

(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2018-108144
(P2018-108144A)

(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 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-256451 (P2016-256451)
(22) 出願日 平成28年12月28日 (2016.12.28)

(71) 出願人 000002369
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
(72) 発明者 関 竜太郎
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 EE04 HH28 JB41 JB45 JC09

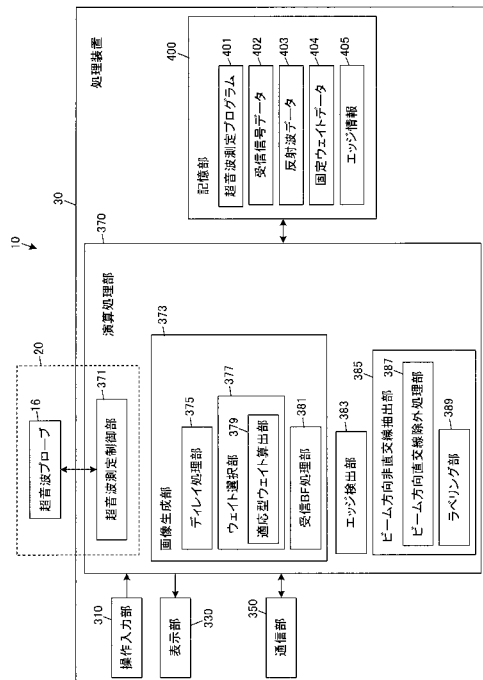
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置および超音波測定装置の制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】対象領域内に境界面が存在する場合の当該境界面の視認性を改善することができる技術を提供する。

【解決手段】超音波測定装置10は、対象領域の各処理対象点毎に、受信ビームフォーミング処理の信号合成用ウェイトとして、所定のウェイトと、適応型ウェイトとの何れかとするウェイト選択377を行って受信ビームフォーミング処理381を行うことで超音波画像を生成する演算処理部370を備え、超音波の受信信号に基づいて対象領域についてエッジ検出383を行うことと、エッジ検出で検出されたエッジ部分のうち、処理対象点に係る受信ビームフォーミング処理のビーム方向に対して、所定条件を満たすエッジ部分を抽出することと、処理対象点が抽出されたエッジ部分のときの信号合成用ウェイトを所定のウェイトとするウェイト選択を行うことと、を実行する。

【選択図】図8



【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であって、対象領域の各処理対象点毎に、受信ビームフォーミング処理の信号合成用ウェイトとして、所定のウェイトと、前記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適応型ウェイトとの何れかとするウェイト選択を行って前記受信ビームフォーミング処理を行うことで超音波画像を生成する演算処理部と、

を備え、

前記演算処理部は、

前記受信信号に基づいて前記対象領域についてエッジ検出を行うことと、

前記エッジ検出で検出されたエッジ部分のうち、前記処理対象点に係る前記受信ビームフォーミング処理のビーム方向に対して、所定条件を満たすエッジ部分を抽出することと、

前記処理対象点が前記抽出された前記エッジ部分のときの前記信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとする前記ウェイト選択を行うことと、

を実行する超音波測定装置。

【請求項 2】

前記所定条件は、前記エッジ部分の伸展方向が前記ビーム方向に対して非直交することを少なくとも含む、

請求項 1 に記載の超音波測定装置。

【請求項 3】

前記プローブは、リニアスキャンに対応したプローブであり、

前記抽出することは、前記エッジ部分の伸展方向が前記リニアスキャンのスキャン方向に非平行な前記エッジ部分を抽出することで、前記所定条件を満たす前記エッジ部分を抽出することである、

請求項 1 又は 2 に記載の超音波測定装置。

【請求項 4】

前記プローブは、リニアスキャンに対応したプローブであり、

前記抽出することは、

前記エッジ部分の伸展方向が前記リニアスキャンのスキャン方向に平行な前記エッジ部分を前記抽出の除外対象とすることと、

前記除外対象とならなかった前記エッジ部分のうち、伸展方向が前記ビーム方向に対して非直交し、且つ、所定長以上の長さを有する前記エッジ部分を、前記所定条件を満たす前記エッジ部分として抽出することと、

を含む、

請求項 1 又は 2 に記載の超音波測定装置。

【請求項 5】

前記プローブは、セクタースキャンに対応したプローブであり、

前記抽出することは、前記ビーム方向毎に、前記所定条件を満たす前記エッジ部分を抽出することを含み、

前記ウェイト選択を行うことは、前記ビーム方向に対応して前記抽出した前記エッジ部分を前記処理対象点とするときの前記信号処理用ウェイトを、前記所定のウェイトとすることを含む、

請求項 1 又は 2 に記載の超音波測定装置。

【請求項 6】

前記所定条件には、所定長以上の長さを有すること、が含まれ、

前記演算処理部は、

前記所定長を、前記処理対象点までの前記ビーム方向に沿った距離に応じて可変に設定すること、

10

20

30

40

50

を実行する、
請求項 5 に記載の超音波測定装置。

【請求項 7】

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 ~ 6 の何れか一項に記載の超音波測定装置。

【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。

【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、

前記チャンネル毎に受信した受信信号に基づいて対象領域についてエッジ検出を行うことと、

前記エッジ検出で検出されたエッジ部分のうち、処理対象点に係る受信ビームフォーミング処理のビーム方向に対して、所定条件を満たすエッジ部分を抽出することと、

前記対象領域の各前記処理対象点毎に、前記受信ビームフォーミング処理の信号合成用ウェイトとして、所定のウェイトと、前記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適応型ウェイトとの何れかとするウェイト選択を行って前記受信ビームフォーミング処理を行うことと、

を含み、

前記ウェイト選択は、前記処理対象点の前記抽出された前記エッジ部分のときの前記信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとする前記ウェイト選択を行うことを含む、

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対象領域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（BF；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】

しかし、適応型ビームフォーミング処理を行うと、生成される超音波画像において生体組織や構造体等の境界面が見難くなる場合があった。境界面が見難いと、当該生体組織や構造体等の位置を一目で視認できず、診断や検査に支障が生じ得る。そこで本発明は、画像診断や画像検査の対象領域内に境界面が存在する場合の当該境界面の視認性を改善する

10

20

30

40

50

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であって、対象領域の各処理対象点毎に、受信ビームフォーミング処理の信号合成用ウェイトとして、所定のウェイトと、前記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適応型ウェイトとの何れかとするウェイト選択を行って前記受信ビームフォーミング処理を行うことで超音波画像を生成する演算処理部と、を備え、前記演算処理部は、前記受信信号に基づいて前記対象領域についてエッジ検出を行うことと、前記エッジ検出で検出されたエッジ部分のうち、前記処理対象点に係る前記受信ビームフォーミング処理のビーム方向に対して、所定条件を満たすエッジ部分を抽出することと、前記処理対象点の前記抽出された前記エッジ部分のときの前記信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとする前記ウェイト選択を行うことと、を実行する超音波測定装置である。

10

【0006】

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、前記チャンネル毎に受信した受信信号に基づいて対象領域についてエッジ検出を行うことと、前記エッジ検出で検出されたエッジ部分のうち、処理対象点に係る受信ビームフォーミング処理のビーム方向に対して、所定条件を満たすエッジ部分を抽出することと、前記対象領域の各前記処理対象点毎に、前記受信ビームフォーミング処理の信号合成用ウェイトとして、所定のウェイトと、前記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適応型ウェイトとの何れかとするウェイト選択を行って前記受信ビームフォーミング処理を行うことと、を含み、前記ウェイト選択は、前記処理対象点の前記抽出された前記エッジ部分のときの前記信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとする前記ウェイト選択を行うことを含む、制御方法を構成してもよい。

20

【0007】

第1又は第9の発明によれば、対象領域についてエッジ検出を行い、処理対象点に係る受信BF処理のビーム方向に対して所定条件を満たすエッジ部分を抽出することができる。そして、処理対象点の前記抽出したエッジ部分のときの信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとして、受信ビームフォーミング処理を行うことができる。これによれば、生成される超音波画像において、対象領域に存在する境界面の視認性を改善することが可能となる。

30

【0008】

また、第2の発明として、前記所定条件は、前記エッジ部分の伸展方向が前記ビーム方向に対して非直交することを少なくとも含む、第1の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0009】

第2の発明によれば、エッジ部分の伸展方向がビーム方向に対して非直交のエッジ部分を抽出することができる。そして、抽出したエッジ部分を処理対象点とするときの信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとして、受信ビームフォーミング処理を行うことができる。

40

【0010】

また、第3の発明として、前記プローブは、リニアスキャンに対応したプローブであり、前記抽出することは、前記エッジ部分の伸展方向が前記リニアスキャンのスキャン方向に非平行な前記エッジ部分を抽出することで、前記所定条件を満たす前記エッジ部分を抽出することである、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。

【0011】

第3の発明によれば、リニアスキャンのスキャン方向に対して、エッジ部分の伸展方向が非平行なエッジ部分を抽出することができる。そして、抽出したエッジ部分を処理対象点とするときの信号合成用ウェイトを前記所定のウェイトとして、受信ビームフォーミング処

50

理を行うことができる。

【0012】

また、第4の発明として、前記プローブは、リニアスキャンに対応したプローブであり、前記抽出することは、前記エッジ部分の伸展方向が前記リニアスキャンのスキャン方向に平行な前記エッジ部分を前記抽出の除外対象とすることと、前記除外対象とならなかった前記エッジ部分のうち、伸展方向が前記ビーム方向に対して非直交し、且つ、所定長さ以上の長さを有する前記エッジ部分を、前記所定条件を満たす前記エッジ部分として抽出することと、を含む、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。

【0013】

第4の発明によれば、リニアスキャンのスキャン方向に平行なエッジ部分を抽出の除外対象とした上で、伸展方向がビーム方向と非直交で且つ所定長さ以上の長さのエッジ部分を抽出することができる。そして、抽出したエッジ部分を処理対象点とするときの信号合成用ウェイトを所定のウェイトとして、受信ビームフォーミング処理を行うことができる。

10

【0014】

また、第5の発明として、前記プローブは、セクタスキャンに対応したプローブであり、前記抽出することは、前記ビーム方向毎に、前記所定条件を満たす前記エッジ部分を抽出することを含み、前記ウェイト選択を行うことは、前記ビーム方向に対応して前記抽出した前記エッジ部分を前記処理対象点とするときの前記信号処理用ウェイトを、前記所定のウェイトとすることを含む、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。

20

【0015】

第5の発明によれば、ビーム方向毎に所定条件を満たすエッジ部分を抽出することができる。そして、ビーム方向に対応して抽出したエッジ部分を処理対象点とするときの信号合成用ウェイトを所定のウェイトとして、受信ビームフォーミング処理を行うことができる。

【0016】

また、第6の発明として、前記所定条件には、所定長さ以上の長さを有すること、が含まれ、前記演算処理部は、前記所定長を、前記処理対象点までの前記ビーム方向に沿った距離に応じて可変に設定することを実行する、第5の発明の超音波測定装置を構成してもよい。

30

【0017】

第6の発明によれば、処理対象点までのビーム方向に沿った距離に応じた長さのエッジ部分を抽出することができる。

【0018】

また、第7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～第6の何れかの発明の超音波測定装置を構成してもよい。

【0019】

第7の発明によれば、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。

【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。

40

【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（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。

50

- 【図 2】スキャン範囲の一例を示す模式図。
 【図 3】B F 処理を行って生成した超音波画像の一例を示す図。
 【図 4】適応型 B F 処理を行って生成した超音波画像の一例を示す図。
 【図 5】スキャン範囲の他の例を示す模式図。
 【図 6】B F 処理を行って生成した超音波画像の他の例を示す図。
 【図 7】適応型 B F 処理を行って生成した超音波画像の他の例を示す図。
 【図 8】第 1 実施形態における超音波測定装置の機能構成例を示すブロック図。
 【図 9】第 1 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。
 【図 10】エッジ検出結果の一例を示す図。
 【図 11】ビーム方向直交線除外処理結果の一例を示す図。
 【図 12】ラベリング処理結果を示す図。
 【図 13】ビーム方向非直交線の抽出結果を示す図。
 【図 14】スキャン範囲の他の例を示す模式図。
 【図 15】B F 処理を行って生成した超音波画像の他の例を示す図。
 【図 16】適応型 B F 処理を行って生成した超音波画像の他の例を示す図。
 【図 17】第 2 実施形態における超音波測定装置の機能構成例を示すブロック図。
 【図 18】非直交線候補リストのデータ構成例を示す図。
 【図 19】第 2 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。
 【発明を実施するための形態】

10

【0023】

20

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。

【0024】

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、第 1 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、リニアスキャンに対応した超音波プローブ（探触子）16 と、処理装置 30 とを備える。

30

【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 14、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 IC 34 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 CPU 32 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。

40

【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

50

反射波の受信信号強度（反射波強度）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スキャン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、第1実施形態における超音波測定を説明する図であり、超音波プローブ16を対象物の表面に当てて超音波測定している状態を簡略的に示している。超音波プローブ16は、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。第1実施形態では、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L1に沿って超音波ビームを送受信することで矩形のスキャン範囲A1を走査する、いわゆるリニアスキャン方式で超音波測定を行う。

10

【0029】

実際に超音波測定装置10が行う超音波測定では、超音波プローブ16が被検体2の生体表面（図1では頸部）に当てられ、スキャン範囲に相当する対象領域の反射波データが生成される。この対象領域（スキャン範囲）の横方向をx方向、これと直交する対象領域の縦方向をz方向と定義する。x方向はスキャン方向に対応し、z方向は生体表面からの深さ方向に対応する。なお、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の部位としてよい。

20

【0030】

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。本処理によってチャンネル17毎のチャンネル信号が各サンプリング点における反射波強度を表す二次元データとされ、当該二次元データに検波処理や対数変換処理等の必要な処理を施してサンプリング点毎に輝度値を得ることで、対象領域の超音波画像を生成できる。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。

30

【0031】

具体的には、整相加算処理は、全ての走査ラインL1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）L1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からの信号のみを増幅することができ、処理対象ラインL1の方向からの所望波を抽出できる。

【0032】

ここで、従来から、受信BF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BF処理）が知られている。この適応型BF処理では、サンプリング点毎に次の処理を行う。すなわちまず、ディレイ処理後のチャンネル17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L1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(1)～式(8)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17毎のチャンネル信号を重み付き加算する。適応型BF処理の具体例としては、MV（Minimum Variance）法や、APES（Amplitude and Phase Estimation）法等があり、適宜採用できる。この適応型BF処理によれば、処理対象ライン

40

50

L1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、高い方位分解能が実現できる。

【0033】

また、別の受信BF処理として、予め各チャンネル17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BF処理（以下、この非適応型の受信BF処理を単に「BF処理」と呼ぶ）がある。このBF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利点がある一方で、不要波に対しても感度を持つため、適応型BF処理に比べると方位分解能が低い。

10

【0034】

ところで、受信信号として得られる超音波の反射波強度は、伝搬する媒質が変化する位置で高くなり、超音波画像において反射波強度が高い位置は高輝度として表される。したがって、対象領域の超音波画像を観察することで、皮下に存在する生体組織等の境界面の位置を把握できる。しかし、受信BF処理を上記適応型BF処理とした場合とBF処理とした場合とでは描出される境界面の視認性が異なり、当該視認性について以下の問題があった。

【0035】

すなわち、受信BF処理のビーム方向である走査ラインL1の方向と境界面が直交又は略直交していれば、適応型BF処理を適用することで当該境界面は鮮鋭に描出できる。しかし、ビーム方向に対して非直交する境界面が対象領域に存在すると、当該境界面とx方向との成す角度が大きくなるほど、生成される超音波画像においてその視認性は悪化する。当該現象はBF処理および適応型BF処理の何れを適用した場合にも起こるが、より顕著に現れるのが適応型BF処理を適用した場合である。

20

【0036】

比較検討するために、図2に示すようにスキャン範囲A1に2本のワイヤーB11、B13を配置し、超音波測定を行った場合のスキャン範囲A1の超音波画像をシミュレーションにより生成した。一方のワイヤーB11はビーム方向と直交するx方向に沿って配置し、他方のワイヤーB13は、x方向との成す角度を θ_1 としてx方向に対して傾けて配置した。図3は、受信BF処理をBF処理として生成した超音波画像を示す図であり、図4は、適応型BF処理として生成した超音波画像を示す図である。図3および図4に示すように、ビーム方向と直交する一方のワイヤーB11については、適応型BF処理を適用することで鮮鋭に描出される。しかし、ビーム方向と非直交する他方のワイヤーB13に着目すると、適応型BF処理を適用した場合の方が、BF処理の適用時よりも全体的にワイヤーB13の輝度が低下して見難く、視認性が悪い。

30

【0037】

次に、図5に示すように、他方のワイヤーB13とx方向との成す角度を θ_2 （ $\theta_2 > \theta_1$ ）としてワイヤーB13をx方向に対してさらに傾け、超音波測定を行ってスキャン範囲A1の超音波画像を生成した。図6は、本例において受信BF処理をBF処理とした場合の超音波画像を示し、図7は、適応型BF処理とした場合の超音波画像を示す図である。本例の場合、図7に示すように、適応型BF処理を適用したのではワイヤーB13がほとんど描出されず、視認が困難となった。これに対し、図6に示すように、BF処理を適用した場合では、その全域が視認できる。

40

【0038】

以上のように、受信BF処理を適応型BF処理とした場合、ビーム方向に対して非直交する境界面の抽出に関して視認性が著しく悪化する問題があった。そこで、第1実施形態では、ビーム方向に対して非直交する境界面のサンプリング点については、固定ウェイト W_f を信号合成用ウェイト W とするウェイト選択を行う。それ以外の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、適応型ウェイト W_{mv} を信号合成用ウェイト W とするウェイト選択を行う。

50

【0039】

そのための処理として先ず、対象領域についてエッジ検出を行う。そして、検出されたエッジ部分の中から、ビーム方向に対して非直交するエッジ部分（以下、適宜「ビーム方向非直交線」という）を抽出する。手順としては例えば、検出されたエッジ部分のうち、その伸展方向がリニアスキャンのスキャン方向に平行なエッジ部分（つまりビーム方向に対して直交するエッジ部分；以下、適宜「ビーム方向直交線」という）を抽出の除外対象とする。その上で、「ビーム方向に対して非直交し、且つ、予め設定される所定長 D_E 以上の長さを有するエッジ部分であること」を所定条件として、除外対象とならなかったエッジ部分から所定条件を満たすエッジ部分をビーム方向非直交線として抽出する。

【0040】

その後は、ビーム方向非直交線上の各サンプリング点をBF処理位置とし、処理対象点がBF処理位置の場合は信号合成用ウェイト W を固定ウェイト W_f とする。BF処理位置でなければ適応型ウェイト W_{mv} を算出し、信号合成用ウェイト W とする。

【0041】

[機能構成]

図8は、第1実施形態における超音波測定装置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400とを備える。

【0042】

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の受信信号であるチャンネル信号を超音波測定制御部371へ出力する。

【0043】

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。

【0044】

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。

【0045】

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。

【0046】

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。

【0047】

この演算処理部370は、超音波測定制御部371と、画像生成部373と、エッジ検出部383と、ビーム方向非直交線抽出部385とを含む。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

超音波測定制御部 371 は、超音波プローブ 16 とともに超音波測定部 20 を構成し、この超音波測定部 20 によって超音波測定が行われる。超音波測定制御部 371 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 371 は、超音波プローブ 16 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 16 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 17 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 17 毎のチャンネル信号（測定結果）を画像生成部 373 へ出力する。

【 0 0 4 9 】

画像生成部 373 は、超音波測定制御部 371 からのチャンネル 17 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 373 は、ディレイ処理部 375 と、ウェイト選択部 377 と、受信 BF 処理部 381 とを含む。

【 0 0 5 0 】

ディレイ処理部 375 は、チャンネル 17 毎のチャンネル信号に、予め各チャンネル 17 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 5 1 】

ウェイト選択部 377 は、サンプリング点毎に信号合成用ウェイト W を固定ウェイト W_f 又は適応型ウェイト W_{mv} とするウェイト選択を行う。すなわち、処理対象点が BF 処理位置の場合は固定ウェイト W_f を選択し、BF 処理位置でなければ適応型ウェイト W_{mv} を選択して、信号合成用ウェイト W とする。このウェイト選択部 377 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 379 を備える。

【 0 0 5 2 】

ここで、適応型ウェイト算出部 379 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 17 に対応する信号合成用ウェイトを W_m とすると、受信 BF 処理部 381 の出力 $z[n]$ は、ディレイ処理部 375 が出力するディレイ処理後のチャンネル 17 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 17 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 (1) で表される。式 (1) において、 m はチャンネル数を表す。 n はサンプリング総数であり、 m 番目のチャンネル 17 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 17 に適用されるディレイ時間を表す。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 17 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 BF 処理が受信 BF 処理として行われることになるし、予め各チャンネル 17 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 BF 処理が受信 BF 処理として行われることとなる。

【 数 1 】

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

【 0 0 5 3 】

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 17 の適応型ウェイト W_{mv_m} に置き換えて式 (1) の出力 $z[n]$ をベクトル表記で表すと、次式 (2), (3) 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

【数 2】

$$z[n] = \frac{1}{M} \mathbf{Wmv}[n]^H \mathbf{X}[n] \quad \dots(2)$$

$$\mathbf{Wmv}[n] = \begin{bmatrix} \mathbf{Wmv}_0^*[n] \\ \mathbf{Wmv}_1^*[n] \\ \vdots \\ \mathbf{Wmv}_{M-1}^*[n] \end{bmatrix} \quad \dots(3)$$

10

【0054】

相関行列 $\mathbf{R}[n]$ は、次式(4)、(5)で与えられる。

【数 3】

$$\mathbf{R}[n] = E[\mathbf{X}[n]\mathbf{X}[n]^T] \quad \dots(4)$$

$$E[|z[n]|^2] = \mathbf{Wmv}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{Wmv}[n] \quad \dots(5)$$

20

【0055】

各チャンネル17の適応型ウェイト \mathbf{Wmv}_m は、上記式(4)、(5)において $z[n]$ の分散を最小化する値として、次式(6)、(7)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 \mathbf{Wmv}_m は、次式(8)で表される。

【数 4】

$$\min_{\mathbf{w}[n]} \mathbf{Wmv}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{Wmv}[n] \quad \dots(6)$$

$$\text{subject to } \mathbf{Wmv}[n]^H \mathbf{a} = 1 \quad \dots(7)$$

30

$$\mathbf{Wmv}[n] = \frac{\mathbf{R}[n]^{-1} \mathbf{a}}{\mathbf{a}^H \mathbf{R}[n]^{-1} \mathbf{a}} \quad \dots(8)$$

【0056】

ここで、 \mathbf{a} はステアリングベクトルであり、 \mathbf{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、 \mathbf{a} の要素は全て1とすればよい。

【0057】

40

図8の説明に戻る。受信BF処理部381は、ウェイト選択部377が決定した信号合成用ウェイト \mathbf{W} を用い、式(1)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。

【0058】

エッジ検出部383は、公知のエッジ検出処理を行い、対象領域からエッジ部分を検出する。

【0059】

ビーム方向非直交線抽出部385は、エッジ検出部383が検出したエッジ部分の中から、ビーム方向に対して非直交し且つ所定長さ D_E 以上の長さのエッジ部分(ビーム方向非直交線)を抽出する。このビーム方向非直交線抽出部385は、ビーム方向直交線除外処

50

理部 387 と、ラベリング部 389 とを備える。ビーム方向直交線除外処理部 387 は、エッジ検出部 383 が検出したエッジ部分のうち、ビーム方向と直交するエッジ部分（ビーム方向直交線）を上記ビーム方向非直交線の抽出対象から除外する処理を行う。ラベリング部 389 は、公知のラベリング処理を行い、ビーム方向直交線除外処理部 387 によって除外されなかったエッジ部分の各々に固有のラベルを付す。

【0060】

記憶部 400 は、IC メモリやハードディスク、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 400 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

10

【0061】

また、記憶部 400 には、超音波測定プログラム 401 と、受信信号データ 402 と、反射波データ 403 と、固定ウェイトデータ 404 と、エッジ情報 405 とが格納される。

【0062】

演算処理部 370 は、超音波測定プログラム 401 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、エッジ検出部 383、ビーム方向非直交線抽出部 385 等の機能を実現する。なお、これら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。

20

【0063】

受信信号データ 402 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。

【0064】

反射波データ 403 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 403 は、超音波画像であるフレーム毎の B モード像のデータ

30

【0065】

固定ウェイトデータ 404 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 404 には、次式（9）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。

$$W_{f_m} = \{1, 1, \dots, 1\} \dots (9)$$

【0066】

エッジ情報 405 は、エッジ検出部 383 によるエッジ検出結果を記憶する。このエッジ情報 405 は、後述するように、ビーム方向非直交線の抽出の過程でビーム方向非直交線抽出部 385 によって書き換えられる。

40

【0067】

[処理の流れ]

図 9 は、第 1 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 400 から超音波測定プログラム 401 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。

【0068】

50

先ず、超音波測定部 20 が、超音波測定を行う（ステップ S 101）。ここでの処理により、受信信号データ 402 へ測定結果が格納されていく。

【0069】

続いて、画像生成部 373 が、仮の超音波画像を生成する（ステップ S 103）。ここでは、従来の手法で超音波画像を生成する。例えば先ず、ディレイ処理部 375 が、ステップ S 101 の超音波測定で得た各チャンネル 17 からのチャンネル信号をディレイ処理する。そして、受信 BF 処理部 381 が、受信 BF 処理として BF 処理を行う。すなわち、信号合成用ウェイト W として固定ウェイト W_f を用い、上記式 (1) 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サンプリング点毎に重み付き加算する。その後、受信 BF 処理部 381 の出力 $z[n]$ に必要な処理を施し、各サンプリング点の輝度値を得る。

10

【0070】

続いて、エッジ検出部 383 が、仮の超音波画像についてエッジ検出処理を行い、対象領域内に存在するエッジ部分を検出する（ステップ S 105）。具体的には、横方向（ x 方向）のエッジ部分と斜め方向のエッジ部分を含む横エッジを検出するための公知の微分フィルターを適用し、サンプリング点毎に微分値を算出する。そして、得られた微分値が予め定められる所定の閾値以上のサンプリング点について値を「1」、閾値未満であるサンプリング点の値を「0」としたエッジ情報 405 を生成する。図 10 に、エッジ情報 405 の一例を示す。

【0071】

なお、ここでは、前段のステップ S 103 で生成した仮の超音波画像についてエッジ検出処理を行うことで対象領域内に存在するエッジ部分を検出することとした。これに対し、受信 BF 処理後の二次元データ（受信 BF 処理部 381 の出力 $z[n]$ ）についてエッジ検出処理を行い、対象領域内に存在するエッジ部分を検出してもよい。

20

【0072】

続いて、図 9 に示すように、ビーム方向直交線除外処理部 387 がビーム方向直交線除外処理を行い、エッジ検出処理で生成したエッジ情報 405 から x 方向のエッジ部分を消去する（ステップ S 107）。手順としては先ず、図 10 のエッジ情報 405 の各サンプリング点の位置（ x, y ）を 1 行ずつ x 方向に順番に参照していくことで、各行において x 方向に「1」が連続する範囲を特定し、その連続数を計数する。そして、計数した連続数が予め設定される所定数以上の範囲を x 方向のエッジ部分と判定し、当該範囲内のサンプリング点の値を「1」から「0」に書き換えてエッジ情報 405 を更新する。これにより、エッジ情報 405 から x 方向のエッジ部分が消去される。図 11 に、ビーム方向直交線除外処理後のエッジ情報 405 を示す。図 11 の例では、図 10 のエッジ情報 405 の上から 2 行目のエッジ部分が消去されている。

30

【0073】

続いて、図 9 に示すように、ラベリング部 389 が、ビーム方向直交線除外処理後のエッジ情報 405 についてラベリング処理を行う（ステップ S 109）。手順としては先ず、図 11 のエッジ情報 405 において値が「1」であるサンプリング点を、「1」が隣接するサンプリング点群に区切る。ここでは、注目するサンプリング点を中心とする周囲の 8 近傍に値が「1」のサンプリング点がある場合にそれらを連結していくことで、サンプリング点群を得る。そして、区切ったサンプリング点群毎に各々を識別するための固有のラベルを付す。図 12 に、ラベリング処理後のエッジ情報 405 を示す。図 12 の例では、3 つのエッジ部分を構成するサンプリング点群にそれぞれラベル番号「1」～「3」のラベルが付されている。なお、サンプリングの手法は特に限定されるものではなく、4 近傍の値を参照してサンプリング点群を区切るのもよい。

40

【0074】

その後、図 9 に示すように、ビーム方向非直交線抽出部 385 は、ラベリング処理後のエッジ情報 405 から所定長 D_E 未満のエッジ部分を消去することで、ビーム方向非直交線を抽出する（ステップ S 111）。手順としては先ず、同じラベルが付されたエッジ部

50

分毎に当該エッジ部分のサンプリング点数を計数する。そして、計数値が、所定長 D_E であることを示す所定数未満のエッジ部分について、各サンプリング点の値を「0」に書き換えてエッジ情報405を更新する。これにより、エッジ情報405から所定長 D_E 未満のエッジ部分が消去される。図13に、ビーム方向非直交線の抽出結果（エッジ情報405）を示す。図13の例では、図12のエッジ情報405から3つのサンプリング点で構成されたラベル番号「2」のエッジ部分が消去され、最終的に、ラベル番号「1」および「3」の各エッジ部分がビーム方向非直交線とされる。

【0075】

なお、以上説明したビーム方向非直交線の抽出に係る処理は、その簡略化のために、エッジ情報405を適宜間引いて行ってもよい。

10

【0076】

図9に戻り、以上のようにしてビーム方向非直交線を抽出したならば、画像生成部373が、受信信号データ402を参照しながら走査ラインL1毎にループAの処理を繰り返す（ステップS113～ステップS131）。そして、ループAでは、ステップS101の超音波測定の測定結果を用いて処理対象ラインL1について一定時間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S115～ステップS129）。

【0077】

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S117）。

20

【0078】

続いて、ウェイト選択部377がエッジ情報405を参照し、処理対象点の値が「1」であれば当該処理対象点をBF処理位置と判定し（ステップS119：YES）、ステップS121に移行する。すなわち、ステップS121では、ウェイト選択部377は、固定ウェイトデータ404から固定ウェイト W_f を読み出して信号合成用ウェイト W とする。一方、エッジ情報405において処理対象点の値が「0」の場合には（ステップS119：NO）、ウェイト選択部377において適応型ウェイト算出部379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S123）。そして、ウェイト選択部377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 とする（ステップS125）。

30

【0079】

その後、受信BF処理部381が、ステップS121又はステップS125で信号合成用ウェイト W とした固定ウェイト W_f 又は適応型ウェイト W_{mv} を用いて受信BF処理を行い、上記式（1）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S127）。

【0080】

このループBの処理を繰り返し、処理対象ラインL1のサンプリングを終えたならば、処理対象ラインL1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L1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S133）、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。

40

【0081】

以上説明したように、第1実施形態によれば、対象領域についてエッジ検出を行い、検出されたエッジ部分の中から、ビーム方向に対して非直交し且つ所定長 D_E 以上の長さのエッジ部分を抽出することができる。そして、処理対象点が抽出したエッジ部分のときには信号合成用ウェイト W を固定ウェイト W_f とし、処理対象点が抽出したエッジ部分でないときには適応型ウェイト W_{mv} を信号合成用ウェイト W として受信BF処理を行い、超音波画像を生成できる。したがって、リニアスキャン方式で対象領域を走査して超音波画像を生成するにあたって高い方位分解能を維持しつつ、対象領域においてビーム方向に対して非直交する境界面が存在する場合には、その視認性を改善することができる。

50

【 0 0 8 2 】

< 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態について説明する。なお、以下の説明において、第 1 実施形態と同様の構成には同一の符号を付する。

【 0 0 8 3 】

[原理]

図 1 4 は、第 2 実施形態における超音波測定を説明する図である。第 2 実施形態では、超音波プローブ 1 6 b は、セクタースキャン方式で超音波測定を行う。すなわち、セクタースキャン方式では、入射角度を所定の角度ずつ変えながら所定の対象物表面位置を基点 P 2 とする複数の走査ライン L 2 に沿って超音波ビームを放射状に送受信し、所定の角度範囲（スキャン範囲）A 2 を扇形に走査する。実際に第 2 実施形態の超音波測定装置 1 0 b が行う超音波測定では、超音波プローブ 1 6 b が被検体 2 の生体表面（例えば頸部）に当てられ、スキャン範囲に相当する対象領域の反射波データが生成される。

10

【 0 0 8 4 】

セクタースキャン方式では、上記のように超音波ビームを各走査ライン L 2 の方向に放射状に送受信するため、対象領域に境界面が存在する場合、当該境界面とビーム方向との関係は、ビーム方向毎に異なる。すなわち、同じ境界面であっても、各走査ライン L 2 と交差する位置によって、当該走査ライン L 2 の方向であるビーム方向と境界面とが直交したりしなかったりする。例えば、対象領域を横切るように x 方向に沿った境界面が存在している場合、当該境界面は、中央付近ではビーム方向と直交する。しかし、その端部ではビーム方向と直交せず、第 1 実施形態と同様の問題が生じる。

20

【 0 0 8 5 】

比較検討するために、図 1 4 に示すように、スキャン範囲 A 2 において x 方向に沿って 1 本のワイヤー B 2 を配置し、超音波測定を行った場合のスキャン範囲 A 2 の超音波画像をシミュレーションにより生成した。図 1 5 は、受信 B F 処理を B F 処理として生成した超音波画像を示す図であり、図 1 6 は、適応型 B F 処理として生成した超音波画像を示す図である。本例では、図 1 5 および図 1 6 に示すように、B F 処理の適用時および適応型 B F 処理の適用の何れの場合も、生成される超音波画像においてワイヤー B 2 の両端が描出されていない。これは、ワイヤー B 2 が、その中央付近ではビーム方向と直交又は略直交するのに対し、端部に行くにつれてビーム方向の直交方向との成す角度が大きくなるためである。そして、描出された x 方向の範囲は、適応型 B F 処理を適用した場合の方が狭い。

30

【 0 0 8 6 】

そこで、第 2 実施形態では、ビーム方向毎に、当該ビーム方向に対して非直交するエッジ部分（ビーム方向非直交線）を抽出する。そのための処理として先ず、対象領域についてエッジ検出を行い、横方向と斜め方向のエッジ部分（横エッジ）を抽出する。エッジ検出は、第 1 実施形態と同様に行うことができる。そして、抽出されたエッジ部分の中から、「予め設定される所定長 D_E 以上の長さを有すること」を所定条件とし、これを満たすエッジ部分を非直交線候補として選出する。

40

【 0 0 8 7 】

そして、各走査ライン L 2 を順次処理対象ラインとしてサンプリングを行う際に、処理対象ライン L 2 のビーム方向に対して非直交する非直交線候補をビーム方向非直交線として抽出し、処理対象ライン L 2 との交点のサンプリング点を B F 処理位置に設定する。その後は、第 1 実施形態と同様に、処理対象点が B F 処理位置の場合は信号合成用ウェイト W を固定ウェイト W_f とし、B F 処理位置でなければ適応型ウェイト W_{mv} を算出し、信号合成用ウェイト W とする。

【 0 0 8 8 】

[機能構成]

図 1 7 は、第 2 実施形態における超音波測定装置 1 0 b の機能構成例を示すブロック図である。図 1 7 において、超音波測定装置 1 0 b は、処理装置 3 0 b と、セクタースキャ

50

ンに対応したプローブである超音波プローブ 16 b とを備え、処理装置 30 b は、操作入力部 310 と、表示部 330 と、通信部 350 と、演算処理部 370 b と、記憶部 400 b とを備える。

【0089】

第2実施形態では、演算処理部 370 b は、超音波測定制御部 371 と、画像生成部 373 と、エッジ検出部 383 と、非直交線候補選出部 391 b と、ビーム方向非直交線抽出部 395 b と、BF処理位置設定部 397 b とを含む。

【0090】

非直交線候補選出部 391 b は、エッジ検出部 383 が検出したエッジ部分のうち、所定長 D_E 以上の長さを有するエッジ部分を非直交線候補として選出する。その際、選出したエッジ部分のエッジ長さ¹⁰とエッジ角度とを求めておく。この非直交線候補選出部 391 b は、ラベリング部 393 b を備える。ラベリング部 393 b は、エッジ検出部 383 が検出したエッジ部分の各々に固有のラベルを付す。

【0091】

ビーム方向非直交線抽出部 395 b は、非直交線候補選出部 391 b が選出した非直交線候補の中から、処理対象ライン L2 のビーム方向に対して非直交する非直交線候補をビーム方向非直交線として抽出する。

【0092】

BF処理位置設定部 397 b は、ビーム方向非直交線抽出部 395 b が処理対象ライン L2 について抽出したビーム方向非直交線と、当該処理対象ライン L2 との交点のサンプリング点を BF 処理位置として設定する。²⁰

【0093】

また、記憶部 400 b には、超音波測定プログラム 401 b と、受信信号データ 402 と、反射波データ 403 と、固定ウェイトデータ 404 と、エッジ情報 405 と、非直交線候補リスト 406 b とが格納される。

【0094】

演算処理部 370 b は、超音波測定プログラム 401 b 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、エッジ検出部 383、非直交線候補選出部 391 b、ビーム方向非直交線抽出部 395 b、BF処理位置設定部 397 b 等の機能を実現する。なお、これら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。³⁰

【0095】

エッジ情報 405 は、エッジ検出部 383 によるエッジ検出結果を記憶する。第2実施形態では、エッジ情報 405 は、非直交線候補の選出過程で非直交線候補選出部 391 b によって書き換えられる。

【0096】

非直交線候補リスト 406 b は、非直交線候補選出部 391 b が非直交線候補として選出したエッジ部分の一覧を記憶する。図18は、非直交線候補リスト 406 b のデータ構成例を示す図である。図18に示すように、非直交線候補リスト 406 b は、非直交線候補のエッジ部分に付されたラベルのラベル番号と対応付けて、エッジ長さ⁴⁰と、エッジ角度とが設定されたデータテーブルである。非直交線候補選出部 391 b は、非直交線候補として選出したエッジ部分を構成するサンプリング点数を計数してそのエッジ長さを求めるとともに、当該エッジ部分の方向と z 方向との成す角度を求めてエッジ角度とする。そして、それらをラベル番号と対応付けた非直交線候補リスト 406 b を生成する。

【0097】

[処理の流れ]

図19は、第2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、演算処理部 370 b が記憶部 400 b から超音波測定プログラム 401 b を読み出して実行し、超音波測定装置 10 b の各部を動作させることで実現できる。⁵⁰

【0098】

先ず、超音波測定部20が、超音波測定を行う(ステップS201)。そして、画像生成部373が、仮の超音波画像を生成する(ステップS203)。

【0099】

続いて、エッジ検出部383が、仮の超音波画像についてエッジ検出処理を行い、対象領域内に存在するエッジ部分を検出する(ステップS205)。そして、ラベリング部393bが、エッジ検出処理で生成したエッジ情報405についてラベリング処理を行う(ステップS207)。その後、非直交線候補選出部391bが、ラベリング処理後のエッジ情報405から所定長 D_E 未満のエッジ部分を消去することで、非直交線候補を選出する(ステップS208)。その際、非直交線候補リスト406bを生成する。

10

【0100】

以上のようにして非直交線候補を選出したならば、画像生成部373が、受信信号データ402を参照しながら走査ラインL2毎にループCの処理を繰り返す(ステップS209~ステップS231)。そして、ループCでは先ず、ビーム方向非直交線抽出部395bが、非直交線候補リスト406bに設定されている非直交線候補のうち、処理対象ラインL2のビーム方向に対して非直交するエッジ部分をビーム方向非直交線として抽出する(ステップS211)。ここでは、例えば、エッジ角度を用いて処理対象ラインL2のビーム方向と非直交線候補との成す角度を算出し、 90° 又は 90° 前後の所定範囲(例えば、 $88^\circ \sim 92^\circ$ や、 $89^\circ \sim 91^\circ$ など、概略的に 90° とみなせる範囲。包括的に略 90° 或いは略直交ということもできる。)でなければ、当該非直交線候補をビーム方向非直交線とする。

20

【0101】

続いて、BF処理位置設定部397bが、BF処理位置を設定する(ステップS213)。ここでは、例えば、ステップS211で抽出したビーム方向非直交線のラベル番号をもとに、エッジ情報405において該当するラベルが付された処理対象ラインL2上のサンプリング点をBF処理位置として設定する。

【0102】

BF処理位置を設定したならば、ステップS201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Dの処理を行う(ステップS215~ステップS229)。

30

【0103】

ループDでは先ず、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S217)。

【0104】

続いて、処理対象点がステップS213においてBF処理位置として設定されている場合には(ステップS219: YES)、ウェイト選択部377が、固定ウェイトデータ404から固定ウェイト W_f を読み出して信号合成用ウェイト W とする(ステップS221)。処理対象点がBF処理位置でなければ(ステップS219: NO)、ウェイト選択部377において適応型ウェイト算出部379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S223)。

40

【0105】

その後、受信BF処理部381が、ステップS221又はステップS225で信号合成用ウェイト W とした固定ウェイト W_f 又は適応型ウェイト W_{mv} を用いて受信BF処理を行い、上記式(1)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S227)。

【0106】

このループDの処理を繰り返し、処理対象ラインL2のサンプリングを終えたならば、処理対象ラインL2についてのループCの処理を終える。そして、全ての走査ラインL2

50

を処理対象としてループC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S233）、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。

【0107】

以上説明したように、第2実施形態によれば、ビーム方向毎にこれと非直交し且つ所定長 D_E 以上の長さを有するエッジ部分を抽出することができる。そして、処理対象ラインL2上のサンプリング点のうち、そのビーム方向に対応して抽出したエッジ部分を処理対象点とするときの信号合成用ウェイト W を固定ウェイト W_f とする一方、それ以外のサンプリング点を処理対象点とするときの信号合成用ウェイト W を適応型ウェイト W_{mv} として受信BF処理を行い、超音波画像を生成できる。したがって、セクタースキャン方式で対象領域を走査して超音波画像を生成するにあたり、第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

10

【0108】

なお、第2実施形態では、所定長 D_E を固定としてビーム方向非直交線を抽出することとした。これに対し、処理対象ラインL2に沿った基点P2からの距離を用いて所定長 D_E を可変に設定してもよい。具体的には、例えば、基点P2からの距離と所定長 D_E との対応関係を予め定めておく。この対応関係は、ルックアップテーブルとして設定しておく構成でもよいし、両者の関係式として設定しておくのもよい。

【0109】

一方で、本変形例では、エッジ検出部383が検出した全てのエッジ部分を非直交線候補として選出する。そして、処理対象ラインL2のサンプリングに先立ち、先ず、エッジ角度をもとに当該処理対象ラインL2のビーム方向と非直交する非直交線候補を全て選ぶ。続いて、基点P2から選んだ非直交線候補と処理対象ラインL2との交点までの距離を求め、求めた距離に対応する所定長 D_E を上記対応関係から取得する。そして、当該選んだ非直交線候補のエッジ長さが取得した所定長 D_E 以上であれば、当該非直交線候補をビーム方向非直交線として抽出する。

20

【0110】

[その他の変形例]

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、適応型ウェイト W_{mv} の取り得る値に応じて固定ウェイト W_f を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（9））。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（10）に示すように、式（9）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い。あるいは、固定ウェイト W_f の取り得る値に応じて係数 k_2 を定めておくとしてもよい。そして、適応型ウェイト W_{mv} を算出した際、得られた各チャンネル17の適応型ウェイト W_{mv_m} に係数 k_2 を乗じるようにしてもよい。これによれば、サンプリング点毎にBF処理を適用したり適応型BF処理を適用したりすることによる輝度ムラを抑制できる。

30

$$W = k_1 W_f \cdots (10)$$

【0111】

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対象領域の超音波画像を生成する場合に限らず、例えば、生体以外の構造体の内部の領域を対象領域として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。

40

【符号の説明】

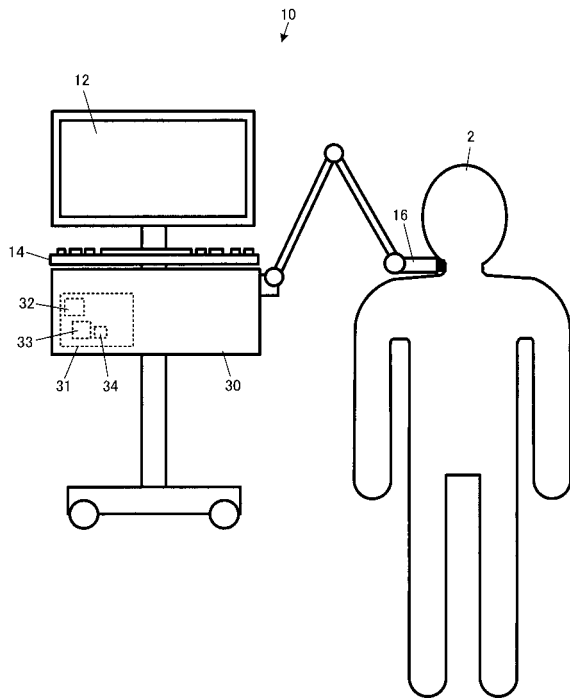
【0112】

10, 10b...超音波測定装置、16, 16b...超音波プローブ、17...チャンネル、L1, L2...走査ライン、20...超音波測定部、30, 30b...処理装置、310...操作入力部、330...表示部、350...通信部、370, 370b...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...ウェイト選択

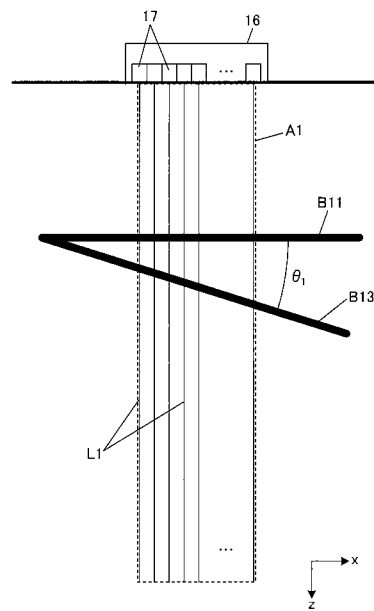
50

部、381...受信BF処理部、383...エッジ検出部、385, 395b...ビーム方向非直交線抽出部、387...ビーム方向直交線除外処理部、389...ラベリング部、391b...非直交線候補選出部、397b...BF処理位置設定部、400, 400b...記憶部、401, 401b...超音波測定プログラム、402...受信信号データ、403...反射波データ、404...固定ウェイトデータ、405...エッジ情報、406b...非直交線候補リスト、2...被検体

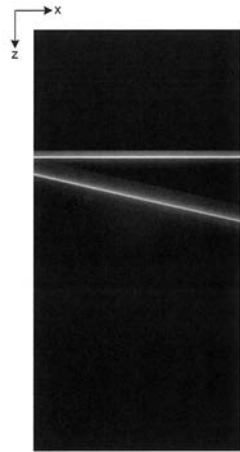
【図1】



【図2】



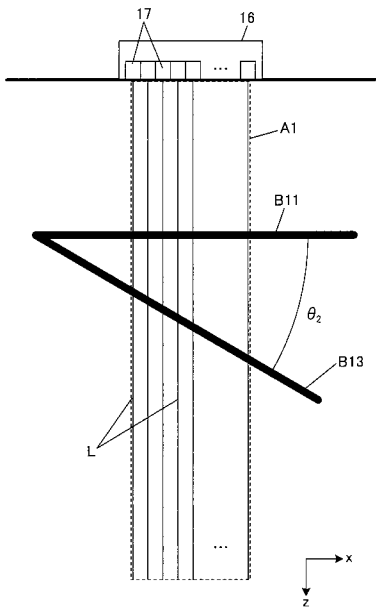
【 図 3 】



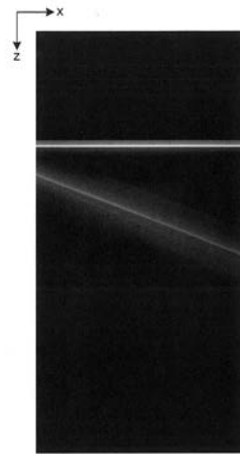
【 図 4 】



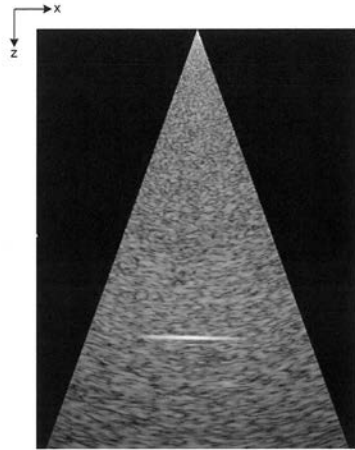
【 図 5 】



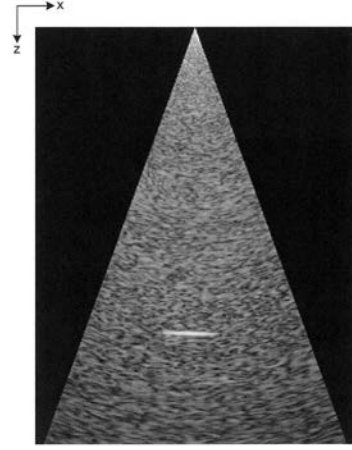
【 図 6 】



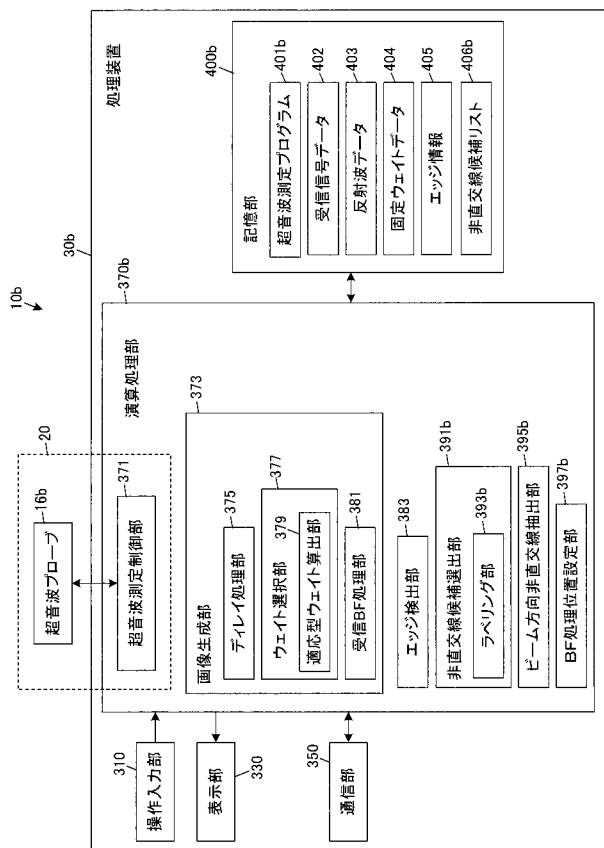
【図 15】



【図 16】



【図 17】

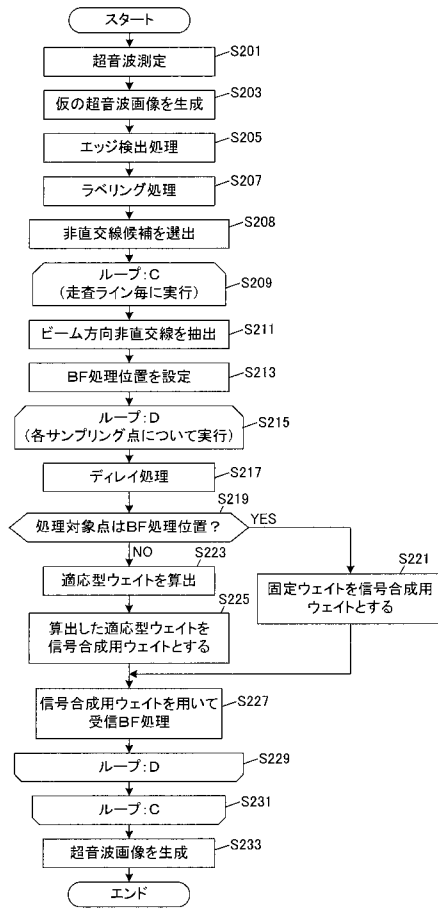


【図 18】

406b

ラベル番号	エッジ長さ	エッジ角度
1	XXX	XXXXX
2	XXX	XXXXX
⋮	⋮	⋮

【 図 1 9 】



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	JP2018108144A	公开(公告)日	2018-07-12
申请号	JP2016256451	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 関竜太郎		
发明人	林 正樹 関 竜太郎		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/5215 A61B8/4405 A61B8/4444 A61B8/4483 A61B8/467 A61B8/5207 A61B8/54 G06T7/0012 G06T7/13 G06T2207/10132		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/HH28 4C601/JB41 4C601/JB45 4C601/JC09		
代理人(译)	黒田靖 井上 一		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种能够提高边界表面的可见性时在目标区域中的边界表面存在的技术。一种超声波测量装置10，用于在目标区域内的各目标点，作为接收波束形成处理的信号合成的权重，以预定的重量，该重量选择进行377个至任一自适应权重算术处理单元370，用于通过执行接收波束形成处理381来生成超声图像，并且执行用于基于所述超声波接收信号的目标区域中的边缘检测383，由边缘检测单元检测出的边缘部分的，接收波束根据相对于所述光束的方向，并且提取预定条件的目标点形成处理被满足边缘部分，所述信号合成的权重的目标点的预定时间被提取的边缘部并选择要加权的重量。点域8

