

(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2019-92673
(P2019-92673A)

(43) 公開日 令和1年6月20日(2019.6.20)

(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 18 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2017-223158 (P2017-223158)
(22) 出願日 平成29年11月20日(2017.11.20)

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 110001900
特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
(72) 発明者 渡邊 泰仁
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
Fターム(参考) 4C601 BB06 EE07 EE14 GB03 HH21
HH24 HH25 HH29 HH30 HH38
JB03 JC03

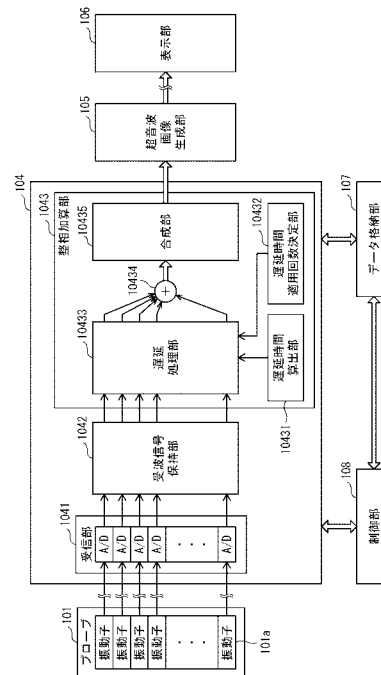
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、及び超音波信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】空間分解能及びS/N比の低下を抑止しながら、整相加算処理における遅延処理の演算量を削減する。

【解決手段】超音波信号処理装置において、複数の振動子101aから超音波ビームを送信させる送信部103と、複数の受波振動子Rwkの列が受波した反射波に基づいて、受波振動子Rwk各々に対応する複数の受信信号列RFkを生成する受信部1041と、着目領域中の基準観測点PRijに対して、基準観測点PRijから受波振動子Rwk各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間 tkとして各々算出し、受波振動子Rwk各々に対する基準遅延時間 tkを用いて音響線信号DSを生成するとともに、基準観測点PRijと深さ方向に連続する1以上の従属観測点PFijに対して、受波振動子Rwk各々に対する基準遅延時間 tkを適用して音響線信号DSを生成する整相加算部1043とを備えた。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の振動子が方位方向に列設され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を生成する超音波信号処理装置であって、

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超音波ビームを送信させる送信部と、

前記複数の振動子から選択される複数の受波振動子の列が受波した反射波に基づいて、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列を生成する受信部と、

前記被検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点から選択される基準観測点に対して、前記基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、

着目領域中にあり前記基準観測点と深さ方向に連続する 1 以上の従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を適用して音響線信号を生成する

整相加算部とを備えた

超音波信号処理装置。

【請求項 2】

前記整相加算部は、前記基準観測点に対する音響線信号の生成は、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間に対応した受波信号値を特定して、前記複数の受波振動子について加算して行い、

前記従属観測点に対する音響線信号の生成は、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間に対応した受波信号値を特定して、前記複数の受波振動子について加算して行う

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、前記基準観測点に対する音響線信号の生成は、前記基準観測点と前記基準観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行い、

前記従属観測点に対する音響線信号の生成は、前記従属観測点と前記従属観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した概算反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記概算反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行う

請求項 1 又は 2 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

整相加算部は、前記従属観測点と前記従属観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間の算出は、前記基準観測点と前記基準観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間に、前記基準観測点及び前記従属観測点間の超音波往復時間を加算して行う

請求項 3 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 5】

被検体の深さが大きいほど、1 つの前記基準観測点に対する前記従属観測点の個数が多い

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

前記着目領域内の被検体の深さ方向において、前記基準観測点と前記従属観測点とが交互に並んで配されている

10

20

30

40

50

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記送信部は、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、前記フォーカス点と、前記送信振動子の列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ 2 つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に前記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

請求項 1 から 6 の何れか 1 項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、前記超音波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り深さ方向に平行な線上に位置する複数の観測点について、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を生成する

請求項 7 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、前記超音波主照射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点について、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を生成する

請求項 7 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 10】

前記送信部は、超音波ビームを送信する送信イベントを、送信振動子の列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら複数回繰り返し、

各送信イベントに同期して被検体から受波した反射超音波に基づく複数の音響線信号を観測点の位置を基準に合成して合成音響線信号を生成する合成部を、さらに備えた

請求項 8 又は 9 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

前記着目領域内の深さ方向における前記フォーカス点よりも深い範囲では、方位方向及び深さ方向の位置が同じ観測点に対して重畳される音響線信号の個数が多いほど、1 つの前記基準観測点に対する前記従属観測点の個数が多い

請求項 10 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 12】

前記方位方向に列設された複数の振動子の列を第 1 の振動子の列としたとき、

前記第 1 の振動子の列に平行に、複数の第 2 の振動子の列が前記第 1 の振動子の列を挟んで並設されており、

前記整相加算部は、前記着目領域内における方位方向及び深さ方向の位置が同じ観測点についての音響線信号の生成において、

前記複数の第 2 の振動子の列のうち、前記第 1 の振動子の列に相対的に近い内方第 2 の振動子の列には、前記第 1 の振動子と同じ反射波到達時間を適用し、

前記内方第 2 の振動子の列よりも前記第 1 の振動子の列から相対的に遠い外方第 2 の振動子の列には、前記第 1 の振動子に適用した反射波到達時間よりも長い反射波到達時間を適用する

請求項 1 から 11 の何れか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 13】

前記基準観測点を第 1 の基準観測点とするとき、さらに、前記整相加算部は、前記第 1 の基準観測点と深さ方向に連続する第 2 の基準観測点を選択し、前記第 2 の基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を第 2 の基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記第 2 の基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、

前記従属観測点に対して、前記第 1 の基準遅延時間及び前記第 2 の基準遅延時間を、前記従属観測点と前記第 1 の基準観測点又は前記第 2 の基準観測点との距離に基づき補間した補間遅延時間を算出し、

10

20

30

40

50

前記従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記補間遅延時間を適用して音響線信号を生成する

請求項 1 から 1 2 の何れか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 4】

前記着目領域内の被検体表近傍から所定の長さに相当する範囲において、被検体の深さが大きいほど前記送信振動子の列に含まれる振動子の数が増加する

請求項 1 から 1 3 の何れか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 5】

前記従属観測点に対する音響線信号の生成では、前記従属観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間は算出しない

請求項 1 から 1 4 の何れか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 6】

2 点間の前記超音波往復時間は、2 点間の往復距離を音速値で除した時間である

請求項 3 又は 4 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 1 7】

複数の振動子が方位方向に列設され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を生成する超音波信号処理方法であって、

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超音波ビームを送信させる送信し、

前記複数の振動子から選択される複数の受波振動子の列が受波した反射波に基づいて、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列を生成し、

前記被検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点から選択される基準観測点に対して、前記基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、

着目領域中にあり前記基準観測点と深さ方向に連続する 1 以上の従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を適用して音響線信号を生成する

超音波信号処理方法。

【請求項 1 8】

前記基準観測点に対する音響線信号の生成は、前記基準観測点と前記基準観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行い、

前記従属観測点に対する音響線信号の生成は、前記従属観測点と前記従属観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した概算反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記概算反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行う

請求項 1 7 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、超音波信号処理装置、及び超音波信号処理方法に関し、特に、超音波診断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

10

20

30

40

50

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)。

【0004】

図23は、従来の超音波診断装置における受信ビームフォーミング方法を示す模式図である。従来の超音波診断装置は、被検体の体内から反射超音波を受信する複数の超音波振動子201a(以後、「振動子」とする)からなるプローブ201と、振動子201aで受信した反射超音波を電気的に変換して電気信号とし、それに整相加算処理を行う受信ビームフォーマ部202を有している。受信ビームフォーマ部202は、各々の振動子201aが得た反射超音波に基づく電気信号を振動子201aごとに遅延部2021で増幅、A/D変換、遅延処理を行った上で加算部2022により加算した結果を音響線信号として出力する。この際、遅延部2021で適用される遅延量は、送信超音波ビームの中心軸上に位置する振動子と各振動子201aとの距離に基づいて算出される。具体的には、被検体内において送信超音波ビームの中心軸上に位置する任意の観測点をP、観測点Pから最も近い振動子cと観測点Pとの距離を d_c 、観測点Pと他の振動子mとの距離を d_m 、超音波の音速の標準値を Cs_0 とすると、観測点Pからの反射波が振動子cに到達した時刻より $(d/Cs_0 = d_m/Cs_0 - d_c/Cs_0)$ 遅れた時刻に、観測点Pからの反射波が振動子mに到達する(図24(a))。任意の深さの観測点Pから各振動子cへの反射波の到達時刻を算出し、振動子間の到達時間差 (d/Cs_0) から振動子mでの反射波の到達時刻を導出することができる。遅延部2021では、到達時間差を加味して各振動子における受信信号を同定し、加算部2022では同定した受信信号を加算して音響線信号を生成する(図24(b))。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、空間分解能を高めて高解像度化を図る場合、その内部に存在する観測点の数が解像度に比例して増加するため、送信と受信の遅延を考慮した整相加算の演算量が増加する。そのため、整相加算の演算処理を高速に行うため演算処理能力の高いハードウェアが必要となり、超音波診断装置のコストが増加する課題が発生する。一方で、単純に観測点の数を削減すると、空間分解能及びS/N比が十分に向上しないことがある。

【0007】

本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、音響線信号の空間分解能及びS/N比の低下を抑制しながら整相加算処理の演算量を削減することができる超音波信号処理装置、及び、それを用いた超音波診断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様に係る超音波信号処理装置は、複数の振動子が方位方向に列設され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を生成する超音波信号処理装置であって、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超音波ビームを送信させる送信部と、前記複数の振動子から

選択される複数の受波振動子の列が受波した反射波に基づいて、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列を生成する受信部と、前記被検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点から選択される基準観測点に対して、前記基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、着目領域中にあり前記基準観測点と深さ方向に連続する1以上の従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を適用して音響線信号を生成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本開示の一態様に係る超音波信号処理装置、及び超音波信号処理方法によれば、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、整相加算処理において相対的に演算量が多い遅延時間算出処理の演算量を低減して、整相加算処理全体の演算量を削減することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【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】超音波診断装置100の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。

20

【図4】超音波出照射領域Axからの反射超音波に基づくRF信号列の生成動作を説明するための模式図である。

【図5】受信ビームフォーマ部104における基準観測点PR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6】整相加算部1043における従属観測点PF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7】整相加算部1043における従属観測点PFについての音響線信号生成についての別の動作を説明するための模式図である。

【図8】深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差 d を図示した模式図である。

30

【図9】縦軸に観測点 $P(0, j)$ の深さ方向座標Y、横軸に受波振動子 Rw の方位方向の座標Xとして示した、深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差 d の分布図である。

【図10】 d が0.5以上を1に繰り上げて示した、図9における深さ方向の座標が0から2000サンプルまでの範囲の拡大図である。

【図11】(a)は深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差、(b)は深さ方向に4離れた隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+4)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差、(c)は深さ方向に8離れた観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+8)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差を示したときの、0.5以上を1に繰り上げて示した d の分布図である。

40

【図12】超音波信号処理装置150における処理を示すフローチャートである。

【図13】図12における整相加算処理(ステップS50)の詳細を示すフローチャートである。

【図14】整相加算部1043における従属観測点PFについての音響線信号生成の動作を説明するための模式図である。

【図15】実施の形態2に係る超音波信号処理装置の受信ビームフォーマ部104において設定された受信開口 Rx と送信開口 Tx との関係を示す模式図である。

【図16】(a)(b)は、実施の形態2に係る遅延時間算出部10431において計算される送信開口 Tx から放射され計算対象領域 Bx 内の任意の位置にある観測点 Pij において反射され受信開口 Rx 内に位置する受信振動子 Rk に到達する超音波の伝播経路を

50

説明するための模式図である。

【図 17】実施の形態 2 に係る受信ビームフォーマ部 104 における基準観測点 P R 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。

【図 18】実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置における処理を示すフローチャートである。

【図 19】図 18 における整相加算処理（ステップ S 50）の詳細を示すフローチャートである。

【図 20】実施の形態 2 に係る整相加算部 1043 における従属観測点 P F についての音響線信号生成の動作を説明するための模式図である。

【図 21】実施の形態 2 に係る合成部 10435 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 22】変形例 1 に係る超音波信号処理装置に用いるプローブ 101B の振動子 101a B の態様を示す模式平面図である。

【図 23】従来の超音波信号処理装置における整相加算処理を説明するための模式図である。

【図 24】従来の超音波信号処理装置における整相加算処理における音速変動の影響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】

【0011】

実施の形態

<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。

【0012】

図 1 は、実施の形態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先端表面に列設された複数の振動子 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 とが、超音波診断装置 100 に含まれる態様であってもよい。

【0013】

<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 で受波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 からの出力信号である音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮などの処理を実施して輝度変換し、その輝度信号を直交座標系に座標変換を施すことで超音波画像（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。

【0014】

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。

【 0 0 1 5 】

超音波診断装置 1 0 0 を構成する各要素、例えば、マルチプレクサ部 1 0 2、送信ビームフォーマ部 1 0 3、受信ビームフォーマ部 1 0 4、超音波画像生成部 1 0 5、制御部 1 0 8 は、それぞれ、例えば、F P G A (Field Programmable Gate Array)、A S I C (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、C P U (Central Processing Unit) や G P G P U (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。

10

【 0 0 1 6 】

データ格納部 1 0 7 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、M O、D V D、D V D - R A M、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 1 0 7 は、超音波診断装置 1 0 0 に外部から接続された記憶装置であってもよい。

【 0 0 1 7 】

なお、本実施の形態に係る超音波診断装置 1 0 0 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 1 0 2 が不要な構成もあるし、プローブ 1 0 1 に送信ビームフォーマ部 1 0 3 や受信ビームフォーマ部 1 0 4、またその一部などが内蔵される構成であってもよい。

20

【 0 0 1 8 】

< 超音波診断装置 1 0 0 の主要部の構成 >

実施の形態に係る超音波診断装置 1 0 0 は、プローブ 1 0 1 での超音波反射波の受信から得た電気信号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 1 0 4 に特徴を有する。そのため、本明細書では、主に、受信ビームフォーマ部 1 0 4、及び、その前段階でプローブ 1 0 1 の各振動子 1 0 1 a から超音波送信を行わせる送信ビームフォーマ部 1 0 3 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 1 0 3 及び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

【 0 0 1 9 】

以下、送信ビームフォーマ部 1 0 3 と、受信ビームフォーマ部 1 0 4 の構成について説明する。

【 0 0 2 0 】

1. 送信ビームフォーマ部 1 0 3

送信ビームフォーマ部 1 0 3 は、マルチプレクサ部 1 0 2 を介してプローブ 1 0 1 と接続され、プローブ 1 0 1 から超音波の送信を行うためにプローブ 1 0 1 に存する複数の振動子 1 0 1 a の全てもしくは一部に当たる送信振動子の列からなる送信開口 T x 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 1 0 3 は送信部 1 0 3 1 から構成される。

40

【 0 0 2 1 】

送信部 1 0 3 1 は、制御部 1 0 8 からの送信制御信号に基づき、プローブ 1 0 1 に存する複数の振動子 1 0 1 a 中、送信開口 T x に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるためのパルス状の送信信号を供給する送信処理を行う。送信処理では、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。

【 0 0 2 2 】

送信部 1 0 3 1 は、超音波送信ごとに送信開口 T x を列方向に漸次移動させながら超音

50

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。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、超音波送信毎に漸次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。

【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の列を送信開口Txとして図示している。図2に示すように、本明細書では振動子101aの列方向(方位方向)をX方向、方位方向に垂直な被検体の深さ方向をY方向とする。

10

【0024】

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とにより、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、被検体のある深度において、波面がある一点で送信フォーカス点F(Focal point)が合う状態となる。送信フォーカス点Fの深さ(Focal depth)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。この砂時計型の領域(斜線ハッチングで示した領域)を超音波照射領域Axと称呼する。

20

【0025】

2. 受信ビームフォーマ部104の構成

受信ビームフォーマ部104は、プローブ101で受信した超音波の反射波に基づき、複数の振動子101aで得られた電気信号から音響線信号を生成する。なお、「音響線信号」とは、整相加算処理がされたあとのある観測点に対する受信信号である。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1041、受信信号保持部1042、整相加算部1043を備える。

30

【0026】

以下、受信ビームフォーマ部104を構成する各部の構成について説明する。

【0027】

(1) 受信部1041

受信部1041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において超音波反射波を受信して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受信信号保持部1042に出力し、受信信号保持部1042は受信信号を保持する。

【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。

40

【0029】

図4は、超音波出照射領域Axからの反射超音波に基づくRF信号列の生成動作を説明するための模式図である。受信部1041は、送信イベントに同期してプローブ101に存する複数Nの振動子101aの一部又は全部にあたる列状に並んだ受波振動子Rwの各々が得た反射超音波に基づいて、各受波振動子Rwに対する受信信号の列を生成する。受波振動子Rwは、マルチプレクサ部102によって選択される。本実施の形態では、受波振動子Rwが構成する受信振動子Rwの列Rwxの列中心は、送信振動子の列(送信開口Tx)の列中心と合致するよう選択される。受波振動子Rwの数Mは送信振動子の数と同

50

一か、又は、送信振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子 R w はプローブ 1 0 1 に存する振動子 1 0 1 a の全数 N としてもよい。

【 0 0 3 0 】

送信部 1 0 3 1 は、送信イベントに同期して送信開口 T x を列方向に漸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 に存する複数の振動子 1 0 1 a 全体から超音波送信を行う。受信部 1 0 4 1 は、送信イベントに同期して各受波振動子 R w に対する受信信号の列を生成し、生成された受信信号の列は受信信号保持部 1 0 4 2 に保存される。

【 0 0 3 1 】

(2) 受信信号保持部 1 0 4 2

受信信号保持部 1 0 4 2 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、半導体メモリ等を用いることができる。受信信号保持部 1 0 4 2 は、送信イベントに同期して送信部 1 0 3 1 から、各受波振動子に対する受信信号の列を入力し、1枚の超音波画像が生成されるまでの間これを保持してもよい。また、受信信号保持部 1 0 4 2 は、例えば、ハードディスク、MO、DVD、DVD-RAM等を用いることができる。超音波診断装置 1 0 0 に外部から接続された記憶装置であってもよい。また、データ格納部 1 0 7 の一部であってもよい。

【 0 0 3 2 】

(3) 整相加算部 1 0 4 3

整相加算部 1 0 4 3 は、送信イベントに同期して被検体内の計算対象領域 B x 内に存する複数の観測点について、観測点から各受信振動子が受信した受信信号列を整相加算して、音響線信号を生成する回路である。ここで、「計算対象領域 B x」とは、1回の送信イベントに同期して音響線信号を生成する領域である。そして、複数の送信イベントに同期して生成された複数の計算対象領域 B x 内の観測点における音響線信号を合成することにより、1フレームの音響線信号を生成する回路である。ここで、「フレーム」とは、1枚の超音波画像を構築する上で必要な1つのまとまった信号を形成する単位をさす。1フレーム分の合成された音響線信号を「フレーム音響線信号」とする。送信イベントに同期して音響線信号が生成される計算対象領域 B x は、本実施の形態では、受信開口 R x の列中心を通り振動子列と垂直であって単一振動子幅の直線状の領域とした。しかしながら、計算対象領域 B x はこれに限定されるものではなく、超音波照射領域 A x に含まれる任意の領域に設定してもよい。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、整相加算部 1 0 4 3 は、遅延時間算出部 1 0 4 3 1、適用回数決定部 1 0 4 3 2、遅延処理部 1 0 4 3 3、加算部 1 0 4 3 4、及び合成部 1 0 4 3 5 を備える。以下、各部の構成について説明する。

【 0 0 3 4 】

i) 遅延時間算出部 1 0 4 3 1

遅延時間算出部 1 0 4 3 1 は、被検体中の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点 P から選択される基準観測点 P R に対して、基準観測点 P R から受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間として各々算出する回路である。ここで、「基準観測点 P R」とは、観測点 P のうち、遅延時間算出の対象となる観測点である。基準観測点 P R に対する音響線信号はその観測点に対して算出した遅延時間に基づき算出される。他方、「従属観測点 P F」とは、観測点 P のうち、基準観測点 P R に対して算出した遅延時間を適用して整相加算処理を行い音響線信号を算出する観測点である。なお、本明細書では、観測点 P、P R、P F を、X 方向及び Y 方向の座標に対応するインデックス i, j を付して表記する場合には、P i j、P R i j、P F i j と表記する場合がある。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、整相加算部 1 0 4 3 における基準観測点 P R 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。送信開口 T x から放射された送信波は、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F にて波面が集まり、拡散する中で観測点 P に到達し、観測点 P で音響インピーダンスの変化に応じて反射波を生成し、その反射波がプローブ 1 0 1 における

10

20

30

40

50

受信開口 $R \times$ 内の受波振動子 R_w に戻る。送信フォーカス点 F を経由した任意の観測点 P までの経路 $401 + 402$ の長さ、及び観測点 P から各受波振動子 R_w 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。

【0036】

具体的には、基準観測点 P_R に対する遅延時間の算出は以下のように行われる。

【0037】

遅延時間算出部 10431 は、受信開口 $R \times$ 内の受波振動子 R_w に対する受信信号の列から、計算対象領域 $B \times$ 内の複数の基準観測点 P_R について、各基準観測点 P_R と受波振動子 R_w 各々との間の距離の差を音速値 C_s で除した受波振動子 R_w 各々への反射超音波の到達時間差（遅延量）を算出する。具体的には、図5に示すように、遅延時間算出部 10431 は、送信イベントに同期して、受波振動子 R_w の位置を示す情報と基準観測点 P_R の位置を示す情報とに基づき、基準観測点 P_R から各受波振動子 R_{wk} ($k = 1 \sim k_{max}$) までの経路の長さを幾何学的に算出する。そして、基準観測点 P_R から各受波振動子 R_{wk} までの経路長の差 d_k を音速値 C_s で除して、任意の基準観測点 P_R から各受波振動子 R_w に到達する反射波到達の遅延時間 t_k を各受波振動子 R_{wk} について算出する。

10

【0038】

ii) 遅延時間適用回数決定部 10432

整相加算部 1043 では、基準観測点 P_R と深さ方向に連続する1以上の従属観測点 P_F に対して、受波振動子 R_w 各々に対する基準遅延時間を適用して音響線信号を生成する。このとき、基準観測点 P_R について算出した基準遅延時間を基準観測点 P_R と深さ方向に連続する従属観測点 P_F に対して適用される。この際、遅延時間適用回数決定部 10432（以後、「適用回数決定部 10432」とする）は、1つの基準観測点 P_R の基準遅延時間を適用する従属観測点 P_F の個数を決定する。

20

【0039】

図6及び7は、整相加算部 1043 における観測点 P 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6に示す例では、適用回数決定部 10432 は、一例として、基準観測点 P_R について算出した基準遅延時間を3個の従属観測点 P_F に対して適用するように従属観測点 P_F の個数を決定する。この場合には、着目領域内の被検体の深さ方向に基準観測点 P_R と従属観測点 P_F とが交互に並んで配される。あるいは、適用回数決定部 10432 は、図7に示すように、被検体の深さが大きいほど、1つの基準観測点 P_R に対する従属観測点 P_F の個数が多くなるように従属観測点 P_F の個数を決定してもよい。図7では、深度の浅い方から順に、深さ D_1 、 D_2 、 D_3 以上のそれぞれの深さ方向に設けた閾値を超えた場合に、一例として、基準遅延時間がそれぞれ1、3、7個の従属観測点 P_F に対して適用される構成としている。この場合、適用回数は、1、3、7である。深度の深い領域において基準遅延時間を適用する観測点を増す理由は、基準観測点 P_R から各受波振動子 R_{wk} ($k = 1 \sim k_{max}$) までの距離差、すなわち遅延差が少なくなることや、深度の深い領域では反射波の減衰等により、もとより深度の浅い領域よりも S/N が低く、高密度の整相加算処理を行っても、減衰による画質低下に隠れて画質向上の効果を認識しにくいためである。

30

40

【0040】

なお、以降において、観測点 P 、 P_R 、 P_F を、インデックス i 、 j に対応する X 、 Y 座標を示して動作を説明するときには、 P_{ij} 、 P_{Rij} 、 P_{Fij} を区別せずに、便宜上観測点を一律に $P(i, j)$ と表記する場合がある。

【0041】

図8は、深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ と受波振動子 R_{wk} 間の経路長の差 d を図示した模式図である。一例として、方位方向における受波振動子 R_w の数は128個、ピッチは $0.2 \sim 0.3$ mm である。また、観測点 $P(0, j)$ と $P(0, j+1)$ との間の距離 a は、60 MHz サンプリングの場合、例えば、約 0.026 mm であり、最深観測点 P の位置は約 400 mm である。この場合、観測点 P (

50

$0, j$)、 $P(0, j+1)$ の深さが大きいほど、受波振動子 Rwk 間の経路長の差 d は、観測点 $P(0, j)$ と $P(0, j+1)$ との間の深さ方向の距離 a に近付き、遅延量とサンプリング周期とが相応する大きさとなる。

【0042】

図9は、縦軸に観測点 $P(0, j)$ の深さ方向座標 Y 、横軸に受波振動子 Rw の方位方向の座標 X として示した、深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差 d の分布図である。方位方向は受波振動子 Rw の列中心を $X=0$ としたときの素子数、深さ方向は60MHzにおけるサンプリング数を示す。

d のスケールはサンプリング周期で正規化したものであり、 $d=1$ は遅延時間 t が0、 $d=0$ は1サンプリング周期に相当する遅延時間 t が生じることを意味する。約5500サンプルよりも深い部分において、全受波振動子 Rw において $d=1$ となること

10

【0043】

図10は、 d が0.5サンプリング周期以上を1に繰り上げて示した、図9における深さ方向の座標が0から2000サンプルまでの範囲の拡大図である。図10に示すように、約600サンプルよりも深い部分において、全受波振動子 Rw において $d=1$ に繰り上げられることがわかる。この場合、深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ 毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができない。図10中のDMは、深度に応じて受信開口 Rx の大きさを異ならせるダイナミックアパチャを用いた場合の、典型的な深度と受信開口 Rx との関係を示したラインである。これより、ダイナミックアパチャを用いた場合には、全ての深度において、全受波振動子 Rw において $d=1$ に繰り上げられ、深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ 毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができないことがわかる。

20

【0044】

図11(a)は深さ方向に隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+2)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差、(b)は深さ方向に4離れた隣接する観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+4)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差、(c)は深さ方向に8離れた観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+8)$ と受波振動子 Rwk 間の経路長の差を示したときの、サンプル周期の1/2倍以上を繰り上げて示した d の分布図である。すなわち、(a)では1サンプル周期、(b)では2サンプル周期、(c)では4サンプル周期以上を繰り上げて示した分布図である。図11中のDMは、ダイナミックアパチャを用いた場合の受信開口 Rx との関係を示したラインである。

30

【0045】

図11(c)より、約2700サンプルよりも深い部分において、全受波振動子 Rw において $d=8$ に繰り上げられることがわかり、深さ方向に8サンプル離れた観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+8)$ 毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができないことがわかる。

【0046】

同様に、図11(b)より、約1800サンプルよりも深い部分において、全受波振動子 Rw において $d=4$ に繰り上げられることがわかり、深さ方向に4サンプル離れた観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+4)$ 毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができないことがわかる。

40

【0047】

同様に、図11(a)より、約600サンプルよりも深い部分において、全受波振動子 Rw において $d=1$ に繰り上げられることがわかり、深さ方向に1サンプル離れた観測点 $P(0, j)$ 、 $P(0, j+1)$ 毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができないことがわかる。

【0048】

以上の結果から、深さ方向において、0より深く約600サンプル以下の範囲では1サ

50

ンプル周期毎にサンプリングを行い、約600より深く約1800サンプル以下の範囲では2サンプル周期毎にサンプリングを行い、約1800より深く約2700以下の範囲では4サンプル周期毎にサンプリングを行い、約2700より深い範囲では8サンプル周期毎にサンプリングを行うことにより、遅延処理計算の結果を過不足なく出力に反映させることができる。

【0049】

すなわち、深さの増加に従いサンプリング周期を段階的に増加して基準観測点の発生頻度を減少することが好ましい。これより、深度において隣接する観測点毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができないという無駄を防止し、遅延処理計算の結果を過不足なく出力に反映させることができる。

10

【0050】

iii) 遅延処理部10433

遅延処理部10433は、基準観測点PRに対して、受波振動子Rw各々に対する基準遅延時間を用いて音響線信号DSを生成するとともに、基準観測点PRと深さ方向に連続する1以上の従属観測点PFに対して、受波振動子Rw各々に対する基準遅延時間を適用して音響線信号DSを生成する回路である。

【0051】

まず、基準観測点PRに対する受信信号値の特定は以下のように行われる。

【0052】

遅延時間算出部10431は、遅延時間算出部10431において算出された到達時間差(遅延量)に基づき各基準観測点PRから受波振動子Rw各々への反射波の到達時間を算出し、遅延処理部10433は反射波の到達時間に基づき各受波振動子Rwに対応する受信信号として同定する。具体的には、遅延時間算出部10431は、基準観測点PRと基準観測点PRに最も近接する受波振動子Rwとの間の超音波往復時間を算出し、遅延時間算出部10431において算出された到達時間差(遅延量)を加算して、受波振動子Rw各々への反射波の到達時間を算出する。そして、遅延処理部10433は、受信信号保持部1042から受信信号の列RFkを読み込み、受波振動子Rw各々への反射波の到達時間に対応する受信信号値を特定する。これより、各受波振動子Rwkに対する受信信号値が特定される。遅延処理部10433は、この処理を計算対象領域Bxに含まれる複数の基準観測点PRの全てについて行い、各受波振動子Rwkに対する遅延量 t_k を算出し受信信号の特定を行う。

20

30

【0053】

次に、従属観測点PFに対する受信信号値の特定は以下のように行われる。

【0054】

従属観測点PFに対する音響線信号の生成では、従属観測点PFから受波振動子Rw各々への反射波到達の遅延時間は算出しない構成を採る。本実施の形態では、受波振動子Rwk各々に対応する複数の受信信号列RFkから受波振動子Rwk各々に対する基準遅延時間 t_k に対応した受波信号値を特定して、複数の受波振動子Rwk($k=1\sim k_{max}$)について加算して行う構成としている。

【0055】

より具体的には、従属観測点PFと従属観測点PFに最も近接する受波振動子Rwとの間の超音波往復時間を算出し、超音波往復時間に受波振動子Rwk各々に対する基準遅延時間 t_k を加算した概算反射波到達時間を算出する。そして、遅延処理部10433は、受信信号保持部1042から受信信号の列RFkを読み込み、受波振動子Rwk各々に対応する複数の受信信号列RFkから概算反射波到達時間に対応する受信信号値を各々特定する。これより、各受波振動子Rwkに対する受信信号値が特定される。このとき、従属観測点PFと従属観測点PFに最も近接する受波振動子Rwとの間の超音波往復時間の算出は、基準観測点PDと基準観測点PDに最も近接する受波振動子Rwとの間の超音波往復時間に、基準観測点PR及び従属観測点PF間の超音波往復時間を加算又は減算して行ってもよい。また、2点間の超音波往復時間は、2点間の往復距離を音速値Csで除した

40

50

時間としてもよい。この処理を全ての受波振動子 $R w k$ について行い、各受波振動子 $R w k$ に対する受信信号の特定を行う。

【0056】

遅延処理部 10433 の動作の詳細については後述する。

【0057】

i v) 加算部 10434

加算部 10434 は、遅延処理部 10433 から出力される各受波振動子 $R w k$ 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 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、各受波振動子 $R w$ に対応して同定された受信信号に、各受波振動子 $R w$ に対する重み数列（受信アボダイゼーション）を乗じて加算して、観測点 P に対する音響線信号を生成する構成としてもよい。この場合、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送信フォーカス点 F を中心として対称な分布をなすことが好ましい。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。

10

【0058】

遅延処理部 10433 において受信開口 $R x$ 内に位置する各受波振動子 $R w$ が検出した受信信号の遅延時間を補償して加算部 10434 にて加算処理をすることにより、観測点 P からの反射波に基づいて各受波振動子 $R w$ で受信した受信信号を重ね合わせて信号 S / N 比を増加し、観測点 P からの受信信号を抽出することができる。

20

【0059】

1 回の送信イベントとそれに伴う処理から、計算対象領域 $B x$ 内の全ての観測点 P について音響線信号を生成することができる。そして、送信イベントに同期して送信開口 $T x$ を列方向に漸次移動させながら超音波送信を繰り返してプローブ 101 に存する全ての振動子 101 a から超音波送信を行い、各送信イベントに同期して生成された計算対象領域 $B x$ の音響線信号が送信イベント毎に合成部 10435 に漸次出力される。

【0060】

v) 合成部 10435

合成部 10435 は、送信イベントに同期して生成される計算対象領域 $B x$ の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。合成部 10435 は、計算対象領域 $B x$ 内の複数の観測点 P について生成された音響線信号を加算部 10434 から送信イベントに同期して漸次入力し、音響線信号が取得された観測点 P の位置を指標として各観測点に対する音響線信号を重ねてフレーム音響線信号を合成する。上述のとおり、送信イベントに同期して送信振動子の列（送信開口 $T x$ ）に用いる振動子を振動子列方向に漸次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計算対象領域 $B x$ も送信イベントごとに同一方向に漸次位置が異なる。音響線信号が取得された観測点 P の位置を指標として重ねることにより、全ての計算対象領域 $B x$ を網羅したフレーム音響線信号が合成される。

30

【0061】

合成されたフレーム音響線信号は、超音波画像生成部 105 に出力される。

40

【0062】

<動作について>

以上の構成からなる超音波信号処理装置 150 の動作について説明する。

【0063】

図 12 は、超音波信号処理装置 150 における処理を示すフローチャートである。

【0064】

まず、超音波検査開始後、第 1 回目のフレーム超音波画像の生成である場合には、送信イベントの回数を表すインデックス I を初期化（ステップ $S 10$ ）する。

【0065】

次に、ステップ $S 20$ において、送信部 1031 は、プローブ 101 に存する複数の振

50

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。

【0066】

次に、ステップ S30 において、受信部 1041 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受信信号保持部 1042 に出力し、受信信号保持部 1042 に受信信号を保持する。

【0067】

次に、ステップ S50 において、整相加算部 1043 は、被検体内の超音波画像を生成すべき着目領域内に存する全ての観測点について音響線信号を生成することにより 1 フレームの音響線信号を生成する。

10

【0068】

以下、ステップ S50 における処理動作の詳細について説明する。図 13 は、整相加算処理（ステップ S50）の詳細を示すフローチャートである。図 14 は、整相加算部 1043 における従属観測点 Pf についての音響線信号生成の動作を説明するための模式図である。

【0069】

本例では、送信開口 Tx と受信開口 Rx の列中心は一致する構成とし、被検体の解析対象範囲に対応する着目領域において、方位方向座標 X、深さ方向座標 Y とし、送信イベント毎に受信開口 Rx の中心を通り深さ方向に平行なビーム中心線上に観測点 P(0, Y) を設定して音響線信号を算出する。

20

【0070】

まず、ステップ S510 では、観測点 P(0, j) の深さ方向座標 Y を表すインデックス j を初期値(1)に設定し、基準到達時間 t(j) の算出する(ステップ S520)。基準到達時間 t(j) とは、観測点 P(0, j) と受信開口 Rx の列中心に位置する受波振動子 Rw との間を超音波が往復するために要する時間である。

【0071】

次に、遅延時間適用回数 S の最大値 Smax(j) を設定する(ステップ S530)。遅延時間適用回数 S とは、観測点 P(0, j) について算出した基準遅延時間 t(j) を観測点 P(0, j) と深さ方向に連続する観測点 P(0, j+S) に対して適用される回数である。このとき、被検体の深さ j の値に応じて、遅延時間適用回数 S の最大値 Smax(j) を異ならせてもよい。例えば、j の値が大きいほど、Smax(j) を大きく設定してもよい。また、j に閾値を設けて j が閾値を超えた場合に、Smax(j) を増加させてもよい。

30

【0072】

次に、受波振動子 Rw を識別するインデックス k を初期値に設定する(ステップ S540)。本例では、一例として、初期値として、受信開口 Rx に含まれる受波振動子 Rw (kmin ~ kmax) の最小値 kmin に設定する。

【0073】

次に、遅延時間算出部 10431 は、受波振動子 Rwk について、観測点 P(0, j) からの反射波が到達する際の遅延時間 tk を算出する(ステップ S550)。具体的には、図 5 に示すように、遅延時間算出部 10431 は、受波振動子 Rwk の位置を示す情報と観測点 P(0, j) の位置を示す情報とに基づき、観測点 P(0, j) から受波振動子 Rwk までの経路の長さを幾何学的に算出する。そして、観測点 P(0, j) から受波振動子 Rwk までの経路長の差 dk を音速値 Cs で除して、観測点 P(0, j) から各受波振動子 Rwk に反射波が到達するときの遅延時間 tk を算出する。

40

【0074】

次に、遅延処理部 10433 は、遅延時間適用回数 S を初期値(0)に設定し(ステップ S560)、受信信号保持部 1042 から受信信号の列 RF(k) を読み込み(ステップ S570)、受信信号の列 RF(k) 中の、受信信号値 RF(k, t(j) + (2 · S · a) / Cs + tk) を特定し、受信信号値 RF(J + S) に設定する(ステップ S5

50

75)。ここで、 a は、図14に示すように、観測点 $P(0, j + S - 1)$ と観測点 $P(0, j + S)$ との経路長の差である。ここでは、初回のイタレーションであるため $S = 0$ で、 $RF(j + S)$ には、 $RF(k, t(j) + t_k)$ が設定される。

【0075】

次に、加算部10434は、同様に初回のイタレーションであるため、受信信号値 $RF(j + S)$ を音響線信号 $DS(j + S)$ に置き換え(ステップS580)、音響線信号 $DS(j + S)$ を加算レジスタに保存する(ステップS590)。

【0076】

そして、遅延時間適用回数 S が最大値 S_{max} であるか否かを判定し(ステップS600)、最大値 S_{max} でない場合には、 S をインクリメントして(ステップS610、) 10
ステップS575に戻る。ステップS575では、受信信号の列 $RF(k)$ 中の、受信信号値 $RF(k, t(j) + (2 \cdot S \cdot a) / C_s + t_k)$ を特定して受信信号値 $RF(j + S)$ に設定し、受信信号値 $RF(j + S)$ と加算レジスタに記憶されている音響線信号 $DS(j + S)$ との和を算出して(ステップS580)、新たな音響線信号 $DS(j + S)$ を加算レジスタに保存する(ステップS590)。

【0077】

ステップS600において、遅延時間適用回数 S が最大値 S_{max} である場合には、受波振動子 Rw を識別するインデックス k が最大値 k_{max} であるか否かを判定し(ステップS620)、最大値 k_{max} でない場合には、 k をインクリメントして(ステップS630)、ステップS550に戻る。この段階で、音響線信号 $DS(j + S)$ ($S = 0 \sim S_{max}$)が保存されている。ステップS550では、隣接する受波振動子 Rw_{k+1} について受信信号値 $RF(j + S)$ ($S = 0 \sim S_{max}$)を特定することにより、音響線信号 $DS(j + S)$ ($S = 0 \sim S_{max}$)に更新される(ステップS590) 20

ステップS620において、 k が受信開口 Rx 中の受波振動子 Rw の最大値 k_{max} である場合には、観測点 $P(0, j + S)$ ($S = 0 \sim S_{max}$)に対する音響線信号 $DS(j + S)$ ($S = 0 \sim S_{max}$)が算出されており、 j を $j + S_{max}$ に置き換え(ステップS640)、 j が最大値 j_{max} を超えるか否かを判定する(ステップS640)。 j が最大値 j_{max} を超えない場合には、 j をインクリメントして(ステップS660)、ステップS520に戻り、 j が最大値 j_{max} を超える場合には処理を終了する。

【0078】

次に、図12に戻り、送信イベントの回数 l が最大値 l_{max} であるか否かを判定して(ステップS70)、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断する。完了していない場合には l をインクリメントして(ステップS75)ステップS20に戻り、送信開口 Tx を列方向に漸次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S80に進む。 30

【0079】

次に、ステップS80において、超音波画像生成部105は、整相加算部1043から出力される1フレームの音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮などの処理を実施して輝度変換し、その輝度信号を直交座標系に座標変換を施すことで1フレームの超音波画像(Bモード画像)を生成する。 40

【0080】

次に、ステップS90において、表示部106は、超音波画像生成部105から出力される1フレームの超音波画像を表示画面に表示しては超音波信号処理動作を終了する。

【0081】

<小括>

以上、説明したように実施の形態1に係る超音波信号処理装置150は、複数の振動子101aから選択される複数の送信振動子の列 Tx から超音波ビームを送信させる送信部103と、複数の振動子101aから選択される複数の受波振動子 Rw_k の列が受波した反射波に基づいて、受波振動子 Rw_k 各々に対応する複数の受信信号列 RF_k を生成する受信部1041と、被検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点 P_{ij} が 50

ら選択される基準観測点 PR_{ij} に対して、基準観測点 PR_{ij} から受波振動子 R_{wk} 各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間 t_k として各々算出し、受波振動子 R_{wk} 各々に対する基準遅延時間 t_k を用いて音響線信号 DS を生成するとともに、着目領域中にあり基準観測点 PR_{ij} と深さ方向に連続する 1 以上の従属観測点 PF_{ij} に対して、受波振動子 R_{wk} 各々に対する基準遅延時間 t_k を適用して音響線信号 DS を生成する整相加算部 1043 とを備えたことを特徴とする。

【0082】

係る構成により、フレーム音響線信号の空間分解能及び S/N 比の低下を抑止しながら、整相加算処理における遅延処理の演算量を削減することができる。その結果、整相加算処理において相対的に演算量が多い遅延時間算出処理の演算量を低減して、整相加算処理全体の演算量を削減することができる。

10

【0083】

また、整相加算部 1043 は、基準観測点 PR_{ij} に対する音響線信号の生成は、受波振動子 R_{wk} 各々に対応する複数の受信信号列から受波振動子 R_{wk} 各々に対する基準遅延時間に対応した受波信号値を特定して、複数の受波振動子 R_{wk} について加算して行い、従属観測点 PF_{ij} に対する音響線信号の生成は、受波振動子 R_{wk} 各々に対応する複数の受信信号列 RF_k から受波振動子 R_{wk} 各々に対する基準遅延時間 t_k に対応した受波信号値を特定して、複数の受波振動子 R_{wk} について加算して行う構成としてもよい。

【0084】

係る構成により、従属観測点に対する遅延時間算出に要する演算量を削減できる。

20

【0085】

さらに、整相加算部 1043 は、基準観測点 PR_{ij} に対する音響線信号 DS の生成は、基準観測点 PR_{ij} と基準観測点 PR_{ij} に最も近接する受波振動子 R_{wk} との間の超音波往復時間を算出し、超音波往復時間に受波振動子 R_{wk} 各々に対する基準遅延時間 t_k を加算した反射波到達時間を算出し、受波振動子 R_{wk} 各々に対応する複数の受信信号列 RF_k から、反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して複数の受波振動子 R_{wk} について加算して行い、従属観測点に対する音響線信号 DS の生成は、従属観測点 PF_{ij} と従属観測点 PF_{ij} に最も近接する受波振動子 R_{wk} との間の超音波往復時間を算出し、超音波往復時間に受波振動子 R_{wk} 各々に対する基準遅延時間 t_k を加算した概算反射波到達時間を算出し、受波振動子 R_{wk} 各々に対応する複数の受信信号列 RF_k から、概算反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して複数の受波振動子 R_{wk} について加算して行う構成としてもよい。

30

【0086】

係る構成により、従属観測点における遅延時間に基準遅延時間を適用するという簡易な計算方法を実現でき、従属観測点に対する遅延処理の演算量を削減できる超音波信号処理装置を具体的に構成することができる。

【0087】

実施の形態 2

実施の形態 1 に係る超音波信号処理装置 150 では、整相加算部 1043 は、送信イベントに同期して、受信開口 R_x の列中心を通り振動子列と垂直であって単一振動子幅の直線状の領域を計算対象領域 B_x とし、計算対象領域 B_x 内に存する複数の観測点について観測点から各受信振動子が受信した受信信号列を整相加算して音響線信号を生成する構成とした。しかしながら、計算対象領域 B_x はこれに限定されるものではなく、超音波照射領域 A_x に含まれる任意の領域に設定してもよい。実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置では、砂時計形状の超音波照射領域 A_x に略等しい範囲を計算対象領域 B_x とし、送信イベントに同期して砂時計形状の計算対象領域 B_x 内に分布する複数の観測点について音響線信号を生成する構成とした点で実施の形態 1 と相違する。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

40

50

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。さらに、実施の形態2に係る超音波信号処理装置では、合成開口法(Synthetic Aperture Method)により、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観測点の座標を基準に合成して1フレームの音響線信号を生成する構成を採る。これにより、空間分解能及びS/N比の高い超音波画像を得ることが可能となる。

【0088】

<概要>

実施の形態2に係る超音波信号処理装置は、整相加算部における処理動作において実施の形態に係る超音波信号処理装置150と相違し、構成については図1、3に示した超音波信号処理装置150と同じ構成を採る。

10

【0089】

実施の形態2に係る超音波信号処理装置における整相加算部における処理動作の相違点について概説する。

【0090】

実施の形態2に係る送信部1031は、被検体中における超音波ビームを照射する超音波主照射領域Axは、図2に示した超音波信号処理装置150の領域と同じである。

【0091】

実施の形態2に係る超音波信号処理装置では、送信イベント毎に音響線信号を生成する計算対象領域Bxの範囲が、図5に示した超音波信号処理装置150の領域とは異なる。実施の形態2に係る整相加算部1043は、送信イベント毎に超音波主照射領域Axと同一範囲を計算対象領域Bxとして、計算対象領域Bx内に複数の観測点Pijに対する音響線信号を生成する。

20

【0092】

実施の形態2に係る整相加算部1043においても、観測点Pijは、整相加算処理を行い基準遅延時間算出の対象となる基準観測点PRijと、基準遅延時間が適用される従属観測点PFijとに分類される。

1. 基準観測点PRに対する整相加算処理

整相加算部1043は、基準観測点PRijに対して整相加算処理を行い基準遅延時間を算出する。このとき、整相加算部1043は、列中心が観測点PRijに最も空間的に近接する受波振動子Rwkと合致するよう受信開口Rx振動子列を選択する。図15は、実施の形態2において設定された受信開口Rxと送信開口Txとの関係を示す模式図である。図15に示すように、受信開口Rx振動子列の列中心が、観測点PRijに最も空間的に近接する受波振動子Rwkと合致するよう受信開口Rxを構成する振動子列が選択される。そのため、異なる送信イベントであっても、同一位置にある観測点PRijについての音響線信号を生成する処理においては、同一の受信開口Rx内の受波振動子Rwk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

【0093】

図16(a)(b)は、実施の形態2に係る遅延時間算出部10431において計算される送信開口Txから放射され計算対象領域Bx内の任意の位置にある観測点PRijにおいて反射され受信開口Rx内に位置する受信振動子Rkに到達する超音波の伝播経路を説明するための模式図であり、図16(a)は、観測点PRijがフォーカス深さより深い場合、図16(b)は、観測点PRijの深さがフォーカス深さ以下である場合を示している。

40

【0094】

まず、送信開口Txから放射された送信波は、経路401を通過して送信フォーカス点Fにて波面が集束し、再び、拡散する。送信波が集束または拡散する途中で観測点PRijに到達し、観測点PRij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110における受信開口Rx内の受信振動子Rk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

50

ーカス点 F と任意の観測点 P R i j との間の経路 4 0 2 の長さは幾何学的に算出することができる。

【 0 0 9 5 】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

【 0 0 9 6 】

まず、図 1 6 (a) に示すように、観測点 P R i j がフォーカス深さより深い場合、送信開口 T x から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F に到達し、送信フォーカス点 F から経路 4 0 2 を通って観測点 P R i j に到達したものととして算出する。したがって、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間と、経路 4 0 2 を通過する時間を合算した値が、送信時間となる。具体的には、例えば、経路 4 0 1 の長さ¹⁰と経路 4 0 2 の長さを加算した全経路長を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。

【 0 0 9 7 】

一方、図 1 6 (b) に示すように、観測点 P R i j の深さがフォーカス深さ以下である場合、送信開口 T x から放射された送信波が、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F に到達する時刻と、経路 4 0 4 を通って観測点 P R i j に到達した後、観測点 P R i j から経路 4 0 2 を通って送信フォーカス点 F に到達する時刻とが同一であるものとして算出する。つまり、送信波が経路 4 0 1 を通過する時間から、経路 4 0 2 を通過する時間を差し引いた値が、送信時間となる。具体的には、例えば、経路 4 0 1 の長さから経路 4 0 2 の長さを減算した経路長差を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求めら²⁰れる。

【 0 0 9 8 】

次に、受信時間の算出方法について説明する

図 1 7 は、整相加算部 1 0 4 3 における基準観測点 P R 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。送信開口 T x から放射された送信波は、経路 4 0 1 を通って送信フォーカス点 F にて波面が集まり、拡散する中で基準観測点 P R i j に到達し、基準観測点 P R i j で音響インピーダンスに変化に応じて反射波を生成し、その反射波がプローブ 1 0 1 における受信開口 R x 内の受波振動子 R w k に戻る。送信フォーカス点 F を経由した任意の基準観測点 P R i j までの経路 4 0 1 + 4 0 2 の長さ、及び基準観測点 P R i j から各受波振動子 R w k までの経路 4 0 3 の長さは幾何学的に算出する。具³⁰体的には、基準観測点 P R に対する遅延時間の算出は、図 1 7 に示すように、遅延時間算出部 1 0 4 3 1 は、送信イベントに同期して、受波振動子 R w の位置を示す情報と基準観測点 P R の位置を示す情報とに基づき、基準観測点 P R から各受波振動子 R w k (k = 1 ~ k m a x) までの経路の長さを幾何学的に算出する。そして、基準観測点 P R から各受波振動子 R w k までの経路長の差 d_k を音速値 C_s で除して、任意の基準観測点 P R から各受波振動子 R w に到達する反射波到達の遅延時間 t_k を各受波振動子 R w k について算出する。

【 0 0 9 9 】

2 . 従属観測点 P F に対する基準遅延時間の適用

実施の形態 2 に係る整相加算部 1 0 4 3 においても、基準観測点 P R と深さ方向に連続する 1 以上の従属観測点 P F に対して、受波振動子 R w 各々に対する基準遅延時間を適用して音響線信号を生成する。このとき、基準観測点 P R について算出した基準遅延時間を基準観測点 P R と深さ方向に連続する従属観測点 P F に対して適用される。従属観測点 P F に対する基準遅延時間の適用方法の詳細については、後述する。⁴⁰

【 0 1 0 0 】

< 動作 >

以下、実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置の動作について図面を用いて説明する。図 1 8 は、実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置における処理を示すフローチャートである。なお、図 1 2 と同じ動作については同じステップ番号を付し、説明を簡略にする。

【 0 1 0 1 】

10

20

30

40

50

先ず、送信イベントの回数を表すインデックス l を初期化（ステップS10）する。

【0102】

次に、ステップS20において、送信部1031は、送信開口 T_x に含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるための送信信号を供給する送信処理（送信イベント）を行う。

【0103】

次に、ステップS30において、受信部1041は、反射波の受信に基づき受信信号を生成し、受信信号保持部1042は受信信号を保持する。

【0104】

次に、ステップS50Aにおいて、整相加算部1043は、被検体内の超音波画像を生成すべき着目領域内に存する全ての観測点について1フレームの音響線信号を生成する。

【0105】

以下、ステップS50Aにおける処理動作の詳細について説明する。図19は、整相加算処理（ステップS50A）の詳細を示すフローチャートである。図20は、整相加算部1043における従属観測点PFについての音響線信号生成の動作を説明するための模式図である。

【0106】

ここでも、なお、図13と同じ動作については同じステップ番号を付し、説明を簡略にする。

【0107】

先ず、観測点 $P(i, j)$ の深さ方向座標 Y を表すインデックス j を初期値（1）に設定し（ステップS510）、方位方向座標 X を表すインデックス i を初期値（1）に設定して（ステップS515A）、基準到達時間 $t(j)$ の算出する（ステップS520）。

【0108】

次に、遅延時間適用回数 S の最大値 $S_{max}(j)$ を設定し（ステップS530）。受波振動子 R_w を識別するインデックス k を初期値、ここでは、一例として k_{min} に設定する（ステップS540）。

【0109】

次に、遅延時間算出部10431は、受波振動子 R_{wk} について、観測点 $P(i, j)$ からの反射波が到達する際の遅延時間 t_k を算出する（ステップS550）。具体的には、図17に示すように、遅延時間算出部10431は、受波振動子 R_{wk} の位置を示す情報と観測点 $P(i, j)$ の位置を示す情報とに基づき、観測点 $P(i, j)$ から受波振動子 R_{wk} までの経路の長さを幾何学的に算出し、観測点 $P(i, j)$ から受波振動子 R_{wk} までの経路長の差 d_k を音速値 C_s で除して、観測点 $P(i, j)$ から各受波振動子 R_{wk} に反射波が到達するときの遅延時間 t_k を算出する。

【0110】

次に、遅延処理部10433は、遅延時間適用回数 S を初期値（0）に設定し（ステップS560）、受信信号保持部1042から受信信号の列 $RF(k)$ を読み込み（ステップS570）、受信信号の列 $RF(k)$ 中の、受信信号値 $RF(k, t(j) + t_k)$ を特定し、受信信号値 $RF(j + S)$ に設定する（ステップS575）。

【0111】

次に、加算部10434は、受信信号値 $RF(j + S)$ を音響線信号 $DS(j + S)$ に置き換え（ステップS580）、音響線信号 $DS(j + S)$ を加算レジスタに保存する（ステップS590）。

【0112】

そして、遅延時間適用回数 S が最大値 S_{max} であるか否かを判定し（ステップS600）、最大値 S_{max} でない場合には、 S をインクリメントして（ステップS610、）ステップS575に戻り、受信信号の列 $RF(k)$ 中の、受信信号値 $RF(k, t(j) + (2 \cdot S \cdot a) / C_s + t_k)$ を特定して受信信号値 $RF(j + S)$ に設定し、受信信号値 $RF(j + S)$ と加算レジスタに記憶されている音響線信号 $DS(j + S)$ との

10

20

30

40

50

和 (ステップ S 5 8 0) を加算レジスタに保存する (ステップ S 5 9 0)。

【0113】

ステップ S 6 0 0 において、遅延時間適用回数 S が最大値 S_{max} である場合には、受波振動子 R_w を識別するインデックス k が最大値 k_{max} であるか否かを判定し (ステップ S 6 2 0)、最大値 k_{max} でない場合には、 k をインクリメントして (ステップ S 6 3 0) ステップ S 5 5 0 に戻る。ステップ S 6 2 0 において、 k が受信開口 R_x 中の受波振動子 R_w の最大値 k_{max} である場合には、 i が最大値 i_{max} であるか否かを判定する (ステップ S 6 3 2 A)。 i が最大値 i_{max} でない場合には、 i をインクリメントして (ステップ S 6 3 4 A)、ステップ S 5 2 0 に戻り、 i が最大値 i_{max} である場合には、観測点 $P(i, j + S)$ ($S = 0 \sim S_{max}$) に対する音響線信号 $DS(i, j + S)$ ($i = 1 \sim i_{max}$ 、 $S = 0 \sim S_{max}$) が算出されており、 j を $j + S_{max}$ に置き換え (ステップ S 6 4 0)、 j が最大値 j_{max} を超えるか否かを判定する (ステップ S 6 5 0)。 j が最大値 j_{max} を超えない場合には、 j をインクリメントして (ステップ S 6 6 0)、ステップ S 5 1 5 A に戻り、 j が最大値 j_{max} を超える場合には、音響線信号 $DS(i, j)$ ($i = 1 \sim i_{max}$ 、 $j = 1 \sim j_{max}$) が算出されており、処理を終了する。

10

【0114】

次に、図 1 8 に戻り、送信イベントの回数 l が最大値 l_{max} であるか否かを判定して (ステップ S 7 0)、プローブ 1 0 1 に存する全ての振動子 1 0 1 a から超音波送信が完了したか否かを判断する。完了していない場合には l をインクリメントして (ステップ S 7 5) ステップ S 2 0 に戻り、送信開口 T_x を列方向に漸次移動させながら送信イベントを行い、完了している場合にはステップ S 7 5 A に進む。

20

【0115】

次に、ステップ S 7 5 A において、

合成部 1 0 4 3 5 は、音響線信号 $DS(i, j)$ 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音響線信号 $DS(i, j)$ を加算することにより、各観測点 P_{ij} に対する合成音響線信号を生成する。

【0116】

図 2 1 は、合成部 1 0 4 3 5 における合成音響線信号を合成する処理を示す模式図である。上述のとおり、送信イベントに同期して送信振動子列 (送信開口 T_x) に用いる振動子を振動子列方向に振動子 1 つ分だけ異ならせて超音波送信が順次行われる。そのため、異なる送信イベントに基づく対象線群 B_x も送信イベントごとに同一方向に振動子 1 つ分だけ位置が異なる。複数の音響線信号 $DS(i, j)$ を、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、着目領域すべてを網羅した 1 フレームの音響線信号が合成される。

30

【0117】

また、送信イベント毎に位置の異なる複数の計算対象領域 B_x にまたがって存在する観測点 P_{ij} については、送信イベント毎に算出された音響線信号 $DS(i, j)$ 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} が異なる計算対象領域 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」と定義する。

40

【0118】

次に、ステップ S 8 0 において、超音波画像生成部 1 0 5 は、整相加算部 1 0 4 3 から出力される 1 フレームの音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮などの処理を実施して輝度変換し、その輝度信号を直角座標系に座標変換を施すことで 1 フレームの超音波画像 (B モード画像) を生成する。

【0119】

次に、ステップ S 9 0 において、表示部 1 0 6 は、超音波画像生成部 1 0 5 から出力される 1 フレームの超音波画像を表示画面に表示しては超音波信号処理動作を終了する。

【0120】

50

< 小 括 >

以上、説明したように実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置 150 は、実施の形態 1 の構成に加え、整相加算部 1043 は、超音波主照射領域 A x 内の位置に対応する複数の領域内観測点 P i j について、主照射領域 A x 内から得られた反射波に基づく受信信号列 R F k を整相加算して音響線信号を生成する。

【 0 1 2 1 】

係る構成により、多数の従属観測点 P F i j に対して観測点に対して整相加算処理を行う場合についても従属観測点 P F i j に対して基準遅延時間を適用する簡易な計算方法を実現でき、1 回の送信イベントにおいて超音波主照射領域 A x 内に分布する観測点に対し音響線信号を生成できる。

10

【 0 1 2 2 】

ここで、整相加算部 1043 は、従属観測点 P F i j と従属観測点 P F i j に最も近接する受波振動子 R w k との間の超音波往復時間の算出は、基準観測点 P R i j と基準観測点 P R i j に最も近接する受波振動子 R w k との間の超音波往復時間に、基準観測点 P R i j 及び従属観測点 P F i j 間の超音波往復時間を加算して行う構成としてもよい。

【 0 1 2 3 】

係る構成により、多数の観測点に対して整相加算処理を行うべき合成開口法についても従属観測点に対して基準遅延時間を適用する簡易な計算方法を実現でき、従属観測点に対する遅延処理の演算量を削減できる超音波信号処理装置を具体的に構成することができる。

20

【 0 1 2 4 】

さらに、送信部 103 は、超音波ビームを送信する送信イベントを、送信振動子の列 T X を送信イベントごとに超音波プローブ 101 の振動子の並ぶ方向にシフトしながら複数回繰り返し、各送信イベントに同期して被検体から受波した反射超音波に基づく複数の音響線信号 D S を観測点の位置 P i j を基準に合成して合成音響線信号を生成する合成部 105 を、さらに備えたことに特徴がある。

【 0 1 2 5 】

係る構成により、集束型の送信ビームフォーミングを用い 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して合成する合成開口法において、各観測点に対する遅延時間計算に係る演算量を削減することができる。この結果、空間分解能及び S / N 比の低下を抑制しながら、音響線信号生成のための演算負荷を低減できる。

30

【 0 1 2 6 】

このとき、着目領域内の深さ方向におけるフォーカス点 F よりも深い範囲では、方位方向及び深さ方向の位置が同じ基準観測点 P R i j に対して重畳される音響線信号 D S の個数が多いほど、1 つの基準観測点 P R i j に対する従属観測点 P F i j の個数が多い構成としてもよい。

【 0 1 2 7 】

係る構成により、重畳される音響線信号 D S の個数に応じて各観測点に対する遅延時間計算に係る演算量の削減を調整できる。

40

【 0 1 2 8 】

変形例 1

上記実施の形態においては、プローブは、複数の振動子 101 a 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 101 の構成は、これに限定されるものではなく、例えば、複数の振動子 101 a 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。

【 0 1 2 9 】

図 22 は、変形例 1 に係る超音波信号処理装置に用いるプローブ 101 B の振動子 101 B a の態様を示す模式平面図である。プローブ 101 B では、2 次元 (X 1 , X 2) に配列された振動子 101 B a を用いて構成されており、振動子 101 B a に電圧を与える

50

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3次元(X_1 , X_2 , Y)に制御することができる。

【0130】

変形例1に係る超音波信号処理装置では、 X_1 方向におけるビームフォーミングは X_2 方向の中央に位置する1次元の振動子列101Ba X_1 を用いて、実施の形態1又は実施の形態2に示した送信ビームフォーマ部103、受信ビームフォーマ部104と同じ処理を行う。

【0131】

他方、 X_2 方向におけるビームフォーミングは X_2 方向の中央に位置する振動子列101Ba X_1 からの送受信に基づき算出した遅延時間を適用する簡易な処理を行う構成を採る。

10

【0132】

具体的には、例えば、 X_2 方向の中央に位置する振動子101Ba1に隣接する振動子101Ba2には、振動子101Ba1を受波振動子Rwkとして算出した遅延時間 t_k を適用し、 X_2 方向の外側に位置する振動子101Ba3については、 X_2 方向の外側に位置する X_1 方向の1次元の振動子列を用いて、実施の形態1又は実施の形態2に示した送信ビームフォーマ部103、受信ビームフォーマ部104と同じ処理を行う構成としてもよい。係る構成により、整相加算処理の演算負荷を2/5に低減できる。

【0133】

あるいは、 X_2 方向の外側に位置する振動子101Ba3についても、振動子101Ba1を受波振動子Rwkとして算出した遅延時間 t_k を適用してもよい。または、振動子101Ba1に適用した遅延時間 t_k よりも一定の時間だけ長い遅延時間 t_k を適用する構成としてもよい。係る場合には、整相加算処理の演算負荷を1/5に低減することができる。

20

【0134】

以上、説明したように変形例1に係る構成により、2次元プローブにおいて方位方向に直交する方向におけるビームフォーミングについて、当該方向の中央に位置する振動子列101Ba X_1 からの送受信に基づき算出した遅延時間を、外側に位置する振動子101Ba2、さらには101Ba3にも適用するという簡易な処理を行う構成を採ることにより、相対的に演算負荷が大きい2次元プローブを用いた場合にも、整相加算処理の演算負荷を低減することができる。

30

【0135】

変形例2

実施の形態に係る超音波診断装置100では、整相加算部1043は、検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点Pijから選択される基準観測点PRijに対して、基準観測点PRijから受波振動子Rwk各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間 t_k として各々算出し、受波振動子Rwk各々に対する基準遅延時間 t_k を用いて音響線信号DSを生成するとともに、基準観測点PRijと深さ方向に連続する1以上の従属観測点PFijに対して、受波振動子Rwk各々に対する基準遅延時間 t_k を適用して音響線信号DSを生成する構成とした。

40

【0136】

しかしながら、変形例2に係る超音波信号処理装置では、基準観測点PRijを第1の基準観測点PRijとし、さらに、第1の基準観測点PRijと深さ方向に連続する第2の基準観測点PRijを選択し、さらに第2の基準観測点PRijから受波振動子Rwk各々への反射波到達の遅延時間を第2の基準遅延時間 t_k として各々算出し、受波振動子Rwk各々に対する第2の基準遅延時間 t_k を用いて音響線信号DSを生成するとともに、第1及び第2の基準観測点PRijと深さ方向に連続する1以上の従属観測点PFijに対して、受波振動子Rwk各々に対し、第1の基準遅延時間 t_k と第2の基準遅延時間 t_k とに基づき補間して算出した補間遅延時間 t_k を適用して音響線信号DSを生成する構成としてもよい。

50

【0137】

この場合、変形例2に係る超音波信号処理装置では、第1の基準観測点 PR_{ij} に対する第1の基準遅延時間 t_k を算出するイタレーションのすぐ後に、第2の基準観測点 PR_{ij} に対する第2の基準遅延時間 t_k を算出するイタレーションを行うことにより、従属観測点 PF_{ij} に対する整相加算処理よりも前に、第2の両方に基準観測点 PR_{ij} に対する第1と第2の基準遅延時間の算出を行うことができる。これにより、従属観測点 PF_{ij} に対する整相加算処理に用いる補間遅延時間を適切に算出することができる。

【0138】

また、補間遅延時間を算出は、従属観測点 PF_{ij} に対して、第1の基準遅延時間及び前記第2の基準遅延時間 t_k を、従属観測点 PF_{ij} と第1の基準観測点 PR_{ij} 又は第2の基準観測点 PR_{ij} との距離に基づき補間することにより行うことができる。そして、従属観測点 PR_{ij} に対して受波振動子各々に対する補間遅延時間を適用して音響線信号を生成することができる。係る構成により、被検体組織の屈折率が急峻に変化する部位を着目領域とした場合でも、より精度の高い補間遅延時間を従属観測点 PF_{ij} に対する整相加算処理に適用することができる。

10

【0139】

実施の形態に係るその他の変形例

実施の形態に係る超音波診断装置100では、送信ビームフォーマ部103、受信ビームフォーマ部104の構成は、実施の形態に記載した構成以外にも、適宜変更することができる。

20

【0140】

例えば、送信部1031は、実施の形態では、プローブ101に存する複数の振動子101aの一部に当たる送信振動子の列からなる送信開口 T_x を設定し、超音波送信ごとに送信開口 T_x を列方向に漸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構成とした。

【0141】

しかしながら、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構成としてもよい。超音波送信を繰り返すことなく、一度の超音波送信で超音波照射領域 A_x 全域から反射超音波を受信できる。

【0142】

また、実施の形態では、計算対象領域 B_x は、受信開口 R_x の列中心を通り振動子列と垂直であって単一振動子幅の直線状の領域とした。

30

【0143】

しかしながら、計算対象領域 B_x はこれに限定されるものではなく、超音波照射領域 A_x に含まれる任意の領域に設定してもよい。例えば、受信開口 R_x の列中心を通り振動子列に垂直な直線を中心線とする複数の振動子幅の帯状の矩形領域としてもよい。また、超音波照射領域 A_x と相似の砂時計型の領域としてもよい。また、送信イベントごと設定される計算対象領域 B_x が振動子列方向に重なるように設定してもよい。合成開口法により重なる領域の音響線信号を合成することにより生成される超音波画像の S/N 比を向上できる。

40

【0144】

また、本開示を上記実施の形態に基づいて説明してきたが、本開示は、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。

【0145】

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。

50

【 0 1 4 6 】

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。

【 0 1 4 7 】

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。

【 0 1 4 8 】

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。

【 0 1 4 9 】

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。

【 0 1 5 0 】

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MTIフィルタや、速度解析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。

【 0 1 5 1 】

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。

【 0 1 5 2 】

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。

【 0 1 5 3 】

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。

【0154】

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。

【0155】

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。

【0156】

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。

【0157】

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。

【0158】

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。

【0159】

まとめ

以上、説明したように、本実施の形態に係る超音波信号処理装置は、複数の振動子が方位方向に列設され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を生成する超音波信号処理装置であって、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超音波ビームを送信させる送信部と、前記複数の振動子から選択される複数の受波振動子の列が受波した反射波に基づいて、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列を生成する受信部と、前記被検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点から選択される基準観測点に対して、前記基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、着目領域中にあり前記基準観測点と深さ方向に連続する1以上の従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を適用して音響線信号を生成する整相加算部とを備えたことを特徴とする。

【0160】

係る構成により、フレーム音響線信号の空間分解能及びS/N比の低下を抑止しながら、整相加算処理において相対的に演算量が多い遅延時間算出処理の演算量を低減して、整相加算処理全体の演算量を削減することができる。

【0161】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記整相加算部は、前記基準観測点に対する音響線信号の生成は、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間に対応した受波信号値を特定して、前記複数の受波振動子について加算して行い、

前記従属観測点に対する音響線信号の生成は、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間に対応した受波信号値を特定して、前記複数の受波振動子について加算して行う構成としてもよい。

10

20

30

40

50

【0162】

係る構成により、従属観測点に対する遅延時間算出に要する演算量を削減できる。

【0163】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記整相加算部は、前記基準観測点に対する音響線信号の生成は、前記基準観測点と前記基準観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行い、前記従属観測点に対する音響線信号の生成は、前記従属観測点と前記従属観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した概算反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記概算反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行う構成としてもよい。

10

【0164】

係る構成により、従属観測点における遅延時間に基準遅延時間を適用するという簡易な計算方法を実現でき、従属観測点に対する遅延処理の演算量を削減できる超音波信号処理装置を具体的に構成することができる。

【0165】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、整相加算部は、前記従属観測点と前記従属観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間の算出は、前記基準観測点と前記基準観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間に、前記基準観測点及び前記従属観測点間の超音波往復時間を加算して行う構成としてもよい。

20

【0166】

係る構成により、多数の観測点に対して整相加算処理を行うべき合成開口法についても従属観測点に対して基準遅延時間を適用する簡易な計算方法を実現でき、従属観測点に対する遅延処理の演算量を削減できる超音波信号処理装置を具体的に構成することができる。

【0167】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、被検体の深さが大きいほど、1つの前記基準観測点に対する前記従属観測点の個数が多い構成としてもよい。

30

【0168】

係る構成により、深さ方向において、例えば、深さが増すに従い、サンプリング周期を段階的に増加して基準観測点の発生頻度を減少することにより、全ての深度において隣接する観測点毎に遅延処理計算を行っても計算結果を出力に反映させることができないという無駄を防止し、遅延処理計算の結果を過不足なく出力に反映させることができる。また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記着目領域内の被検体の深さ方向において、前記基準観測点と前記従属観測点とが交互に並んで配されている構成としてもよい。

【0169】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記送信部は、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、前記フォーカス点と、前記送信振動子の列の両端に位置する振動子のそれぞれとを結ぶ2つの直線間に位置する範囲として規定される超音波主照射領域に前記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構成としてもよい。また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記整相加算部は、前記超音波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り深さ方向に平行な線上に位置する複数の観測点について、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を生成する構成としてもよい。

40

【0170】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記整相加算部は、前記超音波主照

50

射領域内の位置に対応する複数の領域内観測点について、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を生成する構成としてもよい。

【0171】

係る構成により、多数の従属観測点に対して観測点に対して整相加算処理を行う場合についても従属観測点に対して基準遅延時間を適用する簡易な計算方法を実現でき、1回の送信イベントにおいて超音波主照射領域A×内に分布する観測点に対し音響線信号を生成できる。

【0172】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記送信部は、超音波ビームを送信する送信イベントを、送信振動子の列を送信イベントごとに前記超音波プローブの振動子の並ぶ方向にシフトしながら複数回繰り返し、各送信イベントに同期して被検体から受波した反射超音波に基づく複数の音響線信号を観測点の位置を基準に合成して合成音響線信号を生成する合成部を、さらに備えた構成としてもよい。

10

【0173】

係る構成により、集束型の送信ビームフォーミングを用い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して合成する合成開口法において、各観測点に対する遅延時間計算に係る演算量を削減することができる。この結果、空間分解能及びS/N比の低下を抑制しながら、音響線信号生成のための演算負荷を低減できる。

【0174】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記着目領域内の深さ方向における前記フォーカス点よりも深い範囲では、方位方向及び深さ方向の位置が同じ観測点に対して重畳される音響線信号の個数が多いほど、1つの前記基準観測点に対する前記従属観測点の個数が多い構成としてもよい。

20

【0175】

係る構成により、重畳される音響線信号DSの個数に応じて各観測点に対する遅延時間計算に係る演算量の削減を調整できる。

【0176】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記方位方向に列設された複数の振動子の列を第1の振動子の列としたとき、前記第1の振動子の列に平行に、複数の第2の振動子の列が前記第1の振動子の列を挟んで並設されており、前記整相加算部は、前記着目領域内における方位方向及び深さ方向の位置が同じ観測点についての音響線信号の生成において、前記複数の第2の振動子の列のうち、前記第1の振動子の列に相対的に近い内方第2の振動子の列には、前記第1の振動子と同じ反射波到達時間を適用し、前記内方第2の振動子の列よりも前記第1の振動子の列から相対的に遠い外方第2の振動子の列には、前記第1の振動子に適用した反射波到達時間よりも長い反射波到達時間を適用する構成としてもよい。

30

【0177】

係る構成により、2次元プローブにおいて方位方向に直交する方向におけるビームフォーミングについて、当該方向の中央に位置する振動子列からの送受信に基づき算出した遅延時間を外側に位置する振動子に適用するという簡易な処理を行う構成を採ることにより、相対的に演算負荷が大きい2次元プローブを用いた場合にも、整相加算処理の演算負荷を低減することができる。

40

【0178】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記基準観測点を第1の基準観測点とするとき、さらに、前記整相加算部は、前記第1の基準観測点と深さ方向に連続する第2の基準観測点を選択し、前記第2の基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を第2の基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記第2の基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、前記従属観測点に対して、前記第1の基準遅延時間及び前記第2の基準遅延時間を、前記従属観測点と前記第1の基準観測点又は前記第2の基準観測点との距離に基づき補間した補間遅延時間を算出し、前記

50

従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記補間遅延時間を適用して音響線信号を生成する構成としてもよい。

【0179】

係る構成により、被検体組織の屈折率が急峻に変化する部位を着目領域とした場合でも、より精度の高い補間遅延時間を従属観測点 $P F i j$ に対する整相加算処理に適用することができる。

【0180】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記着目領域内の被検体表近傍から所定の長さに対応する範囲において、被検体の深さが大きいほど前記送信振動子の列に含まれる振動子の数が増加する構成としてもよい。

10

【0181】

係る構成により、空間分解能及び S/N 比が低く反射波の利用効率が低い領域をカットして、画質向上への貢献度が低い無駄な演算の実施を抑制し、演算リソースを有効に活用することができる。

【0182】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記従属観測点に対する音響線信号の生成では、前記従属観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間は算出しない構成としてもよい。また、別の態様では、上記何れかの態様において、2点間の前記超音波往復時間は、2点間の往復距離を音速値で除した時間である構成としてもよい。

20

【0183】

また、本実施の形態に係る超音波信号処理方法は、複数の振動子が方位方向に列設され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を生成する超音波信号処理方法であって、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超音波ビームを送信させる送信し、前記複数の振動子から選択される複数の受波振動子の列が受波した反射波に基づいて、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列を生成し、前記被検体の解析対象範囲に対応する着目領域中の複数の観測点から選択される基準観測点に対して、前記基準観測点から前記受波振動子各々への反射波到達の遅延時間を基準遅延時間として各々算出し、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を用いて音響線信号を生成するとともに、着目領域中にあり前記基準観測点と深さ方向に連続する1以上の従属観測点に対して、前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を適用して音響線信号を生成することを特徴とする。

30

【0184】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記基準観測点に対する音響線信号の生成は、前記基準観測点と前記基準観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行い、前記従属観測点に対する音響線信号の生成は、前記従属観測点と前記従属観測点に最も近接する受波振動子との間の超音波往復時間を算出し、前記超音波往復時間に前記受波振動子各々に対する前記基準遅延時間を加算した概算反射波到達時間を算出し、前記受波振動子各々に対応する複数の受信信号列から、前記概算反射波到達時間に得られた受信信号値を各々特定して前記複数の受波振動子について加算して行う構成としてもよい。

40

【0185】

係る構成により、従属観測点における遅延時間に基準遅延時間を適用するという簡易な計算方法を行い、従属観測点に対する遅延処理の演算量を削減できる超音波信号処理を具体的に実現できる。

【0186】

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。

50

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。

【0187】

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。

【0188】

さらに、超音波診断装置においては基板上に回路部品、リード線等の部材も存在するが、電気的配線、電気回路について当該技術分野における通常の知識に基づいて様々な態様を実施可能であり、本発明の説明として直接的には無関係のため、説明を省略している。なお、上記に示した各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示したものではない。

10

【産業上の利用可能性】

【0189】

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、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、特に画質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。

【符号の説明】

20

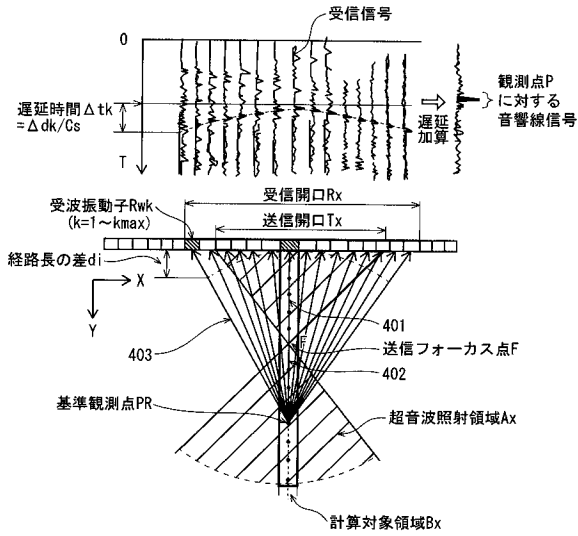
【0190】

- 100 超音波診断装置
- 150 超音波信号処理装置
- 101、201 プローブ
- 101a、201a 超音波振動子
- 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
 - 1041 受信部
 - 1042 受信信号保持部
 - 1043 整相加算部
 - 10431 遅延時間算出部
 - 10432 遅延時間適用回数決定部
 - 10433 遅延処理部
 - 10434 加算部
 - 10435 合成部
- 105 超音波画像生成部
- 106 表示部
- 107 データ格納部
- 108 制御部
- 1000 超音波信号処理システム

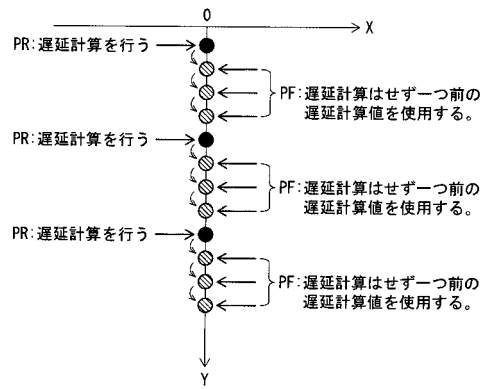
30

40

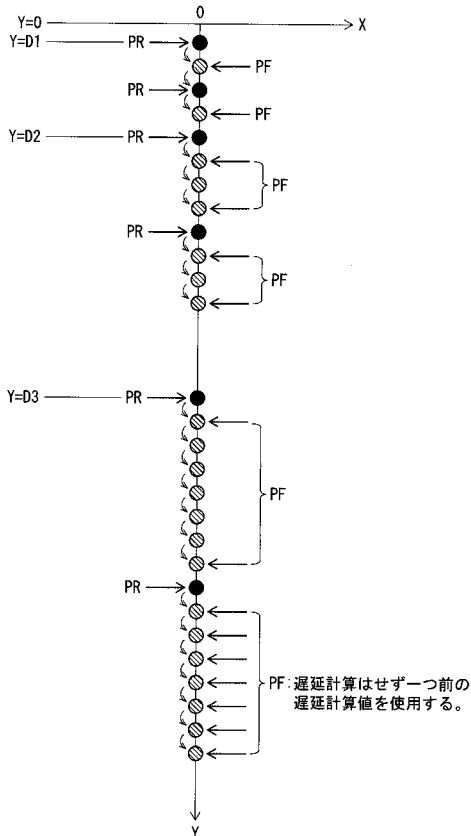
【図5】



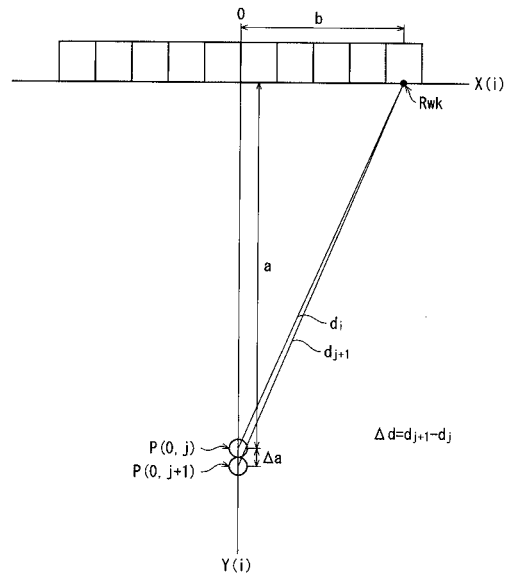
【図6】



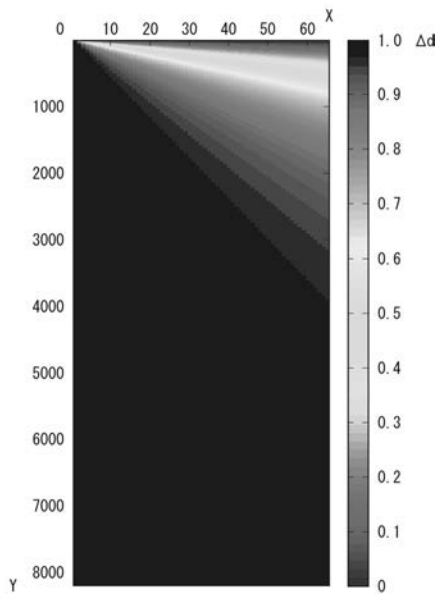
【図7】



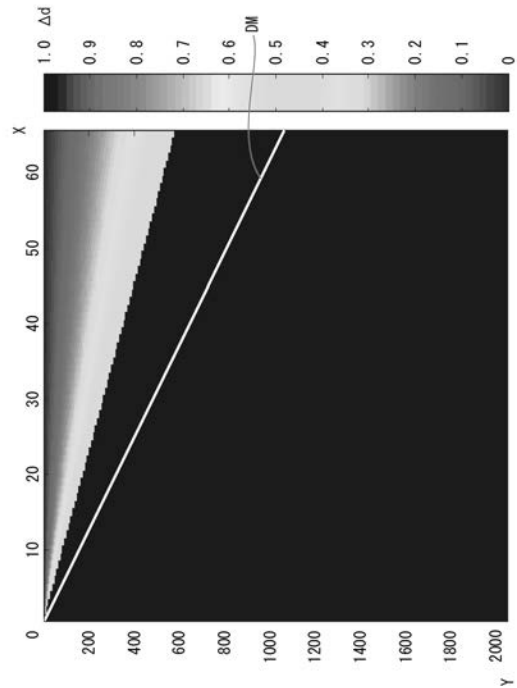
【図8】



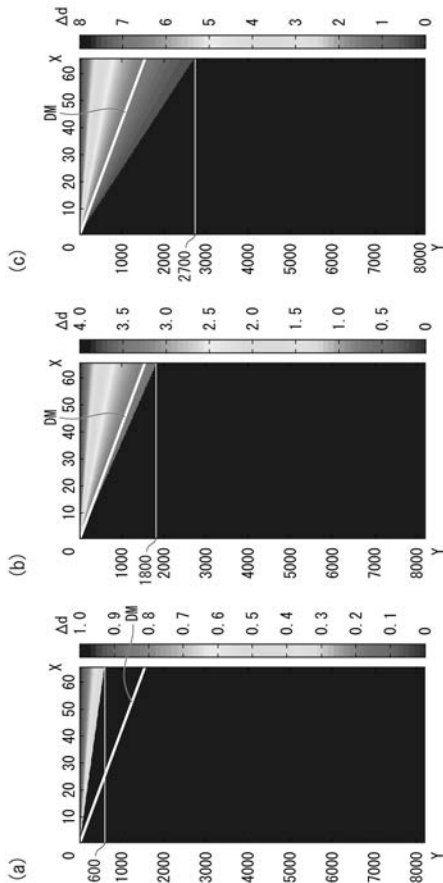
【 図 9 】



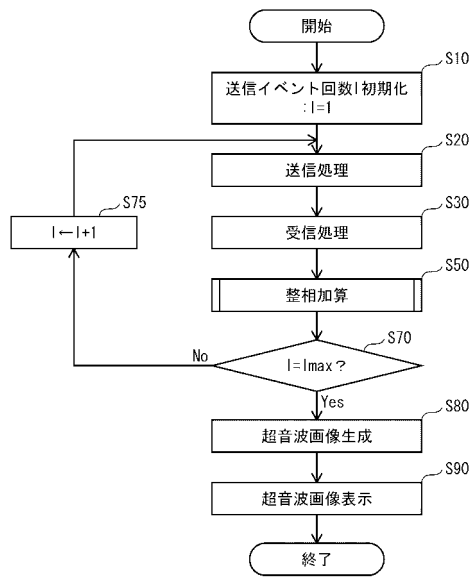
【 図 10 】



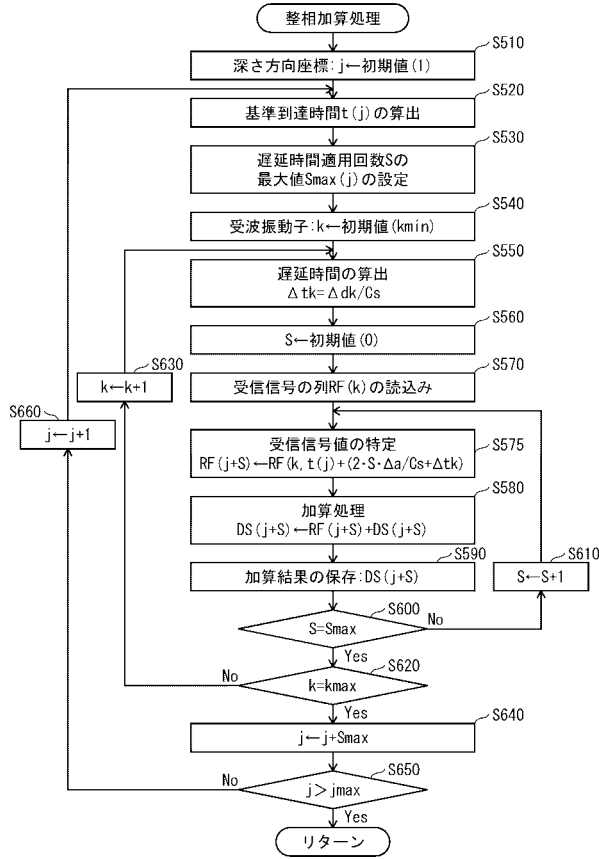
【 図 11 】



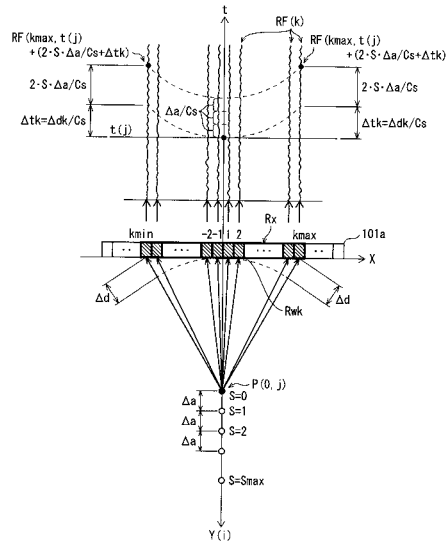
【 図 12 】



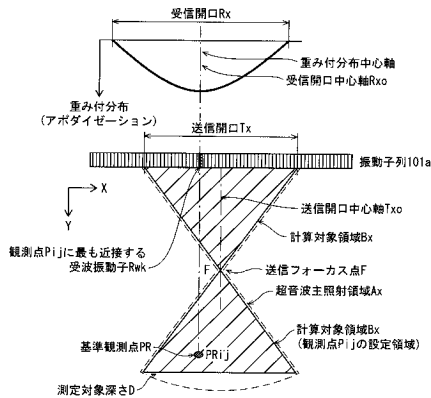
【 図 1 3 】



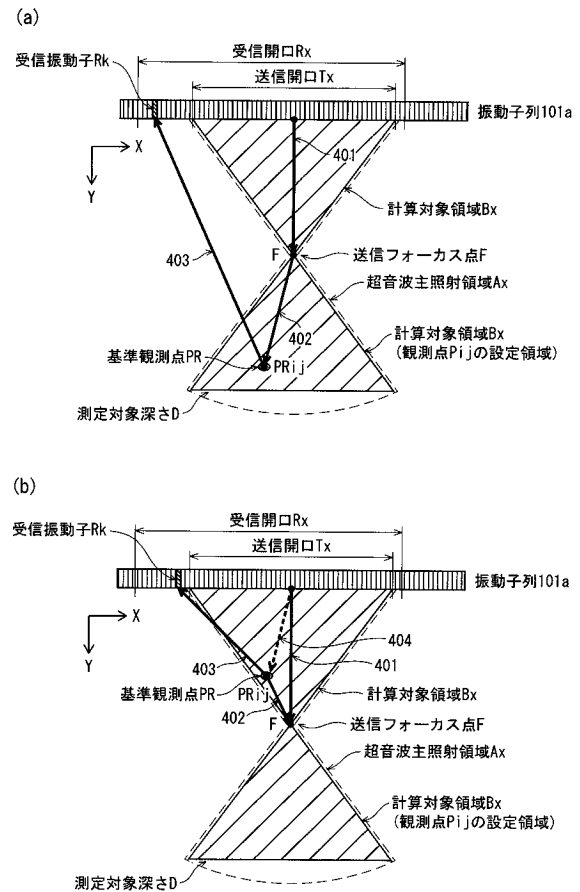
【 図 1 4 】



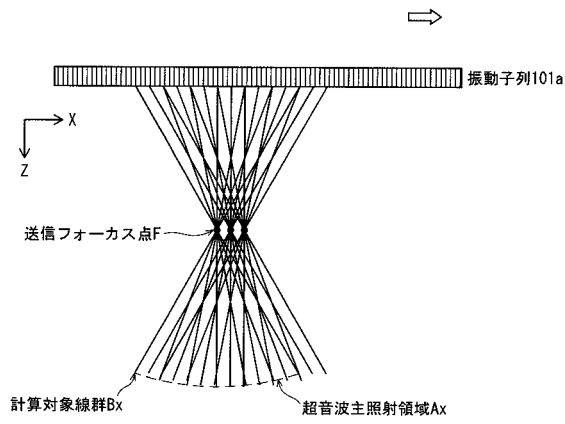
【 図 1 5 】



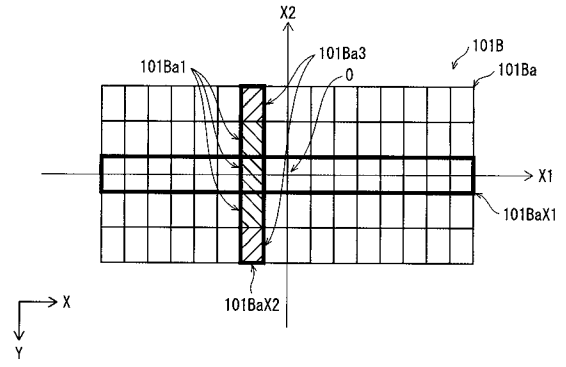
【 図 1 6 】



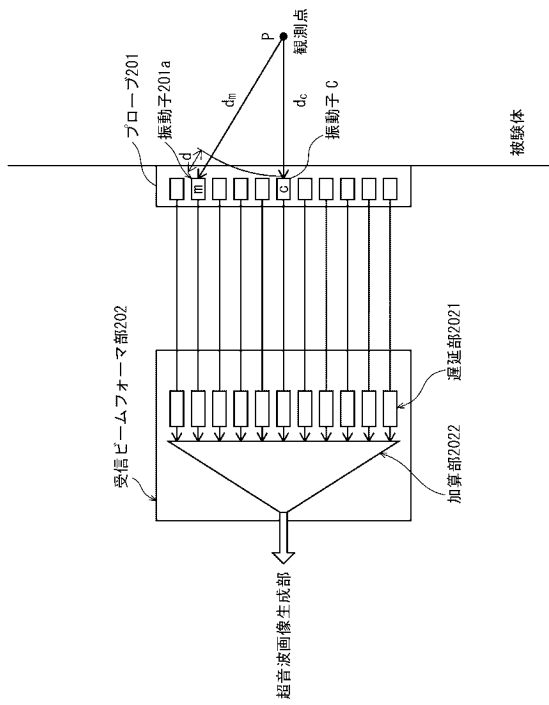
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

