

(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2018-183297

(P2018-183297A)

(43) 公開日 平成30年11月22日 (2018. 11. 22)

(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 10 O L (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2017-85699 (P2017-85699)  
 (22) 出願日 平成29年4月24日 (2017. 4. 24)

(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 EE12 JB08 JB09

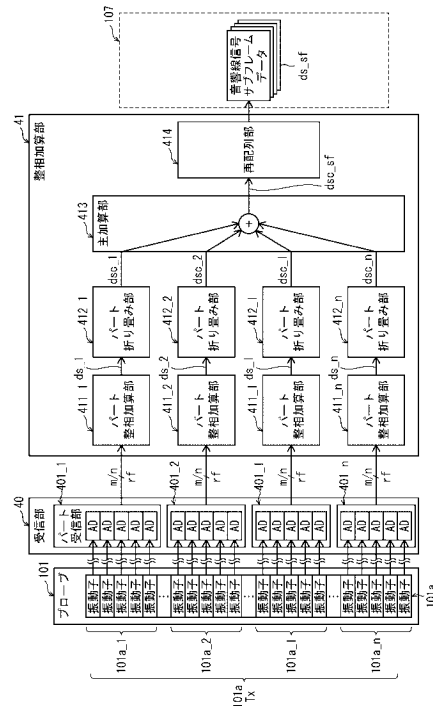
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、及び超音波信号処理方法。

(57) 【要約】

【課題】 整相加算処理に必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を縮減する。

【解決手段】 複数の部分振動子列に対応する受信信号列を整相加算することにより複数の線上観測点について、音響線信号部分フレームデータを生成する複数のパート整相加算部と、音響線信号部分フレームデータから、複数の線上観測点に対する音響線信号の列を抽出し、対象線群に含まれる対象線間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分フレーム折り畳みデータを生成する複数のパート折り畳み部と、音響線信号部分フレーム折り畳みデータを配列された観測点の位置を基準に加算して音響線信号フレーム折り畳みデータを生成する主加算部と、音響線信号フレーム折り畳みデータにおける音響線信号を、主照射領域における線上観測点の位置に再配列して音響線信号フレームデータを生成する再配列部とを有する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に超音波ビームを送信し、被検体から得られた反射波に基づいて音響線信号サブフレームデータを生成する超音波診断装置であって、

被検体内における超音波ビームの集束点を規定するフォーカス点を設定し、前記複数の振動子から選択される複数の送信振動子の列から前記集束点に集束する超音波ビームを送信させる送信部と、

前記超音波プローブが前記被検体から受波した反射波に基づいて、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、

前記超音波ビームの主照射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点のうち前記フォーカス点を通過する対象線群上に存在する複数の線上観測点について、前記主照射領域内から得られた反射波に基づく前記受信信号列を整相加算して音響線信号サブフレームデータを生成する整相加算部と、

を備え、

前記受信部は、前記送信振動子の列を分割した複数の部分振動子列の各々について、その部分振動子列に含まれる振動子各々が被検体から受波した反射波に基づき受信信号列を生成する複数のパート受信部と、

前記整相加算部は、前記複数の部分振動子列に対応する受信信号列を整相加算することにより前記複数の線上観測点について音響線信号を生成して、前記複数の部分振動子列の各々に対応する音響線信号部分サブフレームデータを生成する複数のパート整相加算部と

、  
前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレームデータから、前記複数の線上観測点に対する音響線信号の列を抽出し、前記対象線群に含まれる対象線間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する複数のパート折り畳み部と、

前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを前記配列された観測点の位置を基準に加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータを生成する主加算部と、

前記音響線信号フレーム折り畳みデータにおける音響線信号を、前記主照射領域における前記線上観測点の位置に再配列して前記音響線信号サブフレームデータを生成する再配列部とを有する

超音波診断装置。

## 【請求項 2】

前記対象線群に含まれる各対象線は直線であり、1つの対象線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つの対象線上にある最近接の観測点との距離は、前記1つの対象線に隣接する対象線上に存在する最近接の観測点との距離より小さい

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 3】

さらに、前記音響線信号サブフレームデータを複数合成して音響線信号フレームデータを生成する合成部を備え、

前記送信部は、前記超音波ビームを送信する送信イベントを前記フォーカス点を変更しながら複数回行い、

前記受信部は、各送信イベントに同期して前記受信信号列を生成し、

前記整相加算部は、各送信イベントに同期して前記音響線信号サブフレームデータを複数生成し、

前記合成部は、各送信イベントに同期して生成された複数の前記音響線信号サブフレームデータを、観測点の位置を基準に合成して音響線信号フレームデータを生成する

請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 4】

前記部分振動子列は、前記送信振動子の列を  $n$  分割 ( $n$  は 1 より大きい自然数) したものであり、

$n$  個の第 1 の集積回路と第 2 の集積回路とを備え、

前記複数のパート受信部、前記複数のパート整相加算部、前記複数のパート折り畳み部は、それぞれ各 1 づつ  $n$  個の第 1 の集積回路に含まれ、

前記主加算部及び前記再配列部は、前記第 2 の集積回路に含まれ、

前記  $n$  個の集積回路のそれぞれから、前記第 2 の集積回路に前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータが伝送される

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

10

## 【請求項 5】

前記部分振動子列は、前記送信振動子の列を  $n$  分割 ( $n$  は 1 より大きい自然数) したものであり、

$n$  個の集積回路を備え、

前記複数のパート受信部、前記複数のパート整相加算部、前記複数のパート折り畳み部は、それぞれ各 1 づつ  $n$  個の集積回路に含まれ、

前記主加算部及び前記再配列部は、前記  $n$  個の集積回路の何れかに含まれ、

前記主加算部及び前記再配列部が含まれる集積回路に対し、それ以外の集積回路のそれぞれから、前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータが伝送される

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

20

## 【請求項 6】

さらに、超音波計測条件を示す各種に基づき、前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータにおける前記対象線上の音響線信号の配列方法を規定する配列情報を決定する配列決定部を備え、

前記パート折り畳み部は、前記配列情報に基づき、対象線毎に音響線信号の列を配列して音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する

請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

## 【請求項 7】

前記合成部は、各送信イベントに同期して合成された音響線信号フレームデータ間の差分を算出し、各送信イベントに同期して前記差分に相当する音響線信号を出力する

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

30

## 【請求項 8】

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超音波ビームを送信し、被検体から得られた反射波に基づいて音響線信号サブフレームデータを生成する超音波信号処理方法であって、

被検体内における超音波ビームの集束点を規定するフォーカス点を設定し、前記複数の振動子から選択される複数の送信振動子の列から前記集束点に集束する超音波ビームを送信させる送信ステップと、

前記超音波プローブが前記被検体から受波した反射波に基づいて、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ステップと、

40

前記超音波ビームの主照射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点のうち前記フォーカス点を通過する対象線群上に存在する複数の線上観測点について、前記主照射領域内から得られた反射波に基づく前記受信信号列を整相加算して音響線信号サブフレームデータを生成する整相加算ステップと、

を有し、

前記受信ステップは、前記送信振動子の列を分割した複数の部分振動子列の各々について、その部分振動子列に含まれる振動子各々が被検体から受波した反射波に基づき受信信号列を生成する複数のパート受信サブステップと、

前記整相加算ステップは、前記複数の部分振動子列に対応する受信信号列を整相加算することにより前記複数の線上観測点について音響線信号を生成して、前記複数の部分振動

50

子列の各々に対応する音響線信号部分サブフレームデータを生成する複数のパート整相加算サブステップと、

前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレームデータから、前記複数の線上観測点に対する音響線信号の列を抽出し、前記対象線群に含まれる対象線間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する複数のパート折り畳みサブステップと、

前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを前記配列された観測点の位置を基準に加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータを生成する主加算サブステップと、

前記音響線信号フレーム折り畳みデータにおける音響線信号を、前記主照射領域における前記線上観測点の位置に再配列して前記音響線信号サブフレームデータを生成する再配列サブステップとを有する

超音波信号処理方法。

【請求項 9】

前記対象線群に含まれる各対象線は直線であり、1つの対象線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つの対象線上にある最近接の観測点との距離は、前記1つの対象線に隣接する対象線上に存在する最近接の観測点との距離より小さい

請求項 8 に記載の超音波信号処理方法。

【請求項 10】

さらに、前記音響線信号サブフレームデータを複数合成して音響線信号フレームデータを生成する合成ステップを有し、

前記送信ステップでは、前記超音波ビームを送信する送信イベントを前記フォーカス点を変更しながら複数回行い、

前記受信ステップでは、各送信イベントに同期して前記受信信号列を生成し、

前記整相加算ステップでは、各送信イベントに同期して前記音響線信号サブフレームデータを複数生成し、

前記合成ステップでは、各送信イベントに同期して生成された複数の前記音響線信号サブフレームデータを、観測点の位置を基準に合成して音響線信号フレームデータを生成する

請求項 8 又は 9 に記載の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、超音波信号処理方法、及び、それを用いた超音波診断装置に関し、特に、超音波信号処理方法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、超音波プローブより被検体内に超音波を送信し、被検体組織内の音響インピーダンスの差異から生じる超音波の反射波を受信し、得られた電気信号に基づいて被検体の内部組織の形状を示す超音波断層画像を生成して表示する装置である。

従来の超音波診断装置では、受信した反射波に基づく受信ビームフォーミング方法として、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、複数の振動子から被検体のある深さでフォーカスを結ぶよう超音波ビームを送信して超音波ビームの中心軸上にある音響線信号を生成する。そのため、中心軸上以外に照射した超音波の利用効率が悪く、送信フォーカス点近傍以外では得られる音響線信号の空間分解能や信号 S / N 比が低いという課題を有していた。

【0003】

これに対し、合成開口法(Synthetic Aperture Method)を用いて、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

10

20

30

40

50

法が提案されている（例えば、非特許文献 2）。合成開口法によれば、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、1回の超音波送信から送信フォーカス点近傍以外を含めた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。さらに、合成開口法では、複数回の超音波送信から得た同一観測点に対する複数の音響線信号を重ね合わせて、空間分解能及び S/N 比を向上することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

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

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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、合成開口法においては、1回の超音波送信で音響線信号が生成される対象領域の面積が大きくなると領域に内在する観測点の数が増加するため、整相加算における演算量、整相加算後の音響線信号のデータを格納するために必要なメモリ容量、音響線信号のデータを転送するために必要なデータ伝送能力が増加する。そのため、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と、音響線信号を格納するメモリ容量や転送するためのデータ伝送能力の拡大が必要となり、超音波診断装置のコストが増加するという課題があった。

【0006】

本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、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、生成される音響線信号のデータ量を削減でき、超音波診断装置の受信ビームフォーマにおける必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を縮減でき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】

【0007】

本開示の一態様に係る超音波診断装置は、複数の振動子を備えた超音波プローブを用いて被検体に超音波ビームを送信し、被検体から得られた反射波に基づいて音響線信号サブフレームデータを生成する超音波診断装置であって、被検体内における超音波ビームの集束点を規定するフォーカス点を設定し、前記複数の振動子から選択される複数の送信振動子の列から前記集束点に集束する超音波ビームを送信させる送信部と、前記超音波プローブが前記被検体から受波した反射波に基づいて、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、前記超音波ビームの主照射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点のうち前記フォーカス点を通過する対象線群上に存在する複数の線上観測点について、前記主照射領域内から得られた反射波に基づく前記受信信号列を整相加算して音響線信号サブフレームデータを生成する整相加算部と、を備え、前記受信部は、前記送信振動子の列を分割した複数の部分振動子列の各々について、その部分振動子列に含まれる振動子各々が被検体から受波した反射波に基づき受信信号列を生成する複数のパート受信部と、前記整相加算部は、前記複数の部分振動子列に対応する受信信号列を整相加算することにより前記複数の線上観測点について音響線信号を生成して、前記複数の部分振動子列の各々に対応する音響線信号部分サブフレームデータを生成する複数のパート整相加算部と、前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレームデータから、前記複数の線上観測点に対する音響線信号の列を抽出し、前記対象線群に含まれる対象線間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する複数のパート折り畳み部と、前記複数の部分振動子列の各々に対応する

前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを前記配列された観測点の位置を基準に加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータを生成する主加算部と、前記音響線信号サブフレーム折り畳みデータにおける音響線信号を、前記主照射領域における前記線上観測点の位置に再配列して前記音響線信号サブフレームデータを生成する再配列部とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本開示の一態様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よれば、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、及び、生成される音響線信号のデータ量を削減することができる。その結果、超音波診断装置の受信ビームフォーマにおける必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を抑制できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態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】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】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】受信部40、整相加算部41の構成を示す機能ブロック図である。

【図5】(a)(b)は、受信ビームフォーマ部104における、音響線信号の生成方法の概要を示す模式図である。

20

【図6】(a)から(c)は、部分振動子列101a<sub>1</sub>の分割数nを2としたときの、パート受信部401、及び整相加算部41のパート受信部401、パート整相加算部411における分割処理の概要を示す模式図、(c)は、音響線信号サブフレームデータd<sub>s</sub>生成の概要を示す模式図である。

【図7】実施の形態に係るパート整相加算部411の構成を示す機能ブロック図である。

【図8】対象線群B<sub>x</sub>を示す模式図である。

【図9】受信開口設定部4113により設定された受信開口R<sub>x</sub>と送信開口T<sub>x</sub>との関係を示す模式図である。

【図10】(a)(b)は、送信開口T<sub>x</sub>から観測点P<sub>ij</sub>を經由して受信振動子R<sub>k</sub>に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。

30

【図11】実施の形態に係るパート折り畳み部412の構成を示す機能ブロック図である。

【図12】(a)から(d)は、パート折り畳み部412の動作を示す説明図である。

【図13】再配列部414の動作を示す説明図である。

【図14】実施の形態に係る合成部42の構成を示す機能ブロック図である。

【図15】加算処理部421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16】合成音響線信号における最大重畳数と、増幅処理部422における増幅処理の概要を示す模式図である。

【図17】実施の形態に係る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。

40

【図18】図17におけるステップS224の詳細を示すフローチャートである。

【図19】観測点P<sub>ij</sub>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20】図17におけるステップS240の詳細を示すフローチャートである。

【図21】図17におけるステップS270の詳細を示すフローチャートである。

【図22】(a)~(d)は、実施例及び比較例1の受信ビームフォーミングにより得た超音波画像である。

【図23】実施例に係る超音波診断装置100Aにおける受信ビームフォーマ部104の模式実装図である。

【図24】別の実施例に係る超音波診断装置100Bにおける受信ビームフォーマ部104の模式実装図である。

50

【図25】比較例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。

【発明を実施するための形態】

【0010】

発明を実施するための形態に至った経緯

発明者は、合成開口法を用いる超音波診断装置において、音響線信号の空間分解能及びS/N比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度の超音波の送信によって、超音波送信に用いられる複数の振動子から、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。すなわち、超音波主照射領域は、フォーカス点のある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の幅が広がる形状となる。

10

【0011】

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。

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、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容量、音響線信号を転送するために必要なデータ伝送能力は、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容量の増大に直結する。時間解像度の低下やユーザビリティの低下を抑制するためには、整相加算の演算を高速に行えるような処理能力の高いプロセッサ、例えば高性能のGPUなどが必要となり、超音波診断装置のコスト増加を招くこととなる。

20

【0012】

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。発明者は、観測点の数を削減するための対象領域として、フォーカス点またはその近傍を通過する複数の対象線からなる対象線群を設定するという着想を得た。このようにすることで、深さ方向には観測点の数も密度を維持したうえで、対象線と垂直方向には観測点の密度を低下させることで距離分解能の縮小しない構成を採るとともに、演算対象となる観測点の数を削減することで、整相加算の演算量を削減することができる。

30

【0013】

さらに、整相加算処理の分散処理化によりハードウェアコストを低減することが考えられる。その場合、整相加算処理を複数の演算器に分散化して1演算器あたりの演算量を削減することが必要である。例えば、超音波プローブに列設された複数の振動子の列を複数の部分振動子列に分割し、それぞれの部分振動子列毎に得られる受信信号に基づいて前段の整相加算処理を行い、それぞれの整相加算処理から生成された音響線信号を後段で合成するという方法が考えられる。この構成では、部分振動子列毎に対応した前段の整相加算処理と後段の合成処理とのそれぞれにおいて、例えば、小規模のFPGA(Field Programmable Gate Array)を複数用いることでハードウェアを構成できるので、ハードウェアにおける演算器のコストを大幅に低減することができる。すなわち、1石のFPGA等を用いた集中処理により機能を実装した場合に、演算規模が大きいことより生じるコスト増大を回避できる。すなわち、大規模演算を可能とするFPGA等のハードウェアは非常に高価であり、同じ演算量を複数の集積回路に分割して処理した方が、コスト低減を低減できる。

40

【0014】

しかしながら、処理を複数の集積回路に分割して実現する場合には、集積回路間でデータ転送を行う必要があり、総演算量は賄えてもデータ転送が非常に多く、安価なハードウェアでは実現できない場合がある。具体的には、前段の整相加算により得た音響線信号を

50

一旦格納するために必要なメモリ容量や、前段の処理から後段の処理へ音響線信号を転送するために必要なデータ伝送能力がコスト低減における律速となる。これらを低減するためには、上記した演算対象となる観測点の数を削減する方法だけでは不十分であり、整相加算後の音響線信号の外形的なデータ量を縮減することが必要となる。

#### 【0015】

そこで、発明者は、特別な演算負荷を伴うことなく音響線信号の外形的なデータ量を縮減できる方法について鋭意検討を行い、以下に示す実施の形態に想到するに至った。

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を有する超音波プローブ101（以後、「プローブ101」とする）、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】

##### 2. 超音波診断装置100の構成

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

#### 【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。

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(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。

#### 【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

10

20

30

40

50

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。

### 3. 超音波診断装置100の主要部の構成

実施の形態1に係る超音波診断装置100は、プローブ101の各振動子101aから超音波送信を行わせる送信ビームフォーマ部103と、プローブ101での超音波反射波の受信から得た電気信号を演算して超音波画像を生成するための音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部104に特徴を有する。そのため、本明細書では、主に、送信ビームフォーマ部103及び受信ビームフォーマ部104について、その構成及び機能を説明する。なお、送信ビームフォーマ部103及び受信ビームフォーマ部104以外の構成については、公知の超音波診断装置に使われるものと同じ構成を適用可能であり、公知の超音波診断装置のビームフォーマ部に本実施の形態に係るビームフォーマ部を置き換えて使用することが可能である。

10

#### 【0020】

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。

#### 3.1 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から選択され、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の列(送信開口Tx)に含まれる複数の振動子の各々に対する高電圧印加のタイミングを制御する。送信ビームフォーマ部103は送信部1031から構成される。

20

#### 【0021】

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

30

#### 【0022】

送信部1031は、超音波送信ごとに送信開口Txを列方向に順次移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ101に存する全ての振動子101aから超音波送信を行う。すなわち、本実施の形態では、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。送信開口Txに含まれる振動子の位置を示す情報は制御部108を介してデータ格納部107に出力される。例えば、プローブ101に存する振動子101a全数を192としたとき、送信開口Txを構成する振動子列の数として、例えば20~100を選択してもよく、超音波送信毎に振動子1つ分だけ移動させる構成としてもよい。以後、送信部1031により同一の送信開口Txから行われる超音波送信を「送信イベント」と称呼する。

40

#### 【0023】

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

50

スがあう（集束する）状態となる。

【0024】

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。

【0025】

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（図中では下部）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。

【0026】

ここで、「超音波主照射領域」Ax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。なお、上述したように、超音波主照射領域Axは、1点の送信フォーカス点Fの近傍に集束するように超音波送信波を送信してもよい。

3.2 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4は、受信部40、整相加算部41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40、整相加算部41、合成部42を備える。

【0027】

以下、受信ビームフォーマ部104を構成する各部の構成の概要について説明する。

3.2.1 受信部40

受信部40は、マルチプレクサ部102を介してプローブ101と接続され、送信イベントに同期してプローブ101での超音波反射波の受信から得た電気信号を増幅した後AD変換した受信信号（RF信号）を生成する回路である。送信イベントの順に時系列に受信信号を生成しデータ格納部107に出力し、データ格納部107に受信信号を保存する。

【0028】

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

送信イベントでは、上述のとおり、送信部1031は、プローブ101に存する複数の振動子101a中、送信開口Txに含まれる複数の振動子の各々に超音波ビームを送信させる。これに対し、受信部40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Txに含まれる振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子の数はプローブ101に存する振動子101aの全数としてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0029】

受信部40は、図4に示すように、プローブ101に存在する複数の振動子101aから選択された $m$ 個( $m$ は1より大きい自然数)の送信振動子の列101aTxを $n$ 分割( $n$ は $m$ 以下であり1より大きい自然数)した複数の部分振動子列101a\_\_ $l$ ( $l=1\sim n$ )の各々について、その部分振動子列101a\_\_ $l$ に含まれる振動子各々が被検体から受波した反射波に基づき受信信号列を生成する複数( $n$ )のパート受信部401\_\_ $l$ に分かれている。各部分振動子列101a\_\_ $l$ には、 $m/n$ 個の振動子が含まれる。例えば、送信振動子の列101aTxの個数 $m$ を128、 $n$ を2、部分振動子列101a\_\_ $l$ に含まれる振動子の個数を64としてもよい。なお、本明細書において、パート受信部401\_\_ $l$ は、順番 $l$ を区別しない場合、「パート受信部401」と表記する。

10

## 【0030】

送信部1031は、送信イベントに同期して送信開口Txを列方向に順次移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ101に存する複数の振動子101a全体から超音波送信を行う。受信部40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。

## 3.2.2 整相加算部41

整相加算部41は、超音波ビームの主照射領域Ax内の位置に対応する複数の領域内観測点Pijのうちフォーカス点Fを通過する対象線群Bx上に存在する複数の線上観測点PBxijについて、超音波主照射領域Ax内から得られた反射波に基づく受信信号列を整相加算して音響線信号サブフレームデータdssfを生成する回路である。なお、「対象線群」の詳細については、後述する。

20

## 【0031】

図4に示すように、整相加算部41は、複数( $n$ )のパート整相加算部411\_\_ $l$ ( $l=1\sim n$ )、複数( $n$ )のパート折り畳み部412\_\_ $l$ 、主加算部413、再配列部414を備える。

## 3.2.2.1 パート整相加算部411

## (1) 概要

パート整相加算部411は、図4に示すように、複数( $n$ )のパート受信部401\_\_ $l$ からそれぞれ入力した複数の部分振動子列101a\_\_ $l$ に対応する受信信号列を整相加算することにより複数の線上観測点PBxijについて音響線信号を生成する。複数( $n$ )のパート整相加算部411\_\_ $l$ は、それぞれ、複数の部分振動子列101a\_\_ $l$ の各々に対応して、複数の領域内観測点Pijのうち対象線群Bx上の全ての観測点PBxijに対する音響線信号部分サブフレームデータds\_\_ $l$ を生成する。なお、本明細書において、パート整相加算部411\_\_ $l$ は、順番 $l$ を区別しない場合、「パート整相加算部411」と表記する。

30

## 【0032】

図5(a)(b)は、受信ビームフォーマ部104における、音響線信号の生成方法の概要を示す模式図である。同図では、簡単のために、振動子列(101a)を2つの部分振動子列101a\_\_1、a\_\_2に分割し、整相加算部41が2つのパート整相加算部411\_\_1、411\_\_2より構成される場合を示した。

40

図5(a)(b)に示すように、パート整相加算部411\_\_ $l$ では、部分振動子列101a\_\_ $l$ に対する整相加算処理として、超音波主照射領域Axに存在する複数の域内観測点Pijのうち、フォーカス点Fを通過する対象線群Bx上に存在する複数の線上観測点PBxijについて整相加算処理が行われる。このとき、パート整相加算部411\_\_ $l$ における整相加算処理の対象となる受信信号参照範囲は、部分振動子列101a\_\_ $l$ に含まれる受信振動子Rk( $k$ は1より大きい自然数)の列(受信開口Rx)が被検体から受波した反射波に基づく受信信号列rfである。

## 【0033】

パート整相加算部411における分割処理について、さらに、具体的に説明する。

## i) 受信部40における、受信信号列rfの生成

50

図6(a)から(c)は、部分振動子列101a\_\_1の分割数nを2としたときの、パート受信部401、及び整相加算部41のパート整相加算部411における分割処理の概要を示す模式図である。(a)はパート受信部401\_\_1、401\_\_2における受信信号列rfの取得範囲、(b)はパート整相加算部411\_\_1、(c)はパート整相加算部411\_\_2による整相加算処理における、受信信号列rfの参照範囲と音響線信号部分サブフレームデータds\_\_1、ds\_\_2を生成すべき線上観測点PBxijの存在範囲を示したものである。

#### 【0034】

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、全てもしくは一部に当たる振動子の列を送信開口Txとして設定する。図6(a)では、送信開口Txが、部分振動子列101a\_\_1、101a\_\_2に跨って位置している状態を示している。送信部1031は、送信開口Txに含まれる複数の振動子の各々に送信フォーカス点Fに集束するよう超音波ビームを送信させる。超音波ビームは、送信フォーカス点Fで波面が合焦した後拡散し、超音波主照射領域Axは送信開口Txを上辺とする砂時計型となる。そして、超音波主照射領域Ax内の組織で反射した反射波ecは各振動子101aに到達し、パート受信部401\_\_1、401\_\_2は、図6(a)に示すように、それぞれ、部分振動子列101a\_\_1、101a\_\_2に含まれる全ての振動子が受波した反射波ecに基づき受信信号列をrf生成する。

#### 【0035】

ii) パート整相加算部411\_\_1における、音響線信号部分サブフレームデータデータds\_\_1の生成

次に、図6(b)に示すように、パート整相加算部411\_\_1は、パート受信部401\_\_1が出力した受信信号列rfに基づき、超音波主照射領域Axに含まれる対象線群Bx上に位置する線上観測点PBxij全てについて、それぞれに受信開口Rxを設定して整相加算処理を行う。受信開口Rxについては後に詳述するが、例えば、受信開口Rxを構成する振動子列の列中心が線上観測点PBxijに最も近接する振動子と合致するよう選択する構成としてもよい。

#### 【0036】

例えば、部分振動子列101a\_\_1下方の超音波主照射領域Ax内に位置する線上観測点PBxij(A)\_\_1については受信開口Rx(A)が選択される。この場合には、線上観測点PBxij(A)\_\_1については、パート受信部401\_\_1により生成された受信信号列rfのうち、受信開口Rx(A)内の振動子により受波された受信信号列rfに基づき整相加算が行われ、線上観測点PBxij(A)\_\_1に対する音響線信号部分データds\_\_1が生成される。図6(b)に示すように、受信開口Rx(A)内の振動子により受波されパート受信部401\_\_1により算出された受信信号列rfは、受信開口Rx(A)の全部の振動子に基づくものであるため、線上観測点PBxij(A)\_\_1に対する音響線信号部分データds\_\_1は反射率に応じて最大の信号強度を得ることができる。

#### 【0037】

他方、部分振動子列101a\_\_2下方の超音波主照射領域Ax内に位置する線上観測点PBxij(B)\_\_1については受信開口Rx(B)が選択される。この場合には、線上観測点PBxij(B)\_\_1については、パート受信部401\_\_1により生成された受信信号列rfのうち、受信開口Rx(B)内の振動子により受波された受信信号列rfにのみ基づき整相加算が行われ、線上観測点PBxij(B)\_\_1に対する音響線信号部分データds\_\_1が生成される。図6(b)に示すように、受信開口Rx(B)内の振動子により受波されパート受信部401\_\_1により算出された受信信号列rfは、受信開口Rx(B)の一部の振動子に基づくものであるため、線上観測点PBxij(B)\_\_1に対する音響線信号部分データds\_\_1は小さな信号強度しか得られない。

#### 【0038】

このように、パート整相加算部411\_\_1は、パート受信部401\_\_1が出力した受信

10

20

30

40

50

信号列  $r_f$  に基づき、対象線群  $B_x$  上に位置する線上観測点  $P_{B \times i j}$  全てについて、音響線信号部分サブフレームデータ  $ds\_1$  を生成する。

【0039】  
 パート整相加算部 411\_2 における、音響線信号部分サブフレームデータ  $ds\_2$  の生成

図6(c)に示すように、パート整相加算部 411\_2 は、パート受信部 401\_2 が出力した受信信号列  $r_f$  に基づき、対象線群  $B_x$  上に位置する線上観測点  $P_{B \times i j}$  全てについて、それぞれに受信開口  $R_x$  を設定して整相加算処理を行う。

【0039】

例えば、部分振動子列  $101a\_2$  下方に位置する線上観測点  $P_{B \times i j (B)}\_2$  については受信開口  $R_x (B)$  が選択される。この場合には、線上観測点  $P_{B \times i j (B)}\_2$  については、パート受信部 401\_2 により生成された受信信号列  $r_f$  のうち、受信開口  $R_x (B)$  内の振動子により受波された受信信号列  $r_f$  に基づき整相加算が行われ、線上観測点  $P_{B \times i j (B)}\_2$  に対する音響線信号部分データ  $ds\_2$  が生成される。図6(c)に示すように、受信開口  $R_x (B)$  内の振動子により受波されパート受信部 401\_2 により算出された受信信号列  $r_f$  は、受信開口  $R_x (A)$  の大部分の振動子に基づく受信信号列  $r_f$  であるため、線上観測点  $P_{B \times i j (B)}\_2$  に対する音響線信号部分データ  $ds\_2$  は十分な信号強度を得ることができる。

【0040】

他方、部分振動子列  $101a\_1$  下方に位置する線上観測点  $P_{B \times i j (A)}\_2$  については受信開口  $R_x (A)$  が選択される。この場合には、線上観測点  $P_{B \times i j (A)}\_2$  については、パート受信部 401\_2 により生成された受信信号列  $r_f$  のうち、受信開口  $R_x (A)$  内の振動子により受波された受信信号列  $r_f$  にのみ基づき整相加算が行われ、線上観測点  $P_{B \times i j (A)}\_2$  に対する音響線信号部分データ  $ds\_2$  が生成される。図6(c)に示すように、受信開口  $R_x (A)$  内の振動子により受波されパート受信部 401\_2 により算出された受信信号列  $r_f$  は存在しないため、線上観測点  $P_{B \times i j (A)}\_2$  に対する音響線信号部分データ  $ds\_2$  の信号強度はゼロとなる。

【0041】

このように、パート整相加算部 411\_2 は、パート受信部 401\_2 が出力した受信信号列  $r_f$  に基づき、対象線群  $B_x$  上に位置する線上観測点  $P_{B \times i j}$  全てについて、音響線信号部分サブフレームデータ  $ds\_2$  を生成する。

パート整相加算部 411\_1、411\_2 での整相加算方法は、受信アポダイゼーションによる重み係数を  $a_p$ 、受信信号の強度を  $r_f$ 、複数の振動子  $101a$  を示す変数を  $k$  ( $k$  は 1 より大きい自然数) としたとき、それぞれ、次式により示される。

【0042】

【数1】

$$ds\_1(i, j) = \sum_k^{R_x} a_p(k, j) \times r_f(k, j + \Delta j(i, j, k))$$

【0043】

【数2】

$$ds\_2(i, j) = \sum_k^{R_x} a_p(k, j) \times r_f(k, j + \Delta j(i, j, k))$$

(2) パート整相加算部 411 の各構成

図7は、パート整相加算部 411 の構成を示す機能ブロック図である。図7に示すよう

10

20

30

40

50

に、パート整相加算部 4 1 1 は、対象線群設定部 4 1 1 2、受信開口設定部 4 1 1 3、送信時間算出部 4 1 1 4、受信時間算出部 4 1 1 5、遅延量算出部 4 1 1 6、遅延処理部 4 1 1 7、重み算出部 4 1 1 8、及び加算部 4 1 1 9 を備える。

【 0 0 4 4 】

以下、パート整相加算部 4 1 1 を構成する各部の構成について説明する。

i) 対象線群設定部 4 1 1 2

対象線群設定部 4 1 1 2 は、被検体内において音響線信号サブフレームデータの生成を行う対象線群  $B_x$  を設定する。「対象線群」とは、送信イベントに同期して被検体内において音響線信号サブフレームデータの生成が行われるべき信号上の領域であり、対象線群  $B_x$  上の観測点  $P_{ij}$  について音響線信号が生成される。対象線群  $B_x$  は、音響線信号の生成が行われる観測対象点の集合として、1 回の送信イベントに同期して計算の便宜上設定される。

10

【 0 0 4 5 】

なお、上述のとおり、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 は、図 4 に示すように、複数 ( $n$ ) のパート受信部 4 0 1 \_\_ 1 からそれぞれ入力した複数の部分振動子列  $1 0 1 a$  \_\_ 1 に対応して分割されている。そのため、本実施の形態では、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 は、それぞれ、部分振動子列  $1 0 1 a$  \_\_ 1 が受波した信号列から出力される受信信号列  $r f$  を入力信号として取得する。しかしながら、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 における整相加算処理では、超音波主照射領域  $A_x$  全体に位置する対象線群  $B_x$  上の全ての観測点  $P_{B_x ij}$  に対する音響線信号部分サブフレームデータ  $d s$  \_\_ 1 を生成する構成を採る。

20

【 0 0 4 6 】

なお、本実施の形とは異なる態様として、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 における整相加算処理として、超音波主照射領域  $A_x$  全体に位置する対象線群  $B_x$  上の観測点  $P_{B_x ij}$  のうち部分振動子列  $1 0 1 a$  \_\_ 1 に対応する範囲内に位置する観測点について音響線信号部分サブフレームデータ  $d s$  \_\_ 1 を生成する構成を採ることも可能である。

ここで、「音響線信号サブフレームデータ」とは、1 回の送信イベントから生成される対象線群  $B_x$  上に存在する全ての観測点  $P_{ij}$  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、対象線群  $B_x$  上に存在する全ての観測点  $P_{ij}$  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。

30

【 0 0 4 7 】

対象線群設定部 4 1 1 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線群  $B_x$  を設定する。

図 8 は、対象線群  $B_x$  を示す模式図である。図 8 に示すように、対象線群  $B_x$  は、超音波主照射領域  $A_x$  内に存在し、複数の対象線  $B_{L1} \sim B_{L7}$  (以後、対象線の区別を要しない場合は、「対象線  $B_L$ 」と総称する) からなる。各対象線は、フォーカス点  $F$  またはその近傍を通過する直線である。なお、対象線  $B_{L1}$  および  $B_{L7}$  は、それぞれ超音波主照射領域  $A_x$  の外郭線に該当し、対象線  $B_{L4}$  は送信開口  $T_x$  中心軸上に存在する。なお、超音波主照射領域  $A_x$  の外郭線は便宜上、送信開口  $T_x$  の一端とフォーカス点  $F$  とを通過する直線、および、送信開口  $T_x$  の他端とフォーカス点  $F$  とを通過する直線、の 2 つであるものとする。また、各対象線  $B_{L1} \sim B_{L7}$  において、隣接する対象線がなす角は概ね等しい。すなわち、フォーカス点  $F$  を中心とする円弧上に存在する観測点は等間隔に並ぶ。また、例えば、 $i$  を対象線の識別番号を示す変数、 $j$  を対象線に沿った位置を示す変数としたとき、 $P_{ij}$  とフォーカス点  $F$  との距離が所定距離未満である場合を除き、同一の対象線  $B_{L2}$  上の隣接する観測点  $P_{ij}$  と  $P_{i(j+1)}$  との間の距離  $d_j$  は、隣接する対象線  $B_{L2}$ 、 $B_{L3}$  上のそれぞれの観測点  $P_{ij}$  と  $P_{(i+1)j}$  との間の距離  $d_i$  よりも小さい。なお、距離  $d_j$  は、少なくとも距離  $d_i$  の 2 倍であり、好ましくは 4 倍以上、より好ましくは 8 倍以上である。このようにすることで、観測点は深さ方向に高密度、振動子の並ぶ方向 (フォーカス点  $F$  を中心とした円周方向) には低密度となるように、超音波主照射領域  $A_x$  のほぼ全域に均等に配置される。ここで、所定距離とは、対象線上

40

50

の点と隣接する対象線上の点との距離が、対象線に沿った観測点の間隔より小さくなる範囲を示す。例えば、隣接する対象線のなす角を  $\theta$  とした場合、所定距離  $d_p$  は以下の式を満たす。

【0048】

$$d_i = 2 \cdot d_p \cdot \sin(\theta / 2)$$

なお、対象線群  $B_x$  の形状は、上述の場合に限られず、例えば、各対象線  $B_{L1} \sim B_{L7}$  において、送信振動子列と接する位置の距離が等間隔である、としてもよい。また、対象線群  $B_x$  は7本の対象線からなるが、これは一例であり、対象線の数は、3以上の範囲内であれば、任意に設定してよい。また、本例では、簡単のために奇数の場合を示して説明を行っているが、言うまでもなく対象線の数は奇数に限定されない。

10

【0049】

また、各観測点  $P_{ij}$  は対象線群  $B_x$  上に存在するとしたが、例えば、観測点の一部または全部が、対象線に近接する位置に設定されてもよい。例えば、 $i$ 、 $j$  を直交座標を示す変数としたとき、観測点  $P_{ij}$  は、振動子の並ぶ方向 ( $x$  方向) と深さ方向 ( $z$  方向) とで示され、各振動子の中心を格子点とする直交座標における格子点上に存在する、とすることができる。このようにすることで、各観測点  $P_{ij}$  に対して  $x$  座標が同一となる振動子が必ず存在するため、音響線信号の品質を向上させることができるからである。この場合、対象線は必ずしも  $z$  方向と平行でないため、観測点を設けようとする位置で、対象線が格子点を通らないことがある。このような場合、観測点は対象線の直上ではなく、対象線に近接する格子点上に設ける。例えば、対象線上に設けるべき観測点の座標について、所定の桁数において四捨五入などの丸め処理を行うことで、観測点の実際の座標を規定する。具体的には、以下のように観測点を定める。振動子の並ぶ方向 ( $x$  方向) について、プローブの振動子の数を192、プローブの振動子列の一端の振動子の位置を  $x = 0$ 、他端の振動子の位置を  $x = 191$  とする。深さ方向について、振動子列の位置を  $z = 0$  とし、プローブの振動子1つ分だけ深い点を  $z = 1$  とする。フォーカス点  $F$  の座標を  $(64, 1000)$  とし、座標  $(31, 0)$  を通る対象線を設定すると、対象線は以下の数式で示される。

20

$$z = (1000 / 33) \cdot (x - 31)$$

この時、例えば、 $z = 1500$  の深さに観測点を設けようとする、 $(80.5, 1500)$  となる。この場合、観測点を  $(81, 1500)$  としてもよい。このようにすることで、整相加算において  $x = 81$  の振動子を基準とすることができ、音響線信号の品質を向上させることができる。なお、観測点を実際に設ける位置は上述した場合に限られず、対象線群  $B_x$  上に設けるべき観測点について、その座標の値を丸めて計算上好ましい近接点を実際の観測点とする限りにおいて、任意に行ってもよい。

30

【0050】

設定された対象線群  $B_x$  は送信時間算出部4114、受信時間算出部4115、遅延処理部4117に出力される。

ii) 受信開口設定部4113

受信開口設定部4113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  $T_x$  の位置を示す情報とに基づき、プローブ101に存する複数の振動子の一部に当たる振動子列 (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。ここで、「受信開口  $R_x$ 」とは、線上観測点  $P_{B_x ij}$  の音響線信号を生成するために整相加算の対象となる受信信号列を受波した振動子の列である。本実施の形態では、受信開口設定部4113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9は、受信開口設定部4113により設定された受信開口  $R_x$  と送信開口  $T_x$  との関係を示す模式図である。図9に示すように、受信開口  $R_x$  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

40

50

、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。

【0051】

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

【0052】

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 4114、受信時間算出部 4115、遅延処理部 4117、重み算出部 4118 に出力する。

【0053】

iii) 送信時間算出部 4114

送信時間算出部 4114 は、送信された超音波が被検体中の観測点  $P_{ij}$  に到達する送信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部 107 から取得した、送信開口  $T_x$  に含まれる振動子の位置を示す情報と、対象線群設定部 4112 から取得した超音波主照射領域  $A_x$  を含む対象線群  $B_x$  の位置を示す情報とに基づき対象線群  $B_x$  上に存在する任意の観測点  $P_{ij}$  について、送信された超音波が被検体中の観測点  $P_{ij}$  に到達する送信時間を算出する。

【0054】

図 10 (a) (b) は、送信開口  $T_x$  から放射され対象線群  $B_x$  上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り、図 10 (a) は観測点  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以上の場合、図 10 (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。

【0055】

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。

【0056】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

まず、観測点  $P_{ij}$  の深さがフォーカス深さ以上の場合について、図 10 (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 を通って送信フォーカス点  $F$  に到達し、送信フォーカス点  $F$  から経路 402 を通って観測点  $P_{ij}$  に到達したものと算出する。したがって、送信波が経路 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 の長さとして経路 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。

【0057】

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 10 (b) を用いて説

10

20

30

40

50

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 を通って送信フォーカス点  $F$  に到達する時刻と、経路 404 を通って観測点  $P_{ij}$  に到達した後、観測点  $P_{ij}$  から経路 402 を通って送信フォーカス点  $F$  に到達する時刻とが同一である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。

【0058】

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。経路 402 の長さが 0 となるため、いずれで算出しても経路 401 を通過する時間と一致するためである。

10

【0059】

送信時間算出部 4114 は、1 回の送信イベントに対し、対象線群  $B_x$  上の全ての観測点  $P_{ij}$  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 4116 に出力する。

i v) 受信時間算出部 4115

20

受信時間算出部 4115 は、観測点  $P$  からの反射波が、受信開口  $R_x$  に含まれる受信振動子  $R_k$  の各々に到達する受信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部 107 から取得した受信振動子  $R_k$  の位置を示す情報と、対象線群設定部 4112 から取得した対象線群  $B_x$  の位置を示す情報とに基づき対象線群  $B_x$  上に存在する任意の観測点  $P_{ij}$  について、送信された超音波が被検体中の観測点  $P_{ij}$  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。

【0060】

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  $R_k$  に戻っていく。受信開口  $R_x$  内の各受信振動子  $R_k$  の位置情報はデータ格納部 107 から取得されるので、任意の観測点  $P_{ij}$  から各受信振動子  $R_k$  までの経路 403 の長さは幾何学的に算出することができる。

30

【0061】

受信時間算出部 4115 は、1 回の送信イベントに対し、対象線群  $B_x$  上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 4116 に出力する。

v) 遅延量算出部 4116

遅延量算出部 4116 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  $R_k$  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 4116 は、送信時間算出部 4114 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 4116 は、対象線群  $B_x$  上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 4117 に出力する。

40

【0062】

vi) 遅延処理部 4117

遅延処理部 4117 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

50

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 4 1 1 7 は、送信イベントに対応して、受信開口設定部 4 1 1 3 から受信振動子  $R_k$  の位置を示す情報、データ格納部 1 0 7 から受信振動子  $R_k$  に対応する受信信号、対象線群設定部 4 1 1 2 から取得した対象線群  $B_x$  の位置を示す情報、遅延量算出部 4 1 1 6 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 4 1 1 9 に出力する。

【 0 0 6 3 】

v i i ) 重み算出部 4 1 1 8

重み算出部 4 1 1 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  $R_k$  に対する重み数列（受信アボダイゼーション）を算出する回路である。

図 9 に示すように、重み数列は受信開口  $R_x$  内の各振動子に対応する受信信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、送信フォーカス点  $F$  を中心として対称な分布をなす。重み数列の分布の形状は、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓などを用いることができ、分布の形状は特に限定されない。重み数列は、受信開口  $R_x$  の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるように設定され、重みの分布の中心軸は、受信開口中心軸  $R_x o$  と一致し、分布は中心軸に対し対称な形状をなす。重み算出部 4 1 1 8 は、受信開口設定部 4 1 1 3 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

【 0 0 6 4 】

v i i i ) 加算部 4 1 1 9

加算部 4 1 1 9 は、遅延処理部 4 1 1 7 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 4 1 1 8 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 4 1 1 7 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 4 1 1 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  $R_k$  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。

【 0 0 6 5 】

1 回の送信イベントとそれに伴うパート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 での処理から、複数の部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 の各々に対応して、超音波主照射領域  $A_x$  全体に位置する複数の領域内観測点  $P_{ij}$  のうち対象線群  $B_x$  上の全ての観測点  $P_{B_x i j}$  に対する音響線信号部分サブフレームデータ  $d s __ 1$  を生成することができる。

3 . 2 . 2 . 2 パート折り畳み部 4 1 2

パート折り畳み部 4 1 2 \_\_ 1 は、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 が生成する複数の部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 の各々に対応する音響線信号部分サブフレームデータ  $d s __ 1$  を入力として、複数の線上観測点  $P_{B_x i j}$  に対する音響線信号  $d s ( i , j )$  を、対象線群  $B_x$  を構成する対象線  $B_L$  間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $d s c __ 1 s$  を生成する回路である。

【 0 0 6 6 】

図 1 1 は、実施の形態に係るパート折り畳み部 4 1 2 の構成を示す機能ブロック図である。図 1 1 に示すように、パート折り畳み部 4 1 2 は、線上観測点音響線信号抽出部 4 1 2 1、配列決定部 4 1 2 2、対象線配列部 4 1 2 3 を備える。

i ) 線上観測点音響線信号抽出部 4 1 2 1

線上観測点音響線信号抽出部 4 1 2 1 は、音響線信号部分サブフレームデータ  $d s __ 1$

10

20

30

40

50

を入力として、線上観測点  $P B \times i j$  に対する音響線信号  $d s ( i , j )$  を抽出する。

【 0 0 6 7 】

図 1 2 ( a ) から ( d ) は、パート折り畳み部 4 1 2 の動作を示す説明図である。パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 ( 例として、 $l = 1 \text{ or } 2$  ) では、図 1 2 ( a ) に示すように、部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1、a \_\_ 2 から超音波主照射領域  $A \times$  全体に位置する対象線群  $B \times ( B L 1 \sim B L 7 )$  上に線上観測点  $P B \times i j$  が設定され整相加算処理が行われる。このとき、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 又は 4 1 1 \_\_ 2 により生成される音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ \_ l ( l = 1 \text{ or } 2 )$  の態様は、図 1 2 ( b ) の模式図のようになる。音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ \_ l$  は、振動子列方向 (  $x$  ) と深さ (  $z$  ) を 2 軸とする直交座量 (  $i , j$  ) (  $i$  が振動子列方向 (  $x$  ) に対応、 $j$  が深さ (  $z$  ) に対応 ) 上にマッピングされた、本例では  $1 3 \times 2 9$  の音響線信号データの集合である。このうち、図 1 2 ( b ) の対象線群  $B \times$  近傍に位置する線上観測点  $P B \times i j$  には算出された 1 2 1 個の音響線信号  $d s ( i , j )$  ( 図 1 2 ( b ) 中の「 」 ) が内挿されており、線上観測点  $P B \times i j$  以外の観測点には 2 5 6 個のゼロを示す数固定値  $d s 0$  ( 図 1 2 ( b ) 中の「 」 ) が内挿されている。各音響線信号  $d s ( i , j )$  には、音響線強度を示す情報の他、振動子列方向 (  $x$  )、深さ (  $z$  ) を示す座標情報 (  $i , j$  ) が含まれている。

10

【 0 0 6 8 】

線上観測点音響線信号抽出部 4 1 2 1 は、例えば、音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ \_ l$  を、 $j$  の各位置でそれぞれ  $i$  についてスキャンすることにより、音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ \_ l$  内の音響線信号  $d s ( i , j )$  をサーチし、音響線信号  $d s ( i , j )$  ( 図 1 2 ( b ) 中の「 」 ) が検出されたときには、対象線群  $B \times ( B L 1 \sim B L 7 )$  中の対象線  $B L$  を識別する識別番号  $s$  を付与することにより、線上観測点  $P B \times i j$  に対する音響線信号  $d s ( i , j )$  を抽出する。図 1 2 ( a ) ( b ) に示す例では、対象線  $B L 1、2、3、4、5、6、7$  に、それぞれ  $s = - 2、- 1、0、1、2$  の識別番号を付与する。そして、音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ \_ l$  上の各音響線信号  $d s ( i , j )$  に対し、識別番号  $s$  を付加情報として追加する。したがって、各音響線信号  $d s c ( s , j , i )$  は、音響線強度を示す情報の他、振動子列方向 (  $x$  )、深さ (  $z$  ) を示す座標情報 (  $i , j$  )、対象線群  $B \times$  中の対象線  $B L$  の識別番号  $s$  を示す情報が含む信号となる。

20

【 0 0 6 9 】

i i ) 対象線配列部 4 1 2 3

対象線配列部 4 1 2 3 は、抽出された線上観測点  $P B \times i j$  に対する音響線信号  $d s ( i , j )$  を、対象線群  $B \times$  中の対象線  $B L$  間の間隔を詰めて配列する。具体的には、例えば、図 1 2 ( c ) に示すように、識別番号  $s$  を付加した音響線信号  $d s c ( s , j , i )$  を、識別番号  $s$  と  $j$  を 2 軸とする直交座量 (  $s , j$  )、 $s$  が振動子列方向 (  $x$  ) に対応、 $j$  が深さ (  $z$  ) に対応) に配列することにより対象線  $B L$  間の間隔を詰めた音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $d s c \_ \_ l$  を生成する。あるいは、図 1 2 ( d ) に示すように、識別番号  $s$  の絶対値と  $j$  とを 2 軸とする直交座標に配列して音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $d s c \_ \_ l$  を生成してもよい。直交座量 (  $s , j$  ) 上において、線上観測点  $P B \times i j$  に対する 1 2 1 個の音響線信号  $d s c ( s , j , i )$  が対象線  $B L$  間の間隔を詰めて配列されており、音響線信号  $d s c ( s , j , i )$  以外の部分には 2 4 個のゼロを示す数値  $d s 0$  が内挿されている。

30

40

【 0 0 7 0 】

このように、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $d s c \_ \_ l$  は、線上観測点  $P B \times i j$  に対する音響線信号  $d s ( i , j )$  を対象線  $B L$  間の間隔を詰めて配列したものであるため、データ量を縮小することができ、必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を縮減できる。具体的には、図 1 2 ( c ) ( d ) に示す例では、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $d s c \_ \_ l$  は、直交座量 (  $s , j$  ) 上において、 $5 \times 2 9$  の音響線信号データの集合となり、音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ \_ l$  に比べて、データ量が  $5 / 1 3$  ( 約 3 8 . 5 % ) に縮小されていることがわかる。

50

## 【 0 0 7 1 】

## i i i ) 配列決定部 4 1 2 2

配列決定部 4 1 2 2 は、制御部 1 0 8 からの情報に基づき、超音波診断装置 1 0 0 における超音波計測の条件を示す各種情報に基づき、対象線配列部 4 1 2 3 における対象線群上の音響線信号の配列方法を規定する配列情報を決定して対象線配列部 4 1 2 3 へ出力し、対象線配列部 4 1 2 3 は配列情報に基づき音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_l$  を生成する。このとき、配列決定部 4 1 2 2 は、超音波計測の条件として、帯域（送受信周波数範囲）、チャンネル数（振動子数）、チャンネルピッチ（振動子間隔）、形状情報（コンベックス、リニア等）、送信開口（送信振動子列）、送信周波数、フォーカス位置、送信間隔、ステアリング角度、受信開口（受信振動子列）、最大深度、設定音速、モード種別（Bモード、Cモード、Dモード、Eモード、THI）、サンプリング周波数、解像度、PRF、送信間隔、密度、ハードウェアの演算能力、伝送能力、動作モードの種別（画質優先動作モード、フレームレート優先動作モード、バランス動作モード、低電力動作モード）から選択される 1 以上の情報を用いることができる。これにより、対象線配列部 4 1 2 3 は、超音波計測条件に適合するような態様にて対象線毎に音響線信号の列を配列することができ、超音波計測条件に応じて空間分解能及び S/N 比の低下を抑制しながら整相加算の演算量及び、生成される音響線信号のデータ量を削減できる。

10

## 【 0 0 7 2 】

## 3 . 2 . 2 . 3 主加算部 4 1 3

主加算部 4 1 3 は、複数の部分振動子列 1 0 1 a \_\_ l の各々に対応する音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_l$  を、識別番号  $s$  の絶対値と深さ ( $z$ ) とを 2 軸とする直交座量 ( $s, j$ ) 上における観測点の位置を基準に加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータ  $dsc$  を生成してデータ格納部 1 0 7 へ出力する。

20

## 【 0 0 7 3 】

## 3 . 2 . 2 . 4 再配列部 4 1 4

再配列部 4 1 4 は、音響線信号サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_sf$  における音響線信号  $dsc(s, j, i)$  を、超音波主照射領域  $A_x$  における線上観測点  $P_{B \times i j}$  の位置に再配列して音響線信号サブフレームデータ  $dsc\_sf$  を生成する回路である。上述のとおり、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_l$  上の音響線信号  $dsc(s, j, i)$  には、音響線強度を示す情報の他、振動子列方向 ( $x$ )、深さ ( $z$ ) を示す座標情報 ( $i, j$ )、対象線  $BL$  の識別番号  $s$  を示す情報が含まれている。したがって、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_l$  を加算して得た音響線信号サブフレーム折り畳みデータ  $dsc$  上の音響線信号  $dsc(s, j, i)$  も、同様に音響線強度を示す情報の他、振動子列方向 ( $x$ )、深さ ( $z$ ) を示す座標情報 ( $i, j$ )、対象線  $BL$  の識別番号  $s$  を示す情報を含む信号とすることができる。

30

## 【 0 0 7 4 】

図 1 3 は、再配列部 4 1 4 の動作を示す説明図である。したがって、図 1 3 に示すように、再配列部 4 1 4 は、音響線信号サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_sf$  を入力として、音響線信号  $dsc(s, j, i)$  を直交座標 ( $i, j$ ) 上の線上観測点  $P_{B \times i j}$  の位置に再配置し、線上観測点  $P_{B \times i j}$  以外にはゼロを示す数固定値  $ds_0$  内挿して音響線信号サブフレームデータ  $dsc\_sf$  を生成する。

40

## 【 0 0 7 5 】

1 回の送信イベントとそれに伴う処理から、整相加算部 4 1 により、送信イベントに同期して対象線群  $B_x$  上に存在する全ての観測点  $P_{i j}$  に対する音響線信号サブフレームデータ  $dsc\_sf$  が生成される。生成された音響線信号サブフレームデータ  $dsc\_sf$  は、データ格納部 1 0 7 へ出力され保存される。

図 6 (d) は、音響線信号サブフレームデータ  $dsc\_sf$  生成の概要を示す模式図である。パート折り畳み部 4 1 2 \_\_ 1、4 1 2 \_\_ 2、主加算部 4 1 3、再配列部 4 1 4 における折り畳み・加算・展開処理（以後、「折り畳み・加算・展開処理」の前後のデータを比較したとき、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 で生成された音響線信号部分データ  $dsc\_1$  と

50

、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 2 で生成された音響線信号部分データ  $ds\_2$  とを線上観測点  $P B \times i j$  の位置を基準に算術的に加算して、検出波照射領域  $A \times$  内に存在する全ての線上観測点  $P B \times i j$  について音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  が生成される。

【 0 0 7 6 】

具体的には、図 6 ( c ) に示すように、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 で生成された線上観測点  $P B \times i j ( A ) \_ 1$  及び  $( B ) \_ 1$  に対する音響線信号部分データ  $ds\_1$  と、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 2 で生成された線上観測点  $P B \times i j ( A ) \_ 2$  及び  $( B ) \_ 2$  に対する音響線信号部分データ  $ds\_2$  とを算術的に加算して線上観測点  $P B \times i j ( A )$  及び  $( B )$  に対する音響線信号データ  $ds\_1 + 2$  を生成する。これにより、線上観測点  $P B \times i j ( A )$  及び  $( B )$  の両方において、十分な信号強度を有する音響線信号データ  $ds\_1 + 2$  がそれぞれで得られる。そして、このような折り畳み・加算・展開処理を、全ての線上観測点  $P B \times i j$  について行うことで、音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  が生成される。加算処理は、次式により示される。

10

【 0 0 7 7 】

【 数 3 】

$$ds(i, j) = \begin{cases} ds\_1(i, j) \\ + \\ ds\_2(i, j) \end{cases}$$

20

### 3 . 2 . 3 合成部 4 2

送信イベントに同期して送信開口  $T \times$  を列方向に順次移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ 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音響線信号フレームデータ  $ds\_f$  を生成する。音響線信号フレームデータ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。

【 0 0 7 8 】

合成部 4 2 は、送信イベントに同期して生成される音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  から音響線信号フレームデータ  $ds\_f$  を合成する回路である。図 1 4 は、合成部 4 2 の構成を示す機能ブロック図である。図 1 4 に示すように、合成部 4 2 は、加算処理部 4 2 1、増幅処理部 4 2 2 を備える。

30

以下、合成部 4 2 を構成する各部の構成について説明する。

【 0 0 7 9 】

#### i ) 加算処理部 4 2 1

加算処理部 4 2 1 は、音響線信号フレームデータを合成するための一連の音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  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音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  を読み出す。そして、各音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  に含まれる音響線信号が取得された観測点  $P i j$  の位置を指標として複数の音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  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音響線信号フレームデータ  $ds\_f$  を合成する。そのため、複数の音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  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。

40

【 0 0 8 0 】

図 1 5 は、加算処理部 4 2 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  $T \times$  ) 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線群  $B \times$  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。複数の音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  を、各音響線信号サブフレームデータ  $ds\_sf$  に含まれる音響線信号が取得された観測点  $P i j$  の位置を指標として加算することにより、全ての対象線群  $B \times$  を網羅した音響線信号フレームデータ

50

が合成される。

【0081】

また、位置の異なる複数の対象線群  $B_x$  にまたがって存在する観測点  $P_{ij}$  については、各音響線信号サブフレームデータ  $d_{s\_sf}$  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  $P_{ij}$  が異なる対象線群  $B_x$  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。

【0082】

図16(a)は、合成音響線信号における最大重畳数と、増幅処理部422における増幅処理の概要を示す模式図である。本実施の形態では、対象線群  $B_x$  は砂時計形状の領域内に存在する。そのため、図16(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、本実施例の形態では対象線群の数が例えば11の場合、最大重畳数は結果的に高々11に制限される。

10

【0083】

なお、各音響線信号サブフレームデータ  $d_{s\_sf}$  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。

合成された音響線信号フレームデータ  $d_{s\_f}$  は増幅処理部422に出力される。

i i) 増幅処理部422

20

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422は、音響線信号フレームデータ  $d_{s\_f}$  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。

【0084】

図16(b)は、増幅処理部422における増幅処理の概要を示す模式図である。図16(b)に示すように、最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、この変化を補うように、最大重畳数に応じて決定された被検体深さ方向において変化する増幅率が合成音響線信号に乗じられる。これにより、深さ方向における重畳数の変化に伴う合成音響線信号の変動要因は解消され、増幅処理後の合成音響線信号の値は深さ方向において均一化が図られる。

30

【0085】

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

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

【0086】

4. 動作

40

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17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。

まず、ステップS101において、送信部1031は、プローブ101に存する複数の振動子101a中送信開口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。

【0087】

次に、ステップS102において、受信部40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

50

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（ステップ S 1 0 3 において、No）にはステップ S 1 0 1 に戻り、送信開口 T x を列方向に振動子 1 つ分だけ移動させながら送信イベントを行い、完了している場合（ステップ S 1 0 3、Yes）にはステップ S 2 0 1 に進む。

#### 【 0 0 8 8 】

次に、ステップ S 2 1 0 において、対象線群設定部 4 1 1 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線群 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線群 B x が設定される。

次に、部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 の識別番号 1 を 1 に設定する（ステップ S 2 1 5）。

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 を対象線群 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 4 1 1 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）。これにより、次のビームフォーミング処理（ステップ S 2 2 0）において、パート整相加算部 4 1 1 \_\_ 1 は、部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 のうち受信開口 R x 振動子列と重複する範囲に含まれる振動子が被検体から受波した反射波に基づく受信信号列 r f を入力信号として整相加算処理を行う。

#### 【 0 0 8 9 】

次に、ビームフォーミング処理（ステップ S 2 2 0）により、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 2 4）。

ここで、ステップ S 2 2 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 8 は、図 1 7 におけるステップ S 2 2 4 の詳細を示すフローチャートであり、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。図 1 9 は、受信ビームフォーマ部 1 0 4 における観測点 P i j についての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 9 0 】

まず、ステップ S 2 2 4 1 において、送信時間算出部 4 1 1 4 は、対象線群 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 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 R x 内の受信振動子 R k から送信フォーカス点 F を経由して観測点 P i j に至る経路（4 0 1 + 4 0 2）の長さを超音波の音速 c s で除することにより、（2）観測点 P i j が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 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 i j からフォーカス点に至る経路との差分（4 0 1 - 4 0 2）の長さを、超音波の音速 c s で除することにより算出できる。

#### 【 0 0 9 1 】

次に受信開口 R x から求められる受信開口 R x 内の受信振動子 R k の位置を示す座標 k を受信開口 R x 内の最小値に初期化し（ステップ S 2 2 4 2）、受信時間算出部 4 1 1 5 は、送信された超音波が被検体中の観測点 P i j で反射され受信開口 R x の受信振動子 R k に到達する受信時間を算出する（ステップ S 2 2 4 3）。受信時間は、幾何学的に定まる観測点 P i j から受信振動子 R k までの経路 4 0 3 の長さを超音波の音速 c s で除することにより算出できる。さらに、遅延量算出部 4 1 1 6 は、送信時間と受信時間の合計から、送信開口 T x から送信された超音波が観測点 P i j で反射して受信振動子 R k に到達するまでの総伝播時間を算出し（ステップ S 2 2 4 4）、受信開口 R x 内の各受信振動子 R k に対する総伝播時間の差異により、各受信振動子 R k に対する遅延量を算出する（ステップ S 2 2 4 5）。

#### 【 0 0 9 2 】

受信開口 R x 内に存在する全ての受信振動子 R k について遅延量の算出を完了したか否かを判定し（ステップ S 2 2 4 6）、完了していない場合には座標 k をインクリメント（ステップ S 2 2 4 7）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

10

20

30

40

50

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  $R_k$  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。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 2 2 4 8 において、遅延処理部 4 1 1 7 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 4 1 1 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  $R_k$  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 4 1 1 9 は、各受信振動子  $R_k$  に対応して同定された受信信号に、各受信振動子  $R_k$  に対する重みを乗じて加算して、観測点  $P_{ij}$  に対する音響線信号を生成し (ステップ S 2 2 5 0)、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 1 0 7 に出力され保存される (ステップ S 2 2 5 1)。

【 0 0 9 4 】

次に、図 1 7 に戻り、座標  $i$ 、 $j$  をインクリメントしてステップ S 2 2 4 を繰り返すことにより、対象線群  $B_x$  上の座標  $ij$  に位置する全ての観測点  $P_{ij}$  (図 1 9 中の「・」) について音響線信号が生成される。対象線群  $B_x$  上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 2 2 5、S 2 2 7)、完了していない場合には座標  $ij$  をインクリメント (ステップ S 2 2 6、S 2 2 8) して、観測点  $P_{ij}$  について音響線信号を生成し (ステップ S 2 2 4)、完了した場合にはステップ S 2 2 8 に進む。この段階では、1 回の送信イベントに伴う対象線群  $B_x$  上に存在する全ての観測点  $P_{ij}$  についての音響線信号部分サブフレームデータ  $ds\_l$  が生成され、データ格納部 1 0 7 に出力され保存されている。

【 0 0 9 5 】

次に、パート折り畳み部 4 1 2 \_\_ 1 は、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータの生成処理を行う (ステップ S 2 5 0)。図 2 0 は、図 1 7 におけるステップ S 2 4 0 の詳細を示すフローチャートである。

対象線群  $B_x$  上の線上観測点  $P_{B_x ij}$  の位置を示す  $j$ 、 $j$  を最小値に初期化し (ステップ S 2 4 1 1、S 2 4 1 2)、線上観測点音響線信号抽出部 4 1 2 1 は、音響線信号部分サブフレームデータ  $ds\_l$  上の座標 ( $j$ 、 $j$ ) に位置する信号  $ds(i, j)$  をデータ格納部 1 0 7 から読み込み (ステップ S 2 4 1 3)、 $ds(i, j)$  がゼロを示す固定値  $ds_0(0)$  であるか否かを判定する (ステップ S 2 4 1 4)。固定値  $ds_0(0)$  である場合 (ステップ S 2 4 1 4 において、No) には、ステップ S 2 4 1 8 に進む。 $ds(i, j)$  が、固定値  $ds_0(0)$  でない場合 (ステップ S 2 4 1 4 において、Yes) には、 $ds(i, j)$  が対象線群  $B_x$  上の線上観測点  $P_{B_x ij}$  における音響線信号  $ds(i, j)$  であると判定して、音響線信号  $ds(i, j)$  を、音響線信号  $ds(i, j)$  に対象線群  $B_x$  中の対象線  $B_L$  を識別する識別番号  $s$  を付加した音響線信号  $ds_c(s, j, i)$  に置き換え (ステップ S 2 4 1 5)、データ格納部 1 0 7 に出力する (ステップ S 2 4 1 6) とともに、識別番号  $s$  をインクリメントする (ステップ S 2 4 1 7)。

【 0 0 9 6 】

次に、位置を示す  $j$ 、 $j$  のうち、全ての  $i$  について処理を完了したか否か (ステップ S 2 4 1 8)、超音波主照射領域  $A_x$  内の全ての  $j$  について処理を完了したか否か (ステップ S 2 4 2 0) について判定し、完了していない場合は  $i$ 、 $j$  をインクリメント (ステップ S 2 4 1 9、S 2 4 2 1) して、 $ds(i, j)$  が固定値  $ds_0(0)$  であるか否かを判定し (ステップ S 2 4 1 4)、全ての  $i$ 、 $j$  について処理を完了している場合には、図 1 7 におけるステップ 2 5 0 に進む。

【 0 0 9 7 】

この段階では、部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 に関するイタレーションについて、超音波主照射領域  $A_x$  に含まれる対象線群  $B_x$  上の線上観測点  $P_{B_x ij}$  における全ての音響線信号  $ds(i, j)$  が、音響線信号  $ds_c(s, j, i)$  に置き換えて抽出されている。こ

10

20

30

40

50

れにより、部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 に関する、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ 1 が生成される。図 1 2 ( c ) ( d ) において、説明したように、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ 1 は、線上観測点 P B x i j に対する音響線信号 d s ( i , j ) を対象線 B L 間の間隔を詰めて配列したものであるため、データ量を縮小することができ、必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を縮減できる。

【 0 0 9 8 】

次に、全ての部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 について、音響線信号部分サブフレームデータ d s \_\_ 1 の生成が完了したか否かを判定し ( ステップ S 2 5 0 ) 、完了していない場合には 1 をインクリメント ( ステップ S 2 5 1 ) してステップ S 2 2 1 に戻り、完了している場合にはステップ S 2 6 0 に進む。

この段階では、1 回の送信イベントに伴う全ての部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 に対して音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ 1 が生成され、データ格納部 1 0 7 に出力され保存されている。

【 0 0 9 9 】

次に、主加算部 4 1 3 は、複数の部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 の各々に対応する音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ 1 を、データ格納部 1 0 7 から読み出し、識別番号 s の絶対値と深さ ( z ) とを 2 軸とする直交座量 ( s , j ) 上における観測点の位置を基準に、それらを加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータ d s c を生成する ( ステップ S 2 6 0 ) 。

【 0 1 0 0 】

続けて、再配列部 4 1 4 は、音響線信号サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ s f における音響線信号 d s c ( s , j , i ) を、超音波主照射領域 A x における線上観測点 P B x i j の位置に再配列して音響線信号サブフレームデータ d s \_\_ s f を生成する ( ステップ S 2 7 0 ) 図 2 1 は、図 1 7 におけるステップ S 2 7 0 の詳細を示すフローチャートである。

【 0 1 0 1 】

対象線群 B x 上の線上観測点 P B x i j の位置を示す j 、 j を最小値に初期化し ( ステップ S 2 7 1 、 S 2 7 2 ) 、再配列部 4 1 4 は、音響線信号サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ s f 上の座標 ( s , j ) に位置する音響線信号 d s c ( s , j , i ) をデータ格納部 1 0 7 から読み込み、対象線 B L を識別する識別番号 s を付加した音響線信号 d s c ( s , j , i ) を音響線信号 d s ( i , j ) に置き換え ( ステップ S 2 7 3 ) 、データ格納部 1 0 7 に出力する ( ステップ S 2 7 4 ) 。このとき、再配列部 4 1 4 は、音響線信号 d s c ( s , j , i ) を直交座標 ( i , j ) 上の線上観測点 P B x i j の位置に再配列するとともに、線上観測点 P B x i j 以外にはゼロを示す数固定値 d s 0 内挿する。

【 0 1 0 2 】

次に、識別番号 s 、位置を示す j のうち、全ての s について処理を完了したか否か ( ステップ S 2 7 5 ) 、超音波主照射領域 A x 内の全ての j について処理を完了したか否か ( ステップ S 2 7 7 ) について判定し、完了していない場合は s 、 j をインクリメント ( ステップ S 2 7 6 、 S 2 7 7 ) して、音響線信号 d s c ( s , j , i ) を音響線信号 d s ( i , j ) に置き換え ( ステップ S 2 7 3 ) 、全ての s 、 j について処理を完了している場合には、図 1 7 におけるステップ 2 9 0 に進む。

【 0 1 0 3 】

この段階では、再配列部 4 1 4 は、部分振動子列 1 0 1 a \_\_ 1 に関するイタレーションについて、音響線信号サブフレーム折り畳みデータ d s c \_\_ s f を入力として、音響線信号サブフレームデータ d s \_\_ s f を生成している。

次に、図 1 7 に戻り、全ての送信イベントについて、音響線信号サブフレームデータ d s \_\_ s f の生成が終了したか否かを判定し ( ステップ S 2 9 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線群 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 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

10

20

30

40

50

ステップ S 3 0 1 に進む。

【 0 1 0 4 】

次に、ステップ S 3 0 1 において、加算処理部 4 2 1 は、データ格納部 1 0 7 に保持されている複数の音響線信号サブフレームデータ  $d s \_ s f$  を読み出し、観測点  $P i j$  の位置を指標として複数の音響線信号サブフレームデータ  $d s \_ s f$  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音響線信号フレームデータ  $d s \_ f$  を合成する。次に、増幅処理部 4 2 2 は、音響線信号フレームデータ  $d s \_ f$  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）、増幅された音響線信号フレームデータ  $d s \_ f$  を、超音波画像生成部 1 0 5 及びデータ格納部 1 0 7 に出力し（ステップ S 3 0 3）処理を終了する。

10

【 0 1 0 5 】

5 . 画質評価について

実施の形態に係る受信ビームフォーマ部 1 0 4 を実施例に相当する例と比較例を用いて、生成される B モード画像の画質評価を行った。

( 1 ) 供試サンプル

図 2 2 ( a ) ~ ( d ) は、実施例及び比較例 1 の受信ビームフォーミングにより得た超音波画像である。サンプルの具体的な仕様には、以下のとおりである。

【 0 1 0 6 】

i ) 図 2 2 ( a )

部分振動子列 1 0 1 a  $\_ 1$  の分割数  $n$  を 2 としたときの、パート整相加算部 4 1 1  $\_ 1$  により生成された音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ 1$  に基づく B モード画像

20

i i ) 図 2 2 ( b )

パート整相加算部 4 1 1  $\_ 2$  により生成された音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ 2$  に基づく B モード画像。

【 0 1 0 7 】

i i i ) 図 2 2 ( c )

音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ 1$  と音響線信号部分サブフレームデータ  $d s \_ 2$  とを算術加算して得た音響線信号サブフレームデータ  $d s \_ s f$  に基づく B モード画像である。

30

【 0 1 0 8 】

( 2 ) 評価結果

図 2 2 ( a ) では、左半分に画像が描画され、( b ) では右半分に画像が描画され、( c ) では、良好な品質の画像が描画されている。

6 . 受信ビームフォーマ部 1 0 4 による効果

本実施の形態に係る超音波診断装置 1 0 0 の実施例について、主に、受信ビームフォーマ部 1 0 4 について、その構成及び機能を説明する。なお、受信ビームフォーマ部 1 0 4 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る。

【 0 1 0 9 】

( 実施例 1 )

図 2 3 は、本実施の形態の実施例に係る超音波診断装置 1 0 0 A における受信ビームフォーマ部 1 0 4 の模式実装図である。部分振動子列 1 0 1 a  $\_ 1$  の分割数  $n$  を 2 としたときの、受信ビームフォーマ部 1 0 4 を構成する複数の集積回路において、受信部 4 0、整相加算部 4 1、合成部 4 2 における各機能がどのように配置されて実現されているかを示す。図 2 3 に示すように、超音波診断装置 1 0 0 A では、部分振動子列 1 0 1 a  $\_ 1$ 、1 0 1 a  $\_ 2$  は、1 2 8 個の振動子からなる送信振動子 1 0 1 a の列を  $n$  分割 ( $n = 2$ ) したものであり、それぞれ 6 4 個の振動子 ( 6 4 チャンネル ) に接続された 2 個の集積回路 5 0 1  $\_ 1$ 、5 0 1  $\_ 2$  と、集積回路 5 0 1  $\_ 3$  とを備える。複数のパート受信部 4 0 1  $\_ 1$ 、4 0 1  $\_ 2$ 、複数のパート整相加算部 4 1 1  $\_ 1$ 、4 1 1  $\_ 2$ 、複数のパート折り畳み部 4 1 2  $\_ 1$ 、4 1 2  $\_ 2$  は、それぞれ各 1 づつ 2 個の集積回路 5 0 1  $\_ 1$ 、5 0 1

40

50

\_\_2に含まれ、主加算部413、再配列部414は集積回路501\_\_3に含まれる。そして、2個の集積回路501\_\_1、501\_\_2のそれぞれから、集積回路501\_\_3に音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ $dsc\_1$ が伝送される構成を採る。さらに、超音波診断装置100Aでは、合成部42も、集積回路501\_\_3に含まれる構成としてもよい。

#### 【0110】

上述のとおり、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ $dsc\_1$ は、線上観測点 $PB \times ij$ に対する音響線信号 $ds(i, j)$ を対象線 $BL$ 間の間隔を詰めて配列したものである。音響線信号部分サブフレームデータ $ds\_1$ に比べて、データ量を約20%から80%の範囲に縮減することができる(上述の例では、データ量が $5/13$ (約38.5%)に縮減した)。集積回路501\_\_1、501\_\_2から集積回路501\_\_3へのデータ転送に際し、パート折り畳み部412\_\_1、412\_\_2により音響線信号部分サブフレームデータ $ds\_1$ を音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ $dsc\_1$ に変換してからデータ転送を行うことにより、転送に係るデータ量を縮減することができる。その結果、集積回路501\_\_1、501\_\_2、501\_\_3の必要な内部メモリ容量や、集積回路501\_\_1及び501\_\_2~集積回路501\_\_3間の必要なデータ伝送能力の抑制することができる。

10

#### 【0111】

また、受信振動子101aの列を $n$ 分割して受信振動子101aに関する整相加算処理を複数の集積回路501\_\_1、501\_\_2、501\_\_3に分散して行う。すなわち、整相加算処理を複数の演算器に分散化して1演算器あたりの演算量を削減することができる。これにより、部分振動子列毎に対応した前段の整相加算処理、折り畳み処理を行う集積回路501\_\_1、501\_\_2と、後段の主加算処理、再配列処理、合成処理とを行う集積回路501\_\_3とのそれぞれにおいて、例えば、小規模のFPGA(Field Programmable Gate Array)を複数用いることでハードウェアを構成できるので、ハードウェアにおける演算器のコストを大幅に低減することができる。

20

#### 【0112】

合成部42は、送信イベントに同期して生成される音響線信号サブフレームデータ $ds\_sf$ を再配列部414から取得して音響線信号フレームデータ $ds\_f$ を合成し、データ格納部107に出力する回路である。超音波診断装置100Aでは、集積回路501\_\_3がデータ格納部107を内部メモリとして備える構成を採る。データ格納部107(内部メモリ)には、前送信イベントに同期して合成された音響線信号フレームデータ $ds\_f$ が保存されている。合成部42は、送信イベントごとに再配列部414から新たな音響線信号サブフレームデータ $ds\_sf$ を取得して新たに音響線信号フレームデータ $ds\_f$ を合成し、データ格納部107保存された音響線信号フレームデータ $ds\_f$ を新たに作成されたデータに更新する。同時に、合成部42は、前送信イベント時に作成された音響線信号フレームデータ $ds\_f$ と現信イベント時に作成された音響線信号フレームデータ $ds\_f$ との差分に相当する音響線信号 $ds$ を超音波画像生成部105に出力する。送信イベント間の差分に相当する音響線信号 $ds$ とは1個の振動子101aの相当する幅の深さ方向に伸長した音響線信号 $ds$ の列であり、音響線信号フレームデータ $ds\_f$ のデータ量を送信イベント数で除したデータ量になる。本例では、送信イベント数を振動子101aの総数を128としたとき、音響線信号フレームデータ $ds\_f$ のデータ量に対し $1/128$ のデータ量となる。

30

40

#### 【0113】

係る構成により、送信イベント毎に集積回路501\_\_3から転送されるデータは音響線信号フレームデータ $ds\_f$ のうち送信イベント間の差分に相当する音響線信号 $ds$ のみとすることができ、集積回路501\_\_3より後段へのデータ伝送に必要なデータ伝送能力を縮減することができる。

(実施例2)

図24は、本実施の形態の別の実施例に係る超音波診断装置100Bにおける受信ビー

50

ムフォーマ部 104 の模式実装図である。ここでも、部分振動子列 101 a\_\_1 の分割数  $n$  は 2 としている。図 24 に示すように、超音波診断装置 100 B では、部分振動子列 101 a\_\_1、101 a\_\_2 は、受信振動子 101 a の列を  $n$  分割 ( $n = 2$ ) したものであり、 $n$  個の集積回路 511、512 を備え、複数のパート受信部 401\_\_1、401\_\_2、複数のパート整相加算部 411\_\_1、411\_\_2、複数のパート折り畳み部 412\_\_1、412\_\_2 は、それぞれ各 1 づつ  $n$  個の集積回路 511、512 に含まれ、主加算部 413 及び再配列部 414 は、 $n$  個の集積回路 511、512 の何れかに含まれ、主加算部 413 及び再配列部 414 を含む集積回路に対し、それ以外の集積回路のそれぞれから、音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータ  $dsc\_1$  が伝送される構成を採る。さらに、超音波診断装置 100 B では、合成部 42 も、主加算部 413 及び再配列部 414 を含む集積回路に含まれる構成としてもよい。

10

#### 【0114】

超音波診断装置 100 B では、上記超音波診断装置 100 A で示した効果に加え、さらに、以下の効果を得ることができる。超音波診断装置 100 A では、超音波プローブに列設された複数の振動子の列を複数の部分振動子列に分割し、それぞれの部分振動子列毎に得られる受信信号に基づいて前段で整相加算処理、折り畳み処理を行い、それぞれの整相加算処理から生成された音響線信号を後段で、主加算処理、再配列処理、合成処理を行う構成を採る。このうち、集積回路 501\_\_3 にて行われる後段の主加算処理、再配列処理及び合成処理は、集積回路 501\_\_1、501\_\_2 にて行われる前段の整相加算処理、折り畳み処理に比べて演算量が少なく、集積回路 501\_\_1、501\_\_2 の何れかにて行う構成としてもよい。超音波診断装置 100 B では、後段の主加算処理、再配列処理及び合成処理を、前段の整相加算処理、折り畳み処理を行う集積回路 511、512 の何れかにて行わせる構成とした点に特徴がある。係る構成により、超音波診断装置 100 B では、集積回路 501\_\_3 を削減することができ、ハードウェアにおける演算器のコストをさらに低減することができる。

20

#### 【0115】

なお、図 24 では、簡単のために、振動子列 (101 a) を 2 つの部分振動子列 101 a\_\_1、a\_\_2 に分割し、整相加算部 41 が 2 つのパート整相加算部 411\_\_1、411\_\_2 より構成される場合を示したが、分割数  $n$  は 2 に限られないことは言うまでもない。

#### 7. 変形例

30

以上、実施の形態に係る超音波信号処理装置を説明したが、本発明は、その本質的な特徴的構成要素を除き、以上の実施の形態に何ら限定を受けるものではない。例えば、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本発明に含まれる。以下では、そのような形態の一例として、変形例に係る超音波信号処理装置について説明する。

#### 【0116】

(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 4113 は、列中心が線上観測点  $P B \times i j$  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  $R \times$  の構成は適宜変更することができる。

40

変形例 1 では、列中心が送信開口  $T \times$  振動子列の列中心と合致する受信開口  $R \times$  振動子列を選択する送信同期型受信開口設定部 (以後、「 $T \times$  受信開口設定部」) を備えた点で実施の形態 1 と相違する。 $T \times$  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。

#### 【0117】

図 25 は、 $T \times$  受信開口設定部により設定された受信開口  $R \times$  と送信開口  $T \times$  との関係を示す模式図である。変形例 1 では、受信開口  $R \times$  振動子列の列中心が送信開口  $T \times$  振動子列の列中心と合致するよう受信開口  $R \times$  振動子列が選択される。受信開口  $R \times$  の中心軸の位置は、送信開口  $T \times$  の中心軸の位置と同一であり、受信開口  $R \times$  は、送信フォーカ

50

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Txの位置変化に同期して、受信開口Rxの位置も移動する。

【0118】

また、受信開口Rxの中心軸及び送信開口Txの中心軸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Rxの各受信振動子Rkに対する重み数列（受信アボダイゼーション）は算出される。重み数列は、振動子Xk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。

【0119】

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、Tx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Tx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Rxを設定する。そのため、受信開口Rxの中心軸の位置は、送信開口Txの中心軸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Txの位置変化に同期して、受信開口Rx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4の効果を得られ、広い観測領域で空間分解能を均一にすることができる。

【0120】

（2）実施の形態では、対象線群Bxが、7本の対象線を等角度に配置した場合を例示したが、対象線群Bxの対象線の本数は3以上であればよい。また、対象線の位置関係は、隣接する2本の対象線のなす角が一定である場合に限られず、例えば、同じ深さにおいて、対象線上の観測点の間隔が等間隔である、としてもよい。ここで、直線Lは振動子の並ぶ方向と平行な直線であり、直線Lと各対象線の交点の間隔は一定である。

【0121】

なお、対象線群Bxは上述の例に限られず、送信フォーカス点Fを通過する複数の対象線からなり、隣接する2つの対象線上にあり、フォーカス点Fから等しい距離にある、または、同じ深さにある、2つの観測点の間の距離が、同一の対象線上にある2つの隣接する観測点の間の距離より大きい限り、任意の形状でよい。ただし、上述したように、対象線の向きは互いに類似しないほうが好ましいため、角度または振動子の並ぶ方向に均等であることが好ましい。また、2つの対象線がなす角の最大値は大きいことが好ましく、2つの対象線が超音波主照射領域Axの外郭線に一致していることが好ましい。さらに、1つの対象線が送信開口中心軸上にあることが好ましい。これは、最も信号強度の高い音響線信号を取得することができるからである。

【0122】

（3）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。

【0123】

（4）本開示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

10

20

30

40

50

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。

【0124】

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。

【0125】

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。

【0126】

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。

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。

【0127】

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。

【0128】

また、上記実施形態に係る超音波診断装置の各構成要素は、CPU（Central Processing Unit）やGPU（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。後者の構成は、いわゆるGPGPU（General-Purpose computing on Graphics Processing Unit）である。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。

【0129】

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

10

20

30

40

50

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。

#### 【0130】

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。

10

#### 【0131】

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。

#### 【0132】

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。

20

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。

#### 【0133】

##### まとめ

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超音波ビームを送信し、被検体から得られた反射波に基づいて音響線信号サブフレームデータを生成する超音波診断装置であって、被検体内における超音波ビームの集束点を規定するフォーカス点を設定し、前記複数の振動子から選択される複数の送信振動子の列から前記集束点に集束する超音波ビームを送信させる送信部と、前記超音波プローブが前記被検体から受波した反射波に基づいて、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、前記超音波ビームの主照射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点のうち前記フォーカス点を通過する対象線群上に存在する複数の線上観測点について、前記主照射領域内から得られた反射波に基づく前記受信信号列を整相加算して音響線信号サブフレームデータを生成する整相加算部と、を備え、前記受信部は、前記送信振動子の列を分割した複数の部分振動子列の各々について、その部分振動子列に含まれる振動子各々が被検体から受波した反射波に基づき受信信号列を生成する複数のパート受信部と、前記整相加算部は、前記複数の部分振動子列に対応する受信信号列を整相加算することにより前記複数の線上観測点について音響線信号を生成して、前記複数の部分振動子列の各々に対応する音響線信号部分サブフレームデータを生成する複数のパート整相加算部と、前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレームデータから、前記複数の線上観測点に対する音響線信号の列を抽出し、前記対象線群に含まれる対象線間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する複数のパート折り畳み部と、前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを前記配列された観測点の位置を基準に加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータを生成する主加算部と、前記音響線信号フレーム折り畳みデータにおける音響線信号を、前記主照射領域における前記線上観測点の位置に再配列して前記音響線信号サブフレームデータを生成する再配列部とを有することを特徴とする。

30

40

#### 【0134】

係る構成により、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、及

50

び、生成される音響線信号のデータ量を削減することができ、超音波診断装置の受信ビームフォーマにおける必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を縮減できる。

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記対象線群に含まれる各対象線は直線であり、1つの対象線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つの対象線上にある最近接の観測点との距離は、前記1つの対象線に隣接する対象線上に存在する最近接の観測点との距離より小さい構成としてもよい。

#### 【0135】

係る構成により、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及び、生成される音響線信号のデータ量を削減できる。

また、別の態様では、上記何れかの態様において、さらに、前記音響線信号サブフレームデータを複数合成して音響線信号フレームデータを生成する合成部を備え、前記送信部は、前記超音波ビームを送信する送信イベントを前記フォーカス点を変更しながら複数回繰り返し、前記受信部は、各送信イベントに同期して前記受信信号列を生成し、前記整相加算部は、各送信イベントに同期して前記音響線信号サブフレームデータを複数生成し、前記合成部は、各送信イベントに同期して生成された複数の前記音響線信号サブフレームデータを、観測点の位置を基準に合成して音響線信号フレームデータを生成する構成としてもよい。

#### 【0136】

係る構成により、合成開口法を用いて空間分解能及びS/N比の低下を抑制できる。

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記部分振動子列は、前記送信振動子の列をn分割したものであり、n個の第1の集積回路と第2の集積回路とを備え、前記複数のパート受信部、前記複数のパート整相加算部、前記複数のパート折り畳み部は、それぞれ各1づつn個の第1の集積回路に含まれ、前記主加算部及び前記再配列部は、前記第2の集積回路に含まれ、前記n個の集積回路のそれぞれから、前記第2の集積回路に前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータが伝送される構成としてもよい。

#### 【0137】

係る構成により、集積回路501\_\_1、501\_\_2から集積回路501\_\_3へのデータ転送に際し、転送に係るデータ量を縮減することができ、集積回路501\_\_1、501\_\_2、501\_\_3の必要な内部メモリ容量や、集積回路501\_\_1及び501\_\_2～集積回路501\_\_3間の必要なデータ伝送能力の抑制することができる。

また、受信振動子101aの列をn分割して受信振動子101aに関する整相加算処理を複数の集積回路501\_\_1、501\_\_2、501\_\_3に分散して行い、整相加算処理を複数の演算器に分散化して1演算器あたりの演算量を削減することができる。これにより、部分振動子列毎に対応した前段の整相加算処理、折り畳み処理を行う集積回路501\_\_1、501\_\_2と、後段の主加算処理、再配列処理、合成処理とを行う集積回路501\_\_3とのそれぞれにおいて、例えば、小規模のFPGA(Field Programmable Gate Array)を複数用いることでハードウェアを構成できるので、ハードウェアにおける演算器のコストを大幅に低減することができる。

#### 【0138】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記部分振動子列は、前記送信振動子の列をn分割したものであり、n個の集積回路を備え、前記複数のパート受信部、前記複数のパート整相加算部、前記複数のパート折り畳み部は、それぞれ各1づつn個の集積回路に含まれ、前記主加算部及び前記再配列部は、前記n個の集積回路の何れかに含まれ、前記主加算部及び前記再配列部が含まれる集積回路に対し、それ以外の集積回路のそれぞれから、前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータが伝送される構成としてもよい。

#### 【0139】

係る構成により、超音波診断装置100Bでは、集積回路を削減することができ、ハードウェアにおける演算器のコストをさらに低減することができる。

また、別の態様では、上記何れかの態様において、さらに、超音波計測条件を示す各種に基づき、前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータにおける前記対象線上の音響線信号の配列方法を規定する配列情報を決定する配列決定部を備え、前記パート折り畳み部は、前記配列情報に基づき対象線毎に音響線信号の列を配列して音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する構成としてもよい。

#### 【0140】

係る構成により、超音波計測条件に適合するような態様にて対象線毎に音響線信号の列を配列することができ、超音波計測条件に応じて空間分解能及びS/N比の低下を抑制しながら整相加算の演算量及び、生成される音響線信号のデータ量を削減できる。

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記合成部は、各送信イベントに同期して合成された音響線信号フレームデータ間の差分を算出し、各送信イベントに同期して前記差分に相当する音響線信号を出力する構成を採る。

#### 【0141】

送信イベント間の差分に相当する音響線信号  $d_s$  とは1個の振動子101aの相当する幅の深さ方向に伸長した音響線信号  $d_s$  の列であり、音響線信号フレームデータ  $d_{s\_f}$  のデータ量を送信イベント数で除したデータ量になる。

係る構成により、送信イベント毎に集積回路501\_3から転送されるデータは音響線信号フレームデータ  $d_{s\_f}$  のうち送信イベント間の差分に相当する音響線信号  $d_s$  のみとすることができ、集積回路501\_3より後段へのデータ伝送に必要なデータ伝送能力を縮減することができる。

#### 【0142】

また、本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超音波ビームを送信し、被検体から得られた反射波に基づいて音響線信号サブフレームデータを生成する超音波信号処理方法であって、被検体内における超音波ビームの集束点を規定するフォーカス点を設定し、前記複数の振動子から選択される複数の送信振動子の列から前記集束点に集束する超音波ビームを送信させる送信ステップと、前記超音波プローブが前記被検体から受波した反射波に基づいて、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ステップと、前記超音波ビームの主照射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点のうち前記フォーカス点を通過する対象線群上に存在する複数の線上観測点について、前記主照射領域内から得られた反射波に基づく前記受信信号列を整相加算して音響線信号サブフレームデータを生成する整相加算ステップと、を有し、前記受信ステップは、前記送信振動子の列を分割した複数の部分振動子列の各々について、その部分振動子列に含まれる振動子各々が被検体から受波した反射波に基づき受信信号列を生成する複数のパート受信サブステップと、前記整相加算ステップは、前記複数の部分振動子列に対応する受信信号列を整相加算することにより前記複数の線上観測点について音響線信号を生成して、前記複数の部分振動子列の各々に対応する音響線信号部分サブフレームデータを生成する複数のパート整相加算サブステップと、前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレームデータから、前記複数の線上観測点に対する音響線信号の列を抽出し、前記対象線群に含まれる対象線間の間隔を詰めて配列することにより音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを生成する複数のパート折り畳みサブステップと、前記複数の部分振動子列の各々に対応する前記音響線信号部分サブフレーム折り畳みデータを前記配列された観測点の位置を基準に加算して音響線信号サブフレーム折り畳みデータを生成する主加算サブステップと、前記音響線信号フレーム折り畳みデータにおける音響線信号を、前記主照射領域における前記線上観測点の位置に再配列して前記音響線信号サブフレームデータを生成する再配列サブステップとを有することを特徴とする。

#### 【0143】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記対象線群に含まれる各対象線は直線であり、1つの対象線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つの対象線上にある最近接の観測点との距離は、前記1つ

10

20

30

40

50

の対象線に隣接する対象線上に存在する最近接の観測点との距離より小さい構成としてもよい。

【0144】

係る構成により、超音波診断装置の受信ビームフォーマにおける必要な内部メモリ容量やデータ伝送能力を縮減でき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を実現に供することができる。

係る構成により、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及び、生成される音響線信号のデータ量を削減できる。

【0145】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、さらに、前記音響線信号サブフレームデータを複数合成して音響線信号フレームデータを生成する合成ステップを有し、

前記送信ステップでは、前記超音波ビームを送信する送信イベントを前記フォーカス点を変更しながら複数回行い、前記受信ステップでは、各送信イベントに同期して前記受信信号列を生成し、前記整相加算ステップでは、各送信イベントに同期して前記音響線信号サブフレームデータを複数生成し、前記合成ステップでは、各送信イベントに同期して生成された複数の前記音響線信号サブフレームデータを、観測点の位置を基準に合成して音響線信号フレームデータを生成する構成としてもよい。

【0146】

係る構成により、合成開口法を用いて空間分解能及びS/N比の低下を抑制できる。

補足

以上で説明した実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、工程、工程の順序などは一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない工程については、より好ましい形態を構成する任意の構成要素として説明される。

【0147】

また、上記の工程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けのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記工程の一部が、他の工程と同時（並列）に実行されてもよい。

また、発明の理解の容易のため、上記各実施の形態で挙げた各図の構成要素の縮尺は実際のものとは異なる場合がある。また本発明は上記各実施の形態の記載によって限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

【産業上の利用可能性】

【0148】

本開示にかかる超音波信号処理方法、超音波診断装置は、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、内部メモリ容量やデータ伝送能力の抑制に有用である。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】

【0149】

- 1000 超音波診断システム
- 100 超音波診断装置
- 101 プロープ
- 101a 振動子
  - 101a\_1 (l = 1 ~ m) 部分振動子列
- 102 マルチプレクサ部
- 103 送信ビームフォーマ部
  - 1031 送信部
- 104 受信ビームフォーマ部

10

20

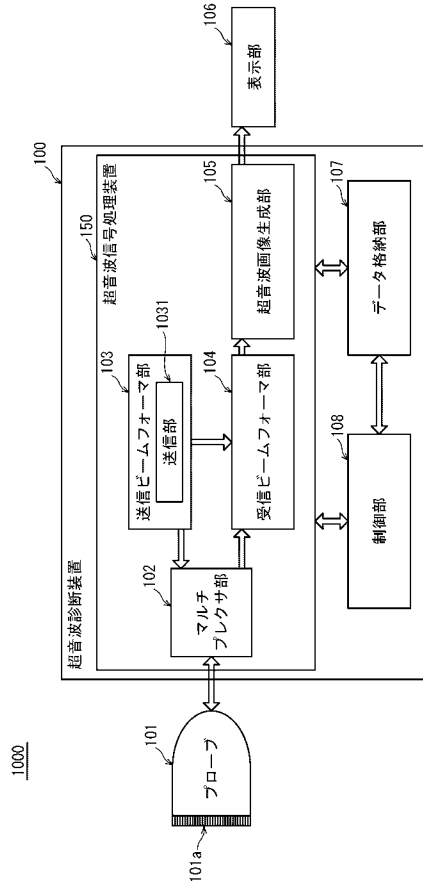
30

40

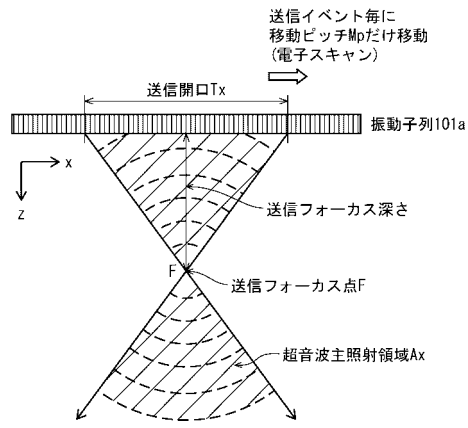
50

4 0	受信部	
4 0 1	__ 1 ( 1 = 1 ~ m )	パート受信部
4 1	整相加算部	
4 1 1	__ 1 ( 1 = 1 ~ m )	パート整相加算部
4 1 1 2	対象線群設定部	
4 1 1 3	受信開口設定部	
4 1 1 4	送信時間算出部	
4 1 1 5	受信時間算出部	
4 1 1 6	遅延量算出部	
4 1 1 7	遅延処理部	10
4 1 1 8	重み算出部	
4 1 1 9	加算部	
4 1 2	__ 1 ( 1 = 1 ~ m )	パート折り畳み部
4 1 2 1	線上観測点音響線信号抽出部	
4 1 2 2	配列決定部	
4 1 2 3	対象線配列部	
4 1 3	主加算部	
4 1 4	再配列部	
4 2	合成部	
4 2 1	加算処理部	20
4 2 2	増幅処理部	
1 0 5	超音波画像生成部	
1 0 6	表示部	
1 0 7	データ格納部	
1 0 8	制御部	
1 5 0	超音波信号処理装置	

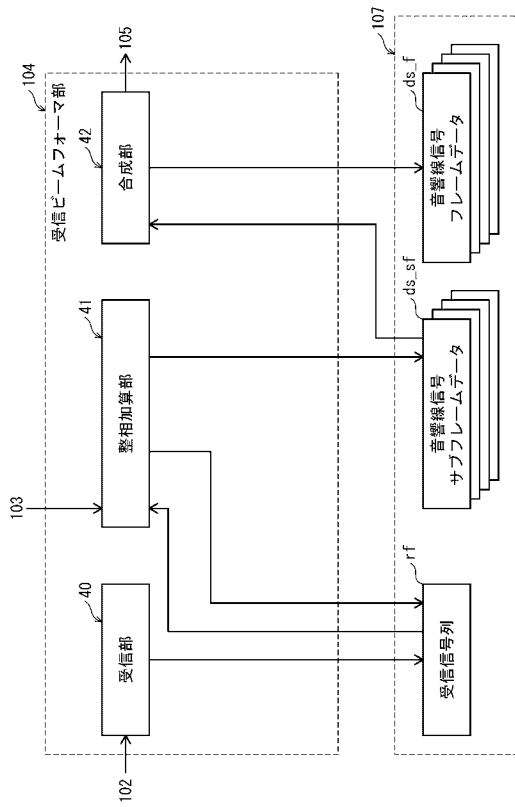
【図 1】



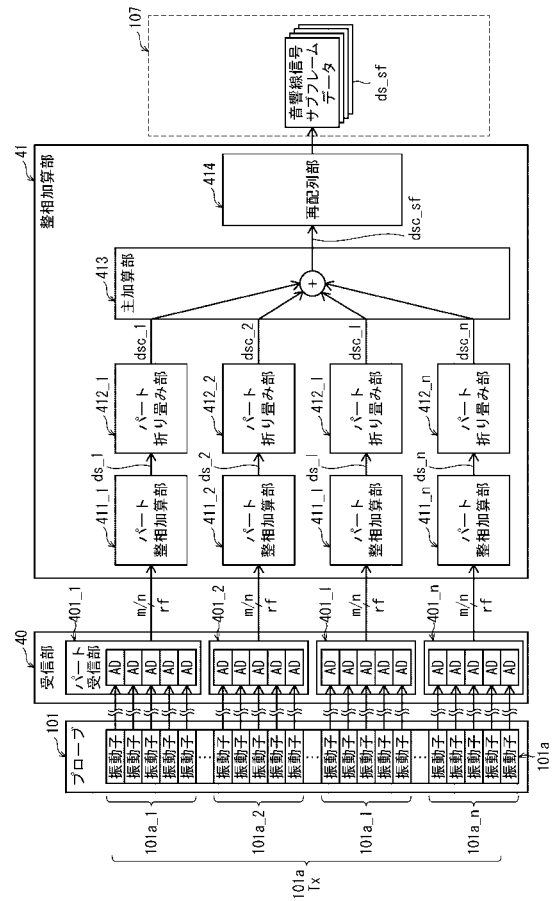
【図 2】



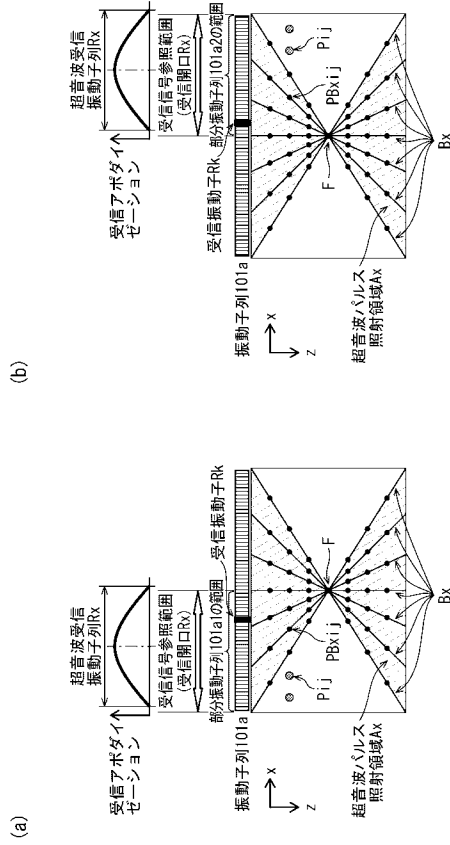
【図 3】



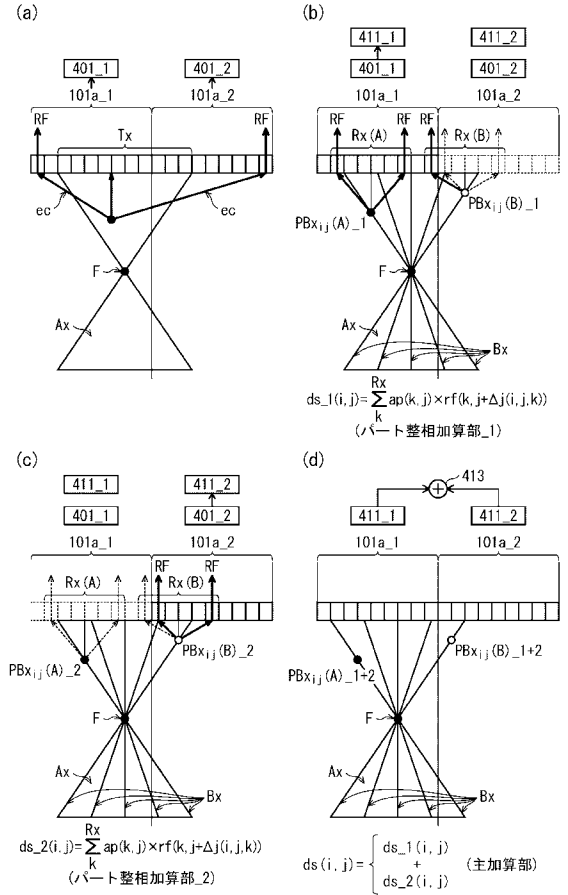
【図 4】



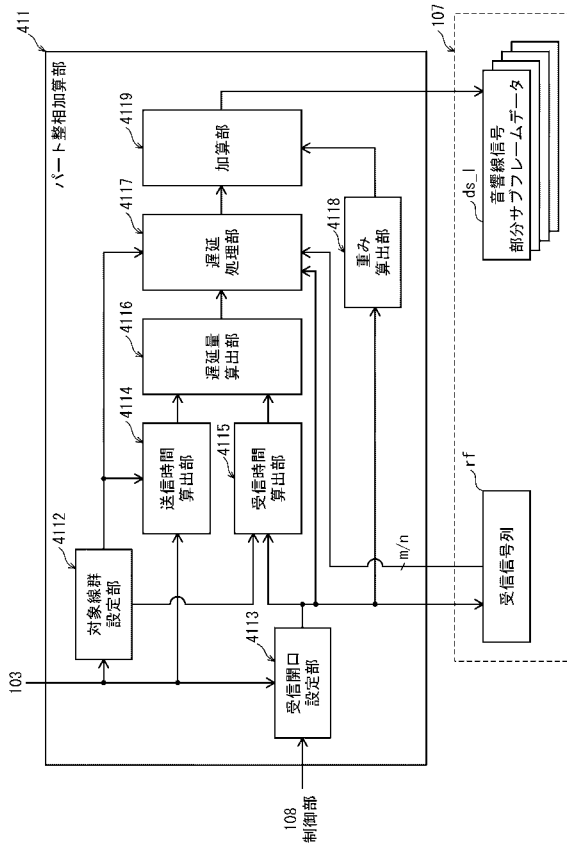
【 図 5 】



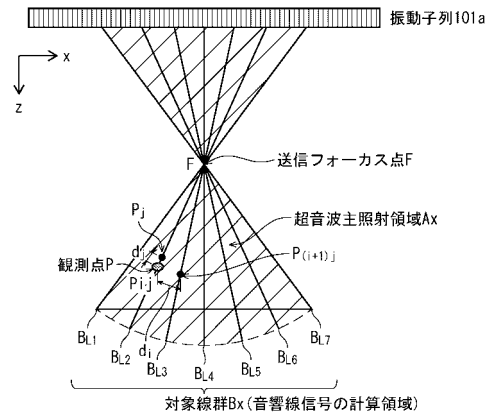
【 図 6 】



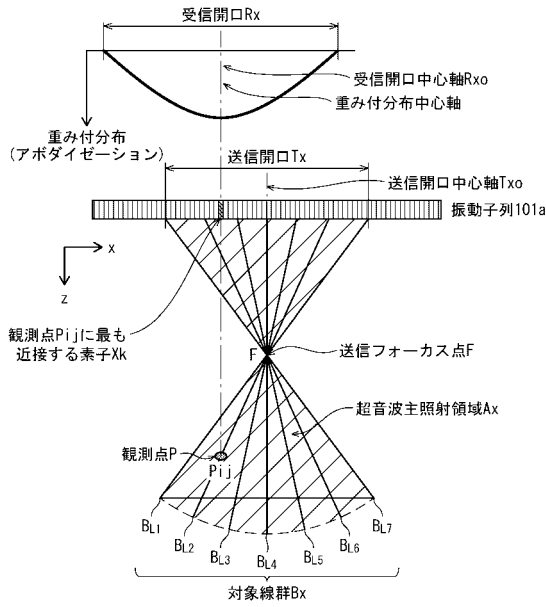
【 図 7 】



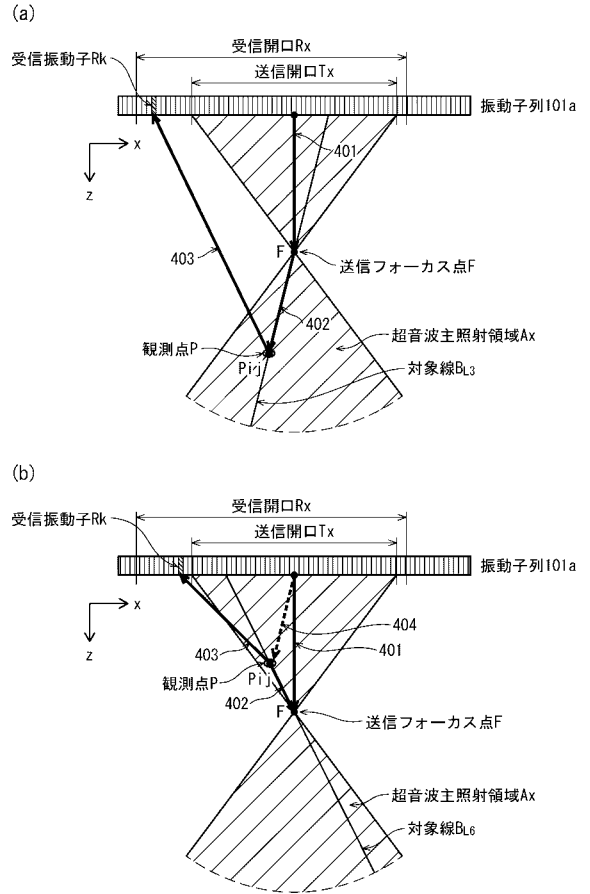
【 図 8 】



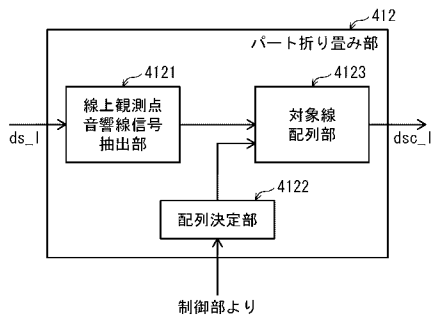
【 図 9 】



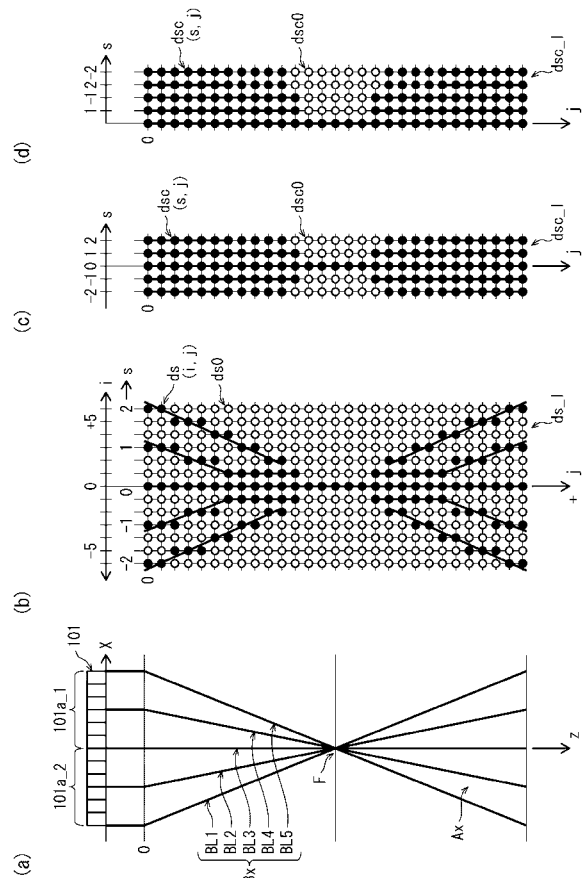
【 図 1 0 】



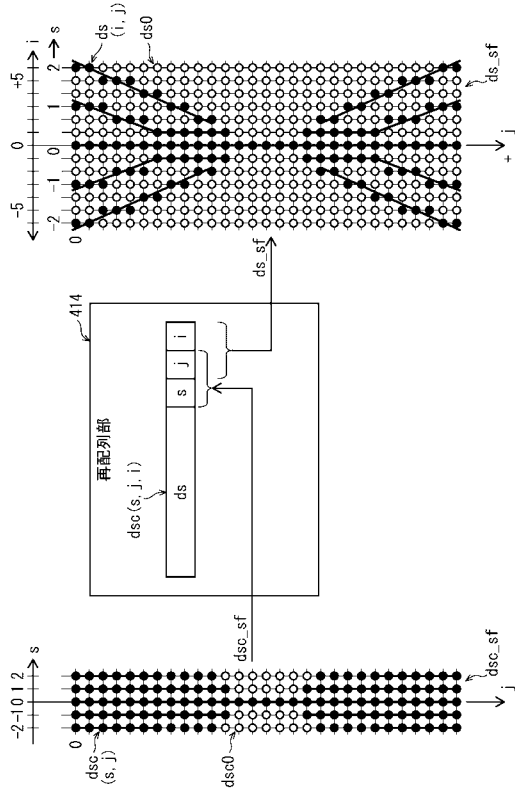
【 図 1 1 】



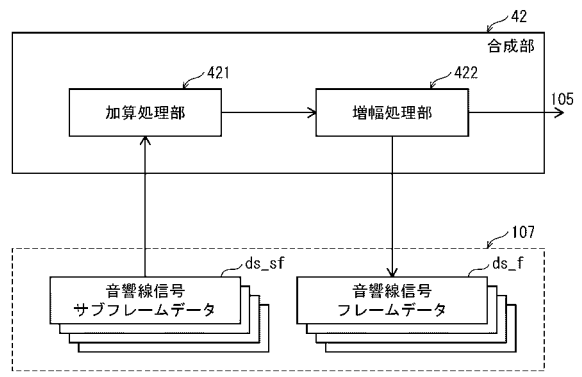
【 図 1 2 】



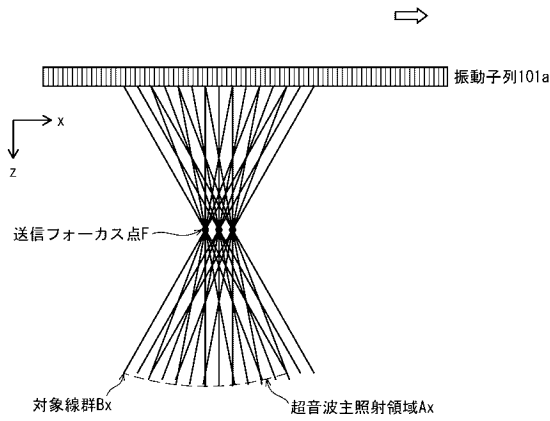
【図 1 3】



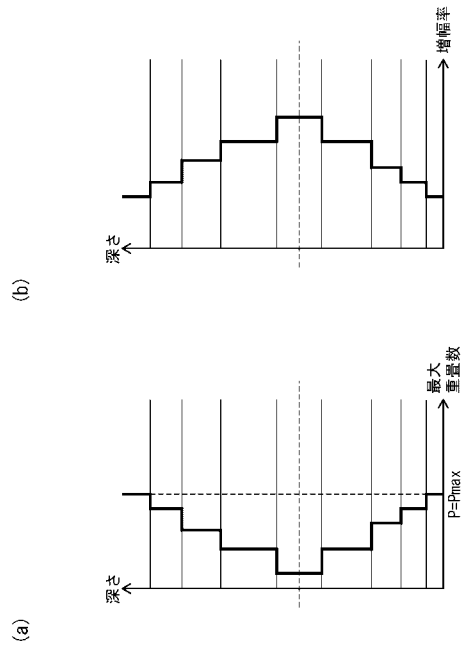
【図 1 4】



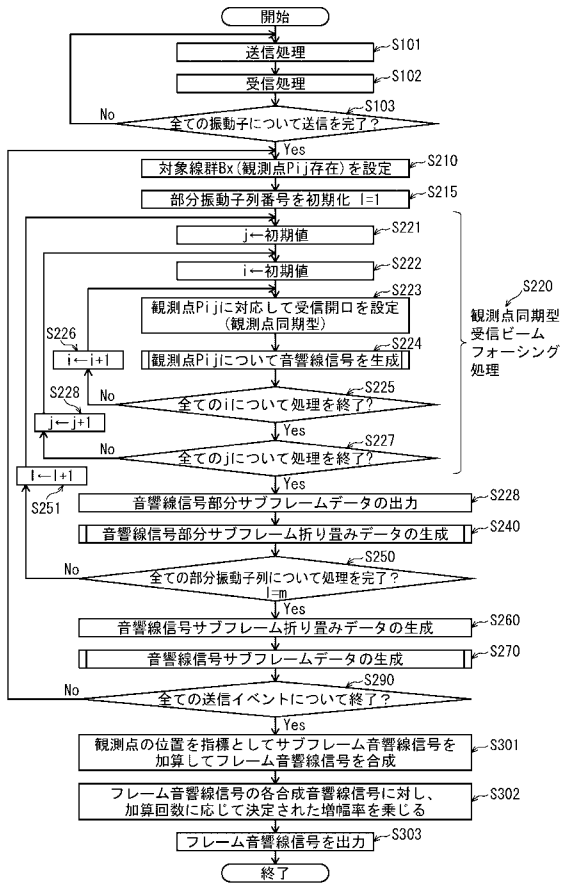
【図 1 5】



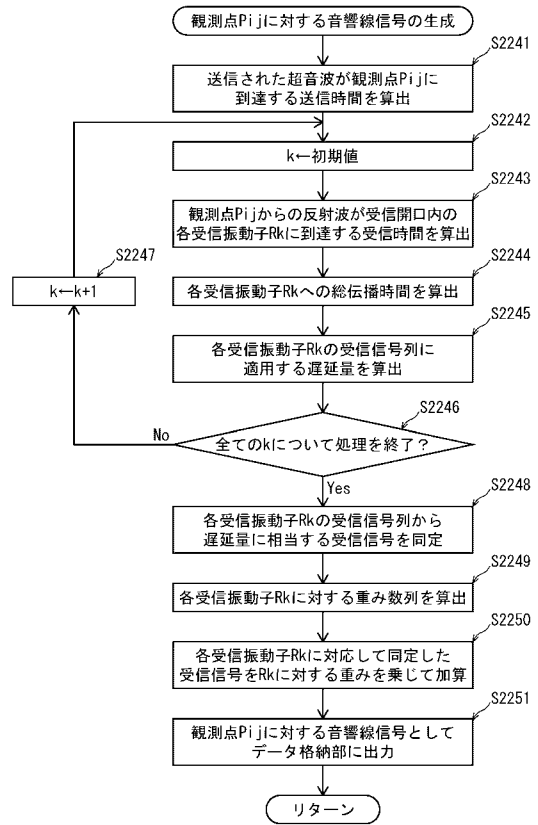
【図 1 6】



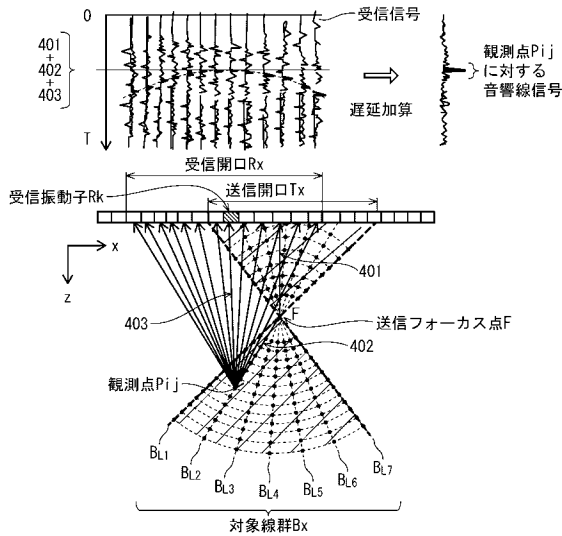
【図17】



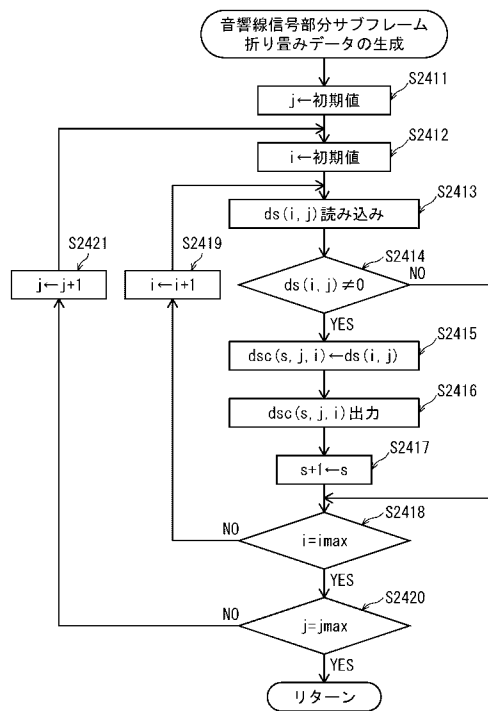
【図18】



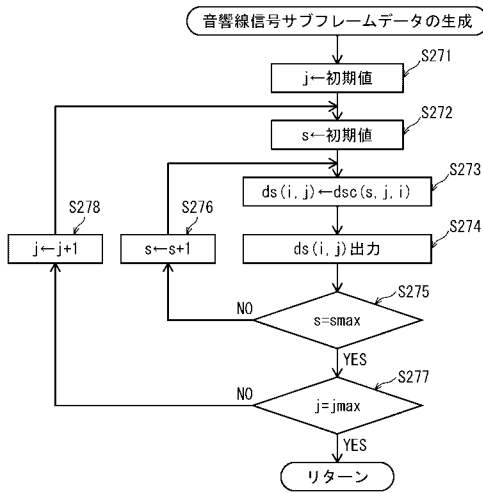
【図19】



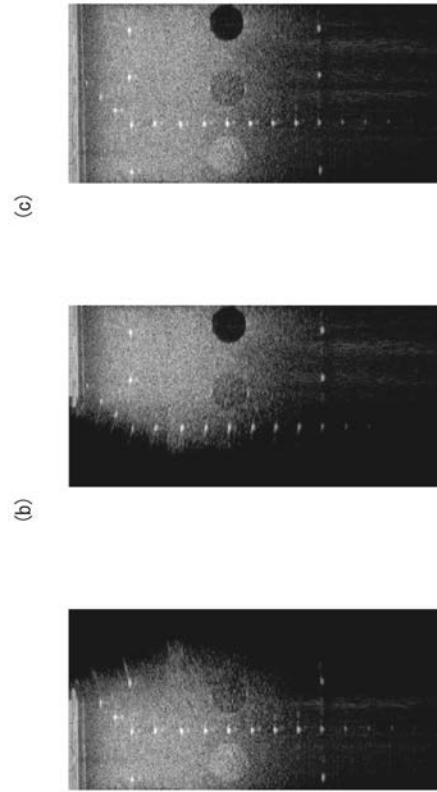
【図20】



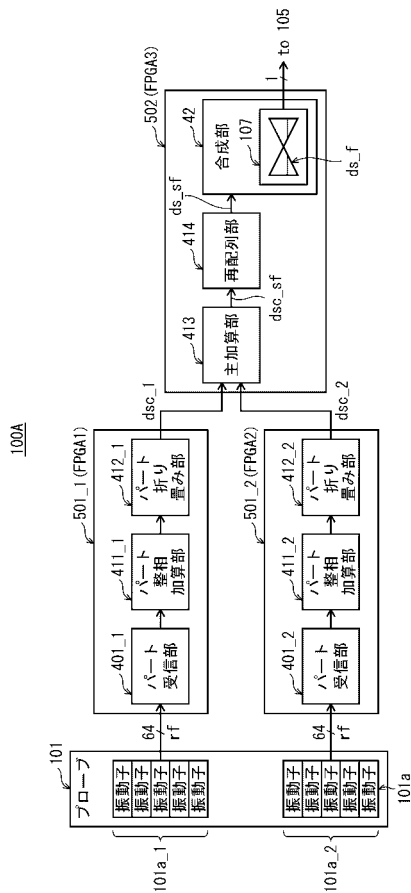
【 図 2 1 】



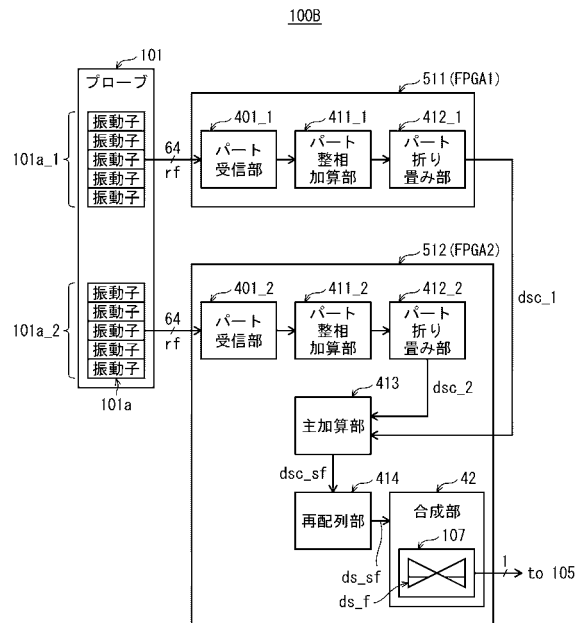
【 図 2 2 】



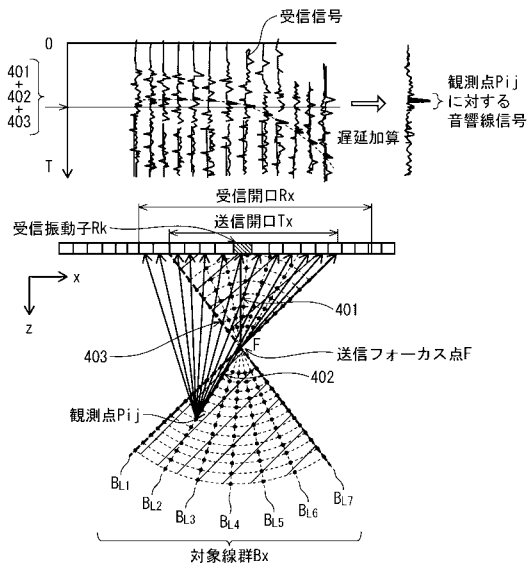
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



专利名称(译)	超声波诊断装置和超声波信号处理方法。		
公开(公告)号	<a href="#">JP2018183297A</a>	公开(公告)日	2018-11-22
申请号	JP2017085699	申请日	2017-04-24
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	津島峰生		
发明人	津島 峰生		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/4477 A61B8/5284 A61B8/54 G01S7/52047 G01S7/52087 G01S15/8997		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE12 4C601/JB08 4C601/JB09		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：降低相位添加过程所需的内部存储器容量和数据传输能力。多个部分相位相加部分，用于通过对与多个部分振荡器序列相对应的接收信号序列进行相位相加来产生关于多个线路观察点的声线信号部分帧数据；根据信号部分帧数据，提取多个线观察点的一系列声线信号，所述多个部分中的位置的褶皱和观测点设置声信号部分帧折叠式数据用于通过与目标线之间的间距安排塞入产生声线信号的部分帧折叠式数据包括主题行组中的生成声线信号帧折叠数据并且，用于将声线信号帧中的声线信号重新排列的重排单元折叠数据到主照射区域中的线观察点的位置，以产生声线信号帧数据。

