(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3607459号
(P3607459)
(45)発行日　平成17年1月5日(2005.1.5)　(24)登録日　平成16年10月15日(2004.10.15)

(51)Int.Cl.[7]　F I
A61B 8/00　A61B 8/00

請求項の数 2　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願平9-146104
(22)出願日　平成9年6月4日(1997.6.4)
(65)公開番号　特開平10-328178
(43)公開日　平成10年12月15日(1998.12.15)
審査請求日　平成14年5月10日(2002.5.10)

(73)特許権者　000153498
株式会社日立メディコ
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
(74)代理人　100083552
弁理士　秋田　収喜
(72)発明者　三和　祐一
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地
株式会社日立製作所　中央研究所内
(72)発明者　篠村　▲隆▼一
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地
株式会社日立製作所　中央研究所内
(72)発明者　玉野　聡
東京都千代田区内神田一丁目１番１４号
株式会社日立メディコ内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波診断装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波信号を送受波する複数の振動素子からなる探触子と、該振動素子が受波した超音波信号に所定の遅延を与える複数の遅延手段と、前記探触子と前記遅延手段との間に設けられ、前記振動素子と前記遅延手段とのつなぎ換えを行うつなぎ換え手段と、前記遅延後の超音波信号を加算する加算手段とを有し、前記遅延後の超音波信号から検者が指示する超音波画像を構成し表示する超音波診断装置において、
前記加算に使用される前記超音波信号を受波した前記振動素子の内で、最も外側に配置された一端側の前記振動素子に接続された前記遅延手段から、他端側の前記振動素子が接続された前記遅延手段までの隣接する前記遅延手段の出力値間の相関値を計測する相関値計測手段と、計測された前記相関値に基づいて、前記遅延手段の遅延量を補正する遅延量補正手段とを具備し、前記相関値計測手段は前記遅延手段と同数あることを特徴とする超音波診断装置。
【請求項２】
請求項１に記載の超音波診断装置において、１回の送受波毎に、前記つなぎ換え手段を制御して不必要となった前記振動素子が接続されていた前記遅延手段に、次の送受波で必要となる前記振動素子を接続するリニア走査制御手段を具備す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、超音波診断装置に関し、特に、被検体内が不均一媒質であることによる探触子受波信号の遅延時間分布の補正に適用して有効な技術に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来の超音波診断装置は、複数個の超音波振動子（以下、「振動子」と略記する）から超音波を送波し、被検体内からの反射波を該複数個の超音波振動子で受波し、該受波信号を増幅して、各振動子からの受波信号を電気的にフォーカスするため、焦点となる所望の位置からの波面により遅延処理を行い、該遅延処理後の信号を加算して超音波ビームを形成している。このとき、焦点すなわち受波フォーカス点は、多段あるいはダイナミックに時間と共に変化させている。
【０００３】
まず、図６に従来の超音波診断装置の概略構成を説明するための図を示し、従来の超音波診断装置について説明する。図６において、図６（ａ）はセクタ走査型の超音波診断装置の概略構成を説明するための図であり、図６（ｂ）はリニア走査型の超音波診断装置の概略構成を説明するための図である。
【０００４】
まず、図６（ａ）に基づいて、セクタ走査型の超音波診断装置について説明する。なお、以下の説明では、簡単のために探触子の全振動子数を４、１回の超音波送受に用いる振動子数を４、超音波ビーム数を３とする。
【０００５】
一般にセクタ走査では、超音波を送受する振動子は全ての超音波ビームで共通であり、各振動子の送波タイミングおよび受波遅延時間を制御することによって、ビームを扇状に走査していた。すなわち、図６（ａ）に示す超音波ビーム５０～５２の全てにおいて、超音波送受素子として、振動子４０～４３を用いていた。したがって、１つの振動子に１つの遅延線を固定で接続することが可能であった。図６（ａ）に示すセクタ型の超音波診断装置では、振動子４０を遅延線６０に、振動子４１を遅延線６１に、振動子４２を遅延線６２に、振動子４３を遅延線６３に接続し、各超音波ビームごとに遅延線６０～６３の遅延量を変化させていた。
【０００６】
次に、図６（ｂ）に基づいて、リニア走査型の超音波診断装置について説明する。なお、以下の説明では、簡単のために探触子の全振動子数を６、１回の超音波送受に用いる振動子数を４、超音波ビーム数を３とする。
【０００７】
一般にリニア走査では、超音波ビームごとに超音波を送受する振動子を順次切り換える（走査する）ことによって、ビームを平行に走査していた。すなわち、図６（ｂ）に示す振動子４０～４３でビーム５０を、振動子４１～４４でビーム５１を、振動子４２～４５でビーム５２を形成していた。したがって、全振動子数に比べて、１回の超音波送受に必要な遅延線の数がすくなかった。
【０００８】
このため、従来のリニア走査型の超音波診断装置では、振動子と遅延線との間に回転スイッチ７０を設け、各ビームの送受波ごとに、図７に示すように、遅延線に接続する振動子を変化させていた。すなわち、ビーム５０では、図７（ａ）に示すように、振動子４０と遅延線６０とを、振動子４１と遅延線６１とを、振動子４２と遅延線６２とを、振動子４３と遅延線６３とをそれぞれ接続していた。また、ビーム５１では、振動子４１と遅延線６０とを、振動子４２と遅延線６１とを、振動子４３と遅延線６２とを、振動子４４と遅延線６３とをそれぞれ接続していた。さらには、ビーム５２では、振動子４２と遅延線６０とを、振動子４３と遅延線６１とを、振動子４４と遅延線６２とを、振動子４５と遅延線６３とをそれぞれ接続していた。したがって、振動子４０～４５の配列順番と遅延線６０～６３の配列順番とを変化させることなく振動子と遅延線との接続を切り換えることが

可能であった。なお、超音波ビームの電子操作法の詳細については、たとえば、文献３の「医用超音波機器ハンドブック　ｐｐ．１２９－１５２、日本電子機械工業会編，コロナ社」を参照されたい。

【０００９】

図６（ｂ）から明らかなように、特にリニア走査型の超音波診断装置では、所定の面積を撮影するためには、多数の振動子が必要となることから、走査に必要な数の遅延手段と切り換えスイッチとを用意しておき、走査時には、超音波の走査に同期させて振動子と遅延手段との接続を切り換えスイッチによって切り換えていた。

【００１０】

近年、超音波診断装置は、振動子材料、遅延手段のデジタル化および受波信号のデジタル処理技術の進歩等に伴って高分解能化が進むと共に、他のＸ線装置のような放射線被曝がなく、また、造影剤等を使用することもなく手軽に軟部組織を鮮明に描写できるということから、広範な領域で欠かすことのできない診断装置になっている。しかしながら、超音波診断装置の分解能は、Ｘ線装置等と比較した場合にはまだ低く、更なる分解能の向上が期待されている。この、超音波診断装置の分解能を向上させる技術としては、たとえば、被検体内の不均一媒質によって位相がズレた、各振動子が受波した反射パルスの位相を補正した後に、加算するという技術がある。

【００１１】

まず、図８に不均一媒質である人体において、高分解能の超音波ビームを形成するための遅延時間分布を説明するための図を示し、不均一媒体におけるパルス波面の補正について説明する。ただし、以下の説明においては、簡単のために受波時の動作についてのみ説明する。

【００１２】

媒質が音速既知で均一の場合には、反射体３１からの反射パルス波面（受波信号波面）は理想波面３２として振動子２１～２５に到達する。このとき、反射体３１と振動子２１～２５の位置関係により振動子２３には最も早く、振動子２１，２５には最も遅く反射パルスが到達する。そのため、全ての反射パルスの到達時間をそろえるために、振動子２２～２４が受信するパルスに適当な遅延を与える。これにより、全反射パルスの到達時間をあわせ、その後加算することにより、目的方向からの受波パルスのみを増幅し、高分解能の断層像を構成していた。ここで、音速既知の均一媒質ならば、以下に示すように、与えるべき遅延は解析的に求めることができた。

【００１３】

振動子２１～２５と反射体３１との距離をＬｉ（ただし、１≦ｉ≦５）、超音波診断装置の設定音速をｃ、振動子２１～２５の受波信号に与える遅延時間をτｉ（ただし、１≦ｉ≦５）、Ｌｉ（ただし、１≦ｉ≦５）の中で最大のものをＬｍａｘとおくと、τｉは下記の式１で表せる。

【００１４】

【数１】

τｉ＝（Ｌｍａｘ－Ｌｉ）／ｃ　・・・・（式１）

しかしながら、実際には振動子２１～２５と反射体３１との間に不均一媒質３４が存在するために、パルス波面は歪み波面３３に示すようになる。このため、τｉは各振動子受波信号に与える初期遅延時間としては最適であるが、高分解能の断層像を得るためには、初期遅延時間に対して、さらに歪み波面３３を考慮した遅延時間の補正量を与える必要があった。

【００１５】

この補正量を計測する技術として、たとえば、文献１の「ＩＥＥＥ　Ｔｒａｎｓａｃｔｉｏｎｓ　ｏｎ　Ｕｌｔｒａｓｏｎｉｃ，Ｆｅｒｒｏｅｌｅｃｔｒｉｃｓ，ａｎｄ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｃｏｎｔｒｏｌ，Ｖｏｌ．３９　Ｎｏ．６　ｐｐ．７００－７０７（１９９２）」、あるいは、文献２の「ＩＥＥＥ　１９９１　Ｕｌｔｒａｓｏｎｉｃｓ　Ｓｙｍｐｏｓｉｕｍ　Ｐｒｏｃｅｅｄｉｎｇ　ｐｐ．１１８９－１１９３（１９９１）」に記載

の遅延時間の補正技術があった。この文献に記載の技術は、超音波を送受波する振動子と該超音波を反射する反射体との間に音速が異なる物体（以下、「不均一媒質」と記す）が存在する場合における、不均一媒質のパルス波面に及ぼす影響を補正する技術に関するものである。この補正技術によれば、まず、全隣接振動子間の相関演算によって、不均一媒質による超音波の伝搬速度のズレに伴う反射パルスの位相ズレを計算する。次に、該計算結果に基づいて、遅延手段の遅延時間を補正することによって、不均一媒質を超音波が伝搬することによるパルス波面の歪みを補正し、超音波画像の分解能を向上するというものであった。

【００１６】

この位相ズレは、たとえば、図９に示すように、遅延線６０～６３の内で隣接する遅延線の出力をそれぞれ相関器８０～８２で検出していた。

【００１７】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者は、前記従来技術を検討した結果、以下の問題点を見いだした。

【００１８】

しかしながら、前述の文献に記載の補正技術では、隣接する遅延手段の出力に基づいて受波信号間の遅れ時間を相関器で検出し、該検出時間に基づいて不均一媒質によるパルス波面のズレすなわち歪み波面を補正していた。

【００１９】

このため、振動子と遅延線とが一対一で接続されているセクタ走査型の超音波診断装置、あるいは、振動子と遅延線とが回転スイッチによって接続されているリニア走査型の超音波診断装置等のように、振動子と遅延線との並び順が同じ場合には有効であった。

【００２０】

一方、近年では、リニア走査型の超音波診断装置においては、画質の向上と診断装置本体の小型化のために、振動子と遅延線とを接続する切り換えスイッチの切り換え時のスイッチングノイズの低減と、該切り換えスイッチの回路規模の低減すなわち小型化とが望まれている。このため、近年のリニア走査型の超音波診断装置では、超音波ビームの走査と同時に、回転スイッチを用いて振動子と遅延線との接続点の全てを切り換えるのではなく、超音波ビームの走査に伴って、必要なくなった振動子を該振動子が接続されていた遅延線から切り放し、該切り放した遅延線を走査に伴い必要となる振動子に接続するという切り換え操作を繰り返すことによって、振動子と遅延線との切り換えを行っている。なお、以下の説明において、このような切り換えを行うスイッチを「選択スイッチ」と記す。

【００２１】

しかしながら、この選択スイッチを用いた超音波診断装置では、振動子の並び順と遅延線の並び順とは一致せず、遅延線に設定する遅延時間を走査ごとに設定することによって、受波信号のパルス波面を揃えていた。このため、このようなリニア走査型の超音波診断装置に前述した文献１もしくは文献２に記載の補正技術を適用した場合、本来ならば隣接することになる振動子間の補正時間を求めることができず、補正を行うことができないという問題があった。

【００２２】

さらには、本来ならば、隣接していない振動子間を隣接しているものとして、遅延時間の補正を行ってしまうので、場合によっては、パルス波面のズレすなわち歪みを大きくしてしまい、不均一媒質による影響以上に画像の質を低下させてしまうという問題があった。

【００２３】

本発明の目的は、計測画像を高画質化することが可能な超音波装置を提供することにある。

【００２４】

本発明の他の目的は、振動子の並び順と遅延手段の並び順とが一致していない場合であっても、隣接する振動子間の相関を計算することが可能な技術を提供することにある。

【００２５】

本発明のその他の目的は、回転スイッチを使用しないリニア走査においても、不均一媒質を考慮した遅延時間の補正を行うことが可能な超音波診断装置を提供することにある。

【００２６】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

【００２７】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【００２８】

（１）超音波信号を送受波する複数の振動素子からなる探触子と、該振動素子が受波した超音波信号に所定の遅延を与える複数の遅延手段と、前記探触子と前記遅延手段との間に設けられ、前記振動素子と前記遅延手段とのつなぎ換えを行うつなぎ換え手段と、前記遅延後の超音波信号を加算する加算手段とを有し、前記遅延後の超音波信号から検者が指示する超音波画像を構成し表示する超音波診断装置において、前記加算に使用される前記超音波信号を受波した振動素子の内で、最も外側に配置された一端側の振動素子に接続された遅延手段から、他端側の振動素子が接続された遅延手段までの隣接する遅延手段間の相関値を計測する相関値計測手段と、該相関値に基づいて、前記遅延手段の遅延量を補正する遅延量補正手段とを具備する。

【００２９】

（２）請求項１に記載の超音波診断装置において、前記相関値計測手段は、前記遅延手段と同数である。

【００３０】

（３）請求項１もしくは２に記載の超音波診断装置において、１回の送受波毎に、前記つなぎ換え手段を制御して不必要となった振動素子が接続されていた遅延手段に、次の送受波で必要となる振動素子を接続するリニア走査制御手段を具備する。

【００３１】

（４）請求項１ないし３の内のいずれかに記載の超音波診断装置において、前記遅延手段の数は、前記振動素子の数よりも少ない。

【００３２】

前述した（１）、（３）および（４）の手段によれば、たとえば、リニア走査型の超音波診断装置において、相関値計測手段を用いることによって、従来では計測していなかった最も外側に配置される一端側の遅延手段すなわち第１番目の遅延手段と、他端側の遅延手段すなわち最終番目の遅延手段との間の相関値を計測することができると共に、相関値補正手段が、隣接する振動素子間の相関値のみを用いて、遅延手段の遅延時間の補正を行うので、振動素子の並び順と遅延手段の並び順とが一致していない場合であっても、常に、隣接する振動素子間の遅延時間の補正すなわち不均一媒体によるパルス波面の歪みを補正することができる。

【００３３】

したがって、計測画像すなわち表示画像の分解能を向上することができる。よって、表示画像の画質が向上する。

【００３４】

前述した（２）の手段によれば、たとえば、遅延手段の内で隣接する遅延手段間に、該遅延手段間の相関値を計測する相関値計測手段に加えて、最も外側に配置される一方の側の遅延手段と他方の側の遅延手段との間の相関値を計測する相関値計測手段を配置することができるので、振動素子の並び順と遅延手段の並び順とが一致していない場合であっても、常に、隣接する振動素子間の遅延時間の補正を行うことができる。

【００３５】

したがって、計測画像すなわち表示画像の分解能を向上する、すなわち、表示画像の画質を向上することができる。

【００３６】
【発明の実施の形態】
以下、本発明について、発明の実施の形態（実施例）とともに図面を参照して詳細に説明する。
【００３７】
なお、発明の実施の形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。
【００３８】
図１は、本発明の一実施の形態の超音波診断装置の概略構成を示すブロック図であり、１は探触子、２は切り換え部（つなぎ換え手段）、３は遅延部、４は加算部（加算手段）、５は選択部、４１～４６は振動子、６１～６４は遅延線、８１～８４は相関器（相関値計測手段）を示す。なお、本実施の形態の超音波診断装置は、探触子１から送波する超音波（超音波ビーム）を、振動子４１～４６の配列方向に走査するリニア走査型の超音波診断装置である。
【００３９】
図１において、探触子１は、第１～第６の振動子４１～４６を有する周知の探触子であり、各振動子４１～４６はそれぞれ切り換え部２に接続する。
【００４０】
切り換え部２は、図示しない走査制御手段の出力に基づいて、第１～第６の振動子４１～４６の内からリニア走査時に必要となる４個の振動子を遅延部３の各遅延線６１～６４に接続するための選択スイッチであり、詳細については後述する。
【００４１】
遅延部３は、第１～第４の遅延線６１～６４を有する遅延部であり、本実施の形態においては、切り換え部２から出力された各受波信号をデジタル信号に変換した後、該受波デジタル信号に図示しない遅延時間制御手段および選択部５から出力される遅延時間処理を行い、該遅延処理後の信号を加算部４および第１～第４の相関器８１～８４に出力する。なお、遅延部３の詳細については、後述する。
【００４２】
加算部４は周知の加算手段からなり、本実施の形態においては、遅延部３から出力される遅延時間処理後の受波デジタル信号を加算した後、該加算値を図示しない表示制御手段に出力する。
【００４３】
選択部５は、図示しない走査制御手段の出力に基づいて、第１～第４の相関器８０～８４の内で、隣接する振動子に接続される遅延線間の相関値を計算する相関器８１～８４の出力を選択し、該出力値を遅延部３に出力する手段であり、たとえば、図示しない走査制御手段出力に基づいて、第１～第４の相関器８１～８４の内から１つのみを出力する周知の４入力１出力スイッチを３個使用することによって実現する。
【００４４】
第１～第６の振動子４１～４６は周知の振動子であり、本実施の形態において、説明を簡単にするために、探触子１が有する振動子数を６個とする。また、同じ理由により、本実施の形態においては、１回の超音波送受に使用する振動子数を４個としたので、遅延線および相関器の数も４個となる。
【００４５】
第１～第４の遅延線６１～６４は、アナログ信号をデジタル信号に変換するＡ／Ｄ変換手段と、該デジタル信号に変換された受波信号（受波デジタル信号）に所定時間の遅延を与える遅延手段とからなり、詳細については後述する。
【００４６】
第１～第４の相関器８１～８４は２入力１出力の相関器であり、第１の相関器８１の入力は第１の遅延線６１および第２の遅延線６２の出力に、第２の相関器８２の入力は第２の遅延線６２および第３の遅延線６３の出力に、第３の相関器８３の入力は第３の遅延線６

３および第４の遅延線６４の出力に、第４の相関器８４の入力は第４の遅延線６４および第１の遅延線６１の出力にそれぞれ接続される。なお、第１～第４の相関器８１～８４の詳細は、後述する。

【００４７】

次に、図２に本実施の形態の遅延部の概略構成を説明するための図を示し、以下、図２に基づいて、遅延部３の構成および動作を説明する。図２に示すように、各遅延線６１～６４は、ＡＤＣ２０１、遅延手段２０２および遅延制御手段（遅延量補正手段）２０３とから構成されている。

【００４８】

図２において、ＡＤＣ２０１は周知のＡ／Ｄ変換器であり、本実施の形態においては、図示しない走査制御手段の出力（サンプリング出力）に基づいて、切り換え部２から入力されたアナログの受波信号をデジタル信号（デジタル情報）に変換した後、各遅延手段２０２に出力する。

【００４９】

遅延手段２０２は、たとえば、ＳＲＡＭ等からなる周知のデジタル遅延手段であり、ＳＲＡＭに格納した受波デジタル信号の読み出しアドレスを遅延制御手段２０３が制御することによって、所定時間の遅延を行う。

【００５０】

遅延制御手段２０３は、図示しない遅延時間制御手段および選択部５から入力される遅延時間に基づいて、第１～第４の遅延線６１～６４の遅延手段２０２の読み出しアドレスを設定する手段であり、たとえば、周知の情報処理装置上で動作するプログラム等によって実現する。

【００５１】

次に、図１および図２に基づいて、本実施の形態の超音波診断装置の受波時の動作を説明する。なお、本動作説明においては、まず、第１～第４の振動子４１～４４から送波した超音波（第１の超音波ビーム）を、この４個の振動子４１～４４で受波し、次に、第２～第５の振動子４２～４５から送波した超音波（第２の超音波ビーム）を、この４個の振動子４２～４５で受波した後、さらに、第３～第６の振動子４３～４６から送波した超音波（第３の超音波ビーム）を、この４個の振動子４３～４６で受波した場合について説明する。

【００５２】

まず、第１～第４の振動子４１～４４が受波した超音波は、該第１～第６の振動子４１～４６によって、受波信号すなわちアナログの電気信号に変換された後、切り換え部２に出力される。

【００５３】

切り換え部２に入力した受波信号は、前述するように、第１～第４の振動子４１～４４に接続される第１～第４の遅延線６１～６４にそれぞれ入力される、すなわち、各遅延線６１～６４のＡＤＣ２０１に入力される。

【００５４】

ＡＤＣ２０１は、図示しない走査制御手段のサンプリング出力のタイミングで、入力されたアナログの受波信号をデジタルの受波デジタル信号に変換した後、各ＡＤＣ２０１に接続される遅延手段２０２に出力することにより、各遅延手段２０２に受波デジタル信号を順番に書き込む。

【００５５】

各遅延手段２０２に書き込まれたすなわち格納された受波デジタル信号は、予め設定された所定の時間経過後に、遅延制御手段２０３の指示に基づいて、全ての遅延手段２０２からの読み出しが開始される。ただし、このときの読み出し開始アドレスは、図示しない遅延時間制御手段および選択部５から出力された相関値に基づいて、遅延制御手段２０３が決定したアドレス値となる。また、このときの読み出しアドレスは、本実施の形態においては、たとえば、遅延制御手段２０３が送波の中心に一番近い振動子である第２の振動子

４２を基準とする。

【００５６】

したがって、本実施の形態においては、送受波の中心に一番近いすなわち基準となる第２の振動子４２と共に送受波の中心に近い第３の振動子４３と基準となる第２の振動子４２との相関値に基づいて、まず、遅延制御手段２０３が先に読み出す遅延手段２０２を決定する。次に、遅延制御手段２０３は当該遅延線の読み出しアドレスに、図示しない遅延時間制御手段および相関値に基づいた時間差に相当する読み出しアドレス差を計算した後、各遅延手段２０２から各読み出しアドレスのデータすなわち受波デジタル信号を読み出すことによって、受波フォーカスに必要となるデータを読み出すことができる。

【００５７】

加算部４は、前述した手順によって読み出されたデータを加算すなわち位相整相した後、周知の図示しない信号処理手段で各種フィルタ処理を行い、表示装置に出力されて表示される。

【００５８】

次に、図３に本実施の形態の切り換え部の概略構成を説明するためのブロック図を、図４に本実施の形態の選択部の概略構成を説明するためのブロック図を示し、以下、図３および図４に基づいて、本実施の形態の切り換え部２および選択部５の構成を説明する。

【００５９】

前述するように、本実施の形態の超音波診断装置は、振動子数が６、遅延線数が４ということより、走査時における振動子の切り換えは、２回ということになる。したがって、本実施の形態では、図３に示すように、第１の遅延線６１と第２の遅延線６２の入力のみを切り換えることによって、リニア走査を実現できる。

【００６０】

図３において、第１の切り換え手段７１および第２の切り換え手段７２は、共に制御入力を有する２入力１出力の周知の切り換え手段であり、該制御入力に基づいて、ａ入力端子もしくはｂ入力端子の入力信号をｃ出力端子に出力する。したがって、本実施の形態においては、第１および第２の遅延線６１，６２の入力の切り換えを行うために、第１の切り換え手段のａ入力端子には第１の振動子４１が、ｂ入力端子には第５の振動子４５が、ｃ出力端子には第１の遅延線６１がそれぞれ接続される。また、第２の切り換え手段のａ入力端子には第２の振動子４２が、ｂ入力端子には第６の振動子４６が、ｃ出力端子には第２の遅延線６２がそれぞれ接続される。

【００６１】

一方、選択部４は、前述するように、第１～第４の相関器８１～８４の内から、実際に隣接する振動子に接続されている相関器出力のみを選択することによって実現できる。したがって、本実施の形態の選択部４は、図４に示すように、２つの２入力１出力の選択手段９１，９２からなる。

【００６２】

図４において、第１，２の選択手段９１，９２は、前述した切り換え手段と同様に、図示しない制御入力に基づいて、ａ入力端子もしくはｂ入力端子からの入力信号をｃ出力端子に出力する周知の２入力１出力の切り換え手段である。また、第１，２の選択手段９１，９２は、図示しない走査制御手段の制御出力に基づいて、ｃ出力から出力する信号をａ入力およびｂ入力から選択する。したがって、本実施の形態においては、第１の選択手段９１はａ入力端子が第１の相関器８１に、ｂ入力端子が第４の相関器８４に、ｃ出力端子が遅延部３にそれぞれ接続される。また、第２の選択手段９２は、ａ入力端子が第２の相関器８２に、ｂ入力端子が第４の相関器８４に、ｃ出力端子が遅延部３にそれぞれ接続される。

【００６３】

次に、図５に本実施の形態の超音波診断装置における振動子、遅延線および相関器の接続を説明するための図を示し、以下、図５に基づいて、切り換え部２と選択部５の動作を説明する。図５において、図５（ａ）は第１～第４の振動子４１～４４から送波を行う場合

、図５（ｂ）は第２～第５の振動子４２～４５から送波を行う場合、図５（ｃ）は第３～第６の振動子４３～４６から送波を行う場合の振動子、遅延線および相関器との接続を示す。

【００６４】

まず、第１回目の送受波時の受波動作では、図５（ａ）に示すように、反射してきた超音波を第１～第４の振動子４１～４４が受波するので、図示しない走査制御手段は、第１，２の切り換え手段７１，７２および第１，２の選択手段９１，９２にａ入力端子を選択するように制御する。したがって、第１の振動子４１で検出された受波信号は第１の遅延線６１に、第２の振動子４２で検出された受波信号は第２の遅延線６２に、第３の振動子４３で検出された受波信号は第３の遅延線６３に、第４の振動子４４で検出された受波信号は第４の遅延線６４にそれぞれ入力する。また、相関器においては、第１～第３の相関器８１～８３の出力がそれぞれ遅延部３に出力される。

【００６５】

次の第２回目の送受波時の動作では、図５（ｂ）に示すように、反射してきた超音波を第２～第５の振動子４２～４５が受波するので、図示しない走査制御手段は、第１の切り換え手段７１にはｂ入力端子を、第２の切り換え手段７２にはａ入力端子を、第１の選択手段９１にはｂ入力端子を、第２の選択手段９２にはａ入力端子を選択するように制御する。したがって、第２の振動子４２で検出された受波信号は第２の遅延線６２に、第３の振動子４３で検出された受波信号は第３の遅延線６３に、第４の振動子４４で検出された受波信号は第４の遅延線６４に、第５の振動子４５で検出された受波信号は第１の遅延線６１にそれぞれ入力する。また、相関器においては、第１の選択手段９１がｂ入力端子を選択しているので、隣接しない振動子の相関値を計測する第１の相関器８１、すなわち、第５の振動子４５が接続される第１の遅延線６１と第２の振動子４２が接続される第２の遅延線６２との相関値を計測する第１の相関器８１の出力にかえて、第４の振動子４４に隣接する第５の振動子４５が接続される第１の遅延線６１と第４の振動子４４が接続される第４の遅延線６４との相関値を計測する第４の相関器８４の出力が遅延部３に出力される。一方、第２，３の相関器８２，８３の出力については、第１回目の送受動作と同じとなる。

【００６６】

第３回目の送受波時すなわち１回の走査の最後の送受波時の動作では、図５（ｃ）に示すように、反射してきた超音波を第３～第６の振動子４３～４６が受波するので、図示しない走査制御手段は、第１，２の切り換え手段７１，７２にはｂ入力端子を、第１の選択手段９１にはａ入力端子を、第２の選択手段９２にはｂ入力端子を選択するように制御する。したがって、第３の振動子４３で検出された受波信号は第３の遅延線６３に、第４の振動子４４で検出された受波信号は第４の遅延線６４に、第５の振動子４５で検出された受波信号は第１の遅延線６１に、第６の振動子４６で検出された受波信号は第２の遅延線６２にそれぞれ入力する。また、相関器においては、第２の選択手段９２がｂ入力端子を選択しているので、隣接しない振動子の相関値を計測する第２の相関器８２、すなわち、第６の振動子４６が接続される第２の遅延線６２と第３の振動子４３が接続される第３の遅延線６３との相関値を計測する第２の相関器８２の出力にかえて、第４の振動子４４に隣接する第５の振動子４５が接続される第１の遅延線６１と第４の振動子４４が接続される第４の遅延線６４との相関値を計測する第４の相関器８４の出力が遅延部３に出力される。さらには、第１の選択手段はａ入力端子を選択しているので、第５の振動子４５が接続される第１の遅延線６１と第６の振動子４６が接続される第２の遅延線６２との相関値を計測する相関器８１の出力は、前述する第１回目の送受波と同様に、遅延部３に出力される。一方、第３の相関器８３の出力については、第１回目および第２回目の送受動作と同じとなる。

【００６７】

このとき、遅延部３では、前述するように、図示しない走査制御手段の出力および相関器８１～８４に基づいて、図示しない遅延時間制御手段が、選択手段５から入力された相関

値から不均一媒体による音速の変化すなわち相関値に相当する読み出しアドレスを設定する。このときの相関値と読み出しアドレスとの関係、および、走査制御手段から入力された制御入力と振動子、遅延線および相関器との関係は、たとえば、テーブルデータとして図示しない格納手段に格納しておき、遅延時間制御手段が入力値に基づいて、該テーブルデータを参照することによって短時間に読み出しアドレスを決定できる。

【００６８】

次に、本実施の形態の相関器による相関値すなわち入力信号の時間差から、読み出しアドレスを決定するための遅延時間の補正量を求める手順について説明する。

【００６９】

まず、初期遅延時間を与えた後の受波信号を下記の数２とおく。

【００７０】

【数２】

ｃｏｓ（ω（ｔ＋τ１））　・・・・（式２）

ｃｏｓ（ω（ｔ＋τ２））　・・・・（式３）

ここで、式２，３の時間差τ１－τ２を求めることができるならば、式３をｃｏｓ（ω（ｔ＋τ２＋τ１－τ２））＝ｃｏｓ（ω（ｔ＋τ１））と補正して、式２と等しくできる。

【００７１】

したがって、ここでは、式２，３を複素変換した後に、２つの信号間の位相差からτ１－τ２を求める方法について説明する。

【００７２】

式２を複素表示すると下記の数３の式４、式３を複素表示すると下記の数３の式５となる。

【００７３】

【数３】

$$\frac{\varepsilon^{j(\omega t+\theta 1)}+\varepsilon^{-j(\omega t+\theta 1)}}{2} \quad \cdots\cdots (式4)$$

$$\frac{\varepsilon^{j(\omega t+\theta 2)}+\varepsilon^{-j(\omega t+\theta 2)}}{2} \quad \cdots\cdots (式5)$$

【００７４】

ただし、θ１＝ωτ１、θ２＝ωτ２である。

【００７５】

式４，式５に下記の式６を乗算する。

【００７６】

【数４】

$$\varepsilon^{j\omega t} \quad \cdots\cdots (式6)$$

【００７７】

これを複素ミキシングと呼ぶ。乗算結果は、下記の式７，８となる。

【００７８】

【数５】

$$\frac{\varepsilon^{j(2\omega t+\theta 1)}+\varepsilon^{-j\theta 1}}{2} \quad \cdots\cdots (式7)$$

$$\frac{\varepsilon^{j(2\omega t+\theta 2)}+\varepsilon^{-j\theta 2}}{2} \quad \cdots\cdots (式8)$$

【００７９】
この数５の式７，８にローパスフィルタ処理を施して、高周波成分を除去すると、式７，８はそれぞれ下記の式９，１０となる。
【００８０】
【数６】

$$\frac{\varepsilon^{-j\theta 1}}{2} \quad \cdots\cdots (式9)$$

$$\frac{\varepsilon^{-j\theta 2}}{2} \quad \cdots\cdots (式10)$$

【００８１】
この式９の複素共役と式１０との乗算を行うと、下記の式１１となる。
【００８２】
【数７】

$$\frac{\varepsilon^{j(\theta 1-\theta 2)}}{4} \quad \cdots\cdots (式11)$$

【００８３】
次に、この式１１の実部と虚部との逆正接演算を計算すると、下記の式１２となる。
【００８４】
【数８】

$$\tan^{-1}\left(\frac{\sin(\theta 1-\theta 2)}{\cos(\theta 1-\theta 2)}\right) \quad \cdots\cdots (式12)$$

【００８５】
したがって、この式１２からθ１－θ２が求められる。ここで、下記の式１３に示すように、式１２をωで除算することによって、補正量であるτ１－τ２を求めることができる。
【００８６】
【数９】

$$\frac{\theta 1-\theta 2}{\omega} \quad \cdots\cdots (式13)$$

【００８７】
ただし、受波信号に対して複素ミキシングを行い、低周波領域で超音波ビームを形成する方法は、一般に、ベースバンド信号処理と呼ばれる。このベースバンド信号処理では、隣

接する振動子間の信号の位相差を求める、求めないにかかわらず、超音波ビーム形成に関して、式９，１０に示す計算（処理）が必要となる。したがって、たとえば、ベースバンド信号処理においては、式１１～式１３の処理を担当する手段をもって、相関器とすることができる。すなわち、ベースバンド信号処理を用いる超音波診断装置では、相関器の構成を簡単化することができる。

【００８８】

以上説明したように、本実施の形態の超音波診断装置では、第１～第４の遅延線６１～６４の内で隣接する遅延線間に、該遅延線間の相関値を計測する第１～第３の相関器８１～８３に加えて、最も外側に配置される第１の遅延線６１と第４の遅延線６４との間の相関値を計測する第４の相関器８４を設けると共に、第１～第６の振動子４１～４６と第１～第２の遅延線６１～６４とのつなぎ換えを行う切り換え部２を制御する走査制御手段の制御信号に基づいて、選択部５が隣接する振動子が接続されている遅延線間の相関値を計測する相関器の出力のみを遅延部３に出力させ、遅延部３の遅延制御手段２０３が該相関器の出力に基づいて、遅延時間の補正を行うので、振動子の並び順と遅延手段の並び順とが一致していない場合であっても、遅延部３は、常に、隣接する探触子の遅延後の受波デジタル信号の相関値に基づいた遅延時間の補正すなわち不均一媒体によるパルス波面の歪みを補正することができる。

【００８９】

したがって、本実施の形態の超音波診断装置では、計測画像である表示画像の分解能を向上することができる。すなわち、表示画像の画質を向上することができる。

【００９０】

なお、本実施の形態においては、振動子数が６、遅延線数が４の場合について説明したが、振動子数および遅延線数がこれより多い場合についても適用可能なことはいうまでもない。

【００９１】

また、本実施の形態では、特に、選択スイッチを用いたリニア走査型の超音波診断装置に本発明を適用した場合に動作について説明したが、これに限定されることはなく、セクタ型の超音波診断装置、セクタ型とリニア型を併設する超音波診断装置および回転スイッチを用いたリニア型の超音波診断装置にも適用可能なことはいうまでもない。特に、セクタ走査型の超音波診断装置では、探触子の振動子数と１回の超音波送受に用いる振動子数が等しくなるので、切り換え部２は不要である。

【００９２】

以上、本発明者によってなされた発明を、前記発明の実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記発明の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【００９３】

【発明の効果】

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【００９４】

（１）計測画像を高画質化することができる。

【００９５】

（２）振動子の並び順と遅延手段の並び順とが一致していない場合であっても、隣接する振動子間の相関を計算することができる。

【００９６】

（３）回転スイッチを使用しないリニア走査においても、不均一媒質を考慮した遅延時間の補正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施の形態の超音波診断装置の概略構成を示すブロック図である。

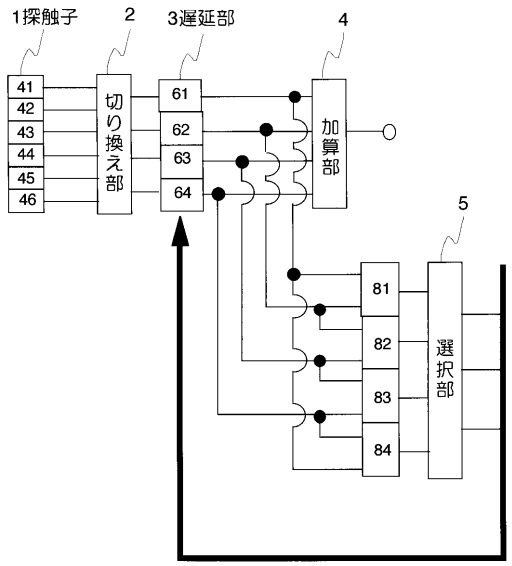
【図２】本実施の形態の遅延部の概略構成を説明するための図である。

【図３】本実施の形態の切り換え部の概略構成を説明するためのブロック図である。
【図４】本実施の形態の選択部の概略構成を説明するためのブロック図である。
【図５】本実施の形態の超音波診断装置における振動子、遅延線および相関器の接続を説明するための図である。
【図６】従来の超音波診断装置の概略構成を説明するための図である。
【図７】従来のリニア走査型の超音波診断装置における振動子と遅延線との接続を説明するための図である。
【図８】不均一媒質である人体において、高分解能の超音波ビームを形成するための遅延時間分布を説明するための図である。
【図９】従来の超音波診断装置における遅延線と相関器との接続を説明するための図である。

【符号の説明】
１…探触子、２…切り換え部、３…遅延部、４…加算部、５…選択部、２１～２５，４０～４６…振動子、３１…反射体、３２…理想波面、３３…歪み波面、３４…不均一媒質、６０～６４…遅延線、７０…回転スイッチ、７１，７２…切り換え手段、８０～８４…相関器、９１，９２…選択手段、２０１…ＡＤＣ、２０２…遅延手段、２０３…遅延制御手段。

【図１】

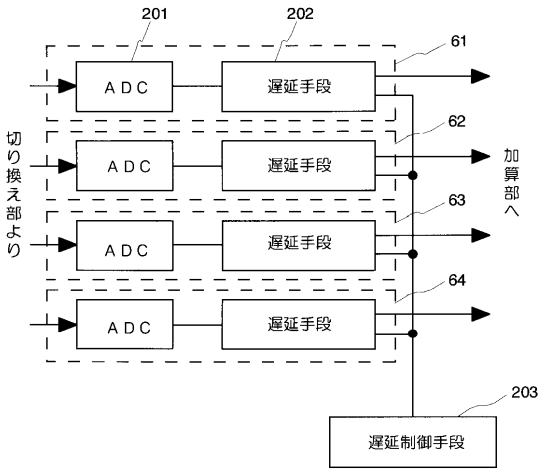
図１



４１～４６…第１～第６の振動子、６１～６４…第１～第４の遅延線
８１～８４…相関器

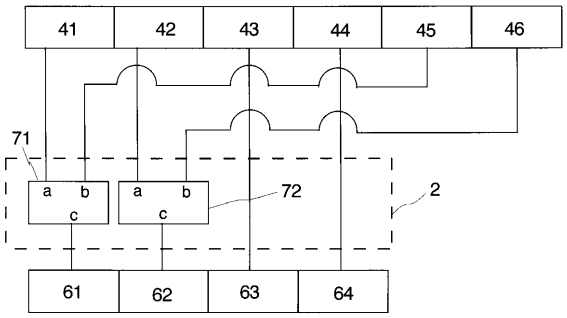
【図２】

図２



【図３】

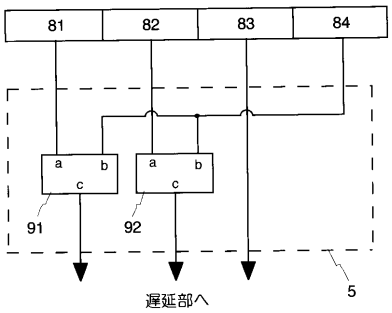
図３



７１，７２…切り換え手段

【図４】

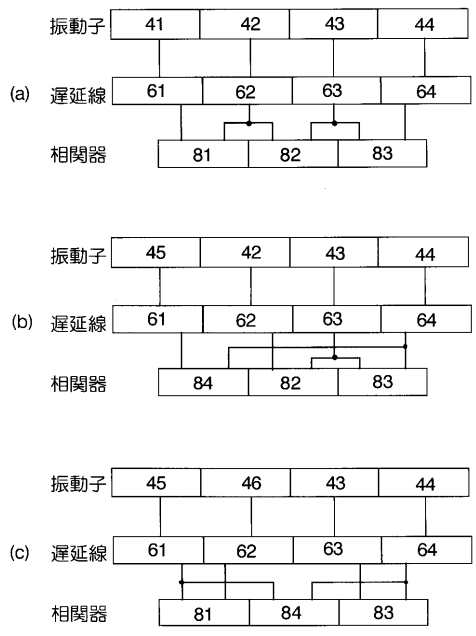
図４



９１，９１…選択手段

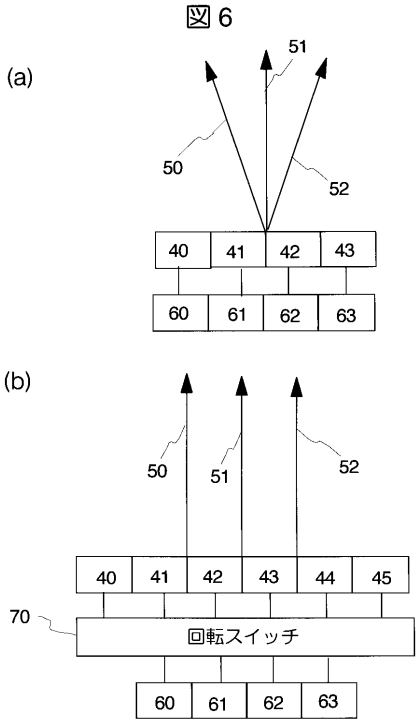
【図５】

図５



【図６】

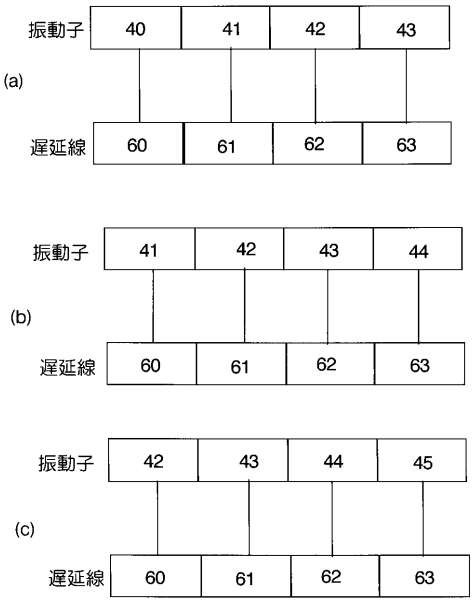
図６



５０～５２…超音波ビーム

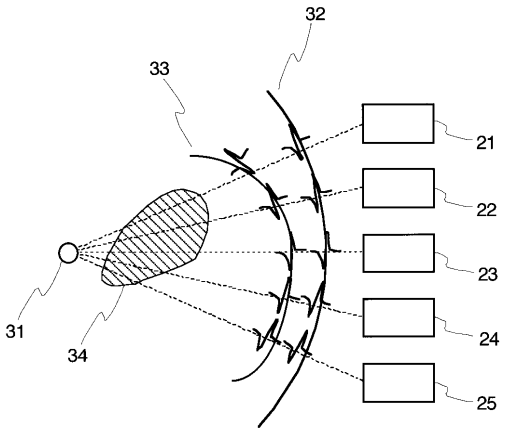
【図７】

図７



【図８】

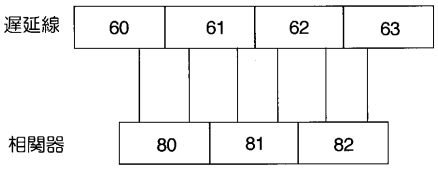
図８



２１～２５…振動子、３１…反射体、３２…理想波面
３３…歪み波面、３４…不均一媒質

【図９】

図９



フロントページの続き

審査官　右▲高▼　孝幸

(56)参考文献　特開昭51－124915（ＪＰ，Ａ）
特開平4－22348（ＪＰ，Ａ）
特開平4－231033（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
A61B　8/00