

(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2017-221511

(P2017-221511A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int.Cl.

A61B 8/14 (2006.01)

F1

A61B 8/14

テーマコード(参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2016-120167 (P2016-120167)
 (22) 出願日 平成28年6月16日(2016.6.16)

(71) 出願人 000001270
 コニカミノルタ株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
 (74) 代理人 110001900
 特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
 (72) 発明者 進 泰彰
 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
 Fターム(参考) 4C601 BB06 EE01 EE08 GB04 HH38
 JB49 KK12 LL07

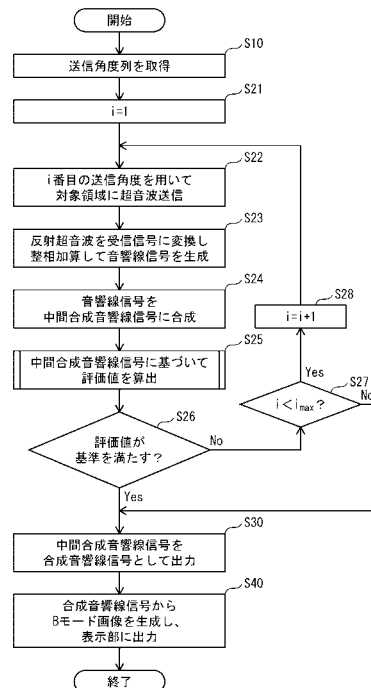
(54) 【発明の名称】 超音波信号処理装置、超音波診断装置、および、超音波信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】、非焦点波ビームを用いた合成開口法において、空間解像度と時間解像度とを適応的に両立させる超音波信号処理装置、および、それを用いた超音波診断装置を提供する。

【解決手段】超音波ビームの進行方向を送信イベントごとに変更しながら、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波探触子に送信させる送信部と、各送信イベントに同期して音響線信号を生成する受信処理部と、合成音響線信号に係る最初の送信イベントから最新の送信イベントまでの音響線信号を合成して中間合成音響線信号を生成する合成部と、中間合成音響線信号から評価値を算出し、次の送信イベントを行うか否かを判断する評価部と、評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力する出力部とを備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の振動子を備えた超音波探触子を用いて被検体に焦点を結ばない非収束の超音波ビームを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音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、

超音波ビームの進行方向を送信イベントごとに変更しながら、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波探触子に送信させる送信部と、

各送信イベントに同期して、前記超音波探触子が前記被検体内の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、前記超音波探触子の振動子各々に対する受信信号列を生成し、送信イベントごとに前記受信信号列を整相加算して音響線信号を生成する受信処理部と、

合成音響線信号に係る最初の送信イベントから最新の送信イベントまでの前記音響線信号を前記対象領域内の各観測点に基づいて合成し中間合成音響線信号を生成する合成部と

、
前記中間合成音響線信号のエネルギー値から評価値を算出し、前記評価値に基づいて次の送信イベントを行うか否かを判断する評価部と、

前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力する出力部と

を備えることを特徴とする超音波信号処理装置。

【請求項 2】

前記送信部は、連続する 2 回の送信イベントにおいて、2 つの超音波ビームの進行方向が、前記超音波探触子の振動子が並ぶ向きの法線方向に対して互いに逆側に延びるように超音波ビームの送信を行う

請求項 1 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 3】

前記送信部は、送信イベントの順に、超音波ビームの進行方向と前記超音波探触子の振動子が並ぶ向きの法線方向とがなす角である送信角度の絶対値が大きく、または同一となるように超音波ビームの送信を行う

請求項 1 または 2 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 4】

超音波ビームの進行方向と前記超音波探触子の振動子が並ぶ向きの法線方向とがなす角である送信角度を送信イベントごとに規定する送信角度列を記憶する送信角度記憶部をさらに備える

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 5】

前記送信角度記憶部は、2 以上の送信角度列を記憶し、

前記送信部は、前記対象領域の断面積、前記対象領域が前記被検体において占める位置、前記対象領域に含まれる組織の種類、のうち 1 以上に基づき、前記送信角度記憶部が記憶している送信角度列から 1 つの送信角度列を選択する

ことを特徴とする請求項 4 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 6】

前記評価部は、送信角度が 0 度であるときの音響線信号のエネルギー値で、前記中間合成音響線信号のエネルギー値の変化量を正規化した値を前記評価値として算出し、

前記決定部は、前記評価値が所定の閾値以下であることを、前記所定の条件として用いる

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 7】

前記評価部は、所定範囲における前記中間合成音響線信号の振幅値の合計を前記中間合成音響線信号のエネルギー値とする

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記評価部は、所定範囲における前記中間合成音響線信号を 2 次元フーリエ変換して得たフーリエデータにおけるスペクトルの総和を前記中間合成音響線信号のエネルギー値とする

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 9】

前記評価部は、所定範囲における前記中間合成音響線信号から深さ方向の 1 次元音響線信号を生成し、前記 1 次元音響線信号を深さ方向に 1 次元フーリエ変換して得たフーリエデータにおけるスペクトルの総和を前記中間合成音響線信号のエネルギー値とする

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

10

【請求項 10】

前記評価部は、前記フーリエデータが含むすべての周波数成分のスペクトルを前記中間合成音響線信号のエネルギー値の算出に用いる

ことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 11】

前記評価部は、前記フーリエデータが含む周波数成分のうち、所定の周波数帯に含まれる成分のスペクトルを前記中間合成音響線信号のエネルギー値の算出に用いる

ことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 12】

前記評価部は、前記所定範囲を前記対象領域の全域とする

ことを特徴とする請求項 7 から 11 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

20

【請求項 13】

前記評価部は、前記所定範囲を前記対象領域の一部である着目領域とする

ことを特徴とする請求項 7 から 11 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 14】

前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記合成音響線信号の生成のために行った送信イベントの回数に応じて、次の合成音響線信号に係る送信イベントの開始時刻を変更する

ことを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 15】

前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記合成音響線信号の生成のために行った送信イベントの回数を保持する制御部をさらに備え、

前記制御部は、続く 1 回以上の合成音響線信号の生成において、保持している前記送信イベントの回数だけ前記送信部に超音波ビームを送信させ、前記評価部の判断にかかわらず、前記送信部に送信させた超音波ビームに対応する音響線信号を全て合成した合成音響線信号を前記出力部に出力させる

ことを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

30

【請求項 16】

前記制御部は、送信イベントの回数を保持した後、続く所定回数の合成音響線信号の生成において、保持している前記送信イベントの回数だけ前記送信部に超音波ビームを送信させ、前記評価部の判断にかかわらず、前記送信部に送信させた超音波ビームに対応する音響線信号を全て合成した合成音響線信号を前記出力部に出力させ、さらに次の合成音響線信号の生成において、前記評価部に次の送信イベントを行うか否かを判断させる

ことを特徴とする請求項 15 に記載の超音波信号処理装置。

40

【請求項 17】

ユーザからの入力を受け付ける入力部をさらに備え、

前記制御部は、前記入力部がユーザから送信回数の決定すべき指示を受け付けた場合に、前記評価部に次の送信イベントを行うか否かを判断させる

ことを特徴とする請求項 15 または 16 に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 18】

50

前記送信部は、波面が進行方向と直交する平面波の超音波ビームを送信することを特徴とする請求項 1 から 17 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置。

【請求項 19】

超音波探触子と、請求項 1 から 18 のいずれか 1 項に記載の超音波信号処理装置とを備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 20】

複数の振動子を備えた超音波探触子を用いて被検体に焦点を結ばない非収束の超音波ビームを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音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、

10

超音波ビームの進行方向を送信イベントごとに変更しながら、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波探触子に送信させ、

各送信イベントに同期して、前記超音波探触子が前記被検体内の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、前記超音波探触子の振動子各々に対する受信信号列を生成し、送信イベントごとに前記受信信号列を整相加算して音響線信号を生成し、

合成音響線信号に係る最初の送信イベントから最新の送信イベントまでの前記音響線信号を前記対象領域内の各観測点に基づいて合成して中間合成音響線信号を生成し、

前記中間合成音響線信号のエネルギー値から評価値を算出し、前記評価値に基づいて次の送信イベントを行うか否かを判断し、

次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力する

20

ことを特徴とする超音波信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波信号処理装置における超音波信号処理方法、及び、それを備えた超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波を用いた被検体の検査手法としては、「被検体の一点または領域で焦点を結ぶような波面形状の送信ビーム（以下、「焦点波ビーム」と呼ぶ）」を用いるものと、「焦点を結ばない波面形状の送信ビーム（以下、「非焦点波ビーム」と呼ぶ）」を用いるものがある。

30

焦点波ビームを用いる検査手法としては、フォーカスイメージング（*FI* ; *Focus Imaging*）が知られている。フォーカスイメージングでは、焦点を中心に空間分解能を高くすることができる半面、時間解像度（フレームレート）の向上が難しい。これは、フォーカスイメージングでは、空間分解能が焦点からの距離に依存するため、1回の超音波の送受信（以下、「送信イベント」と呼ぶ）において音響線信号が得られる範囲が狭く、1つの超音波画像を生成するための送信イベント回数が多くなるためである。

【0003】

40

一方、非焦点波ビームを用いる検査手法としては、平面波や拡散波、非球面波を用いた手法があり、平面波を用いた平面波イメージング（*PWI* ; *Plane Wave Imaging*）が知られている。非焦点波ビームを用いる場合、1回の送信イベントで広範囲の領域から音響線信号を取得することができ、時間解像度を向上させることができる。反面、超音波ビームの空間密度がフォーカスイメージングと比べて低く、空間解像度の向上が難しい。そこで、空間解像度の向上のために、*PWI* 合成開口法が用いられている。

【0004】

PWI 合成開口法では、非焦点波ビームの進行方向を切り替える送信ビームフォーミングを行う。そして、非焦点波ビームの進行方向のそれぞれに対して送信イベントを行い、反射超音波に基づく受信信号に受信ビームフォーミングを行って音響線信号を得る。そし

50

て、非焦点波ビームの進行方向が異なる複数の音響線信号を合成して合成音響線信号を生成する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-51355号公報

【特許文献2】特許第4114838号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

PWI合成開口法では、一般に、合成音響線信号を生成する音響線信号の合成数、すなわち、送信イベントの数が増えるほど合成音響線信号の空間解像度が向上する。一方で、1つの超音波画像を生成するために必要な送信イベント数が増加するため、時間解像度の向上が難しくなる。

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、非焦点波ビームを用いた合成開口法において、空間解像度と時間解像度とを適応的に両立させる超音波信号処理装置、および、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、複数の振動子を備えた超音波探触子を用いて被検体に焦点を結ばない非収束の超音波ビームを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音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、超音波ビームの進行方向を送信イベントごとに変更しながら、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波探触子に送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波探触子が前記被検体内の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、前記超音波探触子の振動子各々に対する受信信号列を生成し、送信イベントごとに前記受信信号列を整相加算して音響線信号を生成する受信処理部と、合成音響線信号に係る最初の送信イベントから最新の送信イベントまでの前記音響線信号を前記対象領域内の各観測点に基づいて合成し中間合成音響線信号を生成する合成部と、前記中間合成音響線信号のエネルギー値から評価値を算出し、前記評価値に基づいて次の送信イベントを行うか否かを判断する評価部と、前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力する出力部とを備え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、および、それを用いた超音波信号処理装置によれば、音響線信号の合成数と合成音響線信号の品質との関係により送信回数を適用的に決定する。従って、一定水準以上の空間解像度を維持しながら送信回数を最小限に抑えることができ、空間解像度と時間解像度とを共に高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る超音波診断システム1000の機能ブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る超音波信号処理装置110の機能ブロック図である。

【図3】実施の形態1に係る超音波診断装置100の動作を示すフローチャートである。

【図4】実施の形態1に係る評価部155の動作を示すフローチャートである。

【図5】評価値と送信回数との関係を示す模式図である。

【図6】超音波ビームの進行方向と空白領域との関係を示す模式図である。

【図7】変形例1に係る評価部の動作を示すフローチャートである。

【図8】変形例2に係る評価部の動作を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

- 【図 9】実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置 210 の機能ブロック図である。
 【図 10】実施の形態 2 に係る超音波診断装置の動作を示すフローチャートである。
 【図 11】実施の形態 2 に係る送信回数決定動作を示すフローチャートである。
 【図 12】実施の形態 2 に係る画像取得動作を示すフローチャートである。
 【図 13】変形例 3 に係る超音波診断装置の動作を示すフローチャートである。
 【図 14】フレームレートと動作の関係を示すタイムチャートである。
 【図 15】合成音響線信号のパルス幅と合成回数との関係を示す模式図である。
 【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

10

発明者は、合成開口法を用いる超音波信号処理装置および超音波診断装置において、空間解像度と時間解像度を両立させるために各種の検討を行った。

PWI 合成開口法では、進行方向が異なる複数の平面波を送出し、それぞれの平面波に対する反射超音波に基づく音響線信号を生成し、複数の音響線信号を合成する。これにより、次の 2 つの効果が得られる。第 1 に、合成後の音響線信号は、空間解像度が向上する。これは、複数の音響線信号において超音波の進行方向が異なっているため、方位分解能の向きと距離分解能の向きは、音響線信号ごとに異なっている。したがって、これらを合成することにより、2 次元的に空間解像度が向上することになる。第 2 に、被検体が異方性を有していても空間解像度の低下を抑止できる。被検体内に超音波を強く反射する構造物が存在した場合、構造物の超音波の進行方向側の近傍領域では、構造物の影となって平面波が十分に届かず、反射超音波の強度が低下して音響線信号の品質が低下する。しかしながら、進行方向が異なる複数の平面波を送出し、それぞれの平面波に対する反射超音波に基づく音響線信号を生成することで、構造物の影となる領域は音響線信号ごとに異なる。言い換えれば、1 の音響線信号では構造物の影となっている領域について、構造物の影となっていない音響線信号が存在する。したがって、これらを合成することで、被検体が異方性を有していても空間解像度の低下を抑止できる。

20

【0011】

一方で、1 つの超音波画像を生成するために必要な送信イベント数が増加することは、必ずしも好ましいとは限らない。第 1 に、1 つの超音波画像を生成するための所要時間が増加することで、時間解像度（フレームレート）の向上が難しくなる。これにより、超音波診断装置のリアルタイム性が損なわれることがある。加えて、超音波探触子や被写体内に動きがあった場合、空間解像度が向上せず、却って低下する場合がある。すなわち、合成に用いる音響線信号を取得している期間中に超音波探触子や組織の動きがあった場合、複数の音響線信号で撮像対象物の状態が一致せず、空間解像度の向上が見込めないばかりか、空間解像度の低下が起こりうる。第 2 に、空間解像度の向上度合は、送信イベントの増加に比例しないことである。これは、合成音響線信号の空間解像度向上における音響線信号 1 つ当たりの寄与度は、合成に用いる音響線信号の数にほぼ反比例し、空間解像度を向上させるために必要な音響線信号の数が指数関数的に増加するからである。言い換えれば、合成に用いる音響線信号の数を同じだけ増やしても、合成に用いる音響線信号の総数が増えるほど空間解像度の向上度は低下する。図 15 に、送信イベント回数と合成音響線信号の空間解像度（合成音響線信号におけるパルスの半値幅）との関係を示す。図 15 では、合成音響線信号の空間解像度は送信イベント回数が 6 ~ 8 回程度で最大（半値幅が最小）となり、送信イベント数がそれ以上に増加すると、却って空間解像度の低下が発生している。これは、合成数 5 を超えた程度で、それ以上合成数を増加させても空間解像度の向上がほとんど見込めなくなっているのに対し、超音波送受信に用いた時間の増加により超音波探触子の動き等による空間解像度の低下が発生していることが考えられるからである。

30

40

【0012】

そこで、発明者は、上記の問題に鑑みて、合成音響線信号の空間解像度が十分となる範囲で送信イベント数を減少させ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

50

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信号処理装置、および、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。

【0013】

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を受信する複数の振動子 101a を有する超音波探触子 101、超音波探触子 101 に超音波の送受信を行わせ超音波探触子 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 103 を有する。超音波探触子 101、表示部 103 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、超音波探触子 101、表示部 103 が接続された状態を示している。なお、超音波探触子 101 と、表示部 103 とは、超音波診断装置 100 の内部にあってもよい。

10

【0014】

<超音波診断装置 100 の構成>

超音波診断装置 100 は、超音波探触子 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切替部 140、超音波の送信を行うために超音波探触子 101 の各振動子 101a に対して素子駆動信号を生成する超音波送信部 130、超音波探触子 101 で受信した超音波の反射波に基づき、受信処理を行う超音波受信部 150、送信角度列保持部 121 を備え、上述した超音波送信部 130、超音波受信部 150 を制御する制御部 120 とを備える。また、超音波受信部 150 が生成する合成音響線信号に基づいて断層画像 (B モード画像) を生成する画像処理部 160、画像処理部 160 が生成した断層画像を表示部 103 に表示させる表示制御部 170 を備える。

20

【0015】

このうち、切替部 140、超音波送信部 130、超音波受信部 150、制御部 120 は、超音波信号処理装置 110 を構成する。

30

超音波診断装置 100 を構成する各要素、例えば、切替部 140、超音波送信部 130、超音波受信部 150、制御部 120、画像処理部 160、表示制御部 170 は、それぞれ、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェア回路により実現される。

【0016】

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、切替部 140 がなく、超音波送信部 130 と超音波受信部 150 とが直接、超音波探触子 101 の各振動子 101a に接続されていてもよい。また、超音波探触子 101 に超音波送信部 130 と超音波受信部 150、またその一部などが内蔵される構成であってもよい。これは、本実施の形態に係る超音波診断装置 100 に限られず、後に説明する他の実施の形態や変形例に係る超音波診断装置でも同様である。

40

【0017】

<超音波信号処理装置 110>

図 2 に、実施の形態 1 に係る超音波信号処理装置 110 の詳細な機能ブロック図を示す。

1. 超音波送信部 130

超音波送信部 130 は、切替部 140 を介して超音波探触子 101 と接続され、超音波探触子 101 から超音波の送信を行うために超音波探触子 101 に存する複数の振動子 1

50

01aの全てもしくは一部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。超音波送信部130はパルス生成部131、遅延プロファイル生成部132、送信ビームフォーマ133から構成される。

【0018】

パルス生成部131は、制御部120からの送信制御信号に基づき、超音波探触子101に存する複数の振動子101a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。パルス生成部131は、各振動子を駆動するパルス信号を発生させるためのパルス発生回路である。

遅延プロファイル生成部132は、制御部120の送信角度列保持部121から送信角度列を取得し、超音波探触子101から送信される超音波ビームの進行方向が送信角度列に規定された送信角度となるように、各振動子に対する遅延量を規定した遅延プロファイルを生成する。具体的には、遅延プロファイル生成部132は、最初に、送信角度列保持部121から送信角度列を取得する。送信角度列は、例えば、{0、-0.2、+0.2、-0.4、+0.4、...}のような、超音波探触子101の振動子101aの並ぶ向きの法線方向と、超音波ビームの進行方向とがなす角である送信角度を使用順に並べた数列データである。ここで、送信角度の正負は、振動子列の並びを左右方向と仮定したときに超音波ビームの進行方向が右向きか左向きかを示したものであり、2つの送信角度の差は、それぞれの送信角度が示す2つの超音波ビームの進行方法がなす角度に一致する。例えば、0°の向きを上から下への方向、+を右側、-を左側とした場合、-20°の超音波ビームは左下方向に進行し、+20°の超音波ビームは、右下方向に進行する。遅延プロファイル生成部132は、送信角度列から1つずつ送信角度を取り出し、送信角度に基づいて各振動子に対する遅延量を規定した遅延プロファイルを生成する。

【0019】

送信ビームフォーマ133は、パルス生成部131が生成した送信信号と、遅延プロファイル生成部132が生成した遅延プロファイルとに基づいて、各振動子101aを駆動させるための素子駆動信号を生成する。具体的には、送信ビームフォーマ133は、例えば、クロック発生回路、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。送信ビームフォーマ133は、送信信号を遅延プロファイルに基づいて遅延回路により遅延させた素子駆動信号を振動子101aごとに生成する。これにより、送信角度に基づいた進行方向を有する超音波ビームが超音波探触子101から照射される。

【0020】

2. 超音波受信部150の構成

超音波受信部150は、超音波探触子101で受波した超音波の反射波に基づき、複数の振動子101aで得られた電気信号から音響線信号を生成する。なお、「音響線信号」とは、ある観測点に対する、整相加算処理がされた後の信号である。超音波受信部150は、A/D変換部、受信ビームフォーマ152、合成部153、音響線信号保持部154、評価部155、出力部156を備える。

【0021】

以下、超音波受信部150を構成する各部の構成について説明する。

(1) A/D変換部151

A/D変換部151は、切替部140を介して超音波探触子101と接続され、送信イベントに同期して超音波探触子101での超音波反射波の受波から得た電気信号を増幅した後A/D変換した受信信号(RF信号)を生成する回路である。送信イベントごとに時系列に受信信号を生成し受信ビームフォーマ152に出力する。

【0022】

ここで、受信信号(RF信号)とは、各振動子にて受波された反射超音波から変換された電気信号を増幅してA/D変換したデジタル信号であり、各振動子にて受波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。

(2) 受信ビームフォーマ152

受信ビームフォーマ152は、送信イベントに同期して、対象領域内に存する複数の観測点 P_{jk} 各々について、観測点から各受信振動子 R_l 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音響線信号を生成する回路である。ここで、対象領域は観測点 P_{jk} の存在範囲を指定したものであり、例えば、超音波探触子101の幅、所定の深さによって規定される長方形上の領域であり、制御部120によって定められる。

【0023】

(3) 合成部153

合成部153は、送信回数だけ音響線信号を合成する。具体的には、受信ビームフォーマ152から音響線信号を取得した後、音響線信号保持部154に保持されている合成済みの中間合成音響線信号との合成を行う。より具体的には、合成部153は、まず、音響線信号保持部154から中間合成音響線信号と合成回数とを読み出す。次に、各観測点 P_{jk} について、中間合成音響線信号の値 $V_{S_{jk}}$ と合成回数 C とを乗算し、受信ビームフォーマ152から取得した音響線信号の値 V_{jk} を加算する。最後に、各観測点 P_{jk} について、得た値 $(C \times V_{S_{jk}} + V_{jk})$ を $C + 1$ で除算して新たな中間合成音響線信号を生成し、合成回数をインクリメント($C = C + 1$)する。なお、音響線信号保持部154から得た合成回数が0である場合には、合成部153は合成回数を1とし、受信ビームフォーマ152から取得した音響線信号をそのまま新たな中間合成音響線信号とするとしてもよい。これにより、各観測点 P_{jk} について、送信回数1に対応する音響線信号から最新の音響線信号までの値の平均が、中間合成音響線信号となる。なお、合成部153は、中間合成音響線信号と音響線信号の両方を音響線信号保持部154に記録し、中間合成音響線信号と合成回数とを読み出す代わりに記録済みのすべての音響線信号を読み出して、それらと受信ビームフォーマ152から取得した音響線信号との合成を行い、中間合成音響線信号を生成するとしてもよい。合成部153は、生成した中間合成音響線信号と合成回数を、音響線信号保持部154に保存する。

10

20

【0024】

(4) 音響線信号保持部154

音響線信号保持部154は、送信回数1に対応する音響線信号から最新の音響線信号を合成した中間合成音響線信号と、合成回数とを保持する記憶媒体である。音響線信号保持部154は、例えば、ハードディスク、光学ディスク、フラッシュメモリその他の半導体記憶装置、などで実現される。

30

【0025】

(5) 評価部155

評価部155は、音響線信号保持部154に保持されている中間合成音響線信号が、所定の基準を満たしているか否かの判定を行う。具体的には、評価部155は、中間合成音響線信号に基づいて、評価値を算出し、評価値が閾値を下回っているか否かを判定する。

評価値は、中間合成音響線信号のエネルギー E_i に基づいて算出される。以下、まずはエネルギー E_i の算出方法について説明し、その後、評価値の算出方法を説明する。

【0026】

まず、評価部155は、音響線信号保持部154に保持されている中間合成音響線信号を取得する。そして、エネルギー E_i の算出対象となる関心領域を設定する。ここでは、対象領域の全域を関心領域とする。次に、関心領域内の観測点 P_{jk} について、中間合成音響線信号の振幅値 A_{jk} を取得する。そして、全ての観測点 P_{jk} についての中間合成音響線信号の振幅値 A_{jk} の絶対値を合計した値をエネルギー E_i とする。評価部155は、算出したエネルギー E_i を音響線信号保持部154に保存する。なお、評価部155は、中間合成音響線信号の振幅値 A_{jk} の絶対値に替えて、例えば、中間合成音響線信号の振幅値 A_{jk} の2乗値を用いてもよい。

40

【0027】

次に評価値の算出方法について説明する。評価部155は、1つ前の送信イベントに係るエネルギー E_{i-1} と、最初の送信イベントに係るエネルギー E_1 とを取得する。次に、以

50

下のように、評価値 K_i を算出する。

$$K_i = (E_i - E_{i-1}) / E_1$$

すなわち、評価値 K_i は、最初の送信イベントに係るエネルギー E_1 を基準 (100%) とした場合における、 i 番目の音響線信号が中間合成音響線信号にもたらしたエネルギーの変化量である。

【0028】

最後に、評価部 155 は、算出した評価値 K_i が閾値を下回っているか否かを判定する。閾値は、例えば、70% ~ 90% 程度が好適であり、ここでは 80% を用いる。評価部 155 は、評価値 K_i が閾値を下回っている場合は、出力部 156 に中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力するよう指示する。

10

(6) 出力部 156

出力部 156 は、中間合成音響線信号が所定の基準を満たしていると評価部 155 が判定した場合に、音響線信号保持部 154 に保持されている中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力し、音響線信号保持部 154 に保持されている中間合成音響線信号と合成回数を消去する。なお、出力部 156 は、中間合成音響線信号を消去せず、合成回数のみを消去してもよい。

【0029】

3. 制御部 120

制御部 120 は、送信角度列保持部 121 を備えており、超音波ビームの進行方向を変化させながら、超音波ビームの送信と、超音波ビームに起因する反射超音波の受信処理とを、それぞれ、超音波送信部 130 と超音波受信部 150 とに行わせる。具体的には、制御部 120 は、以下の動作を行う。制御部 120 は、送信角度列保持部 121 から、送信角度列を読み出す。次に、送信角度列の 1 番目の送信角度に基づいて、超音波送信部 130 に超音波ビームの送信を行わせ、続いて超音波受信部 150 に反射超音波の受信処理とを行わせる。そして、制御部 120 は、超音波受信部 150 から送信回数を受け取らなかった場合は、続いて 2 番目の送信角度に基づいて、超音波送信部 130 に超音波ビームの送信を行わせ、続いて超音波受信部 150 に反射超音波の受信処理とを行わせる。同様に、制御部 120 は、送信回数を受け取らなかった場合は、次の送信角度に基づく超音波ビームの送受信を行わせる。一方、制御部 120 は、超音波受信部 150 から送信回数を受け取った場合は、その送信が当該フレームに係る最後の超音波ビームの送受信であるとし、所定のフレームレートに基づき、次の合成音響線信号を生成するための第 1 の送信イベントを開始する。

20

30

【0030】

4. 切替部 140

切替部 140 は、超音波送信部 130 と超音波探触子 101 の振動子 101a、および、超音波探触子 101 の振動子 101a と超音波受信部 150 とを接続する回路である。切替部 140 は、超音波送信部 130 からの素子駆動信号のそれぞれが対応する振動子 101a に印可させるよう超音波ビーム送信時に超音波送信部 130 と超音波探触子 101 の振動子 101a とを接続する。また、切替部 140 は、受信処理時に、反射超音波を受信する振動子 101a と超音波受信部 150 とを接続する。

40

【0031】

< 超音波診断装置 100 のその他の構成 >

画像処理部 160 は、超音波受信部 150 の出力部 156 が出力する合成音響線信号に対し、直交座標系への変換と、包絡線検波と対数圧縮とによる輝度変換と、を行って、Bモード画像に変換する回路である。

表示制御部 170 は、画像処理部 160 が生成した最新の B モード画像を表示部 103 に表示させる回路である。

【0032】

< 動作 >

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 3 は、超音波診

50

断装置 100 の動作を示すフローチャートである。

まず、ステップ S 10 において、超音波送信部 130 は送信角度列保持部 121 から送信角度列を取得する。ここで、取得された送信角度列は、 $\{0, -5, +5, -10, +10, -15, +15, \dots, -40, +40\}$ であるとする。

【0033】

次に、送信回数カウンタ i を 1 に初期化し (ステップ S 21)、 i 番目の送信角度を用いて対象領域に超音波ビームを送信する (ステップ S 22)。ここでは $i = 1$ であるので、1 番目の送信角度、すなわち 0° を送信角度として用いる。超音波送信部 130 は、図 5 に示すように、全ての振動子 101 a を同時に駆動させるような素子駆動信号を生成し、超音波探触子 101 は、振動子 101 a の並ぶ方向 (以下、「素子列方向」と呼ぶ) と直交する向きに超音波ビームを送信する。すなわち、超音波ビームの波面は、振動子 101 a の並ぶ方向と平行となる。

10

【0034】

次に、ステップ S 23 において、反射超音波を受信信号に変換し、整相加算を行って音響線信号を生成する。まず、超音波ビームが被検体内で反射され反射超音波として超音波探触子 101 に到達するので、振動子 101 a は反射超音波を電気信号に変換して超音波受信部 150 に出力する。次に、A/D 変換部 151 が各電気信号を増幅し A/D 変換を行って素子受信信号 (RF 信号) に変換を行う。次に、受信ビームフォーマ 152 が、対象領域内の各観測点 P_{jk} について、各観測点 P_{jk} から受波した反射超音波に基づく素子受信信号のタイミングが同一となるように、素子受信信号に遅延処理を行って加算処理を行い、音響線信号 (DAS データ) を生成する。対象領域とは、音響線信号生成の対象となる領域であり、本実施の形態では、事前に設定されているものとする。

20

【0035】

次に、ステップ S 24 において、音響線信号を合成して中間合成音響線信号を生成する。合成部 153 は、 i が 1 から現在値までに係るすべての音響線信号の合成を行う。ここでは、 $i = 1$ であるため、合成の対象は直前のステップ S 23 で生成された音響線信号のみである。したがって、合成部 153 は、音響線信号をそのまま中間合成音響線信号として、音響線信号保持部 154 に記録する。

【0036】

次に、ステップ S 25 において、中間合成音響線信号に基づいて評価値を算出する。図 4 は、評価値の算出過程を示すフローチャートである。

30

まず、ステップ S 251 において、中間合成音響線信号から、事前に設定した関心領域に係るデータを抽出する。ここで、関心領域とは、評価値の算出対象とする領域であり、対象領域の全域又は一部である。本実施の形態では、対象領域の全域を関心領域とする。

【0037】

次に、ステップ S 252 において、関心領域内の観測点 P_{jk} における中間合成音響線信号の振幅 A_{jk} の絶対値を加算し、エネルギー E_1 として算出する。ここでは、関心領域は対象領域の全域であるので、対象領域内の観測点 P_{jk} における中間合成音響線信号の振幅値 A_{jk} の絶対値 $|A_{jk}|$ を全て加算した値が、エネルギー E_1 となる。

次に、評価値 K_1 を算出する (ステップ S 253 ~ S 255)。ここでは、評価値 $K_1 = 1$ とする (ステップ S 255)。

40

【0038】

図 3 に戻って説明を続ける。ステップ S 26 において、評価部 155 は、評価値 K_i が基準を満たしているか否かを判断する。ここで、基準とは、評価値 K_i が 80% 以下であることである。 $K_1 = 1$ は基準を満たしていないので、ステップ S 27 で、送信回数が上限値 i_{max} を超えていないか判定した後、次の送信イベントを行う (ステップ S 28)。

2 回目の送信イベントでは、2 番目の送信角度である -5° を用いて超音波ビームの送信が行われ (ステップ S 22)、音響線信号が生成される (ステップ S 23)。

【0039】

また、ステップ S 24 において、音響線信号を合成して中間合成音響線信号を生成する

50

。ここでは、 $i = 2$ であるため、合成の対象は $i = 1$ のステップS 2 3で生成された音響線信号と、直前のステップS 2 3で生成された音響線信号である。したがって、合成部1 5 3は、この2つの音響線信号を合成する。具体的には、音響線信号保持部1 5 4から中間合成音響線信号を読み出し、直前のステップS 2 3で生成された音響線信号との間で、各観測点P j kにおける中間合成音響線信号の値と音響線信号とを加算して2で除算し、新たな中間合成音響線信号を生成する。合成部1 5 3は、生成した中間合成音響線信号を、音響線信号保持部1 5 4に記録する。

【0040】

次に、ステップS 2 5において、中間合成音響線信号に基づいて評価値を算出する。まず、ステップS 2 5 1において、中間合成音響線信号から、事前に設定した関心領域に係るデータを抽出する。次に、ステップS 2 5 2において、関心領域内の観測点P j kにおける中間合成音響線信号の振幅 A_{jk} の絶対値を加算し、エネルギー E_i として算出する。ここでは、関心領域は対象領域の全域であるので、対象領域内の観測点P j kにおける中間合成音響線信号の振幅値 A_{jk} の絶対値 $|A_{jk}|$ を全て加算した値が、エネルギー E_2 となる。

10

【0041】

次に、評価値 K_i を算出する(ステップS 2 5 3 ~ S 2 5 5)。ここで、評価値 K_i は、以下のように算出される。

$$K_i = (E_i - E_{i-1}) / E_1$$

すなわち、ステップS 2 4による中間合成音響線信号のエネルギーの変化量を、送信角度が 0° における音響線信号のエネルギーで正規化した値が、評価値 K_i となる。

20

【0042】

次に、ステップS 2 6において、評価部1 5 5は、評価値 K_i が基準を満たしているかどうかを判断する。ここで、基準とは、評価値 K_i が80%以下であることである。ここで、 K_2 が基準を満たしていない場合は、ステップS 2 7で、送信回数が上限値 i_{max} 以下であるかを判定した後、次の送信イベントを行う(ステップS 2 8)。

同様に、p番目(pは3以上の整数)の送信イベントが行われる場合、同様に、p番目の送信角度を用いて超音波ビームの送信が行われ(ステップS 2 2)、音響線信号が生成される(ステップS 2 3)。ステップS 2 4において、 $i = p$ であるため、 $i = 1 \sim p$ のそれぞれのステップS 2 3で生成された音響線信号を合成して中間合成音響線信号が生成される。具体的には、合成部1 5 3は、音響線信号保持部1 5 4から中間合成音響線信号を読み出して(p-1)倍することで、各観測点P j kにおける $i = 1 \sim (p-1)$ の値の合計値を取り出し、直前のステップS 2 3で生成された音響線信号の値を加算してpで除算し、新たな中間合成音響線信号を生成する。合成部1 5 3は、生成した中間合成音響線信号を、音響線信号保持部1 5 4に記録する。ステップS 2 5において、中間合成音響線信号に基づいて評価値を算出する。まず、ステップS 2 5 1 ~ ステップS 2 5 2により、エネルギー E_p を算出する。次に、 $K_p = (E_p - E_{p-1}) / E_1$ により、評価値 K_n を得る。

30

【0043】

一方、q番目(qは2以上の整数)の送信イベントにおいて評価値 K_q が基準を満たした、すなわち、評価値 K_q が80%以下であった場合、ステップS 3 0において、出力部1 5 6は、音響線信号保持部1 5 4から中間合成音響線信号を取得し、合成音響線信号として出力する。このとき、出力部1 5 6は、音響線信号保持部1 5 4が保持している送信回数を0にリセットする。

40

【0044】

最後に、ステップS 4 0において、合成音響線信号からBモード画像を生成し、表示部1 6 0に出力する。具体的には、画像処理部1 6 0が合成音響線信号に座標変換、輝度変換を行ってBモード画像に変換し、表示制御部1 7 0が表示部1 0 3にBモード画像を表示させる。

なお、ステップS 2 7においてYesとなった場合、すなわち、送信回数 i が上限値 i

50

$_{max}$ に達した場合、評価値が基準を満たした場合（ステップS26でYes）と同じ処理を行う。これは、送信イベントが過度に繰り返されることを抑止するためである。なお、上限値上限値 i_{max} は、例えば、送信角度列に含まれる送信角度の数、としてもよい。これにより、送信角度列に含まれるすべての送信角度を用いて送信イベントを行った場合に、次のフレームに進むことができる。

【0045】

なお、次のフレームに進む際、所定のフレームレートに従って次のフレームの処理を開始してもよいし、ステップS40が終了次第、またはステップS40の終了から一定時間後に次のフレームの処理を開始するとしてもよい。後者の場合、合成回数が少ない場合には動的にフレームレートを向上させることができ、時間解像度を向上させることができる。

10

【0046】

< 合成回数 i と評価値 K_i との関係 >

合成回数 i と評価値 K_i との関係について、図5の関係グラフを用いて説明する。

一般に、合成回数 i と評価値 K_i との関係は、図5(a)に示すような関係となる。以下、理由を説明する。

上述したように、評価値 K_i は、送信角度 0° の送信イベントで得た音響線信号のエネルギー E_i を基準として、 i 番目の送信イベントで得た音響線信号が中間合成音響線信号のエネルギーにもたらす影響を示したものである。中間合成音響線信号のエネルギー E_i は、各観測点 P_{jk} の振幅値の絶対値の合計であるから、 i の異なる2つの中間合成音響線信号が類似していれば、それらのエネルギー E_i も当然に類似する。したがって、 $1 \sim i-1$ 番目の送信イベントで得た音響線信号を合成した中間合成音響線信号と、 i 番目の音響線信号との間で差異が存在するほど評価値 K_i が大きくなる。 $1 \sim i$ 番目の音響線信号の相互の差がほぼ同程度の場合、中間合成音響線信号と i 番目の音響線信号の差異は i が大きくなるほど一定の値に収束し、評価値 K_i も一定の値に収束する。したがって、このような場合、送信回数 i が大きくなるほど、評価値 K_i は小さくなり、図5(a)に示すように、 i が増加するほど評価値 K_i は単調に減少する。

20

【0047】

一方、対象領域内の一部に速い周期的な動きが存在する場合には、図5(b)に示すような関係となる。対象領域内の一部に速い動きが存在する場合、動きのない部分が音響線信号の合成によって空間解像度の向上が行われる反面、動きの存在する部分は合成しても空間解像度の向上が行われず、異なる状態の平均が得られることになる。周期的な動きの場合、動きの半周期分の合成が行われた時点でそれ以上の合成を行っても中間合成音響線信号の変化がほとんど起きなくなるので、結果として、合成回数を増加させても中間合成音響線信号のエネルギー変化が小さく、評価値 K_i は送信回数 i が大きくなるほど激しく低下する。そのため、図5(b)に示すように、同一の閾値を用いた場合は図5(a)の場合より少ない送信回数で評価値 K_i が基準を満たすことになる。したがって、対象領域内の一部に速い周期的な動きが存在する場合には、1フレームを生成するための送信回数が少なくなり、空間解像度の低下を抑止することができる。

30

【0048】

また、対象領域内に異方性がある場合には、図5(c)に示すような関係となる。例えば、素子列方向が左右方向、送信角度 0° の超音波の進行方向が下方向であり、対象領域の左右方向の右寄りから右端にかけて骨が存在する状態を仮定する。このとき、超音波ビームは骨によって反射されるため、骨の下側は骨の陰となる。したがって、送信角度が 0° ないし左下向きである場合には、骨の下側の領域については反射超音波が十分に取得できず、当該領域の空間解像度が低下することになる。一方で、送信角度が右下向きである場合には、超音波ビームの進行方向が変化することにより陰となる領域の位置が変化するため、送信角度 0° で陰であった場所の一部は送信角度 5° で陰でなくなり、他の一部は送信角度 10° で陰でなくなる。そのため、合成を行うたびに中間合成音響線信号の陰の領域が補完されて空間解像度が向上するとともに、補完によって中間合成音響線信号の工

40

50

エネルギーが大きくなる。結果として、補完がなされなくなるまで評価値 K_i が大きく低下せず、評価値 K_i は送信回数 i が大きくなるほど緩やかに低下する。そのため、図 5 (c) に示すように、同一の閾値を用いた場合は図 5 (a) の場合より多い送信回数で評価値 K_i が基準を満たすことになる。したがって、対象領域内に補正がある場合には、1 フレームを生成するための送信回数を多くし、空間解像度を十分に確保することができる。

【0049】

<送信角度列における送信角度の順>

図 6 の模式図を用いて、送信角度の順について説明する。

図 6 の模式図では、各送信イベントの送信角度、音響線信号が生成される領域、中間合成音響線信号の領域をそれぞれ示している。ここで、模式図における 5 つの振動子 101 a の並ぶ向きを素子列方向 (x 方向)、素子列方向に対する法線方向を深さ方向 (y 方向) とする。

10

【0050】

第 1 送信イベントでは、送信角度として 0° を用いる。すなわち、超音波ビームの進行方向は、y 軸と平行になる。ここでは、波面を作り出す、各振動子 101 a からの球面波 $c_{i1} \sim c_{i5}$ の大きさが同一となるように、全ての振動子を同時に駆動させる。これにより、対象領域全域から反射された反射超音波に基づいて音響線信号が生成される。

第 2 送信イベントでは、送信角度として -5° を用いる。すなわち、超音波ビームの進行方向は、y 軸に対し、x 軸の負の方向に 5° の角をなしている。そのため、各振動子 101 a からの球面波 $c_{i1} \sim c_{i5}$ の接線が x 軸に対して y 軸の正の方向に 5° の角をなす必要がある。したがって、 c_{i5} 、 c_{i4} 、...、 c_{i1} の順に球面波の半径が小さくなるように、各振動子の駆動タイミングを、x 軸の正の側から負の側に順次駆動するように遅延処理を行う。これにより、対象領域全域から反射された反射超音波に基づいて音響線信号が生成されるが、図面右下側には位相の揃った超音波ビームが通過しない空白領域 (blank 1) が生じ、空白領域における空間解像度は低下することとなる。

20

【0051】

同様に、第 3 送信イベント、第 4 送信イベント、第 5 送信イベントにおいて、それぞれ、空間解像度の低下する空白領域 blank 2、blank 3、blank 4 が生じることとなる。

本実施の形態では、送信角度列における送信角度の順は、(1) 送信角度は、正、負、正、負、の順、(2) 送信角度は絶対値が小さいものから大きくなる順、(3) 送信角度 0 から開始、としている。これは、以下の理由によるものである。

30

【0052】

(1) 送信角度が正、負、正、負、の順としている理由としては、空白領域が右側 (x の正の側) と左側 (x の負の側) の一方に偏ることを避けるためである。評価値 K_i が基準を満たしたときの実施済みの送信イベントにおいて、送信角度が正である送信イベント数と、送信角度が負である送信イベント数との間に偏りが生じると、空間解像度が x 方向に不均一となり得る。空白領域については合成による合成音響線信号の空間解像度が向上しないため、合成音響線信号の各観測点 P_{jk} における空間解像度は、 P_{jk} が空白領域に存在している音響線信号の数が少ないほど向上する。そのため、合成に用いた音響線信号において、空白領域が空間的に偏っていると、空白領域が集中している領域だけ空間解像度が低くなることになる。したがって、空白領域を空間的に偏らせないために、左右均等に超音波ビームを送信することが好ましい。送信角度を正、負、正、負、の順にすれば、評価値 K_i が基準を満たしたときの送信イベント数にかかわらず、合成音響線信号における空間解像度の不均一化を避けることができる。

40

【0053】

(2) 送信角度が絶対値が小さいものから大きくなる順としている理由としては、空白領域の面積が増加するようにすることで、エネルギー値が増加する評価値 K_i の増加を抑えるためである。送信角度の絶対値が大きくなるほど空白領域の面積が広がるため、送信角度の絶対値が大きいのものから小さいものの順で送信イベントを行うと、送信角度の絶

50

対値が大きい送信イベントにおいて空白領域となった領域の一部について、送信角度の絶対値が小さい送信イベントにおいて音響線信号が取得されるため、当該領域における空間解像度の向上が生じる。結果、中間合成音響線信号のエネルギー値変化が大きくなり、評価値 K_i が大きな値を維持する。すなわち、音響線信号の合成を行ったときの空間解像度の向上がすぐには飽和せず、送信イベントの数が増加することとなる。送信角度が絶対値が小さいものから大きくなる順においては、空白領域の補完が生じづらくなるため、音響線信号の合成を行ったときの空間解像度の向上が飽和しやすくなり、送信イベントの数を抑制しやすくなるからである。

【 0 0 5 4 】

そして、上述の (1)、(2) の条件で送信角度を制御すると、(3) 送信角度 0 から開始する構成が好ましい。

10

< 小括 >

実施の形態 1 に係る超音波信号処理装置及び超音波診断装置によれば、合成音響線信号の空間解像度を一定水準以上に保ったまま送信イベント数を削減することができる。また、送信イベント数に応じて動的にフレームレートを変更する場合には、時間解像度を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】

変形例 1

実施の形態 1 に係る超音波信号処理装置及び超音波診断装置では、中間合成音響線信号の振幅値の合計値に基づいてエネルギー E_i を算出し、その変化度合いから評価値 K_i を算出した。

20

これに対し、変形例 1 では、中間合成音響線信号のスペクトルに基づいてエネルギー E_i を算出し、その変化度合いから評価値 K_i を算出する場合について説明する。

【 0 0 5 6 】

< 動作 >

図 7 は、変形例 1 に係る評価値算出動作を示すフローチャートである。なお、図 4 と同一の動作については同じステップ番号を付し、説明を省略する。

まず、ステップ S 2 5 1 において、中間合成音響線信号から、事前に設定した関心領域に係るデータを抽出する。本実施の形態では、対象領域の全域を関心領域とする。

【 0 0 5 7 】

30

次に、ステップ S 1 2 5 1 において、関心周波数帯を設定する。関心周波数帯とは、中間合成音響線信号の各周波数成分のうち、エネルギーとして取り出す周波数成分である。ここでは、関心周波数帯は、送信超音波ビームの周波数に鑑みて、4 MHz ~ 7 MHz に設定する。これにより、低周波ノイズや高周波ノイズの影響を受けずに中間合成音響線信号を評価することができる。なお、関心周波数帯は上述の例に限られず、他の帯域を設定してもよいし、全周波数帯域としてもよい。

【 0 0 5 8 】

次に、ステップ S 1 2 5 2 において、関心周波数帯に基づいて中間合成音響線信号を 2 次元フーリエ変換し、フーリエデータを生成する。

次に、ステップ S 1 2 5 3 において、フーリエデータのパワースペクトルの総和をエネルギー E_i として算出する。ここでは、関心周波数は 4 MHz ~ 7 MHz であるので、周波数範囲 4 MHz ~ 7 MHz のスペクトルを総和したものが、エネルギー E_i となる。

40

【 0 0 5 9 】

次に、評価値 K_i を算出する (ステップ S 2 5 3 ~ S 2 5 5)。ステップ S 2 4 による中間合成音響線信号の周波数 4 MHz ~ 7 MHz 成分のパワー変化量を、送信角度が 0° における音響線信号のエネルギーで正規化した値が、評価値 K_i となる。

< 小括 >

上記構成により、評価値 K_i の算出において、中間合成音響線信号における低周波ノイズ、高周波ノイズ等による変化の影響を排除することができる。したがって、音響線信号の合成により中間合成音響線信号の空間解像度が向上しているか否かを、より高い精度で

50

検出することができる。

【 0 0 6 0 】

変形例 2

変形例 1 に係る超音波信号処理装置及び超音波診断装置では、中間合成音響線信号のスペクトルに基づいてエネルギー E_i を算出し、その変化度合いから評価値 K_i を算出した。

これに対し、変形例 2 では、中間合成音響線信号の 1 次元化を行い、1 次元化された中間合成音響線信号のスペクトルに基づいてエネルギー E_i を算出し、その変化度合いから評価値 K_i を算出する場合について説明する。

【 0 0 6 1 】

< 動作 >

図 8 は、変形例 2 に係る評価値算出動作を示すフローチャートである。なお、図 4、図 7 と同一の動作については同じステップ番号を付し、説明を省略する。

まず、ステップ S 2 5 1 において、中間合成音響線信号から、事前に設定した関心領域に係るデータを抽出する。本実施の形態では、対象領域の全域を関心領域とする。

【 0 0 6 2 】

次に、ステップ S 1 2 5 4 において、中間合成音響線信号の 1 次元化を行う。具体的には、以下の処理を行う。評価部は、関心領域内の観測点 P_{jk} における中間合成音響線信号の値 V_{jk} について、深さ方向の座標 k ごとに、代表値 V_k を算出する。具体的には、 $k = 1$ である複数の観測点 P_{j1} について、中間合成音響線信号の値 V_{j1} の最大値を V_1 とする。同様に、 $k = 2, 3, \dots$ 、についても実施し、それぞれ V_k の値を算出する。最後に、 V_k を k の関数とすることで、一次元中間合成音響線信号を生成する。

【 0 0 6 3 】

次に、ステップ S 1 2 5 1 において、関心周波数帯を設定する。関心周波数帯とは、中間合成音響線信号の各周波数成分のうち、エネルギーとして取り出す周波数成分である。ここでは、関心周波数帯は、送信超音波ビームの周波数に鑑みて、4 MHz ~ 7 MHz に設定する。

次に、ステップ S 1 2 5 5 において、関心周波数帯に基づいて 1 次元中間合成音響線信号を 1 次元フーリエ変換し、フーリエデータを生成する。

【 0 0 6 4 】

次に、ステップ S 1 2 5 3 において、フーリエデータのパワースペクトルの総和をエネルギー E_i として算出する。ここでは、関心周波数は 4 MHz ~ 7 MHz であるので、周波数範囲 4 MHz ~ 7 MHz のスペクトルを総和したものが、エネルギー E_i となる。

次に、評価値 K_i を算出する (ステップ S 2 5 3 ~ S 2 5 5)。ステップ S 2 4 による 1 次元中間合成音響線信号の周波数 4 MHz ~ 7 MHz 成分のパワー変化量を、送信角度が 0° における 1 次元音響線信号のエネルギーで正規化した値が、評価値 K_i となる。

【 0 0 6 5 】

< 小括 >

上記構成により、関心周波数帯域における中間合成音響線信号の値の最大値の変化に基づいて、評価値 K_i を算出することができる。したがって、中間合成音響線信号の値は変化しているが最大値が変化しない場合、例えば、動き等に起因した合成により空間解像度が向上しない場合に、評価値 K_i が高い値とならないようにすることができる。したがって、音響線信号の合成により中間合成音響線信号の空間解像度が向上しているか否かを、より高い精度で検出することができる。

【 0 0 6 6 】

実施の形態 2

実施の形態 1 では、全てのフレームの処理において動的に送信回数を変更する場合について説明した。

実施の形態 2 では、これに対し、送信回数の決定を数フレームごとに行うことを特徴とする。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

< 構成 >

図 9 は、実施の形態 2 に係る超音波信号処理装置 2 1 0 の機能ブロック図である。なお、図 2 と同一の構成要素については同じ符号を付し、説明を省略する。

超音波信号処理装置 2 1 0 は、制御部 1 2 0 に替えてさらに送信回数保持部 2 2 2 を有する制御部 2 2 0 を備え、超音波受信部 1 5 0 に替えて送信回数保持部 2 2 2 に送信回数を記録する評価部 2 5 5 を有する超音波受信部 2 5 0 を備える点に特徴がある。

【 0 0 6 8 】

制御部 2 2 0 は、上述した制御部 1 2 0 の機能に加えて、以下の機能を備える。制御部 2 2 0 は、フレーム処理開始時に、当該フレームにおいて送信回数の動的変更を行うか否かを判定し、行わない場合には、超音波送信部 1 3 0 に、送信回数保持部 2 2 2 に保持されている送信回数だけ送信イベントを行わせる。また、当該フレームにおいて送信回数の動的変更を行う場合には、送信回数保持部 2 2 2 に送信回数の保持を行う。

10

【 0 0 6 9 】

評価部 2 5 5 は、上述した評価部 1 5 5 の機能に加えて、以下の機能を備える。評価部 2 5 5 は、送信回数の動的変更を行うフレーム処理において、評価値 K_i が基準を満たすに至った送信回数 i を送信回数として送信回数保持部 2 2 2 に出力する。また、評価部 2 5 5 は、送信回数の動的変更を行わないフレーム処理において、エネルギー E_i および評価値 K_i の算出を行わず、合成部 1 5 3 が送信回数保持部 2 2 2 に保持されている送信回数だけ音響線信号を合成すると、無条件で出力部 1 5 6 に中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力させる。

20

【 0 0 7 0 】

< 動作 >

以下、実施の形態 2 に係る超音波診断装置の動作について説明する。図 1 0 は、複数のフレームに係る超音波診断装置の動作を示すフローチャートである。

まず、ステップ S 1 0 0 において、フレームカウンタ m の値を初期化する。次に、ステップ S 1 0 1 において、フレームタイマー T_f を起動する。

【 0 0 7 1 】

次に、ステップ S 1 0 2 において、フレームカウンタ m が $(m - 1) / n = 0$ の条件を満たすか否かを判断する。ここで、 n は、何フレームごとに送信回数決定動作を行うかを示す値であり、例えば、1 0 である。 $m = 1$ の場合は、上記条件を満たすため、次に、ステップ S 1 0 3 の動作を行う。

30

ステップ S 1 0 3 において、超音波診断装置は、送信回数の決定動作を行う。図 1 1 は、送信回数決定操作に係るフレームにおける超音波診断装置の動作を示すフローチャートである。なお、図 4 と同じ動作については同じステップ番号を付し、説明を省略する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 0 3 の送信回数決定操作においては、実施の形態 1 に係る超音波診断装置 1 0 0 とほぼ同様の動作を行う。但し、評価値 K_i が基準を満たした場合、ステップ S 5 0 において、評価部 2 5 5 は、送信回数 i を送信回数保持部 2 2 2 に記録する。これにより、ステップ S 1 0 3 における送信回数 i が送信回数保持部 2 2 2 に保持されることになる。

40

【 0 0 7 3 】

図 1 0 に戻って説明を続ける。次のフレームがある場合（ステップ S 1 0 5 で No）、フレームカウンタ m をインクリメントし（ステップ S 1 0 6）、タイマー T_f の満了まで待機する（ステップ S 1 0 7）。ここで、タイマー T_f は、フレームレートによって定まるフレーム間隔によって満了する。次に、ステップ S 1 0 1 において、フレームタイマー T_f を起動する。

【 0 0 7 4 】

次に、ステップ S 1 0 2 において、フレームカウンタ m が $(m - 1) / n = 0$ の条件を満たすか否かを判断する。ここで、 n は 1 0 であるから、 $m = 2$ の場合は、上記条件を満たさない。この場合、次に、ステップ S 1 0 4 の動作を行う。

50

ステップS 104において、超音波診断装置は、決定された送信回数に従って画像取得動作を行う。図12は、画像取得動作に係るフレームにおける超音波診断装置の動作を示すフローチャートである。なお、図4および図11と同じ動作については同じステップ番号を付し、説明を省略する。

【0075】

まず、ステップS 60において、超音波送信部130は送信角度列保持部121から送信角度列と送信回数を取得する。ここで、取得された送信角度列は、{0、-5、+5、-10、+10、-15、+15、...、-40、+40}であり、送信回数は7であると

する。次に、送信回数カウンタ*i*を1に初期化し(ステップS 21)、*i*番目の送信角度を用いて対象領域に超音波ビームを送信する(ステップS 22)。ここでは*i* = 1であるので、1番目の送信角度、すなわち0°を送信角度として用い、超音波ビームを送信する。

【0076】

次に、ステップS 23において、反射超音波を受信信号に変換し、整相加算を行って音響線信号を生成する。

次に、ステップS 70において、音響線信号を合成して中間合成音響線信号を生成する。合成部153は、*i*が1から現在値までに係るすべての音響線信号の合成を行う。ここでは、*i* = 1であるため、合成の対象は直前のステップS 23で生成された音響線信号のみである。したがって、合成部153は、音響線信号をそのまま中間合成音響線信号として、音響線信号保持部154に記録する。

【0077】

次に、ステップS 80において、*i*がステップS 60で取得した送信回数に達したかを判断する。*i*は送信回数に達していないため、ステップS 81で*i*をインクリメントし、次の送信イベントを実施する。

以下、*i*が送信回数である7に達するまで、*i*をインクリメントしながら送信イベントが繰り返される。

【0078】

第7回目の送信イベントでは、ステップS 80で*i*が送信回数に達することになる。したがって、ステップS 30に進み、出力部156は、音響線信号保持部154から中間合成音響線信号を取得し、合成音響線信号として出力する。このとき、出力部156は、音響線信号保持部154が保持している送信回数を0にリセットする。

最後に、ステップS 40において、合成音響線信号からBモード画像を生成し、表示部に出力する。具体的には、画像処理部160が合成音響線信号に座標変換、輝度変換を行ってBモード画像に変換し、表示制御部170が表示部103にBモード画像を表示させる。

【0079】

以上の動作により、送信回数と送信角度列に従って合成音響線信号が生成される。

図10に戻って説明を続ける。次のフレームがある場合(ステップS 105でNo)、フレームカウンタ*m*をインクリメントし(ステップS 106)、タイマー*T_f*の満了まで待機する(ステップS 107)。ここで、タイマー*T_f*は、フレームレートによって定まるフレーム間隔によって満了する。次に、ステップS 101において、フレームタイマー*T_f*を起動する。これにより、第3フレームに係る動作が開始される。

【0080】

以上の処理により、*n*フレームごとに1回ずつ、送信回数決定動作が行われ、それ以外のフレームについてはフレーム画像の取得動作が行われることとなる。

<小括>

実施の形態2に係る超音波信号処理装置及び超音波診断装置によれば、送信イベント数の決定が一部のフレームのみで行われるため、評価値の算出を全送信イベントで行う必要がなく、演算量の低減に奏功する。また、超音波探触子の揺動等により送信イベント数がフレームごとに変化することを抑止することができ、演算量やフレームレートが乱高下す

10

20

30

40

50

ることを抑止することができる。

【0081】

変形例3

実施の形態2では、送信回数にかかわらずフレームレートを一定にする場合について説明した。本変形例では、これに対し、送信回数に応じてフレームレートを変更する場合について説明する。

<動作>

以下、変形例3に係る超音波診断装置の動作について説明する。図13は、複数のフレームに係る超音波診断装置の動作を示すフローチャートである。なお、図10と同じ動作については同じステップ番号を付し、説明を省略する。

10

【0082】

まず、ステップS100において、フレームカウンタ m の値を初期化する。次に、ステップS101において、フレームタイマー T_f を起動する。

次に、ステップS102において、フレームカウンタ m が $(m-1)/n=0$ の条件を満たすか否かを判断する。ここで、 n は、何フレームごとに送信回数決定動作を行うかを示す値であり、例えば、10である。 $m=1$ の場合は、上記条件を満たすため、次に、ステップS103の動作を行う。

【0083】

ステップS103において、超音波診断装置は、送信回数の決定動作を行う。

次に、ステップS108において、ステップS103で決定された送信回数に応じてフレームタイマー T_f の満了時間を変更する。例えば、当初のフレームタイマー T_f が50ms(20fps)であるとし、ステップS103で決定された送信回数によれば40fpsまでフレームレートが上げられるとした場合、 T_f の満了時間を25msに変更する。なお、この変更は、直前のステップS101により起動されステップS108で動作中のタイマーについても適用される。

20

【0084】

次のフレームがある場合(ステップS105でNo)、フレームカウンタ m をインクリメントし(ステップS106)、タイマー T_f の満了まで待機する(ステップS107)。ここで、タイマー T_f は、フレームレートによって定まるフレーム間隔によって満了する。次に、ステップS101において、フレームタイマー T_f を起動する。

30

次に、ステップS102において、フレームカウンタ m が $(m-1)/n=0$ の条件を満たすか否かを判断する。ここで、 n は10であるから、 $m=2$ の場合は、上記条件を満たさない。この場合、次に、ステップS104の動作を行う。

【0085】

ステップS104において、超音波診断装置は、決定された送信回数に従って画像取得動作を行う。

次のフレームがある場合(ステップS105でNo)、フレームカウンタ m をインクリメントし(ステップS106)、タイマー T_f の満了まで待機する(ステップS107)。ここで、タイマー T_f は、フレームレートによって定まるフレーム間隔によって満了する。次に、ステップS101において、フレームタイマー T_f を起動する。これにより、第3フレームに係る動作が開始される。

40

【0086】

以上の処理により、 n フレームごとに1回ずつ、送信回数決定動作が行われ、同時に、当該フレームを含めて次の送信回数決定動作が開始されるまでのフレームレートが決定されることになる。したがって、送信回数が小さくなった場合には、時間解像度を向上させることができる。

<フレームレートに関する補足説明>

送信回数決定動作とフレームレートの関係について、図14のタイムチャートを用いて説明する。図14は、送信回数決定動作および画像取得動作と、画像出力のタイミングを示したタイムチャートである。

50

【 0 0 8 7 】

実施の形態 1 に係る超音波診断装置の動作では、図 1 4 (a) または図 1 4 (b) の動作となる。フレームレートを動的に変更しないとした場合、図 1 4 (a) に示すように、画像出力 $f_{01} \sim f_{07}$ は等間隔で行われ、画像出力後一定時間後にフレーム動作 3 0 1 ~ 3 0 7 が行われることとなる、一方、フレームレートを動的に変更するとした場合、図 1 4 (b) に示すように、各フレーム動作 3 1 1 ~ 3 1 7 は 1 つ前の画像出力後一定後に行われ、画像出力 $f_{11} \sim f_{17}$ は各フレーム動作 3 1 1 ~ 3 1 7 直後に行われる。すなわち、画像出力から次のフレーム動作開始までの時間が一定で、フレームレートは各フレーム操作の所要時間に依存することになる。

【 0 0 8 8 】

一方、実施の形態 2 に係る超音波診断装置の動作では、図 1 4 (c) の動作となる。すなわち、送信回数決定動作 3 2 1、画像取得動作 4 2 2、4 3 3、...、3 2 4、送信回数決定動作 3 2 5、画像取得動作 4 3 6、のように、定期的に送信回数決定動作が行われる。画像出力 $f_{21} \sim f_{26}$ は等間隔で行われ、画像出力後一定時間後に送信回数決定動作と画像取得動作のいずれかが行われる。

【 0 0 8 9 】

一方、変形例 3 に係る超音波診断装置の動作では、図 1 4 (d) の動作となる。すなわち、送信回数決定動作 3 3 1、画像取得動作 4 3 2、4 3 3、...、3 3 4、送信回数決定動作 3 3 5、画像取得動作 4 3 6、のように、定期的に送信回数決定動作が行われるが、画像出力 $f_{31} \sim f_{37}$ は送信回数決定動作または画像取得動作のほぼ直後に行われる。このとき、フレームレートは、送信回数決定動作の直後から次の送信回数決定動作の直前まで一定となり、送信回数決定動作があるごとに、フレームレートが変更されうることとなる。

【 0 0 9 0 】

なお、変形例 3 では、 n フレームごとに送信回数決定動作を行うとしたが、送信回数決定動作は、所定時間ごと (例えば、0.2 秒ごと) に行ってもよいし、ユーザの指示があるたびに行ってもよい。例えば、ユーザの指示があるたびに送信回数決定動作を行うとする場合、フレームレートを変更しない場合は図 1 4 (e) の動作となる。すなわち、画像出力 $f_{41} \sim f_{47}$ は等間隔で行われ、画像出力後一定時間後に画像取得動作 4 4 1 ~ 4 4 4、4 4 6、4 4 7 が行われることとなる。但し、ユーザから送信回数決定動作をすべき旨の入力を受け付けたとき、次の画像出力 f_{44} が行われた直後の動作については、画像取得動作に替えて送信回数決定動作 3 4 5 が行われる。なお、フレームレートを変更する場合には図 1 4 (f) に示すように、送信回数決定動作 3 5 5 の開始以降、フレームレートが変更される。なお、図 1 4 には図示しないが、送信回数決定動作は n フレームごとに行いつつ、ユーザの指示があるときに随時行ってもよいし、さらに、ユーザの指示により行った場合には直前の送信回数決定動作から n フレーム後に行うようにしてもよい。

【 0 0 9 1 】

< 実施の形態に係るその他の変形例 >

(1) 各実施の形態および各変形例では、合成部は $i = 1$ から p までの中間合成音響線信号を中間合成音響線信号保持部に格納し、 $p + 1$ の音響線信号をさらに合成する際には、中間合成音響線信号に p を乗算した後 $p + 1$ の音響線信号を加算し、 $p + 1$ で除して中間合成音響線信号を生成して音響線信号保持部に格納する場合について説明した。しかしながら、合成処理は上記方法に限られず、例えば、合成部は $i = 1$ から p までの音響線信号を単純加算した加算音響線信号を音響線信号保持部に格納し、評価部および出力部は、加算音響線信号を送信回数で除して中間合成音響線信号を取得する、としてもよい。なお、音響線信号の合成は単純加算に限られず、例えば、送信角度に依存した重みづけを行ってもよいし、空白領域についてはデータがないものとして合成に用いない、としてもよい。

【 0 0 9 2 】

また、実施の形態 2 および変形例 3 では、画像取得動作においても合成部は送信回数決

10

20

30

40

50

定動作と同様の処理により中間合成音響線信号を生成するとしたが、例えば、合成部は、画像取得動作においては送信回数分の音響線信号を保持し、一度に合成処理を行うとしてもよい。

(2) 各実施の形態および各変形例では、送信角度列は、 $\{0, -5, +5, -10, +10, -15, +15, \dots, -40, +40\}$ であるとしたが、例えば、 $\{0, -0.2, +0.2, -0.4, +0.4, \dots\}$ や、 $\{0, -0.3, +0.3, -0.6, +0.6, \dots\}$ であってもよい。また、送信角度列は、 $\{0, \text{負}, \text{正}, \text{負}, \text{正}, \dots\}$ の順に限られず、 $\{0, \text{正}, \text{負}, \text{正}, \text{負}, \dots\}$ や、 $\{0, \text{正}, \text{負}, \text{負}, \text{正}, \text{正}, \text{負}, \text{負}, \dots\}$ または $\{0, \text{負}, \text{正}, \text{正}, \text{負}, \text{負}, \text{正}, \text{正}, \dots\}$ 等の順であってもよい。また、送信角度列は、必ずしも絶対値が大きくなる順でなくてもよく、例えば、 $\{0, +8, -8, +4, -4, +6, -6, +2, -2, \dots\}$ のように、1番目～3番目の送信角度の範囲内に、4番目以降の送信角度を設定する、としてもよい。

10

【0093】

また、送信角度列保持部121が複数の送信角度列を有している場合には、制御部は、対象領域の面積、被検体内に占める位置、対象領域内の組織等に基づいて、いずれの送信角度列を用いるかを判断してもよい。このような制御により、例えば、リウマチ診断のために手指を撮像する場合と、がん検診のために内臓を撮像する場合とでそれぞれに適した送信角度列を用いることができる。

【0094】

(3) 実施の形態1および変形例1、2、及び、実施の形態2および変形例3の送信回数決定動作において、送信イベントが行われるごとに、合成部は中間合成音響線信号を生成して、評価部は評価値 K_i を算出して評価値 K_i が基準を満たすか否かを判断した。しかしながら、評価値の算出及び判断は全ての送信イベントが行われる必要はなく、例えば、送信回数2回ごと、または、送信回数4回ごと、など、送信回数が一定の条件を満たす場合にのみ行ってよい。このとき、評価部は評価を行う送信イベント時にのみ評価値を算出すればよい。また、評価値の算出及び判断を送信イベント r 回(r は2以上の整数)ごとに行う場合、評価値 K_i は、 $K_i = (E_i - E_{i-r}) / E_1$ 、としてもよい。また、合成部は、評価を行う送信イベント時にのみまとめて合成処理を行って中間合成音響線信号を生成するとしてもよい。このような処理により、評価値算出の演算量を削減することができる。

20

30

【0095】

(4) 実施の形態1および変形例1、2、及び、実施の形態2および変形例3の送信回数決定動作において、評価値 K_1 は部分合成音響線信号のエネルギー E_1 を基準としたが、送信角度 0° に対応する音響線信号のエネルギーを代わりに用いてもよい。なお、送信角度列が 0° から開始されない場合は、単純に部分合成音響線信号のエネルギー E_1 を基準としてもよいし、送信角度 0° に対応する音響線信号のエネルギーを用いてもよい。さらに、送信角度列が 0° を含んでいない場合は、単純に部分合成音響線信号のエネルギー E_1 を基準としてもよいし、絶対値が最も小さい送信角度に対応する音響線信号のエネルギーを用いてもよい。なお、基準とするエネルギーは大きいほうが好ましいため、送信角度の絶対値が小さいほうが好ましい。

40

【0096】

(5) 実施の形態1および変形例1、2、及び、実施の形態2および変形例3の送信回数決定動作において、評価部は対象領域の全域に係る中間合成音響線信号から評価値 K_i を算出したが、例えば、対象領域の一部である着目領域に係る中間合成音響線信号から評価値 K_i を算出してもよい。着目領域は、例えば、対象領域を 3×3 に分割した中央の領域としてもよい。または、着目領域は、中心の位置を対象領域の中心とする所定サイズの領域であってもよい。このような処理により、評価値算出の演算量を削減することができる。

【0097】

(6) 各実施の形態及び各変形例では、超音波診断装置は平面波である超音波ビームを

50

送出するとしたが、超音波ビームは平面波に限られず、焦点に収束しない非収束波であればどのような形状であってもよい。例えば、凸面上の波面を有する拡散型の超音波ビームを送出してもよい。

(7) 各実施の形態及び各変形例では、超音波診断装置は、表示部にBモード画像を表示するとしたが、例えば、超音波診断装置は、Bモード画像データをストレージや他の装置に出力する、としてもよい。または、例えば、超音波信号処理装置は、合成音響線信号を、ストレージや他の装置に出力する、としてもよい。

【0098】

(8) 各実施の形態および各変形例では、超音波診断装置は表示部103と接続される構成であるとしたが、本発明は必ずしもこの場合に限られない。例えば、超音波診断装置100は表示部103を内蔵しているとしてもよい。また、同様に、超音波診断装置は超音波探触子101を内蔵しているとしてもよいし、あるいは、超音波探触子101がA/D変換部151や受信ビームフォーマ152を備え、A/D変換部151や受信ビームフォーマ152を有さない超音波診断装置が超音波探触子101から音響線信号を取得するとしてもよい。

10

【0099】

(9) 実施の形態および各変形例に係る超音波診断装置は、その構成要素の全部又は一部を、1チップ又は複数チップの集積回路で実現してもよいし、コンピュータのプログラムで実現してもよいし、その他どのような形態で実施してもよい。例えば、評価部と出力部とを1チップで実現してもよいし、超音波送信部のみを1チップで実現し、超音波受信部等を別のチップで実現してもよい。

20

【0100】

集積回路で実現する場合、典型的には、LSI (Large Scale Integration) として実現される。ここでは、LSIとしたが、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。

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

【0101】

さらには、半導体技術の進歩、又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。

30

また、各実施の形態および各変形例に係る超音波診断装置は、記憶媒体に書き込まれたプログラムと、プログラムを読み込んで実行するコンピュータとで実現されてもよい。記憶媒体は、メモリカード、DVD-ROMなどいかなる記録媒体であってもよい。また、本発明に係る超音波診断装置は、ネットワークを經由してダウンロードされるプログラムと、プログラムをネットワークからダウンロードして実行するコンピュータとで実現されてもよい。

【0102】

(10) 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。

40

【0103】

また、発明の理解の容易のため、上記各実施の形態で挙げた各図の構成要素の縮尺は実際のものとは異なる場合がある。また本発明は上記各実施の形態の記載によって限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

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、電氣的配線、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

50

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。尚、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。

【0104】

まとめ

(1) 実施の形態に係る超音波信号処理装置は、複数の振動子を備えた超音波探触子を用いて被検体に焦点を結ばない非収束の超音波ビームを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音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理装置であって、超音波ビームの進行方向を送信イベントごとに変更しながら、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波探触子に送信させる送信部と、各送信イベントに同期して、前記超音波探触子が前記被検体内の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、前記超音波探触子の振動子各々に対する受信信号列を生成し、送信イベントごとに前記受信信号列を整相加算して音響線信号を生成する受信処理部と、合成音響線信号に係る最初の送信イベントから最新の送信イベントまでの前記音響線信号を前記対象領域内の各観測点に基づいて合成し中間合成音響線信号を生成する合成部と、前記中間合成音響線信号のエネルギー値から評価値を算出し、前記評価値に基づいて次の送信イベントを行うか否かを判断する評価部と、前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力する出力部とを備えることを特徴とする。

10

【0105】

また、実施の形態に係る超音波信号処理方法は、複数の振動子を備えた超音波探触子を用いて被検体に焦点を結ばない非収束の超音波ビームを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音響線信号を合成して合成音響線信号を得る超音波信号処理方法であって、超音波ビームの進行方向を送信イベントごとに変更しながら、被検体内に超音波ビームを送信イベントごとに前記超音波探触子に送信させ、各送信イベントに同期して、前記超音波探触子が前記被検体内の対象領域から受波した反射超音波に基づいて、前記超音波探触子の振動子各々に対する受信信号列を生成し、送信イベントごとに前記受信信号列を整相加算して音響線信号を生成し、合成音響線信号に係る最初の送信イベントから最新の送信イベントまでの前記音響線信号を前記対象領域内の各観測点に基づいて合成して中間合成音響線信号を生成し、前記中間合成音響線信号のエネルギー値から評価値を算出し、前記評価値に基づいて次の送信イベントを行うか否かを判断し、次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記中間合成音響線信号を合成音響線信号として出力することを特徴とする。

20

30

【0106】

本開示によれば、上記構成により、音響線信号の合成数と合成音響線信号の品質との関係により送信回数を適用的に決定する。従って、一定水準以上の空間解像度を維持しながら送信回数を最小限に抑えることができ、空間解像度と時間解像度とを共に高くすることができる。

(2) また、上記(1)の超音波信号処理装置は、前記送信部は、連続する2回の送信イベントにおいて、2つの超音波ビームの進行方向は、前記超音波探触子の振動子が並ぶ向きの方線方向に対して逆側に延びるように超音波ビームの送信を行う、としてもよい。

40

【0107】

上記構成により、評価部が次の送信イベントを行わないと判断したときにおける送信イベントの回数にかかわらず、超音波探触子の振動子が並ぶ向きにおいて超音波ビームの進行方向が一方に偏ることを抑止することができ、超音波ビームの送信回数が超音波探触子の振動子が並ぶ向きの方線方向に対して非対称となることを抑止することができる。したがって、合成音響線信号の空間解像度が超音波探触子の振動子が並ぶ方向に不均一となることを抑止することができる。

【0108】

50

(3) また、上記(1)または(2)の超音波信号処理装置は、前記送信部は、送信イベントの順に、超音波ビームの進行方向と前記超音波探触子の振動子が並ぶ向きの法線方向とがなす角である送信角度の絶対値が大きく、または、同一となるように超音波ビームの送信を行う、としてもよい。

上記構成により、合成により中間合成音響線信号の空間解像度が向上しやすい音響線信号から順に合成され、評価部が次の送信イベントを行わないと判断したときにおける送信イベントの回数を小さくすることができる。

【0109】

(4) また、上記(1)～(3)の超音波信号処理装置は、超音波ビームの進行方向と前記超音波探触子の振動子が並ぶ向きの法線方向とがなす角である送信角度を送信イベントごとに規定する送信角度列を記憶する送信角度記憶部をさらに備える、としてもよい。

(5) また、上記(4)の超音波信号処理装置は、前記送信角度記憶部は、2以上の送信角度列を記憶し、前記送信部は、前記対象領域の断面積、前記対象領域が前記被検体において占める位置、前記対象領域に含まれる組織の種類、のうち1以上に基づき、前記送信角度記憶部が記憶している送信角度列から1つの送信角度列を選択する、としてもよい。

【0110】

上記構成により、対象領域の特性に合わせて適した送信角度列を用いることができる。

(6) また、上記(1)～(5)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、送信角度が0度であるときの音響線信号のエネルギー値で、中間合成音響線信号のエネルギー値の変化量を正規化した値を前記評価値として算出し、前記決定部は、前記評価値が所定の閾値以下であることを、前記所定の条件として用いる、としてもよい。

【0111】

上記構成により、合成による中間合成音響線信号の空間解像度の向上をエネルギー変化に基づいて検出することができる。

(7) また、上記(1)～(6)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、所定範囲における前記中間合成音響線信号の振幅値の合計を前記中間合成音響線信号のエネルギー値とする、としてもよい。

【0112】

(8) また、上記(1)～(6)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、所定範囲における前記中間合成音響線信号を2次元フーリエ変換して得たフーリエデータにおけるスペクトルの総和を前記中間合成音響線信号のエネルギー値とする、としてもよい。

(9) 上記(1)～(6)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、所定範囲における前記中間合成音響線信号から深さ方向の1次元音響線信号を生成し、前記1次元音響線信号を深さ方向に1次元フーリエ変換して得たフーリエデータにおけるスペクトルの総和を前記中間合成音響線信号のエネルギー値とする、としてもよい。

【0113】

これら上記の構成により、中間合成音響線信号のエネルギーの総和を用いて中間合成音響線信号の空間解像度を推定することができる。

(10) また、上記(8)または(9)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、前記フーリエデータが含むすべての周波数成分のスペクトルを前記中間合成音響線信号のエネルギー値の算出に用いる、としてもよい。

【0114】

(11) また、上記(8)または(9)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、前記フーリエデータが含む周波数成分のうち、所定の周波数帯に含まれる成分のスペクトルを前記中間合成音響線信号のエネルギー値の算出に用いる、としてもよい。

これら上記の構成により、中間合成音響線信号の特定の周波数成分に基づいて中間合成音響線信号の空間解像度を推定することができる。

【0115】

(12) また、上記(7)～(11)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、前記所

10

20

30

40

50

定範囲を前記対象領域の全域とする、としてもよい。

(13) また、上記(7)～(11)の超音波信号処理装置は、前記評価部は、前記所定範囲を前記対象領域の一部である着目領域とする、としてもよい。

これら上記の構成により、対象領域の全域または特定の一部に基づいて、中間合成音響線信号の空間解像度を推定することができる。

【0116】

(14) また、上記(1)～(13)の超音波信号処理装置は、前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記合成音響線信号の生成のために行った送信イベントの回数に応じて、次の合成音響線信号に係る送信イベントの開始時刻を変更する、としてもよい。

上記構成により、送信イベントの数に合わせて合成音響線信号の出力頻度であるフレームレートを向上させることができる。

【0117】

(15) また、上記(1)～(14)の超音波信号処理装置は、前記評価部が次の送信イベントを行わないと判断したとき、前記合成音響線信号の生成のために行った送信イベントの回数を保持する制御部をさらに備え、前記制御部は、続く1回以上の合成音響線信号の生成において、保持している前記送信イベントの回数だけ前記送信部に超音波ビームを送信させ、前記評価部の判断にかかわらず、前記送信部に送信させた超音波ビームに対応する音響線信号を全て合成した前記合成音響線信号を前記出力部に出力させる、としてもよい。

【0118】

上記構成により、一部の合成音響線信号の生成についてのみ送信イベントの回数を評価部が決定し、続く合成音響線信号の生成においては、評価を省くことができる。

(16) また、上記(15)の超音波信号処理装置は、前記制御部は、送信イベントの回数を保持した後、続く所定回数の合成音響線信号の生成において、保持している前記送信イベントの回数だけ前記送信部に超音波ビームを送信させ、前記評価部の判断にかかわらず、前記送信部に送信させた超音波ビームに対応する音響線信号を全て合成した前記合成音響線信号を前記出力部に出力させ、さらに次の音響線信号の生成において、前記評価部に次の送信イベントを行うか否かを判断させる、としてもよい。

【0119】

上記構成により、送信イベント回数の決定を定期的に行うことができる。

(17) また、上記(15)または(16)の超音波信号処理装置は、ユーザからの入力を受け付ける入力部をさらに備え、前記制御部は、前記入力部がユーザから送信回数の決定すべき指示を受け付けた場合に、前記評価部に次の送信イベントを行うか否かを判断させる、としてもよい。

【0120】

上記構成により、送信イベント回数の決定をユーザの指示に従って行うことができる。

(18) また、上記(1)～(17)の超音波信号処理装置は、前記送信部は、波面が進行方向と直交する平面波の超音波ビームを送信する、としてもよい。

上記構成により、平面波の合成に関して本開示を適用できる。

【産業上の利用可能性】

【0121】

本開示に係る超音波信号処理装置、超音波診断装置、および、超音波信号処理方法は、超音波を用いた画像診断に有用である。特に、空間解像度と時間解像度を両立させることが可能となり、医療診断機器等において高い利用可能性を持つ。

【符号の説明】

【0122】

- 100 超音波診断装置
- 101 超音波探触子
- 101a 振動子

10

20

30

40

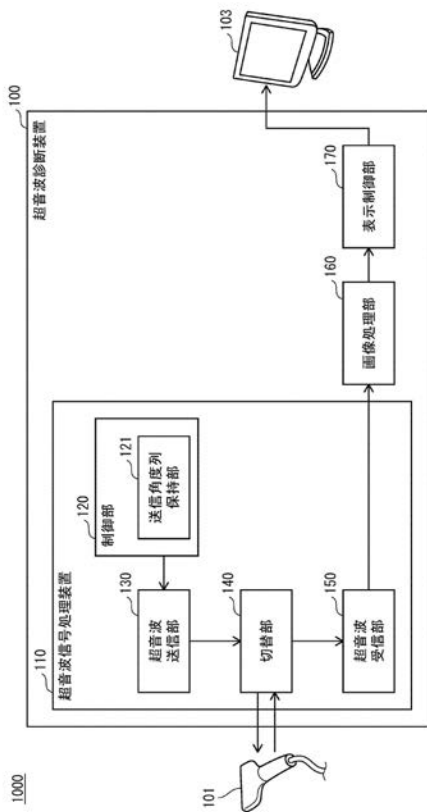
50

- 103 表示部
- 110、210 超音波信号処理装置
- 120、220 制御部
- 121 送信角度列保持部
- 222 送信回数保持部
- 130 超音波送信部
- 131 パルス生成部
- 132 遅延プロファイル生成部
- 133 送信ビームフォーマ
- 140 切替部
- 150、250 超音波受信部
- 151 A/D変換部
- 152 受信ビームフォーマ
- 153 合成部
- 154 音響線信号保持部
- 155、255 評価部
- 156 出力部
- 160 画像処理部
- 170 表示制御部
- 1000 超音波診断システム

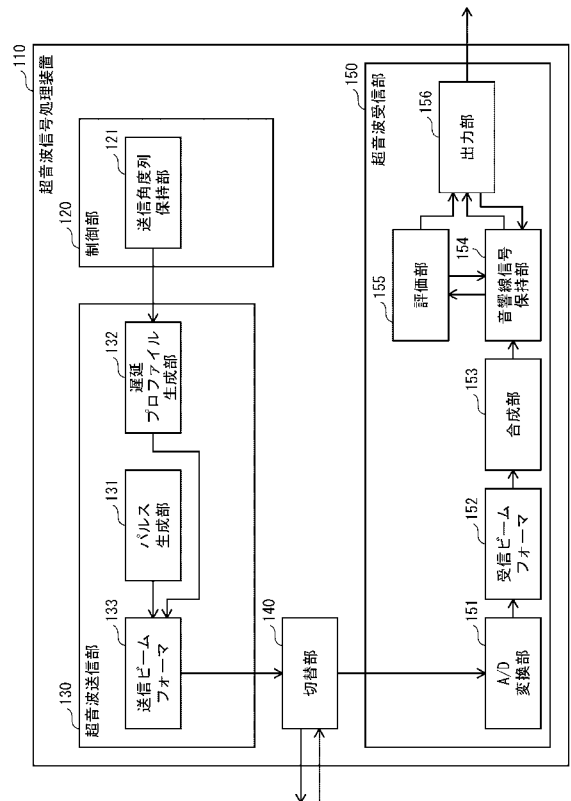
10

20

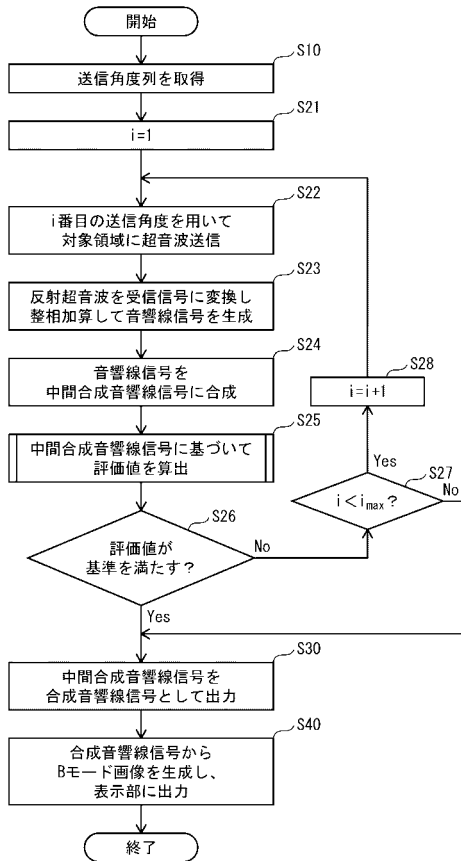
【図1】



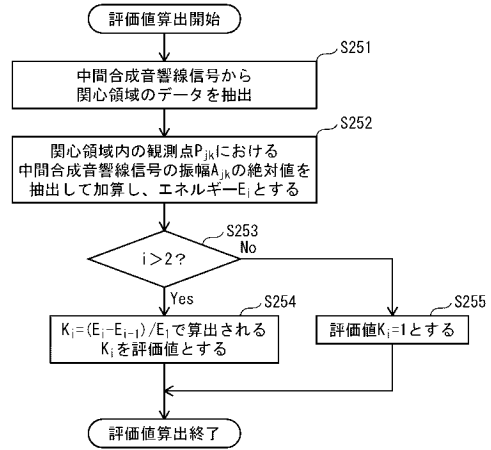
【図2】



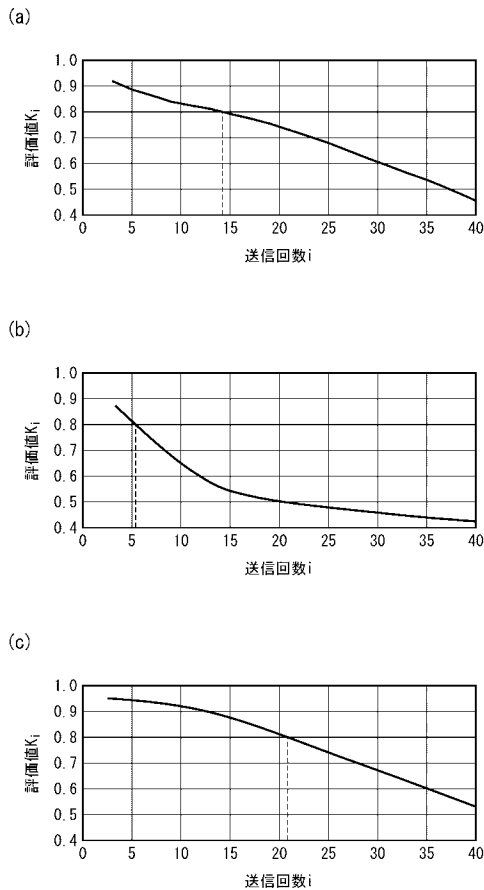
【 図 3 】



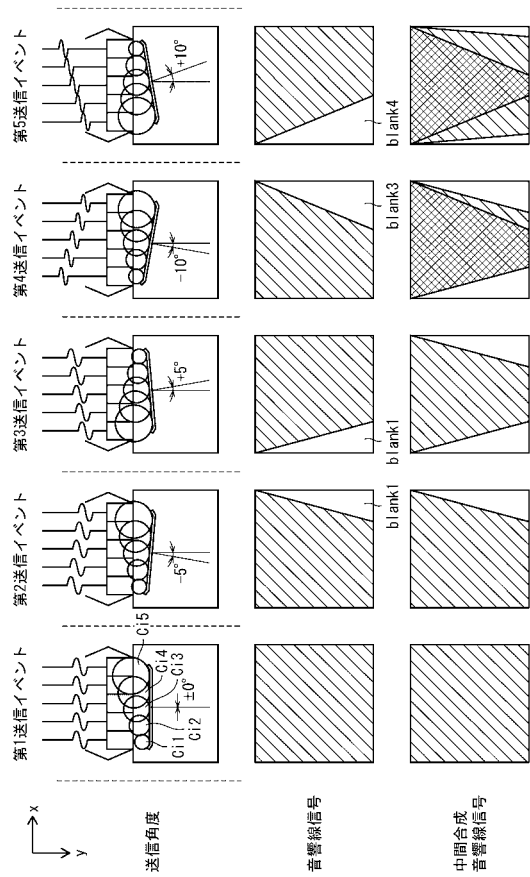
【 図 4 】



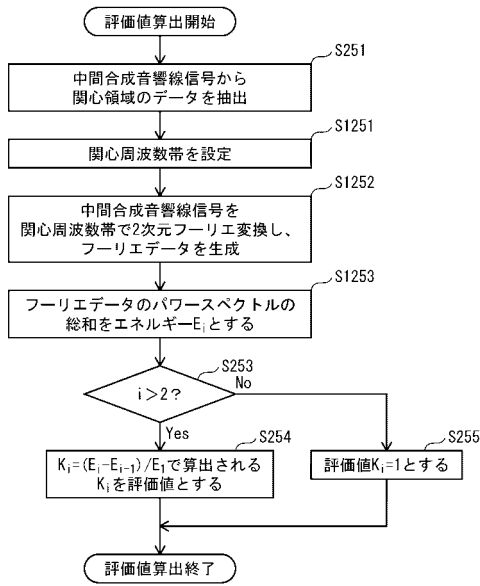
【 図 5 】



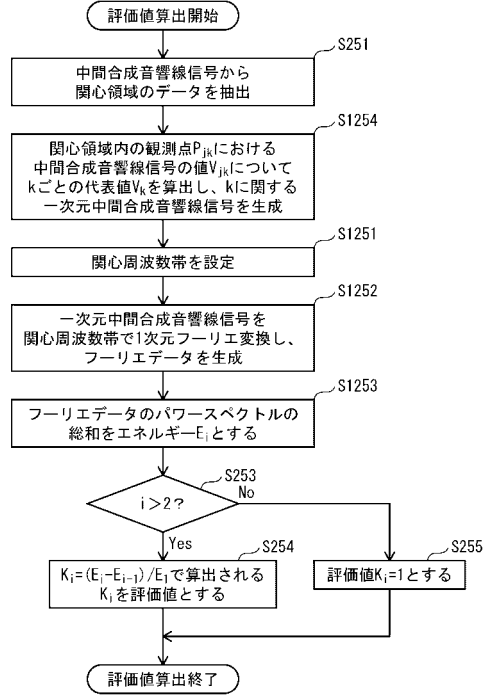
【 図 6 】



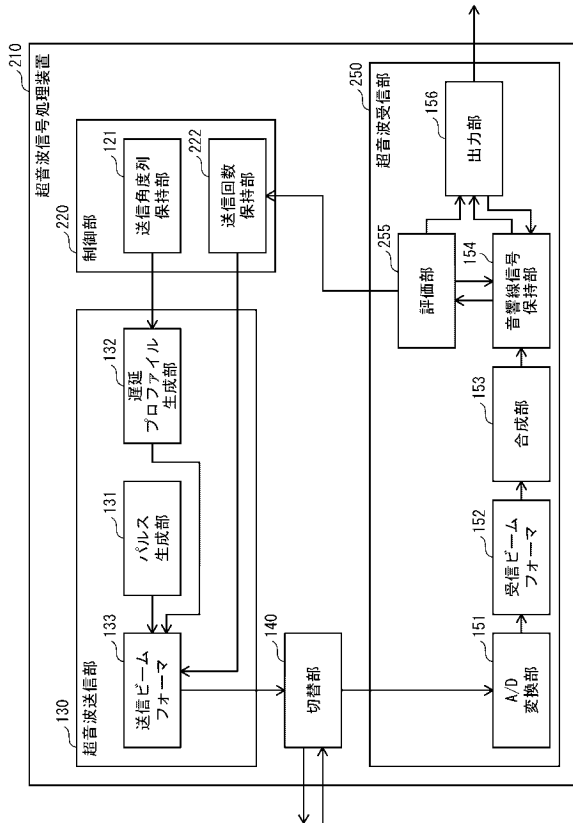
【図7】



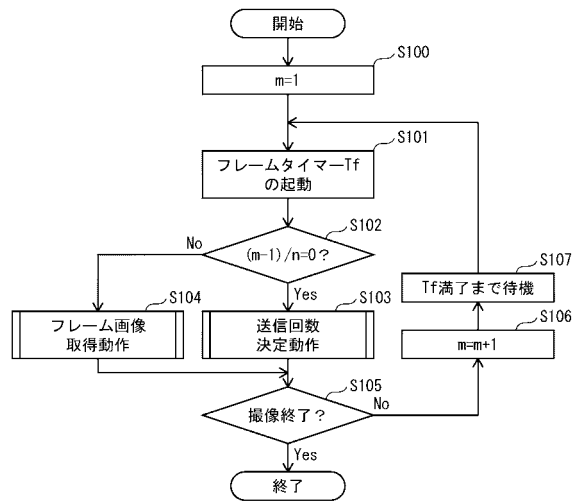
【図8】



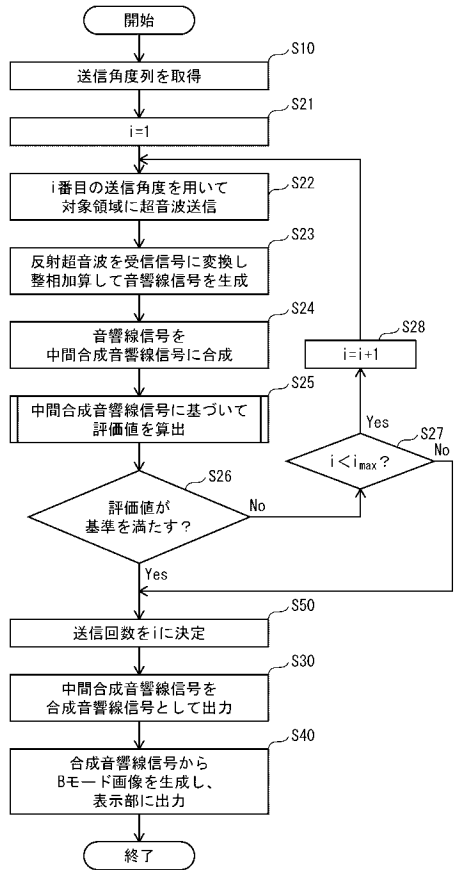
【図9】



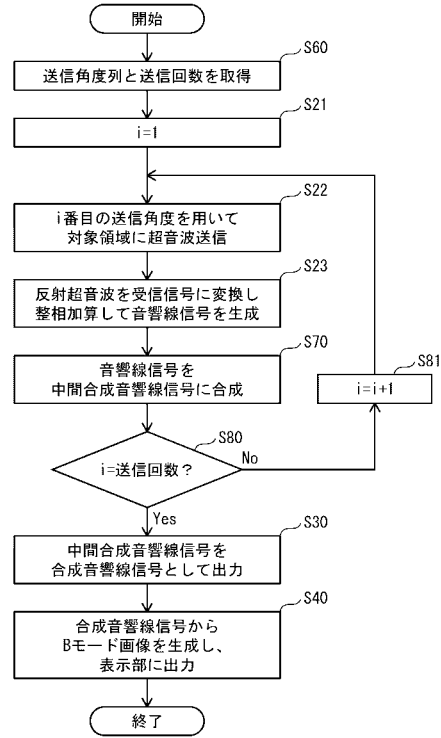
【図10】



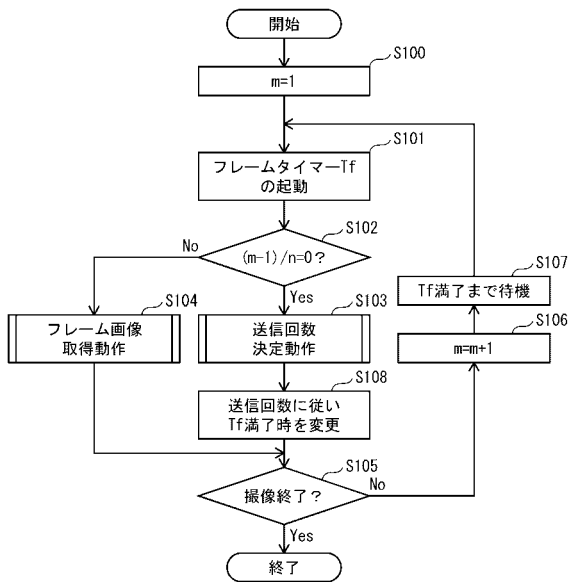
【図 1 1】



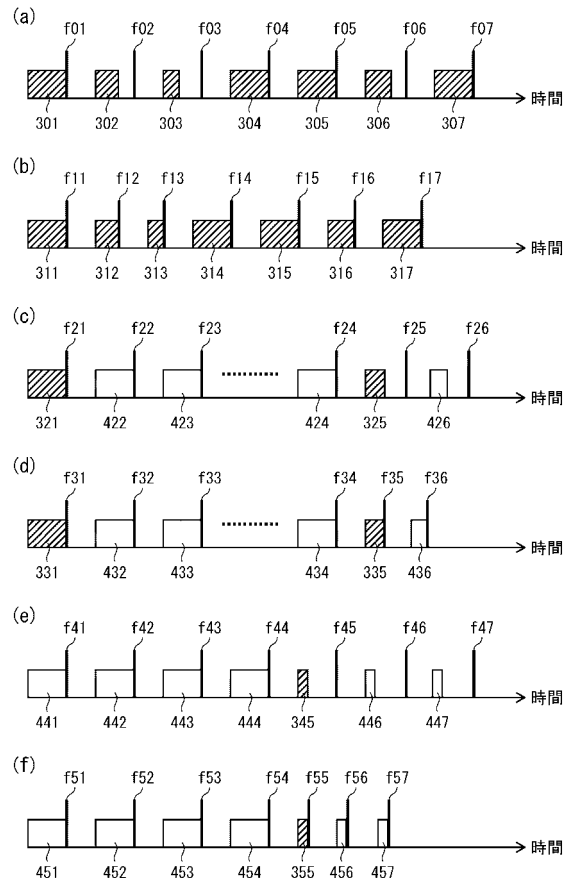
【図 1 2】



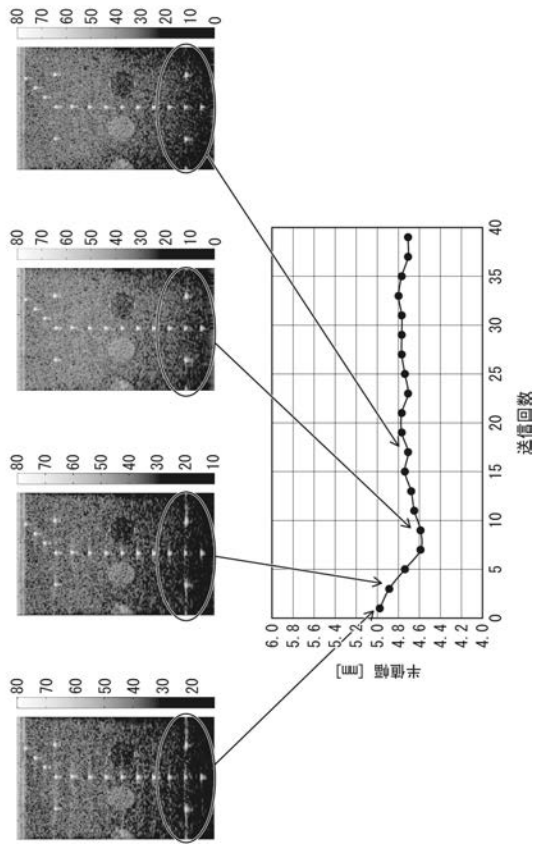
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



专利名称(译)	超声波信号处理装置，超声波诊断装置和超声波信号处理方法		
公开(公告)号	JP2017221511A	公开(公告)日	2017-12-21
申请号	JP2016120167	申请日	2016-06-16
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	進泰彰		
发明人	進 泰彰		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/145 A61B8/4494 A61B8/5207 A61B8/5253 G01S7/52046 G01S15/8995 G01S15/8997 A61B8/4444		
FI分类号	A61B8/14 A61B8/14.ZDM		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE01 4C601/EE08 4C601/GB04 4C601/HH38 4C601/JB49 4C601/KK12 4C601/LL07		
其他公开文献	JP6642294B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种超声波信号处理装置以及使用该超声波信号处理装置的超声波诊断装置，所述超声波信号处理装置以适合于空间分辨率和时间分辨率的方式，在使用未聚焦波束的合成孔径方式中兼容。解决方案：超声波诊断装置包括：发送器，用于针对每个发送事件改变超声波束的前进方向，并且使超声波束针对对象中的每个发送事件被发送到超声波探头，接收处理单元，用于基于合成声线信号产生声线信号；一种合成单元，用于合成从接收事件到最新发送事件的声线信号，以产生中间合成声线信号；根据中间合成声线信号计算评估值，以确定是否执行下一个发送事件当判断出要评判的评估部分和评估部分没有执行下一个传输事件时，输出单元输出合成声线信号作为合成声线信号。

