったところを、2素子分にすれば、サブフレーム音響線信号の1/2を間引いたのと同じことになり、フレームレートを2倍化できる。同様に、移動ピッチを4素子分にすれば、フレームレートを4倍化できる。

50

## 【0016】

しかしながら、砂時計形状の超音波主照射領域の全域を対象領域としている場合に、移動ピッチを2素子分以上に大きくすると、図28(b)に示すように、欠損領域が生じることとなる。ここで、「欠損領域」とは、超音波画像において、いずれの送信イベントでも対象領域に含まれない領域のことを言う。図28(b)では、移動ピッチが4素子分であるため、フォーカス深さおよびその近傍の、超音波主照射領域の列方向の幅が移動ピッチを下回っている深さにおいて、欠損領域が生じている。なお、この場合に限らず、送信超音波がフォーカス領域に集束する場合であっても、フォーカス領域の列方向の幅が移動ピッチを下回っていれば、同様に欠損領域が生じる。また、対象領域が超音波主照射領域より狭い場合、フォーカス深さにおける対象領域の列方向の幅が移動ピッチを下回っていれば、同様の課題が生じることになる。図26(d)は欠損領域が生じた超音波画像の一例であり、矢印で示す深さが、フォーカス深さである。フォーカス深さでは送信超音波が集束しているためこの領域からの反射超音波は強く、欠損領域の周辺領域は音響線信号の値が大きくなりやすいので、欠損領域が超音波画像上に縦縞として顕著に表れる傾向がある。そのため、フォーカス点の近傍において、画質が顕著に劣化することになる。

10

## 【0017】

そこで、発明者は、上記課題に鑑み、波面を集束させる送信ビームフォーミングと合成開口法の組み合わせにおいて、上述した画質の劣化を抑制しつつフレームレートを向上させる技術について検討を行い、実施の形態に係る超音波信号処理方法及びそれを用いた超音波診断装置に想到するに至ったものである。

20

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。

## 【0018】

## 実施の形態1

## &lt;全体構成&gt;

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。

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。

30

## 【0019】

## &lt;超音波診断装置100の構成&gt;

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。

40

## 【0020】

このうち、マルチプレクサ部102、送信ビームフォーマ部103、受信ビームフォー

50

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、CPU (Central Processing Unit) や GPGPU (General Purpose computing on Graphics Processing Unit) やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にする 것도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 것도できる。

10

#### 【0021】

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。

20

#### 【0022】

##### < 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。

30

#### 【0023】

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。

40

#### 【0024】

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。

50

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。

#### 【0025】

送信部1031は、超音波送信ごとに送信開口Txを列方向に、所定の移動ピッチ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。ここで、移動ピッチMpは、振動子の列方向の幅に2以上の整数を乗算したものであり、本実施の形態では、一例として、振動子の列方向の幅の4倍である。すなわち、本実施の形態では、超音波送信ごとに、送信開口Txが4素子分ずつ移動していく。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、超音波送信毎に移動ピッチMp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。

#### 【0026】

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。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に集束せず、フォーカス領域に集束してもよい。

#### 【0027】

なお、上述したように、超音波主照射領域Axは、送信振動子列の各振動子から送波された超音波の位相が揃っている領域であり、超音波主照射領域Axの外部にも超音波送信波は伝播している。もっとも、超音波主照射領域Axの外部においては、送信振動子列の各振動子から送波された超音波の位相が揃っていないため、超音波主照射領域Ax内部と比べて超音波送信波が劣化しており、特に、超音波主照射領域Axから遠ざかるほど劣化が顕著となる。逆に言えば、超音波主照射領域Axから振動子数個分離れた程度の近傍であれば、有意な音響線が生成できる程度には超音波送信波が到達している。

#### 【0028】

##### 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。

10

20

30

40

50

## 【0029】

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を介してプロープ101と接続され、送信イベントに同期してプロープ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。

## 【0030】

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、プロープ101に存する複数の振動子101a中、送信開口Txに含まれる複数の振動子の各々に超音波ビームを送信させる。これに対し、受信部1040は、送信イベントに同期してプロープ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、反射超音波を受信する振動子を「受波振動子」と称呼する。受波振動子の数は、送信開口Txに含まれる振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子の数はプロープ101に存する振動子101aの全数としてもよい。

## 【0031】

送信部1031は、送信イベントに同期して送信開口Txを列方向に移動ステップMpずつ移動させながら超音波送信を繰り返し、プロープ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。

## 【0032】

## (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、観測点から各受信振動子Ri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1046、遅延処理部1047、重み算出部1048、及び加算部1049を備える。

## 【0033】

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。

## 【0034】

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。

## 【 0 0 3 5 】

対象領域設定部 1 0 4 2 は、送信イベントに同期して、送信ビームフォーマ部 1 0 3 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内  $B_x$  を設定する。

図 5 は、対象領域  $B_x$  を示す模式図である。図 5 に示すように、対象領域  $B_x$  の範囲は、超音波主照射領域  $A_x$  より大きく、超音波主照射領域  $A_x$  の外部を含むように設定される。より具体的には、列方向の幅の最小値  $W_f$  が送信ピッチ  $M_p$  以上となるように設定される。本実施の形態では、超音波主照射領域  $A_x$  の砂時計形状に対して、所定の幅だけ広げた形状である。この形状においては、フォーカス深さにおいて列方向の幅が最も小さくなるため、フォーカス深さにおける列方向の幅  $W_f$  が送信ピッチ  $M_p$  以上となるように設定される。例えば、送信ピッチ  $M_p$  が 4 素子分である場合には、列方向の幅  $W_f$  は 4 素子分以上であればよく、所定の幅は送信ピッチ  $M_p$  の半分以上、例えば、3 素子分となる。このようにすることで、超音波主照射領域  $A_x$  のほぼ全域とその近傍を含む領域に観測点を設定することができ、照射された超音波の利用効率を向上することができる。

10

## 【 0 0 3 6 】

しかしながら、対象領域  $B_x$  の形状は、砂時計形状の幅を広げた形状に限定されず他の形状としてもよい。例えば、対象領域  $B_x$  の形状は、送信振動子列が接触する被検体表面を底辺とする矩形形状としてもよい。この場合も、超音波主照射領域  $A_x$  のほぼ全域を含む領域に観測点を設定することができ、照射された超音波の利用効率を向上することができる。もっとも、上述したように、超音波主照射領域  $A_x$  の外部では超音波主照射領域  $A_x$  からの距離に応じて超音波送信波が劣化しているため、対象領域  $B_x$  は、超音波主照射領域  $A_x$  とその近傍で構成されることが好ましい。

20

## 【 0 0 3 7 】

設定された対象領域  $B_x$  は送信時間算出部 1 0 4 4、受信時間算出部 1 0 4 5、遅延処理部 1 0 4 7 に出力される。

## i i) 受信開口設定部 1 0 4 3

受信開口設定部 1 0 4 3 は、制御部 1 0 8 からの制御信号と、送信ビームフォーマ部 1 0 3 からの送信開口  $T_x$  の位置を示す情報とに基づき、プローブ 1 0 1 に存する複数の振動子の一部に当たり、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（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。

## 【 0 0 3 8 】

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に受信開口  $R_x$  振動子列を選択する。図 6 は、受信開口設定部 1 0 4 3 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  $X_i$  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  $R_i$  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

40

## 【 0 0 3 9 】

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 3 2、6 4、9 6、1 2 8、1 9 2 等としてもよい。

受信開口  $R_x$  の設定は、送信イベントに対応して、送信イベント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。

## 【 0 0 4 0 】

50

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。

#### 【0041】

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 から取得した超音波主照射領域  $A_x$  を含む対象領域  $B_x$  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。

#### 【0042】

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  $R_i$  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  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以上の場合、図7(b)は観測点  $P_{ij}$  が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、その反射波がプロンプ101における受信開口  $R_x$  内の受信振動子  $R_i$  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。

#### 【0043】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。なお、観測点  $P_{ij}$  が超音波主照射領域  $A_x$  の外部である場合であっても、観測点  $P_{ij}$  が超音波主照射領域  $A_x$  の内部である場合と同様に送信時間を算出する。

まず、観測点  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以上の場合について、図7(a)を用いて説明する。観測点  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以上の場合、送信開口  $T_x$  から放射された送信波が、経路401を通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。

#### 【0044】

一方、観測点  $P_{ij}$  がフォーカス深さより浅い場合について、図7(b)を用いて説明する。観測点  $P_{ij}$  が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を通して送信フォーカス点  $F$  に到達する時刻と、経路404を通して観測点  $P_{ij}$  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。

#### 【0045】

なお、観測点  $P_{ij}$  がフォーカス深さである場合の送信時間は、観測点  $P_{ij}$  が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

。但し、1回の送信イベントにおいて、フォーカス深さの複数の観測点  $P_{ij}$  は同じ算出方法で送信時間を算出することが好ましい。観測点  $P_{ij}$  がフォーカス深さより深い場合の算出方法とフォーカス深さより浅い場合と同じ算出方法が、1回の送信イベントにおけるフォーカス深さの複数の観測点  $P_{ij}$  で混在していると、列方向に隣接する2つの観測点  $P_{ij}$  で送信時間が不連続に変化するため、画質の向上が不十分となる場合があるからである。

#### 【0046】

送信時間算出部1044は、1回の送信イベントに対し、超音波主照射領域  $A_x$  内に存在する対象領域  $B_x$  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。

10

#### i v) 受信時間算出部1045

受信時間算出部1045は、観測点  $P$  からの反射波が、受信開口  $R_x$  に含まれる受信振動子  $R_i$  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  $R_i$  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  $P_{ij}$  で反射され受信開口  $R_x$  の各受信振動子  $R_i$  に到達する受信時間を算出する。

#### 【0047】

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における受信開口  $R_x$  内の各受信振動子  $R_i$  に戻っていく。受信開口  $R_x$  内の各受信振動子  $R_i$  の位置情報はデータ格納部107から取得されるので、任意の観測点  $P_{ij}$  から各受信振動子  $R_i$  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。

20

#### 【0048】

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  $P_{ij}$  で反射して各受信振動子  $R_i$  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開口  $R_x$  内の各受信振動子  $R_i$  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  $R_i$  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、観測点  $P_{ij}$  で反射して各受信振動子  $R_i$  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  $R_i$  へ到達するまでの総伝播時間を算出し、各受信振動子  $R_i$  に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子  $R_i$  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  $R_i$  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

#### 【0049】

#### 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  $R_i$  に対する受信信号の列から、各受信振動子  $R_i$  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  $R_i$  に対応する受信信号として同定する回路である。

40

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  $R_i$  の位置を示す情報、データ格納部107から受信振動子  $R_i$  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  $R_i$  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  $R_i$  に対応する受信信号の列から、各受信振動子  $R_i$  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。

#### 【0050】

50

## v i i ) 重み算出部 1 0 4 8

重み算出部 1 0 4 8 は、受信開口  $R \times$  の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるよう各受信振動子  $R_i$  に対する重み数列（受信アポダイゼーション）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  $R \times$  内の各振動子に対応する受信信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、送信フォーカス点  $F$  を中心として対称な分布をなす。重み数列の分布の形状は、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓などを用いることができ、分布の形状は特に限定されない。重み数列は、受信開口  $R \times$  の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるように設定され、重みの分布の中心軸は、受信開口中心軸  $R \times o$  と一致する。重み算出部 1 0 4 8 は、受信開口設定部 1 0 4 3 から出力される受信振動子  $R_i$  の位置を示す情報を入力として、各受信振動子  $R_i$  に対する重み数列を算出し加算部 1 0 4 9 に出力する。

10

## 【 0 0 5 1 】

## v i i i ) 加算部 1 0 4 9

加算部 1 0 4 9 は、遅延処理部 1 0 4 7 から出力される各受信振動子  $R_i$  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 1 0 4 8 から出力される各受信振動子  $R_i$  に対する重み数列を入力として、各受信振動子  $R_i$  に対応して同定された受信信号に、各受信振動子  $R_i$  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 1 0 4 7 において受信開口  $R \times$  内に位置する各受信振動子  $R_i$  が検出した受信信号の位相を整えて加算部 1 0 4 9 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  $R_i$  で受信した受信信号を重ね合わせてその信号  $S/N$  比を増加し、観測点  $P_{ij}$  からの受信信号を抽出することができる。

20

## 【 0 0 5 2 】

1 回の送信イベントとそれに伴う処理から、超音波主照射領域  $A \times$  を含む対象領域  $B \times$  内の全ての観測点  $P_{ij}$  について音響線信号を生成することができる。そして、送信イベントに同期して送信開口  $T \times$  を列方向に移動ピッチ  $M_p$  だけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ 1 0 1 に存する全ての振動子 1 0 1 a 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。

30

## 【 0 0 5 3 】

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 1 0 4 9 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 1 0 7 に出力され保存される。

## 【 0 0 5 4 】

## ( 5 ) 合成部 1 1 4 0

合成部 1 1 4 0 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 1 1 4 0 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 1 1 4 0 は、加算処理部 1 1 4 0 1、増幅処理部 1 1 4 0 2 を備える。

40

## 【 0 0 5 5 】

以下、合成部 1 1 4 0 を構成する各部の構成について説明する。

## i ) 加算処理部 1 1 4 0 1

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

50

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。

【 0 0 5 6 】

図 9 は、加算処理部 1 1 4 0 1 における合成音響線信号を合成する処理を示す模式図である。上述のとおり、送信イベントに同期して送信振動子列（送信開口  $T_x$ ）に用いる振動子を振動子列方向に移動ピッチ  $M_p$  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超音波主照射領域  $A_x$  内を含む対象領域  $B_x$  も送信イベントごとに同一方向に移動ピッチ  $M_p$  だけ位置が異なる。複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点  $P_{ij}$  の位置を指標として加算することにより、全ての対象領域  $B_x$  を網羅したフレーム音響線信号が合成される。

10

【 0 0 5 7 】

また、位置の異なる複数の対象領域  $B_x$  にまたがって存在する観測点  $P_{ij}$  については、各サブフレーム音響線信号における音響線信号の値が加算されるので、合成音響線信号は、跨りの程度に応じて大きな値を示す。以後、観測点  $P_{ij}$  が異なる対象領域  $B_x$  に含まれる回数を「重畳数」、振動子列方向における重畳数の最大値を「最大重畳数」と称する。ここで、対象領域  $B_x$  はフォーカス深さにおける列方向の幅  $W_f$  は送信ピッチ  $M_p$  より大きくなるように設定されているので、フォーカス深さにおいて、重畳数は少なくとも 1 となり、重畳数が 0、すなわちいずれの対象領域  $B_x$  にも含まれない観測点  $P_{ij}$  は存在しない。

20

【 0 0 5 8 】

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としている。そのため、図 1 0 ( 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。

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。

【 0 0 5 9 】

合成されたフレーム音響線信号は増幅処理部 1 1 4 0 2 に出力される。

i i ) 増幅処理部 1 1 4 0 2

30

上述のとおり、合成音響線信号の値は動き量に応じて変化する。また、被検体の深さ方向においても変化する。これを補うために、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。

【 0 0 6 0 】

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乗じられる。このとき、増幅処理部 1 1 4 0 2 は、対象領域  $B_x$  の振動子列方向の幅が大きいほど被検体深さ方向において大きく変化する増幅率を用いる。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。

40

【 0 0 6 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フレーム音響線信号としてもよい。

【 0 0 6 2 】

50

## &lt; 動作 &gt;

以上の構成からなる超音波診断装置 100 の動作について説明する。

図 11 は、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。

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

## 【0063】

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

## 【0064】

次に、ステップ S210 において、対象領域設定部 1042 は、送信イベントに同期して、送信開口 Tx の位置を示す情報と動き量とに基づき対象領域内 Bx を設定する。1 回目のループでは初回の送信イベントにおける送信開口 Tx から求められる超音波照領域 Ax を含む対象領域 Bx が設定される。

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

## 【0065】

次に、観測点 Pij について音響線信号を生成する（ステップ S204）。

ここで、ステップ S204 における、観測点 Pij について音響線信号を生成する動作について説明する。図 12 は、受信ビームフォーマ部 104 における観測点 Pij についての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。図 13 は、受信ビームフォーマ部 104 における観測点 Pij についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

## 【0066】

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

## 【0067】

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 Ri の位置を示す座標 i を受信開口 Rx 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 Pij で反射され受信開口 Rx の受信振動子 Ri 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 Pij から受信振動子 Ri までの経路 403 の長さを超音波の音速 cs で除することにより算出できる。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 Pij で反射して受信振動子 Ri 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 Rx 内の各受信振動子 Ri に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子 R

i に対する遅延量を算出する（ステップ S 2 2 4 5）。

【0068】

受信開口 R x 内に存在する全ての受信振動子 R i について遅延量の算出を完了したか否かを判定し（ステップ S 2 2 4 6）、完了していない場合には座標 i をインクリメント（ステップ S 2 2 4 7）して、更に受信振動子 R i について遅延量の算出を行い（ステップ S 2 2 4 3）、完了している場合にはステップ S 2 2 4 8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 i について観測点 P i j からの反射波到達の遅延量が算出されている。

【0069】

ステップ S 2 2 4 8において、遅延処理部 1 0 4 7は、受信開口 R x 内の受信振動子 R i に対応する受信信号の列から、各受信振動子 R i に対する遅延量を差引いた時間に対応する受信信号を観測点 P i j からの反射波に基づく受信信号として同定する。

次に、重み算出部 1 0 4 8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 i に対する重み数列を算出する（ステップ S 2 2 4 9）。加算部 1 0 4 9は、各受信振動子 R i に対応して同定された受信信号に、各受信振動子 R i に対する重みを乗じて加算して、観測点 P i j に対する音響線信号を生成し（ステップ S 2 2 5 0）、生成された観測点 P i j について音響線信号はデータ格納部 1 0 7 に出力され保存される（ステップ S 2 2 5 1）。

【0070】

次に、図 1 1 に戻り、座標 i j をインクリメントしてステップ S 2 0 7 を繰り返すことにより、対象領域 B x 内の座標 i j に位置する全ての観測点 P i j（図 1 3 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 i j 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 2 2 5、S 2 2 7）、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 2 2 6、S 2 2 8）して、観測点 P i j について音響線信号を生成し（ステップ S 2 2 4）、完了した場合にはステップ S 2 3 0 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 i j 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 1 0 7 に出力され保存されている。

【0071】

次に、全ての送信イベントについて、サブフレームの音響線信号の生成が終了したか否かを判定し（ステップ S 2 3 0）、終了していない場合には、ステップ S 2 1 0 に戻り、観測点 P i j の位置を示す座標 i j 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）、受信開口 R x を設定する（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。

【0072】

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 i j 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 i j 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。

【0073】

<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。

【0074】

10

20

30

40

50

また、超音波診断装置 100 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を、列方向の幅が少なくとも移動ピッチ以上であるように設定される。これにより、移動ピッチに関わらず、ある送信イベントに係る対象領域と、次の送信イベントに係る対象領域との間に、重畳数が 0 となる欠損領域が生じない。そのため、欠損領域に起因する画質劣化を防ぎつつ、移動ピッチを大きくとることでフレームレートを向上させることが可能となる。

#### 【0075】

また、超音波診断装置 100 では、受信開口設定部 1043 は、列中心が観測点 P に最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口 R x 振動子列を選択し、送信イベントに依存せず観測点 P の位置に基づいて、観測点 P を中心として対称な受信開口を用いて受信ビームフォーミングを行う。そのため、送信フォーカス点 F を横軸方向に変化（移動）させる送信イベントに同期せず、受信開口の位置が一定となり、異なる送信イベントにおいても同一の観測点 P に対して同一の受信開口にて整相加算を行うことができる。併せて、観測点 P からの反射波を、観測点 P から距離が小さい振動子ほど大きな重み数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。

#### 【0076】

##### 変形例 1

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 では、受信開口設定部 1043 は、列中心が観測点 P に最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口 R x を選択する構成とした。しかしながら、受信開口 R x の構成は、送信開口 T x から送信された超音波が送信フォーカス点 F を経由して超音波照領域 A x 内の観測点 P i j で反射され受信開口 R x の受信振動子 R i 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、超音波照領域 A x 内に位置する対象領域 B x 内の全ての観測点 P i j についての音響線信号を生成するものであればよく、受信開口 R x の構成は適宜変更することができる。

#### 【0077】

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。

#### 【0078】

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。

#### 【0079】

##### < 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 ~ 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 ~ S 428））を行う点

にて相違する。ステップ S 4 2 0 以外の処理については、図 1 1 と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

#### 【 0 0 8 0 】

ステップ S 4 2 0 の処理において、先ず、ステップ S 4 2 1 では、T x 受信開口設定部は、送信イベントに対応して列中心が送信開口 T x に含まれる振動子列の列中心と合致する振動子列を受信振動子 R i 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 2 1 0 で算出した対象領域 B x 内の観測点 P i j の位置を示す座標 i j を対象領域 B x 内の最小値に初期化し（ステップ S 4 2 2、S 4 2 3）、観測点 P i j について音響線信号を生成する（ステップ S 4 2 4）。図 1 6 は、変形例 1 に係る受信ビームフォーマ部における観測点 P i j についての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。実施の形態 1 に関する図 1 3 とは、送信開口 T x と受信開口 R x との位置関係が異なる。ステップ S 4 2 4 における処理方法については、図 1 1 におけるステップ S 2 2 4（図 1 2 におけるステップ S 2 2 4 1 ~ ステップ S 2 2 5 1）と同じである。

10

#### 【 0 0 8 1 】

座標 i j をインクリメントしてステップ S 4 2 4 を繰り返すことにより、対象領域 B x 内の座標 i j に位置する全ての観測点 P i j（図 1 6 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 i j について音響線信号の生成を完了したか否かを判定し（ステップ S 4 2 5、S 4 2 7）、完了していない場合には座標 i j をインクリメント（ステップ S 4 2 6、S 4 2 8）して、観測点 P i j について音響線信号を生成し（ステップ S 4 2 4）、完了している場合にはステップ S 2 3 0 に進む。この段階で、1 回の送信イベントに伴う対象領域 B x 内に存在する全ての観測点 P i j のサブフレームの音響線信号が生成されデータ格納部 1 0 7 に出力され保存されている。

20

#### 【 0 0 8 2 】

##### < 効果 >

以上説明した、変形例 1 に係る超音波診断装置では、実施の形態 1 において示した効果のうち観測点同期型の受信開口に関する部分を除いた効果に変えて、以下の効果を奏する。すなわち、変形例 1 では、T x 受信開口設定部は送信イベントに対応して列中心が送信開口 T x に含まれる振動子列の列中心と合致する振動子列を受信振動子として選択して受信開口 R x を設定する。そのため、受信開口 R x の中心軸 R 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、送信イベントにごとに列方向に移動する送信開口 T x の位置変化に同期して、受信開口 R x の位置も変化（移動）する。よって、送信イベントに同期してそれぞれ異なる受信開口にて整相加算を行うことができ、複数の送信イベントにわたって受信時刻は異なるものの、結果としてより一層広い受信開口を用いた受信処理の効果が得られ、広い観測領域で空間分解能を均一にすることができる。

30

#### 【 0 0 8 3 】

##### 実施の形態 2

実施の形態 1 に係る超音波診断装置 1 0 0 では、超音波主照射領域 A x の内外を区別することなく、整相加算部 1 0 4 1 がサブフレーム音響線信号を生成して合成部 1 1 4 0 がフレーム音響線信号を合成する構成とした。しかしながら、上述したように、超音波主照射領域 A x の外部では、超音波主照射領域 A x の内部と比較して、超音波送信波の振幅の低下、位相の乱れがあるため空間分解能や信号 S / N 比が低い。したがって、観測点 P i j が、第 1 送信イベントでは超音波主照射領域 A x の内部である対象領域 B x の内部にあり、第 2 送信イベントでは超音波主照射領域 A x の外部である対象領域 B x の内部にある場合、第 1 送信イベントで取得された空間分解能や信号 S / N 比が高いサブフレーム音響線信号と、第 2 送信イベントで取得された空間分解能や信号 S / N 比が低いサブフレーム音響線信号とを合成することになる。そのため、観測点 P i j に対応する超音波画像の画質は、第 1 送信イベントで取得されたサブフレーム音響線信号のみを用いたほうが向上することになる。

40

#### 【 0 0 8 4 】

実施の形態 2 に係る超音波診断装置では、サブフレーム音響線信号を超音波主照射領域

50

A x の内外それぞれについて生成し、サブフレーム音響線信号を超音波主照射領域 A x の内外それぞれについて合成し、これらを結合して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 17 は、実施の形態 2 に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部 104 A の構成を示す機能ブロック図である。実施の形態 2 に係る超音波診断装置は、送信イベントに同期して、2 種類の対象領域を設定し、それぞれの対象領域についてのサブフレーム音響線信号を生成する整相加算部 1041 A を備える。また、それぞれの対象領域についてのサブフレーム音響線信号をそれぞれ合成して部分音響線信号を生成し、これらを結合してフレーム音響線信号を合成する合成部 1140 A を備え、これらの構成を備えた点に特徴を有する。対象領域設定部 1042 A、合成部 1140 A 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。

10

【0085】

(1) 整相加算部 1041 A

整相加算部 1041 A の対象領域設定部は、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内 B x を設定する。

図 18 は、対象領域 B x を示す模式図である。図 18 に示すように、対象領域 B x の範囲は、超音波主照射領域 A x の内部を含む主領域 B x 1 と、主領域 B x 1 に対して列方向に隣接する、超音波主照射領域 A x 外部の副領域 B x 2 とからなる。このとき、実施の形態 1 と同様に、対象領域 B x 全体の列方向の幅の最小値 W f が送信ピッチ M p 以上となるように設定される。本実施の形態では、主領域 B x 1 の列方向の幅が W f より狭い深さにおいて、対象領域 B x の列方向の幅が W f となるように、フォーカス点 F を頂点とする 2 つの三角形を結合した形状の副領域 B x 2 が設定される。W f は、例えば、8 素子分の送信ピッチ M p に対して 10 素子分、または、それ以上である。なお、副領域 B x 2 は、送信ピッチ M p だけ移動後の副領域 B x 2 と、面積の 50 % 以上が重なることが好ましい。これは、連続する 2 つの送信イベントに係る副領域 B x 2 の重複面積が大きいと重畳数が 2 以上となる領域が広くなり、副領域 B x 2 の画質が向上するからである。このようにすることで、超音波主照射領域 A x のほぼ全域とその近傍を含む領域に観測点を設定することができ、照射された超音波の利用効率を向上することができる。

20

30

【0086】

整相加算部 1041 A は、設定した対象領域 B x 内に存する複数の観測点 P i j 各々について、観測点から各受信振動子 R i 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。

実施の形態 2 では、整相加算部 1041 A は、主領域 B x 1 内の観測点 P i j について主領域音響線信号を生成し、さらに、副領域 B x 2 内の観測点 P i j について副領域音響線信号を生成する。生成された 2 つのサブフレームの音響線信号、すなわち、主領域音響線信号と副領域音響線信号とは、それぞれ、データ格納部 107 に出力され保存される。

40

【0087】

(2) 合成部 1140 A

合成部 1140 A 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部分音響線信号を合成する回路である。合成部 1140 A は、2 つの加算処理部 11401 A - 1、11401 A - 2 と、2 つの増幅処理部 11402 A - 1、11402 A - 2、そして、結合部 11403 A を備える。

【0088】

加算処理部 11401 A - 1、11401 A - 2 は、それぞれ、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

50

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。本実施の形態では、加算処理部 11401A-1 は複数の主領域音響線信号を加算対象として主合成音響線信号を合成し、また、加算処理部 11401A-2 は複数の副領域音響線信号を加算対象として副合成音響線信号を合成する。つまり、合成音響線信号は、主合成音響線信号と副合成音響線信号とで構成される。なお、観測点  $P_{ij}$  に対して主領域音響線信号と副領域音響線信号とが存在した場合においても、主領域音響線信号と副領域音響線信号との間の加算は行わない。

#### 【0089】

図 19 は、サブフレーム音響線信号からフレーム音響線信号を生成する生成する処理を示す模式図である。図 19(a) は、複数の主領域音響線信号を観測点  $P$  の位置を指標として加算し、すべての主領域  $B \times 1$  を網羅した主合成音響線信号が合成される処理を示す。また、図 19(b) は、複数の副領域音響線信号を観測点  $P$  の位置を指標として加算し、すべての副領域  $B \times 2$  を網羅した副合成音響線信号が合成される処理を示す。

10

#### 【0090】

増幅処理部 11402A-1、11402A-2 はそれぞれ、生成した、主合成音響線信号と副合成音響線信号とに対し、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。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増加する場合に、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。これにより、主合成音響線信号と副合成音響線信号とが、それぞれ、主部分音響線信号、副部分音響線信号となる。生成された 2 つの部分音響線信号、すなわち、主部分音響線信号と副部分音響線信号とは、それぞれ、データ格納部 107 に出力され保存される。

20

#### 【0091】

結合部 11403A は、フレーム音響線信号を合成するための主部分音響線信号と副部分音響線信号とを結合してフレーム音響線信号を生成する。

図 19(c) は、部分音響線信号からフレーム音響線信号を生成する生成する処理を示す模式図である。まず、観測点  $P$  を、領域 501、領域 502、領域 503、のいずれかの内部にあるのかを判定する。ここで、各領域の特徴は以下のとおりである。領域 501 とは、いずれか 1 つ以上の送信イベントにおいて主領域  $B \times 1$  の内部であり、かつ、どの送信イベントにおいても、副領域  $B \times 2$  の内部でなかった領域である。領域 502 とは、いずれか 1 つ以上の送信イベントにおいて副領域  $B \times 2$  の内部であり、かつ、どの送信イベントにおいても、主領域  $B \times 1$  の内部でなかった領域である。領域 503 は、いずれか 1 つ以上の主領域  $B \times 1$  の内部であり、かつ、いずれか 1 つ以上の送信イベントにおいて副領域  $B \times 2$  の内部である領域である。次に、領域 501 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における主部分音響線信号を、観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値とする。一方、領域 502 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における副部分音響線信号を、観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値とする。さらに、領域 503 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における主部分音響線信号および副部分音響線信号のいずれか一方、または両方を用いて観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値を算出する。本実施の形態においては、領域 503 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における主部分音響線信号を、観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値とする。このようにすることで、観測点  $P$  が超音波主照射領域  $A \times$  内であったときに取得された主領域音響線信号のみに基づいてフレーム音響線信号の値を算出することができる。そのため、領域 503 について、領域 501 と同様に空間分解能や信号  $S/N$  比を向上させることができる。

30

40

#### 【0092】

なお、領域 503 内の観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値の算出方法は、観測点  $P$  における主部分音響線信号と副部分音響線信号とに基づく値、例えば、相加平均、相乗平均や一次結合であってもよい。このようにすることで、領域 501 と領域 503 との境界において、フレーム音響線信号の値が急激に変化し、領域の界面において画質の向上が

50

十分とならないことを避けることができる。

【0093】

生成されたフレーム音響線信号は、データ格納部107に出力され保存される。

<動作>

図20は、受信ビームフォーマ部104A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における対象領域設定処理(S201)、音響線信号生成処理(S224)を含む受信ビームフォーカシング処理(S220)、フレーム音響線信号の合成処理(S301)、フレーム音響線信号の増幅処理(S302)のそれぞれに替えて、ステップS210A、ステップS224Aを含むステップS220A、ステップS501、ステップS502の処理を行い、さらにステップS503の処理を行う点で相違する。これ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。

10

【0094】

ステップS210Aの処理において、整相加算部1041Aの対象領域設定部は、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、超音波主照射領域Axの内部を含む主領域Bx1と超音波主照射領域Axの外部である副領域Bx2とからなる、対象領域Bxを設定する。

次に、ステップS220Aにおいて、観測点同期型ビームフォーミング処理(S221~S228)を行う。ここで、ステップS224A以外の動作はステップS220Aと同一であるから、ステップS224Aについてのみ説明する。

20

【0095】

ステップS224Aにおいて、整相加算部1041Aは、観測点Pijに対する音響線信号を生成し、音響線信号をデータ格納部107に出力する。このとき、整相加算部1041Aは、観測点Pijが主領域Bx1に含まれている場合は主領域音響線信号として、観測点Pijが副領域Bx2に含まれている場合は副領域音響線信号として、データ格納部107に出力する。これにより、主領域Bx1に係る主領域音響線信号と、副領域Bx2に係る副領域音響線信号とがそれぞれ生成される。

【0096】

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S210Aに戻り、次の送信イベントにおいて、対象領域設定部は、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、主領域Bx1と副領域Bx2とからなる、対象領域Bxを設定する(ステップS210A)。全ての送信イベントについて、処理を終了している場合には、ステップS501に進む。

30

【0097】

次に、観測点Pijの位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号の主領域音響線信号、副領域音響線信号をそれぞれ加算して各観測点に対する合成音響線信号を生成して部分音響線信号を合成する(ステップS501)。そして、主部分音響線信号、副部分音響線信号のそれぞれに対し、合成における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る(ステップS502)。さらに、主部分音響線信号と副部分音響線信号とを結合し、フレーム音響線信号を生成する(ステップS503)。その後、生成したフレーム音響線信号を超音波画像生成部105及びデータ格納部107に出力して(ステップS303)処理を終了する。

40

【0098】

<効果>

以上、説明したように実施の形態2に係る超音波診断装置によれば、実施の形態1に係る超音波診断装置100と同様に、移動ピッチを大きくしても欠損領域が生じず、これによる画質劣化を防ぎつつフレームレートを向上させることが可能となる。図26(a)に、超音波画像の例を示す。データの欠けた欠損領域がないため、フォーカス深さにおける縦縞が図26(d)の超音波画像と比べて目立たない。

50

## 【 0 0 9 9 】

さらに、実施の形態 2 に係る超音波診断装置では、主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  を個別に合成した後にこれらを結合する。そのため、主領域音響線信号のみを合成することでフレーム音響線信号が生成できる観測点  $P_{ij}$  については、副領域音響線信号を合成に用いる場合と比べて空間解像度や信号  $S/N$  比を向上させることができる。

## 変形例 2

実施の形態 2 に係る超音波診断装置の整相加算部 1041A では、主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  とで、同一の送信時間の算出方法を用いている構成としている。

## 【 0 1 0 0 】

これに対し、変形例 2 に係る整相加算部では、観測点  $P_{ij}$  が主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  とのいずれに含まれるかで、送信時間算出部が異なる送信時間の算出方法を用いる点に特徴がある。

## &lt; 送信時間の算出方法 &gt;

以下、送信時間の算出方法について図 21 を用いて説明する。図 21 (a)、(b) は本変形例に係る超音波の伝播経路を説明するための模式図である。本変形例において、観測点  $P_{ij}$  が主領域  $B \times 1$  に含まれる場合は、図 7 (a)、(b) を用いて説明したように、(1) 観測点  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以上の場合は、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を、(2) 観測点  $P_{ij}$  がフォーカス深さより浅い場合は、送信波が経路 401 を通過する時間から、経路 402 を通過する時間を差し引いた値を、送信時間とする。

## 【 0 1 0 1 】

一方、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合は、異なる算出方法を用いる。まず、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合に、観測点  $P_{ij}$  が主領域  $B \times 1$  に含まれる場合と同じ算出方法を用いない理由について説明する。図 22 (a) は、上述したような、観測点  $P_{ij}$  が主領域  $B \times 1$  に含まれる場合と同じ算出方法を説明した図である。図 22 (a) において、直線 613 は、素子列 101a の列方向と直交する直線であり、点 B は、直線 613 上において深さがフォーカス深さ  $D_f$  となる点である。上述したように、(1) フォーカス深さより深い観測点  $P_1$  に対しては、送信波が経路 401 を通過する時間と、経路 4021 を通過する時間を合算した値を送信時間とし、(2) フォーカス深さ  $D_f$  より浅い観測点  $P_2$  に対しては、送信波が経路 401 を通過する時間から、経路 4022 を通過する時間を差し引いた値を送信時間とする。なお、上述したように、フォーカス深さにある観測点 B については、フォーカス深さより深い観測点と同様に算出してもよいし、フォーカス深さより浅い観測点と同様に算出してもよい。ここで、点  $P_1$ 、B、 $P_2$  がそれぞれ隣接していたとすると、経路 4021 と経路 4022 との長さはそれぞれ、FB 間の距離にほぼ一致する。結果、FB 間の距離の大きさに応じて、点  $P_1$  と点  $P_2$  は近接しているにもかかわらず、送信時間は、 $2 \times (\text{FB 間の距離}) \div \text{被検体中の音速}$ 、だけ、差があることになる。特に、FB 間の距離が大きくなるほど、この差は大きくなる。そのため、送信時間はフォーカス深さを界面として不連続に変化する。図 22 (b) に、直線 613 上の複数の観測点  $P_{ij}$  における、 $P_{ij}$  の深さ  $D$  と送信時間の関係を示す。フォーカス深さ  $D_f$  を境に送信時間が不連続となるため、整相加算における  $P_{ij}$  に対する遅延量も、フォーカス深さにおいて不連続に変化する。なお、図 22 (b) では、フォーカス深さにある観測点 B については、フォーカス深さより深い観測点と同様に算出しているが、フォーカス深さより浅い観測点と同様に算出した場合においても、フォーカス深さにある観測点の送信時間の値が異なる（白丸と黒丸が入れ替わる）だけで、同様にフォーカス深さを境に送信時間が不連続に変化する。結果として、フォーカス深さを界面として、副領域音響線信号の値が不連続的に変化する。これにより、フレーム音響線信号において、フォーカス深さに沿ったノイズが現れるなど、領域 502 について画質向上の余地が残されている場合がある。例えば、図 22 (c) に示す超音波画像のように、副領域音響線信号に起因する領域が、フォーカス深さを境に、領域 5021 と領域 5022 とで輝度が変わることがあり、これを解決できればより画質が向上する。

## 【 0 1 0 2 】

本変形例では、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合、以下のように送信時間を送信する。具体的には、図 2 1 ( a ) に示すように、送信開口  $T_x$  から放射された送信波が、経路 6 0 1 を通って観測点  $P_{ij}$  に直接到達したものと算出する。したがって、送信波が送信素子列の中心から観測点  $P_{ij}$  に至る経路 6 0 1 を通過する時間が、送信時間  $T_D$  となる。図 2 1 ( c ) に、列方向と直交する直線 6 1 1 上の複数の観測点  $P_{ij}$  における、 $P_{ij}$  の深さと送信時間の関係を示す。

## 【 0 1 0 3 】

同図に示すように、列方向と直交する直線 6 1 1 上の複数の観測点  $P_{ij}$  のそれぞれに対応する送信時間は、観測点  $P_{ij}$  の深さに応じて単調増加し、不連続とならない。

10

また、図 2 1 ( b ) に示すように、送信開口  $T_x$  から放射された送信波が、観測点  $P_{ij}$  と、観測点  $P_{ij}$  と同じ深さにある参照点  $R$  とに同時に到達するものとし、送信開口  $T_x$  から参照点  $R$  までの最短経路 6 0 2 を用いて算出してもよい。すなわち、送信波が送信振動子列の中心から観測点  $P_{ij}$  と同じ深さにある参照点  $R$  に至る経路 6 0 2 を通過する時間が、送信時間  $T_S$  となる。なお、経路 6 0 2 は、送信振動子列上で観測点  $P_{ij}$  に最も近接する振動子から観測点  $P_{ij}$  に至る最短経路 6 0 3 と同じ長さであり、言い換えれば、観測点  $P_{ij}$  の深さが経路 6 0 2 の長さと一致する。図 2 1 ( d ) に列方向と直交する直線 6 1 2 上の複数の観測点  $P_{ij}$  における、 $P_{ij}$  の深さと送信時間の関係を示す。同図に示すように、列方向と直交する直線 6 1 2 上の複数の観測点  $P_{ij}$  のそれぞれに対応する送信時間は、観測点  $P_{ij}$  の深さに応じて単調増加し、不連続とならない。

20

## 【 0 1 0 4 】

なお、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合の送信時間の算出方法は、上述の場合に限られず、列方向と直交する直線上の複数の観測点  $P_{ij}$  の深さに対して送信時間が連続的に単調増加するものであればよい。例えば、送信開口  $T_x$  上のいずれかの位置から、観測点  $P_{ij}$  と同じ深さのいずれかの位置までの経路に基づいて、送信時間を算出してもよい。

## 【 0 1 0 5 】

上述したように送信時間を算出することにより、実施の形態 1 に示した、移動ピッチを大きくしても欠損領域が生じず、これによる画質劣化を防ぎつつフレームレートを向上させる効果、および、実施の形態 2 に示した、主領域音響線信号のみを合成することでフレーム音響線信号が生成できる観測点  $P_{ij}$  については、副領域音響線信号を合成に用いることによる空間解像度や信号  $S/N$  比の低下を防ぐ効果に加えて、さらに、図 2 6 ( b ) の超音波画像の例を示すように、フォーカス深さにおいて送信時間が不連続になることを抑止し、超音波画像の画質を向上することができる。

30

## 【 0 1 0 6 】

## 変形例 3

変形例 2 に係る整相加算部では、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合に、送信開口  $T_x$  上のいずれかの位置から、観測点  $P_{ij}$  と同じ深さのいずれかの位置までの経路に基づいて、送信時間を算出する構成としている。

しかしながら、観測点  $P_{ij}$  が主領域  $B \times 1$  に含まれる場合と副領域  $B \times 2$  に含まれる場合とで、全く異なる送信時間の算出方法を用いると、主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  との境界で、送信時間が不連続に変化することとなる。そのため、領域 5 0 1 と領域 5 0 2 の境界に沿ってノイズが現れるなど、領域 5 0 1 と領域 5 0 2 の境界で画質の向上が十分でない場合がある。図 2 3 ( d ) は、主領域音響線信号に基づく領域 5 0 1 2 と副領域音響線信号に基づく領域 5 0 2 2 との境界にノイズが現れた超音波画像を示した模式図である。

40

## 【 0 1 0 7 】

これに対し、変形例 3 に係る整相加算部では、観測点  $P_{ij}$  の深さに対して送信時間が連続的に単調増加するように、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合の送信時間を算出することに特徴がある。

50

### < 送信時間の算出方法 >

以下、観測点  $P_{ij}$  が副領域  $B \times 2$  に含まれる場合の送信時間の算出方法について図 2 3 を用いて説明する。図 2 3 ( a ) は、本変形例に係る超音波の伝播経路を説明するための模式図である。図 2 3 ( a ) において、直線 6 1 0 は列方向と直交する直線である。本変形例では、直線 6 1 0 上において、副領域  $B \times 2$  と主領域  $B \times 1$  との境界にある境界点  $R_1$ 、 $R_3$  においては、主領域  $B \times 1$  内と同じ計算方法で、送信時間を算出する。すなわち、フォーカス深さより深い境界点  $R_1$  については、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間と、経路 4 0 2 1 を通過する時間を合算した値を、送信時間とする。また、フォーカス深さより浅い境界点  $R_3$  については、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間から、経路 4 0 2 2 を通過する時間を差し引いた値を、送信時間とする。

10

#### 【 0 1 0 8 】

一方、直線 6 1 0 上において、フォーカス深さ  $D_f$  となる中間点  $R_2$  においては、変形例 2 と同様に、送信時間を算出する。すなわち、経路 6 0 1 を通過する時間を、送信時間とする。

そして、境界点  $R_1$  と中間点  $R_2$  の間にある観測点  $P_{ij}$  においては、主領域  $B \times 1$  内と同じ計算方法で算出した送信時間  $T_R$  と、変形例 2 と同様に算出した送信時間  $T_D$  とを用いて算出する。なお、送信時間  $T_D$  の代わりに送信時間  $T_S$  を用いてもよい。ここでは、送信時間  $T_D$  を例にとって説明するが、送信時間  $T_S$  に置き換えた場合も同様である。具体的には、次の条件を満たすように、送信時間  $T_R$  と送信時間  $T_D$  と合成する。すなわち、( 1 ) 観測点  $P_{ij}$  の深さ  $D$  が増加するのに対し、送信時間が連続的に単調増加する、( 2 ) 境界点  $R_1$  に対して、送信時間が送信時間  $T_R$  と一致する、( 3 ) 中間点  $R_2$  に対して、送信時間が送信時間  $T_D$  と一致する、の 3 つである。図 2 3 ( b ) は、 $P_{ij}$  の深さ  $D$  と送信時間との関係を示したグラフであり、線 7 0 1 は送信時間  $T_R$  を示し、線 7 0 2 は送信時間  $T_D$  を示す。本変形例では、 $P_{ij}$  の深さ  $D$  と送信時間との関係が、図 2 3 ( b ) の線 7 0 3 で示されるように、送信時間を算出する。なお、線 7 0 3 は深さ  $D_2$  における線 7 0 1 の切片と深さ  $D_1$  における線 7 0 1 の切片とを直線で結んでいる。しかしながら、送信時間を算出方法は線 7 0 3 で示される場合に限らず、以下の 3 条件、i ) 深さ  $D_2$  と深さ  $D_1$  とで線 7 0 1 と重なる、ii )  $D_2 \sim D_1$  において連続である、iii )  $D_2 \sim D_1$  において単調増加 ( 右肩上がり ) である、を満たしていればよい。

20

#### 【 0 1 0 9 】

算出方法の例としては、例えば、一時結合を用いることができる。このとき、送信時間  $T_M$  は以下の式で与えられる。

$$T_M = \alpha T_R + (1 - \alpha) T_D$$

ここで、 $\alpha$  の値は、( 4 )  $D = D_f$  であるとき、 $\alpha = 0$ 、( 5 )  $D = D_1$  のとき、 $\alpha = 1$ 、の 2 条件を満たす。具体的には、 $\alpha$  は  $|D - D_f|$  に比例するものとして、例えば、以下の式に示す値としてもよい。

$$\alpha = |D - D_f| / (D_1 - D_f)$$

すなわち、図 2 3 ( c ) に示す、 $P_{ij}$  の深さと  $\alpha$  の関係を示すグラフにおいて、折れ線 7 1 1 で示される関係であってもよい。なお、 $\alpha$  の具体例は上述の例に限られず、上述の ( 1 ) ~ ( 5 ) の条件を満たしていればよく、曲線 7 1 2 や曲線 7 1 3 で示されるような値であってもよい。

40

#### 【 0 1 1 0 】

なお、送信時間  $T_M$  の算出方法は、上述の一時結合に限られず、上述の ( 1 ) ~ ( 3 ) の条件を満たせばよい。例えば、以下の関係であってもよい。

$$T_M = T_R^\alpha \times T_D^{(1-\alpha)}$$

この場合においても、 $T_D$  に替えて  $T_S$  を用いてもよいのは勿論である。また、この数式を含め、当変形例で述べた各数式において、 $T_D$  に替えて、 $T_S$  以外にも、送信開口  $T_x$  上のいずれかの位置から観測点  $P_{ij}$  と同じ深さのいずれかの位置までの経路に基づいて算出した送信時間など、変形例 2 で述べた条件 ( 列方向と直交する直線上の複数の観測点  $P_{ij}$  の深さに対して送信時間が連続的に単調増加 ) を満たすような任意の送信時間を用いて

50

よい。

#### 【0111】

以上のように送信時間を算出することで、観測点  $P_{ij}$  に関する送信時間が、 $P_{ij}$  の深さ  $D$  に対して連続的に単調増加するので、観測点  $P_{ij}$  に関する音響線信号の値が、深さ  $D$  に対して不連続にならず滑らかに変動する。図 26 (b) に超音波画像の一例を示す。本変形例によれば、変形例 2 に示した効果に加えて、送信時間が深さに対して連続するようにすることで、フォーカス深さや主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  との境界の画質をさらに向上させることができる。

#### 【0112】

##### 変形例 4

実施の形態 2 に係る整相加算部 1041A の対象領域設定部は、1 の送信イベントに係る対象領域  $B \times$  について、主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  とで重複する領域が生じないように各領域の設定を行うこととしている。

これに対し、本変形例では、主領域  $B \times 1$  と副領域  $B \times 2$  とが重なるように対象領域  $B \times$  を設定することを特徴とする。

#### 【0113】

##### < 対象領域 $B \times$ の設定 >

以下、対象領域  $B \times$  の設定、および、主部分音響線信号と副部分音響線信号との結合について説明する。

図 24 (a) は、本変形例に係る対象領域  $B \times$  を示す模式図である。本変形例において、主領域  $B \times 1$  は、実施の形態 2 と同じく超音波主照射領域  $A \times$  の内部に設定される。これに対し、副領域  $B \times 2$  は、対象領域  $B \times$  全体の列方向の幅の最小値  $W_f$  が送信ピッチ  $M_p$  以上となるように設定されるが、主領域  $B \times 1$  の一部にオーバーラップするように、長方形の形状に設定される。すなわち、実施の形態 2 に係る副領域  $B \times 2$  を内包し、主領域  $B \times 1$  を含むように、本変形例に係る副領域  $B \times 2$  が設定される。

#### 【0114】

整相加算部は、実施の形態 2 と同様、設定した対象領域  $B \times$  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  $R_i$  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。

合成部は、実施の形態 2 と同様、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。さらに、主領域  $B \times 1$  から取得された主合成音響線信号と、副領域  $B \times 2$  から取得された副合成音響線信号とに対し、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。そして、フレーム音響線信号を合成するための主部分音響線信号と副部分音響線信号とを結合してフレーム音響線信号を生成する。

#### 【0115】

本変形例に係る、部分音響線信号からフレーム音響線信号を生成する生成処理を示す模式図を図 24 (b) に示す。実施の形態 2 と同様、観測点  $P$  を、領域 501 の内部、領域 502 の内部、領域 503 の内部、のいずれであるかを判定する。次に、領域 501 および領域 503 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における主部分音響線信号を、観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値とする。一方、領域 502 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における副部分音響線信号を、観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値とする。ここで、領域 503 内の観測点  $P$  について、観測点  $P$  における主部分音響線信号を、観測点  $P$  におけるフレーム音響線信号の値としているのは、副領域  $B \times 2$  が主領域  $B \times 1$  の一部にオーバーラップしている領域について、主領域  $B \times 1$  から取得した主部分音響線信号を用いたほうが空間解像度および信号  $S/N$  比が向上するためである。

#### 【0116】

このようにすることで、実施の形態 2 の効果に加え、さらに、副領域  $B \times 2$  が複雑な形状になることを避けることができる。そのため、副領域音響線信号、および、副部分音響

10

20

30

40

50

線信号を生成するための演算処理を単純化させることができる。

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、移動ピッチ  $M_p$  が 2 素子分以上であるとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限定されない。例えば、移動ピッチ  $M_p$  が 1 素子分である場合においても、対象領域  $B_x$  の列方向の幅が少なくとも移動ピッチ  $M_p$  より大きい、すなわち、対象領域  $B_x$  の列方向の幅が少なくとも 1 素子分より大きいようにしてもよい。このようにすることで、1 の送信イベントの対象領域と次の送信イベントの対象領域とが隙間なく必ず重なるようになる。そのため、重なった領域の重畳数を、対象領域  $B_x$  を超音波主照射領域  $A_x$  内に限るより大きくすることができる。そのため、重なった領域について、超音波画像の画質を向上させることができる。

10

【0117】

(2) 実施の形態 1 では、対象領域  $B_x$  の範囲は、超音波主照射領域  $A_x$  の砂時計形状のほぼ全域を含むとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限定されない。例えば、対象領域  $B_x$  は、超音波主照射領域  $A_x$  の内部の一部と、超音波主照射領域  $A_x$  の外部の一部とを含むとしてもよい。具体的には、列方向の幅  $W_f$  が移動ピッチ  $M_p$  以上の矩形形状、例えば、図 25 (a) の模式図に示すように、4 素子分の移動ピッチ  $M_p$  に対して幅が 10 素子分である矩形形状、としてもよい。このとき、対象領域  $B_x$  の列方向の幅を送信振動子列の幅に対して小さくすることにより、特にフォーカス深さにおいて、超音波主照射領域  $A_x$  から遠く離れた観測点を対象領域  $B_x$  に含めることを回避し、フレーム音響線信号の空間解像度や信号  $S/N$  比が低下することを避けることができる。このようにすることで、図 25 (b) の模式図に示すように、単純な演算でフレーム音響線信号を合成することができる。

20

【0118】

また、超音波主照射領域  $A_x$  が、1 つのフォーカス点  $F$  に集束せずにフォーカス領域に集束する場合も、対象領域  $B_x$  の範囲は、超音波主照射領域  $A_x$  の内部と、超音波主照射領域  $A_x$  の外部とを含む領域であってよい。また、この場合において、超音波主照射領域  $A_x$  の内部を主領域  $B_{x1}$ 、超音波主照射領域  $A_x$  の外部を副領域  $B_{x2}$  として、変形例 2 ~ 4 を適用してもよい。

【0119】

(3) 実施の形態 2 および変形例 2 ~ 4 では、合成部が 2 つの加算処理部と増幅処理部とを備えるとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限定されない。例えば、各々 1 の加算処理部と増幅処理部とが、主領域音響線信号から主部分音響線信号を生成した後、副領域音響線信号から副部分音響線信号を生成する（あるいは、その逆順）、としてもよい。

30

また、実施の形態 2 および変形例 2 ~ 4 において、整相加算部が、対象領域設定部以外の構成を 2 つずつ備え、主領域音響線信号の生成と副領域音響線信号の生成とを並列に実行してもよい。

【0120】

また、各実施の形態および各変形例において、整相加算部と合成部とを 1 つの構成要素として備え、送信イベントごとに対象領域全体のサブフレーム音響線信号を生成するのではなく、フレーム単位で、観測点ごとに、整相加算によるサブフレーム音響線信号の生成と送信イベントごとのサブフレーム音響線信号の合成とをまとめて行い、1 つのフレームに係る複数の送信イベントの受信信号からフレーム音響線信号を直接生成してもよい。なお、この場合においても、1 つの送信イベントにおける対象領域内のすべての観測点について整相加算処理を行ってから合成処理を行うことになる。そのため、対象領域全体のサブフレーム音響線信号を形式的に生成するか否かに関わらず、本質的には、対象領域全体のサブフレーム音響線信号を基にフレーム音響線信号の生成を行うことになる。

40

【0121】

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

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

50

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、本発明の超音波診断装置の診断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。

#### 【0122】

また、上記超音波診断装置の全部、もしくは一部、またビームフォーミング部の全部又は一部を、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。

10

#### 【0123】

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

#### 【0124】

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。

30

#### 【0125】

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。

40

#### 【0126】

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

また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロック

50

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。

【0127】

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。

【0128】

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。

【0129】

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。

【0130】

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。

【0131】

まとめ

(1) 実施の形態に係る超音波信号処理装置は、超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波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超音波信号処理装置であって、1回の送信イベントにおいて前記複数の振動子から送信振動子列を選択し、前記送信振動子列から超音波が被検体中で集束するように送信し、各送信イベントに同期して、超音波を送信する送信振動子列が列方向に、振動子複数個分のピッチで移動するよう選択する送信部と、各送信イベントに同期して前記複数の振動子から受信振動子列を選択し、前記受信振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記受信振動子列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、前記被検体内で超音波が集束するエリアに対応する領域を含み、かつ、前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さに対応する列方向の幅が少なくとも前記ピッチ以上である対象領域を設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算して前記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。

【0132】

本開示によれば、一般的な送信ビームフォーミングを用いた合成開口法において、超音波画像の欠損領域が生じないため、これによる画質劣化を伴わずにフレームレートを向上できる。

(2) また、実施の形態に係る上記(1)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記送信振動子列を底辺とし、前記フォーカス深さに対応する前記列方向の幅が最も小さく、かつ、当該幅が前記移動ピッチより小さい砂時計形状の第1対象領域と、少なくとも前記フォーカス深さ近傍において前記第1対象領域と前記列方向に隣接する第2対象領域とを、前記対象領域として設定する、としてもよい。

【0133】

このようにすることで、位相の揃った超音波が照射される領域を第1対象領域に含めながら、列方向の幅が少なくとも移動ピッチ以上になるように、位相の揃った超音波が照射される領域外に第2対象領域を設けることで、対象領域を拡大することができる。

(3) また、実施の形態に係る上記(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被検体内の観測点に到達する送信時間を算出し、前記観測点からの超音波が前記受信素子列に含まれる振動子の各々に到達する受信時間と、前記送信時間との和を、送信された超音波が前記観測点で反射され前記受信素子列に含まれる振動子の各々へ到達するまでの総伝播時間として算出し、前記受信素子列に含まれる振動子の各々に対する遅延量を当該総伝播時間から算出して整相加算を行う、としてもよい。

【0134】

このようにすることで、対象領域内の各観測点について、整相加算でサブフレーム音響線信号を生成することができる。

(4) また、実施の形態に係る上記(3)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記第1対象領域内の観測点について、前記観測点の深さが前記フォーカス深さより深い位置の場合は、送信された超音波が前記第1対象領域内であって前記フォーカス深さにある基準点に到達するまでの第1時間に、超音波が前記基準点から前記観測点に到達するまでの第2時間を加算して算出した到達時間を、前記観測点の深さが前記フォーカス深さ未満の場合は、前記第1時間から前記第2時間を減算して算出した到達時間を、前記観測点についての前記送信時間とする、としてもよい。

【0135】

このようにすることで、第1対象領域内の各観測点について、フォーカス点からの距離に基づいて送信時間を算出して整相加算を行い、サブフレーム音響線信号を生成することができる。

(5) また、実施の形態に係る上記(4)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記第2対象領域内の観測点について、前記観測点の深さが前記フォーカス深さより深い位置の場合は、前記第1時間に、超音波が前記基準点から前記観測点に到達するまでの第3時間を加算して算出した第2到達時間を、前記観測点の深さが前記フォーカス深さ未満の場合は、前記第1時間から前記第3時間を減算して算出した第2到達時間を、前記観測点についての前記送信時間とする、としてもよい。

【0136】

このようにすることで、第2対象領域内の各観測点について、送信フォーカス点からの距離に基づいて送信時間を算出して整相加算を行い、サブフレーム音響線信号を生成することができる。

(6) また、実施の形態に係る上記(4)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記第2対象領域内における、少なくとも前記フォーカス深さにある観測点について、送信された超音波が、前記送信振動子列上のいずれかの位置から前記観測点と同じ深さにあるいずれかの位置に到達するまでの時間を前記送信時間とする、としてもよい。

【0137】

このようにすることで、第2対象領域内の各観測点について、フォーカス深さの観測点と送信フォーカス点との距離が原因でフォーカス深さを境界に送信時間が不連続に変化することを回避することができ、超音波画像の画質をより向上させることができる。

(7) また、実施の形態に係る上記(6)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記第2対象領域内の各観測点について、送信された超音波が前記送信振動子列の列中心から前記観測点に到達するまでの時間を、当該観測点についての前記送信時間とする、

10

20

30

40

50

としてもよい。

【0138】

このようにすることで、第2対象領域内の各観測点について、送信フォーカス点に依存しない方法で送信時間を算出することができる。

(8) また、実施の形態に係る上記(6)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記第2対象領域内の観測点について、(1)前記観測点が前記第1対象領域との境界に近接している場合には、前記到達時間を前記観測点についての前記送信時間とし、(2)前記観測点の深さが前記フォーカス深さである場合には、送信された超音波が前記送信振動子列上のいずれかの位置から前記観測点と同じ深さにあるいずれかの位置に到達するまでの第2到達時間を、前記観測点についての前記送信時間とし、(3)前記送信振動子列の列方向と直交する直線上の複数の観測点について、観測点の深さの増加に対し前記送信時間が連続的に単調増加する、ように前記送信時間を算出する、としてもよい。

10

【0139】

このようにすることで、対象領域内における列方向と直線上の複数の観測点について、送信時間が深さに対して連続的に単調増加するため、第2対象領域内、および、第1対象領域と第2対象領域との境界において超音波画像の画質をより向上させることができる。

(9) また、実施の形態に係る上記(8)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、前記到達時間を $T_1$ とし、前記第2到達時間を $T_2$ としたとき、当該観測点に係る前記送信時間 $T_M$ を数式 $T_M = \alpha T_1 + (1 - \alpha) T_2$ を用いて算出し、 $\alpha$ の値は、当該観測点が前記フォーカス深さであるときに0、当該観測点が前記第1領域と接しているときに1であり、当該観測点の深さと前記フォーカス深さとの差異に応じて連続的に増加する、としてもよい。

20

【0140】

このようにすることで、対象領域内における列方向と直線上の複数の観測点について、単純な方法で、送信時間が深さに対して連続的に単調増加させることができる。

(10) また、実施の形態に係る上記(2)～(9)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、連続する2つの送信イベントにおいて、前記第2対象領域が列方向において重なるように前記対象領域を設定する、としてもよい。

【0141】

このようにすることで、第2対象領域における最大重畳数を2以上とすることができ、第2対象領域に係る超音波画像の画質を向上させることができる。

30

(11) また、実施の形態に係る上記(10)の超音波信号処理装置は、前記整相加算部は、連続する2つの送信イベントにおいて前記第2対象領域が列方向において重なる面積が、前記第2対象領域の面積の50%以上となるように前記対象領域を設定する、としてもよい。

【0142】

このようにすることで、第2対象領域の50%以上の領域で重畳数を2以上とすることができ、第2対象領域に係る超音波画像の画質を向上させることができる。

(12) また、実施の形態に係る上記(2)～(11)の超音波信号処理装置は、前記合成部は、前記複数のサブフレーム音響線信号のうち前記第1領域に含まれる部分を合成して第1領域の合成音響線信号を生成し、さらに、前記複数のサブフレーム音響線信号のうち前記第2領域に含まれる部分を合成して第2領域の合成音響線信号を生成し、第1領域の合成音響線信号と第2領域の合成音響線信号とを結合して合成音響線信号を生成する、としてもよい。

40

【0143】

このようにすることで、第1領域と第2領域とで、相互に画質に影響を及ぼすことを避け、超音波画像の画質を向上させることができる。

(13) また、実施の形態に係る上記(1)～(12)の超音波信号処理装置は、前記合成部において加算が行われる数に応じて決定した増幅率を用いて、前記複数のサブフレーム音響線信号のそれぞれを増幅する増幅処理部をさらに備える、としてもよい。

50

## 【 0 1 4 4 】

このようにすることで、各観測点の重畳数の違いが画質に影響を及ぼすことを避け、超音波画像の画質を向上させることができる。

( 1 4 ) また、実施の形態に係る超音波信号処理装置は、超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波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サブフレーム音響線信号に基づいてフレーム音響線信号を合成する超音波信号処理装置であって、1回の送信イベントにおいて前記複数の振動子から送信振動子列を選択し、前記送信振動子列から超音波が被検体中で集束するように送信し、各送信イベントに同期して、超音波を送信する送信振動子列が列方向に順次移動するよう選択する送信部と、各送信イベントに同期して前記複数の振動子から受信振動子列を選択し、前記受信振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記受信振動子列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、前記被検体内で超音波が集束するエリアに対応する領域を含み、かつ、前記被検体内で超音波が集束するフォーカス深さに対応する列方向の幅が少なくとも前記振動子1個の幅より大きい対象領域を設定し、前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算して前記サブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、前記整相加算部が生成した前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき、前記フレーム音響線信号を合成する合成部とを備えることを特徴とする。

10

## 【 0 1 4 5 】

20

このようにすることで、移動ピッチが1素子分である場合においても、連続する2つの送信イベントで重複する領域における超音波画像の画質を向上させることができる。

( 1 5 ) また、実施の形態に係る超音波診断装置は、前記超音波プローブが接続可能に構成された、上記( 1 ) ~ ( 1 4 ) の超音波信号処理装置を備える、としてもよい。

このようにすることで、上記の特徴を備えた超音波診断装置を実現できる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【 0 1 4 6 】

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、特にフレームレート向上として有用である。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。

30

## 【符号の説明】

## 【 0 1 4 7 】

- 1 0 0 0 超音波診断システム
- 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、1 0 4 A 受信ビームフォーマ部
- 1 0 4 0 受信部
- 1 0 4 1、1 0 4 1 A 整相加算部
- 1 0 4 2、1 0 4 2 A 対象領域設定部
- 1 0 4 3、1 0 4 3 A 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

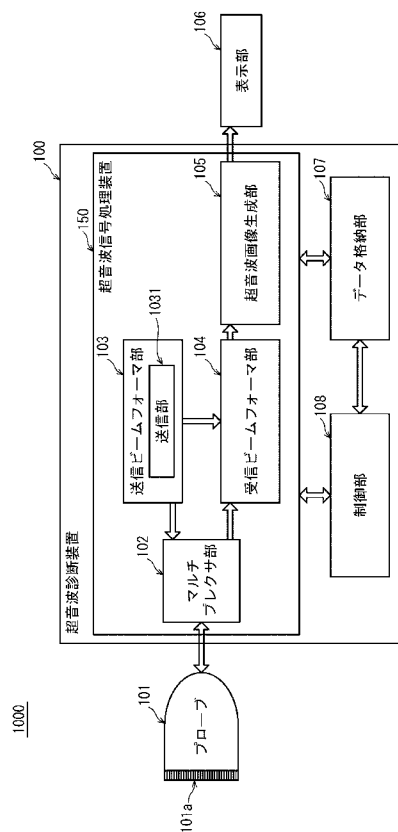
40

50

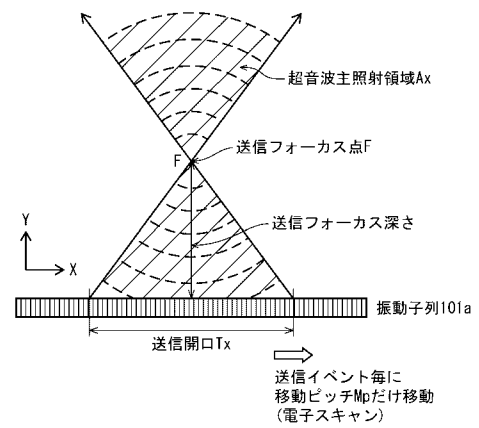
1 0 4 9 加算部  
 1 1 4 0、1 1 4 0 A 合成部  
 1 1 4 0 1、1 1 4 0 1 A 加算処理部  
 1 1 4 0 2、1 1 4 0 2 A 増幅処理部  
 1 1 4 0 3 A 結合部  
 1 0 5 超音波画像生成部  
 1 0 6 表示部  
 1 0 7 データ格納部  
 1 0 8 制御部  
 1 5 0 超音波信号処理装置

10

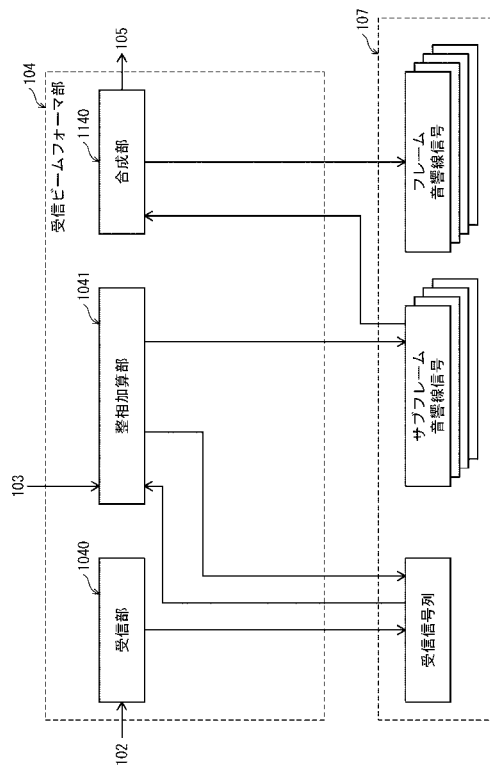
【図 1】



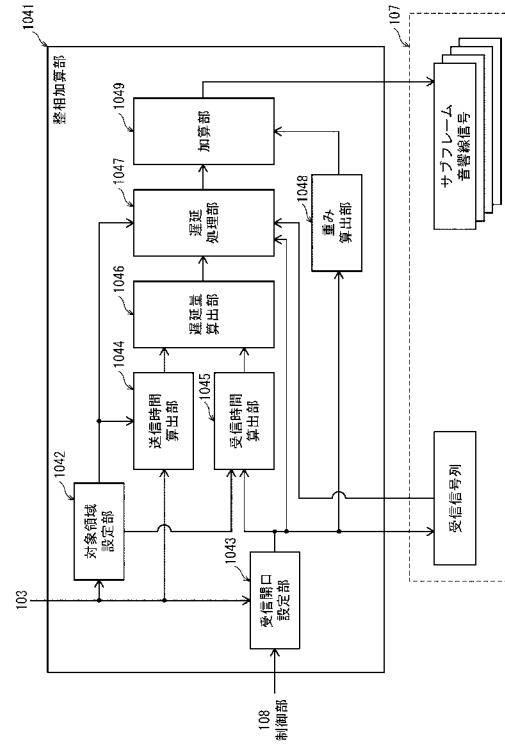
【図 2】



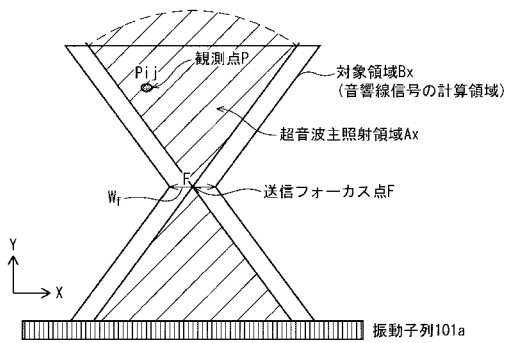
【図 3】



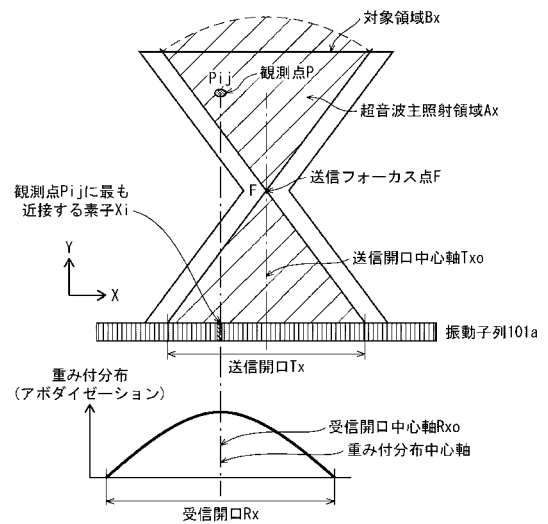
【図 4】



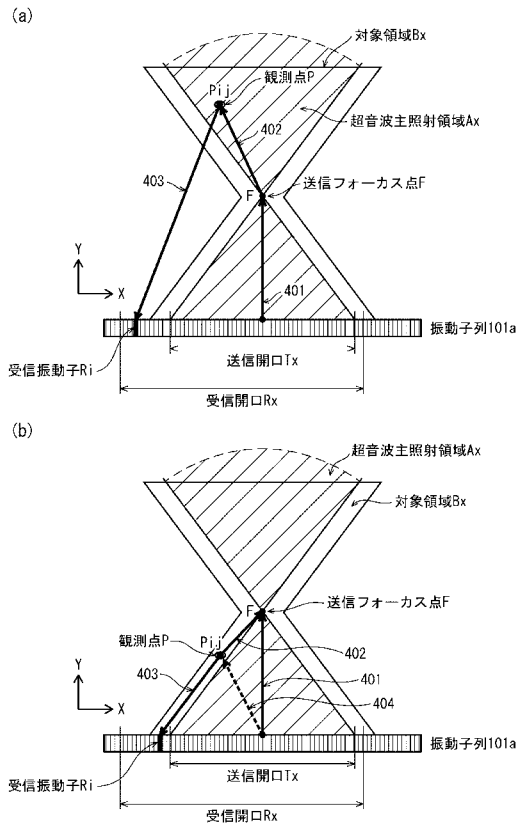
【図 5】



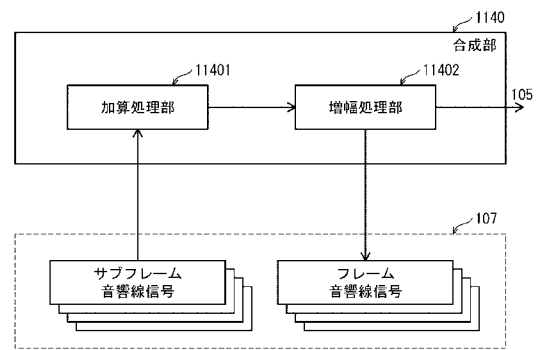
【図 6】



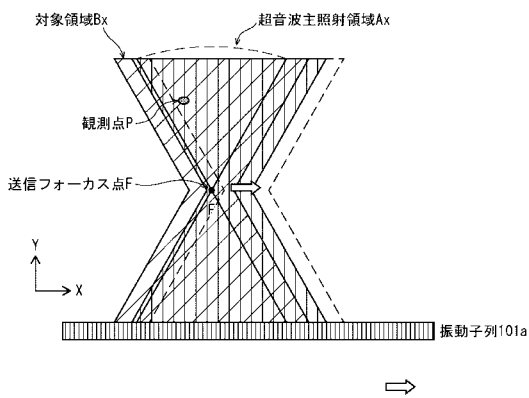
【図 7】



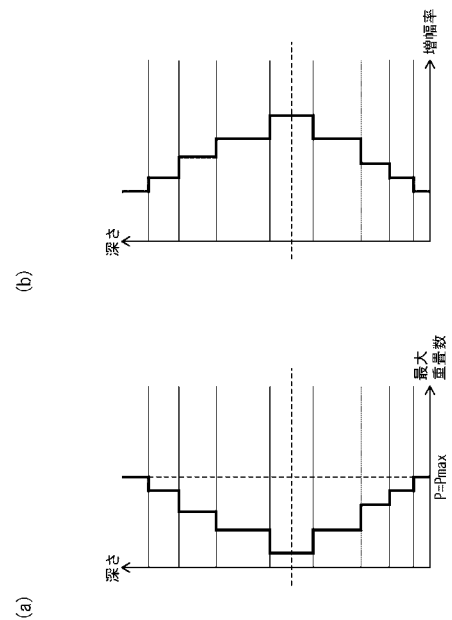
【図 8】



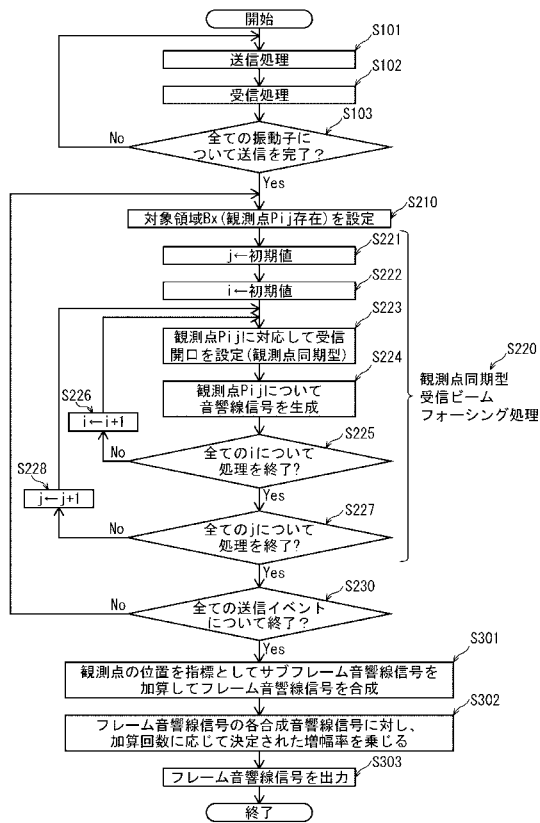
【図 9】



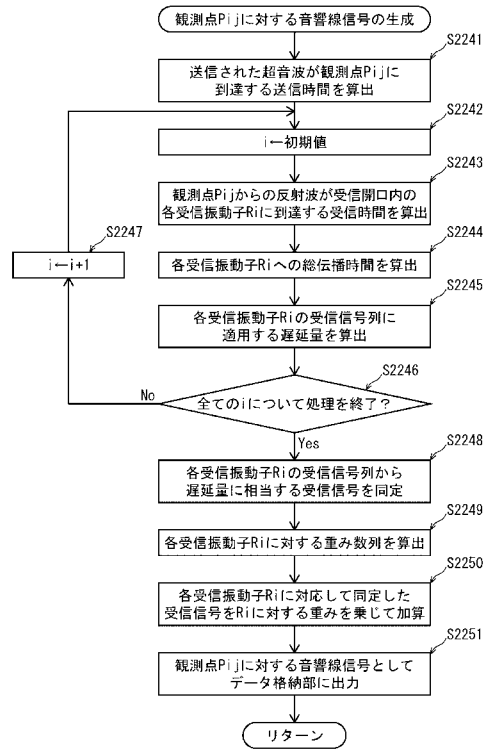
【図 10】



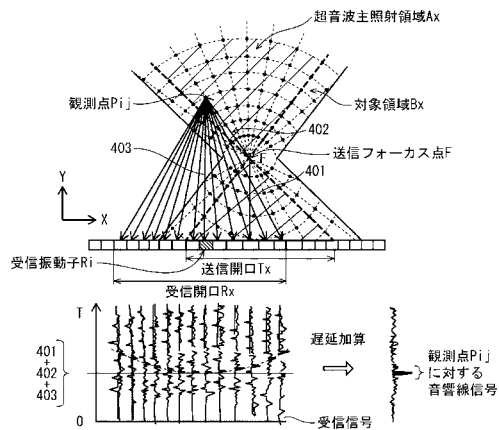
【図 1 1】



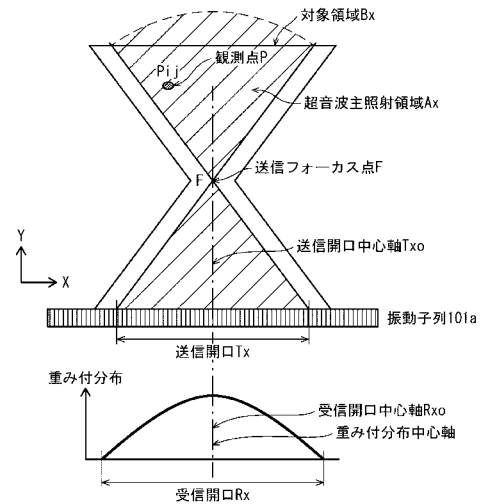
【図 1 2】



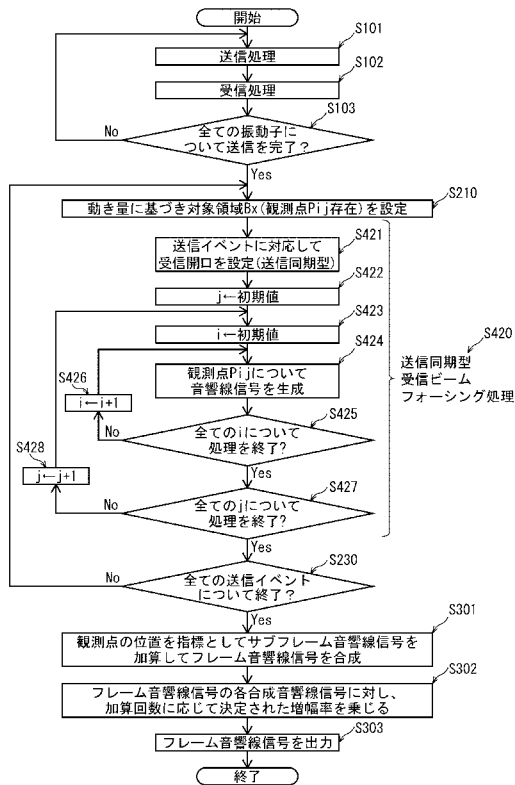
【図 1 3】



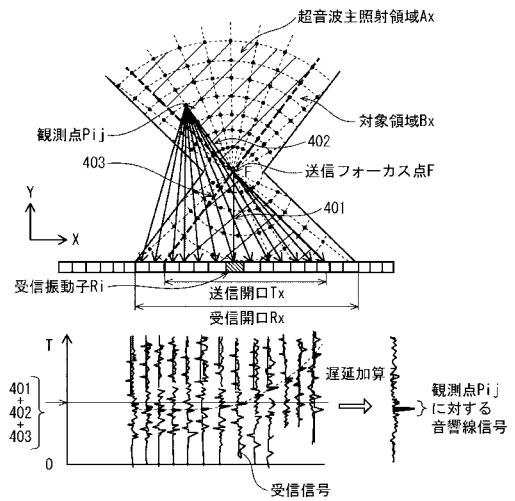
【図 1 4】



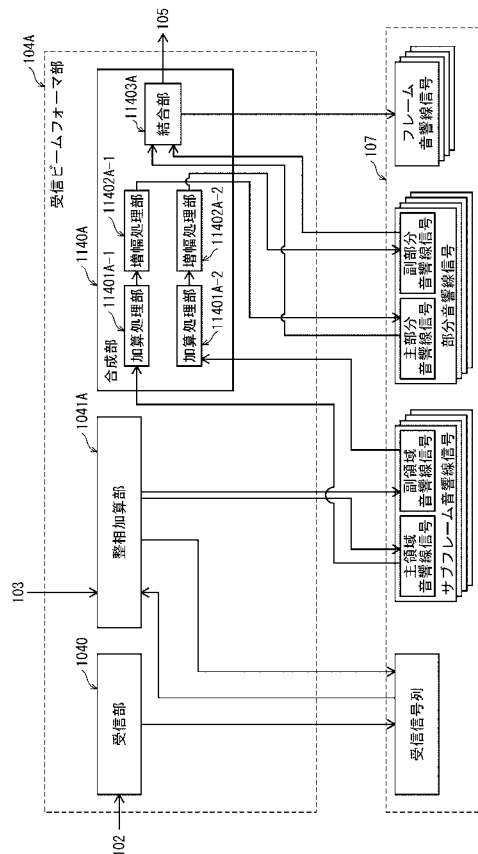
【図 15】



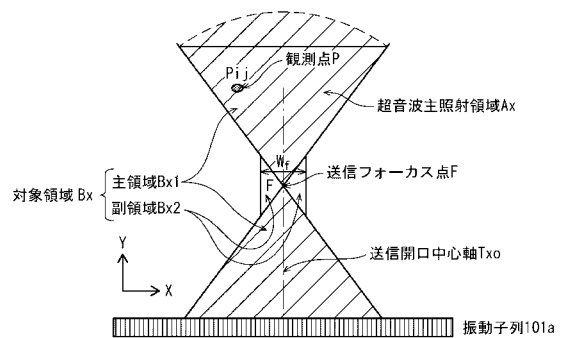
【図 16】



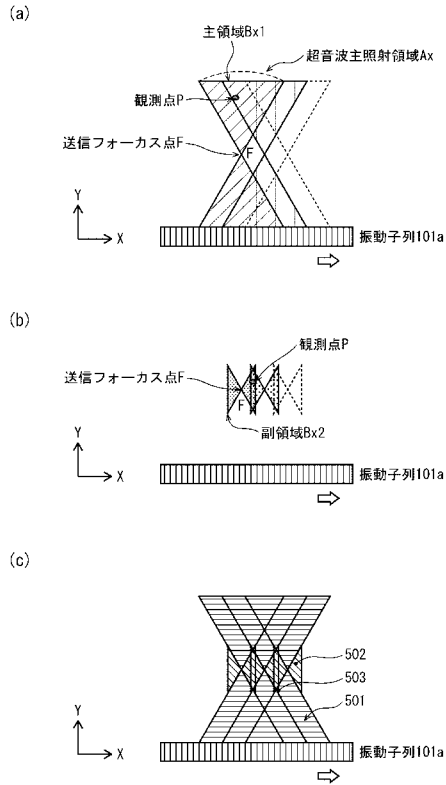
【図 17】



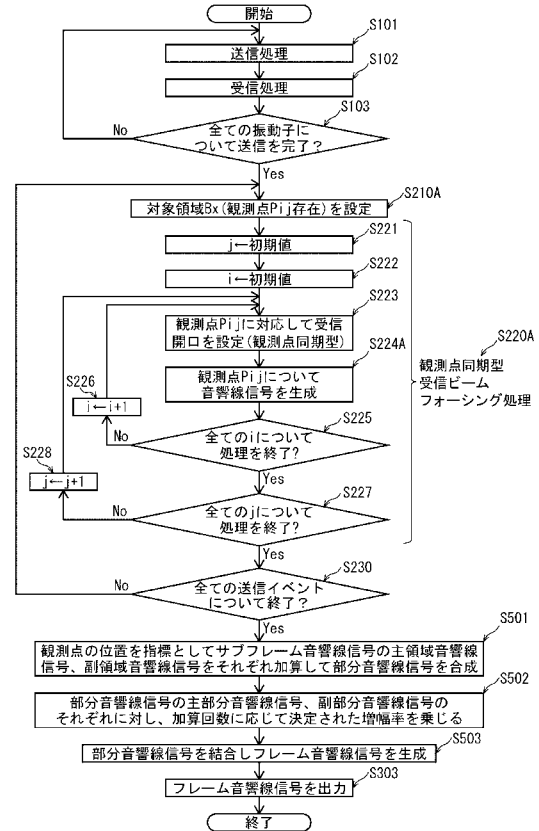
【図 18】



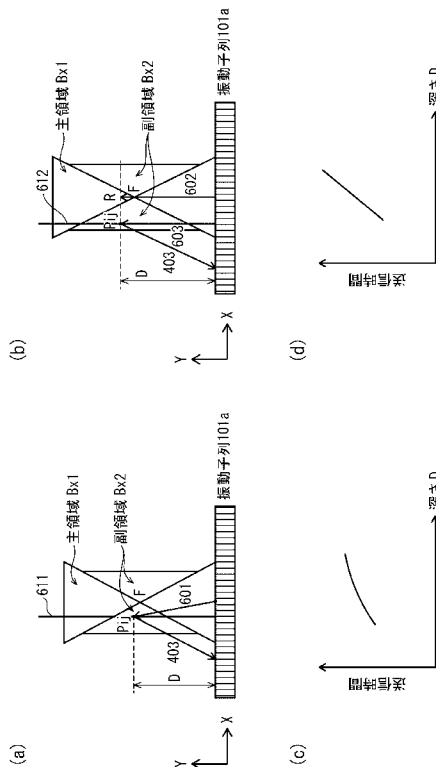
【図 19】



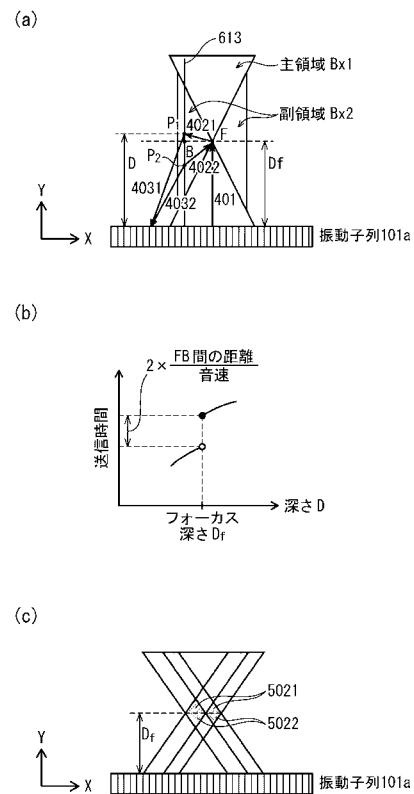
【図 20】



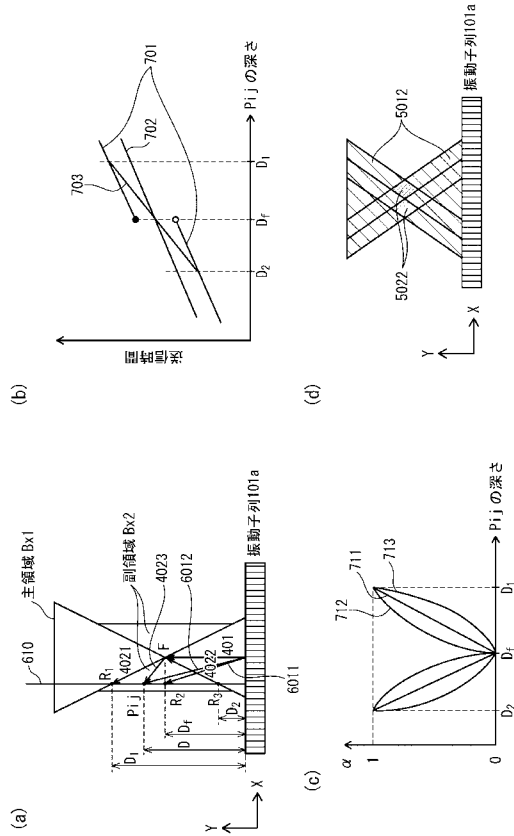
【図 21】



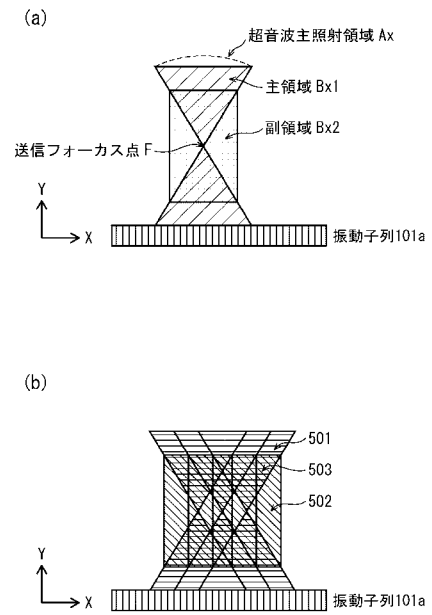
【図 22】



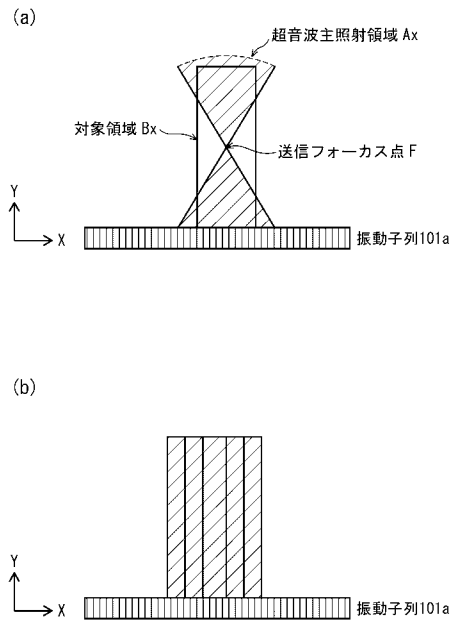
【図 2 3】



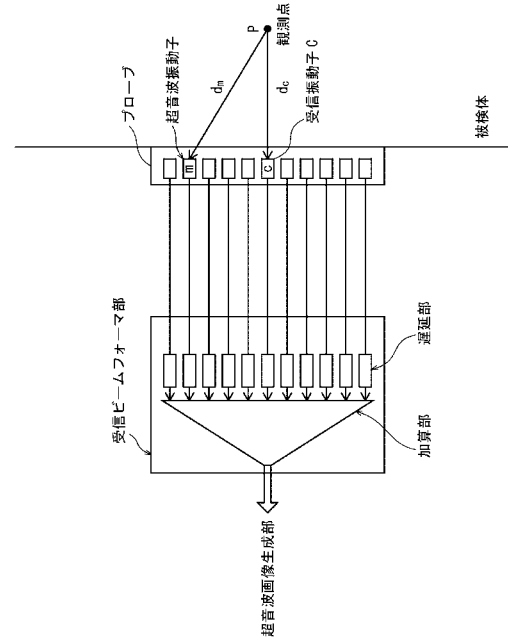
【図 2 4】



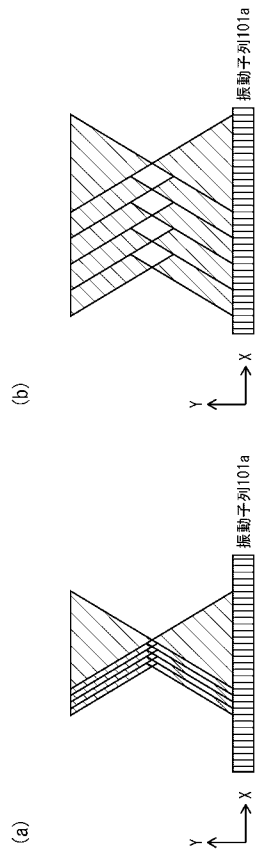
【図 2 5】



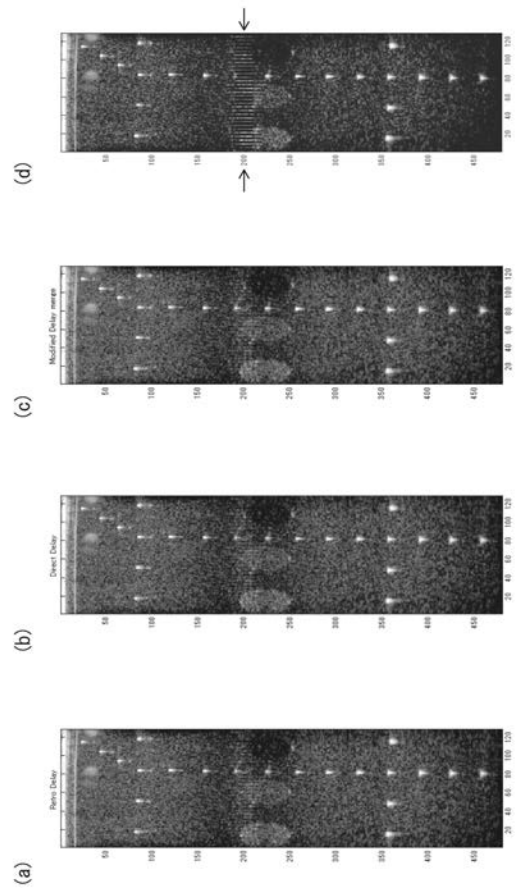
【図 2 7】



【図 2 8】



【図 2 6】



|                |                                                                                                                                                 |         |            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声波信号处理装置和超声波诊断装置                                                                                                                               |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2016185212A</a>                                                                                                                   | 公开(公告)日 | 2016-10-27 |
| 申请号            | JP2015066483                                                                                                                                    | 申请日     | 2015-03-27 |
| [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         | A61B8/4444 A61B8/4483 A61B8/5207 A61B8/5269 A61B8/54 G01S7/52046 G01S7/52047 G01S7/52095 G01S15/8927 G01S15/8997 G16H30/20 G16H50/20 G06F19/321 |         |            |
| FI分类号          | A61B8/14                                                                                                                                        |         |            |
| F-TERM分类号      | 4C601/BB06 4C601/EE08 4C601/HH29 4C601/HH38                                                                                                     |         |            |
| 其他公开文献         | JP6380194B2                                                                                                                                     |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                       |         |            |

#### 摘要(译)

要解决的问题：相对于使用一般发送波束成形的合成孔径方法，提高帧速率同时抑制由于在超声图像中产生丢失区域而引起的图像质量的劣化。解决方案：一种超声信号处理装置，其重复发送事件，用于向对象发送超声波，与发送事件同步地从对象接收反射的超声波，并且从基于接收的反射超声波产生的子帧声线信号合成帧声线信号。超声波信号处理装置进行发送，使得超声波在一次传输事件中从传输振动器阵列在对象体内会聚，进行选择，使得传输振动器阵列沿着阵列方向移动间距，只要与传输事件同步的多个振动器，就为每次传输设置事件，对象区域包括与超声波在对象体内会聚的位置相对应的位置，并且具有与超声波在对象身体中会聚在对象身体中的聚焦深度相对应的阵列方向上的宽度至少等于或大于并产生用于对象区域中的观察点的子帧声线信号。选择附图：数字

