

(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2019-62984  
(P2019-62984A)

(43) 公開日 平成31年4月25日(2019.4.25)

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

F I  
A61B 8/14

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2017-188491 (P2017-188491)  
(22) 出願日 平成29年9月28日(2017.9.28)

(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 田中 隆一郎  
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 HH14 HH28 HH38 JB03

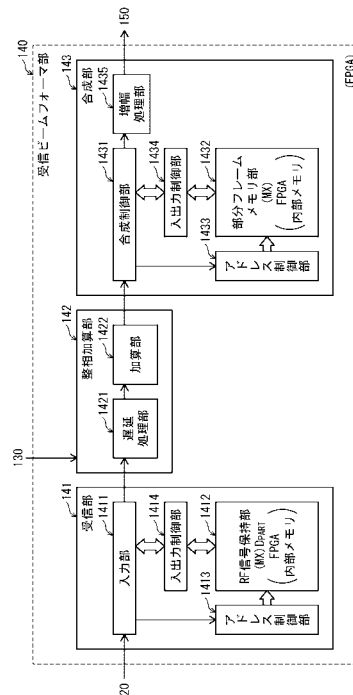
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理方法、及び超音波信号処理装置。

(57) 【要約】

【課題】合成開口法を用いた受信ビームフォーマに必要なメモリ容量を縮減する。

【解決手段】受信ビームフォーマ部140は、方位方向にN個の振動子を有する超音波プローブを用い、方位方向にM0(M0=N)、深さ方向にDからなるアドレスに区分された部分フレームメモリ部1432を有し、送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータと部分フレームメモリ部1432のアドレスとを対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレスS中のデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成して方位方向のライン数がNの音響線信号フレームデータを生成する合成部143を有する。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

方位方向に  $N$  個 ( $N$  は 2 以上の自然数) の振動子を有する超音波プローブから超音波ビームを被検体に送信し、反射波に基づいて方位方向に  $N$  個、深さ方向に  $Z$  個 ( $Z$  は自然数) の音響線信号からなる音響線信号フレームデータを生成する超音波信号処理装置であって、

前記  $N$  個の振動子から選択される送信振動子の列から超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信振動子の列を方位方向に振動子  $M_p$  個 ( $M_p$  は自然数) ずつ漸動させて複数回行う送信部と、

送信イベントに同期して前記  $N$  個の振動子の一部又は全部が受波した反射波に基づいて RF 信号列を生成し、超音波ビームの照射領域内の位置に対応する複数の観測点それぞれについて前記 RF 信号列を整相加算して、 $N$  より小さい最大  $M_L$  本 ( $M_L$  は自然数) の音響線信号ラインデータを生成する整相加算部と、

方位方向に  $M_0$  ( $M_L - M_0 - N$ 、かつ、 $M_0$  は自然数)、深さ方向に  $D$  ( $D$  は自然数) からなるアドレスに区分された部分フレームメモリ部を有し、

送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部のアドレスとを対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレスに記憶されているデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成して、方位方向に  $N$  個、深さ方向に  $D$  個のデータからなる音響線信号フレームデータを生成する合成部と、

前記音響線信号フレームデータに基づき超音波画像を生成する超音波画像生成部とを備え、

前記合成部は、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向に沿って順に音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスとの対応付を行い、

前記部分フレームメモリ部の方位方向における  $M_0$  番目のアドレスに対する対応付けが音響線信号ラインデータとされたとき、方位方向において残りの音響線信号ラインデータを前記部分フレームメモリ部の方位方向の 1 番目以後のアドレスに対し順次対応付を行い、最後から  $M_p$  本目の音響線信号ラインデータと対応付けされた前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスを追加対応アドレスとしたとき、

前記部分フレームメモリ部の方位方向における 1 番目から前記追加対応アドレスより 1 つ前のアドレスには、対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込み、

前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部に出力した後に、前記追加対応アドレス以後のアドレスには、対応する音響線信号の値を書き込む

超音波信号処理装置。

**【請求項 2】**

前記合成部は、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレスより 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだ後、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部に出力する

請求項 1 に記載の超音波信号処理装置。

**【請求項 3】**

前記合成部は、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレスより 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算を行う前に、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部に出力する

請求項 1 に記載の超音波信号処理装置。

**【請求項 4】**

10

20

30

40

50

さらに、前記合成部は、前記部分フレームメモリ部の方位方向におけるM0番目のアドレスの対応付けがされる前において、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向において最終の音響線信号ラインデータからMp本目までの音響線信号ラインデータに対応する前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスに記憶されていたデータをゼロ値に変換して前記超音波画像生成部に出力する

請求項3に記載の超音波信号処理装置。

【請求項5】

前記整相加算部、及び前記合成部は、第1の集積回路に含まれ、  
前記メモリ部は前記第1の集積回路に含まれるSRAMであり、  
前記超音波画像生成部は、前記第1の集積回路とは異なる第2の集積回路に含まれ、  
前記合成部における前記音響線信号ラインデータの出力は、前記第1の集積回路から前記第2の集積回路に対して、送信イベントに同期して行われる  
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。

10

【請求項6】

前記合成部は、前記音響線信号ラインデータ単位で前記部分フレームメモリ部における前記対応アドレスに記憶されているデータと加算する 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】

前記整相加算における前記音響線信号ラインデータの生成、及び  
前記合成部における前記音響線信号ラインデータの前記部分フレームメモリ部における  
前記対応アドレスに記憶されているデータとの加算は、  
1サンプル周期を当該1サンプル周期により得られる前記音響線信号ラインデータの本数で除した1つのタイムスロット内で行われ、  
前記複数の前記音響線信号ラインデータは送信イベント内で時分割処理される  
請求項6に記載の超音波信号処理装置。

20

【請求項8】

前記合成部は、前記メモリへの入出力を制御する入出力制御部及びアドレス制御部を有し、  
前記入出力制御部及び前記アドレス制御部は、同一の送信イベントにおいて、既に前記加算結果が書き込まれた対応アドレスに対するデータの入出力を禁止する  
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。

30

【請求項9】

前記合成部は、  
初回の送信イベントでは、前記部分フレームメモリ部のすべてのアドレスに記憶されているデータをゼロ値に変換したのち当該アドレスに関する前記加算を行い、  
2回目以後の送信イベントでは、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向において最終の音響線信号ラインデータからMp本目までの音響線信号ラインデータに対応する前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスに記憶されているデータをゼロ値に変換したのち当該アドレスに関する前記加算を行う  
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。

40

【請求項10】

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N個の振動子から選択される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イベントを、前記フォーカス点を方位方向に漸動させて複数回行う  
請求項1から9の何れか1項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項11】

方位方向にN個(Nは2以上の自然数)の振動子を有する超音波プローブから超音波ビームを被検体に送信し、反射波に基づいて方位方向にN個、深さ方向にZ個(Zは自然数)の音響線信号からなる音響線信号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、

50

前記 N 個の振動子から選択される送信振動子の列から超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信振動子の列を方位方向に振動子  $M_p$  個 ( $M_p$  は自然数) ずつ漸動させて複数回行う送信ステップと、

送信イベントに同期して前記 N 個の振動子の一部又は全部が受波した反射波に基づいて RF 信号列を生成し、超音波ビームの照射領域内の位置に対応する複数の観測点それぞれについて前記 RF 信号列を整相加算して、N より小さい最大  $M_L$  本 ( $M_L$  は自然数) の音響線信号ラインデータを生成する整相加算ステップと、

方位方向に  $M_0$  ( $M_L - M_0 - N$ )、深さ方向に  $D$  からなるアドレスに区分された部分フレームメモリ部を用い、

送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部のアドレスとを対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレスに記憶されているデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成して、方位方向に  $N$  個、深さ方向に  $D$  個のデータからなる音響線信号フレームデータを生成する合成ステップと、

前記音響線信号フレームデータに基づき超音波画像を生成する画像生成ステップとを有し、

前記合成ステップでは、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向に沿って順に音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスとの対応付けを行い、

前記部分フレームメモリ部の方位方向における  $M_0$  番目のアドレスに対する対応付けが音響線信号ラインデータとされたとき、方位方向において残りの音響線信号ラインデータを前記部分フレームメモリ部の方位方向の 1 番目以後のアドレスに対し順次対応付けを行い、最後から  $M_p$  本目の音響線信号ラインデータと対応付けされた前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスを追加対応アドレスとしたとき、

前記部分フレームメモリ部の方位方向における 1 番目から前記追加対応アドレスより 1 つ前のアドレスには、対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込み、

前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記画像生成ステップに供給した後に、前記追加対応アドレス以後のアドレスには、対応する音響線信号の値を書き込む

超音波信号処理方法。

#### 【請求項 1 2】

前記合成ステップでは、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレスより 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだ後、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記画像生成ステップに供給する

請求項 1 1 に記載の超音波信号処理方法。

#### 【請求項 1 3】

前記合成ステップでは、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレスより 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算を行う前に、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記画像生成ステップに供給する

請求項 1 1 に記載の超音波信号処理方法。

#### 【請求項 1 4】

さらに、前記合成ステップでは、前記部分フレームメモリ部の方位方向における  $M_0$  番目のアドレスの対応付けがされる前において、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向において最終の音響線信号ラインデータから  $M_p$  本目までの音響線信号ラインデータに対応する前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスに記憶されていたデータをゼロ値に変換して前記画像生成ステップに供給する

請求項 1 3 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。

10

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。

【0003】

さらに、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方法として、合成開口法(Synthetic Aperture Method)を用いた受信ビームフォーミング方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。

20

【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

30

【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、複数回の超音波送受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る合成処理が行われる。高精細化に伴い1回の超音波送信で音響線信号が生成される対象領域に内在する観測点の数が増加するため、合成処理のために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フレームメモリの容量や、整相加算後の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、音響線信号を格納するためのメモリ容量や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。

40

【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、合成開口法を用いた受信ビームフォーマにおいて音響線信号の合成処理に必要なメモリ容量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信号処理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信号処理装置は、方位方向に N 個（N は 2 以上の自然数）

50

の振動子を有する超音波プローブから超音波ビームを被検体に送信し、反射波に基づいて方位方向に $N$ 個、深さ方向に $Z$ 個 ( $Z$ は自然数)の音響線信号からなる音響線信号フレームデータを生成する超音波信号処理装置であって、前記 $N$ 個の振動子から選択される送信振動子の列から超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信振動子の列を方位方向に振動子 $M_p$ 個 ( $M_p$ は自然数)ずつ漸動させて複数回行う送信部と、送信イベントに同期して前記 $N$ 個の振動子の一部又は全部が受波した反射波に基づいて $RF$ 信号列を生成し、超音波ビームの照射領域内の位置に対応する複数の観測点それぞれについて前記 $RF$ 信号列を整相加算して、 $N$ より小さい最大 $ML$ 本 ( $ML$ は自然数)の音響線信号ラインデータラインを生成する整相加算部と、方位方向に $M_0$  ( $ML \geq M_0 \geq N$ 、かつ、 $M_0$ は自然数)、深さ方向に $D$  ( $D$ は自然数)からなるアドレスに区分された部分フレームメモリ部を有し、送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部のアドレスとを対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレスに記憶されているデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成して、方位方向に $N$ 個、深さ方向に $D$ 個のデータからなる音響線信号フレームデータを生成する合成部と、前記音響線信号フレームデータに基づき超音波画像を生成する超音波画像生成部とを備え、前記合成部は、前記音響線信号ラインデータ中、方位方向に沿って順に音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスとの対応付を行い、前記部分フレームメモリ部の方位方向における $M_0$ 番目のアドレスに対する対応付けが音響線信号ラインデータとされたとき、方位方向において残りの音響線信号ラインデータを前記部分フレームメモリ部の方位方向の1番目以後のアドレスに対し順次対応付を行い、最後から $M_p$ 本目の音響線信号ラインデータと対応付けされた前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスを追加対応アドレスとしたとき、前記部分フレームメモリ部の方位方向における1番目から前記追加対応アドレスより1つ前のアドレスには、対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込み、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部へ出力した後に、前記追加対応アドレス以後のアドレスには、対応する音響線信号の値を書き込むことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【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信号処理装置によれば、空間分解能及び $S/N$ 比の低下を抑止しながら、合成開口法を用いた受信ビームフォーマにおいて音響線信号の合成処理に必要なメモリ容量を縮減できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断装置100の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る送信ビームフォーマ部130による送信超音波ビームの伝播経路を示す図である。

【図3】実施の形態1に係る受信ビームフォーマ部140の構成を示す機能ブロック図である。

【図4】(a)は、超音波出照射領域 $A_x$ からの反射超音波に基づく $RF$ 信号列の生成、(b)は、送信部141における $RF$ 信号列と $RF$ 信号保持部1412のアドレスとの対応を示す模式図である。

【図5】実施の形態1に係る整相加算部142の構成を示す機能ブロック図である。

【図6】整相加算部142で設定される対象領域 $B_x$ の範囲を示す図である。

【図7】受信開口設定部14213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8】(a)(b)は、送信開口 $T_x$ から観測点 $P_{ij}$ を経由して受信振動子 $R_k$ に到達する超音波の伝播経路を示す模式図である。

【図9】実施の形態1に係る加算部1422における音響線信号ラインデータ $d_{sij}$ の

生成を示す模式図である。

【図 10】(a) ~ (e) は、実施の形態 1 に係る合成部 143 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 11】(a) は、合成音響線信号における最大重畳数、(b) は、増幅処理部 1435 における増幅処理の概要を示す模式図である。

【図 12】(a1) ~ (c1) は、1 回目の送信イベントにおける、(a2) ~ (c2) は、2 回目の送信イベントにおける、実施の形態 1 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図である。

【図 13】(a1) ~ (c1) は、M 回目の送信イベントにおける、(a2) ~ (c2)、(c3) は、M + 1 回目の送信イベントにおける、実施の形態 1 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図である。

【図 14】(a1) ~ (c1)、(c2) ~ (c2) は、N 回目の送信イベントにおける、実施の形態 1 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図である。

【図 15】実施の形態 1 に係る受信ビームフォーマ部 140 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

【図 16】実施の形態 1 に係る受信ビームフォーマ部 140 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

【図 17】図 15 におけるは、ステップ S310 の動作の詳細を示すフローチャートである。

【図 18】(a1) ~ (d1) は、1 回目の送信イベントにおける、(a2) ~ (d2) は、2 回目の送信イベントにおける、実施の形態 2 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図である。

【図 19】(a1) ~ (d1) は、M 回目の送信イベントにおける、(a2) ~ (d2) は、M + 1 回目の送信イベントにおける、実施の形態 2 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図である。

【図 20】(a) ~ (d) は、N 回目の送信イベントにおける、実施の形態 2 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図である。

【図 21】実施の形態 2 に係る受信ビームフォーマ部 140 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

【図 22】実施の形態 2 に係る受信ビームフォーマ部 140 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

【図 23】図 21 におけるは、ステップ S350A の動作の詳細を示すフローチャートである。

【図 24】変形例 1 に係る合成部 143 における合成音響線信号を合成する動作を示す模式図である。

【図 25】変形例 2 に係る合成部 143 における合成音響線信号を合成する動作を示す模式図である。

【図 26】変形例 3 に係る受信ビームフォーマ部 140 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

【図 27】変形例 3 に係る受信ビームフォーマ部 140 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。

【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信号処理装置において、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必要なメモリ容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、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

10

20

30

40

50

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。そのため、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超音波ビームが集束する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る。

#### 【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。

また、プローブの全振動子に対応して超音波画像を生成する領域を1フレームとしたとき、1フレームの超音波画像を生成するためには、対象領域の異なる複数の超音波送受信（送信イベント）を行い、送信イベントに同期して得られた複数の音響線信号のラインデータを観測点の位置を基準に合成して1枚の音響線信号のフレームデータとして合成する。

10

#### 【0012】

しかしながら、対象領域に含まれる観測点の数は得られる画像の解像度に比例するため、高精細化のためには、合成処理のために整相加算後の音響線信号を格納するために必要なフレームメモリの容量、合成処理のために音響線信号を転送するために必要なデータ伝送能力は増加する。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、高速・大容量のフレームメモリと、整相加算後のデータ転送を高速に行えるような処理能力の高いメモリーコントローラを備えたプロセッサ、例えば高性能のFPGA(Field Programmable Gate Array)やASIC(Application Specific Integrated Circuit)などが必要となり、超音波信号処理装置のコスト増加を招いていた。

20

#### 【0013】

一方、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、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、複数の振動子に対応した送受信から整相加算、さらに合成開口法による合成処理までの前段の受信ビームフォーミング処理と、得られた音響線信号のフレームデータを入力として、音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮により輝度信号へと変換し、座標変換してBモード画像のフレームデータを生成する後段の超音波画像生成処理とに分割し、それぞれにおいて、例えば、小規模のFPGA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。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、コストを低減できるためである。

30

#### 【0014】

従来、小規模なFPGAを用いる場合、合成開口法では、合成処理に必要な大容量のフレームメモリはFPGAの外部に設けられていた。そのため、高速・大容量のDDRメモリを備えるとともに、FPGA内部にもFPGA~DDRメモリ間のデータ転送を高速に行えるような処理能力の高いメモリーコントローラを備えることが必要となり、FPGAとDDRメモリの両方においてハードウェアコストの増加を招くこととなる。他方、FPGAの内部メモリを合成処理用のフレームメモリとして用いる場合には、FPGA~DDRメモリ間のデータ転送は生じない。しかしながら、大規模なSRAMをFPGA内部に設ける必要があり高ハードウェアコストの要因となる。

40

#### 【0015】

合成処理までの前段の受信ビームフォーミング処理を小規模のFPGAの内部メモリのみを用いて実現することができれば、大幅なハードウェアコストの低減が可能となる。そこで、発明者は、合成開口法を用いた受信ビームフォーミング処理において、合成処理に必要なフレームメモリ容量を縮減するための合成処理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ものである。

#### 【0016】

以下、実施の形態に係る超音波画像処理方法及びそれを用いた超音波信号処理装置につ

50

いて図面を用いて詳細に説明する。

#### 実施の形態 1

##### < 全体構成 >

以下、実施の形態 1 に係る超音波診断装置 100 について、図面を参照しながら説明する。

##### 【0017】

図 1 は、実施の形態 1 に係る超音波診断システム 1000 の機能ブロック図である。図 1 に示すように、超音波診断システム 1000 は、被検体に向けて超音波を送信しその反射波の受信する複数の振動子 110a を有するプローブ 110、プローブ 110 に超音波の送受信を行わせプローブ 110 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 160 を有する。プローブ 110、表示部 160 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。

10

##### 【0018】

##### < 超音波診断装置 100 の構成 >

超音波診断装置 100 は、プローブ 110 の複数ある振動子 110a のうち送信又は受信の際に用いる振動子のそれぞれについて入出力を確保するマルチプレクサ部 120、超音波の送信を行うためにプローブ 110 の各振動子 110a 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 130 と、プローブ 110 で受信した超音波の反射波に基づき、複数の振動子 110a 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 (DAS データ: Delay and Sum Data) を生成する受信ビームフォーマ部 140 を有する。また、受信ビームフォーマ部 140 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 150、超音波画像生成部 150 が出力する超音波画像を保存するデータ格納部 170 と、各構成要素を制御する制御部 180 を備える。

20

##### 【0019】

このうち、マルチプレクサ部 120、送信ビームフォーマ部 130、受信ビームフォーマ部 140、超音波画像生成部 150 は、超音波信号処理装置 500 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 120、送信ビームフォーマ部 130、受信ビームフォーマ部 140、超音波画像生成部 150、制御部 180 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 GPU (Graphics Processing Unit) を用いることができ、GPU を用いる構成は GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Unit) と呼ばれる。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。

30

##### 【0020】

データ格納部 170 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、MO、DVD、DVD-RAM、BD、半導体メモリ等を用いることができる。また、データ格納部 170 は、超音波診断装置 100 に外部から接続された記憶装置であってもよい。

40

##### < 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 110 の各振動子 110a から超音波ビームの送信を行わせる送信ビームフォーマ部 130 と、プローブ 110 において超音波反射波の受信から得た電気信号を演算して超音波画像を生成するための音響線信号を生成する受信ビームフォーマ部 140 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 130 及び受信ビームフォーマ部 140 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 130 及び受信ビームフォーマ部 140 以

50

外の構成については、公知の超音波診断装置に使われるものと同じ構成を適用可能であり、公知の超音波診断装置のビームフォーマ部に本実施の形態に係るビームフォーマ部を置き換えて使用することが可能である。

#### 【0021】

以下、送信ビームフォーマ部130と、受信ビームフォーマ部140の構成について説明する。

##### 1. 送信ビームフォーマ部130

送信ビームフォーマ部130は、マルチプレクサ部120を介してプローブ110と接続され、プローブ110から超音波の送信を行うためにプローブ110に存する複数 $N$  ( $N$ : 2以上の自然数)の振動子110aの全てもしくは一部に当たる送信振動子列からなる送信開口 $T_x$ 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130は送信部131から構成される。

10

#### 【0022】

送信部131は、制御部180からの送信制御信号に基づき、プローブ110に存する複数の振動子110a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。具体的には、送信部131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。

20

#### 【0023】

送信部131は、超音波送信ごとに送信開口 $T_x$ を列方向に移動ピッチ $M_p$  ( $M_p$ は自然数)だけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ110に存する全ての振動子110aから超音波送信を行う。本実施の形態では、移動ピッチ $M_p$ を振動子1つ分とし、超音波送信ごとに、送信開口 $T_x$ が振動子1つ分ずつ移動していく。なお、移動ピッチ $M_p$ は振動子1つ分に限られず、例えば、振動子2個以上としてもよい。送信開口 $T_x$ に含まれる振動子の位置を示す情報は制御部180を介してデータ格納部170に出力される。例えば、プローブ110に存する振動子110a全数 $N$ を192としたとき、送信開口 $T_x$ 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131により同一の送信開口 $T_x$ から行われる超音波送信を「送信イベント」と称呼する。

30

#### 【0024】

図2は、送信ビームフォーマ部130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 $N$  ( $N$ は自然数)個の振動子110aの列に含まれる $M$  ( $M$ は自然数)個の振動子の列(送信振動子列)を送信開口 $T_x$ として図示している。また、送信開口 $T_x$ の列長を送信開口長と呼ぶ。また、送信イベント毎の送信振動子列の移動ピッチ $M_p$ は、送信振動子列に含まれる振動子の個数 $M$ より小さい。

40

#### 【0025】

送信ビームフォーマ部130において、送信開口 $T_x$ 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 $T_x$ 内の振動子列から送信された超音波送信波は、被検体のある深度(Focal depth)において、波面がある一点、すなわち送信フォーカス点 $F$  (Focal point)で、フォーカスがあう(集束する)状態となる。送信フォーカス点 $F$ の深さ(Focal depth) (以下、「フォーカス深さ」とする)は、任意に設定することができる。ここで、フォーカス深さは、超音波送信波が振動子の並ぶ方位方向(図2における $x$ 方向)に最も集束する深さ、すなわち、超音波ビームの $x$ 方向における幅が最も狭まる深さである、送信フォーカス点 $F$ は、フォーカス深さにおける超音波ビームの $x$ 方向における中心位置である。但し、1フレームに係る複数の送信イベント中ではフォーカス深

50

さは一定である。すなわち、1フレームに係る複数の送信イベントにおいて、送信開口Txと送信フォーカス点Fとの相対的な関係は変化しない構成とした。送信フォーカス点Fで合焦した波面は、再び拡散し、送信開口Txを底とし送信フォーカス点Fを節とする交差する2つの直線で区切られた砂時計型の空間内を超音波送信波が伝播する。すなわち、送信開口Txで放射された超音波は、次第にその空間上での幅(図中の横軸方向)を小さくし、送信フォーカス点Fでその幅を最小化し、それよりも深部(図中では上部)に進行するにしたがって、再び、その幅を大きくしながら拡散し、伝播することとなる。この砂時計型の領域が超音波主照射領域Axである。

#### 【0026】

##### 2. 受信ビームフォーマ部140の構成

受信ビームフォーマ部140は、プローブ110で受信した超音波の反射波に基づき、複数の振動子110a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140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140は、受信部141、整相加算部142、合成部143を備える。

10

#### 【0027】

以下、受信ビームフォーマ部140を構成する各部の構成について説明する。

##### (1) 受信部141

受信部141は、マルチプレクサ部120を介してプローブ110と接続され、送信イベントに同期してプローブ110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RF(Radio Frequency)信号を生成する回路である。受信部141は、入力部1411、半導体メモリであるRF信号保持部1412、アドレス制御部1413、入出力制御部1414を備える。入力部1411は、送信イベントの順に時系列にRF信号を生成し入出力制御部1414に出力し、アドレス制御部1413を介して指定したRF信号保持部1412のアドレスにRF信号を保存する。

20

#### 【0028】

ここで、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。

30

図4(a)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示す模式図である。送信イベントでは、上述のとおり、送信部131は、プローブ110に存する複数の振動子110a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。さらに、送信部131は、送信イベントに同期して送信開口Txを列方向に移動ピッチMpだけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ110に存するN個の振動子110a全体から超音波送信を行う。

#### 【0029】

これに対し、受信部141は、図4(a)に示すように、送信イベントに同期してプローブ110に存する複数の振動子110aの一部又は全部にあたる振動子の各々が被検体の超音波主照射領域Axから得た反射超音波に基づいて、各振動子に対するRF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Rwを「受波振動子」と称し、受波振動子Rwの列を受波振動子列Rwxとする。受波振動子列Rwxを構成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以上であることが好ましい。また、受波振動子の数はプローブ110に存する振動子110aの全数としてもよい。本実施の形態では、受波振動子Rwの数は送信振動子の数と同じM個とした。

40

#### 【0030】

そして、入力部1411は、送信イベントに同期して各受波振動子列Rwxを構成するM個の受波振動子にて得られたRF信号の列を生成し、生成されたRF信号は、送信イベント毎にRF信号保持部1412に保存される。本実施の形態では、RF信号保持部1412は、受信ビームフォーマ部140を構成するFPGAの内部半導体メモリを用いた構成

50

としている。しかしながら、RF信号保持部1412はFPGAの外部に存在する構成としてもよい。入出力制御部1414、アドレス制御部1413は、入力部1411からの指示に基づき、RF信号保持部1412に対するRF信号列の入出力を制御する。図4(b)は、送信部141におけるRF信号列とRF信号保持部1412のアドレスとの対応を示す模式図である。RF信号保持部1412は、生成されたRF信号を音響線信号を生成するため整相加算処理を行うまでの間保持するメモリである。そのため、図4(b)に示すように、振動子列方向(方位方向)に受波振動子の数と同じM個(Mは自然数)、被検体深さ方向にDpart個(Dpart:自然数)のアドレスに区分された構成としている。本実施の形態では、Dpartは、整相加算処理における反射波の最大遅延量を考慮して、例えば2000~8000ワードとし、被検体深さ方向において後述する対象領域Bxに相当するRF信号を保持するための区分数(約16000~20000ワードに相当)よりも小さい構成としている。そのため、RF信号保持部1412はFIFO(First In, First Out)メモリとして機能し、RF信号は反射波が得られた順に時間軸に生成され、被検体の浅い部位からの信号を先頭にRF信号保持部1412に先入れ先出方式で保存される。

10

### 【0031】

#### (2) 整相加算部142

整相加算部142は、送信イベントに同期して、音響線信号ラインデータの生成を行う被検体内における位置を表す対象領域Bxを設定し、方位方向座標に対応するインデックスをi、深さ方向座標に対応するインデックスをjとしたとき、対象領域Bx内に存する複数の観測点Pij(j=1~N、j=1~D)各々について、観測点Pijから受波振動子Rwが受波したRF信号列を受信開口Rxの範囲について整相加算して、各観測点における音響線信号dsijを算出することにより音響線信号ラインデータを生成する回路である。図5は、整相加算部142の構成を示す機能ブロック図である。図5に示すように、整相加算部142は、遅延処理部1421と加算部1422とを備え、遅延処理部1421は、対象領域設定部14212、受信開口設定部14213、送信時間算出部14214、受信時間算出部14215、遅延量算出部14216、RF信号遅延処理部14217、及び重み算出部14218を備える。

20

### 【0032】

以下、整相加算部142を構成する各部の構成について説明する。

30

#### i) 対象領域設定部14212

対象領域設定部14212は、被検体内において音響線信号ラインデータの生成を行う対象領域Bxを設定する。「対象領域」とは、送信イベントに同期して被検体内において音響線信号ラインデータの生成が行われるべき信号上の領域であり、対象領域Bx内の観測点Pijについて音響線信号dsijが生成される。対象領域Bxは、音響線信号の生成が行われる観測対象点の集合として、1回の送信イベントに同期して計算の便宜上設定される。

### 【0033】

ここで、「音響線信号ラインデータ」とは、1回の送信イベントから生成される対象領域Bx内に存在する全ての観測点Pijに対する音響線信号dsijの集合を、複数本の超音波ビーム上の観測点に対する整相加算結果(音響線信号dsij)に分類した、超音波ビーム1本に関する整相加算結果(音響線信号dsij)を1列にまとめたデータ集合と定義される。送信イベントが異なり取得時間の異なる複数のラインデータを観測点Pijの位置を基準に合成したものがフレームデータとなる。

40

### 【0034】

対象領域設定部14212は、送信イベントに同期して、送信ビームフォーマ部130から取得する送信開口Txの位置を示す情報に基づき対象領域Bxを設定する。

図6は、対象領域Bxを示す模式図である。図6に示すように、対象領域Bxは、超音波主照射領域Ax内に存在する。対象領域Bxは、超音波主照射領域Axにおいて深さがフォーカス深さ以下である部分の全域と、超音波主照射領域Axにおいてフォーカス深さ

50

より深い部分における制御部 180 を介して操作者が指定する測定対象深さ D までの領域である。また、対象領域 B x の中心軸は、超音波主照射領域の中心軸と一致している。なお、対象領域 B x が超音波主照射領域 A x の全部ではなく一部であってもよい。

#### 【0035】

設定された対象領域 B x は送信時間算出部 14214、受信時間算出部 14215、RF 信号遅延処理部 14217 に出力される。

#### i i) 受信開口設定部 14213

受信開口設定部 14213 は、制御部 180 からの制御信号と、送信ビームフォーマ部 130 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 110 に存する複数の振動子の一部に当たり、受信振動子（受信振動子列）として選択して受信開口 R x を設定する回路である。

10

#### 【0036】

ここでは、受信開口設定部 14213 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。図 7 は、受信開口設定部 14213 により設定された受信開口 R x と送信開口 T x との関係を示す模式図である。図 7 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 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 P i j 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 RF 信号に基づき整相加算が行われる。

20

#### 【0037】

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 の設定は、少なくとも列方向における観測点 P i j の最大数と同じ回数だけ行われる。

選択された受信開口 R x の位置を示す情報は制御部 180 を介してデータ格納部 170 に出力される。

#### 【0038】

データ格納部 170 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 RF 信号とを、送信時間算出部 14214、受信時間算出部 14215、RF 信号遅延処理部 14217、重み算出部 14218 に出力する。

30

#### i i i) 送信時間算出部 14214

送信時間算出部 14214 は、送信された超音波が被検体中の観測点 P に到達する送信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部 170 から取得した送信開口 T x に含まれる振動子の位置を示す情報と、対象領域設定部 14212 から取得した対象領域 B x の位置を示す情報とに基づき、対象領域 B x 内に存在する任意の観測点 P 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。

#### 【0039】

図 8 ( a ) ( b ) は、送信開口 T x から放射され対象領域 B x 内の任意の位置にある観測点 P i j において反射され受信開口 R x 内に位置する受信振動子 R k に到達する超音波の伝播経路を説明するための模式図である。なお、図 8 ( a ) は、観測点 P i j がフォーカス深さより深い場合、図 8 ( b ) は、観測点 P i j 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

#### 【0040】

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 i j に到達し、観測点 P i j 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 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 130 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

50

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。

【0041】

送信時間の算出方法を、以下、さらに詳細に説明する。

まず、図 8 (a) に示すように、観測点  $P_{ij}$  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 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。具体的には、例えば、経路 401 の長さで経路 402 の長さを加算した全経路長を、被検体内における超音波の伝搬速度で除算することで求められる。

【0042】

一方、図 8 (b) に示すように、観測点  $P_{ij}$  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 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。具体的には、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。

【0043】

送信時間算出部 14214 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域  $B_x$  内の全ての観測点  $P_{ij}$  について、送信された超音波が被検体中の観測点  $P_{ij}$  に到達する送信時間を算出して遅延量算出部 14216 に出力する。

i v) 受信時間算出部 14215

受信時間算出部 14215 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 170 から取得した受信振動子  $R_k$  の位置を示す情報と、対象領域設定部 14212 から取得した対象領域  $B_x$  の位置を示す情報とに基づき対象領域  $B_x$  内に存在する任意の観測点  $P_{ij}$  について、送信された超音波が被検体中の観測点  $P_{ij}$  で反射され受信開口  $R_x$  の各受信振動子  $R_k$  に到達する受信時間を算出する。

【0044】

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  $R_x$  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 170 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。

【0045】

受信時間算出部 14215 は、1 回の送信イベントに対し、対象領域  $B_x$  内に存在する全ての観測点  $P_{ij}$  について、送信された超音波が観測点  $P_{ij}$  で反射して各受信振動子  $R_k$  に到達する受信時間を算出して遅延量算出部 14216 に出力する。

v) 遅延量算出部 14216

遅延量算出部 14216 は、送信時間と受信時間とから受信開口  $R_x$  内の各受信振動子  $R_k$  への総伝播時間を算出し、当該総伝播時間に基づいて、各受信振動子  $R_k$  に対する  $R_F$  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 14216 は、送信時間算出部 14214 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 14216 は、対象領域  $B_x$  内に存在する全ての観測点  $P_{ij}$  について、各受信振動子  $R_k$  に対する  $R_F$  信号の列に適用する遅延量を算出して  $R_F$  信号遅延処理部 14217 に出力する。

【0046】

10

20

30

40

50

## v i ) R F 信号遅延処理部 1 4 2 1 7

R F 信号遅延処理部 1 4 2 1 7 は、受信開口 R x 内の受信振動子 R k に対する R F 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 R F 信号を、観測点 P i j からの反射超音波に基づく各受信振動子 R k に対応する R F 信号として同定する回路である。

R F 信号遅延処理部 1 4 2 1 7 は、送信イベントに対応して、受信開口設定部 1 4 2 1 3 から受信振動子 R k の位置を示す情報、R F 信号保持部 1 4 1 2 から受信振動子 R k に対応する R F 信号、対象領域設定部 1 4 2 1 2 から取得した対象領域 B x の位置を示す情報、遅延量算出部 1 4 2 1 6 から各受信振動子 R k に対する R F 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 R F 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 R F 信号を観測点 P i j からの反射波に基づく R F 信号として同定し、加算部 1 4 2 2 に出力する。

10

## 【 0 0 4 7 】

## v i i ) 重み算出部 1 4 2 1 8

重み算出部 1 4 2 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（受信アポダイゼーション）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 R F 信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、送信フォーカス点 F を中心として対称な分布をなす。重み数列の分布の形状は、ハミング窓、ハンニング窓、矩形窓などを用いることができ、分布の形状は特に限定されない。重み数列は、受信開口 R x の列方向の中心に位置する振動子に対する重みが最大となるように設定され、重みの分布の中心軸は、受信開口中心軸 R x o と一致する。重み算出部 1 4 2 1 8 は、受信開口設定部 1 4 2 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、各受信振動子 R k に対する重み数列を算出し加算部 1 4 2 2 に出力する。

20

## 【 0 0 4 8 】

## v i i i ) 加算部 1 4 2 2

加算部 1 4 2 2 は、R F 信号遅延処理部 1 4 2 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 R F 信号を入力として、それらを加算して、観測点 P i j に対する整相加算された音響線信号を生成する回路である。あるいは、さらに、重み算出部 1 4 2 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 R F 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 i j に対する音響線信号を生成する構成としてもよい。R F 信号遅延処理部 1 4 2 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 R F 信号の位相を整えて加算部 1 4 2 2 にて加算処理をすることにより、観測点 P i j からの反射波に基づいて各受信振動子 R k で受信した R F 信号を重ね合わせて、その信号 S / N 比を増加し、観測点 P i j からの R F 信号を抽出することができる。

30

## 【 0 0 4 9 】

加算部 1 4 2 2 により、送信イベントに同期して対象領域 B x 内に存在する全ての観測点 P i j についての音響線信号  $d s i j$  の集合、すなわち、音響線信号ラインデータが生成される。図 9 は、加算部 1 4 2 2 における音響線信号ラインデータ  $d s i j$  ( $i = i d s [ q ]$ 、 $q = 1 \sim M L$ 、 $j = 1 \sim D$  :  $i d s$  は方位方向の座標の配列、 $q$  は音響線信号ラインデータを識別するインデックス) の生成動作を示す模式図である。生成された音響線信号ラインデータ  $d s i j$  は、送信イベント毎に、合成部 1 4 3 における部分フレームメモリ部 1 4 3 2 に出力され記憶されてデータとともに、後述する加算処理が行われる。

40

## 【 0 0 5 0 】

さらに、送信イベントに同期して送信開口 T x を列方向に移動ピッチ M p だけ移動させながら超音波送信を繰り返し、プローブ 1 1 0 に存する N 個全ての振動子 1 1 0 a から超音波送信を行うことにより 1 フレームの合成された音響線信号であるフレーム音響線信号を生成する。フレーム音響線信号を構成する観測点ごとの合成された音響線信号を、以後、「合成音響線信号」と称呼する。

50

## 【0051】

## (5) 合成部143

合成部143は、送信イベントに同期して生成される音響線信号ラインデータからフレーム音響線信号を合成する回路である。合成部143は、各音響線信号ラインデータ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ラインデータを加算することにより、各観測点に対する合成音響線信号を生成してフレーム音響線信号を合成する。そのため、複数の音響線信号ラインデータに含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号は加算されて合成音響線信号が生成される。

## 【0052】

合成部143は、図3に示すように、合成制御部1431、部分フレームメモリ部1432（以後、「メモリ部1432」とする）、アドレス制御部1433、入出力制御部1434、増幅処理部1435を備える。

以下、合成部143を構成する各部の構成について説明する。なお、以下の示す実施の形態では、送信イベント毎の送信振動子の移動ピッチ $M_p$ を1とした場合について示したが、移動ピッチ $M_p$ はこれに限定されないことは言うまでもない。

## 【0053】

## i) 合成制御部1431、入出力制御部1434、アドレス制御部1433

合成制御部1431は、送信イベントの順に時系列に、整相加算部142から音響線信号ラインデータを取得し入出力制御部1434に出力する。また、合成制御部1431は、アドレス制御部1433を介して指定したメモリ部1432のアドレスに音響線信号を出力しメモリ部1432に記憶されてデータと加算する処理を行う。入出力制御部1434、アドレス制御部1433は、合成制御部1431からの指示に基づき、メモリ部1432に対する音響線信号の入出力を制御する。

## 【0054】

図10(a)は、振動子110aの総数 $N$ 、送信振動子列を構成する送信振動子の個数を $M$ としたとき、1から $N+1$ 回目の送信イベントにおいて対象領域 $B_x$ が斬動する態様を示す模式図である。図10(a)に示すように、1から、例えば、 $N+1$ 回目までの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（方位方向）に振動子1つ分だけ異ならせて超音波送信が順次行われる。そのため、異なる送信イベントに基づく対象領域 $B_x$ 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。

## 【0055】

ここで、1回目から $M/2$ 回目までの送信イベントでは、送信振動子列の個数は $M/2$ から $M$ まで送信イベント毎に1個ずつ漸増する。以後、送信振動子列の方位方向の終端が $N$ 番目の振動子110aに到達する $N-M/2+1$ 回目の送信イベントまで、送信振動子列の個数は $M$ を維持する。さらに、以後、 $N+1$ 回目の送信イベントまで、送信振動子列の個数は $M/2$ まで、送信イベント毎に1個ずつ漸減する。

## 【0056】

1回目から、例えば $N+1$ 回までの各送信イベントで得られた複数の音響線信号ラインデータを、各音響線信号ラインデータに含まれる音響線信号が取得された観測点 $P_{ij}$ の位置を基準に重畳して加算することにより、 $N$ 個の振動子110aに対応する対象領域 $B_x$ を網羅したフレーム音響線信号が合成される。

なお、フレーム音響線信号を合成するために必要な全送信イベントの回数は、振動子101aの全個数 $N$ と、送信振動子列（送信開口 $T_x$ ）を構成する同時に駆動する振動子の個数 $M$ 等に基づき、適宜設定することが可能である。本実施の形態では、一例として、振動子101aの個数 $N$ に対し送信イベントの回数を $N+1$ 回とする構成を示したが、例えば、振動子101aの個数 $N$ に対し、送信イベントの回数を $N$ 回とする構成としてもよい。

## 【0057】

図10(b)から(e)は、1から $N-M/2+1$ 回目の送信イベントにおいて生成さ

10

20

30

40

50

れた音響線信号ラインデータが、メモリ部 1 4 3 2 の方位方向のアドレス（以後、「方位アドレス」とする）に対応付けされる態様を示した模式図である。なお、図 1 0（a）から（e）では、一例として、送信振動子列（送信開口  $T_x$ ）を構成する振動子の個数  $M$  と、メモリ部 1 4 3 2 の方位アドレスの最大値  $M_0$  とは、 $M = M_0$  の関係を有するものとする。

#### 【0058】

1 回目の送信イベントで生成された音響線信号ラインデータは、メモリ部 1 4 3 2 の 1 番目から  $M/2$  番目の方位アドレスに対応付けられ、当該アドレスに書き込まれる。同様に、 $M_0/2 + 1$  回目の送信イベントで生成された音響線信号ラインデータは、メモリ部 1 4 3 2 の 1 番目から  $M_0$  番目の方位アドレスに対応付けられ、当該アドレスはアドレス中のデータとの加算結果に置き換えられる（図 1 0（b））。この段階で、メモリ部 1 4 3 2 の全ての方位アドレスにおいてデータが置き換えられる。

10

#### 【0059】

$M_0/2 + 2$  回目の送信イベントでは、最終の音響線信号ラインデータ以外は、同様にメモリ部 1 4 3 2 の 2 番目から  $M_0$  番目の方位アドレスのデータと加算され、データが置き換えられる。そして、方位方向における最終の音響線信号ラインデータについては、以下の処理を行う。

すなわち、 $M_0/2 + 1$  回目の送信イベントにおいて既に合成処理が完了している 1 番目の方位アドレス中の合成音響線信号  $d s c i j$  ( $i = 1$ ) を超音波画像生成部 1 5 0 に出力し、1 番目の方位アドレス中のデータをゼロ値に変換する（図 1 0（c））。その後、 $M_0/2 + 2$  回目の送信イベントにおける最終の音響線信号ラインデータ  $d s i j$  は、ゼロ値に変換された 1 番目の方位アドレスまでのアドレスと対応付けられ、当該アドレスにはアドレス中のデータ（ゼロ値）との加算結果に置き換えられる（図 1 0（d））。

20

#### 【0060】

同様に、送信振動子列の方位方向の終端が  $N$  番目の振動子に到達する  $N - M/2 + 1$  回目の送信イベントでは、既に合成処理が完了している  $N - M/2$  回目の送信イベントにおける最終の音響線信号ラインデータに対応付けられた合成音響線信号を超音波画像生成部 1 5 0 に出力した後、当該アドレス中のデータをゼロ値に変換する。その後、 $N - M/2 + 1$  回目の送信イベントにおける最終の音響線信号ラインデータ  $d s i j$  を、ゼロ値に変換された方位アドレスと対応付けし、当該アドレスをアドレス中のデータ（ゼロ値）との加算結果に更新する（図 1 0（e））。

30

#### 【0061】

$i i$ ) メモリ部 1 4 3 2

メモリ部 1 4 3 2 は、半導体メモリであるから構成され、異なる送信イベントにより取得した複数の音響線信号ラインデータ  $d s i j$  が、観測点  $P i j$  の位置に対応するメモリ部 1 4 3 2 のアドレスに加算されることにより、各観測点に対する合成音響線信号が合成される。本実施の形態では、メモリ部 1 4 3 2 は、RF 信号保持部 1 4 1 2 と同様に、受信ビームフォーマ部 1 4 0 を構成する F P G A の内部半導体メモリを用いた構成としている。メモリ部 1 4 3 2 は、振動子列方向（方位方向）に  $M_0$  ( $M_0$  は自然数： $M_L \quad M_0 \quad N$ 、 $M_L$  は送信イベントにおいて生成される音響線信号ラインデータの本数)、被検体深さ方向に  $D$  ( $D$  は自然数) のアドレスに区分された構成としている。

40

#### 【0062】

送信イベント毎に、合成が完了した合成音響線信号ラインデータ  $d s c i j$  ( $j = 1 \sim D$ ) は、増幅処理部 1 4 3 5 に出力される。

$i i$ ) 増幅処理部 1 4 3 5

増幅処理部 1 4 3 5 は、各音響線信号ラインデータ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、合成制御部より出力される合成音響線信号ラインデータ  $d s c i j$  ( $j = 1 \sim D$ ) に重みづけを行う回路である。合成音響線信号ラインデータ  $d s c i j$  の算出においては、位置の異なる複数の対象領域  $B_x$  にまたがって存在する観測点  $P i j$  については、各音響線信号ラインデータにおける音響線信号の値が加算される

50

ので、合成音響線信号は、跨りの程度に応じて大きな値を示す。この観測点  $P_{ij}$  が異なる対象領域  $B_x$  に含まれる回数を「重畳数」、振動子列方向における重畳数の最大値を「最大重畳数」と称する。

【0063】

図11(a)は、合成音響線信号における最大重畳数を示す模式図である。図11(a)に示すように、合成音響線信号ラインデータ  $dsc_{ij}$  において、重畳数の値は被検体の深さ方向において変化する。増幅処理部1435は、これを補うために、合成音響線信号の生成過程において、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乘じる増幅処理を行う。

【0064】

図11(b)は、増幅処理部1435における増幅処理の概要を示す模式図である。図11(b)に示すように、最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、この変化を補うように、最大重畳数に応じて決定された被検体深さ方向において変化する増幅率が合成音響線信号に乘じられる。これにより、深さ方向における重畳数の変化に伴う合成音響線信号の変動要因は解消され、増幅処理後の合成音響線信号の値は深さ方向において均一化が図られる。

【0065】

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

iii) 合成部143の詳細

以下、合成音響線信号フレームデータを合成するための処理の詳細を説明する。なお、以下の示す実施の形態では、送信イベント毎の送信振動子移動ピッチ  $M_p$  を1とした場合について示したが、移動ピッチ  $M_p$  はこれに限定されないことは言うまでもない。

【0066】

図12～図14は、合成部143における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図であり、(a1～2)は、振動子110aの総数  $N$ 、送信振動子列を構成する送信振動子の個数を最大  $M$  としたとき、送信イベントにおいて超音波主照射領域  $A_x$  が斬動する態様を示す模式図、(b1～2)は、各送信イベントにおいて音響線信号を生成すべき観測点  $P_{ij}$  が存在する対象領域  $B_x$  が斬動する態様を示す模式図、(c1～2)は、各送信イベントにおけるメモリ部1432内の音響線信号ラインデータの重ね合わせの態様を示した模式図である。

【0067】

また、図12(a1)～(c1)は、1回目の送信イベントにおける、図12(a2)～(c2)は、2回目の送信イベントにおける、図13(a1)～(c1)は、 $M/2+1$  回目の送信イベントにおける、図13(a2)～(c2)、(c3)は、 $M/2+2$  回目の送信イベントにおける、図14(a1)～(c1)、(c2)は、送信振動子列の方位方向の終端が  $N$  番目の振動子に到達する  $N-M/2+1$  回目の送信イベントにおける処理の状態を示す模式図である。

【0068】

なお、図12～図14において、一例として、送信振動子列(送信開口  $T_x$ )を構成する振動子の個数  $M$  と、メモリ部1432の方位アドレスの最大値  $M_0$  とは、 $M=M_0$  の関係を有するものとする。

まず、図12(a1)～(c1)に示すように1回目の送信イベントでは、送信部131は、1から  $M/2$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は1番目の振動子の上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は1から  $M/2$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲である(図12(a1))。

【0069】

整相加算部142は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に存在する

10

20

30

40

50

観測点  $P_{ij}$  について音響線信号  $ds_{ij}$  を生成することにより、対象領域  $B_x$  に対する複数の音響線信号ラインデータを生成する（図 12 (b1)）。このとき、送信フォーカス点  $F$  を通り半砂時計型の超音波主照射領域  $A_x$  内を通過する超音波ビームに沿った複数の音響線上に位置する観測点  $P_{ij}$  について反射波の強度に応じて音響線信号  $ds_{ij}$ （図中の「 $\square$ 」）が生成される。一方、反射波が得られない超音波主照射領域  $A_x$  以外には音響線が存在しないため観測点  $P_{ij}$  が設定されず整相加算が行われない（図中の「 $\square$ 」）。

#### 【0070】

1 回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータが、合成部 143 において、メモリ部 1432 の方位アドレスの 1 番目から  $M/2$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、アドレス中の初期値（ゼロ値）と加算され、データが加算結果に置き換えられる（図 12 (c1)）。

次に、図 12 (a2) ~ (c2) に示すように、2 回目の送信イベントでは、送信部 131 は、1 から  $M/2 + 1$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は 2 番目の振動子と 2 番目の振動子との境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は 1 番目から  $M/2 + 1$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる（図 12 (a2)）。

#### 【0071】

整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である新たな対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する（図 12 (b2)）。対象領域  $B_x$  外に位置する観測点  $P_{ij}$  では強度ゼロを示す固定値が音響線信号  $ds_{ij}$  に設定される。

合成部 143 において、2 回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータのうち最終ラインを除くデータ部分が、メモリ部 1432 の方位アドレスの 1 番目から  $M/2 + 1$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、アドレス中の 1 回目の送信イベントにより生成された音響線信号  $ds_{ij}$  のデータと加算され、データが加算結果に置き換えられる（図 12 (c2)）。最終ラインでは、方位方向においては音響線信号ラインデータがメモリ部 1432 の ( $M/2 + 1$ ) 番目までの方位アドレスと対応付けられ、音響線信号ラインデータがアドレス中の初期値（ゼロ値）と加算され、データが加算結果に更新される（図 12 (c2)）。

#### 【0072】

次に、図 13 (a1) ~ (c1) に示すように、 $M_0/2 + 1$  回目の送信イベントでは、送信部 131 は、1 から  $M_0$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は  $M_0/2$  番目の振動子と  $M_0/2 + 1$  番目の振動子の境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は 1 から  $M$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる（図 13 (a1)）。

#### 【0073】

整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する（図 13 (b1)）。

合成部 143 において、 $M_0/2 + 1$  回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータのうち最終ラインを除くデータ部分が、メモリ部 1432 の方位アドレスの 1 番目から  $M_0$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、既にアドレス中に記憶されている 1 回目から  $M_0/2$  回目までの送信イベントにより生成された合成音響線信号  $ds_{cij}$  のデータと加算され、アドレス中のデータは加算結果に置き換えられる（図 13 (c1)）。最終ラインでは、方位方向においては音響線信号ラインデータがメモリ部 1432 の  $M_0$  番目までの方位アドレスと対応付けられ、音響線信号ラインデータが対応付けられたアドレス中の初期値（ゼロ値）と加算され、アドレス中のデータが加算結果に置き換えられる（図 13 (c1)）。

#### 【0074】

次に、図 13 (a2) ~ (c2)、(c3) に示すように、 $M_0/2 + 2$  回目の送信イベントでは、送信部 131 は、2 から  $M_0 + 1$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し

10

20

30

40

50

、送信フォーカス点  $F$  は  $M_0 / 2 + 1$  番目の振動子と  $M_0 / 2 + 2$  番目の振動子の境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は 2 から  $M_0 + 1$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる (図 13 (a2))。

【0075】

整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する (図 13 (b2))。

合成部 143 において、 $M_0 / 2 + 2$  回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータのうち最終ラインを除くデータ部分が、メモリ部 1432 の方位アドレスの 2 番目から  $M_0$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、アドレス中に記憶されている 1 回目から  $M_0 / 2 + 1$  回目までの送信イベントにより生成された合成音響線信号  $dscij$  のデータと加算され、アドレス中のデータが加算結果に置き換えられる (図 13 (c2))。

10

【0076】

次に、 $M_0 / 2 + 1$  回目の送信イベントにおいて既に合成処理が完了している 1 番目の方位アドレス中の合成音響線信号を超音波画像生成部 150 に出力し、1 番目の方位アドレス中のデータをゼロ値に変換する (図 13 (c2))。その後、 $M_0 / 2 + 2$  回目の送信イベントにおける方位方向における最終の音響線信号ラインデータは、ゼロ値に変換された 1 番目の方位アドレス (追加対応アドレス  $S_0$ ) までの方位アドレスと対応付けられ (図 13 (c3))、対応付けられた 1 番目までのアドレスは音響線信号ラインデータとアドレス中のデータ (ゼロ値) との加算結果に置き換えられる (図 13 (c3))。

20

【0077】

次に、図 14 (a1) ~ (c1)、(c2) に示すように、 $N - M / 2 + 1$  回目の送信イベントでは、送信振動子列の方位方向の終端が  $N$  番目の振動子に到達する。この送信イベントでは、送信部 131 は、 $N - M + 1$  から  $N$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は  $N - M / 2$  番目の振動子と  $N - M / 2 + 1$  番目の振動子との境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は  $N - M + 1$  から  $N$  番目までの振動子の上方に位置する深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる (図 14 (a1))。

【0078】

整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する (図 14 (b1))。

30

合成部 143 において、 $N - M / 2 + 1$  回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータのうち最終ラインを除くデータ部分が、メモリ部 1432 の方位アドレスの  $N - M_0 + 1$  番目から  $M_0$  番目及び  $N - M_0 - 1$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、アドレス中の 1 回目から  $N - M / 2$  回目までの送信イベントにより生成された合成音響線信号  $dscij$  のデータと加算され、当該データが加算結果に置き換えられる (図 14 (c1))。

【0079】

次に、 $N - M / 2$  回目の送信イベントにおいて既に合成処理が完了している  $N - M_0$  番目の方位アドレス中の合成音響線信号を超音波画像生成部 150 に出力し、 $N - M_0$  番目の方位アドレス中のデータをゼロ値に変換する (図 14 (c1))。

40

その後、 $N - M / 2 + 1$  回目の送信イベントにおける最終の音響線信号ラインデータは、方位方向においてゼロ値に変換された  $N - M_0$  番目の方位アドレス (追加対応アドレス  $S_0$ ) までの方位アドレスと対応付けられ、対応付けられた  $N - M_0$  番目までのアドレスは、音響線信号ラインデータとアドレス中のデータ (ゼロ値) との加算結果に置き換えられる (図 14 (c2))。以上により、振動子 110a の総数  $N$  のプローブ 110 を用い、方位方向における送信振動子列を構成する振動子の個数を最大  $M$  として、1 回目から、例えば  $N + 1$  回目までの送信イベントにより生成された複数の音響線信号ラインデータが、方位方向アドレス数が  $M_0$  であるメモリ部 1432 上において観測点  $Pij$  の位置を基準に合成され、合成音響線信号フレームデータ  $dsc$  が合成される。

【0080】

50

## &lt; 動作 &gt;

以上の構成からなる超音波診断装置 100 の動作について説明する。

図 15、図 16 は、受信ビームフォーマ部 140 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、RF 信号保持部 1412、メモリ部 1432 を初期化して、すべてのアドレス中のデータをゼロ値に変換し（ステップ S10）、送信イベント回数を示す  $l$  を初期化して 1 とする（ステップ S20）。

## 【0081】

次に、送信部 131 は、プローブ 110 に存する複数の振動子 110a から送信開口  $T_x$  を決定し（ステップ S110）、送信開口  $T_x$  に含まれる各送信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（ステップ S120）。

次に、受信部 141 は、プローブ 110 に存する複数の振動子 110a から受波振動子列  $R_w x$  を決定する（ステップ S130）。

## 【0082】

次に、音響線信号を算出すべき対象領域  $B_x$  における  $j$  の最大値  $j(D)$  を設定し（ステップ S141）、 $j$  を初期値に設定する（ステップ S142）。

次に、深さ方向のインデックス  $j$  に対応する音響線信号を生成すべき観測点  $P_{ij}$  の方位方向座標の配列  $i d s [q]$  ( $q = 1 \sim M L$  :  $M L$  は、送信イベントにおいて生成される音響線信号ラインデータ本数) を決定して（ステップ S143）、 $j$  に対応する方位方向座標を示すインデックス  $i$  を初期値  $i d s [1]$  ( $q = 1$ ) に設定する（ステップ S144）。

## 【0083】

次に、ステップ S145 では、観測点  $P(i, j)$  に対応する方位方向のインデックス  $k$  の最小値  $k R F m i n$ 、最大値  $k R F m a x$  を決定し、 $k$  を最小値  $k R F m i n$  に設定する（ステップ S146）。 $k$  は、観測点  $P(i, j)$  の整相加算処理の際に参照する  $r f$  信号に対応する振動子の方位方向の位置を示すインデックスである。

次に、ステップ S147 では、観測点  $P(i, j)$  と  $k$  とから遅延量に相当する  $v$  を算出し、相当する  $r f(k, v)$  を RF 信号保持部 1412 から読み出し加算レジスタに加算（整相加算処理）する。

## 【0084】

次に、 $k$  が最大値  $k R F m a x$  であるか否かを判定し（ステップ S148）、最大値未満である場合には  $k$  をインクリメント（ステップ S149）して、ステップ S147 に戻る。 $k$  が最大値以上である場合には、ステップ S310 に進む。観測点  $P(i, j)$  に対応する方位方向の  $k$  の最小値  $k R F m i n$  から最大値  $k R F m a x$  についてステップ S147（整相加算処理）を行うことで、加算レジスタには観測点  $P(i, j)$  に対する音響線信号（DAS データ : Delay and Sum Data）が加算される。

## 【0085】

次に、ステップ S310 では、対象領域  $B_x$  内の座標 ( $i d s [q], j$ ) に対するメモリ部 1432 の対応アドレス  $S(i d s [q], j)$  を特定する。図 17 は、ステップ S310 の動作の詳細を示すフローチャートである。

まず、ステップ S311 において、合成制御部 1431 は、 $i d s [q]$  と送信イベント回数  $l$  から 1 を減じた値 ( $l - 1$ ) との和から方位方向の暫定対応アドレス番号  $s$  を算出する。次に、暫定対応アドレス番号  $s$  がメモリ部 1432 の方位アドレスの最大値  $M_0$  を超えるか否かを判定（ステップ S312）する。超える場合、すなわち、座標 ( $i d s [q], j$ ) のうち  $i d s [q]$  と送信イベント回数  $l$  から 1 を減じた値 ( $l - 1$ ) から算出される方位方向の対応アドレス番号  $s$  がメモリ部 1432 の方位アドレスの最大値  $M_0$  を超えている場合には、メモリ部 1432 におけるアドレスを初期値に戻すラウンドアップが必要な場合であり、方位方向の対応アドレス番号  $s$  から方位アドレスの最大値  $M_0$  を減じた値を新たに方位方向の対応アドレス番号  $S$  とし当該アドレスを対応アドレス  $S$  (

10

20

30

40

50

$i d s [ q ] , j$ )とする(ステップS314)。超えない場合、すなわち、方位方向の対応アドレス番号 $s$ がメモリ部1432の方位アドレスの最大値 $M0$ 以下である場合には、その値を方位方向の対応アドレス番号 $S$ とし当該アドレスを対応アドレス $S(i d s [ q ] , j)$ とする(ステップS313)。最後に、合成制御部1431は、対応アドレス $S(i d s [ q ] , j)$ をアドレス制御部1433に出力する(ステップS315)。

#### 【0086】

次に、図15に戻り、 $q$ が対象領域 $Bx$ における音響線信号本数の最大値 $ML$ であるか否かを判定し(ステップS320)、最大値未満である場合には、加算レジスタ値と対応アドレス $S(i d s [ q ] , j)$ に保持するデータとを加算し、データを加算結果に置き換えた後(ステップS321)、 $q$ をインクリメントし、新たな $i d s [ q ]$ を $i$ に設定して(ステップS322)して、ステップS145に戻る。 $q$ が対象領域 $Bx$ 内の最大値 $M$ である場合には、図16において、対応アドレス $S(i d s [ q ] , j)$ を追加対応アドレス $S0(i d s [ q ] , j)$ と認定し(ステップS325)、ステップS330に進む。なお、以降において、方位方向の追加対応アドレス番号は $S0$ とする。

#### 【0087】

次に、ステップS330では、メモリ部1432の $M0$ 番目の方位アドレスの対応付が完了しているか否かを判定し、完了していない場合には、加算レジスタ値と追加対応アドレス $S0(i d s [ q ] , j)$ に保持されるデータとを加算し、データを加算結果に置き換え(ステップS340)、ステップS383に進む。

一方、 $M0$ 番目の方位アドレスの対応付が完了している場合には、これまでの送信イベントにおいて既に合成処理が完了しているメモリ部1432の追加対応アドレス $S0(i d s [ q ] , j)$ に保持されている合成音響線信号 $d s c ( i d s [ q ] , j )$ を超音波画像生成部150に出力し(ステップS360)、追加対応アドレス $S0(i d s [ q ] , j)$ のデータをゼロ値に変換する。ステップS360においては、増幅処理部1435は、合成音響線信号 $d s c ( i d s [ q ] , j )$ に含まれる音響線信号の加算回数に応じて決定された深さ方向に異なる増幅率を各合成音響線信号に乗じる処理を行ってもよい。

#### 【0088】

次に、ステップS370では、加算レジスタ値を追加対応アドレス $S0(i d s [ q ] , j)$ に書き込む。この段階では、インデックス $j$ に対応する全ての方位方向座標の配列 $i d s [ q ] ( q = 1 \sim M L )$ に対応する観測点 $P(i, j)$ についての音響線信号 $d s ( i d s [ q ] , j )$ が生成され、メモリ部1432に出力され対応アドレス中のデータとの加算処理されている。

#### 【0089】

次に、 $j$ が対象領域 $Bx$ 内の最大値 $j(D)$ であるか否かを判定し(ステップS383)、最大値 $j(D)$ 未満である場合には $j$ をインクリメントして(ステップS384)、ステップS143に戻り、新たな配列 $i d s [ q ]$ に対応する観測点 $P(i, j)$ について音響線信号 $d s ( i d s [ q ] , j )$ を算出する(ステップS147)。このように、 $j$ をインクリメントしてステップS147を繰り返すことにより、対象領域 $Bx$ 内に位置する全ての方位方向座標の配列 $i d s [ q ]$ に対応する観測点 $P(i, j)$ について音響線信号 $d s ( i d s [ q ] , j )$ が生成される。ステップS383において、 $j$ が最大値 $j(D)$ である場合にはステップS385に進む。

#### 【0090】

次に、送信イベント回数を示す $l$ が最大値であるか否かにより、全ての送信イベントを行ったか否かを判定する(ステップS385)。そして、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S386)、ステップS110に戻り、送信開口 $Tx$ を列方向に移動ピッチ $Mp$ だけ移動させながら送信イベントを行い、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 $Tx$ から求められる対象領域 $Bx$ の範囲に基づき、 $j$ に対応する配列 $i d s [ q ]$ を決定して(ステップS143)、受信開口 $Rx$ を設定(ステップS145)、音響線信号 $d s ( i d s [ q ] , j )$ の生成(整相加算処理)(ステップS147)を行い、完了している場合には処理を終了する。

10

20

30

40

50

## 【0091】

なお、上記において、ステップS143では、例えば、図13(b1)に示す「 $\square$ 」の範囲の観測点 $P_{ij}$ について音響線信号 $d_s(i, j)$ が算出されるように、配列 $i, j$  ( $i = 1 \sim M, j = 1 \sim L$ )を $j$ に基づき変化させる。この場合、音響線信号 $d_s(i, j)$ を算出すべき対象領域 $B_x$ は砂時計形状となる。

あるいは、送信波に平面波を用いる場合などにおいては、図13(b1)に示す「 $\square$ 」及び「 $\square$ 」の範囲の観測点 $P_{ij}$ について音響線信号 $d_s(i, j)$ が算出されるように、配列 $i, j$  ( $i = 1 \sim M, j = 1 \sim L$ )を $j$ に係らず一定となる構成としてもよい。この場合、音響線信号 $d_s(i, j)$ が計算される範囲は矩形形状となる。

10

## 【0092】

なお、送信波に焦点波を用い対象領域 $B_x$ を矩形形状とした場合には、超音波主照射領域 $A_x$ 以外に位置する観測点 $P_{ij}$  (図中の「 $\square$ 」)からは反射波が得られないために反射波の強度がゼロである音響線信号 $d_s(i, j)$ は算出され、実質的に強度値を持つ音響線信号 $d_s(i, j)$ が算出される範囲は砂時計形状となる。

また、以上の例では、移動ピッチ $M_p$ が1である場合について説明したが、移動ピッチ $M_p$ が2以上である場合には、以下の処理を行う。

## 【0093】

すなわち、まず、S311において、合成制御部1431は、送信イベント回数 $l$ から1を減じた値( $l - 1$ )に移動ピッチ $M_p$ を乗じた値と $i, j$ との和から方位方向の暫定対応アドレス番号 $s$ を算出する。

20

次に、ステップS330では、メモリ部1432の $M_0 - M_p + 1$ 番目の方位アドレスの対応付が完了しているか否かを判定し、完了していない場合には、ステップS340において、加算レジスタ値と追加対応アドレス $S_0(i, j)$ 以降に保持するデータとを加算し、データを加算結果に置き換え、ステップS150に進む。

## 【0094】

また、ステップS330において、 $M_0 - M_p + 1$ 番目の方位アドレスの対応付が完了している場合には、ステップS360において、これまでの送信イベントにおいて既に合成処理が完了しているメモリ部1432の方位方向の追加対応アドレス $S_0(i, j)$ 以降に保持されている合成音響線信号データ $d_{sc}(i, j)$ を超音波画像生成部150に出力し、ステップS370において、加算レジスタ値を方位方向の追加対応アドレス $S_0(i, j)$ 以降に書き込む処理を行う。

30

## 【0095】

<まとめ>

以上、説明したように本実施の形態1に係る受信ビームフォーマ部140は、方位方向に $N$ 個の振動子を有する超音波プローブを用い、方位方向に $M_0$  ( $M_0 = N$ 、 $M_L$ は送信イベントにおいて生成される音響線信号の本数)、深さ方向に $D$ からなるアドレスに区分されたメモリ部1432を有し、送信振動子移動ピッチ $M_p$ とした送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータ中の各音響線信号ラインデータとメモリ部1432のアドレスとを、超音波主照射領域 $A_x$ 内の観測点 $P_{ij}$ の位置を基準に対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレス $S$ に保持されているデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成して方位方向のライン数 $N$ の音響線信号フレームデータを生成する合成部143を有する。

40

## 【0096】

そして、合成部143は、送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータ中、方位方向に沿って順に音響線信号ラインデータとメモリ部1432の方位方向のアドレスとの対応付を行い、メモリ部1432の方位方向における $M_0$ 番目のアドレスに対する対応付がされたとき、方位方向において残りの音響線信号ラインデータをメモリ部1432の方位方向の1番目以後のアドレスに対し順次対応付を行い、最後から $M_p$ 本目の音響線信号ラインデータと対応付けされたメモリ部の方位方向のアドレスを追加対応アド

50

レスS0としたとき、メモリ部1432の方位方向における1番目から追加対応アドレスS0より1つ前のアドレスには、対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込み、メモリ部1432の方位方向における追加対応アドレスS0以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部に出力した後に、追加対応アドレスS0以後のアドレスには、対応する音響線信号の値を書き込む構成を採る。

【0097】

また、上記において、合成部143は、メモリ部1432の方位方向における追加対応アドレスS0より1つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだ後、メモリ部1432の方位方向における追加対応アドレスS0以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部150に出力する構成を採る。

10

【0098】

係る構成により、受信ビームフォーマ部140を備えた超音波診断装置100では、合成開口法を用いた受信ビームフォーミング処理において、方位方向のアドレス数M0が、振動子110aの総個数Nに対応する総チャンネル数よりも少ない部分フレームメモリ部1432を用いて、方位方向の総ライン数Nの音響線信号フレームデータを合成することができる。そのため、空間分解能及びS/N比の低下を抑止しながら、合成処理に必要なフレームメモリ容量を従来に比べて縮減することができる。

【0099】

また、上記構成において、整相加算部142、及び合成部143は、第1の集積回路に含まれ、メモリ部は第1の集積回路140に含まれるSRAMであり、超音波画像生成部150は、第1の集積回路とは異なる第2の集積回路に含まれ、合成部143における音響線信号ラインデータの出力は、第1の集積回路から第2の集積回路に対して、送信イベントに同期して行われる。

20

【0100】

係る構成により、大規模なSRAMをFPGA内部に設ける必要がなくFPGAのハードウェアコストを低減できる。また、FPGAの内部メモリを合成処理用のフレームメモリとして用いるので、合成処理のために大容量のDDRメモリを設ける必要がない。それに伴い、FPGA~DDRメモリ間のデータ転送は生じることがなく、FPGA内部にデータ転送を高速に行える処理能力の高いメモリーコントローラを備えることも必要とならない。

30

【0101】

さらに、合成部143を備える第1の集積回路から超音波画像生成部150を備える第2の集積回路へのデータ転送は、送信イベント毎に、合成音響線信号ラインデータ $d_{scij}$  ( $j = 1 \sim D$ ) 単位で行われるので、集積回路間のデータ転送に必要なバス容量を縮減できる。

その結果、エコー信号の受信から整相加算、さらに、音響線信号フレームデータの合成処理までの受信ビームフォーミング処理を小規模のFPGAの内部メモリのみを用いて実現することができ、従来に比べて、ハードウェアコストの低減が可能となる。

【0102】

40

#### 実施の形態2

実施の形態1では、合成部143は、送信イベントでの送信振動子の列の漸動振動子ピッチMpに対して、送信イベントにおける最後からMp本目の音響線信号ラインデータと対応付けされたメモリ部1432の方位方向のアドレスを追加対応アドレスS0としたとき、追加対応アドレスS0より1つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該1つ前のアドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだ後、メモリ部1432の方位方向における追加対応アドレスS0以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部150に出力する構成としている。

【0103】

しかしながら、追加対応アドレスS0以後のアドレスに記憶されていたデータの超音波

50

画像生成部 150 への出力は、追加対応アドレス S0 より 1 つ前のアドレスにおけるデータの更新が行われる前に行われてもよい。実施の形態 2 では、合成部 143 は、送信イベントにおける最後から Mp 本目の音響線信号ラインデータと対応付けされる追加対応アドレス S0 を特定した後、追加対応アドレス S0 より 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだか否かの判定を行う前に、方位方向における追加対応アドレス S0 以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部 150 へ出力する点で実施の形態 1 と相違する。

#### 【0104】

以下、実施の形態 2 に係る超音波診断装置における合成部 143 の動作について説明する。

実施の形態 2 では、受信ビームフォーマの構成は、図 3 に示す実施の形態 1 に係る受信ビームフォーマ部 140 と同じである。実施の形態 2 に係る超音波診断装置では、合成部 143 の動作における、S0 番目のアドレスに記憶されていたデータの超音波画像生成部 150 への出力を決定するための処理方法および出力のタイミングが実施の形態 1 と異なる。したがって、その動作における相違点のみを説明し、構成およびその他の動作は実施の形態 1 と同じであるので、同じ番号を付して説明を省略する。

#### 【0105】

<合成部 143 における処理>

以下、合成音響線信号フレームデータを合成するための処理の詳細を説明する。なお、以下の示す実施の形態では、送信イベント毎の送信振動子移動ピッチ Mp を 1 とした場合について示したが、移動ピッチ Mp はこれに限定されないことは言うまでもない。

図 18 ~ 図 20 は、実施の形態 2 に係る合成部 143 における、合成音響線信号を合成する処理の詳細を示す模式図であり、(a1 ~ 2) は、振動子 110a の総数 N、送信振動子列を構成する送信振動子の個数を最大 M としたとき、送信イベントにおいて超音波主照射領域 Ax が斬動する態様を示す模式図、(b1 ~ 2) は、各送信イベントにおけるメモリ部 1432 の S0 番目のアドレスに記憶されていたデータの超音波画像生成部 150 への出力を示した模式図、(c1 ~ 2) は、各送信イベントにおいて音響線信号を生成すべき観測点 Pij が存在する対象領域 Bx が斬動する態様を示す模式図、(d1 ~ 2) は、各送信イベントにおけるメモリ部 1432 内の音響線信号ラインデータの重ね合わせの態様を示した模式図、である。

#### 【0106】

また、図 18 (a1) ~ (d1) は、1 回目の送信イベントにおける、図 20 (a2) ~ (d2) は、2 回目の送信イベントにおける、図 19 (a1) ~ (d1) は、M + 1 回目の送信イベントにおける、図 19 (a2) ~ (d2) は、M + 2 回目の送信イベントにおける、図 20 (a) ~ (d) は、送信振動子列の方位方向の終端が N 番目の振動子に到達する N - M / 2 + 1 回目の送信イベントにおける処理の状態を示す模式図である。

#### 【0107】

なお、図 18 ~ 図 20 では、一例として、送信振動子列 (送信開口 Tx) を構成する振動子の個数 M と、メモリ部 1432 の方位アドレスの最大値 M0 とは、M = M0 の関係を有するものとする。

まず、図 18 (a1) ~ (d1) に示すように、1 回目の送信イベントでは、実施の形態 1 と同様、送信部 131 は、1 から M / 2 番目までの振動子が送信開口 Tx を構成し、送信フォーカス点 F は 1 番目の振動子の上方に位置し、超音波主照射領域 Ax は 1 から M / 2 番目までの振動子の上方に位置し深さ D までの斜線が付された範囲である (図 18 (a1))。

#### 【0108】

1 回目の送信イベントにおける対象領域 Bx の方位方向における最終の音響線信号ラインデータは、メモリ部 1432 の方位方向における max (ids [q]) 番目までのアドレスと対応付けられる。この対応付けされた方位アドレスのうちの最大の方位アドレス max (ids [q]) を追加対応アドレス S0 として特定し、追加対応アドレス S0 に

10

20

30

40

50

記憶されているデータを超音波画像生成部 150 へ出力するとともに、追加対応アドレス  $S_0$  にゼロ値を書き込む (図 18 (b1))。なお、受信ビームフォーミング処理の開始後の第 1 回目の送信イベントでは、メモリ部 1432 は、後述するように受信ビームフォーミング処理の開始時点で初期化されているので、この時点では超音波画像生成部 150 に対しゼロ値が出力される。

【0109】

実施の形態 1 と同様、整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に存在する観測点  $P_{ij}$  について音響線信号  $d_{sij}$  を生成することにより、対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する (図 18 (c1))。

1 回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータは、合成部 143 において、メモリ部 1432 の方位アドレスの 1 番目から  $M/2$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目の範囲に対応付けられ、対応アドレス中のデータ (ゼロ値) と加算され、アドレス中のデータが加算結果に置き換えられる (図 18 (d1))。

【0110】

次に、図 18 (a2) ~ (d2) に示すように、2 回目の送信イベントでは、実施の形態 1 と同様、送信部 131 は、1 から  $M/2 + 1$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は 2 番目の振動子と 2 番目の振動子との境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は 1 から  $M/2 + 1$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる (図 18 (a2))。

【0111】

次に、2 回目の送信イベントにおける対象領域  $B_x$  の方位方向における最終の音響線信号ラインデータは、メモリ部 1432 の方位方向における  $\max(i_{ds}[q])$  番目までのアドレスと対応付けられる。対応付けされた方位アドレスのうち最大の方位アドレス  $\max(i_{ds}[q])$  を追加対応アドレス  $S_0$  に特定し、追加対応アドレス  $S_0$  に記憶されているデータを超音波画像生成部 150 へ出力し、追加対応アドレス  $S_0$  にゼロ値を書き込む (図 18 (b2))。

【0112】

次に、整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する (図 18 (c2))。

合成部 143 において、2 回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータのうち最終ラインを除くデータ部分が、メモリ部 1432 の方位アドレスの 1 番目から  $M/2$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、アドレス中の 1 回目の送信イベントにより生成された音響線信号  $d_{sij}$  のデータと加算され、データが加算結果に置き換えられる (図 18 (d2))。最終ラインでは、方位方向においては音響線信号ラインデータが  $M/2 + 1$  番目までの方位アドレスと対応付けられ、音響線信号ラインデータがアドレス中のデータ (ゼロ値) と加算され、データが加算結果に置き換えられる。

【0113】

次に、図 19 (a1) ~ (d1) に示すように、 $M_0/2 + 1$  回目の送信イベントでは、送信部 131 は、1 から  $M_0$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は  $M_0/2$  番目の振動子と  $M_0/2 + 1$  番目の振動子の境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は 1 から  $M$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる (図 19 (a1))。

【0114】

次に、対象領域  $B_x$  の方位方向における最終の音響線信号ラインデータは、方位方向における  $M_0$  番目までのアドレスと対応付けられる。対応付けされた方位アドレスのうち最大の方位アドレス  $M_0$  を追加対応アドレス  $S_0$  に特定し、追加対応アドレス  $S_0$  に記憶されているデータを超音波画像生成部 150 へ出力し、追加対応アドレス  $S_0$  にゼロ値を書き込む (図 19 (b1))。

【0115】

10

20

30

40

50

整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する (図 19 (c1))。

合成部 143 において、 $M_0 / 2$  回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータのうち最終ラインを除くデータ部分が、メモリ部 1432 の方位アドレスの 1 番目から  $M_0 - 1$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられ、アドレス中に記憶されている 1 回目から  $M_0 / 2$  回目までの送信イベントから生成された合成音響線信号  $dscij$  のデータと加算され、当該アドレスのデータが加算結果に置き換えられる (図 19 (d1))。最終の音響線信号ラインデータはメモリ部 1432 の  $M_0$  番目までの方位アドレスと対応付けられ、音響線信号ラインデータが対応付けられたアドレス中の初期値 (ゼロ値) と加算され、データが加算結果に置き換えられる。

10

【0116】

次に、図 19 (a2) ~ (d2) に示すように、 $M_0 / 2 + 2$  回目の送信イベントでは、送信部 131 は、2 番目から  $M_0 + 1$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は  $M_0 / 2 + 1$  番目の振動子と  $M_0 / 2 + 2$  番目の振動子の境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は 2 番目から  $M_0 + 1$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる (図 19 (a2))。

【0117】

$M_0 / 2 + 2$  回目の送信イベントにおける対象領域  $B_x$  の方位方向における最終の音響線信号ラインデータは、メモリ部 1432 の方位方向における  $M_0$  番目までのアドレス、および、先頭に戻って 1 番目のアドレスと対応付けられる。そして、対応付けされた方位アドレスのうち最大の方位アドレス “1” を追加対応アドレス  $S_0$  として特定する。すなわち、既に  $M_0 / 2 + 1$  回目の送信イベントにおいて対象領域  $B_x$  はメモリ部 1432 の 1 番目から  $M_0$  番目の方位アドレスと対応付けられている。そのため、本処理においては、最も早期に対応付が行われたメモリ部 1432 の 1 番目までの方位アドレスとの対応付が行われる。そして、 $M_0 / 2 + 1$  回目の送信イベントにおいて既に合成処理が完了している 1 番目の方位アドレス中の合成音響線信号を超音波画像生成部 150 に出力し、1 番目の方位アドレス (追加対応アドレス  $S_0$ ) にゼロ値を書き込む (図 19 (b1))。

20

【0118】

整相加算部 142 は、超音波主照射領域  $A_x$  と同一範囲である対象領域  $B_x$  に対する音響線信号ラインデータを生成する (図 19 (c2))。

30

合成部 143 において、 $M_0 / 2 + 2$  回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータが、方位方向においてはメモリ部 1432 の方位アドレスの 2 番目から  $M_0$  番目、深さ方向アドレスの 1 番目から  $D$  番目に対応付けられる。そして、最終ライン以外の音響線信号ラインデータについては、方位アドレスの 2 番目から  $M_0$  番目に記憶されている 1 回目から  $M_0 / 2 + 1$  回目までの送信イベントにより生成された合成音響線信号  $dscij$  のデータと加算され、当該データが加算結果に置き換えられる。 $M_0 / 2 + 2$  回目の送信イベントにおける最終の音響線信号ラインデータは、方位方向においてはゼロ値に変換された 1 番目までの方位アドレス (追加対応アドレス  $S_0$ ) と対応付けられ、最終の音響線信号ラインデータはアドレス中のデータと加算され、当該アドレスは加算結果に置き換えられる (図 19 (d2))。

40

【0119】

次に、図 20 (a) ~ (d) に示すように、 $N - M_0 / 2 + 1$  回目の送信イベントでは、送信振動子列の方位方向の終端が  $N$  番目の振動子に到達する。この送信イベントでは、送信部 131 は、 $N - M_0 + 1$  から  $N$  番目までの振動子が送信開口  $T_x$  を構成し、送信フォーカス点  $F$  は  $N - M_0 / 2$  番目の振動子と  $N - M_0 / 2 + 1$  番目の振動子との境界上方に位置し、超音波主照射領域  $A_x$  は  $N - M_0 + 1$  から  $N$  番目までの振動子の上方に位置し深さ  $D$  までの斜線が付された範囲となる (図 20 (a))。

【0120】

$N - M_0 / 2 + 1$  回目の送信イベントにおける対象領域  $B_x$  の方位方向における最終の音響線信号ラインデータは、方位方向においてメモリ部 1432 の  $M_0$  番目までのアドレス

50

、および、先頭に戻って1番目からM - M0番目までのアドレスと対応付けられる。そして、対応付けされた方位アドレスのうち最大の方位アドレスM - M0を追加対応アドレスS0として特定する。すなわち、既にN - M / 2回目の送信イベントにおいて対象領域Bxはメモリ部1432のN - M0 + 1からM0番目、及び1からN - M0 - 1番目の方位アドレスとの対応付けがされている。そのため、本処理においては、最も早期に対応付がされているメモリ部1432のN - M0番目の方位アドレスに対して新たな対応付が行われる。そして、N - M / 2回目の送信イベントにおいて既に合成処理が完了しているN - M0番目の方位アドレス（追加対応アドレスS0）中の合成音響線信号を超音波画像生成部150に出力し、N - M0番目の方位アドレスにゼロ値を書き込む（図20（b））。

#### 【0121】

整相加算部142は、超音波主照射領域Axと同一範囲である対象領域Bxに対する音響線信号ラインデータを生成する（図20（c））。

合成部143において、N - M / 2 + 1回目の送信イベントにおいて生成された音響線信号ラインデータが、メモリ部1432の方位アドレスのN - M0 + 1番目からM0番目、さらに1番目からN - M0 - 1番目、深さ方向アドレスの1番目からD番目に対応付けられる。

#### 【0122】

そして、最終ライン以外の音響線信号ラインデータについては、方位アドレスのN - M0 + 1番目からM0番目、さらに1番目からN - M0 - 1番目に記憶されている1回目からN - M / 2回目までの送信イベントにより生成された合成音響線信号dscijのデータと加算され、当該データが加算結果に置き換えられる（図20（d））。

N - M / 2 + 1回目の送信イベントにおける最終の音響線信号ラインデータは、方位方向においてゼロ値に変換されたN - M0番目の方位アドレス（追加対応アドレスS0）までの方位アドレスと対応付けられ、対応付けられたN - M0番目までのデータと加算され、当該アドレスは加算結果に置き換えられる（図20（d））。

#### 【0123】

以上により、振動子110aの総数Nのプロープ110を用い、方位方向における送信振動子列を構成する振動子の個数を最大Mとして、1回目からN + 1回目までの送信イベントにより生成された複数の音響線信号ラインデータが、方位方向アドレス数がM0であるメモリ部1432上において観測点Pijの位置を基準に合成され、合成音響線信号フレームデータdscが合成される。

#### 【0124】

##### <動作>

実施の形態2に係る超音波診断装置100の動作について説明する。図21、22は、実施の形態2に係る受信ビームフォーマ部140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。

実施の形態2に係るフローチャートは、ステップS315A、S350A、S360A、S370Aが図15に示す実施の形態1の動作と相違し、ステップS10、S20、S110 - S149、S310 - S386における処理は図15、16における実施の形態1の各ステップと同じであり、説明を簡略化する。

#### 【0125】

まず、RF信号保持部1412、メモリ部1432を初期化して、すべてのアドレス中のデータをゼロ値に変換し（ステップS10）、送信イベント回数を示すlを初期化して1とする（ステップS20）。

次に、送信部131は、送信開口Txを決定し（ステップS110）、各送信振動子に対し送信処理（送信イベント）を行う（ステップS120）。

#### 【0126】

次に、受信部141は、受波振動子列Rwxを決定し（ステップS130）、音響線信号を算出すべき対象領域Bxにおけるjの最大値j（D）を設定し（ステップS141）、jを初期値に設定する（ステップS142）。

10

20

30

40

50

次に、深さ方向のインデックス  $j$  に対応する音響線信号を生成すべき観測点  $P_{ij}$  の方位方向座標の配列  $ids[q]$  ( $q = 1 \sim ML$ 、 $ML$  は音響線信号本数) を決定する (ステップ  $S143$ )。

【0127】

次に、ステップ  $S350A$  では、対象領域  $B_x$  内の座標 ( $ids[ML]$ ,  $j$ ) に対するメモリ部  $1432$  の方位アドレス (追加対応アドレス  $S0(ids[ML], j)$ ) を特定する。

図  $23$  は、ステップ  $S350A$  の動作を示すフローチャートである。まず、ステップ  $S351A$  において、合成制御部  $1431$  は、配列  $ids[i]$  の最大値  $ids[ML]$  と送信イベント回数  $l$  から  $1$  を減じた値 ( $l - 1$ ) との和から方位方向の暫定対応アドレス番号  $s$  を算出する。次に、方位方向の暫定対応アドレス番号  $s$  がメモリ部  $1432$  の方位アドレスの最大値  $M0$  を超えるか否かを判定 (ステップ  $S352A$ ) する。超える場合、すなわち、暫定対応アドレス番号  $s$  がメモリ部  $1432$  の方位アドレスの最大値  $M0$  を超えている場合には、メモリ部  $1432$  におけるアドレスのラウンドアップが必要な場合であり、方位方向の暫定対応アドレス番号  $s$  から方位アドレスの最大値  $M0$  を減じた値を方位方向の追加対応アドレス番号  $S0$  とし、当該アドレスを追加対応アドレス  $S0(ids[ML], j)$  とする (ステップ  $S354A$ )。超えない場合、すなわち、方位方向の暫定対応アドレス番号  $s$  がメモリ部  $1432$  の方位アドレスの最大値  $M0$  以下である場合には、その値を方位方向の追加対応アドレス番号  $S0$  とし、当該アドレスを追加対応アドレス  $S0(ids[ML], j)$  とする (ステップ  $S353A$ )。最後に、合成制御部  $1431$  は、方位方向の追加対応アドレス番号  $S0(ids[ML], j)$  をアドレス制御部  $1433$  に出力する (ステップ  $S355A$ )。

【0128】

次に、合成部  $143$  は、これまでの送信イベントにおいて既に合成処理が完了しているメモリ部  $1432$  の追加対応アドレス  $S0(ids[ML], j)$  に保持されている合成音響線信号  $dsc(i, j)$  を超音波画像生成部  $150$  に出力し (ステップ  $S360A$ )、追加対応アドレス  $S0(ids[ML], j)$  にはゼロ値のデータを新たに書き込む (ステップ  $S370A$ )。

【0129】

次に、 $j$  に対応する方位方向座標を示すインデックス  $i$  を初期値  $ids[1]$  ( $q = 1$ ) に設定して、(ステップ  $S144$ ) ビームフォーミング処理 (ステップ  $S145 \sim S149$ ) を行い、観測点  $P_{ij}$  について音響線信号が生成して、ステップ  $S310$  に進む。

次に、ステップ  $S310$  では、対象領域  $B_x$  内の座標 ( $ids[q]$ ,  $j$ ) に対するメモリ部  $1432$  の対応アドレス  $S(ids[q], j)$  を特定する。ここで、ステップ  $S310$  の動作は図  $17$  に示す各ステップの動作と同じであるので説明を省略する。

【0130】

次に、加算レジスタ値と対応アドレス  $S(ids[q], j)$  に保持されるデータとを加算し、当該データを加算結果に置き換える (ステップ  $S315A$ )。

次に、 $q$  が対象領域  $B_x$  における音響線信号本数の最大値  $M$  であるか否かを判定し (ステップ  $S320$ )、最大値  $M$  未満である場合には、 $q$  をインクリメント (ステップ  $S322$ ) して、ステップ  $S223$  に戻る。 $q$  が最大値  $M$  である場合にはステップ  $S383$  に進む。

【0131】

次に、 $j$  が対象領域  $B_x$  内の最大値  $j(D)$  であるか否かを判定し (ステップ  $S383$ )、最大値  $j(D)$  未満である場合には  $j$  をインクリメントして (ステップ  $S384$ )、ステップ  $S143$  に戻り、新たな観測点  $P_{ij}$  について音響線信号  $dsc(ids[q], j)$  を生成する (ステップ  $S147$ )。このように、 $j$  をインクリメントしてステップ  $S147$  を繰り返すことにより、対象領域  $B_x$  内に位置する全ての方位方向座標の配列  $ids[q]$  に対応する観測点  $P_{ij}$  について音響線信号  $dsc(ids[q], j)$  が生成される。ステップ  $S383$  において、 $j$  が最大値  $j(D)$  である場合にはステップ  $S385$

に進む。

【0132】

次に、送信イベント回数を示す  $l$  が最大値であるか否かを判定する（ステップ S 3 8 5）。そして、最大値でない場合にはステップ S 1 1 0 に戻り、送信開口  $T_x$  を列方向に移動ピッチ  $M_p$  だけ移動させて次の送信イベントに係る一連の処理を行い、最大値である場合には処理を終了する。

なお、上記において、ステップ S 1 4 3 では、実施の形態 1 と同様に、例えば、図 1 9 (c 1) に示す「 $\square$ 」の範囲の観測点  $P_{ij}$  について音響線信号  $d_s(i d s [q], j)$  が算出されるように、配列  $i d s [q]$  ( $q = 1 \sim M L$ ) を  $j$  に基づき変化させる。この場合、音響線信号  $d_s(i d s [q], j)$  を算出すべき対象領域  $B_x$  は砂時計形状となる。

10

【0133】

あるいは、送信波に平面波を用いる場合などにおいては、図 1 9 (c 1) に示す「 $\square$ 」及び「 $\square$ 」の範囲の観測点  $P_{ij}$  について音響線信号  $d_s(i d s [q], j)$  が算出されるように、配列  $i d s [q]$  ( $q = 1 \sim M L$ ) が  $j$  に係らず一定となる構成としてもよい。この場合、音響線信号  $d_s(i d s [q], j)$  が計算される範囲は矩形形状となる。

【0134】

また、以上の例では、移動ピッチ  $M_p$  が 1 である場合について説明したが、移動ピッチ  $M_p$  が 2 以上である場合には、以下の処理を行う。

20

すなわち、まず、S 3 5 1 A において、合成制御部 1 4 3 1 は、配列  $i d s [q]$  の最大値  $i d s [M L]$  と送信イベント回数  $l$  から 1 を減じた値 ( $l - 1$ ) に移動ピッチ  $M_p$  を乗じた値との和から方位方向の暫定対応アドレス番号  $s$  を算出する。

【0135】

次に、ステップ S 3 5 5 A において、合成制御部 1 4 3 1 は、S 3 5 4 A 又は A 3 5 5 A で算出した方位方向の追加対応アドレス番号  $S_0$  から移動ピッチ  $M_p$  から 1 を減じた値 ( $M_p - 1$ ) を新たな方位方向の追加対応アドレス番号  $S_0$  としてアドレス制御部 1 4 3 3 に出力する。これは、最後から  $M_p$  本目の音響線信号ラインデータと対応付けされたメモリ部 1 4 3 2 の方位方向のアドレスを追加対応アドレス  $S_0(i d s [M L], j)$  とするためである。

30

【0136】

そして、ステップ S 3 6 0 A では、合成部 1 4 3 は、これまでの送信イベントにおいて既に合成処理が完了しているメモリ部 1 4 3 2 の方位方向における追加対応アドレス  $S_0(i d s [M L], j)$  以降のアドレスに保持されている合成音響線信号  $d_s c(i d s [M L], j)$  を超音波画像生成部 1 5 0 に出力し、ステップ S 3 7 0 A では、方位方向における追加対応アドレス  $S_0(i d s [M L], j)$  以降のアドレスにはゼロ値のデータを新たに書き込む処理を行う。

【0137】

<まとめ>

以上、説明したように本実施の形態 2 に係る受信ビームフォーマ部 1 4 0 では、合成部 1 4 3 は、メモリ部 1 4 3 2 の方位方向における追加対応アドレス  $S_0$  より 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算を行う前に、メモリ部の方位方向における追加対応アドレス  $S_0$  以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部 1 5 0 に出力する構成を採る。

40

【0138】

係る構成により、実施の形態 2 では、合成部 1 4 3 は、送信イベント毎の送信振動子移動ピッチ  $M_p$  に対して、送信イベントにおける最後から  $M_p$  本目の音響線信号ラインデータと対応付けされる追加対応アドレスを特定した後、追加対応アドレス  $S_0$  より 1 つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだか否かの判定を行うことなく、全ての送信イベントにおいて、方位方向にお

50

ける追加対応アドレスS 0以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部150へ出力する。そのため、実施の形態1の構成による効果を奏することに加えて、実施の形態1に係る動作と比較して、図16におけるステップS330、S340が削減され、メモリ部1432の対応アドレスのデータに音響線信号ラインデータdsijを加算する処理を簡略化できる。

#### 【0139】

##### 変形例1

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。

10

#### 【0140】

以下、変形例1に係る超音波信号処理装置の構成について説明する。図24は、変形例1に係る合成部143における合成音響線信号を合成する動作を示す模式図である。

実施の形態1、2では、合成部143は、送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータ中の各音響線信号ラインデータとメモリ部1432のアドレスとを、照射領域Ax内の観測点Pijの位置を基準に対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレスS中のデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成する構成とした。

20

#### 【0141】

一方、変形例1に係る超音波信号処理装置では、図24に示すように、合成部143は、音響線信号ラインデータを音響線信号ラインデータds(1)、ds(2)、ds(3)それぞれの単位でメモリ部1432における対応アドレス中のデータと加算する。さらに、整相加算部142における音響線信号ラインデータds(1)、ds(2)、ds(3)の生成、及び、合成部143における音響線信号ラインデータds(1)、ds(2)、ds(3)のメモリ部1432における対応アドレスS中のデータとの加算は、1サンプル周期をこの1サンプル周期により得られた音響線信号ラインデータに含まれる音響線信号ラインデータの本数(3)で除した1つのタイムスロットである10nsec内で行われ、複数の音響線信号ラインデータds(1)、ds(2)、ds(3)は送信イベント内で3のタイムスロットに時分割処理される構成を採る。具体的には、図22に示すように、タイムスロット3では、音響線信号ラインデータds(3)を加算しアドレス(3)に書き込み、同時に、アドレス(1)確定し音響線信号ラインデータds(1)を読み出し後段に出力する。また、タイムスロット1では、音響線信号ラインデータds(1)を加算しアドレス(1)に書き込み、同時に、アドレス(2)確定し音響線信号ラインデータds(2)を読み出し後段に出力する。さらに、タイムスロット2では、音響線信号ラインデータds(2)を加算しアドレス(2)に書き込み、同時に、アドレス(3)確定し音響線信号ラインデータds(3)を読み出し後段に出力する。

30

#### 【0142】

係る構成を採ることにより、複数の音響線信号ラインデータds(1)、ds(2)、ds(3)に関する加算処理について、メモリ部1432への同時アクセスが発生しないために、1R1WタイプのシングルポートSRAMを用いることができメモリ部1432のハードウェアコストをさらに低減できる。また、例えば、2R1Wタイプや2R2Wタイプ等のマルチポートメモリによりメモリ部1432を構成した場合と比べて実装面積をより小さくできる。

40

#### 【0143】

##### 変形例2

以下、変形例2に係る超音波信号処理装置の構成について説明する。図25は、変形例2に係る合成部143における合成音響線信号を合成する動作を示す模式図である。

50

実施の形態 1、2 では、合成部 143 は、送信イベントに同期して得られた音響線信号ラインデータとメモリ部 1432 のアドレスとを、対象領域 Bx 内に直交座標を用いてプロットされた観測点  $P_{ij}$  の位置を基準に対応付けし、各観測点  $P_{ij}$  に対する音響線信号に対応付けされたアドレス中のデータと加算することにより、送信イベントそれぞれで得られた複数の音響線信号ラインデータを合成する構成とした。

#### 【0144】

一方、変形例 2 に係る超音波信号処理装置では、図 25 に示すように、観測点は、超音波ビームの進行方向に沿うように、例えば、対象領域 Bx 内に極座標  $(R, \theta)$  を用いてプロットされた構成を採っている。この場合、送信フォーカス点 F の近傍では、複数の音響線信号ラインデータ  $d_s(1)$ 、 $d_s(2)$ 、 $d_s(3)$  を算出するための観測点の位置が重なり、複数の音響線信号ラインデータに関する観測点が同一の座標にプロットされる場合がある。例えば、観測点  $P_{ij}$  の設定領域である対象領域 Bx の方位方向の幅  $WB_x$  を送信フォーカス点 F からの深さ方向の距離に定数を乗じた値とした場合には、観測点

10

#### 【0145】

具体的には、図 23 に示すように、各深度における音響線信号ラインデータ  $d_s(1)$ 、 $d_s(2)$ 、 $d_s(3)$  のフォーカス点 F に対する方位方向の相対位置を、 $d_s(1)$  では  $-WB_x/2$ 、 $d_s(2)$  では 0、 $d_s(3)$  では  $+WB_x/2$  のように、代数演算で決定とした場合、フォーカス点 F 近傍で  $WB_x$  が 1 以下になると、音響線信号ラインデータ  $d_s(1)$ 、 $d_s(2)$ 、 $d_s(3)$  が重なる状態が発生する。係る場合には、異なる音響線信号ラインデータ  $d_s(1)$ 、 $d_s(2)$ 、 $d_s(3)$  に関する処理において、メモリ部 1432 の同一メモリに対する対応付と入出力がされる。そして、これを合成制御部 1431 における論理的処理により回避しようとする、複雑な条件分岐あるいは演算が発生し、回路規模の増加につながる。

20

#### 【0146】

これに対し、変形例 2 に係る超音波信号処理装置では、合成部 143 は、メモリ部 1432 への入出力を制御するアドレス制御部 1433 及び入出力制御部 1434 を有し、アドレス制御部 1433 及び入出力制御部 1434 は、同一の送信イベントにおいて、既に加算結果が書き込まれた対応アドレス S に対するデータの入出力を禁止する構成を採る。

係る構成により、同一の送信イベントにおける異なる音響線信号に関する処理において、メモリ部 1432 の同一メモリに対する入出力の抑止を、メモリ部の制御側で制御することにより合成制御部 1431 で制御する場合に比べて、簡易に実現することができる。その結果、メモリ部 1432 へのアクセス回数を削減し処理の高速化に資することができる。

30

#### 【0147】

##### 変形例 3

実施の形態 1 では、合成部 143 は、送信イベントにおいて、対象領域 Bx 内の座標  $(ids[q], j)$  に対するメモリ部 1432 対応アドレス  $S(ids[q], j)$  を特定し (ステップ S310)、音響線信号ラインデータ  $d_{sij}$  が対応アドレス中のデータと加算され、当該データを加算結果に更新し (ステップ S321) する構成としている。そのために、メモリ部 1432 中に過去の送信イベントにて生成され記憶されている音響線信号が存在しない条件に備え、受信ビームフォーミング動作開始後の、第 1 回目の送信イベントにおいて、メモリ部 1432 を初期化して、すべてのアドレス中のデータをゼロ値に変換する処理 (ステップ S10) を行う必要があった。

40

#### 【0148】

変形例 3 に係る受信ビームフォーミング処理では、受信ビームフォーミング動作開始後の、第 1 回目の送信イベントにおけるメモリ部 1432 の初期化を行わず、メモリ部 1432 中に過去の送信イベントにて生成され記憶されている音響線信号が存在しない条件において、対応アドレス中のデータをゼロ値に変換する処理を行った後に、音響線信号ラインデータ  $d_{sij}$  を対応アドレス中のデータと加算して、当該データを加算結果に更新す

50

る構成を採る点で、実施の形態 1 と相違する。

【0149】

<動作>

以下、変形例 3 に係る超音波診断装置における合成部 143 の動作について説明する。

変形例 3 では、受信ビームフォーマの構成は、図 3 に示す実施の形態 1 に係る受信ビームフォーマ部 140 と同じである。変形例 3 に係る超音波診断装置では、合成部 143 の動作における、メモリ部 1432 中に過去の送信イベントにて生成され記憶されている音響線信号が存在しない条件での処理が実施の形態 1 と異なる。したがって、その動作における相違点のみを説明し、構成およびその他の動作は実施の形態 1 と同じであるので、同じ番号を付して説明を省略する。

10

【0150】

変形例 3 に係る超音波診断装置の動作について説明する。図 26、27 は、変形例 3 に係る受信ビームフォーマ部 140 のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。

図 26、27 における処理は、ステップ S340B、S380B、S390B における処理、及びメモリ部 1432 を初期化するための図 15 のステップ S10 がない点が、図 15 に示す実施の形態 1 の動作と相違する。それ以外の処理、すなわち、ステップ S20、S110 - S149、S310、S320、S325、S330、S360、S370、S381 - 386 における処理は、図 15、16 における実施の形態 1 の各ステップと同じであり、説明を省略する。

20

【0151】

先ず、実施の形態 1 と同様に、図 27 において、ステップ S310 では、対象領域 Bx 内の座標 (ids[q], j) に対するメモリ部 1432 の対応アドレス S(ids[q], j) を特定し、q が対象領域 Bx における音響線信号本数の最大値 M であるか否かを判定し (ステップ S320) する。最大値 M 未満である場合には、現送信イベントが 1 回目の送信イベントであるか否かを判定し (ステップ S380B)、1 回目の送信イベントでない場合には、実施の形態 1 と同様に、加算レジスタ値と対応アドレス S(ids[q], j) に保持されているデータとを加算し、当該データを加算結果に置き換えた後 (ステップ S340)、q をインクリメント (ステップ S322) して、ステップ S223 に戻る。ステップ S380B の判定において、1 回目の送信イベントである場合には、メモリ部 1432 中に過去の送信イベントにて生成され記憶されている音響線信号が存在しない条件に該当する。そのため、加算レジスタ値とゼロ値 (「0」) とを加算、対応アドレス S(ids[q], j) のデータを加算結果に置き換えた後 (ステップ S390B)、q をインクリメント (ステップ S322) して、ステップ S223 に戻る。

30

【0152】

一方、ステップ S320 の判定において、q が対象領域 Bx における音響線信号本数の最大値 M である場合には、対応アドレス S(ids[q], j) を追加対応アドレス S0(ids[q], j) と認定して (ステップ S325)、ステップ S330 に進む。ここで、メモリ部 1432 の M0 番目の方位アドレスの対応付が完了しているか否かを判定し (ステップ S330)、M0 番目の方位アドレスの対応付が完了している場合には、実施の形態 1 と同様に、ステップ 360 の処理を行う。

40

【0153】

ステップ S330 の判定において、完了していない場合には、メモリ部 1432 中に過去の送信イベントにて生成され記憶されている音響線信号が存在しない条件に該当する。そのため、加算レジスタ値とゼロ値 (「0」) との加算結果を追加対応アドレス S0(ids[q], j) に書き込んだ後 (ステップ S340B)、ステップ S383 に進む。

次に、j が対象領域 Bx 内の最大値 j(D) であるか否かを判定し (ステップ S383)、最大値 j(D) 未満である場合には j をインクリメントして (ステップ S384)、ステップ S143 に戻り、j が最大値 j(D) である場合には、送信イベント回数を示す l が最大値であるか否かを判定する (ステップ S385)。そして、最大値でない場合に

50

はステップ S 1 1 0 に戻り、1 をインクリメントして (ステップ S 3 8 6)、送信開口  $T_x$  を列方向に移動ピッチ  $M_p$  だけ移動させて次の送信イベントに係る一連の処理を行い、最大値である場合には処理を終了する。

【0154】

<まとめ>

以上、説明したように変形例 3 に係る受信ビームフォーマ部 1 4 0 では、合成部 1 4 3 は、メモリ部 1 4 3 2 の方位方向における  $M_0$  番目のアドレスの対応付けがされる前において、音響線信号ラインデータ中、方位方向において最終の音響線信号ラインデータから  $M_p$  本目までの音響線信号ラインデータに対応するメモリ部 1 4 3 2 の方位方向のアドレスに記憶されていたデータをゼロ値に変換して超音波画像生成部 1 5 0 に出力する構成を採

10

【0155】

係る構成により、変形例 3 に係る受信ビームフォーミング処理では、メモリ部 1 4 3 2 中に過去の送信イベントにて生成され記憶されている音響線信号が存在しない条件を判定して、対応アドレス中のデータをゼロ値に変換する処理を行った後に、音響線信号ラインデータ  $d_{sij}$  を対応アドレス中のデータと加算して、当該データが加算結果に更新することができる。その結果、実施の形態 1、2 の構成による効果を奏することに加えて、受信ビームフォーミング動作開始後の、第 1 回目の送信イベントにおいて、メモリ部 1 4 3 2 を初期化して、すべてのアドレス中のデータをゼロ値に変換する処理 (ステップ S 1 0 ) を行う処理を削減することができる。

20

【0156】

その他の変形例

(1) 実施の形態 1 に係る超音波診断装置 1 0 0 では、受信開口設定部 1 4 2 1 3 は、列中心が線上観測点  $P B_{xij}$  に最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口  $R_x$  を選択する構成とした。しかしながら、受信開口  $R_x$  の構成は適宜変更することができる。

【0157】

例えば、列中心が送信開口  $T_x$  振動子列の列中心と合致する受信開口  $R_x$  振動子列を選択する送信同期型受信開口設定部を備えた構成としてもよい。係る構成では、受信開口  $R_x$  振動子列の列中心が送信開口  $T_x$  振動子列の列中心と合致するように受信開口  $R_x$  振動子列が選択される。受信開口  $R_x$  の中心軸の位置は、送信開口  $T_x$  の中心軸の位置と同一であり、受信開口  $R_x$  は、送信フォーカス点  $F$  を中心として対称な開口である。したがって、送信イベントごとに列方向に移動する送信開口  $T_x$  の位置変化に同期して、受信開口  $R_x$  の位置も移動する。

30

【0158】

(2) 受信開口  $R_x$  の中心軸及び送信開口  $T_x$  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  $R_x$  の各受信振動子  $R_k$  に対する重み数列 (受信アボゲイゼーション) は算出してもよい。重み数列は、振動子  $R_k$  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。

40

【0159】

(3) 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 2 0 がなく、送信ビームフォーマ部 1 3 0 と受信ビームフォーマ部 1 4 0 とが直接、プローブ 1 1 0 の各振動子 1 1 0 a に接続されていてもよい。また、プローブ 1 1 0 に送信ビームフォーマ部 1 3 0 や受信ビームフォーマ部 1 4 0、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 1 0 0 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。

【0160】

(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

50

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。

【0161】

また、上記超音波診断装置の全部、もしくは一部、またビームフォーミング部の全部又は一部を、マイクロプロセッサ、ROM、RAM等の記録媒体、ハードディスクユニットなどから構成されるコンピュータシステムで構成した場合も本発明に含まれる。上記RAM又はハードディスクユニットには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、各装置はその機能を達成する。

10

【0162】

また、上記の各装置を構成する構成要素の一部又は全部は、1つのシステムLSI（Large Scale Integration（大規模集積回路））から構成されているとしてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。なお、LSIは、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。上記RAMには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。例えば、本発明のビームフォーミング方法がLSIのプログラムとして格納されており、このLSIがコンピュータ内に挿入され、所定のプログラム（ビームフォーミング方法）を実施する場合も本発明に含まれる。

20

【0163】

なお、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA（Field Programmable Gate Array）や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサ（Reconfigurable Processor）を利用してもよい。

30

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。

【0164】

また、各実施の形態に係る、超音波診断装置の機能の一部又は全てを、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。上記超音波診断装置の診断方法や、ビームフォーミング方法を実施させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。プログラムや信号を記録媒体に記録して移送することにより、プログラムを独立した他のコンピュータシステムにより実施するとしてもよい、また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

40

【0165】

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。

50

## 【0166】

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

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

## 【0167】

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。

## 【0168】

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

## 【0169】

また、各実施の形態に係る超音波診断装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。更に上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。

さらに、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

## 【0170】

## まとめ

以上、説明したとおり、本開示に係る超音波信号処理装置は、方位方向に $N$ 個の振動子を有する超音波プローブから超音波ビームを被検体に送信し、反射波に基づいて方位方向に $N$ 個（ $N$ は2以上の自然数）、深さ方向に $Z$ 個（ $Z$ は自然数）の音響線信号からなる音響線信号フレームデータを生成する超音波信号処理装置であって、前記 $N$ 個の振動子から選択される送信振動子の列から超音波ビームを送信させる送信イベントを、前記送信振動子の列を方位方向に振動子 $M_p$ 個（ $M_p$ は自然数）ずつ漸動させて複数回行う送信部と、送信イベントに同期して前記 $N$ 個の振動子の一部が受波した反射波に基づいてRF信号列を生成し、超音波ビームの照射領域内の位置に対応する複数の観測点それぞれについて前記RF信号列を整相加算して、 $N$ より小さい最大 $M_L$ 本（ $M_L$ は自然数）の音響線信号ラインデータからなる音響線信号ラインデータを生成する整相加算部と、方位方向に $M_0$ （ $M_L \geq M_0 \geq N$ 、かつ、 $M_0$ は自然数）、深さ方向に $D$ （ $D$ は自然数）からなるアドレスに区分された部分フレームメモリ部を有し、送信イベントに同期して得られた複数の音響線信号ラインデータ中の各音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部のアドレスとを、前記照射領域内の観測点の位置を基準に対応付けし、音響線信号を対応付けされた対応アドレスに記憶されているデータと加算することにより、送信イベントそれぞれについて得られた複数の音響線信号ラインデータを合成して、方位方向に $N$ 個、深さ方向に $D$ 個のデータからなる音響線信号フレームデータを生成する合成部と、前記音響線信号フレームデータに基づき超音波画像を生成する超音波画像生成部とを備え、前記合成部は、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向に沿って順に音響線信号ラインデータと前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスとの対応付を行い、前記部分フレームメモリ部の方位方向における $M_0$ 番目のアドレスに対する対応付

10

20

30

40

50

けが音響線信号ラインデータとされたとき、方位方向において残りの音響線信号ラインデータを前記部分フレームメモリ部の方位方向の1番目以後のアドレスに対し順次対応付けを行い、最後からM p本目の音響線信号ラインデータと対応付けされた前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスを追加対応アドレスとしたとき、前記部分フレームメモリ部の方位方向における1番目から前記追加対応アドレスより1つ前のアドレスには、対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込み、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部へ出力した後に、前記追加対応アドレス以後のアドレスには、対応する音響線信号の値を書き込むことを特徴とする。

【0171】

係る構成により、方位方向のアドレス数M 0が、振動子110 aの総個数Nに対応する総チャンネル数よりも少ない部分フレームメモリ部1432を用いて、方位方向の総ライン数Nの音響線信号フレームデータを合成することができ、空間分解能及びS/N比の低下を抑止しながら、合成開口法を用いた受信ビームフォーマにおいて音響線信号の合成処理に必要なメモリ容量を縮減できる。

【0172】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記合成部は、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレスより1つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだ後、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部へ出力する構成としてもよい。

【0173】

係る構成により、合成部143は、追加対応アドレスS 0より1つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだことを条件として、方位方向における追加対応アドレスS 0以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部150へ出力する構成を実現できる。

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、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレスより1つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算を行う前に、前記部分フレームメモリ部の方位方向における前記追加対応アドレス以後のアドレスに記憶されていたデータを前記超音波画像生成部へ出力する構成としてもよい。

【0174】

また、さらに、前記合成部は、前記部分フレームメモリ部の方位方向におけるM 0番目のアドレスの対応付けがされる前において、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向において最終の音響線信号ラインデータからM p本目までの音響線信号ラインデータに対応する前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスに記憶されていたデータをゼロ値に変換して前記超音波画像生成部へ出力する構成としてもよい。

【0175】

係る構成により、合成部143は、追加対応アドレスを特定した後、追加対応アドレスS 0より1つ前のアドレスに対応する音響線信号の値と当該アドレスに記憶されていたデータとの加算結果を書き込んだか否かの判定を行う必要がなく、全ての送信イベントにおいて、方位方向における追加対応アドレスS 0以後のアドレスに記憶されていたデータを超音波画像生成部150へ出力することができる。そのため、メモリ部1432の対応アドレス中のデータへの音響線信号ラインデータの合成処理を簡略化できる。

【0176】

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記整相加算部、及び前記合成部は、第1の集積回路に含まれ、前記メモリ部は前記第1の集積回路に含まれるSRAMであり、前記超音波画像生成部は、前記第1の集積回路とは異なる第2の集積回路に含まれ、前記合成部における前記音響線信号ラインデータの出力は、前記第1の集積回路から前記

10

20

30

40

50

第2の集積回路に対して、送信イベントに同期して行われる構成としてもよい。

【0177】

係る構成により、大規模なSRAMをFPGA内部に設ける必要がなくFPGAのハードウェアコストを低減できる。また、FPGA外部に合成処理のために大容量のDDRメモリを設ける必要がなく、FPGA~DDRメモリ間的高速データ転送のために、FPGA内部に処理能力の高いメモリーコントローラを備える必要がなく、ハードウェアコストを低減できる。

【0178】

また、集積回路間のデータ転送に必要なバス容量を縮減できる。その結果、エコー信号の受信から合成処理までの受信ビームフォーミング処理を小規模のFPGAの内部メモリのみを用いて実現でき、ハードウェアコスト低減が可能となる

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、送信イベントに同期して得られた前記音響線信号ラインデータを前記音響線信号ラインデータ単位で前記部分フレームメモリ部における前記対応アドレスに記憶されているデータと加算する構成としてもよい。あるいは、前記合成部は、前記音響線信号ラインデータを前記音響線信号ラインデータに含まれる音響線信号の単位で前記部分フレームメモリ部における前記対応アドレスに記憶されているデータと加算してもよい。

【0179】

また、前記整相加算における前記音響線信号ラインデータの生成、及び前記合成部における前記音響線信号ラインデータの前記部分フレームメモリ部における前記対応アドレスに記憶されているデータとの加算は、1サンプル周期を当該1サンプル周期により得られた前記音響線信号ラインデータに含まれる前記音響線信号ラインデータの本数で除した1つのタイムスロット内で行われ、前記複数の前記音響線信号ラインデータは送信イベント内で時分割処理される構成としてもよい。

【0180】

係る構成を採ることにより、複数の音響線信号ラインデータに関する加算処理について、メモリ部1432への同時アクセスが発生しないために、1R1WタイプのシングルポートSRAMを用いることができハードウェアコストを低減できる。また、メモリ部1432をマルチポートメモリで構成した場合と比べて実装面積を削減できる。

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、前記メモリへの入出力を制御する入出力制御部及びアドレス制御部を有し、前記入出力制御部及び前記アドレス制御部は、同一の送信イベントにおいて、既に前記加算結果が書き込まれた対応アドレスに対するデータの入出力を禁止する構成としてもよい。

【0181】

係る構成により、同一の送信イベントにおける異なる音響線信号に関する処理において、メモリ部1432の同一メモリに対する入出力の抑止を、簡易に実現することができる。

また、別の態様では、上記何れかの態様において、前記合成部は、初回の送信イベントでは、前記部分フレームメモリ部のすべてのアドレスに記憶されているデータをゼロ値に変換したのち当該アドレスに関する前記加算を行い、2回目以後の送信イベントでは、当該送信イベントにより得られた前記音響線信号ラインデータ中、方位方向において最終の音響線信号ラインデータからMp本目までの音響線信号ラインデータに対応する前記部分フレームメモリ部の方位方向のアドレスに記憶されているデータをゼロ値に変換したのち当該アドレスに関する前記加算を行う構成としてもよい。

【0182】

係る構成により、受信ビームフォーミング動作開始後の、第1回目の送信イベントにおいて、メモリ部1432を初期化して、すべてのアドレス中のデータをゼロ値に変換する処理(ステップS10)を行う処理を削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、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N個の振動子から選択される

10

20

30

40

50

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イベントを、前記フォーカス点を方位方向に漸動させて複数回行う構成としてもよい。

【0183】

係る構成により、送信フォーカス点近傍領域においても空間分解能の高い高画質な画像を得るとともに、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、空間分解能及びS/N比を向上することができる。

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。

10

【0184】

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、上記工程の一部が、他の工程と同時に（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。

20

【産業上の利用可能性】

【0185】

本開示にかかる超音波信号処理装置、超音波診断装置、超音波信号処理方法、プログラム、及びコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体は、従来の超音波診断装置の性能向上、特に、合成開口法を用いた受信ビームフォーマにおいて演算装置のコスト削減や演算負荷やデータ伝送容量の縮減によるフレームレート向上に有用である。また本開示は超音波への適用のみならず、複数のアレイ素子を用いたセンサ等の用途にも応用できる。

【符号の説明】

【0186】

- 100 超音波診断装置
- 110 プロープ
- 110 a 振動子
- 120 マルチプレクサ部
- 130 送信ビームフォーマ部
  - 131 送信部
- 140 受信ビームフォーマ部
  - 141 受信部
    - 141 1 入力部
    - 141 2 RF信号保持部
    - 141 3 アドレス制御部
    - 141 4 入出力制御部
  - 142 整相加算部
    - 142 1 遅延処理部
      - 142 1 2 対象領域設定部
      - 142 1 3 受信開口設定部
      - 142 1 4 送信時間算出部
      - 142 1 5 受信時間算出部
      - 142 1 6 遅延量算出部
      - 142 1 7 RF信号遅延処理部
      - 142 1 8 重み算出部

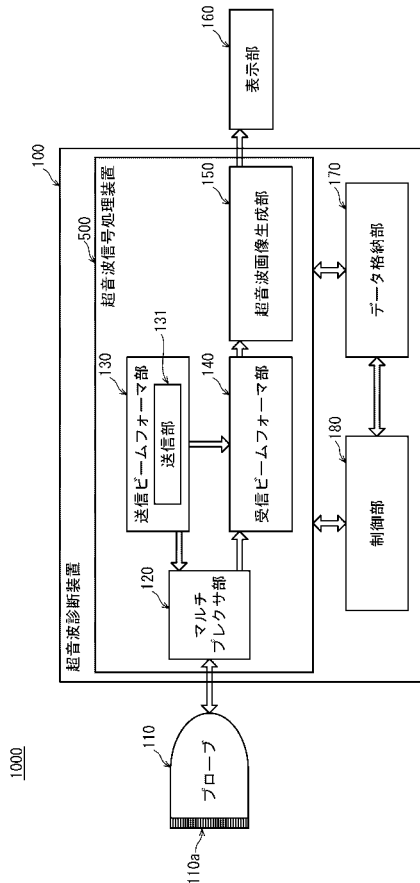
30

40

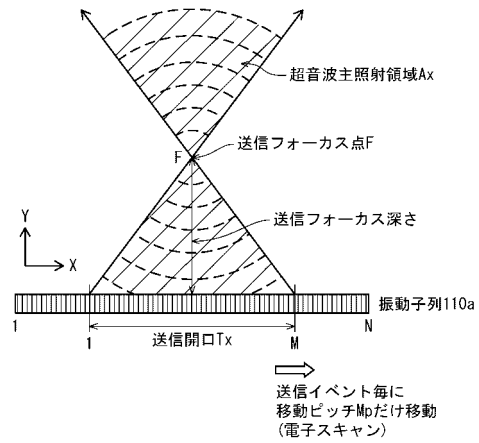
50

- 1 4 2 2 加算部
- 1 4 3 合成部
- 1 4 3 1 合成制御部
- 1 4 3 2 部分フレームメモリ部
- 1 4 3 3 アドレス制御部
- 1 4 3 4 入出力制御部
- 1 4 3 5 増幅処理部
- 1 5 0 超音波画像生成部
- 1 6 0 表示部
- 1 7 0 データ格納部
- 1 8 0 制御部
- 5 0 0 超音波信号処理装置
- 1 0 0 0 超音波診断システム

【 図 1 】



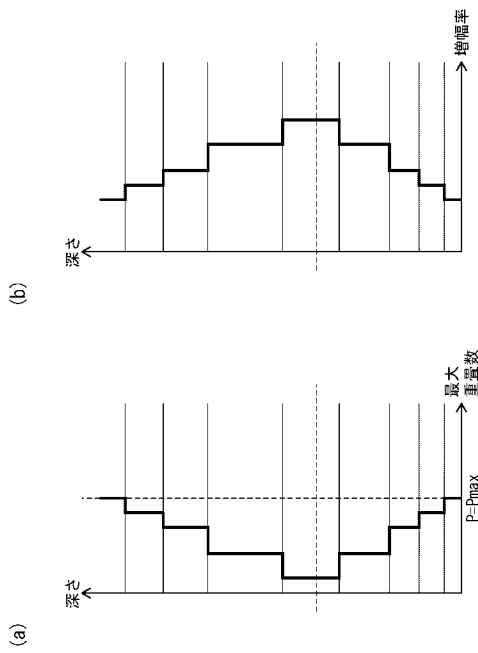
【 図 2 】



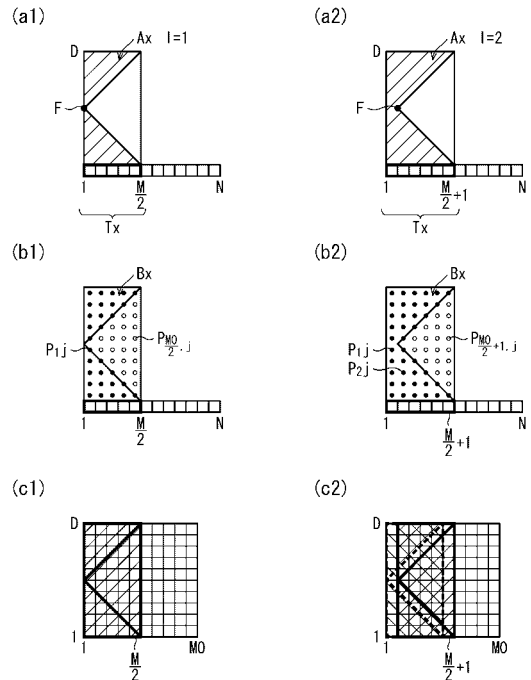




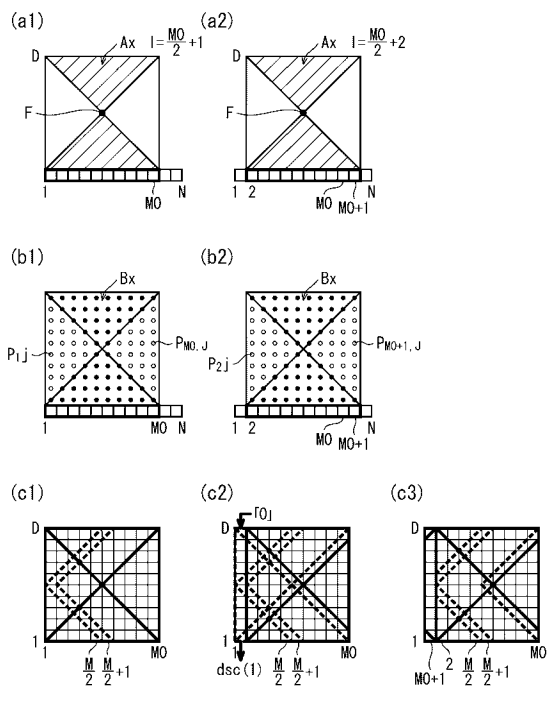
【 図 1 1 】



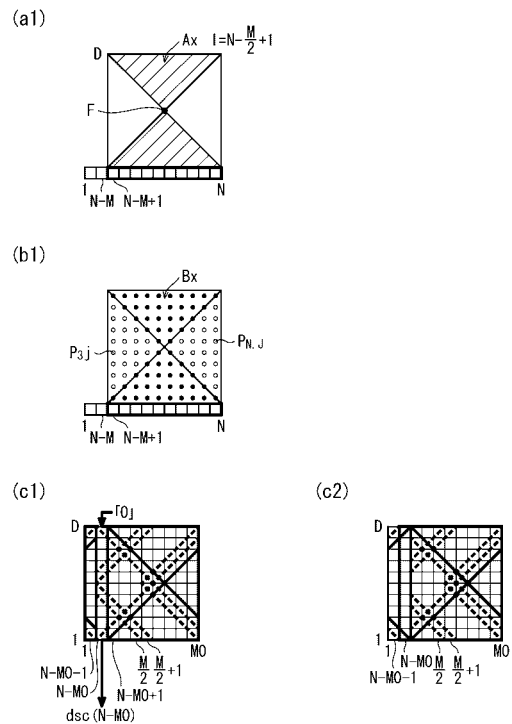
【 図 1 2 】



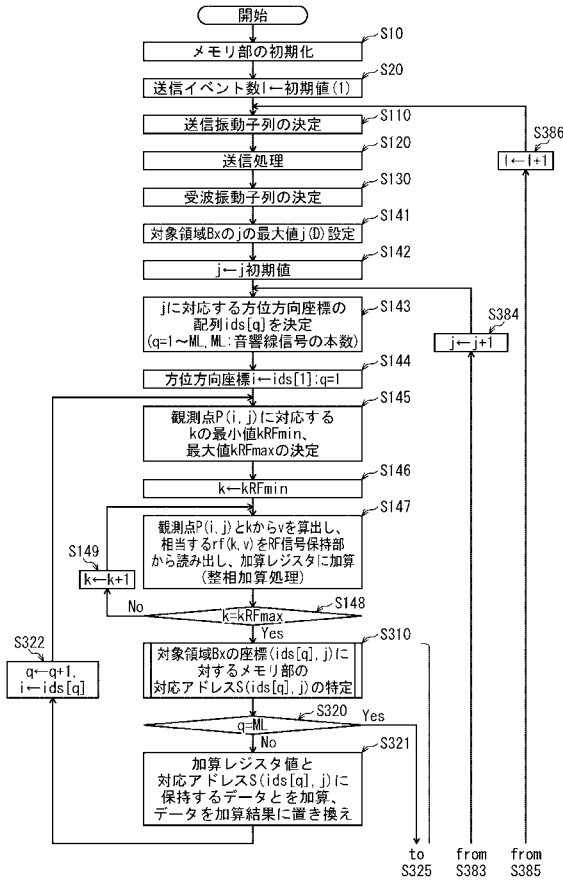
【 図 1 3 】



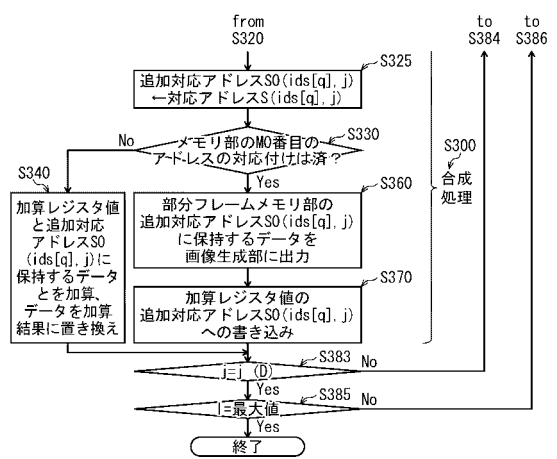
【 図 1 4 】



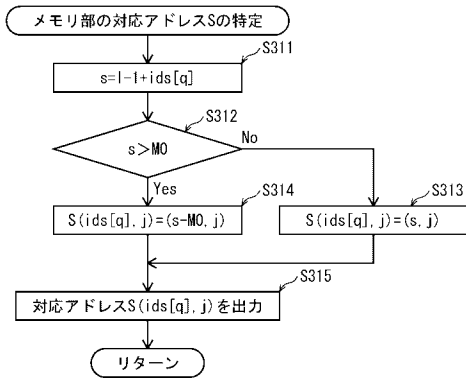
【 図 1 5 】



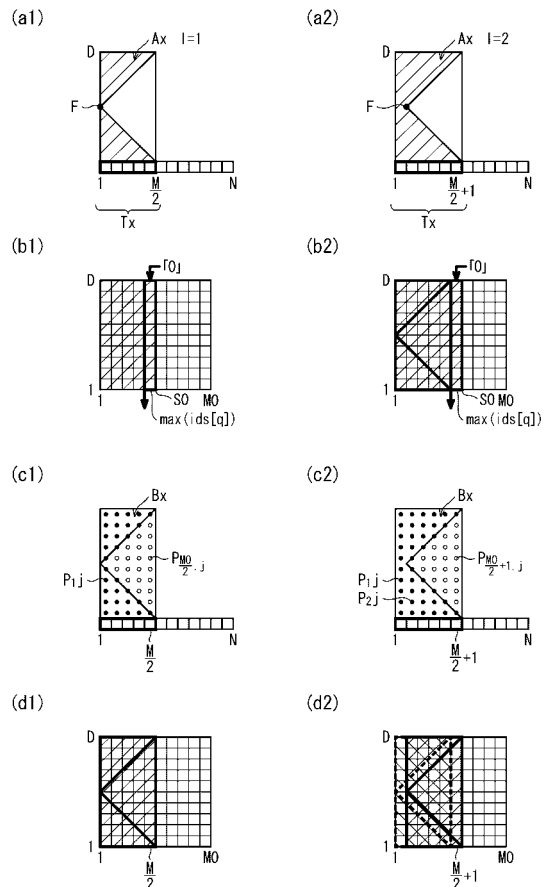
【 図 1 6 】



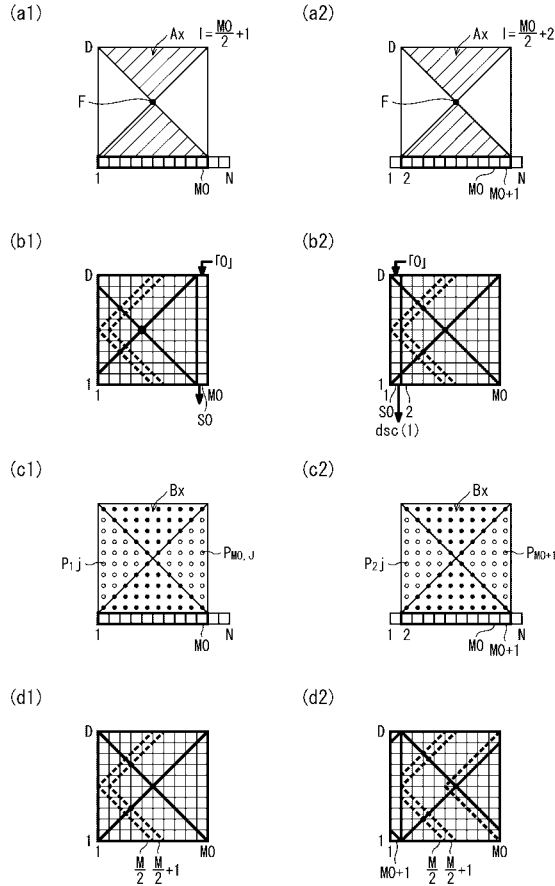
【 図 1 7 】



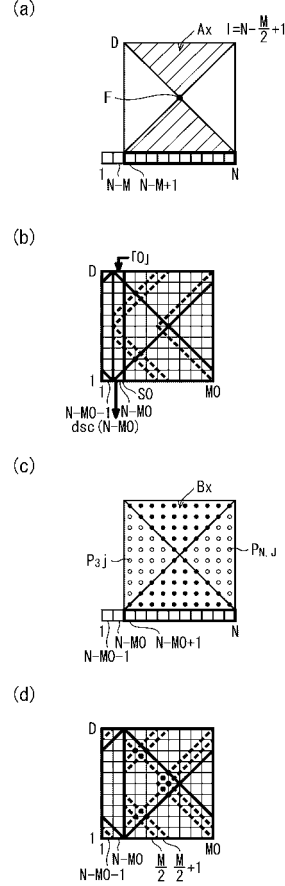
【 図 1 8 】



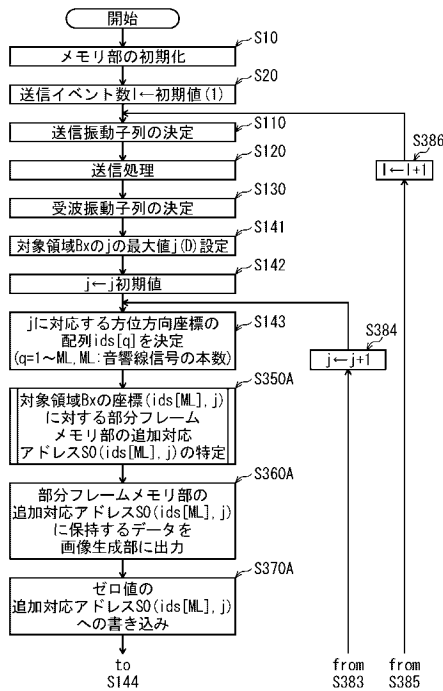
【図 19】



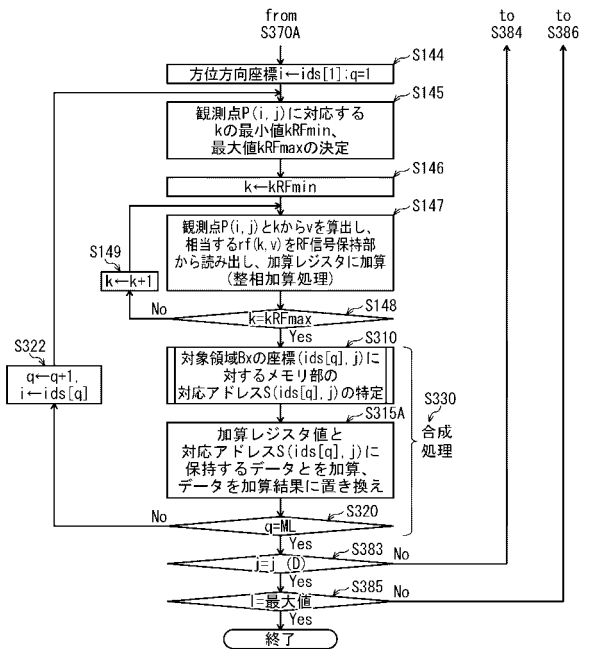
【図 20】



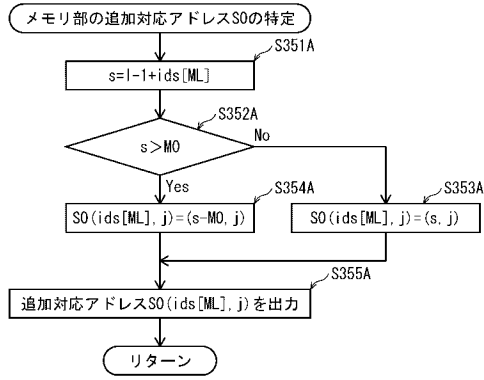
【図 21】



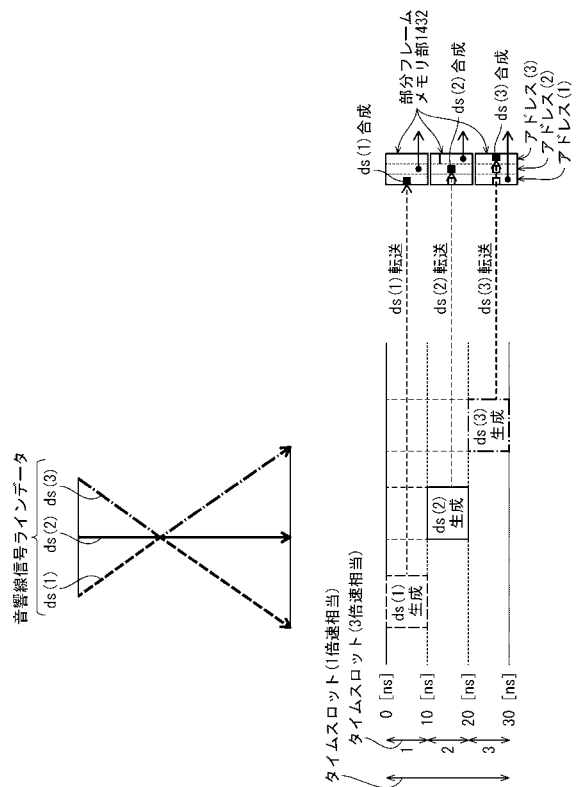
【図 22】



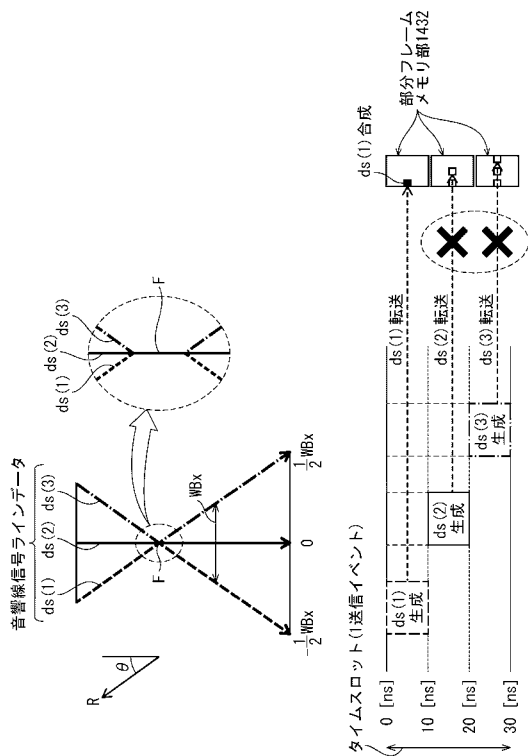
【 図 2 3 】



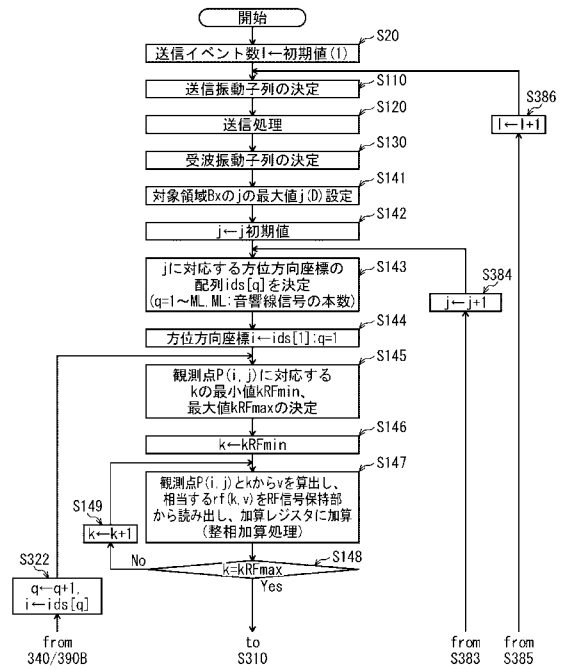
【 図 2 4 】



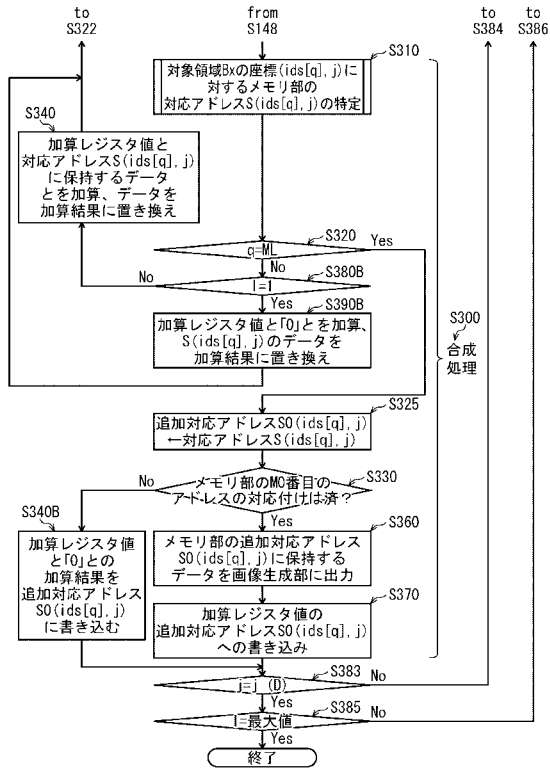
【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



|                |  |         |            |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声波信号处理方法和超声波信号处理装置  |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2019062984A</a>  | 公开(公告)日 | 2019-04-25 |
| 申请号            | JP2017188491   | 申请日     | 2017-09-28 |
| [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         | 田中隆一郎  |         |            |
| 发明人            | 田中 隆一郎   |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/14   |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/4461 A61B8/5207 A61B8/5223 G01S7/52047 G01S7/52085 G01S15/8915 G01S15/8927 G01S15/8997 G10K11/346 G16H50/30 G06T7/0014 G06T2207/10132 G06T2207/30004 |         |            |
| FI分类号          | A61B8/14   |         |            |
| F-TERM分类号      | 4C601/EE12 4C601/HH14 4C601/HH28 4C601/HH38 4C601/JB03   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>  |         |            |

摘要(译)

本发明的一个目的是减少使用合成孔径方法的接收波束形成器所需的存储容量。接收波束形成器140使用在方位方向上具有N个换能器的超声波探头，并且是划分为由方位方向上的M0 (M0≤N) 和深度方向上的D组成的地址的部分。与声线信号相关联的对应地址S中的数据，包括帧存储单元1432，将与传输事件同步获得的声线信号数据与部分帧存储单元1432的地址相关联。以及组合单元143，其组合针对每个传输事件获得的多个声线信号数据，以生成在方位方向上具有N条线的声线信号帧数据。[选中图]图3

