(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6406019号
(P6406019)
(45)発行日　平成30年10月17日(2018.10.17)　(24)登録日　平成30年9月28日(2018.9.28)

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

請求項の数 22　(全 37 頁)

(21)出願番号　特願2015-2804(P2015-2804)
(22)出願日　平成27年1月9日(2015.1.9)
(65)公開番号　特開2016-127876(P2016-127876A)
(43)公開日　平成28年7月14日(2016.7.14)
審査請求日　平成29年6月20日(2017.6.20)

(73)特許権者　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　ナカジマ知的財産綜合事務所
(72)発明者　津島　峰生
東京都千代田区丸の内二丁目７番２号　コニカミノルタ株式会社内

審査官　永田　浩司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波信号処理装置、及び超音波診断装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波し、受波した反射超音波に基づいて生成される複数のサブフレーム音響線信号に基づきフレーム音響線信号を合成する超音波信号処理装置であって、
１回の送信イベントにおいて前記複数の振動子の中から一部の振動子列である第１の振動子列が選択されて当該第１の振動子列から被検体に向けて超音波送信され、複数回繰り返される各送信イベントにおいて選択される前記第１の振動子列が列方向に順次移動するように制御されている送信部と、
各送信イベントに同期して前記複数の振動子の中から前記第１の振動子列の少なくとも一部を含む振動子列である第２の振動子列を選択し、当該第２の振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記第２の振動子列中の振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、
各送信イベントに対して前記サブフレーム音響線信号を生成する被検体内の対象領域を決定する対象領域決定部と、
各送信イベントに対して前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射超音波に基づく前記受信信号列を整相加算することにより、前記サブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、
複数の送信イベントから得られた前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき前記フレ

ーム音響線信号を合成する合成部と、
反射超音波に基づき被検体像の動き量を検出する検出部とを備え、
前記検出部が、所定の閾値以上の動き量を検出したとき、前記対象領域決定部は、前記対象領域の前記振動子列方向の幅を、前記動き量が前記所定の閾値未満の場合の幅よりも小さくし、前記合成部による前記フレーム音響線信号内の一つの観測点に対する音響線信号の合成に寄与するサブフレーム音響線信号の数を減少させる
超音波信号処理装置。
【請求項２】
前記合成部は、異なる送信イベントに対して生成された複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる各観測点に対する音響線信号を前記観測点の位置を指標として加算することにより前記フレーム音響線信号を合成する
請求項１に記載の超音波信号処理装置。
【請求項３】
前記検出部は、合成され記録媒体に保持されている複数のフレーム音響線信号に基づき動き量を検出する
請求項１又は２に記載の超音波信号処理装置。
【請求項４】
前記検出部は、前記合成され記録媒体に保持されている複数のフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する複数の音響線信号の値の差分に基づき動き量を検出する
請求項３に記載の超音波信号処理装置。
【請求項５】
前記フレーム音響線信号の合成に用いられる前記複数のサブフレーム音響線信号が生成されるべき前記対象領域は、前記複数のサブフレーム音響線信号間で同一である
請求項３に記載の超音波信号処理装置。
【請求項６】
前記検出部は、生成され記録媒体に保持されている複数のサブフレーム音響線信号に基づき動き量を検出し、
前記対象領域決定部は、送信イベントに対して前記動き量が前記所定の閾値以上であるとき前記振動子列方向の幅を減じた前記対象領域を決定する
請求項１から２の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項７】
前記検出部は、前記複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する複数の音響線信号の値の差分に基づき動き量を検出する
請求項６に記載の超音波信号処理装置。
【請求項８】
前記対象領域決定部が、一回の送信イベントに対して前記振動子列方向の幅を減じた前記対象領域を決定したとき、前記合成部は、各送信イベントに対して生成された複数のサブフレーム音響線信号を、前記一回の送信イベントより前の送信イベントに対して生成されたサブフレーム音響線信号の値を０とする
請求項６に記載の超音波信号処理装置。
【請求項９】
前記合成部は、さらに、各サブフレーム音響線信号に含まれる各観測点に対する音響線信号を、前記観測点の位置を指標として加算することにより前記フレーム音響線信号を合成する
請求項８に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１０】
前記合成部は、異なる送信イベントに対して生成された複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号を加算して前記フレーム音響線信号を合成する
請求項２又は８の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項１１】
前記対象領域決定部は、前記動き量が前記閾値以上であるとき前記振動子列方向の幅を最小にして前記対象領域を決定する
請求項１から７の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１２】
前記対象領域決定部は、前記動き量が前記閾値未満であって、直前の送信イベントに対して決定された前記対象領域の前記振動子列方向の幅が最大値未満であるとき、前記振動子列方向の幅を増加した前記対象領域を決定する
請求項１から７の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１３】
前記対象領域決定部は、前記動き量が前記閾値未満であって、直前の送信イベントに対して決定した前記対象領域の前記振動子列方向の幅が最大値であるとき、前記振動子列方向の幅を前記最大値とした前記対象領域を決定する
請求項１から７の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１４】
前記対象領域決定部は、前記動き量が前記閾値以上であるとき、前記第１の振動子列の列中心を通り前記振動子列に垂直な線状の領域を決定する
請求項１から７の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１５】
前記動き量が大きいほど、異なる送信イベントに対して生成された複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号の数が減少する
請求項１から１３の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１６】
さらに、前記フレーム音響線信号の合成において前記フレーム音響線信号に含まれる各音響線信号の合成において加算が行われた回数に応じて決定した増幅率を当該各音響線信号に乗じる増幅処理部を備えた
請求項２、８、９又は１０の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１７】
前記対象領域は、前記第１の振動子列が接触する被検体表面を底辺とする砂時計形状の領域であり、前記増幅率は被検体深さ方向において変化する
請求項１６に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１８】
前記増幅処理部は、前記対象領域の前記振動子列方向の幅が大きいほど前記増幅率は前記深さ方向において大きく変化する
請求項１６又は１７の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項１９】
前記整相加算の対象となる受信信号列を取得する振動子の列の列中心は、前記受信信号列生成と同期した送信イベントが行われた前記第１の振動子列の列中心と合致する
請求項１から１８の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項２０】
前記整相加算の対象となる受信信号列を取得する振動子の列の列中心は、前記整相加算の対象となる観測点に最も空間上近接する振動子と合致する
請求項１から１８の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。
【請求項２１】
さらに、前記整相加算の対象となる受信信号列を取得する振動子の列の列中心おいて、重みが最大となるよう前記振動子列中の各振動子に対する重み数列を算出する重み算出部を備え、
前記整相加算部は、前記振動子列を構成する各振動子に対応する受信信号列から同定される受信信号値に、前記各振動子に対する重みを乗じて加算する
請求項１から１８の何れか１項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項２２】
前記超音波プローブが接続可能に構成された、
請求項１から２１の何れか１項に記載の超音波信号処理装置を備えた
超音波診断装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、超音波信号処理装置、及びそれを用いた超音波診断装置に関し、特に、超音波信号処理装置におけるビームフォーミング処理に関する。
【背景技術】
【０００２】
超音波診断装置は、超音波プローブ（以後、「プローブ」とする）により被検体内部に超音波を送信し、被検体組織の音響インピーダンスの差異により生じる超音波反射波（エコー）を受信する。さらに、この受信から得た電気信号に基づいて、被検体の内部組織の構造を示す超音波断層画像を生成し、モニタ（以後、「表示部」とする）上に表示するものである。超音波診断装置は、被検体への侵襲が少なく、リアルタイムに体内組織の状態を断層画像などで観察できるため、生体の形態診断に広く用いられている。
【０００３】
従来の超音波診断装置では、受信した反射超音波に基づく信号の受信ビームフォーミング方法として、一般的に整相加算法と呼ばれる方法が使用されている（例えば、非特許文献１）。
図２４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に対応づけられ、電気信号に対して増幅処理、Ａ／Ｄ変換処理、遅延処理を行う遅延部２０２１、複数の遅延部２０２１からの出力信号をアボダイゼーションと呼ばれる重みを乗じて加算する加算部２０２２とを有している。この受信ビームフォーマ部２０２は、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２０２２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観測点と各振動子２０１ａとの距離に基づいて算出されることが一般である。
【０００４】
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$d_m$、超音波の音速をｃｓ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（$d_m$／ｃｓ-$d_c$／ｃｓ）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。任意の深さの観測点Ｐに対して振動子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から振動子ｍでの反射波の到達時刻を導出することできる。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。この受信ビームフォーミング方法では、放射された超音波が被検体内のある深さにおいてその波面が集まる送信フォーカス点近傍では、分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を得ることができる。
【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００５】
【非特許文献１】伊東正安、望月剛共著「超音波診断装置」コロナ社出版、２００２年８月２６日（Ｐ４２－Ｐ４５）

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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、送信フォーカス点近傍から離れた超音波照射領域では高画質な画像を得ることが難しいという課題があった。また、被検体の体動やプローブ移動等動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトが発生する場合がある。

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、モーションアーチファクトを抑制し、かつ分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を生成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】

【０００７】

本発明の一態様に係る超音波信号処理装置は、超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波し、受波した反射超音波に基づいて生成される複数のサブフレーム音響線信号に基づきフレーム音響線信号を合成する超音波信号処理装置であって、１回の送信イベントにおいて前記複数の振動子の中から一部の振動子列である第１の振動子列が選択されて当該第１の振動子列から被検体に向けて超音波送信され、複数回繰り返される各送信イベントにおいて選択される前記第１の振動子列が列方向に順次移動するように制御されている送信部と、各送信イベントに同期して前記複数の振動子の中から前記第１の振動子列の少なくとも一部を含む振動子列である第２の振動子列を選択し、当該第２の振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記第２の振動子列中の振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、各送信イベントに対して前記サブフレーム音響線信号を生成する被検体内の対象領域を決定する対象領域決定部と、各送信イベントに対して前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射等音波に基づく前記受信信号列を整相加算することにより、前記サブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、複数の送信イベントから得られた前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき前記フレーム音響線信号を合成する合成部と、反射超音波に基づき被検体像の動き量を検出する検出部とを備え、前記検出部が、所定の閾値以上の動き量を検出したとき、前記対象領域決定部は、前記対象領域の前記振動子列方向の幅を、前記動き量が前記所定の閾値未満の場合の幅よりも小さくし、前記合成部による前記フレーム音響線信号内の一つの観測点に対する音響線信号の合成に寄与するサブフレーム音響線信号の数を減少させることを特徴とする。

【発明の効果】

【０００８】

本発明の一態様に係る超音波信号処理装置及びそれを用いた超音波診断装置によれば、モーションアーチファクトを抑制し、かつ分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を生成できる。

【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の構成を示す機能ブロック図である。

【図２】送信ビームフォーマ部１０３による超音波送信波の伝播経路を示す模式図である。

【図３】受信ビームフォーマ部１０４の構成を示す機能ブロック図である。

【図４】検出部１０９における動き量の検出方法の一例を示す模式図である。

【図５】動き量の変化に伴う対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅の変化を示す模式図である。

【図６】整相加算部１０４１の構成を示す機能ブロック図である。

【図７】受信開口設定部１０４２により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８】送信開口Ｔｘから放射され対象領域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Ｒｉ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。
【図９】合成部１０４９の構成を示す機能ブロック図である。
【図１０】加算処理部１０４９１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】合成音響線信号における最大重畳数を示す模式図であり、（ａ）は動き量が小さい場合、（ｂ）は動き量が大きい場合を示す例である。
【図１２】増幅処理部１０４９２における増幅処理の概要を示す模式図であり、（ａ）は動き量が小さい場合、（ｂ）は動き量が大きい場合を示す例である。
【図１３】受信ビームフォーマ部１０４のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。
【図１４】受信ビームフォーマ部１０４における対象領域Ｂｘの設定理動作を示すフローチャートである。
【図１５】受信ビームフォーマ部１０４における観測点Ｐｉｊについての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。
【図１６】受信ビームフォーマ部１０４における観測点Ｐｉｊについての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。
【図１７】超音波診断装置１００より合成したフレーム音響線信号に基づくＢモード画像を示す写真である。
【図１８】超音波診断装置１００において増幅処理を行わない処理方法により合成したフレーム音響線信号に基づくＢモード画像を示す写真である。
【図１９】変形例に係る超音波診断装置の受信開口設定部１０４２Ａにより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２０】変形例に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。
【図２１】変形例に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部における観測点Ｐｉｊについての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。
【図２２】実施の形態２に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部１０４Ａの構成を示す機能ブロック図である。
【図２３】受信ビームフォーマ部１０４Ａのビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。
【図２４】従来の超音波信号処理装置における受信ビームフォーマ部２０２の動作を説明するための模式図である。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
≪発明を実施するための形態に至った経緯≫
発明者は超音波診断装置において、超音波画像における分解能及び信号Ｓ／Ｎ比を向上させるために各種の検討を行った。
非特許文献１に記載の、従来の超音波診断装置では、一般に、複数の振動子によって行われる被検体への超音波送信が行われる際、被検体のある深さで超音波ビームがフォーカスを結ぶよう送信ビームフォーミングがなされる。このとき、観測点Ｐが送信フォーカス点近傍にある場合には、送信フォーカス点近傍では超音波ビームは絞り込まれているので超音波ビームの分解能は高まり、また、空間エネルギー密度が高いために得られる反射超音波の信号Ｓ／Ｎ比（対象観測点Ｐから放射されたエコー信号をＳ、それ以外の領域からの信号をＮとする）も高くなる。その結果、得られる音響線信号の分解能及び信号Ｓ／Ｎ比が高く高画質な超音波画像を得ることができる。他方、観測点Ｐが送信超音波ビームの中心軸上に位置する場合であっても、送信フォーカス点近傍から離れた位置にある場合に

は、得られる音響線信号の分解能及び信号Ｓ／Ｎ比が低く高画質な超音波画像を得ることが難しい。

【００１１】

また、従来の超音波診断装置では、送信超音波ビームの中心軸上に観測点Ｐを設定するために、超音波照射範囲中、送信超音波ビームの中心軸上に位置する観測点Ｐからの反射超音波だけに基づき受信ビームフォーミングが行われることとなる。そのため、１回の超音波送信イベントから送信超音波ビームの中心軸上にある１本若しくは少数本のの音響線信号しか生成することができず、超音波の利用効率が悪いという課題も存在する。

【００１２】

これに対して、合成開口法(Synthetic Aperture Method)により、送信フォーカス点近傍以外の領域においても分解能の高い、高画質な画像を得る受信ビームフォーミング方法が考案されている（例えば、非特許文献２）。この方法によれば、超音波送信波の伝播経路と、その伝播経路による反射波の振動子への到達時間の両方を加味した遅延制御を行うことで、送信フォーカス点近傍以外に位置する超音波照射領域からの反射超音波も反映した受信ビームフォーミングを行うことができる。その結果、１回の超音波送信イベントから超音波照射領域全体に対して音響線信号を生成することができる。また、合成開口法では、複数の送信イベントから得た同一観測点Ｐに対する複数の受信信号をもとに仮想的に送信フォーカスを合わせることで、非特許文献１記載の受信ビームフォーミング方法と比較して、分解能及び信号Ｓ／Ｎ比の高い超音波画像を得ることが可能となる。

【００１３】

しかしながら、合成開口法を用いた受信ビームフォーミング方法においては、被検体の体動やプローブ移動等の被検体と振動子との間の相対的な動きがある場合、動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトが発生しやすい。非特許文献１記載の従来の受信ビームフォーミング方法では、通常１本若しくは少数本の音響線信号を並設させてフレーム超音波画像を構成する。そのため、体動やプローブ移動に起因するモーションアーチファクトによる画質低下は相対的に小さい。

【００１４】

これに対し、合成開口法では、複数の送信イベントから得た同一観測点Ｐに対する複数の受信信号からフレーム超音波画像を合成するので、送信イベントの最中や送信イベント間に体動やプローブ移動がある場合には、本来重なるべき同一観測点Ｐに対する複数の受信信号が示す画像の位置に変動が生じる。その結果、合成開口法固有の画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトが発生し、十分な画像品質が得られない場合があった。

【００１５】

そこで、発明者は、上記課題に鑑み、合成開口法による受信ビームフォーミング方法おいて、分解能及び信号Ｓ／Ｎ比の高い超音波画像を生成とモーションアーチファクトの抑制とを両立する技術について検討を行い、実施の形態に係る超音波信号処理方法及びそれを用いた超音波診断装置に想到するに至ったものである。

以下、実施の形態に係る超音波画像処理方法及びそれを用いた超音波診断装置について図面を用いて詳細に説明する。

【００１６】

≪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。

図１は、実施の形態１に係る超音波診断システム１０００の機能ブロック図である。図１に示すように、超音波診断システム１０００は、被検体に向けて超音波を送信しその反射波の受信する複数の振動子１０１ａを有するプローブ１０１、プローブ１０１に超音波の送受信を行わせプローブ１０１からの出力信号に基づき超音波画像を生成する超音波診断装置１００、超音波画像を画面上に表示する表示部１０６を有する。プローブ１０１、表示部１０６は、それぞれ、超音波診断装置１００に各々接続可能に構成されている。図

１は超音波診断装置１００に、プローブ１０１、表示部１０６が接続された状態を示している。なお、プローブ１０１と、表示部１０６とは、超音波診断装置１００の内部にあってもよい。

【００１７】

＜超音波診断装置１００の構成＞

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

【００１８】

このうち、マルチプレクサ部１０２、送信ビームフォーマ部１０３、受信ビームフォーマ部１０４、超音波画像生成部１０５は、超音波信号処理装置１５０を構成する。

超音波診断装置１００を構成する各要素、例えば、マルチプレクサ部１０２、送信ビームフォーマ部１０３、受信ビームフォーマ部１０４、超音波画像生成部１０５、制御部１０８は、それぞれ、例えば、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ）、ＡＳＩＣ（Ａｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｇｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）などのハードウェア回路により実現される。あるいは、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）やＧＰＧＰＵ（Ｇｅｎｅｒａｌ－Ｐｕｒｐｏｓｅ ｃｏｍｐｕｔｉｎｇ ｏｎ Ｇｒａｐｈｉｃｓ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。

【００１９】

データ格納部１０７は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、ＭＯ、ＤＶＤ、ＤＶＤ－ＲＡＭ、半導体メモリ等を用いることができる。また、データ格納部１０７は、超音波診断装置１００に外部から接続された記憶装置であってもよい。

なお、本実施の形態に係る超音波診断装置１００は、図１で示した構成の超音波診断装置に限定されない。例えば、マルチプレクサ部１０２が不要な構成もあるし、プローブ１０１に送信ビームフォーマ部１０３や受信ビームフォーマ部１０４、またその一部などが内蔵される構成であってもよい。

【００２０】

＜超音波診断装置１００の主要部の構成＞

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

【００２１】

以下、送信ビームフォーマ部１０３と、受信ビームフォーマ部１０４の構成について説明する。

１．送信ビームフォーマ部１０３

送信ビームフォーマ部１０３は、マルチプレクサ部１０２を介してプローブ１０１と接続され、プローブ１０１から超音波の送信を行うためにプローブ１０１に存する複数の振動子１０１ａの全てもしくは一部に当たる送信振動子列からなる送信開口Ｔｘに含まれる複数の振動子の各々に対する高電圧印加のタイミングを制御する。送信ビームフォーマ部１０３は送信部１０３１から構成される。

【００２２】

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

【００２３】

送信部１０３１は、超音波送信ごとに送信開口Ｔｘを列方向に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。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。

【００２４】

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

送信ビームフォーマ部１０３において、送信開口Ｔｘの中心に位置する振動子ほど送信タイミングを遅らせるように各振動子の送信タイミングを制御することにより、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（Ｆｏｃａｌ　ｄｅｐｔｈ）において、波面がある一点で送信フォーカス点Ｆ（Ｆｏｃａｌ　ｐｏｉｎｔ）があう状態となる。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。すなわち、送信開口Ｔｘで放射された超音波は、しだい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（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。

【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１０４０、イベン

トごと整相加算部１０４１、対象領域決定部（以後、「決定部」とする）１１０、検出部１０９、合成部１０４９を備える。

【００２６】

以下、受信ビームフォーマ部１０４を構成する各部の構成について説明する。

（１）受信部１０４０

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

【００２７】

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

送信イベントでは、上述のとおり、送信部１０３１は、プローブ１０１に存する複数の振動子１０１ａ中、送信開口Ｔｘに含まれる複数の振動子の各々に超音波ビームを送信させる。これに対し、受信部１０４０は、送信イベントに同期してプローブ１０１に存する複数の振動子１０１ａの一部又は全部にあたる振動子の各々が得た反射超音波に基づいて、各振動子に対する受信信号の列を生成する。ここで、反射超音波を受信する振動子を「受波振動子」と称呼する。受波振動子の数は、送信開口Ｔｘに含まれる振動子の数よりも多いことが好ましい。また、受波振動子の数はプローブ１０１に存する振動子１０１ａの全数としてもよい。

【００２８】

送信部１０３１は、送信イベントに同期して送信開口Ｔｘ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に存する複数の振動子１０１ａ全体から超音波送信を行う。受信部１０４０は、送信イベントに同期して各受波振動子に対する受信信号の列を生成し、生成された受信信号はデータ格納部１０７に保存される。

（２）検出部１０９

検出部１０９は、合成されデータ格納部１０７に保持されている複数のフレーム音響線信号を入力として画像解析を行い、複数のフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出する回路である。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。この動き量の検出は、例えば、少なくとも２フレームのフレーム音響線信号を比較し、フレーム音響線信号内の１又は複数の画素からなる各画像領域の信号強度や輝度の差異を検出することで行ことができる。画像解析の対象となるフレーム音響線信号には、合成されデータ格納部１０７に保持されているフレーム音響線信号のうち、合成された時刻が新しい少なくとも２フレームのフレーム音響線信号を選択することが好ましい。例えば、合成された最新の連続する２フレームのフレーム音響線信号のうち、新しい方を対象フレーム音響線信号とし、古い方を対比フレーム音響線信号として選択してもよい。

【００２９】

本実施の形態では、検出部１０９は、データ格納部１０７から取得した取得時間の異なる２フレームのフレーム音響線信号が示す信号強度、又は輝度などをフレーム間差分することによりフレーム音響線信号における動き量を検出する。

なお、検出部１０９は、フレーム音響線信号に代えて、フレーム音響線信号に基づきゲイン処理、対数変換等を施してフレームの超音波画像信号に処理した輝度信号に基づいて動き量を検出する構成としてもよい。　図４は、検出部１０９における動き量の検出方法の一例を示す模式図である。図４に示すように、検出部１０９は、データ格納部１０７から、過去に合成された対象フレーム音響線信号ＡｆとＡｆよりさらに過去に合成された対比フレーム音響線信号Ｂｆを読み出し、１又は複数の画素からなる同一の画素領域間で例

えば信号強度又は輝度情報についてフレーム間で差分を行う。具体的には、対象フレーム音響線信号Ａｆをブロックと呼ばれる細かい例えば矩形の着目画像領域$A_{(1,1)}$～$A_{(n,m)}$（ｎ、ｍは整数）に分割し、そして、着目画像領域$A_{(i,j)}$（１≦ｉ≦ｎ、１≦ｊ≦ｍ）と比較対象となる対比フレーム音響線信号Ｂｆの対比画像領域$B_{(i,j)}$（１≦ｉ≦ｎ、１≦ｊ≦ｍ）とをブロックごとに対比して両画素領域内の平均信号強度（例えば、輝度）の差分を算出する。この差分が大きいほど両フレーム音響線信号の同一画素領域間の動き量が大きいとみなすことができる。この画素領域毎の動き量を、対象フレーム音響線信号Ａｆ上において$A_{(1,1)}$から$A_{(n,m)}$を着目画素領域として算出したのち、これらを累積して対象フレーム音響線信号Ａｆに含まれる各画素領域の動き量累積値を算出する。

【００３０】

また、動き量の検出には、既存の他の技術を適用することができる。例えば、各画像領域の移動方向、及び、移動量を検出する方法として、ブロックマッチング処理を用いることができる。ブロックマッチング処理では、対象フレーム音響線信号Ａｆを例えば矩形の着目画像領域$A_{(1,1)}$～$A_{(n,m)}$に分割し、そして、着目画像領域$A_{(i,j)}$と対比フレーム音響線信号Ｂｆ内の対比画像領域$B_{(1,1)}$～$B_{(an,bm)}$（ａ、ｂは係数）とをブロックごとに対比して、例えば相互相関処理を行い類似度を算出する。また、画像領域内の画素同士の信号強度又は輝度の差分の累積値が小さいほど画像領域間の類似度は高く画像領域同士の相関は高いとしてもよい。画像領域$A_{(i,j)}$と相関が高い対比画像領域$B_{(i,j)}$との位置関係から、画像領域$A_{(i,j)}$の移動方向及び移動量を算出する。

【００３１】

また、オプティカルフロー検出処理を用いることができる。オプティカルフローとは、時間的に異なるフレーム間の各画素における速度ベクトルである。勾配法を用いたオプティカルフロー検出処理では、信号強度又は輝度勾配がフレーム間で変化する方向を、画像上の局所領域での明るさの変化は小さく移動前後の信号強度値又は輝度値は不変であるとの仮定のもとに算出してオプティカルフローを検出し、これを用いて画像上の特徴点の位置変化を求める。

【００３２】

なお、何れの処理においても、動き量を検出するフレームは、連続したフレームである必要はなく、一定時間隔てたフレーム同士を比較しても構わない。

算出されたフレーム音響線信号の動き量は決定部１１０に出力される。

（３）決定部１１０

決定部１１０は、被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成を行う領域を示す対象領域内Ｂｘを決定する。ここで、「対象領域」とは、送信イベントに同期して被検体内においてサブフレーム音響線信号の生成が行われるべき信号上の領域であり、対象領域Ｂｘ内の観測点Ｐｉｊについて音響線信号が生成される。対象領域Ｂｘは、音響線信号の生成が行われる観測対象点の集合として、１回の送信イベントに同期して計算の便宜上決定される。

【００３３】

また、１回の送信イベントから生成される対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊに対する音響線信号の集合を「サブフレーム音響線信号」と称呼する。なお、「サブフレーム」とは、１回の送信イベントで得られ、対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊに対応するまとまった信号を形成する単位をさす。取得時間の異なる複数のサブフレームを合成したものがフレームとなる。

【００３４】

決定部１１０は、送信イベントに同期して、送信ビームフォーマ部１０３から取得する送信開口Ｔｘの位置を示す情報と、検出部１０９から取得する被検体像の動きを示す動き量とに基づき対象領域内Ｂｘを決定する。

図５は、動き量の変化に伴う対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅の変化を示す模式図である。図５に示すように、対象領域Ｂｘの範囲は、超音波照射領域Ａｘの内部に存在するよう決定される。そして、決定部１１０は、動き量が所定の閾値以上であるとき振動子１０

１ａの列方向に沿った幅を減じた対象領域Ｂｘを決定する。

【００３５】

動き量が所定の閾値以上に大きい場合に、対象領域Ｂｘの振動子列方向に沿った幅を減じる理由は、後述する合成部１０４９において、フレーム音響線信号を合成する際に、加算に用いられる複数のサブフレーム音響線信号中、同一位置の観測点に対する音響線信号を含むサブフレーム音響線信号の数を減少するためである。その結果、動き量が大きいときに、フレーム音響線信号の合成に用いられるサブフレーム音響線信号間における被検体の受信振動子に対する相対的ズレを減少でき、動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトを抑制できる。

【００３６】

また、動き量が所定の閾値未満であるとき列方向に沿った幅を増した対象領域Ｂｘを決定する。本実施の形態では、動き量が所定の閾値以上であるとき砂時計形状をした対象領域Ｂｘの上辺と底辺の長さを所定値に減少し、動き量が所定の閾値以上であるとき対象領域Ｂｘの上辺と底辺の長さを送信イベントに同期して漸増する構成としている。

動き量が所定の閾値以上であるとき対象領域Ｂｘの長さを所定値に減少する構成としているのは、超音波検査中に、所定の閾値以上の動き量が検出された場合に即座に対象領域Ｂｘを減じて超音波画像における画像ボケや虚像等のモーションアーチファクト抑制するためである。

【００３７】

他方、動き量が所定の閾値以上であるとき対象領域Ｂｘの長さを送信イベントに同期して漸増する構成としているのは、対象領域Ｂｘの急激な拡大を防止し超音波画像におけるチラツキを防止するためである。

また、上記構成において、決定部１１０は送信イベントにおいて得られた動き量が所定の閾値以上である場合に、列方向の幅を最小にした対象領域を決定するようにしてもよい。このとき、対象領域Ｂｘは、振動子列の列中心を通り前記列に垂直な線状の領域であってもよい。また、列方向の幅を最小にした対象領域Ｂｘの列方向の幅は、振動子列の列中心に位置する振動子１個の幅と等価となるよう構成してもよい。超音波検査中に、所定の閾値以上の動き量が検出された場合に即座に対象領域Ｂｘを最小値に減じることができモーションアーチファクト抑制の応答性をより一層向上し、検査者の使い勝手を向上することができる。

【００３８】

しかしながら、動き量が所定の閾値以上であるとき、対象領域Ｂｘの長さを送信イベントに同期して漸減する構成としてもよい。対象領域Ｂｘの急激な減少を防止し超音波画像におけるチラツキを改善することができる。

また、動き量に基づく対象領域Ｂｘの幅の増減は、複数の閾値を用いて多段階に対象領域Ｂｘの幅を減少する構成としてもよい。より一層きめ細かい制御が可能となり、モーションアーチファクトの抑制とチラツキの抑制とをバランスすることができる。

【００３９】

なお、対象領域Ｂｘは、本実施の形態では、超音波照射領域Ａｘの形状に類似した形状となるよう送信振動子列が接触する被検体表面を底辺とする砂時計形状の領域とした。超音波照射領域Ａｘのほぼ全域に観測点を設定することができ照射された超音波の利用効率を向上することができるからである。

しかしながら、対象領域Ｂｘの形状は、砂時計形状に限定されず他の形状としてもよい。例えば、送信振動子列から平行波による超音波送信が行われる場合等においては、対象領域Ｂｘの形状は、送信振動子列が接触する被検体表面を底辺とする矩形形状としてもよい。この場合も、超音波照射領域Ａｘのほぼ全域に観測点を設定することができ照射された超音波の利用効率を向上することができる。

【００４０】

決定された対象領域Ｂｘは整相加算部１０４１に出力される。

（４）整相加算部１０４１

整相加算部１０４１は、送信イベントに同期して対象領域Ｂｘ内に存する複数の観測点Ｐｉｊ各々について、観測点から各受信振動子Ｒｉが受信した受信信号列を整相加算する。そして、各観測点における音響線信号の列を算出することによりサブフレーム音響線信号を生成する回路である。図６は、整相加算部１０４１の構成を示す機能ブロック図である。図６に示すように、整相加算部１０４１は、受信開口設定部１０４２、送信時間算出部１０４３、受信時間算出部１０４４、遅延量算出部１０４５、遅延処理部１０４６、重み算出部１０４７、及び加算部１０４８を備える。

【００４１】

以下、整相加算部１０４１を構成する各部の構成について説明する。

ｉ）受信開口設定部１０４２

受信開口設定部１０４２は、制御部１０８からの制御信号と、送信ビームフォーマ部１０３からの送信開口Ｔｘの位置を示す情報とに基づき、プローブ１０１に存する複数の振動子の一部に当たり、列中心が送信開口Ｔｘに含まれる振動子列の列中心と合致する振動子列（受信振動子列）を受信振動子として選択して受信開口Ｒｘを設定する回路である。

【００４２】

受信開口設定部１０４２は、列中心が観測点Ｐに最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口Ｒｘ振動子列を選択する。図７は、受信開口設定部１０４２により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７に示すように、受信開口Ｒｘ振動子列の列中心が、観測点Ｐｉｊに最も空間的に近接する振動子Ｘｉと合致するように受信開口Ｒｘ振動子列が選択される。そのため、受信開口Ｒｘの位置は、観測点Ｐｉｊの位置によって定まり、送信イベントに同期して送信イベントに同期して変動する送信開口Ｔｘの位置に基づいては変化しない。すなわち、異なる送信イベントであっても、同一位置にある観測点Ｐｉｊ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内の受信振動子Ｒｉ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。

【００４３】

また、超音波照射領域全体からの反射波を受信するために、受信開口Ｒｘ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Ｔｘ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Ｒｘを構成する振動子列の数は、例えば３２、６４、９６、１２８、１９２等としてもよい。

受信開口Ｒｘの設定は、送信イベントに対応して、送信イベントと同じ回数だけ行われる。また、受信開口Ｒｘの設定は、送信イベントに同期して漸次行われる構成であってもよく、あるいは、全ての送信イベントが終了した後に、各送信イベントに対応した受信開口Ｒｘの設定が送信イベントの回数分まとめて行われる構成であってもよい。

【００４４】

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

データ格納部１０７は、受信開口Ｒｘの位置を示す情報と受信振動子に対応する受信信号とを、送信時間算出部１０４３、受信時間算出部１０４４、遅延処理部１０４６、重み算出部１０４７に出力する。

【００４５】

ｉｉ）送信時間算出部１０４３

送信時間算出部１０４３は、送信された超音波が被検体中の観測点Ｐに到達する送信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部１０７から取得した、送信開口Ｔｘに含まれる振動子の位置を示す情報と、決定部１１０から取得した超音波照射領域Ａｘ内に存在する対象領域Ｂｘの位置を示す情報とに基づき対象領域Ｂｘ内に存在する任意の観測点Ｐｉｊについて、送信された超音波が被検体中の観測点Ｐｉｊに到達する送信時間を算出する。

【００４６】

図８は、送信開口Ｔｘから放射され対象領域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Ｒｉ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。

送信開口Ｔｘ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にて波面が集まり、再び、拡散する中で観測点Ｐｉｊに到達し、観測点Ｐｉｊで音響インピーダンスに変化があれば反射波を生成し、その反射波がプローブ１０１における受信開口Ｒｘ内の受信振動子Ｒｉに戻っていく。送信フォーカス点Ｆは送信ビームフォーマ部１０３の設計値として規定されているので、送信フォーカス点Ｆから任意の観測点Ｐｉｊまでの経路４０２の長さは幾何学的に算出することができる。

【００４７】

送信時間算出部１０４３は、１回の送信イベントに対し、超音波照射領域Ａｘ内に存在する対象領域Ｂｘ内の全ての観測点Ｐｉｊについて、送信された超音波が被検体中の観測点Ｐｉｊに到達する送信時間を算出して遅延量算出部１０４５に出力する。

ｉｉｉ）受信時間算出部１０４４

受信時間算出部１０４４は、観測点Ｐからの反射波が、受信開口Ｒｘに含まれる受信振動子Ｒｉの各々に到達する受信時間を算出する回路である。送信イベントに対応して、データ格納部１０７から取得した受信振動子Ｒｉの位置を示す情報と、決定部１１０から取得した対象領域Ｂｘの位置を示す情報とに基づき対象領域Ｂｘ内に存在する任意の観測点Ｐｉｊについて、送信された超音波が被検体中の観測点Ｐｉｊで反射され受信開口Ｒｘの各受信振動子Ｒｉに到達する受信時間を算出する。

【００４８】

上述のとおり、観測点Ｐｉｊに到達した送信波は、観測点Ｐｉｊで音響インピーダンスに変化があれば反射波を生成し、その反射波がプローブ１０１における受信開口Ｒｘ内の各受信振動子Ｒｉに戻っていく。受信開口Ｒｘ内の各受信振動子Ｒｉの位置情報はデータ格納部１０７から取得されるので、任意の観測点Ｐｉｊから各受信振動子Ｒｉ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。

【００４９】

受信時間算出部１０４４は、１回の送信イベントに対し、対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊについて、送信された超音波が観測点Ｐｉｊで反射して各受信振動子Ｒｉに到達する受信時間を算出して遅延量算出部１０４５に出力する。

ｉｖ）遅延量算出部１０４５

遅延量算出部１０４５は、送信時間と受信時間とから受信開口Ｒｘ内の各受信振動子Ｒｉ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Ｒｉに対する受信信号の列に適用する遅延量を算出する回路である。遅延量算出部１０４５は、送信時間算出部１０４３から送信された超音波が観測点Ｐｉｊに到達する送信時間と、観測点Ｐｉｊで反射して各受信振動子Ｒｉ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Ｒｉへ到達するまでの総伝播時間を算出し、各受信振動子Ｒｉに対する総伝播時間の差異により、各受信振動子Ｒｉに対する遅延量を算出する。遅延量算出部１０４５は、対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊについて、各受信振動子Ｒｉに対する受信信号の列に適用する遅延量を算出して遅延処理部１０４６に出力する。

【００５０】

ｖ）遅延処理部１０４６

遅延処理部１０４６は、受信開口Ｒｘ内の受信振動子Ｒｉに対する受信信号の列から、各受信振動子Ｒｉに対する遅延量に相当する受信信号を、観測点Ｐｉｊからの反射超音波に基づく各受信振動子Ｒｉに対応する受信信号として同定する回路である。

遅延処理部１０４６は、送信イベントに対応して、受信開口設定部１０４２から受信振動子Ｒｉの位置を示す情報、データ格納部１０７から受信振動子Ｒｉに対応する受信信号、決定部１１０から取得した対象領域Ｂｘの位置を示す情報、遅延量算出部１０４５から各受信振動子Ｒｉに対する受信信号の列に適用する遅延量を入力として取得する。そして、各受信振動子Ｒｉに対応する受信信号の列から、各受信振動子Ｒｉに対する遅延量を差引いた時間に対応する受信信号を観測点Ｐｉｊからの反射波に基づく受信信号として同定

し、加算部１０４８に出力する。

【００５１】

ｖｉ）重み算出部１０４７

重み算出部１０４７は、受信開口Ｒｘ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Ｒｉ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５に示すように、重み数列は受信開口Ｒｘ内の各振動子に対応する受信信号に適用される重み係数の数列である。重み数列は、送信フォーカス点Ｆを中心として対称な分布をなす。重み数列の分布の形状は、ハミング窓、ハニング窓、矩形窓などを用いることができ、分布の形状は特に限定されない。重み数列は、受信開口Ｒｘ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Ｒｘｏと一致する。重み算出部１０４７は、受信開口設定部１０４２から出力される受信振動子Ｒｉの位置を示す情報を入力として、各受信振動子Ｒｉに対する重み数列を算出し加算部１０４８に出力する。

【００５２】

ｖｉｉ）加算部１０４８

加算部１０４８は、遅延処理部１０４６から出力される各受信振動子Ｒｉ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Ｐｉｊ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１０４７から出力される各受信振動子Ｒｉに対する重み数列を入力として、各受信振動子Ｒｉに対応して同定された受信信号に、各受信振動子Ｒｉに対する重みを乗じて加算して、観測点Ｐｉｊに対する音響線信号を生成する構成としてもよい。遅延処理部１０４６において受信開口Ｒｘ内に位置する各受信振動子Ｒｉが検出した受信信号の位相を整えて加算部１０４８にて加算処理をすることにより、観測点Ｐｉｊからの反射波に基づいて各受信振動子Ｒｉで受信した受信信号を重ね合わせてその信号Ｓ／Ｎ比を増加し、観測点Ｐｉｊからの受信信号を抽出することができる。

【００５３】

１回の送信イベントとそれに伴う処理から、超音波照射領域Ａｘ内に存在する対象領域Ｂｘ内の全ての観測点Ｐｉｊ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Ｔｘ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。

【００５４】

また、フレーム音響線信号を構成する観測点ごとの合成された音響線信号を、以後、「合成音響線信号」と称呼する。

加算部１０４８により、送信イベントに同期して対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊに対するサブフレームの音響線信号が生成される。生成されたサブフレームの音響線信号は、データ格納部１０７に出力され保存される。

【００５５】

（５）合成部１０４９

合成部１０４９は、送信イベントに同期して生成されるサブフレーム音響線信号からフレーム音響線信号を合成する回路である。図９は、合成部１０４９の構成を示す機能ブロック図である。図９に示すように、合成部１０４９は、加算処理部１０４９１、増幅処理部１０４９２を備える。

【００５６】

以下、合成部１０４９を構成する各部の構成について説明する。

ｉ）加算処理部１０４９１

加算処理部１０４９１は、フレーム音響線信号を合成するための一連のサブフレーム音響線信号の生成が終了したのち、データ格納部１０７に保持されている複数のサブフレーム音響線信号を読み出す。そして、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取

得された観測点Ｐｉｊの位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を加算することにより、各観測点に対する合成音響線信号を生成してフレーム音響線信号を合成する。そのため、複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号は加算されて合成音響線信号が生成される。

【００５７】

図１０は、加算処理部１０４９１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Ｔｘ）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超音波照射領域Ａｘ内に設定される対象領域Ｂｘも送信イベントごとに同一方向に漸次位置が異なる。複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点Ｐｉｊの位置を指標として加算することにより、全ての対象領域Ｂｘを網羅したフレーム音響線信号が合成される。

【００５８】

また、位置の異なる複数の対象領域Ｂｘにまたがって存在する観測点Ｐｉｊについては、各サブフレーム音響線信号における音響線信号の値が加算されるので、合成音響線信号は、跨りの程度に応じて大きな値を示す。以後、観測点Ｐｉｊが異なる対象領域Ｂｘ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。

【００５９】

図１１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り、（ａ）は動き量が小さい場合、（ｂ）は動き量が大きい場合を示す例である。図１１（ａ）に示すように、動き量が小さい場合には最大重畳数は増加し、本例では最大値ｐｍａｘとなる。他方、動き量が大きい場合には最大重畳数は減少し、本例では最大値ｐｍａｘよりも小さいｑとなる。これは、動き量が大きい場合には、振動子列方向に沿った幅を減じた対象領域Ｂｘが設定されるので重畳数は減少するのに対し、動き量が小さい場合には、振動子列方向に沿った幅を増した対象領域Ｂｘが設定されるので重畳数が増加することに基づく。その結果、動き量に応じて合成音響線信号の信号強度の値は変化する。

【００６０】

また、本実施の形態では、対象領域Ｂｘは砂時計形状の領域としている。そのため、図１１（ａ）（ｂ）に示すように、重畳数及び最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、合成音響線信号の値も同様に深さ方向において変化する。

なお、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点Ｐｉｊの位置を指標として加算する際に、観測点Ｐｉｊの位置を指標として重みづけしながら加算してもよい。

【００６１】

合成されたフレーム音響線信号は増幅処理部１０４９２に出力される。

ｉｉ）増幅処理部１０４９２

上述のとおり、合成音響線信号の値は動き量に応じて変化する。また、被検体の深さ方向においても変化する。これを補うために、増幅処理部１０４９２は、フレーム音響線信号に含まれる合成音響線信号の合成において、加算が行われた回数に応じて決定した増幅率を各合成音響線信号に乗じる増幅処理を行う。

【００６２】

図１２は、増幅処理部１０４９２における増幅処理の概要を示す模式図であり、（ａ）は動き量が小さい場合、（ｂ）は動き量が大きい場合を示す例である。図１２（ａ）（ｂ）に示すように、最大重畳数は被検体の深さ方向において変化するので、この変化を補うように、最大重畳数に応じて決定された被検体深さ方向において変化する増幅率が合成音響線信号に乗じられる。このとき、増幅処理部１０４９２は、対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅が大きいほど被検体深さ方向において大きく変化する増幅率を用いる。これにより、深さ方向における重畳数の変化に伴う合成音響線信号の変動要因は解消され、増幅処理後の合成音響線信号の値は深さ方向において均一化が図られる。

【００６３】
　また、重畳数に応じて決定された振動子列方向において変化する増幅率を合成音響線信号に乗じる処理を行ってもよい。振動子列方向において重畳数が変化する場合に、その変動要因を解消し、振動子列方向において増幅処理後の合成音響線信号の値の均一化が図られる。
　なお、生成した各観測点に対する合成音響線信号に増幅処理を施した信号をフレーム音響線信号としてもよい。
【００６４】
　＜動作について＞
　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１３は、受信ビームフォーマ部１０４のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。
　先ず、ステップＳ１０１において、送信部１０３１は、プローブ１０１に存する複数の振動子１０１ａ中送信開口Ｔｘに含まれる各振動子に超音波ビームを送信させるための送信信号を供給する送信処理（送信イベント）を行う。
【００６５】
　次に、ステップＳ１０２において、受信部１０４０は、プローブ１０１での超音波反射波の受信から得た電気信号に基づき受信信号を生成しデータ格納部１０７に出力し、データ格納部１０７に受信信号を保存する。プローブ１０１に存する全ての振動子１０１ａから超音波送信が完了したか否かを判定する（ステップＳ１０３）。そして、完了していない場合にはステップＳ１０１に戻り、送信開口Ｔｘを列方向に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Ｓ２０１に進む。
【００６６】
　次に、ステップＳ２０１において、検出部１０９は、合成されデータ格納部１０７に保持されている複数のフレーム音響線信号に基づき、複数のフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出し決定部１１０に出力する。
　次に、ステップＳ２０２において、決定部１１０は、送信イベントに同期して、送信開口Ｔｘの位置を示す情報と動き量とに基づき対象領域内Ｂｘを決定する。１回目のループでは初回の送信イベントにおける送信開口Ｔｘから求められる超音波照領域Ａｘ内の対象領域内Ｂｘが決定される。
【００６７】
　ここで、ステップＳ２０２における、観測点Ｐｉｊについて対象領域内Ｂｘを決定処理の動作について説明する。図１４は、受信ビームフォーマ部１０４における対象領域の設定理動作を示すフローチャートである。まず、決定部１１０は、送信イベントに同期して、送信ビームフォーマ部１０３からの送信開口Ｔｘの位置を示す情報と、検出部１０９から被検体像の動きを示す動き量とを取得する（ステップＳ２０２１）。動き量が所定の閾値以上であるか否かを判定し（ステップＳ２０２２）、閾値以上である場合には、振動子列方向に沿った幅を、例えば所定の最小値とした対象領域Ｂｘを決定し（ステップＳ２０２３）、ステップＳ２０２７に進む。閾値未満である場合には、現在の対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅が設定可能な最大値であるか否かを判定する（ステップＳ２０２４）。最大値である場合には、振動子列方向に沿った幅を最大値に維持した対象領域Ｂｘを決定し（ステップＳ２０２５）、ステップＳ２０２７に進む。最大値ではない場合には、振動子列方向に沿った幅を漸増した対象領域Ｂｘを決定し（ステップＳ２０２６）、ステップＳ２０２７に進む。ステップＳ２０２７では、決定された対象領域Ｂｘが整相加算部１０４１に出力される。
【００６８】
　このように、動き量が所定の閾値以上であるとき対象領域Ｂｘの幅を所定の最小値に減少することにより、所定の閾値以上の動き量が検出された場合に即座に対象領域Ｂｘを減じることができ、超音波画像における画像ボケや虚像等のモーションアーチファクト抑制の応答性を向上することができる。

他方、動き量が所定の閾値未満であるときは対象領域Ｂｘの幅を送信イベントに同期して漸増することにより、対象領域Ｂｘの急激な拡大を防止し超音波画像におけるチラツキを防止することができる。

【００６９】

次に、図１３に戻り、観測点同期型ビームフォーミング処理（ステップＳ２０（Ｓ２０４～Ｓ２１１））に進む。ステップＳ２０では、まず、観測点Ｐｉｊの位置を示す座標ｉｊを対象領域内Ｂｘ内の最小値に初期化し（ステップＳ２０５、Ｓ２０６）、受信開口設定部１０４２は、列中心が観測点Ｐｉｊに最も空間的に近接する振動子Ｘｉと合致するよう受信開口Ｒｘ振動子列を選択する（ステップＳ２０４）。

【００７０】

次に、観測点Ｐｉｊについて音響線信号を生成する（ステップＳ２０７）。

ここで、ステップＳ２０７における、観測点Ｐｉｊについて音響線信号を生成する動作について説明する。図１５は、受信ビームフォーマ部１０４における観測点Ｐｉｊについての音響線信号生成動作を示すフローチャートである。図１６は、受信ビームフォーマ部１０４における観測点Ｐｉｊについての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。

【００７１】

先ず、ステップＳ２０７１において、送信時間算出部１０４３は、対象領域Ｂｘ内に存在する任意の観測点Ｐｉｊについて、送信された超音波が被検体中の観測点Ｐｉｊに到達する送信時間を算出する。送信時間は、幾何学的に定まる受信開口Ｒｘ内の受信振動子Ｒｉから送信フォーカス点Ｆを経由して観測点Ｐｉｊに至る経路（４０１＋４０２）の長さを超音波の音速ｃｓで除することにより算出できる。

【００７２】

次に受信開口Ｒｘから求められる受信開口Ｒｘ内の受信振動子Ｒｉの位置を示す座標ｉを受信開口Ｒｘ内の最小値に初期化し（ステップＳ２０７２）、送信された超音波が被検体中の観測点Ｐｉｊで反射され受信開口Ｒｘの受信振動子Ｒｉに到達する受信時間を算出する（ステップＳ２０７３）。受信時間は、幾何学的に定まる観測点Ｐｉｊから受信振動子Ｒｉまでの経路４０３の長さを超音波の音速ｃｓで除することにより算出できる。さらに、送信時間と受信時間の合計から、送信開口Ｔｘから送信された超音波が観測点Ｐｉｊで反射して受信振動子Ｒｉに到達するまでの総伝播時間を算出し（ステップＳ２０７４）、受信開口Ｒｘ内の各受信振動子Ｒｉに対する総伝播時間の差異により、各受信振動子Ｒｉに対する遅延量を算出する（ステップＳ２０７５）。

【００７３】

受信開口Ｒｘ内に存在する全ての受信振動子Ｒｉについて遅延量の算出を完了したか否かを判定し（ステップＳ２０７６）、完了していない場合には座標ｉをインクリメント（ステップＳ２０７７）して、更に受信振動子Ｒｉについて遅延量の算出し（ステップＳ２０７３）、完了している場合にはステップＳ２０７８に進む。この段階では、受信開口Ｒｘ内に存在する全ての受信振動子Ｒｉについて観測点Ｐｉｊからの反射波到達の遅延量が算出されている。

【００７４】

ステップＳ２０７８において、遅延処理部１０４６は、受信開口Ｒｘ内の受信振動子Ｒｉに対応する受信信号の列から、各受信振動子Ｒｉに対する遅延量を差引いた時間に対応する受信信号を観測点Ｐｉｊからの反射波に基づく受信信号として同定する。

次に、重み算出部１０４７は、受信開口Ｒｘ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Ｒｉに対する重み数列を算出する（ステップＳ２０７９）。加算部１０４８は、各受信振動子Ｒｉに対応して同定された受信信号に、各受信振動子Ｒｉに対する重みを乗じて加算して、観測点Ｐｉｊに対する音響線信号を生成し（ステップＳ２１７０）、生成された観測点Ｐｉｊについて音響線信号はデータ格納部１０７に出力され保存される（ステップＳ２１７１）。

【００７５】

次に、図１３に戻り、座標ｉｊをインクリメントしてステップＳ２０７を繰り返すことにより、対象領域Ｂｘ内の座標ｉｊに位置する全ての観測点Ｐｉｊ（図１６中の「・」）について音響線信号が生成される。対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊについて音響線信号の生成を完了したか否かを判定し（ステップＳ２０８、Ｓ２１０）、完了していない場合には座標ｉｊをインクリメント（ステップＳ２０９、Ｓ２１１）して、観測点Ｐｉｊについて音響線信号を生成し（ステップＳ２０７）、完了した場合にはステップＳ２１３に進む。この段階では、１回の送信イベントに伴う対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊについてのサブフレームの音響線信号が生成され、データ格納部１０７に出力され保存されている。

【００７６】

次に、全ての送信イベントについて、サブフレームの音響線信号の生成が終了したか否かを判定し（ステップＳ２１３）、終了していない場合には、ステップＳ２０５に戻り、観測点Ｐｉｊの位置を示す座標ｉｊ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内の最小値に初期化し（ステップＳ２０５、Ｓ２０６）、受信開口Ｒｘを設定する（ステップＳ２０４）し、終了している場合にはステップＳ３０１に進む。

【００７７】

次に、ステップＳ３０１において、加算処理部１０４９１は、データ格納部１０７に保持されている複数のサブフレーム音響線信号を読み出し、観測点Ｐｉｊの位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を加算して各観測点Ｐｉｊに対する合成音響線信号を生成してフレーム音響線信号を合成する。次に、増幅処理部１０４９２は、フレーム音響線信号に含まれる各合成音響線信号の加算回数に応じて決定された増幅率を各合成音響線信号に乗じ（ステップＳ３０２）、増幅されたフレーム音響線信号を、超音波画像生成部１０５及びデータ格納部１０７に出力し（ステップＳ３０３）処理を終了する。

【００７８】

＜画質改善の評価＞

１．モーションアーチファクト

超音波診断装置１００における超音波画像の画質改善効果について、フレーム音響線信号に基づき超音波画像生成部１０５で生成したＢモード画像を表示部１０６に表示させて確認した。

その結果、超音波診断装置１００では、動き量が大きい場合から小さい場合まで、画像ボケの少ない明瞭な画像が得られており、モーションアーチファクトが抑制され、かつ分解能が高く雑音をより抑制した超音波画像が得られることを確認した。

【００７９】

上述のとおり、超音波診断装置１００における決定部１１０では、動き量が所定の閾値以上に大きい場合に、対象領域Ｂｘの振動子列方向に沿った幅を減じる構成を採る。これにより、加算処理部１０４９１において、フレーム音響線信号を合成する際に、加算に用いられる複数のサブフレーム音響線信号中、同一位置の観測点に対する音響線信号を含むサブフレーム音響線信号の数を減少できる。そして、同一観測点を含むサブフレームの数を減少することは、同一観測点に関して加算される音響線信号取得の基礎となった送信イベントの回数を減らすことを意味する。

【００８０】

上述のとおり、送信イベントはイベントごとに送信開口Ｔｘを列方向に漸次移動させながら超音波送信を繰り返し時系列に行われる。そのため、動き量が大きいときに送信イベントの回数を減らすことは、各送信イベント間での被検体の受信振動子に対する相対移動量を減少させることとなる。そのため、フレーム音響線信号の合成に用いられるサブフレーム音響線信号間での被検体の受信振動子に対する相対的ズレを減少でき、動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトを抑制できる。

【００８１】

すなわち、動き量が所定の閾値以上に大きい場合に、対象領域Ｂｘの振動子列方向に沿った幅を減じる構成を採ることにより、被検体の体動やプローブ移動等の被検体と振動子

との間の相対的な動きがある場合に、動きに起因する画像ボケや虚像等モーションアーチファクトの発生を抑制することができる。

２．増幅処理による効果

次に、超音波診断装置１００における増幅処理による画質改善効果をＢモード画像表示から評価した。

【００８２】

図１７は、超音波診断装置１００より合成したフレーム音響線信号に基づくＢモード画像を示す写真である。各Ｂモード画像の横方向は振動子列方向、横方向は被検体深さ方向である。Ｂモード画像の上部の数値ＴＸＡＰは、砂時計形状の対象領域Ｂｘの底辺の振動子列方向の幅をその幅に相当する振動子数で示した数値である。図１８は、超音波診断装置１００において増幅処理を行わない処理方法により合成したフレーム音響線信号に基づくＢモード画像を示す写真である。

【００８３】

図１８では、ＴＸＡＰの数値が小さいほど、Ｂモード画像の縦方向により明確な複数の濃度の段差が発生していることがわかる（図中の矢印部分）。すなわち、動き量が大きいほど、より明確な濃度の段差が発生している。この段差は、対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅が被検体深さ方向に沿って変わる境界位置に対応しており、対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅が狭まったことに起因して輝度上の段差が発生しているものと推定される。図１８と、増幅処理を施した図１７に示すＢモード画像とを比較することにより、超音波診断装置１００では、増幅処理を行うことにより動き量が大きい場合においても被検体の深さ方向に生じる濃度の段差が目立たなくなることが確認できる。

【００８４】

＜効　果＞

以上、説明したように本実施の形態に係る超音波診断装置１００によれば、合成開口法により、異なる送信イベントにより生成された同一位置にある観測点Ｐについての音響線信号に重ね合わせて合成する。これにより、複数の送信イベントに対して送信フォーカス点Ｆ以外の深度にある観測点Ｐにおいても、仮想的に送信フォーカスを行った効果が得られ空間分解能と信号Ｓ／Ｎ比を向上することができる。

【００８５】

また、超音波診断装置１００では、送信イベントに同期してフレーム音響線信号から動き量を検出してその大きさを判定し、動き量が所定の閾値以上である場合にサブフレーム音響線信号が生成されるべき領域を示す対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅を所定の最小値に減少する処理を行う。これにより、フレーム音響線信号から閾値以上の動き量が検出された場合に、フレーム音響線信号を合成するために使われるサブフレーム音響線信号の数を減じることができ、合成開口法固有の動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトを抑制することができる。

【００８６】

また、超音波診断装置１００は、送信開口Ｔｘから送信された超音波が送信フォーカス点Ｆを経由して超音波照領域Ａｘ内の観測点Ｐｉｊで反射され受信開口Ｒｘの受信振動子Ｒｉに到達するまでの総伝播時間を算出して総伝播経路に基づく遅延制御を行なうことで、超音波照領域Ａｘ内に位置する全ての観測点Ｐｉｊについて各点にフォーカスした整相加算を行い、当該点について音響線信号を生成する。これにより、１回の超音波送信イベントから、超音波照射範囲中、送信超音波ビームの中心軸上以外の範囲からの反射超音波に基づいても音響線信号を生成することができ、送信超音波の利用効率を向上することができる。

【００８７】

また、超音波診断装置１００では、受信開口設定部１０４２Ａは、列中心が観測点Ｐに最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口Ｒｘ振動子列を選択し、送信イベントに依存せず観測点Ｐの位置に基づいて、観測点Ｐを中心として対称な受信開口を用いて受信ビームフォーマを行う。そのため、送信フォーカス点Ｆを横軸方向に変化（移動）さ

せる送信イベントに同期せず、受信開口の位置が一定となり、異なる送信イベントにおいても同一の観測点Ｐに対して同一の受信開口にて整相加算を行うことができる。併せて、観測点Ｐからの反射波を、観測点Ｐから距離が小さい振動子ほど大きな重み数列が適用されることができるので、超音波が伝播距離に依存して減衰することを鑑みても、観測点Ｐに対して最も感度よく反射波を受信することができる。その結果、局所的に高い空間分解能と信号Ｓ／Ｎ比を実現できる。

【００８８】

＜変形例１＞

実施の形態１に係る超音波診断装置１００では、受信開口設定部１０４２は、列中心が観測点Ｐに最も空間的に近接する振動子と合致するよう受信開口Ｒｘを選択する構成とした。しかしながら、受信開口Ｒｘの構成は、送信開口Ｔｘから送信された超音波が送信フォーカス点Ｆを経由して超音波照領域Ａｘ内の観測点Ｐｉｊで反射され受信開口Ｒｘの受信振動子Ｒｉに到達するまでの総伝播時間を算出して総伝播経路に基づく遅延制御を行なうことで、超音波照領域Ａｘ内に位置する対象領域Ｂｘ内の全ての観測点Ｐｉｊについての音響線信号を生成するものであればよく、受信開口Ｒｘの構成は適宜変更することができる。

【００８９】

変形例１では、列中心が送信開口Ｔｘ振動子列の列中心と合致する受信開口Ｒｘ振動子列を選択する送信同期型受信開口設定部（以後、「Ｔｘ受信開口設定部」）を備えた点で実施の形態１と相違する。Ｔｘ受信開口設定部以外の構成については、実施の形態１に示した各要素と同じであり、同じ部分については説明を省略する。

図１９は、Ｔｘ受信開口設定部により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。変形例１では、受信開口Ｒｘ振動子列の列中心が送信開口Ｔｘ振動子列の列中心と合致するように受信開口Ｒｘ振動子列が選択される。受信開口Ｒｘの中心軸Ｒｘｏの位置は、送信開口Ｔｘの中心軸Ｔｘｏの位置と同一であり、受信開口Ｒｘは、送信フォーカス点Ｆを中心として対称な開口である。したがって、送信イベントにごとに列方向に移動する送信開口Ｔｘの位置変化に同期して、受信開口Ｒｘの位置も移動する。

【００９０】

また、受信開口Ｒｘの中心軸Ｒｘｏ及び送信開口Ｔｘの中心軸Ｔｘｏ上に位置する振動子に対する重みが最大となるよう受信開口Ｒｘの各受信振動子Ｒｉに対する重み数列（受信アボダイゼーション）は算出される。重み数列は、振動子Ｘｉ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。

【００９１】

＜動作について＞

図２０は、変形例１に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部のビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。本フローチャートでは、図１３における観測点同期型ビームフォーミング処理（ステップＳ２０（Ｓ２０４～Ｓ２１１））に替えて送信同期型ビームフォーミング処理（ステップＳ４０（Ｓ４０４～Ｓ４１１））を行う点にて相違する。ステップＳ４０以外の処理については、図１３と同じであり、同し部分については説明を省略する。

【００９２】

ステップＳ４０の処理において、先ず、ステップＳ４０４では、Ｔｘ受信開口設定部は、送信イベントに対応して列中心が送信開口Ｔｘに含まれる振動子列の列中心と合致する振動子列を受信振動子Ｒｉとして選択して受信開口Ｒｘを設定する。

次に、ステップＳ２０２で算出した対象領域Ｂｘ内の観測点Ｐｉｊの位置を示す座標ｉｊを対象領域Ｂｘ内の最小値に初期化し（ステップＳ４０５、Ｓ４０６）、観測点Ｐｉｊについて音響線信号を生成する（ステップＳ４０７）。図２１は、変形例１に係る受信ビームフォーマ部における観測点Ｐｉｊについての音響線信号生成動作を説明するための模式図である。実施の形態１に関する図１３とは、送信開口Ｔｘと受信開口Ｒｘとの位置関

係が異なる。ステップＳ４０７における処理方法については、図１３におけるステップＳ２０７（図１５におけるステップＳ２０７１～ステップＳ２１７１）と同じである。

【００９３】

座標ｉｊをインクリメントしてステップＳ４０７を繰り返すことにより、対象領域Ｂｘ内の座標ｉｊに位置する全ての観測点Ｐｉｊ（図２１中の「・」）について音響線信号が生成される。対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊについて音響線信号の生成を完了したか否かを判定し（ステップＳ４０８、Ｓ４１０）、完了していない場合には座標ｉｊをインクリメント（ステップＳ４０９、Ｓ４１１）して、観測点Ｐｉｊについて音響線信号を生成し（ステップＳ４０７）、完了している場合にはステップＳ２１３に進む。この段階で、１回の送信イベントに伴う対象領域Ｂｘ内に存在する全ての観測点Ｐｉｊのサブフレームの音響線信号が生成されデータ格納部１０７に出力され保存されている。

【００９４】

全ての送信イベントについて、サブフレームの音響線信号の生成が終了したか否かを判定し（ステップＳ２１３）、終了していない場合には、ステップＳ２０２に戻り、次の送信イベントでの送信開口Ｔｘに対応する対象領域Ｂｘ（ステップＳ２０２）と受信開口Ｒｘを設定する（ステップＳ４０４）し、終了している場合には、ステップＳ３０１に進む。

【００９５】

次に、観測点Ｐｉｊの位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を加算して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し（ステップＳ３０１）、合成における加算回数に応じて決定された増幅率を各合成音響線信号に乗じ（ステップＳ３０２）たのち、超音波画像生成部１０５及びデータ格納部１０７に出力し（ステップＳ３０３）て処理を終了する。

【００９６】

＜効　果＞

以上説明した、変形例１に係る超音波診断装置では、実施の形態１において示した効果のうち観測点同期型の受信開口に関する部分を除いた効果に変えて、以下の効果を奏する。すなわち、変形例１では、Ｔｘ受信開口設定部は送信イベントに対応して列中心が送信開口Ｔｘに含まれる振動子列の列中心と合致する振動子列を受信振動子として選択して受信開口Ｒｘを設定する。そのため、受信開口Ｒｘの中心軸Ｒｘｏの位置は、送信開口Ｔｘの中心軸Ｔｘｏの位置と同一であり、送信イベントにごとに列方向に移動する送信開口Ｔｘの位置変化に同期して、受信開口Ｒｘの位置も変化（移動）する。よって、送信イベントに同期してそれぞれ異なる受信開口にて整相加算を行うことができ、複数の送信イベントにわたって受信時刻は異なるものの、結果としてより一層広い受信開口を用いた受信処理の効果が得られ、広い観測領域で空間分解能を均一にすることができる。

【００９７】

≪実施の形態２≫

実施の形態１に係る超音波診断装置１００では、検出部１０９は、複数のフレーム音響線信号を入力として画像解析を行い複数のフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出する構成とした。しかしながら、検出部１０９は、反射超音波に基づき被検体像の動きを示す動き量を検出するものであればよく、画像解析の対象となる信号はフレーム音響線信号に限られず適宜変更することができる。

【００９８】

実施の形態２に係る超音波診断装置では、動き量検出における画像解析の対象となる信号をサブフレーム音響線信号とし、送信イベントに同期して複数のサブフレーム音響線信号に基づき動き量を検出し、送信イベントに同期してサブフレーム音響線信号に基づく動き量を反映した対象領域Ｂｘを決定する点で実施の形態１と相違する。

＜構　成＞

以下、実施の形態２に係る超音波診断装置について、図面を参照しながら説明する。図２２は、実施の形態２に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部１０４Ａの構成を示

す機能ブロック図である。実施の形態２に係る超音波診断装置は、送信イベントに同期して生成され記録媒体に保持されている複数のサブフレーム音響線信号に基づき複数のフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出する検出部１０９Ａを備える。さらに、送信イベントに同期して検出される動き量に基づき、この動き量が所定の閾値以上であるとき振動子列方向の幅を減じた対象領域Ｂｘを決定する決定部１１０Ａを備え、これらの構成を備えた点に特徴を有する。検出部１０９Ａ、及び決定部１１０Ａ以外の構成については、実施の形態１に示した各要素と同じであり、同し部分については説明を省略する。

【００９９】

（１）検出部１０９Ａ

検出部１０９Ａは、合成されデータ格納部１０７に保持されている複数のフレーム音響線信号を入力として画像解析を行い、複数のサブフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出する回路である。この動き量の検出は、送信イベントに同期して、例えば、２以上のサブフレーム音響線信号を比較し、サブフレーム音響線信号内の１又は複数の画素からなる各画像領域の信号強度や輝度の差異を検出することで行う。画像解析の対象となるサブフレーム音響線信号には、生成されデータ格納部１０７に保持されているサブフレーム音響線信号のうち、生成された時刻が新しい少なくとも２サブフレームのサブフレーム音響線信号を選択することが好ましい。例えば、直近の過去に合成された連続する２サブフレームのサブフレーム音響線信号のうち、新しい方を対象サブフレーム音響線信号とし、古い方を対比サブフレーム音響線信号として選択してもよい。

【０１００】

実施の形態２では、検出部１０９Ａは、データ格納部１０７から取得した２サブフレームのフレーム音響線信号が示す信号強度又は輝度をサブフレーム間で差分することによりサブフレーム音響線信号における動き量を検出する。検出部１０９Ａにおける動き量の検出方法は、検出部１０９での動き量検出方法と同じであり、図４に示す動き量検出方法における画像解析の対象をフレーム音響線信号からサブフレーム音響線信号に変更したものである。

【０１０１】

検出されたサブフレーム音響線信号の動き量は送信イベントに同期して決定部１１０Ａに出力される。

なお、検出部１０９Ａは、サブフレーム音響線信号に代えて、送信イベントに同期して反射超音波に基づき生成され整相加算がなされる前の受信信号列に基づいて動き量を検出する構成としてもよい。

【０１０２】

（２）決定部１１０Ａ

決定部１１０Ａは、送信イベントに同期して送信ビームフォーマ部１０３から取得する送信開口Ｔｘの位置を示す情報と、送信イベントに同期して検出部１０９Ａから取得するサブフレーム音響線信号における被検体像の動きを示す動き量とに基づき対象領域内Ｂｘを決定する。決定部１１０Ａにおける対象領域Ｂｘの範囲の変更は、図５に示される決定部１１０での動き量の変化に伴う対象領域Ｂｘの振動子列方向の幅の変化と同じ方法で行われる。

【０１０３】

上記構成において、決定部１１０Ａは動き量が所定の閾値以上であるとき列方向の幅を最小にした対象領域を決定する構成としてもよい。

決定された対象領域Ｂｘは整相加算部１０４１に出力される。

＜動作について＞

図２３は、受信ビームフォーマ部１０４Ａのビームフォーミング処理動作を示すフローチャートである。本フローチャートでは、図１３における動き量検出処理（ステップＳ２０１）、対象領域決定処理（ステップＳ２０２）に替えて、ステップＳ２０１Ａ及びステップＳ２０２Ａの処理を行う点で相違する。これ以外の処理については、図１３と同じで

あり、同し部分については説明を省略する。

【０１０４】

ステップＳ２０１Ａの処理において、検出部１０９Ａは、合成されデータ格納部１０７に保持されている複数のサブフレーム音響線信号に基づき、複数のサブフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出し決定部１１０Ａに出力する。

次に、ステップＳ２０２Ａにおいて、決定部１１０Ａは、送信イベントに同期して取得する送信開口Ｔｘの位置を示す情報と、送信イベントに同期して検出されるサブフレーム音響線信号間における動き量とに基づき対象領域内Ｂｘを決定する。

【０１０５】

ここで、ステップＳ２０２Ａにおける、対象領域内Ｂｘを決定処理方法は、図１４に示した処理方法（ステップＳ２０２１～Ｓ２０２７）と同じである。決定された対象領域Ｂｘは整相加算部１０４１に出力される。

次に、観測点同期型ビームフォーミング処理（ステップＳ２０（Ｓ２０４～Ｓ２１１））に進む。座標ｉｊをインクリメントしてステップＳ２０７を繰り返すことにより、対象領域Ｂｘ内の座標ｉｊに位置する全ての観測点Ｐｉｊについて音響線信号が生成される。

【０１０６】

全ての送信イベントについて、サブフレームの音響線信号の生成が終了したか否かを判定し（ステップＳ２１３）、終了していない場合には、ステップＳ２０２Ａに戻り、次の送信イベントにおいて、画像解析の対象となる複数のサブフレーム音響線信号を更新し、新たに生成されたサブフレーム音響線信号を含む複数のサブフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出する（ステップＳ２０２Ａ）。そして、新たに検出した動き量と、次の送信イベントでの送信開口Ｔｘの位置に対応するよう対象領域Ｂｘを決定し（ステップＳ２０２Ａ）、受信開口Ｒｘを設定する（ステップＳ４０４）。全ての送信イベントについて、処理を終了している場合には、ステップＳ３０１に進む。

【０１０７】

次に、観測点Ｐｉｊの位置を指標として複数のサブフレーム音響線信号を加算して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し（ステップＳ３０１）、合成における加算回数に応じて決定された増幅率を各合成音響線信号に乗じ（ステップＳ３０２）たのち、超音波画像生成部１０５及びデータ格納部１０７に出力し（ステップＳ３０３）て処理を終了する。

【０１０８】

＜効　果＞

以上、説明したように実施の形態２に係る超音波診断装置によれば、実施の形態１に係る超音波診断装置１００と同様に、合成開口法固有のモーションアーチファクトを抑制し、かつ分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を生成することができる。

さらに、実施の形態２に係る超音波診断装置では、送信イベントに同期して動き量を検出してその大きさを判定し、動き量が所定の閾値以上である場合に対象領域Ｂｘの幅を所定の最小値に減少する処理を行う。これにより、フレーム音響線信号を構成するための複数の送信イベントの途中で閾値以上の動き量が検出された場合に、即座に対象領域Ｂｘを減じることができ超音波画像におけるモーションアーチファクト抑制の応答性を向上することができる。

【０１０９】

＜変形例２＞

実施の形態２に係る超音波診断装置の受信ビームフォーマ部１０４Ａでは、合成部１０４９は、超音波診断装置１００に係る受信ビームフォーマ部１０４と同様に、異なる送信イベントに基づき生成された複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点の位置を指標として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構成としている。

【０１１０】

これに対し、変形例２に係る受信ビームフォーマ部では、決定部１１０Ａが、送信イベ

ントにおいて得られた動き量が所定の閾値以上であることに基づき列方向の幅を減じた対象領域を決定した場合に、合成部１０４９が異なる処理方法による合成音響線信号の合成を行う点に特徴がある。

変形例２に係る受信ビームフォーマ部では、合成部は、決定部１１０Ａが送信イベントにおいて得られた動き量が所定の閾値以上であることに基づき列方向の幅を減じた対象領域を決定した場合に、この送信イベントより前に取得されたサブフレーム音響線信号における音響線信号の値を０とする。さらに、各サブフレーム音響線信号に含まれる音響線信号が取得された観測点の位置を指標として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前記フレーム音響線信号を合成してもよい。

【０１１１】

これにより、フレーム音響線信号を構成するための複数の送信イベントの途中で動き量が変動し対象領域Ｂｘが列方向の幅が減少した場合において、Ｂモード画像の振動子列方向にサブフレーム音響線信号の重ね合わせ回数変動に起因するムラ（縞模様）が発生することを抑制でき、均一な超音波画像を生成することができる。

なお、上記構成において、決定部１１０Ａが送信イベントにおいて得られた動き量が所定の閾値以上であるとき列方向の幅を最小にした対象領域を決定するようにしてもよい。

【０１１２】

＜その他の変形例＞

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

例えば、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。例えば、本発明の超音波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。

【０１１３】

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。

【０１１４】

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。

【０１１５】

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

ＰｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅＧａｔｅＡｒｒａｙ）や、ＬＳＩ内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサー（ＲｅＣｏｎｆｉｇｕｒａｂｌｌｅＰｒｏｃｅｓｓｏｒ）を利用してもよい。

【０１１６】

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術によりＬＳＩに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。

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

【０１１７】

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。

【０１１８】

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。

【０１１９】

また、上記実施の形態においては、プローブは、複数の圧電素子が一次元方向に配列されたプローブ構成を示した。しかしながら、プローブの構成は、これに限定されるものではなく、例えば、複数の圧電変換素子を二次元方向に配列した二次元配列振動子や、一次元方向に配列された複数の振動子を機械的に揺動させて三次元の断層画像を取得する揺動型プローブを用いてもよく、測定に応じて適宜使い分けることができる。例えば、２次元に配列されたプローブを用いた場合、圧電変換素子に電圧を与えるタイミングや電圧の値を個々に変化させることによって、送信する超音波ビームの照射位置や方向を制御することができる。

【０１２０】

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。

【０１２１】

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。

【０１２２】

≪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、超音波プローブに列設された複数の振動子を選択的に駆動して被検体に超音波送信する送信イベントを複数回繰り返すとともに、各送信イベントに同期して被検体から反射超音波を受波し、受波した反射超音波に基づいて生成される複数のサブフレーム音響線信号に基づきフレーム音響線信号を合成する超音波信号処理装置であって、１回の送信イベントにおいて前記複数の振動子の中から一部の振動子列が選択されてその振動子列から被検体に向けて超音波送信され、複数回繰り返される各送信イベントにおいて選択される振動子列が列方向に順次移動するように制御されている送信部と、各送信イベントに同期して前記複数の振動子の中から他の一部の振動子列を選択し、当該他の一部の振動子列が被検体内から受波した反射超音波に基づいて、前記他の一部の振動子列中の振動子各々に対する受信信号列を生成する受信部と、各送信イベントに同期して被検体内において前記サブフレーム音響線信号が生成されるべき対象領域を決定する決定部と、各送信イベントに同期して前記対象領域内の複数の観測点について、各観測点から得られた反射等音波に基づく前記受信信号列を整相加算することにより、前記サブフレーム音響線信号を生成する整相加算部と、複数の送信イベントから得られた前記複数のサブフレーム音響線信号に基づき前記フレーム音響線信号を合成する合成部と、反射超音波に基づき被検体像の動き量を検出する検出部とを備え、前記検出部が、所定の閾値以上の動き量を検出したとき、前記合成部は、前記フレーム音響線信号内の一つの観測点に対する音響線信号（合成音響線信号）の合成に寄与するサブフレーム音響線信号のサブフレーム数を減少させることを特徴とする。係る構成により、モーションアーチファクトを抑制し、かつ分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を生成できる。

【０１２３】

また、別の態様では、前記決定部は、前記動き量が所定の閾値以上であるとき、前記列方向の幅を減じた前記対象領域を決定する構成としてもよい。係る構成により、反射超音波から閾値以上の動き量が検出された場合に、簡易な構成にてフレーム音響線信号内の一つの観測点に対する音響線信号（合成音響線信号）の合成に寄与するサブフレーム音響線信号のサブフレーム数を減じることができ、合成開口法固有の超音波画像における動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトを抑制することができる。

【０１２４】

また、別の態様では、前記合成部は、異なる送信イベントに同期して生成された複数のサブフレーム音響線信号を、各サブフレーム音響線信号に含まれる各観測点に対する音響線信号を前記観測点の位置を指標として加算することにより前記フレーム音響線信号を合成する構成としてもよい。係る構成により、モーションアーチファクトを抑制し、かつ分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を生成できる超音波信号処理装置を簡易な構成にて実現できる。

【０１２５】

また、別の態様では、前記検出部は、合成され記録媒体に保持されている複数のフレーム音響線信号に基づき動き量を検出する構成としてもよい。係る構成により、フレーム音響線信号から閾値以上の動き量が検出された場合に、フレーム音響線信号を合成するために使われるサブフレーム音響線信号の数を減じることができ、合成開口法固有の超音波画像における動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトを抑制することができる。

【０１２６】

また、別の態様では、前記検出部は、前記合成され記録媒体に保持されている複数のフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する複数の超音波信号の値の差分に基づき動き量を検出する構成としてもよい。係る構成により、簡易な構成により複数のフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出することができる。

また、別の態様では、前記フレーム音響線信号の合成に用いられる前記複数のサブフレーム音響線信号が生成されるべき前記対象領域は、前記複数のサブフレーム音響線信号間

で同一である構成としてもよい。係る構成により、フレーム音響線信号を構成するための複数の送信イベントの途中で動き量が変動し対象領域Ｂｘが列方向の幅が減少した場合において、Ｂモード画像の振動子列方向にサブフレーム音響線信号の重ね合わせ回数変動に起因するムラ（縞模様）が発生することを抑制でき、均一な超音波画像を生成することができる。

【０１２７】

また、別の態様では、前記検出部は、生成され記録媒体に保持されている複数のサブフレーム音響線信号に基づき動き量を検出し、前記決定部は、送信イベントに同期して前記動き量が前記所定の閾値以上であるとき前記振動子列方向の幅を減じた前記対象領域を決定する構成としてもよい。係る構成により、フレーム音響線信号を構成するための複数の送信イベントの途中で閾値以上の動き量が検出された場合に、即座に対象領域Ｂｘを減じることができ超音波画像におけるモーションアーチファクト抑制の応答性を向上することができる。

【０１２８】

また、別の態様では、前記検出部は、前記複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する複数の音響線信号の値の差分に基づき動き量を検出する構成としてもよい。係る構成により、簡易な構成により複数のサブフレーム音響線信号間における被検体像の動きを示す動き量を検出することができる。

また、別の態様では、前記決定部が、一回の送信イベントに同期して前記振動子列方向の幅を減じた前記対象領域を決定したとき、前記合成部は、各送信イベントに同期して生成された複数のサブフレーム音響線信号を、前記一回の送信イベントより前の送信イベントに同期して生成されたサブフレーム音響線信号の値を０とする構成としてもよい。また、別の態様では、各サブフレーム音響線信号に含まれる各観測点に対する音響線信号を、前記観測点の位置を指標として加算することにより前記フレーム音響線信号を合成する構成としてもよい。係る構成により、フレーム音響線信号を構成するための複数の送信イベントの途中で動き量が変動し対象領域Ｂｘが列方向の幅が減少した場合において、Ｂモード画像の振動子列方向にサブフレーム音響線信号の重ね合わせ回数変動に起因するムラ（縞模様）が発生することを抑制でき、均一な超音波画像を生成することができる。

【０１２９】

また、別の態様では、前記合成部は、異なる送信イベントに同期して生成された複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号を加算して前記フレーム音響線信号を合成する構成としてもよい。係る構成により、複数の送信イベントに対して送信フォーカス点Ｆ以外の深度にある観測点Ｐにおいても、仮想的に送信フォーカスを行った効果が得られ空間分解能と信号Ｓ／Ｎ比を向上することができる。

【０１３０】

また、別の態様では、前記決定部は、前記動き量が前記閾値以上であるとき前記振動子列方向の幅を最小にして前記対象領域を決定する構成としてもよい。係る構成により、超音波検査中に、所定の閾値以上の動き量が検出された場合に即座に対象領域Ｂｘを減じることができ超音波画像における画像ボケや虚像等のモーションアーチファクト抑制の応答性を向上し使い勝手を向上することができる。

【０１３１】

また、別の態様では、前記決定部は、前記動き量が前記閾値未満であって、直前の送信イベントに同期して決定された前記対象領域の前記振動子列方向の幅が最大値未満であるとき、前記振動子列方向の幅を増加した前記対象領域を決定する構成としてもよい。また、別の態様では、前記決定部は、前記動き量が前記閾値未満であって、直前の送信イベントに同期して決定した前記対象領域の前記振動子列方向の幅が最大値であるとき、前記振動子列方向の幅を前記最大値とした前記対象領域を決定する構成としてもよい。係る構成により、対象領域Ｂｘの急激な拡大を防止し超音波画像におけるチラツキを防止することができる。

【０１３２】

また、別の態様では、前記決定部は、前記動き量が前記閾値以上であるとき、前記第１の振動子列の列中心を通り前記振動子列に垂直な線状の領域を決定する構成としてもよい。係る構成により、合成開口法固有のサブフレーム音響線信号の重ね合わせに起因して生じる、超音波画像における動きに起因する画像ボケや虚像等のモーションアーチファクトを解消することができる。

【０１３３】

また、別の態様では、前記動き量が大きいほど、異なる送信イベントに同期して生成された複数のサブフレーム音響線信号に含まれる同一位置の観測点に対する音響線信号の数が減少する構成としてもよい。係る構成により、合成開口法固有のモーションアーチファクトを抑制することができる。

また、別の態様では、さらに、前記フレーム音響線信号の合成において前記フレーム音響線信号に含まれる各音響線信号の合成において加算が行われた回数に応じて決定した増幅率を当該各音響線信号（合成音響線信号）に乗じる増幅処理部を備えた構成としてもよい。また、別の態様では、前記対象領域は、前記第１の振動子列が接触する被検体表面を底辺とする砂時計形状の領域であり、前記増幅率は被検体深さ方向において変化する構成としてもよい。また、別の態様では、前記増幅処理部は、前記対象領域の前記振動子列方向の幅が大きいほど前記増幅率は前記深さ方向において大きく変化する構成としてもよい。係る構成により、被検体の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。また、増幅処理を行うことにより動き量が大きい場合においても被検体の深さ方向に生じる濃度の段差を目立たなくすることができる。

【０１３４】

また、別の態様では、前記整相加算の対象となる受信信号列を取得する振動子の列の列中心は、前記受信信号列生成と同期した送信イベントが行われた前記第１の振動子列の列中心と合致する構成としてもよい。係る構成により、送信イベントに同期してそれぞれ異なる受信開口にて整相加算を行うことができ、複数の送信イベントにわたって受信時刻は異なるものの、結果としてより一層広い受信開口を用いた受信処理の効果が得られ、広い観測領域で空間分解能を均一にすることができる。

【０１３５】

また、別の態様では、前記整相加算の対象となる受信信号列を取得する振動子の列の列中心は、前記整相加算の対象となる観測点に最も空間上近接する振動子と合致する構成としてもよい。係る構成により、送信フォーカス点Ｆを横軸方向に変化（移動）させる送信イベントに同期せず、受信開口の位置が一定となり、異なる送信イベントにおいても同一の観測点Ｐに対して同一の受信開口にて整相加算を行うことができる。その結果、局所的に高い空間分解能と信号Ｓ／Ｎ比を実現できる。

【０１３６】

また、別の態様では、さらに、前記整相加算の対象となる受信信号列を取得する振動子の列の列中心おいて、重みが最大となるよう前記振動子列中の各振動子に対する重み数列を算出する重み算出部を備え、前記整相加算部は、前記振動子列を構成する各振動子に対応する受信信号列から同定される受信信号値に、前記各振動子に対する重みを乗じて加算する構成としてもよい。係る構成により、受信開口の中央に位置する振動子ほど大きな重み数列が適用されることができるので、感度よく反射波を受信することができる。

【０１３７】

また、別の態様では、前記超音波プローブが接続可能に構成された超音波診断装置としてもよい。係る構成により、モーションアーチファクトを抑制し、かつ分解能が高く雑音をより抑制した高画質な超音波画像を生成できる超音波診断装置を実現できる。

また、別の態様では、前記整相加算部は、送信された超音波が観測点で反射され各振動子に到達するまでの総伝播時間に基づき、前記観測点に対する音響線信号を生成する構成としてもよい。係る構成により、簡易な構成にて整相加算部を実現できる。

【０１３８】

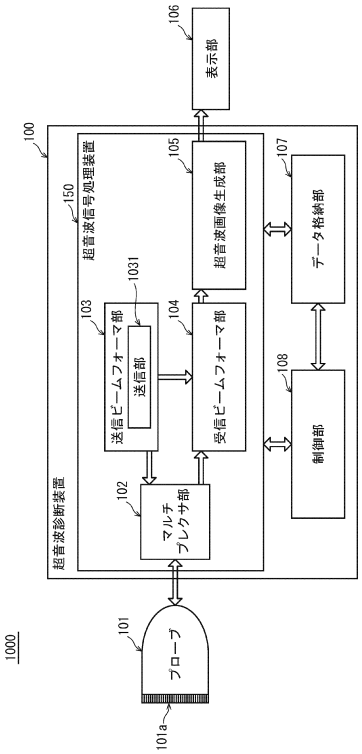
≪補足≫
以上で説明した実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、工程、工程の順序などは一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない工程については、より好ましい形態を構成する任意の構成要素として説明される。

【０１３９】
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。
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。

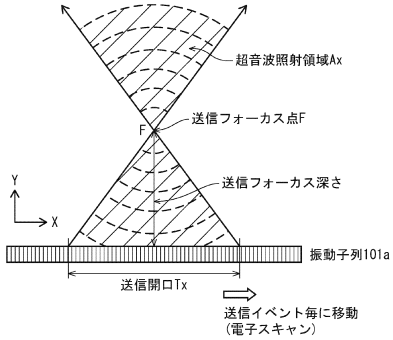
【産業上の利用可能性】
【０１４０】
本開示にかかる超音波信号処理装置、超音波診断装置、超音波信号処理方法、及びコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体は、従来の超音波診断装置の性能向上、特に画質向上として有用である。また本開示は超音波への適用のみならず、複数のアレイ素子を用いたセンサ等の用途にも応用できる。

【符号の説明】
【０１４１】
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（観測点同期型ビームフォーマ部）
１０４Ａ　受信ビームフォーマ部（送信同期型ビームフォーマ部）
　１０４０　受信部
　１０４１　整相加算部
　１０４２　受信開口設定部
　１０４３　送信時間算出部
　１０４４　受信時間算出部
　１０４５　遅延量算出部
　１０４６　遅延処理部
　１０４７　重み算出部
　１０４８　加算部
　１０４９　合成部
１０５　超音波画像生成部
１０６　表示部
１０７　データ格納部
１０９、１０９Ａ　検出部
１１０、１１０Ａ　対象領域決定部（決定部）
２０２　受信ビームフォーマ部

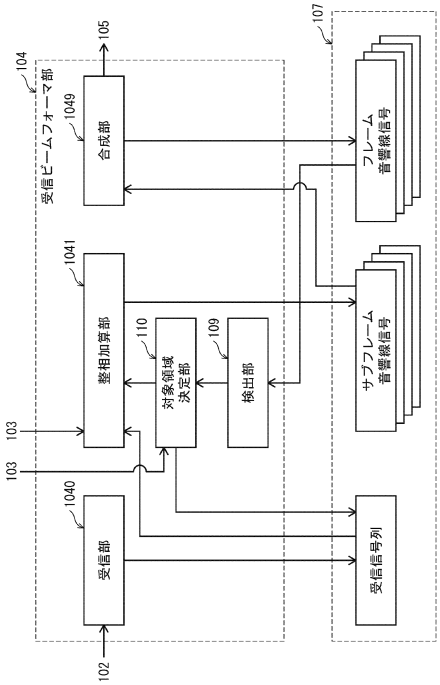
【図１】


1000
超音波診断装置
100
超音波信号処理装置
150
送信ビームフォーマ部
103
送信部
1031
受信ビームフォーマ部
104
マルチプレクサ部
102
超音波画像生成部
105
データ格納部
107
制御部
108
表示部
106
プローブ
101
101a

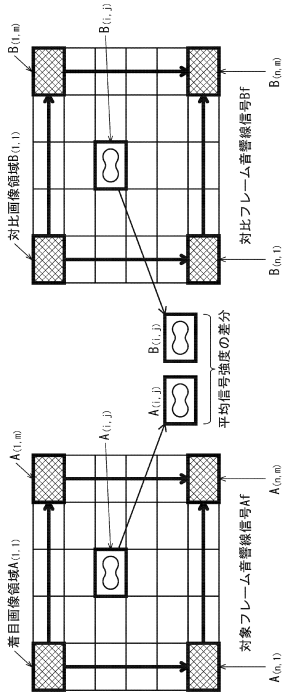
【図２】


超音波照射領域Ax
送信フォーカス点F
送信フォーカス深さ
Y
X
振動子列101a
送信開口Tx
送信イベント毎に移動
（電子スキャン）

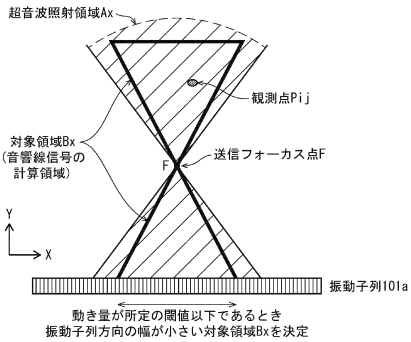
【図３】


受信ビームフォーマ部
104
合成部
1049
整相加算部
1041
対象領域決定部
110
検出部
109
受信部
1040
103
103
102
105
107
フレーム音響線信号
サブフレーム音響線信号
受信信号列

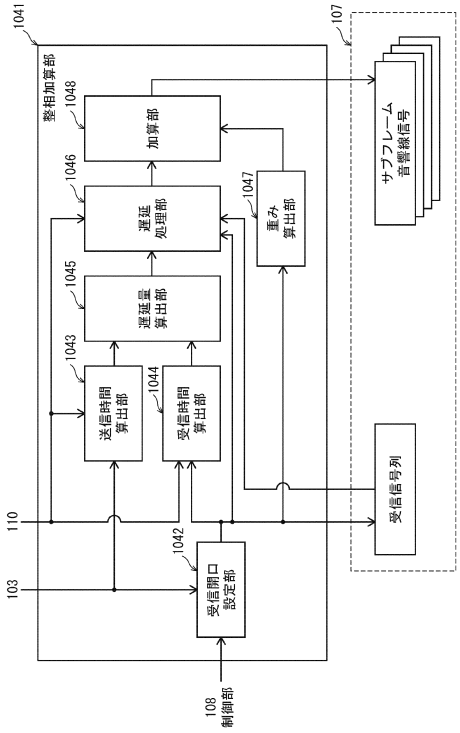
【図４】


対比画像領域B(1,1)
B(1,m)
B(i,j)
B(n,m)
B(n,1)
対比フレーム音響線信号Bf
B(i,j)
平均信号強度の差分
A(i,j)
A(1,m)
A(i,j)
着目画像領域A(1,1)
A(n,m)
対象フレーム音響線信号Af
A(n,1)

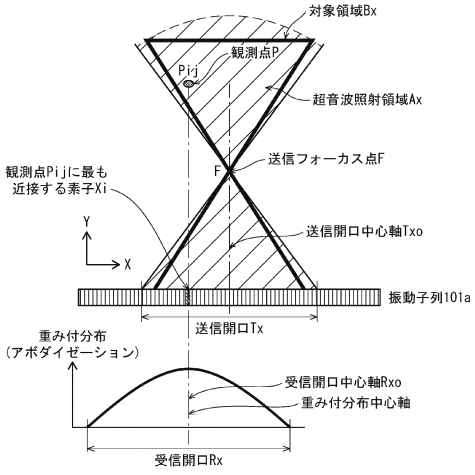
【図５】


超音波照射領域Ax
観測点Pij
対象領域Bx
(音響線信号の
計算領域)
送信フォーカス点F
F
Y
X
振動子列101a
動き量が所定の閾値以下であるとき
振動子列方向の幅が小さい対象領域Bxを決定

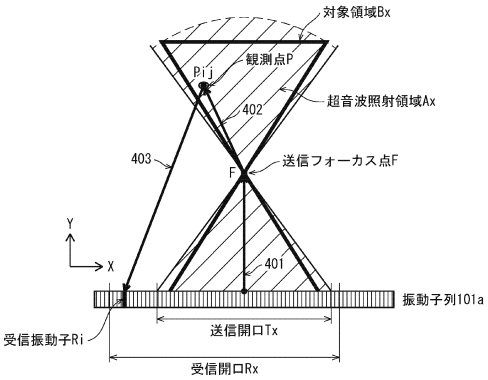
【図６】


1041
整相加算部
1048
加算部
1046
遅延
処理部
1047
重み
算出部
1045
遅延量
算出部
1043
送信時間
算出部
1044
受信時間
算出部
1042
受信開口
設定部
107
サブフレーム
音響線信号
受信信号列
110
103
108
制御部

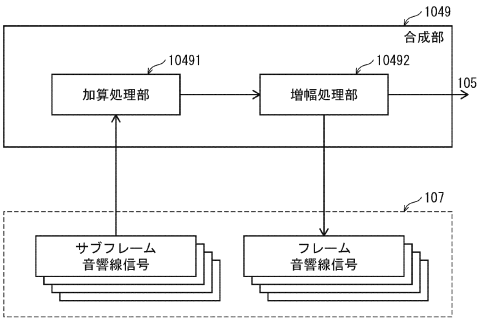
【図７】


対象領域Bx
観測点P
Pij
超音波照射領域Ax
送信フォーカス点F
F
観測点Pijに最も
近接する素子Xi
Y
X
送信開口中心軸Txo
振動子列101a
送信開口Tx
重み付分布
(アポダイゼーション)
受信開口中心軸Rxo
重み付分布中心軸
受信開口Rx

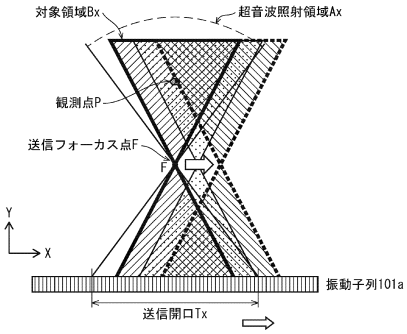
【図８】


対象領域Bx
観測点P
Pij
超音波照射領域Ax
402
403
送信フォーカス点F
F
Y
X
401
振動子列101a
送信開口Tx
受信振動子Ri
受信開口Rx

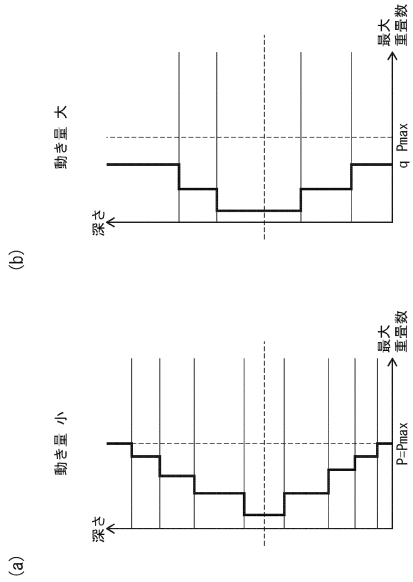
【図９】



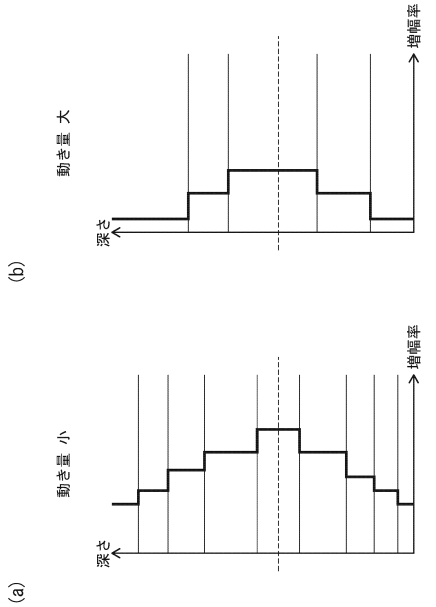

【図１０】



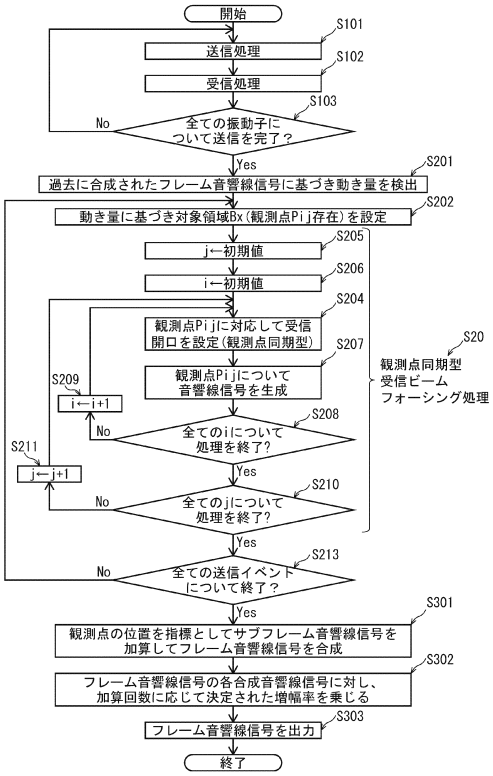

【図１１】



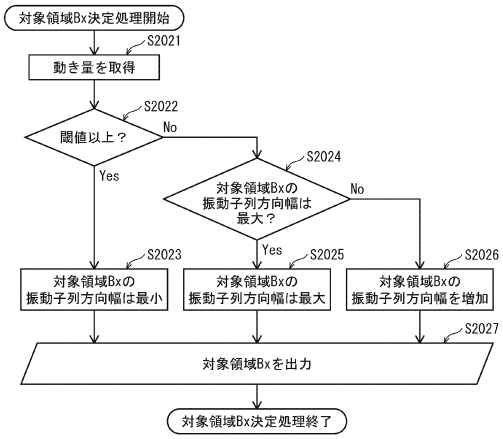

【図１２】



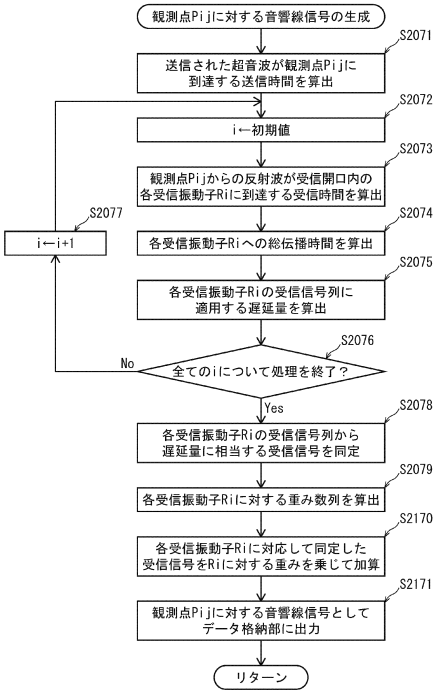
【図１３】



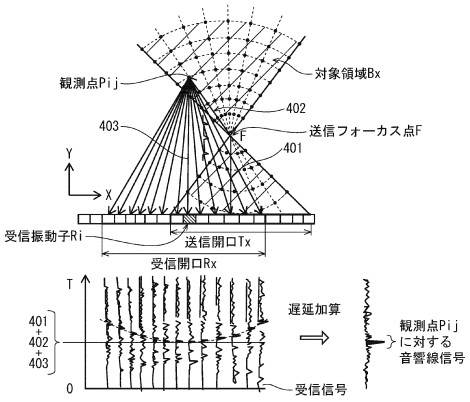

【図１４】



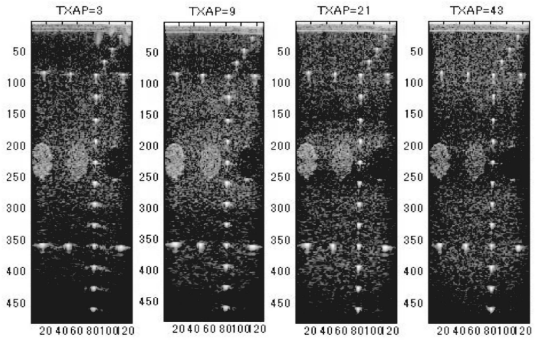

【図１５】



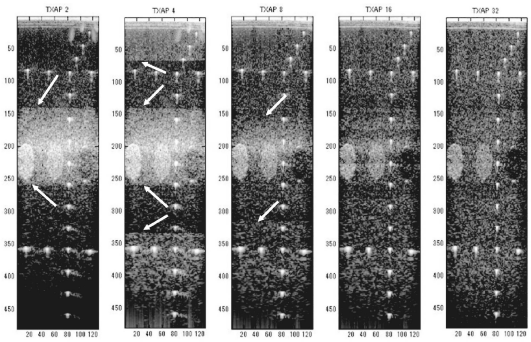

【図１６】



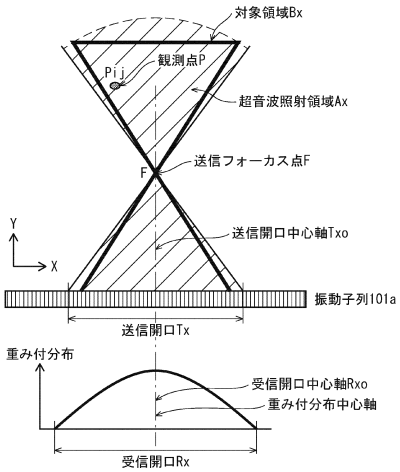
【図１７】



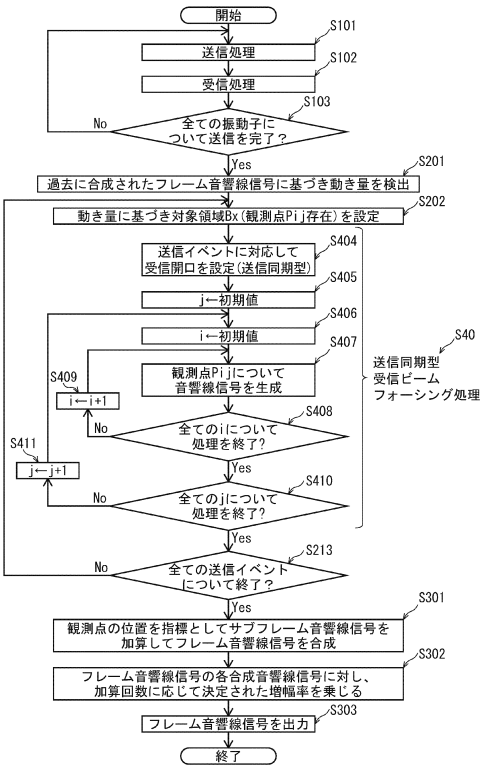

【図１８】



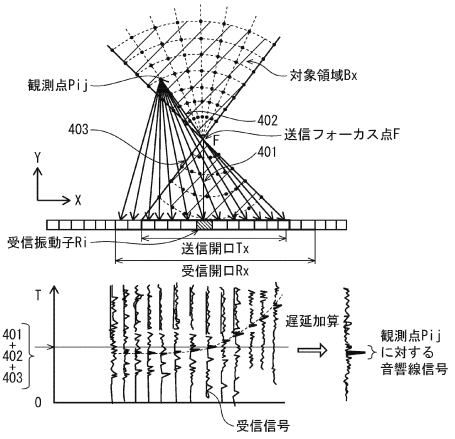
【図１９】



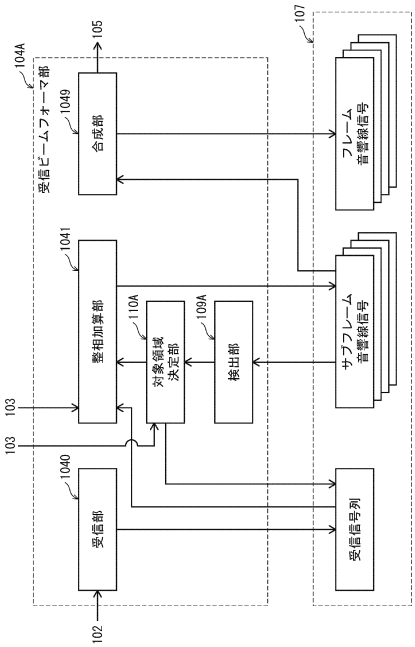

【図２０】



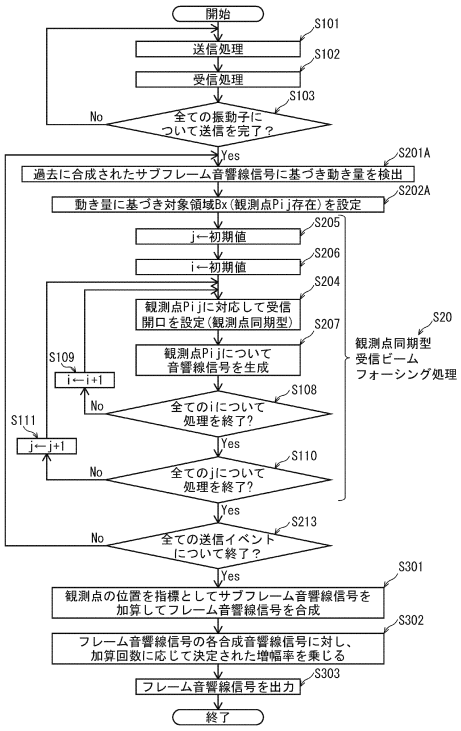

【図２１】



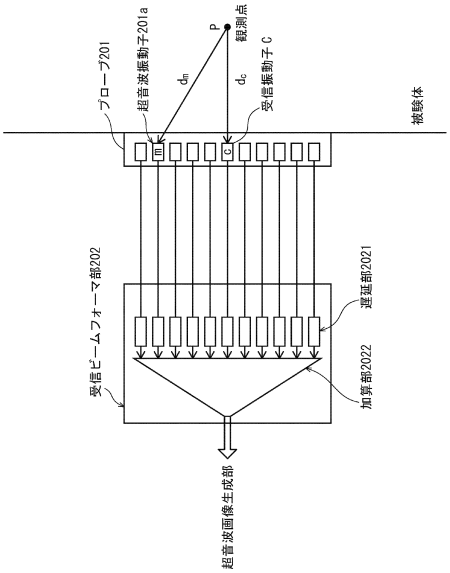
【図２２】


104A
受信ビームフォーマ部
105
1049
合成部
107
フレーム音響線信号
1041
整相加算部
110A
対象領域決定部
109A
検出部
サブフレーム音響線信号
103
103
1040
受信部
受信信号列
102

【図２３】


開始
S101
送信処理
S102
受信処理
S103
全ての振動子について送信を完了？
No
Yes
S201A
過去に合成されたサブフレーム音響線信号に基づき動き量を検出
S202A
動き量に基づき対象領域Bx(観測点Pij存在)を設定
S205
j←初期値
S206
i←初期値
S204
観測点Pijに対応して受信開口を設定(観測点同期型)
S207
観測点Pijについて音響線信号を生成
S20
観測点同期型受信ビームフォーシング処理
S109
i←i+1
S108
全てのiについて処理を終了？
S111
j←j+1
S110
全てのjについて処理を終了？
S213
全ての送信イベントについて終了？
S301
観測点の位置を指標としてサブフレーム音響線信号を加算してフレーム音響線信号を合成
S302
フレーム音響線信号の各合成音響線信号に対し、加算回数に応じて決定された増幅率を乗じる
S303
フレーム音響線信号を出力
終了

【図２４】


プローブ201
超音波振動子201a
$d_m$
P
観測点
$d_c$
受信振動子 C
被験体
受信ビームフォーマ部202
遅延部2021
加算部2022
超音波画像生成部

フロントページの続き

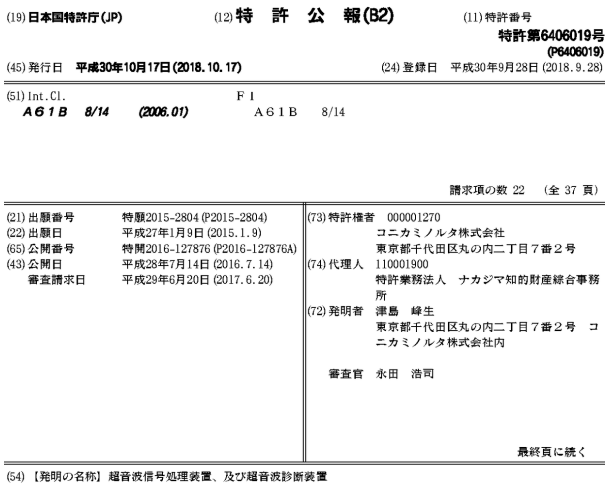
(56)参考文献 特表２００９－５３６８５４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１８３９２２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１５１１００（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２０９８９８（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１０５３６０（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５３４５９３９（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ　８／００ － ８／１５

| | | | |
|---|---|---|---|
| 专利名称(译) | 超声波信号处理装置和超声波诊断装置 | | |
| 公开(公告)号 | JP6406019B2 | 公开(公告)日 | 2018-10-17 |
| 申请号 | JP2015002804 | 申请日 | 2015-01-09 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 柯尼卡株式会社 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 柯尼卡美能达有限公司 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 柯尼卡美能达有限公司 | | |
| [标]发明人 | 津島峰生 | | |
| 发明人 | 津島 峰生 | | |
| IPC分类号 | A61B8/14 | | |
| CPC分类号 | A61B8/5276 A61B8/14 A61B8/4494 A61B8/5207 G01S7/52046 G01S15/8915 G01S15/8997 G10K11/346 | | |
| FI分类号 | A61B8/14 A61B8/08 | | |
| F-TERM分类号 | 4C601/EE04 4C601/HH22 4C601/HH38 4C601/JB51 4C601/JC18 4C601/JC23 | | |
| 审查员(译) | 永田浩二 | | |
| 其他公开文献 | JP2016127876A | | |
| 外部链接 | Espacenet | | |


摘要(译)

要解决的问题：抑制运动伪影并生成具有高分辨率和抑制噪声的超声图像。 用于选择性地驱动布置在超声波探头中的多个换能器并将超声波发射到对象的传输事件被重复多次，以与每个传输事件同步地传输来自对象的反射超声波。一种超声信号处理装置，用于接收声波并从基于反射的超声波产生的多个子帧声线信号合成帧声线信号，该超声信号处理装置包括：并且，合成单元用于基于多个子帧声线信号合成帧声线信号。当检测单元检测到等于或大于预定阈值的运动量时，组合单元组合帧声信号减少有助于线信号中的一个观察点的声线信号的合成的子帧声线信号的子帧的数量 点域

(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号 特許第6406019号 (P6406019)

(45)発行日　平成30年10月17日(2018.10.17)　(24)登録日　平成30年9月28日(2018.9.28)

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

請求項の数 22　(全 37 頁)

(21)出願番号　特願2015-2804(P2015-2804)
(22)出願日　平成27年1月9日(2015.1.9)
(65)公開番号　特開2016-127876(P2016-127876A)
(43)公開日　平成28年7月14日(2016.7.14)
審査請求日　平成29年6月20日(2017.6.20)

(73)特許権者　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　ナカジマ知的財産綜合事務所
(72)発明者　津島　峰生
東京都千代田区丸の内二丁目７番２号　コニカミノルタ株式会社内

審査官　永田　浩司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波信号処理装置、及び超音波診断装置