

(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2008-220652
(P2008-220652A)

(43) 公開日 平成20年9月25日(2008.9.25)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

F1
A61B 8/00

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-63449(P2007-63449)
(22) 出願日 平成19年3月13日(2007.3.13)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(71) 出願人 594164542
東芝メディカルシステムズ株式会社
栃木県大田原市下石上1385番地
(71) 出願人 594164531
東芝医用システムエンジニアリング株式会社
栃木県大田原市下石上1385番地
(74) 代理人 100081411
弁理士 三澤 正義
(72) 発明者 馬場 達朗
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
メディカルシステムズ株式会社内
最終頁に続く

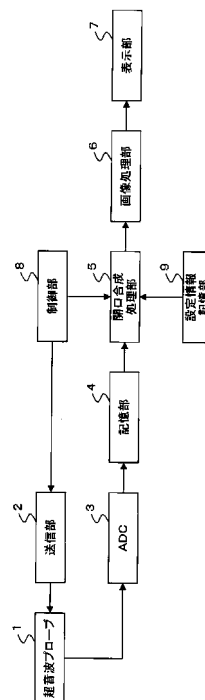
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、及び超音波画像生成プログラム

(57) 【要約】

【課題】開口合成技術を用いて3次元画像データを生成する場合に、取得される3次元画像データの空間分解能の劣化を防止することが可能な超音波診断装置を提供する。

【解決手段】送信部2は制御部8の制御の下、所定の3次元領域に対して超音波を拡散させて超音波プローブ1に送信させる。開口合成処理部5は、3次元領域に含まれる反射点からの反射波との相関を表すマッチドフィルタに、反射点から各超音波振動子までの距離に応じた超音波の減衰補正を施すことで得られた重み付けマッチドフィルタと、超音波プローブ1が受信した受信信号とをコンボリューションすることで、反射点における画素値を求める。各反射点の画素値を求めることで、3次元領域のボリュームデータを求める。また、超音波プローブ1から各反射点までの距離に応じてコンボリューションの範囲を変えてコンボリューションを行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の超音波振動子が 2 次元的に配置された超音波プローブと、
所定の 3 次元領域に対して超音波を拡散させて前記超音波プローブに送信させ、前記超音波プローブが受波した反射波を受信する送受信手段と、

前記所定の 3 次元領域に含まれる所定の反射点と前記超音波プローブの各超音波振動子との間の距離によって決定された、前記所定の反射点からの反射波との相関を表すマッチドフィルタに、前記所定の反射点から前記各超音波振動子までの距離に応じた超音波の減衰補正を施すことで得られる重み付けマッチドフィルタと、前記送受信手段によって受信された受信信号とをコンボリューションすることで、前記所定の反射点における画素値を求め、前記 3 次元領域に含まれる各反射点に対する重み付けマッチドフィルタと、前記送受信手段によって受信された受信信号とをコンボリューションすることで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の 3 次元領域におけるボリュームデータを生成する開口合成処理手段と、

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記開口合成処理手段は、前記受信信号の座標系を極座標系に変換し、前記重み付けマッチドフィルタの座標系を極座標系に変換し、前記超音波プローブから前記各反射点までの距離に応じて、前記コンボリューションにおけるアジマス方向とエレベーション方向の範囲を変えて前記コンボリューションを行って積分することで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の 3 次元領域におけるボリュームデータを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記開口合成処理手段は、前記超音波プローブから前記各反射点までの距離が遠くなるほど、前記コンボリューションにおけるアジマス方向とエレベーション方向の範囲を広げて前記コンボリューションを行うことで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の 3 次元領域におけるボリュームデータを生成することを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記開口合成処理手段は、前記送受信手段によって受信された受信信号を空間周波数領域における分布に変換し、前記重み付けマッチドフィルタを乗算することで、前記所定の反射点における画素値を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記送受信手段は、予め設定されたタイミングで送信周波数を切り替えて前記超音波プローブに超音波を送信させ、

前記開口合成処理手段は、前記超音波プローブから遠い反射点ほど、低周波の超音波を送信することで前記送受信手段によって受信された受信信号と、前記重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の 3 次元領域におけるボリュームデータを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記送受信手段は、予め設定されたタイミングで前記超音波プローブの開口の大きさを切り替えて前記超音波プローブに超音波を送信させ、

前記開口合成処理手段は、前記超音波プローブから遠い反射点ほど、前記開口を大きくして超音波を送信することで前記送受信手段によって受信された受信信号と、前記重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の 3 次元領域におけるボリュームデータを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

コンピュータに、

複数の超音波振動子が2次元的に配置された超音波プローブによって、所定の3次元領域に対して超音波を拡散させて送信することで取得された受信信号を受け付ける受付機能と、

前記所定の3次元領域に含まれる所定の反射点と前記超音波プローブの各超音波振動子との間の距離によって決定された、前記所定の反射点からの反射波との相関を表すマッチドフィルタに、前記所定の反射点から前記各超音波振動子までの距離に応じた超音波の減衰補正を施すことで得られる重み付けマッチドフィルタと、前記受け付けた受信信号とをコンボリューションすることで、前記所定の反射点における画素値を求め、前記3次元領域に含まれる各反射点に対する重み付けマッチドフィルタと、前記受け付けた受信信号とをコンボリューションすることで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の3次元領域におけるボリュームデータを生成する開口合成処理機能と、

を実行させることを特徴とする超音波画像生成プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、開口合成法によって3次元画像データを生成する超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、複数の超音波振動子を備えた超音波プローブによって被検体内に超音波を送信し、その被検体からの反射波に基づいて、被検体内の断層像データや3次元画像データなどを生成する。

【0003】

超音波診断装置が送受信する超音波は、音速に物理的な制約がある。そのため、ボリュームレート（単位時間に生成可能な3次元画像の数に相当する）を向上させるためには、走査線密度を低くして超音波を送受信する必要がある。この場合、ボリュームレートは向上するが、3次元画像の空間分解能が劣化してしまう。一方、空間分解能を向上させるためには、走査線密度を高くして超音波を送受信する必要がある。この場合、空間分解能は向上するが、その分、ボリュームレートは低下してしまう。このように、ボリュームレートと3次元画像の空間分解能の間には、トレードオフの関係がある。

【0004】

また、3次元の領域は、2次元の断面と比べて走査する範囲が広いため、3次元の領域を超音波で走査してボリュームデータを取得する場合、2次元の断面を超音波で走査して断層像データを取得する場合と比べて、十分なレートと空間分解能が得られない。

【0005】

従来においては、所望の3次元の領域を複数の領域に分けて、ECGトリガ信号に同期させて各領域を超音波で走査し、その走査で取得されたデータを結合することで、所望の3次元の領域におけるボリュームデータを生成していた。

【0006】

しかしながら、1つのボリュームデータを取得するためには、複数の心拍の時間を要し、各領域で取得されたボリュームデータ間で時間的な遅延が発生してしまう。

【0007】

さらに、従来のように電子フォーカスによって超音波を集束させるビームフォーミングの方式では、1回の送信で、1回又は並列同時受信数分の受信ビームしか生成することができず、ボリュームレートを向上させることは困難である。

【0008】

そこで、開口合成技術を用いた超音波診断装置が提案されている（例えば非特許文献1）。この開口合成技術を用いた超音波診断装置の1例では、拡散された超音波を送信することで広範囲に対して超音波を送信し、各超音波振動子が受信した受信信号を全てメモリに保存し、その後、遅延・加算処理を行って受信ビームフォーミングを行う。このように

10

20

30

40

50

拡散された超音波を広範囲に送信し、受信ビームのビームフォーミングを行うことで、走査に要する時間の制約を克服することができる。

【0009】

【非特許文献1】田村安考等（山形大）、“三次元超音波撮像システムによる動態の可視化”可視化情報学会誌、Vol. 25, No. 99, pp248-253, (2005)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、従来技術に係る開口合成技術を用いた超音波診断装置においては、空間分解能が劣化するため、均質な画像を得ることは困難である。特に、超音波プローブから遠距離の領域（深部）においては、近距離の領域（浅い部分）と比べて空間分解能が劣化してしまう。超音波プローブから遠距離の領域（深部）にある反射源ほど、方位方向の空間分解能が悪化する傾向にある。深部では、超音波プローブの開口に対する超音波の行路差（方位角）が小さいため、時間精度が劣化することによるものと考えられる。

10

【0011】

この発明は上記の問題点を解決するものであり、開口合成技術を用いて3次元画像データを生成する超音波診断装置であって、取得される3次元画像データの空間分解能の劣化を防止することが可能な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】

【0012】

請求項1に記載の発明は、複数の超音波振動子が2次元的に配置された超音波プローブと、所定の3次元領域に対して超音波を拡散させて前記超音波プローブに送信させ、前記超音波プローブが受波した反射波を受信する送受信手段と、前記所定の3次元領域に含まれる所定の反射点と前記超音波プローブの各超音波振動子との間の距離によって決定された、前記所定の反射点からの反射波との相関を表すマッチドフィルタに、前記所定の反射点から前記各超音波振動子までの距離に応じた超音波の減衰補正を施すことで得られる重み付けマッチドフィルタと、前記送受信手段によって受信された受信信号とをコンボリューションすることで、前記所定の反射点における画素値を求め、前記3次元領域に含まれる各反射点に対する重み付けマッチドフィルタと、前記送受信手段によって受信された受信信号とをコンボリューションすることで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の3次元領域におけるボリュームデータを生成する開口合成処理手段と、を有することを特徴とする超音波診断装置である。

20

30

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の超音波診断装置であって、前記開口合成処理手段は、前記受信信号の座標系を極座標系に変換し、前記重み付けマッチドフィルタの座標系を極座標系に変換し、前記超音波プローブから前記各反射点までの距離に応じて、前記コンボリューションにおけるアジマス方向とエレベーション方向の範囲を変えて前記コンボリューションを行って積分することで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の3次元領域におけるボリュームデータを生成することを特徴とする。

また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の超音波診断装置であって、前記開口合成処理手段は、前記超音波プローブから前記各反射点までの距離が遠くなるほど、前記コンボリューションにおけるアジマス方向とエレベーション方向の範囲を広げて前記コンボリューションを行うことで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の3次元領域におけるボリュームデータを生成することを特徴とする。

40

また、請求項7に記載の発明は、コンピュータに、複数の超音波振動子が2次元的に配置された超音波プローブによって、所定の3次元領域に対して超音波を拡散させて送信することで取得された受信信号を受け付ける受付機能と、前記所定の3次元領域に含まれる所定の反射点と前記超音波プローブの各超音波振動子との間の距離によって決定された、前記所定の反射点からの反射波との相関を表すマッチドフィルタに、前記所定の反射点から前記各超音波振動子までの距離に応じた超音波の減衰補正を施すことで得られる重み付けマッチドフィルタと、前記受け付けた受信信号とをコンボリューションすることで、前

50

記所定の反射点における画素値を求め、前記3次元領域に含まれる各反射点に対する重み付けマッチドフィルタと、前記受け付けた受信信号とをコンボリューションすることで、前記各反射点における画素値を求めて、前記所定の3次元領域におけるボリュームデータを生成する開口合成処理機能と、を実行させることを特徴とする超音波画像生成プログラムである。

【発明の効果】

【0013】

この発明によると、開口合成法を用いてボリュームデータを生成する超音波診断装置において、3次元領域に含まれる各反射点と超音波振動子との間の距離に応じた減衰補正を施した重み付けマッチドフィルタを用いてコンボリューションを行うことで、方位方向の空間分解能が改善されたボリュームデータを生成することが可能となる。

10

【0014】

また、超音波プローブから各反射点までの距離が遠くなるほど、コンボリューションにおける方位方向の範囲を広げてコンボリューションを行うことで、方位方向の空間分解能が改善されたボリュームデータを生成することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

(構成)

この発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成について、図1を参照して説明する。図1は、この発明の実施形態に係る超音波診断装置の概略構成を示すブロック図である。

20

【0016】

超音波プローブ1は、複数の超音波振動子が2次的に配置された2次元超音波プローブからなり、ボリュームスキャンを実行して3次元的な生体情報を取得する。

【0017】

送信部2は制御部8の制御の下、超音波プローブ1に電気信号を供給して超音波を発生させる。送信部2は所定領域に超音波をフォーカス及び偏向させるための遅延処理を行うことで、所定領域にフォーカスされた超音波を超音波プローブ1に送信させる。また、送信部2は制御部8の制御の下、開口の大きさを制御して超音波を超音波プローブ1に送信させる。開口が大きいほど送信ビームが絞れ、小さくなるほど送信ビームはブロードになる。遅延処理の条件である遅延パターンや開口の大きさは制御部8に予め設定されており、制御部8は予め設定された遅延パターンと開口の大きさに従って送信部2による超音波の送信を制御する。この実施形態では、送信部2は、広範囲に拡散させるように超音波プローブ1に超音波を送信させる。

30

【0018】

また、この実施形態では、超音波にて撮影する3次元領域を複数の3次元領域に分けて、各3次元領域に対して超音波を順次、送信しても良い。送信部2は制御部8の制御の下、遅延処理を行って各3次元領域に対してフォーカスされた超音波を送信する。このようにして複数の3次元領域に対して超音波を送信した場合、後述する開口合成処理部5が各3次元領域からの反射波を結合することで、全領域の超音波画像データを生成する。

【0019】

超音波プローブ1は、3次元領域の各反射点から反射された超音波を受波する。例えば、全撮影領域を複数の領域に分けて超音波を送信した場合、各領域から反射された超音波を受波する。ADC3は、超音波プローブ1の各超音波振動子が受波したエコー信号をデジタル信号に変換する。超音波プローブ1の各超音波振動子が受波した受信信号は全て、ADC3によってデジタル信号に変換されて記憶部4に一旦、記憶される。なお、送信部2、ADC3、及び記憶部4が「送受信手段」の1例に相当する。

40

【0020】

開口合成処理部5は、デジタル信号に変換された受信信号を記憶部4から読み出し、開口合成法によってエコー反射点の分布像、すなわち被検体の内部を表すデータを再構成する。開口合成法による画像の再構成は、超音波プローブ1が受波した受信信号と、所定の

50

反射点からの反射波であって理想的な伝播関数を表すマッチドフィルタ（遅延データ）とのコンボリューション（積和演算）によって行われる。このマッチドフィルタ（遅延データ）は、超音波プローブ1の各超音波振動子から所定の反射点までの距離と、伝播する超音波の速度によって決定され、各超音波振動子が受信する所定の反射点からの反射波との相関を表している。このマッチドフィルタは、3次元領域に含まれる反射点ごとに用意されている。

【0021】

この実施形態では、開口合成処理部5は、3次元領域に含まれる所定の反射点と各超音波振動子との間の距離に応じた減衰補正を、その所定の反射点に対するマッチドフィルタに施し、減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタを用いてコンボリューションを行うことで、所定の反射点の画素値を求める。ここで、所定の反射点と各超音波振動子との間の距離は、超音波を送信する超音波振動子から所定の反射点を経由して超音波を受信する超音波振動子までの距離（光路）に相当する。そして、開口合成処理部5は、3次元領域に含まれる各反射点について、反射点ごとに反射点と各超音波振動子との間の距離に応じた減衰補正を、その反射点に対するマッチドフィルタに施し、減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタを用いてコンボリューションを行うことで、各反射点の画素値を求める。このように各反射点の画素値を求めることで、開口合成処理部5は3次元領域のボリュームデータを生成する。

10

【0022】

開口合成処理部5は、受信信号の座標系を極座標系に変換し、さらに、極座標系で表されるマッチドフィルタ $D(\theta, \phi, r)$ を用いてコンボリューションを行う。 r は超音波プローブ1からの深さ方向を表し、 θ はアジマス方向を表し、 ϕ はエレベーション方向を表している。アジマス方向 θ とエレベーション方向 ϕ が、方位方向に相当する。

20

【0023】

開口合成処理部5は、所定の反射点と各超音波振動子との間の距離によって決定され、所定の反射点からの反射波との相関を表すマッチドフィルタ $D(\theta, \phi, r)$ に対して、所定の反射点から各超音波振動子までの距離に応じた超音波の減衰補正を施す。具体的には、開口合成処理部5は、所定の反射点から各超音波振動子までの距離に応じた減衰率 $A(\theta, \phi, r)$ を、予め求められたマッチドフィルタ $D(\theta, \phi, r)$ に乗算する。減衰率が乗算されたマッチドフィルタが、重み付けマッチドフィルタ $D_1(\theta, \phi, r)$ となる。

30

【0024】

超音波の減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタ $D_1(\theta, \phi, r)$ は、以下の数1で表される。

【数1】

$$D_1(\theta, \phi, r) = D(\theta, \phi, r) * A(\theta, \phi, r)$$

*は積を表している。

【0025】

減衰率 $A(\theta, \phi, r)$ は、3次元領域に含まれる反射点と各超音波振動子との間の距離に応じて異なる値が採用される。各反射点に対するマッチドフィルタ $D(\theta, \phi, r)$ を設定情報記憶部9に予め記憶させておく。さらに、反射点と各超音波振動子との間の距離に応じて異なる減衰率 $A(\theta, \phi, r)$ を複数、設定情報記憶部9に予め記憶させておく。開口合成処理部5は、設定情報記憶部9から各反射点におけるマッチドフィルタ $D(\theta, \phi, r)$ と、各反射点における減衰率 $A(\theta, \phi, r)$ を読み込んで、各反射点における重み付けマッチドフィルタ $D_1(\theta, \phi, r)$ を求める。また、重み付けマッチドフィルタ関数 $D_1(\theta, \phi, r)$ を予め求めておき、設定情報記憶部9に予め記憶させておいても良い。

40

【0026】

超音波の減衰率は、超音波の送信周波数と、被検体表面からの深さ（超音波プローブ1

50

からの距離)に依存する。具体的には、超音波の送信周波数が小さいほど超音波の減衰率は小さくなり、送信周波数が大きくなるほど超音波の減衰率は大きくなる。また、被検体表面からの深さ(超音波プローブ1からの距離)が深くなるほど、超音波の減衰率は大きくなり、深さが浅くなるほど超音波の減衰率は小さくなる。このように、超音波の減衰率は超音波の送信周波数と距離に依存するため、開口合成処理部5は、超音波を送信した3次元領域に含まれる各反射点に対応する減衰率A(、、r)を、予め決定されたマッチドフィルタD(、、r)に乘算することで、マッチドフィルタD(、、r)に減衰補正を施す。

【0027】

なお、超音波の減衰率は、対象となる被検体によっても異なる。例えば、被検体が筋肉質である場合と、脂肪が多い場合とでは、超音波の減衰率が異なる。従って、開口合成処理部5は、被検体ごとに減衰率A(、、r)を変えて、マッチドフィルタD(、、r)に対して減衰補正を施しても良い。この場合、操作者が、被検体ごとの減衰率A(、、r)を指定し、開口合成処理部5は、指定された減衰率A(、、r)を予め求められたマッチドフィルタD(、、r)に乘算する。

10

【0028】

開口合成処理部5は、上記減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタ D_1 を用いて、記憶部4から読み出した受信信号に対してコンボリューション(積和演算)を行うことで、各反射点の画素値を求める。このとき、開口合成処理部5は、被検体表面からの深さ(超音波プローブ1からの距離r)に応じて、コンボリューションにおける方位方向の範囲(アジマス方向の範囲とエレベーション方向の範囲)を変えてコンボリューションを行うことで、各反射点の画素値を求める。例えば、開口合成処理部5は、被検体表面からの深さ(超音波プローブ1からの距離r)が深い位置にある反射点ほど、その反射点の受信信号に対するコンボリューションにおける方位方向の範囲(の範囲との範囲)を広くしてコンボリューションを行い、深さが浅い位置にある反射点ほど、その反射点の受信信号に対するコンボリューションにおける方位方向の範囲(の範囲との範囲)を狭くしてコンボリューションを行う。そして、開口合成処理部5は、3次元領域に含まれる各反射点の画素値を求め、これにより、3次元領域のボリュームデータを生成する。

20

【0029】

このときのコンボリューション(積和)は、以下の数2で表される。

30

【数2】

$$C(\theta, \phi, r) = \int_{-\Delta\theta}^{+\Delta\theta} \int_{-\Delta\phi}^{+\Delta\phi} I(k_\theta - \theta, k_\phi - \phi) * D(\theta, \phi, r) * A(\theta, \phi, r) d\theta d\phi$$

【0030】

ここで、Cは所定の反射点(k点)における画素値を表している。

*は積を表している。

Iは受信信号、kは反射点における座標を表している。

40

- ~ + はアジマス方向のコンボリューションの範囲を表している。

- ~ + はエレベーション方向のコンボリューションの範囲を表している。

【0031】

各反射点に対するコンボリューションの範囲(アジマス方向の範囲とエレベーション方向の範囲)を設定情報記憶部9に予め記憶させておく。開口合成処理部5は、設定情報記憶部9から各反射点に対するコンボリューションの範囲(の範囲との範囲)を読み込んで、コンボリューションを行うことで各反射点の画素値を求めて、3次元領域のボリュームデータを生成する。

【0032】

開口合成処理部5は、上記数2に従って、被検体表面からの深さ(超音波プローブ1か

50

らの距離 r) が深くなるほど、コンボリューションの範囲 (の範囲と の範囲) を広げてコンボリューション (積和演算) を行い、深さが浅くなるほど、コンボリューションの範囲 (の範囲と の範囲) を狭めてコンボリューション (積和演算) を行うことで、各反射点の画素値を求める。すなわち、開口合成処理部 5 は、超音波プローブ 1 からの距離 r が深くなるほど、アジマス方向のコンボリューション区間 (- ~ +) を広くし、更に、エレベーション方向のコンボリューション区間 (- ~ +) を広くしてコンボリューションを行うことで、各反射点の画素値を求める。

【 0 0 3 3 】

ここで、この実施形態に用いられる重み付けマッチドフィルタとコンボリューション区間 (、) の 1 例について、図 2 を参照して説明する。図 2 は、この発明の実施形態で用いられる 3 次元のマッチドフィルタを示す模式図である。図 2 (a) に示す重み付けマッチドフィルタ 1 0 ~ 1 5 は、半球体の平面に窪みが形成された形状を有している。そして、重み付けマッチドフィルタ 1 0 ~ 1 5 は、超音波プローブ 1 からの距離 r が大きくなるほど、すなわち被検体表面からの深さが深くなるほど、コンボリューションの範囲 (の範囲と の範囲) が広がっている。開口合成処理部 5 は、各位置に対応する重み付けマッチドフィルタを用いてコンボリューションを行う。また、重み付けマッチドフィルタ 1 0、1 1、及び 1 2 の 方向又は 方向に沿った断面形状を図 2 (b) に示す。図 2 に示す例では、重み付けマッチドフィルタ 1 0 などの断面形状 1 0 a、1 1 a、1 2 a は、所謂三日月状の形状をなしている。

10

【 0 0 3 4 】

そして、開口合成処理部 5 は、3 次元領域の各反射点で異なる減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタ D_1 (、 、 r) を用いて、各反射点で異なるコンボリューションの範囲でコンボリューションを行うことで、3 次元領域の各反射点の画素値を求める。これにより、3 次元領域のボリュームデータを求める。

20

【 0 0 3 5 】

なお、図 2 に示した重み付けマッチドフィルタは、この実施形態で用いられる重み付けマッチドフィルタの 1 例であり、これらの例に限定されるものではない。

【 0 0 3 6 】

開口合成処理部 5 による機能は、ハードウェアで実現しても良く、ソフトウェアで実現しても良い。例えば、開口合成処理部 5 は、CPU と記憶装置を備えて構成されており、記憶装置には開口合成処理プログラム (この発明の超音波画像生成プログラムの 1 例に相当する) を記憶させておく。CPU がその記憶装置から開口合成処理プログラムを読み込んで実行することで、受信信号と重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで各反射点の画素値を求めて、3 次元領域におけるボリュームデータを生成する。

30

【 0 0 3 7 】

画像処理部 6 は、開口合成処理部 5 からボリュームデータを受けると、そのボリュームデータに対してボリュームレンダリングを施すことにより、3 次元画像データを生成する。また、画像処理部 6 は、ボリュームデータに対して MPR 処理 (Multi Planar Reconstruction) を施すことにより、任意断面の画像データ (MPR 画像データ) を生成することもできる。

40

【 0 0 3 8 】

表示部 7 は、画像処理部 6 によって生成された画像データに基づく画像を表示する。

【 0 0 3 9 】

上記構成を有する超音波診断装置によると、各超音波振動子と反射点との間の距離に応じた超音波の減衰補正をマッチドフィルタに施し、その減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタを用いて、距離に応じて異なるコンボリューションの範囲でコンボリューションを行うことで、方位方向 (アジマス方向 とエレベーション方向) の空間分解能が改善されたボリュームデータが得られる。コンボリューションを実行するにあたって、コンボリューションの範囲 (の範囲と の範囲) が大きいほど、生成される画像がシャープになる傾向にある。従って、被検体表面からの深さ (超音波プローブ 1 からの距離) が

50

深くなるほどコンボリューションの範囲（ の範囲と の範囲）を広げてコンボリューションを行えば、方位方向（アジマス方向とエレベーション方向）の空間分解能が劣化する深部での方位方向の空間分解能を改善することが可能となる。これは、開口合成処理における加算によるS/Nが改善された効果により、コントラスト分解能が向上したものであると考えられる。

【0040】

また、送信部2が制御部8の制御の下、全撮影領域を複数の3次元領域に分けて、各3次元領域に対して超音波を送信した場合、開口合成処理部5は、各3次元領域から受信された受信信号に基づいて、上述した開口合成法により、各3次元領域のボリュームデータを生成し、各3次元領域のボリュームデータを結合することで、全撮影領域のボリュームデータを生成する。

10

【0041】

なお、この実施形態では、アジマス方向とエレベーション方向の範囲を変えて空間でのコンボリューションを行っている。他の例として、開口合成処理部5が、3次元フーリエ変換などの変換処理によって受信信号を空間周波数領域における分布に変換し、重み付けマッチドフィルタを乗算することで、所定の反射点における画素値を求めても良い。そして、開口合成処理部5は、3次元領域に含まれる各反射点の画素値を求め、これにより、3次元領域のボリュームデータを生成する。

【0042】

（送信周波数と開口の制御）

20

この実施形態では、方位方向（アジマス方向 とエレベーション方向）の空間分解能を更に改善するために、予め設定されたタイミングで、予め設定された複数の送信周波数を切り替えて、超音波プローブ1に超音波を送信させる。さらにこの実施形態では、予め設定されたタイミングで、予め設定された複数の開口の大きさを切り替えて、超音波プローブ1に超音波を送信させる。そして、被検体表面からの深さ（超音波プローブ1からの距離 r ）ごとに、異なる送信周波数と異なる大きさの開口で送信した超音波によって取得された受信信号に基づいて、各反射点の画素値を求める。

【0043】

例えば、被検体表面から近距離の領域に含まれる反射点の画素値を求める場合、超音波プローブ1の開口を小さくして、送信周波数が比較的高周波の超音波を送信することで取得された受信信号に基づいて、その反射点の画素値を求める。一方、被検体表面から遠距離の領域に含まれる反射点の画素値を求める場合、超音波プローブ1の開口を大きくして、送信周波数が比較的低周波の超音波を送信することで取得された受信信号に基づいて、その反射点の画素値を求める。

30

【0044】

ここで、超音波の送信周波数と開口の制御について図3を参照して説明する。図3は、この発明の実施形態における超音波の送信周波数と超音波プローブの開口の程度を示す模式図である。まず、図3(a)を参照して、超音波の送信周波数と距離との関係について説明する。次に、図3(b)を参照して、超音波プローブ1の開口の大きさと距離との関係について説明する。

40

【0045】

送信部2は、制御部8の制御の下、予め設定された複数の送信周波数を、予め設定されたタイミングで切り替えて、超音波プローブ1に超音波を送信させる。送信周波数を切り替えるタイミングと、複数の送信周波数は予め制御部8に設定されており、制御部8はその設定に従って送信部2による超音波の送信を制御する。

【0046】

例えば図3(a)に示すように、送信部2は制御部8の制御の下、予め設定されたタイミングで、送信周波数を2MHz、3MHz、4MHzに切り替え、その切り替えた送信周波数の超音波を超音波プローブ1に送信させる。

【0047】

50

さらに、送信部 2 は、制御部 8 の制御の下、予め設定されたタイミングで、予め設定された複数の開口の大きさを切り替えて、超音波プローブ 1 に超音波を送信させる。例えば、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、駆動する超音波振動子を選択することで、超音波プローブ 1 の開口の大きさを変える。開口の大きさを変えるタイミングと、超音波プローブ 1 の開口の大きさは予め制御部 8 に設定されており、制御部 8 はその設定に従って送信部 2 による超音波の送信を制御する。

【 0 0 4 8 】

例えば、制御部 8 は、超音波の送信周波数を切り替えるタイミングで、開口の大きさを切り替えて送信部 2 に超音波を送信させる。

【 0 0 4 9 】

超音波の送信周波数が小さいほど、超音波プローブ 1 から送信される超音波はブロードになる。また、超音波プローブ 1 の開口を小さくするほど、超音波プローブ 1 から送信される超音波はブロードになる。さらに、超音波プローブ 1 の開口が同じであれば、送信周波数が低いほど、超音波プローブ 1 から送信される超音波はブロードになり、送信周波数が高いほど、超音波プローブ 1 から送信される超音波はより絞れた状態となる。

【 0 0 5 0 】

従って、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、超音波プローブ 1 の開口を小さくしたときは、高周波の超音波を超音波プローブ 1 に送信させる。超音波プローブ 1 の開口を小さくすることで、超音波プローブ 1 から送信される超音波はブロードになるが、高周波の超音波が送信されるため、その分、絞られた状態の超音波が送信されることになる。一方、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、低周波の超音波を超音波プローブ 1 に送信させるときは、超音波プローブ 1 の開口を大きくして、超音波プローブ 1 に超音波を送信させる。低周波の超音波を送信することで、超音波プローブ 1 から送信される超音波はブロードになるが、超音波プローブ 1 の開口を大きくしているため、その分、絞られた状態の超音波が送信されることになる。

【 0 0 5 1 】

例えば図 3 (b) に示すように、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、超音波プローブ 1 の開口を比較的小さい開口 a にしたときは、4 MHz の超音波 2 0 を超音波プローブ 1 に送信させる。また、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、超音波プローブ 1 の開口を開口 a より大きい開口 b にしたときは、3 MHz の超音波 2 1 を超音波プローブ 1 に送信させる。さらに、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、超音波プローブ 1 の開口を開口 b より更に大きい開口 b にしたときは、2 MHz の超音波 2 2 を超音波プローブ 1 に送信させる。

【 0 0 5 2 】

そして、開口合成処理部 5 は、超音波を送信した 3 次元領域を深さ方向に複数の領域に分けて、領域ごとに、異なる送信周波数の超音波で取得された受信信号に対して、上述した減衰補正が施された重み付けマッチフィルタをコンボリューションすることで、3 次元領域の各反射点の画素値を求め、ボリュームデータを生成する。具体的には、開口合成処理部 5 は、超音波プローブ 1 から近距離の領域に含まれる反射点については、高周波の超音波を送信することで取得された受信信号に対して、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチフィルタをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。一方、開口合成処理部 5 は、超音波プローブ 1 から遠距離の領域に含まれる反射点については、低周波の超音波を送信することで取得された受信信号に対して、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチフィルタをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。

【 0 0 5 3 】

超音波の減衰率は、超音波の送信周波数と、被検体表面からの深さ（超音波プローブ 1 からの距離）に依存するため、超音波の減衰特性と被検体表面からの深さ（距離）とによって、超音波の送信周波数を決定する。上述したように、超音波の送信周波数が小さいほど超音波の減衰率は小さくなり、送信周波数が大きくなるほど超音波の減衰率は大きくなる。また、被検体表面からの深さ（超音波プローブ 1 からの距離）が深くなるほど、超音

10

20

30

40

50

波の減衰率は大きくなり、深さが浅くなるほど超音波の減衰率は小さくなる。

【0054】

超音波の送信周波数が高くなるほど超音波の減衰率が高くなるため、近距離の領域に含まれる反射点については、開口合成処理部5は、高周波の超音波を送信することで取得された受信信号に対して、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。一方、超音波プローブ1から遠距離の領域では超音波の減衰率が高くなるため、遠距離の領域に含まれる反射点については、開口合成処理部5は、低周波の超音波を送信することで取得された受信信号に対して、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。

10

【0055】

例えば図3(a)に示すように、送信部2は制御部8の制御の下、所定のタイミングで送信周波数を2MHz、3MHz、4MHzと変えて超音波を超音波プローブ1に送信させる。開口合成処理部5は、超音波プローブ1から近距離の領域Aに含まれる反射点については、比較的高周波である4MHzの超音波20を送信することで取得された受信信号と、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。また、開口合成処理部5は、領域Aよりも遠距離の領域Bに含まれる反射点については、4MHzよりも低周波である3MHzの超音波21を送信することで取得された受信信号と、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。さらに、開口合成処理部5は、領域Bよりも遠距離の領域Cに含まれる反射点については、3MHzよりも低周波である2MHzの超音波22を送信することで取得された受信信号と、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。

20

【0056】

さらに、開口合成処理部5は、超音波を送信した3次元領域を深さ方向に複数の領域に分けて、領域ごとに、異なる開口で超音波を送信することで取得された受信信号に対してコンボリューションを行うことで、3次元領域の各反射点の画素値を求め、ボリュームデータを生成する。具体的には、開口合成処理部5は、超音波プローブ1から近距離の領域に含まれる反射点については、小さい開口で超音波を送信することで取得された受信信号に対して、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。一方、開口合成処理部5は、超音波プローブ1から遠距離の領域に含まれる反射点については、大きい開口で超音波を送信することで取得された受信信号に対して、その反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタをコンボリューションすることで、その反射点の画素値を求める。

30

【0057】

そして、送信部2は制御部8の制御の下、予め設定されたタイミングで、送信周波数と超音波プローブ1の開口の大きさを切り替えて、超音波プローブ1に超音波を送信させる。例えば、図3(a)及び(b)に示すように、送信部2は制御部8の制御の下、超音波プローブ1の開口を比較的小さい開口aにし、高周波(例えば4MHz)の超音波20を超音波プローブ1に送信させる。開口合成処理部5は、超音波プローブ1から近距離の領域Aに含まれる反射点については、この送信で取得された受信信号と、領域Aに含まれる各反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションし、領域Aに含まれる各反射点の画素値を求める。

40

【0058】

また、送信部2は制御部8の制御の下、超音波プローブ1の開口を開口aより大きい開口bにし、低周波(例えば3MHz)の超音波21を超音波プローブ1に送信させる。開口合成処理部5は、領域Aよりも遠距離の領域Bに含まれる反射点については、この送信で取得された受信信号と、領域Bに含まれる各反射点に対応する減衰補正が施された重み

50

付けマッチドフィルタとをコンボリューションし、領域 B に含まれる各反射点の画素値を求める。

【0059】

さらに、送信部 2 は制御部 8 の制御の下、超音波プローブ 1 の開口を開口 b より大きい開口 c にし、更に低周波（例えば 2 MHz）の超音波 2 2 を超音波プローブ 1 に送信させる。開口合成処理部 5 は、領域 B よりも遠距離の領域 C に含まれる反射点については、この送信で取得された受信信号と、領域 C に含まれる各反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションし、領域 C に含まれる各反射点の画素値を求める。

【0060】

また、開口合成処理部 5 は、上述したように、3次元領域の各反射点に対応する減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタを用い、各反射点でコンボリューションの範囲（アジマス方向 とエレベーション方向 の範囲）を変えて、受信信号と減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタとをコンボリューションすることで、各反射点の画素値を求める。すなわち、開口合成処理部 5 は、超音波プローブ 1 からの距離 r が深い反射点ほど、コンボリューションの範囲（ の範囲と の範囲）を広げてコンボリューションを行う。そして、開口合成部処理部 5 は、各領域のデータを結合することで、全撮影領域のボリュームデータを生成する。

【0061】

上記構成を有する超音波診断装置によると、所定のタイミングで送信周波数と開口の大きさを切り替えて超音波を送信し、3次元領域を深さ方向に複数の領域に分けて、被検体表面からの深さ（超音波プローブ 1 からの距離）ごとに、異なる送信周波数と異なる開口の大きさを送信した超音波によって取得された受信信号に基づいて各反射点の画素値を求めることで、方位方向の空間分解能が更に改善されたボリュームデータが得られる。

【0062】

具体的には、超音波を送信する 3次元領域を深さ方向に複数の領域に分けて、遠距離になるほど、低周波の超音波を送信することで取得された受信信号を用いて画素値を求めることで、超音波の減衰の影響を抑えて、方位方向の空間分解能が改善されたボリュームデータを生成することが可能となる。さらに、遠距離になるほど、開口を大きくして超音波を送信することで取得された受信信号に基づいて画素値を求めることで、超音波の減衰を抑えて、方位方向の空間分解能が改善されたボリュームデータを生成することが可能となる。

【0063】

制御部 8 は、超音波診断装置の各部に接続されて各部の動作を制御する。特にこの実施形態では、制御部 8 は、送信部 2 による超音波の送信を制御する。具体的には、制御部 8 は、超音波の送信周波数と超音波プローブ 1 の開口の大きさの切り替えを制御する。

【0064】

また、この実施形態に係る超音波診断装置は、図示しない操作部を備えている。操作部は、キーボード、マウス、トラックボール、又は TCS (Touch Command Screen) など構成され、操作者の操作によってボリュームデータに対して投影光線の投影方向（視線方向）や関心領域 (ROI) の設定などが行われる。

【0065】

以上のように、この実施形態に係る超音波診断装置によると、開口合成法を用いているため、ボリュームレートを向上させることができる。さらに、各超音波振動子と反射点との間の距離に応じた減衰補正が施された重み付けマッチドフィルタを用い、深さに応じてコンボリューションにおける方位方向の範囲を変えてコンボリューションすることで、方位方向の空間分解能が改善されたボリュームデータが得られる。さらに、被検体表面からの深さ（超音波プローブ 1 からの距離）ごとに、異なる送信周波数と異なる開口の大きさを送信した超音波によって取得された受信信号に基づいて各反射点の画素値を求めることで、方位方向の空間分解能が更に改善されたボリュームデータが得られる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】この発明の実施形態に係る超音波診断装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】この発明の実施形態で用いられる3次元のマッチドフィルタを示す模式図である。

。

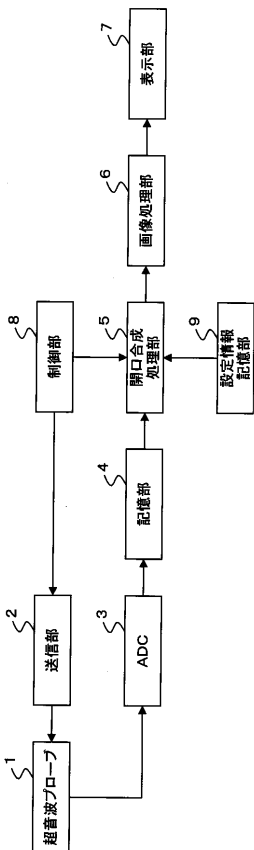
【図3】この発明の実施形態における超音波の送信周波数と超音波プローブの開口の程度を示す模式図である。

【符号の説明】

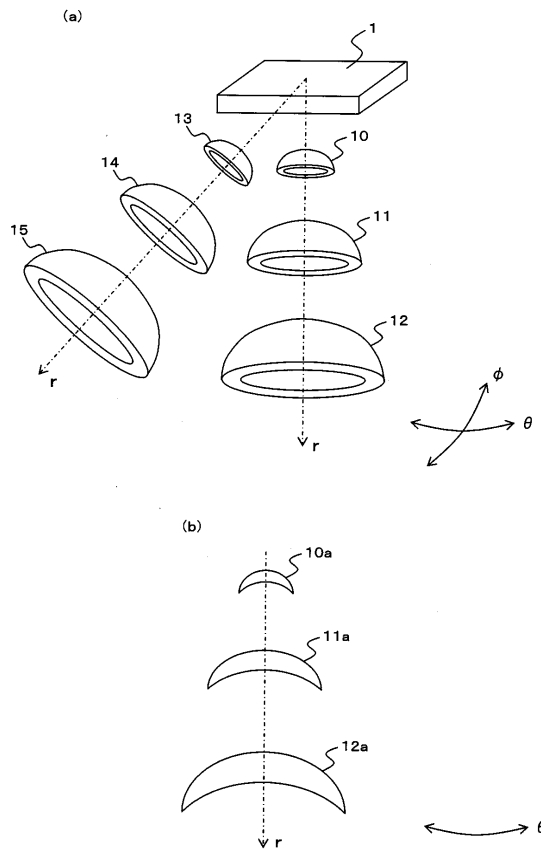
【0067】

- 1 超音波プローブ
- 2 送信部
- 3 ADC
- 4 記憶部
- 5 開口合成処理部
- 6 画像処理部
- 7 表示部
- 8 制御部
- 9 設定情報記憶部

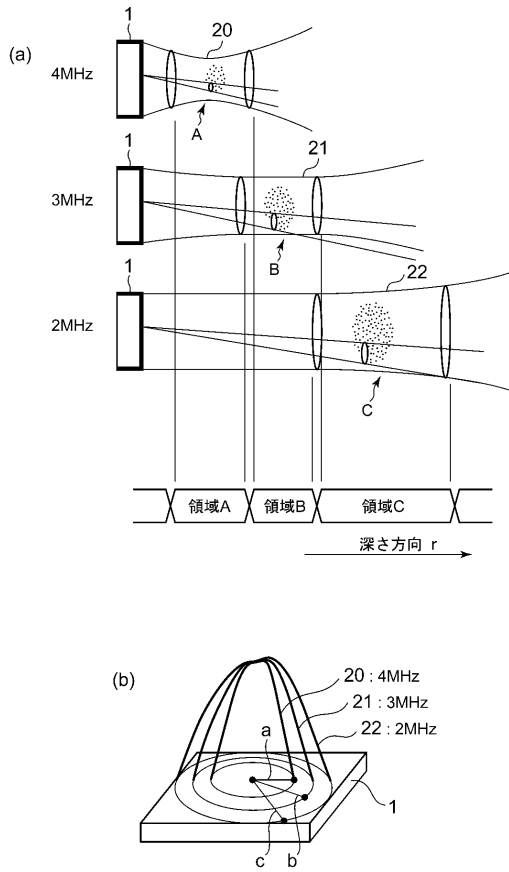
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 本郷 宏信
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 佐々木 琢也
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 河崎 修一
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 村中 勇一
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 秋元 正志
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝医用システムエンジニアリング株式会社内
- Fターム(参考) 4C601 BB03 EE01 GB06 HH38 KK21

专利名称(译)	超声诊断设备和超声图像生成程序		
公开(公告)号	JP2008220652A	公开(公告)日	2008-09-25
申请号	JP2007063449	申请日	2007-03-13
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社 东芝医疗系统工		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司 东芝医疗系统工程有限公司		
[标]发明人	馬場達朗 本郷宏信 佐々木琢也 河崎修一 村中勇一 秋元正志		
发明人	馬場 達朗 本郷 宏信 佐々木 琢也 河崎 修一 村中 勇一 秋元 正志		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/EE01 4C601/GB06 4C601/HH38 4C601/KK21		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：当通过使用合成孔径技术生成三维图像数据时，提供防止要获取的三维图像数据的空间分辨率劣化的超声诊断设备。解决方案：传输部分2在控制部分8的控制下相对于规定的三维区域扩散超声波，并允许超声波探头1进行传输。合成孔径处理部分5通过允许通过响应于从反射点到每个超声波振动器的距离执行超声波的衰减校正而获得的加权匹配滤波器和接收信号来获得反射点处的像素值，由超声波探头1接收的，在匹配滤波器中进行卷积，表示与来自包括在三维区域中的反射点的反射波的相关性。获得每个反射点的像素值，从而获得三维区域的体数据。此外，通过响应于从超声波探头1到每个反射点的距离改变卷积的范围来执行卷积。 ǃ

