

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の振動子を配列してなる探触子と、前記探触子を介し被検体内の異なったビーム方位に超音波ビームを送信する送信部と、前記複数の振動子を介し前記被検体からの複数チャンネルの受信信号を受信する受信部と、前記複数チャンネルの受信信号をそれぞれ複素化し、位相を補正した後に加算する受信ビーム生成手段を有して構成され、前記受信ビーム生成手段は、前記ビーム方位のそれぞれに対応する受信信号について周波数の推移を検出しかつ該周波数の推移に応じて当該ビーム方位に係る前記複数チャンネルの受信信号の位相をそれぞれ補正する機能を有する超音波診断装置。

【請求項 2】

前記受信ビーム生成手段は、前記周波数の推移を受信信号の角速度に基づいて検出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】

前記受信ビーム生成手段は、同じビーム方位から複数回受信された受信信号について周波数の推移をそれぞれ検出し、該周波数の推移に基づいて当該ビーム方位に係る前記複数チャンネルの受信信号の位相を補正することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

複数の振動子を配列してなる探触子と、前記探触子を介し被検体内に超音波ビームを送信する送信部と、前記複数の振動子を介し前記被検体からの複数チャンネルの受信信号を受信する受信部と、前記複数チャンネルの受信信号をそれぞれ複素化し、位相を補正した後に加算する受信ビーム生成手段を有して構成され、前記受信ビーム生成手段は、前記受信信号の角速度を検出しかつ該角速度に応じて前記複数チャンネルの受信信号の位相をそれぞれ補正する機能を有する超音波診断装置。

【請求項 5】

複数の振動子を配列してなる探触子と、前記探触子を介し被検体内に超音波ビームを送信する送信部と、前記複数の振動子を介し前記被検体からの複数チャンネルの受信信号を受信する受信部と、前記複数チャンネルの受信信号をそれぞれ複素化し、位相を補正した後に加算する受信ビーム生成手段を有して構成され、前記受信ビーム生成手段は、前記受信信号の周波数推移を検出する検出手段と、前記複数チャンネルの受信信号のそれぞれについて前記周波数推移に応じて 90° の位相差を有する 1 対の複素化参照信号を生成する参照信号生成手段とを含み、前記複素化参照信号は、前記周波数推移に基づいて求められる周波数補正情報と、前記周波数推移に基づいて求められる位相補正情報とを含んでなることを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、医療用等の超音波診断装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

超音波診断装置は、超音波探触子を介して例えば生体等の被検体内に超音波を送信し、その反射波等からなる受信信号に基づいて診断画像や血流速度といった情報を得るものである。

【0003】

被検体への超音波の送受信は、超音波探触子を介して行なわれる。超音波探触子は、被検体に対向して列状または面状に配列された複数の振動子を備えてなり、超音波の送受信はこれら複数の振動子によって行なわれる。したがって、それぞれの振動子が受信した各チャンネルの受信信号相互間には、受信信号の反射源から各振動子までの超音波の伝播経路長の違いに起因して時間および位相のずれが生じる。

【0004】

このような時間及び位相のずれを揃えて受信ビームを生成する整相処理に係る技術として、各振動子に対応する受信信号にそれぞれ90°の位相差を有する2つの参照信号を乗算して複素化し、この複素信号の位相、つまり複素信号を極座標で表わしたときの回転角度を各チャンネル毎に補正することによって受信信号の位相を揃え、整相することが提案されている。

【0005】

また、超音波は被検体内を伝播するときに減衰するが、周波数が高いほど減衰の影響を受けやすいことから、受信信号の反射源が深くなるほど超音波の中心周波数が低くなることが報告されている。そこで、特開平9-19429号公報においては、この周波数変化に起因する位相合わせの誤差を低減するため、検出部位の深さに応じた超音波の中心周波数の推移をゼロクロスまたはフーリエ変換によって検出し、中心周波数の推移を考慮した位相補正をすることが提案されている。

10

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平9-19429号公報に記載されているように、検出部位の深さに応じて受信信号の中心周波数を補正して受信ビームを生成しても、整相誤差が生じて良好な超音波ビームが得られない場合があった。

【0007】

上述した問題に鑑み、本発明の課題は、受信信号の整相精度を向上することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、複数の振動子を配列してなる探触子と、探触子を介し被検体内の異なったビーム方位に超音波ビームを送信する送信部と、複数の振動子を介し被検体からの複数チャンネルの受信信号を受信する受信部と、複数チャンネルの受信信号を複素化し、複素信号の位相を補正した後に加算する受信ビーム生成手段を有して構成され、受信ビーム生成手段は、ビーム方位のそれぞれに対応する受信信号について周波数の推移を検出しかつこの周波数の推移に応じて当該ビーム方位に係る複数チャンネルの受信信号の位相をそれぞれ補正する機能を有する超音波診断装置によって上述した課題を解決する。

20

【0009】

例えば被検体が生体である場合には、生体内の音響的不均一性に起因して中心周波数の変化が生ずる。すなわち、受信信号の中心周波数は上述した検出部位の深さだけでなく、組織の違いによっても変化するから、検出部位の方位によっては同じ深さであっても中心周波数が異なることになる。また、中心周波数は体動や血管内の血流の影響によっても変化する。このような中心周波数の変化は、上述した位相補正を行なう場合に誤差を生じる原因となる。

30

【0010】

これに対し、本発明によれば、ビームの方位や深さの異なる各検出対象部位についてそれぞれ当該部位の受信信号の中心周波数に適應した整相処理をすることができるから、受信信号の整相精度を向上し、良好な受信ビームを生成することができる。

【0011】

また、異なった検出部位に対して逐次良好な補正を行なうためには、中心周波数を検出する際の時間応答を向上することが要求される。そこで、受信ビーム生成手段は、周波数の推移を表わすパラメータとして受信信号の角速度を検出し、この角速度に応じて補正をするようにしてもよい。このように角速度によって周波数の推移を検出すれば、従来技術のようにフーリエ変換によって中心周波数の推移を検出するよりも時間応答を向上することができるから、より良好な受信ビームを得ることができる。また、従来技術のゼロクロスによって中心周波数の推移を検出するよりも精度を向上することができるから、より良好な受信ビームを得ることができる。角速度の検出は、複素の受信ビーム信号に \tan^{-1} 演算をすることによって位相を求め、時間間隔をおいた位相間の差分をその時間で割ることによって行うことができる。

40

50

【 0 0 1 2 】

なお、この場合、ノイズの影響を低減して周波数の推移を正確に検出するため、同じビーム方位から複数回受信された受信信号について周波数の推移を検出し、この周波数の推移の平均値に基づいて当該ビーム方位に係る受信信号の位相を補正するようにしてもよい。例えば、複数回の送受信に係る周波数の推移の平均値に応じて補正したり、フィルタリング処理によって複数の周波数の推移データの連続性を算出し、これに応じて補正するようにしてもよい。

【 0 0 1 3 】

また、受信ビーム生成手段は、受信信号の周波数推移を検出する検出手段と、複数チャンネルの受信信号のそれぞれについて周波数推移に応じて90°の位相差を有する一対の複素化参照信号を生成する参照信号生成手段とを含み、複素化参照信号は、周波数推移に基づいて求められた周波数補正情報と、周波数推移に基づいて求められる位相補正情報とを含んでなる構成としてもよい。これによれば、中心周波数の推移に応じた周波数および位相の補正を一対の乗算手段により行えるから、回路構成の単純化を図れるので好ましい。

10

【 0 0 1 4 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明を適用してなる超音波診断装置の一実施形態について説明する。図1は、本実施形態の超音波診断装置の構成を示す図である。図1に示すように、超音波診断装置1は、超音波探触子3と、送信信号を生成し送信信号に応じた駆動信号を探触子3に供給する送信部5とを有する。探触子3は図示しない被検体の表面に対向して列状または面状の配列された複数(n個)の振動子7を有する。送信部5は、これらn個の信号子7の各チャンネル毎に駆動信号を与える。

20

【 0 0 1 5 】

一方、探触子7は、図示しない被検体からのエコー音波を受け、これを電気的な受信信号に変換する。この受信信号を各チャンネル毎に増幅し、バンドパスフィルタによって通過周波数帯域制御をする受信部9が設けられている。さらに、受信部9が出力した受信信号をデジタル変換するアナログ・デジタル・コンバータ(ADC)を有するデジタル化手段11と、デジタル化された各チャンネルの受信信号を整相し加算する受信ビーム生成手段13と、受信ビーム生成手段13が出力する受信ビーム信号を処理する信号処理手段15と、この信号情報を画像データ化する画像処理手段17と、画像データを表示するディスプレイを有する表示部19とが設けられている。そして、上述した各要素を総括的に制御する制御部21が設けられている。

30

【 0 0 1 6 】

受信ビーム生成手段13は、デジタル化手段11が出力した各チャンネルの受信信号を一時的に記憶し、受信信号の反射源から各チャンネルの振動子までの距離の違いに応じた時間だけ遅延させて出力するラインメモリを有する一時記憶手段23と、一時記憶手段23の出力信号の周波数を移動させる周波数移動手段25と、周波数移動手段25の出力信号の通過帯域を制御して不要周波数成分を除去する実時間フィルタ処理手段27と、実時間フィルタ処理手段27から出力される各チャンネルの受信信号を加算する加算手段29とが設けられている。

40

【 0 0 1 7 】

次に、上述した周波数移動手段25の詳細な構成について図2を参照して説明する。図2は、図1の超音波診断装置の受信ビーム生成手段の詳細な構成を示すブロック図である。図2に示すように、周波数移動手段25は、加算手段29の出力信号が入力され、その角速度を検出する角速度検出手段31と、角速度検出手段31が検出した角速度が一時的に記憶される一時記憶手段33と、一時記憶手段33が記憶する同じラスタに係る複数の角速度の平均値を算出する平均角速度検出手段35とを有する。また、周波数移動手段25には、制御部から入力される予め定められた所定周波数を保持する所定周波数保持手段37と、制御部から入力される予め定められた所定位相を保持する所定位相保持手段39とが設けられている。また、平均角速度検出手段35が求めた平均角速度に基づいて、

50

補正用周波数 ω' を算出する補正用周波数生成手段 4 1 と、この平均角速度に基づいて補正用位相 θ' を算出する補正用位相生成手段 4 3 とが設けられている。そして、所定周波数 ω と補正用周波数 ω' とを加算する加算器 4 5 と、所定位相 θ と補正用位相 θ' とを加算する加算器 4 7 とが設けられている。そして、加算器 4 5 と加算器 4 7 の出力が入力され、これらに応じて 0° 参照信号および 90° 参照信号をそれぞれ生成する $0^\circ/90^\circ$ 参照信号生成手段 4 8 が設けられている。そして、一時記憶手段 2 3 から入力される受信信号にそれぞれ 0° 参照信号および 90° 参照信号を乗算する乗算器 4 9 および 5 1 が設けられている。

【0018】

図 3 は、角速度検出手段 3 1 の詳細な構成を示すブロック図である。図 3 に示すように、角速度検出手段 3 1 は、加算手段 2 9 から出力された複素の受信ビーム信号が入力される位相検出手段 5 3 と、位相検出手段 5 3 の出力に基づいて平均位相を検出する平均位相検出手段 5 5 と、平均位相検出手段 5 5 の出力に基づいて位相差を検出する位相差検出手段 5 7 と、この位相差に応じて角速度を求める角速度変換手段 5 9 とを有して構成されている。なお、位相検出手段 5 3 は、データテーブルおよび DSP 等の演算手段を含んでなり、 \tan^{-1} 演算を実行するものである。また、平均位相検出手段 5 5 は、乗算手段、加算手段、データ保持手段などにより構成される低域濾過フィルタを含んでなる。また、位相差検出手段 5 7 は、差分手段、乗算手段、加算手段、データ保持手段等によって構成される高域濾過フィルタを含んでなる。

【0019】

次に、上述した超音波診断装置 1 の動作について説明する。まず、送信部 5 は、制御部 2 1 からの指示により、超音波探触子 1 の選択された口径に対応する振動子 7 の駆動信号をそれぞれ生成し、超音波探触子 1 に供給する。そして、振動子 7 がそれぞれ振動することによって超音波が発生し、この超音波は図示しない被検体内に各振動子 7 からの超音波の波面が一致する方向に進む超音波ビームを形成する。そして、超音波ビームが被検体内を伝播する際、例えば組織の違い等によって音響インピーダンスが変化する部位において超音波信号の一部は反射する。そして、この反射波の一部は被検体内を伝播して超音波探触子 1 に戻る。そして、複数の振動子 7 は、それぞれこの反射波を受信信号として受信し、電気的な信号に変換して受信部 9 に送る。受信部 9 は、複数の振動子 7 がそれぞれ受信した各チャンネルの受信信号をそれぞれ増幅し、通過周波数帯域制御を行ない出力する。したがって、受信部 9 からの出力信号は、 n 個の振動子 7 が受信口径に応じて選択された場合には、 n チャンネルのデータとなる。そして、受信部 7 から出力された n チャンネルの受信信号は、デジタル化手段 1 1 において当該受信信号帯域の最高周波数のナイキスト周波数よりも十分高周波数のサンプリングクロックにおいてサンプリングし、デジタル化する。そして、デジタル化された n チャンネルの受信信号は、受信ビーム生成手段 1 3 の一時記憶手段 2 3 に入力され、ここで受信信号の反射源から各チャンネルに対応する振動子 7 までの距離の違いを考慮して各チャンネル毎にそれぞれ設定された時間遅延量だけ遅延させて出力される。そして、一時記憶手段 2 3 から出力された n チャンネルの受信信号は、周波数移動手段 2 5 において複素化されるとともに各チャンネル間の位相を揃えられて n チャンネルの受信信号のそれぞれについて実部信号および虚部信号を有する $2n$ チャンネルの複素信号として出力される。周波数移動手段 2 5 内における処理については後に詳しく説明する。この複素信号は実時間フィルタ処理手段 2 7 に入力されてサンプリング周期より十分長い時間長について通過周波数帯域を制御され、不要な周波数成分を除去される。実時間フィルタ処理手段 2 7 から出力された $2n$ チャンネルの複素信号は、加算手段 2 9 において実部および虚部それぞれの総和を求められて 2 チャンネルの複素信号からなる受信ビーム信号が生成される。この受信ビーム信号は、信号処理手段 1 5 に入力され、診断に必要な情報を抽出する周知の処理が行なわれ、その出力信号は画像処理手段 1 7 に入力され、例えば周知の B モード画像、ドプラモード画像、カラーモード画像といった画像が生成される。そして、画像処理手段 1 7 が出力した画像情報に基づいて、表示部 1 9 は画像を表示する。

【0020】

10

20

30

40

50

次に、本実施形態の特徴部に係る周波数移動手段 25 における処理について説明する。先ず、角速度検出手段 31 に、加算手段 29 の出力信号である 2 チャンネルの複素受信ビーム信号が入力される。角速度検出手段 31 の位相検出手段 53 は、逐次入力される複素受信ビーム信号に対して \tan^{-1} 演算を行い、各サンプリング時における位相を検出する。なお、このとき位相検出手段 53 は、位相を精度よく求めるため高域濾過フィルタ処理を行なう。検出された位相は平均位相検出手段 55 に入力される。平均位相検出手段 55 は、複数のラスタもしくはフレームに対応する複数回の超音波の送受信に係る同じ検出部位に対応する画素位置の位相の平均値を求めて出力する。この位相の平均値は位相差検出手段 57 に入力される。位相差検出手段 57 は、隣り合ったサンプリングタイミングに係る位相の平均値相互間の差分を求める。この差分は角速度変換手段 59 に入力され、ここで差分をサンプリング間隔の時間で割ることによって角速度を求める。そして、角速度は補正用周波数生成手段 41 および補正用位相生成手段 43 にそれぞれ入力される。補正用周波数生成手段 41 は、入力された角速度に応じて補正用周波数 f_c を n チャンネルの受信信号のそれぞれについて算出する。また、補正用位相検出手段 43 は入力された角速度に応じて補正用位相 θ_c を n チャンネルの受信信号のそれぞれについて算出する。

10

20

30

【0021】

次に、加算器 45 は、所定周波数保持手段 37 が保持する所定周波数 f_0 と、補正用周波数生成手段 41 が算出する補正用周波数 f_c とを加算し、得られた和 $f_0 + f_c$ を $0^\circ/90^\circ$ 参照信号生成手段 48 に入力する。一方、加算器 47 は、所定位相保持手段 39 が保持する所定位相 θ_0 と、補正用位相生成手段 43 が算出する補正用位相 θ_c とを加算し、得られた和 $\theta_0 + \theta_c$ を $0^\circ/90^\circ$ 参照信号生成手段 48 に入力する。そして、 $0^\circ/90^\circ$ 参照信号生成手段は、これらの入力に基づいて、 $0^\circ/90^\circ$ 参照信号である $\cos(\theta_0 + \theta_c)$ と、 $\sin(\theta_0 + \theta_c)$ とを出力する。これらの参照信号は一時記憶手段 23 から入力される n チャンネルの受信信号についてそれぞれ求められ、加算器 49 および加算器 51 において受信信号に乗算される。これによって、受信信号は時相および位相が各チャンネル間相互において略揃えられた実部信号および虚部信号からなる n チャンネルの複素信号となる。このとき、各チャンネルの複素受信信号を極座標でみたときの回転角度がゼロとなるような各チャンネルの $0^\circ/90^\circ$ 参照信号が生成されるように f_c および θ_c を設定すると最大の感度を得られるから好ましい。これらの複素信号は、加算手段 29 において実部と虚部とをそれぞれ加算することによって、実部信号および虚部信号からなる 1 チャンネルの複素受信ビーム信号となる。本実施形態の超音波診断装置は、上述した補正用周波数 f_c および補正用位相 θ_c の算出を、被検体を走査する複数のビーム方位のそれぞれについて行い、また 1 つのビーム方位に係る受信信号の処理中においても、受信タイミング、つまり被検体内の深度方向について逐次行っている。そして、上述したように複素受信ビーム信号は信号処理手段 15 に送られ処理される。

40

50

【0022】

以上のように、本実施形態によれば、ビームの方位や深さの異なる被検体内の各検出対象部位についてそれぞれ当該部位の受信信号の中心周波数を表わすパラメータである角速度を求め、当該部位の角速度に適応した整相処理をすることができるから、受信信号の整相精度を向上し、良好な受信ビームを得ることができる。

【0023】

また、同じビーム方位に対する複数回の超音波の送受信にわたって各部位における平均角速度を求めているから、ノイズ等の影響を低減し、正確な角速度が得られ、整相精度を一層向上できる効果がある。

【0024】

さらに、受信信号の中心周波数の推移を角速度に基づいて求めているから、従来技術に係るゼロクロスおよびフーリエ変換よりも精度および時間応答が向上される効果がある。

【0025】

また、本実施形態の $0^\circ/90^\circ$ 参照信号生成手段は、補正用周波数 f_c および補正用位相 θ_c を含んでなる参照信号を生成するものであるから、周波数移動手段に入力される受

信信号に参照信号を乗算する乗算器が各チャンネルあたり1対あれば足り、回路構成を簡単化できる効果がある。

【0026】

【発明の効果】

本発明によれば、受信信号の整相精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用してなる超音波診断装置の一実施形態の構成を示す図である。

【図2】図1の超音波診断装置の受信ビーム生成手段の詳細な構成を示す図である。

【図3】図1の超音波診断装置の角速度検出手段の詳細な構成を示す図である。

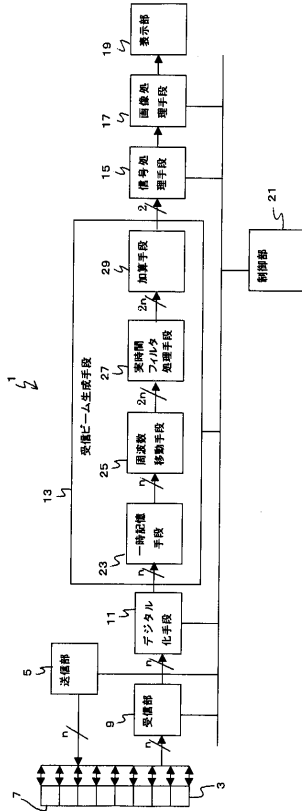
【符号の説明】

- 1 超音波診断装置
- 3 超音波探触子
- 5 送信部
- 7 振動子
- 9 受信部
- 11 デジタル化手段
- 13 受信ビーム生成手段
- 15 信号処理手段
- 17 画像処理手段
- 19 表示部
- 25 周波数移動手段

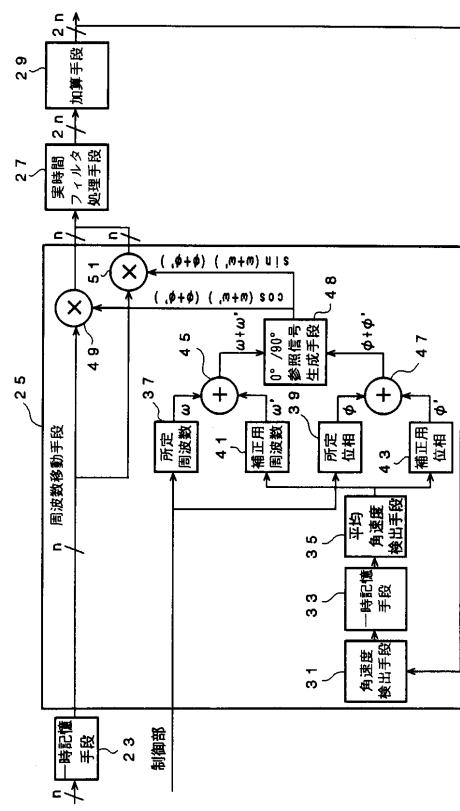
10

20

【図1】



【図2】



【 図 3 】

