

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2018-108143
(P2018-108143A)

(43) 公開日 平成30年7月12日(2018.7.12)

(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 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-256450 (P2016-256450)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成28年12月28日 (2016.12.28)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目1番6号
		(74) 代理人	100124682
			弁理士 黒田 泰
		(74) 代理人	100104710
			弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100090479
			弁理士 井上 一
		(72) 発明者	林 正樹
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 EE01 EE07 GB03 HH25 HH29 JB03 JB53

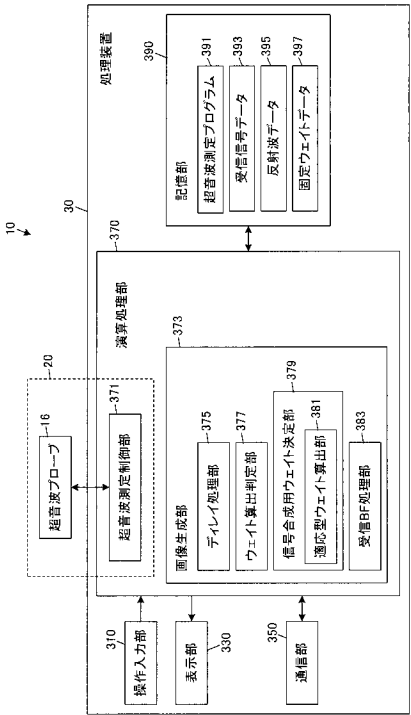
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置および超音波測定装置の制御方法

(57) 【要約】

【課題】受信ビームフォーミング処理の実行に係る計算量を削減し、当該処理の高速化を図ること。

【解決手段】超音波を受信する複数のチャンネルを有するプローブと、前記チャンネル毎に受信した受信信号を演算処理する演算処理部と、を備え、前記演算処理部は、受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理とするための信号合成用ウェイトである適応型ウェイトの算出を行うか否かを、前記受信信号に基づいて判定することと、前記算出を行うと判定した場合に、前記適応型ウェイトを算出して信号合成用ウェイトを決定する第1の決定を行うことと、前記算出を行わないと判定した場合に、所定のウェイトを前記信号合成用ウェイトとして決定する第2の決定を行うことと、前記信号合成用ウェイトを用いて前記受信信号を合成する前記受信ビームフォーミング処理を行い、超音波画像を生成することと、を実行する超音波測定装置である。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を受信する複数のチャンネルを有するプローブと、
前記チャンネル毎に受信した受信信号を演算処理する演算処理部と、
を備え、
前記演算処理部は、
受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理とするための信号合成用
ウェイトである適応型ウェイトの算出を行うか否かを、前記受信信号に基づいて判定する
ことと、

前記算出を行うと判定した場合に、前記適応型ウェイトを算出して信号合成用ウェイト
を決定する第 1 の決定を行うことと、

前記算出を行わないと判定した場合に、所定のウェイトを前記信号合成用ウェイトとし
て決定する第 2 の決定を行うことと、

前記信号合成用ウェイトを用いて前記受信信号を合成する前記受信ビームフォーミング
処理を行い、超音波画像を生成することと、
を実行する超音波測定装置。

10

【請求項 2】

前記所定のウェイトは、予め各チャンネルに対応付けて定められたウェイトである、
請求項 1 に記載の超音波測定装置。

【請求項 3】

前記所定のウェイトは、前記適応型ウェイトの取り得る値に応じて定められている、
請求項 1 又は 2 に記載の超音波測定装置。

20

【請求項 4】

前記判定することは、前記受信ビームフォーミング処理の処理対象点の深さに基づいて
前記適応型ウェイトの算出を行うか否かを判定することを含む、

請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【請求項 5】

前記第 1 の決定は、前記適応型ウェイトと前記所定のウェイトとに基づいて前記信号合
成用ウェイトを決定することを含む、

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

30

【請求項 6】

前記生成することは、前記信号合成用ウェイトを用いた前記受信ビームフォーミング処
理の代わりに、前記所定のウェイトを用いた前記受信ビームフォーミング処理と、前記適
応型ビームフォーミング処理とを段階的に行う多段信号処理を行って前記超音波画像を生
成することを含む、

前記第 1 の決定は、前記多段信号処理における前記適応型ビームフォーミング処理での
前記適応型ウェイトを算出することを含む、

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【請求項 7】

前記多段信号処理は、前記チャンネル毎の受信信号を N 組 ($N \geq 2$) に分けた各組につ
いて前記所定のウェイトを用いた前記受信ビームフォーミング処理を行い、その結果の信
号を前記適応型ビームフォーミング処理することであり、

前記第 1 の決定は、前記 N 組を設定することを含む、

請求項 6 に記載の超音波測定装置。

40

【請求項 8】

前記適応型ウェイトは、前記チャンネル毎の前記受信信号の振幅に応じた値が可変のウ
ェイトであり、

前記適応型ビームフォーミング処理は、前記適応型ウェイトを用いて前記受信信号を重
み付き加算する信号合成処理である、

請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

50

【請求項 9】

超音波を受信する複数のチャンネルを有するプローブを備えた超音波測定装置の制御方法であって、

受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理とするための信号合成用ウェイトである適応型ウェイトの算出を行うか否かを、前記チャンネル毎に受信した受信信号の振幅に基づいて判定することと、

前記算出を行うと判定した場合に、前記適応型ウェイトを算出して信号合成用ウェイトを決定することと、

前記算出を行わないと判定した場合に、所定のウェイトを前記信号合成用ウェイトとして決定することと、

前記信号合成用ウェイトを用いて前記受信信号を合成する前記受信ビームフォーミング処理を行い、超音波画像を生成することと、

を含む制御方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波測定を行う超音波測定装置等に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来から、複数の超音波素子（超音波振動子）が配列された超音波プローブを用いて超音波ビームを走査し、生体や構造体内部の様子を画像化して診断や検査に用いる超音波測定装置が知られている。画像化にあたっては、チャンネル毎（或いは超音波素子毎）に受信した受信信号を合成する受信ビームフォーミング（B F ; Beam Forming）処理を行う。単純な受信ビームフォーミング処理では画像の分解能が低いため、より高分解能の画像を得るための技術が開発されている。例えば、特許文献 1 に記載の適応型ビームフォーミング処理（適応的加重値ビームフォーミング技法）がその 1 つである。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2012 - 170826 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

受信ビームフォーミング処理は、チャンネル毎の受信信号を重み付き加算することで合成する処理であり、その際に用いる適応型ウェイトをその都度受信信号に基づき算出するのが適応型ビームフォーミング処理である。そのため、受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理として行うと、高い分解能が得られる一方で計算量が増え、処理時間が増大する問題があった。そこで本発明は、受信ビームフォーミング処理の実行に係る計算量を削減し、当該処理の高速化を図ることができる技術の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

上記課題を解決するための第 1 の発明は、超音波を受信する複数のチャンネルを有するプローブと、前記チャンネル毎に受信した受信信号を演算処理する演算処理部と、を備え、前記演算処理部は、受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理とするための信号合成用ウェイトである適応型ウェイトの算出を行うか否かを、前記受信信号に基づいて判定することと、前記算出を行うと判定した場合に、前記適応型ウェイトを算出して信号合成用ウェイトを決定する第 1 の決定を行うことと、前記算出を行わないと判定した場合に、所定のウェイトを前記信号合成用ウェイトとして決定する第 2 の決定を行うことと、前記信号合成用ウェイトを用いて前記受信信号を合成する前記受信ビームフォーミング処理を行い、超音波画像を生成することと、を実行する超音波測定装置である。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

また、第 9 の発明として、超音波を受信する複数のチャンネルを有するプローブを備えた超音波測定装置の制御方法であって、受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理とするための信号合成用ウェイトである適応型ウェイトの算出を行うか否かを、前記チャンネル毎に受信した受信信号の振幅に基づいて判定することと、前記算出を行うと判定した場合に、前記適応型ウェイトを算出して信号合成用ウェイトを決定することと、前記算出を行わないと判定した場合に、所定のウェイトを前記信号合成用ウェイトとして決定することと、前記信号合成用ウェイトを用いて前記受信信号を合成する前記受信ビームフォーミング処理を行い、超音波画像を生成することと、

を含む制御方法を構成してもよい。

10

【 0 0 0 7 】

第 1 又は第 9 の発明によれば、チャンネル毎に受信した受信信号に基づいて適応型ウェイトの算出を行うか否かを判定し、算出を行うと判定した場合にのみ適応型ウェイトを算出して信号合成用ウェイトを決定することができる。そして、この信号合成用ウェイトを用いることで、受信ビームフォーミング処理を適応型ビームフォーミング処理として行うことができる。一方、算出を行わないと判定した場合には、所定のウェイトを用いて受信ビームフォーミング処理を行うことができる。したがって、受信信号に応じて受信ビームフォーミング処理の実行に係る計算量を削減し、当該処理の高速化が図れる。

【 0 0 0 8 】

また、第 2 の発明として、前記所定のウェイトは、予め各チャンネルに対応付けて定められたウェイトである、第 1 の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

20

【 0 0 0 9 】

第 2 の発明によれば、適応型ウェイトの算出を行わないと判定した場合に、予め各チャンネルに対応付けて定められたウェイトを信号合成用ウェイトとして用いて受信ビームフォーミング処理を行うことができる。

【 0 0 1 0 】

また、第 3 の発明として、前記所定のウェイトは、前記適応型ウェイトの取り得る値に応じて定められている、第 1 又は第 2 の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【 0 0 1 1 】

第 3 の発明によれば、適応型ウェイトの算出を行わないと判定した場合に、適応型ウェイトの取り得る値に応じて定められた所定のウェイトを信号合成用ウェイトとして用いて受信ビームフォーミング処理を行うことができる。

30

【 0 0 1 2 】

また、第 4 の発明として、前記判定することは、前記受信ビームフォーミング処理の処理対象点の深さに基づいて前記適応型ウェイトの算出を行うか否かを判定することを含む、第 1 ～ 第 3 の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【 0 0 1 3 】

第 4 の発明によれば、受信ビームフォーミング処理の処理対象点の深さに基づいて、適応型ウェイトの算出を行うか否かを判定できる。

【 0 0 1 4 】

また、第 5 の発明として、前記第 1 の決定は、前記適応型ウェイトと前記所定のウェイトとに基づいて前記信号合成用ウェイトを決定することを含む、第 1 ～ 第 4 の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

40

【 0 0 1 5 】

第 5 の発明によれば、適応型ウェイトの算出を行うと判定した場合に、算出した適応型ウェイトと、所定のウェイトとに基づいて信号合成用ウェイトを決定することができる。

【 0 0 1 6 】

また、第 6 の発明として、前記生成することは、前記信号合成用ウェイトを用いた前記受信ビームフォーミング処理の代わりに、前記所定のウェイトを用いた前記受信ビームフォーミング処理と、前記適応型ビームフォーミング処理とを段階的に行う多段信号処理を

50

行って前記超音波画像を生成することを含み、前記第１の決定は、前記多段信号処理における前記適応型ビームフォーミング処理での前記適応型ウェイトを算出することを含む、第１～第４の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【００１７】

第６の発明によれば、適応型ウェイトの算出を行うと判定した場合に、所定のウェイトを用いた受信ビームフォーミング処理と、適応型ビームフォーミング処理とを段階的に行うことができる。これによれば、適応型受信ビームフォーミングの実行に係る計算量を削減できる。

【００１８】

また、第７の発明として、前記多段信号処理は、前記チャンネル毎の受信信号を N 組（ $N \geq 2$ ）に分けた各組について前記所定のウェイトを用いた前記受信ビームフォーミング処理を行い、その結果の信号を前記適応型ビームフォーミング処理することであり、前記第１の決定は、前記 N 組を設定することを含む、第６の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

10

【００１９】

第７の発明によれば、チャンネル毎の受信信号を N 組に分けて先ず所定のウェイトを用いた受信ビームフォーミング処理を行い、対象とする信号本数を減らしてから適応型ビームフォーミング処理を行うことができる。

【００２０】

また、第８の発明として、前記適応型ウェイトは、前記チャンネル毎の前記受信信号の振幅に応じた値が可変のウェイトであり、前記適応型ビームフォーミング処理は、前記適応型ウェイトを用いて前記受信信号を重み付き加算する信号合成処理である、第１～第７の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

20

【００２１】

第８の発明の適応型ビームフォーミング処理を実行することによれば、分解能（特に方位分解能）を高めて超音波画像の画質を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】超音波測定装置のシステム構成例を示す図。

【図２】超音波測定を簡略的に示す模式図。

30

【図３】超音波測定装置の機能構成例を示すブロック図。

【図４】超音波画像の生成処理の流れを示すフローチャート。

【図５】変形例に係る信号合成用ウェイトの決定を説明する図。

【図６】多段信号処理部の機能構成例を示すブロック図。

【図７】第１の信号処理部の構成例を示す図

【図８】第２の信号処理部の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【００２３】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。なお、以下説明する実施形態によって本発明が限定されるものではなく、本発明を適用可能な形態が以下の実施形態に限定されるものでもない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付す。

40

【００２４】

図１は、本実施形態における超音波測定装置１０のシステム構成例を示す図である。超音波測定装置１０は、超音波測定を利用して被検体２の生体情報を取得するためのものであり、測定結果や操作情報を画像表示するための手段および操作入力のための手段を兼ねるタッチパネル１２と、操作入力をするためのキーボード１４と、超音波プローブ（探触子）１６と、処理装置３０とを備える。

【００２５】

処理装置３０には、制御基板３１が搭載されており、タッチパネル１２、キーボード１

50

4、超音波プローブ16等の装置各部と信号送受可能に接続されている。制御基板31には、CPU (Central Processing Unit) 32、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) やFPGA (Field-Programmable Gate Array) 等の各種集積回路の他、ICメモリーやハードディスク等による記憶媒体33と、外部装置とのデータ通信を実現する通信IC34とが搭載されている。超音波測定装置10は、処理装置30においてCPU32等が記憶媒体33に記憶されているプログラムを実行することにより、超音波測定をはじめとする生体情報の取得に必要な処理を行う。

【0026】

具体的には、超音波測定装置10は、処理装置30の制御のもと超音波プローブ16から被検体2へ超音波ビームを送信し、その反射波を受信して超音波測定を行う。そして、反射波の受信信号を増幅・信号処理し、被検体2の生体内構造の位置情報や経時変化等の反射波データを生成する。超音波測定は、所定周期で繰り返し行われる。測定単位を「フレーム」と呼ぶ。

【0027】

反射波データには、いわゆるAモード、Bモード、Mモード、カラードップラーモードの各モードの画像が含まれる。Aモードは、第1軸を超音波ビームの送受信方向（走査ラインの方向）に沿った受信信号のサンプリング点列とし、第2軸を各サンプリング点での反射波の受信信号強度として、反射波の振幅（Aモード像）を表示するモードである。また、Bモードは、超音波ビームを所定の走査範囲内で走査させながら得た反射波振幅（Aモード像）を輝度値に変換することで可視化した、生体内構造の二次元の超音波画像（Bモード像）を表示するモードである。

【0028】

[原理]

図2は、超音波プローブ16を被検体2の生体表面に当てて超音波測定している状態を簡略的に示す模式図である。超音波プローブ16は、そのセンサー面側において列状に等間隔で配置された超音波素子（超音波振動子）を内蔵しており、隣接する複数の超音波素子群が1つのチャンネル17を構成して超音波の送受信を行う。例えばリニア走査方式で超音波測定を行う場合であれば、図2に示すように、チャンネル17の配列方向（スキャン方向）に超音波ビームの入射位置をずらしながら、互いに平行な複数の走査ラインLに沿って超音波ビームを送受信する。この超音波プローブ16は、センサー面を被検体2の生体表面（図1では頸部）に密着させて使用される。ただし、超音波プローブ16が当てられる部位は頸部に限らず、手首、腕、腹部等、測定（診断）の目的に応じた被検体2の部位とされる。また、スキャン方式はリニア走査方式に限らず、例えばセクター走査方式等の他の走査方式を採用する場合にも本実施形態を同様に適用することが可能である。

【0029】

この超音波測定の結果チャンネル17毎に受信した受信信号（以下、「チャンネル信号」という）から反射波データを生成する際、処理装置30は、サンプリング点毎に各チャンネル17からのチャンネル信号を整相加算する処理を行う。素子単位で超音波を送受信する場合は、各チャンネル17からの反射波の受信信号を整相加算する。なお、チャンネル単位ではなく、超音波素子毎に受信した受信信号を整相加算して超音波画像を生成する構成でもよい。

【0030】

具体的には、整相加算処理は、全ての走査ラインLを順次処理対象とし、処理対象の走査ライン（処理対象ライン）L上のサンプリング点毎に各チャンネル17からのチャンネル信号を合成する信号合成処理であり、チャンネル17毎のチャンネル信号に遅延をかけるディレイ処理の後、当該ディレイ処理後の各チャンネル信号を重み付き加算する受信ビームフォーミング処理（受信BF処理）を行う。これにより、位相が同じ所望の方向（走査ラインLの方向）からの信号のみを増幅することができ、当該走査ラインLの方向からの所望波を抽出できる。

【0031】

10

20

30

40

50

ここで、従来から、受信 B F 処理として、チャンネル信号の加算に用いるウェイト（信号合成用ウェイト）を到来波に応じて動的に変える適応型ビームフォーミング処理（適応型 B F 処理）が知られている。この適応型 B F 処理では、サンプリング点毎に次の処理を行う。すなわち先ず、ディレイ処理後のチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号をもとに相関行列を算出する。続いて、走査ライン L の方向に基づき規定したステアリングベクトルを用い、算出した相関行列から各チャンネル信号に乗じる適応型ウェイト W_{mv} を算出する。なお、適応型ウェイト W_{mv} の算出については、式（4）～式（11）を参照して後述する。その後は、算出した適応型ウェイト W_{mv} を信号合成用ウェイト W として用い、ディレイ処理後のチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号を重み付き加算する。適応型 B F 処理の具体例としては、M V（Minimum Variance）法や、A P E S（Amplitude and Phase Estimation）法等があり、適宜採用できる。この適応型 B F 処理によれば、処理対象ライン L の方向からの所望波のみに感度を持ち、それ以外の方向からの不要波に対しては感度を持たないように方向に拘束を付けてチャンネル信号を重み付き加算することができるため、高い分解能が実現できる。

10

【0032】

しかし、適応型 B F 処理は、チャンネル信号に乗じる適応型ウェイト W_{mv} を毎回算出する複雑な処理であるため、計算量が増えて処理時間が増大する問題がある。適応型 B F 処理の実行に係る計算量は、チャンネル数 M （適応型 B F 処理の対象となる信号本数）と、適応型ウェイトを算出する算出式の次数によって決まる。

20

【0033】

一方で、別の受信 B F 処理として、予め各チャンネル 1 7 に対応付けて定められた所定のウェイト（以下、「固定ウェイト」という） W_f を信号合成用ウェイト W として用いる非適応型の受信 B F 処理（以下、この非適応型の受信 B F 処理を単に「B F 処理」と呼ぶ）がある。この B F 処理は、ウェイトの算出が不要であるため短時間で処理を行える。

【0034】

そこで本実施形態では、受信 B F 処理に先立ち、適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否か（つまり受信 B F 処理を適応型 B F 処理とするか否か）をサンプリング点毎に判定する。例えば、処理対象のサンプリング点（処理対象点）に係るチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号の振幅に基づいて、上記判定を行う。そして、算出を行うと判定したサンプリング点については、適応型ウェイト W_{mv} を算出して信号合成用ウェイト W を決定する第 1 の決定を行う。一方、算出を行わないと判定した場合には、固定ウェイト W_f を信号合成用ウェイト W として決定する第 2 の決定を行う。

30

【0035】

そのために先ず、次式（1）に従い、処理対象点に係るディレイ処理後の各チャンネル信号 $x_m[n - D_m[n]]$ を加算した振幅加算値 $x_{sum}[n]$ を算出する。式（1）において、 n はサンプリング総数であり、 m 番目のチャンネル 1 7 のサンプリング点 n におけるチャンネル信号は、 $x_m[n]$ で表される。そして、 D_m は、前段のディレイ処理で m 番目のチャンネル 1 7 に適用されるディレイ時間を表す。ディレイ処理後のチャンネル信号を加算するため、反射強度が高い位置ほど振幅加算値 x_{sum} の値は大きくなる。

40

【数 1】

$$x_{sum}[n] = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} |x_m[n - D_m[n]]| \quad \dots (1)$$

【0036】

処理対象点について振幅加算値 x_{sum} を算出したならば、振幅加算値 x_{sum} を閾値 Th で閾値判定し、次式（2）に従い α を設定する。すなわち、振幅加算値 x_{sum} が閾値 Th 以上の場合は $\alpha = 1$ 、閾値 Th 未満であれば $\alpha = 0$ とする。閾値 Th は、 S/N 比等を考慮して予め決めておけばよい。

【数 2】

$$\alpha = \begin{cases} 1 & \text{xsum} \geq \text{Th} \\ 0 & \text{xsum} < \text{Th} \end{cases} \quad \cdots (2)$$

【0037】

α を設定したら、次式(3)に従って信号合成用ウェイト W を決定する。すなわち、本例では α は「1」か「0」の2値であるため、式(3)に従うと、 $\alpha = 1$ であれば、信号合成用ウェイト W は適応型ウェイト W_{mv} となる。すなわち、 $\alpha = 1$ の場合には適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うと判定し、適応型ウェイト W_{mv} を算出して信号合成用ウェイト W を決定する。一方、 $\alpha = 0$ の場合の信号合成用ウェイト W は固定ウェイト W_f となり、適応型ウェイトの算出は行わないと判定して固定ウェイト W_f を信号合成用ウェイト W として決定する。

10

【数 3】

$$W = (1 - \alpha)W_f + \alpha W_{mv} \quad \cdots (3)$$

【0038】

[機能構成]

図3は、超音波測定装置10の機能構成例を示すブロック図である。超音波測定装置10は、処理装置30と、超音波プローブ16とを備え、処理装置30は、操作入力部310と、表示部330と、通信部350と、演算処理部370と、記憶部390とを備える。

20

【0039】

超音波プローブ16は、複数の超音波素子群で構成されるチャンネル17を配列して備え、処理装置30(より詳細には演算処理部370の超音波測定制御部371)からのパルス電圧に基づいて超音波を送信する。そして、送信した超音波の反射波を受信し、各チャンネル17で受信したチャンネル信号を超音波測定制御部371へ出力する。

【0040】

操作入力部310は、ユーザーによる各種操作入力を受け付け、操作入力に応じた操作入力信号を演算処理部370へ出力する。ボタンスイッチやレバースイッチ、ダイヤルスイッチ、トラックパッド、マウス等により実現できる。図1ではタッチパネル12やキーボード14がこれに該当する。

30

【0041】

表示部330は、LCD(Liquid Crystal Display)等の表示装置によって実現され、演算処理部370からの表示信号に基づく各種表示を行う。図1ではタッチパネル12がこれに該当する。

【0042】

通信部350は、演算処理部370の制御のもと、外部との間でデータを送受するための通信装置である。この通信部350の通信方式としては、所定の通信規格に準拠したケーブルを介して有線接続する形式や、クレイドル等と呼ばれる充電器と兼用の中間装置を介して接続する形式、無線通信を利用して無線接続する形式等、種々の方式を適用可能である。図1では通信IC34がこれに該当する。

40

【0043】

演算処理部370は、例えば、CPUやGPU(Graphics Processing Unit)等のマイクロプロセッサや、ASIC、FPGA、ICメモリー等の電子部品によって実現される。そして、演算処理部370は、各機能部との間でデータの入出力制御を行い、所定のプログラムやデータ、操作入力部310からの操作入力信号、超音波プローブ16からのチャンネル17毎のチャンネル信号等に基づき各種の演算処理を実行して、被検体2の生体情報を算出する。図1ではCPU32がこれに該当する。なお、演算処理部370を構

50

成する各部は、専用のモジュール回路等のハードウェアで構成することとしてもよい。

【 0 0 4 4 】

この演算処理部 3 7 0 は、超音波測定制御部 3 7 1 と、画像生成部 3 7 3 とを含む。

【 0 0 4 5 】

超音波測定制御部 3 7 1 は、超音波プローブ 1 6 とともに超音波測定部 2 0 を構成し、この超音波測定部 2 0 によって超音波測定が行われる。超音波測定制御部 3 7 1 は、公知技術を用いて実現できる。すなわち、超音波測定制御部 3 7 1 は、超音波プローブ 1 6 による超音波パルスの送信タイミングを制御し、送信タイミングでパルス電圧を発生させて超音波プローブ 1 6 へ出力する。その際、送信遅延処理を行って各超音波素子へのパルス電圧の出力タイミングの調整を行う。また、各チャンネル 1 7 からのチャンネル信号の増幅やフィルタ処理を行って、処理後のチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号（測定結果）を画像生成部 3 7 3 へ出力する。

【 0 0 4 6 】

画像生成部 3 7 3 は、超音波測定制御部 3 7 1 からのチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号に基づいて、超音波画像を生成する。この画像生成部 3 7 3 は、ディレイ処理部 3 7 5 と、ウェイト算出判定部 3 7 7 と、信号合成用ウェイト決定部 3 7 9 と、受信 B F 処理部 3 8 3 とを含む。

【 0 0 4 7 】

ディレイ処理部 3 7 5 は、処理対象の走査ライン（処理対象ライン）L 上のサンプリング点毎に行う信号合成処理に際して、チャンネル 1 7 毎のチャンネル信号に、予め各チャンネル 1 7 に対応付けて定められたディレイ時間の遅延をかけるディレイ処理を行う。

【 0 0 4 8 】

ウェイト算出判定部 3 7 7 は、サンプリング点毎に適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否かを判定し、信号合成用ウェイト決定部 3 7 9 は、ウェイト算出判定部 3 7 7 の判定結果に応じて当該サンプリング点について信号合成用ウェイト W を決定する。すなわち先ず、式（ 1 ）に従って処理対象点に係るディレイ処理後のチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号から振幅加算値 x_{sum} を算出する。そして、振幅加算値 x_{sum} を閾値 T_h で閾値判定することで、適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否かを判定して信号合成用ウェイト W を決定する（式（ 2 ）,（ 3 ））。この信号合成用ウェイト決定部 3 7 9 は、適応型ウェイト W_{mv} を算出する適応型ウェイト算出部 3 8 1 を備える。

【 0 0 4 9 】

ここで、適応型ウェイト算出部 3 8 1 による適応型ウェイト W_{mv} の算出について説明する。各チャンネル 1 7 に対応する信号合成用ウェイトを W_m とすると、受信 B F 処理部 3 8 3 の出力 $z[n]$ は、ディレイ処理部 3 7 5 が出力するディレイ処理後のチャンネル 1 7 毎のチャンネル信号 $x_m[n - D_m[n]]$ に、該当するチャンネル 1 7 の信号合成用ウェイト W_m を乗算して足し合わせた結果であり、次式（ 4 ）で表される。すなわち、ここで用いる信号合成用ウェイト W_m が各チャンネル 1 7 について算出された適応型ウェイト W_{mv} （ W_{mv_m} ）であれば適応型 B F 処理が受信 B F 処理として行われることになるし、予め各チャンネル 1 7 に対応付けて定められた固定ウェイト W_f （ W_{f_m} ）であれば B F 処理が受信 B F 処理として行われることとなる。

【 数 4 】

$$z[n] = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} W_m[n] x_m[n - D_m[n]] \quad \cdots (4)$$

【 0 0 5 0 】

さて、適応型ウェイト W_{mv} を算出して信号合成用ウェイト W とする場合、 W_m を各チャンネル 1 7 の適応型ウェイト W_{mv_m} に置き換えて式（ 4 ）の出力 $z[n]$ をベクトル表記で表すと、次式（ 5 ）,（ 6 ）のようになる。H は複素共役転置を表し、* は複素共役を表す。

10

20

30

40

50

【数 5】

$$z[n] = \frac{1}{M} W_{mv}[n]^H X[n] \quad \cdots (5)$$

$$W_{mv}[n] = \begin{bmatrix} W_{mv_0}[n] \\ W_{mv_1}[n] \\ \vdots \\ W_{mv_{M-1}}[n] \end{bmatrix} \quad \cdots (6)$$

10

【0051】

相関行列 $R[n]$ は、次式 (7)、(8) で与えられる。

【数 6】

$$R[n] = E[X[n]X[n]^T] \quad \cdots (7)$$

$$E[|z[n]|^2] = W_{mv}[n]^H R[n] W_{mv}[n] \quad \cdots (8)$$

20

【0052】

各チャンネル 17 の適応型ウェイト W_{mv_m} は、上記式 (7)、(8) において $z[n]$ の分散を最小化する値として、次式 (9)、(10) に示す条件付き最小化問題を解くことで求める。ラグランジュ (Lagrange) の未定乗数法を用いると、各チャンネル 17 の適応型ウェイト W_{mv_m} は、次式 (11) で表される。

【数 7】

$$\min_{w[n]} W_{mv}[n]^H R[n] W_{mv}[n] \quad \cdots (9)$$

$$\text{subject to } W_{mv}[n]^H a = 1 \quad \cdots (10)$$

30

$$W_{mv}[n] = \frac{R[n]^{-1} a}{a^H R[n]^{-1} a} \quad \cdots (11)$$

【0053】

ここで、 a はステアリングベクトルであり、 H は拘束応答ベクトルである。チャンネル信号は前段のディレイ処理で既に整相されているため、所望波の方向は 0 度である。したがって、 a の要素は全て 1 とすればよい。

【0054】

40

図 3 の説明に戻る。受信 BF 処理部 383 は、信号合成用ウェイト決定部 379 が決定した信号合成用ウェイト W を用い、式 (4) に従ってディレイ処理後のチャンネル 17 毎のチャンネル信号を重み付き加算する受信 BF 処理を行う。

【0055】

記憶部 390 は、IC メモリーやハードディスク、光学ディスク等の記憶媒体により実現されるものである。この記憶部 390 には、超音波測定装置 10 を動作させ、超音波測定装置 10 が備える種々の機能を実現するためのプログラムや、当該プログラムの実行中に使用されるデータ等が事前に記憶され、或いは処理の都度一時的に記憶される。図 1 では、制御基板 31 に搭載されている記憶媒体 33 がこれに該当する。なお、演算処理部 370 と記憶部 390 との接続は、装置内の内部バス回路による接続に限らず、LAN (Lo

50

cal Area Network) やインターネット等の通信回線で実現してもよい。その場合、記憶部 390 は、超音波測定装置 10 とは別の外部記憶装置により実現されとしてもよい。

【0056】

また、記憶部 390 には、超音波測定プログラム 391 と、受信信号データ 393 と、反射波データ 395 と、固定ウェイトデータ 397 とが格納される。

【0057】

演算処理部 370 は、超音波測定プログラム 391 を読み出して実行することにより、超音波測定制御部 371 や画像生成部 373 等の機能を実現する。なお、超音波測定制御部 371 や画像生成部 373 等の機能部を電子回路等のハードウェアで実現する場合には、当該機能を実現させるためのプログラムの一部を省略することができる。

10

【0058】

受信信号データ 393 は、超音波測定の結果得られた各チャンネル 17 からのチャンネル信号をフレーム毎に記憶する。

【0059】

反射波データ 395 は、フレーム毎に繰り返される超音波測定で得た反射波データを記憶する。この反射波データ 395 は、超音波画像であるフレーム毎の B モード像のデータを含む。

【0060】

固定ウェイトデータ 397 は、固定ウェイト W_f を記憶する。固定ウェイト W_f は、例えば、方形窓（矩形窓）、ハニング窓、ハミング窓といった窓関数を用いて定めることができる。例えば方形窓を用いる場合であれば、固定ウェイトデータ 397 には、次式（12）に示すように、各チャンネル 17 の固定ウェイト W_{f_m} を全て「1」とする固定ウェイト W_f が設定される。

20

$$W_{f_m} = \{1, 1, \dots, 1\} \dots (12)$$

【0061】

[処理の流れ]

図 4 は、本実施形態における超音波画像の生成処理の流れを示すフローチャートである。ここで説明する処理は、例えば、ユーザーにより超音波プローブ 16 が被検体 2 の生体表面に当てられ、所定の測定開始操作が為されると開始される。なお、本処理は、演算処理部 370 が記憶部 390 から超音波測定プログラム 391 を読み出して実行し、超音波測定装置 10 の各部を動作させることで実現できる。

30

【0062】

まず、超音波測定部 20 が、超音波測定を行う（ステップ S1）。ここでの処理により、受信信号データ 393 へ測定結果が格納されていく。

【0063】

その後は、画像生成部 373 が、受信信号データ 393 を参照しながら走査ライン L 毎にループ A の処理を繰り返す（ステップ S3～ステップ S25）。そして、ループ A では、ステップ S1 の超音波測定の測定結果を用いて処理対象ラインについて一定時間分のサンプリングを行い、各サンプリング点を順次処理対象点としてループ B の処理を行う（ステップ S5～ステップ S23）。

40

【0064】

ループ B ではまず、ディレイ処理部 375 が、各チャンネル 17 からのチャンネル信号にディレイ時間の遅延をかけるディレイ処理を行う（ステップ S7）。

【0065】

続いて、ウェイト算出判定部 377 が、式（1）に従い、ディレイ処理後のチャンネル 17 毎のチャンネル信号から振幅加算値 x_{sum} を算出する（ステップ S9）。そして、ウェイト算出判定部 377 は、振幅加算値 x_{sum} を閾値 Th で閾値判定して適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否かを判定し（ステップ S11）、判定結果によって処理を分岐する。

【0066】

50

すなわち、適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うと判定したならば（ステップS13：YES）、信号合成用ウェイト決定部379において適応型ウェイト算出部381が、ディレイ処理後のチャンネル17毎のチャンネル信号に基づき上記の要領で適応型ウェイト W_{mv} を算出する（ステップS15）。そして、信号合成用ウェイト決定部379は、算出した適応型ウェイト W_{mv} を信号合成用ウェイト W として決定する（ステップS17）。一方、適応型ウェイト W_{mv} の算出を行わないと判定した場合には（ステップS13：NO）、信号合成用ウェイト決定部379は、固定ウェイトデータ397から固定ウェイト W_f を読み出し、信号合成用ウェイト W として決定する（ステップS19）。

【0067】

その後、受信BF処理部383が、ステップS17又はステップS19で決定した信号合成用ウェイト W を用いて受信BF処理を行い、上記式（4）に従ってディレイ処理後のチャンネル17毎のチャンネル信号を重み付き加算する（ステップS21）。

【0068】

このループBの処理を繰り返し、処理対象ラインのサンプリングを終えたならば、処理対象ラインについてのループAの処理を終える。そして、全ての走査ライン L を処理対象としてループAの処理を行ったならば、得られた各サンプリング点の出力 $z[n]$ に対し必要な処理を行って超音波画像を生成し（ステップS27）、本処理を終える。生成された超音波画像は、適宜表示部330に表示制御される。

【0069】

以上説明したように、本実施形態によれば、ディレイ処理後のチャンネル17毎の受信信号から振幅加算値 $xsum$ を算出して用い、適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否かを判定することができる。そして、適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うと判定した場合にはこれを算出して用い、適応型BF処理を行う一方、算出を行わないと判定した場合には、固定ウェイト W_f を用いてBF処理を行うことができる。したがって、受信信号に応じてその振幅が大きい場合に適応型ウェイト W_{mv} を算出し、信号合成用ウェイト W とすることができる。したがって、画質の劣化を抑制しつつ受信BF処理の実行に係る計算量を削減し、当該処理の高速化を図ることができる。

【0070】

[変形例1]

上記実施形態では、振幅加算値 $xsum$ を閾値 Th で閾値判定して α を「1」か「0」の2値とし、 $\alpha = 1$ の場合は適応型ウェイト W_{mv} を、 $\alpha = 0$ の場合は固定ウェイト W_f を信号合成用ウェイト W として決定することとした。これに対し、図5に示すように、振幅加算値 $xsum$ の閾値を第1閾値 $Th1$ および第2閾値 $Th2$ の2段階で設定しておき、第1閾値 $Th1$ 以上第2閾値 $Th2$ 未満の間で「0」から「1」に漸次増加するように α を設定してもよい。この場合には、ウェイト算出判定部377は、振幅加算値 $xsum$ が第1閾値 $Th1$ 以上の場合は適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うと判定する。そして、信号合成用ウェイト決定部379は、振幅加算値 $xsum$ が第1閾値 $Th1$ 以上第2閾値 $Th2$ 未満のときには、適応型ウェイト算出部381が算出した適応型ウェイト W_{mv} と、予め定められる固定ウェイト W_f とから、設定した α を用いて式（3）に従い信号合成用ウェイト W を決定する。

【0071】

上記実施形態のように α を「1」か「0」の2値とすると、サンプリング点によって受信BF処理に用いる信号合成用ウェイト W を適応型ウェイト W_{mv} としたり固定ウェイト W_f としたりするために、輝度ムラが発生し得る。これに対して、変形例1によれば、振幅加算値 $xsum$ が第1閾値 $Th1$ 以上第2閾値 $Th2$ 未満のときに振幅加算値 $xsum$ の値に応じた割合で固定ウェイト W_f と適応型ウェイト W_{mv} とを混合し、信号合成用ウェイト W を決定することができる。より詳細には、振幅加算値 $xsum$ が第2閾値 $Th2$ に近づくほど適応型ウェイト W_{mv} の混合割合を増やして信号合成用ウェイト W を決定できる。そして、このようにして決定した信号合成用ウェイト W を用いて受信BF処理を行うことができるので、輝度ムラの発生を抑制できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

[変形例 2]

また、振幅加算値 x_{sum} が図 5 の第 1 閾値 Th_1 以上で第 2 閾値 Th_2 未満の場合に、受信 BF 処理として多段信号処理を行うとしてもよい。

【 0 0 7 3 】

多段信号処理は、BF 処理と適応型 BF 処理とを段階的に行う処理である。多段信号処理の手順を説明すると、まず、各チャンネル 17 のチャンネル信号に対し、チャンネル 17 の配列順に所定本数ずつ組数 N ($N \geq 2$) の組にして各組について BF 処理を行う。その上で、BF 処理後の信号を対象に適応型 BF 処理を行う。これによれば、前段の BF 処理によって、チャンネル数 M の各チャンネル 17 からの M 本のチャンネル信号を N 組の組毎に束ねることができ、適応型 BF 処理に渡す信号本数を N/M 本に減らすことができる。したがって、全てのチャンネル信号を対象に適応型 BF 処理を行う場合と比べて当該処理に係る計算量を削減できる。

【 0 0 7 4 】

ここで、束ねる組数 N は固定でもよいが、 N の値が異なる多段信号処理によって適応型 BF 処理に渡す信号本数を増やしたり減らしたりすることができる。そのため、振幅加算値 x_{sum} が第 2 閾値 Th_2 に近いほど組数 N が多くなるように段階的に多段信号処理を行うとよい。

【 0 0 7 5 】

例えば、変形例 2 の超音波測定装置は、図 3 の演算処理部 370 において図 6 の多段信号処理部 400 をさらに備えた構成で実現できる。図 6 に示すように、多段信号処理部 400 は、第 1 の信号処理部 410 と、第 2 の信号処理部 420 とを備える。変形例 2 では、第 1 閾値 Th_1 と第 2 閾値 Th_2 との間に図 5 に示す第 3 閾値 Th_3 を定め、振幅加算値 x_{sum} が第 1 閾値 Th_1 以上第 3 閾値 Th_3 未満の場合は第 1 の信号処理部 410 が多段信号処理を行い、第 3 閾値 Th_3 以上第 2 閾値 Th_2 未満の場合は第 2 の信号処理部 420 が多段信号処理を行う。

【 0 0 7 6 】

なお、ここでは、第 1 の信号処理部 410 の組数 N を「2」、第 2 の信号処理部 420 の組数 N を「3」とするが、「2」と「3」に限らず適宜設定してよい。その際、第 1 の信号処理部 410 の組数 N より第 2 の信号処理部 420 の組数 N を多くする。また、第 1 閾値 Th_1 と第 2 閾値 Th_2 との間を 3 つ以上に区切って組数 N の異なる 3 段以上の多段信号処理を行うとしてもよく、その場合には、各々の組数 N に応じた信号処理部を追加して多段信号処理部 400 を構成すればよい。

【 0 0 7 7 】

図 7 は、第 1 の信号処理部 410 の構成例を示す図であり、図 8 は、第 2 の信号処理部 420 の構成例を示す図である。図 7 に示すように、第 1 の信号処理部 410 は、ディレイ処理後のチャンネル信号 x_m を 2 組に分けた各々を BF 処理する 2 つの BF 処理部 411 - 1, 2 と、BF 処理後の N 本の信号（ここでは 2 本） y_{a1} , y_{a2} を適応型 BF 処理する適応型 BF 処理部 413 とを備える。適応型 BF 処理部 413 は、BF 処理後の信号 y_{a1} , y_{a2} に基づいて各信号 y_{a1} , y_{a2} に対する適応型ウェイト W_{mv} を算出し、算出した適応型ウェイト W_{mv} を用いて信号 y_{a1} , y_{a2} を重み付き加算して適応型 BF 処理を行う。

【 0 0 7 8 】

一方、図 8 に示すように、第 2 の信号処理部 420 は、ディレイ処理後のチャンネル信号 x_m を 4 組に分けた各々を BF 処理する 3 つの BF 処理部 421 - 1, 2, 3 と、BF 処理後の N 本の信号（ここでは 3 本） $y_{b1} \sim y_{b3}$ を適応型 BF 処理する適応型 BF 処理部 423 とを備える。適応型 BF 処理部 423 は、適応型 BF 処理部 413 と同様の要領で BF 処理後の信号 $y_{b1} \sim y_{b3}$ に基づき適応型ウェイト W_{mv} を算出し、適応型 BF 処理を行う。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

[その他の変形例]

例えば、処理対象点の深さに応じて適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否かを判定してもよい。処理対象点に対応する位置の生体表面からの深さが深いほど受信信号の振幅は小さくなる。したがって、処理対象点の深さに応じて適応型ウェイト W_{mv} の算出を行うか否かを判定することで、上記実施形態と同様の効果が得られる。

【 0 0 8 0 】

また、固定ウェイト W_f と適応型ウェイト W_{mv} とでは、取り得る値の範囲が異なる。そのため、固定ウェイト W_f は、適応型ウェイト W_{mv} の取り得る値に応じて定めておくとしてもよい。例えば、上記実施形態では、 W_{fm} が全て「1」である固定ウェイト W_f を例示した(式(12))。これに対し、適応型ウェイト W_{mv} の取り得る値に応じた係数 k_1 を用い、次式(13)に示すように、式(12)の各チャンネル17の固定ウェイト W_{fm} に係数 k_1 を乗じて固定ウェイト W_f を定めておくとしてもよく、輝度ムラの発生を抑制できる。

$$W = k W_f \cdots (13)$$

【 0 0 8 1 】

また、上記実施形態では各チャンネル17からのチャンネル信号を全て用いて受信BF処理を行うこととしたが、一部のチャンネル17のチャンネル信号を用いた受信BF処理にも上記実施形態を同様に適用できる。受信BF処理の対象となるチャンネル数変動する例としては、例えば、生体表面からの深さが深い処理対象点の場合は全てのチャンネル信号を用いて開口を最大とし、浅い処理対象点の場合には一部のチャンネル信号を用いて開口を狭めた動的開口制御を実施する場合や、皮下の広範囲に超音波を照射し、各チャンネルからのチャンネル信号を選択的に用いて受信BF処理を行う場合(パラレルビームフォーミング)等が挙げられる。

【 0 0 8 2 】

また、本発明の超音波測定装置は、上記した実施形態等のように超音波測定を利用して生体内の超音波画像を生成する場合に限らず、例えば、生体以外の構造物内部の超音波画像を生成し、その検査等に用いる場合にも同様に適用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

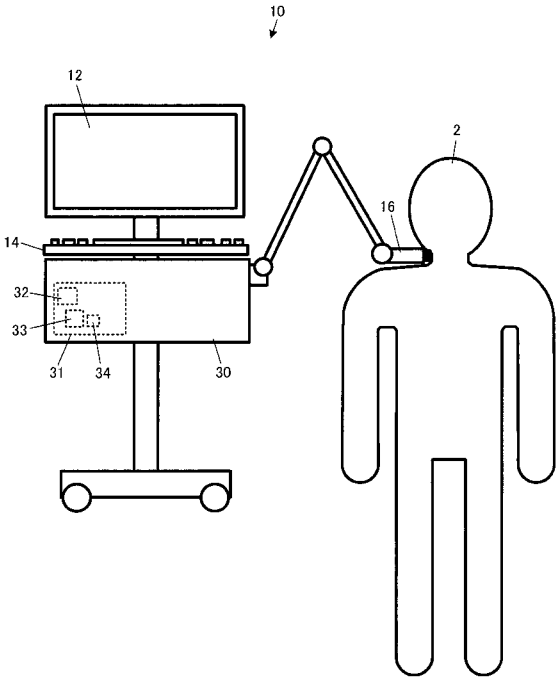
10...超音波測定装置、16...超音波プローブ、17...チャンネル、30...処理装置、20...超音波測定部、310...操作入力部、330...表示部、350...通信部、370...演算処理部、371...超音波測定制御部、373...画像生成部、375...ディレイ処理部、377...ウェイト算出判定部、379...信号合成用ウェイト決定部、381...適応型ウェイト算出部、383...受信BF処理部、400...多段信号処理部、410...第1の信号処理部、411...BF処理部、413-1, 2...適応型BF処理部、420...第2の信号処理部、421...BF処理部、423-1~4...適応型BF処理部、390...記憶部、391...超音波測定プログラム、393...受信信号データ、395...反射波データ、397...固定ウェイトデータ、2...被検体

10

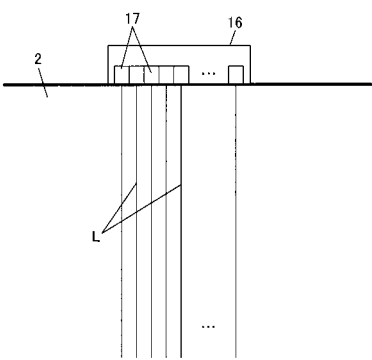
20

30

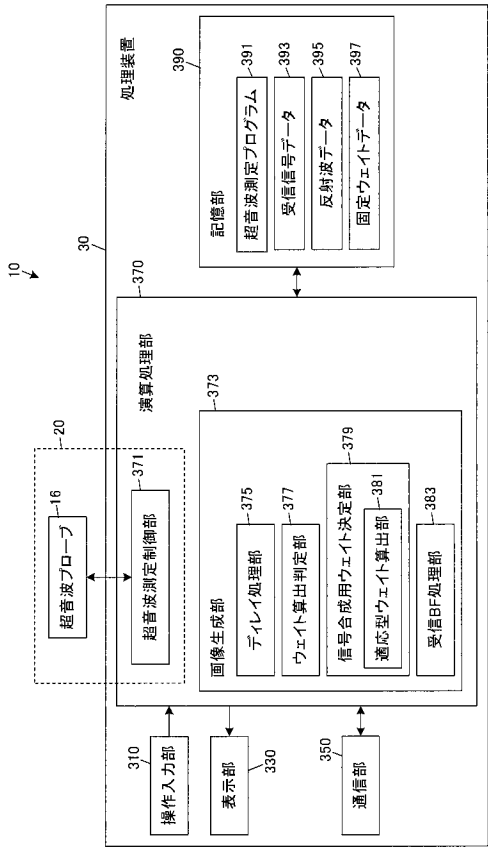
【図 1】



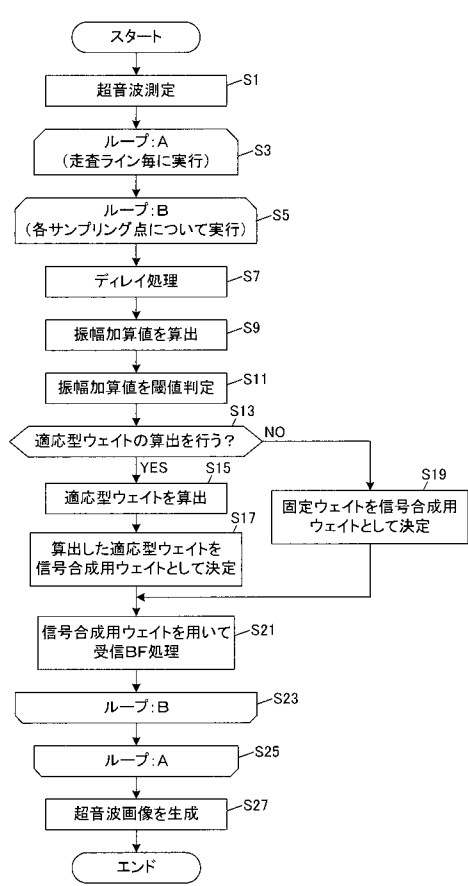
【図 2】



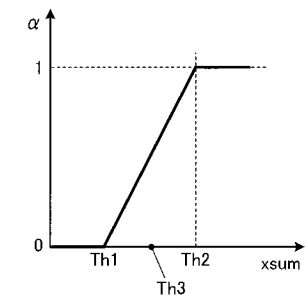
【図 3】



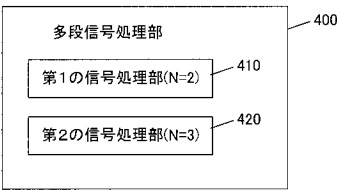
【図 4】



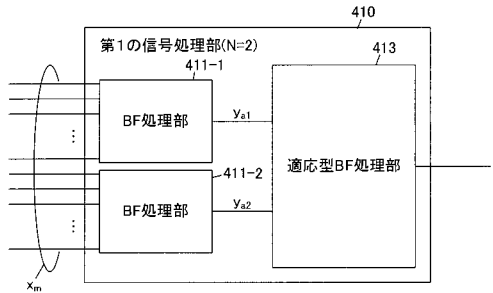
【 図 5 】



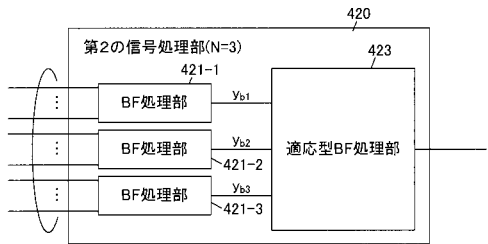
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



专利名称(译)	超声波测量装置及超声波测量装置的控制方法		
公开(公告)号	JP2018108143A	公开(公告)日	2018-07-12
申请号	JP2016256450	申请日	2016-12-28
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	林正樹		
发明人	林 正樹		
IPC分类号	A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE01 4C601/EE07 4C601/GB03 4C601/HH25 4C601/HH29 4C601/JB03 4C601/JB53		
代理人(译)	黑田靖 井上 一		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：减少与执行接收波束成形处理有关的计算量并加快处理速度。在每个信道的接收到的具有多个通道的用于接收甲超声波的探针，以及用于处理接收信号的处理单元，所述算术处理单元适于接收波束形成处理类型是否执行信号合成的权重的计算，并且对于波束的自适应权成形过程中，以及基于所接收到的信号，当确定执行计算，自适应权重执行该判断计算出的和等待信号合成，如果确定不执行计算的第一判定，以执行确定预定重量的重量，用于组合信号的第二判定并且，执行使用信号合成权重来合成接收信号的接收波束形成处理，以生成超声图像一种超声波测量装置。点域

